



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΠΜΣ Επιστήμη Δεδομένων και Μηχανική Μάθηση

Ανάλυση και Επεξεργασία Γεωχωρικών Δεδομένων


Εαρινό Εξάμηνο 2023-2024

Άσκηση 2

**Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές
εικόνες και συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα**

Ονοματεπώνυμο: Κωνσταντίνος Πριμέτης
ID: 03400231

Μάιος 2024

	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφο- ρικές εικόνες και συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα	ΜΑΪΟΣ 2024
	ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ	Σελίδα 1 / 13

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ


ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	3
ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	7
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ U-NET	8
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	9
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΣΕ ΝΕΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	11

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<i>Σχήμα 1. Καμπύλες εξέλιξης τιμών συνάρτησης κόστους και επιλεχθεισών μετρικών κατά την διάρκεια εκπαίδευσης του μοντέλου.....</i>	<i>10</i>
--	-----------

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 1. Κανάλια 4, 3, 2 μετά τη σύνθεση των πλακιδίων. – Μη αναμενόμενο αποτέλεσμα.</i>	<i>5</i>
<i>Εικόνα 2. Δεδομένα αληθείας ως 14ο κανάλι του συνόλου δεδομένων.</i>	<i>6</i>
<i>Εικόνα 3. Χάρτης πρόβλεψης για την περιοχή της Αχαΐας.....</i>	<i>12</i>
<i>Εικόνα 4. Δεδομένα αληθείας (α) και προβλέψεις (β) για την περιοχή της Αχαΐας.....</i>	<i>13</i>


	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΜΑΪΟΣ 2024
	Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνελκτικτικά νευρωνικά δίκτυα	Σελίδα 2 / 13
ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ		

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη δεύτερη από μια σειρά τριών εργασιών στο πλαίσιο του Μαθήματος «Ανάλυση και Επεξεργασία Γεωχωρικών Δεδομένων» του ΔΠΜΣ «Επιστήμη Δεδομένων και Μηχανική Μάθηση».

Μέσα από τη συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιείται λήψη και επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων τύπου raster, προετοιμασία των δεδομένων για εκπαίδευση, σχεδιασμός μοντέλου U-Net για κατάτμηση εικόνας, εκπαίδευση και αξιολόγηση και τέλος πρόβλεψη σε υπο-περιοχές σε νέα δεδομένα και τελική σύνθεση προϊόντος πρόβλεψης.

Η παρούσα έκθεση αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα τόσο του notebook “Primetis_GBDA2024_Ex2”, το οποίο αποτελεί το κύριο παραδοτέο της εργασίας, καθώς και της εικόνας-χάρτη πρόβλεψη “Primetis_predictions_map_final”. Ακολουθώς, διακριτοποιείται και παρουσιάζεται σε πέντε (5) ενότητες, βάσει της δομής των ζητούμενων στην εκφώνηση της άσκησης. Στόχος της συμπληρωματικής έκθεσης, όπως και στην πρώτη άσκηση, είναι να εξηγήσει την εξέλιξη της διαδικασίας, επιλογές που πιθανόν πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιό της και να παρουσιάσει τα κύρια σημεία που εξήχθησαν αναφορικά με τους στόχους της άσκησης.

	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα	ΜΑΪΟΣ 2024
	ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ	Σελίδα 3 / 13


ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Αρχικά, πραγματοποιείται διερεύνηση στο αρχείο με τα δεδομένα αληθείας που παρέχονται και τα οποία αφορούν κατά κύριο λόγο στην περιοχή της Θεσσαλίας. Με χρήση της βιβλιοθήκης rasterio διαβάζονται τα μεταδεδομένα, στα οποία περιλαμβάνονται και οι κλάσεις που αφορούν στην κάλυψη γης και περιέχονται στο συγκεκριμένο αρχείο.

Επόμενο βήμα αποτέλεσε η λήψη των γεωχωρικών δεδομένων τύπου L1C από την ιστοσελίδα "<https://dataspace.copernicus.eu>". Σύμφωνα με τα ζητούμενα της άσκησης, τα προϊόντα που λήφθηκαν αφορούν σε λήψεις στις οποίες η νεφοκάλυψη δεν υπερβαίνει το 10% σε κάθε πλακίδιο. Για τον εντοπισμό των απαιτούμενων δεδομένων, καθώς δε βρέθηκε επιλογή για εισαγωγή συντεταγμένων στην αναζήτηση, δημιουργήθηκε πολύγωνο τύπου .json μέσω της ιστοσελίδας "<https://geojson.io>" (και χρήση των συντεταγμένων όπως διαβάστηκαν από τα δεδομένα αληθείας), το οποίο τελικά εισήχθη στο Copernicus. Εδώ, αξίζει να σημειωθεί ότι τα τρία (3) από τα τέσσερα (4) πλακίδια αφορούσαν λήψεις που έλαβαν χώρα στις 05/10/2021, ενώ το τέταρτο στις 25/09/2021, καθώς δεν υπήρχε διαθέσιμη λήψη στις 05/10/2021. Ακόμη, επιβεβαιώνεται ότι τα δεδομένα αυτά καλύπτουν πλήρως την περιοχή για την οποία παρασχέθηκαν τα δεδομένα αληθείας.

