

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΡΟΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ  
ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ  
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ  
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**Γραμμαλίδης Νικόλαος<sup>1\*</sup>, Καταγής Θωμάς<sup>2</sup>, Παπαϊωάννου Περικλής<sup>1</sup>, Φωτίου  
Κατερίνα<sup>3</sup>, Παρασκευόπουλος Γιάννης<sup>3</sup>, Κοντόπουλος Χρήστος<sup>3</sup>, Γήτας Ζ. Ιωάννης<sup>2</sup>,  
Χαραλαμποπούλου Βασιλική<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης–ΕΚΕΤΑ, 6ο χλμ. Χαριλάου –  
Θέρμης, Τ.Θ. 60361, 57001, Θεσσαλονίκη, \*[ngramm@iti.gr](mailto:ngramm@iti.gr)

<sup>2</sup>Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλονίκης, 55134, Θεσσαλονίκη

<sup>3</sup>Geosystems Hellas S.A., Κωσταντινουπόλεως 48, 19441, Κορωπί, Αθήνα

**Περίληψη**

Η αειφορική και ολοκληρωμένη διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων οδηγεί σε μια πληθώρα από περιβαλλοντολογικά, κοινωνικά, οικονομικά και άλλα οφέλη και συμβάλει στην παραγωγή πλήθους προϊόντων και την παροχή υπηρεσιών για την αξιοποίηση των δασικών πόρων. Για την επίτευξη αυτού του τελικού στόχου, είναι αναγκαία η διαρκής παρακολούθηση των δασικών οικοσυστημάτων με σκοπό την αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής, και ταυτόχρονα τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και αειφορικής διαχείρισης. Οι σύγχρονες γεωχωρικές τεχνολογίες, όπως η δορυφορική τηλεπισκόπηση σε συνδυασμό με τις σύγχρονες ισχυρές τεχνολογίες μηχανικής μάθησης, παρέχουν σημαντικά εργαλεία για την ανάπτυξη αξιόπιστων, και (συχνά) χαμηλού κόστους, συστημάτων παρακολούθησης χερσαίων και μη οικοσυστημάτων μέσω νέων αυτοματοποιημένων διαδικασιών και εργαλείων. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία προτεινόμενη αυτοματοποιημένη ροή εργασιών (workflow) που έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του ερευνητικού έργου ARTEMIS για την: α) προεπεξεργασία χρονοσειρών γεωχωρικών δεδομένων (κυρίως ελεύθερων δορυφορικών δεδομένων από τους δορυφόρους Sentinel και Landsat), β) την εξαγωγή φασματικών δεικτών, και γ) το διαχωρισμό και αναγνώριση βασικών κατηγοριών ή/και

ειδών βλάστησης για την περιοχή μελέτης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην χρήση σύγχρονων μεθόδων μηχανικής μάθησης, όπως ένα ανατροφοδοτούμενο νευρωνικό δίκτυο LSTM (που είναι γνωστό ότι παρέχει εξαιρετικά αποτελέσματα σε προβλήματα χρονικής κατάτμησης). Μετά την ολοκλήρωση και επικύρωση αντίστοιχων ροών εργασίας για την ανάλυση των δορυφορικών εικόνων, το τελικό σύστημα θα υποστηριχθεί από μία πλατφόρμα WebGIS (είτε ανοιχτού κώδικα είτε εμπορική, όπως το ERDAS Apollo της Hexagon Geospatial) που θα παρέχει νέες υπηρεσίες και προϊόντα στους τελικούς χρήστες του έργου ARTEMIS. Για το λόγο αυτό θα γίνει προσεκτική αξιολόγηση αυτών των ροών εργασίας, βάσει του κόστους και της αποτελεσματικότητάς τους, έτσι ώστε να καθοριστούν αυτές που θα ενσωματωθούν στην τελική ψηφιακή πλατφόρμα του έργου, παρέχοντας on-demand δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων στους τελικούς χρήστες της πλατφόρμας.

