



ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



Στοχαστική ανάλυση σεισμολογικών δεδομένων

Επιβλέπων καθηγητής: Αυλωνίτης Μάρκος
Επιμέλεια: Αθανασιάδου Πηνελόπη

Κέρκυρα 2021

*«Εγκέλαδος θνήσκει διά μυριοστήν φοράν και θνήσκοντας διεξάγει αμείλικτον πόλεμον
κάτωθεν του πυρακτωμένου φλοιού της γης»....*

Περιεχόμενα

Για την ιστορία.....	4
Ελληνική μυθολογία.....	4
Περίληψη.....	5
Εισαγωγή.....	6

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγικά

1.1 Τα φυσικά φαινόμενα καταστροφής στην εποχή μας.....	7
1.2 Αναλύοντας τον σεισμό	8
1.3 Θεωρία του χάους- αντίληψη.....	8
1.4 Τεκτονικές πλάκες, σεισμοί και μετασχηματισμοί.....	9

Κεφάλαιο 2 Συναρτήσεις

2.1 Εισαγωγή.....	11
2.2 Πώς μετρούν οι επιστήμονες το μέγεθος των σεισμών;	11
2.3 Πώς μπορούν οι επιστήμονες να πουν πού συνέβη ο σεισμός;	12
2.4 Διασπορά - Διακύμανση.....	14
2.4.1 Διασπορά.....	15
2.4.2 Δείκτες – Μέτρα της Διασποράς.....	16
2.4.3 Πρόταση.....	17
2.4.4 Μαθηματικός τύπος για τον υπολογισμό της Διακύμανσης:	17
2.4.5 Πλεονέκτημα – Μειονέκτημα της Διακύμανσης.....	17
2.5 Τάση.....	18
2.5.1 Για τον σεισμό τάση σημαίνει.....	18
2.5.2 Σεισμικός κύκλος.....	18
2.6 Μέση τιμή.....	21
2.7 Αυτοσυσχέτιση.....	21
2.7.1 Παραδείγματα.....	22
2.7.2 Διαγράμματα.....	23
2.7.3 Έλεγχος Durbin-Watson (d-test)	24
2.7.4 Χαρτογράφηση.....	25
2.7.5 Τύπος/Εξήγηση.....	26
2.7.6 Το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης.....	28
2.8 Διανύσματα.....	28

Κεφάλαιο 3 Άσκηση

3.1 Διατύπωση προβλήματος	29
3.1.1 Περιγραφή δεδομένων.....	29
3.2 Προγραμματιστικά εργαλεία και βιβλιοθήκες.....	30

3.3 <i>matplotlib.pyplot</i>	30
3.4 <i>Statistics</i>	30
3.5 Παρουσίαση και επεξεργασία δεδομένων.....	31
3.5.1 Κώδικας.....	31
3.5.2 <i>EVENT 1</i>	32
3.5.3 <i>EVENT 2</i>	35
3.5.4 <i>EVENT 3</i>	37
3.5.5 <i>EVENT 4</i>	42
3.5.6 <i>EVENT 5</i>	45
3.6 Συμπεράσματα.....	51
3.7 Επεξήγηση (έννοιες- μεγέθη)	52
3.8 Έγκαιρη προειδοποίηση, είναι εφικτή;	57
3.9 Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης επερχόμενου σεισμού	
<i>SHIELDS</i>	58
3.9.1 Λειτουργία.....	58
<i>BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</i>	60

Για την ιστορία

Ελληνική μυθολογία

Η μυθική παράδοση περιγράφει τον Σεισμό ως έναν από τους Γίγαντες, που ήταν παιδιά της Γαίας και του Ουρανού. Οι Γίγαντες δεν ήταν αθάνατοι, αλλά είχαν θεία καταγωγή. Έκαναν παρέα με τους θεούς και η δύναμή τους ήταν τέτοια, που κι αυτοί τρόμαζαν πολλές φορές....Κάποτε όμως, Θεοί και Γίγαντες τσακώθηκαν μεταξύ τους και άρχισε μια φοβερή μάχη, που κράτησε 30 ολόκληρα χρόνια. Στον μεγάλο αυτόν αγώνα, αρχηγός των θεών ήταν η Αθηνά και των Γιγάντων ο Εγκέλαδος¹. Η μυθική παράδοση διαθέτει πολλές παραλλαγές και μία από αυτές λέει ότι η Αθηνά τον νίκησε, αφού έριξε πάνω του το νησί Σικελία και το σκέπασε με το όρος Αίτνα. Οι αρχαίοι μυθογράφοι συμπληρώνοντας την παράδοση, έλεγαν ότι όταν ο Εγκέλαδος, που είχε καταπλακωθεί από την «πυρίπνοον» Αίτνα, γύριζε και ανέπνεε, το βουνό έτρεμε και τρανταζόταν και από τον κρατήρα του έβγαине φωτιά, καπνός και λάβα. Φαίνεται, ωστόσο, ότι, όποτε γίνεται μια μεγάλη καταστροφή από σεισμό, κυρίως, οι άνθρωποι θυμούνται τον καταπλακωμένο γίγαντα....



¹ Ετυμολογικά η λέξη «εγκέλαδος» μάλλον ερμηνεύεται ως σύντμηση (έγκειμαι + λας) και σημαίνει «ο εγκατεστημένος στα πετρώματα, στο στερεό φλοιό της Γης»

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακάτω εργασία αποτελεί πτυχιακή έρευνα και παρουσιάζεται με τρόπο τέτοιο ώστε να παραπέμπει σε εργαστηριακό μάθημα που έχει ως κύριο στόχο την εκμάθηση στοχαστικών συναρτήσεων (όπως οι έννοιες του μέσου όρου, της διαμέσου, της αυτοσυσχέτισης, κ.α.) μέσα από τη μελέτη περιπτώσεων σεισμών. Επίσης, παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογής αυτών των μαθηματικών εννοιών με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python, και το εργαλείου matplotlib.

Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αναπτύσσεται μια εικόνα των φυσικών φαινομένων και κατά πόσο αυτά επηρεάζουν την καθημερινότητά μας, αλλά και διάφορες θεωρήσεις γύρω από το φαινόμενο του σεισμού όπως αυτή της θεωρίας του χάους και στη συνέχεια δίνονται κάποια στοιχεία για τον σεισμό όπως αρχιτεκτονική τεκτονικών πλακών.

Κατόπιν, ακολουθεί η διατύπωση του προβλήματος και η περιγραφή των στοιχείων (σεισμικών δεδομένων) που εξετάζονται αλλά και συναρτήσεις (μέσος όρος, αυτοσυσχέτιση, διακύμανση) που βοηθούν στην μελέτη τους εξάγοντας κάποια συμπεράσματα μέσα από διαγράμματα. Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε είναι σε γλώσσα Python και το εργαλείο που βοήθησε στην δημιουργία διαγραμμάτων είναι το matplotlib.

