

Ηνίοχος Χριστόπουλος, Γεωγράφος MSc
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας
hnioxos@windowslive.com

Ισαάκ Παρχαρίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας
parchar@hua.gr

Θεματικά Δορυφορικά Προϊόντα με βάση Εικόνες Landsat Αρχείου για την Παρακολούθηση των Αλλαγών στην Χιονοκάλυψη την Περίοδο 1990-2016 σε Ορεινούς Όγκους της Κεντρικής Ελλάδας

Περίληψη

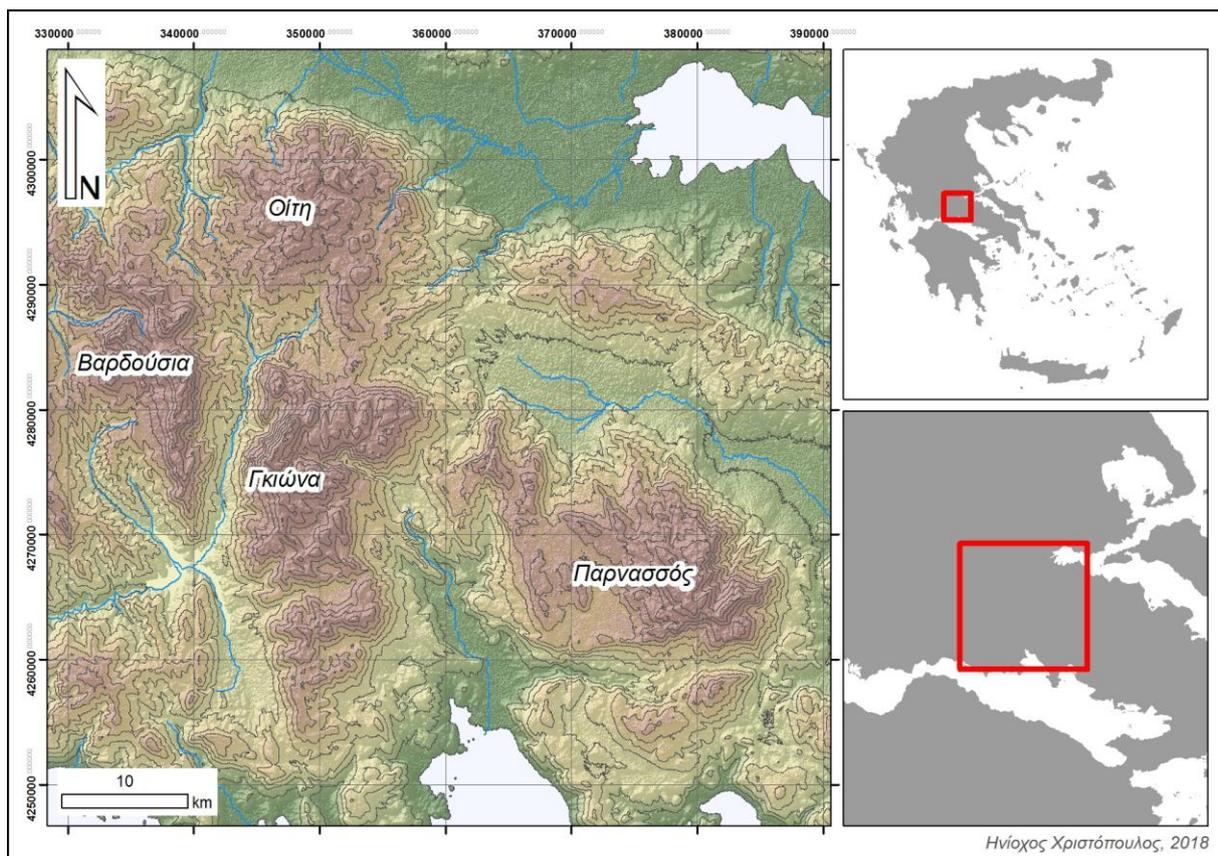
Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι η διαχρονική παρακολούθηση των αλλαγών της χιονοκάλυψης με τη χρήση Τηλεπισκοπικών δεδομένων. Η περιοχή μελέτης είναι στην κεντρική Ελλάδα και αποτελεί το ορεινό σύμπλεγμα Βαρδουσίων, Γκίωνας, Οίτης και Παρνασσού. Για τις ανάγκες της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκαν 103 δορυφορικές εικόνες Landsat για την περίοδο από το 1990 έως το 2016. Στις εικόνες αυτές εφαρμόστηκε ραδιομετρική και ατμοσφαιρική διόρθωση καθώς και άλλες απαραίτητες τεχνικές βελτίωσης ώστε να αποδοθεί η μέγιστη δυνατή πληροφορία. Η χιονόπτωση αποτελεί έναν πολύ σημαντικό δείκτη του κλίματος συνεπώς οι μέθοδοι παρακολούθησης της χιονοκάλυψης προσφέρουν πολλές δυνατότητες για την εκτίμηση των κλιματικών αλλαγών οι οποίες έχουν ενταθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Η παρούσα μελέτη προσπαθεί να συνδράμει σ' αυτή την κατεύθυνση με την παράθεση μοντέλου ροής εργασιών συγκεκριμένης μεθοδολογίας. Για την παρατήρηση του φαινομένου της χιονοκάλυψης δημιουργήθηκαν θεματικά δορυφορικά προϊόντα του κανονικοποιημένου δείκτη χιονοκάλυψης (NDSI) για τούς μήνες από Δεκέμβριο έως Απρίλιο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε εξαγωγή των τιμών του NDSI για 32 επιλεγμένα σημεία δειγματοληψίας με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά υψομέτρου και προσανατολισμού. Η διαδικασία αυτή παρήγαγε διαγράμματα τα οποία αποτυπώνουν τις τιμές του δείκτη NDSI καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου από το έτος 1990 έως το έτος 2016 για το κάθε σημείο δειγματοληψίας. Σε δεύτερο επίπεδο υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι το σημείων δειγματοληψίας για κάθε μήνα ξεχωριστά. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα της EMY από τα οποία επίσης κατασκευάστηκαν διαγράμματα που παρουσιάζουν ανά μήνα τις καταγραφές των δεδομένων αυτών για την περίοδο μελέτης. Μέσω της συνδυαστικής ερμηνείας αυτών των διαγραμμάτων εξήχθησαν συμπεράσματα για την πορεία του φαινομένου κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης και εκτιμήθηκαν οι τάσεις του.