Στη συνέχεια, ακολούθησε «διάβασμα» και επεξεργασία των δεδομένων που λήφθηκαν. Αφού αφορούν σε δεδομένα δορυφόρου Sentinel-2, καθένα από αυτά περιέχει δεκατρία (13) κανάλια, με ανάλυση 10m x 10m, 20m x 20m και 60m x 60m. Από την επεξεργασία προέκυψε ότι τα δεδομένα αυτά βρίσκονται σε διαφορετικό σύστημα συντεταγμένων (WGS '84 / UTM zone 34N) από αυτό των δεδομένων αληθείας (WGS '84). Ακόμη, παρατηρείται ότι η ανάλυσή τους είναι διαφορετική από 10m x 10m. Έτσι, επιλέγεται να μετατραπεί το σύστημα συντεταγμένων των δεδομένων αληθείας σε WGS '84 / UTM zone 34N και η ανάλυσή τους σε 10m x 10m.


Επόμενο βήμα στην προ-επεξεργασία των δεδομένων αποτέλεσε η εφαρμογή της τεχνικής pansharpening με σκοπό τη μετατροπή όλων των καναλιών (αρχεία .jp2 προς ώρας) των δεδομένων που λήφθηκαν (tiles) σε ανάλυση 10m x 10m. Για την κατανόηση της τεχνικής αναζητήθηκαν πληροφορίες από το διαδίκτυο (Sentinel-2 Pan Sharpening Comparative Analysis, G Kaplan, U Avdan, 2nd International Electronic Conference on Remote Sensing, Anadolu University). Η εφαρμογή της τεχνικής πραγματοποιήθηκε σε όλα τα κανάλια πλην των 2, 3, 4 και

	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα	ΜΑΪΟΣ 2024
	ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ	Σελίδα 4 / 13

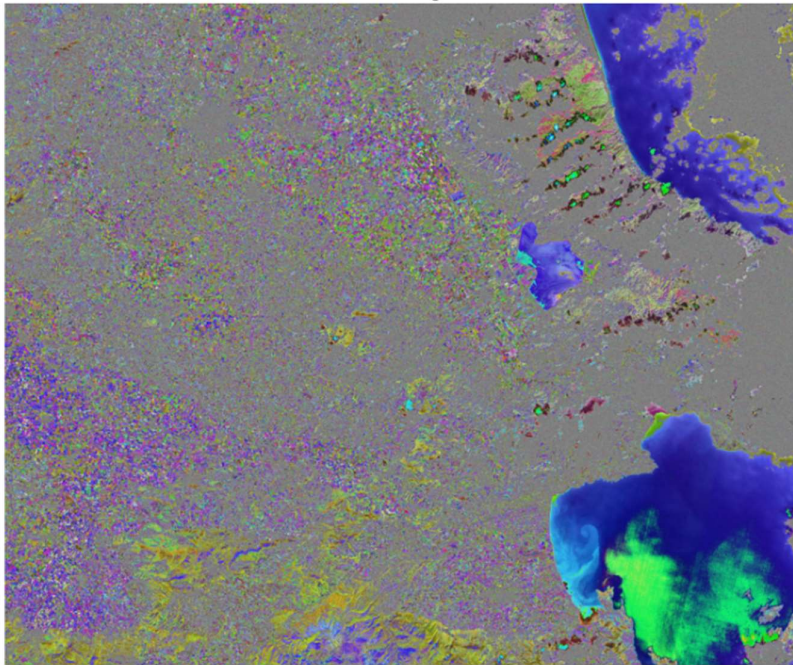
8 των οποίων η ανάλυση είναι 10m x 10m. Παρά το γεγονός ότι μετά τον έλεγχο όλα τα κανάλια έχουν 10m x 10m ανάλυση, υπάρχει αβεβαιότητα για τη σωστή εφαρμογή της μεθόδου λόγω της μη πλήρους γνώσης της και αποτελεί το πρώτο σημείο που δύναται να επηρεάζει αρνητικά τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο τέλος της παρούσας έκθεσης.