**Λέξεις-κλειδιά:** δορυφορικά δεδομένα, παρακολούθηση περιβάλλοντος, γεωχωρικές τεχνολογίες, χαρτογράφηση κάλυψης/χρήσης γης, Web-GIS

## **Εισαγωγή**

Η αειφορική και ολοκληρωμένη διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων μπορεί να συμβάλει στη βέλτιστη αξιοποίηση των δασικών πόρων και στην παραγωγή πλήθους προϊόντων και οικοσυστημικών υπηρεσιών, όπως ξυλεία, σίτιση, πρώτες ύλες, διατήρηση της βιοποικιλότητας, επίτευξη ισοζυγίου του άνθρακα, κλπ. Επιπλέον, σημαντικά οικονομικά οφέλη μπορούν να προκύψουν σε τοπικό και εθνικό επίπεδο μέσω βιομηχανιών και επενδύσεων που σχετίζονται με την παραγωγή δασικών προϊόντων, ξυλωδών και μη. Τις τελευταίες δεκαετίες μάλιστα, έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον για τα μη ξυλώδη δασικά προϊόντα (ΜΞΔΠ), ως αποτέλεσμα της διεθνούς στροφής προς την πολύ-λειτουργική αειφόρο διαχείριση των δασών. Παράλληλα, παγκόσμιοι οργανισμοί, όπως ο FAO επισημαίνουν την ανάγκη για τη διαρκή παρακολούθηση των οικοσυστημάτων με σκοπό την αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής, και ταυτόχρονα τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και αειφορικής διαχείρισης.

Οι σύγχρονες γεωχωρικές τεχνολογίες, όπως η δορυφορική Τηλεπισκόπηση, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ), η τεχνολογία GPS, αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την ανάπτυξη αξιόπιστων, συνήθως χαμηλού κόστους, συστημάτων

παρακολούθησης χερσαίων και μη οικοσυστημάτων. Επιπρόσθετα, η ταχεία ανάπτυξη τεχνολογιών για την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων, καθώς και η αύξηση του αριθμού ελεύθερων λογισμικών ανοικτού κώδικα έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη αυτοματοποιημένων διαδικασιών και σύνθετων εργαλείων για τη βέλτιστη αξιοποίηση των γεωχωρικών δεδομένων και χρονοσειρών δορυφορικών μετρήσεων. Για παράδειγμα, οι Barka et al. (2018) περιγράφουν μεθοδολογίες τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση της υγείας των δασών στην Τσεχία και την Σλοβακία και αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε προσέγγισης.

Το ερευνητικό έργο ARTEMIS (Katagis et al. 2018), έχοντας λάβει υπόψη τη διαχρονική έλλειψη σχεδιασμού για τις εναλλακτικές καλλιέργειες των δασικών και παρακείμενων οικοσυστημάτων και την έλλειψη πολιτικών υποστήριξης τοπικών κοινωνιών σε θέματα δασικής οικονομίας στην Ελλάδα, φιλοδοξεί να θέσει τις βάσεις για τη δημιουργία εργαλείων και υπηρεσιών με σκοπό την παραγωγή αξιόπιστης χωρικής πληροφορίας που θα σχετίζεται με τη διαχείριση των παραγωγικών και οικονομικών δασών. Κύριος στόχος του έργου είναι η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης της υγείας του δάσους στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Μουζακίου, βασιζόμενο σε δορυφορικά (SAR και οπτικά φασματικά) και λοιπά βοηθητικά δεδομένα.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται το αρχικό στάδιο ανάπτυξης μία προτεινόμενης αυτοματοποιημένης ροής εργασιών (workflow) για την: i) προεπεξεργασία χρονοσειρών δορυφορικών και βοηθητικών γεωχωρικών δεδομένων, ii) την εξαγωγή φασματικών δεικτών από τα δορυφορικά δεδομένα, και iii) το διαχωρισμό και αναγνώριση βασικών κατηγοριών ή/και ειδών βλάστησης για την περιοχή μελέτης. Οι πολυφασματικές εικόνες των δορυφόρων Sentinel-2 θα αποτελέσουν τα κύρια οπτικά δεδομένα ανάλυσης, ενώ θα εξεταστεί η και η προσθήκη εικόνων SAR από τον δορυφόρο Sentinel-1 και κατά περίπτωση η δυνατότητα αξιοποίησης δεδομένων από τον δορυφόρο Landsat-8. Οι προτεινόμενες ροές θα υλοποιηθούν κυρίως μέσω βιβλιοθηκών της γλώσσας ανοικτού κώδικα Python.

