

“Ειδικές Χωρικές Αναλύσεις και Εφαρμογές Τηλεπισκόπησης σε έργα Πολιτικού Μηχανικού”

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ: ΚΑΙΜΑ

«Ελ Νίνιο (El Niño)»

Υπάρχουν αρκετές παράμετροι που χαρακτηρίζουν την κατάσταση του ωκεανού και της ατμόσφαιρας του Ισημερινού:

- το ύψος της στάθμης της θάλασσας (ΥΣΘ),
- η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας (ΘΕΘ),
- η πίεση της στάθμης της θάλασσας,
- οι επιφανειακοί άνεμοι και
- η υποθαλάσσια θερμοκρασία.

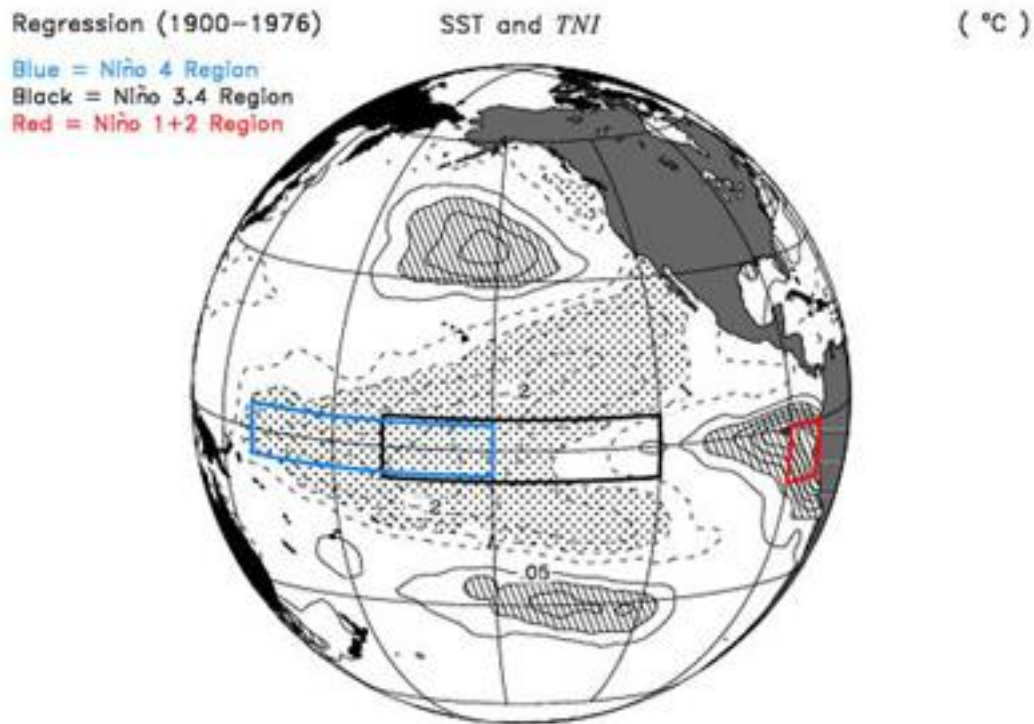
Το φαινόμενο Ελ Νίνο αλλάζει την αναμενόμενη συμπεριφορά αυτών των παραμέτρων.

Το φαινόμενο Ελ Νίνο έχει ένα καλά καθορισμένο χωρικό πρότυπο και, λίγο έως πολύ, ένα συνεχόμενο διάγραμμα χρόνου. Οι παράμετροι που αναφέρθηκαν παραπάνω (ΥΣΘ, ΘΕΘ, άνεμοι, κτλ.) αναλύονται με τη μέτρηση της «ανωμαλίας» που υπολογίζεται εάν αφαιρέσουμε μια στάνταρ μέση τιμή από τη μέτρηση ενδιαφέροντος. Τι είναι μια ανωμαλία; Μια ανωμαλία είναι μια ασυνήθιστη συμπεριφορά της διαδικασίας. Για παράδειγμα, προκειμένου να υπολογίσουμε μια ανωμαλία της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας για το Δεκέμβριο 1997, πρέπει να αφαιρέσουμε τη μέση τιμή όλων των μηνών του Δεκεμβρίου μιας περιόδου αναφοράς (π.χ. κατά τη διάρκεια των τελευταίων είκοσι χρόνων) από τον εν λόγω μήνα (π.χ. Δεκέμβριος 1997). Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε θετικές ή αρνητικές τιμές, όπου το μηδέν είναι η «κανονική» τιμή. Εάν το αποτέλεσμα είναι θετικό, η παράμετρος είναι μη φυσιολογικά υψηλή. Εάν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό, η παράμετρος είναι μη φυσιολογικά χαμηλή.