Αφού τα πλακίδια που λήφθηκαν καλύπτουν μεγαλύτερη έκταση από αυτή των δεδομένων αληθείας, επόμενη κίνηση αποτέλεσε η περικοπή των πρώτων στα όρια των τελευταίων. Μετά από αυτή τη διαδικασία ελέγχεται μέσω εκτυπώσεων και συγκρίσεων (tiles και ground truth data, βλ.notebook) ότι η διαδικασία πραγματοποιήθηκε σωστά. Σε αυτό το σημείο, γίνεται αντιληπτό και το γεγονός ότι τα δεδομένα αληθείας φαίνεται να έχουν στραφεί, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται «μαύρα σημεία», τα οποία αργότερα θα μεταφραστούν ως τιμές 0 στον τανυστή των ετικετών. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε για έλεγχο και στο QGIS και το αποτέλεσμα ήταν το ίδιο. Μια πιθανή εξήγηση σε αυτό είναι ότι η προβολή των δεδομένων από τις πολικές συντεταγμένες σε καρτεσιανές δεν μπορεί να είναι απόλυτα ακριβής.

Στην πορεία προς τη δημιουργία ενιαίας εικόνας των δεδομένων που λήφθηκαν, δημιουργείται ενιαία εικόνα με δεκατρία (13) κανάλια για καθένα από τα τέσσερα (4), επεξεργασμένα πλέον, πλακίδια. Κατά τη διαδικασία ελέγχου της νέας εικόνας πραγματοποιήθηκαν διάφορες δοκιμές, κάποια από τις οποίες αποτέλεσε η εκτύπωση των καναλιών 4, 3 και 2 για τη λήψη εικόνας RGB. Εδώ το αποτέλεσμα δεν είναι αναμενόμενο (Εικόνα 1), δεν μπόρεσε να εξηγηθεί (ειδικά αφού τα συγκεκριμένα κανάλια δεν έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία πέραν της περικοπής, π.χ. pansharpening) και αποτελεί το δεύτερο σημείο αβεβαιότητας.


	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΜΑΪΟΣ 2024
	Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα	Σελίδα 5 / 13
ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ		

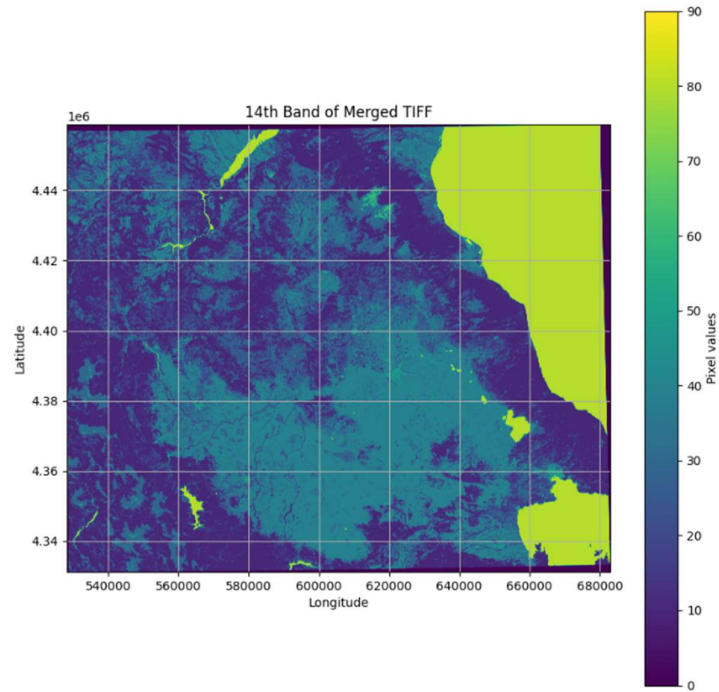
RGB Image




Εικόνα 1. Κανάλια 4, 3, 2 μετά τη σύνθεση των πλακιδίων. – Μη αναμενόμενο αποτέλεσμα.

Κλείνοντας το στάδιο της προ-επεξεργασίας δεδομένων, τα δεδομένα αληθείας προστίθενται ως δέκατο τέταρτο (14^ο) κανάλι (Εικόνα 2) στην παραπάνω εικόνα και δημιουργείται το αρχείο .tif που θα αποτελέσει τη βάση για τα υπόλοιπα τρία (3) στάδια της άσκησης.