Μετά την ολοκλήρωση των ροών εργασίας για την ανάλυση των δορυφορικών εικόνων, το τελικό σύστημα θα υποστηριχθεί από μία πλατφόρμα WebGIS (π.χ. ERDAS Apollo της Hexagon Geospatial) που θα παρέχει υπηρεσίες στους χρήστες του ARTEMIS, όπως πρόσβαση στα τελικά προϊόντα του έργου μέσω υπηρεσιών του OGC (WMS, WFS, WCS, WPS). Ειδικότερα, και όσον αφορά στην υπηρεσία WPS που θα παρέχεται στους

χρήστες, θα αξιολογηθεί –εξετάζοντας το υπολογιστικό κόστος και την σημασία τους– ποιες από τις αυτοματοποιημένες ροές ανάλυσης δεδομένων που σχεδιάζονται και αναπτύσσονται στα πλαίσια του έργου, θα ενσωματωθούν στην ψηφιακή πλατφόρμα του ARTEMIS. Με αυτόν τον τρόπο, θα δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες της πλατφόρμας να εκτελούν online διάφορες επεξεργασίες και αναλύσεις των δεδομένων που θα επιλέγουν.

### **Υλικά και Μέθοδοι**

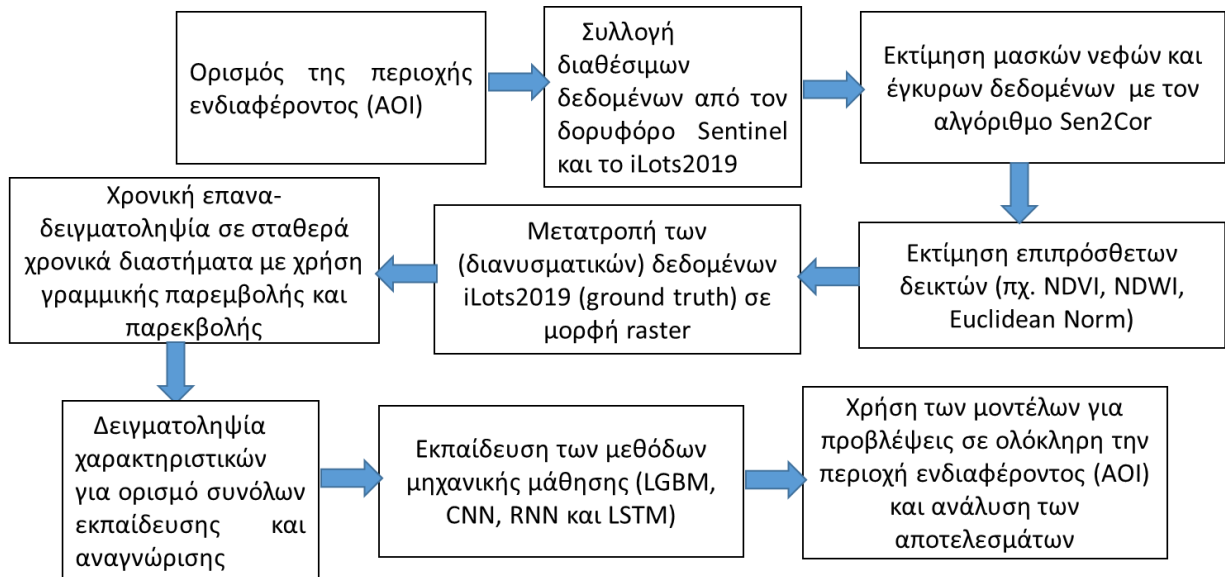
Η ροή εργασιών προβλέπει αρχικά την προεπεξεργασία εικόνων Sentinel-2 (επιπέδου 1C) με τη χρήση του αλγόριθμου *s2cloudless* (Synergise 2019) για την παραγωγή της μάσκας νεφοκάλυψης, που έχει καλύτερη απόδοση από τον αλγόριθμο *Sen2Cor* (Main-Knorn, et al. 2017) που χρησιμοποιείται για τον ίδιο σκοπό από την ESA. Τελικός στόχος είναι η μετατροπή των εικόνων σε εικόνες επιπέδου 2A επιφανειακής ανακλαστικότητας (Surface Reflectance). Επιπλέον, θα γίνεται επαύξηση των δεδομένων με υπολογισμό επιλεγμένων φασματικών δεικτών που αφορούν την βλάστηση, όπως ο Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Leaf Index (GLI), κα. Στη συνέχεια, τα επεξεργασμένα δεδομένα θα χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση σύγχρονων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, όπως ο LightGBM (Ke et al. 2017), που μειώνει σημαντικά τον χρόνο εκμάθησης, ή ένα ανατροφοδοτούμενο νευρωνικό δίκτυο LSTM, που παρέχει εξαιρετικά αποτελέσματα σε προβλήματα χρονικής κατάτμησης. Με την εφαρμογή των παραπάνω αλγορίθμων θα διεξάγεται ταξινόμηση των εικόνων σε συγκεκριμένες κλάσεις κάλυψης γης και θα παράγονται αντίστοιχα χαρτογραφικά προϊόντα.