Υπάρχουν ορισμένοι δείκτες που χρησιμοποιούνται συχνά για τον προσδιορισμό του φαινομένου Ελ Νίνο και της έντασής του. Ο πιο συνηθισμένος από αυτούς τους δείκτες είναι οι μέσες τιμές των ανωμαλιών της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας σε ειδικές περιοχές. Μία από αυτές τις περιοχές είναι η λεγόμενη Περιοχή Νίνο 4, που βρίσκεται 160°Α-150°Δ και 5°Ν- 5°Β. Μια άλλη είναι η Περιοχή Νίνο 3.4, που βρίσκεται 5°Ν-5°Β, 120°-170°Δ.

Επίσης υπάρχει ένας άλλος δείκτης που χρησιμοποιείται συχνά για την αναγνώριση του φαινομένου Ελ Νίνο, ο οποίος είναι ο δείκτης Νότιας Ταλάντωσης (ΔΝΤ). Ο ΔΝΤ είναι η κανονικοποιημένη διαφορά μεταξύ των ανωμαλιών πίεσης της Ταϊτής (18°, 150°Δ) και αυτών του Ντάρβιν (12°Ν, 131°Α).

Ένα συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση αυτών των δεικτών είναι, για παράδειγμα, ότι οι περίοδοι με υψηλό δείκτη Νίνο 3 έχουν χαμηλό ΔNT και το αντίστροφο.



Άσκηση 1: Ύψος της στάθμης της θάλασσας

Τα θερμά ύδατα έχουν περισσότερη θερμότητα ανά χιλιόγραμμο σε σχέση με τα ψυχρά ύδατα. Επίσης, τα θερμά ύδατα έχουν μικρότερη πυκνότητα σε σχέση με τα ψυχρά ύδατα. Αυτό σημαίνει ότι μια στήλη θερμού νερού έχει μεγαλύτερο μήκος από μια στήλη ψυχρού νερού (αυτό είναι ένα παράδειγμα θερμικής διαστολής). Συνεπώς, η στάθμη της θάλασσας σε περιοχές με θερμά ύδατα είναι υψηλότερη από τη στάθμη της θάλασσας σε περιοχές με ψυχρά ύδατα. Μεταξύ 1993 και 2008, παρατηρήθηκε μια μέση αύξηση στη στάθμη της θάλασσας κατά 3 χλστ./έτος. Ωστόσο, αυτή η αύξηση δεν ήταν ίδια παντού. Σε μερικές περιοχές η αύξηση ήταν πολύ μεγαλύτερη από τη μέση τιμή, ενώ σε άλλες ήταν πολύ χαμηλότερη.

Η στάθμη της θάλασσας μετρείται με μια τεχνική που καλείται υψιμετρία και η οποία χρησιμοποιεί δορυφορικές εικόνες. Ένας υψομετρητής είναι ένας ενεργός αισθητήρας ραντάρ. Λειτουργεί στο εύρος των μικροκυμάτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Αυτό το είδος αισθητήρα εκπέμπει τακτικούς παλμούς και καταγράφει το χρόνο της διαδρομής, τις διαστάσεις και το σχήμα κάθε σήματος επιστροφής μετά την αντανάκλαση από την επιφάνεια.

Εάν είναι γνωστό το ύψος του δορυφόρου (H) σε σχέση με ένα επίπεδο αναφοράς (συνήθως μια τυπική κανονική επιφάνεια ελλειψοειδούς σχήματος), τότε το ύψος της θάλασσας που βρίσκεται πάνω από το επίπεδο αναφοράς (*h*) καθορίζεται αφαιρώντας την απόσταση (R) που μετρήθηκε με το υψομετρητή: $h=H-R$. Η επιφανειακή τοπογραφία (*h*) αλλάζει με το χρόνο και τόπο. Σε αυτό συνεισφέρουν μερικοί φυσικοί παράγοντες, όπως η κατανομή της βαρύτητας επάνω από τη Γη, που αντιπροσωπεύεται από ένα geoid (h_{geoid}). Ένα geoid είναι μια αναπαράσταση της επιφάνειας της Γης απουσία ανέμων, ρευμάτων και της περιστροφής της γης. Ένα geoid έχει σχήμα πατάτας.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή τοπογραφία περιλαμβάνουν το ακαριαίο παλιρροϊκό ύψος της θαλάσσιας επιφάνειας, την κίνηση της θάλασσας ή τη θαλάσσια δυναμική τοπογραφία και την τοπική ανταπόκριση του ωκεανού στην ατμοσφαιρική κατανομή πίεσης επάνω από τον ωκεανό.