	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΜΑΪΟΣ 2024
	Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα	Σελίδα 6 / 13
ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ		



Εικόνα 2. Δεδομένα αληθείας ως 14ο κανάλι του συνόλου δεδομένων.

	<p>ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</p> <p>Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνελκτικτικά νευρωνικά δίκτυα</p> <p>ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ</p>	<p>ΜΑΪΟΣ 2024</p>
		<p>Σελίδα 7 / 13</p>


ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Το δεύτερο στάδιο της άσκησης αποτέλεσε η προετοιμασία των δεδομένων για να εισαχθούν προς εκπαίδευση στο μοντέλο που θα σχεδιαστεί. Τα κύρια στοιχεία αυτής της φάσης αποτέλεσαν η δημιουργία συναρτήσεων για τυχαία περιστροφή και προσθήκη θορύβου στην εικόνα με στόχο την επαύξηση των δεδομένων.

Στη συνέχεια υλοποιείται η κλάση Sent, η οποία είναι αυτή που θα φορτώσει τα δεδομένα σε ένα αρχείο .tif και χωρίζει την εικόνα σε patches μεγέθους 256 x 256 για την εκπαίδευση που θα ακολουθήσει. Ακόμη, διακρίνονται τα χαρακτηριστικά (13 πρώτα κανάλια) και οι κλάσεις (14^ο κανάλι). Τα χαρακτηριστικά διαιρούνται με το 10000 για κανονικοποίηση, όπως συνηθίζεται για δεδομένα που προέρχονται από τον Sentinel-2.

Ακολούθως, το σύνολο δεδομένων χωρίστηκε σε σύνολο εκπαίδευσης και επαλήθευσης και χρησιμοποιήθηκαν DataLoaders για τη φόρτωση των δεδομένων κατά τη διάρκεια εκπαίδευσης του μοντέλου. Τέλος, ελέγχονται οι διαστάσεις των τανυστών των δεδομένων εκπαίδευσης και των κλάσεων, ώστε να έχουν την αναμενόμενη μορφή.

Στο σημείο αυτό, σημειώνεται ότι μέσω λεξικού (ίσως όχι και ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος) τροποποιήθηκαν οι κλάσεις του μοντέλου, ώστε να αντιστοιχούν σε δείκτες και όχι συνεχείς τιμές. Φυσικά, ο αντίστροφος μετασχηματισμός έλαβε χώρα κατά την εκτίμηση των μετρικών στο στάδιο της πρόβλεψης.

	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα	ΜΑΪΟΣ 2024
	ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ	Σελίδα 8 / 13


ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ U-NET

Επόμενο στάδιο της άσκησης αποτέλεσε ο σχεδιασμός μοντέλου U-Net το οποίο τελικά θα χρησιμοποιηθεί για σημασιολογική κατάτμηση εικόνας.

Το encoder τμήμα του μοντέλου που σχεδιάστηκε αποτελείται από στρώσεις προ-εκπαιδευμένου μοντέλου τύπου ResNet 50. Αποτελείται από πέντε (5) στρώματα, με το πρώτο να περιλαμβάνει την αρχική συνελκτική στρώση με batch normalization και ReLU, το δεύτερο max pooling και το πρώτο σύνολο από residual blocks και τα υπόλοιπα τρία στρώματα, σύνολα από residual blocks.

Για την αναδόμηση των χαρακτηριστικών που εξήχθησαν από τον encoder σε μια πλήρους ανάλυσης εικόνα, ο decoder σχεδιάζεται να αποτελείται από αντίστροφες και διπλές συνελκτικές στρώσεις που αυξάνουν σταδιακά την ανάλυση και συνδυάζουν χαρακτηριστικά από τα αντίστοιχα επίπεδα του encoder μέσω των skip connections.

Το προ-εκπαιδευμένο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της μεταφοράς μάθησης είναι το ResNet50_SENTINEL2_ALL_MOCO, το οποίο είναι εκπαιδευμένο για εκατό (100) εποχές. Η φόρτωση των βαρών του πραγματοποιήθηκε με χρήση αυτούσιου του κώδικα που προτείνεται για τη φόρτωση των βαρών στην ιστοσελίδα που παρέχεται στην εκφώνηση της άσκησης. Για αυτό τον σκοπό φορτώθηκε το αρχείο "B13_rn50_moco_0099.pth", το οποίο περιλαμβάνει αποκλειστικά τα βάρη του προ-εκπαιδευμένου μοντέλου και όχι περαιτέρω πληροφορίες (π.χ. learning rate). Τονίζεται ότι κατά την εισαγωγή των βαρών στο μοντέλο λαμβάνεται υπόψη ότι το ResNet 50 δέχεται ως είσοδο τρία (3) κανάλια, ενώ το ResNet50_SENTINEL2_ALL_MOCO δεκατρία (13), οπότε πραγματοποιείται κατάλληλος μετασχηματισμός για το πρώτο στρώμα.