Στο τέλος, διατυπώνεται η ερώτηση αν τελικά η πρόβλεψη είναι εφικτή και παρουσιάζεται ένα πιθανό εργαλείο παρατήρησης σεισμολογικών φαινομένων, όπου μέσα από δεδομένα προηγούμενων σεισμών εξάγει κάποια συμπεράσματα.

Εισαγωγή

Ζούμε σε μια εποχή όπου η κοινωνία προχωρά και αλλάζει με ταχύτατους ρυθμούς. Πολλές φορές οι άνθρωποι δεν μπορούν λόγω της καθημερινότητας και της ρουτίνας τους να καταλάβουν την αξία κάποιων καθημερινών φαινομένων, όπως οι μεταβολές του περιβάλλοντος και η σημαντικότητά τους να τις κατανοήσουν και να τις αναλύσουν καλύτερα. Ευτυχώς για εμάς η γνώση του παρελθόντος μπορεί να μας προχωρήσει στο μέλλον. Οι σεισμοί είναι κάποια πολύ συχνά εμφανιζόμενα φυσικά φαινόμενα που προβληματίζουν την ανθρωπότητα στο σύνολό της από τους αρχαίους χρόνους. Επιστημονικά, οι σεισμοί ορίζονται ως οι εδαφικές κινήσεις που παράγονται όταν διαταραχτεί η μηχανική ενέργεια των πετρωμάτων από εξωγήινα φυσικά αίτια, οπότε η δυναμική ενέργειά τους μετατρέπεται σε κινητική. Ο σεισμός είναι φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται συνήθως χωρίς σαφή προειδοποίηση, δεν μπορεί να αποτραπεί και παρά τη μικρή χρονική διάρκειά του, μπορεί να προκαλέσει μεγάλες υλικές ζημιές στις ανθρώπινες υποδομές με επακόλουθα σοβαρούς τραυματισμούς και απώλειες ανθρώπινων ζώων. Ο σεισμός στις περισσότερες των περιπτώσεων γίνεται αισθητός από την κίνηση του εδάφους αλλά μπορεί να γίνει αντιληπτός και από την ταλάντωση κάποιων σωμάτων ή την μετατόπιση των αντικειμένων που βρίσκονται στα ράφια ενός σπιτιού. Η πρόγνωση των σεισμών είναι από τα σημαντικότερα προβλήματα που προσπαθεί να μελετήσει η επιστήμη της Σεισμολογίας, γιατί η επίλυσή του θα βοηθήσει στην ελάττωση των συνεπειών των σεισμών (απώλειες ανθρώπινων ζώων, οικονομικές και ψυχολογικές συνέπειες κ.λπ.). Ακόμη, δεν έχει αναπτυχθεί μία πλήρως ακριβής μέθοδος πρόβλεψης των σεισμών αν και έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες προς αυτή την κατεύθυνση. Ωστόσο, οι επιστήμονες εξετάζουν διάφορα πρόδρομα σεισμικά φαινόμενα για να επιτύχουν μία καλύτερη εκτίμηση πρόβλεψης. Η ύπαρξη των σεισμών ήταν πολλές φορές μέρος της λαογραφίας του κάθε λαού καθώς όταν εξετάζουμε με την σύγχρονη ματιά το γιατί η γη κινείται, οι μύθοι για τους σεισμούς μπορεί να φαίνονται χιουμοριστικοί και ασήμαντοι. Ωστόσο ήταν κάποτε κομμάτι της παράδοσης των διαφόρων πολιτισμών, ένας τρόπος για να κατανοήσουν τα πανίσχυρα φυσικά φαινόμενα που μπορεί να επηρέαζαν πάρα πολύ τη ζωή των αρχαίων λαών. Οι μύθοι για τους σεισμούς εξελίχθηκαν σχεδόν σε όλους τους πολιτισμούς και αντανakλούν μοναδικές και ενδιαφέροντες αντιλήψεις για την μετατόπιση του φλοιού της γης. Όμως παρόλες τις προόδους που έκαναν οι επιστήμονες από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα για να κατανοήσουν τους λόγους για τους οποίους δημιουργούνται οι σεισμοί, υπάρχουν ακόμα σύγχρονοι μύθοι που αιχμαλωτίζουν τη φαντασία πολλών σε όλο τον κόσμο.

Κεφάλαιο 1

1.1 Τα φυσικά φαινόμενα καταστροφής στην εποχή μας

Ο όρος «φυσική καταστροφή» είναι σχετικά παραπλανητικός, διότι υποδηλώνει ότι οι καταστροφές είναι ένα «λάθος της φύσης». Στην πραγματικότητα, τα γεγονότα που νοούνται ως καταστροφές δε γίνονται καταστροφές χωρίς τη συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα, η οποία συνδέεται με την τρωτότητα που δημιουργείται μέσα από την ανθρώπινη δραστηριότητα, πχ. τον τόπο ή τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος κατασκευάζει μια κατοικία ή μία κρίσιμη υποδομή. Φυσικά γεγονότα όπως οι τυφώνες, οι πλημμύρες, οι σεισμοί, οι ανεμοστρόβιλοι και άλλα είναι στην πραγματικότητα κίνδυνοι που έχουν τη δυνατότητα να βλάψουν τους ανθρώπους και να καταστρέψουν την ανθρώπινη ιδιοκτησία. Αυτοί οι κίνδυνοι γίνονται καταστροφές μόνο όταν εμφανιστούν σε ευάλωτες κοινωνίες που δεν έχουν / δε βρίσκουν τον τρόπο να αντιμετωπίσουν τους κινδύνους αυτούς.



1.2 Αναλύοντας τον σεισμό

Ο σεισμός είναι η μόνη φυσική καταστροφή η οποία είναι ανεξάρτητη από την ανθρώπινη παρέμβαση. Στις καταστροφικές συνέπειες των πλημμυρών ή των πυρκαγιών όλο και κάπου ανιχνεύεται ανθρώπινη εμπλοκή. Ο σεισμός είναι μια διαδικασία που συντελείται κάτω από το έδαφος.

