



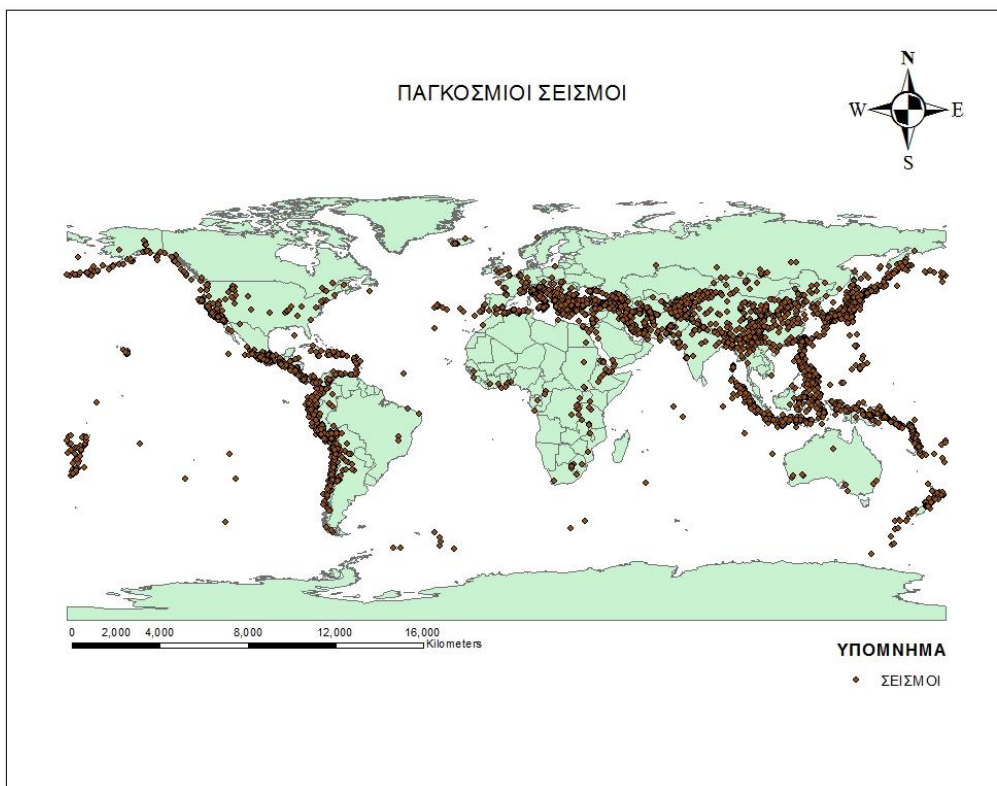
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας

Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS: ΣΕΙΣΜΟΙ



Εκπόνηση εργασίας: Καλαϊτζής Παναγιώτης, ΑΕΜ: 4560

Επιβλέπων: Λέκτορας Μουρατίδης Αντώνιος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Σεπτέμβριος 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 . ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2 . ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	5
3 . ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ – ΣΕΙΣΜΟΙ	10
4 . ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΓΕΩΧΩΡΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΣΕΙΣΜΟΥΣ	14
4.1 ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	16
4.2 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	18
4.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS	20
5 . ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	22
6 . ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	29
7 . ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	31

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος «Διπλωματική εργασία» του τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και εκπονήθηκε κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2014-2015.

Επιθυμώ να ευχαριστήσω τον Λέκτορα και επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κ. Μουρατίδη Αντώνιο για την εμπιστοσύνη , τον πολύτιμο χρόνο , την κατανόηση και τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την μεταπτυχιακή σπουδαστή Δοάνη Σοφία για τις συμβουλές και τη βοήθεια κατά την εκπόνηση της εργασίας.

1 . ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της οργάνωσης μιας υποδομής γεωχωρικών δεδομένων για φυσικές καταστροφές σε περιβάλλον Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems/GIS), για τις ανάγκες του Εργαστηρίου Εφαρμογών Τηλεπισκόπησης και GIS, του Τμήματος Γεωλογίας του ΑΠΘ. Σκοπός της ήταν η συλλογή δεδομένων για σεισμικά γεγονότα τόσο στον Ελλαδικό χώρο όσο και σε παγκόσμια κλίμακα και η οργάνωσή τους σε GIS με τέτοιο τρόπο, ώστε να δίνεται μια ολοκληρωμένη και λεπτομερής εικόνα των σεισμών που έλαβαν χώρα παγκοσμίως. Η τελική αυτή εικόνα δίνει τη δυνατότητα κατανόησης και ερμηνείας των σεισμών σε βάθος χρόνου αλλά και στην επί μέρους αξιολόγηση και επεξεργασία τους.

Η συλλογή των πληροφοριών που αφορούν τα σεισμικά γεγονότα, έγινε από τα αρχεία του Σεισμολογικού Σταθμού του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και του Εθνικού ινστιτούτου θαλάσσιας και ατμοσφαιρικής διοίκησης (National Oceanic and Atmospheric Administration/NOAA) των Η.Π.Α. Η επεξεργασία αυτών έγινε με τη χρήση τυπικών εφαρμογών γραφείου (όπως Microsoft Office™, Open Office κλπ.), ενώ η τελική εικόνα τους διαμορφώθηκε μέσω λογισμικών σχετικών με την ψηφιοποίηση των δεδομένων σε συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (ArcGIS™).

2 . ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (ΣΓΠ), γνωστά ευρέως ως GIS, είναι ένα «δυναμικό εργαλείο» συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάκτησης, μετασχηματισμού και απεικόνισης χωρικών δεδομένων, σχετικών με φαινόμενα που απαντούν/εξελίσσονται στον πραγματικό κόσμο (Goodchild 1985, Burrough 1992, Burrough and McDonnell 2000).

Η λειτουργία των ΣΓΠ στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων (database) η οποία, αποτελείται από μια σειρά πληροφοριακών επιπέδων που αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή. Το κάθε ένα από αυτά τα επίπεδα μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα επεξεργασμένα δεδομένα, όπως τοπογραφικά, δορυφορικά κλπ., είτε θεματικές πληροφορίες όπως είδος βλάστησης, τύπος εδαφών, κλίση κ.α.

Όλα τα παραπάνω είναι αυστηρά προσανατολισμένα σε ένα κοινό σύστημα αναφοράς, ώστε να καθίσταται δυνατός ο συνδυασμός ορισμένων από αυτά, ανάλογα με τις επιθυμίες του χρήστη. Θα πρέπει να τονιστεί ότι όλα τα δεδομένα και οι πληροφορίες είναι σε ψηφιακή μορφή και η επεξεργασία τους γίνεται με ειδικά προγράμματα.

Τα δεδομένα, τα οποία μετά τις απαραίτητες διορθώσεις κατά τη διαδικασία ψηφιοποίησης τους, χρησιμοποιούνται στα GIS, χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

A) Σε χωρικά δεδομένα τα οποία χαρακτηρίζονται αποκλειστικά από τη θέση τους στο χώρο σε σχέση με κάποιο σύστημα συντεταγμένων.

Χωρίζονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- Σημειακά επίπεδα πληροφοριών π.χ. επίκεντρα σεισμών
- Γραμμικά επίπεδα πληροφοριών π.χ. ισοϋψείς καμπύλες
- Επιφανειακά επίπεδα πληροφοριών π.χ. λιθολογικές ενότητες
- Δεδομένα ανάγλυφου όπου πρόκειται για τρισδιάστατη απεικόνιση δεδομένων

Β) Σε μη χωρικά δεδομένα, όπως τιμές και χαρακτηριστικά.

Π.χ. Ο χαρακτηρισμός κλάδων υδρογραφικού δικτύου σε περιοδικής και μόνιμης ροής ή το βάθος μιας γεώτρησης (Ασάρας κ.α., 2011).

Σε ένα GIS τα χωρικά δεδομένα μπορούν να αναπαρίστανται με δύο βασικές δομές: την διανυσματική δομή (vector) και τη ψηφιδωτή δομή (raster).