	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ	ΜΑΪΟΣ 2024
		Σελίδα 9 / 13

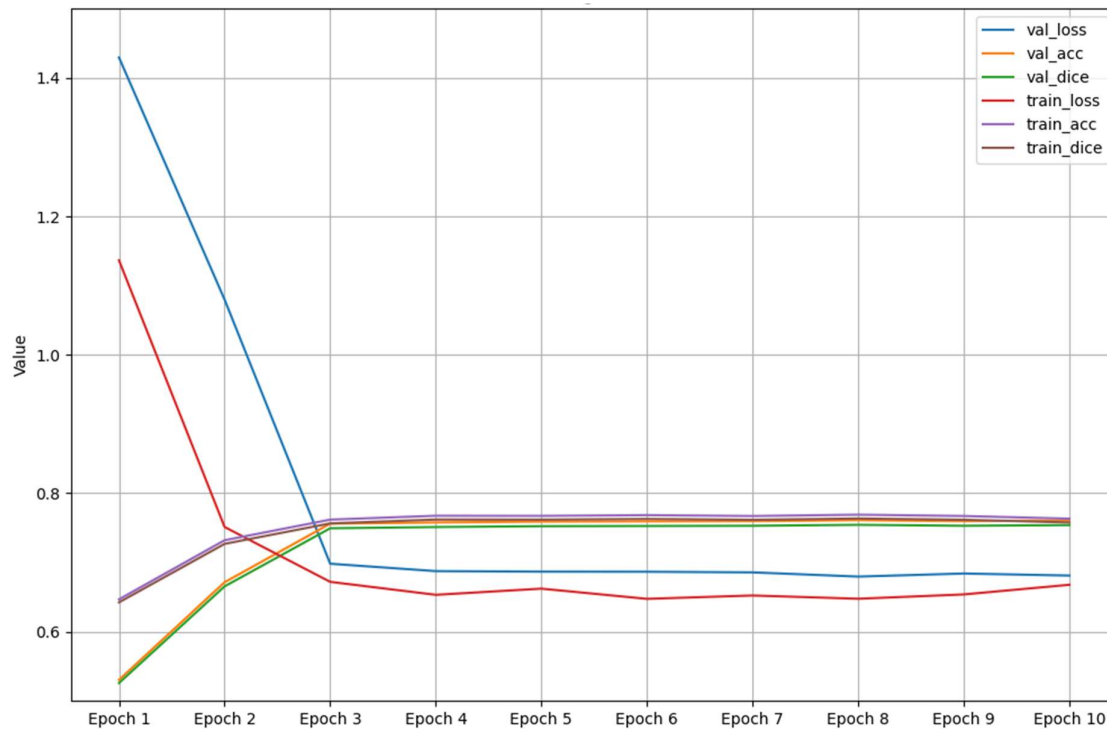
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Αφού σχεδιάστηκε η αρχιτεκτονική του μοντέλου και φορτώθηκαν τα βάρη του προ-εκπαιδευμένου, ακολούθησε το στάδιο της εκπαίδευσης. Αρχικά, σημειώνεται ότι το μοντέλο εισάγεται να εκπαιδευτεί σε batches μεγέθους 32 (ανά 32 δειγματικά στοιχεία).