Η αυτοματοποιημένη ροή εργασίας που αναπτύχθηκε για την κατάτμηση των δορυφορικών και άλλων δεδομένων βασίστηκε στην ανοιχτή βιβλιοθήκη Python *eo-learn* (<https://eo-learn.readthedocs.io/en/latest/>) που έχει αναπτύξει το ερευνητικό έργο H2020 Perspective Sentinel και σε αντίστοιχες ροές εργασιών μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της χρήσης/κάλυψης γης που έχουν ήδη αναπτυχθεί από τους συγγραφείς της βιβλιοθήκης. Οι επιμέρους στόχοι της εργασίας είναι:

- i. η εκπαίδευση μοντέλων μηχανικής μάθησης βάσει βοηθητικής θεματικής πληροφορίας βλάστησης (δεδομένα πεδίου, επικαιροποιημένα πολύγωνα χρήση γης)
- ii. η σύγκριση των αποτελεσμάτων της εκπαίδευσης μοντέλων που προκύπτουν από: α) χωρική κατάτμηση (μεμονωμένες εικόνες χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψη ο χρόνος

λήψης), β) χρονική κατάτμηση εξάμηνου, γ) χρονική κατάτμηση ολόκληρου χρόνου και δ) χρήση του χρόνου λήψης (πχ. ημέρα του έτους, από 1 έως 365) σαν επιπλέον χαρακτηριστικό σε εκπαίδευση ενός LSTM ανατροφοδοτούμενου δικτύου βαθιάς μηχανικής μάθησης,

- iii. να συγκριθούν αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούν δίκτυα βαθιάς μηχανικής μάθησης χωρίς (CNN) και με (RNN/LSTM) ανατροφοδότηση (Rubwurm, M. and Korner, M., 2017).



**Εικόνα 1: Βασική ροή εργασιών του προτεινόμενου συστήματος (workflow)**

Αρχικά πραγματοποιήθηκε καταφόρτωση όλων των διαθέσιμων δεδομένων από τον δορυφόρο Sentinel-2 για το έτος 2018 για την περιοχή μελέτης. Εφαρμόστηκαν τα κατάλληλα φίλτρα αναζήτησης και τελικά επιλέχθηκαν 62 εικόνες. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται σαν χαρακτηριστικά εκπαίδευσης οι 6 βασικοί φασματικοί δίαυλοι (Blue, Green, Red, NIR, SWIR1, SWIR2) καθώς και τρεις φασματικοί δείκτες (NDVI, NDWI και Euclidean Norm), σε αντιστοιχία με το βασικό παράδειγμα χρήσης της eo-learn για πρόβλεψη χρήσης γης (Lubej 2019). Σε επόμενο βήμα του έργου θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων της χρήσης δεικτών που βασίζονται σε στενότερα μήκη κύματος (red-edge), όπως ο Red Edge Normalized Difference Vegetation Index (RENDVI) και παρέχουν πρόσθετη πληροφορία για τη φωτοσυνθετική ικανότητα των δασικών ειδών (Navarro-