Μερικές από τις σημαντικότερες αποστολές υψιμετρίας περιλαμβάνουν τις αποστολές ERS-2 και ENVISAT της ΕΔΥ και τη σειρά Jason και την παρακολούθηση Geosat (GFO) των CNES/EUMETSAT/NASA. Επαναληπτικές μετρήσεις με υψομετρητή της θαλάσσιας επιφάνειας επιτυγχάνουν ακρίβεια της τάξεως των 1–2 εκατοστών περίπου. Η μη φυσιολογικά υψηλή περιεκτικότητα θερμότητας προκαλεί μη φυσιολογικά υψηλό ύψος της θαλάσσιας επιφάνειας. Αυτή η θετική ανωμαλία παρουσιάζεται με κόκκινο στη σειρά των δεδομένων που παρέχονται (δείτε τη δεξιά ράβδο πλοήγησης). Οι αρνητικές ανωμαλίες παρουσιάζονται με μπλε, υποδεικνύονται ότι η στάθμη της θάλασσας είναι πιο χαμηλή από το συνηθισμένο.

Δορυφόρος	Προέλευση	Ύψος	Χρόνος επανεμφάνισης
ERS-1 (1991)	ΕΟΔ	800 χλμ.	35 ημέρες
ERS-2 (1995)			
ENVISAT (2002) RA-2			
TOPEX/POSEIDON (1992)	Γαλλία /Η.Π.Α.	1330 χλμ.	10 ημέρες
JASON-1 (2001)			
GFO(1998)	Η.Π.Α.	880 χλμ.	17 ημέρες

Άσκηση LEOWorks

Δημιουργήστε μια κινούμενη απεικόνιση με τη σειρά δεδομένων που παρέχονται από τον αισθητήρα υψιμετρίας.

Υπάρχουν τρεις σειρές δεδομένων, μία από την περίοδο 1997-1998, μία από την περίοδο 2005-2006 και μία από την περίοδο 2007-2008. Δημιουργήστε τρεις κινούμενες απεικονίσεις με τις τρεις ομάδες και μελετήστε τις. Περιγράψτε τι συμβαίνει σε κάθε περίοδο και συγκρίνετε.

Στο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνων **LEOWorks**, ανοίξτε το **Tools/Image Animation** (Εργαλεία/Κινούμενη απεικόνιση εικόνων) για να εμφανιστεί το παράθυρο **Select Files for Animation** (Επιλέξτε αρχεία για κινούμενη απεικόνιση). Επιλέξτε τη σωστή ταχύτητα κινούμενης απεικόνισης. Μπορείτε να δείτε τον αριθμό της διαφάνειας εάν ενεργοποιήσετε το **Active Slider** (Ενεργό ολισθητήρα).

1. Μπορείτε να εξηγήσετε ποια επίδραση του Ελ Νίνο είναι ορατή σε ό,τι αφορά τη μέση στάθμη της θάλασσας; Ποιες είναι οι αιτίες;
2. Μπορείτε να διακρίνετε ποια από τις τρεις σειρές εικόνων αντιστοιχεί σε ένα έτος Ελ Νίνο;
3. Χρησιμοποιώντας τις πιο πρόσφατες πληροφορίες, μπορείτε να αξιολογήσετε την τωρινή κατάσταση;

Άσκηση 2: Θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας

Οι δορυφόροι μετρούν τη θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας χρησιμοποιώντας την υπέρυθη ακτινοβολία του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και συλλαμβάνοντας τη θερμική εκπομπή. Όλες οι επιφάνειες εκπέμπουν ακτινοβολία, η ισχύς της οποίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία της επιφάνειας. Όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία, τόσο πιο μεγάλη θα είναι η ακτινοβολούμενη ενέργεια. Η θερμοκρασία του δέρματος (SST_{skin}) ορίζεται ως η θερμοκρασία που μετριέται με ένα μετρητή υπέρυθρης ακτινοβολίας που λειτουργεί τυπικά σε μήκη κύματος των 3,7-12 μm που αντιπροσωπεύουν τη θερμοκρασία ενός επιφανειακού στρώματος περίπου ~10-20 μm.

Η υπέρυθη ακτινοβολία που ανιχνεύει ο αισθητήρας εξαρτάται και από άλλες μεταβλητές, όπως την επιφανειακή εκπεμπτικότητα (0,98-0,99 επάνω από τη θάλασσα) και τη γεωμετρία της προβολής. Η ατμοσφαιρική συνεισφορά στο σήμα είναι μικρή, αλλά καθώς η ατμόσφαιρα είναι πολύ πιο ψυχρή από την επιφάνεια της θάλασσας, δεν είναι δυνατό να παραβλεφθεί. Η ακριβής ανάκτηση SST απαιτεί προσεκτική εξέταση όλων των μεταβλητών που επηρεάζουν την ατμοσφαιρική απορρόφηση και εκπομπή.

