



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ, ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΓΕΩΠΟΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗ
ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Διαχρονική παρατήρηση δεικτών βλάστησης και ταξινόμηση της ζώνης
ΟΠΑΠ Νεμέας

Ρήγας Ι. Γιώβος

Επιβλέπων καθηγητής:
Καλύβας Διονύσιος, Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ
2021**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Διαχρονική παρατήρηση δεικτών βλάστησης και ταξινόμηση της ζώνης
ΟΠΑΠ Νεμέας

Multitemporal observation of vegetation indices and classification of
Nemea PDO zone

Ρήγας Ι. Γιώβος

Εξεταστική Επιτροπή:

Καλύβας Διονύσιος Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Γιώργος Παπαδόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Σούλης Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Διαχρονική παρατήρηση δεικτών βλάστησης και ταξινόμηση της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας
*ΠΜΣ Φυσικοί Πόροι, Γεωπεριβάλλον, Γεωπληροφορική και Γεωργική Μηχανική,
Γεωπληροφορική και Χωρική Ανάλυση
Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής
Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας - Ερευνητική Μονάδα Γεωγραφικών
Πληροφοριακών Συστημάτων*

Περίληψη

Η τηλεπισκόπηση αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την παρατήρηση της κατάστασης της βλάστησης. Οι δυνατότητες που προσφέρουν οι δείκτες βλάστησης για την εκτίμηση της κατάστασης της καλλιέργειας βοηθούν τον επιστήμονα που μελετά την καλλιέργεια να εξάγει σημαντικά συμπεράσματα. Με την τηλεπισκόπηση μπορούν να μελετηθούν τμήματα αγροτεμαχίων μέχρι ευρύτερες αγροτικές περιοχές στην κλίμακα της χώρας.

Ο πρώτος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διαχρονική παρατήρηση των αμπελώνων της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας. Η παρατήρηση βασίστηκε σε δείκτες βλάστησης από τις εικόνες του δορυφορικού δέκτη Sentinel 2, για τα έτη 2018 και 2019 την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου. Ο δεύτερος στόχος της μελέτης είναι ο διαχωρισμός της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας σε ομοιογενείς υποζώνες. Με την μέθοδο fuzzy K-means και το λογισμικό Management Zone Analyst (MZA) δημιουργήθηκαν ζώνες για τα δύο έτη ξεχωριστά και συνδυαστικά.

Τα αποτελέσματα της παρατήρησης των αμπελώνων αποδεικνύουν σημαντικές διαφορές στους αμπελώνες της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας. Εντοπίζονται συστάδες αμπελώνων με υψηλές και χαμηλές τιμές στους δείκτες βλάστησης, ενώ επίσης εμφανίζεται γραμμική συσχέτιση της τυπικής απόκλισης των δεικτών βλάστησης με την τυπική απόκλιση της κλίσης του εδάφους εντός των αμπελώνων και οι συστάδες των υψηλών και χαμηλών τυπικών αποκλίσεων είναι δύο και πανομοιότυπες χωρικά και τα δύο έτη. Τα αποτελέσματα της ζωνοποίησης της περιοχής αποτυπώνουν για τα δύο έτη τρεις ζώνες με παρόμοια χαρακτηριστικά, με μικρές διαφορές μεταξύ των δύο ετών. Επιπλέον για την ζωνοποίηση όπου συνδυάζονται και τα δύο έτη, το καταλληλότερο αποτέλεσμα είναι αυτό με τις τέσσερις ζώνες. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ο έλεγχος της διαφοράς των μέσων όρων των ζωνών έγινε με την διαδικασία one-way anova και έδειξε πως διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Επιστημονική περιοχή: Δείκτες Βλάστησης

Λέξεις κλειδιά: τηλεπισκόπηση, αμπέλι, αγιοργήτικο, ανάπτυξη, ζωνοποίηση

Multitemporal observation of vegetation indices and classification of Nemea PDO zone

MSc Natural resources, Geoenvironment, Geoinformatics and Agricultural Engineering

Geoinformatics and Spatial Analysis

Department of Natural Resources Development and Agricultural Engineering

Laboratory of Soil Science & Agricultural Chemistry - GIS Research Unit

Abstract

Remote sensing is an important tool for monitoring the vegetation health. The possibilities offered by vegetation indices to assess the condition of the crop help the scientist studying the crop to draw conclusions. With remote sensing, parts of agricultural plots up to wider rural areas across the country can be studied.

The first aim of this study is the multitemporal observation of the OPAP zone of Nemea vineyards. The observation was based on vegetation indices from Sentinel 2 satellite, for the years 2018 and 2019 in the period May - September. The second aim of the study is to separate the OPAP zone of Nemea into homogeneous subzones. With the fuzzy K-means method and the Management Zone Analyst (MZA) software, zones were created for the two years separately and in combination.

The results of the observation of the vineyards prove significant differences in the vineyards of the OPAP zone of Nemea. Clusters with high and low values of vegetation indices are found, while there is also a linear correlation between the standard deviation of the vegetation indices and the standard deviation of the slope within the vineyards and the clusters of high and low standard deviations are the same two for both years. The results of the zoning of the area for the two years are in three zones with similar characteristics, with small differences between the two years. In addition to zoning where both years are combined, the most appropriate result is that with the four zones. Finally, the one-way ANOVA show significant differences among the zones.

Scientific area: Vegetation Indices

Keywords: remote sensing, vine, agiorgitiko, growth, zoning

Πρόλογος

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021, στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσικοί Πόροι, Γεωπεριβάλλον, Γεωπληροφορική και Γεωργική Μηχανική» με κατεύθυνση «Γεωπληροφορική και Χωρική Ανάλυση» του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Η διατριβή πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του κ. Καλύβα Διονύσιου Καθηγητή του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Την τριμελή επιτροπή συμπληρώνουν ο κ. Παπαδόπουλος Γεώργιος Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής και ο κ. Σούλης Κωνσταντίνος μέλος του διδακτικού προσωπικού του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής.

Αντικείμενο της εργασίας αποτελούν οι αμπελώνες της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας, η παρατήρησή τους και η ζωνοποίηση της περιοχής σε υποζώνες αναλόγως της ανάπτυξής τους με την βοήθεια των δεικτών βλάστησης από τον δορυφόρο Sentinel-2.

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Καλύβα για την συνεργασία και καθοδήγηση σε όλα τα στάδια, καθώς και σε όλα τα μέλη της Ερευνητικής Μονάδας GIS του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την βοήθεια που μου πρόσφεραν.

Ευχαριστώ θερμά την οικογένεια και τους φίλους μου για την συμπαράσταση κατά την περίοδο εκπόνησης της εργασίας.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	7
1.1 Ανάλυση/περιγραφή εννοιών	7
1.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	7
1.3 Στόχοι και υποθέσεις εργασίας.....	10
2. Υλικά και μέθοδοι.....	11
2.1 Περιγραφή δεδομένων	11
2.1.1 Δεδομένα τηλεπισκόπησης	11
2.1.2 Γεωχωρικά δεδομένα.....	14
2.2 Δορυφορικοί δείκτες βλάστησης.....	15
2.3 Άμπελος, ποικιλία Αγιωργήτικο.....	18
2.4 Περιοχή Μελέτης.....	18
2.4.1 ΠΟΠ Νεμέα.....	18
2.4.2 Τοπογραφία περιοχής μελέτης.....	19
2.4.3 Κλίμα περιοχής μελέτης	22
2.5 Προκαταρκτική στατιστική ανάλυση.....	24
2.5.1 Μη χωρική στατιστική ανάλυση	24
2.5.2 Χωρική στατιστική ανάλυση	26
2.6 Θεωρία της Ασάφειας	27
2.6.1 Θεωρία ασάφειας και εφαρμογές.....	27
2.6.2 Fuzzy C-Means.....	28
2.6.3 Εφαρμογή Fuzzy C-Means με το λογισμικό MZA	29
2.7 Διάγραμμα ροής εργασίας.....	30
3. Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	33
3.1 Αποτελέσματα παρατήρησης αμπελώνων για 2018-2019.....	33
3.1.1 Παρατήρηση δείκτη GNDVI για την περιοχή μελέτης για 2018-2019.....	33
3.1.2 Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) για τον δείκτη EVI 2018-2019.....	35
3.1.3 Εξέλιξη δεικτών για την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου 2018.....	38
3.1.4 Εξέλιξη δεικτών για την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου 2019.....	42
3.1.5 Τυπική απόκλιση περιοχής μελέτης για το 2018	47
3.1.6 Τυπική απόκλιση περιοχής μελέτης για το 2019	48
3.2 Παραλλακτικότητα αμπελώνων	50

3.2.1	Συσχέτιση παραλλακτικότητας δεικτών με παραλλακτικότητα τοπογραφικών χαρακτηριστικών.....	50
3.2.2	Παραλλακτικότητα δείκτη MCARI για τα έτη 2018 & 2019.....	51
3.3	Cluster Analysis παραλλακτικότητας αμπελώνων και ζωνοποίηση.....	53
3.4	Επιλογή δεικτών βλάστησης για ταξινόμηση.....	57
3.4.1	Pearson Correlation για τους δείκτες βλάστησης.....	57
3.4.2	Επιλογή δεικτών.....	59
3.5	ANOVA για τις κατηγορίες υψομέτρου.....	62
3.6	Ταξινόμηση της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας σε υποζώνες (MZA).....	71
3.6.1	Πίνακες Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης για τα έτη 2018, 2019 και συνδυαστικά 2018-2019.....	71
3.6.2	Ταξινόμηση σε υποζώνες για το έτος 2018.....	72
3.6.3	Ταξινόμηση σε υποζώνες για το έτος 2019.....	75
3.6.4	Ταξινόμηση σε υποζώνες για το συνδυαστικό αποτέλεσμα 2018-2019.....	77
3.7	Ανοva για τις υποζώνες ΟΠΑΠ Νεμέας.....	80
3.7.1	ANOVA χαρακτηριστικών για τις υποζώνες του έτους 2018.....	80
3.7.2	ANOVA χαρακτηριστικών για τις υποζώνες του έτους 2019.....	83
3.7.3	ANOVA χαρακτηριστικών για τις υποζώνες του συνδυαστικού αποτελέσματος 2018-2019.....	86
4	Συμπεράσματα.....	92
5	Βιβλιογραφία.....	94

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1. Μπάντες για τους δοκιμαστικούς δέκτες Sentinel 2 (S2A & S2B)	12
Πίνακας 2. Εικόνες Sentinel 2 χωρίς νεφοκάλυψη για το έτος 2018	13
Πίνακας 3. Εικόνες Sentinel 2 χωρίς νεφοκάλυψη για το έτος 2019	13
Πίνακας 4. Μέσοι όροι των δεικτών ανά ημέρα για ολόκληρη την περιοχή μελέτης για το έτος 2018	38
Πίνακας 5. Μέσοι όροι των δεικτών ανά ημέρα για ολόκληρη την περιοχή μελέτης για το έτος 2019	43
Πίνακας 6. Τυπικές αποκλίσεις δεικτών βλάστησης για την ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας για το 2018	47
Πίνακας 7. Τυπικές αποκλίσεις δεικτών βλάστησης για την ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας για το 2019	48
Πίνακας 8. Συσχετίσεις τυπικών αποκλίσεων δεικτών βλάστησης με τυπικές αποκλίσεις τοπογραφικών χαρακτηριστικών εντός των αμπελώνων για το έτος 2018. 50	
Πίνακας 9. Συσχετίσεις τυπικών αποκλίσεων δεικτών βλάστησης με τυπικές αποκλίσεις τοπογραφικών χαρακτηριστικών εντός των αμπελώνων για το έτος 2019. 50	
Πίνακας 10. Συντελεστής συσχέτισης Pearson 1 Μαΐου 2018.	58
Πίνακας 11. Συντελεστής συσχέτισης Pearson 3 Ιουλίου 2018.	58
Πίνακας 12. Συντελεστής συσχέτισης Pearson 9 Μαΐου 2019	58
Πίνακας 13. Συντελεστής συσχέτισης Pearson 29 Μαΐου 2019	59
Πίνακας 14. ANOVA δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 1/5/2018. 63	
Πίνακας 15. ANOVA LSD test δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 1/5/2018.	63
Πίνακας 16. ANOVA δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 3/7/2018. 65	
Πίνακας 17. ANOVA LSD test δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 3/7/2018	65
Πίνακας 18. ANOVA δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 9/5/2019. 67	
Πίνακας 19. ANOVA LSD test δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 9/5/2019	67
Πίνακας 20. ANOVA δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 29/5/2019.	68
Πίνακας 21. ANOVA LSD test δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 29/5/2019	69
Πίνακας 22. Διακύμανση και συνδιακύμανση για το έτος 2018.	71
Πίνακας 23. Διακύμανση και συνδιακύμανση για το έτος 2019	71
Πίνακας 24. Διακύμανση και συνδιακύμανση για το συνδυαστικό αποτέλεσμα των ετών 2018 και 2019	71
Πίνακας 25. Μέσες τιμές δεικτών βλάστησης και τοπογραφικών χαρακτηριστικών ανά ζώνη.	74
Πίνακας 26. Μέσες τιμές δεικτών βλάστησης και τοπογραφικών χαρακτηριστικών ανά ζώνη	77
Πίνακας 27. Μέσες τιμές δεικτών βλάστησης και τοπογραφικών χαρακτηριστικών ανά ζώνη	79
Πίνακας 28. Ανάλυση διακύμανσης για την ζωνοποίηση του 2018.	81
Πίνακας 29. Ανάλυση διακύμανσης για την ζωνοποίηση του 2018, Post-hoc LSD.	82
Πίνακας 30. Ανάλυση διακύμανσης για την ζωνοποίηση του 2019.	83
Πίνακας 31. Ανάλυση διακύμανσης για την ζωνοποίηση του 2019, Post-hoc LSD.	84
Πίνακας 32. Ανάλυση διακύμανσης για τα έτη 2018 και 2019.	86
Πίνακας 33. Ανάλυση διακύμανσης ζωνοποίησης για τα έτη 2018 και 2019, Post-hoc LSD	87

Κατάλογος διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Κανονική κατανομή, εμπειρικός κανόνας. Πηγή: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών / Γιώργος Κ. Παπαδόπουλος.....	24
Διάγραμμα 2. Διάγραμμα ροής εργασίας	32
Διάγραμμα 3. Chlorophyll Red-Edge για το έτος 2018	39
Διάγραμμα 4. Enhanced vegetation index για το έτος 2018.....	39
Διάγραμμα 5. Enhanced vegetation index 2 για το έτος 2018.....	40
Διάγραμμα 6. Green Normalized Difference Vegetation Index για το έτος 2018	40
Διάγραμμα 7. Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index για το έτος 2018	40
Διάγραμμα 8. Modified Soil-adjusted Vegetation Index για το έτος 2018.....	41
Διάγραμμα 9. Modified Soil-adjusted Vegetation Index 2 για το έτος 2018.....	41
Διάγραμμα 10. Normalized difference vegetation index για το έτος 2018	41
Διάγραμμα 11. Soil-adjusted vegetation index για το έτος 2018.....	42
Διάγραμμα 12. Structure Insensitive Pigment Index για το έτος 2018	42
Διάγραμμα 13. Chlorophyll Red-Edge για το έτος 2019	44
Διάγραμμα 14. Enhanced vegetation index για το έτος 2019.....	44
Διάγραμμα 15. Enhanced vegetation index 2 για το έτος 2019.....	44
Διάγραμμα 16. Green Normalized Difference Vegetation Index για το έτος 2019	45
Διάγραμμα 17. Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index για το έτος 2019	45
Διάγραμμα 18. Modified Soil-adjusted Vegetation Index για το έτος 2019.....	45
Διάγραμμα 19. Modified Soil-adjusted Vegetation Index 2 για το έτος 2019.....	46
Διάγραμμα 20. Normalized difference vegetation index για το έτος 2019	46
Διάγραμμα 21. Soil-adjusted vegetation index για το έτος 2019.....	46
Διάγραμμα 22. Structure Insensitive Pigment Index για το έτος 2019	47
Διάγραμμα 23. Τυπικές αποκλίσεις δεικτών βλάστησης για την ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας για το 2018.....	48
Διάγραμμα 24. Τυπικές αποκλίσεις δεικτών βλάστησης για την ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας για το 2018.....	49
Διάγραμμα 25. Δείκτες FPI και NCE για το έτος 2018.....	73
Διάγραμμα 26. Ποσοστά ανά ζώνη για την ταξινόμηση 2018	75
Διάγραμμα 27. Δείκτες FPI και NCE για το έτος 2019.....	75
Διάγραμμα 28. Ποσοστά ανά ζώνη για την ταξινόμηση 2019	77
Διάγραμμα 29. Δείκτες FPI και NCE για τα έτη 2018 και 2019.	78
Διάγραμμα 30. Ποσοστά ανά ζώνη για την ταξινόμηση 2018 & 2019.....	80

Κατάλογος χαρτών

Χάρτης 1. Εικόνα Sentinel – 2 σε True Color, Περιοχή ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας.....	14
Χάρτης 2. Περιοχή μελέτης, Ζώνη ΠΟΠ Νεμέας, καλύψεις γης CORINE 2018	19
Χάρτης 3. Κλάσεις υψομέτρου περιοχής μελέτης και αμπελοτεμάχια ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας	20
Χάρτης 4. Κλίσεις επιφανειών περιοχής μελέτης.....	21
Χάρτης 5. Προσανατολισμός περιοχής μελέτης.....	22
Χάρτης 6. Ετήσιο ύψος βροχής στην περιοχή μελέτης (Worldclim)	23
Χάρτης 7. Ύψος βροχής για την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου για την περιοχή μελέτης (Worldclim).....	24
Χάρτης 8. Απεικόνιση του δείκτη βλάστησης GNDVI της 1/5/2018	33
Χάρτης 9. Απεικόνιση του δείκτη βλάστησης GNDVI της 9/5/2019	34
Χάρτης 10. Χαρτογραφική απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών συστάδων αμπελωτεμαχίων στις 1 Μαΐου 2018 σύμφωνα με το Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I).....	36
Χάρτης 11. Χαρτογραφική απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών συστάδων αμπελωτεμαχίων στις 1 Μαΐου 2018 σύμφωνα με το Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I).....	37
Χάρτης 12. Περιπτώσεις αμπελώνων οι οποίοι δεν χρήζουν σωστής διαχείρισης.....	37
Χάρτης 13. Τυπική απόκλιση αμπελώνων του δείκτη βλάστησης MCARI για το έτος 2018	52
Χάρτης 14. Τυπική απόκλιση αμπελώνων του δείκτη βλάστησης MCARI για το έτος 2019	53
Χάρτης 15. Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) της τυπικής απόκλισης του δείκτη MCARI για το 2018.....	54
Χάρτης 16. Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) της τυπικής απόκλισης του δείκτη MCARI για το 2019.....	56
Χάρτης 17. GNDVI 1/5/2018	60
Χάρτης 18. EVI 1/5/2018	60
Χάρτης 19. SIPI 1/5/2018.....	60
Χάρτης 20. MCARI 1/5/2018	60
Χάρτης 21. EVI 3/7/2018	60
Χάρτης 22. GNDVI 3/7/2018	60
Χάρτης 23. SIPI 3/7/2018.....	61
Χάρτης 24. MCARI 3/7/2018.....	61
Χάρτης 25. EVI 9/5/2019	61
Χάρτης 26. GNDVI 9/5/2019	61
Χάρτης 27. SIPI 9/5/2019.....	61
Χάρτης 28. MCARI 9/5/2019	61
Χάρτης 29. EVI 29/5/2019	62
Χάρτης 30. GNDVI 29/5/2019	62
Χάρτης 31. SIPI 29/5/2019.....	62
Χάρτης 32. MCARI 29/5/2019	62
Χάρτης 33. Αποτέλεσμα ζωνοποίησης για το έτος 2018	73
Χάρτης 34. Αποτέλεσμα ζωνοποίησης για το έτος 2019.....	76
Χάρτης 35. Αποτέλεσμα ζωνοποίησης για το έτος 2018 και 2019.....	79

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Υπόμνημα Cluster analysis Anselin Local Moran's I	27
Εικόνα 2. Θεωρία Ασάφειας, Πηγή:en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic	28
Εικόνα 3. Παράδειγμα fuzzy c-means. Πηγή (Nikhil R. Pal, 2005)	29
Εικόνα 4. MZA Software.....	29
Εικόνα 5. Ποσοστά αμπελώνων στην ζώνη υψηλών τυπικών αποκλίσεων για το 2018.	54
Εικόνα 6. Ποσοστά αμπελώνων στην ζώνη χαμηλών τυπικών αποκλίσεων για το 2018.	55
Εικόνα 7. Ποσοστά αμπελώνων στην ζώνη υψηλών τυπικών αποκλίσεων για το 2019.	56
Εικόνα 8. Ποσοστά αμπελώνων στην ζώνη χαμηλών τυπικών αποκλίσεων για το 2019.	57
Εικόνα 9. Scatterplot δείκτη βλάστησης EVI και υψομέτρου.	70

1. Εισαγωγή

1.1 Ανάλυση/περιγραφή εννοιών

Οι αμπελώνες αποτελούν σημείο αναφοράς στο μεσογειακό τοπίο όπως τα σιτηρά και οι ελαιώνες. Οι καλλιέργειες αυτές λόγω της χαμηλής καλλιεργητικής έντασης κατά την πάροδο του χρόνου αφομοιώθηκαν πλήρως στο τοπίο και αποτελούν χαρακτηριστικό του (Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, 2010). Ιστορικά το φυτό της αμπέλου εμφανίζεται το 7500πχ ως αναρριχώμενος θάμνος σε δασικές και παραποτάμιες περιοχές και υπάρχουν αναφορές πως χρησιμοποιούνταν από τον προϊστορικό άνθρωπο για την διατροφή του. Η πρώτη καλλιέργεια αμπέλωνα έγινε το 6000 πχ στην περιοχή της Μεσοποταμίας και στον Ελλαδικό χώρο ήρθε περίπου το 4000-3000 πχ. Πολλά ευρήματα υποδηλώνουν πως τα σταφύλια και το κρασί είχαν σημαντικό ρόλο στους διαφορετικούς πολιτισμούς. Από τον Μινωικό πολιτισμό, στον χριστιανικό και σε όλη την πορεία του ανθρώπου μέχρι σήμερα το αμπέλι και το κρασί διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητα του ανθρώπου. Στον χώρο της Ελλάδας η αμπελοκαλλιέργεια ευδοκίμησε λόγω του ευνοϊκού εδαφοκλιματικού περιβάλλοντος, όπου σε συνδυασμό με τις ελληνικές ποικιλίες και την εμπειρία των καλλιεργητών δημιουργήθηκαν ευνοϊκές συνθήκες για την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων. Μεταπολεμικά στην Ελλάδα, η αμπελουργία αυξάνει το ποσοστό από την πλευρά των καλλιεργούμενων εκτάσεων και βοηθά στην επαγγελματική ενασχόληση των κατοίκων σε ημιορεινές περιοχές που δεν ενδείκνυνται για διαφορετικές καλλιέργειες. Η αμπελουργία στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται από μεγάλο κατακερματισμό απόρροια της μεγάλης ανάπτυξης μεταπολεμικά η οποία ήρθε χωρίς σχεδιασμό. Ο έντονος κατακερματισμός των αμπελώνων είναι ανασταλτικός παράγοντας σε οποιεσδήποτε καινούργιες καλλιεργητικές τεχνικές γιατί ανεβάζει το κόστος εφαρμογής χωρίς να έχει το επιθυμητό μέγεθος στα αποτελέσματα (Μανολής Σταυρακάκης, 2003).

Η εξέλιξη της επιστήμης της γεωπονίας και των εφαρμογών στην καλλιέργεια της αμπέλου οδήγησε σε αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας του προϊόντος. Σημαντικό εργαλείο για την μελέτη της καλλιέργειας είναι η τηλεπισκόπηση μέσω της οποίας είναι δυνατή η παρατήρηση των αμπελώνων και στην εξαγωγή αποτελεσμάτων που αναφέρονται στην κατάσταση της βλάστησης. Η συγκεκριμένη διατριβή αφορά στην παρακολούθηση της ανάπτυξης της βλάστησης στους αμπελώνες στην περιοχή της Νεμέας η οποία αποτελεί ζώνη ΟΠΑΠ (Ονομασίας Προέλευσης Ανώτερης Ποιότητας) και η κατηγοριοποίησή τους με βάση την ανάπτυξή τους. Η ποικιλία Αγιωργήτικο καλλιεργείται κυρίως στην Κορινθία, στους αμπελώνες της Νεμέας και σποραδικά σε πολλά άλλα μέρη της Ελλάδας. Η παρακολούθηση βασίζεται στους δείκτες βλάστησης μέσω των οποίων θα αποτυπωθεί η εξέλιξη της βλάστησης κατά την καλλιεργητική περίοδο.

1.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η καλλιέργεια των αμπελώνων αποτελεί παράδειγμα εξέλιξης των γεωργικών πρακτικών κατά την πάροδο του χρόνου. Η εξέλιξη αυτών είχε ως στόχο την αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Οι παραδοσιακές πρακτικές εμπλουτίστηκαν με νεότερες, ενώ η επιστήμη συνεχώς εξελίσσεται. Η ένταξη των γεωχωρικών τεχνολογιών και των επιστημονικών μεθόδων βοήθησαν στην καλύτερη ανάλυση των δεδομένων και εντάσσουν την έννοια του χώρου στην διαχείριση των α-

μπελώνων. Η τηλεπισκόπηση και το GIS χρησιμοποιούνται για την δημιουργία και την ανάλυση των δεδομένων. Η τηλεπισκόπηση προσφέρει τις δορυφορικές εικόνες μέσω των οποίων υπολογίζονται δείκτες βλάστησης και είναι δυνατή η παρατήρηση της κατάστασης της βλάστησης. Επιπλέον μέσα από περιβάλλον GIS εφαρμόζονται διάφορες μεθοδολογίες για την διαχείριση και την παρατήρηση των αμπελώνων.

Οι μεθοδολογίες για την ταξινόμηση της βλάστησης που εφαρμόζονται αφορούν κυρίως τις ζώνες διαχείρισης, χρησιμοποιώντας δείκτες βλάστησης σε συνδυασμό με άλλα δεδομένα. Πέρα από την δημιουργία ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιούνται δείκτες βλάστησης για την εκτίμηση και τον προσδιορισμό διαφόρων σταδίων της ανάπτυξης και των φαινολογικών σταδίων της καλλιέργειας.

Η ταξινόμηση της βλάστησης με δεδομένα δεικτών βλάστησης εφαρμόζεται εδώ και αρκετά χρόνια. Οι (Saturnino Leguizamon, 1996) είχαν ως στόχο την ταξινόμηση της βλάστησης μιας μεγάλης γεωγραφικής περιοχής στην νότια Αμερική. Η έρευνα τους βασιζόταν σε μηνιαίους δείκτες NDVI για εννέα χρόνια. Οι (Yaozhong Pan, 2001) ανέπτυξαν μία μέθοδο για ταξινόμηση της βλάστησης και την εφαρμόσαν στην Κίνα. Τα δεδομένα εισόδου ήταν από τον δορυφόρο Advanced Very High Resolution Radiometer, και αποτελούνταν από την μηνιαία θερμοκρασία, εξατμισοδιαπνοή και βροχόπτωση. Με την σύνθεση αυτών των τριών γίνεται η κατηγοριοποίηση Holdridge σε 12 εικόνες οι οποίες στην συνέχεια συμπιέστηκαν σε μία με την ανάλυση κυρίων συνιστωσών. Αυτή η ταξινομημένη εικόνα μαζί με το μηνιαίο μέγιστο NDVI εισήχθησαν σε έναν αλγόριθμο ISODATA και το αποτέλεσμα ήταν ένας χάρτης με τους τύπους βλάστησης της Κίνας με ακρίβεια 71,4%. Οι δύο αυτές έρευνες εφαρμόζουν μεθόδους ταξινόμησης της βλάστησης σε ευρεία κλίμακα χωρίς να επικεντρώνονται σε καλλιέργειες.

Για την δημιουργία ζωνών διαχείρισης σε καλλιεργούμενες εκτάσεις χρησιμοποιούνται κυρίως δείκτες βλάστησης μίας δορυφορικής λήψης, χωρίς να εξετάζονται οι μεταβολές στον χρόνο. Οι δείκτες βλάστησης συνδυάζονται με δεδομένα όπως εδαφολογικά, χαρακτηρίστηκα της φυσιολογίας του φυτού ή και η παραγωγή. Σε ερευνητικό επίπεδο οι (Xiaoyu Song, 2009) εξέτασαν τις διαφορές στην δημιουργία ζωνών διαχείρισης σε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν τα εδαφικά χαρακτηριστικά και η παραγωγή, στην δεύτερη δεδομένα εισόδου ήταν ο δείκτης βλάστησης και τα εδαφικά χαρακτηριστικά και στην τρίτη ήταν η παραγωγή και ο δείκτης βλάστησης. Επίσης οι ζώνες διαχείρισης μπορούν να εφαρμοστούν και σε ευρύτερη κλίμακα όπως εφαρμόστηκε για τον διαχωρισμό των παράκτιων εδαφών με βάση την αλατότητα. Τα δεδομένα αποτελούσαν πέντε εδαφικά χαρακτηριστικά και μία εικόνα του δείκτη βλάστησης NDVI (Yan LI, 2007). Οι (Liliana Alborno, 2019) κατηγοριοποίησαν έναν αμπελώνα με βάση 3 δείκτες βλάστησης EVI, NDVI και SAVI, τα προϊόντα προήλθαν από τον δορυφόρο Sentinel – 2 στις μέρες κοντά στην συγκομιδή. Ο στόχος ήταν να ελέγξουν τις διαφορές που έχει ο κάθε δείκτης στην δημιουργία ζωνών διαχείρισης. Σημαντικό αντικείμενο μελέτης αφορά η μεταβλητότητα των ζωνών διαχείρισης μεταξύ καλλιεργητικών περιόδων. Οι (A. Tagarakis, 2012), χρησιμοποιώντας εδαφικά χαρακτηριστικά σαν μεταβλητές καθώς και τον δείκτη βλάστησης NDVI για διάφορα στάδια ανάπτυξης του αμπελώνα, για δύο χρονιές δημιούργησαν ζώνες δια-

χείρισης που αφορούν την ποσότητα της παραγωγής και την ποιότητα των σταφυλιών (περιεκτικότητα σε σάκχαρα). Οι ζώνες για τις δύο χρονιές διαφέρουν ελάχιστα, καθώς για κάθε έτος χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες βλάστησης NDVI και για το 2009 το βάθος του εδάφους για τις ζώνες της παραγωγής και η ηλεκτρική αγωγιμότητα για την ποιότητα ενώ για το 2010 στις ζώνες της παραγωγής χρησιμοποιήθηκαν το υψόμετρο και το NDVI και για την κατηγοριοποίηση της ποιότητας ηλεκτρική αγωγιμότητα και NDVI.

Η μέθοδος fuzzy k-means εφαρμόζεται όταν πρόκειται για ζωνοποίηση για την καλύτερη διαχείριση των καλλιεργειών. Αποτελεί μια δοκιμασμένη και ευρέως εφαρμοσμένη μέθοδο η οποία παράγει αποτελέσματα τα οποία αντιπροσωπεύουν το φυσικό περιβάλλον εντάσσοντας την θεωρία της ασάφειας στο αποτέλεσμα. Η ζωνοποίηση σε μια ολόκληρη ζώνη ΠΟΠ εφαρμόστηκε με την μέθοδο fuzzy k-means χωρίς ωστόσο να χρησιμοποιούνται δορυφορικά δεδομένα (Ana Belén González-Fernández, 2018). Η ζωνοποίηση με fuzzy k-means εφαρμόστηκε και για την δημιουργία ζωνών για διαχωρισμό εδαφών (Yan LI, 2007). Για την ζωνοποίηση καλλιεργειών σε κλίμακα αγροτεμαχίου (A. Tagarakis, 2012), (Kelyn Schenatto, 2017), (Xiaoyu Song, 2009). Επίσης η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται και για την κατηγοριοποίηση σε διαφορετικές ζώνες απόδοσης μεγαλύτερων αγροτικών περιοχών (Peter John McEntee, 2019) , όπως και στην ταξινόμηση διαφορετικών ειδών βλάστησης εξετάζοντας τον κύκλο ανάπτυξης τους (Saturnino Leguizamon, 1996).

Η παρακολούθηση καλλιεργειών και της εξέλιξης τους κατά την καλλιεργητική περίοδο με τους δείκτες βλάστησης, αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την ομαλή ανάπτυξη της βλάστησης. Στην περίπτωση της καλλιέργειας αμπελιού υπάρχουν περιοριστικοί παράγοντες. Η βλάστηση δεν αποτελεί συνεχή επιφάνεια αλλά είναι συγκεντρωμένη σε γραμμές με απόσταση περίπου 2 μέτρων μεταξύ τους. Αυτό δημιουργεί παρεμβολές στους δείκτες βλάστησης που δεν αφορούν την βλάστηση της αμπέλου. Παρά τον συγκεκριμένο περιοριστικό παράγοντα οι δορυφορικοί δείκτες αποδίδουν και είναι δυνατόν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα ακόμη και από δορυφόρους με ανάλυση 10 μέτρων. Οι (Nicolas Devaux, 2019) επικεντρώθηκαν στην ικανότητα του δορυφορικού δέκτη Sentinel 2 να παρέχει πληροφορίες για την ανάπτυξη των αμπελώνων στην Μεσόγειο. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην νότια Γαλλία για την χρονική περίοδο Μαρτίου – Οκτωβρίου χρησιμοποιώντας τον δείκτη βλάστησης NDVI. Επικεντρώθηκαν σε 4 αμπελοτεμάχια που εφαρμόζοταν διαφορετικές καλλιεργητικές πρακτικές και τα αποτελέσματα δείχνανε πως είναι δυνατόν να προσδιοριστούν τα στάδια ανάπτυξης της αμπέλου και μπορούν να εντοπιστούν διαφορές στις πρακτικές διαχείρισης ζιζανίων και των πρεμνών. Τα φαινολογικά στάδια του φυτού της αμπέλου είναι σημαντικό να εντοπίζονται για τον καλύτερο έλεγχο της πορείας της βλάστησης. Σε αμπελώνες της Πορτογαλίας οι (Arlete Rodrigues, 2012) υπολόγισαν μέσω του δείκτη NDVI από το πρόγραμμα SPOT VGT, τα επτά φαινολογικά στάδια του φυτού της αμπέλου. Σε ευρεία κλίμακα η μελέτη της ανάπτυξης μπορεί να επιτευχθεί, όπως εφάρμοσαν οι (Golnaz Badr, 2013). Αποτυπώθηκε με δεδομένα του δορυφόρου MODIS την αρχή και το τέλος της φωτοσύνθεσης, την ένταση στην αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας καθώς και τον ρυθμό μείωσης, όπως και άλλα χαρακτηριστικά για μία περίοδο τεσσάρων ετών.

Η παραπάνω συλλογή μεθοδολογιών και ερευνών που αφορούν τους δείκτες βλάστησης, την ταξινόμηση της βλάστησης, την ζωνοποίηση της καλλιέργειας με την μέθοδο fuzzy k-means, καθώς και την παρακολούθηση της ανάπτυξης της βλάστησης, αποτελεί μια περίληψη της έρευνας σε αυτόν τον τομέα. Σκοπός είναι να εντοπιστούν βασικές μεθοδολογίες που εφαρμόζονται σε διάφορους τύπους βλάστησης, καθώς επίσης και εφαρμογές σε αμπελώνες. Η σύνθεση των διαφορετικών μεθοδολογιών οδηγεί στην δομή της κατάλληλης μεθοδολογίας για την διεκπεραίωση της μελέτης των αμπελώνων της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας. Επίσης η διερευνητική στατιστική και η ανάλυση που απορρέει από τις παραπάνω μελέτες οδηγεί σε χρήσιμα συμπεράσματα.

1.3 Στόχοι και υποθέσεις εργασίας

Ο πρώτος στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η παρακολούθηση της ανάπτυξης της βλάστησης των αμπελώνων της ζώνης της Νεμέας για δύο έτη (2018 και 2019). Η μελέτη αποσκοπεί στην εξαγωγή αποτελεσμάτων που αφορούν τους δείκτες βλάστησης, την ανάπτυξη της βλάστησης των αμπελώνων, τις διαφορές στην ανάπτυξη σε ολόκληρη την ζώνη καθώς και τις συσχετίσεις εμφανίζει αυτή με διάφορα τοπογραφικά χαρακτηριστικά. Η ανάλυση της ανάπτυξης των αμπελώνων για την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου θα οδηγήσει στην κατανόηση των διαφορών της ανάπτυξης της βλάστησης. Επίσης τα αποτελέσματα θα βοηθήσουν να εξαχθούν συμπεράσματα για την εξάρτηση της ανάπτυξης των αμπελώνων από τοπογραφικά χαρακτηριστικά. Οι διαφορετικοί δείκτες βλάστησης αναμένεται να έχουν κάποιες μικρές διαφορές καθώς είναι ευαίσθητοι σε διαφορετικά χαρακτηριστικά της βλάστησης. Επίσης θα μελετηθεί η παραλλακτικότητα των δεικτών βλάστησης εντός των αμπελώνων για περεταίρω κατανόηση της συμπεριφοράς της βλάστησης στην κλίμακα του αμπελοτεμαχίου. Τέλος η τυπική απόκλιση των δεικτών βλάστησης ολόκληρης της περιοχής μελέτης θα είναι χρήσιμη για την μελέτη των διαφορών της ανάπτυξης στην ζώνη της Νεμέας. Θα μελετηθεί η μεταβολή της τυπικής απόκλισης της περιοχής στην πάροδο του χρόνου, τότε είναι μεγαλύτερη και τότε παρουσιάζει μείωση.

Ο δεύτερος στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η κατηγοριοποίηση των αμπελώνων με βάση την ανάπτυξή τους σε διαφορετικές κατηγορίες. Για κάθε έτος θα εντοπιστούν οι διαφορές στην ανάπτυξη της βλάστησης των αμπελώνων στην ζώνη, οι οποίες εξαρτώνται από διάφορες μεταβλητές όπως υψόμετρο, κλίμα και τοπογραφικά χαρακτηριστικά. Η ταξινόμηση της ζώνης της Νεμέας έχει χαρακτηριστικά της γεωργίας ακριβείας αλλά το τελικό αποτέλεσμα απέχει από τις ζώνες διαχείρισης που προκύπτουν εντός ενός αμπελοτεμαχίου.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1 Περιγραφή δεδομένων

2.1.1 Δεδομένα τηλεπισκόπησης

Η ανάγκη παρατήρησης στόχων από απόσταση χωρίς να έρθουμε σε επαφή με αυτόν και η συλλογή πληροφοριών γέννησε την τηλεπισκόπηση. Αναλύοντας ετυμολογικά την λέξη «τηλεπισκόπηση» παρατηρούμε ότι το πρώτο συνθετικό είναι το επίρρημα «τηλέ» που σημαίνει από μακριά και ως δεύτερο συνθετικό το ρήμα επισκοπώ που σημαίνει εξετάζω. «Τηλεπισκόπηση επομένως ορίζεται ως η επιστήμη της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας της πληροφορίας γύρω από έναν στόχο για την αναγνώριση των ιδιοτήτων του, εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις του με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, χωρίς να έρθουμε σε απευθείας επαφή με αυτόν» (Μερτίκας, 2009).

Τα τρία τμήματα που αποτελούν την επιστήμη της τηλεπισκόπησης είναι πρώτον οι στόχοι οι οποίοι είναι τα υπό μελέτη αντικείμενα ή τα φαινόμενα που θέλουμε να παρατηρήσουμε, δεύτερον η συλλογή των δεδομένων μέσω ειδικών οργάνων και τρίτον η ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Ο ορισμός της τηλεπισκόπησης έχει μεγάλο εύρος και ξεκινά από το ανθρώπινο μάτι μέχρι και την ακτινογραφία στα ιατρικά εργαστήρια. Ο στόχος που παρατηρείται μπορεί να έχει διαφορετικά μεγέθη, ξεκινώντας από τα κύτταρα στην ιατρική μέχρι έναν ολόκληρο πλανήτη όπως η Γη. Αλλά στην πραγματικότητα η επιστήμη της τηλεπισκόπησης εφαρμόζεται σε συστήματα απεικονίσεων ή εικόνων όπως αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες. Κύριος σκοπός είναι η απεικόνιση και η μελέτη της επιφάνειας της Γης καθώς και των φαινομένων που εμφανίζονται (Μερτίκας, 2009).

Η τηλεπισκόπηση είναι μία επιστήμη η οποία βασίζεται στην λήψη εικόνων άρα γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι το πρώτο βήμα έγινε το 1826 με την ανακάλυψη της φωτογραφίας και στην συνέχεια με την ανάπτυξη νέων φιλμ ώστε να καταγράφουν φωτογραφίες σε φάσματα εκτός του ορατού. Στην συνέχεια το 1939 κατά την διάρκεια του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου αναπτύχθηκε η υπέρυθρη φωτογραφία και το Radar. Στον ψυχρό πόλεμο το 1960 δόθηκε μεγάλη ώθηση στις διαστημικές έρευνες από την NASA και το 1970 άρχισαν οι εκτοξεύσεις δορυφόρων όπως ο Landsat-1 για την παρατήρηση της επιφάνειας της Γης. Το 1980 έγιναν εκτοξεύσεις δορυφόρων από Ινδία (IRS-1a, IRS-1b), Ιαπωνία (MOS-1, MOS-1b) και Ρωσία, επίσης το 1982 κατασκευάστηκε η δεύτερη γενιά δεκτών και δορυφόρων Landsat TM (Thematic Mapper). Το 1986 ακολούθησαν πολλές εκτοξεύσεις δορυφόρων αλλά η αλλαγή έγινε το 1990 όπου δημιουργήθηκε το EOS (Earth Observing Systems) στις ΗΠΑ, το Radarsat στον Καναδά και ο δορυφόρος Earth Resources Satellite (ERS-1) με συσκευές ραντάρ (Μερτίκας, 2009).

Οι δείκτες βλάστησης είναι ένα εργαλείο της τηλεπισκόπησης για την μελέτη της βλάστησης. Συνδυάζουν φασματικές πληροφορίες από επιλεγμένα μήκη κύματος σε μια τιμή, η οποία σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ή μία ιδιότητα της βλάστησης, και συνήθως αποτελούν το μέτρο εκτίμησης της υγιούς βλάστησης. Πολλοί από τους δείκτες κάνουν χρήση της αντίστροφης σχέσης μεταξύ του κόκκινου και του εγγύς υπέρυθρου που σχετίζεται με την υγιή πράσινη βλάστηση (Richards, 2013). Ο αριθμός των δεικτών που προκύπτουν από τις διάφορες πράξεις μεταξύ καναλιών είναι μεγάλος και συνεχώς βγαίνουν καινούργιοι καθώς με μικρές αλλαγές αλλάζει το αποτέλεσμα και η ευαισθησία στις διαφορετικές καταστάσεις της βλάστησης. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται δείκτες βλάστησης οι οποίοι εστιάζουν στην σχέση του red-edge με το κοντινό υπέρυθρο. Με αυτή την μετατροπή οι δείκτες έχουν ευαισθησία στην χλωροφύλλη και στο ποσό η οποία περιέχεται στα φυτά. Αυτοί οι

δείκτες βοηθούν στον διαχωρισμό των διαφόρων τύπων καλλιέργειας καθώς και στην διαφοροποίηση των φαινολογικών σταδίων (Qiaoyun Xie, 2018) .

Το πρόγραμμα Copernicus (copernicuseu) της ευρωπαϊκής διαστημικής υπηρεσίας υποστηρίζει δύο δορυφορικούς δέκτες Sentinel 2 οι οποίοι βρίσκονται σε πολική τροχία σε ύψος 290 χιλιομέτρων από την επιφάνεια του πλανήτη. Ο πρώτος δορυφόρος εκτοξεύθηκε στις 23 Ιουνίου 2015 και ο δεύτερος στις 7 Μαρτίου 2017 και στον συνδυασμό τους προσφέρουν εικόνες για την επιφάνεια του πλανήτη ανά 5 ημέρες στον ισημερινό και 2 με 3 ημέρες στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Είναι μία αποστολή που προσφέρει πολυφασματικά δεδομένα υψηλής ανάλυσης. Οι εικόνες περιλαμβάνουν 13 κανάλια, τα 4 από τα οποία έχουν ανάλυση 10 μέτρων, 6 κανάλια έχουν ανάλυση 20 μέτρων και άλλα 3 σε ανάλυση 60 μέτρων. Πιο συγκεκριμένα στα 10 μέτρα ανάλυση είναι τα κανάλια μπλε, πράσινο, κόκκινο και κοντινό υπέρυθρο. Με ανάλυση 20 μέτρων είναι οι 3 μπάντες του red-edge, μία μπάντα κοντινού υπέρυθρου με μικρό εύρος και δύο μπάντες στο SWIR. Τέλος με 60 μέτρα ανάλυση είναι τα κανάλια Coastal aerosol, Water vapour, SWIR – Cirrus. Πιο συγκεκριμένα στον Πίνακα 1 (Sentinel) φαίνονται όλες οι μπάντες με την ανάλυση, τα νανόμετρα που βρίσκεται το κέντρο και το εύρος (bandwidth) της κάθε μπάντας.

Πίνακας 1. Μπάντες για τους δορυφορικούς δέκτες Sentinel 2 (S2A & S2B)

Band Number	S2A		S2B		Spatial resolution (m)
	Central wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Central wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	
1	442.7	21	442.3	21	60
2	492.4	66	492.1	66	10
3	559.8	36	559.0	36	10
4	664.6	31	665.0	31	10
5	704.1	15	703.8	16	20
6	740.5	15	739.1	15	20
7	782.8	20	779.7	20	20
8	832.8	106	833.0	106	10
8a	864.7	21	864.0	22	20
9	945.1	20	943.2	21	60
10	1373.5	31	1376.9	30	60
11	1613.7	91	1610.4	94	20
12	2202.4	175	2185.7	185	20

Από τον Μάρτιο του 2018 για την Ευρώπη οι δορυφορικές εικόνες είναι ατμοσφαιρικά διορθωμένες σε Bottom Of Atmosphere reflectance και έπειτα από τον Δεκέμβριο του ίδιου έτους για τον υπόλοιπο κόσμο. Τα δεδομένα που αποτελούν την βάση της μελέτης είναι τα δορυφορικά δεδομένα του Sentinel 2. Η εργασία έχει σκοπό μελέτης, ανάλυσης και ταξινόμησης των αμπελώνων μέσω δεικτών βλάστησης, για αυτό επιλέχθηκε τα δορυφορικά δεδομένα να αποτελούνται από εικόνες στην περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου, καθώς νωρίτερα από τον Μάιο δεν παρουσιάζεται βλάστηση στους αμπελώνες. Για το έτος 2018 (Πίνακας 2) οι εικόνες που δεν έχουν νεφοκάλυψη σε περιοχή αμπελώνων είναι 9 και για το 2019 (Πίνακας 3) είναι 20.

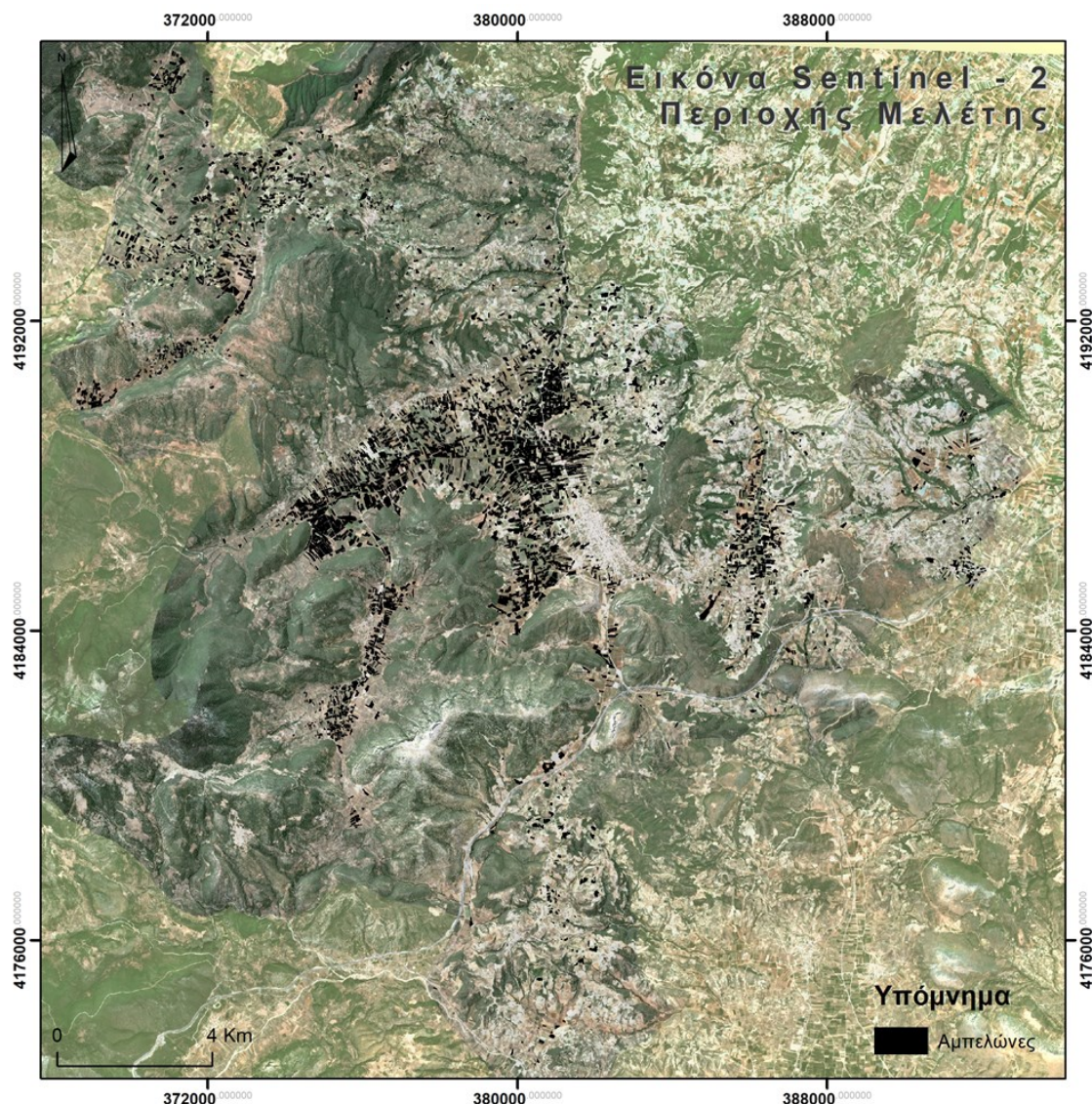
Πίνακας 2. Εικόνες Sentinel 2 χωρίς νεφοκάλυψη για το έτος 2018

2018				
Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
1/5/2018	13/6/2018	5/7/2018	14/8/2018	21/9/2018
19/5/2018			19/8/2018	23/9/2018
			24/8/2018	

Πίνακας 3. Εικόνες Sentinel 2 χωρίς νεφοκάλυψη για το έτος 2019

2019				
Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
9/5/2019	8/6/2019	3/7/2019	4/8/2019	1/9/2019
29/5/2019	13/6/2019	8/7/2019	7/8/2019	6/9/2019
	23/6/2019	28/7/2019	12/8/2019	16/9/2019
	28/6/2019		19/8/2019	18/9/2019
			22/8/2019	26/9/2019
			27/8/2019	

Στον Χάρτη 1 αποτυπώνεται η περιοχή της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας όπως φαίνεται από μία εικόνα του δορυφόρου Sentinel – 2, ατμοσφαιρικά διορθωμένη και σε πραγματικά χρώματα και με μαύρο χρώμα απεικονίζονται τα αμπελοτεμάχια της ζώνης.