Λέξεις κλειδιά: χιονοκάλυψη, κεντρική Ελλάδα, δορυφορικές εικόνες, τηλεπισκόπηση, κλιματική αλλαγή, NDSI, Landsat.

Εισαγωγή

Η παρατήρηση της χιονοκάλυψης με διάφορες μεθόδους έχει απασχολήσει από το τέλος του 19ου αιώνα. Η επανάσταση στην επιστήμη της Τηλεπισκόπησης την δεκαετία του '60 οδήγησε στην ραγδαία εξέλιξη των μεθόδων μελέτης του φαινομένου. Έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που βασίζονται στη χρήση διαφόρων τύπων δορυφορικών δεδομένων από διάφορα δορυφορικά προγράμματα. Ο NDSI έχει εφαρμοστεί επί δεκαετίες στην μελέτη της χιονοκάλυψης και κυρίως των παγετώνων. Οι παράγοντες της κρύσφαιρας παίζουν τον πιο σημαντικό ρόλο στην μελέτη του κλίματος καθώς η μεταβολές της αποτελούν δείκτη της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής (Ambinakudige & Joshi, 2012). Τα αποθέματα χιονιού είναι πρωταρχική πηγή καθαρού νερού και σημαντικό στοιχείο του υδρολογικού κύκλου (Tekeli, 2010). Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ότι ο πλανήτης έχει γίνει πιο σκοτεινός, έτσι απορροφά περισσότερη ακτινοβολία. Η λευκαύγεια του χιονιού αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Η περιοχή μελέτης είναι στην κεντρική Ελλάδα και αποτελεί το ορεινό σύμπλεγμα Βαρδουσίων, Γκιώνας, Οίτης και Παρνασσού. Τα όρη αυτά αποτελούν νοτιοανατολική απόληξη της οροσειράς της Πίνδου. Παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο και μεγάλες κλίσεις. Τροφοδοτεί την τεχνητή λίμνη του Μόρνου η οποία καλύπτει τις ανάγκες ύδρευσης της Αθήνας.



Χάρτης 1. Χάρτης περιοχής μελέτης.