Η συνάρτηση κόστους που χρησιμοποιείται είναι η Cross Entropy, η οποία θεωρείται κατάλληλη για προβλήματα ταξινόμησης, optimizer ο Adam, ενώ καταγράφονται οι μετρικές της ακρίβειας (accuracy) και του dice score (για να ληφθεί υπόψη και η ανισορροπία των κλάσεων στα δεδομένα). Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι η κλάση 0 που αντιστοιχεί σε pixels χωρίς περιεχόμενο (όπως αυτά δημιουργήθηκαν κατά την προ-επεξεργασία των δεδομένων, όπως αναλύεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο της παρούσας έκθεσης), καθορίζεται να μη λαμβάνεται υπόψη τόσο στον υπολογισμό της συνάρτησης κόστους (άρα και συνολικής λειτουργίας του μοντέλου) όσο και στις μετρικές που θα αξιολογηθούν. Ακόμη, για τον υπολογισμό της μετρικής της ακρίβειας, χρησιμοποιείται η παράμετρος `micro`, ώστε να υπολογίζεται η ακρίβεια μετρώντας τον συνολικό αριθμό των σωστών προβλέψεων για όλες τις κλάσεις διαιρούμενο με τον συνολικό αριθμό των δειγμάτων και είναι η καταλληλότερη για το πρόβλημα που πραγματεύεται η άσκηση. Σε αντίθετη περίπτωση, η χρήση της παραμέτρου `macro`, που υπολογίζει τη μέση ακρίβεια ως τη μέση ακρίβεια των τιμών της μετρικής ανά κλάση, θα οδηγούσε σε πολύ χαμηλότερα αποτελέσματα (που εν προκειμένω δε θα ήταν και αντιπροσωπευτικά) για λόγους που εξηγούνται στο τελευταίο κεφάλαιο της έκθεσης. Επιπλέον, επιλέγεται να μην παγώσουν τα βάρη του προεκπαιδευμένου μοντέλου, καθώς ύστερα από κάποιες δοκιμές, το μοντέλο έτσι οδηγείται σε καλύτερα αποτελέσματα.

Σύμφωνα με τα ζητούμενα της άσκησης, διενεργείται εκπαίδευση για διαφορετικές τιμές του learning rate. Έτσι, στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού χαρακτήρα της άσκησης πραγματοποιήθηκε εκπαίδευση για τρεις (3) αρχικές τιμές του ρυθμού εκμάθησης ($1e-3$, $5e-3$ και $1e-4$) (θα μπορούσε να γίνει και μέσω του εργαλείου tuner της Pytorch). Ο αριθμός των εποχών διερευνήθηκε ως υπερπαραμέτρος μέσω της αποθήκευσης του καλύτερου μοντέλου (στην εποχή εκπαίδευσης που η συνάρτηση κόστους έλαβε την ελάχιστη τιμή της) ύστερα από εκπαίδευση δέκα (10) εποχών. Έτσι, ως καλύτερο αξιολογήθηκε το μοντέλο με αρχική τιμή του ρυθμού εκμάθησης $1e-3$, ύστερα από την όγδοη (8^{th}) εποχή εκπαίδευσής του (`lr_1e-3_new-epoch=07-val_acc=0.76.ckpt`).

Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό από το ακόλουθο διάγραμμα (Σχήμα 1), η τιμή της συνάρτησης κόστους στο σύνολο ελέγχου κατά την όγδοη εποχή (Epoch 8) έχει τιμή 0,679, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για την ακρίβεια και το dice score είναι 0,760 και 0,753.



Σχήμα 1. Καμπύλες εξέλιξης τιμών συνάρτησης κόστους και επιλεχθεισών μετρικών κατά την διάρκεια εκπαίδευσης του μοντέλου.

	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφο- ρικές εικόνες και συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα	ΜΑΪΟΣ 2024
	ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ	Σελίδα 11 / 13


ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΣΕ ΝΕΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

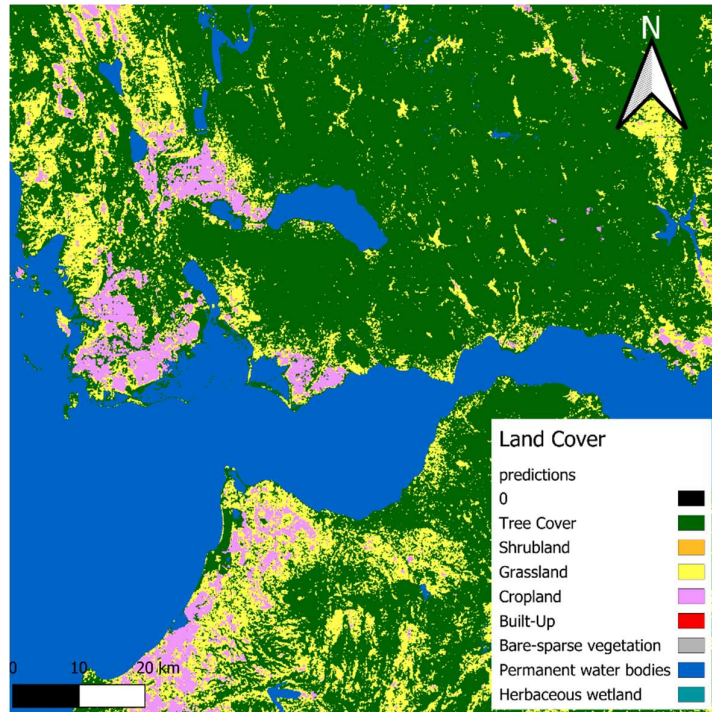
Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται στο τελευταίο στάδιο της παρούσας άσκησης, το οποίο σχετίζεται με την πρόβλεψη σε νέα δεδομένα.