Χάρτης 1. Εικόνα Sentinel – 2 σε True Color, Περιοχή ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας

2.1.2 Γεωχωρικά δεδομένα

Τα δεδομένα που εξυπηρετούν τον σκοπό της εργασίας αποτελούνται από τις δύο δομές χωρικών δεδομένων, τα μοντέλα τύπου μωσαϊκού γνωστά ως raster και αυτά του διανυσματικού τύπου γνωστά ως vector (Βασιλική Κόλλια, 2012). Ο τύπος αρχείου που επικρατεί για τα διανυσματικού τύπου δεδομένα ονομάζεται shapefile και είναι της ESRI (ESRI, 1998). Τα δεδομένα αποτελούν τα αμπελοτεμάχια της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας σε πολυγωνικό αρχείο, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής μελέτης, με ανάλυση 2 μέτρων τα οποία προέρχονται από την Ερευνητική Μονάδα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων στο πλαίσιο της δράσης «ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ». Από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους προέκυψαν το μοντέλο των κλίσεων της επιφάνειας, ο προσανατολισμός των επιφανειών καθώς και η σκίαση του εδάφους που είναι χρήσιμη για χαρτογραφικούς σκοπούς. Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής προέρχονται από το μοντέλο worldclim το οποίο προσφέρει μέση τιμή βροχόπτωσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας σε ανάλυση ενός χιλιομέτρου.

Για την σωστή και εύκολη διαχείριση των γεωχωρικών δεδομένων συμπεριλαμβανομένων και των δορυφορικών εικόνων αναπτύχθηκε μια βάση γεωγραφικών δεδομένων. Στην συγκεκριμένη βάση αποθηκεύθηκαν τα πρωτογενή γεωχωρικά δεδομένα και έπειτα εμπλουτίστηκε με τα δευτερογενή δεδομένα που προέκυψαν από τις επεξεργασίες και τις αναλύσεις.

2.2 Δορυφορικοί δείκτες βλάστησης

Με την τηλεπισκόπηση είναι δυνατόν να μελετήσουμε την βλάστηση και τις ιδιότητές της. Η παρακολούθηση της ανάπτυξης καθώς και η μελέτη της υγείας της βλάστησης επιτυγχάνεται μέσω των δεικτών βλάστησης. Τα μέρη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που χρησιμοποιούνται στην τηλεπισκόπηση και στην παρατήρηση της βλάστησης ξεκινάνε από τα 450 νανόμετρα μέχρι τα 2200nm περίπου, ενώ υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιείται και το θερμικό υπέρυθρο. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα αποτελείται από το μπλε (450nm), το πράσινο (550nm), το κόκκινο (650nm), το red-edge (700nm), το κοντινό υπέρυθρο (800-900nm) και το μέσο υπέρυθρο (1300-2200nm).

Τα φασματικά χαρακτηριστικά της βλάστησης εξαρτώνται από την κατάσταση της. Για παράδειγμα η περιεχόμενη υγρασία του φυλλώματος προσδιορίζεται συγκρίνοντας τις τιμές της ανάκλασης κοντά στα μήκη κύματος 800nm, 1600nm και 2200nm. Η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στα μήκη κύματος μικρότερα του 700nm οφείλεται στην παρουσία χλωροφύλλης (Μερτίκας, 2009).

Οι δείκτες βλάστησης μετατρέπουν τις τιμές ανάκλασης σε έναν αριθμό, εκμεταλλεύονται τις διαφορές της ανάκλασης των αντικειμένων ή στόχων σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος χρησιμοποιώντας παθητικούς ή ενεργητικούς δέκτες (Jinpu Xue, 2017). Πολλοί δείκτες βλάστησης εκμεταλλεύονται τις διαφορές στην ανάκλαση του κοντινού υπέρυθρου και του φάσματος του κόκκινου, δηλαδή την μικρή ανάκλαση στο κόκκινο και την μεγάλη στο κοντινό υπέρυθρο. Πιο συγκεκριμένα οι δείκτες βλάστησης οι οποίοι περιέχουν τα μήκη κύματος 970-1200 nm είναι δείκτες περιεχόμενης υγρασίας και καταπόνησης από την έλλειψη αυτής. Οι δείκτες βλάστησης που περιέχουν τα φάσματα του ορατού αναφέρονται στα χαρακτηριστικά της βλάστησης όπως καροτενοειδή, ανθοκυανίνες, ξανθοφύλλες και χλωροφύλλη (Prasad S. Thenkabail, 2019).

Με τους συνδυασμούς διαφόρων δορυφορικών μαντάν εντείνεται η ευαισθησία σε διαφορετικές παραμέτρους της βλάστησης. Η ανακλαστικότητα στα φάσματα του ορατού (μπλε, πράσινο, κόκκινο) σχετίζεται με την παρουσία των χρωστικών ουσιών στο φύλλωμα και πως αυτές αλληλεπιδρούν με την ακτινοβολία. Για την καλύτερη εκτίμηση των χρωστικών ουσιών όπως καροτενοειδή και ανθοκυανίνες χρησιμοποιούνται οι τρεις αυτές μάντες (P.J.Zarco-Tejada, 2005). Η απορρόφηση της χλωροφύλλης αποτυπώνεται χρησιμοποιώντας τα φάσματα του ορατού, εντάσσοντας όμως στις μαθηματικές φόρμουλες και την μάντα του red-edge οι δείκτες εμφανίζουν μεγαλύτερη συσχέτιση με την συγκέντρωση χλωροφύλλης (R. MUNDEN, 1994). Η απορρόφηση ακτινοβολίας από την χλωροφύλλη αποτυπώνει την εξέλιξη και την ανάπτυξη του φυτού καθώς μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια με την φωτοσύνθεση σε χημική ενέργεια (FLEISCHER, 1935). Η εκτίμηση βιοφυσικών παραγόντων στα φυτά επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό του πράσινου, του κόκκινου και του κοντινού υπέρυθρου (R.L. WEISER, 1986). Κατά κύριο λόγο για την εκτίμηση της ποσότητας της βιομάζας και της πυκνότητας της βλάστησης επαρκούν οι μάντες του κόκκινου και του κοντινού υπέρυθρου (F. Baret, 1989) κυρίως της διαφοράς της ανάκλασης της βλάστησης στα δύο αυτά μήκη κύματος που διαφέρει σε σχέση με διαφορετικές επιφάνειες όπως γυμνό έδαφος.

Ένας ξεχωριστός τομέας των δεικτών βλάστησης αποτελείται από αυτούς οι οποίοι εστιάζουν στην περιεχόμενη υγρασία του φυλλώματος. Ο συνδυασμός του κοντινού υπέρυθρου και του μέσου υπέρυθρου δεν επηρεάζεται από την δομική σύσταση του φυλλώματος και βελτιώνει τις εκτιμήσεις σε περιεχόμενη υγρασία στο φυτό (Pietro Ceccato, 2001).

Στην παρούσα εργασία είχε τεθεί σαν στόχος η μελέτη των δεικτών βλάστησης στα αμπελοτεμάχια της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας. Η μελέτη έγινε διαχρονικά εξετάζοντας τους αμπελώνες για δύο έτη (2018 & 2019) για την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου. Αρχικά από τις δορυφορικές εικόνες εξήχθησαν δέκα δείκτες βλάστησης χρησιμοποιώντας το λογισμικό SNAP της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Υπηρεσίας. Οι δείκτες βλάστησης που μελετήθηκαν στην συγκεκριμένη εργασία ήταν οι εξής, Chlorophyll Red-Edge, Enhanced Vegetation Index, Enhanced Vegetation Index 2, Green Normalized Difference Vegetation Index, Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index, Modified Soil Adjusted Vegetation Index, Modified Soil-adjusted Vegetation Index 2, Soil Adjusted Vegetation Index, Normalized Difference Vegetation Index και Structure Intensive Pigment Index.

Ο δείκτης Chlorophyll Red-Edge (Chaoyang Wu, 2009) χρησιμοποιεί τις 2 μπάντες του red-edge και αναφέρεται στην ποσότητα χλωροφύλλης που υπάρχει στην βλάστηση. Με τον συγκεκριμένο δείκτη δύναται να υπολογιστεί η περιεκτικότητα της χλωροφύλλης στο φύλλωμα χωρίς να καταστρέφεται το φυτό για να μετρηθεί αυτή με εργαστηριακά μέσα (Anatoly A. Gitelson, 2006).

$$\text{Chlorophyll Red - Edge} = \frac{750\text{nm}}{710\text{nm}} - 1$$

Ο δείκτης Enhanced Vegetation Index (A. R. Huete, 1999) ενισχύει την βλάστηση και είναι ευαίσθητος σε περιοχές με υψηλή βιομάζα. Σχετίζεται πολύ με τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή των φυτών, χρησιμοποιεί τις μπάντες μπλε, κόκκινο και κοντινό υπέρυθρο (Miura T., 2008). Ο δείκτης Enhanced Vegetation Index 2 (Miura T., 2008) δεν χρησιμοποιεί το φάσμα του μπλε και είναι πιο απλουστευμένος. Ο EVI 2 δημιουργήθηκε για τον δορυφόρο ASTER ο οποίος δεν έχει μπάντα στο φάσμα του μπλε.

$$\text{Enhanced Vegetation Index} = 2.5 \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + 6\text{RED} - 7.5\text{BLUE} + 1}$$

$$\text{Enhanced Vegetation Index 2} = 2.4 \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + 2.4\text{RED} + 1}$$

Ο δείκτης βλάστησης Normalized Difference Vegetation Index (J. W. Rouse, 1973) είναι ο πιο συνηθισμένος δείκτης βλάστησης και σχετικά απλός καθώς διαιρεί την αφαίρεση του κοντινού υπέρυθρου με το κόκκινο, με το άθροισμα αυτών.

$$\text{Normalized Difference Vegetation Index} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

Ο δείκτης Green Normalized Difference Vegetation Index (Buschmann C., 1993) είναι παρόμοιος με τον NDVI αλλά στην θέση του κόκκινου μπαίνει το κανάλι του πράσινου, με αυτή την μετατροπή γίνεται πιο ευαίσθητος στην συγκέντρωση χλωροφύλλης από τον NDVI.

$$\text{Green Normalized Difference Vegetation Index} = \frac{\text{NIR} - \text{GREEN}}{\text{NIR} + \text{GREEN}}$$

Ο Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (Daughtry C. S. T., 2000) αναφέρεται στην απορρόφηση της χλωροφύλλης, χρησιμοποιεί τις μπάντες του πράσινου, κόκκινου και red-edge και δεν επηρεάζεται από τις διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και την ανακλαστικότητα του εδάφους. Είναι ευαίσθητος σε μη φωτοσυνθετικά υλικά όπως συγκεντρώσεις χαμηλής χλωροφύλλης και επηρεάζεται από αλληλεπίδραση leaf area index και χλωροφύλλης .

Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index

$$= ((700nm - 670nm) - 0.2(700nm - 550nm)) \frac{700nm}{670nm}$$

Όσον αφορά τους δείκτες MSAVI, MSAVI2 και SAVI που αντιμετωπίζουν την επίδραση του εδάφους, με αρχικό δείκτη τον SAVI (Huete, 1988) ο οποίος στην συνέχεια εξελίχθηκε στον MSAVI (Qi J., 1994) και έπειτα στον MSAVI2 (Zhangyan Jiang, 2007). Η διαφορά του MSAVI με τον SAVI είναι ο προσδιορισμός του L, όπου στον SAVI ορίζεται με βάση την ποσότητα της βλάστησης όπου τις περισσότερες φορές ορίζεται 0,5 ενώ στον MSAVI υπολογίζεται από τύπο $L = 1 - \frac{2s(NIR-RED)(NIR-sRED)}{NIR+RED}$ όπου s ορίζεται η κλίση της γραμμής εδάφους σε ένα διάγραμμα όπου στο ψ είναι οι τιμές του κοντινού υπέρυθρου και στο χ οι τιμές του κόκκινου. Ο MSAVI2 αλλάζει αρκετά σε σχέση με τους προηγούμενους καθώς δεν χρειάζεται να οριστεί με κάποιον τρόπο ο βαθμός που εμφανίζεται το έδαφος.

$$\text{Soil Adjusted Vegetation Index} = \frac{800nm - 670nm}{800nm + 670nm + L} (1 + L)$$

$$\text{Modified Soil Adjusted Vegetation Index 2} = \frac{2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - RED)}}{2}$$

Ο δείκτης SIPI (Penuelas J., 1995) αναφέρεται στα καροτενοειδή, τα οποία δίνουν πληροφορία για την φυσιολογία του φυτού και στην χλωροφύλλη. Ο δείκτης SIPI δίνει πληροφορία για την δομή του φυλλώματος και η σχέση καροτενοειδών/χλωροφύλλης βοηθούν στην κατανόηση της φυσιολογίας και του φαινολογικού σταδίου της βλάστησης. Ο συγκεκριμένος δείκτης χρησιμοποιεί τις μπάντες του κόκκινου και του κοντινού υπέρυθρου καθώς και την πρώτη μπάντα του Sentinel – 2 που βρίσκεται στα 445 nm.

$$\text{Structure Intensive Pigment Index} = \frac{800nm - 445nm}{800nm - 680nm}$$

Η επιλογή αυτών των δεικτών για την μελέτη της ανάπτυξης των αμπελώνων έγινε με σκοπό να καλύπτεται όλο το εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που αποδίδει με ακρίβεια στα χαρακτηριστικά του φυτού που μελετώνται κατά την ανάπτυξη του. Έχουν επιλεγεί δείκτες για να αποτυπωθεί η απορρόφηση της χλωροφύλλης και των χρωστικών ουσιών. Σημαντικό είναι να μελετηθεί και η ανάπτυξη της βιομάζας στους αμπελώνες κατά την διάρκεια την καλλιεργητικής περιόδου. για την επίτευξη αυτού του σκοπού χρησιμοποιήθηκαν δείκτες βλάστησης που έχουν σαν κύρια χαρακτηριστικά τις μπάντες κόκκινο και κοντινό υπέρυθρο. Καθώς οι αμπελώνες αποτελούν καλλιέργεια με γραμμική φύτευση, το ποσοστό εδάφους σε κάθε pixel 10x10 μέτρων χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες βλάστησης soil adjusted οι οποίοι αφαιρούν εν μέρει τις παρεμβολές του εδάφους στις τιμές του δείκτη.

2.3 Αμπελος, ποικιλία Αγιωργήτικο

Τα στάδια της ανάπτυξης της αμπέλου, ή αλλιώς φαινολογικά στάδια συμβολίζονται με τα γράμματα που λατινικού αλφαβήτου (Baggiolini, 1952). Τα φαινολογικά στάδια είναι τα εξής Α - χειμερινός οφθαλμός, Β - οφθαλμός με χνούδι, C - άνοιγμα οφθαλμών, D - εμφάνιση φύλλων, Ε - ολοκληρωμένο άνοιγμα φύλλων, F - ορατές ταξιανθίες, G - διαφοροποιημένες ταξιανθίες, Η - διαφοροποιημένα άνθη, Ι - άνθηση, J - καρπόδεση, Κ - πλήρης σχηματισμός ραγών, L - ξυλοποίηση κληματίδων, Μ- περκασμός, Ν - ωρίμανση, Ο - κιτρίνισμα φύλλων, Ρ - φυλλόπτωση. Τα κυριότερα στάδια C - άνοιγμα οφθαλμών, Ι - άνθηση και Μ- περκασμός μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη του τρύγου (Agnes Destrac Irvine, 2019).

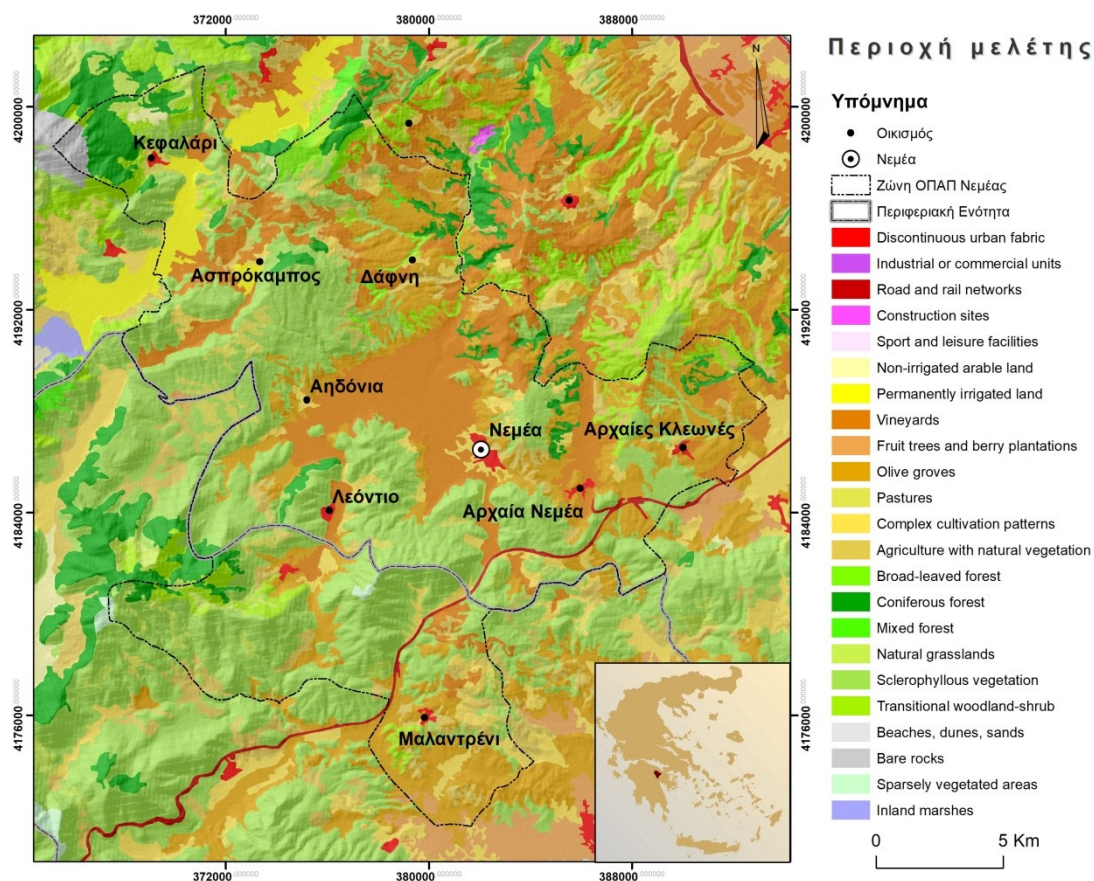
Στην συγκεκριμένη εργασία οι αμπελώνες βρίσκονται στην περιοχή της Νεμέας και η ποικιλία η οποία χαρακτηρίζει τους αμπελώνες είναι το Αγιωργίτικο. Το Αγιωργίτικο (*Vitis vinifera*) καλλιεργείται κατά κόρων στην ευρύτερη περιοχή της Νεμέας και είναι ελληνική ερυθρή ποικιλία. Είναι φυτό εξαιρετικά παραγωγικό, με σταφύλια σκουροκόκκινα, πυκνά και ράγες μικρού ή μετρίου μεγέθους, με σάρκα χυμώδη, μαλακή και σχεδόν άχρωμη, πλούσια σε φαινολικά χαρακτηριστικά. Καλλιεργείται σε εδάφη αργιλοπηλώδη, βαθιά, με καλή στράγγιση και γονιμότητα. Η ποικιλία έχει την ικανότητα να ευδοκιμεί και να προσαρμόζεται σε διαφορετικούς τύπους εδαφών. Η ανάπτυξή του αμπελώνα εξαρτάται από όλες τις ιδιότητες του εδάφους όπως βάθος, pH, αγωγιμότητα, ποσότητα ιχνοστοιχείων κ.α. (Καλύβας, 2003). Χρησιμοποιείται για την παραγωγή βαθυκόκκινων ξηρών κρασιών, με καστανές και βιολετί ανταύγειες, επιτραπέζιων και Ο.Π.Α.Π., επιδεκτικών παλαίωσης, με μαλακές τανίνες, με περιεκτικότητα σε αλκοόλη από 12.5% έως 13%, ανάλογα του υψομέτρου που καλλιεργούνται (hou20).

2.4 Περιοχή Μελέτης

2.4.1 ΠΟΠ Νεμέα

Οι αμπελώνες στην περιοχή της Νεμέας έχουν ζωή εδώ και αιώνες καθώς αναφορές για το κρασί της Νεμέας εντοπίζονται και στην ελληνική μυθολογία στην ιστορία του ημίθεου Ηρακλή. Επέζησαν από την Τουρκική κατοχή και λόγω του ομώνυμου χωριού της περιοχής Άγιος Γεώργιος πήρε το όνομά της η ερυθρή ποικιλία Αγιωργήτικο. Η καλλιέργεια του Αγιωργήτικου καλύπτει το 80% των αμπελώνων της περιοχής. Συνίσταται για τα αμπελουργικά διαμερίσματα της Πελοποννήσου, της Ν.Α. Αττικής, τους νομούς Αιτωλοακαρνανίας, Βοιωτίας και Εύβοιας και επιτρέπεται στους νομούς Δράμας, Πέλλας, Πιερίας. Επιπλέον ένα μικρό ποσοστό οίνου είναι αποτέλεσμα μίξης του Αγιωργήτικου με διαφορετικές ποικιλίες όπως η Cabernet Sauvignon.

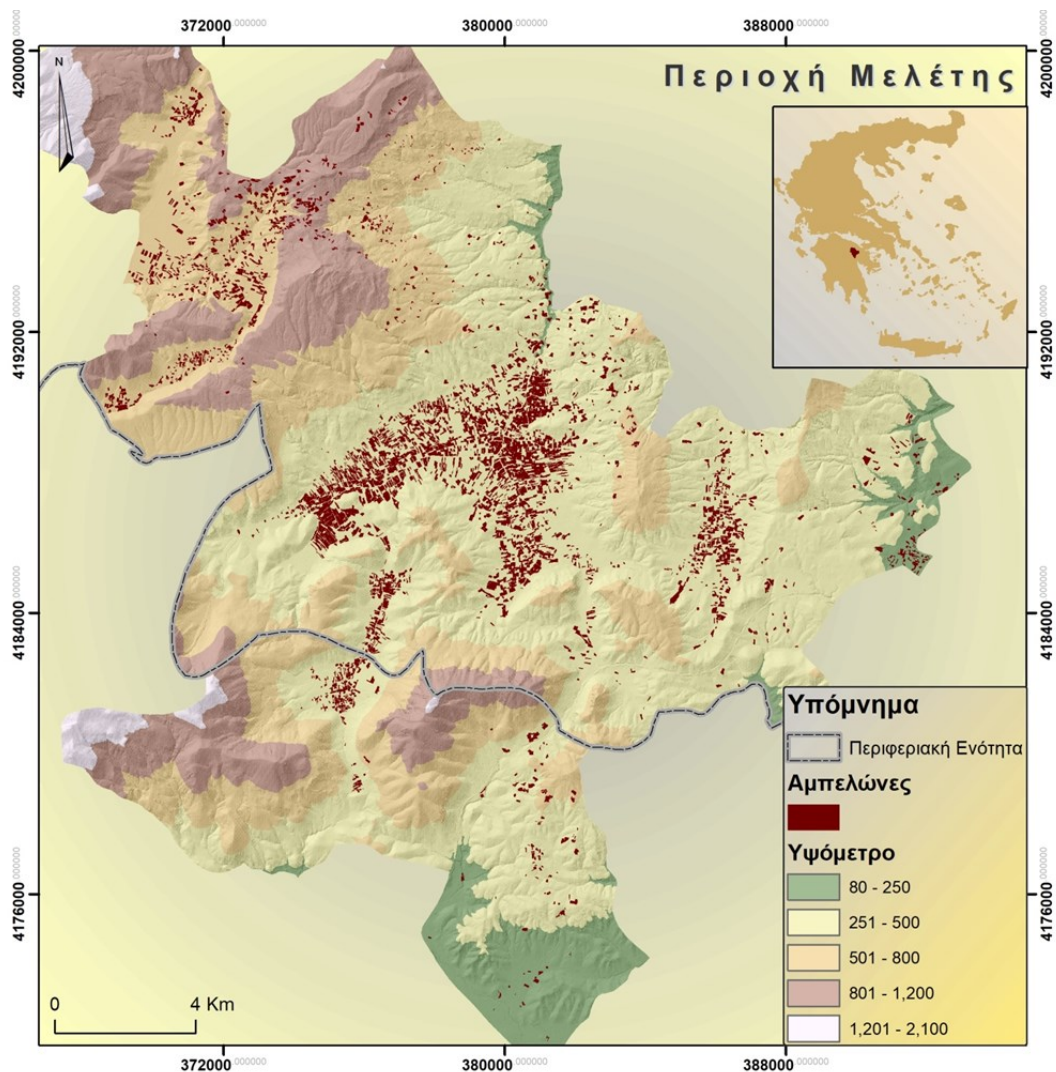
Η περιοχή μελέτης (Χάρτης 2) της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η αμπελουργική ζώνη της Νεμέας. Η οριοθετημένη περιοχή για την παραγωγή οίνων Π.Ο.Π. Νεμέα καθορίστηκε με το Βασιλικό Διάταγμα αριθμ. 539/4-8-1971(ΦΕΚ 159/Α/14-8-1971) το οποίο τροποποιήθηκε στη συνέχεια με το Προεδρικό Διάταγμα αριθμ.446/10.6.1974 (ΦΕΚ 174/Α/25.6.1974), με το Προεδρικό Διάταγμα αριθμ.457/15.9.1988(ΦΕΚ 210/Α/26.9.1988) και με το Προεδρικό Διάταγμα αριθμ.21/21.1.1995(ΦΕΚ16/Α/31.1.1995).



Χάρτης 2. Περιοχή μελέτης, Ζώνη ΠΟΠ Νεμέας, καλύψεις γης CORINE 2018

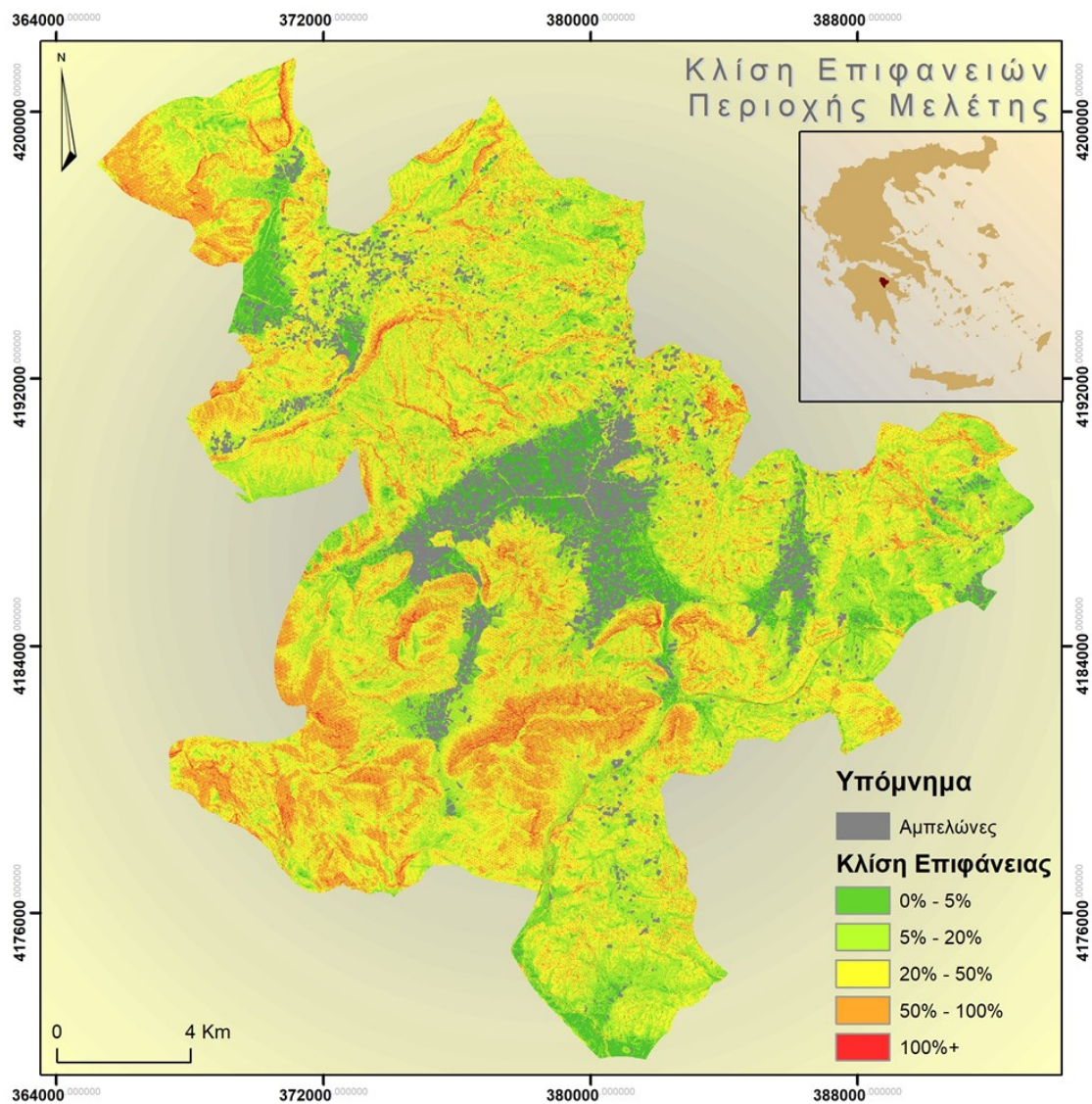
2.4.2 Τοπογραφία περιοχής μελέτης

Εκτείνεται σε δύο περιφερειακές ενότητες, με την συνολική έκταση να είναι 370 τετραγωνικά χιλιόμετρα και έχει μεγάλη υψομετρική διαφορά. Όπως φαίνεται και στον Χάρτη 3 οι χαμηλότεροι αμπελώνες είναι σε υψόμετρο κάτω από τα 250 μέτρα και υπάρχουν αμπελώνες σε υψόμετρο 900 μέτρων στους πρόποδες του όρους Κυλλήνη. Το μεγαλύτερο τμήμα της ζώνης βρίσκεται στην Κορινθία και πιο συγκεκριμένα στο κεντρικό και νότιο μέρος, ενώ ένα μικρό κομμάτι βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της Αργολίδας. Η περιοχή χωρίζεται ανεπίσημα σε τρεις υποπεριοχές, η πρώτη είναι η πεδινή που εκτείνεται μέχρι το υψόμετρο των 350 μέτρων και περιέχει τον κάμπο της Νεμέας και την περιοχή της αρχαίας Νεμέας. Η ημιορεινή περιοχή σε υψόμετρο 350 μέτρων έως 600 και εκτείνεται περιμετρικά του κάμπου, στις πλαγιές των λόφων που τον περιβάλλουν. Τέλος είναι η ορεινή περιοχή στα δυτικά υψίπεδα πάνω από το υψόμετρο των 600 μέτρων από την θάλασσα (Ioannis Katsikis, 2019).



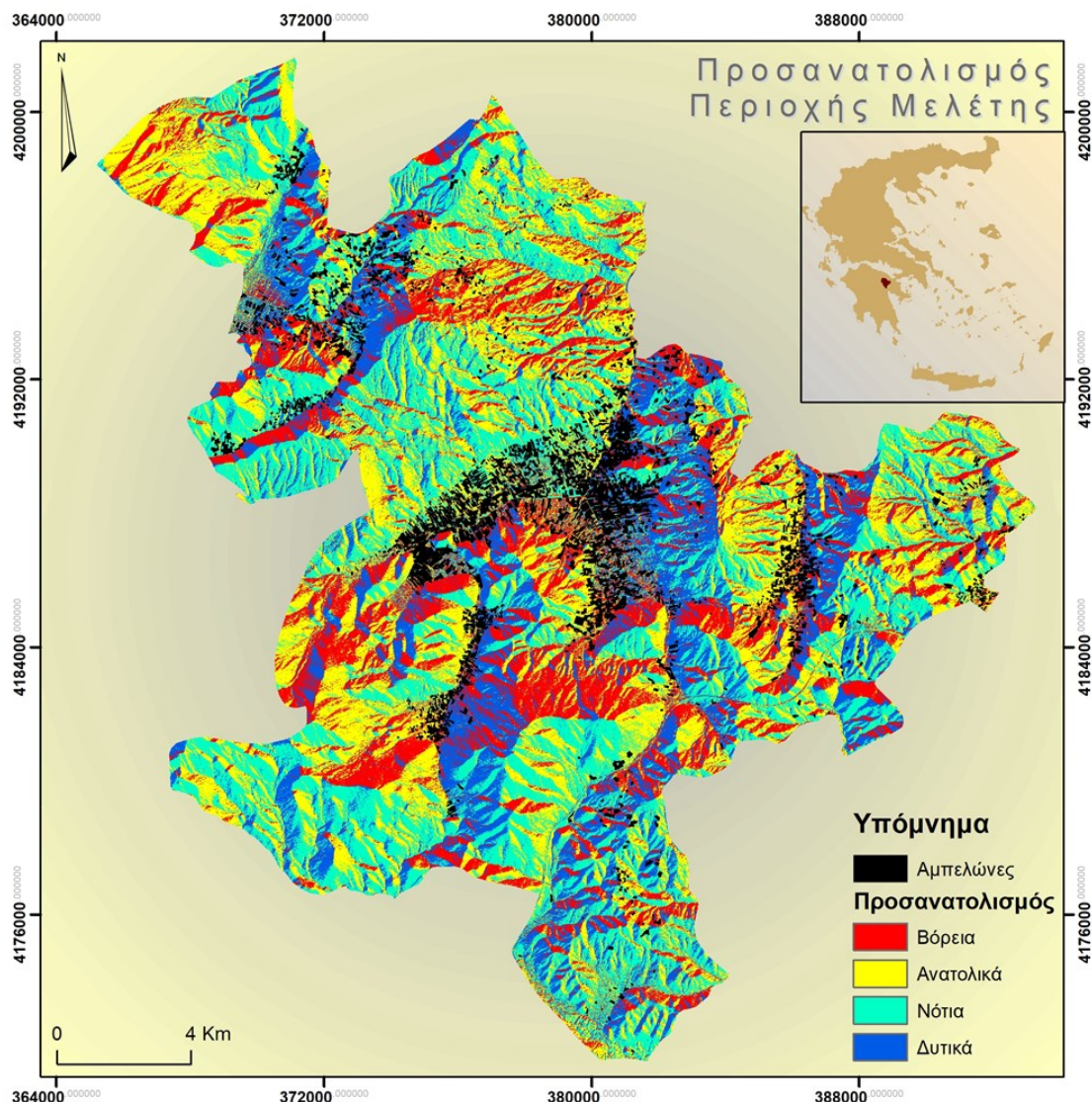
Χάρτης 3. Κλάσεις υψομέτρου περιοχής μελέτης και αμπελοτεμάχια ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από την μεγάλη ποικιλομορφία σε διάφορα χαρακτηριστικά, πέρα από τις υψομετρικές διαφορές υπάρχουν διαφορές και στις κλίσεις των επιφανειών. Όπως φαίνεται στον Χάρτη 4 όπου απεικονίζεται η κλίση του εδάφους της περιοχής μελέτης με μέγεθος κελιού 10 μέτρα, οι αμπελώνες συγκεντρώνονται κυρίως σε περιοχές όπου η κλίση είναι χαμηλή. Συγκεκριμένα το 77% βρίσκεται σε επίπεδη επιφάνεια (κλίση 0 – 1%), ένα ποσοστό 18,5% έχει μέση κλίση 1 – 2%, ενώ στο υπόλοιπο 4,5% η μέση κλίση κυμαίνεται από 3% μέχρι 5%.



Χάρτης 4. Κλίσεις επιφανειών περιοχής μελέτης

Στον Χάρτη 5 φαίνεται ο προσανατολισμός της επιφάνειας, πέρα από τις περιοχές όπου δεν υπάρχουν αμπελώνες όπου η κλίση είναι μεγαλύτερη τότε ο προσανατολισμός είναι σημαντικός. Στις περιοχές όπου συγκεντρώνονται οι περισσότεροι αμπελώνες οι κλίσεις είναι μικρές και δεν επηρεάζει ο προσανατολισμός. Οι μόνες περιπτώσεις στις οποίες ίσως επηρεάζει ο προσανατολισμός είναι τα αμπελοτεμάχια τα οποία είναι στην τρίτη κατηγορία κλίσεων (3% - 5%), όπου η σκίαση θα είναι εντονότερη.

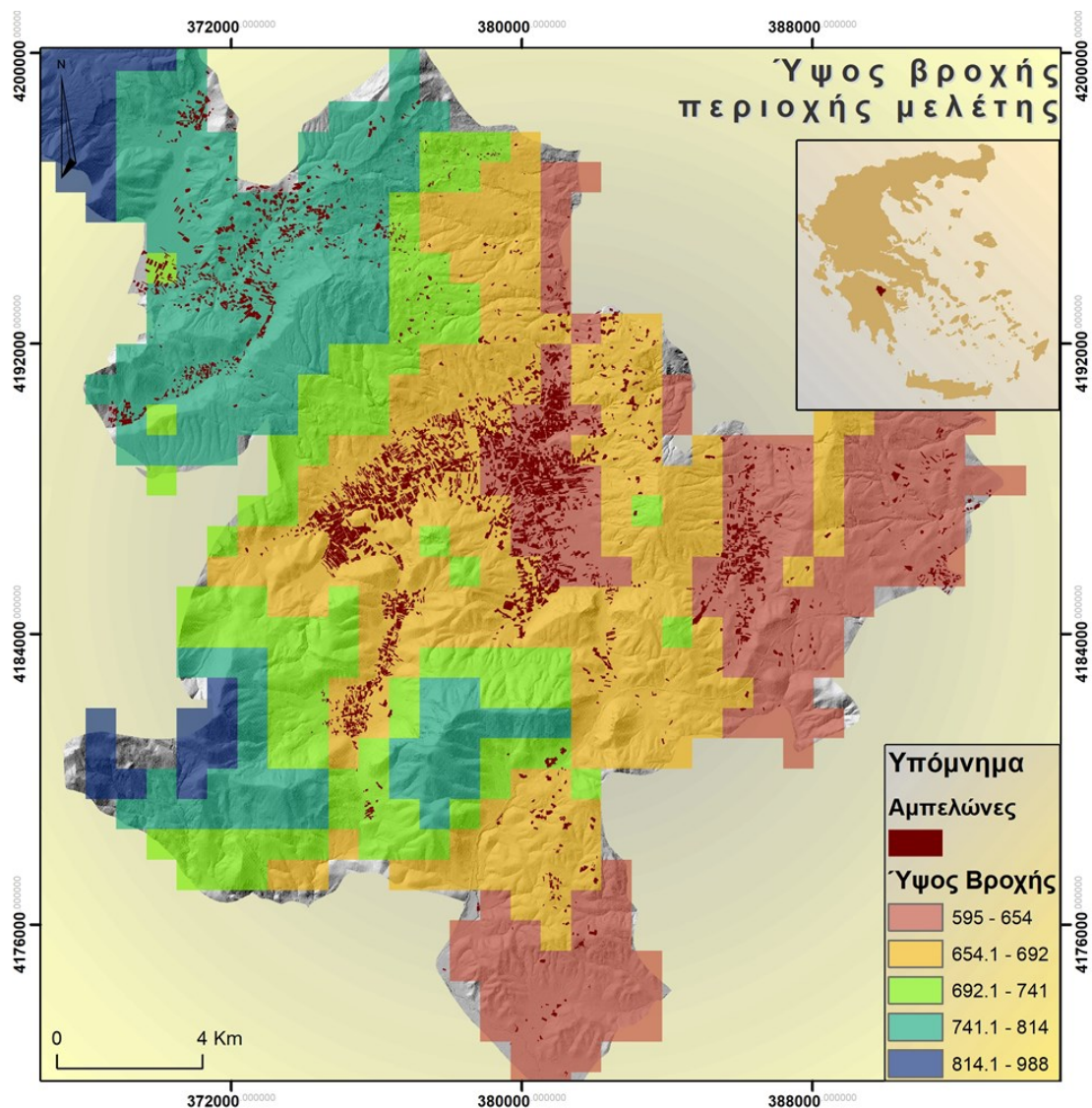


Χάρτης 5. Προσανατολισμός περιοχής μελέτης

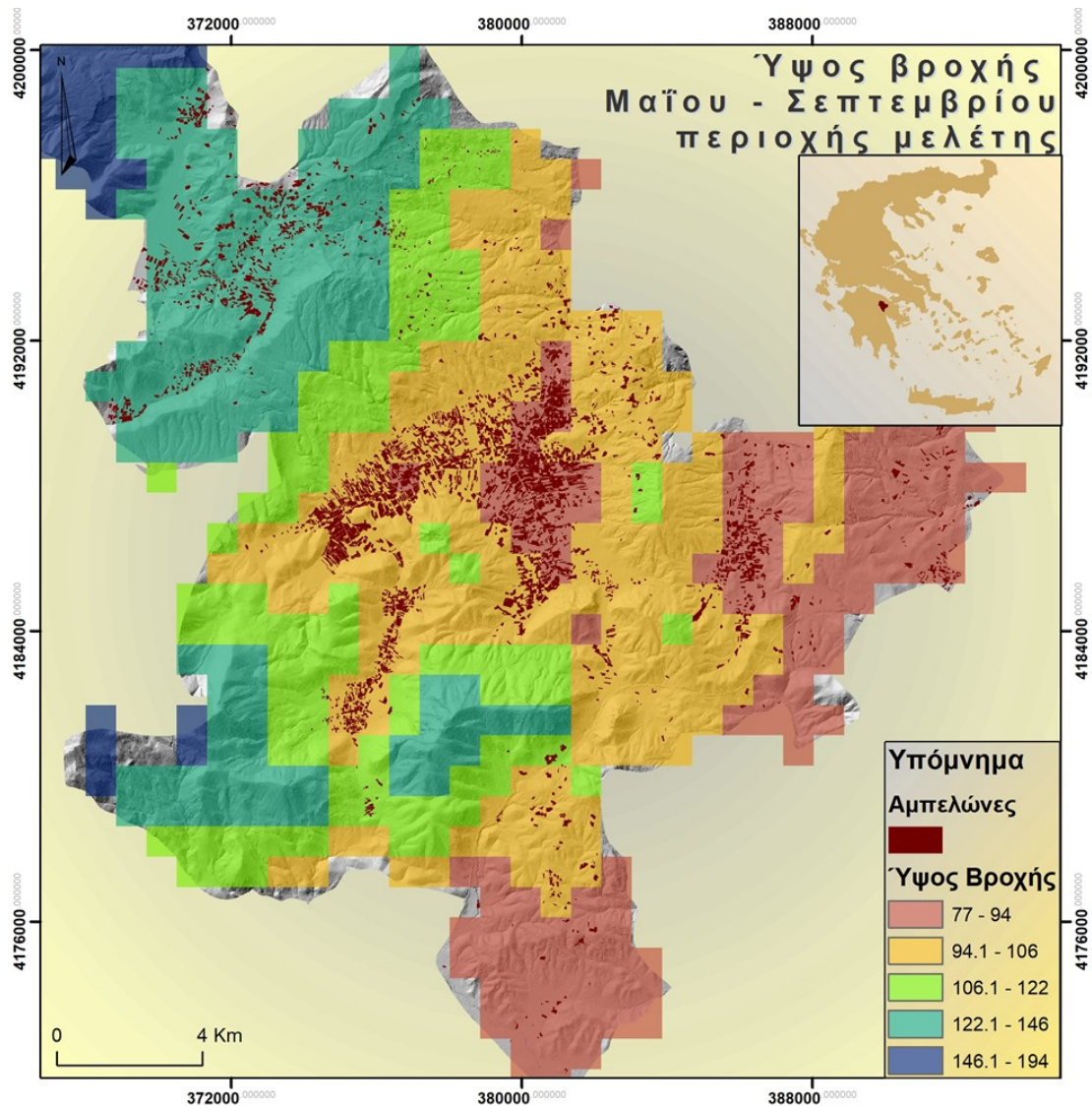
2.4.3 Κλίμα περιοχής μελέτης

Οι κλιματικές συνθήκες διαφέρουν εντός της αμπελουργικής ζώνης καθώς τα ορεινότερα τμήματα δέχονται μέσο όρο πάνω από 900 χιλιοστά βροχής ενώ τα χαμηλότερα τμήματα δέχονται κατά μέσο όρο 600 χιλιοστά. Στις περιοχές όπου βρίσκονται αμπελώνες και πιο συγκεκριμένα στα ημιορεινά και πεδινά δέχονται περίπου 650 χιλιοστά βροχής, ενώ την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου όπου μελετάται η βλάστηση του αμπελώνα το ύψος βροχής είναι 100 χιλιοστά. Οι αμπελώνες οι οποίοι βρίσκονται στα ορεινά δέχονται 750 χιλιοστά βροχής το έτος και περίπου 130 χιλιοστά κατά την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου. Όσον αφορά την θερμοκρασία στην περιοχή οι αμπελώνες στο ορεινό τμήμα έχουν 2 με 3 βαθμούς Κελσίου χαμηλότερη σε σχέση με τους αμπελώνες στα ημιορεινά και στα πεδινά. Με τα κλιματικά δεδομένα φαίνεται η περιοχή μελέτης να χωρίζεται σε 2 κατηγορίες καθώς οι σημαντικές διαφορές εντοπίζονται στα ορεινά με τα ημιορεινά – πεδινά. Στους Χάρτες 6 και 7 φαίνονται τα ύψη του νετού που δέχεται η περιοχή μελέτης για ολόκληρο το έτος και την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου που εξετάζεται στην συγκεκριμένη εργασία. Γίνεται κατανοητό εύκολα πως το μοντέλο της βροχόπτωσης από το worldclim, το οποίο δείχνει τον μέσο όρο υπολογίζοντας τον νετό για τα έτη 1970 – 2000, συσχετίζεται πολύ με το

υψόμετρο. Αξίζει να σημειωθεί η ανατολική περιοχή του κάμπου της Νεμέας η οποία φαίνεται να διαφοροποιείται σε σχέση με τον υπόλοιπο κάμπο, καθώς κατηγοριοποιείται στην κατηγορία με το χαμηλότερο ύψος βροχής, ενώ η υπόλοιπη περιοχή της Νεμέας βρίσκεται στην δεύτερη χαμηλότερη κατηγορία όσον αφορά το ύψος βροχής. Συμπεραίνουμε πως η ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας αποτελεί μία σύνθετη οινοπαραγωγική ζώνη, στο εσωτερικό της οποίας οι κλιματικές συνθήκες διαφέρουν και το φυτό χρήζει διαφορετικής αντιμετώπισης κατά την ανάπτυξή του σε διαφορετικές υποπεριοχές.



Χάρτης 6. Ετήσιο ύψος βροχής στην περιοχή μελέτης (Worldclim)

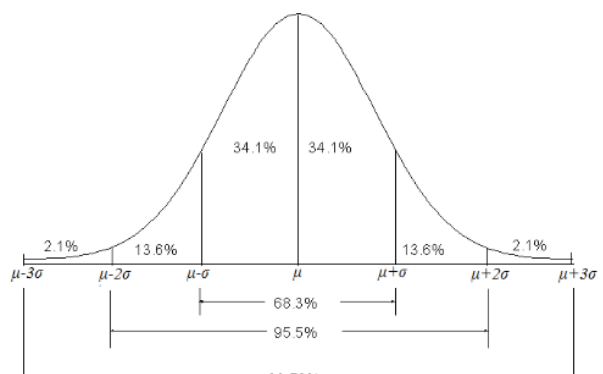


Χάρτης 7. Υψος βροχής για την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου για την περιοχή μελέτης (Worldclim)

2.5 Προκαταρκτική στατιστική ανάλυση

2.5.1 Μη χωρική στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει τρία στάδια: τα δεδομένα, την οργάνωση και ανάλυση του και τέλος την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων (Ζαχαροπούλου, 2012). Καθώς τα δεδομένα της εργασίας αποτελούν πολύ μεγάλο δείγμα οι δειγματικοί μέσοι ακολουθούν την κανονική κατανομή (Διάγραμμα 1). Μία κανονική κατανομή συμβολίζεται



Διάγραμμα 1. Κανονική κατανομή, εμπειρικός κανόνας. Πηγή: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών / Γιώργος Κ. Παπαδόπουλος

από την καμπύλη του Gauss, η οποία έχει το σχήμα καμπάνας. Η μέση τιμή και η διάμεσος σε μία κανονική κατανομή ταυτίζονται, ενώ το πλάτος της μπορεί να μεταβάλλεται (Ζαχαροπούλου, 2012).

Η καμπύλη είναι ένα ιστόγραμμα συχνοτήτων το οποίο εμφανίζει μετρήσεις στα άκρα τα οποία αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό των συνολικών δεδομένων ενώ οι περισσότερες τιμές συγκεντρώνονται στο κέντρο. Οι ακραίες τιμές πολλές φορές αφαιρούνται γιατί δεν αποτελούν αντιπροσωπευτικό του δείγματος. Για την αφαίρεση τους δεν υπάρχει κάποιος κανόνας και είναι υποκειμενική, ως συνήθως ακραίες τιμές που αφαιρούνται είναι αυτές που απέχουν περισσότερο από τρεις φορές την τυπική απόκλιση από την μέση τιμή.