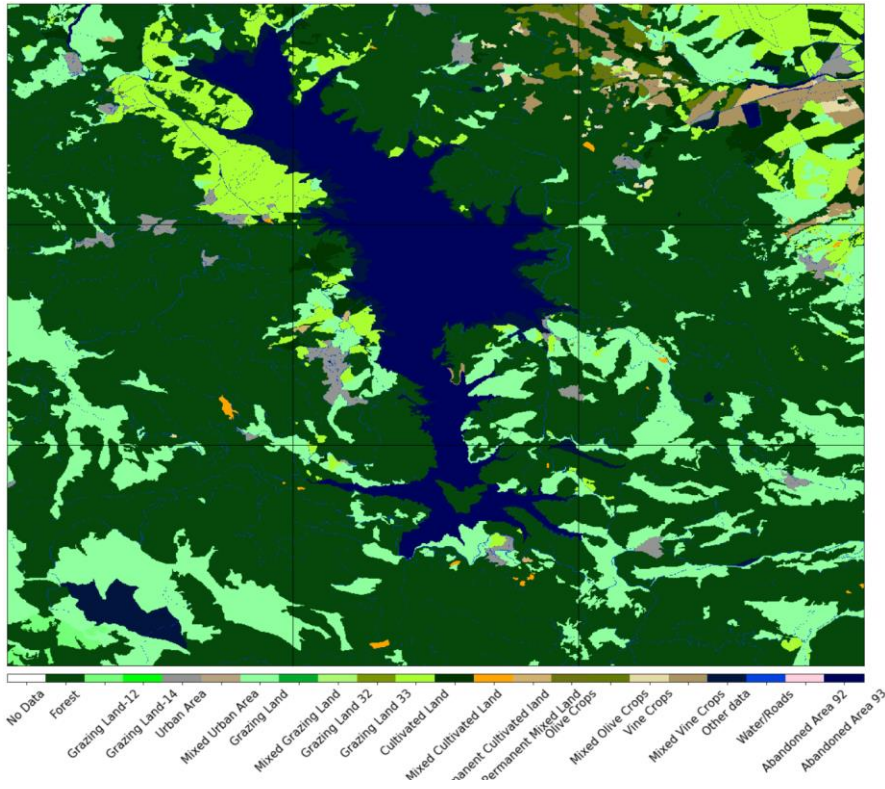
Cerrillo et al. 2014, Katagis et al. 2018). Επίσης, θα εξεταστεί το κατά πόσο μπορεί να επιτευχθεί περαιτέρω βελτίωση των αποτελεσμάτων με τη χρήση επιπλέον δεδομένων SAR από τον δορυφόρο Sentinel-1. Η βασική προτεινόμενη ροή εργασιών ακολουθεί το βασικό παράδειγμα χρήσης του eo-learn (Lubej 2019) και παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.

Οι βασικές διαφορές με την eo-learn μεθοδολογία των εντοπίζονται α) στην χρήση παρεκβολής (extrapolation) κατά την χρονική επαναδειγματοληψία των δεδομένων, και β) στην προσθήκη μεθόδων βαθιάς μηχανικής μάθησης (CNN, RNN, LSTM), ενώ σε επόμενα στάδια θα χρησιμοποιηθούν ως επιπλέον χαρακτηριστικά δείκτες που σχετίζονται στενότερα με παραμέτρους της υγείας του δάσους.