Τα δεδομένα στα οποία θα γίνει η πρόβλεψη προέρχονται και αυτή τη φορά από τον δορυφόρο Sentinel-2 και πρόκειται για εικόνα από την περιοχή της Αχαΐας κατά το έτος 2021. Επιλέγεται και αυτή τη φορά η ημερομηνία 05/10/2021 (οπότε η νεφοκάλυψη ήταν και πάλι μικρότερη του 10%).

Από την εκφώνηση της άσκησης παρέχονται τα δεδομένα αληθείας για την περιοχή πρόβλεψης βάσει των οποίων θα γίνει η αξιολόγηση της πρόβλεψης. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε «διάβασμα» αυτών των δεδομένων. Παρατηρείται ότι δε χρειάζεται αντίστοιχη επεξεργασία με αυτή του πρώτου σταδίου, καθώς η ανάλυση είναι ήδη 10m x 10m και το μέγεθος είναι ίδιο με το μέγεθος του πλακιδίου που λήφθηκε από το Copernicus. Τέλος, δημιουργήθηκε αρχείο .tif (με αρχικά 13 και στη συνέχεια) δεκατέσσερα (14) κανάλια που περιέχει τα δεδομένα στα οποία θα γίνει η πρόβλεψη καθώς και τις ετικέτες βάσει των οποίων αυτή θα αξιολογηθεί.

Η πρόβλεψη πραγματοποιήθηκε σε υπο-περιοχές 256 x 256, όπως είχε οριστεί κατά την εκπαίδευση και εφαρμόζοντας τους ίδιους μετασχηματισμούς και κανονικοποιήσεις με τη φάση της εκπαίδευσης, στη συνέχεια έγινε σύνθεση του τελικού χάρτη προβλέψεων (Εικόνα 3), με εφαρμογή κατάλληλης επικάλυψης. Όσον αφορά στα αποτελέσματα και την ποσοτική αξιολόγηση της πρόβλεψης (ούτε εδώ λαμβάνεται υπόψη πιθανή εμφάνιση της κλάσης 0), η τιμή της ακρίβειας που λαμβάνεται είναι 0,765 ενώ για το dice score, σημαντικά χαμηλότερο στο 0,351. Από την έξοδο του εκτελεσμένου προγράμματος σε πρώτη φάση (βλ. notebook), γίνεται αντιληπτό ότι κάποιες από τις κλάσεις δεν έχουν προβλεφθεί καθόλου. Υπό αυτό το πρίσμα, η σημαντική διαφορά στα παραπάνω αποτελέσματα ερμηνεύεται, καθώς η ακρίβεια έχει οριστεί να υπολογίζεται στο σύνολο των δεδομένων, ενώ το dice score, υπολογίζεται ως η μέση τιμή της μετρικής για κάθε κλάση. Οι κλάσεις για τις οποίες δε γίνεται πρόβλεψη δίνουν τιμή 0, που επιδρά ισοβαρώς στον συνολικό υπολογισμό κι ως είναι σημαντικά λιγότερες, όπως θα φανεί και από τον ποιοτική αξιολόγηση που ακολουθεί. Συνεπώς, στο συγκεκριμένο πρόβλημα, αντιπροσωπευτική για την αξιολόγηση είναι η μετρική accuracy (γιατί έχει υπολογιστεί με την παράμετρο micro).

	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΜΑΪΟΣ 2024
	Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα	Σελίδα 12 / 13
ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ		




Εικόνα 3. Χάρτης πρόβλεψης για την περιοχή της Αχαΐας.

Στην Εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 4), παρουσιάζονται αριστερά η εικόνα των δεδομένων αληθείας (α), όπως αυτά παρασχέθηκαν και δεξιά η εικόνα του χάρτη προβλέψεων (β) (που εδώ απεικονίζει μόνο τις προβλέψεις). Οι τρεις αυτές εικόνες λήφθηκαν από το QGIS (για πιο εύκολη τοποθέτηση υπομνήματος, συμβόλων κλπ.).

