

Νέες τεχνολογίες στην εκτίμηση του οργανικού άνθρακα του εδάφους: εργαλεία μετριασμού της κλιματικής αλλαγής

Δρ Δημήτρης Τριαντακωνοσταντής, Ερευνητής Βαθμίδας Δ' Τμήμα Εδαφολογίας Αθηνών - Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων Ζωή Παπαδοπούλου, φοιτήτρια Τμήματος Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Οργανικός άνθρακας του εδάφους (Soil Organic Carbon – SOC) κατέχει βασικό ρόλο στον κύκλο άνθρακα. Κι αυτό, διότι τα εδάφη είναι η μεγαλύτερη δεξαμενή άνθρακα, μιας και αποθηκεύουν σε βάθος 1 μ. περίπου 1500 Gt C.

Πρόσφατες μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι, ακόμη και με πολύ έντονες προσπάθειες από όλες τις χώρες, οι υπολειπόμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα φτάσουν περί τα 1000 Gt CO₂ μέχρι το τέλος του αιώνα. Αυτό σημαίνει ότι υπερβαίνεται το όριο όπου οι εκπομπές πρέπει να περιορίζονται στην επίτευξη του στόχου του 1,5°C. Σύμφωνα με τον στόχο αυτό, η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη δεν θα πρέπει να ξεπεράσει τον 1,5°C διότι τότε οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα μας πλήξουν ανεπανόρθωτα. Έτσι, η απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα δεν είναι πια επιλογή, αλλά η ανάγκη για τον περιορισμό της θέρμανσης στον 1,5°C. Γι' αυτό, η δέσμευση άνθρακα θα μπορούσε να μετριάσει την κλιματική αλλαγή, όπως επισημαίνεται στην πρωτοβουλία «4 ανά 1000».

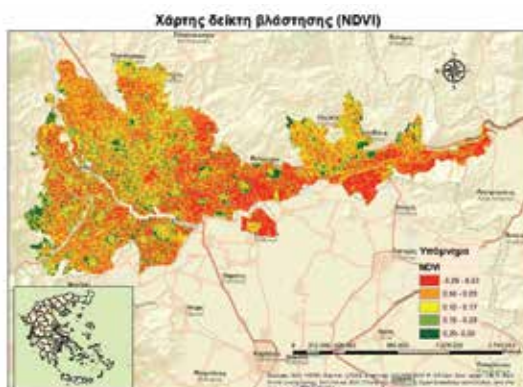
Η πρωτοβουλία αυτή δηλώνει ότι ο ετήσιος ρυθμός αύξησης των αποθεμάτων άνθρακα του εδάφους κατά 0,4% ή 4 ‰ στα πρώτα 30-40 εκ. εδάφους θα μειώνει σημαντικά τη συγκέντρωση

CO₂ στην ατμόσφαιρα που σχετίζεται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

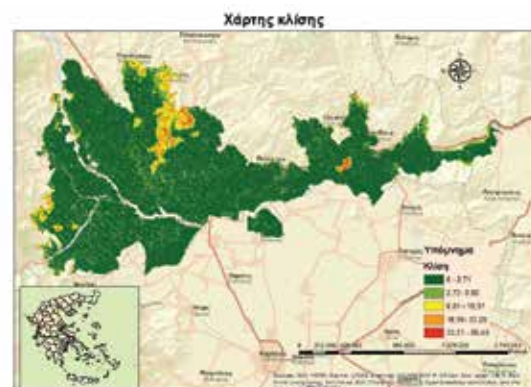
Η διεθνής πρωτοβουλία "4 ανά 1000", η οποία εγκαινιάστηκε από τη Γαλλία την 1^η Δεκεμβρίου 2015 στην 21^η συνδιάσκεψη μελών του United Nations Framework Convention on Climate Change (COP 21), συνίσταται στη συμμετοχή όλων των εθελοντικών φορέων του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα (εθνικές κυβερνήσεις, τοπικές και περιφερειακές αρχές, εταιρείες, επαγγελματικές οργανώσεις, ΜΚΟ, ερευνητικοί φορείς κ.λπ.) στο πλαίσιο του Σχεδίου Δράσης Λίμα-Παρίσι (LPAP).