Η διακύμανση ενός συνόλου δεδομένων συμβολίζεται με το γράμμα s^2 και ισούται με το άθροισμα των n τετραγωνικών αποκλίσεων $(x_i - \bar{x})^2$ διαιρεμένο διά $n - 1$. Είναι η αναμενόμενη τιμή της τετραγωνικής απόκλισης της τυχαίας μεταβλητής από τη μέση τιμή, και άτυπα μετρά πόσο μακριά ένα σύνολο (τυχαίων) αριθμών απλώνεται από τη μέση τιμή του (Ζαχαροπούλου, 2012).

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Το στατιστικό μέτρο της τυπικής απόκλισης συμβολίζεται με τον λατινικό χαρακτήρα s , χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της διασποράς ενός συνόλου.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n - 1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Οι χαμηλές τιμές της τυπικής απόκλισης σημαίνει πως οι τιμές είναι κοντά στο μέσο όρο και η διασπορά τους μικρή, ενώ η μεγάλη τυπική απόκλιση σημαίνει πως οι τιμές είναι σε ένα ευρύτερο φάσμα και απέχουν περισσότερο από την μέση τιμή. Σε μία κανονική κατανομή που μπορεί να αποτυπωθεί και με την καμπύλη του Gauss (Γκαουσιανή καμπύλη) η μέση τιμή είναι στο κέντρο. Αν χωριστεί η καμπύλη σε ζώνες όπου το πάχος ορίζεται σε τυπικές αποκλίσεις, οι ζώνες που απέχουν μία φορά την τυπική απόκλιση (1σ) περιέχουν το 68,2% των μετρήσεων, όταν αυτή η περιοχή είναι δύο φορές η τυπική απόκλιση (2σ), τότε περιέχεται το 95% των μετρήσεων και όταν αυτό το εύρος είναι τρεις φορές η τυπική απόκλιση (3σ) τότε αποτελεί το 99,7 των δεδομένων (Ζαχαροπούλου, 2012).

Η συνδιακύμανση μας δίνει πληροφορία για τον τρόπο όπου τα σημεία κατανέμονται στο επίπεδο XY. Είναι το μέτρο το οποίο μετρά την γραμμική συμμεταβολή, δηλαδή την τάση των σημείων να συγκεντρώνονται κατά μήκος μιας ευθείας στο επίπεδο XY (Ζαχαροπούλου, 2011). Η συνδιακύμανση (covariance) υπολογίζεται ως εξής:

$$s_{xy} = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$$

Ένα από τα γνωστότερα μέτρα συσχέτισης δύο η μεταβλητών είναι ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Pearson. Ο συντελεστής του Pearson συμβολίζεται με το γράμμα r και το πηλίκο της διαίρεσης της συνδιακύμανσης των δύο μεταβλητών με το γινόμενο των τυπικών αποκλίσεων. Πιο συγκεκριμένα ορίζεται από τον τύπο:

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

$$s_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{n - 1}$$

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{και} \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Το εύρος των τιμών του συντελεστή είναι στο κλειστό διάστημα $[-1,1]$, αν το $r = \pm 1$ τότε υπάρχει τέλεια γραμμική συσχέτιση, ενώ αν $-0.3 \leq r \leq 0.3$ δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση των μεταβλητών αλλά δεν αποκλείεται να υπάρχει άλλου τύπου συσχέτιση. Ο βαθμός συσχέτισης καθορίζεται από την απόλυτη τιμή του r ενώ το πρόσημο καθορίζει το είδος της συσχέτισης. Δίνεται δηλαδή η πληροφορία για το αν αύξηση της μιας μεταβλητής αντιστοιχεί σε αύξηση ή σε μείωση της άλλης. Επιπλέον για τις υπόλοιπες απόλυτες τιμές του r αν αυτές είναι μεγαλύτερες του 0,3 εμφανίζουν ασθενής γραμμική συσχέτιση, αν είναι μεγαλύτερες του 0,5 μέση γραμμική συσχέτιση, αν είναι μεγαλύτερες του 0,7 ισχυρή γραμμική συσχέτιση και τέλος αν είναι μεγαλύτερη του 0,8 πολύ ισχυρή γραμμική συσχέτιση (Ζαχαροπούλου, 2011).

Η Ανάλυση Διακύμανσης (Analysis of Variance, ANOVA) είναι μέθοδος στατιστικού ελέγχου υποθέσεων που αναφέρονται σε περισσότερους από δύο πληθυσμούς. Στόχος της ανάλυσης διακύμανσης είναι να ανιχνευθούν εάν υπάρχουν διαφορές στις μέσες τιμές των πληθυσμών. Ο έλεγχος της υπόθεσης βασίζεται και αυτός στα επίπεδα σημαντικότητας που ορίζονται από τον μελετητή. Για παράδειγμα δυο ομάδες μπορεί να έχουν διαφορετικούς μέσους όρους αλλά η διαφορά τους να μην είναι στατιστικά σημαντική, δηλαδή να θεωρείται τυχαία η ύπαρξη της συγκεκριμένης διαφοράς (Μιλτιάδης Χαλικιάς, 2015).

2.5.2 Χωρική στατιστική ανάλυση

Η ανάλυση Cluster and Outliers analysis Anselin Local Moran's I (Anselin, 1995) εξετάζει ένα σετ δεδομένων χωρικά. Ο δείκτης I υποδεικνύει αν μία τιμή έχει γειτονικές τιμές με παρόμοια ή μη χαρακτηριστικά. Η τιμή του I για το σημείο i υπολογίζεται ως εξής:

$$I_i = z_x \sum_j w_{ij} z_j$$

οι παρατηρήσεις z_i , z_j είναι οι αποκλίσεις από τη μέση τιμή και στο άθροισμα συμπεριλαμβάνονται μόνο γειτονικές τιμές. Για ευκολία ερμηνείας, τα βάρη w_{ij} μπορούν να είναι σε κανονικοποιημένη μορφή, αν και αυτό δεν είναι απαραίτητο, και με σύμβαση $w_{ii} = 0$. Όταν η τιμή του I είναι αρνητική τότε ένα χαρακτηριστικό έχει γειτονικά χαρακτηριστικά με ανόμοιες τιμές, ενώ όταν είναι θετικό το αντίθετο. Με την τιμή του p-value χαρακτηρίζεται η στατιστική σημαντικότητα του cluster ή της τιμής για να θεωρηθεί χωρικά ακραία τιμή.

Το τελικό αποτέλεσμα της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι η κατηγοριοποίηση των μετρήσεων σε τέσσερις κύριες ομάδες με βάση την στατιστική σημαντικότητα. Η πρώτη ομάδα είναι αυτή που αποτελείται από συγκεντρώσεις υψηλών τιμών (HH) και η άλλη από τις χαμηλές τιμές (LL). Ενώ όταν μία χαμηλή τιμή βρίσκεται μέσα σε μία ομάδα από υψηλές τιμές και η διαφορά τους είναι στατιστικά σημαντική τότε συμβολίζεται με LH (low-high), ενώ στην αντίθετη περίπτωση με τα αρχικά του high-low (HL).

Στο λογισμικό ArcGIS η ανάλυση Cluster and outlier analysis Anselin Local Moran's I κατηγοριοποιεί τα δεδομένα σε πέντε κατηγορίες, η πρώτη αφορά τα περιστατικά τα οποία δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στατιστικά σημαντικά κάπου. Η δεύτερη κατηγορία αφορά τα περιστατικά τα οποία δημιουργούν και ανήκουν σε ομάδα υψηλών

χαρακτηριστικών. Η τρίτη κατηγορία είναι αυτή που περιέχει τις ακραίες τιμές οι οποίες έχουν υψηλά χαρακτηριστικά σε περιοχή με χαμηλά, ενώ το αντίθετο απεικονίζεται στην τέταρτη κατηγορία. Τέλος στην πέμπτη κατηγορία είναι οι περιπτώσεις που ομαδοποιούνται σε κατηγορία με χαμηλά χαρακτηριστικά. Ένα παράδειγμα του υπομνήματος που είναι το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας φαίνεται στην Εικόνα 1.

- Not Significant
- Cluster: High
- High Outlier
- Low Outlier
- Cluster: Low

Εικόνα 1. Υπόμνημα
Cluster analysis Anselin
Local Moran's I

Οι παράμετροι που ορίζονται για την διαδικασία του cluster and outliers analysis στο λογισμικό ArcGIS είναι τέσσερις. Πρώτα ορίζεται ο τρόπος καθορισμού των χωρικών σχέσεων μεταξύ των χαρακτηριστικών. Με την inverse distance τα λαμβάνεται υπόψη η απόσταση όπου οι κοντινοί γείτονες έχουν μεγαλύτερη επιρροή στους υπολογισμούς σε σχέση με τους πιο απομακρυσμένους. Η inverse distance squared είναι πανομοιότυπη με την inverse distance αλλά η επιρροή μειώνεται πολύ πιο έντονα όσο απομακρυνόμαστε λόγω του τετραγώνου της αντίστροφης απόστασης. Στην fixed distance band οριοθετείται μια απόσταση σαν όριο, όπου στο εσωτερικό του οι μετρήσεις παίρνουν βάρος 1 και στο εξωτερικό αυτού του ορίου το βάρος είναι 0 και δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς. Με την επιλογή zone of indifference τα χαρακτηριστικά εντός μιας καθορισμένης κρίσιμης απόστασης λαμβάνουν ένα βάρος και επηρεάζουν το ίδιο τους υπολογισμούς. Μόλις ξεπεραστεί η κρίσιμη απόσταση η επίδραση που έχει ένα γειτονικό χαρακτηριστικό στους υπολογισμούς χαρακτηριστικών μειώνεται ανάλογα με την απόσταση. Οι εντολές Contiguity edges only και Contiguity edges corners αναφέρονται σε πολυγωνικά αρχεία και λαμβάνονται σαν γειτονικά πολύγωνα αυτά που έχουν μόνο κοινές πλευρές μεταξύ τους στην πρώτη περίπτωση και στην δεύτερη αυτά που πέρα από κοινές πλευρές έχουν και κοινές κορυφές. Η τελευταία επιλογή είναι η Get Spatial Weights from File, όπου τα βάρη των γειτόνων για τους υπολογισμούς ορίζονται από ξεχωριστό αρχείο.

Για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ των χαρακτηριστικών οι επιλογές είναι δύο, η ευκλείδεια απόσταση και η απόσταση Manhattan. Η ευκλείδεια απόσταση μετρά το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος το οποίο συνδέει τα δύο σημεία. Η απόσταση Manhattan μετρά την απόσταση δύο σημείων χρησιμοποιώντας κάρναβο και προσθέτοντας τις πλευρές των τετραγώνων.

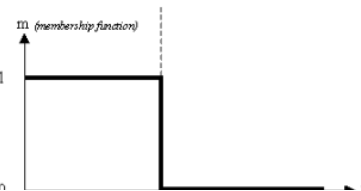
Το λογισμικό προσφέρει την επιλογή για κανονικοποίηση ή όχι, των βαρών των δεδομένων. Επίσης δίνεται η επιλογή να οριστεί απόσταση στην οποία θα θεωρούνται γείτονες τα χαρακτηριστικά. Εφόσον δεν οριστεί απόσταση, λαμβάνεται αυτόματα η απόσταση έτσι ώστε όλα τα σημεία να έχουν τουλάχιστον ένα γειτονικό χαρακτηριστικό (ArcGIS).

2.6 Θεωρία της Ασάφειας

2.6.1 Θεωρία ασάφειας και εφαρμογές

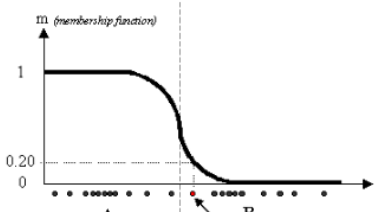
Η θεωρία της ασάφειας άρχισε να χρησιμοποιείται στα τέλη της δεκαετίας του 60, θεωρείται ως η πιο κοντινή στην πραγματικότητα, καθώς ο πραγματικός κόσμος δεν ορίζεται από αυστηρά όρια (Vilem Novak, 1999). Γενικότερα ένας αλγόριθμος ταξινόμησης υποδιαιρεί ένα σύνολο δεδομένων σε χ υποσύνολα, τα οποία έχουν αυστηρά όρια. Σε μια ταξινόμηση η οποία δεν λαμβάνει υπόψη την θεωρία της

ασάφειας τότε τα περιστατικά ανήκουν εξολοκλήρου στην εκάστοτε κατηγορία. Το σύστημα σε μία τέτοια περίπτωση μοιάζει με το δυαδικό. Στο διάγραμμα 2 απεικονίζεται μία τέτοια ταξινόμηση όπου στον κάθετο άξονα είναι ο βαθμός συμμετοχής και στον οριζόντιο οι δύο ομάδες. Το όριο ανάμεσα στις ομάδες A και B είναι κάθετο και ο βαθμός συμμετοχής στην ομάδα A είναι 1 ή 0.



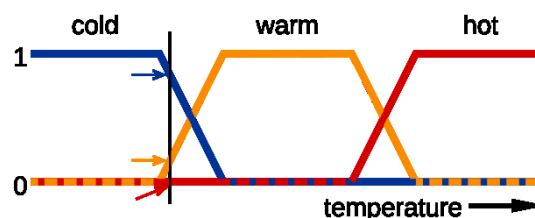
Διάγραμμα 2. Ταξινόμηση με βάση το κέντρο της κάθε ομάδας. Πηγή: A Tutorial on Clustering Algorithms

Στην θεωρία της ασαφούς λογικής κάθε χαρακτηριστικό μπορεί να είναι μέλος σε πολλές κατηγορίες με διαφορετικούς βαθμούς συμμετοχής που κυμαίνονται από 0 μέχρι 1 (Διάγραμμα 3). Το αποτέλεσμα αυτού είναι ένα σύνολο από ασαφείς ομάδες όπου κάθε χαρακτηριστικό συμμετέχει σε όλες τις κατηγορίες με το άθροισμα των βαθμών συμμετοχής να είναι 1 (James C. Bezdek, 1984). Για παράδειγμα στην χωροθέτηση μιας δραστηριότητας η οποία πρέπει να απέχει από την ακτογραμμή 500



Διάγραμμα 3. Καμπύλη συμμετοχής στην θεωρία ασάφειας. Πηγή: A Tutorial on Clustering Algorithms

μέτρα σημαίνει πως στα 499 μέτρα απαγορεύεται ενώ στα 501 επιτρέπεται. Αυτό το στενό όριο δεν μπορεί να υφίσταται στον πραγματικό κόσμο και σε αυτό βασίζεται η θεωρία της ασάφειας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το όριο παύει να υπάρχει και ο χώρος αποκτά μία συνέχεια όσον αφορά την καταλληλότητα, η βαθμονόμηση του χώρου ξεκινάει από τα 500 μέτρα και στην περίπτωσή μας αυξάνεται θετικά για την χωροθέτηση. Η αύξηση αυτή μπορεί να είναι γραμμική, εκθετική κ.α.. Ένα άλλο παράδειγμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 είναι η μετάβαση από το κρύο νερό στο ζεστό και έπειτα στο καυτό. Στα θετικά της θεωρίας της ασάφειας είναι πως μπορεί να θέσει, πέρα από ασαφή όρια, και πιο αυστηρά. Ενώ μία απλή ταξινόμηση δεν έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει ασαφή όρια μεταξύ δυο χαρακτηριστικών (James C. Bezdek, 1984). Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 3, το σημείο με κόκκινο χρώμα έχει βαθμό συμμετοχής 0.2 στην κατηγορία A και αντίστοιχα 0.8 στην κατηγορία B. Στα πλεονεκτήματα αυτής την μεθόδου συγκαταλέγεται η αντιμετώπιση των ακραίων καταστάσεων τις οποίες δεν ταξινομούνται αυστηρά σε μία κατηγορία αλλά μπορεί να συμμετέχουν σε πολλές.



Εικόνα 2. Θεωρία Ασαφείας. Πηγή: en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic

Επίσης η χαρτογράφηση φυσικών φαινομένων και φυσικών πόρων ενδείκνυται να γίνεται με την μέθοδο της θεωρίας της ασάφειας, η οποία φαίνεται να αντιπροσωπεύει καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες του περιβάλλοντος (Saturnino Leguizamon, 1996).

2.6.2 Fuzzy C-Means

Στην παρούσα μελέτη όπου γίνεται η προσπάθεια ταξινόμησης των αμπελώνων σε κατηγορίες με βάση την ανάπτυξη τους, η θεωρία της ασάφειας εφαρμόζεται στο ποσοστό συμμετοχής της κάθε περίπτωσης σε μία η παραπάνω κατηγορίες. Οι μέθοδος της ασαφούς ταξινόμησης που εφαρμόζεται στην διπλωματική εργασία είναι η fuzzy c-means (Bezdek, 1981).

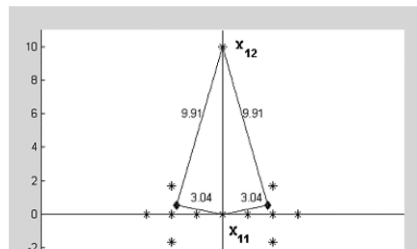
$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, \quad 1 \leq m < \infty$$

Όπου m είναι οποιοσδήποτε πραγματικός αριθμός μεγαλύτερος του 1, το u_{ij} είναι το ποσοστό συμμετοχής του x_i στην ομάδα (cluster) j, x_i η μέτρηση, το c_j είναι το κέντρο

της ομάδας και $\| * \|$ είναι οποιοσδήποτε κανόνας που εκφράζει την ομοιότητα μεταξύ οποιωνδήποτε μετρήσεων και του κέντρου. Τα μεγέθη u και c υπολογίζονται ως εξής:

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}, \quad c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m}$$

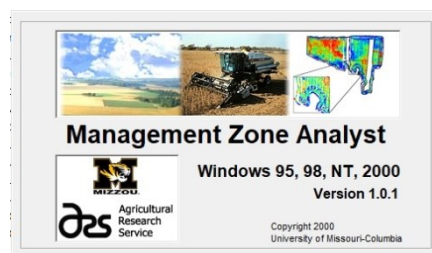
Ο αλγόριθμος fuzzy c-means είναι από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μοντέλα fuzzy clustering. Ο αλγόριθμος εκχωρεί τους βαθμούς συμμετοχής στα σημεία αντιστρόφως με τη σχετική απόσταση από τα κέντρα της ομάδας στο μοντέλο. Αν υποθέσουμε πως ένα σημείο απέχει ίση απόσταση από 2 κέντρα των ομάδων τότε ο βαθμός συμμετοχής στην κάθε ομάδα θα είναι ο ίδιος (Εικόνα 3) (Nikhil R. Pal, 2005). Ένα από τα πλεονεκτήματα του c-means, πέρα από την εφαρμογή του σε ασαφή ταξινόμηση, είναι πως δεν χρειάζεται η κατανομή των δεδομένων που θα ταξινομήσουμε να έχει κανονική κατανομή (Jon J. Fridgen, 2004).



Εικόνα 3. Παράδειγμα fuzzy c-means. Πηγή (Nikhil R. Pal, 2005)

2.6.3 Εφαρμογή Fuzzy C-Means με το λογισμικό MZA

Το λογισμικό στο οποίο έγινε η ταξινόμηση των αμπελώνων είναι το Management Zones Analyst (Jon J. Fridgen, 2004) (Εικόνα 4) το οποίο αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας την γλώσσα προγραμματισμού Microsoft Visual Basic 6.0. Είναι ένα λογισμικό το οποίο εφαρμόζει fuzzy K-means ταξινόμηση και χρησιμοποιείται ευρέως στην γεωργία ακριβείας (Xiaodong Zhang, 2009) (D. Davis, 2007) (Marcos S. Rodrigues, 2015)



Εικόνα 4. MZA Software

(Ana Belén González-Fernández, 2019). Άλλοι τρόποι να γίνει ταξινόμηση με την μέθοδο του fuzzy K-means είναι μέσω προγραμματισμού με τις γλώσσες Matlab (Pratheba.R, 2014) και R (Kateryna Gorbatiuk, 2019). Το λογισμικό MZA δέχεται σαν δεδομένα εισόδου έναν πίνακα σε μορφή ASCII, η πρώτη γραμμή περιέχει τα ονόματα των στηλών και έπειτα ακολουθούν τα δεδομένα προς ανάλυση. Τα αποτελέσματα που εξάγει είναι τρία, τα περιγραφικά στατιστικά των δεδομένων μαζί με τους πίνακες διακύμανσης και συνδιακύμανσης, η οριοθέτηση των ζωνών σε διαφορετικούς αριθμούς ομάδων και η αξιολόγηση της ταξινόμησης κατά τον αριθμό των ζωνών. Από τα πιο σημαντικά περιγραφικά στατιστικά που βγάζει το MZA είναι ο πίνακας της διακύμανσης – συνδιακύμανσης, ο οποίος είναι ένας πίνακας της τάξης $(n \times n)$, όπου η διαγώνιος περιέχει τις διακυμάνσεις κάθε μεταβλητής X_i και έξω από τις διαγωνίους είναι οι συνδιακυμάνσεις μεταξύ των ζευγών μεταβλητών (X_i, X_j) για κάθε $i \neq j$. Ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται για στην διαδικασία της οροθέτησης των ζωνών και πιο συγκεκριμένα στην επιλογή του μέτρου της ομοιότητας των μετρήσεων.

Οι επιλογές είναι τρεις η Euclidean, Diagonal και Mahalanobis. Στην Euclidean όλες οι μεταβλητές έχουν ίδιο βάρος και γεωμετρικά δημιουργεί ομάδες με σφαιρικό σχήμα. Euclidean επιλέγουμε όταν έχουμε μία μεταβλητή προς ταξινόμηση και όταν η διακυμάνσεις των μεταβλητών είναι ίσες και η συνδιακυμάνσεις περίπου ίσες με το 0. Όταν οι διακυμάνσεις των μεταβλητών είναι διαφορετικές και οι συνδιακυμάνσεις περίπου 0, τότε επιλέγεται η Diagonal ως μέτρο ομοιότητας. Η Diagonal όπως η Ευκλείδεια απόσταση, είναι ευαίσθητη σε συσχετισμένες μεταβλητές. Ωστόσο,

αντισταθμίζει τις παραμορφώσεις στο υποτιθέμενο σφαιρικό σχήμα των συστάδων σταθμίζοντας τις παραλλαγές των μετρούμενων μεταβλητών. Τέλος αν οι διακυμάνσεις διαφέρουν και οι συνδιακυμάνσεις είναι διάφορες του μηδενός, τότε η κατάλληλη επιλογή είναι η Mahalanobis. Στην οποία το μέτρο ομοιότητας επηρεάζεται από τον συγκεντρωτικό πίνακα διακύμανσης – συνδιακύμανσης, λαμβάνοντάς τον ως μέρος του υπολογισμού (Jon J. Fridgen, 2004).

Ο εκθέτης ασάφειας ορίζεται αρχικά στο 1,3 και αναφέρεται στην συμμετοχή μετρήσεων σε διαφορετικές κατηγορίες. Όσο πιο κοντά στο 1 είναι αυτός ο εκθέτης τόσο πιο απόλυτα είναι τα όρια της ταξινόμησης, ενώ όσο πιο μεγάλος ορίζεται τόσο πιο ασαφή είναι τα όρια μεταξύ των ζωνών. Στο τελικό στάδιο, μετά από την εξαγωγή των κατηγοριοποιήσεων των μετρήσεων, είναι η αξιολόγηση της ταξινόμησης κατά τον αριθμό των ζωνών. Εκεί εμφανίζονται δύο δείκτες, ο Fuzziness Performance Index (*I. O. A. Odeh, 1992*) και Normalized Classification Entropy (*Bezdek, 1981*). Ο FPI υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο όπου c είναι ο αριθμός των διαχωρισμών και οι τιμές που παίρνει είναι από 0 έως 1.

$$FPI = 1 - \frac{c}{c-1} \left[1 - \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^2 / n \right]$$

Το δεύτερο μέτρο αξιολόγησης της ταξινόμησης, Normalized Classification Entropy, ορίζεται από την κανονικοποίηση της εντροπίας της ταξινόμησης. Ο τύπος της εντροπίας της ταξινόμησης (H) ορίζεται ως εξής:

$$H(U; c) = - \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ik} \log_a(u_{ik}) / n$$

$$NCE = H(U; c) / [1 - (c/n)]$$

Ο πρώτος (FPI) μετρά το βαθμό διαχωρισμού των ζωνών και όσο μικρότερο είναι τόσο πιο ξεκάθαρα είναι τα όρια των κλάσεων και τόσο μικρότερο είναι το ποσοστό συμμετοχής των μετρήσεων σε διαφορετικές κατηγορίες. Ο δείκτης FPI παίρνει τιμές 0 – 1 και όταν οι τιμές είναι κοντά στο 0 τότε μας δείχνει τον βέλτιστο αριθμό ασαφών κλάσεων που αντανακλούν καλύτερα δομημένες κλάσεις (*I. O. A. Odeh, 1992*).

Ο δεύτερος δείκτης εκτίμησης του αποτελέσματος NCE αναφέρεται στην ομοιογένεια στο εσωτερικό των ζωνών (*Jon J. Fridgen, 2004*). Η λογική του βασίζεται στην θεωρητική εντροπία που εισήχθη για πρώτη φορά από τον Shannon το 1948. Η εντροπία περιγράφει τη βεβαιότητα ή αβεβαιότητα της ασαφούς κλάσης. Είναι ένα μέτρο στατιστικής αβεβαιότητας και συμπεριφέρεται παρόμοια με τον δείκτη FPI (*Bezdek, 1981*). Το βέλτιστο αποτέλεσμα όσον αφορά τον αριθμό των κατηγοριών είναι όταν οι δείκτες NCE και FPI είναι στις μικρότερες τιμές (*Jon J. Fridgen, 2004*).

2.7 Διάγραμμα ροής εργασίας

Για την διεκπεραίωση της συγκεκριμένης πτυχιακής ήταν απαραίτητο η σωστή οργάνωση των δεδομένων καθώς και της εργασίας έτσι ώστε να γίνει εύκολα και χωρίς λάθος η διαχείριση του μεγάλου όγκου των δεδομένων. Η λήψη των δορυφορικών εικόνων για τα έτη 2018 και 2019 για την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου έγινε από την πλατφόρμα του Copernicus Open Access Hub (scihubcopernicus) της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Υπηρεσίας, το οποίο προσφέρει δωρεάν δορυφορικές εικόνες του Sentinel – 2 καθώς και από άλλες πλατφόρμες. Η χρονική διακριτική ικανότητα του Sentinel-2

είναι 2-3 ημέρες όταν μπορεί να γίνει ο συνδυασμός δυο διπλανών τροχιών και 5 ημερών η ίδια τροχιά. Έτσι η κάλυψη για την περιοχή μελέτης για το χρονικό εύρος Μαΐου – Σεπτεμβρίου είναι περίπου 30 εικόνες ανά έτος. Το φίλτρο στην πλατφόρμα αναζήτησης βοήθησε να αποφευχθούν εικόνες με μεγάλη νεφοκάλυψη αλλά υπήρχαν εικόνες με ελάχιστη νεφοκάλυψη στις οποίες καλυπτόταν η περιοχή μελέτης. Χειροκίνητα έγινε ο έλεγχος για τυχόν νεφοκάλυψη στην περιοχή όπου είναι οι αμπελώνες. Έπειτα από τους ελέγχους για τα δύο έτη προέκυψαν εννέα εικόνες για το 2018 και είκοσι εικόνες για το 2019.

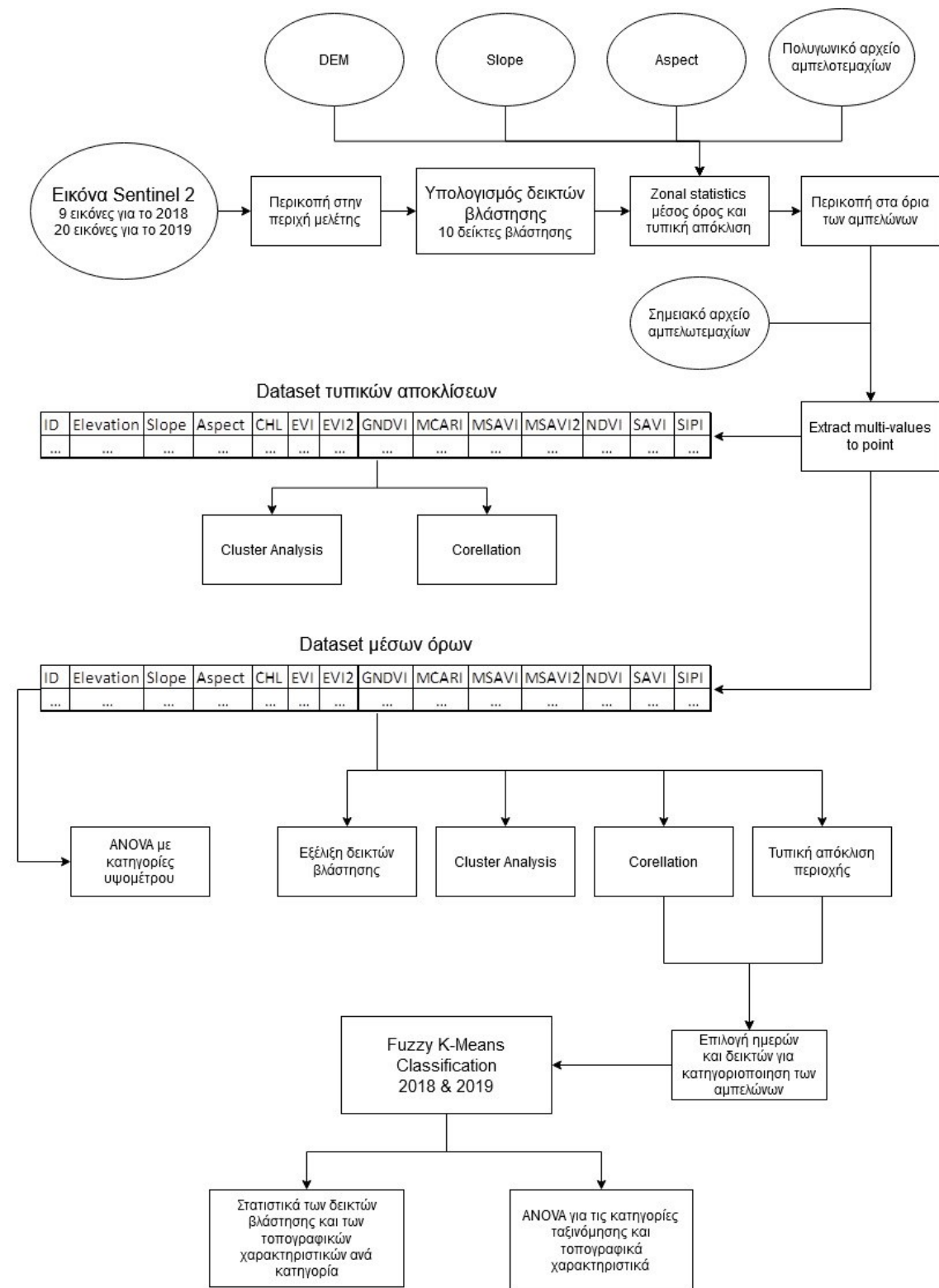
Στην συνέχεια στο λογισμικό SNAP της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Υπηρεσίας που δημιουργήθηκε για την διαχείριση των εικόνων Sentinel-2 έγινε μέσω μοντέλου η περικοπή των εικόνων αρχικά για μείωση του όγκου των δεδομένων. Έπειτα στην συνέχεια του μοντέλου με band math γινόταν ο υπολογισμός των δέκα δεικτών βλάστησης και η αποθήκευση σε ξεχωριστούς φακέλους.

Η συνέχεια είναι στο ArcGIS όπου με την διαδικασία του μοντέλου έγινε περικοπή των εικόνων με το πολυγωνικό αρχείο των αμπελώνων, έπειτα υπολογίστηκαν τα zonal statistics (Χαλκιάς, 2015) του μέσου όρου και της τυπικής απόκλισης των δεικτών βλάστησης για τους αμπελώνες. Για την δημιουργία ενός σετ δεδομένων που αποτελεί έναν πίνακα ανά ημέρα με τις γραμμές να είναι τα αμπελοτεμάχια και με τις στήλες να είναι οι δείκτες βλάστησης, τοπογραφικά χαρακτηριστικά, μέσο ύψος βροχής και πληροφορίες για τον εκάστοτε αμπελώνα, δημιουργήθηκε σημειακό αρχείο των αμπελώνων για να γίνει η διαδικασία extract values to point. Μέσω του μοντέλου δημιουργήθηκε το κάθε σημειακό αρχείο μέσω τιμών ανά ημέρα όπου οι χρήσιμες πληροφορίες για την διεκπεραίωση της μελέτης είναι οι 10 στήλες των δεικτών βλάστησης, οι 3 στήλες των τοπογραφικών χαρακτηριστικών (κλίση, υψόμετρο, προσανατολισμός) και το μέσο ύψος βροχής.

Επίσης δημιουργήθηκε και ένα σετ δεδομένων που στην θέση των μέσων τιμών είχαν οι τυπικές αποκλίσεις των αμπελοτεμαχίων. Σε αυτό το σετ δεδομένων μπορεί να εξεταστεί η παραλλακτικότητα εντός των αμπελώνων. Η περιπτώσεις που θα εξεταστούν είναι η εύρεση συσχέτισης της παραλλακτικότητας με τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά και το πώς επηρεάζει η παραλλακτικότητα αυτών την παραλλακτικότητα της βλάστησης των αμπελοτεμαχίων. Επιπλέον θα εξεταστεί και η συσχέτιση της παραλλακτικότητας της βλάστησης των αμπελώνων με τις τιμές του υψόμετρου, της κλίσης και του προσανατολισμού.

Απαραίτητη διαδικασία ήταν η κατηγοριοποίηση των τοπογραφικών μεταβλητών για να διαχειριστούν και σαν κατηγορικά δεδομένα και όχι μόνο σαν συνεχή. Έπειτα στο επόμενο βήμα ήταν η μελέτη των δεδομένων όσον αφορά την χωρική έννοια, την διαφορετική συμπεριφορά στον χώρο και εύρεση συσχετίσεων το λογισμικό SPSS.

Για την κατηγοριοποίηση της ζώνης δεν χρησιμοποιήθηκε ολόκληρος ο όγκος των δεδομένων. Σε πρώτο στάδιο επιλέχθηκαν οι ημέρες οι οποίες εμφανίζουν μεγαλύτερη τυπική απόκλιση στο σύνολο της ζώνης. Στις μέρες αυτές οι διαφορές στην ανάπτυξη της βλάστησης στην αμπελουργική ζώνη είναι μεγαλύτερες και μπορούν να αποτυπωθούν εντονότερα. Σε δεύτερο επίπεδο μειώθηκαν οι δείκτες βλάστησης αφαιρώντας την επαναλαμβανόμενη πληροφορία. Οι δείκτες οι οποίοι εμφανίζουν μεγάλη συσχέτιση μεταξύ τους ουσιαστικά μας δίνουν την ίδια πληροφορία, για αυτό τον λόγο θα αφαιρεθούν από τους υπολογισμούς για την απλούστευση των δεδομένων εισόδου. Με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιήθηκαν οι ημέρες οι οποίες δείχνουν την διαφοροποίηση στην ανάπτυξη των αμπελώνων και οι δείκτες βλάστησης που αποτυπώνουν με μεγαλύτερη ένταση και αντίθεση αυτές τις διαφορές ανά αμπελώνα.



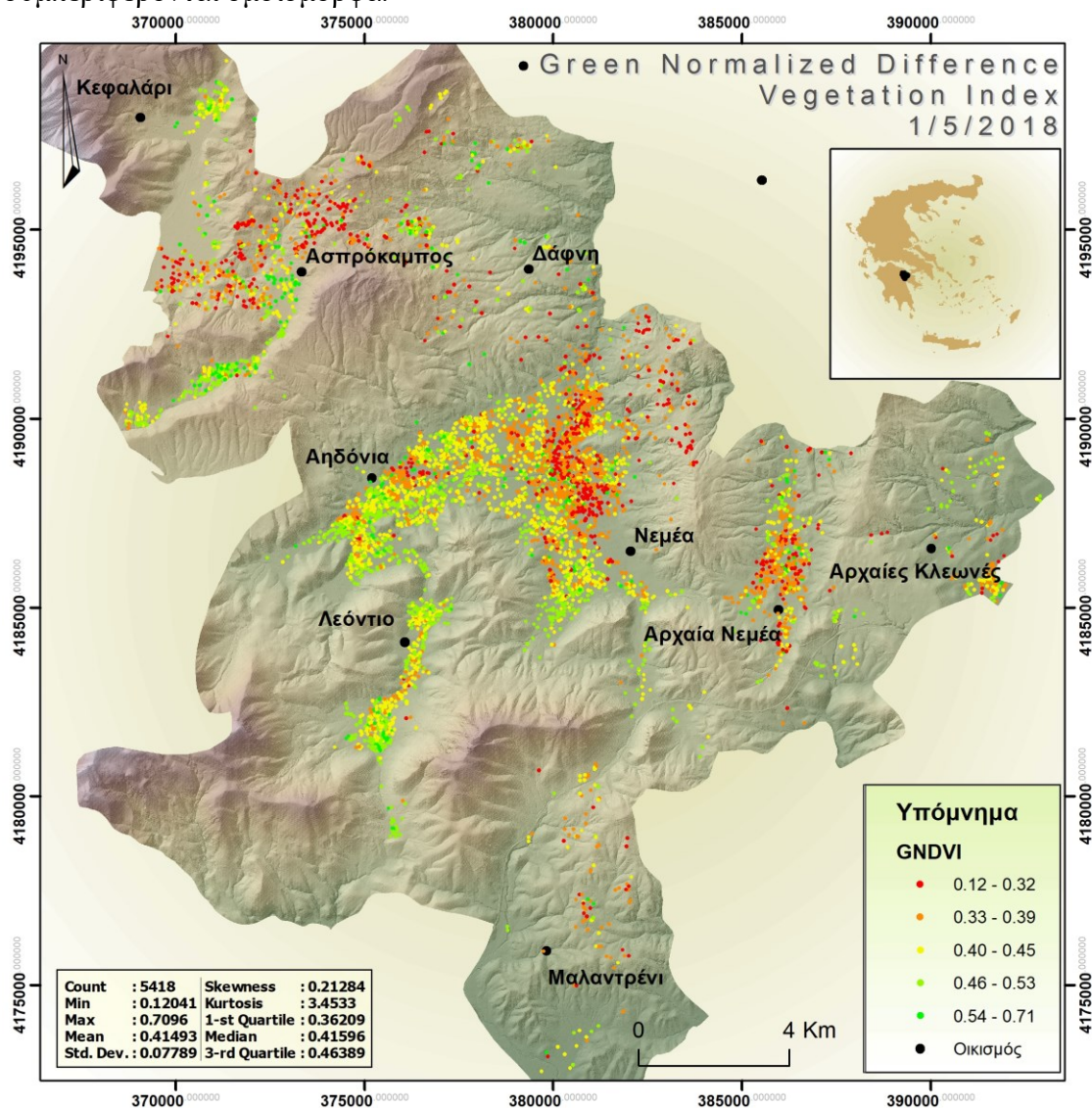
Διάγραμμα 2. Διάγραμμα ροής εργασίας

3. Αποτελέσματα - Συζήτηση

3.1 Αποτελέσματα παρατήρησης αμπελώνων για 2018-1019

3.1.1 Παρατήρηση δείκτη GNDVI για την περιοχή μελέτης για 2018-2019

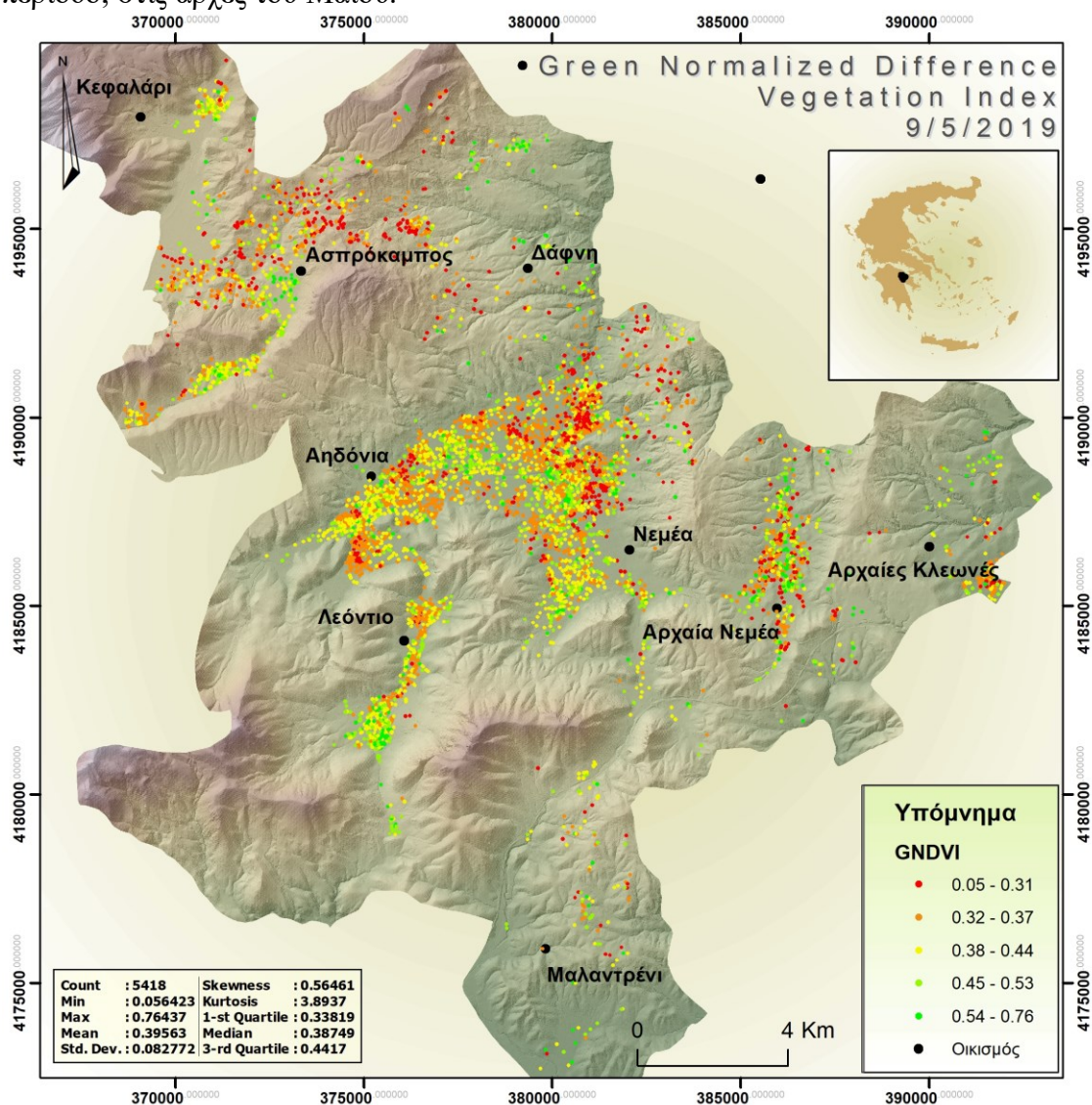
Η μελέτη εστιάζει σε μια συγκεκριμένη περίοδο του έτους στην οποία αναπτύσσεται ο αμπελώνας. Η κατανόηση της γεωγραφίας της περιοχής και η εξερεύνηση της κατανομής των δεδομένων και η κατανόηση των μεταβολών είναι αναγκαία για να ξεκινήσει η διαδικασία της ανάλυσης. Αρχικά το σημαντικό ήταν να εξαχθούν χάρτες των δεικτών βλάστησης για να εντοπιστούν οπτικά περιοχές που χρήζουν προσοχής. Για παράδειγμα κοιτώντας τον Χάρτη 8, όπου απεικονίζεται ο δείκτης βλάστησης GNDVI (Buschmann C., 1993) την ημερομηνία 1 Μαΐου 2018, φαίνεται η κατάσταση της βλάστησης να διαφοροποιείται και να σχηματίζει ομάδες που έχουν την τάση να συμπεριφέρονται ομοιόμορφα.



Χάρτης 8. Απεικόνιση του δείκτη βλάστησης GNDVI της 1/5/2018

Η μέθοδος των φυσικών ορίων (natural breaks) χρησιμοποιήθηκε για τον χαρτογραφικό διαχωρισμό της βλάστησης σε 5 κατηγορίες. Με την μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται η εύρεση των μεγαλύτερων διαφορών όταν οι τιμές τοποθετούνται σε αύξουσα σειρά. Φιλοσοφία πίσω από αυτή την κατηγοριοποίηση είναι πως οι ομάδες που δημιουργούνται είναι πιο φυσικές και οι διαφορές μεταξύ των κατηγοριών είναι

μεγάλες (Borden D. Dent, 2009). Ο κάμπος της Νεμέας διαχωρίζεται σε όλες τις κατηγορίες, με την κατανομή να είναι στον άξονα ανατολής – δύσης. Στα ορεινότερα τμήματα, γύρω από το χωριό του Ασπρόκαμπου οι αμπελώνες την συγκεκριμένη ημερομηνία κατατάσσονται στις δύο υψηλότερες κατηγορίες βλάστησης, ενώ βόρεια και δυτικά της πεδιάδας του Ασπρόκαμπου η βλάστηση είναι σε πρώιμο στάδιο και δεν έχει αναπτυχθεί. Στα νοτιοδυτικά του Ασπρόκαμπου η βλάστηση των αμπελώνων είναι πιο ανεπτυγμένη και κατατάσσεται στις δύο κατηγορίες των υψηλών τιμών του δείκτη βλάστησης. Τέλος στην περιοχή της αρχαίας Νεμέας η βλάστηση βρίσκεται στις δύο χαμηλότερες κατηγορίες του δείκτη, παρουσιάζοντας ομοιότητες με τα ανατολικά του κάμπου της Νεμέας και τα βόρεια και δυτικά του Ασπρόκαμπου. Στην περίπτωση του επόμενου έτους, η κατάσταση της βλάστησης δεν απέχει πολύ σε σχέση με αυτή του 2018. Στον Χάρτη 9 απεικονίζεται και πάλι ο δείκτης βλάστησης GNDVI την ίδια περίοδο, στις αρχές του Μαΐου.



Χάρτης 9. Απεικόνιση του δείκτη βλάστησης GNDVI της 9/5/2019

Πιο συγκεκριμένα στις 9 Μαΐου το 2019 η κατάσταση έχει κάποιες μικρές μεταβολές σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Παρόμοια κατάσταση εντοπίζεται στην περιοχή της αρχαίας Νεμέας και στα βόρεια και δυτικά της πεδιάδας του Ασπρόκαμπου. Στα ανατολικά του κάμπου της Νεμέας η περιοχή που στην εικόνα του 2018 ήταν στην χαμηλότερη κατηγορία όσον αφορά τον δείκτη GNDVI, το 2019 φαίνεται να μεγαλώνει την συγκεκριμένη περίοδο. Επιπλέον το 2018 τα δυτικά του κάμπου της Νεμέας ήταν στην μέση και υψηλή κατηγορία του δείκτη βλάστησης, ενώ το 2019

ολόκληρη η περιοχή κατατάσσεται στις δύο χαμηλότερες κατηγορίες.

Παρατηρώντας τα στατιστικά μέτρα για τα δύο έτη, το 2018 εμφανίζει μεγαλύτερη ελάχιστη και μέση τιμή ενώ η μέγιστη τιμή είναι μικρότερη σε σχέση με το 2019. Η τυπική απόκλιση της περιοχής για το 2018 είναι μικρότερη σε σχέση με το 2019. Το 2018 φαίνεται να έχει κατά ελάχιστο πιο ανεπτυγμένο τον δείκτη GNDVI σε σχέση με το 2019, το οποίο αποτυπώνεται και στα όρια του πρώτου και τρίτου τεταρτημορίου, όπου το 2018 είναι πιο αυξημένα.

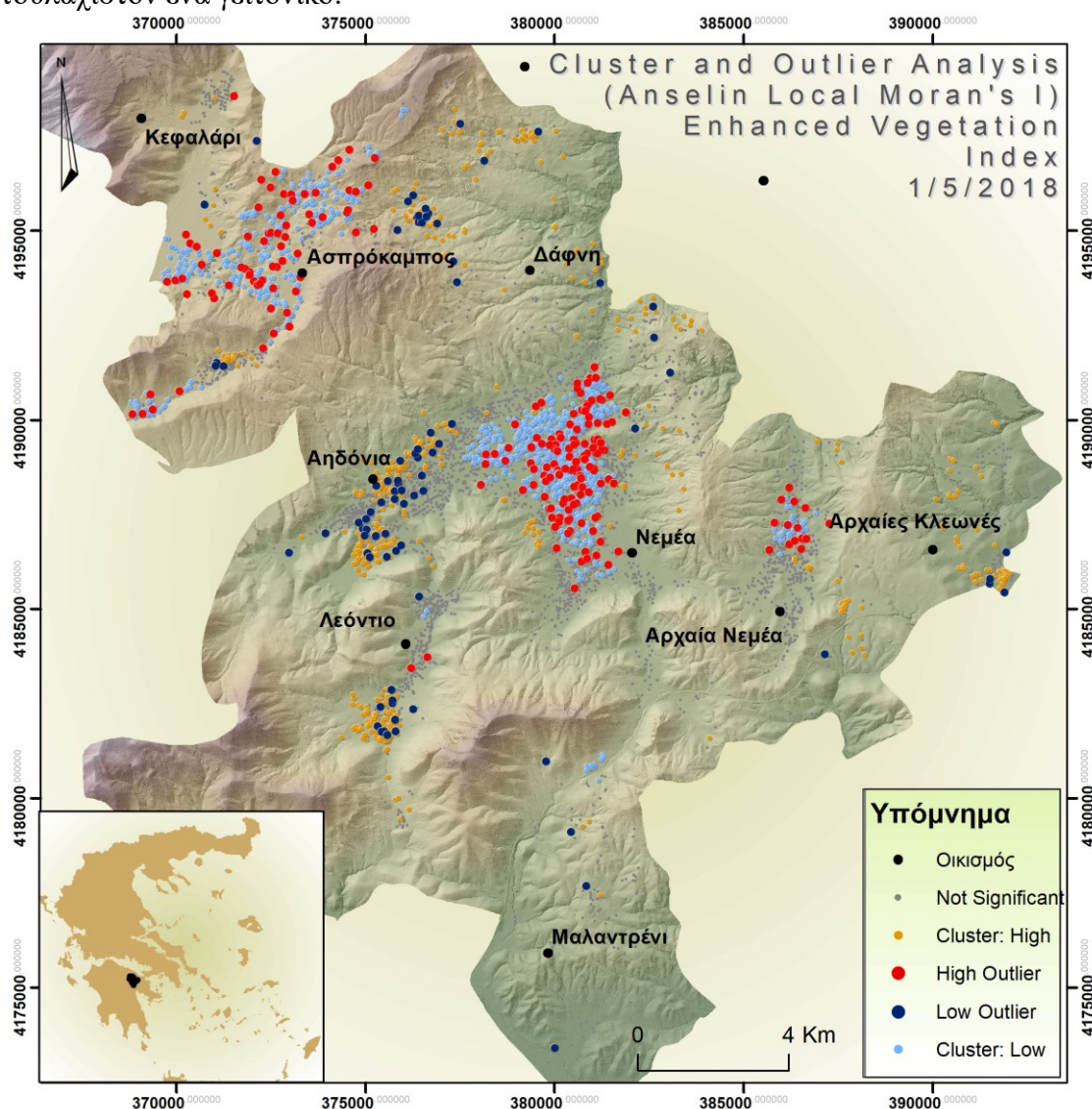
Κατά τον έλεγχο των τιμών των δεικτών βλάστησης για την περίοδο μελέτης στα δύο έτη, έγινε η προσπάθεια μείωσης των ακραίων τιμών. Οι ακραίες τιμές δημιουργούσαν μια σύγχυση στο αποτέλεσμα και δεν βοηθούσαν στον χαρακτηρισμό μιας περιοχής. Πιο συγκεκριμένα δεν ήταν εύκολο να υπάρξει ομοιογένεια καθώς οι ακραίες τιμές επηρέαζαν το αποτέλεσμα χαρτογραφικά, ενώ στατιστικά ο αριθμός τους ήταν τέτοιος που στο γενικό σύνολο των 5400 περιπτώσεων δεν επηρέαζε στατιστικά. Σε μία κανονική κατανομή μπορούν να οριστούν ακραίες τιμές αυτές που βρίσκονται στα άκρα του ιστογράμματος. Αποκλείοντας τις τιμές που βρίσκονται 3 φορές την τυπική απόκλιση από την μέση τιμή απομένει το 99,7% των δεδομένων ενώ αποκλείοντας τις τιμές που βρίσκονται 2 φορές την τυπική απόκλιση απομένουν το 95% των αρχικών μετρήσεων.

