

Εκτίμηση του οργανικού άνθρακα του εδάφους από δορυφορικά δεδομένα Sentinel-2

Παπαδοπούλου Ζωή

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια «Γεωπληροφορικής και Χωρικής Ανάλυσης»
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τριαντακωνσταντής Δημήτρης

Ερευνητής Δ' ΕΛΓΟ Δήμητρα / Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων

Παπαδόπουλος Αριστοτέλης

Ερευνητής Α' ΕΛΓΟ Δήμητρα / Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων

Περιεχόμενα

1. Οργανικός άνθρακας του εδάφους
 2. Οργανικός άνθρακας και Κλιματική Αλλαγή
 3. Πρακτικές μετριασμού της κλιματικής αλλαγής
 4. Συμβατικές μέθοδοι VS ΓΠΣ & Τηλεπισκόπηση
 5. Περιοχή Μελέτης
 6. Εδαφολογικά & Δορυφορικά Δεδομένα
 7. Μεθοδολογία – Αποτελέσματα
 8. Συμπεράσματα
- Βιβλιογραφικές αναφορές

Οργανικός άνθρακας του εδάφους

Οργανικός άνθρακας του εδάφους:

- Είναι σημαντικός παράγοντας της ποιότητας του εδάφους
- Παρέχει μια πρωταρχική πηγή θρεπτικών συστατικών για τα φυτά
- Αναπτύσσει τη δομή του εδάφους
- Αυξάνει την ικανότητα αποθήκευσης νερού

Η αύξηση του οργανικού άνθρακα του εδάφους μπορεί να βελτιώσει την παραγωγικότητα του εδάφους, καθώς και να συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγής τροφίμων και να μετριάσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.



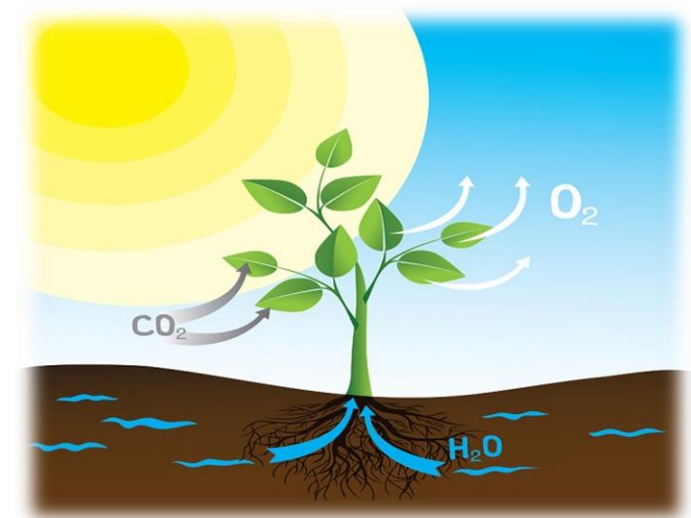
Εδαφικός Οργανικός Άνθρακας & Κλιματική αλλαγή

Μετά τους ωκεανούς, **το έδαφος** είναι η δεύτερη μεγαλύτερη φυσική καταβόθρα άνθρακα, διότι μέσω των φυτών δεσμεύει διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα.

Τα υγιή εδάφη έχουν μεγάλη σημασία όχι μόνο για την παραγωγή τροφίμων, αλλά και για την αποτροπή δυσμενών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (αύξηση μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη).

Οι αλλαγές στη χρήση της γης και στο έδαφος μπορούν είτε να επιταχύνουν, είτε να επιβραδύνουν την κλιματική αλλαγή.

Χωρίς υγιή εδάφη και βιώσιμη διαχείριση της γης και του εδάφους, δεν μπορούμε να αντιμετωπίσουμε την κλιματική αλλαγή.



Πρακτικές μετριασμού κλιματικής αλλαγής:



Η φυτοκάλυψη βελτιώνει την γονιμότητα του εδάφους και την αυξημένη κατακράτηση και διείσδυση νερού.