Ο κανονικοποιημένος δείκτης χιονοκάλυψης (*Normalized Difference Snow Index, NDSI*) αποτελεί την κανονικοποιημένη διαφορά δύο καναλιών, ένα στο ορατό (*Visible, VIS*)

και ένα στο εγγύς υπέρυθρο (Near Infrared, NIR) ή στο μέσο υπέρυθρο (Shortwave Infrared, SWIR) τμήμα του φάσματος.

$$\text{NDSI} = \frac{\text{VIS} - \text{NIR}}{\text{VIS} + \text{NIR}} \quad \text{ή} \quad \text{NDSI} = \frac{\text{VIS} - \text{SWIR}}{\text{VIS} + \text{SWIR}}$$

Το χιόνι έχει υψηλή ανακλαστικότητα στο ορατό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και υψηλή απορροφητικότητα στο εγγύς υπέρυθρο και στο μέσο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος. Η ανακλαστικότητα των περισσότερων νεφών παραμένει υψηλή σε αυτά τα τμήματα του φάσματος, επιτρέποντας τον διαχωρισμό των περισσότερων νεφών από το χιόνι. Επίσης η δυναμική συμπεριφορά των σύννεφων τα οποία έχουν την τάση να κινούνται με ταχύτητα δίνει τη δυνατότητα διάκρισης μεταξύ αυτών και του χιονιού, καθώς το τελευταίο μένει σχετικά ακίνητο (Tekeli, 2010).

Δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι οπτικά δορυφορικά προϊόντα του προγράμματος Landsat τα οποία αποκτήθηκαν από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος - European Space Agency (ESA) και από το Αμερικάνικο Γεωλογικό Ινστιτούτο - United States Geological Survey (USGS). Τα δεδομένα αυτά έχουν ληφθεί από τους δορυφόρους Landsat 5, Landsat 7 και Landsat 8 κατά την περίοδο από 01/12/1990 έως 30/04/2016 για τους μήνες από Δεκέμβριο έως και Απρίλιο. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 103 εικόνες.

Χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό μοντέλο εδάφους (GDEM v.2 ASTER) με χωρική διαχρονική ικανότητα 30 μέτρων που επίσης αποκτήθηκε μέσω του ιστοτόπου του USGS.

Πέραν των δορυφορικών προϊόντων έγινε χρήση και μετεωρολογικών δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά έχουν συλλεχθεί από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY). Επιλέχθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός της Δεσφίνας καθώς είναι ο εγγύτερος στην περιοχή μελέτης και αυτός με τα πληρέστερα καταγεγραμμένα στοιχεία κατά την χρονική περίοδο μελέτης. Ο σταθμός βρίσκεται στο Γεωγραφικό Μήκος 22.53 και Γεωγραφικό Πλάτος 38.42 σε υψόμετρο 585 μέτρων στις νότιες πλαγιές του Παρνασσού. Η περίοδος καταγραφής δεδομένων είναι από 01/01/1990 έως 31/12/2016. Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι η Μέση Θερμοκρασία, η Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία, η Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία και το Μηνιαίο ύψος υετού.

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν διανυσματικά δεδομένα που αποκτήθηκαν από τον διαδικτυακό τόπο geodata.gov.gr.

Μεθοδολογία

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων είναι το λογισμικό ENVI . Αρχικά έγιναν ενέργειες για την αποκατάσταση και την προεπεξεργασία των εικόνων. Πρώτο βήμα αποτέλεσε η ραδιομετρική διόρθωση. Ακολούθησε η ατμοσφαιρική διόρθωση με την εφαρμογή της μεθόδου FLAASH η οποία λαμβάνει υπόψη παραμέτρους της εικόνας όπως η τοποθεσία, το όργανο καταγραφής, το ύψος πτήσης του δορυφόρου, την διακριτική ικανότητα, την ημερομηνία και ώρα λήψης της εικόνας, το μέσο υψόμετρο της περιοχής, την νεφοκάλυψη, το κλίμα της περιοχής και την κάλυψη του εδάφους.

Επόμενο βήμα αποτέλεσε η πλήρωση των κενών που παρουσιάζουν συγκεκριμένες εικόνες που έχουν ληφθεί από τον Landsat 7 από τις 31 Μαΐου 2003 και έπειτα.