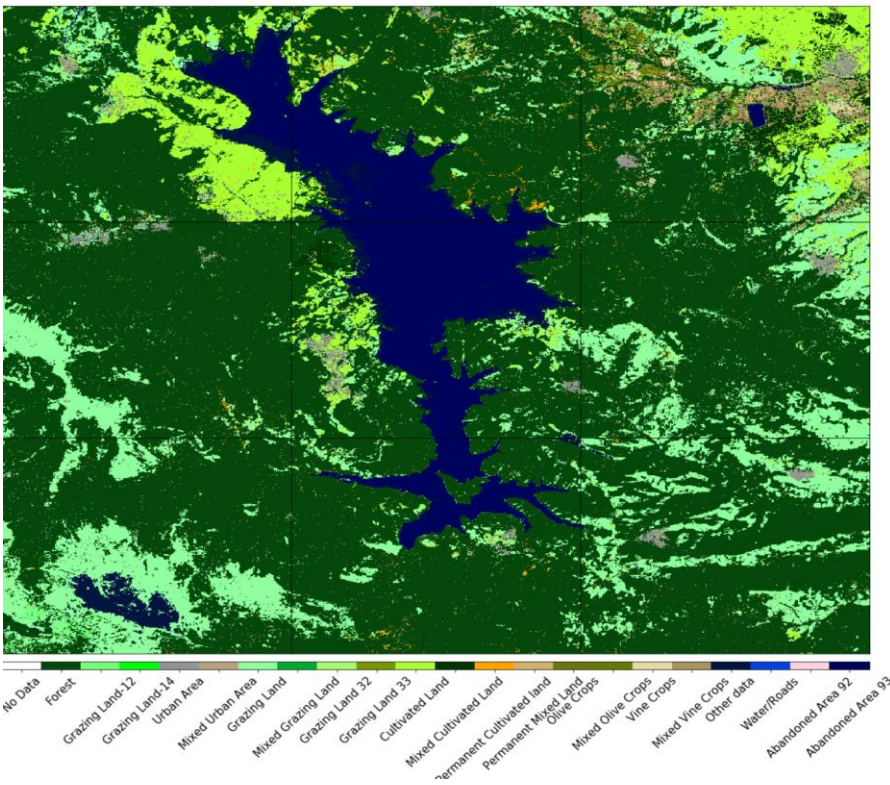
### **Αποτελέσματα και Συζήτηση**

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά προκαταρκτικά αποτελέσματα της εκτίμησης για μια περιοχή ενδιαφέροντος 15x15 χλμ. που περιλαμβάνει τα Δάση του Δήμου Μουζακίου. Η κατάταξη γίνεται σε 22 κλάσεις που ορίζονται για την περιοχή βάσει του συστήματος αναφοράς αγροτεμαχίων (LPIS) της περιοχής, αν και στο άμεσο μέλλον θα δοκιμαστούν διαφορετικές κατηγορίες κατάταξης που θα δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στην οριοθέτηση των δασικών περιοχών. Η Εικόνα 2 δείχνει την κατηγοριοποίηση βλάστησης αναφοράς (ground truth) και την αντίστοιχη κατηγοριοποίηση που επιτυγχάνεται με τον αλγόριθμο μηχανικής μάθησης LightGBM. Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης προέκυψε από την χρήση όλων των διαθέσιμων εικόνων Sentinel-2 για το 2018 για την περιοχή (62 εικόνες), ενώ ορίζονται 3x3 υποπεριοχές και 40.000 εικονοστοιχεία επιλεγμένα τυχαία από κάθε μία. Οι οκτώ από αυτές χρησιμοποιούνται για εκπαίδευση και η τελευταία για επικύρωση των αποτελεσμάτων.





(a)



(b)

**Εικόνα 2. (α) Θεματικός χάρτης χρήσης/κάλυψης γης που χρησιμοποιήθηκε ως χάρτης αναφοράς για την εξαγωγή πεδίων εκπαίδευσης του αλγόριθμου ταξινόμησης, και (β) ο τελικός χάρτης χρήσης/κάλυψης γης, όπως προέκυψε από την εφαρμογή του αλγόριθμου μηχανικής μάθησης LightGBM.**

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται οι διαφορές στην εκτίμηση της ακρίβειας ταξινόμησης, ανάλογα με το επιλεγόμενο χρονικό εύρος κάλυψης από τις δορυφορικές εικόνες (εξάμηνο ή μήνας). Εδώ φαίνεται ότι η ενσωμάτωση στον αλγόριθμο περισσότερων εικόνων μέσα στο έτος πλεονεκτεί έναντι της χρήσης λιγότερων εικόνων εντός του εξαμήνου, για παράδειγμα. Περισσότερα αποτελέσματα και ποσοστά επιτυχούς κατάταξης με την χρήση σύγχρονων μεθόδων μηχανικής μάθησης που βασίζονται στη βαθιά μηχανική μάθηση (πχ. CNN, RNN και LSTM) θα δοθούν κατά την παρουσίαση της εργασίας.