3.1.2 Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) για τον δείκτη EVI 2018-2019

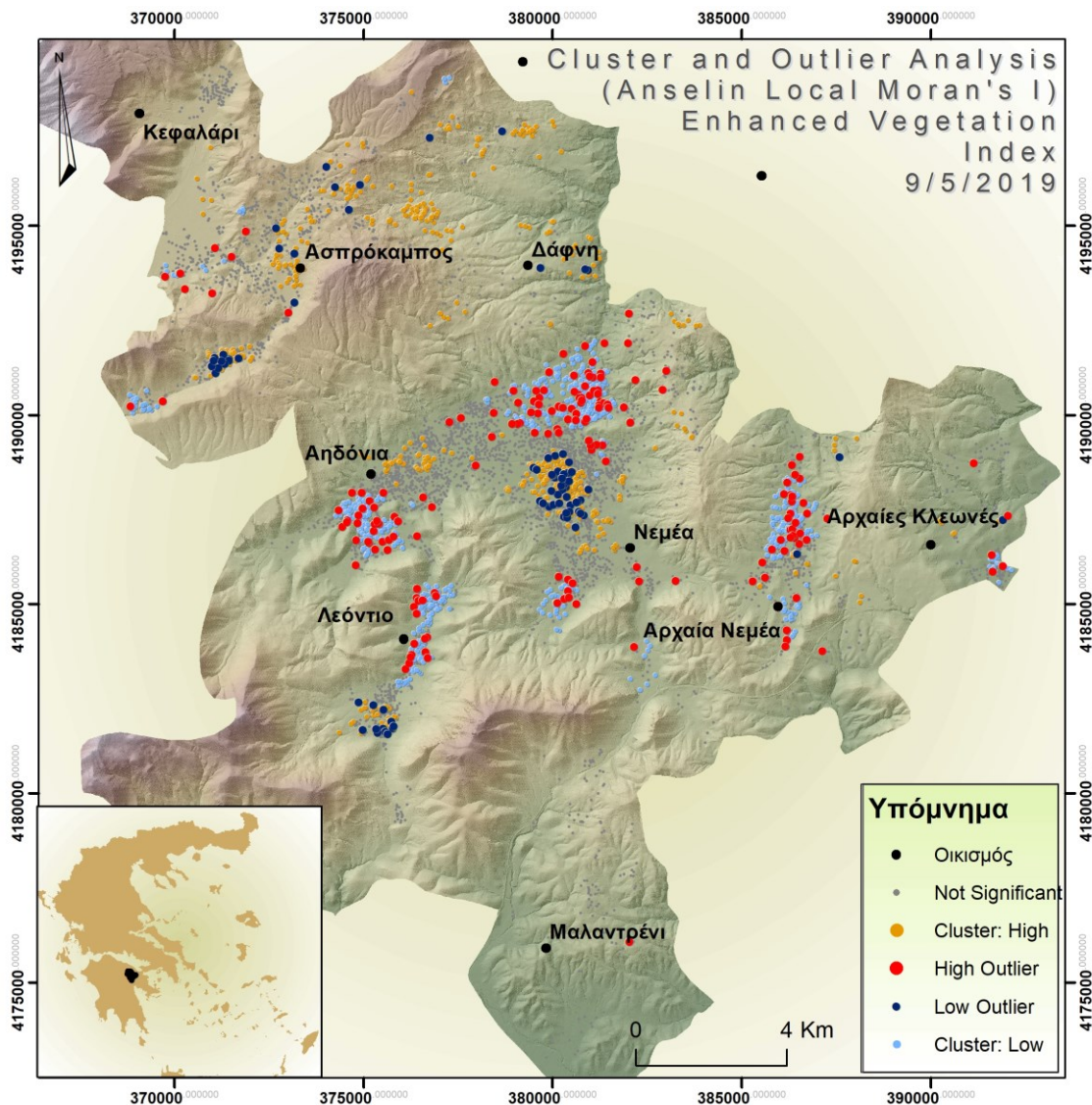
Όταν ερευνούμε χωρικά τα δεδομένα τότε είναι δυνατόν να βρεθούν οι χωρικά ακραίες τιμές. Σε μία περιοχή όπου συναντώνται μικρές τιμές, όταν βρεθεί μία τιμή η οποία είναι αρκετά μεγάλη τότε αυτή ορίζεται σαν χωρικά ακραία τιμή. Στο λογισμικό του ArcGIS αυτές οι περιπτώσεις ορίζονται σαν HL (high-low) ή LH (low-high), όπου η πρώτη λέξη αφορά την συγκεκριμένη μέτρηση και η δεύτερη λέξη αφορά την περιοχή και αν αυτή συγκεντρώνει μεγάλες τιμές η μικρές. Η αρχική υπόθεση ήταν να αποκοπούν οι ακραίες τιμές με τα στατιστικά outliers με εύρος 2 φορές την τυπική απόκλιση.

Μετά από περαιτέρω εξερεύνηση των δεδομένων βρέθηκαν περιπτώσεις, και για τα δύο έτη, οι οποίες στην αρχή της περιόδου έχουν πολύ υψηλούς δείκτες βλάστησης. Στην συνέχεια, με την μέθοδο Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) (Anselin, 1995) του λογισμικού ArcGIS έγινε η προσπάθεια εντοπισμού αυτών των περιπτώσεων και αποκοπής τους. Στους Χάρτες 10 και 11 φαίνονται οι αναλύσεις με βάση την μέθοδο Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I), όπου εντοπίζονται οι ομάδες των περιπτώσεων που έχουν υψηλές ή χαμηλές τιμές και οι χωρικά ακραίες τιμές. Στην πρώτη περίπτωση, αυτή του 2018, στις 1 Μαΐου στην περιοχή του Ασπρόκαμπου εντοπίζεται μία συστάδα χαμηλών τιμών με τα τις ακραίες χωρικά τιμές να αποτελούν το 10% των περιπτώσεων περίπου. Στην περιοχή του κεντρικού κάμπου της Νεμέας εντοπίζεται μία συστάδα χαμηλών τιμών στα ανατολικά η οποία εμφανίζει χωρικά ακραίες τιμές οι οποίες έχουν την τάση να συγκεντρώνονται και αυτές χωρικά προς τα ανατολικά. Επίσης στα δυτικά του κάμπου και στην περιοχή του Γυμνού εντοπίζονται συστάδες με υψηλές τιμές. Η περιοχή της αρχαίας Νεμέας χαρακτηρίζεται από μία συστάδα χαμηλών τιμών στα βόρεια της ενώ στα νότια αυτής οι αμπελώνες δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στατιστικά σημαντικά σε κάποια συστάδα, όπως και οι περιπτώσεις που χωρίζουν τις δύο συστάδες στον κάμπο της Νεμέας. Η κατάσταση το επόμενο έτος στις 9 Μαΐου, σύμφωνα με την συγκεκριμένη ανάλυση είναι αρκετά διαφορετική. Στην περιοχή του Ασπρόκαμπου εντοπίζεται μία μικρή συστάδα υψηλών τιμών αρκετά μικρότερη από αυτή των χαμηλών του 2018. Στα

ανατολικά του Ασπρόκαμπου εμφανίζεται μια ομάδα υψηλών τιμών, ενώ το 2018 δεν ήταν παρόμοια η κατάσταση. Ο κάμπος της Νεμέας εμφανίζει περισσότερες και μικρότερες συστάδες σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Στην περιοχή στα ανατολικά, όπου βρισκόταν η συστάδα των χαμηλών τιμών, το 2019 έχει χωριστεί σε μία ομάδα χαμηλών τιμών στα βόρεια και μία υψηλών τιμών στα νότια αυτής. Στο χωριό Αηδόνια και νότια του Λεόντιου το 2019 εντοπίζονται μικρές συστάδες υψηλών τιμών, ενώ η ζώνη δυτικά των Αηδονιών μέχρι το Λεόντιο αποτελεί μια ομάδα χαμηλών τιμών. Οι περιπτώσεις που δεν γινόταν να ταξινομηθούν στατιστικά σημαντικά σε μία από αυτές τις κατηγορίες αποτελούν τα ενδιάμεσα τμήματα μεταξύ των συστάδων. Τέλος στην περιοχή της αρχαίας Νεμέας μεγάλωσε η συστάδα των χαμηλών τιμών, αλλά αυξήθηκαν μαζί της και οι περιπτώσεις των χωρικά ακραίων τιμών. Επίσης οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση ήταν: για τα βάρη και τον επηρεασμό των γειτόνων η *inverse distance*, για την απόσταση των χαρακτηριστικών η ευκλείδεια απόσταση, τα βάρη δεν υπέστησαν κάποια τυποποίηση, ενώ δεν ορίστηκε απόσταση και επιλέχθηκε η αυτόματη επιλογή έτσι ώστε να έχουν όλα τα σημεία τουλάχιστον ένα γειτονικό.



Χάρτης 10. Χαρτογραφική απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών συστάδων αμπελωτεμαχίων στις 1 Μαΐου 2018 σύμφωνα με το Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I)



Χάρτης 11. Χαρτογραφική απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών συστάδων αμπελοτεμαχίων στις 1 Μαΐου 2018 σύμφωνα με το Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I)

Η ανάλυση αυτή έδειξε πως υπάρχουν περιπτώσεις που συγκεντρώνονται χωρικά και έτσι δεν λαμβάνονται σαν outliers της περιοχής οι υψηλές τιμές βλάστησης αλλά οι αποδεκτές της εποχής. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν αμπελοτεμάχια τα οποία δεν έχουν σωστή διαχείριση (Nicolas Devaux, 2019), με τον έλεγχο κάποιων περιπτώσεων στο φωτογραφικό υπόβαθρο του Google Earth φαίνεται πως είναι αμπελοτεμάχια τα οποία είτε έχουν ζιζάνια στο ενδιάμεσο των πρεμνών, είτε δεν είναι πλέον αμπελοτεμάχια. Όπως φαίνεται και στον Χάρτη 12 όπου έχουν απομονωθεί τρεις περιπτώσεις. Οι συγκεκριμένοι αμπελώνες εμφανίζουν πολύ υψηλούς δείκτες βλάστησης για την εποχή, για την ακρίβεια πάνω από 0,65. Όπως φαίνεται και από το basemap του λογισμικού ArcGIS, οι συγκεκριμένοι αμπελώνες δεν λαμβάνουν σωστή διαχείριση και φαίνεται να υπάρχει κ



Χάρτης 12. Περιπτώσεις αμπελώνων οι οποίοι δεν χρήζουν σωστής διαχείρισης

άλλου είδους βλάστηση όπως δέντρα ενδιάμεσα στα πρέμνα αλλά και ζιζάνια τα οποία επηρεάζουν αρκετά τον δείκτη βλάστησης.

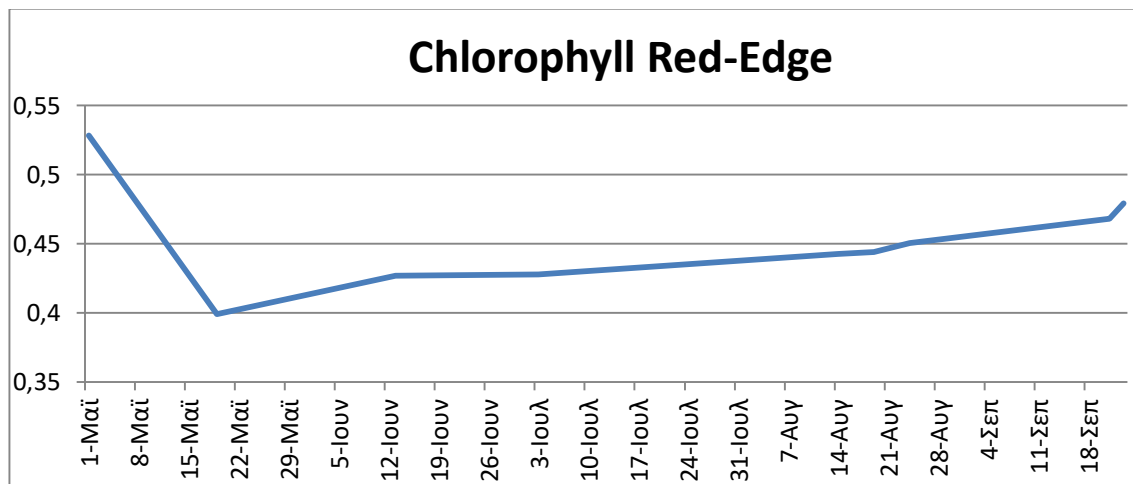
3.1.3 Εξέλιξη δεικτών για την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου 2018

Κατά την περίοδο μελέτης οι δείκτες βλάστησης φαίνεται να διαχωρίζουν την περιοχή σε δύο κύριες κατηγορίες με βάση το υψόμετρο. Η πρώτη κατηγορία αμπελώνων είναι στο υψόμετρο κάτω από 500 μέτρα και η δεύτερη κατηγορία είναι πάνω από τα 500 μέτρα. Το κύριο μοτίβο των δεικτών βλάστησης είναι η έντονη αύξηση στην αρχή της περιόδου και μετά η σταθεροποίηση και μείωση με μικρή ένταση μέχρι το τέλος της περιόδου. Οι δείκτες Chlorophyll Red-Edge (Chaoyang Wu, 2009) και Structure Insensitive Pigment Index (Blackburn, 1998) είναι οι μόνοι που διαφοροποιούνται καθώς αναφέρονται εξολοκλήρου στην ποσότητα χλωροφύλλης που συγκεντρώνεται στο φύλλωμα. Οι συγκεκριμένοι δείκτες έχουν υψηλή τιμή στην αρχή της περιόδου εν συνεχεία έχουν μία έντονη μείωση και σταθεροποιούνται μέχρι το τέλος της περιόδου. Στο πρώτο γκρουπ διαγραμμάτων φαίνεται αναλυτικά η εξέλιξη των μέσων όρων των δεικτών βλάστησης ανά ημέρα στην χρονική περίοδο που εξετάζεται η περιοχή μελέτης για το έτος του 2018. Μικρές διαφορές με τους υπόλοιπους δείκτες εμφανίζουν επίσης Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) (Buschmann C., 1993) και Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (J. W. Rouse, 1973). Οι συγκεκριμένοι δείκτες δεν ακολουθούν την πτώση που έχουν οι υπόλοιποι δείκτες στις 13 Ιουνίου. Από την μία ο GNDVI εκείνη την ημέρα αυξάνεται και έπειτα ακολουθεί η πτώση στις 3 Ιουλίου όπου οι άλλοι δείκτες αυξάνονται. Αναζητώντας την αιτία για την αύξηση των δεικτών στις 3 Ιουλίου και καθώς τις προηγούμενες ημέρες οι εικόνες είχαν αρκετή νεφοκάλυψη στην περιοχή μελέτης γίνεται εύκολα κατανοητό πως υπήρξαν ημέρες με βροχόπτωση. Στα μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα του Ιουνίου καταγράφονται δύο ημέρες, 26 και 27 Ιουνίου, όπου στην πρώτη το ύψος βροχής ήταν 20 χιλιοστά και την δεύτερη 43 χιλιοστά. Τα πολύ μεγάλα ύψη βροχής σε αυτές τις δύο ημέρες δικαιολογούν την αύξηση των περισσότερων δεικτών στην εικόνα στις 3 Ιουλίου. Επικεντρώνοντας στον NDVI, ο συγκεκριμένος δείκτης δεν μειώνεται τόσο ραγδαία στις 13 Ιουνίου και η αύξηση του στις 3 Ιουλίου είναι πολύ μικρή και μπορεί να χαρακτηριστεί μηδενική (από 0.419 σε 0,423). Στην συνέχεια όλοι οι δείκτες εκτός από τους Chlorophyll Red-Edge και Structure Insensitive Pigment Index εμφανίζουν μείωση στις τιμές τους, με την μικρότερη μείωση να εντοπίζεται στον δείκτη NDVI. Πιο αναλυτικά στον Πίνακα 4 απεικονίζονται με ακρίβεια οι μέσοι όροι των δεικτών ανά ημέρα για ολόκληρη την περιοχή μελέτης για το έτος 2018

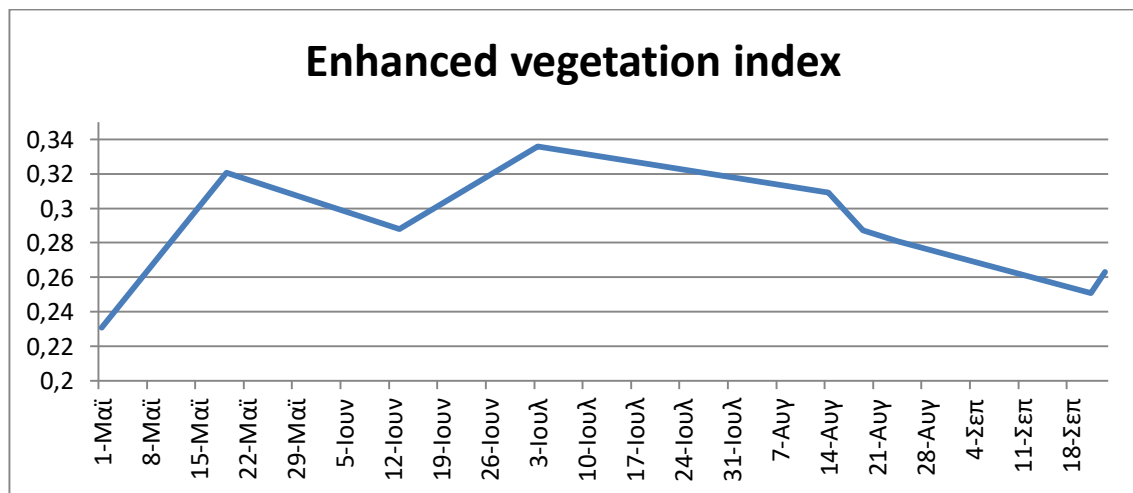
Πίνακας 4. Μέσοι όροι των δεικτών ανά ημέρα για ολόκληρη την περιοχή μελέτης για το έτος 2018

	1-May	19-May	13-Jun	3-Jul	14-Aug	19-Aug	24-Aug	21-Sep	23-Sep
Chlorophyll Red-Edge	0.528492	0.399068	0.426895	0.427899	0.442506	0.444	0.450475	0.468372	0.479179
Enhanced vegetation index	0.230993	0.320467	0.287958	0.335784	0.30904	0.287355	0.280798	0.25101	0.263168
Enhanced vegetation index 2	0.250564	0.321629	0.302685	0.345188	0.318655	0.304292	0.297298	0.255737	0.27273
Green Normalized Difference Vegetation Index	0.41493	0.481019	0.48798	0.470249	0.466026	0.470283	0.469877	0.456667	0.456569

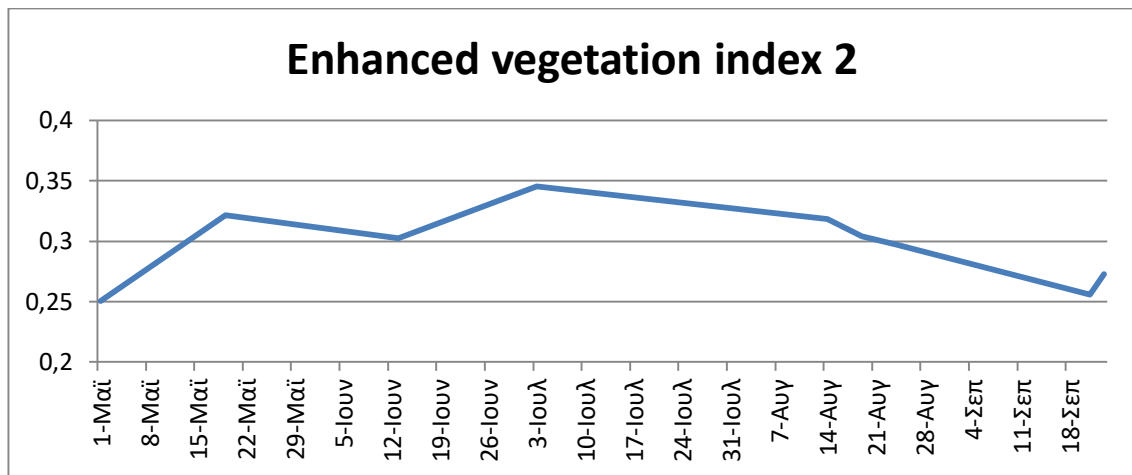
Modified Chlorophyll Absorption in Reflection Index	0.04516	0.055638	0.048859	0.060363	0.055767	0.056317	0.053606	0.042303	0.045034
Modified Soil-adjusted Vegetation Index	0.212502	0.27527	0.258494	0.294717	0.271804	0.259421	0.253225	0.217743	0.232112
Modified Soil-adjusted Vegetation Index 2	0.219926	0.288819	0.270375	0.306918	0.283333	0.270481	0.263732	0.227408	0.241942
Normalized difference vegetation index	0.327103	0.449412	0.41898	0.423113	0.412232	0.404451	0.395936	0.401717	0.392975
Soil-adjusted vegetation index	0.236867	0.308938	0.2901	0.321143	0.30047	0.288805	0.282331	0.251752	0.263608
Structure Insensitive Pigment Index	1.765836	1.466663	1.456391	1.478924	1.487193	1.500801	1.518692	1.422718	1.484921



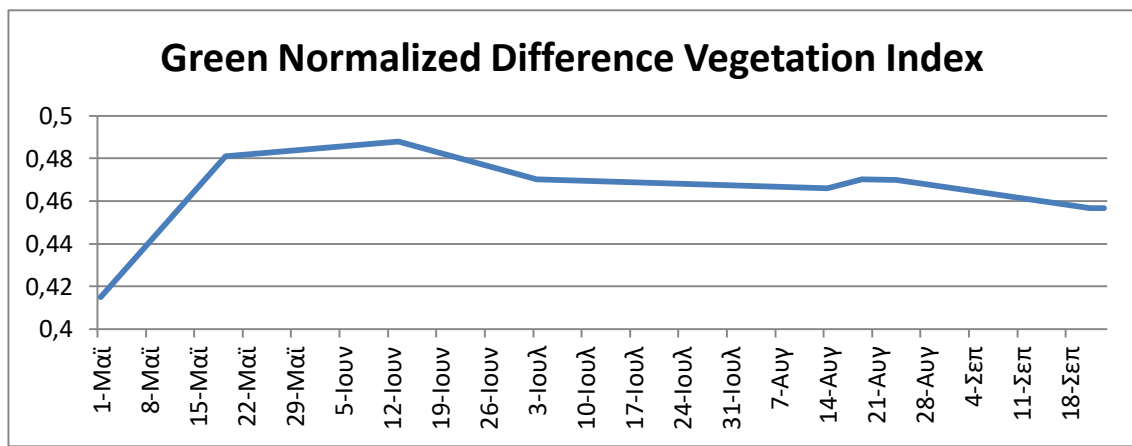
Διάγραμμα 3. Chlorophyll Red-Edge για το έτος 2018



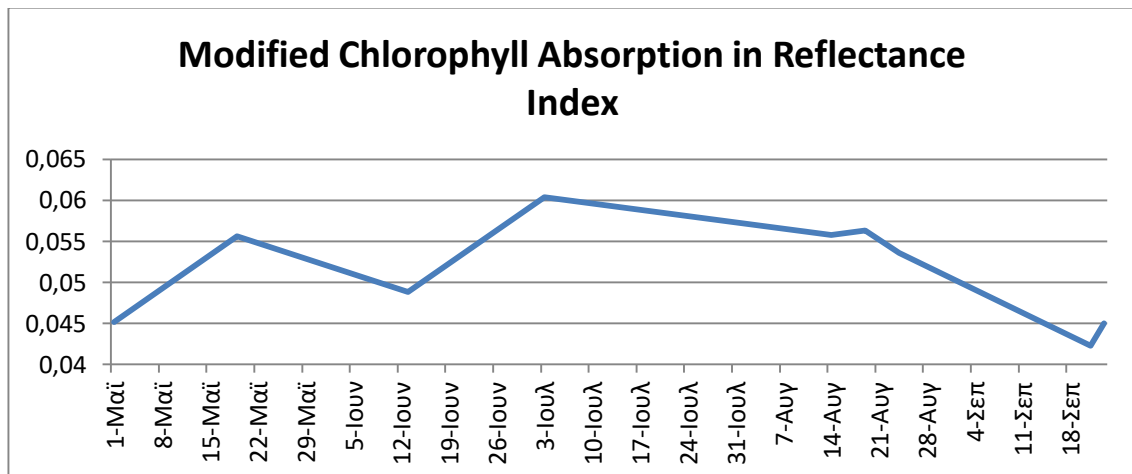
Διάγραμμα 4. Enhanced vegetation index για το έτος 2018



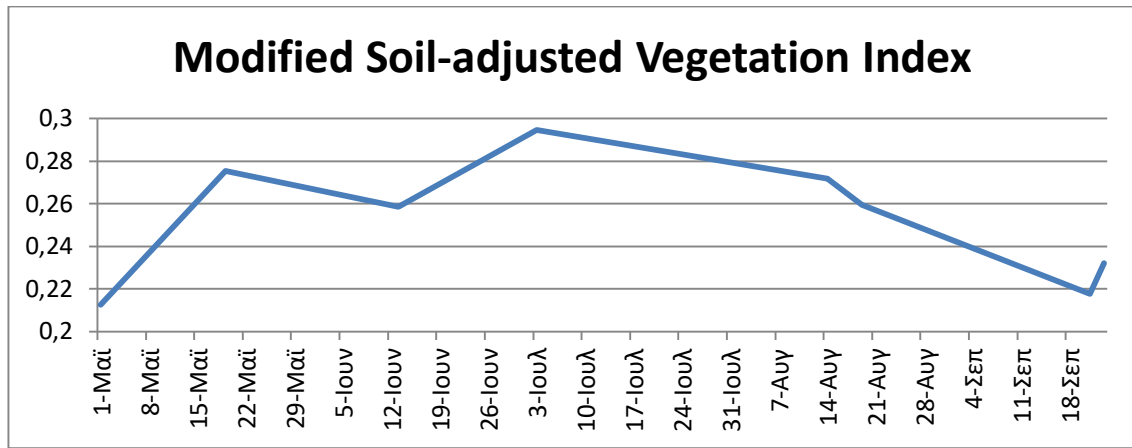
Διάγραμμα 5. Enhanced vegetation index 2 για το έτος 2018



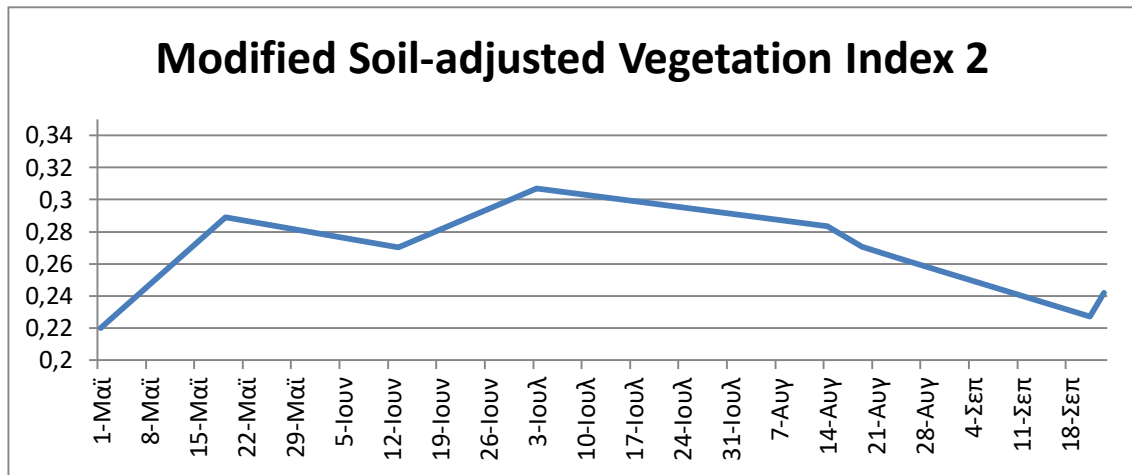
Διάγραμμα 6. Green Normalized Difference Vegetation Index για το έτος 2018



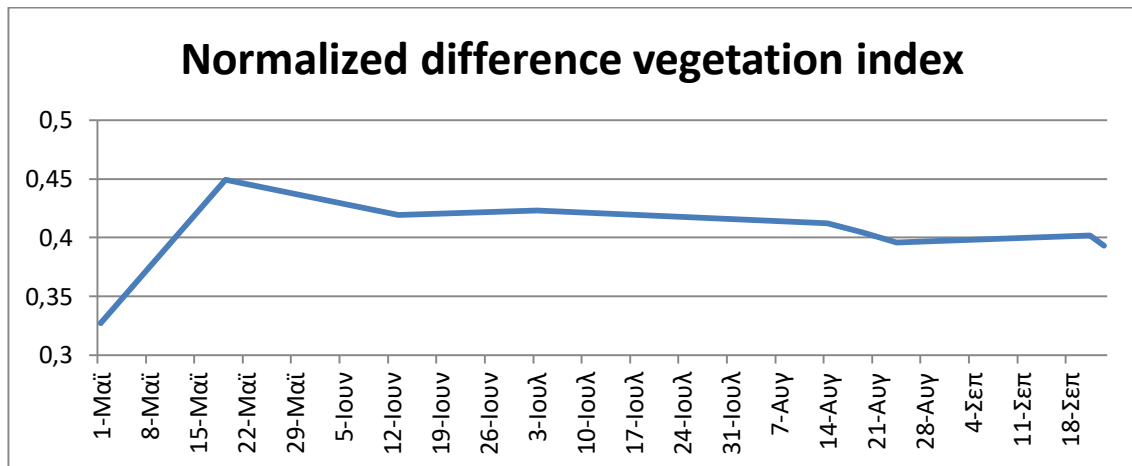
Διάγραμμα 7. Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index για το έτος 2018



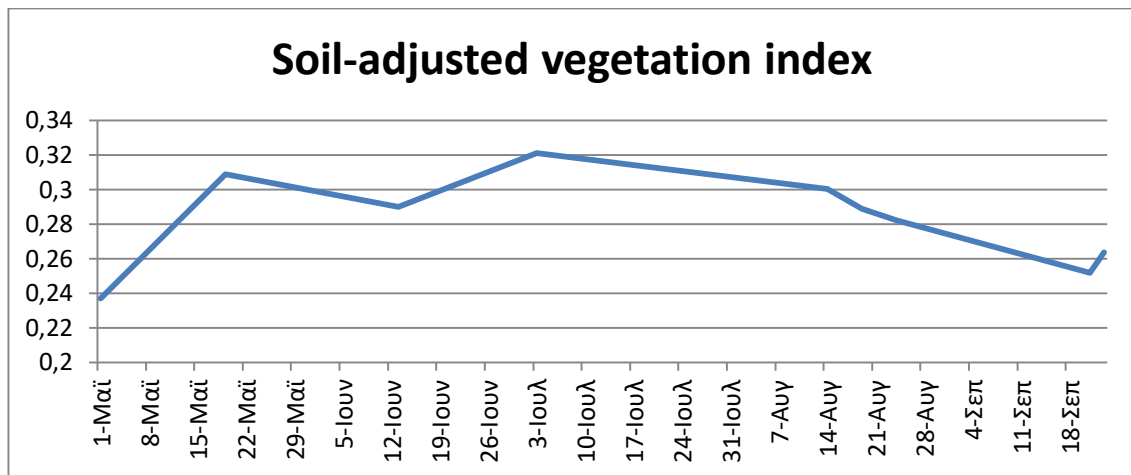
Διάγραμμα 8. Modified Soil-adjusted Vegetation Index για το έτος 2018



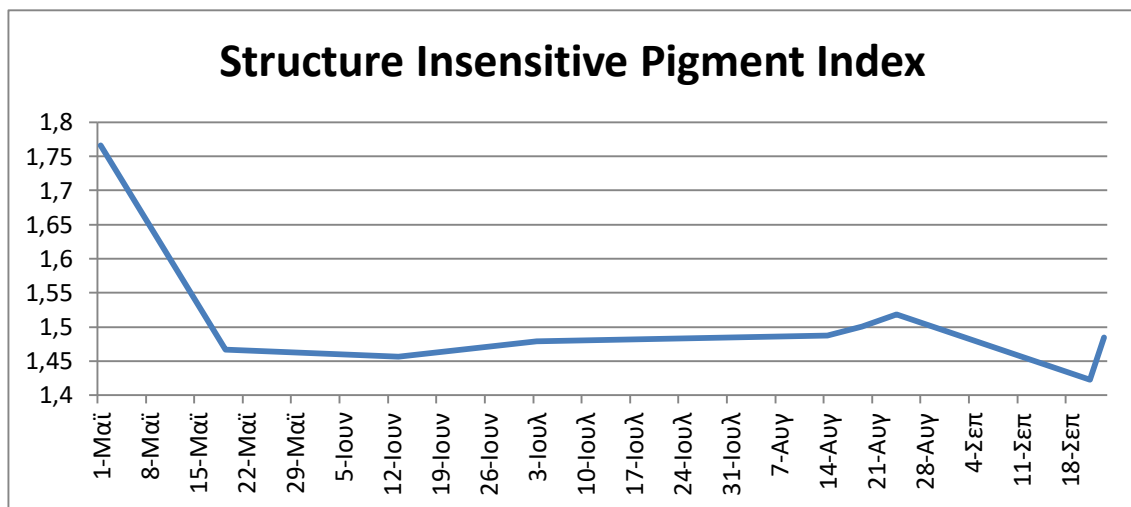
Διάγραμμα 9. Modified Soil-adjusted Vegetation Index 2 για το έτος 2018



Διάγραμμα 10. Normalized difference vegetation index για το έτος 2018



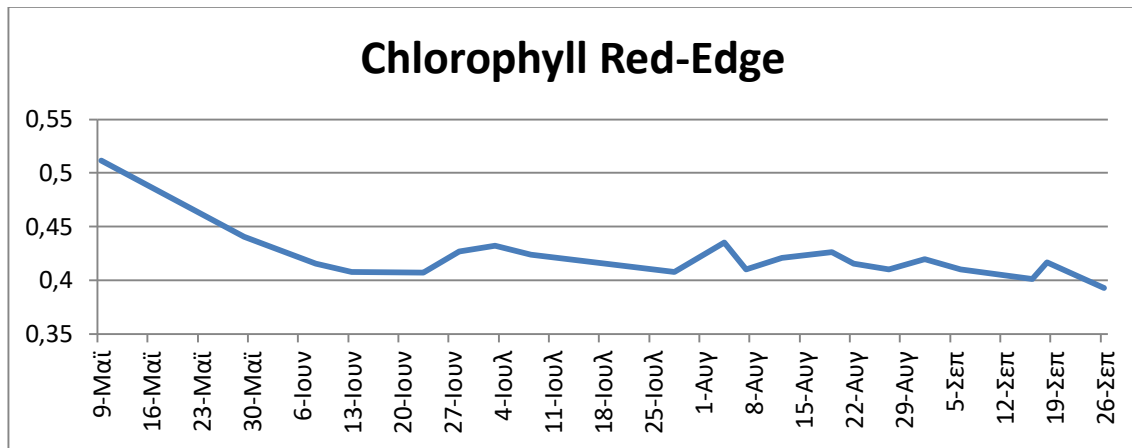
Διάγραμμα 11. Soil-adjusted vegetation index για το έτος 2018



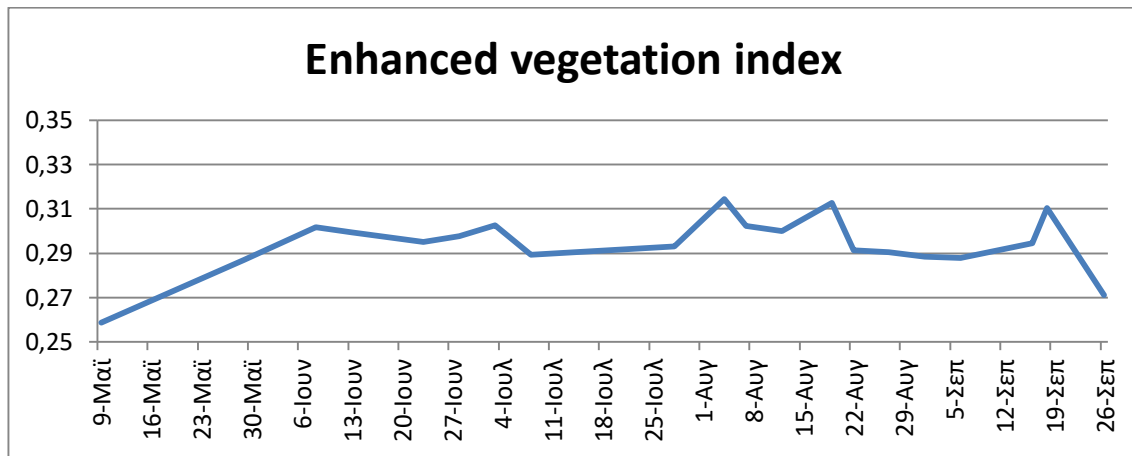
Διάγραμμα 12. Structure Insensitive Pigment Index για το έτος 2018

3.1.4 Εξέλιξη δεικτών για την περίοδο Μαΐου - Σεπτεμβρίου 2019

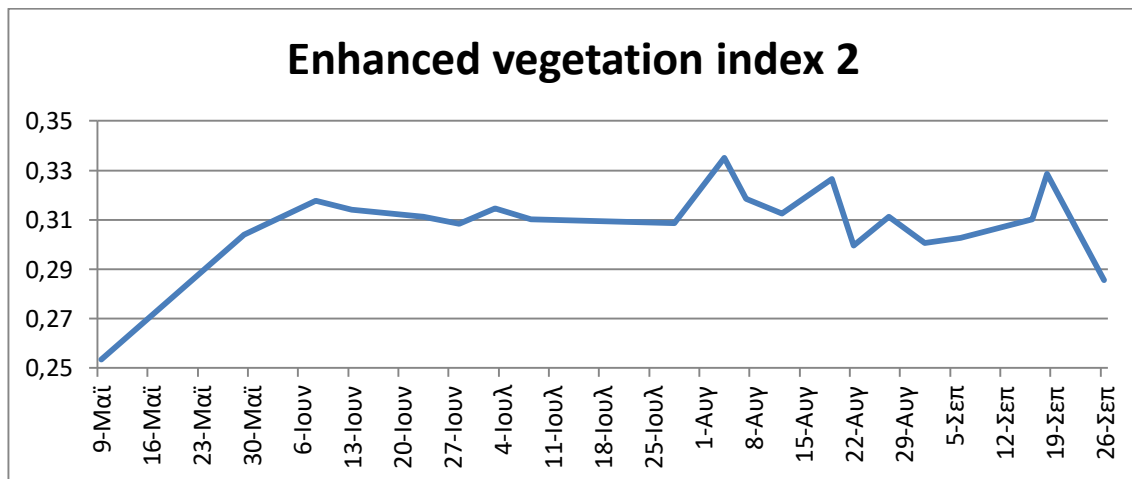
Για το έτος του 2019 οι περισσότερες ημέρες, στις οποίες η νεφοκάλυψη δεν δημιουργούσε πρόβλημα, δίνονται περισσότερες πληροφορίες για την κατάσταση της βλάστησης στους αμπελώνες. Σε αυτή την περίπτωση οι δείκτες που ξεχωρίζουν σε σχέση με τους υπολοίπους είναι τρεις. Ο Chlorophyll Red-Edge ξεκινάει από υψηλές τιμές και μειώνεται μέχρι τις 8 Ιουνίου και έπειτα σταθεροποιείται. Ο Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (MCARI) αυξάνεται μέχρι τις 8 Ιουνίου και στην συνέχεια ακολουθεί μία έντονη μείωση μέχρι τις 3 Ιουλίου. Για τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο ο συγκεκριμένος δείκτης εμφανίζει έντονες αυξομειώσεις σε σχέση με τους υπολοίπους ο οποίοι κρατούν μία σταθερή πορεία χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις από μέρα σε μέρα. Τέλος ο δείκτης με τις μεγαλύτερες διαφορές είναι ο Structure Insensitive Pigment Index (SIPI) ο οποίος έχει μειωτική τάση στην πάροδο του χρόνου αλλά οι διακυμάνσεις από εικόνα σε εικόνα είναι αρκετά έντονες. Αναλυτικότερα στον Πίνακα 5 φαίνονται οι τιμές των δεικτών για το έτος του 2019 και επίσης τα διαγράμματα για κάθε δείκτη.



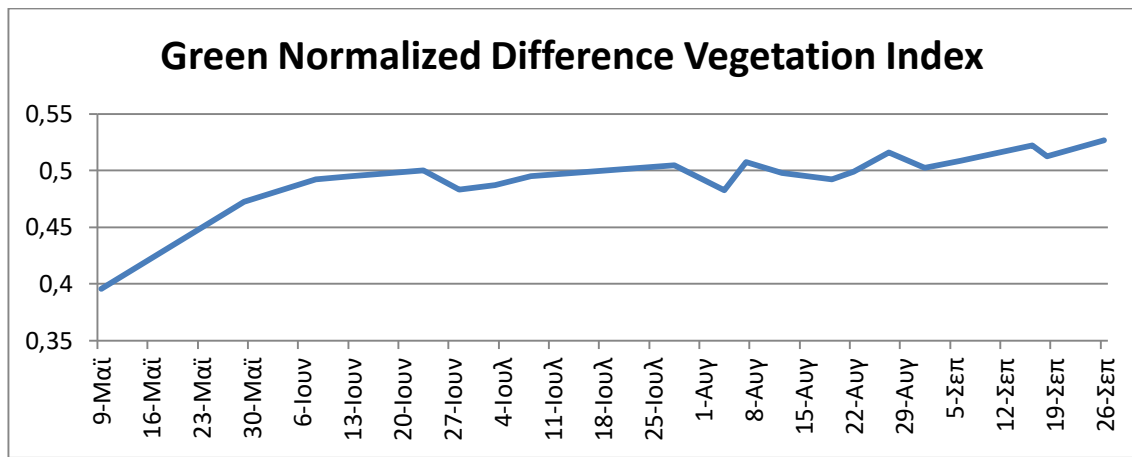
Διάγραμμα 13. Chlorophyll Red-Edge για το έτος 2019



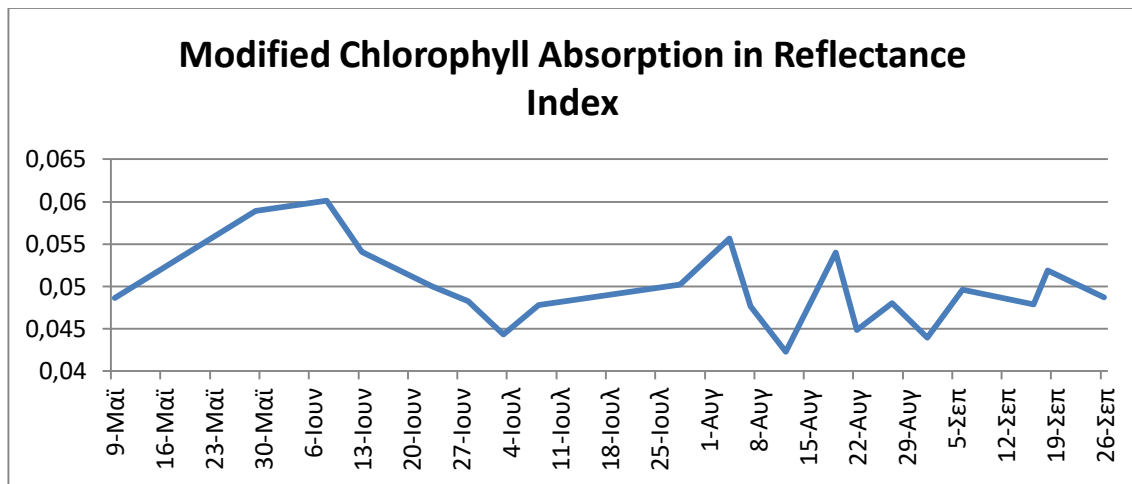
Διάγραμμα 14. Enhanced vegetation index για το έτος 2019



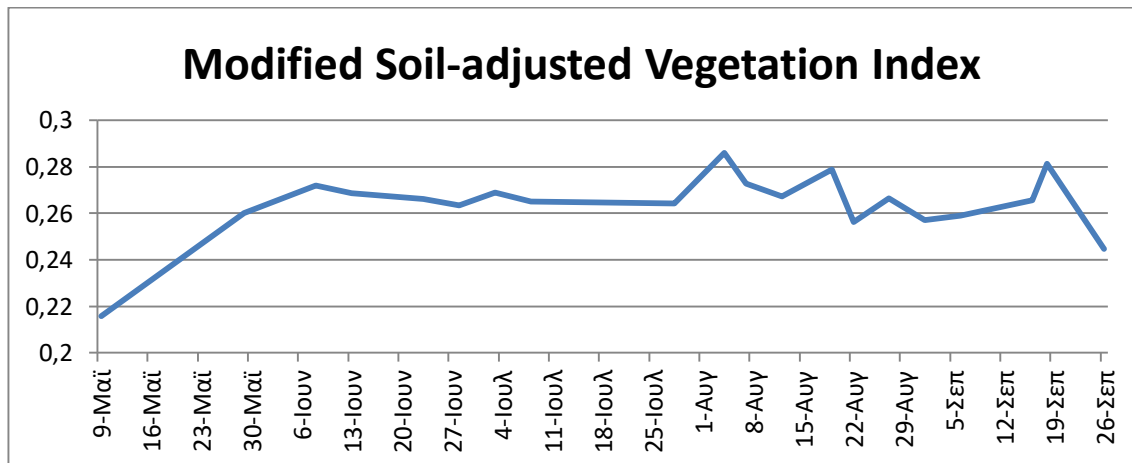
Διάγραμμα 15. Enhanced vegetation index 2 για το έτος 2019



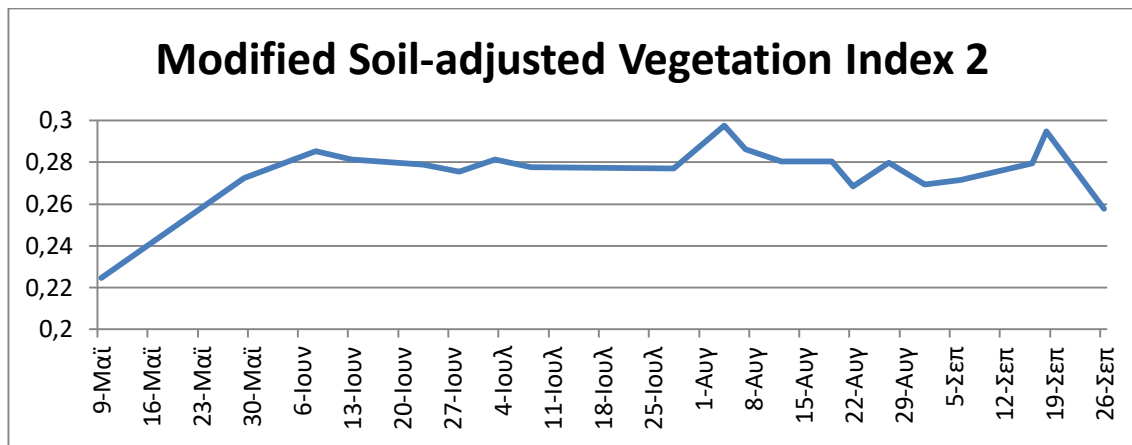
Διάγραμμα 16. Green Normalized Difference Vegetation Index για το έτος 2019



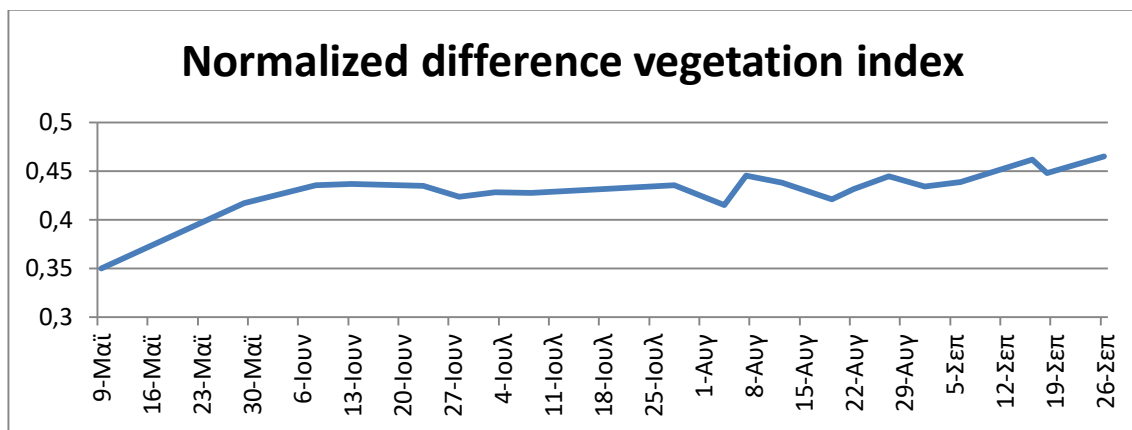
Διάγραμμα 17. Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index για το έτος 2019