Οι δορυφόροι μετρούν τη θερμοκρασία φωτεινότητας της επιφάνειας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια εξίσωση για τη λήψη μιας ομάδας συντελεστών αλγόριθμου SST που μπορεί να εφαρμοστεί στα δεδομένα θερμοκρασίας φωτεινότητας προκειμένου να καθαριστούν από το θόρυβο που προκαλείται από την ατμόσφαιρα. Μερικοί πολυφασματικοί αλγόριθμοι ανάκτησης SST χρησιμοποιούν τα κανάλια που μετρούν την ακτινοβολία στο φασματικό εύρος των 11 και 12 μm κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό καλείται αλγόριθμος split-window, επειδή το παράθυρο ατμοσφαιρικής μετάδοσης όπου η ακτινοβολία φεύγει από την επιφάνεια στο διάστημα (μεταξύ 9,8 και 13,5 μm) διαχωρίζεται σε δύο κανάλια (11 and 12 μm). Τη νύκτα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα επιπλέον κανάλι 3,7 μm, το οποίο παρέχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την ατμοσφαιρική εξασθένιση της ακτινοβολίας στην

επιφάνεια της θάλασσας. Αυτό καλείται αλγόριθμος τριπλού παραθύρου. Η γενική εξίσωση του διαχωρισμένου παραθύρου μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$SST=aT_{11}+b(T_{11}-T_{12})+c(T_{11}-T_{12})^2+d$$

όπου a , b , c και d είναι ειδικά για κάθε αλγόριθμο επειδή εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα και τις τοπικές ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Σε κανονικές συνθήκες, η ανατολική ισημερινή περιοχή του Ειρηνικού Ωκεανού είναι πιο ψυχρή από τη δυτική ισημερινή περιοχή του Δυτικού Ωκεανού. Ωστόσο η ανατολική περιοχή φυσιολογικά λαμβάνει περισσότερη καθαρή θερμότητα. Οι αληγείς άνεμοι που πνέουν προς τα δυτικά κατά μήκος του Ισημερινού προκαλούν ανάδυση της περιοχής, φέρνοντας ψυχρά ύδατα στα ανατολικά, που είναι κοντά στην επιφάνεια, ενώ φέρνοντας θερμά ύδατα στα δυτικά, επειδή τα ψυχρά ύδατα είναι πολύ πιο βαθιά σε αυτή την περιοχή. Εάν οι αληγείς άνεμοι εξασθενίσουν, τα θερμά ύδατα μπορούν να κινήσουν ορμητικά ανατολικά του Ισημερινού και οι υψηλές θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας εκτείνονται πέρα προς την κεντρική Ισημερινή περιοχή του Ειρηνικού Ωκεανού. Στα Ανατολικά, οι θερμοκρασίες στην επιφάνεια της θάλασσας είναι υψηλότερες κατά 3°C από το φυσιολογικό.

Άσκηση LEOWorks

Δημιουργήστε μια κινούμενη απεικόνιση με τη σειρά δεδομένων που παρέχονται από το δορυφόρο.

Υπάρχουν τρεις σειρές δεδομένων, μία από τη περίοδο 1997-1998, μία από την περίοδο 2005-2006 και μία από την περίοδο 2007-2008. Δημιουργήστε τρεις κινούμενες απεικονίσεις με τις τρεις ομάδες και μελετήστε τις. Περιγράψτε τι συμβαίνει σε κάθε περίοδο και συγκρίνετε.

Στο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνων **LEOWorks**, ανοίξτε το **Tools/Image Animation** (Εργαλεία/Κινούμενη απεικόνιση εικόνων) για να εμφανιστεί το παράθυρο **Select Files for Animation** (Επιλέξτε αρχεία για κινούμενη απεικόνιση). Επιλέξτε τη σωστή ταχύτητα κινούμενης απεικόνισης. Μπορείτε να δείτε τον αριθμό της διαφάνειας εάν ενεργοποιήσετε το **Active Slider** (Ενεργό ολισθητήρα).

1. Μπορείτε να διακρίνετε ποια από τις τρεις σειρές εικόνων αντιστοιχεί σε ένα έτος Ελ Νίνο;
2. Ποια επίδραση έχει το φαινόμενο Ελ Νίνο στα κλιματικά σχέδια του Δυτικού Ειρηνικού Ωκεανού και της Ασίας;
3. Τι συμβαίνει στο Ανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό και επάνω από τη Νότια Αμερική;
4. Χρησιμοποιώντας τις πιο πρόσφατες πληροφορίες, αξιολογήστε την τωρινή κατάσταση