- Καλλιέργεια
- Φυτοκάλυψη (cover crops): απαραίτητη για τη διαχείριση της διάβρωσης του εδάφους, τη γονιμότητα του εδάφους, το νερό, τα ζιζάνια, τα παράσιτα, τις ασθένειες, τη βιοποικιλότητα
- Ελαχιστοποίηση της εφαρμογής των χημικών λιπασμάτων
- Όχι βαθιά οργώματα (>40 εκ)
- Ενσωμάτωση υπολειμμάτων καλλιέργειας

Συμβατικές μέθοδοι VS ΓΠΣ & Τηλεπισκόπηση

Οι συμβατικές μέθοδοι για την εκτίμηση των εδαφολογικών παραμέτρων είναι χρονοβόρες και κοστίζουν αρκετά

→ η εφαρμογή εναλλακτικών προσεγγίσεων καθίσταται επιτακτική ανάγκη!

Οι μέθοδοι τεχνικών **Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών** και **Τηλεπισκόπησης** είναι ταχύτερες και οικονομικά συμφέρουσες στον προσδιορισμό διαφόρων εδαφολογικών ιδιοτήτων, συμπεριλαμβανομένου του εδαφικού οργανικού άνθρακα μεταξύ άλλων.

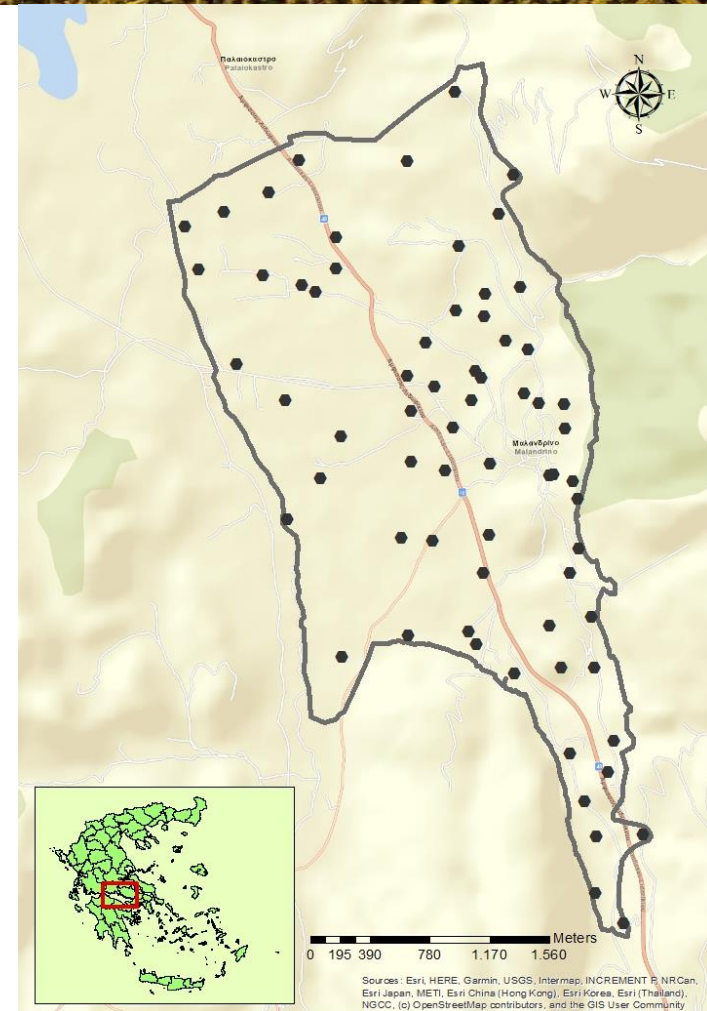
Περιοχή Μελέτης

- Επιλογή μίας πιλοτικής περιοχής:

Μαλανδρίνο Φωκίδας



συλλογή 67 δειγμάτων εδάφους



Δεδομένα

- ❑ Εδαφολογικά Δεδομένα, όπως κοκκομετρική σύσταση, ολικά άλατα, κτλ.
- ❑ Δορυφορικά Δεδομένα (κανάλια του Sentinel-2)
- ❑ Δείκτες παραγόμενοι από τα δορυφορικά δεδομένα Sentinel-2:
 - ❖ Δείκτης χρώματος εδάφους (Soil Color Index - SCI)
 - ❖ Δείκτης βλάστησης (NDVI)
 - ❖ Δείκτης γυμνού εδάφους (Bare Soil Index - BSI)

Δορυφορικά Δεδομένα

Επιλέχθηκε μια εικόνα Sentinel 2, υψηλής χωρικής ανάλυσης στο ορατό – VIS και στο κοντινό υπέρυθρο – NIR (ανάλυση 10 m).