Ακολούθως πραγματοποιήθηκε διαδικασία αποκοπής των δορυφορικών εικόνων στα όρια της περιοχής μελέτης

Το κρισιμότερο στάδιο της μεθοδολογίας αποτελεί ο υπολογισμός του δείκτη NDSI. Ο δείκτης υπολογίστηκε από τους παρακάτω τύπους.

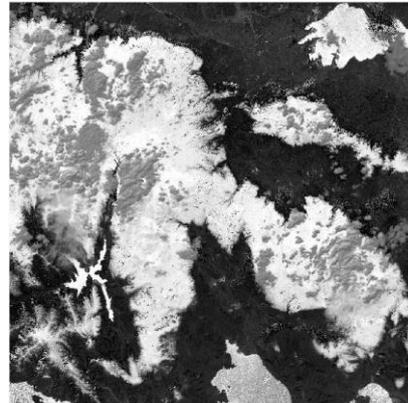
Για τους αισθητήρες TM και ETM+ των Landsat 5 και Landsat 7:

$$NDSI = \frac{Band\ 2 - Band\ 5}{Band\ 2 + Band\ 5}$$

Ενώ για τον αισθητήρα OLI του Landsat 8:

$$NDSI = \frac{Band\ 3 - Band\ 6}{Band\ 3 + Band\ 6}$$

Εικόνα 1.
Εικόνα
Landsat 7 με
ημερομηνία
λήψης
20/01/2000.



Εικόνα 2.
Δείκτης
NDSI της
εικόνας 1.

Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκαν 103 εικόνες του δείκτη NDSI αποκομμένες στα όρια της περιοχής μελέτης. Αυτές οι εικόνες χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο της ενοποίησης συνόλου δεδομένων με αποτέλεσμα την δημιουργία πέντε πολυεπίπεδων αρχείων (Layer Stacking) των εικόνων NDSI όσοι και οι υπό μελέτη μήνες (Δεκέμβριος έως Απρίλιος). Τα αρχεία αυτά αποτελούνται από 18 εικόνες για τον μήνα Δεκέμβριο, 21 εικόνες για τον Ιανουάριο, 18 εικόνες για τον Φεβρουάριο, 22 εικόνες για τον Μάρτιο και από 24 εικόνες για τον μήνα Απρίλιο.

Η επιλογή των σημείων δειγματοληψίας έγινε μέσω του λογισμικού ArcGIS με χρήση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM). Η δειγματοληψία αποτελείται από 32 σημεία συνολικά. Οκτώ για κάθε ένα από τους τέσσερις ορεινούς όγκους της περιοχής μελέτης. Τα σημεία κάθε ορεινού όγκου αποτελούνται επιμέρους από δύο για κάθε ένα από τα επιλεγμένα υψόμετρα (800, 1200, 1600 και 2000 μέτρα αντίστοιχα), και από αυτά ένα με ανατολικό και ένα με δυτικό προσανατολισμό. Οπότε στο σύνολο των 32 σημείων 16 είναι με ανατολικό και 16 με δυτικό προσανατολισμό. 8 σημεία για τον Ορεινό όγκο της Γκιώνας, 8 για των Βαρδουσιών, 8 για της Οίτης και 8 για του Παρνασσού. 8 σημεία με υψόμετρο 800 μέτρων, 8 με υψόμετρο 1200 μέτρων, 8 με υψόμετρο 1600 μέτρων και 8 με υψόμετρο 2000 μέτρων.

Το στάδιο της εξαγωγής των τιμών NDSI από τα σημεία δειγματοληψίας πραγματοποιήθηκε επίσης μέσω του λογισμικού ENVI με χρήση των ενοποιημένων συνόλων δεδομένων «Layer Stacking» και του διανυσματικού αρχείου των σημείων