1.3 Θεωρία του χάους- αντίληψη

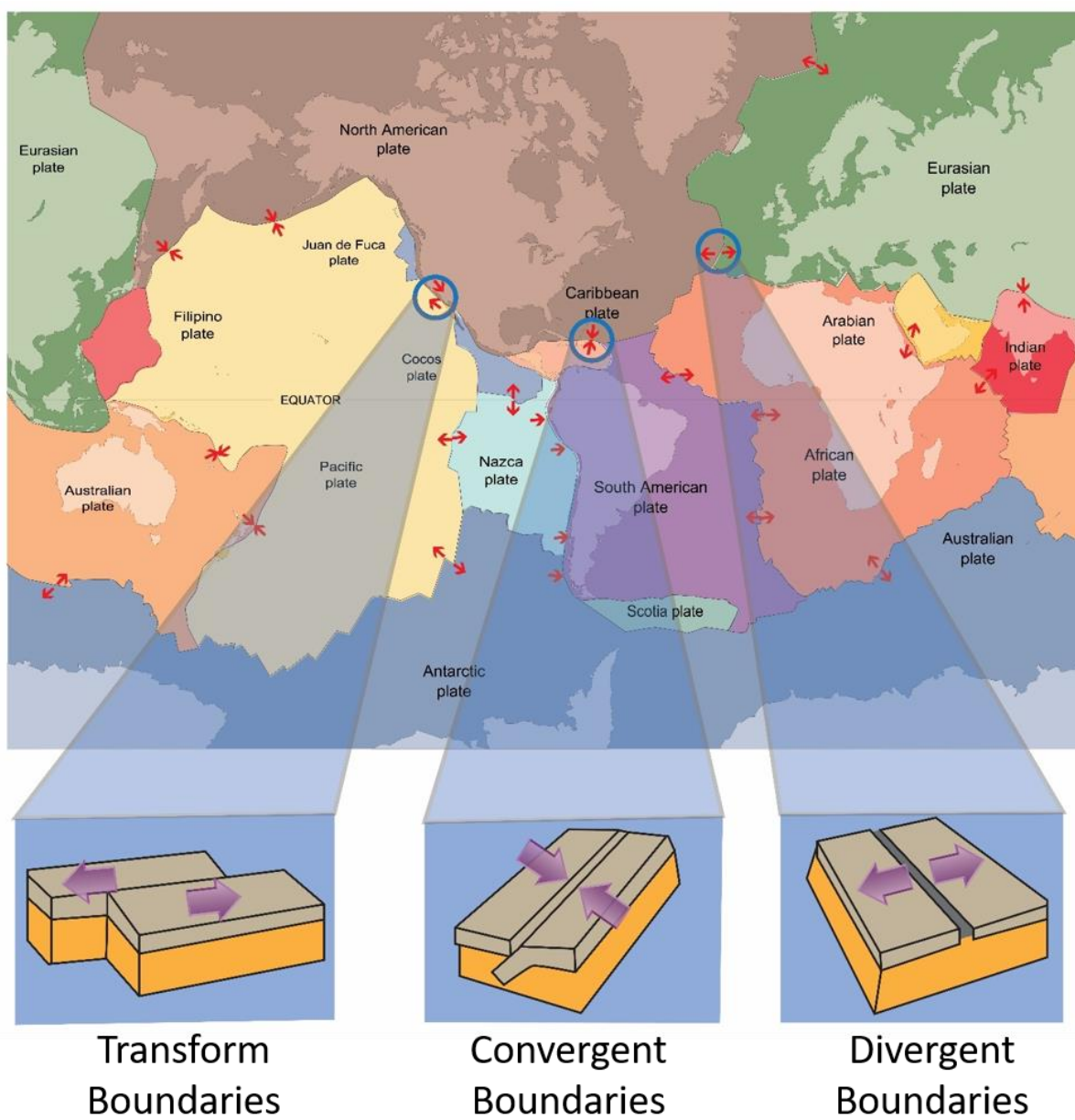
Η νέο αναπτυχθείσα θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών θα αποτελούσε το θεωρητικό υπόβαθρο αυτής της προσπάθειας αλλά απέτυχε και σήμερα είναι γνωστή μια θεωρητική ερμηνεία αυτής της αποτυχίας με βάση την επίσης πρόσφατα αναπτυχθείσα θεωρία του χάους. Δείχθηκε, δηλαδή, ότι η διάρρηξη στο ρήγμα που προκαλεί ένα σεισμό έχει χαοτική συμπεριφορά, που σημαίνει ότι απαιτείται πολύ ακριβής γνώση αυτής της διάρρηξης για την πρόγνωση του επόμενου ισχυρού σεισμού στο ρήγμα, ενώ τέτοια γνώση δεν είναι εφικτή προς το παρόν. Η βασική αρχή της αντίληψης αυτής είναι ότι ο χρόνος γένεσης ενός ισχυρού σεισμού δεν καθορίζεται μόνο από τη φυσική διαδικασία που προηγείται του σεισμού στο ρήγμα του αλλά και από τη γένεση προηγούμενων σεισμών σε δίκτυο γειτονικών ρηγάτων. Η αρχή αυτή προέκυψε από σεισμολογικές παρατηρήσεις και ενισχύθηκε από αρχές της θεωρίας του χάους και της στατιστικής φυσικής (δυναμική του κρίσιμου σημείου, κλπ.).

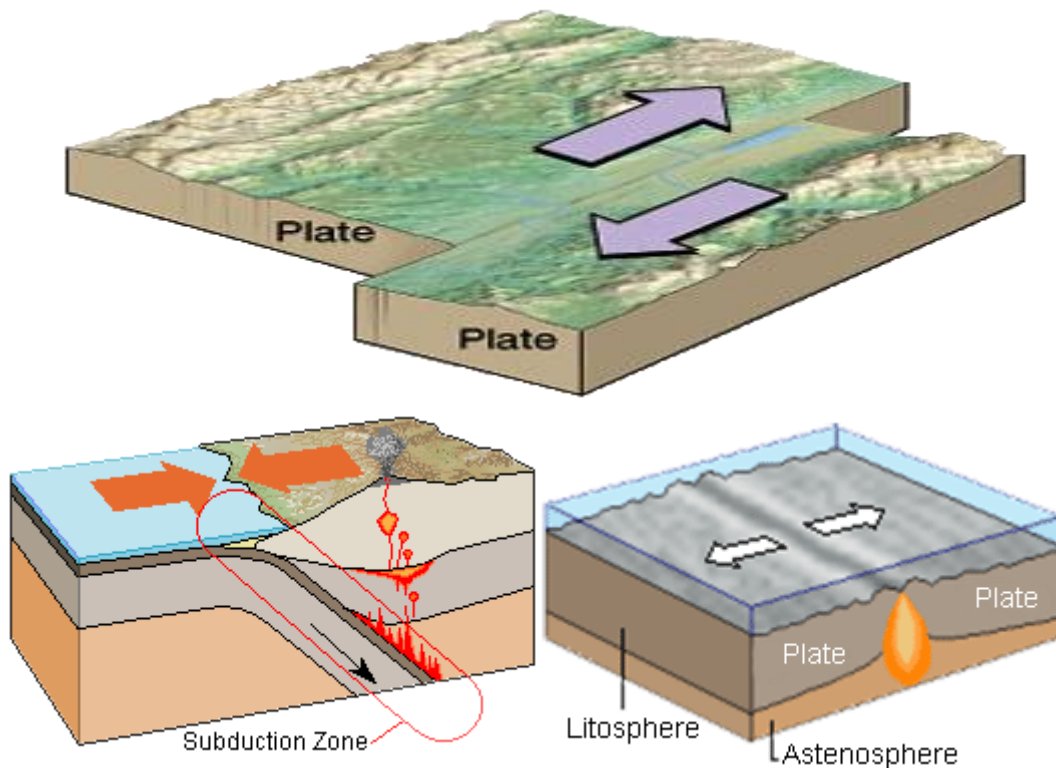
Η νέα αυτή αντιμετώπιση του προβλήματος έχει τα εξής δύο σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά την πρόγνωση.