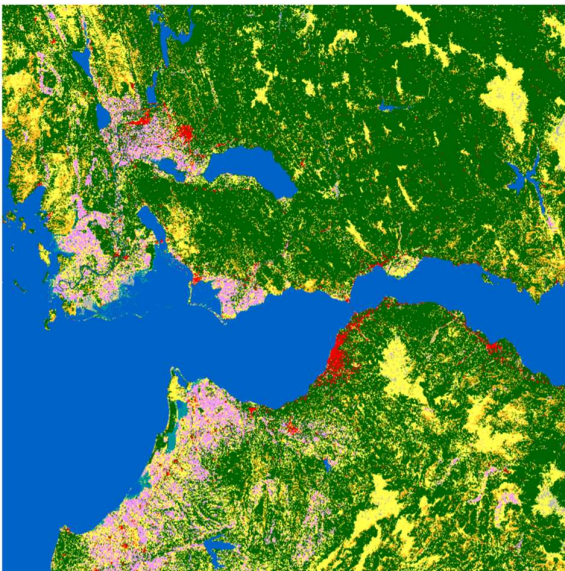
Αρχικά, από την οπτική αξιολόγηση γίνεται αντιληπτό ότι εν γένει, η πρόβλεψη είναι ικανοποιητική. Για τις κλάσεις που αποτελούν την πλειοψηφία της εικόνας, οι προβλέψεις φαίνεται να είναι αρκετά ακριβείς και σε κάθε περίπτωση δίνουν ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα εάν σκοπός μας είναι μία προκαταρκτική αξιολόγηση της κάλυψης γης της περιοχής.

Ωστόσο, γίνεται αντιληπτή και η παντελής αδυναμία πρόβλεψης των κατηγοριών κάλυψης γης που έχουν μικρότερη εμφάνιση στην περιοχή. Συγκεκριμένα, οι κατηγορίες “Shrubland”, “Built-Up”, “Bare-Sparse vegetation” και “Herbaceous wetland” δεν εντοπίζονται καθόλου στις προβλέψεις. Κάποιοι πιθανοί λόγοι που μπορεί αυτό να συμβαίνει είναι οι ακόλουθοι:

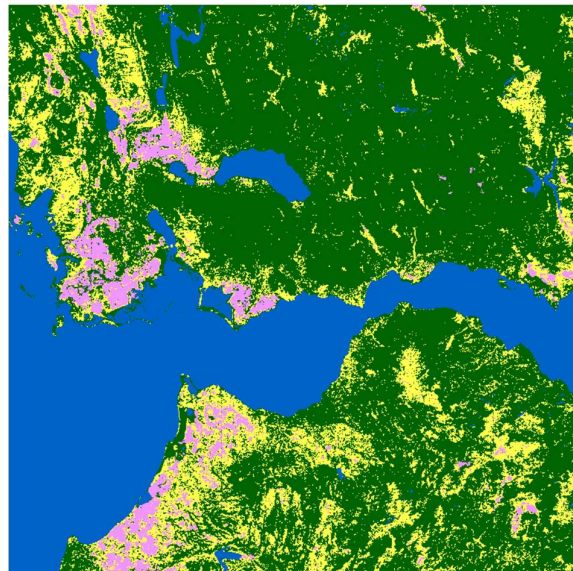
	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΜΑΪΟΣ 2024
	Χαρτογράφηση κάλυψης γης μεγάλης κλίμακας με δορυφορικές εικόνες και συνεκλεκτικά νευρωνικά δίκτυα	Σελίδα 13 / 13
ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ		

- Οι συγκεκριμένες κατηγορίες έχουν σημαντικά μικρότερο ποσοστό εμφάνισης και στην περιοχή της Θεσσαλίας (άρα και στο σύνολο εκπαίδευσης) κι έτσι το μοντέλο να αδυνατεί να τις αναγνωρίσει.
- Οι κατηγορίες αυτές μπορεί να έχουν παρόμοια φασματικά χαρακτηριστικά με άλλες (π.χ. Shrubland με Tree Cover) κι έτσι το μοντέλο να μην μπορεί να τις διακρίνει.
- Αδυναμία του μοντέλου. Σίγουρα, στον συγκεκριμένο τομέα αντίστοιχα προβλήματα θα έχουν παρατηρηθεί και στο παρελθόν και πιθανόν να έχουν προταθεί και εφαρμοστεί λύσεις για προσαρμογή και διαμόρφωση των μοντέλων πρόβλεψης με τρόπο τέτοιο, ώστε να ξεπερασθούν.
- Λόγοι σχετικοί με την προ-επεξεργασία των δεδομένων, όπως παρουσιάστηκαν στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Σε κάθε περίπτωση, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας το αποτέλεσμα κρίνεται ικανοποιητικό.



(α)



(β)

Εικόνα 4. Δεδομένα αληθείας (α) και προβλέψεις (β) για την περιοχή της Αχαΐας.