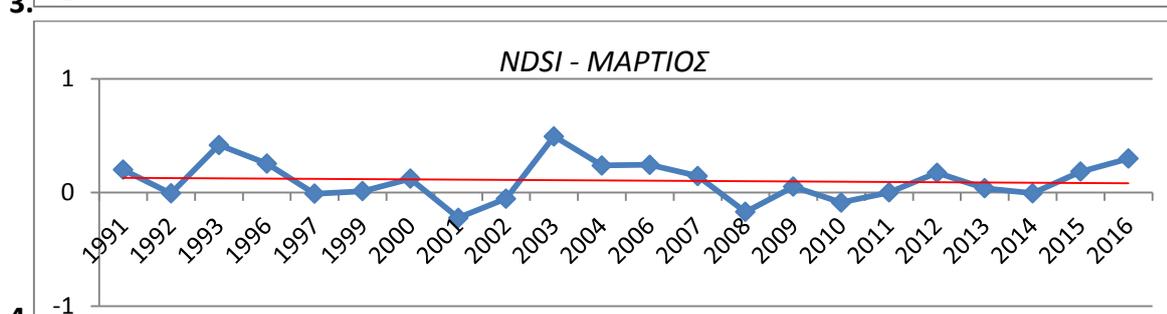
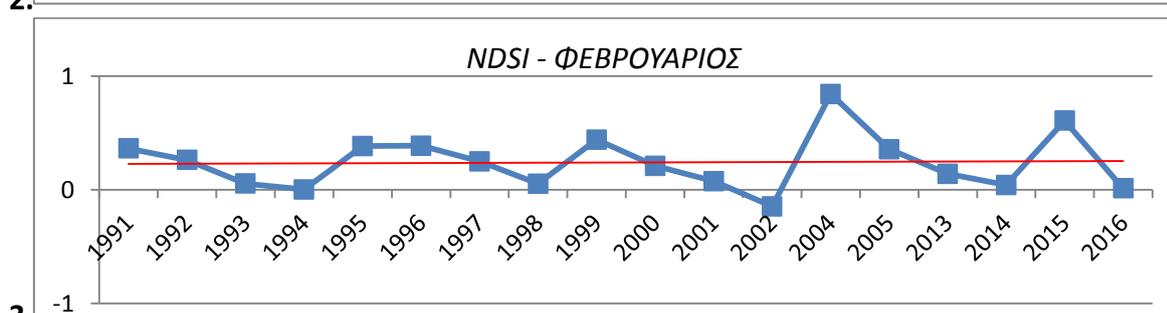
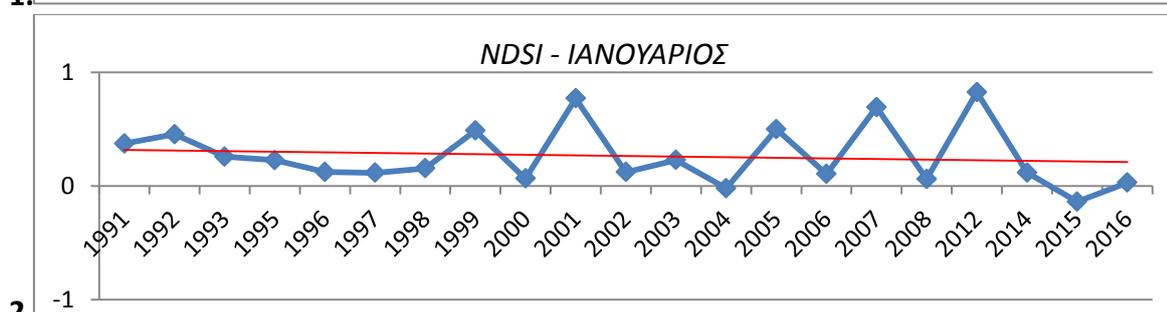
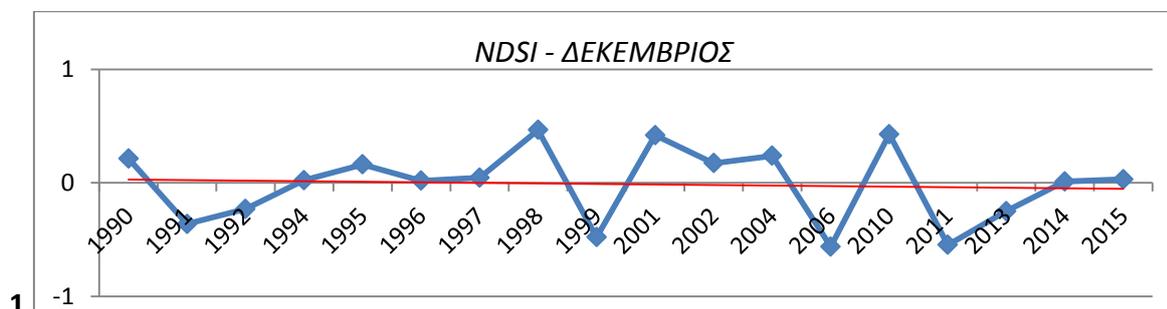
δειγματοληψίας. Κατά αυτό τον τρόπο γίνεται γνωστή η τιμή του δείκτη NDSI σε κάθε σημείο δειγματοληψίας για κάθε εικόνα που χρησιμοποιήθηκε.