- Το πρώτο είναι ότι, αν και η συμπεριφορά των σεισμών που γεννιούνται σε ένα δίκτυο ρηγάτων είναι επίσης χαοτική, οι ιδιότητες αυτών των σεισμών (χωρική, χρονική και κατά μέγεθος κατανομή) είναι επαρκώς γνωστές ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί αξιόπιστα ο επερχόμενος κύριος σεισμός.
- Το δεύτερο πλεονέκτημά είναι ότι ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών κύριων σεισμών που έχουν τις εστίες τους σε δίκτυο ρηγάτων είναι μικρός (της τάξης λίγων δεκαετιών για την Ελλάδα) και έτσι υπάρχει αντιπροσωπευτικό δείγμα ενόργανων παρατηρήσεων (περιόδων επανάληψης) για την εξαγωγή στατιστικών συμπερασμάτων.²

² *** Αντίθετα, η περίοδος επανάληψης των κύριων σεισμών ενός συγκεκριμένου ρήγματος είναι πολύ μεγαλύτερη (της τάξης εκατοντάδων ή χιλιάδων ετών), με συνέπεια τα διαθέσιμα ενόργανα ή ακόμα και ιστορικά στοιχεία για ένα ρήγμα να είναι ανεπαρκή.

1.4 Τεκτονικές πλάκες, σεισμοί και μετασχηματισμοί





A) Μετασχηματισμός ορίων:

Μια περιοχή όπου δύο πλάκες ολισθαίνουν οριζόντια το ένα δίπλα στο άλλο είναι ένα όριο μετασχηματισμού. Τα όρια μετασχηματισμού χαρακτηρίζονται από μεγάλα ρήγματα, μερικές φορές εκατοντάδες χιλιόμετρα σε μήκος, και από ρηχούς σεισμούς. (σχήμα 1)

B) Σύγκλινα όρια:

Ένα συγκλίνον όριο είναι όταν δύο τεκτονικές πλάκες κινούνται η μία προς την άλλη. Όταν συγκρούονται δύο πλάκες, η πιο πυκνή πλάκα κατεβαίνει τελικά κάτω από την άλλη λιγότερο πυκνή πλάκα και στο μανδύα (προς τα κάτω ρεύματα μεταφοράς από το σχήμα 2) σε μια διαδικασία που ονομάζεται υποβάθμιση.

Γ) Διαφορετικά όρια:

Οι περιοχές όπου δύο τεκτονικές πλάκες απομακρύνονται μεταξύ τους ονομάζονται αποκλίνοντα όρια. Τα περισσότερα αποκλίνοντα όρια βρίσκονται κατά μήκος του θαλάσσιου βυθού, όπου σχηματίζουν κορυφογραμμές του μεσαίου ωκεανού. Ο σχηματισμός νέου φλοιού του ωκεανού σε πολύ διαφορετικά σημεία ορίζει την υψηλή ροή θερμότητας, τον ηφαιστειακό χαρακτήρα και τους σεισμούς που σχετίζονται με αυτά τα όρια.

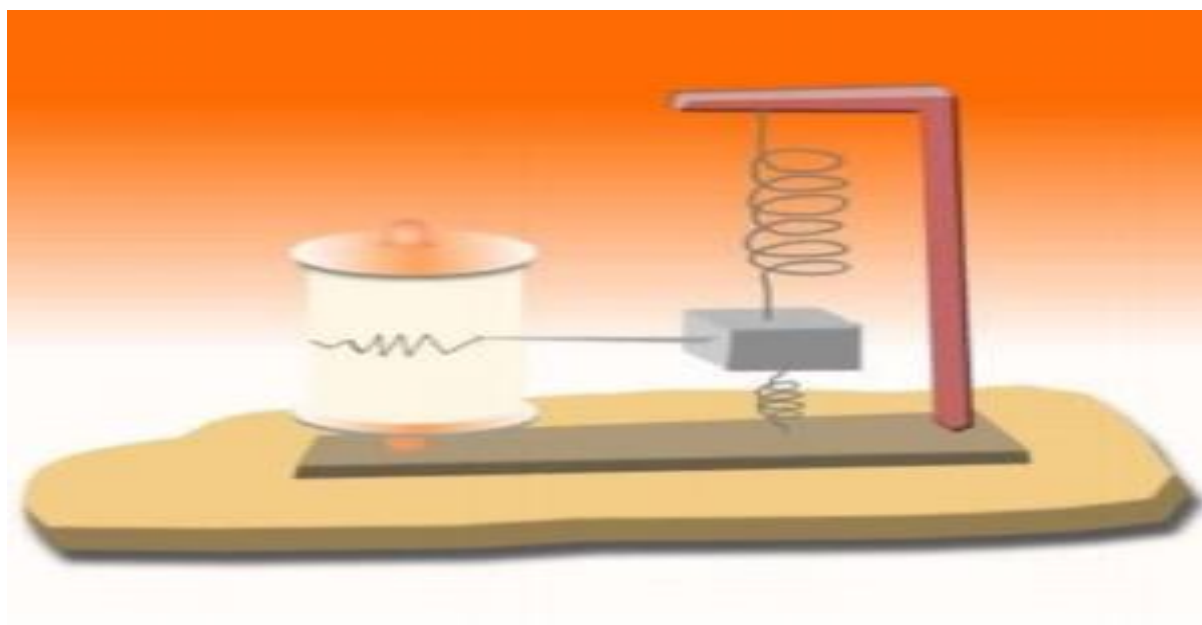
Κεφάλαιο 2 Συναρτήσεις

2.1 Εισαγωγή

Εκτός από τους στατιστικούς πίνακες και τα διαγράμματα υπάρχουν και αριθμητικά μέτρα με τα οποία μπορούμε να περιγράψουμε με συντομία μια κατανομή συχνοτήτων εμφάνισης αποτελεσμάτων. Η γνώση των μέτρων αυτών διευκολύνει και την παραπέρα στατιστική επεξεργασία των δεδομένων.

2.2 Πώς μετρούν οι επιστήμονες το μέγεθος των σεισμών;

Το μέγεθος ενός σεισμού εξαρτάται από το μέγεθος του ρήγματος και την ολίσθηση του ρήγματος, αλλά αυτό δεν είναι κάτι που οι επιστήμονες μπορούν απλά να μετρήσουν με μια ταινία μέτρησης, καθώς τα ρήγματα βρίσκονται πολλά χιλιόμετρα βαθιά κάτω από την επιφάνεια της γης. Πώς μετρούν λοιπόν έναν σεισμό; Χρησιμοποιούν τις καταγραφές σειсмоγράφων που έγιναν στην επιφάνεια της γης για να καθορίσουν πόσο μεγάλος ήταν ο σεισμός (εικόνα 1). Μια σύντομη ταλαντευόμενη γραμμή που δεν κουνιέται πολύ σημαίνει ένας μικρός σεισμός και μια μακρά γραμμή που κουνιέται πολύ σημαίνει ένας μεγάλος σεισμός. Το μήκος της κίνησης εξαρτάται από το μέγεθος της βλάβης και το μέγεθος της κίνησης εξαρτάται από την ποσότητα της ολίσθησης.