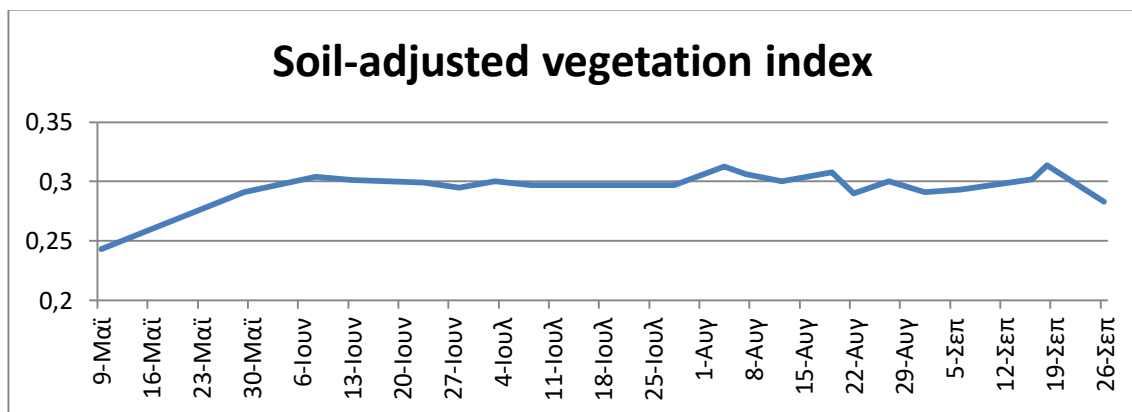
Διάγραμμα 18. Modified Soil-adjusted Vegetation Index για το έτος 2019



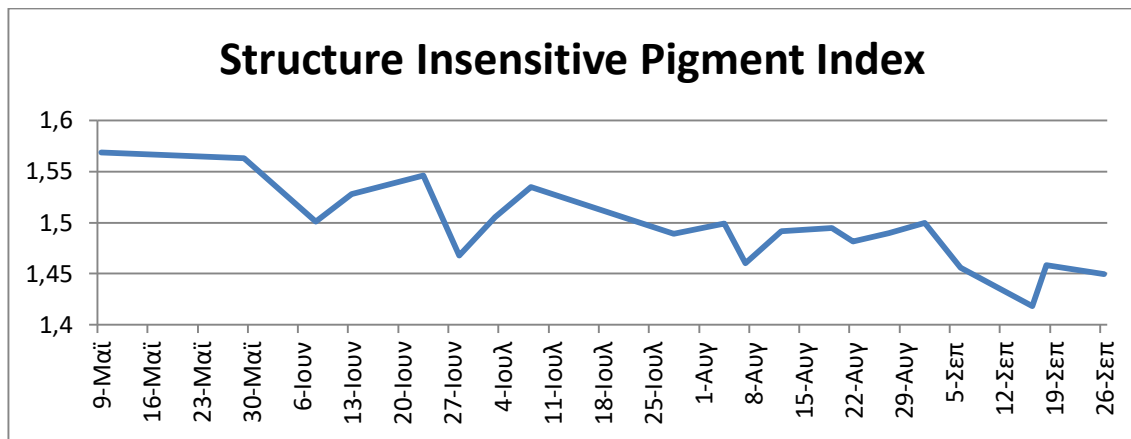
Διάγραμμα 19. Modified Soil-adjusted Vegetation Index 2 για το έτος 2019



Διάγραμμα 20. Normalized difference vegetation index για το έτος 2019



Διάγραμμα 21. Soil-adjusted vegetation index για το έτος 2019



Διάγραμμα 22. Structure Insensitive Pigment Index για το έτος 2019

3.1.5 Τυπική απόκλιση περιοχής μελέτης για το 2018

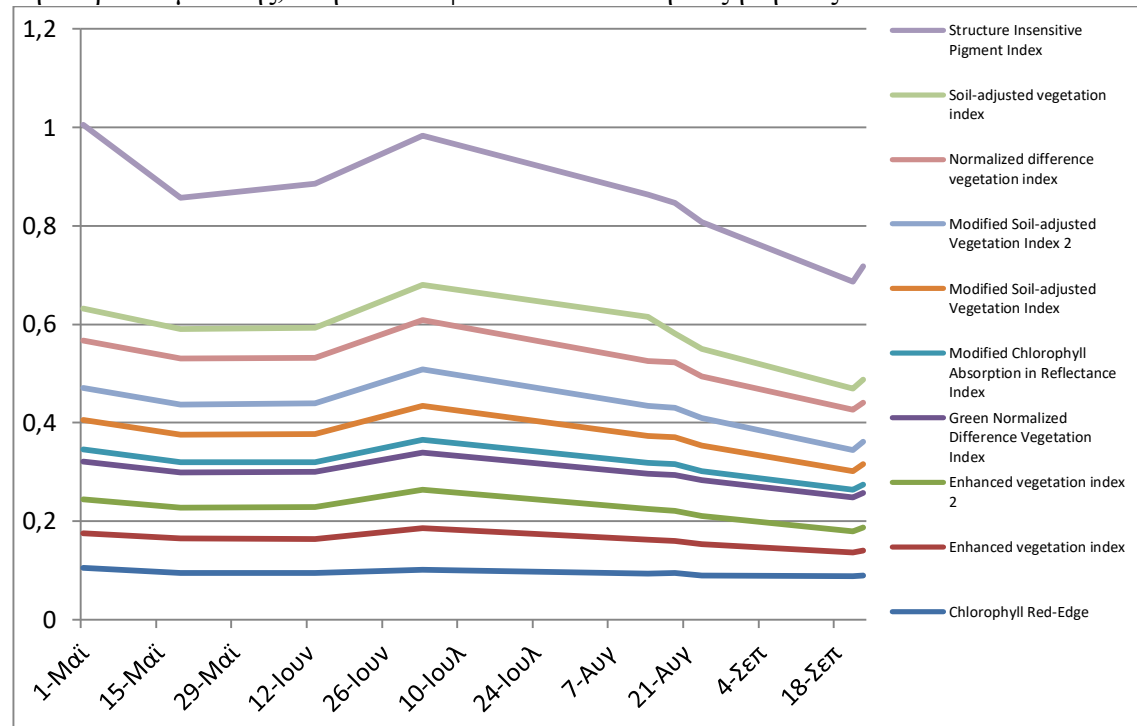
Η μεγάλη υψομετρική διαφορά και η διαφοροποίηση της περιοχής της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας σε μεγάλο βαθμό για πολλούς παράγοντες, οδηγεί στην διαφορετική ανάπτυξη της βλάστησης ανά υποπεριοχή. Οι διαφορές στην ανάπτυξη των διαφόρων υποπεριοχών είναι οπτικά εμφανής αλλά χρειάζεται να αποτυπωθεί και στατιστικά. Ένας τρόπος με τον οποίο μπορούν να αποτυπωθούν είναι με την τυπική απόκλιση των δεικτών βλάστησης ανά ημέρα για όλη την περιοχή. Στον Πίνακα 6 απεικονίζονται οι τυπικές αποκλίσεις για το 2018 ανά δείκτη. Οι τιμές των τυπικών αποκλίσεων είναι σε τρεις δείκτες (Chlorophyll Red-Edge, Green Normalized Difference Vegetation Index, Structure Insensitive Pigment Index) μεγαλύτερες την πρώτη ημέρα ενώ των υπολοίπων επτά η μεγαλύτερη τυπική απόκλιση εντοπίζεται στις 3 Ιουλίου. Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση των τιμών των δεικτών γίνεται σαφές πως η αύξηση των τυπικών αποκλίσεων στις 3 Ιουλίου συσχετίζεται με την βροχόπτωση στις 26 και 27 Ιουνίου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η διαφοροποίηση στο ύψος βροχής οδήγησε στην ανάπτυξη της βλάστησης με διαφορετική ένταση σε διάφορες περιοχές της ζώνης. Στο διάγραμμα όπου απεικονίζονται οι τυπικές αποκλίσεις όλων των δεικτών φαίνεται πως υπάρχει πλήρη ταύτιση αυτών. Πέραν της διαφοροποίησης στην ημέρα που εμφανίζεται η μεγαλύτερη απόλυτη τιμή, οι κορυφές είναι ίδιες για όλους τους δείκτες, αυτές είναι στις 1 Μαΐου και 3 Ιουλίου. Το μοτίβο εξέλιξης των τυπικών αποκλίσεων είναι ίδιο για όλους τους δείκτες, πέραν από τις δύο υψηλότερες τιμές όλοι οι δείκτες εμφανίζουν στις τυπικές αποκλίσεις τους μια μείωση μεταξύ 19 και 24 Αυγούστου, με μεγαλύτερη ένταση από την γενική τάση της πτώσης μέχρι το τέλος της περιόδου.

Πίνακας 6. Τυπικές αποκλίσεις δεικτών βλάστησης για την ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας για το 2018

	ChlRed-Edge	EVI	EVI2	GNDVI	MCARI	MSAVI	MSAVI2	NDVI	SAVI	SIPI
1-May	0.106	0.070	0.068	0.078	0.024	0.060	0.065	0.096	0.065	0.373
19-May	0.095	0.070	0.063	0.071	0.021	0.056	0.061	0.094	0.060	0.267
13-Jun	0.096	0.068	0.065	0.072	0.018	0.058	0.063	0.092	0.062	0.293
3-Jul	0.102	0.085	0.077	0.076	0.026	0.068	0.074	0.100	0.071	0.303
14-Aug	0.094	0.069	0.063	0.072	0.021	0.056	0.061	0.090	0.090	0.248
19-Aug	0.094	0.065	0.062	0.072	0.022	0.055	0.060	0.092	0.059	0.265
24-Aug	0.090	0.063	0.058	0.072	0.019	0.051	0.056	0.085	0.055	0.258
21-Sep	0.088	0.047	0.044	0.069	0.015	0.039	0.042	0.081	0.043	0.218

23-Sep	0.089	0.051	0.047	0.071	0.016	0.042	0.045	0.080	0.046	0.230
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Στο Διάγραμμα 25 απεικονίζεται η μεταβολή της τυπικής απόκλισης των δεικτών για την περίοδο μελέτης, στην οποία φαίνεται έντονα η αύξηση στις 3 Ιουλίου.



Διάγραμμα 23. Τυπικές αποκλίσεις δεικτών βλάστησης για την ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας για το 2018

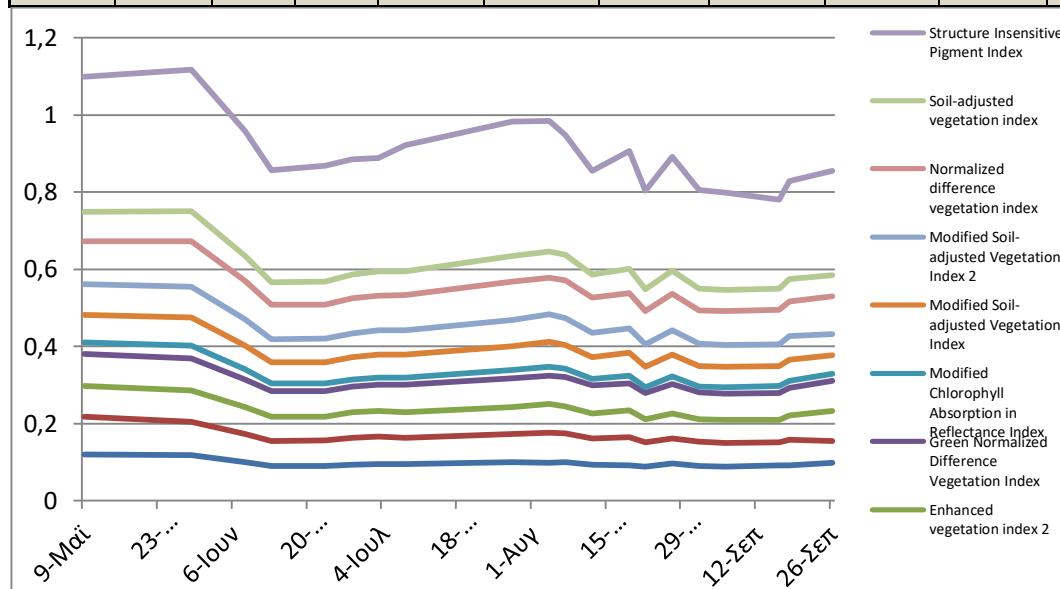
3.1.6 Τυπική απόκλιση περιοχής μελέτης για το 2019

Για το έτος του 2019 (Πίνακας 7) οι τυπικές αποκλίσεις έχουν παρόμοια συμπεριφορά με του 2018, αλλά εντοπίζονται διαφορές. Μία από τις κύριες διαφορές είναι πως οι δύο υψηλότερες τιμές των τυπικών αποκλίσεων εντοπίζονται στις δύο πρώτες μέρες της περιόδου. Στις 9 και 29 Μαΐου φαίνεται πως οι διαφορές της βλάστησης στην περιοχή της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας είναι εντονότερες. Παρατηρείται επίσης πως επαναλαμβάνεται μια αύξηση της τυπικής απόκλισης μέσα στην περίοδο του καλοκαιριού. Το 2018 η κορύφωση ήταν στις 3 Ιουλίου ενώ το 2019 είναι στις 4 Αυγούστου, ενώ για το δεύτερο μισό του Αυγούστου οι τυπικές αποκλίσεις αυξομειώνονται με μια τάση μείωσης. Επιπλέον στο τέλος της περιόδου οι τυπικές αποκλίσεις δείχνουν να αυξάνονται ελάχιστα. Οι πέντε από τους δέκα δείκτες έχουν σημαντική διαφορά στις τυπικές αποκλίσεις των δύο πρώτων ημερών, καθώς εμφανίζεται η ημέρα τις 29 Μαΐου να έχει μεγαλύτερη τυπική απόκλιση. Οι δείκτες που συμπεριφέρονται έτσι είναι οι Green Normalized Difference Vegetation Index, Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index, Modified Soil-adjusted Vegetation Index, Modified Soil-adjusted Vegetation Index 2 και Structure Insensitive Pigment Index.

Πίνακας 7. Τυπικές αποκλίσεις δεικτών βλάστησης για την ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας για το 2019

	Chl Red-Edge	EVI	EVI2	GNDVI	MCARI	MSAVI	MSAVI2	NDVI	SAVI	SIPI
9-May	0.119	0.098	0.081	0.083	0.029	0.072	0.079	0.112	0.077	0.349
29-May	0.119	0.086	0.081	0.084	0.034	0.072	0.080	0.117	0.078	0.368

8-Jun	0.100	0.074	0.070	0.070	0.026	0.062	0.068	0.099	0.066	0.323
13-Jun	0.090	0.065	0.062	0.066	0.021	0.055	0.060	0.089	0.059	0.290
23-Jun	0.090	0.065	0.062	0.067	0.019	0.055	0.060	0.089	0.059	0.300
28-Jun	0.094	0.070	0.065	0.066	0.019	0.058	0.063	0.090	0.061	0.300
3-Jul	0.095	0.071	0.066	0.069	0.019	0.058	0.064	0.090	0.062	0.295
8-Jul	0.095	0.068	0.066	0.072	0.019	0.058	0.063	0.091	0.062	0.327
28-Jul	0.099	0.073	0.070	0.075	0.021	0.062	0.068	0.098	0.066	0.348
4-Aug	0.098	0.078	0.075	0.073	0.023	0.066	0.071	0.094	0.069	0.339
7-Aug	0.100	0.074	0.070	0.077	0.021	0.063	0.068	0.098	0.066	0.311
12-Aug	0.093	0.068	0.065	0.072	0.017	0.057	0.063	0.091	0.061	0.269
19-Aug	0.092	0.073	0.069	0.070	0.020	0.061	0.063	0.090	0.064	0.306
22-Aug	0.087	0.064	0.060	0.067	0.015	0.053	0.058	0.086	0.057	0.255
27-Aug	0.096	0.066	0.065	0.076	0.019	0.057	0.063	0.094	0.061	0.295
1-Sep	0.089	0.063	0.059	0.069	0.016	0.053	0.058	0.087	0.056	0.255
6-Sep	0.088	0.062	0.059	0.068	0.017	0.052	0.057	0.087	0.056	0.251
16-Sep	0.091	0.061	0.058	0.070	0.017	0.052	0.057	0.089	0.055	0.231
18-Sep	0.092	0.066	0.063	0.071	0.019	0.056	0.061	0.089	0.059	0.254
26-Sep	0.098	0.057	0.078	0.078	0.018	0.049	0.054	0.098	0.054	0.272



Διάγραμμα 24. Τυπικές αποκλίσεις δεικτών βλάστησης για την ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας για το 2018

Με τις παραπάνω αναλύσεις φαίνεται πως τα δύο έτη στα οποία γίνεται η μελέτη έχουν διαφορές καθώς το 2018 μπορεί να χαρακτηριστεί πιο υγρό καθώς οι έντονες βροχοπτώσεις στα τέλη του Ιουνίου φαίνεται να έχουν επηρεάζει την βλάστηση μέσα στο καλοκαίρι. Επίσης η κορύφωση στα μέσα του καλοκαιριού έχει διαφορά περίπου ενός μήνα για τα δύο έτη καθώς το 2018 είναι στις αρχές Ιουλίου και το 2019 στις αρχές Αυγούστου. Επιπλέον στο δεύτερο μισό του Αυγούστου εντοπίζονται και τις δύο χρονιές κάποιες μεταβολές που δεν χαρακτηρίζονται ήπιες με την κατάσταση του 2019 να είναι αρκετά εντονότερη. Το 2018 η μεταβολή αυτή είναι μία εντονότερη πτώση για τους περισσότερους δείκτες, μεταξύ 19 και 24 Αυγούστου ενώ το 2019 οι μεταβολές χαρακτηρίζονται από έντονη αυξομείωση την περίοδο του Αυγούστου. Μετά την κορύφωση που εμφανίζεται στις 4 Αυγούστου ακολουθεί μία έντονη αυξομείωση μέχρι τις 1 Σεπτεμβρίου, όπου και παύουν να υφίστανται αυτού του είδους οι μεταβολές.

3.2 Παραλλακτικότητα αμπελώνων

3.2.1 Συσχέτιση παραλλακτικότητας δεικτών με παραλλακτικότητα τοπογραφικών χαρακτηριστικών

Σαν αποτέλεσμα των zonal statistics απ' όπου δημιουργήθηκε το σετ δεδομένων των μέσων τιμών των δεικτών βλάστησης των αμπελοτεμαχίων, δημιουργήθηκε και το σετ δεδομένων από τις τυπικές αποκλίσεις του κάθε αμπελοτεμαχίου ανά δείκτη και ανά ημέρα. Η αυξημένη τυπική απόκλιση των δεικτών βλάστησης δείχνει πως σε ένα αμπελοτεμάχιο υπάρχει έντονη παραλλακτικότητα, κάτι που αποτελεί ένδειξη για την εφαρμογή τεχνολογιών και μεθόδων γεωργίας ακριβείας και την ανάγκη για ζωνοποίηση του αμπελώνα. Η παραλλακτικότητα εντός των αμπελώνων εξηγεί τις διαφορές της ανάπτυξης της βλάστησης μέσα σε αυτούς. Οι παραλλακτικότητες των αμπελώνων συγκεντρώθηκαν σε ένα αρχείο που αποτελεί τον μέσο όρο αυτών από όλη την περίοδο. Έπειτα η συσχέτιση των παραλλακτικότητων των δεικτών βλάστησης με τις παραλλακτικότητες των τοπογραφικών χαρακτηριστικών είχε τα αποτελέσματα που φαίνονται στον Πίνακα 8 για το 2018 και στον Πίνακα 9 για το 2019.

Πίνακας 8. Συσχετίσεις τυπικών αποκλίσεων δεικτών βλάστησης με τυπικές αποκλίσεις τοπογραφικών χαρακτηριστικών εντός των αμπελώνων για το έτος 2018.

Correlations 2018											
		SIPI SD	SAVI SD	NDVI SD	MSAVI2 SD	MSAVI SD	MCARI SD	GNDVI SD	EVI SD	EVI2 SD	CHL SD
Slope SD	Pearson Correlation	0.253	0.32	0.331	0.311	0.315	0.433	0.411	0.32	0.316	0.375
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Elevation SD	Pearson Correlation	0.285	0.277	0.282	0.26	0.269	0.368	0.382	0.267	0.275	0.355
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Aspect SD	Pearson Correlation	-0.036	0.033	0.03	0.036	0.034	-0.102	-0.04	0.037	0.033	-0.015
	Sig. (2-tailed)	.008	.015	.027	.009	.013	.000	.003	.007	.016	.258

Πίνακας 9. Συσχετίσεις τυπικών αποκλίσεων δεικτών βλάστησης με τυπικές αποκλίσεις τοπογραφικών χαρακτηριστικών εντός των αμπελώνων για το έτος 2019.

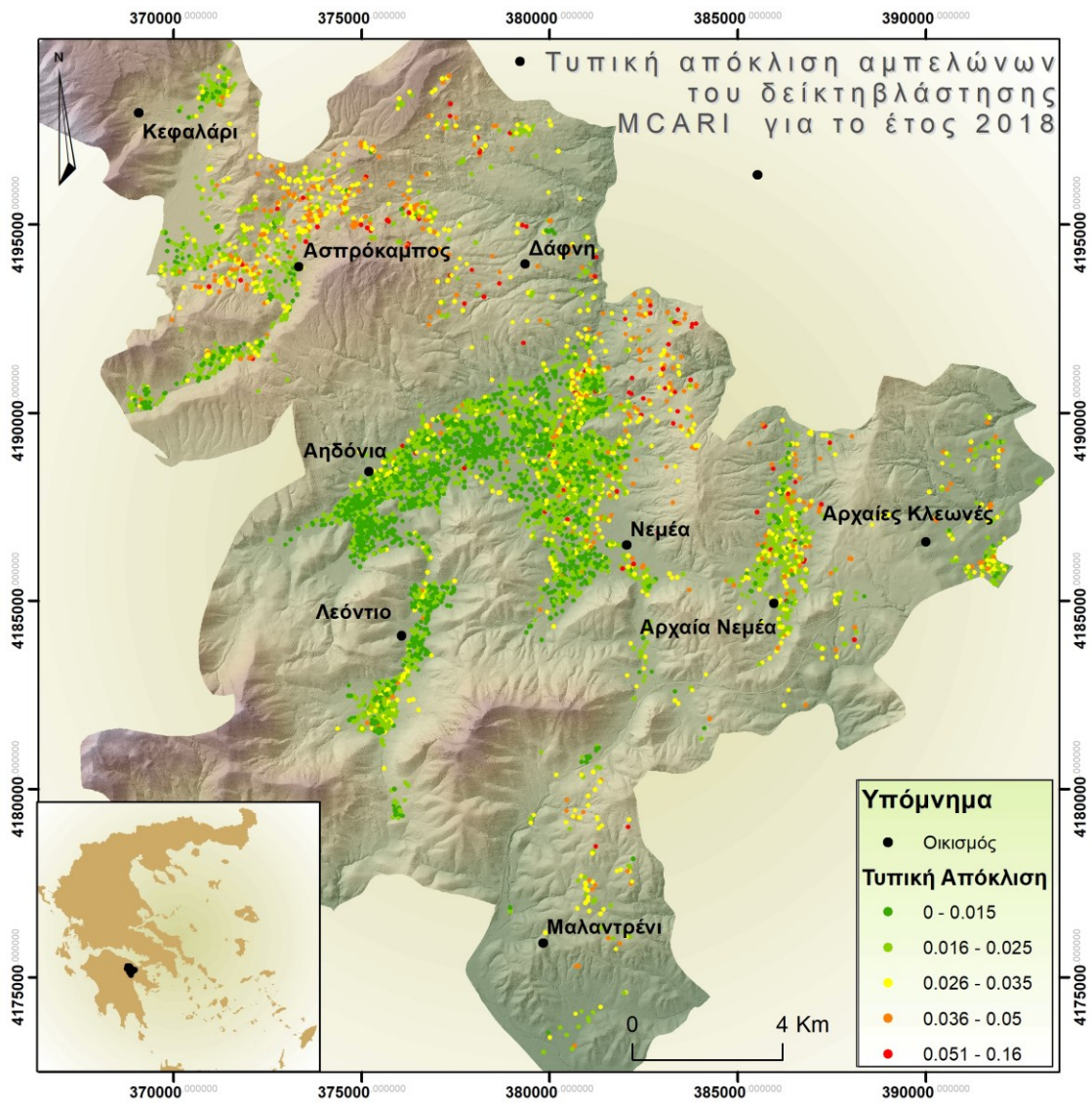
Correlations 2019											
		SIPI SD	SAVI SD	NDVI SD	MSAVI2 SD	MSAVI SD	MCARI SD	GNDVI SD	EVI SD	EVI2 SD	CHL SD
Slope SD	Pearson Correlation	0.148	0.231	0.243	0.229	0.229	0.353	0.333	0.231	0.228	0.271
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Elevation SD	Pearson Correlation	0.191	0.198	0.206	0.184	0.191	0.286	0.316	0.185	0.196	0.272
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Aspect SD	Pearson Correlation	-0.033	0.035	0.04	0.041	0.037	-0.064	-0.021	0.047	0.034	-0.004
	Sig. (2-tailed)	.015	.011	.004	.002	.007	.000	.119	.001	.013	.765

Όπως παρατηρείται στους πίνακες συσχετίσεων, οι τυπικές αποκλίσεις των δεικτών

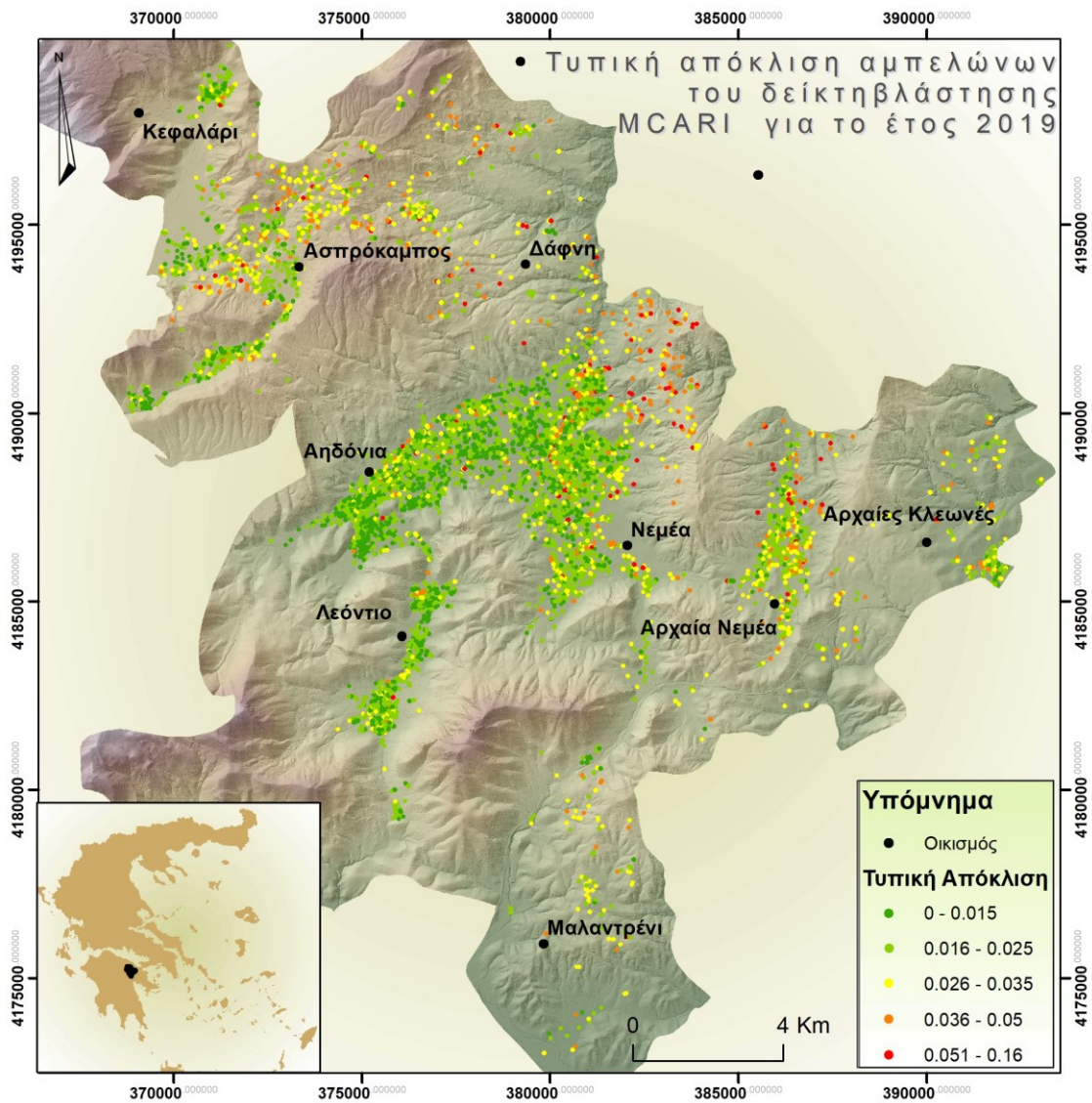
βλάστησης συσχετίζονται σε παρόμοιο μοτίβο με τις τυπικές αποκλίσεις των τοπογραφικών χαρακτηριστικών και για τα δύο έτη. Για το έτος του 2018 οι συσχετίσεις είναι ελάχιστα ισχυρότερες σε σχέση με του 2019. Για το έτος του 2018 ο προσανατολισμός της επιφάνειας δεν εμφανίζει συσχέτιση με κανέναν δείκτη βλάστησης, ενώ πολλές συσχετίσεις αυτού δεν είναι στατιστικά σημαντικές για $p\text{-value} = 0,01$. Υψηλότερες συσχετίσεις με την τυπική απόκλιση του υψομέτρου έχουν οι τυπικές αποκλίσεις των δεικτών Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (0.36), Green Normalized Difference Vegetation Index (0.38) και Chlorophyll Red-Edge (0.35). Οι ίδιοι δείκτες εμφανίζουν υψηλότερες συσχετίσεις με την τυπική απόκλιση της κλίσης εντός των αμπελώνων. Ο MCARI συσχετίζεται 0,43, ο GNDVI 0,41 και ο Chlorophyll Red-Edge 0,37. Για το επόμενο έτος επαναλαμβάνεται η μη συσχέτιση των τυπικών αποκλίσεων των δεικτών βλάστησης με τις τυπικές αποκλίσεις των τοπογραφικών χαρακτηριστικών. Η παραλλακτικότητα των δεικτών MCARI, GNDVI και Chlorophyll Red-Edge συσχετίζονται με την παραλλακτικότητα του υψομέτρου 0,28, 0,31 και 0,27 αντίστοιχα. Μεγαλύτερες συσχετίσεις εντοπίζονται πάλι για την τυπική απόκλιση της κλίσης, όπου ο δείκτης MCARI έχει συντελεστή συσχέτισης Pearson 0,35, ο δείκτης GNDVI 0,33 και ο δείκτης Chlorophyll Red-Edge 0,27. Όπως παρατηρείται και για τα δύο έτη η παραλλακτικότητα του δείκτη Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index συσχετίζεται περισσότερο σε σχέση με τους υπόλοιπους δείκτες, με την τυπική απόκλιση της κλίσης. Με αυτό συμπεραίνεται πως η συγκέντρωση της χλωροφύλλης επηρεάζεται από την κλίση του εδάφους, πιο συγκεκριμένα οι διαφοροποιήσεις της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης εντός του αμπελώνα μπορούν να εξηγηθούν και από τις διαφορετικές κλίσεις εντός αυτού.

3.2.2 Παραλλακτικότητα δείκτη MCARI για τα έτη 2018 & 2019

Επιλέχθηκε να αποτυπωθεί χαρτογραφικά ο δείκτης MCARI ο οποίος έχει την μεγαλύτερη συσχέτιση με την τυπική απόκλιση της κλίσης. Στον Χάρτη 13 αποτυπώνονται οι τυπικές αποκλίσεις για το έτος του 2018. Όπως φαίνεται η παραλλακτικότητα των αμπελώνων στην πεδιάδα της Νεμέας είναι ελάχιστη, όπως και όπου αλλού υπάρχουν αμπελώνες σε μικρές κλίσεις. Παρόμοια είναι η κατάσταση το 2019 (Χάρτης 14), όμως παρατηρείται πως ο κάμπος της Νεμέας περιέχει περισσότερους αμπελώνες που κατηγοριοποιούνται στην δεύτερη χαμηλότερη κατηγορία των τυπικών αποκλίσεων. Σε σχέση με το 2018 έχουν ελάχιστα αυξημένη παραλλακτικότητα οι αμπελώνες. Συγκεντρωτικά, αυτό φαίνεται και στην χαμηλότερη συσχέτιση που εμφανίζεται το 2019 με τις παραλλακτικότητες των τοπογραφικών χαρακτηριστικών.



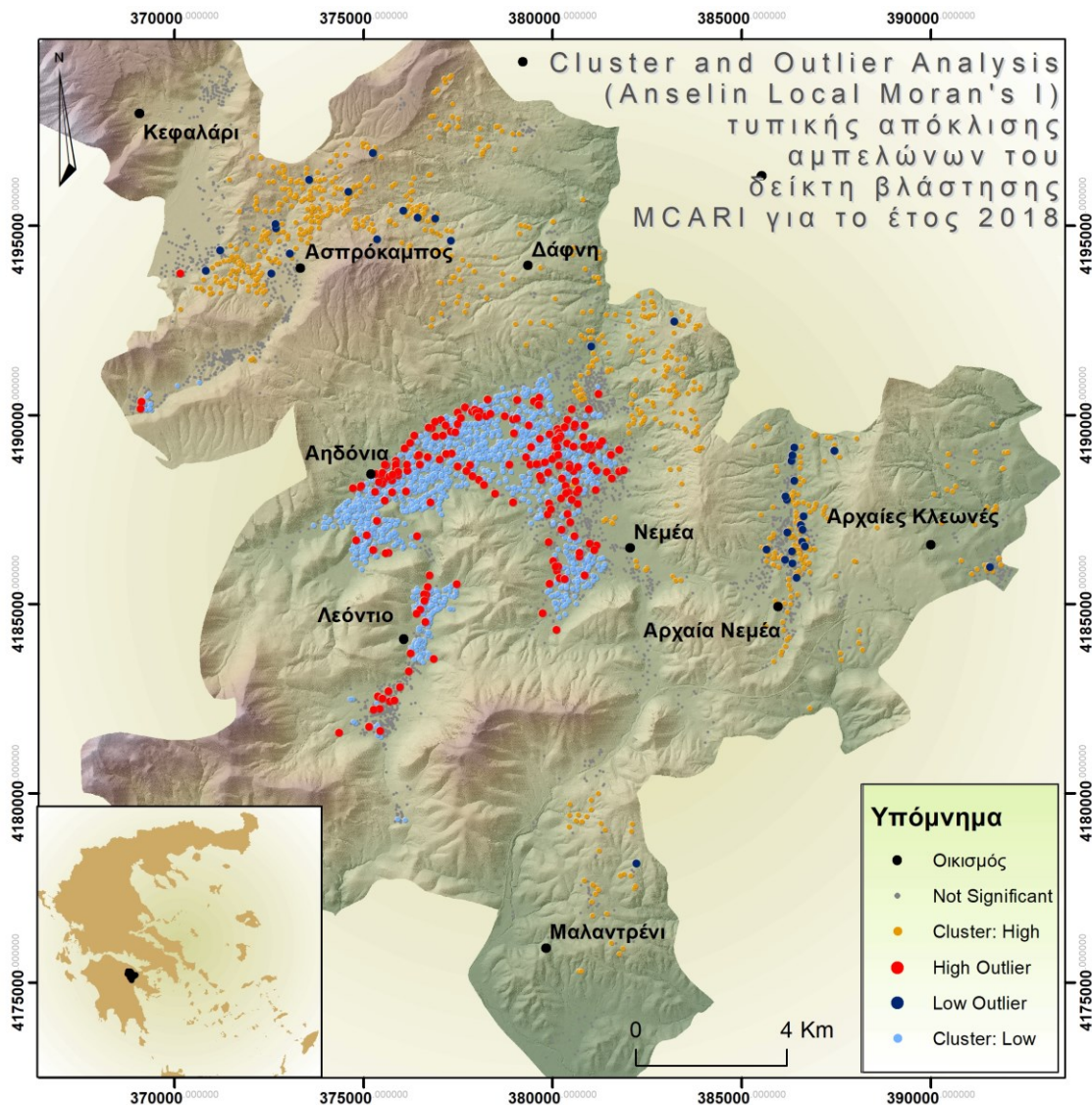
Χάρτης 13. Τυπική απόκλιση αμπελώνων του δείκτη βλάστησης MCARI για το έτος 2018



Χάρτης 14. Τυπική απόκλιση αμπελώνων του δείκτη βλάστησης MCARI για το έτος 2019

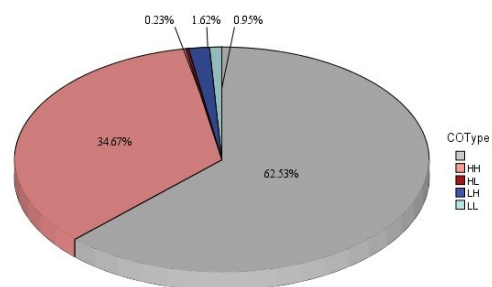
3.3 Cluster Analysis παραλλακτικότητας αμπελώνων και ζωνοποίηση

Για τις τυπικές αποκλίσεις του δείκτη MCARI έγινε η Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) η οποία εντοπίζει τις στατιστικά σημαντικές συστάδες χαμηλών και υψηλών τιμών, καθώς και τις χωρικά ακραίες τιμές. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τα δύο έτη (2018 & 2019) φαίνονται στους χάρτες 15 και 16.



Χάρτης 15. Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) της τυπικής απόκλισης του δείκτη MCARI για το 2018

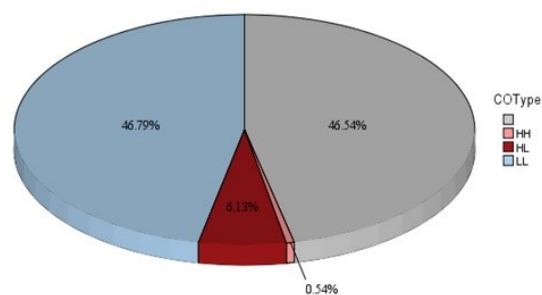
Όπως παρατηρείται στον Χάρτη 15, για το 2018 ολόκληρος ο κάμπος της Νεμέας είναι μια ομάδα χαμηλών τιμών, ενώ η αρχαία Νεμέα, το Κούτσι, το Καστράκι και ο Ασπρόκαμπος σχηματίζουν μία συστάδα υψηλών τιμών. Οι ακραίες τιμές στην συστάδα των υψηλών τιμών συγκεντρώνονται περισσότερο στην αρχαία Νεμέα, ενώ για την ομάδα των χαμηλών τιμών εμφανίζονται σε όλη την περιοχή. Για το 2019 (Χάρτης 16) ισχύει το ίδιο, η συστάδα χαμηλών τιμών εντοπίζεται στον κάμπο της Νεμέας και των υψηλών στις περιοχές που ήταν και το 2018. Σημαντικό να αναφερθεί πως το 2019 φαίνεται να μειώνονται οι περιπτώσεις δυτικά της Νεμέας που σχημάτιζαν το 2018 συστάδα χαμηλών τιμών και πλέον το 2019 δεν κατηγοριοποιούνται στατιστικά σημαντικά σε συστάδα. Επίσης στα βόρεια και δυτικά του Ασπρόκαμπου φαίνεται να μειώνονται και εκεί οι αμπελώνες που είναι στατιστικά σημαντικά σε συστάδα υψηλών τιμών.



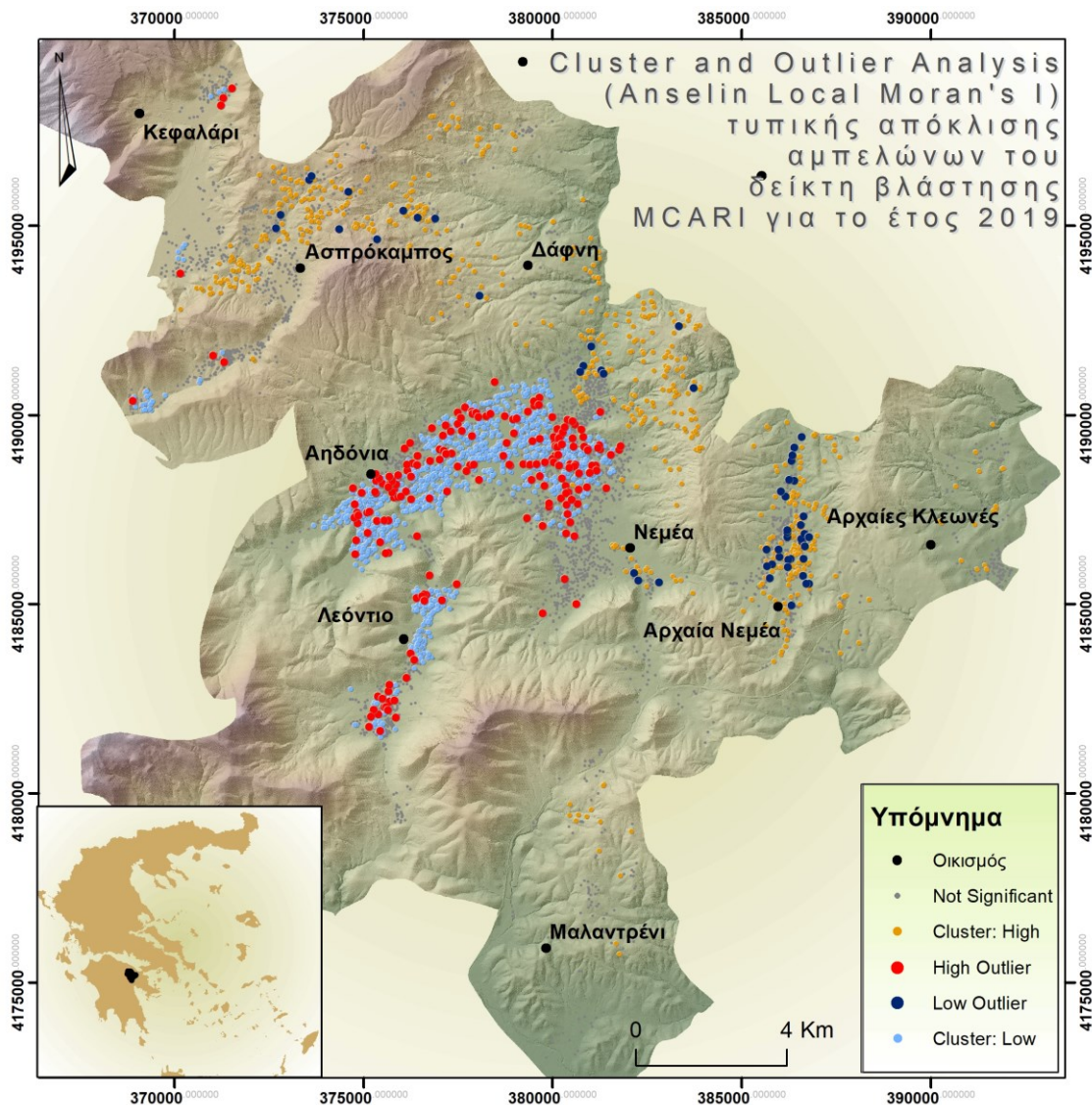
Εικόνα 5. Ποσοστά αμπελώνων στην ζώνη υψηλών τυπικών αποκλίσεων για το 2018.

Η αποτύπωση του αποτελέσματος των συστάδων χαρακτηρίζεται από δύο υποζώνες, η

πρώτη είναι όλη η περιοχή χωρίς τον κάμπο της Νεμέας, η οποία έχει υψηλές τυπικές αποκλίσεις εντός των αμπελώνων και η δεύτερη υποζώνη είναι ο κάμπος της Νεμέας με χαμηλές τυπικές αποκλίσεις. Εξετάζοντας ξεχωριστά την κάθε υποζώνη, αυτή των υψηλών τυπικών αποκλίσεων (Εικόνα 5) αποτελείται κατά 62.53% από αμπελοτεμάχια τα οποία δεν κατηγοριοποιούνται στατιστικά σημαντικά σε κάποια κατηγορία. Οι αμπελώνες οι οποίοι είναι στην κατηγορία της υψηλής τυπικής απόκλισης (HH) αποτελούν το 34,67%, με τις χωρικά ακραίες τιμές (LH) να αποτελούν το ποσοστό της τάξης του 1,62%. Επίσης στην συγκεκριμένη υποζώνη εντοπίζονται ελάχιστα αμπελοτεμάχια τα οποία έχουν μικρή τυπική απόκλιση (LL) με ποσοστό 0,95% και οι χωρικά ακραίες τιμές τους (HL) με ελάχιστο ποσοστό 0,23%. Στην Εικόνα 6 αποτυπώνονται τα ποσοστά για την υποζώνη του κάμπου της Νεμέας όπου οι τυπικές αποκλίσεις είναι χαμηλές. Η συστάδα χαμηλών τυπικών αποκλίσεων (LL) συγκεντρώνει το 46,79% των αμπελώνων στην συγκεκριμένη κατηγορία, με τις χωρικά ακραίες (HL) να έχουν ποσοστό 6,13%. Το 0,54% αντιστοιχεί στην κατηγορία των υψηλών τυπικών αποκλίσεων στην περιοχή και δεν υπάρχουν χωρικά ακραίες τιμές. Τέλος οι αμπελώνες που δεν μπορούν να εναχθούν στατιστικά σημαντικά σε κάποια συστάδα αποτελούν το 46,54.

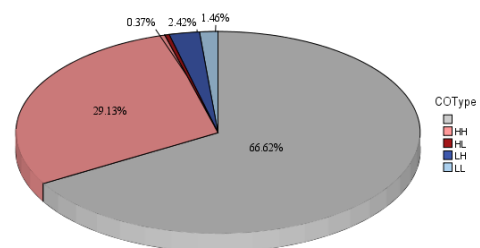


Εικόνα 6. Ποσοστά αμπελώνων στην ζώνη χαμηλών τυπικών αποκλίσεων για το 2018.



Χάρτης 16. Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) της τυπικής απόκλισης του δείκτη MCARI για το 2019.

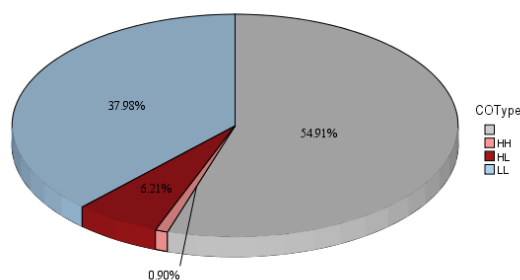
Οι δύο ζώνες που δημιουργήθηκαν από τις τυπικές αποκλίσεις στο εσωτερικό των αμπελοτεμαχίων το 2018 διατηρούνται και το επόμενο έτος 2019 (Χάρτης 16). Στην ζώνη των υψηλών τυπικών αποκλίσεων οι αμπελώνες που δεν ανήκουν στατιστικά σημαντικά σε κάποια κατηγορία είναι το 66,62%. Οι αμπελώνες που έχουν υψηλή τυπική απόκλιση (HH) στο εσωτερικό τους, αποτελούν το 29,13%, με τις χωρικά ακραίες τους τιμές, τους αμπελώνες με χαμηλή τυπική απόκλιση (LH) μέσα σε συστάδα υψηλών τυπικών αποκλίσεων, να αποτελούν το ποσοστό του 2,42%. Στην συγκεκριμένη ζώνη οι αμπελώνες που σχηματίζουν συστάδα χαμηλών τυπικών (LL) αποκλίσεων έχουν ποσοστό 1,46% και οι χωρικά ακραίες τιμές αυτών των συστάδων (HL) αποτελούν το 0,37%, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7. Ποσοστά αμπελώνων στην ζώνη υψηλών τυπικών αποκλίσεων για το 2019.

Στην ζώνη που αποτελεί ο κάμπος της Νεμέας, το 2019 οι αμπελώνες που δεν

αντιστοιχούν σε κάποια συστάδα αυξάνονται σε σχέση με το 2018, με το ποσοστό τους να είναι 54,91%, το ποσοστό αυτό είναι 9 ποσοστιαίες μονάδες μεγαλύτερο από το προηγούμενο έτος. Η συστάδα των χαμηλών τυπικών (LL) αποκλίσεων αντιστοιχεί στο 37,98% του συνόλου των αμπελώνων του κάμπου, με τις ακραίες τιμές (HL) να έχουν ποσοστό 6,21%. Επιπλέον εντοπίζονται αμπελώνες, της τάξης του 0,9% σε συστάδα με υψηλή τυπική απόκλιση (HH) (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Ποσοστά αμπελώνων στην ζώνη χαμηλών τυπικών αποκλίσεων για το 2019.

Οι δυο υποζώνες που δημιουργούνται στα δύο έτη που μελετώνται εμφανίζουν έντονη ομοιογένεια μεταξύ τους. Επίσης, οι χωρικά ακραίες τιμές στο εσωτερικό του κάμπου της Νεμέας έχουν την ίδια τάση εμφάνισης και συγκεντρώνονται στις ίδιες περιοχές κάθε χρόνο με πολλά αμπελοτεμάχια να επαναλαμβάνονται σαν ακραίες τιμές και τα δύο έτη.

Συμπερασματικά, η ανάλυση αυτή συμβαδίζει με τα αποτελέσματα της συσχέτισης των τυπικών αποκλίσεων, καθώς οι μειωμένοι συντελεστές συσχέτισης το 2019 αποτυπώνονται και στο αποτέλεσμα της cluster and outliers analysis με την μέθοδο Anselin Local Morans I, στην οποία μειώνεται ο αριθμός των αμπελώνων που κατηγοριοποιούνται στατιστικά σημαντικά σε μία συστάδα. Γενικότερα η περιοχή μελέτης και για τις δύο χρονιές διαχωρίζεται σε δύο ομοιογενής περιοχές με βάση την παραλλακτικότητα των αμπελώνων. Στον κάμπο της Νεμέας οι αμπελώνες δεν εμφανίζουν μεγάλες παραλλακτικότητες ενώ οι υπόλοιπες περιοχές εμφανίζουν παραλλακτικότητες που συσχετίζονται με τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά, περισσότερο με την παραλλακτικότητα της κλίσης της επιφάνειας και λιγότερο με αυτή του υψομέτρου, ενώ ο προσανατολισμός δεν επηρεάζει την παραλλακτικότητα των αμπελώνων.