Η εικόνα λήφθηκε στις 22 Αυγούστου 2018, διότι την περίοδο αυτή αναμένεται η ύπαρξη μεγάλης ποσότητας γυμνού εδάφους.

Τα δεδομένα λήφθηκαν από την European Space Agency (ESA) SciHub ως επίπεδο L1C (Product on Top-Of-Atmosphere level) και διορθώθηκαν στην εφαρμογή SNAP από το SEN2COR module στο επίπεδο L2A.

Sentinel-2 Bands	Spatial resolution (m)
Band 1 – Coastal aerosol	60
Band 2 – Blue	10
Band 3 – Green	10
Band 4 – Red	10
Band 5 – Vegetation Red Edge	20
Band 6 – Vegetation Red Edge	20
Band 7 – Vegetation Red Edge	20
Band 8 – NIR	10
Band 8A – Narrow NIR	20
Band 9 – Water vapour	60
Band 11 – SWIR 1	20
Band 12 – SWIR 2	20

VIS

NIR

Δεδομένα

Δείκτης Χρώματος Εδάφους (SCI)

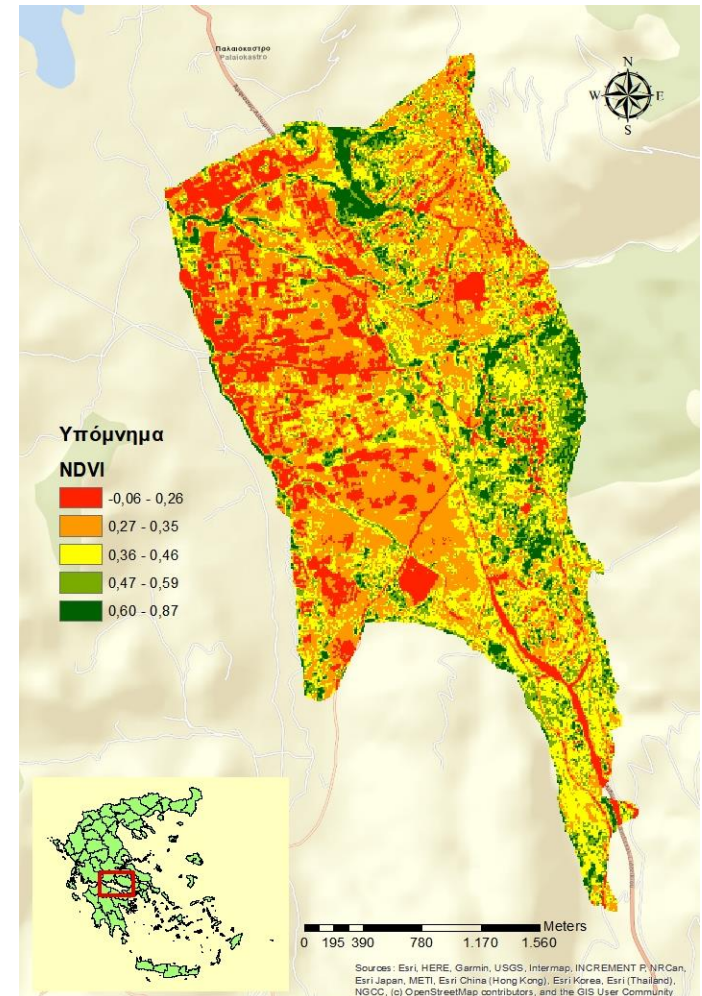
- ❑ Το χρώμα του εδάφους είναι ένα από τα πιο χρήσιμα χαρακτηριστικά του εδάφους.
- ❑ Αποτελεί έναν πρώτο δείκτη για την εκτίμηση του οργανικού άνθρακα του εδάφους.
- ❑ Τα σκουρόχρωμα εδάφη περιέχουν περισσότερο οργανική ύλη → υψηλότερη περιεκτικότητα εδαφικού οργανικού άνθρακα. Έτσι:
 - ❖ Σκοτεινά εδάφη → έχουν υψηλή οργανική ουσία, είναι γόνιμα και πιθανώς όχι καλά αποστραγγισμένα.
 - ❖ Κόκκινα εδάφη → καλά αποστραγγισμένα

$$\text{Soil Colour Index} = \frac{(\text{Red} - \text{Green})}{(\text{Red} + \text{Green})}$$