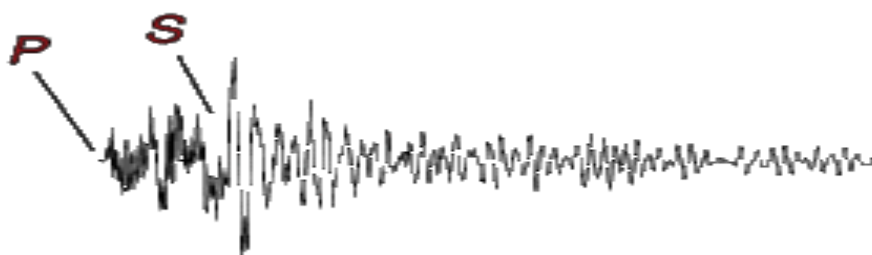
Το μέγεθος του σεισμού μας δείχνει πόση ενέργεια απελευθερώθηκε από την εστία του σεισμού κατά τη στιγμή θραύσης των πετρωμάτων, δηλαδή πόσο ισχυρός είναι ο σεισμός. Υπάρχει ένα μέγεθος για κάθε σεισμό. Οι επιστήμονες μιλούν επίσης για την *ένταση* της ανακίνησης από έναν σεισμό, και αυτό ποικίλλει ανάλογα με το πού βρίσκεστε κατά τη διάρκεια του σεισμού και μας δείχνει τις επιπτώσεις ενός σεισμού σε διαφορετικές θέσεις.

2.3 Πώς μπορούν οι επιστήμονες να πουν πού συνέβη ο σεισμός;

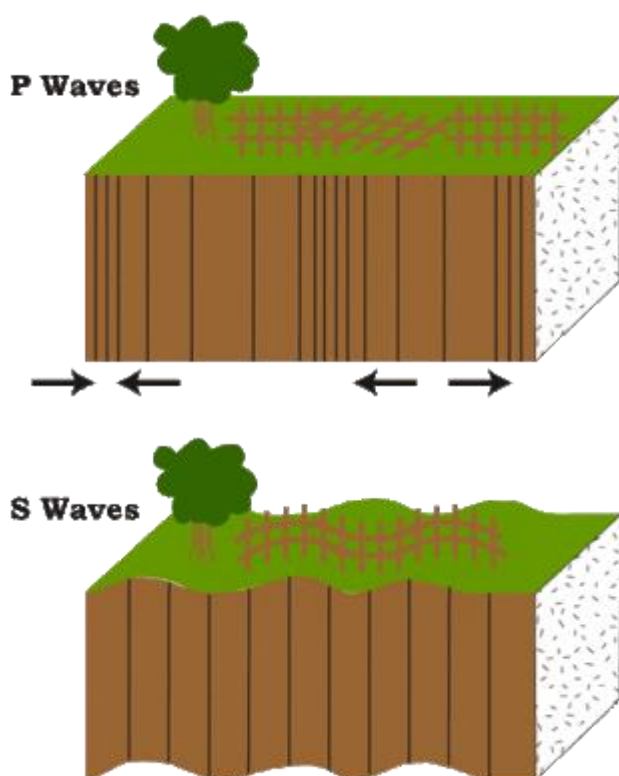
Τα σειсмоγράμματα είναι χρήσιμα για τον εντοπισμό των σεισμών και για να μπορέσουμε να δούμε τα κύματα P και S. Τα κύματα P και S ανακινούν το καθένα με διαφορετικούς τρόπους καθώς ταξιδεύουν μέσα από αυτό. Τα κύματα P είναι επίσης ταχύτερα από τα κύματα S, και αυτό είναι το γεγονός που μας επιτρέπει να πούμε πού ήταν ένας σεισμός. Για να καταλάβουμε πώς λειτουργεί αυτό, ας συγκρίνουμε τα κύματα P και S με κεραυνούς και βροντές. Το φως ταξιδεύει γρηγορότερα από τον ήχο, οπότε κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας θα δούμε πρώτα τον κεραυνό και στη συνέχεια θα ακούσουμε τις βροντές. Εάν βρίσκεστε κοντά στην αστραπή, οι βροντές θα εκτοξευτούν αμέσως μετά τον κεραυνό, αλλά αν είστε πολύ μακριά από τον κεραυνό, μπορείτε να μετρήσετε αρκετά δευτερόλεπτα πριν ακούσετε τη βροντή. Όσο πιο μακριά είστε από την καταιγίδα, τόσο περισσότερο θα διαρκέσει μεταξύ της αστραπής και της βροντής.

Τα κύματα P είναι σαν τον κεραυνό και τα κύματα S είναι σαν τη βροντή. Τα κύματα P ταξιδεύουν γρηγορότερα και τινάζουν το έδαφος εκεί που είσαι πρώτος. Στη συνέχεια, τα κύματα S ακολουθούν και τινάζουν το έδαφος επίσης. Εάν είστε κοντά στο σεισμό, το κύμα P και S θα έρθει το ένα μετά το άλλο, αλλά αν είστε πολύ μακριά, θα υπάρχει περισσότερος χρόνος μεταξύ των δύο.

Ένα παράδειγμα σεισμικού κύματος με το σήμα P και S κύμα



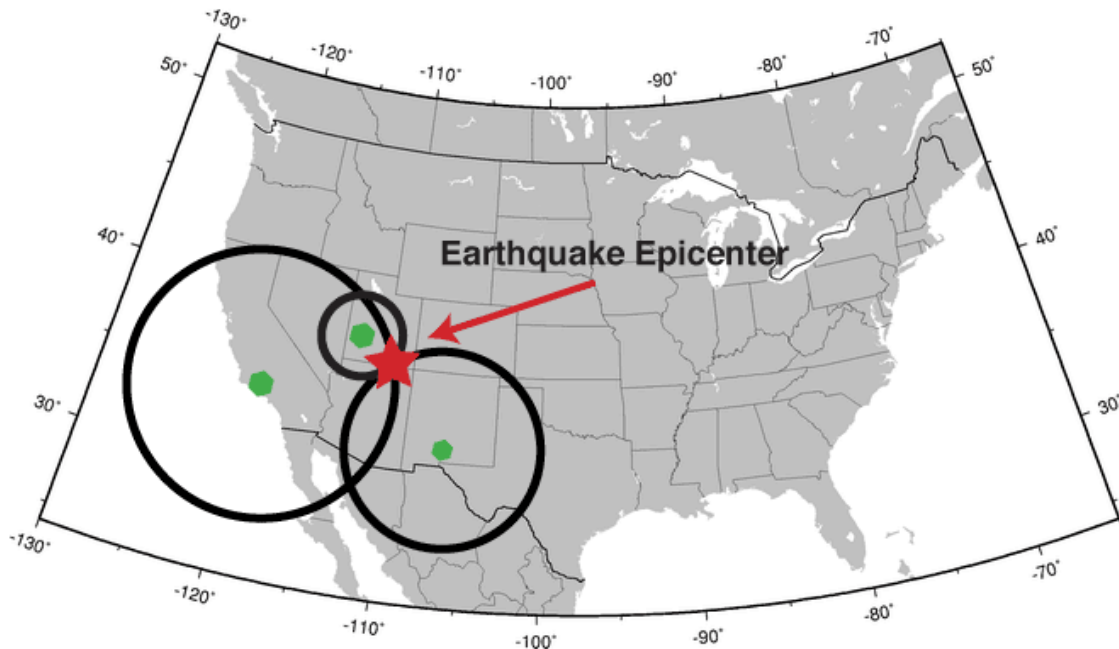
Τα κύματα συμπιέζουν και τεντώνουν εναλλάξ το υλικό του φλοιού παράλληλα με την κατεύθυνση που διαδίδουν. Τα κύματα S προκαλούν το υλικό του φλοιού να κινείται μπρος-πίσω κάθετα προς την κατεύθυνση που ταξιδεύουν.