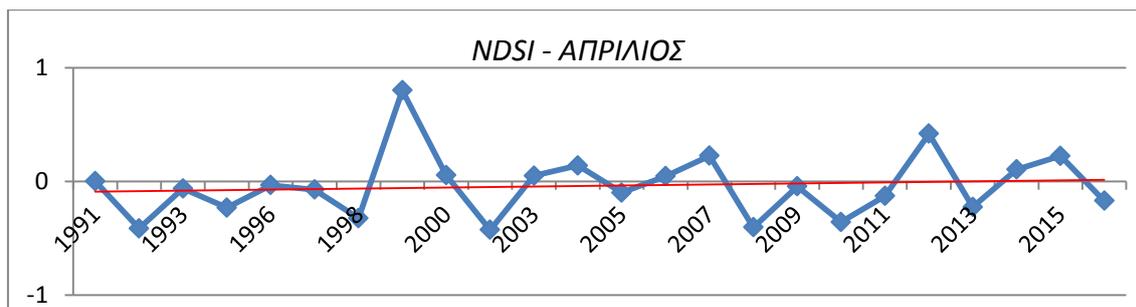
Το τελευταίο στάδιο της μεθοδολογίας αποτελεί η δημιουργία διαγραμμάτων των τιμών NDSI. Αρχικά με τη χρήση των τιμών του NDSI που εξήχθησαν κατασκευάστηκαν συνολικά 160 διαγράμματα για κάθε σημείο και κάθε εξεταζόμενο μήνα ξεχωριστά.

Σε δεύτερο επίπεδο έγινε ο υπολογισμός των μέσων όρων των τιμών NDSI των οκτώ σημείων για κάθε εξεταζόμενο υψόμετρο και μήνα ξεχωριστά. Αυτό οδηγεί στην κατασκευή 20 διαγραμμάτων.

Σε τρίτο επίπεδο έγινε ο υπολογισμός των μέσων όρων των τιμών NDSI και των 32 σημείων για κάθε εξεταζόμενο μήνα με αποτέλεσμα την κατασκευή 5 διαγραμμάτων

Για να γίνει δυνατή η συσχέτιση με τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα της EMY κατασκευάστηκαν τα εξής διαγράμματα μετεωρολογικών δεδομένων, μέσης θερμοκρασίας, μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας, μέσης μέγιστης θερμοκρασίας και μηνιαίου ύψους υετού.





5.

Διαγράμματα 1-5. Διαγράμματα των μέσων όρων των τιμών NDSI όλων των σημείων δειγματοληψίας για τους εξεταζόμενους μήνες (Δεκέμβριος έως Απρίλιος).

Πίνακας 1. Μέσοι όροι των τιμών NDSI όλων των σημείων δειγματοληψίας για τους εξεταζόμενους μήνες	
Δεκέμβριος	-0.007131579
Ιανουάριος	0.263042756
Φεβρουάριος	0.239582292
Μάρτιος	0.104235795
Απρίλιος	-0.039273438

Συμπεράσματα

Μέσω των διαγραμμάτων που κατασκευάστηκαν γίνεται φανερό ότι οι τιμές του NDSI που εξήχθησαν παρουσιάζουν τις παρακάτω ελαφρώς μειούμενες τάσεις. Σημαντική τάση μείωσης για τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Ελαφρώς μειούμενη τάση για το μήνα Μάρτιο. Σχεδόν μηδενική τάση για το μήνα Φεβρουάριο. Ελαφρώς αυξανόμενη τάση για τον μήνα Απρίλιο. Αυτή η γενική τάση μείωσης στις τιμές του NDSI θα μπορούσε να αποτελεί μια ένδειξη μείωσης της χιονόπτωσης.