**Πίνακας 1. Αποτελέσματα της εκτίμησης ακρίβειας των ταξινομήσεων ανάλογα με το χρονικό διάστημα κάλυψης από τις εικόνες Sentinel-2 που επιλέγεται κάθε φορά (ολόκληρο έτος, πρώτο εξάμηνο ή πρώτος μήνας).**

	Διάστημα ολόκληρου έτους (12 μήνες)	Διάστημα έξι μηνών	Διάστημα ενός μήνα (Ιανουάριος)
Ολική ακρίβεια	85.8%	80.9%	66.0%
F1-score	86.1%	82.1%	52.5%

### **Συμπεράσματα**

Όσον αφορά στην πλατφόρμα του έργου ARTEMIS, κύριος στόχος της είναι η διάχυση και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της αυτοματοποιημένης ανάλυσης με την προτεινόμενη ροή εργασιών μέσω μιας πλατφόρμας WebGIS (είτε ανοιχτού κώδικα είτε εμπορική, όπως το ERDAS Apollo της Hexagon Geospatial) που θα παρέχει νέες υπηρεσίες και προϊόντα στους τελικούς χρήστες του έργου ARTEMIS. Η πλατφόρμα αυτή, θα έχει την δυνατότητα να παράγει με αυτοματοποιημένο τρόπο συγκεκριμένα προϊόντα δείκτες που θα αφορούν τόσο στην αναγνώριση του είδους βλάστησης όσο και στην κατάσταση υγείας της, μέσω της εκτέλεσης της προτεινόμενης ροής εργασιών αλλά και άλλων αντίστοιχων ροών εργασιών. Σημειώνεται ότι καθώς η επεξεργασία των δεδομένων απαιτεί αρκετά μεγάλη υπολογιστική ισχύ, θα διερευνηθεί κατά πόσο μπορεί να επιταχυνθεί σημαντικά με τη χρήση ειδικών



καρτών γραφικών (GPUs). Επιπλέον, η WebGIS πλατφόρμα του έργου, θα αξιοποιηθεί ως ένας σημαντικός κόμβος πληροφορίας και ενημέρωσης εξειδικευμένων και μη ενδιαφερόμενων (Communities of Practice), για την διαχρονική εξέλιξη του είδους και της υγείας των καλλιεργειών στην περιοχή ενδιαφέροντος (π.χ. έκταση των καλλιεργειών σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, αλλαγή καλλιέργειας κλπ.).

## **DEVELOPMENT OF AUTOMATED REMOTE SENSING AND GEOSPATIAL DATA PROCESSING WORKFLOWS FOR MONITORING OF NATURAL ECOSYSTEMS**

**Grammalidis Nikolaos<sup>1\*</sup>, Katagis Thomas<sup>2</sup>, Papaioannou Periklis<sup>1</sup>, Fotiou Katerina<sup>3</sup>,  
Paraskevopoulos Yannis<sup>3</sup>, Kontopoulos Christos<sup>3</sup>, Gitas Z. Ioannis<sup>2</sup>,  
Charalampopoulou Vasiliki<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centre for Research and Technology Hellas - CERTH, 6th km Charilaou-Thermi Rd, P.O.  
Box 60361, GR 57001 Thermi, Thessaloniki, \*[ngramm@iti.gr](mailto:ngramm@iti.gr)

<sup>2</sup>Laboratory of Forest Management and Remote Sensing, AUTH, GR 55134, Thessaloniki