Κοιτάζοντας το χρονικό διάστημα μεταξύ του κύματος P και S σε ένα σειсмоγράφημα που καταγράφηκε σε έναν σειсмоγράφο, οι επιστήμονες μπορούν να πουν πόσο μακριά ήταν ο σεισμός από αυτή τη θέση. Ωστόσο, δεν μπορούν να πουν σε ποια κατεύθυνση από το σειсмоγράφο ήταν ο σεισμός, παρά μόνο πόσο μακριά ήταν. Εάν σχεδιάσουν έναν κύκλο σε έναν χάρτη γύρω από το σταθμό όπου η ακτίνα του κύκλου είναι η καθορισμένη απόσταση από το σεισμό, γνωρίζουν ότι ο σεισμός βρίσκεται κάπου στον κύκλο. Αλλά πού;

Οι επιστήμονες στη συνέχεια χρησιμοποιούν μια μέθοδο που ονομάζεται τριγωνισμός για να προσδιορίσουν πού ακριβώς ήταν ο σεισμός (δείτε την εικόνα παρακάτω). Ονομάζεται τριγωνισμός επειδή ένα τρίγωνο έχει τρεις πλευρές και χρειάζονται τρεις σειсмоγράφοι για να

εντοπιστεί ένας σεισμός. Εάν σχεδιάσετε έναν κύκλο σε έναν χάρτη γύρω από τρεις διαφορετικούς σειсмоγράφους όπου η ακτίνα του καθενός είναι η απόσταση από αυτόν τον σταθμό μέχρι το σεισμό, η τομή αυτών των τριών κύκλων είναι το επίκεντρο.



2.4 Διασπορά - Διακύμανση

Στη θεωρία πιθανοτήτων και την στατιστική, η διακύμανση είναι η αναμενόμενη τιμή της τετραγωνικής απόκλισης της τυχαίας μεταβλητής από τη μέση τιμή, και άτυπα μετρά πόσο μακριά ένα σύνολο (τυχαίων) αριθμών απλώνεται από τη μέση τιμή του.

Η διακύμανση έχει κεντρικό ρόλο στη στατιστική. Χρησιμοποιείται στην περιγραφική στατιστική, στη στατιστική συμπερασματολογία, στον έλεγχο υποθέσεων και στον έλεγχο καλής προσαρμογής μεταξύ πολλών άλλων. Αυτό την καθιστά μία κεντρική ποσότητα σε πολλά πεδία όπως η Φυσική, η Βιολογία, η Χημεία, τα Οικονομικά και τα Χρηματοοικονομικά.

Η διακύμανση είναι το τετράγωνο της τυπικής απόκλισης, η δεύτερη κεντρική ροπή της κατανομής, και η συνδιασπορά της τυχαίας μεταβλητής με τον εαυτό της, και συχνά συμβολίζεται σ^2 ή $\text{Var}(X)$.

Κρίνεται απαραίτητη και η εξέταση κάποιων μέτρων διασποράς ή μεταβλητότητας, δηλαδή μέτρων που εκφράζουν τις αποκλίσεις των τιμών μιας μεταβλητής γύρω από τα μέτρα

κεντρικής τάσης. Τέτοια μέτρα λέγονται μέτρα διασποράς (measures of variation, dispersion measures). Τα σπουδαιότερα μέτρα διασποράς είναι το εύρος, η ενδοτεταρτημοριακή απόκλιση, η διακύμανση και η τυπική απόκλιση. Η διασπορά των παρατηρήσεων, εξηγείται ως προς το πόσο αυτές εκτείνονται γύρω από το “κέντρο” τους. Γι’ αυτό, ως ένα μέτρο διασποράς παίρνουμε τον μέσο όρο των τετραγώνων των αποκλίσεων των t_i από τη μέση τιμή τους $\bar{x}$. Το μέτρο αυτό καλείται διακύμανση ή διασπορά (variance) και συμβολίζεται με s .

Η διακύμανση είναι μια αξιόπιστη παράμετρος διασποράς, αλλά έχει ένα μειονέκτημα. Δεν εκφράζεται με τις μονάδες με τις οποίες εκφράζονται οι παρατηρήσεις. Για παράδειγμα, αν οι παρατηρήσεις εκφράζονται σε cm, η διακύμανση εκφράζεται σε cm^2 . Αν όμως πάρουμε τη θετική τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης, θα έχουμε ένα μέτρο διασποράς που θα εκφράζεται με την ίδια μονάδα μέτρησης. Η ποσότητα αυτή λέγεται τυπική απόκλιση (standard deviation), συμβολίζεται με s και δίνεται από τη σχέση:

$$s = \sqrt{s^2}$$

2.4.1 Διασπορά

Η διασπορά δείχνει το πόσο συγκεντρωμένες ή το πόσο διασκορπισμένες είναι οι παρατηρήσεις του δείγματός μας γύρω από τον αριθμητικό μέσο (μετρά τη συγκέντρωση ή την απομάκρυνση των τιμών)

- Μας παρέχουν πληροφορίες για το βαθμό συγκέντρωσης των δεδομένων γύρω από τον αριθμητικό μέσο.
- Η Διασπορά μετρά τη συγκέντρωση ή απομάκρυνση των τιμών γύρω από το μέσο.
- Η ασυμμετρία μετρά την ισοκατανομή των τιμών γύρω από το μέσο.
- Η κύρτωση μετρά το βαθμό συγκέντρωσης των τιμών στην περιοχή του μέσου.

2.4.2 Δείκτες – Μέτρα της Διασποράς

Οι Δείκτες Διασποράς καθορίζουν τον τρόπο που αυτές είναι διεσπαρμένες γύρω από τις παραμέτρους κεντρικής θέσης.