Έτη ορόσημα στις τιμές του δείκτη NDSI είναι τα εξής: Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη παρατηρήθηκαν στους χειμώνες 1990 – 1991 και 1998 – 1999. Υψηλές τιμές για τους χειμώνες 2011 – 2012 και 2014 – 2015. Αξιοσημείωτα υψηλές και οι τιμές των χειμώνων 2000 - 2001, 2003 – 2004 και 2006 – 2007.

Από την σύγκριση των διαγραμμάτων των τιμών NDSI με τα διαγράμματα μετεωρολογικών δεδομένων κάθε έτους εξάγονται συμπεράσματα σημαντικής συσχέτισης μεταξύ αυτών. Η συσχέτιση αυτή παρατηρείται κυρίως στις υψηλές τιμές NDSI με τις χαμηλές τιμές μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας καθώς και το μηνιαίο ύψος υετού. Κατά δεύτερο λόγο με τις χαμηλές τιμές μέσης θερμοκρασίας.

Επίσης παρατηρείται αύξηση των τιμών NDSI με την αύξηση του υψομέτρου, μεγαλύτερη διακύμανση των τιμών του NDSI από έτος σε έτος στα χαμηλά υψόμετρα (800-1200m) και μικρότερες αποκλίσεις στα μεγαλύτερα υψόμετρα (1600-2000m). Μικρότερες αποκλίσεις στις τιμές του δείκτη NDSI διαχρονικά για του μήνες Ιανουάριο έως Μάρτιο και μεγαλύτερες αποκλίσεις στις τιμές για το μήνα Δεκέμβριο και Απρίλιο.

Οι μεγαλύτερες τιμές του NDSI καταγράφηκαν κατά σειρά στους ορεινούς όγκους του Παρνασσού, της Οίτης, της Γκιώνας και τέλος των Βαρδουσίων.

Βιβλιογραφία

Abreu L.W., Anderson G.P. 1996. The MODTRAN 2/3 Report and LOWTRAN 7 MODEL.

Ambinakudige S., Joshi K. 2012. Remote Sensing of Cryosphere. Intech Publications.

Basist A., Garrett D., Ferraro R., Grody N., Mitchell K. 1996. A comparison between snow cover products derived from visible and microwave satellite observations, *Journal of Applied Meteorology*. Volume 35, Issue 2, February 1996, Pages 163-177.

Brown R., Bartlett P., MacKay M., Versegny D. 2006. Evaluation of snow cover in CLASS for SnowMIP. *Atmosphere-Ocean*.

Chang, A.T.C., Foster, J.L., Rango, A. 1991. Utilization of surface cover composition to improve the microwave determination of snow water equivalent in a mountain basin, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 12, Issue 11, 1991, Pages 2311-2319.

Chelamallu H.P., Venkataraman G., Murti M.V.R., 2013. Accuracy assessment of MODIS/Terra snow cover product for parts of Indian Himalayas. Geocarto International.

Dankers R., De Jong S.M. 2004. Monitoring snow-cover dynamics in Northern Fennoscandia with SPOT VEGETATION images, *International Journal of Remote Sensing*. 25:15, 2933-2949.

Dozier J. 1989. Spectral signature of alpine snow cover from the landsat thematic mapper, *Remote Sensing of Environment*. Volume 28, April–June 1989, Pages 9–22.

Grody, N.C. 1991. Classification of snow cover and precipitation using the special sensor microwave imager. *Journal of Geophysical Research*, Volume 96, Issue D4, 1991, Pages 7423-7435.

Gurung D. R., Kulkarni A. V., Giriraj A., Aung K. S., Shrestha B. 2011. Monitoring of seasonal snow cover in Bhutan using remote sensing technique. *Current science*, vol. 101, no. 10, 25 November 2011.

Hall D. K., Riggs G. A., Salomonson V.V. 1995. Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data. *Remote Sensing of Environment*, Volume 54, Issue 2, November 1995, Pages 127–140.

Immerzeel W.W., Droogers P., de Jong S.M., Bierkens M.F.P. 2009. Large-scale monitoring of snow cover and runoff simulation in Himalayan river basins using remote sensing, *Remote Sensing of Environment*. Volume 113, Issue 1, 15 January 2009, Pages 40–49.

Jezek K., 2013. Airborne and Space-borne Remote Sensing of Cryosphere, *Earth System Monitoring* p. 7.

Lillesand T. M., Kiefer R. W. 1994. Remote sensing and image interpretation. Wiley Publication.