3.4 Επιλογή δεικτών βλάστησης για ταξινόμηση

3.4.1 Pearson Correlation για τους δείκτες βλάστησης

Στην συγκεκριμένη εργασία ο μεγάλος όγκος των δεδομένων χρήζει προσεκτικής διαχείρισης, επίσης για το στάδιο της κατηγοριοποίησης της βλάστησης με βάση την ανάπτυξη δεν προσφέρουν παραπάνω πληροφορία όλα τα δεδομένα αλλά χρειάζεται να επιλεγθούν τα αυτά τα οποία δείχνουν την διαφοροποίηση.

Στο πρώτο βήμα, με την τυπική απόκλιση της περιοχής διακρίνονται οι ημέρες όπου η ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας εμφανίζει διαφορές στο σύνολό της. Για το 2018, στον πίνακα των τυπικών αποκλίσεων των δεικτών για ολόκληρη την περιοχή οι ημέρες που εμφανίζουν την υψηλότερη τυπική απόκλιση είναι η 1 Μαΐου και η 3 Ιουλίου. Για το 2019 οι ημέρες που είχαν την μεγαλύτερη τυπική απόκλιση ήταν οι δύο πρώτες της περιόδου μελέτης, η εικόνα στις 9 Μαΐου και αυτή στις 29 Μαΐου. Έπειτα, μετά την επιλογή των ημερών με την καλύτερη διαφοροποίηση της κατάστασης της βλάστησης των αμπελώνων σκοπός είναι να μειωθεί η περιττή πληροφορία. Με τον συντελεστή συσχέτισης του Pearson θα εξεταστεί η συσχέτιση των δεικτών βλάστησης μεταξύ

τους. Με αυτό τον τρόπο οι δείκτες βλάστησης οι οποίοι εμφανίζουν πολύ ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους σημαίνει πως εμφανίζουν την ίδια πληροφορία. Σε αυτή την περίπτωση θα επιλεγούν οι δείκτες οι οποίοι εμφανίζουν την μικρότερη συσχέτιση μεταξύ τους και από τους ισχυρά συσχετιζόμενους θα επιλεγεί ένας. Στους πίνακες 10 και 11 αποτυπώνεται ο συντελεστής συσχέτισης Pearson για τις δύο ημέρες του 2018 στις 1 Μαΐου και στις 3 Ιουλίου. Επίσης στους πίνακες 12 και 13 απεικονίζονται οι συσχετίσεις για τις 9 Μαΐου και 29 Μαΐου 2019.

Πίνακας 10. Συντελεστής συσχέτισης Pearson 1 Μαΐου 2018.

Correlations

	CHL Red-Edge	EVI	EVI 2	GNDVI	MCARI	MSAVI	MSAVI 2	NDVI	SAVI	SIPI
CHL Red-Edge	1									
EVI	-.851	1								
EVI 2	-.882	.989	1							
GNDVI	-.903	.603	.676	1						
MCARI	-.763	.866	.862	.572	1					
MSAVI	-.887	.989	1.000	.684	.865	1				
MSAVI 2	-.897	.987	.999	.699	.869	.999	1			
NDVI	-.990	.886	.910	.877	.803	.916	.927	1		
SAVI	-.927	.978	.994	.743	.861	.995	.997	.951	1	
SIPI	.898	-.806	-.830	-.748	-.718	-.829	-.830	-.876	-.858	1

Πίνακας 11. Συντελεστής συσχέτισης Pearson 3 Ιουλίου 2018.

Correlations

	CHL Red-Edge	EVI	EVI 2	GNDVI	MCARI	MSAVI	MSAVI 2	NDVI	SAVI	SIPI
CHL Red-Edge	1									
EVI	-.839	1								
EVI 2	-.854	.987	1							
GNDVI	-.927	.643	.696	1						
MCARI	-.773	.875	.847	.602	1					
MSAVI	-.864	.988	.999	.709	.855	1				
MSAVI 2	-.880	.987	.996	.732	.864	.999	1			
NDVI	-.987	.878	.887	.902	.807	.898	.916	1		
SAVI	-.909	.979	.992	.768	.854	.995	.997	.937	1	
SIPI	.875	-.738	-.757	-.758	-.638	-.756	-.759	-.832	-.794	1

Πίνακας 12. Συντελεστής συσχέτισης Pearson 9 Μαΐου 2019

Correlations

	CHL Red-Edge	EVI	EVI 2	GNDVI	MCARI	MSAVI	MSAVI 2	NDVI	SAVI	SIPI
CHL Red-Edge	1									
EVI	-.813	1								
EVI 2	-.924	.899	1							
GNDVI	-.917	.647	.822	1						
MCARI	-.835	.815	.911	.755	1					
MSAVI	-.924	.898	1.000	.825	.916	1				
MSAVI 2	-.925	.896	.999	.831	.920	1.000	1			

NDVI	- .987	.845	.954	.906	.877	.955	.958	1		
SAVI	-.946	.893	.998	.848	.911	.998	.998	.972	1	
SIPI	.797	-.696	-.682	-.583	-.620	-.678	-.675	-.753	-.704	1

Πίνακας 13. Συντελεστής συσχέτισης Pearson 29 Μαΐου 2019

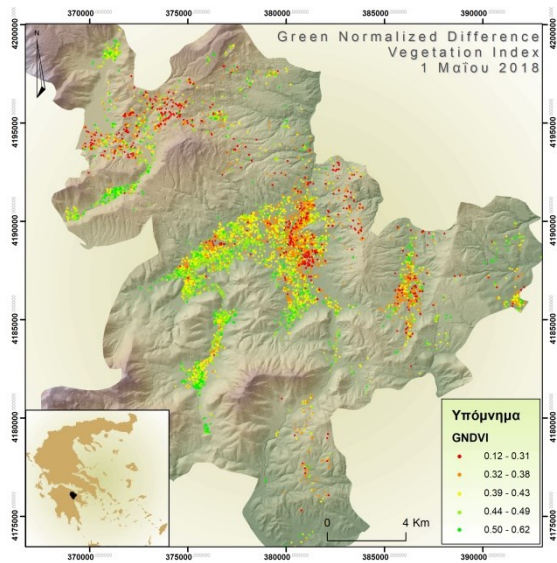
Correlations

	CHL Red-Edge	EVI	EVI 2	GNDVI	MCARI	MSAVI	MSAVI 2	NDVI	SAVI	SIPI
CHL Red-Edge	1									
EVI	-.896	1								
EVI 2	-.911	.994	1							
GNDVI	-.928	.732	.768	1						
MCARI	-.822	.906	.894	.706	1					
MSAVI	-.914	.994	.999	.775	.903	1				
MSAVI 2	-.919	.993	.997	.786	.912	.999	1			
NDVI	-.989	.927	.935	.910	.870	.940	.947	1		
SAVI	-.942	.989	.996	.813	.899	.997	.997	.963	1	
SIPI	.895	-.790	-.814	-.775	-.676	-.807	-.799	-.850	-.833	1

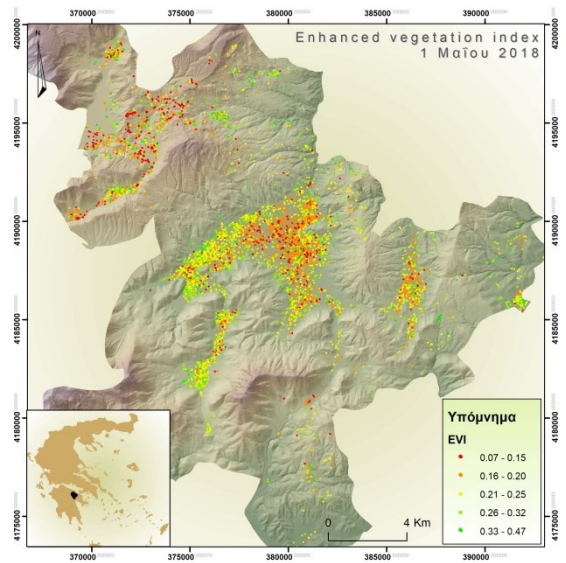
3.4.2 Επιλογή δεικτών

Παρατηρώντας τους πίνακες (10, 11, 12, 13) για το 2018 και το 2019 φαίνεται να ξεχωρίζουν με χαμηλές συσχετίσεις οι δείκτες Green Normalized Difference Vegetation Index, Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index και Structure Insensitive Pigment Index. Αυτοί οι δείκτες δεν συσχετίζονται μεταξύ τους όσο οι υπόλοιποι, οι οποίοι εμφανίζουν συσχετίσεις πολύ κοντά στο 1. Πέραν από τους τρεις συγκεκριμένους δείκτες βλάστησης επιλέχθηκε και ο Enhanced vegetation index ο οποίος δεν συσχετίζεται με τους τρεις προαναφερθέντες αλλά συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τους υπόλοιπους οι οποίοι εμφανίζουν υψηλές συσχετίσεις. Με αυτή την επιλογή ο EVI αντιπροσωπεύει τους δείκτες Enhanced vegetation index 2, Modified Soil Adjusted Vegetation Index, Modified Soil Adjusted Vegetation Index 2, Soil Adjusted Vegetation Index, Normalized difference vegetation index και Chlorophyll Red-Edge.

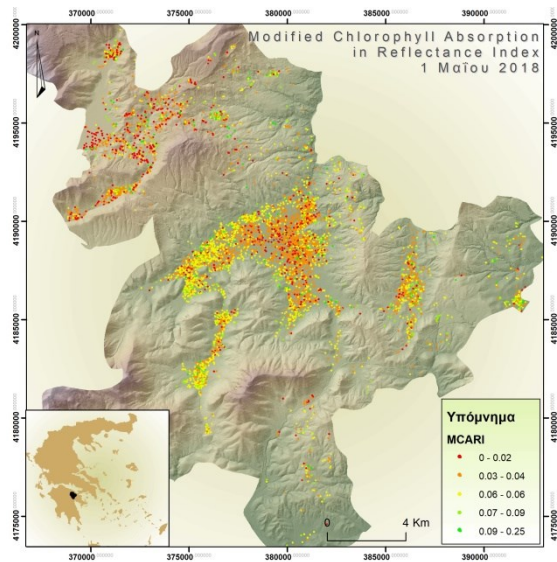
Στους χάρτες 17 με 31 των επιλεγμένων δεικτών βλάστησης, στις συγκεκριμένες ημερομηνίες φαίνεται η διαφοροποίηση της βλάστησης όπως την εμφανίζει ο κάθε δείκτης.



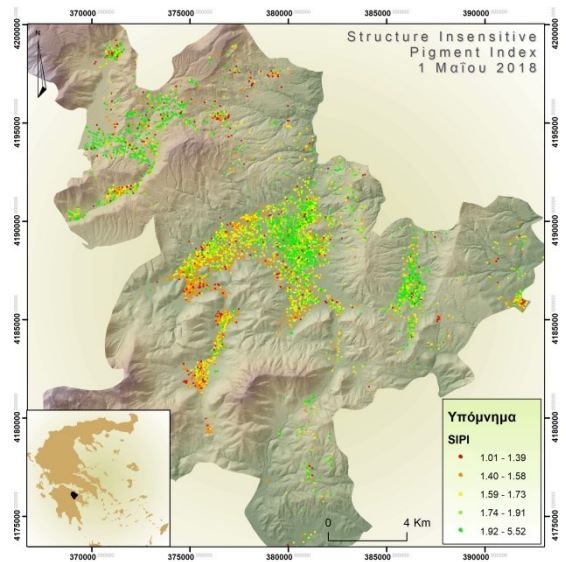
Χάρτης 17. GNDVI 1/5/2018



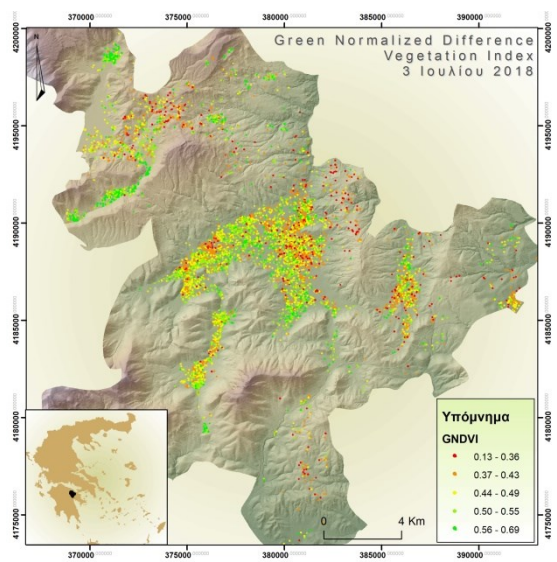
Χάρτης 18. EVI 1/5/2018



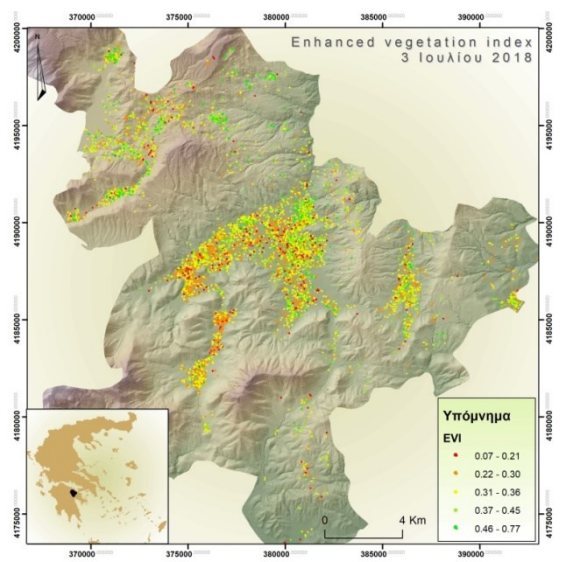
Χάρτης 20. MCARI 1/5/2018



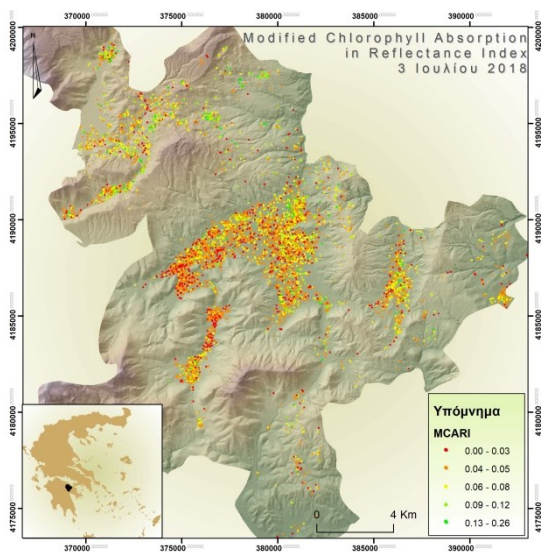
Χάρτης 19. SIPI 1/5/2018



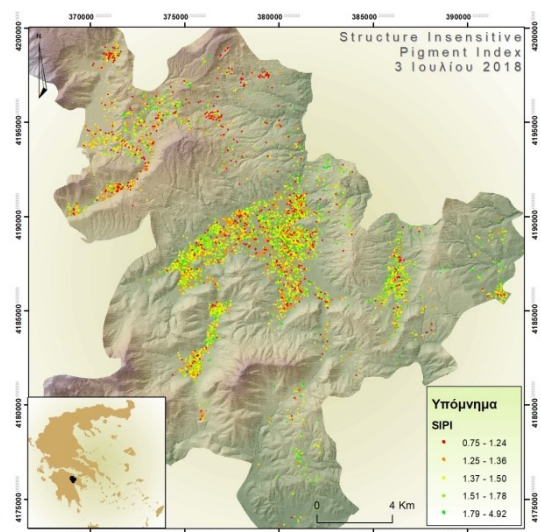
Χάρτης 22. GNDVI 3/7/2018



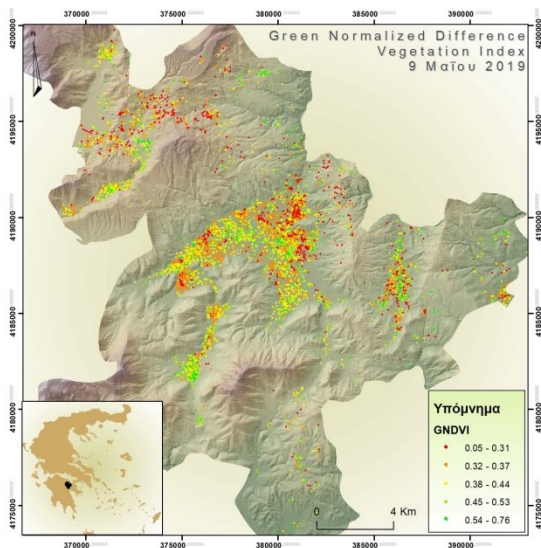
Χάρτης 21. EVI 3/7/2018



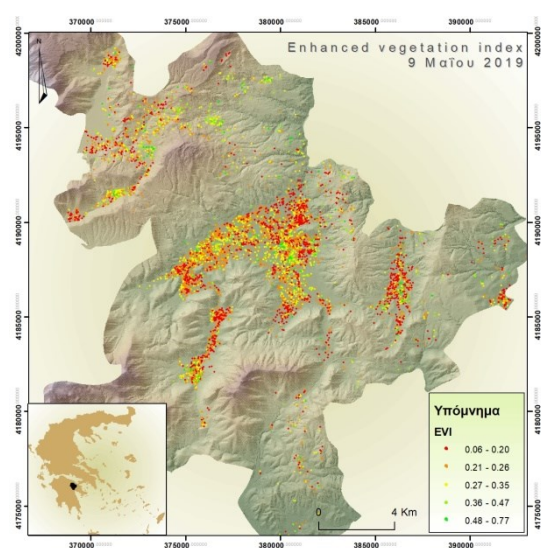
Χάρτης 24. MCARI 3/7/2018



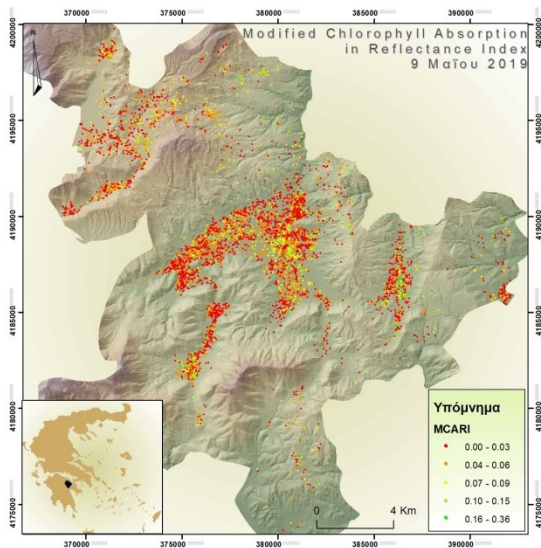
Χάρτης 23. SIPI 3/7/2018



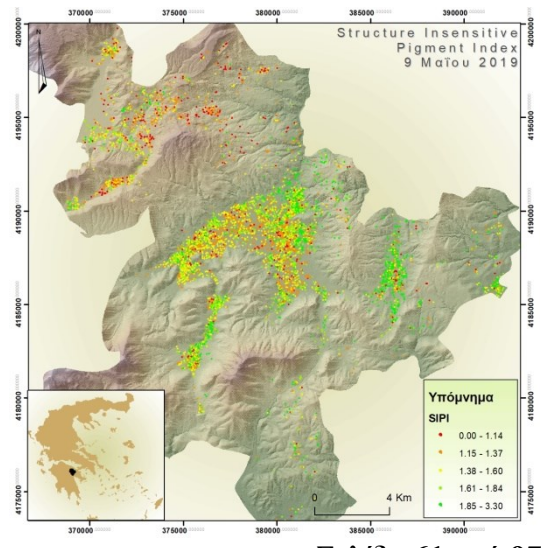
Χάρτης 26. GNDVI 9/5/2019



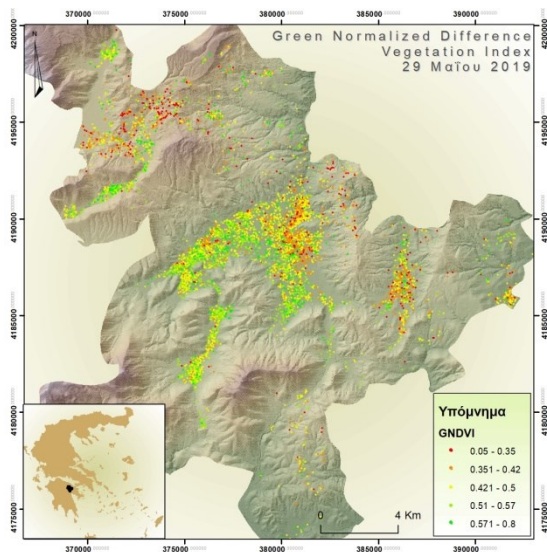
Χάρτης 25. EVI 9/5/2019



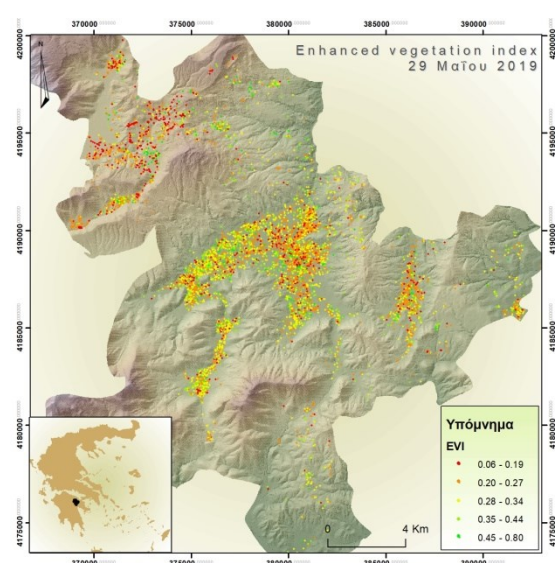
Χάρτης 28. MCARI 9/5/2019



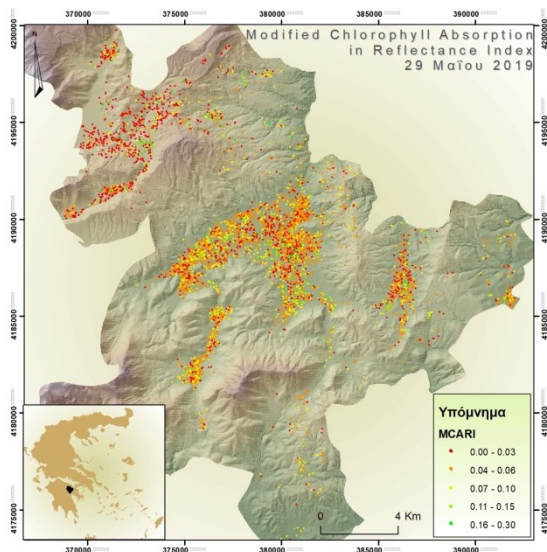
Χάρτης 27. SIPI 9/5/2019



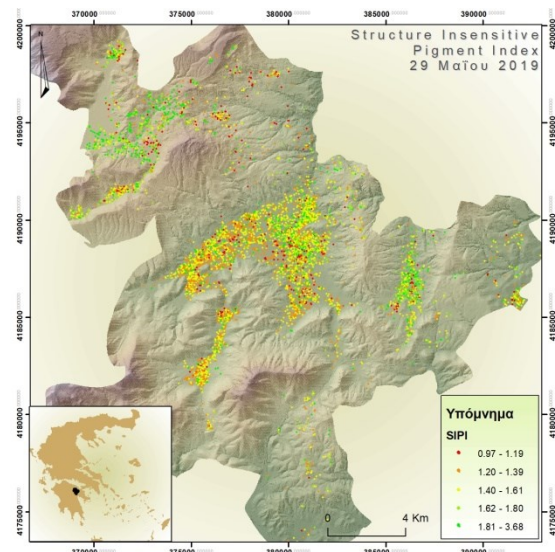
Χάρτης 30. GNDVI 29/5/2019



Χάρτης 29. EVI 29/5/2019



Χάρτης 32. MCARI 29/5/2019



Χάρτης 31. SIPI 29/5/2019

Όπως παρατηρείται και στις δύο χρονιές η διαφοροποίηση στις αρχές του Μαΐου (1/5/2018 και 9/5/2019) παρουσιάζει τις ίδιες διαφοροποιήσεις της βλάστησης της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας. Για τις ημέρες 3/7/2018 και 29/5/2019 φαίνεται πως ο διαχωρισμός των κλάσεων δεν είναι ξεκάθαρος. Ο κάθε δείκτης βλάστησης διαχωρίζει διαφορετικές περιοχές. Ο δείκτης MCARI κυρίως για το 2019 δεν είναι σαφής στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την διαφοροποίηση της βλάστησης, ενώ το 2018 εμφανίζεται ομοιότητα μεταξύ του ανατολικού τμήματος του κάμπου της Νεμέας και των ορεινών αμπελώνων στην περιοχή του Ασπρόκαμπου.

3.5 ANOVA για τις κατηγορίες υψομέτρου

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η ανάλυση διακύμανσης με έναν παράγοντα, γνωστή και ως One – Way Ανοva, μέσω της οποίας γίνεται ο έλεγχος της υπόθεσης αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές των μέσων όρων διαφορετικών κατηγοριών ή ομάδων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αναλύονται οι τέσσερις δείκτες βλάστησης Green Normalized Difference Vegetation Index, Enhanced vegetation index, Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index και Structure Insensitive Pigment Index ως προς τον παράγοντα του υψομέτρου σε τέσσερις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία είναι οι αμπελώνες οι οποίοι βρίσκονται σε υψόμετρο μέχρι 250 μέτρα, στην δεύτερη αυτοί από 250 μέτρα μέχρι 500 μέτρα, στην τρίτη κατηγορία αυτοί από 500 μέχρι 800 και στην τέταρτη αυτοί που βρίσκονται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 800 μέτρων.

Για την πρώτη ημέρα της περιόδου μελέτης του 2018 (1/5/2018), η ανάλυση διακύμανσης εμφάνισε διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ομάδων όπως φαίνεται από το F στον Πίνακα 14.οι δείκτες βλάστησης εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους μέσους όρους για τις περισσότερες κατηγορίες υψομέτρου (Πίνακας 15). Οι κατηγορίες οι οποίες δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για $\alpha = 0,05$ με το LSD test είναι για τον δείκτη GNDVI οι 1 – 2 και 1 – 3. Επίσης για τον δείκτη SIPI οι μέσοι όροι στις κατηγορίες 1 και 2 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Για τις 3 Ιουλίου 2018 η Ανοva έδειξε διαφορές στις ομάδες, με το F να εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με την ημέρα 1/5 πέρα από τον δείκτη βλάστησης SIPI (Πίνακας 16). Ο αριθμός των ζευγών των κατηγοριών οι οποίες δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους μέσους (Πίνακας 17) όρους αυξήθηκαν για $\alpha = 0,05$. Για τον δείκτη EVI τα ζεύγη 1 – 2, 4 – 1 και 4 – 2 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά οι μέσοι όροι. Για τον δείκτη GNDVI οριακά δεν διαφέρει με στατιστική σημαντικότητα η κατηγορία 1 με την 4 (p -value = 0.057). Τα ζεύγη κατηγοριών που δεν διαφέρουν για τον δείκτη MCARI είναι τα 1 – 2 και 3 – 4. Επίσης για τον τελευταίο δείκτη SIPI δεν διαφέρουν η κατηγορία 1 με την 2 και οριακά η κατηγορία 1 με την 4 (p -value = 0.057).

Πίνακας 14. ANOVA δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 1/5/2018.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EVI	Between Groups	.261	3	.087	26.230	.000
	Within Groups	17.532	5296	.003		
	Total	17.793	5299			
GNDVI	Between Groups	.602	3	.201	39.780	.000
	Within Groups	26.727	5296	.005		
	Total	27.329	5299			
MCARI	Between Groups	.021	3	.007	19.707	.000
	Within Groups	1.914	5296	.000		
	Total	1.935	5299			
SIPI	Between Groups	31.598	3	10.533	83.016	.000
	Within Groups	671.924	5296	.127		
	Total	703.522	5299			

Πίνακας 15. ANOVA LSD test δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 1/5/2018.

Multiple Comparisons
LSD

Dependent Variable		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
EVI	1	2	.02318497563452 [*]	.00516308591185	.000	.0130631999444	.0333067513247
		3	.02758119919585 [*]	.00545384273255	.000	.0168894203390	.0382729780527
		4	.05801985647917 [*]	.00692339947432	.000	.0444471409194	.0715925720390
	2	1	-.02318497563452 [*]	.00516308591185	.000	-.0333067513247	-.0130631999444
		3	.00439622356133 [*]	.00216219818370	.042	.0001574242489	.0086350228737
		4	.03483488084465 [*]	.00478164832618	.000	.0254608799829	.0442088817064
	3	1	-.02758119919585 [*]	.00545384273255	.000	-.0382729780527	-.0168894203390
		2	-.00439622356133 [*]	.00216219818370	.042	-.0086350228737	-.0001574242489
		4	.03043865728331 [*]	.00509422272123	.000	.0204518818199	.0404254327467
	4	1	-.05801985647917 [*]	.00692339947432	.000	-.0715925720390	-.0444471409194
		2	-.03483488084465 [*]	.00478164832618	.000	-.0442088817064	-.0254608799829
		3	-.03043865728331 [*]	.00509422272123	.000	-.0404254327467	-.0204518818199
GNDVI	1	2	-.00349474463301	.00637473906423	.584	-.0159918597291	.0090023704631
		3	-.01047073959555	.00673372957780	.120	-.0236716240101	.0027301448190
		4	.05770143166667 [*]	.00854815624604	.000	.0409435233994	.0744593399339
	2	1	.00349474463301	.00637473906423	.584	-.0090023704631	.0159918597291
		3	-.00697599496254 [*]	.00266961454091	.009	-.0122095394016	-.0017424505235
		4	.06119617629967 [*]	.00590378717239	.000	.0496223209540	.0727700316454
	3	1	.01047073959555	.00673372957780	.120	-.0027301448190	.0236716240101
		2	.00697599496254 [*]	.00266961454091	.009	.0017424505235	.0122095394016
		4	.06817217126221 [*]	.00628971532478	.000	.0558417377271	.0805026047973
	4	1	-.05770143166667 [*]	.00854815624604	.000	-.0744593399339	-.0409435233994
		2	-.06119617629967 [*]	.00590378717239	.000	-.0727700316454	-.0496223209540
		3	-.06817217126221 [*]	.00628971532478	.000	-.0805026047973	-.0558417377271
MCARI	1	2	.00431811179745 [*]	.00170593548022	.011	.0009737753740	.0076624482209
		3	.00799841883858 [*]	.00180200445622	.000	.0044657476396	.0115310900375
		4	.01255789306250 [*]	.00228756077443	.000	.0080733314202	.0170424547048
	2	1	-.00431811179745 [*]	.00170593548022	.011	-.0076624482209	-.0009737753740
		3	.00368030704114 [*]	.00071441201247	.000	.0022797651435	.0050808489388
		4	.00823978126505 [*]	.00157990466803	.000	.0051425171609	.0113370453692
	3	1	-.00799841883858 [*]	.00180200445622	.000	-.0115310900375	-.0044657476396
		2	-.00368030704114 [*]	.00071441201247	.000	-.0050808489388	-.0022797651435
		4	.00455947422392 [*]	.00168318238988	.007	.0012597432322	.0078592052156
	4	1	-.01255789306250 [*]	.00228756077443	.000	-.0170424547048	-.0080733314202
		2	-.00823978126505 [*]	.00157990466803	.000	-.0113370453692	-.0051425171609
		3	-.00455947422392 [*]	.00168318238988	.007	-.0078592052156	-.0012597432322
SIPI	1	2	-.05646493203181	.03196301916542	.077	-.1191256190503	.0061957549867
		3	-.16888567857928 [*]	.03376300196468	.000	-.2350750735161	-.1026962836424
		4	-.46162084895833 [*]	.04286055933711	.000	-.5456452047353	-.3775964931814
	2	1	.05646493203181	.03196301916542	.077	-.0061957549867	.1191256190503
		3	-.11242074654747 [*]	.01338547976250	.000	-.1386618019888	-.0861796911062
		4	-.40515591692652 [*]	.02960166065436	.000	-.4631873683326	-.3471244655204
	3	1	.16888567857928 [*]	.03376300196468	.000	.1026962836424	.2350750735161
		2	.11242074654747 [*]	.01338547976250	.000	.0861796911062	.1386618019888

	4	-.29273517037905*	.03153670910215	.000	-.3545601140246	-.2309102267335
4	1	.46162084895833*	.04286055933711	.000	.3775964931814	.5456452047353
	2	.40515591692652*	.02960166065436	.000	.3471244655204	.4631873683326
	3	.29273517037905*	.03153670910215	.000	.2309102267335	.3545601140246

Πίνακας 16. ANOVA δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 3/7/2018.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EVI	Between Groups	1.525	3	.508	74.027	.000
	Within Groups	37.182	5414	.007		
	Total	38.708	5417			
GNDVI	Between Groups	1.207	3	.402	72.644	.000
	Within Groups	29.973	5414	.006		
	Total	31.180	5417			
MCARI	Between Groups	.187	3	.062	93.353	.000
	Within Groups	3.612	5414	.001		
	Total	3.799	5417			
SIPI	Between Groups	5.680	3	1.893	20.785	.000
	Within Groups	493.129	5414	.091		
	Total	498.808	5417			

Πίνακας 17. ANOVA LSD test δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 3/7/2018

Multiple Comparisons							
LSD							
Dependent Variable		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
EVI	1	2	.00419404524809	.00740687853606	.571	-.0103264161316	.0187145066277
		3	-.04098613395451*	.00779867972263	.000	-.0562746832636	-.0256975846455
		4	-.00262440746445	.00993586200180	.792	-.0221026937315	.0168538788026
	2	1	-.00419404524809	.00740687853606	.571	-.0187145066277	.0103264161316
		3	-.04518017920261*	.00303368151804	.000	-.0511274152895	-.0392329431157
		4	-.00681845271254	.00686332076008	.321	-.0202733222028	.0066364167777
	3	1	.04098613395451*	.00779867972263	.000	.0256975846455	.0562746832636
		2	.04518017920261*	.00303368151804	.000	.0392329431157	.0511274152895
		4	.03836172649007*	.00728441676621	.000	.0240813394401	.0526421135400
	4	1	.00262440746445	.00993586200180	.792	-.0168538788026	.0221026937315
		2	.00681845271254	.00686332076008	.321	-.0066364167777	.0202733222028
		3	-.03836172649007*	.00728441676621	.000	-.0526421135400	-.0240813394401
GNDVI	1	2	-.02223554845694*	.00665016143792	.001	-.0352725399315	-.0091985569824
		3	-.05535320034396*	.00700193460789	.000	-.0690798087339	-.0416265919540

	4	.01697361312182	.00892077357759	.057	-.0005146915101	.0344619177537	
2	1	.02223554845694 ⁴	.00665016143792	.001	.0091985569824	.0352725399315	
	3	-.03311765188702 ⁷	.00272374816841	.000	-.0384572939366	-.0277780098374	
	4	.03920916157876 ⁶	.00616213575429	.000	.0271288967546	.0512894264030	
3	1	.05535320034396 ⁶	.00700193460789	.000	.0416265919540	.0690798087339	
	2	.03311765188702 ⁷	.00272374816841	.000	.0277780098374	.0384572939366	
	4	.07232681346578 ⁸	.00654021086488	.000	.0595053693425	.0851482575891	
4	1	-.01697361312182	.00892077357759	.057	-.0344619177537	.0005146915101	
	2	-.03920916157876 ⁶	.00616213575429	.000	-.0512894264030	-.0271288967546	
	3	-.07232681346578 ⁸	.00654021086488	.000	-.0851482575891	-.0595053693425	
MCARI	1	2	-.00037889362342	.00230858161576	.870	-.0049046422273	.0041468549804
		3	-.01569579315109 ⁹	.00243069851182	.000	-.0204609399933	-.0109306463089
		4	-.01149415652857 ⁷	.00309681713321	.000	-.0175651638178	-.0054231492394
	2	1	.00037889362342	.00230858161576	.870	-.0041468549804	.0049046422273
		3	-.01531689952767 ⁷	.00094554019572	.000	-.0171705386589	-.0134632603964
		4	-.01111526290515 ⁵	.00213916510884	.000	-.0153088870069	-.0069216388034
	3	1	.01569579315109 ⁹	.00243069851182	.000	.0109306463089	.0204609399933
		2	.01531689952767 ⁷	.00094554019572	.000	.0134632603964	.0171705386589
		4	.00420163662252	.00227041263687	.064	-.0002492854291	.0086525586741
	4	1	.01149415652857 ⁷	.00309681713321	.000	.0054231492394	.0175651638178
		2	.01111526290515 ⁵	.00213916510884	.000	.0069216388034	.0153088870069
		3	-.00420163662252	.00227041263687	.064	-.0086525586741	.0002492854291
SIPI	1	2	.01802038147888	.02697406377763	.504	-.0348596339593	.0709003969170
		3	.09223977049643 ³	.02840090912729	.001	.0365625642182	.1479169767746
		4	-.06894366548591	.03618401112124	.057	-.1398788824587	.0019915514869
	2	1	-.01802038147888	.02697406377763	.504	-.0709003969170	.0348596339593
		3	.07421938901756 ⁶	.01104793582754	.000	.0525609907155	.0958777873196
		4	-.08696404696478 ⁸	.02499455755990	.001	-.1359634339512	-.0379646599784
	3	1	-.09223977049643 ³	.02840090912729	.001	-.1479169767746	-.0365625642182
		2	-.07421938901756 ⁶	.01104793582754	.000	-.0958777873196	-.0525609907155
		4	-.16118343598234 ⁴	.02652808757133	.000	-.2131891586603	-.1091777133044
	4	1	.06894366548591	.03618401112124	.057	-.0019915514869	.1398788824587
		2	.08696404696478 ⁸	.02499455755990	.001	.0379646599784	.1359634339512
		3	.16118343598234 ⁴	.02652808757133	.000	.1091777133044	.2131891586603

Για το έτος του 2019 στις 9 Μαΐου οι τιμές του F (Πίνακας 18) δεν είναι υψηλές και αυτό αντικατοπτρίζεται στις διαφορές στον Πίνακα 19, όπου δεν εμφανίζονται πολλά ζεύγη μεταξύ των κατηγοριών του υψομέτρου που να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Πιο αναλυτικά για τον δείκτη GNDVI διαφέρει μόνο η 4η κατηγορία με τις υπόλοιπες. Για τον δείκτη EVI δεν διαφέρουν τα ζεύγη 1 – 2 και 3 – 4. Ο δείκτης MCARI δεν εμφανίζει καμία διαφορά στους μέσους όρους με βάση τις κατηγορίες υψομέτρου, ενώ ο δείκτης SIPI δεν διαχωρίζει τις κατηγορίες υψομέτρου 3 και 4. Στις 29 Μαΐου τα F (Πίνακας 20) παραμένουν σε χαμηλές τιμές. Αυξάνονται τα F των GNDVI και MCARI, ενώ μειώνονται των υπολοίπων δύο δεικτών. Φαίνεται πως η βλάστηση διαχωρίζεται σχετικά καλύτερα με βάση τις κατηγορίες υψομέτρου. Ο δείκτης GNDVI δεν διαχωρίζει μόνο τις κατηγορίες 3 και 4, ενώ ο EVI τις 1 και 2. Παρομοίως με τον δείκτη EVI και οι MCARI και SIPI δεν διαχωρίζουν στατιστικά

σημαντικά τις κατηγορίες 1 με 2 (Πίνακας 21).

Πίνακας 18. ANOVA δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 9/5/2019.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EVI	Between Groups	.876	3	.292	30.948	.000
	Within Groups	51.058	5414	.009		
	Total	51.934	5417			
GNDVI	Between Groups	.400	3	.133	19.641	.000
	Within Groups	36.714	5414	.007		
	Total	37.113	5417			
MCARI	Between Groups	.001	3	.000	.232	.874
	Within Groups	4.619	5414	.001		
	Total	4.620	5417			
SIPI	Between Groups	35.816	3	11.939	103.680	.000
	Within Groups	623.419	5414	.115		
	Total	659.235	5417			

Πίνακας 19. ANOVA LSD test δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 9/5/2019

Multiple Comparisons							
LSD							
Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
EVI	1	2	-.01042823991735	.00867958336594	.230	-.0274437147146	.0065872348799
		3	-.04290656676421*	.00913870673959	.000	-.0608221080582	-.0249910254702
		4	-.03521887802249*	.01164311553609	.002	-.0580440679669	-.0123936880781
	2	1	.01042823991735	.00867958336594	.230	-.0065872348799	.0274437147146
		3	-.03247832684685*	.00355495118671	.000	-.0394474611673	-.0255091925264
		4	-.02479063810513*	.00804262745963	.002	-.0405574231077	-.0090238531025
	3	1	.04290656676421*	.00913870673959	.000	.0249910254702	.0608221080582
		2	.03247832684685*	.00355495118671	.000	.0255091925264	.0394474611673
		4	.00768768874172	.00853607930612	.368	-.0090464603732	.0244218378566
	4	1	.03521887802249*	.01164311553609	.002	.0123936880781	.0580440679669
		2	.02479063810513*	.00804262745963	.002	.0090238531025	.0405574231077
		3	-.00768768874172	.00853607930612	.368	-.0244218378566	.0090464603732
GNDVI	1	2	.00086209298937	.00736004099276	.907	-.0135665479648	.0152907339435
		3	.00543467948817	.00774936461675	.483	-.0097571923762	.0206265513525

	4	.05274805200472 [*]	.00987303238141	.000	.0333929370671	.0721031669423	
2	1	-.00086209298937	.00736004099276	.907	-.0152907339435	.0135665479648	
	3	.00457258649880	.00301449797281	.129	-.0013370421228	.0104822151204	
	4	.05188595901536 [*]	.00681992041515	.000	.0385161716591	.0652557463716	
3	1	-.00543467948817	.00774936461675	.483	-.0206265513525	.0097571923762	
	2	-.00457258649880	.00301449797281	.129	-.0104822151204	.0013370421228	
	4	.04731337251656 [*]	.00723835361234	.000	.0331232877773	.0615034572558	
4	1	-.05274805200472 [*]	.00987303238141	.000	-.0721031669423	-.0333929370671	
	2	-.05188595901536 [*]	.00681992041515	.000	-.0652557463716	-.0385161716591	
	3	-.04731337251656 [*]	.00723835361234	.000	-.0615034572558	-.0331232877773	
MCARI	1	2	-.00168188908762	.00261058158856	.519	-.0067996791190	.0034359009437
		3	-.00160009281791	.00274867335813	.561	-.0069885982656	.0037884126298
		4	-.00035421763027	.00350193111473	.919	-.0072194112821	.0065109760216
	2	1	.00168188908762	.00261058158856	.519	-.0034359009437	.0067996791190
		3	.00008179626971	.00106923221139	.939	-.0020143289679	.0021779215073
		4	.00132767145735	.00241900265077	.583	-.0034145467925	.0060698897072
	3	1	.00160009281791	.00274867335813	.561	-.0037884126298	.0069885982656
		2	-.00008179626971	.00106923221139	.939	-.0021779215073	.0020143289679
		4	.00124587518764	.00256741948727	.628	-.0037872997630	.0062790501383
	4	1	.00035421763027	.00350193111473	.919	-.0065109760216	.0072194112821
		2	-.00132767145735	.00241900265077	.583	-.0060698897072	.0034145467925
		3	-.00124587518764	.00256741948727	.628	-.0062790501383	.0037872997630
SIPI	1	2	.06296248236343 [*]	.03032887546585	.038	.0035056865288	.1224192781980
		3	.26334484462755 [*]	.03193318007770	.000	.2007429664153	.3259467228398
		4	.27361005765183 [*]	.04068428013658	.000	.1938525031562	.3533676121474
	2	1	-.06296248236343 [*]	.03032887546585	.038	-.1224192781980	-.0035056865288
		3	.20038236226412 [*]	.01242198701057	.000	.1760302709253	.2247344536029
		4	.21064757528840 [*]	.02810317458309	.000	.1555540484818	.2657411020950
	3	1	-.26334484462755 [*]	.03193318007770	.000	-.3259467228398	-.2007429664153
		2	-.20038236226412 [*]	.01242198701057	.000	-.2247344536029	-.1760302709253
		4	.01026521302428	.02982743241547	.731	-.0482085527239	.0687389787725
	4	1	-.27361005765183 [*]	.04068428013658	.000	-.3533676121474	-.1938525031562
		2	-.21064757528840 [*]	.02810317458309	.000	-.2657411020950	-.1555540484818
		3	-.01026521302428	.02982743241547	.731	-.0687389787725	.0482085527239

Πίνακας 20. ANOVA δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 29/5/2019.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EVI	Between Groups	.539	3	.180	24.810	.000
	Within Groups	39.233	5414	.007		
	Total	39.772	5417			
GNDVI	Between Groups	.771	3	.257	37.530	.000
	Within Groups	37.098	5414	.007		
	Total	37.869	5417			

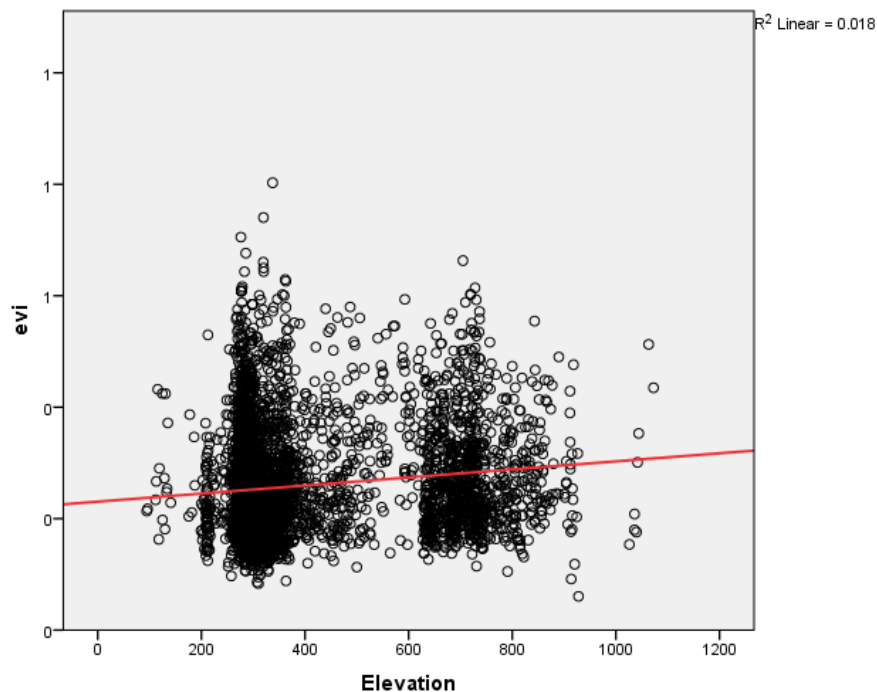
MCARI	Between Groups	.058	3	.019	17.069	.000
	Within Groups	6.084	5414	.001		
	Total	6.142	5417			
SIPI	Between Groups	17.403	3	5.801	43.965	.000
	Within Groups	714.370	5414	.132		
	Total	731.773	5417			

Πίνακας 21. ANOVA LSD test δεικτών βλάστησης με κατηγορίες υψομέτρου για τις 29/5/2019

Multiple Comparisons							
LSD							
Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
EVI	1	2	.00184242962277	.00760835954999	.809	-.0130730155908	.0167578748363
		3	.02060898861851*	.00801081846504	.010	.0049045620406	.0363134151964
		4	.04816648773551*	.01020613611805	.000	.0281583554817	.0681746199893
	2	1	-.00184242962277	.00760835954999	.809	-.0167578748363	.0130730155908
		3	.01876655899574*	.00311620335572	.000	.0126575469122	.0248755710792
		4	.04632405811274*	.00705001598114	.000	.0325031908902	.0601449253352
	3	1	-.02060898861851*	.00801081846504	.010	-.0363134151964	-.0049045620406
		2	-.01876655899574*	.00311620335572	.000	-.0248755710792	-.0126575469122
		4	.02755749911700*	.00748256658990	.000	.0128886587060	.0422263395280
	4	1	-.04816648773551*	.01020613611805	.000	-.0681746199893	-.0281583554817
		2	-.04632405811274*	.00705001598114	.000	-.0601449253352	-.0325031908902
		3	-.02755749911700*	.00748256658990	.000	-.0422263395280	-.0128886587060
GNDVI	1	2	-.02498181555077*	.00739843981346	.001	-.0394857336396	-.0104778974619
		3	-.02255368188819*	.00778979461745	.004	-.0378248128170	-.0072825509594
		4	.04466910067252*	.00992454198585	.000	.0252130061903	.0641251951548
	2	1	.02498181555077*	.00739843981346	.001	.0104778974619	.0394857336396
		3	.00242813366258	.00303022521771	.423	-.0035123266853	.0083685940105
		4	.06965091622329*	.00685550131769	.000	.0562113759855	.0830904564611
	3	1	.02255368188819*	.00778979461745	.004	.0072825509594	.0378248128170
		2	-.00242813366258	.00303022521771	.423	-.0083685940105	.0035123266853
		4	.06722278256071*	.00727611756540	.000	.0529586652827	.0814868998387
	4	1	-.04466910067252*	.00992454198585	.000	-.0641251951548	-.0252130061903
		2	-.06965091622329*	.00685550131769	.000	-.0830904564611	-.0562113759855
		3	-.06722278256071*	.00727611756540	.000	-.0814868998387	-.0529586652827
MCARI	1	2	.00103550846863	.00299619522106	.730	-.0048382393971	.0069092563344
		3	.00806044581023*	.00315468477061	.011	.0018759946742	.0142448969462
		4	.01391153816674*	.00401920756523	.001	.0060322745952	.0217908017382
	2	1	-.00103550846863	.00299619522106	.730	-.0069092563344	.0048382393971
		3	.00702493734160*	.00122717039605	.000	.0046191897307	.0094306849525
		4	.01287602969811*	.00277631781888	.000	.0074333299872	.0183187294090
	3	1	-.00806044581023*	.00315468477061	.011	-.0142448969462	-.0018759946742
		2	-.00702493734160*	.00122717039605	.000	-.0094306849525	-.0046191897307

	4	.00585109235651*	.00294665756929	.047	.0000744582149	.0116277264981	
	4	1	-.01391153816674*	.00401920756523	.001	-.0217908017382	-.0060322745952
		2	-.01287602969811*	.00277631781888	.000	-.0183187294090	-.0074333299872
		3	-.00585109235651*	.00294665756929	.047	-.0116277264981	-.0000744582149
SIPI	1	2	-.00439422891480	.03246593005982	.892	-.0680405113930	.0592520535634
		3	-.09737710886082*	.03418327831369	.004	-.1643900847274	-.0303641329942
		4	-.29274087817650*	.04355100455128	.000	-.3781183656772	-.2073633906758
	2	1	.00439422891480	.03246593005982	.892	-.0592520535634	.0680405113930
		3	-.09298287994602*	.01329727381232	.000	-.1190508855042	-.0669148743879
		4	-.28834664926170*	.03008340027315	.000	-.3473222149751	-.2293710835483
	3	1	.09737710886082*	.03418327831369	.004	.0303641329942	.1643900847274
		2	.09298287994602*	.01329727381232	.000	.0669148743879	.1190508855042
		4	-.19536376931567*	.03192915397589	.000	-.2579577547489	-.1327697838824
	4	1	.29274087817650*	.04355100455128	.000	.2073633906758	.3781183656772
		2	.28834664926170*	.03008340027315	.000	.2293710835483	.3473222149751
		3	.19536376931567*	.03192915397589	.000	.1327697838824	.2579577547489

Στις περιπτώσεις που δεν διαχωρίζεται στατιστικά σημαντικά με βάση τις κατηγορίες του υψομέτρου η βλάστηση, τότε η μεταβολή του υψομέτρου δεν εξηγεί τις αλλαγές στους δείκτες βλάστησης. Καθώς ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης Pearson δεν δείχνει μεγάλη συσχέτιση του υψομέτρου με τους δείκτες βλάστησης και κάποιες κατηγορίες με βάση το υψόμετρο δεν διαφέρουν φτάνουμε στο συμπέρασμα πως μπορεί να διαχωριστεί η περιοχή μελέτης με βάση το υψόμετρο ως ένα σημείο αλλά πολλές διαφορές της βλάστησης δεν μπορούν να εξηγηθούν από τις μεταβολές του υψομέτρου.