Διανυσματική μορφή (vector):

Η βασική μονάδα αυτής της δομής είναι το διάνυσμα. Με αυτή τη δομή απεικονίζονται κατάλληλα δεδομένα που ορίζονται με τη χρησιμοποίηση γραμμών και επιδιώκεται ο ακριβής εντοπισμός τους στον χώρο. Απεικονίζουν σημεία (διάνυσμα με μηδενικό μήκος), γραμμές (σύνολο διανυσμάτων) και πολύγωνα (κλειστές γραμμές που ορίζουν μια περιοχή).

Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της δομής είναι:

- Σχετικά λίγος απαιτούμενος χώρος αποθήκευσης στον υπολογιστή.
- Επιλογή μεμονωμένων τμημάτων του χάρτη για μελέτη κατά την επεξεργασία των δεδομένων.
- Δεν απαιτείται μετατροπή των αποθηκευμένων δεδομένων για τη κατασκευή του χάρτη.
- Η τελική μορφή του χάρτη παρουσιάζει μια πολύ λεπτομερή εικόνα.

Τα βασικά μειονεκτήματα αυτής της δομής είναι:

- Περίπλοκοι αλγόριθμοι των συστημάτων διανύσματος.
- Είναι αδύνατη η αναπαράσταση με διανύσματα, χωρικών δεδομένων τα οποία μεταβάλλονται συνεχώς.
- Ο συνδυασμός δορυφορικών δεδομένων υπό ψηφιδωτή μορφή με γραμμικής δομής γεωγραφικά δεδομένα δεν εξυπηρετείται.

Ψηφιδωτή δομή (raster):

Βασική μονάδα αυτής της δομής είναι τα φατνία/κελιά ευρέως γνωστά ως ψηφίδες (pixel). Ένα σύνολο από αυτά διαμορφώνουν την ψηφιδωτή μορφή. Σχηματικά τα κελιά μπορεί να είναι κανονικά (τρίγωνα, τετράγωνα κλπ.) ή ακανόνιστα, σταθερού ή μη μεγέθους.

Οι πιο γνωστές ψηφιδωτές μορφές είναι:

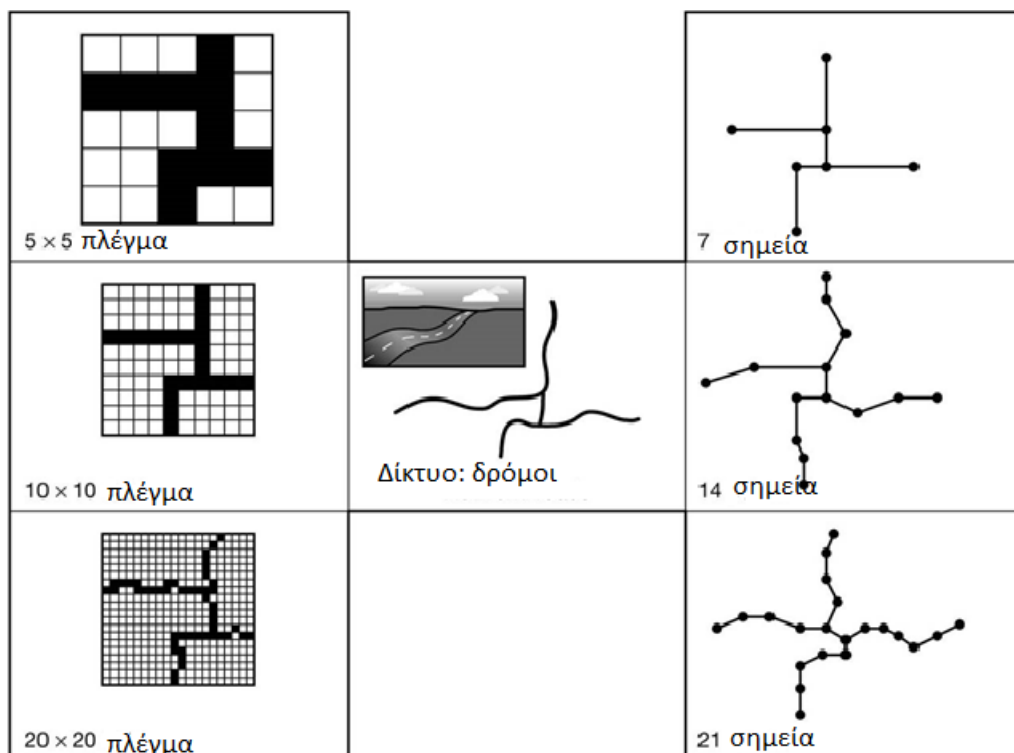
Η μορφή κανάβου η οποία αποτελείται από τετράγωνα κελιά ίσου μεγέθους και η μορφή TIN (triangulated Irregular Network) όπου τα φατνία είναι τριγωνικά χωρίς σταθερό μέγεθος.

Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της δομής είναι:

- Εύκολη διαδικασία εντοπισμού μονάδων.
- Απλή ανάπτυξη και χρήση αλγορίθμων κατά την επεξεργασία.
- Άμεση συμβατότητα με άλλα δεδομένα π.χ. εκτυπωτές.

Τα βασικά μειονεκτήματα αυτής της δομής είναι :

- Απαιτούμενη μετατροπή σε μορφή κανάβου από διάνυσμα κατά την ψηφιοποίηση γεγονός που μειώνει την ακρίβεια των δεδομένων.
- Απαιτείται μεγάλος χώρος για την ψηφιακή αποθήκευση των δεδομένων.
- Απαιτείται πολύς χρόνος χρησιμοποίησης της μνήμης του υπολογιστή για τον εντοπισμό κάποιας μονάδας (Ασάρας κ.α., 2011).



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση των δυο δομών δεδομένων:
ψηφιδωτή (raster) (αριστερή στήλη) / διανυσματική (vector) (δεξιά στήλη).

ΚΥΡΙΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ GIS:

- Τα δεδομένα καταλαμβάνουν μικρό χώρο και είναι εύχρηστα αφού διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή.
- Δυνατότητα δημιουργίας, ενσωμάτωσης, επεξεργασίας γεωγραφικών βάσεων δεδομένων για οποιοδήποτε αντικείμενο, χαρακτηριστικό, ιδιότητα ή συνδυασμούς αυτών.
- Γρήγορη παραγωγή διαφόρων εξαγόμενων αποτελεσμάτων οποιασδήποτε μορφής.
- Εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων σε τυχόν αλλαγές σε βάθος χρόνου.
- Όλες οι αναλύσεις γίνονται κατά αντικειμενικό τρόπο, τα δε αποτελέσματα παράγονται αυτόματα.

ΚΥΡΙΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ GIS:

- Υψηλό κόστος απόκτησης, συντήρησης και τεχνικής υποστήριξης του συστήματος.
- Άρτια εκπαίδευση για την αποτελεσματική χρήση του συστήματος.
- Δυσκολίες στη μετατροπή και στη καταχώριση προϋπαρχόντων δεδομένων σε συγκεκριμένη βάση δεδομένων.

3 . ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ – ΣΕΙΣΜΟΙ

Με τον όρο καταστροφή αναφερόμαστε στο σύνολο των αρνητικών αποτελεσμάτων μεγάλης κλίμακας ως αποτέλεσμα ενός φαινομένου. Χαρακτηρίζουμε ένα φαινόμενο καταστροφικό όταν προκαλεί ευρείας κλίμακας είτε κοινωνικής είτε οικονομικής φύσεως απώλειες (Μακρόπουλος, 2006). Βέβαια δεν προκαλούν καταστροφές όλα τα φαινόμενα ακόμα και αν αυτά, λόγω μεγέθους, χαρακτηρίζονται εν δυνάμει ακραία καταστροφικά φαινόμενα. Για παράδειγμα, ένας σεισμός με μέγεθος μεγαλύτερο του 7 της κλίμακας Richter, όταν έχει την εστία του σε υποθαλάσσιο χώρο ή μακριά από κατοικημένες περιοχές δεν αναμένεται να προξενήσει καταστροφές. Σε αυτό το σημείο βρίσκεται η διαφορά μιας δυνητικής καταστροφής από την καταγεγραμμένη τελικά καταστροφή μετά την εκδήλωση του φυσικού φαινομένου.

