

Μάθημα: Διαχείριση και Επεξεργασία Μεγάλων Δεδομένων Παρατήρησης Γης

ΔΠΜΣ: ΕΔΕΜΜ

Άσκηση: 3η - Γεωχωρικές Υπηρεσίες και Διαδικτυακές Εφαρμογές

Ονοματεπώνυμο: Στέφανος Πέτκοβιτς

Αριθμός Μητρώου: 03400281

Προθεσμία Παράδοσης: 30/6/2025

Περίληψη Άσκησης

Στην παρούσα άσκηση, με σημείο εκκίνησης την παραγωγή μιας χρονοσειράς απεικονίσεων Sentinel-2 για συγκεκριμένη περιοχή μελέτης, πραγματοποιήθηκε η λήψη, η επεξεργασία και η οπτικοποίηση σχημάτων, γραφημάτων κ.α. γεωχωρικών δεδομένων τύπου raster (π.χ. έγχρωμα σύνθετα Sentinel-2) και vector (π.χ. οδικό δίκτυο). Κατόπιν, το σύνολο των γεωχωρικών δεδομένων οπτικοποιήθηκε μέσω διαδραστικού χάρτη σε περιβάλλον jupyter notebook.

Δημιουργία Χρονοσειράς Sentinel-2 Απεικονίσεων και Λήψη/Δημιουργία Συνοδευτικών Συνόλων Δεδομένων για τον Ορισμό Περιοχής Μελέτης

Για την περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε (λίμνη Δοϊράνη στα σύνορα Ελλάδας και Βόρειας Μακεδονίας), αρχικά έγινε η λήψη της χρονοσειράς απεικονίσεων Sentinel-2 με χρήση του Google Earth Engine API για ανάπτυξη κώδικα σε Python και με τις παρακάτω παραμέτρους:

- Μέγιστη Νεφοκάλυψη: 10%
- Διάσταση Bounding Box Χρονοσειράς: 1500px → 15km
- Σύστημα Αναφοράς (CRS): EPSG:4326 (WGS '84)
- Αρχική Ημ/νια Συλλογής Απεικονίσεων: 2024-01-01
- Τελική Ημ/νια Συλλογής Απεικονίσεων: 2024-12-31

Από την παραπάνω διαδικασία αποκτήθηκαν 24 απεικονίσεις Sentinel-2 με 12 φασματικά κανάλια τα οποία επαναπροσαρμόστηκαν στην χωρική ανάλυση εικονοστοιχείου των 10 μέτρων. Επίσης, υπολογίστηκαν και οι φασματικοί δείκτες NDVI, NDWI και SATVI, στοιχεία των οποίων παρατίθενται παρακάτω:

- $NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red}$: Δίνει έξοδο με εύρος τιμών εικονοστοιχείων [-1,1] (το ίδιο ισχύει και για τους υπόλοιπους δείκτες) και αποτυπώνει τις επιφάνειες με υγιή βλάστηση που εμφανίζουν έντονη ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι.
- $NDWI = \frac{Green-NIR}{Green+NIR}$: Αποτυπώνει τις υδάτινες επιφάνειες και την περιεκτικότητα της βλάστησης σε νερό.
- $SAVI = (1 + L) \frac{NIR-Red}{NIR+Red+L}$: Αποτελεί βελτίωση του NDVI με εισαγωγή ενός συντελεστή κλιμάκωσης L (σχετίζεται με την πυκνότητα βλάστησης στην περιοχή μελέτης και τέθηκε ίσος με L=0.5) για την μείωση της επιρροής της ανακλαστικότητας του εδάφους σε περιοχές με χαμηλή βλάστηση.

Έπειτα, το σύνολο φασματικών καναλιών και δεικτών για κάθε απεικόνιση συνενώθηκαν σε ένα stack παράγοντας έτσι ένα GeoTiff αρχείο με 360 bands. Τέλος, ορίστηκε και μια περιοχή μελέτης (εμβαδού περίπου 88 στρεμμάτων) για την παρακολούθηση της εξέλιξης των φασματικών δεικτών κατά μήκος της χρονοσειράς Sentinel-2, ενώ ελήφθησαν από την διεύθυνση <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> και συγκεκριμένα μετεωρολογικά