Στόχος της πρωτοβουλίας είναι να αποδειχθεί ότι η γεωργία και ιδιαίτερα τα γεωργικά εδάφη μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην επισιτιστική ασφάλεια και στην αλλαγή του κλίματος. Η πρωτοβουλία αυτή καλεί όλους τους εταίρους να δηλώσουν ή να εφαρμόσουν κάποιες πρακτικές δράσεις για την αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος (π.χ. αγροοικολογία, αγροδασοπονία, αειφόρος γεωργία, διαχείριση τοπίου κ.λπ.).

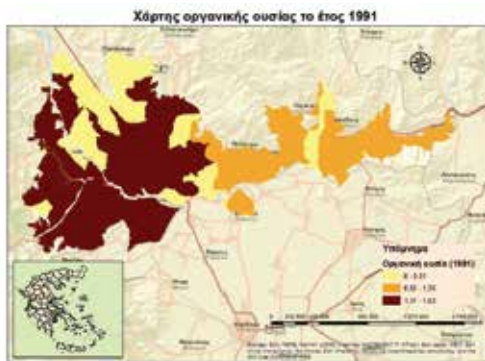
Το έδαφος είναι ένα σύνθετο μίγμα οργανικών και ανόργανων συστατικών με διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες, παρουσιάζοντας μεγάλη μεταβλητότητα από περιοχή σε περιοχή ή ακόμη και μέσα στην ίδια περιοχή. Επομένως, η ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση των συστατικών του εδάφους είναι μια επίπονη διαδικασία. Δεδομένου ότι οι συμβατικές μέθοδοι για την εκτίμηση των εδαφολογικών παραμέτρων είναι χρονοβόρες και κοστίζουν αρκετά, η εφαρμογή εναλλακτικών προσεγγίσεων καθίσταται επιτακτική ανάγκη.



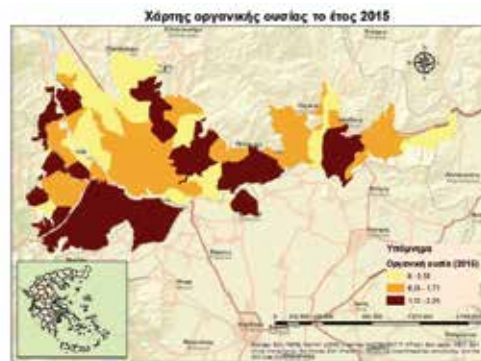
NDVI



Κλίση



Οργανική ουσία 1991



Οργανική ουσία 2015

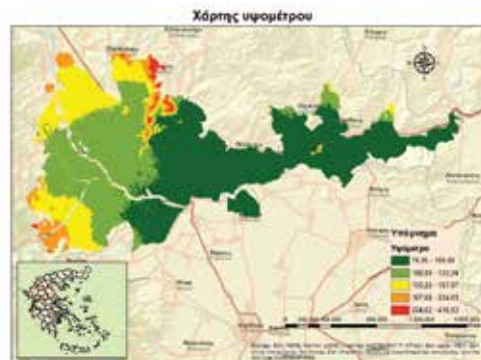
Οι καινούργιες μέθοδοι προσανατολίζονται προς την αξιολόγηση των τεχνικών Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΠΣ) και Τηλεπισκόπησης (Remote Sensing – RS), μιας και είναι ταχύτερες και οικονομικά συμφέρουσες στον προσδιορισμό διαφόρων εδαφολογικών ιδιοτήτων, συμπεριλαμβανομένου του οργανικού άνθρακα (SOC) μεταξύ άλλων.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια του εδάφους απεικονίζεται σε διαφορετικά μήκη κύματος. Αυτές οι παρατηρήσεις περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, η φασματοσκοπία VNIR – SWIR (Visible Near Infrared – Shortwave Infrared) βασίζεται σε χαρακτηριστικές δονήσεις χημικών δεσμών σε μόρια. Στην ορατή περιοχή (400-700 nm), οι ηλεκτρονικές διεργασίες δημιουργούν ευρείες ζώνες απορρόφησης που σχετίζονται με το χρώμα του εδάφους, ενώ στο NIR-SWIR (700-2500 nm) αδύναμες υπερτονικές δονήσεις συμβαίνουν λόγω της διαστολής και παραμόρφωσης των δεσμών N-H, O-H και C-H. Έτσι, η ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την εκτίμηση του SOC, δεδομένου ότι το έδαφος εμφανίζεται πιο σκούρο με αυξανόμενο περιεχόμενο SOC.