Οι καταστροφές διακρίνονται σε φυσικές ή τεχνολογικές. Οι τεχνολογικές καταστροφές είναι εκείνες οι οποίες προκαλούνται από ανθρώπινα λάθη όπως είναι αστοχίες μεγάλων τεχνικών έργων (γέφυρες, φράγματα ή ακόμη και πυρηνικών εργοστασίων) αλλά και φαινόμενα όπως αυτό του θερμοκηπίου, της μείωσης του στρώματος του όζοντος και της ερημοποίησης.

Οι φυσικές καταστροφές είναι αποτέλεσμα της εκδήλωσης φυσικών φαινομένων ικανών να τις προκαλέσουν, δηλαδή εν δυνάμει φυσικών κινδύνων. Το τελικό αποτέλεσμα, ήτοι ο κίνδυνος, άρα και το μέγεθος της καταστροφής, εξαρτάται από το μέγεθος και την ένταση του φυσικού φαινομένου, από το κατά πόσο είναι ευάλωτο ή τρωτό το σύστημα που θα υποστεί την εκδήλωση του φαινομένου και από την αξία του στοιχείου που εκτίθεται στον κίνδυνο. Το κόστος στην παγκόσμια οικονομία σήμερα υπερβαίνει τα 60 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, από τα οποία τα 20 αντιστοιχούν σε έξοδα για την πρόβλεψη, πρόληψη και αποφυγή των φυσικών καταστροφών, ενώ τα υπόλοιπα 40 αντιστοιχούν στις άμεσες ζημιές από τις καταστροφές και την αποκατάστασή τους. Επιπλέον, οι φυσικές καταστροφές προκαλούν περίπου 140.000 νεκρούς ετησίως (Μακρόπουλος, 2006).

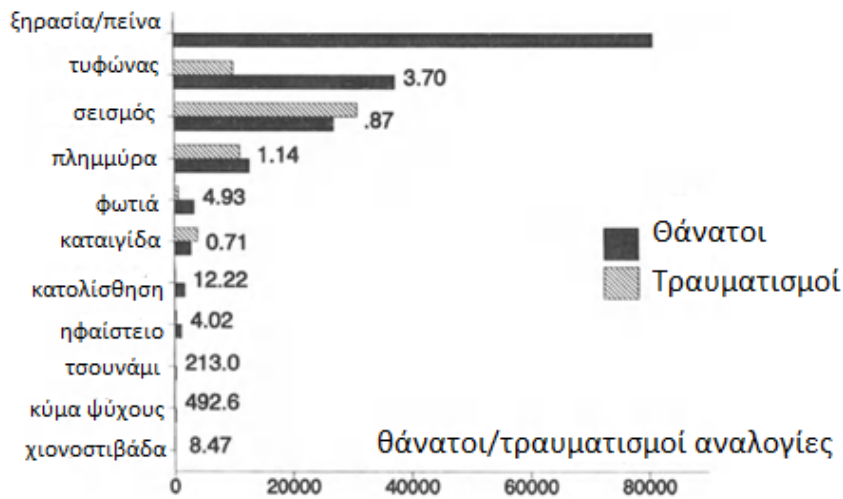
Τέτοια φυσικά εν δυνάμει επικίνδυνα φαινόμενα τουλάχιστον σε επίπεδο Ελληνικού αλλά και Ευρωπαϊκού ενδιαφέροντος είναι:

1. Πλημμύρες
2. Πυρκαγιές
3. Κατολισθήσεις
4. Ηφαίστεια
5. Κλιματικές Μεταβολές
6. Ακραία Καιρικά Φαινόμενα
7. Σεισμοί

(Μακρόπουλος, 2006)

Όσον αφορά στον Ελληνικό χώρο και κατά την περίοδο 1928-2004, όπως προκύπτει από διεθνή βάση δεδομένων, 1341 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους εξ αιτίας φυσικών καταστροφών. Από τους θανάτους αυτούς οι 1036 προκλήθηκαν από σεισμούς, 115 από καταιγίδες, 84 από καύσωνες, 78 από πλημμύρες και 28 από πυρκαγιές. Κατά την ίδια περίοδο την πρώτη θέση σε αυτή τη λίστα φυσικών καταστροφών κατέχει ο σεισμός της Κεφαλονιάς (12 Αυγούστου 1953) που προκάλεσε 455 θανάτους και τη δεύτερη ο σεισμός της Αθήνας (7 Σεπτεμβρίου 1999) που προκάλεσε 140 θανάτους. Παρ' όλα αυτά την πρώτη θέση σε πληγέντες (νεκρούς, τραυματίες, άστεγους και οικονομικά ζημιωμένους) κατέχει ο σεισμός της Θεσσαλονίκης (20 Ιουνίου 1978) με 600.100 πληγέντες (45 νεκροί και 220 τραυματίες). Παρατηρούμε λοιπόν ότι η τακτική και λεπτομερής μελέτη των φαινομένων αυτών είναι επιτακτική ώστε η πρόληψη και η προστασία από αυτά να είναι όσο το δυνατόν πιο πλήρης, με σκοπό τη μείωση των παραπάνω αριθμών (Παπαζάχος & Παπαζάχου, 1989).

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΑΝΩ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ



Σχήμα 2. Διάγραμμα θνησιμότητας και τραυματισμών λόγω φυσικών καταστροφών στη διάρκεια των ετών 1967-1991 παγκοσμίως (Carrara, & Guzzetti, 1993).

ΣΕΙΣΜΟΙ

Ο σεισμός είναι φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται συνήθως χωρίς σαφή προειδοποίηση, δεν μπορεί να αποτραπεί και παρά τη μικρή χρονική διάρκεια του, μπορεί να προκαλέσει μεγάλες υλικές ζημιές στις ανθρώπινες υποδομές με επακόλουθα σοβαρούς τραυματισμούς και απώλειες ανθρώπινων ζώων.

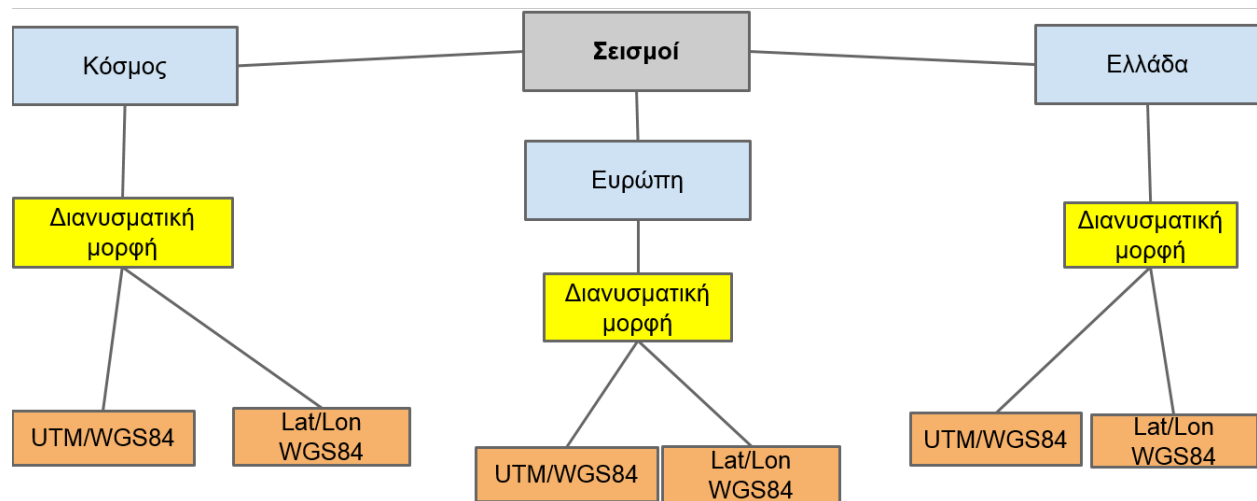
Το μέγεθος ενός σεισμού εκφράζεται σε βαθμούς της κλίμακας Richter και είναι η φυσική ποσότητα που χρησιμοποιείται από τους σεισμολόγους για τη μέτρηση της σεισμικής ενέργειας που απελευθερώνεται στο σημείο που εκδηλώνεται ο σεισμός. Η ένταση ενός σεισμού εκφράζεται με εμπειρικό τρόπο είτε σε βαθμούς της αναθεωρημένης κλίμακας Mercalli (MM) ή σε βαθμούς της κλίμακας Mercalli-Sieberg (MKS) και είναι η φυσική ποσότητα που δίνει το μέτρο των αποτελεσμάτων ενός σεισμού στους ανθρώπους και στις ανθρώπινες κατασκευές. Το αναμενόμενο τελικό αποτέλεσμα της σεισμικής κίνησης σε μια περιοχή (θάνατοι, υλικές ζημιές κλπ.) και η αναγκαιότητα σύγκρισής του με εκείνο σε μια άλλη περιοχή οδήγησε τους επιστήμονες στην υιοθέτηση μιας ποσότητας που ονομάζεται σεισμικός κίνδυνος.