Negi H.S., Jassar H.S., Saravana G., Thakur N.K., Snehmani, Ganju A. 2013. Snow-cover characteristics using Hyperion data for the Himalayan region, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 34, No. 6, 20 March 2013, 2140–2161.

Nolin, A.W., Dozier, J., Mertes, L.A.K. 1993. Mapping alpine snow using a spectral mixture modeling technique, *Annals of Glaciology*. Volume 17, 1993, Pages 121-124.

Pepe M., Brivio P. A., Rampini A., Rota Nodari F., Boschetti M., 2005. Snow cover monitoring in Alpine regions using ENVISAT optical data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No. 21, 10 November 2005, 4661–4667.

Robinson, David A., Kenneth F. Dewey, Richard R. Heim. 1993. Global Snow Cover Monitoring: An Update. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 74, 1689–1696.

Romanov, P., Tarpley, D., Gutman, G., Carroll, T. 2003. Mapping and monitoring of the snow cover fraction over North America. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, Volume 108, Issue 16, 27 August 2003, Pages GCP 14-1 - GCP 14-15.

Romanov P., Tarpley D. 2003. Automated monitoring of snow cover over South America using GOES Imager data. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, vol. 24, no. 5, 1119–1125.

Romanov Peter. 2012. Continuous snow cover maps derived through synergy of optical and microwave observations from EOS MODIS and AMSR-E. NOAA-CREST, City University of New York, New York, USA.

Singh V.P., Singh P., Haritashya U.K. 2011. *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers*. Springer Publications.

Tekeli Y., Tekeli A. E. 2010. A technique for improving MODIS standard snow products for snow cover monitoring over eastern Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*.

Song K., Zhang Y., Jinl C., Yanz S., Song L., Chiu S. 2008. Seasonal Snow Monitoring in Northeast China Using Space-borne Sensors: Preliminary Results, *Geographic Information Sciences: A Journal of the Association of Chinese Professionals in Geographic Information Systems*, 14:2, 113-119.

Sushil K. Srivastav & Ramesh P. Singh. 1991. Microwave radiometry of snow-covered terrains, *International Journal of Remote Sensing*, 1991, Vol. 12, no. 10, 2117-2131.

Schanda Erwin, Matzler Christian & Kunzi Klaus, 1983, Microwave remote sensing of snow cover, *International Journal of Remote Sensing*, 4:1, 149-158.

Yang, J., Jiang, L., Shi, J., Zhang, L. 2012. Monitoring snow cover over China with FY-2E VISSR and FY-3B MWRI. 32nd IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2012, Munich, Germany, 22 July 2012 through 27 July 2012, Code 95192, Article number 6351092, Pages 1582-1585.

Iniochos Christopoulos, Geographer MSc
Harokopio University of Athens, Department of Geography
hvioxos@windowslive.com

Issaak Parcharidis, Associate Professor
Harokopio University of Athens, Department of Geography
parchar@hua.gr

**Monitoring on Spatial and Temporal Snow Cover Changes during the Period 1990-2016
Based on Retrospective Landsat Satellite Derived Thematic Products over Mountains Areas
of Central Greece**

Abstract

Snow is one of the most important indicators of climate. Snow cover monitoring methods are a useful tool to understand the global climate change. This study try to monitoring snow cover changes using Remote Sensing Data. The study area is located in central Greece in particular mountains Vardoussia, Giona, Oiti and Parnassos. For the purpose of this study, were used 103 Landsat satellite images for the period from 1990 to 2016. On these images applied a radiometric and atmospheric correction as well as other necessary improvement techniques to provide the maximum possible information. The time range within a year is 5 months, December to April, to cover the main body of snow fall in the area. Data have been processed to produce Normalized Difference Snow Index (NDSI) datasets from 1990 through 2016 for the months December to April. NDSI values were extracted from 32 sampling points were selected according to the following specific characteristics: altitude and aspect. This process produced charts showing the NDSI values during the study period for each sampling point. At the second level, the averages of the sampling points for each month were individually calculated. We compared our results to meteorological data obtained from HNMS (Hellenic National Meteorological Service) data covering the time period from 1990 to 2016. From NDSI charts analysis was estimated a slight reduction rate in NDSI values. Besides, NDSI values as compared to meteorological data, emerged correlation between them.

Keywords: snow cover, Central Greece, satellite images, remote sensing, climate change, NDSI, Landsat.