- Εύρος (range)
- Ενδοτεταρτημοριακό εύρος (interquartile range)
- Μέση αριθμητική απόκλιση (mean deviation)
- Διακύμανση (variance)

- Τυπική απόκλιση (standard deviation), και
- Συντελεστής Μεταβλητότητας (Coefficient of Variation)

Υπολογισμός της Διακύμανσης ως δείκτης - μέτρο διασποράς ενός συνόλου αριθμών (πόσο μακριά «απλώνονται» από τη μέση τιμή τους)

Συνεχής τυχαία μεταβλητή

$$\text{Var}(x) = \sigma^2 = \int (x-\mu)^2 f(x) dx = \int [x^2 f(x) dx - \mu^2]$$

Διακριτή τυχαία μεταβλητή

$$\sum_{i=1}^n p_i (x_i - \mu)^2$$

*(Εάν η διαδικασία $\{X_n\}$ είναι ασθενώς στατική, η συνδιακύμανση των X_n και X_{n+k} εξαρτάται μόνο από το lag k . Αυτό οδηγεί στον ακόλουθο ορισμό της «αυτόματης διακύμανσης» της διαδικασίας:

$$\gamma(k) = \text{cov}(X_{n+k}, X_n)$$

Ερωτήσεις:

1. Ποια είναι η διακύμανση της διαδικασίας σε σχέση με το $\gamma(k)$;
2. Εμφάνιση $\gamma(0) \geq |\gamma(k)|$ για όλα τα k .
3. Η εμφάνιση $\gamma(k)$ είναι μια ομοιόμορφη συνάρτηση, δηλαδή $\gamma(-k) = \gamma(k)$.

Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης, $\rho(k)$, ορίζεται από τη σχέση $\rho(k) = \gamma(k)/\gamma(0)$

Αυτή είναι απλώς η συσχέτιση μεταξύ X_n και X_{n+k} .

** (Άλλη ερμηνεία του $\rho(k)$ είναι το βέλτιστο βάρος για την κλιμάκωση του X_n σε a πρόβλεψη του X_{n+k} δηλ. το βάρος, δηλαδή, που ελαχιστοποιεί το $E(X_{n+k} - aX_n)^2$)

2.4.3 Πρόταση

Έστω X μια τυχαία διακριτή μεταβλητή με μέση τιμή μ . Αν $V(x)=0$ τότε η τυχαία μεταβλητή X είναι σταθερά, δηλαδή μπορεί να πάρει μόνο μια τιμή (με πιθανότητα ίση με 1)

Τύπος διακύμανσης τυχαίας μεταβλητής

$$V(x) = E(x^2) - [E(x)]^2$$

2.4.4 Μαθηματικός τύπος για τον υπολογισμό της Διακύμανσης:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad \text{ή} \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (\text{για κλάσεις})$$

με x_i : η παρατήρηση i

$\bar{x}$: ο αριθμητικός μέσος των παρατηρήσεων

f_i : η συχνότητα της παρατήρησης i

2.4.5 Πλεονέκτημα – Μειονέκτημα της Διακύμανσης

Πλεονέκτημα: λαμβάνει υπόψη όλες τις παρατηρήσεις

Μειονέκτημα: Εκτός της ελάχιστης τιμής που μπορεί να λάβει δεν έχει κάποιο άνω φράγμα. Επίσης τετραγωνίζει τις μονάδες μέτρησής της.

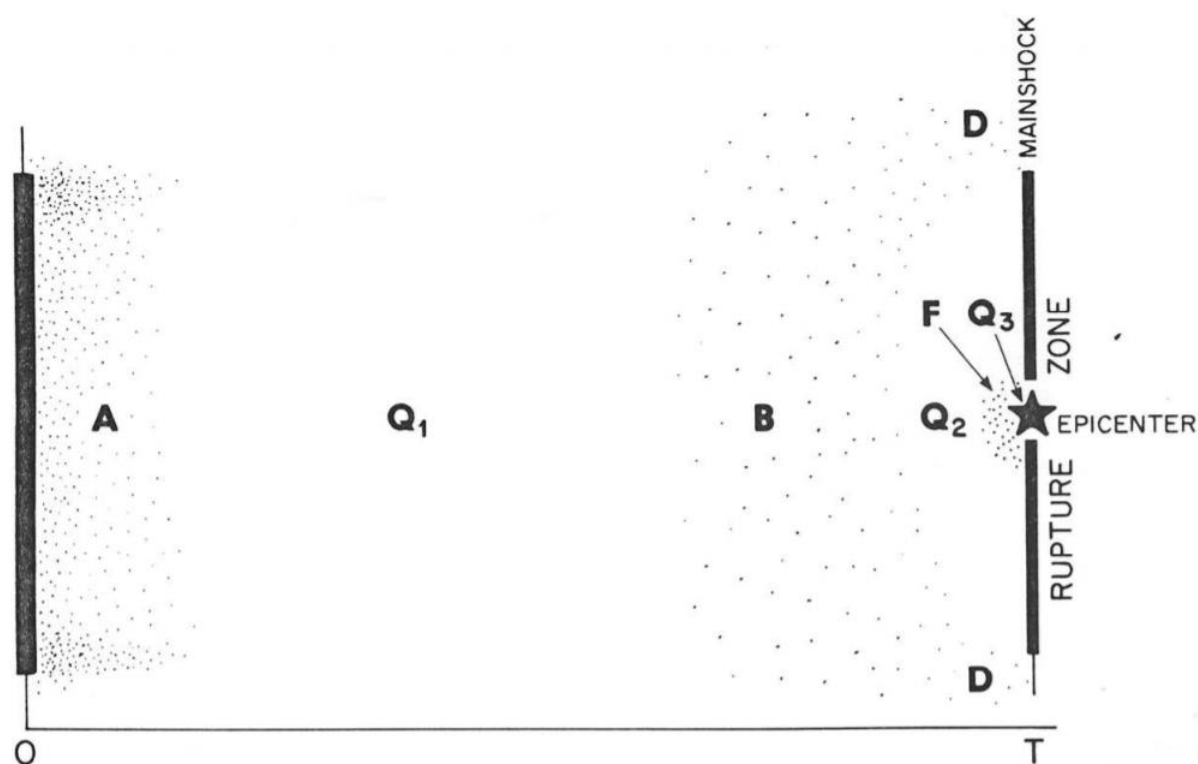
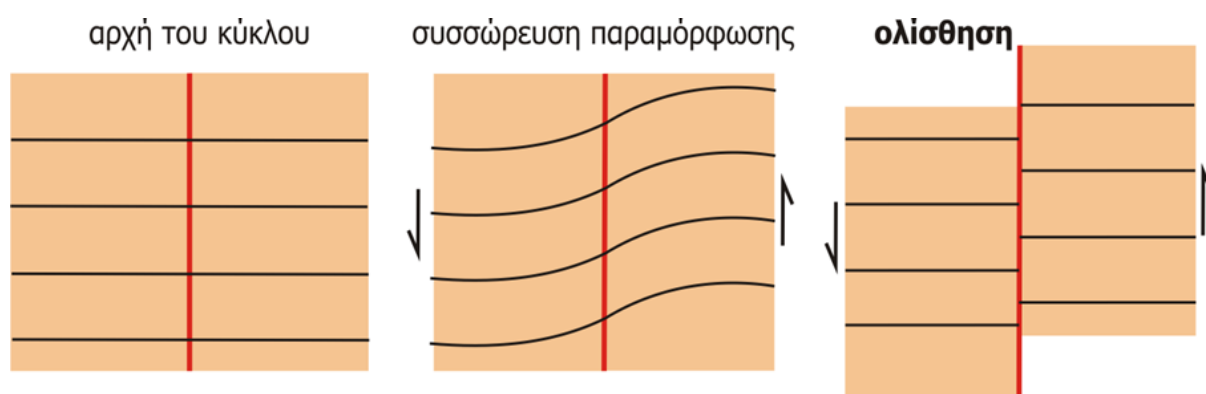
2.5 Τάση