Η Ελλάδα κατέχει την πρώτη θέση στην Ευρώπη από πλευράς σεισμικότητας και την έκτη παγκοσμίως. Η γεωγραφική της θέση συμπίπτει με περιοχή του πλανήτη μας όπου λαμβάνουν χώρα μεγάλα γεωτεκτονικά φαινόμενα όπως η σύγκλιση της Αφρικανικής με την Ευρω-ασιατική λιθοσφαιρική πλάκα με αποτέλεσμα τη μεγάλη σεισμικότητα που παρατηρείται στη περιοχή αυτή.

Το σοβαρότερο σεισμικό συμβάν στην Ελλάδα τα τελευταία εκατό χρόνια είναι ο σεισμός μεγέθους 7.2R που έγινε στις 12 Αυγούστου 1953 στη Κεφαλονιά. Προκάλεσε τεράστιες υλικές καταστροφές κυρίως στη Κεφαλονιά, Ζάκυνθο και Ιθάκη με αποτέλεσμα να σκοτωθούν 476 άνθρωποι και να τραυματιστούν άλλοι 2412. Σε σύνολο 33.000 σπιτιών που υπήρχαν τότε στα νησιά αυτά, υπήρξαν 27.659 καταρρεύσεις, σοβαρές υλικές ζημιές σε 2.780 σπίτια και ελαφρές σε 2.394 σπίτια (*Εθνικός φορέας ΙΓΜΕ-Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2013*).

4 . ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΓΕΩΧΩΡΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΣΕΙΣΜΟΥΣ

Για την εκπόνηση της εργασίας όλα τα στοιχεία έπρεπε να οργανωθούν και να αποθηκευτούν σε μια βάση δεδομένων, ώστε να είναι εφικτή η επεξεργασία τους. Η οργάνωση αυτής της βάσης έγινε σύμφωνα με σχήματος 3:



Σχήμα 3. Σχηματική απεικόνιση της διάρθρωσης και της οργάνωσης των δεδομένων.

Όπως προαναφέρθηκε το κεντρικό πλαίσιο των δεδομένων πάνω στο οποίο πραγματοποιείται η εργασία είναι φυσικές καταστροφές και πιο συγκεκριμένα οι σεισμοί. Έπειτα χωρίζουμε τα δεδομένα μας σε τρεις βασικές κατηγορίες βάσει γεωγραφικών κριτηρίων, δηλαδή σε στοιχεία που αναφέρονται σε παγκόσμια, σε Ευρωπαϊκή και σε Ελληνική κλίμακα. Για κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες έχουν ανακτηθεί δεδομένα και των δυο μορφών, δηλαδή δεδομένα διανυσματικής μορφής (vector data) και δεδομένα ψηφιδωτής μορφής (raster data).

Έτσι λοιπόν το κάθε ένα από αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να αναφερθεί σε ένα σύστημα αναφοράς. Τα παγκοσμίου και ευρωπαϊκής κλίμακας δεδομένα απεικονίζονται βάσει του **Γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς WGS84 σε**

γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό πλάτος (φ) / γεωγραφικό μήκος (λ)) αλλά και βάσει της **προβολής UTM/WGS84**. Όσον αφορά στον Ελλαδικό χώρο το σύστημα αναφοράς και η προβολή είναι καταρχήν τα ίδια (WGS84 και UTM/zone34N αντίστοιχα), με τη διαφορά ότι τα δεδομένα προβάλλονται σε ακόμη ένα σύστημα, το οποίο αναφέρεται ειδικότερα σε αυτή την περιοχή. Πρόκειται για το **Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ87)**.

4.1 ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όλα τα δεδομένα που ανακτήθηκαν ήταν από διαφορετικές διαδικτυακές πλατφόρμες και ως εκ τούτου απαιτήθηκε ο κατάλληλος συνδυασμός τους σε μια πλήρη τελική μορφή έτοιμη προς περαιτέρω επεξεργασία.

- ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα δεδομένα παγκόσμιας κλίμακας ανακτήθηκαν από το Εθνικό κέντρο γεωφυσικών δεδομένων Αμερικής (NGDC, National Geophysical Data Center) και συγκεκριμένα από το NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Πρόκειται για ένα σύνολο 4033 σεισμικών γεγονότων σε όλη την επιφάνεια της Γης, τα οποία εμφανίζονται υπό μορφή πίνακα βάσει των συντεταγμένων των epicέντρων των σεισμών.

Οι πληροφορίες για τα σεισμικά γεγονότα χρονικά ανάγονται προσεγγιστικά από το έτος 2150 π.Χ. μέχρι και τον Φεβρουάριο του 2015 μ.Χ. ενώ βάσει μεγέθους ανάγονται στη κλίματα Richter από 4 μέχρι 10 βαθμούς.

Πέραν του χρόνου γένεσης, του βάθους και των συντεταγμένων του κάθε σεισμού έχουν ληφθεί και άλλα εξίσου σημαντικά στοιχεία για κάθε έναν από αυτούς όπως: αν κάποιος συνοδεύτηκε από κύμα βαρύτητας (tsunami), πόσους θανάτους προκάλεσε, πόσους τραυματισμούς προκάλεσε, τι οικονομική καταστροφή προκάλεσε, πόσα σπίτια καταστράφηκαν κλπ., στοιχεία πολύ σημαντικά για την μελέτη των σεισμών.

- ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Τα δεδομένα για την περιοχή της Ελλάδας ανακτήθηκαν από τη διαδικτυακή σελίδα του σεισμολογικού σταθμού του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Πρόκειται για στοιχεία τα οποία προσδιορίζουν βάση συντεταγμένων τα επίκεντρα των σεισμών που πραγματοποιήθηκαν στην Ελλάδα και στις γύρω περιοχές και σε σύνολο φτάνουν τα 73684 χωρισμένα σε δυο αρχεία.

Το πρώτο αρχείο περιλαμβάνει τους σεισμούς που πραγματοποιήθηκαν από τις 1/1/1995 έως τις 30/4/2007 με τάξη μεγέθους $M > 2$ της κλίμακας Richter (62.259 καταγραφές).

Το δεύτερο αρχείο περιλαμβάνει τους σεισμούς που πραγματοποιήθηκαν από το 550 π.Χ. έως τις 31/12/2010 με τάξη μεγέθους $M > 4$ της κλίμακας Richter (11.425 καταγραφές).

4.2 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μετά την έρευνα για την εύρεση των κατάλληλων στοιχείων, πραγματοποιείται η αποθήκευση και συλλογή τους.

Στη συνέχεια γίνεται η διάρθρωσή τους σε αναγνώσιμους πίνακες, έτοιμους για επεξεργασία μέσω άλλων προγραμμάτων.

Έπειτα τα δεδομένα υπόκεινται σε περαιτέρω επεξεργασία, ώστε να φτάσουν στην τελική τους μορφή προς ανάγνωση από το εκάστοτε πρόγραμμα GIS.

Αυτή η μορφή αρχικά απαιτεί διακριτά κενά μεταξύ των δεδομένων σε εμφανώς οριοθετημένες στήλες και γραμμές. Οι γραμμές αποτελούν το χωρισμό σε σεισμικά γεγονότα, δηλαδή κάθε γραμμή του εκάστοτε πίνακα είναι ένας σεισμός ενώ οι στήλες αντιπροσωπεύουν τα χαρακτηριστικά αυτού.