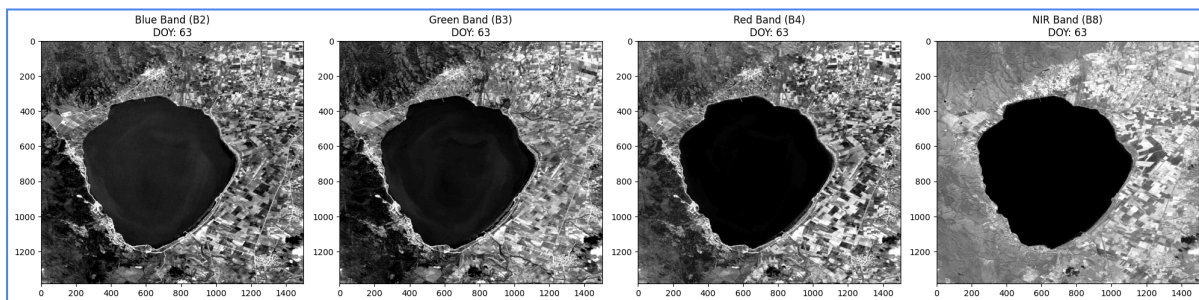
δεδομένα MERRA-2 (θερμοκρασία, υετός και σχετική υγρασία) με ακρίβεια 2 μέτρων για ένα σημείο κοντά στην περιοχή μελέτης.



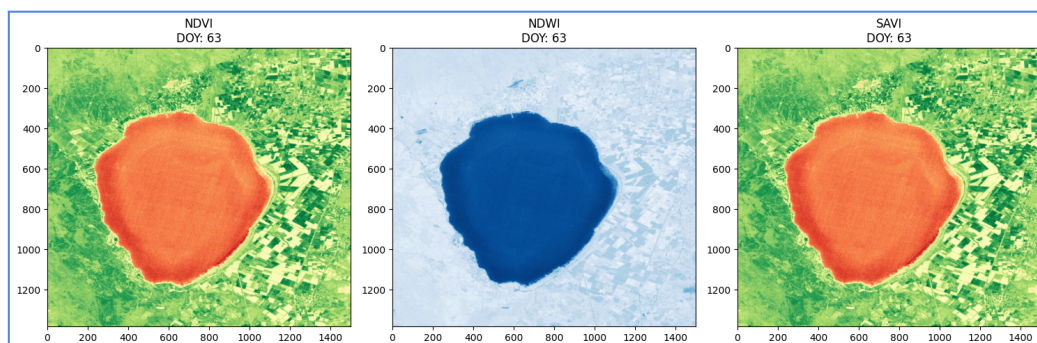
Σχήμα 1. Απόσπασμα ορίων πολυγώνου μελέτης σε υπόβαθρο Google Satellite

Παρουσίαση Raster Δεδομένων και Γραφημάτων Φασματικών Δεικτών

Για την ενδεικτική παρουσίαση των raster δεδομένων (χρονοσειρά απεικονίσεων Sentinel-2), επιλέχθηκε μια τυχαία ημερομηνία από την χρονοσειρά. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται ξεχωριστά τα οπτικά φασματικά κανάλια, το εγγύς υπέρυθρο κανάλι καθώς και οι φασματικοί δείκτες που περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα με κατάλληλο color map.