Επιπλέον, ο υπολογισμός του SOC από δορυφορικά δεδομένα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από εξωτερικούς παράγοντες, όπως η υγρασία του εδάφους, η δομή, η τραχύτητα, η βλάστηση και οι μεταβολές στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Για παράδειγμα, η βλάστηση και η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία μπορεί να οδηγήσουν σε υπερεκτίμηση του SOC και σε ανακριβείς προβλέψεις. Η ανάπτυξη όμως διαφόρων τεχνικών spectral unmixing μπορούν να διαχωρίσουν το γυμνό έδαφος από την κάλυψη της βλάστησης.

Η συσχέτιση των φασματικών υπογραφών με τις ιδιότητες του εδάφους απαιτεί τη χρήση πολυμεταβλητών στατιστικών μεθόδων γνωστών και ως χημειομετρία. Η πιο συνηθισμένη προσέγγιση είναι η χρήση της Παλινδρόμησης Μερικών Ελαχίστων Τετραγώνων (Partial Least Square Regression - PLSR), η οποία περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών, αν και έχει παρατηρηθεί ότι οι σχέσεις δεν είναι πάντα γραμμικές. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο οι Αλγόριθμοι Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning Algorithms).

Έξι δορυφόροι εξοπλισμένοι με υπερφασματικούς δέκτες στο οπτικό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος τομέα θα εκτοξευθούν στο προσεχές μέλλον: 1) το PRISMA του Ιταλικού Διαστημικού Οργανισμού (ASI), 2) το EnMAP του Γερμανικού Αεροδιαστημικού Κέντρου (DLR), 3) το HISUI της Ιαπωνικής Αεροδιαστημικής Υπηρεσίας (JAXA), 4) το HypIRI της U.S.



Υψόμετρο

NASA, 5) το CCRSS της Κίνας και 6) το Ισραηλινό SHALOM. Οι δορυφόροι αυτοί θα ανοίξουν τον δρόμο για παγκόσμια χαρτογράφηση της περιεκτικότητας σε SOC από το διάστημα. Παρ' όλα αυτά, έχουν εκτοξευθεί πολυφασματικοί αισθητήρες υψηλής ποιότητας όπως το Sentinel-2 (S2), οι οποίοι μπορούν να υπολογίσουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε SOC.

Η εκτίμηση της ακρίβειας της περιεκτικότητας σε SOC που μας δίνουν οι δορυφορικές εικόνες μέσω του κατάλληλου μοντέλου που θα αναπτυχθεί απαιτείται να ελέγχεται με δεδομένα εδάφους που έχουν προέλθει από δειγματοληψία και εργαστηριακή ανάλυση. Έτσι, με πραγματικά δεδομένα γίνεται τόσο το calibration (βαθμονόμηση) όσο και το validation (επικύρωση) του προτεινόμενου μοντέλου.

Στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του Τμήματος Εδαφολογίας Αθηνών του Ινστιτούτου Εδαφοϋδατικών Πόρων του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ έχει πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της περιεκτικότητας SOC του εδάφους σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα που προέκυψαν, η δημιουργία κατάλληλου στατιστικού μοντέλου παλινδρόμησης όπως επίσης και η πρόσθεση κατάλληλων μεταβλητών που επηρεάζουν την περιεκτικότητα σε SOC του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο στην προσαρμοστικότητα του μοντέλου και στην ακρίβειά του.

Στις εικόνες που δίνονται παρουσιάζονται ενδεικτικά τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της αλλαγής του SOC μεταξύ του 1991 και του 2015. Πιο συγκεκριμένα, δίνονται οι Χάρτες του Υψόμετρου, της Κλίσης, του Δείκτη Βλάστησης NDVI, όπως επίσης και οι Χάρτες της Οργανικής Ουσίας του 1991 και 2015 που προήλθαν από το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης.

Πληροφορίες: Τμήμα Εδαφολογίας Αθηνών - Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, e-mail: trdimitrios@gmail.com