Εικόνα 9. Scatterplot δείκτη βλάστησης EVI και υψομέτρου.

3.6 Ταξινόμηση της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας σε υποζώνες (ΜΖΑ)

3.6.1 Πίνακες Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης για τα έτη 2018, 2019 και συνδυαστικά 2018-2019

Για την κατηγοριοποίηση των περιοχών ανάλογα με τις διαφορές στην ανάπτυξη τους χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Management Zones Analyst. Στο οποίο εισήχθησαν οι μεταβλητές των δεικτών βλάστησης EVI, GNDVI, MCARI και SIPI. Ως μέτρο ομοιότητας επιλέχθηκε η ευκλείδεια απόσταση καθώς οι διακυμάνσεις είναι περίπου ίσες και οι συνδιακυμάνσεις κοντά στο 0, όπως φαίνεται και στους πίνακες 22, 23 και 24.

Πίνακας 22. Διακύμανση και συνδιακύμανση για το έτος 2018.

Variance-Covariance						
	EVI 01/5	GNDVI 01/5	MCARI 01/5	SIPI 01/5	EVI 03/7	MCARI 03/7
EVI 01/5	0.003	0.003	0.001	-0.017	0.001	0
GNDVI 01/5	0.003	0.005	0.001	-0.02	0.001	0
MCARI 01/5	0.001	0.001	0	-0.005	0	0
SIPI 01/5	-0.017	-0.02	-0.005	0.133	-0.009	-0.002
EVI 03/7	0.001	0.001	0	-0.009	0.007	0.002
MCARI 03/7	0	0	0	-0.002	0.002	0.001

Πίνακας 23. Διακύμανση και συνδιακύμανση για το έτος 2019

Variance-Covariance					
	GNDVI 09/5	SIPI 09/5	EVI 29/5	GNDVI 29/5	SIPI 29/5
GNDVI 09/5	0.007	-0.017	0.003	0.004	-0.011
SIPI 09/5	-0.017	0.122	-0.012	-0.014	0.06
EVI 29/5	0.003	-0.012	0.007	0.005	-0.025
GNDVI 29/5	0.004	-0.014	0.005	0.007	-0.024
SIPI 29/5	-0.011	0.06	-0.025	-0.024	0.135

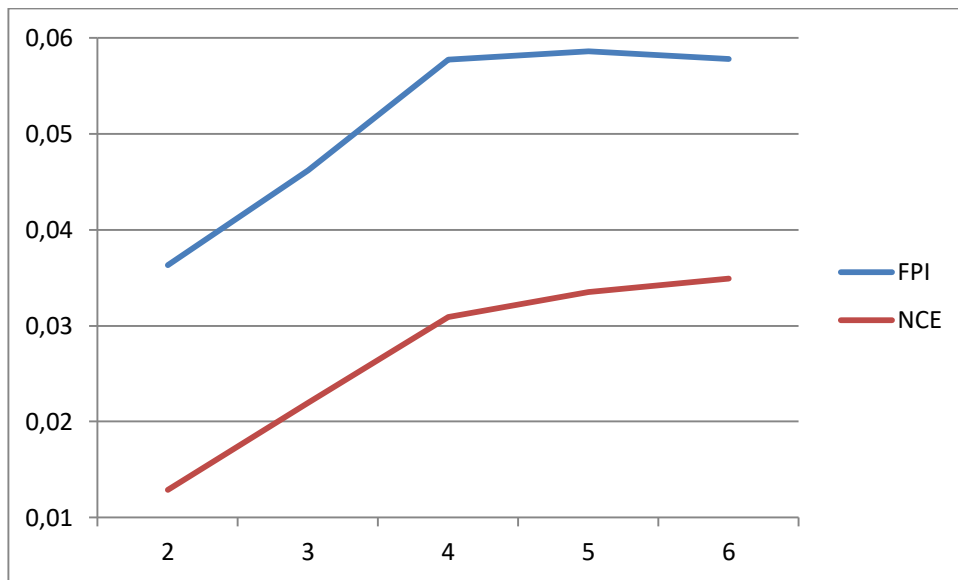
Πίνακας 24. Διακύμανση και συνδιακύμανση για το συνδυαστικό αποτέλεσμα των ετών 2018 και 2019

Variance-Covariance											
	EVI 1/5/18	GNDVI 1/5/18	MCARI 1/5/18	SIPI 1/5/18	EVI 3/7/18	MCARI 3/7/18	GNDVI 3/7/18	SIPI 9/5/19	EVI 29/5/19	GNDVI 29/5/19	SIPI 29/5/19
EVI 1/5/18	0.003	0.003	0.001	-0.017	0.001	0	0.001	-0.005	0.003	0.002	-0.008
GNDVI 1/5/18	0.003	0.005	0.001	-0.02	0.001	0	0.003	-0.008	0.002	0.004	-0.01
MCARI 1/5/18	0.001	0.001	0	-0.005	0	0	0	-0.001	0.001	0.001	-0.002
SIPI 1/5/18	-0.017	-0.02	-0.005	0.133	-0.009	-0.002	-0.01	0.042	-0.014	-0.016	0.073
EVI 3/7/18	0.001	0.001	0	-0.009	0.007	0.002	0	-0.005	0.002	0.001	-0.007
MCARI 3/7/18	0	0	0	-0.002	0.002	0.001	0	-0.002	0	0	-0.002
GNDVI 3/7/18	0.001	0.003	0	-0.01	0	0	0.006	-0.016	0.002	0.004	-0.01

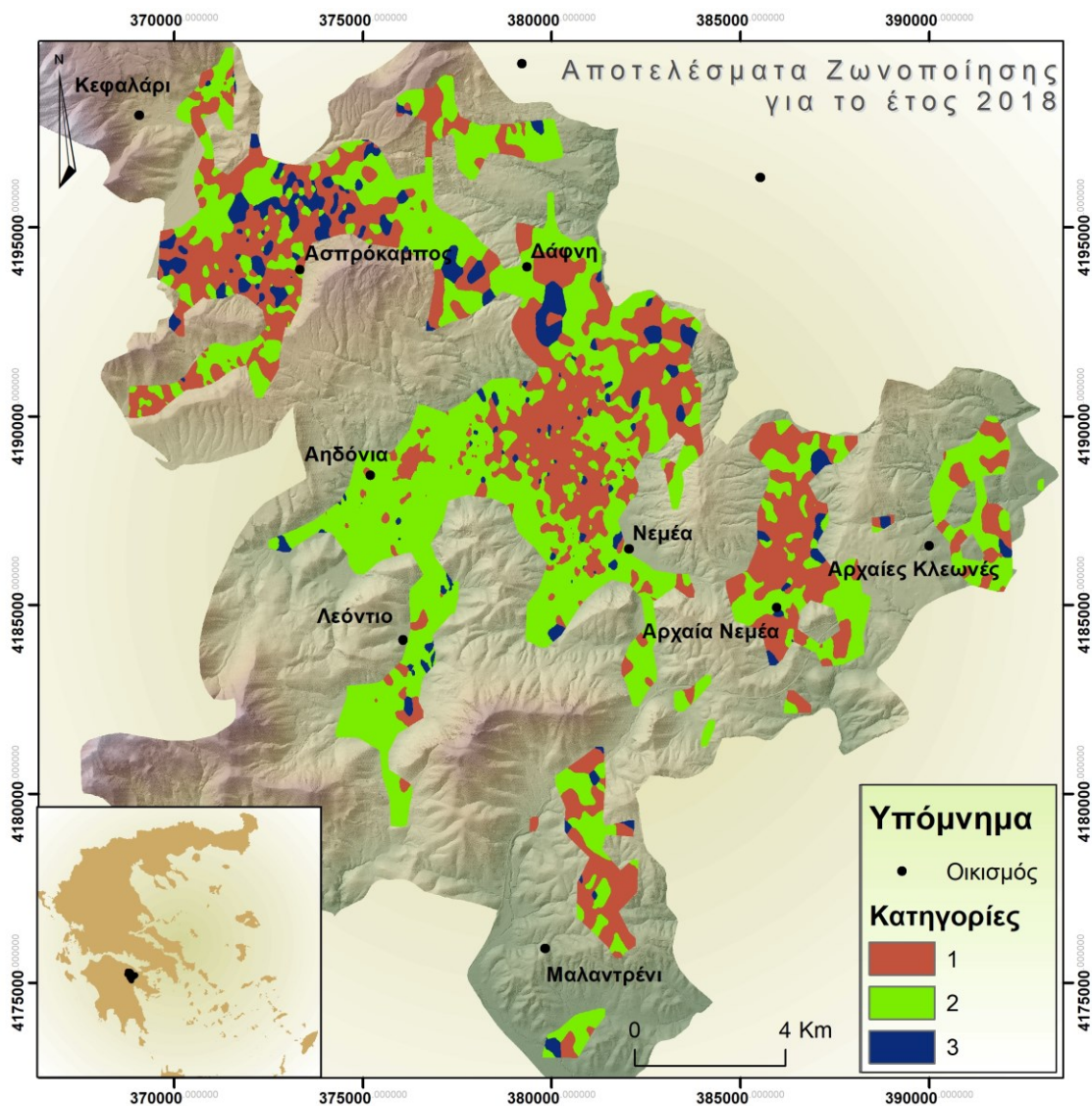
3/7/18											
SIPI 9/5/19	-0.005	-0.008	-0.001	0.042	-0.005	-0.002	-0.016	0.12	-0.01	-0.013	0.057
EVI 29/5/19	0.003	0.002	0.001	-0.014	0.002	0	0.002	-0.01	0.006	0.004	-0.023
GNDVI 29/5/19	0.002	0.004	0.001	-0.016	0.001	0	0.004	-0.013	0.004	0.006	-0.022
SIPI 29/5/19	-0.008	-0.01	-0.002	0.073	-0.007	-0.002	-0.01	0.057	-0.023	-0.022	0.132

3.6.2 Ταξινόμηση σε υποζώνες για το έτος 2018

Συγκεκριμένα για το έτος του 2018, όπως αναφέρθηκε, επιλέχθηκαν δύο δορυφορικές εικόνες (1 Μαΐου, 3 Ιουλίου). Σε αυτές τις δύο ημερομηνίες η βλάστηση παρουσίασε στους περισσότερους δείκτες βλάστησης διαφοροποίηση. Για την 1 Μαΐου χρησιμοποιήθηκαν και οι τέσσερις δείκτες βλάστησης καθώς εμφανίζουν έντονη διαφοροποίηση της βλάστησης και διαχωρισμός της περιοχής, ενώ για τις 3 Ιουλίου του ίδιου έτους χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες EVI και MCARI. Για την καλύτερη χαρτογραφική απόδοση, το σημειακό αρχείο το οποίο κατηγοριοποιήθηκε από το λογισμικό MZA, μετατράπηκε σε επιφάνεια. Η μετατροπή αυτή έγινε με την μέθοδο Thiessen Polygons όπου κάθε πολύγωνο Thiessen καθορίζει μια περιοχή επιρροής γύρω από το σημείο δειγματοληψίας του, έτσι ώστε οποιαδήποτε τοποθεσία μέσα στο πολύγωνο να είναι πιο κοντά σε αυτό το σημείο από οποιοδήποτε από τα άλλα σημεία δείγματος (Κουτσόπουλος, 2009). Έπειτα δημιουργήθηκε ένα πολυγωνικό αρχείο που καλύπτει όλους τους αμπελώνες με την διαδικασία aggregate polygons στο λογισμικό ArcGIS (ArcGIS). Με αυτή την διαδικασία τα πολύγωνα των αμπελοτεμαχίων ενώθηκαν σε μεγαλύτερα πολύγωνα αν η απόσταση τους ήταν μικρότερη από 500 μέτρα. Με το παράγωγο αρχείο του aggregate κόπηκε το πολυγωνικό αρχείο των Thiessen polygons, έτσι ώστε το αποτέλεσμα να έχει την έννοια της ζώνης σαν συνεχή επιφάνεια αλλά μόνο στις περιοχές όπου υπήρχαν αμπελοτεμάχια και να μην συνεχίζει η ζώνη σε σημεία που απέχουν περισσότερο από 500 μέτρα από αμπελώνα. Στον Χάρτη 33 απεικονίζεται η ζωνοποίηση της περιοχής των αμπελώνων για το 2018 σε 3 κατηγορίες. Η κατάληξη στην ζωνοποίηση σε τρεις κατηγορίες προήλθε από τους δείκτες Fuzziness Performance Index και Normalized Classification Entropy. Στο διάγραμμα 27 αποτυπώνονται οι τιμές του FPI και NCE, όπου φαίνεται η αυξητική πορεία τους μέχρι την κατηγοριοποίηση σε 4 ζώνες και έπειτα σταθεροποιείται. Καθώς οι τιμές για τις κατηγοριοποιήσεις των τεσσάρων, πέντε και έξι ζωνών είναι σε υψηλά επίπεδα και η κατηγοριοποίηση σε δύο ζώνες δεν είναι ιδανική λόγω του χαμηλού αριθμού ζωνών, επιλέγεται η ζωνοποίηση σε τρεις κατηγορίες.



Διάγραμμα 25. Δείκτες FPI και NCE για το έτος 2018



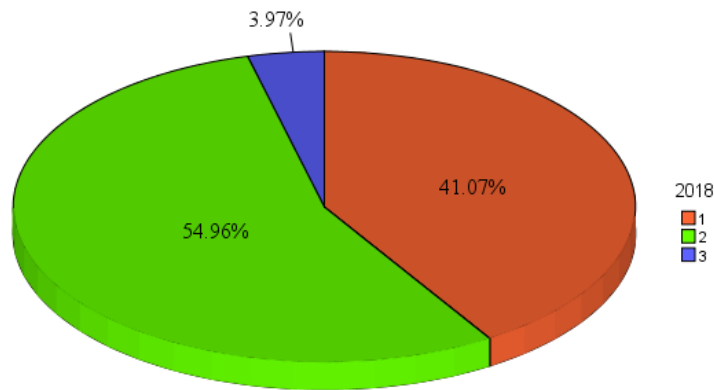
Χάρτης 33. Αποτέλεσμα ζωνοποίησης για το έτος 2018

Οι δύο μεγαλύτερες σε έκταση ζώνες είναι η 1 και η 2 ενώ η 3 εντοπίζεται κυρίως στα βόρεια στην περιοχή του Ασπρόκαμπου. Η περιοχές του Ασπρόκαμπου, του Κούτσι, τα

ανατολικά του κάμπου της Νεμέας και η αρχαία Νεμέα βρίσκονται κυρίως στην ζώνη 1. Η κατηγορία 2 εντοπίζεται στα δυτικά και νοτιοδυτικά του κάμπου της Νεμέας. Όσον αφορά τις μέσες τιμές των δεικτών ανά ζώνη φαίνονται στον πίνακα. Η ζώνη 2 έχει τις μεγαλύτερες τιμές για τους δείκτες EVI, GNDVI και MCARI αποτυπώνοντας την πρώιμη ανάπτυξη σε σχέση με τις άλλες δύο χώνες, ενώ για τον δείκτη SIPI έχει την χαμηλότερη τιμή για την πρώτη ημέρα στις 1 Μαΐου 2018. Αντίθετα για τις 1 Μαΐου κυμαίνονται οι τιμές για την κατηγορία 3 δείχνοντας πως η ανάπτυξη των αμπελώνων σε αυτές τις περιοχές είναι πιο αργή, ενώ για τις 7 Ιουλίου διαφοροποιείται σε σχέση με τις άλλες δύο κατηγορίες. Γενικότερα η ζώνη 1 αντιπροσωπεύει την μέση κατάσταση όσον αφορά την ανάπτυξη της βλάστησης στις 1 Μαΐου, ενώ στις 3 Ιουλίου έχει υψηλές τιμές στους δύο δείκτες βλάστησης που επιλέχθηκαν για την συγκεκριμένη ημερομηνία. Η ζώνη 2 για το 2018 αποτελεί την ζώνη της πρώιμης ανάπτυξης της βλάστησης καθώς οι δείκτες βλάστησης είναι υψηλοί στις 1 Μαΐου. Οι αμπελώνες της ζώνης 3 συγκεντρώνονται περισσότερο στην περιοχή του Ασπρόκαμπου, όπου στην συγκεκριμένη ζώνη αποτελείται από αμπελώνες οι οποίοι έχουν χαμηλούς δείκτες βλάστησης την πρώτη μέρα αλλά επίσης παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα και την δεύτερη στις 3 Ιουλίου. Όσον αφορά τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά των ζωνών οι 1 και 2 δεν εμφανίζουν έντονες διαφορές. Η ζώνη 1 χαρακτηρίζεται με λίγο μεγαλύτερη παραλλακτικότητα στο υψόμετρο και στην κλίση εντός των αμπελώνων και ο μέσος όρος υψομέτρου και κλίσης είναι ελάχιστα μεγαλύτερος από την ζώνη 2. Η ζώνη 3 είναι η πιο ορεινή από τις τρεις, καθώς το μέσο υψόμετρο των αμπελώνων είναι 579 μέτρα πάνω από την θάλασσα και η μέση κλίση μεγαλύτερη από 12%. Η παραλλακτικότητα στο εσωτερικό των αμπελώνων είναι εντονότερη σε αυτή την ζώνη, κατά μέσο όρο η τυπική απόκλιση του υψομέτρου μέσα σε έναν αμπελώνα είναι 2,4 μέτρα και η κλίση μεταβάλλεται κατά 3%, όπως φαίνεται στον Πίνακα 25. Επίσης όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 28, η μεγαλύτερη ζώνη είναι η 2 με ποσοστό 54,96%, ακολουθεί η 1 με ποσοστό 41,07% και τέλος η μικρότερη 3 με ποσοστό 3,97%.

Πίνακας 25. Μέσες τιμές δεικτών βλάστησης και τοπογραφικών χαρακτηριστικών ανά ζώνη.

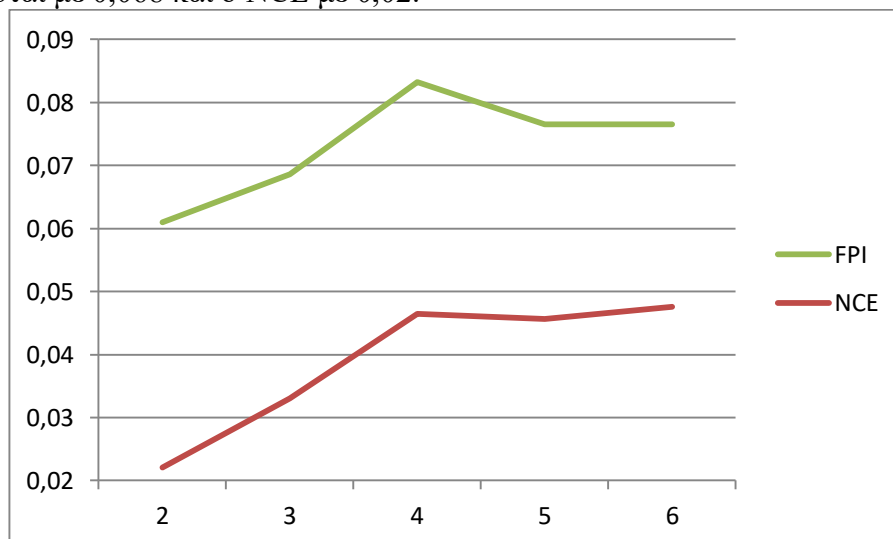
	1	2	3
EVI 1/5	.200	.250	.144
GNDVI 1/5	.372	.446	.297
MCARI 1/5	.036	.050	.021
SIPI 1/5	1.927	1.606	2.687
EVI 3/7	.339	.339	.270
MCARI 3/7	.061	.060	.049
Elevation SD*	1.24m	1.02m	2.42m
Slope SD*	1.85%	1.68%	3.04%
Elevation mean	390m	360m	579m
Slope mean	6.91%	6.51%	12.31%



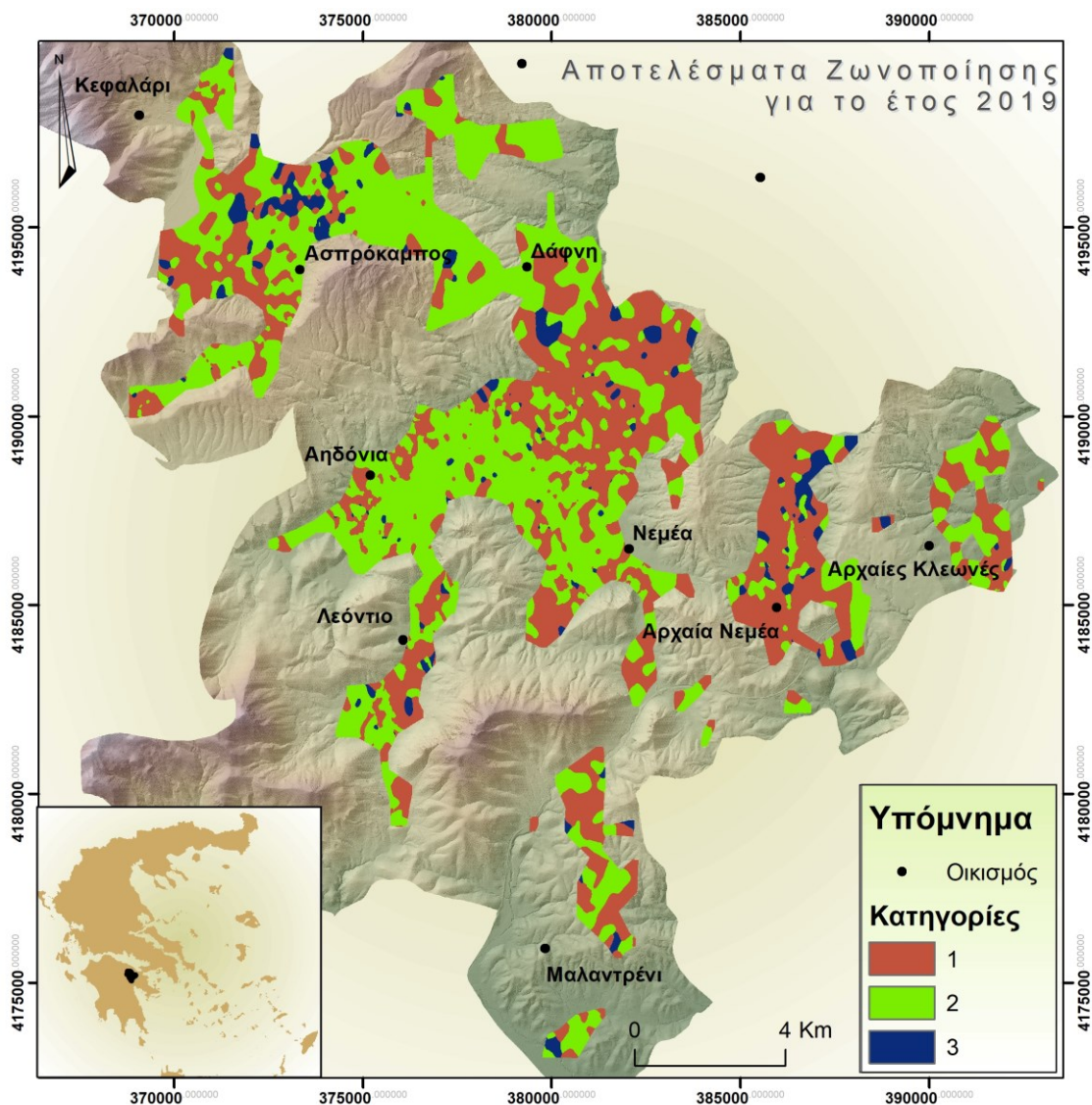
Διάγραμμα 26. Ποσοστά ανά ζώνη για την ταξινόμηση 2018

3.6.3 Ταξινόμηση σε υποζώνες για το έτος 2019

Για το έτος του 2019 επιλέχθηκαν οι ημέρες 9 Μαΐου και 29 Μαΐου από τις οποίες στις 9 Μαΐου χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες βλάστησης GNDVI και SIPI, ενώ για τις 29 Μαΐου οι EVI, GNDVI και SIPI. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 33 η καλύτερη ζωνοποίηση γίνεται στις 2 και στις 3 διαφορετικές ζώνες. Καθώς ο διαχωρισμός σε 2 μόνο ζώνες δεν είναι ο επιθυμητός επιλέγεται η αμέσως επόμενη, αυτή των 3 κατηγοριών. Οι τιμές των δεικτών ακολουθούν αυξητική τάση μέχρι την ζωνοποίηση των 4 κατηγοριών και έπειτα μειώνονται ελάχιστα. Στην επιλεγόμενη ζωνοποίηση ο FPI ισούται με 0,068 και ο NCE με 0,02.



Διάγραμμα 27. Δείκτες FPI και NCE για το έτος 2019

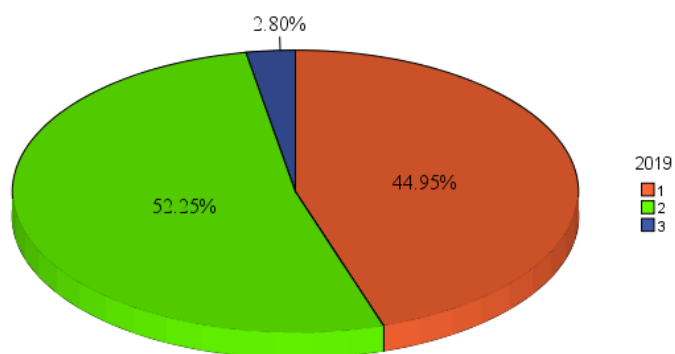


Χάρτης 34. Αποτέλεσμα ζωνοποίησης για το έτος 2019.

Για το έτος 2019 (Χάρτης 34) η ζωνοποίηση της περιοχής μελέτης δεν διαφέρει σε μεγάλο βαθμό με αυτή του 2018, αλλά εντοπίζονται διαφορές. Η κυριότερη διαφορά εντοπίζεται στην περιοχή του Ασπρόκαμπου στην οποία αυξάνεται η έκταση της ζώνης 2 και μειώνεται της 1. Επίσης στον κάμπο της Νεμέας η ζώνη 2 φαίνεται να περιέχει αρκετές νησίδες από την 1. Σημαντικό φαινόμενο αποτελεί η ζώνη 1 που εντοπίζεται στην περιοχή ανάμεσα στο χωρίο Λεόντιο και Γυμνό, όπως επίσης και στα νότια την Νεμέας. Επίσης στην αρχαία Νεμέα φαίνεται η περιοχή να δημιουργεί μια πιο ομοιογενή ζώνη της κατηγορίας 1 και στα βορειοανατολικά αυτής εντοπίζεται μια ζώνη κατηγορίας 3. Οι ζώνες αντιπροσωπεύουν τα ίδια χαρακτηριστικά σε σχέση με το 2018, όπου η 1 απεικονίζει τη βλάστηση που βρίσκεται σε μέση κατάσταση, η 2 την βλάστηση η οποία είναι πιο ανεπτυγμένη και η 3 την βλάστηση η οποία έχει αναπτυχθεί λιγότερο. Εμφανίζεται παρόμοιο μοτίβο με το προηγούμενο έτος όπου η 2^η κατηγορία αναπτύσσεται νωρίτερα με την 3^η να αναπτύσσεται τελευταία. Στον πίνακα 26 αποτυπώνονται οι μέσες τιμές των δεικτών βλάστησης κάθε ημέρας για κάθε ζώνη. Επίσης τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά των ζωνών δεν έχουν μεταβληθεί σε σημαντικό βαθμό σε σχέση με το προηγούμενο έτος, όπου οι ζώνες 1 και 2 έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά και η ζώνη 3 είναι πάλι η πιο ορεινή με την μεγαλύτερη παραλλακτικότητα σε κλίση και υψόμετρο εντός των αμπελώνων. Τα ποσοστά των ζωνών είναι 52,25% για την ζώνη 2, 44,95% για την ζώνη 1 και 2,8% για την ζώνη 3 (Διάγραμμα 30).

Πίνακας 26. Μέσες τιμές δεικτών βλάστησης και τοπογραφικών χαρακτηριστικών ανά ζώνη

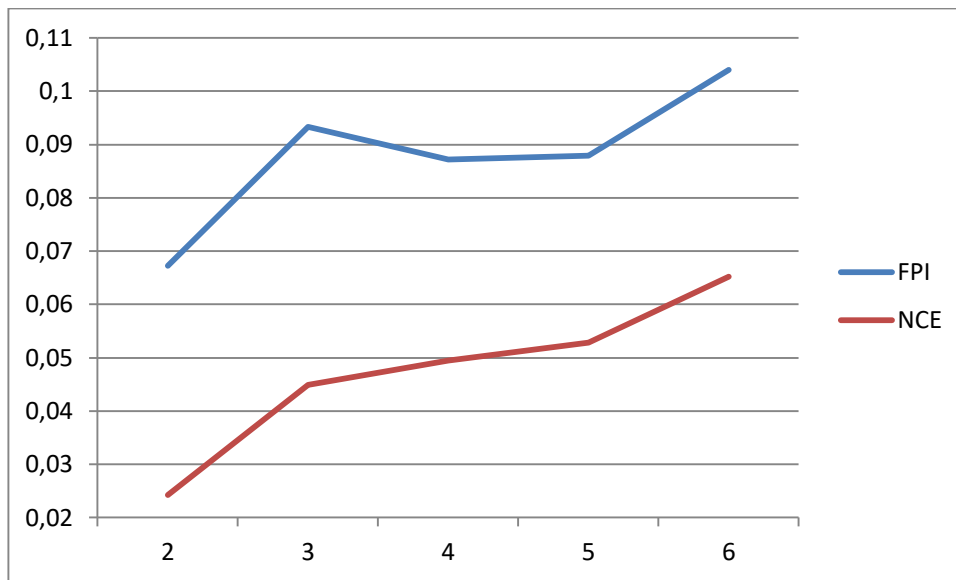
	1	2	3
GNDVI 9/5	.362	.428	.325
SIPI 9/5	1.771	1.372	2.056
EVI 29/5	.265	.313	.152
GNDVI 29/5	.443	.506	.316
SIPI 29/5	1.630	1.448	2.640
Elevation SD*	1.26m	1.02m	2.26m
Slope SD*	1.80%	1.76%	2.61%
Elevation mean	363.7m	391.1m	497.9m
Slope mean	6.76%	6.80%	11.25%



Διάγραμμα 28. Ποσοστά ανά ζώνη για την ταξινόμηση 2019

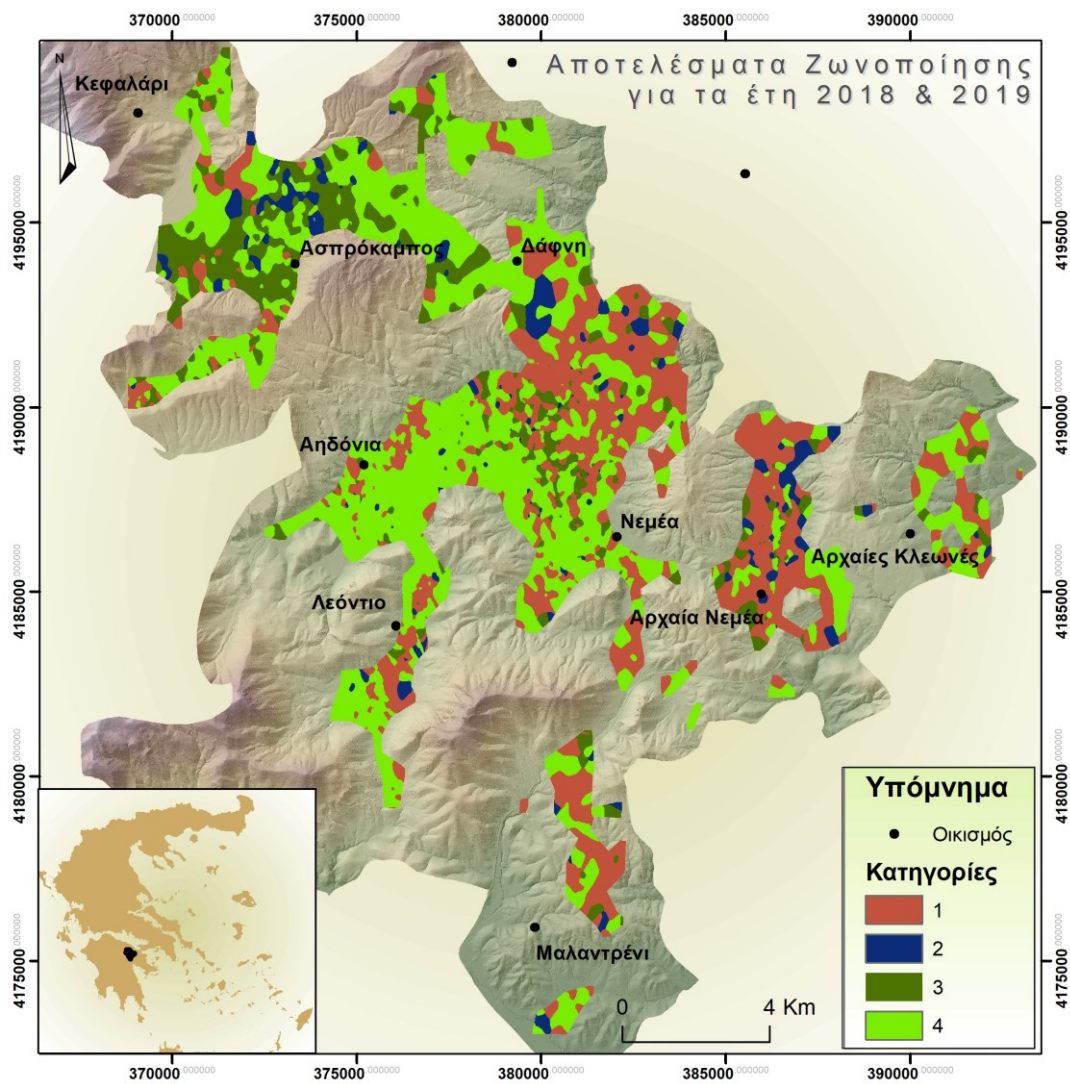
3.6.4 Ταξινόμηση σε υποζώνες για το συνδυαστικό αποτέλεσμα 2018-2019

Στο συνδυαστικό αποτέλεσμα των δύο ετών χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες βλάστησης των ημερών που επιλέχθηκαν στα αποτελέσματα του 2018 και 2019. Πιο αναλυτικά, συμπεριλήφθηκαν οι δείκτες EVI, GNDVI, MCARI και SIPI για τις 1 Μαΐου 2018, οι EVI και MCARI για τις 3 Ιουλίου 2018, για τις 9 Μαΐου 2019 οι GNDVI και SIPI και τέλος για τις 29 Μαΐου οι EVI, GNDVI και SIPI. Στο διάγραμμα 31 απεικονίζεται η μεταβολή των δεικτών FPI και NCE, όπου ο δείκτης FPI αυξάνεται αρκετά στην ζωνοποίηση των 3 κατηγοριών, έπειτα μειώνεται στα ίδια επίπεδα για τους αριθμούς 4 και 5 και στην συνέχεια αυξάνεται. Ο δείκτης NCE δεν ακολουθεί παρόμοια πορεία με τον FPI καθώς είναι συνεχόμενα αυξανόμενος. Η επιθυμητή επιλογή είναι όταν οι δύο δείκτες είναι στην χαμηλότερη τιμή τους πέρα από την αρχική ζωνοποίηση των 2 κατηγοριών. Επιλεγόμενη ζωνοποίηση είναι αυτή με τις 4 κατηγορίες στην οποία ο FPI είναι στην χαμηλότερη τιμή μετά από αυτή των 2 κατηγοριών. Δεν επιλέχθηκε η ζωνοποίηση των 5 κατηγοριών γιατί παρόλο σχετικά ίδια ο δείκτης NCE είναι υψηλότερος σε σχέση με την κατηγοριοποίηση των 4.



Διάγραμμα 29. Δείκτες FPI και NCE για τα έτη 2018 και 2019.

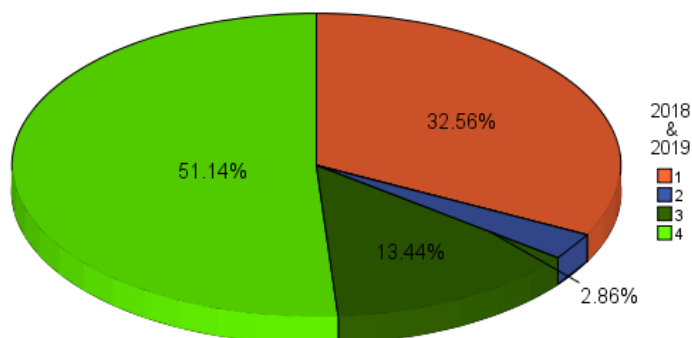
Η σύνθεση των δύο ετών έχει ως αποτέλεσμα τον Χάρτη 35, στον οποίο παρατηρείται πως η κατηγορία 1 των προηγούμενων ζωνοποιήσεων σε αυτή την περίπτωση χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την 1 και την 3. Η αρχαία Νεμέα και τα ανατολικά του κάμπου της Νεμέας ανήκουν κατά κύριο λόγο στην ζώνη 1. Στην ζώνη 2 ανήκουν λίγοι αμπελώνες στην περιοχή του Ασπρόκαμπου και κάποιοι στα βορειοανατολικά της αρχαίας Νεμέας. Η ζώνη 3 συναντάται σε μεγάλο βαθμό κυρίως στην περιοχή του Ασπρόκαμπου και ελάχιστα στο μεταβατικό τμήμα του κάμπου της Νεμέας από την κατηγορία 1 στην κατηγορία 4. Τέλος η κατηγορία 4 αποτελεί τα κεντρικά και δυτικά του κάμπου της Νεμέας. Στον πίνακα 27 αποτυπώνονται οι μέσες τιμές των δεικτών βλάστησης ανά ζώνη. Η ζώνη με την χαμηλότερη και εν τέλη την πιο αργή ανάπτυξη της βλάστησης των αμπελώνων είναι η 2, η οποία και τις δύο χρονιές εμφανίζει τις χαμηλότερες τιμές. Οι περιοχές στις οποίες η βλάστηση των αμπελώνων είναι πιο ανεπτυγμένη αποτελούν την ζώνη 4. Οι ζώνες 1 και 3 αποτελούν τις ενδιάμεσες καταστάσεις με την ζώνη 3 να εμφανίζει ελάχιστα πιο αργή ανάπτυξη από τις δύο. Όσον αφορά τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά των ζωνών αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Οι ζώνες 1 και 4 έχουν παρόμοια τοπογραφικά χαρακτηριστικά, στην ζώνη 1 οι αμπελώνες εμφανίζουν ελάχιστα μεγαλύτερη παραλλακτικότητα, ενώ η ζώνη 4 έχει περίπου 50 μέτρα μεγαλύτερο μέσο υψόμετρο. Οι ζώνες 2 και 3 χαρακτηρίζονται από πιο έντονο ανάγλυφο. Η ζώνη 3 έχει μέσο υψόμετρο 459 μέτρα και μέση κλίση 10,7%, ενώ η παραλλακτικότητα των αμπελώνων στο υψόμετρο είναι 2,2 μέτρα και η τυπική απόκλιση της κλίσης εντός των αμπελώνων είναι 2,5%. Η ζώνη 3 έχει πιο ήπιο ανάγλυφο από αυτό της ζώνης 2, αλλά είναι η πιο ορεινή με μέσο υψόμετρο 521 μέτρα πάνω από την στάθμη της θάλασσας. Στο Διάγραμμα 32 αποτυπώνονται τα ποσοστά της κάθε ζώνης όπου με ποσοστό 51% είναι η ζώνη 4, με 32,5% είναι η ζώνη 1, με 13,4 ζώνη 3 και τέλος η ζώνη 2 αντιστοιχεί στο 2,8%.



Χάρτης 35. Αποτέλεσμα ζωνοποίησης για το έτος 2018 και 2019

Πίνακας 27. Μέσες τιμές δεικτών βλάστησης και τοπογραφικών χαρακτηριστικών ανά ζώνη

	1	2	3	4
EVI 1/5/18	.220	.176	.173	.244
GNDVI 1/5/18	.393	.325	.352	.441
MCARI 1/5/18	.042	.030	.029	.048
SIPI 1/5/18	1.806	2.451	2.150	1.633
EVI 3/7/18	.331	.279	.323	.346
MCARI 3/7/18	.058	.049	.059	.062
GNDVI 9/5/19	.360	.319	.375	.422
SIPI 9/5/19	1.829	2.136	1.503	1.407
EVI 29/5/19	.273	.159	.224	.312
GNDVI 29/5/19	.447	.314	.411	.507
SIPI 29/5/19	1.594	2.644	1.789	1.437
Elevation SD*	1.21m	2.20m	1.60m	0.96m
Slope SD*	1.73%	2.54%	2.30%	1.68%
Elevation mean	328.8m	459.0m	521.9m	374.2m
Slope mean	6.42%	10.74%	9.00%	6.46%



Διάγραμμα 30. Ποσοστά ανά ζώνη για την ταξινόμηση 2018 & 2019

3.7 Απονα για τις υποζώνες ΟΠΑΠ Νεμέας

Το αποτέλεσμα της ζωνοποίησης της περιοχής ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας σε υποκατηγορίες με όμοια χαρακτηριστικά όσον αφορά την ανάπτυξη της βλάστησης των αμπελώνων, ήταν τρεις ζώνες για κάθε έτος ξεχωριστά και ένα αποτέλεσμα με τέσσερις ζώνες όταν συνδυάζοντουσαν τα δεδομένα των δύο ετών. Οι ζώνες εμφάνισαν τις περισσότερες φορές διαφορετικούς μέσους όρους στους δείκτες βλάστησης. Για να επιβεβαιωθεί με στατιστικές μεθόδους πως αυτές οι διαφορές δεν είναι τυχαίες χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης (Απονα). Με την μέθοδο της one-way απονα εξετάστηκαν για κάθε μεταβλητή εισόδου για την ταξινόμηση (fuzzy k-means) οι διαφορές ανά ζώνη.

3.7.1 ANOVA χαρακτηριστικών για τις υποζώνες του έτους 2018

Για την ζωνοποίηση του 2018 χρησιμοποιήθηκαν έξι μεταβλητές, τέσσερις δείκτες βλάστησης για τις 1 Μαΐου και δύο για τις 3 Ιουλίου. Η one-way απονα επιβεβαίωσε πως οι διαφορές μεταξύ των κατηγοριών δεν είναι τυχαίες, εκτός από τις ζεύγος ζωνών 1-2 για τους δείκτες στις 3 Ιουλίου. Επίσης το F-value έχει μεγάλες τιμές στους δείκτες SIPI (2059) και GNDVI (1431) στις 1 Μαΐου, ενώ οι μικρότερες τιμές του εντοπίζονται στους δείκτες βλάστησης στις 3 Ιουλίου EVI και MCARI. Όσον αφορά τις τιμές του F για τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά δεν είναι υψηλές όπως των δεικτών βλάστησης. Οι μεγαλύτερες τιμές είναι στο μέσο υψόμετρο των ζωνών και στην μέση τυπική απόκλιση του υψόμετρου ανά ζώνη. Τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 28 όσον αφορά τις τιμές του F και στον Πίνακα 29 τα αποτελέσματα του post hoc test least significant difference, όπου εκτελεί t-test για τους μέσους όρους όλων των ζευγών. Στον συγκεκριμένο πίνακα φαίνεται πως τα χαρακτηριστικά διαφέρουν στατιστικά σημαντικά στις διαφορετικές ζώνες.

Πίνακας 28. Ανάλυση διακύμανσης για την ζωνοποίηση του 2018.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EVI 1/5/18	Between Groups	8.779	2	4.389	2678.628	0.000
	Within Groups	8.465	5166	.002		
	Total	17.244	5168			
GNDVI 1/5/18	Between Groups	12.604	2	6.302	2348.440	0.000
	Within Groups	13.863	5166	.003		
	Total	26.466	5168			
MCARI 1/5/18	Between Groups	.682	2	.341	1486.459	0.000
	Within Groups	1.185	5166	.000		
	Total	1.868	5168			
SIPI 1/5/18	Between Groups	527.073	2	263.536	8777.669	0.000
	Within Groups	155.101	5166	.030		
	Total	682.174	5168			
EVI 3/7/18	Between Groups	3.962	2	1.981	318.130	.000
	Within Groups	32.167	5166	.006		
	Total	36.128	5168			
MCARI 3/7/18	Between Groups	.165	2	.083	129.910	.000
	Within Groups	3.287	5166	.001		
	Total	3.452	5168			
Slope Mean	Between Groups	1550.828	2	775.414	21.418	.000
	Within Groups	187024.824	5166	36.203		
	Total	188575.653	5168			
Elevation Mean	Between Groups	4330970.909	2	2165485.454	78.825	.000
	Within Groups	141919951.584	5166	27471.922		
	Total	146250922.493	5168			
Slope SD	Between Groups	74.140	2	37.070	11.288	.000
	Within Groups	16964.559	5166	3.284		
	Total	17038.699	5168			
Elevation SD	Between Groups	160.129	2	80.065	40.005	.000
	Within Groups	10338.974	5166	2.001		
	Total	10499.104	5168			

Πίνακας 29. Ανάλυση διακρίμανσης για την ζωνοποίηση του 2018, Post-hoc LSD.

Multiple Comparisons							
LSD							
Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
EVI 1/5/18	1	2	-.06549236874840 [*]	.00117971	0.000	-.06780509	-.06317964
		3	.06585161939391 ⁺	.00225516	.000	.06143055	.07027269
	2	1	.06549236874840 [*]	.00117971	0.000	.06317964	.06780509
		3	.13134398814232 [*]	.00221537	0.000	.12700093	.13568705
	3	1	-.06585161939391 [*]	.00225516	.000	-.07027269	-.06143055
		2	-.13134398814232 [*]	.00221537	0.000	-.13568705	-.12700093
GNDVI 1/5/18	1	2	-.08290064692848 [*]	.00150964	0.000	-.08586019	-.07994110
		3	.06631836530832 [*]	.00288588	.000	.06066083	.07197590
	2	1	.08290064692848 [*]	.00150964	0.000	.07994110	.08586019
		3	.14921901223680 [*]	.00283496	0.000	.14366130	.15477673
	3	1	-.06631836530832 [*]	.00288588	.000	-.07197590	-.06066083
		2	-.14921901223680 [*]	.00283496	0.000	-.15477673	-.14366130
MCARI 1/5/18	1	2	-.01861389726405 [*]	.00044146	0.000	-.01947934	-.01774845
		3	.01737861770475 ⁺	.00084390	.000	.01572421	.01903302
	2	1	.01861389726405 [*]	.00044146	0.000	.01774845	.01947934
		3	.03599251496880 [*]	.00082901	0.000	.03436730	.03761773
	3	1	-.01737861770475 ⁺	.00084390	.000	-.01903302	-.01572421
		2	-.03599251496880 [*]	.00082901	0.000	-.03761773	-.03436730
SIPI 1/5/18	1	2	.38059343320562 [*]	.00504964	0.000	.37069399	.39049287
		3	-.79046934722599 [*]	.00965303	0.000	-.80939337	-.77154533
	2	1	-.38059343320562 [*]	.00504964	0.000	-.39049287	-.37069399
		3	-1.17106278043161 ⁺	.00948271	0.000	-1.18965290	-1.15247266
	3	1	.79046934722599 [*]	.00965303	0.000	.77154533	.80939337
		2	1.17106278043161 ⁺	.00948271	0.000	1.15247266	1.18965290
EVI 3/7/18	1	2	-.006900383083 [*]	.00229961	.003	-.01140860	-.00239216
		3	.101307685744 ⁺	.00439600	.000	.09268966	.10992571
	2	1	.006900383083 [*]	.00229961	.003	.00239216	.01140860
		3	.108208068827 [*]	.00431844	.000	.09974210	.11667403
	3	1	-.101307685744 ⁺	.00439600	.000	-.10992571	-.09268966
		2	-.108208068827 [*]	.00431844	.000	-.11667403	-.09974210
MCARI 3/7/18	1	2	-.002022452398 [*]	.00073511	.006	-.00346358	-.00058133
		3	.020185140872 [*]	.00140526	.000	.01743025	.02294004
	2	1	.002022452398 [*]	.00073511	.006	.00058133	.00346358
		3	.022207593271 ⁺	.00138046	.000	.01950131	.02491388
	3	1	-.020185140872 [*]	.00140526	.000	-.02294004	-.01743025
		2	-.022207593271 ⁺	.00138046	.000	-.02491388	-.01950131
Slope Mean	1	2	.45382826363349 [*]	.17534863	.010	.11007073	.79758580
		3	-1.66948213966195 [*]	.33520095	.000	-2.32661789	-1.01234639
	2	1	-.45382826363349 [*]	.17534863	.010	-.79758580	-.11007073
		3	-2.12331040329544 [*]	.32928648	.000	-2.76885130	-1.47776951

	3	1	1.66948213966195 [*]	.33520095	.000	1.01234639	2.32661789
		2	2.12331040329544 [*]	.32928648	.000	1.47776951	2.76885130
Elevation Mean	1	2	31.98834850957854 [*]	4.83030404	.000	22.51890793	41.45778909
		3	-76.07852167239895 [*]	9.23373350	.000	-94.18054797	-57.97649537
	2	1	-31.98834850957854 [*]	4.83030404	.000	-41.45778909	-22.51890793
		3	-108.06687018197749 [*]	9.07080865	.000	-125.84949480	-90.28424557
	3	1	76.07852167239895 [*]	9.23373350	.000	57.97649537	94.18054797
		2	108.06687018197749 [*]	9.07080865	.000	90.28424557	125.84949480
Slope SD	1	2	.14146195245339 [*]	.05281096	.007	.03793012	.24499378
		3	-.29879565308701 [*]	.10095478	.003	-.49670976	-.10088155
	2	1	-.14146195245339 [*]	.05281096	.007	-.24499378	-.03793012
		3	-.44025760554039 [*]	.09917348	.000	-.63467961	-.24583560
	3	1	.29879565308701 [*]	.10095478	.003	.10088155	.49670976
		2	.44025760554039 [*]	.09917348	.000	.24583560	.63467961
Elevation SD	1	2	.22622590344636 [*]	.04122792	.000	.14540172	.30705009
		3	-.40439167385547 [*]	.07881236	.000	-.55889726	-.24988609
	2	1	-.22622590344636 [*]	.04122792	.000	-.30705009	-.14540172
		3	-.63061757730184 [*]	.07742175	.000	-.78239699	-.47883817
	3	1	.40439167385547 [*]	.07881236	.000	.24988609	.55889726
		2	.63061757730184 [*]	.07742175	.000	.47883817	.78239699

3.7.2 ANOVA χαρακτηριστικών για τις υποζώνες του έτους 2019

Στην ταξινόμηση του 2019 επιλέχθηκαν πέντε δείκτες βλάστησης, δύο στις 9 Μαΐου (GNDVI, SIPI) και τρεις δείκτες στις 29 Μαΐου (EVI, GNDVI, SIPI). Στην συγκεκριμένη ζωνοποίηση η ανάλυση διακύμανσης δείχνει πως υπάρχουν εξίσου ξεκάθαρες διαφορές μεταξύ των ζωνών, κάτι το οποίο αποτυπώνεται και στο F (Πίνακας 30) το οποίο είναι υψηλό σε όλες τις μεταβλητές. Οι τοπογραφικές μεταβλητές δεν εμφανίζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ των κατηγοριών. Ο έλεγχος των διαφορών (Πίνακας 31) των μέσων όρων των μεταβλητών ανά ζεύγος ζωνών δείχνει πως όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές, πέρα από την μέση κλίση που δεν διαφέρει μεταξύ των ζωνών 1 και 2. Επίσης η τυπική απόκλιση της κλίσης δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά στις ζώνες 1 και 3.