Έτσι οι στήλες αντιπροσωπεύουν είτε βασικά χαρακτηριστικά του σεισμού όπως:

- Τις συντεταγμένες του επικέντρου
- Τον μήνα γένεσης
- Την ημέρα γένεσης
- Την ακριβή ώρα γένεσης
- Το μέγεθος
- Το βάθος

Είτε δευτερεύοντα χαρακτηριστικά όπως :

- Καταστροφές οικημάτων
- Συνοδεία ή όχι σεισμού από Tsunami
- Χώρα ή πόλη δράσης του σεισμού
- Αριθμό αγνοουμένων
- Αριθμό τραυματιών
- Αριθμό νεκρών

Έτσι λοιπόν φτάνουμε σε ένα πλήρες αποτέλεσμα υπό μορφή πινάκων έτοιμο να υποστεί επεξεργασία από προγράμματα GIS. Μια ενδεικτική εικόνα των πινάκων αυτών δίνεται στο σχήμα 4.

FLAG_TSUNAMI	YEAR	MONTH	DAY	HOUR	MINUTE	SECOND	FOCAL_DEPTH	EQ_PRIMARY	EQ_MAG_MW	EQ_MAG_MS	EQ_MAG_MB	EQ_MAG_ML	EQ_MAG_MFA	EQ_MAG_UNK	INTENSITY	COUNTRY	STATE
	-2150							7.3							7.3	JORDAN	
	-2000						18	7.1		7.1						10 TURKMENISTAN	
	-1250							6.5							6.5	ISRAEL	
	-1050							6.2							6.2	JORDAN	
Tsu	-479							7		7						9 GREECE	
Tsu	-426	6						7.1		7.1						10 GREECE	
	-400							7.6		7.6						IRAN	
Tsu	-373							7.3		7.3						11 GREECE	
Tsu	-330							7		7						11 GREECE	
	-250						20	6.7		6.7						9 KYRGYZSTAN	
Tsu	-227						100	7.2		7.2						10 GREECE	
	-193	2						6.5		6.5						CHINA	
	-186	2	22					7		7						CHINA	
	-70	6	1					7		7						9 CHINA	
	-63	10					20	6.4		6.4						8 RUSSIA	
Tsu	-60							6.7		6.7						9 PORTUGAL	
Tsu	-58							6.6		6.6						ALBANIA	
Tsu	-50							5.5		5.5						8 GEORGIA	
	-31	9	2					7							7	ISRAEL	
	-26							5.5		5.5						7 CHINA	
	10						18	7.1							7.1	10 TURKMENISTAN	
	27							6.3							6.3	8 SOUTH KOREA	

Σχήμα 4. Τελική μορφή δεδομένων πριν την εισαγωγή σε πλατφόρμα GIS, όπου για κάθε έναν από τους σεισμούς έχουμε όλα τα απαιτούμενα στοιχεία του.

Στο σχήμα 4 φαίνονται όλα τα σεισμικά γεγονότα, κατανεμημένα με χρονολογική σειρά (από το παλαιότερο στο νεότερο). Για κάθε ένα από αυτά εμφανίζονται πληροφορίες πολύ σημαντικές για τη μελέτη τους. Τέτοιες είναι: το έτος, η ημερομηνία και ο χρόνος γένεσής τους, η χώρα και η πόλη στην οποία παρουσιάστηκαν. Επίσης το μέγεθος του σεισμού στην κλίμακα Richter, τα θύματα αυτού και αν συνοδευόταν με tsunami ή όχι. Γενικά εμφανίζεται ένα πλήθος στοιχείων για τα σεισμικά γεγονότα τα οποία μπορούν να δώσουν ποικίλες πληροφορίες στον χρήστη ανάλογα με τις ανάγκες του.

4.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS

Έχοντας όλα τα παραπάνω δεδομένα (μορφή πίνακα για κάθε αρχείο) ξεκινάει η διαδικασία εισαγωγής τους στο εκάστοτε πρόγραμμα για τη δημιουργία βάσης δεδομένων σε περιβάλλον GIS

Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Ορισμός του συστήματος αναφοράς στο οποίο θα εργαστούμε, στην προκειμένη περίπτωση ορίζουμε ως σύστημα αναφοράς εργασίας το WGS84.
2. Εισαγωγή των στοιχείων των πινάκων βάση των συντεταγμένων των epicέντρων των σεισμών. Ορίζουμε στο πρόγραμμα ποιες στήλες αναφέρονται στα γεωγραφικά μήκη και πλάτη (lat/lon) του κάθε σεισμού ώστε βάση αυτών να οροθετηθούν τα σημεία γένεσης τους.
3. Εμφάνιση εικόνας όπου κάθε ένα από τα παραπάνω στοιχεία έχει μετατραπεί σε ένα σημείο (κουκίδα) το οποίο ορίζει ένα σεισμικό γεγονός. Η διαδικασία αυτή ουσιαστικά είναι η γεωαναφορά των στοιχείων, δηλαδή ο ακριβής ορισμός των θέσεων των epicέντρων των σεισμών.
4. Πραγματοποιείται εξαγωγή (export) των στοιχείων και αποθήκευση αυτών, το αρχείο στο οποίο αποθηκεύονται τα δεδομένα είναι της μορφής shapefile (*.shp).
5. Φόρτωση γεωαναφερμένου χάρτη μαζί με τα σημεία ώστε να συμπίπτουν και να δώσουν μια εποπτική εικόνα των δεδομένων.
6. Αποθήκευση τελικής εικόνας χάρτη με τα σημεία γένεσης των σεισμών.

Η παραπάνω διαδικασία έγινε τρεις φορές, μία για κάθε έναν από τους τελικούς πίνακες (Ελλάδα, Ευρώπη, κόσμος).

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΒΟΛΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ArcGIS.

Η μετατροπή μιας σφαιρικής επιφάνειας (Γη) σε επίπεδη δεν μπορεί να γίνει χωρίς παραμορφώσεις, έτσι έχουν δημιουργηθεί διάφορα συστήματα προβολής, το κάθε ένα με τα δικά του χαρακτηριστικά.

Με τη βοήθεια του ArcGIS μπορούμε να μετατρέψουμε την προβολή των δεδομένων από ένα σύστημα σε ένα άλλο. Έτσι στη προκειμένη περίπτωση μετατρέψαμε τα δεδομένα μας από το γεωγραφικό σύστημα ελλειψοειδών (φ, λ) συντεταγμένων WGS84 στο προβολικό σύστημα UTM/WGS84.

Η παγκόσμια εγκάρσια Μερκατορική προβολή (Universal Transverse Mercator/ UTM) διαιρείται σε 60 μεσημβρινές ζώνες πλάτους 6 μοιρών, με αύξουσα αρίθμηση προς τα ανατολικά. Ο ελληνικός χώρος περιλαμβάνεται μεταξύ των ζωνών με αριθμούς 34 και 35, με κεντρικούς μεσημβρινούς $\lambda=21$ μοίρες και $\lambda=27$ μοίρες αντίστοιχα (Ασάρας κ.α., 2011).

5 . ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Φτάνοντας στο τελικό αυτό στάδιο είναι εφικτό τα επεξεργασμένα δεδομένα να χρησιμοποιηθούν για την λήψη πληροφοριών ανάλογα τις ανάγκες του κάθε χρήστη.

Έτσι ο χρήστης μπορεί χρησιμοποιήσει τα δεδομένα και να κατασκευάσει χάρτες, οι οποίοι θα προβάλουν ακριβώς τα αποτελέσματα που εκείνος επιθυμεί.

Δηλαδή να προβάλει την περιοχή την οποία μελετά, να ορίσει ποια σεισμικά γεγονότα επιθυμεί να προβάλλονται βάση μεγέθους σεισμού ή χρόνου γένεσης ή συντεταγμένων επικέντρου αυτού ή ακόμα βάση ζημιών, θυμάτων, καταστροφών που προκάλεσε κ.α.

Γενικά το πλήθος αυτών των πληροφοριών βοηθά στη γνώση των χαρακτηριστικών του κάθε σεισμού με αποτέλεσμα την χρήση αυτών που ενδιαφέρουν τον κάθε χρήστη για την εκάστοτε αναζήτηση και την δυνατότητα επεξεργασίας τους για τη δημιουργία χαρτών ή πινάκων που βασίζονται σε αυτά.

Ενδεικτικά παρακάτω παρατίθενται χάρτες (σχήματα 5,6,7,8) με διαφορετική μορφή και διαφορετικά προβαλλόμενα στοιχεία ανάλογα τις απαιτήσεις του κάθε χρήστη.