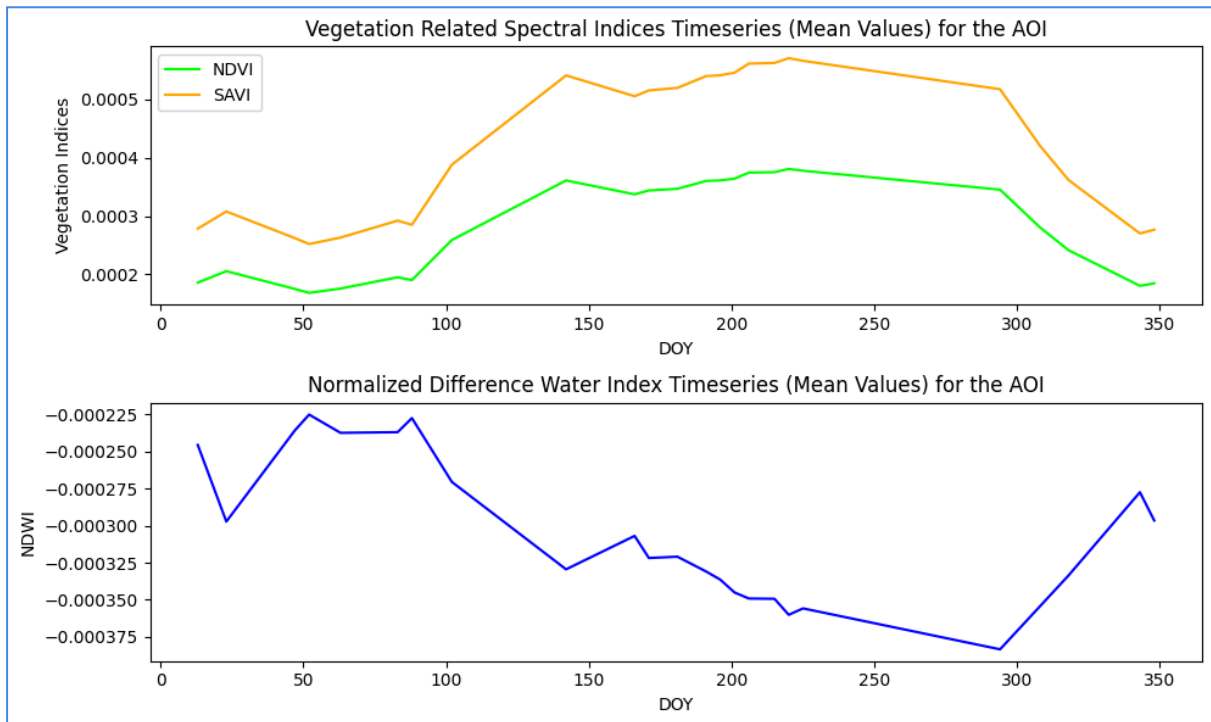


Σχήμα 2. Αποσπάσματα φασματικών καναλιών Sentinel-2 Blue, Green, Red και NIR για μια τυχαία ημερομηνία από την χρονοσειρά.



Σχήμα 3. Αποσπάσματα φασματικών δεικτών NDVI, NDWI και SAVI για την ίδια (τυχαία) ημερομηνία.

Αναφορικά με τους δείκτες NDVI και SAVI, είναι φυσικό να εμφανίζεται μεγάλη ομοιότητα στην κατανομή των τιμών εικονοστοιχείων καθώς και οι 2 στοχεύουν στην ανίχνευση βλάστησης. Έπειτα, παρουσιάζονται για το πολύγωνο μελέτης και τα γραφήματα εξέλιξης των διαθέσιμων φασματικών δεικτών βάσει του μέσου όρου όλων των εικονοστοιχείων εντός του πολυγώνου μελέτης (εφόσον οι δείκτες NDVI και SAVI αποτυπώνουν από κοινού την βλάστηση τοποθετούνται στο ίδιο γράφημα).



Σχήμα 4. Απόσπασμα γραφημάτων εξέλιξης φασματικών δεικτών (μέσος όρος) εντός του πολυγώνου μελέτης

Σε σχέση με την εξέλιξη του μέσου όρου των τιμών NDVI και SAVI για το πολύγωνο μελέτης κατά μήκος των χρονοσειρών απόκτησης Sentinel-2 απεικονίσεων, παρατηρείται ότι παρόλο που οι μεταξύ τους διαφορές είναι πολύ μικρές (τάξης μεγέθους περίπου 10^{-3}), ο δείκτης SAVI παρουσιάζει σταθερά μεγαλύτερες τιμές από τον NDVI λόγω του γεγονότος ότι μπορεί να ανιχνεύσει βλάστηση η οποία "δεσμεύεται" στον NDVI από την ανακλαστικότητα του εδάφους. Αναφορικά με την εξέλιξη του δείκτη NDWI, αυτή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως τυπική για την πάροδο ενός έτους όπου ξεκινά από υψηλές τιμές κατά τους χειμερινούς μήνες και μειώνεται σταθερά (πλην ορισμένων διακυμάνσεων που κατά πάσα πιθανότητα σχετίζονται με φαινόμενα βροχόπτωσης) κατά τους μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού που επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες και παρατηρείται χαμηλότερη σχετική υγρασία.

Εισαγωγή Vector Δεδομένων για την Περιοχή Μελέτης και Γραφήματα Μετεωρολογικών Δεδομένων