Πίνακας 30. Ανάλυση διακύμανσης για την ζωνοποίηση του 2019.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
GNDVI 9/5/19	Between Groups	10.060	2	5.030	1013.738	0.000
	Within Groups	26.209	5282	.005		
	Total	36.269	5284			
SIPI 5/9/19	Between Groups	340.799	2	170.400	2969.792	0.000
	Within Groups	303.069	5282	.057		
	Total	643.868	5284			
EVI 29/5/19	Between Groups	12.406	2	6.203	1233.399	0.000

	Within Groups	26.565	5282	.005		
	Total	38.971	5284			
GNDVI 29/5/19	Between Groups	13.465	2	6.732	1518.316	0.000
	Within Groups	23.421	5282	.004		
	Total	36.886	5284			
SIPI 29/5/19	Between Groups	466.689	2	233.345	4988.982	0.000
	Within Groups	247.050	5282	.047		
	Total	713.739	5284			
Slope Mean	Between Groups	514.407	2	257.204	7.026	.001
	Within Groups	193364.794	5282	36.608		
	Total	193879.201	5284			
Elevation Mean	Between Groups	866096.595	2	433048.297	15.085	.000
	Within Groups	151630431.057	5282	28707.011		
	Total	152496527.652	5284			
Slope SD	Between Groups	28.809	2	14.405	4.403	.012
	Within Groups	17280.216	5282	3.272		
	Total	17309.025	5284			
Elevation SD	Between Groups	169.849	2	84.925	42.538	.000
	Within Groups	10545.101	5282	1.996		
	Total	10714.951	5284			

Πίνακας 31. Ανάλυση διακύμανσης για την ζωνοποίηση του 2019, Post-hoc LSD.

Multiple Comparisons							
LSD							
Dependent Variable		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
GNDVI 9/5/19	1	2	-.08333262730745*	.0020018	0.000	-.0872570	-.0794082
		3	.02697822738208*	.0043382	.000	.0184735	.0354829
	2	1	.08333262730745*	.0020018	0.000	.0794082	.0872570
		3	.11031085468954*	.0042998	.000	.1018815	.1187402
	3	1	-.02697822738208*	.0043382	.000	-.0354829	-.0184735
		2	-.11031085468954*	.0042998	.000	-.1187402	-.1018815
SIPI 9/5/19	1	2	.46614647633323*	.0068073	0.000	.4528013	.4794916
		3	-.25274962941546*	.0147523	.000	-.2816703	-.2238290
	2	1	-.46614647633323*	.0068073	0.000	-.4794916	-.4528013
		3	-.71889610574870*	.0146217	0.000	-.7475606	-.6902316
	3	1	.25274962941546*	.0147523	.000	.2238290	.2816703
		2					

		2	.71889610574870*	.0146217	0.000	.6902316	.7475606
EVI 29/5/19	1	2	-.065393213203*	.0020154	.000	-.0693442	-.0614422
		3	.123622382744*	.0043676	.000	.1150601	.1321847
	2	1	.065393213203*	.0020154	.000	.0614422	.0693442
		3	.189015595947*	.0043289	0.000	.1805291	.1975020
	3	1	-.123622382744*	.0043676	.000	-.1321847	-.1150601
		2	-.189015595947*	.0043289	0.000	-.1975020	-.1805291
GNDVI 29/5/19	1	2	-.073691622539*	.0018924	.000	-.0774015	-.0699818
		3	.114930342931*	.0041010	.000	.1068907	.1229700
	2	1	.073691622539*	.0018924	.000	.0699818	.0774015
		3	.188621965470*	.0040647	0.000	.1806535	.1965905
	3	1	-.114930342931*	.0041010	.000	-.1229700	-.1068907
		2	-.188621965470*	.0040647	0.000	-.1965905	-.1806535
SIPI 29/5/19	1	2	.224725056773*	.0061461	.000	.2126762	.2367739
		3	-1.077197715922*	.0133193	0.000	-1.1033091	-1.0510864
	2	1	-.224725056773*	.0061461	.000	-.2367739	-.2126762
		3	-1.301922772695*	.0132014	0.000	-1.3278029	-1.2760427
	3	1	1.077197715922*	.0133193	0.000	1.0510864	1.1033091
		2	1.301922772695*	.0132014	0.000	1.2760427	1.3278029
Slope Mean	1	2	.12898937691494	.1719468	.453	-.2080975	.4660763
		3	-1.25533782336844*	.3726306	.001	-1.9858479	-.5248278
	2	1	-.12898937691494	.1719468	.453	-.4660763	.2080975
		3	-1.38432720028338*	.3693306	.000	-2.1083678	-.6602866
	3	1	1.25533782336844*	.3726306	.001	.5248278	1.9858479
		2	1.38432720028338*	.3693306	.000	.6602866	2.1083678
Elevation Mean	1	2	-20.82508411699001*	4.8150268	.000	-30.2645262	-11.3856420
		3	-45.48577527284459*	10.4347740	.000	-65.9422440	-25.0293066
	2	1	20.82508411699001*	4.8150268	.000	11.3856420	30.2645262
		3	-24.66069115585458*	10.3423632	.017	-44.9359967	-4.3853857
	3	1	45.48577527284459*	10.4347740	.000	25.0293066	65.9422440
		2	24.66069115585458*	10.3423632	.017	4.3853857	44.9359967
Slope SD	1	2	.12256590209101*	.0514020	.017	.0217967	.2233351
		3	-.12417635132335	.1113947	.265	-.3425560	.0942032
	2	1	-.12256590209101*	.0514020	.017	-.2233351	-.0217967
		3	-.24674225341437*	.1104082	.025	-.4631879	-.0302966
	3	1	.12417635132335	.1113947	.265	-.0942032	.3425560
		2	.24674225341437*	.1104082	.025	.0302966	.4631879
Elevation SD	1	2	.30554831725945*	.0401542	.000	.2268295	.3842671
		3	-.27381185056506*	.0870192	.002	-.4444055	-.1032182
	2	1	-.30554831725945*	.0401542	.000	-.3842671	-.2268295
		3	-.57936016782451*	.0862486	.000	-.7484430	-.4102773
	3	1	.27381185056506*	.0870192	.002	.1032182	.4444055
		2	.57936016782451*	.0862486	.000	.4102773	.7484430

3.7.3 ANOVA χαρακτηριστικών για τις υποζώνες του συνδυαστικού αποτελέσματος 2018-2019

Το συνδυαστικό αποτέλεσμα των δύο ετών αποτελεί μία προσπάθεια ζωνοποίησης σε επιμέρους ζώνες της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας χρησιμοποιώντας σαν δεδομένα εισόδου όλα όσα χρησιμοποιήθηκαν για τα δύο έτη ξεχωριστά. Η περιοχή χωρίστηκε σε τέσσερις ζώνες, πιο συγκεκριμένα χωρίστηκε η ζώνη 1 στις ζώνες 1 και 3. Κοιτώντας στον πίνακα 32 τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης, φαίνεται πως σύμφωνα με το F διαφοροποιούνται οι δείκτες βλάστησης σύμφωνα με τις ζώνες που προέκυψαν. Πιο αναλυτικά στον πίνακα 33, όπου είναι ο έλεγχος διαφοράς των μέσων όρων ανά ζεύγος ζωνών, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μόνο τα ζεύγη των ζωνών 2-3 για το δείκτη βλάστησης EVI στις 1/5/2018 και το ζεύγος 1-3 του δείκτη MCARI στις 3/7/2018. Όσον αφορά τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά, η μέση κλίση των αμπελώνων δεν διαφέρει στα ζεύγη 1-4 και 2-3 όπως επίσης και η τυπική απόκλιση της κλίσης των αμπελώνων. Επιπλέον η τυπική απόκλιση του υψομέτρου στο εσωτερικό των αμπελώνων δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά μόνο στο ζεύγος 2-3.

Πίνακας 32. Ανάλυση διακύμανσης για τα έτη 2018 και 2019.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
GNDVI 9/5/19	Between Groups	8.241	3	2.747	576.723	0.000
	Within Groups	24.600	5165	.005		
	Total	32.841	5168			
SIPI 9/5/19	Between Groups	332.570	3	110.857	2003.178	0.000
	Within Groups	285.833	5165	.055		
	Total	618.404	5168			
EVI 29/5/19	Between Groups	13.140	3	4.380	1146.882	0.000
	Within Groups	19.725	5165	.004		
	Total	32.865	5168			
GNDVI 29/5/19	Between Groups	15.075	3	5.025	1437.936	0.000
	Within Groups	18.049	5165	.003		
	Total	33.124	5168			
SIPI 29/5/19	Between Groups	471.025	3	157.008	3836.664	0.000
	Within Groups	211.368	5165	.041		
	Total	682.392	5168			
EVI 3/7/18	Between Groups	2.849	3	.950	147.383	.000
	Within Groups	33.279	5165	.006		
	Total	36.128	5168			
MCARI 3/7/18	Between Groups	.161	3	.054	84.225	.000

	Within Groups	3.291	5165	.001		
	Total	3.452	5168			
EVI 1/5/18	Between Groups	5.732	3	1.911	857.151	0.000
	Within Groups	11.512	5165	.002		
	Total	17.244	5168			
GNDVI 1/5/18	Between Groups	8.445	3	2.815	806.845	0.000
	Within Groups	18.021	5165	.003		
	Total	26.466	5168			
MCARI 1/5/18	Between Groups	.437	3	.146	525.590	.000
	Within Groups	1.431	5165	.000		
	Total	1.868	5168			
SIPI 1/5/18	Between Groups	350.835	3	116.945	1822.971	0.000
	Within Groups	331.339	5165	.064		
	Total	682.174	5168			
Slope Mean	Between Groups	2864.024	3	954.675	26.551	.000
	Within Groups	185711.629	5165	35.956		
	Total	188575.653	5168			
Elevation Mean	Between Groups	12935088.242	3	4311696.081	167.046	.000
	Within Groups	133315834.251	5165	25811.391		
	Total	146250922.493	5168			
Slope SD	Between Groups	127.335	3	42.445	12.963	.000
	Within Groups	16911.364	5165	3.274		
	Total	17038.699	5168			
Elevation SD	Between Groups	247.795	3	82.598	41.616	.000
	Within Groups	10251.309	5165	1.985		
	Total	10499.104	5168			

Πίνακας 33. Ανάλυση διακύμανσης ζωνοποίησης για τα έτη 2018 και 2019, Post-hoc LSD

Multiple Comparisons							
LSD							
Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
GNDVI 9/5/19	1	2	.03673643582794*	.0045629	.000	.0277912	.0456817
		3	-.02557473984861*	.0029405	.000	-.0313393	-.0198102
		4	-.07992860201029*	.0022064	.000	-.0842542	-.0756030
	2	1	-.03673643582794*	.0045629	.000	-.0456817	-.0277912

	3	3	-0.06231117567656 [*]	.0048618	.000	-.0718423	-.0527800
		4	-.11666503783824 [*]	.0044563	.000	-.1254014	-.1079287
	3	1	.02557473984861 [*]	.0029405	.000	.0198102	.0313393
		2	.06231117567656 [*]	.0048618	.000	.0527800	.0718423
		4	-.05435386216168 [*]	.0027722	.000	-.0597885	-.0489192
	4	1	.07992860201029 [*]	.0022064	.000	.0756030	.0842542
		2	.11666503783824 [*]	.0044563	.000	.1079287	.1254014
		3	.05435386216168 [*]	.0027722	.000	.0489192	.0597885
SIPI 9/5/19.	1	2	-.29435166025529 [*]	.0155536	.000	-.3248433	-.2638600
		3	.34169259322136 [*]	.0100231	.000	.3220430	.3613422
		4	.49600907674996 [*]	.0075211	0.000	.4812645	.5107536
	2	1	.29435166025529 [*]	.0155536	.000	.2638600	.3248433
		3	.63604425347666 [*]	.0165723	.000	.6035555	.6685330
		4	.79036073700525 [*]	.0151903	0.000	.7605813	.8201402
	3	1	-.34169259322136 [*]	.0100231	.000	-.3613422	-.3220430
		2	-.63604425347666 [*]	.0165723	.000	-.6685330	-.6035555
		4	.15431648352859 [*]	.0094496	.000	.1357914	.1728416
	4	1	-.49600907674996 [*]	.0075211	0.000	-.5107536	-.4812645
		2	-.79036073700525 [*]	.0151903	0.000	-.8201402	-.7605813
		3	-.15431648352859 [*]	.0094496	.000	-.1728416	-.1357914
EVI 29/5/19	1	2	.133678510930 [*]	.0040859	.000	.1256685	.1416885
		3	.054943080209 [*]	.0026330	.000	.0497812	.0601049
		4	-.050500025456 [*]	.0019758	.000	-.0543734	-.0466267
	2	1	-.133678510930 [*]	.0040859	.000	-.1416885	-.1256685
		3	-.078735430721 [*]	.0043535	.000	-.0872701	-.0702008
		4	-.184178536386 [*]	.0039904	0.000	-.1920015	-.1763556
	3	1	-.054943080209 [*]	.0026330	.000	-.0601049	-.0497812
		2	.078735430721 [*]	.0043535	.000	.0702008	.0872701
		4	-.105443105665 [*]	.0024824	0.000	-.1103096	-.1005766
	4	1	.050500025456 [*]	.0019758	.000	.0466267	.0543734
		2	.184178536386 [*]	.0039904	0.000	.1763556	.1920015
		3	.105443105665 [*]	.0024824	0.000	.1005766	.1103096
GNDVI 29/5/19	1	2	.131813720809 [*]	.0039084	.000	.1241516	.1394759
		3	.040106694703 [*]	.0025187	.000	.0351690	.0450444
		4	-.066646153153 [*]	.0018900	.000	-.0703513	-.0629410
	2	1	-.131813720809 [*]	.0039084	.000	-.1394759	-.1241516
		3	-.091707026106 [*]	.0041644	.000	-.0998710	-.0835430
		4	-.198459873962 [*]	.0038171	0.000	-.2059431	-.1909767
	3	1	-.040106694703 [*]	.0025187	.000	-.0450444	-.0351690
		2	.091707026106 [*]	.0041644	.000	.0835430	.0998710
		4	-.106752847856 [*]	.0023746	0.000	-.1114080	-.1020977
	4	1	.066646153153 [*]	.0018900	.000	.0629410	.0703513
		2	.198459873962 [*]	.0038171	0.000	.1909767	.2059431
		3	.106752847856 [*]	.0023746	0.000	.1020977	.1114080
SIPI 29/5/19	1	2	-1.137596037220 [*]	.0133750	0.000	-1.1638167	-1.1113753
		3	-.237931229650 [*]	.0086192	.000	-.2548285	-.2210340

	2	4	.181582047752 [†]	.0064676	.000	.1689028	.1942613	
		1	1.137596037220 [†]	.0133750	0.000	1.1113753	1.1638167	
		3	.899664807570 [†]	.0142510	0.000	.8717268	.9276029	
	3	4	1.319178084972 [†]	.0130626	0.000	1.2935698	1.3447863	
		1	.237931229650 [†]	.0086192	.000	.2210340	.2548285	
		2	-.899664807570 [†]	.0142510	0.000	-.9276029	-.8717268	
	4	4	.419513277402 [†]	.0081260	0.000	.4035830	.4354436	
		1	-.181582047752 [†]	.0064676	.000	-.1942613	-.1689028	
		2	-1.319178084972 [†]	.0130626	0.000	-1.3447863	-1.2935698	
	EVI 3/718	1	3	-.419513277402 [†]	.0081260	0.000	-.4354436	-.4035830
			2	.072881427805 [†]	.0053072	.000	.0624771	.0832857
			3	.023796188144 [†]	.0034201	.000	.0170914	.0305010
2		4	-.020090569931 [†]	.0025663	.000	-.0251217	-.0150595	
		1	-.072881427805 [†]	.0053072	.000	-.0832857	-.0624771	
		3	-.049085239661 [†]	.0056548	.000	-.0601710	-.0379995	
3		4	-.092971997735 [†]	.0051832	.000	-.1031333	-.0828107	
		1	-.023796188144 [†]	.0034201	.000	-.0305010	-.0170914	
		2	.049085239661 [†]	.0056548	.000	.0379995	.0601710	
4		4	-.043886758074 [†]	.0032244	.000	-.0502079	-.0375657	
		1	.020090569931 [†]	.0025663	.000	.0150595	.0251217	
		2	.092971997735 [†]	.0051832	.000	.0828107	.1031333	
MCARI 3/718	1	3	.043886758074 [†]	.0032244	.000	.0375657	.0502079	
		2	.012813476007 [†]	.0016690	.000	.0095415	.0160854	
		3	.002051514646	.0010755	.057	-.0000570	.0041600	
	2	4	-.007916074087 [†]	.0008071	.000	-.0094983	-.0063339	
		1	-.012813476007 [†]	.0016690	.000	-.0160854	-.0095415	
		3	-.010761961360 [†]	.0017783	.000	-.0142482	-.0072757	
	3	4	-.020729550094 [†]	.0016300	.000	-.0239251	-.0175340	
		1	-.002051514646	.0010755	.057	-.0041600	.0000570	
		2	.010761961360 [†]	.0017783	.000	.0072757	.0142482	
	4	4	-.009967588734 [†]	.0010140	.000	-.0119555	-.0079797	
		1	.007916074087 [†]	.0008071	.000	.0063339	.0094983	
		2	.020729550094 [†]	.0016300	.000	.0175340	.0239251	
EVI 1/5/18	1	3	.009967588734 [†]	.0010140	.000	.0079797	.0119555	
		2	.04833877877251 [†]	.0031215	.000	.0422194	.0544582	
		3	.05418833176601 [†]	.0020115	.000	.0502448	.0581318	
	2	4	-.03380653714896 [†]	.0015094	.000	-.0367656	-.0308474	
		1	-.04833877877251 [†]	.0031215	.000	-.0544582	-.0422194	
		3	.00584955299349	.0033259	.079	-.0006706	.0123697	
	3	4	-.08214531592147 [†]	.0030486	.000	-.0881218	-.0761689	
		1	-.05418833176601 [†]	.0020115	.000	-.0581318	-.0502448	
		2	-.00584955299349	.0033259	.079	-.0123697	.0006706	
	4	4	-.08799486891496 [†]	.0018964	0.000	-.0917127	-.0842770	
		1	.03380653714896 [†]	.0015094	.000	.0308474	.0367656	
		2	.08214531592147 [†]	.0030486	.000	.0761689	.0881218	
		3	.08799486891496 [†]	.0018964	0.000	.0842770	.0917127	

GNDVI 1/5/18	1	2	.05763540688931 ⁺	.0039054	.000	.0499792	.0652916
		3	.04664414128397 ⁺	.0025167	.000	.0417103	.0515780
		4	-.05298497769808 ⁺	.0018885	.000	-.0566872	-.0492827
	2	1	-.05763540688931 ⁺	.0039054	.000	-.0652916	-.0499792
		3	-.01099126560535 ⁺	.0041612	.008	-.0191489	-.0028336
		4	-.11062038458739 ⁺	.0038142	.000	-.1180978	-.1031430
	3	1	-.04664414128397 ⁺	.0025167	.000	-.0515780	-.0417103
		2	.01099126560535 ⁺	.0041612	.008	.0028336	.0191489
		4	-.09962911898204 ⁺	.0023727	0.000	-.1042806	-.0949776
	4	1	.05298497769808 ⁺	.0018885	.000	.0492827	.0566872
		2	.11062038458739 ⁺	.0038142	.000	.1031430	.1180978
		3	.09962911898204 ⁺	.0023727	0.000	.0949776	.1042806
MCARI 1/5/18	1	2	.01174431737384 ⁺	.0011004	.000	.0095870	.0139016
		3	.01600771635806 ⁺	.0007091	.000	.0146175	.0173979
		4	-.00888511990350 ⁺	.0005321	.000	-.0099283	-.0078419
	2	1	-.01174431737384 ⁺	.0011004	.000	-.0139016	-.0095870
		3	.00426339898422 ⁺	.0011725	.000	.0019648	.0065620
		4	-.02062943727734 ⁺	.0010747	.000	-.0227364	-.0185225
	3	1	-.01600771635806 ⁺	.0007091	.000	-.0173979	-.0146175
		2	-.00426339898422 ⁺	.0011725	.000	-.0065620	-.0019648
		4	-.02489283626156 ⁺	.0006686	.000	-.0262035	-.0235822
	4	1	.00888511990350 ⁺	.0005321	.000	.0078419	.0099283
		2	.02062943727734 ⁺	.0010747	.000	.0185225	.0227364
		3	.02489283626156 ⁺	.0006686	.000	.0235822	.0262035
SIPI 1/5/18	1	2	-.63363964679140 ⁺	.0167460	.000	-.6664689	-.6008104
		3	-.42000074647200 ⁺	.0107915	.000	-.4411567	-.3988448
		4	.20010102379401 ⁺	.0080977	.000	.1842261	.2159760
	2	1	.63363964679140 ⁺	.0167460	.000	.6008104	.6664689
		3	.21363890031939 ⁺	.0178428	.000	.1786594	.2486184
		4	.83374067058541 ⁺	.0163549	0.000	.8016782	.8658031
	3	1	.42000074647200 ⁺	.0107915	.000	.3988448	.4411567
		2	-.21363890031939 ⁺	.0178428	.000	-.2486184	-.1786594
		4	.62010177026602 ⁺	.0101740	0.000	.6001564	.6400471
	4	1	-.20010102379401 ⁺	.0080977	.000	-.2159760	-.1842261
		2	-.83374067058541 ⁺	.0163549	0.000	-.8658031	-.8016782
		3	-.62010177026602 ⁺	.0101740	0.000	-.6400471	-.6001564
Slope Mean	1	2	-1.98685119986010 ⁺	.3964554	.000	-2.7640716	-1.2096308
		3	-1.82548574499098 ⁺	.2554855	.000	-2.3263456	-1.3246259
		4	-.07982396332948	.1917103	.677	-.4556573	.2960093
	2	1	1.98685119986010 ⁺	.3964554	.000	1.2096308	2.7640716
		3	.16136545486912	.4224218	.702	-.6667602	.9894911
		4	1.90702723653062 ⁺	.3871953	.000	1.1479605	2.6660939
	3	1	1.82548574499098 ⁺	.2554855	.000	1.3246259	2.3263456
		2	-.16136545486912	.4224218	.702	-.9894911	.6667602
		4	1.74566178166150 ⁺	.2408654	.000	1.2734635	2.2178600
	4	1	.07982396332948	.1917103	.677	-.2960093	.4556573

		2	-1.90702723653062°	.3871953	.000	-2.6660939	-1.1479605
		3	-1.74566178166150°	.2408654	.000	-2.2178600	-1.2734635
Elevation Mean	1	2	-75.36097364923944°	10.6222290	.000	-96.1850398	-54.5369075
		3	-151.16065672877914°	6.8452234	.000	-164.5801928	-137.7411206
		4	-40.70900815243704°	5.1364931	.000	-50.7787094	-30.6393069
	2	1	75.36097364923944°	10.6222290	.000	54.5369075	96.1850398
		3	-75.79968307953970°	11.3179478	.000	-97.9876527	-53.6117134
		4	34.65196549680240°	10.3741227	.001	14.3142928	54.9896382
	3	1	151.16065672877914°	6.8452234	.000	137.7411206	164.5801928
		2	75.79968307953970°	11.3179478	.000	53.6117134	97.9876527
		4	110.45164857634211°	6.4535072	.000	97.8000420	123.1032551
	4	1	40.70900815243704°	5.1364931	.000	30.6393069	50.7787094
		2	-34.65196549680240°	10.3741227	.001	-54.9896382	-14.3142928
		3	-110.45164857634211°	6.4535072	.000	-123.1032551	-97.8000420
Slope SD	1	2	-.26212540837559°	.1196366	.028	-.4966638	-.0275870
		3	-.34114463155538°	.0770968	.000	-.4922869	-.1900024
		4	.08291657799991	.0578516	.152	-.0304970	.1963302
	2	1	.26212540837559°	.1196366	.028	.0275870	.4966638
		3	-.07901922317979	.1274724	.535	-.3289191	.1708806
		4	.34504198637550°	.1168422	.003	.1159817	.5741022
	3	1	.34114463155538°	.0770968	.000	.1900024	.4922869
		2	.07901922317979	.1274724	.535	-.1708806	.3289191
		4	.42406120955528°	.0726849	.000	.2815680	.5665544
	4	1	-.08291657799991	.0578516	.152	-.1963302	.0304970
		2	-.34504198637550°	.1168422	.003	-.5741022	-.1159817
		3	-.42406120955528°	.0726849	.000	-.5665544	-.2815680
Elevation SD	1	2	-.41645656090226°	.0931461	.000	-.5990623	-.2338509
		3	-.25474531257521°	.0600256	.000	-.3724209	-.1370697
		4	.26172606751436°	.0450418	.000	.1734251	.3500270
	2	1	.41645656090226°	.0931461	.000	.2338509	.5990623
		3	.16171124832705	.0992468	.103	-.0328545	.3562770
		4	.67818262841661°	.0909704	.000	.4998421	.8565232
	3	1	.25474531257521°	.0600256	.000	.1370697	.3724209
		2	-.16171124832705	.0992468	.103	-.3562770	.0328545
		4	.51647138008957°	.0565906	.000	.4055298	.6274130
	4	1	-.26172606751436°	.0450418	.000	-.3500270	-.1734251
		2	-.67818262841661°	.0909704	.000	-.8565232	-.4998421
		3	-.51647138008957°	.0565906	.000	-.6274130	-.4055298

Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης με την μέθοδο fuzzy k-means κατηγοριοποίησε τους αμπελώνες σε διαφορετικές ζώνες οι οποίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά στην ανάπτυξή τους. Στην ανάλυση διακύμανσης αποτυπώθηκε στατιστικά η διαφορά στην βλάστηση των αμπελώνων των ζωνών και πλέον με βεβαιότητα οι επιμέρους ζώνες αποτελούν έναν διαχωρισμό της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας.

4 Συμπεράσματα

Στην συγκεκριμένη εργασία έγινε η ταξινόμηση των αμπελώνων της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας για τα έτη 2018 και 2019 ξεχωριστά αλλά και συνδυαστικά, με βάση τις διαφορές στην ανάπτυξή τους που αποτυπώνονται με τους δείκτες βλάστησης. Επίσης ένας επιπλέον στόχος ήταν να ερευνηθούν οι μεταβολές των δεικτών σε σχέση με τις διαφορετικές περιοχές, να εξεταστούν διάφορες τοπογραφικοί παράμετροι οι οποίοι διαφοροποιούνται εντός της περιοχής μελέτης και να γίνει ο έλεγχος για την συσχέτιση με τους δείκτες βλάστησης.

Η ταξινόμηση της περιοχής για 2 διαφορετικά έτη οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι διαφορετικές συνθήκες στην περιοχή κατά την περίοδο μελέτης οδηγούν την βλάστηση σε διαφορετική ανάπτυξη. Η κατηγοριοποίηση των περιοχών δεν απέχει πολύ από την γενική άποψη για την περιοχή καθώς εμπειρικά χωρίζεται σε τρεις ζώνες, αυτό επιβεβαιώθηκε και από την μελέτη. Στην παρούσα διατριβή εξετάστηκαν επίσης οι δυνατότητες που προσφέρουν τα δωρεάν δορυφορικά δεδομένα μέτριας ανάλυσης στην παρατήρηση της βλάστησης σε αυτή την κλίμακα. Το σύνολο των δορυφορικών δεδομένων προήλθε από την πλατφόρμα του Sentinel-2 όπου με 10 μέτρα ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην μελέτη μίας περιοχής όπως η ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέας.

Η μελέτη αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν σκαλοπάτι για περαιτέρω έρευνα με παρόμοια μεθοδολογία, καθώς έχει ενδιαφέρον η διαφοροποίηση της ανάπτυξης της βλάστησης σε υποπεριοχές της ζώνης ΟΠΑΠ Νεμέας. Για παράδειγμα αξίζει να μελετηθεί η ανάπτυξη στον κάμπο της Νεμέας ή στους ορεινούς αμπελώνες στην περιοχή του Ασπρόκαμπου. Επιπλέον η στατιστική μελέτη των δεικτών σε συνδυασμό με τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά βοηθά στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για τους δείκτες βλάστησης και την ευαισθησία αυτών σε διάφορα χαρακτηριστικά της βλάστησης.

Για την διεκπεραίωση της εργασίας χρειάστηκε να γίνει μια βιβλιογραφική ανασκόπηση έτσι ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος. Η διαδικασία ήταν δύσκολη καθώς δεν υπήρχαν αναφορές στην ταξινόμηση της βλάστησης σε ασυνεχή περιοχή που αποτελείται από ξεχωριστά πολύγωνα. Επίσης η έννοια της γεωργίας ακριβείας δεν συμπίπτει με την διαδικασία της παρούσας μελέτης κάτι το οποίο ήταν ανασταλτικός παράγοντας στην βιβλιογραφική ανασκόπηση. Ένα επιπλέον αντικείμενο στο οποίο αφιερώθηκε μεγάλο κομμάτι του χρονοδιαγράμματος ήταν η εύρεση του λογισμικού για την ταξινόμηση με βάση τον αλγόριθμο fuzzy K-means. Άλλα λογισμικά που να χρησιμοποιούν τον συγκεκριμένο αλγόριθμο δεν βρέθηκαν, οι διαφορετικές επιλογές ήταν να γραφεί κώδικας στην Matlab ή στην R. Παρά την παλαιότητα του συγκεκριμένου λογισμικού η διαδικασία ήταν εύκολη καθώς έπρεπε απλά να μετατραπούν τα dbf των shapefile σε csv.

Στην έρευνα ένα σύνηθες φαινόμενο είναι τα αδιέξοδα. Ένα αδιέξοδο ήταν η επιλογή να μειωθούν οι στήλες των μεταβλητών με την ανάλυση κυρίων συνιστωσών. Το αποτέλεσμα αυτού ήταν ένα σετ δεδομένων το οποίο είχε σαν στήλες τις συνιστώσες κάθε ημέρας από τους δείκτες βλάστησης. Αυτή η διαδικασία δεν οδήγησε σε κατηγοριοποίηση γιατί τα αποτελέσματα δεν εμφάνιζαν συνέχεια σαν μεταβλητές, έτσι απορρίφθηκε η συγκεκριμένη μεθοδολογία. Επίσης τα αναμενόμενα προβλήματα ήταν αυτά που προκύπτουν σε μια παρόμοια διαδικασία που περιέχουν τηλεπισκόπηση και GIS. Η έννοια του «try and error» αναφέρεται στις πολλές προσπάθειες που γίνονται μέχρι να φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα, έτσι και στην συγκεκριμένη μελέτη το επιθυμητό αποτέλεσμα ήρθε μετά από αρκετές προσπάθειες, πειραματισμούς και

εξερεύνηση των δεδομένων. Ένα σημαντικό θέμα που προέκυψε ήταν πως η ανάλυση του δορυφόρου δεν βοηθά στο 100% στον εντοπισμό του αμπελώνα καθώς μέσα σε ένα pixel περιέχονται 2-3 πρέμνα και ο ενδιάμεσος χώρος που αν είναι οργωμένος θα ρίχνει πολύ την τιμή του δείκτη βλάστησης ή αν δεν έχει λάβει την σωστή διαχείριση θα έχει αρκετά ζιζάνια τα οποία ανεβάζουν την τιμή των δεικτών βλάστησης.

Εν κατακλείδι η έρευνα βοήθησε στην περεταίρω εξοικείωση με τον τομέα της γεωργίας και των αμπελώνων και τον συνδυασμό αυτών με την τηλεπισκόπηση και το GIS. Επίσης η έννοια του Fuzzy ήταν δύσκολη στην κατανόηση της όσον αφορά την ταξινόμηση των σημείων καθώς δεν είναι μια συνεχής επιφάνεια για να γίνει πιο εύκολα κατανοητή. Επίσης η περεταίρω έρευνα μπορεί να βασιστεί σε εικόνες με καλύτερη ανάλυση, αυτές μπορεί να είναι από δορυφορικούς δέκτες υψηλής διακριτικής ικανότητας αλλά και από μη επανδρωμένα αεροσκάφη ή drone. Τέλος σημαντικό θα είναι να ερευνηθεί το αντικείμενο μελέτης με υπερφασματικούς δέκτες μια καλή ανάλυση και να απομονωθούν τα πρέμνα των αμπελώνων για να μην υπάρχουν παρερμηνεύσεις της κατάστασης της βλάστησης.

5 Βιβλιογραφία

[Ηλεκτρονικό] // copernicus.eu. - <https://scihub.copernicus.eu/>.

[Ηλεκτρονικό] // scihub.copernicus.eu. - scihub.copernicus.eu/dhus.

A. R. Huete K. Didan, Wim Van Leeuwen Modis Vegetation Index (MOD 13). Algorithm Theoretical Basis Document Version 3 [Επιθεώρηση]. - 1999.

A. Tagarakis V. Liakos, S. Fountas, S. Koundouras, T. A. Gemtos Management zones delineation using fuzzy clustering techniques in grapevines [Επιθεώρηση]. - Volos : [s.n.], 2012.

Agnes Destrac Irvine Gerard Barbeau, Laure de Rességuier, Thierry Dufourcq, Vincent Dumas, Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri, Hernan Ojeda, Nicolas Saurin, Cornelis van Leeuwen, Eric Duchêne Measuring the phenology to more effectively manage the vineyard [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : International Viticulture and Enology Society, 2019.

Ana Belén González-Fernández José Ramón Rodríguez-Pérez, Enoc Sanz-Ablanedo, José Benito Valenciano, Victoriano Marcelo Delineating vineyard zones by fuzzy K-means algorithm based on grape sampling variables [Επιθεώρηση]. - León : Scientia Horticulturae, 2018.

Ana Belén González-Fernández José Ramón Rodríguez-Pérez, Enoc Sanz-Ablanedo, José Benito Valenciano, Victoriano Marcelo Delineating vineyard zones by fuzzy K-means algorithm based on grape sampling variables [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Scientia Horticulturae, 2019. - Τόμ. 243.

Anatoly A. Gitelson Galina P. Keydan, Mark N. Merzlyak Three-band model for noninvasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin contents in higher plant leaves [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Hydrology and Land Surface Studies, 2006. - 11 : Τόμ. 33.

Anselin Luc Local Indicators of Spatial Association [Βιβλίο]. - [s.l.] : Geographical Analysis, 1995. - Τόμ. 27.

ArcGIS 10.3 Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) (Spatial Statistics) Help. - [s.l.] : ArcGIS.

ArcGIS desktop.arcgis.com [Ηλεκτρονικό]. - ESRI. - 18 6 2020. -

<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/cartography-toolbox/aggregate-polygons.htm>.

Arlete Rodrigues Andre R.S. Marcal, Mario Cunha PHENOLOGY PARAMETER EXTRACTION FROM TIME-SERIES OF SATELLITE VEGETATION INDEX DATA USING PHENOSAT [Συνέδριο] // IGARSS . - Munich : [s.n.], 2012.

Baggiolini M Les stages repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. [Βιβλίο]. - [s.l.] : Romande Agric. Viticulture, 1952. - Τόμ. 8.

Bezdek James C. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms [Βιβλίο]. - New York : PLENUM PRESS, 1981.

Blackburn G. A. Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: A test using senescent tree leaves [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : International Journal of Remote Sensing , 1998.

Borden D. Dent Thomas W. Hodler CARTOGRAPHY Thematic Map Design [Βιβλίο]. - [s.l.] : McGraw-Hill Companies, 2009. - Τόμ. 6.

Buschmann C. Nagel E In vivo spectroscopy and internal optics of leaves as basis for remote sensing of vegetation [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : International Journal of Remote Sensing , 1993.

Chaoyang Wu Zheng Niu, Quan Tang, Wenjiang Huang, Benoit Rivard, Jilu Feng Remote estimation of gross primary production in wheat using chlorophyll-related vegetation indices [Επιθεώρηση]. - Beijing : Agricultural and Forest Meteorology, 2009.

D. Davis S. Fountas, K. Aggelopoulou, T. A Gemtos, G. Velidis Management Zones

- for High Valued Crops in Greece [Συνέδριο] // Sixth European Conference on Precision Agriculture. - Skiathos : [s.n.], 2007.
- Daughtry C. S. T. Walthall C. L., Kim M. S., de Colstoun E. Brown, McMurtrey Iii J. E** Estimating Corn Leaf Chlorophyll Concentration from Leaf and Canopy Reflectance [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Remote Sensing of Environment , 2000.
- ESRI** ESRI Shapefile Technical Description [Βιβλίο]. - [s.l.] : Environmental System Research Institute, 1998.
- F. Baret G. Guyot, D. J. Major** Crop biomass evaluation using radiometric measurements [Επιθεώρηση] // Photogrammetria. - 1989. - 5 : Τόμ. 43. - σσ. 241-256. - doi.org/10.1016/0031-8663(89)90001-X.
- FLEISCHER WALTER** THE RELATION BETWEEN CHLOROPHYLL CONTENT AND RATE OF PHOTOSYNTHESIS [Επιθεώρηση] // The Journal of General Physiology. - 1935. - doi: 10.1085/jgp.18.4.573.
- Golnaz Badr Gerrit Hoogenboom** Estimating the growing season length using remotely sensed based vegetation indices: a case study for Washington State vineyards. [Συνέδριο] // 2013 ASABE Annual International Meeting. - Kansas City : [s.n.], 2013. houseofwine.gr [Ηλεκτρονικό]. - 20 3 2020. - <https://www.houseofwine.gr/how/agiorgitiko>.
- Huete R. A.** A soil-adjusted vegetation index (SAVI) [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Remote Sensing of Environmen, 1988.
- I. O. A. Odeh A. B. McBratney, D. J. Chittleborough** Soil Pattern Recognition with Fuzzy-c-means: Application to Classification and Soil-Landform Interrelationships [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Soil Science Society of America Journal, 1992. - 2 : Τόμ. 56.
- Ioannis Katsikis Dionissios Kalivas, Georgios Kotseridis, Maria Ioanna Xenia** Monitoring of ripening and yield of vineyards in Nemea region using UAV [Συνέδριο] // 21st GiESCO International Meeting: 'A Multidisciplinary Vision towards Sustainable Viticulture'. - Thessaloniki : [s.n.], 2019.
- J. W. Rouse R. H. Haas, J. A. Well, D. W. Deering** Monitoring vegetationsystems in the Great Plains with ERTS [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : 3rd ERTS Symposium, 1973.
- James C. Bezdek Robert Ehrlich, William Full** FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Computers & Geosciences, 1984. - 2 : Τόμ. 10.
- Jinru Xue Baofeng Su** Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications [Επιθεώρηση] // Journal of Sensors. - 2017. - Τόμ. 2017. - doi.org/10.1155/2017/1353691 .
- Jon J. Fridgen Newell R. Kitchen, Kenneth A. Sudduth, Scott T. Drummond, William J. Wiebold, Clyde W. Fraisse** Management Zone Analyst (MZA): Software for Subfield Management Zone Delineation [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Agronomy journal, 2004. - Τόμ. 96.
- Kateryna Gorbatiuk Olha Mantalyuk, Oksana Proskurovych, Oleksandr Valkov** Analysis of regional development disparities in Ukraine using fuzzy clustering [Συνέδριο] // 8th International Conference on Monitoring, Modeling and Management of Emergent Economy: Experimental Economics and Machine Learning for Prediction of Emergent Economy Dynamics. - Odessa : [s.n.], 2019.
- Kelyn Schenatto Eduardo Godoy de Souza, Claudio Leones Bazzi, Alan Gavioli, Nelson Miguel Betzek, Humberto Martins Beneduzzi** Normalization of data for delineating management zones [Επιθεώρηση]. - Paraná : Computers and Electronics in Agriculture, 2017.
- Liliana Albornoz Luis Rodríguez Plaza, Armando Navarro, Marcela López, Carlos Bageta, Laura Mercado** Vineyard zoning of cv Bonarda argentine (Vitis vinifera L.), from Sentinel satellite images and three vegetation indexes [Επιθεώρηση]. - Mendoza : Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 2019.
- Marcos S. Rodrigues Jose E. Cora** Management zones using fuzzy clustering based

on spatial-temporal variability of soil and corn yield [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering, 2015. - Τόμ. 35.

Miura T. Yoshioka H., Fujiwara K., Yamamoto H. Inter-Comparison of ASTER and MODIS Surface Reflectance and Vegetation Index Products for Synergistic Applications to Natural Resource Monitoring [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Sensors, 2008.

Nicolas Devaux Thomas Crestey, Corentin Leroux, Bruno Tisseyre Potential of Sentinel-2 satellite images to monitor vine fields grown at a territorial scale [Επιθεώρηση]. - Montpellier : International Viticulture and Enology Society, 2019.

Nikhil R. Pal Kuhu Pal, James M. Keller, James C. Bezdek A Possibilistic Fuzzy c-Means Clustering Algorithm [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, 2005. - 4 : Τόμ. 13.

P.J.Zarco-Tejada A.Berjón, R.López-Lozano, J.R.Miller, P.Martín, V.Cachorro, M.R.González, A.de Frutos Assessing vineyard condition with hyperspectral indices: Leaf and canopy reflectance simulation in a row-structured discontinuous canopy [Επιθεώρηση] // Remote Sensing of Environment. - 2005. - 3 : Τόμ. 99. - σσ. 271-287. - doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.002.

Penuelas J. Baret F., Filella I. Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Photosynthetica , 1995. - Τόμ. 31 .

Peter John McEntee Sarita Jane Bennett, Robert Keith Belford Mapping the spatial and temporal stability of production in mixed farming systems: an index that integrates crop and pasture productivity to assist in the management of variability [Επιθεώρηση]. - Perth : Precision Agriculture, 2019.

Pietro Ceccato Stéphane P Flasse, Stefano Tarantola, Stéphane Jacquemoud, Jean-Marie Grégoire Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain [Επιθεώρηση] // Remote Sensing of Environment. - July 2001. - 1 : Τόμ. 77. - σσ. 22-33. - DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00191-2.

Prasad S. Thenkabail John G. Lyon, Alfredo Huete Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation, Hyperspectral Indices and Image Classifications for Agriculture and Vegetation [Βιβλίο]. - Boca Raton : CRC Press, 2019. - Τόμ. II.

Pratheba.R Sivasangari.A, Dr.D.Saraswady Performance Analysis of Pest Detection for Agricultural Field using Clustering Techniques [Συνέδριο] // International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies. - Nagercoil : [s.n.], 2014.

Qi J. Chehbouni A., Huete A.R., Kerr Y.H., Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI) [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Remote Sensing of Environment, 1994.

Qiaoyun Xie Jadau Dash, Wenjiang Huang, Dailiang Peng, Qiming Qin, Hugh Mortimer, Raffaele Casa, Stefano Pignatti, Giovanni Laneve, Simone Pascucci, Yingying Dong, Huichun Ye Vegetation Indices Combining the Red and Red-Edge Spectral Information for Leaf Area Index Retrieval [Άρθρο]. - [s.l.] : IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING, 2018.

R. MUNDEN P. J. CURRAN, J. A. CATT The relationship between red edge and chlorophyll concentration in the Broadbalk winter wheat experiment at Rothamsted [Επιθεώρηση] // International Journal of Remote Sensing. - 1994. - 3 : Τόμ. 15. - σσ. 705-709. - DOI: 10.1080/01431169408954110.

R.L. WEISER G.ASRARG.P.MILLERE.T.KANEMASU Assessing grassland biophysical characteristics from spectral measurements [Επιθεώρηση] // Remote Sensing of Environment. - 1986. - 2 : Τόμ. 20. - σσ. 141-152. - doi.org/10.1016/0034-4257(86)90019-2.

Richards John Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction [Βιβλίο]. - Lodnon : Springer, 2013. - Τόμ. Fifth Edition.

Saturnino Leguizamon Henk Pelgrum, Susanna Azzali Unsupervised Fuzzy C-

Means Classification for the Determination of Dynamically Homogeneous Areas [Συνέδριο] // Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. - Salvador : [s.n.], 1996.

Sentinel ESA MultiSpectral Instrument (MSI) Overview [Ηλεκτρονικό]. - ESA Sentinel Online. - 26 6 2020. - <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>.

Vilem Novak Irina Perfilieva, Jiri Mockor Mathematical Principles of Fuzzy Logic [Βιβλίο]. - New York : Springer Science+Business Media, 1999.

Xiaodong Zhang Lijian Shi Æ Xinhua Jia, George Seielstad, Craig Helgason Zone mapping application for precision-farming: a decision support tool for variable rate application [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Precision Agriculture, 2009.

Xiaoyu Song Jihua Wang, Wenjiang Huang, Liangyun Liu, Guangjian Yan, Ruiliang Pu The delineation of agricultural management zones with high resolution remotely sensed data [Επιθεώρηση]. - Beijing : Precision Agric, 2009.

Yan LI Zhou SHI, Ci-fang WU, Hong-yi LI, Feng LI Determination of potential management zones from soil electrical conductivity, yield and crop data [Επιθεώρηση]. - Hangzhou : Journal of Zhejiang University SCIENCE B, 2007.

Yaozhong Pan Xianyi Li, P. Gong, Chunyang He, P. Shi, Ruiliang Pu An integrative classification of vegetation in China based on NOAA AVHRR and vegetation–climate indices of the Holdridge life zone [Επιθεώρηση]. - Beijing : International Journal of Remote Sensing, 2001.

Zhangyan Jiang Alfredo R. Huete, Jing Lib, Jiaguo Qi Interpretation of the modified soil-adjusted vegetation index isolines in red-NIR reflectance space [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Journal of Applied Remote Sensing, 2007.

Βασιλική Κόλλια Διονύσιος Καλύβας, Δημήτριος Τριαντακωνσταντής Γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα [Βιβλίο]. - Αθήνα : Έμβρυο, 2012.

Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος Ευρωπαϊκή Επιτροπή Το δίκτυο Natura 2000 στην περιοχή της Μεσογείου [Βιβλίο]. - [s.l.] : Εκδόσεις Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2010. - ISBN 978-92-79-14715-9.

Ζαχαροπούλου Χρυσούλα Στατιστική Μέθοδοι - Εφαρμογές, Τόμος Α [Βιβλίο]. - Θεσσαλονίκη : Σοφία, 2012. - Τόμ. 5.

Ζαχαροπούλου Χρυσούλα Στατιστική Μέθοδοι - Εφαρμογές, Τόμος Β [Βιβλίο]. - Θεσσαλονίκη : Σοφία, 2011.

Καλύβας Διονύσιος Εδαφολογία, Αξιολόγηση εδαφών, τοποκλιματικές συνθήκες και κρασί [Βιβλίο]. - Αθήνα : Ίων, 2003.

Κουτσόπουλος Κωστής Πραγματεία Ανάλυσης Χώρου, Θεωρία και Μέθοδοι [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2009. - Τόμ. Ι.

Μανολής Σταυρακάκης Χαράλαμπος Συμίνης, Κατερίνα Μπίνιαρη, Γεώργιος Σωτηρόπουλος Αμπελουργία [Βιβλίο]. - Αθήνα : Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, 2003.

Μερτίκας Στέλιος Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εκδόσεις ΙΩΝ, 2009.

Μιλτιάδης Χαλκιιάς Παναγιώτα Λάλου, Αλεξάνδρα Μανωλέσου Μεθοδολογία Έρευνας και Εισαγωγή στη Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με το IBM SPSS STATISTICSΜΙΑΤΙΑΔΗΣ [Βιβλίο]. - [s.l.] : Εκδόσεις Κάλλιπος, 2015.

Χαλκιιάς Χρίστος Γεωγραφική Ανάλυση με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής, Εφαρμοσμένα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών [Βιβλίο]. - Αθήνα : ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ, 2015.