Στο *σχήμα 5* παρατίθενται οι παγκόσμιοι σεισμοί μεγέθους $M > 4$ της κλίμακας Richter, μελετώντας τους σεισμούς που καταγράφηκαν από το 1900 και μετά όπου τα μέσα καταγραφής είναι ακριβή παρατηρούμε ότι οι τρεις μεγαλύτεροι σεισμοί που καταγράφηκαν παγκοσμίως είναι:

- Μάιος 1960, Χιλή με μέγεθος 9,5 της κλίμακας Richter και παρουσία tsunami
- Μάρτιος 1964, Αλάσκα (ΗΠΑ) με μέγεθος 9,2 της κλίμακας Richter.
- Δεκέμβριος 2004, Σουμάτρα, (Ινδονησία / Ασία) με μέγεθος 9,1 της κλίμακας Richter.

Στο *σχήμα 7* παρατίθενται οι σεισμοί που πραγματοποιήθηκαν στην Ελλάδα από το 550 π.Χ. μέχρι 31/12/2010 με $M > 6.5$ της κλίμακας Richter, μελέτη έδειξε ότι οι τρεις μεγαλύτεροι σεισμοί στην Ελλάδα από το 1900 μέχρι σήμερα είναι:

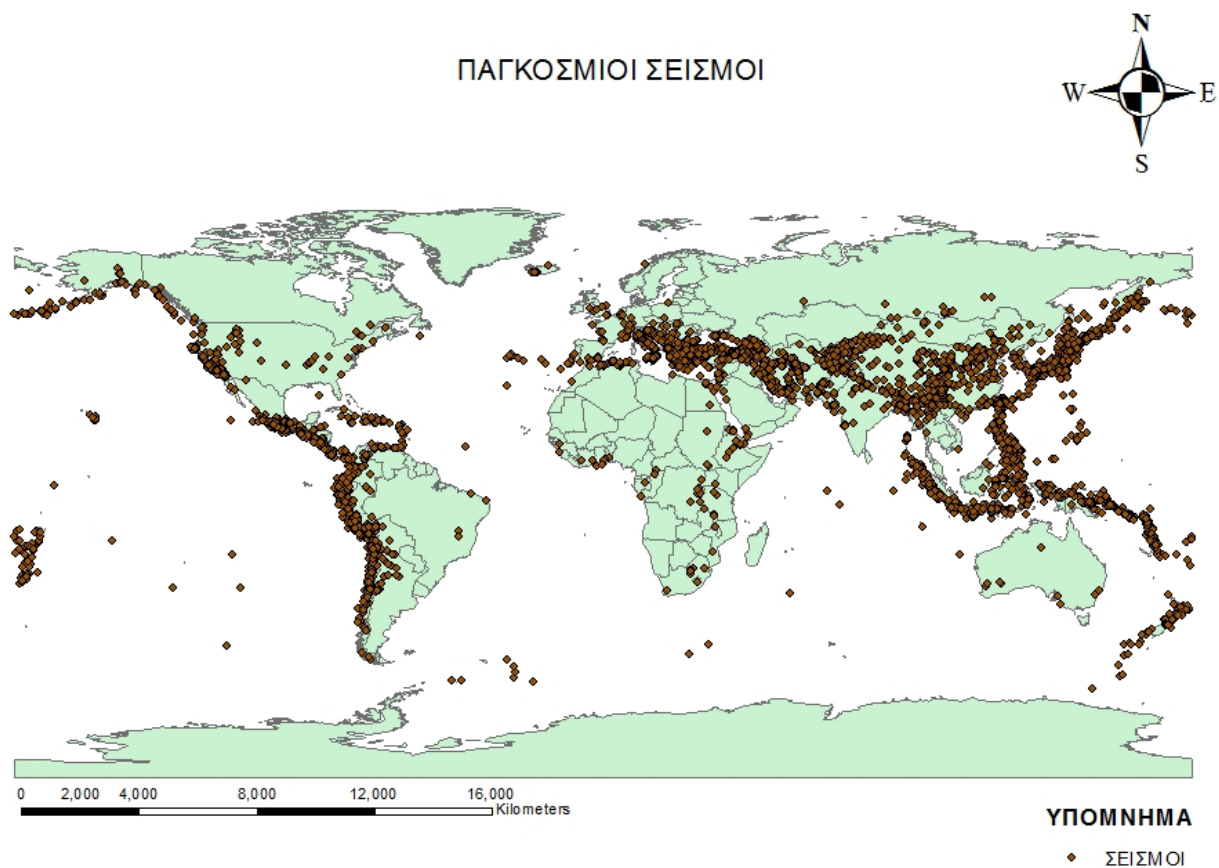
- Ρόδος, 26/6/1926 με μέγεθος 8,0 της κλίμακας Richter.
- Κύθηρα, 11/8/1903 με μέγεθος 7,9 της κλίμακας Richter.
- Χαλκιδική, 11/8/1905 με μέγεθος 7,5 της κλίμακας Richter.

Επίσης γνωστοποιείται ότι στην Ελλάδα απελευθερώνεται περίπου το 50% της σεισμικής ενέργειας που απελευθερώνεται συνολικά στην Ευρώπη λόγω της γεωγραφικής θέσης της γι' αυτό η πρόληψη για τους σεισμούς είναι ιδιαίτερα σημαντική στη χώρα μας.

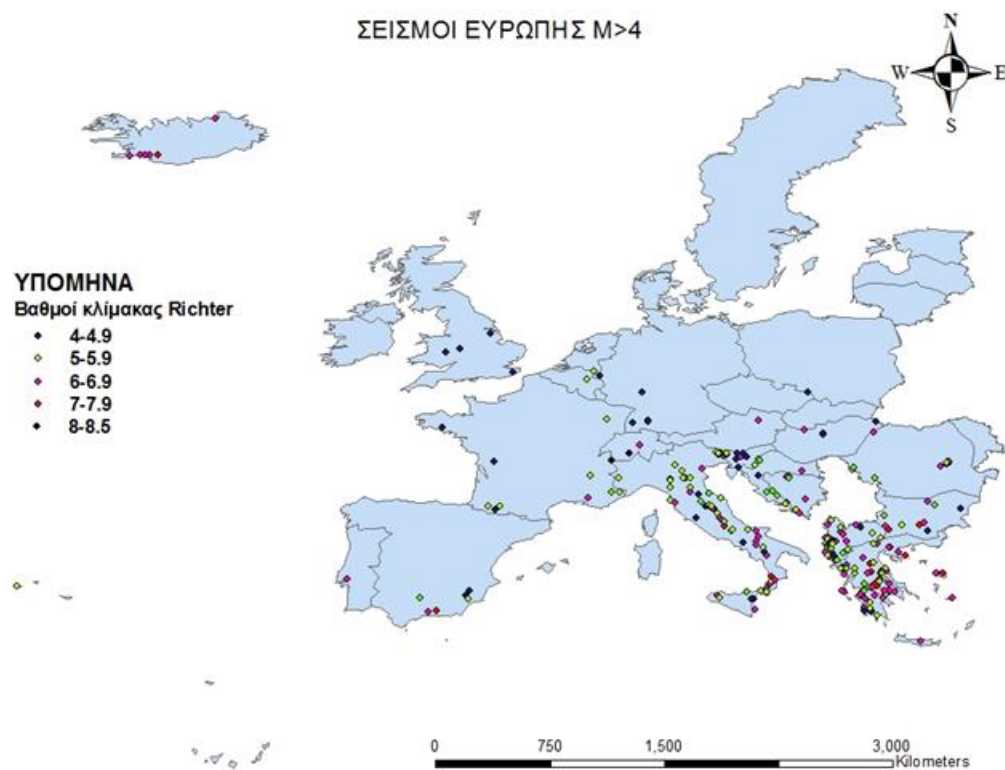
Η Ελλάδα βρίσκεται στο νότιο άκρο της Ευρασιατικής πλάκας και επηρεάζεται από δύο κύριες κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών:

- ο Από την προς Βορρά βύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική ($\approx 1 \text{ cm/y}$).
- ο Από την προς Δύση κίνηση της μικροπλάκας της Ανατολίας μέσω του Ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας ($\approx 2,5 \text{ cm/y}$).
- ο Η μέση ταχύτητα παραμόρφωσης του χώρου του Αιγαίου είναι $2,5 - (-1) \approx 3,5 \text{ cm/y}$.