Δεδομένα

NDVI – Δείκτης Βλάστησης

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{Red})}{(\text{NIR} + \text{Red})}$$

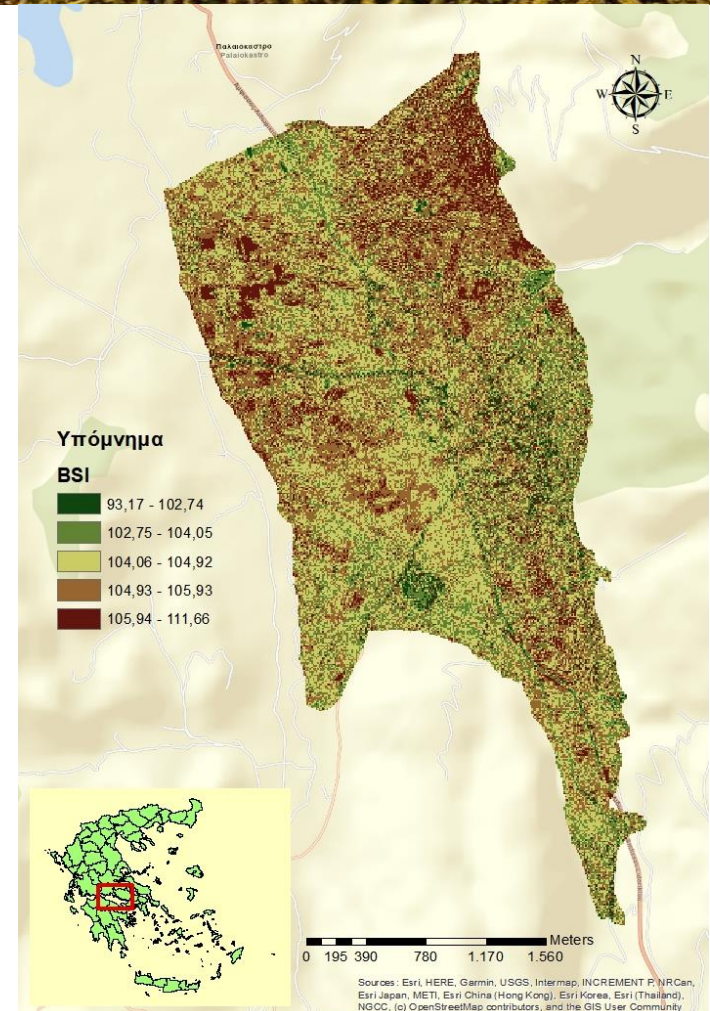


Δεδομένα

Δείκτης γυμνού εδάφους (BSI)

- Γυμνό έδαφος: έδαφος, που δεν καλύπτεται από γρασίδι, χαλίκια, βραχώδεις επιφάνειες κτλ.
- Συνδυασμός καναλιών: μπλε, κόκκινο, πράσινο και εγγύς υπέρυθρο για καταγραφή των μεταβολών του εδάφους.

$$BSI = \frac{(Red+Green)-(Red+Blue)}{(NIR+Green)+(Red+Blue)} \times 100 + 100$$



Μεθοδολογία

Χρησιμοποιήθηκε η **Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση**:

Διερεύνηση πιθανής εξάρτησης μίας μεταβλητής απόκρισης (εξαρτημένη) από μία ή περισσότερες επεξηγηματικές μεταβλητές (ανεξάρτητες) μεταβλητές.