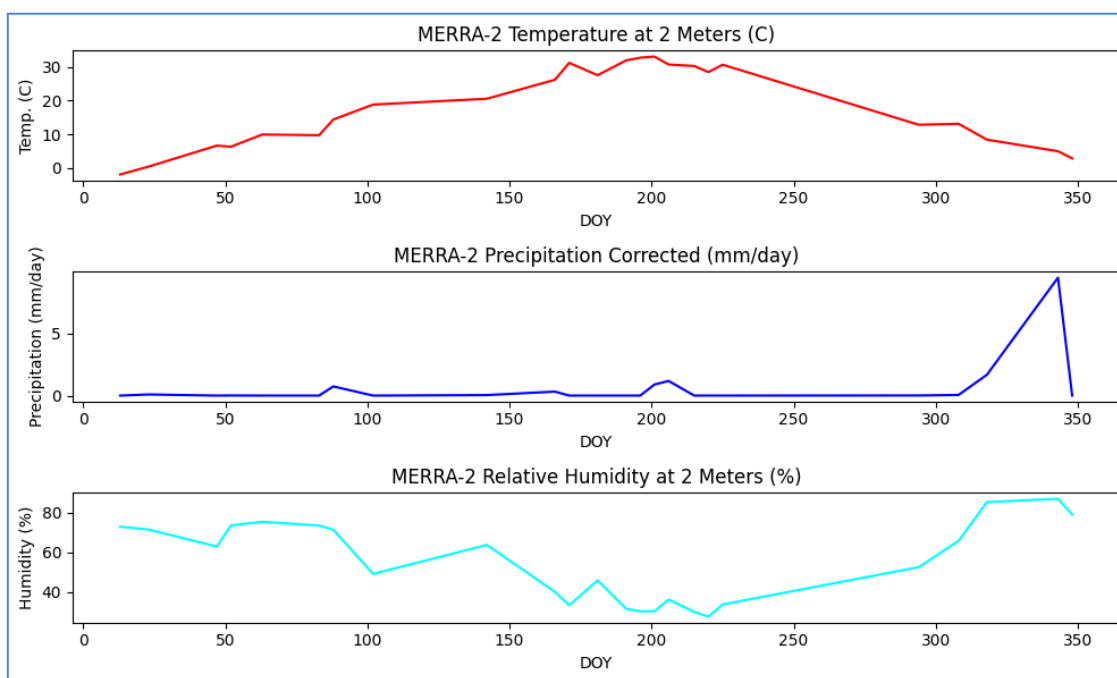
Τα διανυσματικά/vector δεδομένα της περιοχής μελέτης παρήχθησαν μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας BBBike (σχετικό link: <https://extract.bbbike.org/>) η οποία δίνει την δυνατότητα εξαγωγής επιπέδων από το Open Street Maps σε κάποιο τύπο δεδομένων vector αρχείων

(π.χ. shapefile). Ορισμένες πληροφορίες για τα vector αρχεία δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Διευκρινίζεται ότι το πεδίο ενδιαφέροντος περιέχει τις κατηγορίες (που δεν περιέχουν NULL εγγραφές) βάσει των οποίων ορίζονται τα σχετικά σύμβολα που θα χρησιμοποιηθούν για την οπτικοποίηση των διανυσματικών δεδομένων στον διαδραστικό πίνακα στο τελευταίο βήμα. Αν δεν υπάρχει πεδίο ενδιαφέροντος, όλες οι οντότητες του επιπέδου εμφανίζονται στον διαδραστικό χάρτη με τον ίδιο τρόπο.

<u>Επίπεδο</u>	<u>Γεωμετρία</u>	<u>Κατηγορίες Πεδίου Ενδιαφέροντος</u>
Οδικό Δίκτυο	Γραμμική	Κύρια Οδός, Δευτερεύουσα Οδός, Τριτεύουσα Οδός, Οικιστική Οδός, Χωματόδρομος
Πλωτές Οδοί	Γραμμική	-
Χρήσεις Γης	Πολυγωνική	Οικισμός, Αγρός, Κοιμητήριο, Στρατόπεδο
Σημεία Φυσικού Ενδιαφέροντος	Πολυγωνική	-
Κατοικημένοι Τόποι	Σημειακή	Τοπωνύμιο

Σχήμα 5. Πίνακας βασικών ιδιοτήτων διανυσματικών αρχείων που χρησιμοποιήθηκαν.

Επιπλέον, εμφανίζονται και οι χρονοσειρές εξέλιξης των μετεωρολογικών μεταβλητών οι οποίες επαληθεύουν και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τις χρονοσειρές μέσου όρου των φασματικών δεικτών (π.χ. σταδιακή μείωση δείκτη νερού λόγω αυξανόμενων θερμοκρασιών και μείωσης σχετικής υγρασίας).



Σχήμα 6. Χρονοσειρές μετεωρολογικών δεδομένων για σημείο εντός της περιοχής μελέτης

Παρουσίαση Συνόλου Γεωχωρικών Δεδομένων σε Διαδραστικό Χάρτη

Ο διαδραστικός χάρτης του συνόλου των γεωχωρικών οντοτήτων που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της άσκησης υλοποιήθηκε μέσω της pyhton βιβλιοθήκης folium. Αναφορικά με τα raster δεδομένα που οπτικοποιήθηκαν μέσω του διαδραστικού χάρτη, για λόγους συντομίας οπτικοποιήθηκε για μια τυχαία ημερομηνία ένα φυσικό έγχρωμο σύνθετο RGB, ένα false color σύνθετο NIR-G-B καθώς και οι φασματικοί δείκτες με εφαρμογή colormap.