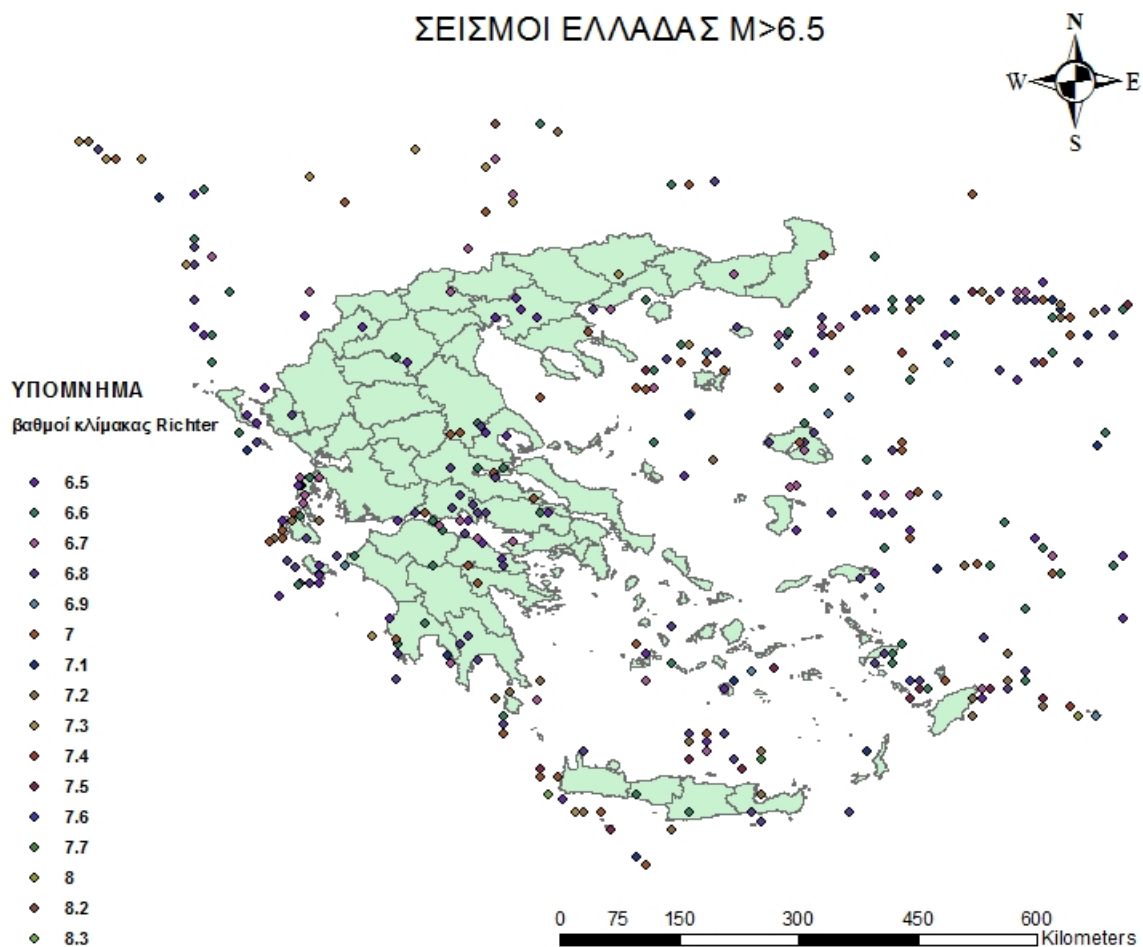
Να σημειωθεί ότι οι χάρτες δημιουργήθηκαν από την ίδια βάση δεδομένων αλλά η επεξεργασία/διαμόρφωσή τους ήταν διαφορετική ανάλογα με το τι έχει σκοπό να προβάλλει κάθε ένας από αυτούς βάση τις εκάστοτε ανάγκες του κάθε χρήστη.



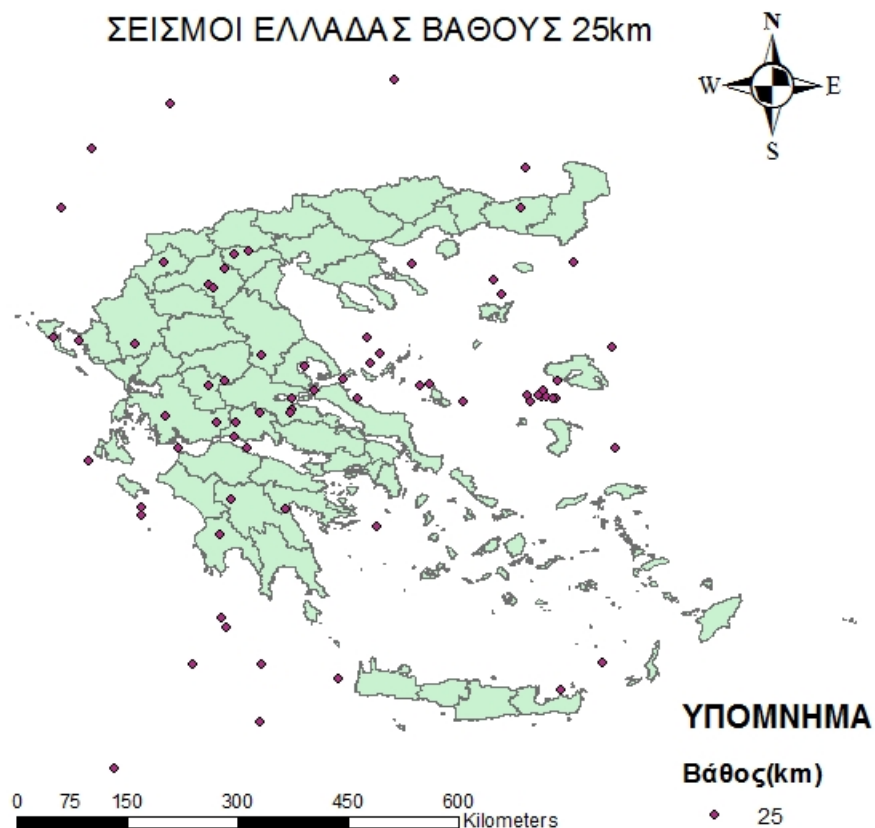
Σχήμα 5. Απεικόνιση του παγκόσμιου χάρτη και όλων των σεισμών που έχουν καταγραφεί από το 2150 π.Χ. μέχρι τον Φεβρουάριο του 2015 και έχουν μέγεθος από 4 ως 10 στην κλίμακα Richter.



Σχήμα 6. Απεικόνιση του χάρτη της Ευρώπης με τους σεισμούς που πραγματοποιήθηκαν και είχαν μέγεθος πάνω από 4 στην κλίμακα Richter.



Σχήμα 7. Απεικόνιση του Ελλαδικού χώρου και των σεισμών που πραγματοποιήθηκαν σε αυτόν και είχαν μέγεθος μεγαλύτερο από 6.7 της κλίμακας Richter από το 550 π.Χ. έως 31/12/2010.



Σχήμα 8. Απεικόνιση του Ελλαδικού χώρου και των σεισμών που πραγματοποιήθηκαν από 1/1/1995 μέχρι 30/4/2007 και είχαν εστιακό βάθος ακριβώς 25km.

Η κατασκευή αυτή της τελικής μορφής των παραπάνω χαρτών πραγματοποιείται σε κατάσταση «Layout view» στο πρόγραμμα ArcGIS, με τη χρήση κατάλληλων εντολών. Σε αυτό το σημείο απαιτείται η προσθήκη των απαραίτητων εργαλείων για την ανάγνωσή του όπως είναι το υπόμνημα, ο τίτλος του, η κλίμακα και ο προσανατολισμός του χάρτη.

Από τους παραπάνω χάρτες βλέπουμε ότι είναι εφικτό να κατασκευαστούν θεωρητικά άπειροι όμοιοι τους ανάλογα τον σκοπό της χρήσης τους. Ο κάθε ένας από αυτούς μπορεί να μας δώσει τις απαιτούμενες πληροφορίες.