Η εξίσωσή της λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k + e,$$

Όπου

□ k είναι ο αριθμός των εισαγόμενων ανεξάρτητων μεταβλητών

Αποτελέσματα

Εδαφικός Οργανικός Άνθρακας = $-39,527 + 0,069 * \text{κοκκομετρική σύσταση} + 58,645 * \text{ολικά άλατα} + 0,002 * B1 + 0,008 * B2 + 0,011 * B3 - 0,009 * B4 + 0,006 * B5 - 0,006 * B6 + 0,002 * B7 - 0,003 * B8 + 3,526e^{-4} * B8A + 1,456e^{-4} * B9 - 3,828e^{-4} * B11 - 0,002 * B12 + 22,498 * \text{NDVI} + 37,526 * \text{CI} + 0,281 * \text{BSI}$

Δείκτες προσαρμοστικότητας:

- $R = 0.825,$
- $R^2 = 0.681$ και
- $RMSE = 0.903$

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2}$$

Συμπεράσματα

- ✓ Εκτίμηση των εδαφολογικών ιδιοτήτων μέσω της συμβολής των δορυφορικών δεδομένων → αποτελεσματική διαχείριση των γεωργικών οικοσυστημάτων
- ✓ Εκτίμηση του οργανικού άνθρακα του εδάφους → επίδραση όχι μόνο στην παραγωγικότητα και αποδοτικότητα των καλλιεργειών, αλλά και στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής
- ✓ Συμβολή της γεωργίας στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής → εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών πρακτικών → επίδραση στη δέσμευση του άνθρακα και ως εκ τούτου στην αιφφορία των εδαφοϋδατικών πόρων.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Caddeo, A., Marras, S., Sallustio, L., Spano, D., Sirca, C. (2019), *Soil organic carbon in Italian forests and agroecosystems: Estimating current stock and future changes with a spatial modeling approach*, Διαθέσιμο από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016819231930262X> (Πρόσβαση 12/09/2019).
- Chi, Y., Shi, H., Zheng, W., Sun, J. (2018), *Simulating spatial distribution of coastal soil carbon content using a comprehensive land surface factor system based on remote sensing*, Διαθέσιμο από: https://www.researchgate.net/publication/323226259_Simulating_spatial_distribution_of_coastal_soil_carbon_content_using_a_comprehensive_land_surface_factor_system_based_on_remote_sensing (Πρόσβαση 15/09/2019).
- Dimobe, K., Kouakou, J. L. N., Tondoh, J. E., Zoungana, B. J. B., Forkuor, G., Ouedraogo, K. (2018), *Predicting the Potential Impact of Climate Change on Carbon Stock in Semi-Arid West African Savannas*, Διαθέσιμο από: https://www.researchgate.net/publication/328470285_Predicting_the_Potential_Impact_of_Climate_Change_on_Carbon_Stock_in_Semi-Arid_West_African_Savannas (Πρόσβαση 08/09/2019).
- Gholizadeh, A., Zizala, D., Saberioon, M., Boruvka, L. (2018), *Soil organic carbon and texture retrieving and mapping using proximal, airborne and Sentinel-2 spectral imaging*, Διαθέσιμο από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425718304267> (Πρόσβαση 15/09/2019).
- Li, Y., Chen, J. Ma, Q., Zhang, H. K., Liu, J. (2018), *Evaluation of Sentinel-2A Surface Reflectance Derived Using Sen2Cor in North America*, Διαθέσιμο από: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8386426> (Πρόσβαση 12/09/2019)
- Mandal, U. K. (2016), *Spectral Color Indices Based Geospatial Modeling Of Soil Organic Matter In Chitwan District, Nepal*, Διαθέσιμο από: https://www.researchgate.net/publication/303844853_SPECTRAL_COLOR_INDICES_BASED_GEOSPATIAL_MODELING_OF_SOIL_ORGANIC_MATTER_IN_CHITWAN_DISTRICT_NEPAL (Πρόσβαση 15/09/2019).
- Novak, J. , Lukas, V., Kren, J. (2017), *Estimation Of Soil Properties Based On Soil Colour Index*, Διαθέσιμο από: <https://www.semanticscholar.org/paper/Estimation-of-Soil-Properties-Based-on-Soil-Colour-Novak-Lukas/9693b307e7e760b7018ad62f5e9f95ce54f37a24> (Πρόσβαση 08/09/2019).



*Σας ευχαριστώ πολύ για
την προσοχή σας!*