<sup>3</sup>Geosystems Hellas S.A., Konstantinoupoleos 48, 19441, Koropi, Athens

### **Abstract**

The integrated and sustainable management of forest ecosystems provides substantial environmental, societal, economical and other benefits and contributes towards the provision of a wide range of products and services for a sustainable exploitation and use of forest resources. Towards this aim, it is necessary to continuously monitor the forest ecosystems for achieving an increase of their primary production, while, at the same time, preserving their biodiversity and their sustainable use. Modern geospatial technologies, such as satellite remote sensing, when combined with the rapid advances in big data analysis and machine learning fields, provide powerful tools for the development of reliable and (often) low cost systems of monitoring land and non-land ecosystems through new automated processes and tools. In this paper, a proposed automated workflow is presented, which has been

developed within the ARTEMIS Greek research project, aiming at: a) preprocessing of time series of geospatial data (mainly free satellite data from Sentinel and Landsat satellites), b) the extraction of vegetation and forest health indices, and c) the identification of basic vegetation/forest categories and estimation of classification maps for the specific Area Of Interest (AOI). Particular emphasis will be given to the use of modern powerful machine learning tools, such as recurrent neural networks (such as LSTM, which is known to exhibit excellent performance in temporal classification problems). After the completion and validation of similar workflows for satellite image analysis, the final system will be supported by a WebGIS platform (either open source or proprietary, such as ERDAS Apollo of Hexagon Geospatial), which will provide new products and services to the final users of ARTEMIS project. For these reason, these workflows will be thoroughly evaluated, based on performance versus cost criteria, so that those that will be integrated to the final digital platform of the project will be determined, offering new on-demand data analysis capabilities to its final users.

### **Ευχαριστίες**

Η εργασία αυτή βασίστηκε σε μέρος των διαδικασιών και εργασιών που υλοποιούνται στο πλαίσιο του έργου ARTEMIS, που συν-χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή ένωση και Ελληνικά εθνικά κονδύλια μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος για την Ανταγωνιστικότητα, την Επιχειρηματικότητα και την Καινοτομία στην προκήρυξη Ερευνών, Καινοτομώ, Δημιουργώ (κωδικός ανάπτυξης:T1EDK-01577).

### **Βιβλιογραφία**

- Barka, I., Lukeš, P., Bucha, T., Hlásny, T., Strejček, R., Mlčoušek, M. and Křístek, Š., 2018. Remote sensing-based forest health monitoring systems—case studies from Czechia and Slovakia. *Central European Forestry Journal*, 64(3-4), pp.259-275.
- Katagis, T., Grammalidis, N., Maltezos, E., Charalampopoulou, V. and Gitas, I., «Development of methodologies and standardized services for supporting forest economics», 12th International Conference MTSR Metadata Semantics Research Conference, Limassol, Cyprus, 23-26 October 2018.

- Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., and Liu, T.-Y. Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree. In *Advances in Neural Information Processing Systems (2017)*, pp. 3146-3154.
- Lubej M, How To: Land-Use-Land-Cover Prediction for Slovenia, <https://medium.com/sentinel-hub/land-cover-classification-with-eo-learn-part-1-2471e8098195>, Last accessed 16/11/2019
- Main-Knorn, M., B. Pflug, J. Louis, V. Debaecker, U. Müller-Wilm and F. Gascon (2017). Sen2Cor for Sentinel-2. *Image and Signal Processing for Remote Sensing XXIII*, International Society for Optics and Photonics.
- Navarro-Cerrillo RM, Trujillo J, de la Orden MS, Hernández-Clemente R (2014) Hyperspectral and multispectral satellite sensors for mapping chlorophyll content in a Mediterranean *Pinus sylvestris* L. plantation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 26, 88–96. doi:10.1016/j.jag.2013.06.001.
- Rußwurm, M. and Korner, M., 2017. Temporal vegetation modelling using long short-term memory networks for crop identification from medium-resolution multi-spectral satellite images. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 11-19).
- Sinergise, sentinel-hub/sentinel2-cloud-detector: Sentinel Hub Cloud Detector for Sentinel-2 images in Python. <https://github.com/sentinel-hub/sentinel2-cloud-detector>. Accessed 17 Noember 2019.