Για παράδειγμα, ενώ έχουμε όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για τους καταγεγραμμένους σεισμούς στην Ελλάδα μπορεί να θέλουμε να μελετήσουμε μόνο εκείνους που έχουν μια συγκεκριμένη τιμή στην κλίμακα Richter. Έτσι ο χάρτης του σχήματος 8 μας βοηθάει να εντοπίσουμε και να κατηγοριοποιήσουμε μόνο εκείνους που πραγματοποιήθηκαν στην Ελλάδα και έχουν μέγεθος από 5 έως 6,9 στην κλίμακα Richter και έτσι να προβάλουμε αμέσως τα απαιτούμενα αποτελέσματα της μελέτης.

6 . ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέχρι σήμερα είναι παραδεκτό ότι η βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη των σεισμών δεν είναι εφικτή. Καθώς λοιπόν η δράση τους είναι απρόβλεπτη, η αποφυγή τους καθίσταται αδύνατη. Ωστόσο, είναι απαραίτητη η πρόληψη και η λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας με σκοπό την μείωση των θυμάτων και των καταστροφών που μπορεί να προκαλέσουν οι σεισμοί.

Ένας σεισμός μπορεί να πραγματοποιηθεί οπουδήποτε, να έχει οποιοδήποτε μέγεθος και εστιακό βάθος, άγνωστο αριθμό προσεισμών και μετασεισμών, καθώς και να προκαλέσει ή όχι Tsunami. Γίνεται λοιπόν κατανοητό πόσο σημαντική είναι η πρόληψη για την προστασία του ανθρώπου. Πολύ σημαντικό ρόλο για αυτήν, έχει η ενημέρωση όλων για τις ενέργειες που πρέπει να κάνει ο καθένας προληπτικά αλλά και κατά τη διάρκεια ενός σεισμού όπως επίσης σημαντικό ρόλο έχει και η πλήρης και άρτια επιστημονική αντισεισμική μελέτη κατά την κατασκευή κάθε κτηρίου. Για την καλύτερη πρόληψη και ενημέρωση είναι απαραίτητος ο συνδυασμός διαφόρων γεωχωρικών δεδομένων, για την όσο το δυνατόν καλύτερη κατανόηση της δράσης των σεισμών. Τα GIS είναι το εργαλείο που καθιστά αυτόν τον συνδυασμό εύκολο και άμεσο.

Βάσει όλων των πληροφοριών που συλλέχτηκαν για την εκπόνηση της παραπάνω εργασίας αλλά και της επεξεργασίας αυτών, τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Είναι προφανές ότι η βάση δεδομένων για σεισμούς που καταγράφηκαν πολλά χρόνια πριν είναι φτωχή. Παρατηρούμε δηλαδή ότι για τους πρόσφατους σεισμούς, λόγω εξέλιξης των τεχνολογικών μέσων καταγραφής τους, έχουμε πολλές και ακριβείς πληροφορίες, με αποτέλεσμα την λεπτομερέστερή τους μελέτη σε σχέση με αυτούς που καταγράφηκαν εκατοντάδες χρόνια πριν. Με την πάροδο του χρόνου η βάση δεδομένων γίνεται όλο και πιο πλήρης και αναλυτική. Σημαντικό στοιχείο αναφοράς είναι το ότι αν κατά περιπτώσεις έχουμε νέα δεδομένα ή νέα στοιχεία που απαιτούν τη διόρθωση των ήδη υπαρχόντων δεδομένων, η ανανέωση και ενημέρωση αυτών σε περιβάλλον GIS είναι εύκολα υλοποιήσιμη, ώστε να καθίσταται η βάση δεδομένων αξιόπιστη σε κάθε χρονική στιγμή.

2. Είναι γνωστό, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των σεισμών που πραγματοποιούνται σε όλη την επιφάνεια της Γης εμφανίζεται στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Η κατάλληλη επεξεργασία της βάσης δεδομένων με τη βοήθεια των GIS μας δίνει την δυνατότητα να δημιουργήσουμε χάρτες οι οποίοι να παρουσιάζουν εποπτικά την παραπάνω διαπίστωση, στην επιθυμητή έκταση και κλίμακα (π.χ. για εκπαιδευτικούς σκοπούς).
3. Τα στοιχεία τα οποία εισάγονται στη βάση δεδομένων και υπόκεινται σε επεξεργασία πριν την τελική χρήση είναι εύκολα διαχειρίσιμα και μετά από αυτή. Δηλαδή είναι φιλική προς τον χρήστη η πρόσβαση, η ανάκτηση, η επεξεργασία και η διόρθωση αυτών οποιαδήποτε στιγμή ανάλογα τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του.
4. Είναι γεγονός ότι η προεπεξεργασία των γεωχωρικών δεδομένων, τα οποία συλλέγονται αρχικά, ενδέχεται να είναι κατά περίπτωση πολύπλοκη και χρονοβόρα, ενώ απαιτεί την άρτια γνώση των λογισμικών που θα χρησιμοποιηθούν για αυτή. Όταν όμως αυτή η προεπεξεργασία πραγματοποιηθεί, τότε η χρήση των δεδομένων είναι άμεση και σχετικά εύκολη. Έτσι θα λέγαμε ότι ο χρόνος που απαιτείται κατά την προεπεξεργασία έχει αντίκτυπο στη διαδικασία της χρήσης των δεδομένων μετά, μιας και ο χρήστης μπορεί άμεσα και γρήγορα να τα διαχειριστεί, να τα συνδυάσει με άλλα δεδομένα, αλλά και να τα ανταλλάξει με άλλους χρήστες.
5. Συγκεκριμένα για τους σεισμούς, με βάση τη διάκρισή των δεδομένων σε vector (διανυσματική δομή) και raster (ψηφιδωτή δομή), παρατηρείται ότι τα vector αρχεία είναι πολύ περισσότερα σε όγκο, δηλαδή παρέχουν μεγαλύτερο αριθμό πληροφοριών, απαιτείται αρκετά λεπτομερής εργασία για την επεξεργασία τους (προετοιμασία, διαχείριση στοιχείων), ενώ ταυτόχρονα απαιτείται λιγότερος χώρος για την αποθήκευσή τους. Αντίθετα τα raster αρχεία περιορίζονται σε δορυφορικές εικόνες ή εικόνες συμβολομετρίας και απαιτούν λιγότερο λεπτομερή εργασία για την επεξεργασία τους. Παρ' όλα αυτά το σκεπτικό, η μέθοδος εργασίας και η βάση για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη χρήση τους είναι τα ίδια.
6. Η γνώση για την άρτια χρήση λογισμικών GIS δίνει τη δυνατότητα να συνδυαστούν τα δεδομένα εύκολα και γρήγορα με άλλα γεωχωρικά δεδομένα, για την αποκόμιση συνδυαστικών και πληρέστερων αποτελεσμάτων.

7 . ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Carrara, A., Guzzetti, F., 1995. Advances in Natural and Technological Hazards Research, Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards-Springe, pp. 2-3.
- Bell F.G., 1999. Geological Hazards, Their assessment, avoidance and mitigation, p.65.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Θ. Αστάρης, Δ. Οικονομίδης, Α. Μουρατίδης, 2011. Ψηφιακή χαρτογραφία και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 29-30, 35-39, 42-43, 116.
- Σπύρος Β. Παυλίδης, 2003. Γεωλογία των σεισμών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη. Κεφ. 10, Σεισμοί και δομή του εσωτερικού της Γης.
- Κώστας Μακρόπουλος, 2006. Φυσικές καταστροφές: Σεισμοί και μέτρα προστασίας, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ), Αθήνα, σελ. 1.
- Παπαζάχος, Β., Παπαζάχου, Κ., 2003. Οι σεισμοί της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, σελ. 49-50.

ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- www.ngdc.noaa.gov, NGDC, National Geophysical Data Center.
- www.zki.dlr.de, Center for Satellite Based Crisis Information.
- www.earthquakenet.gr, Εθνικός φορέας ΙΓΜΕ, Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (2004-2013).
- www.geophysics.geol.uoa.gr, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας.
- www.earthobservatory.nasa.gov
- www.indiana.edu, Department of Geography, Indiana University, Introduction to GIS.
- www.usgs.gov
- www.galaxy.gr
- www.britannica.com