2.5.1 Για τον σεισμό τάση σημαίνει:

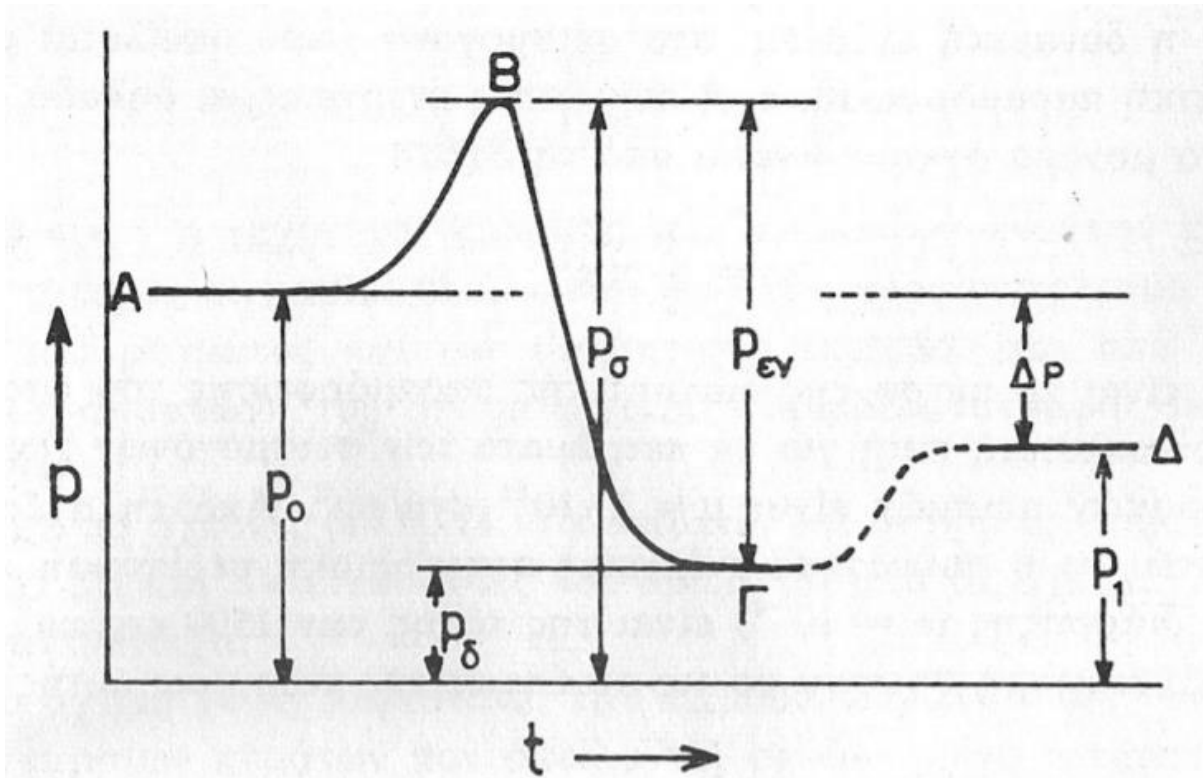
- διατμητική παραμόρφωση κατά τη διάρρηξη: $e \sim 10^{-4}$ (Tsuboi, 1956)
- κρίσιμη τιμή ανηγμένης διατμητικής παραμόρφωσης: $e \sim 5 \cdot 10^{-4}$ (Rikitake, 1975)
- πειραματική διάρρηξη στο εργαστήριο: $e \sim 10^{-3}$
- δυναμική ενέργεια στο σεισμογόνο χώρο: $e = \frac{1}{2} \mu e^2$
- $\mu = 3 \cdot 10^{11} \text{ dyn/cm}$, $e = 10^{-4}$, $\epsilon = 1500 \text{ erg/cm}^3$

2.5.2 Σεισμικός κύκλος

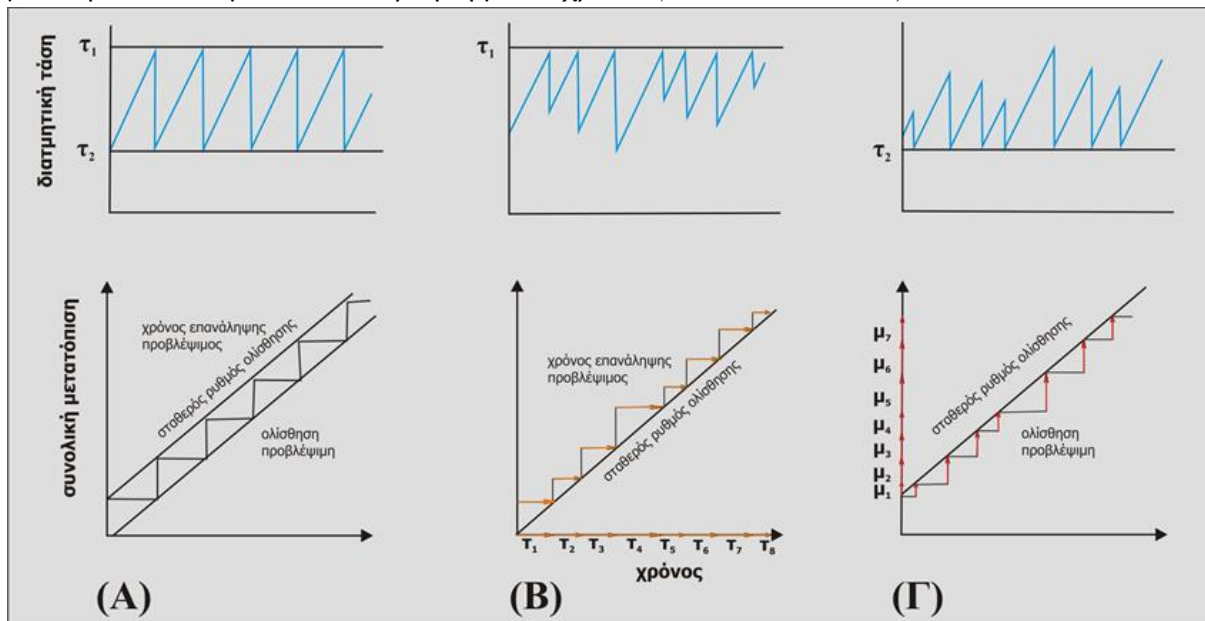
- Η γένεση σεισμών από ενδογενείς διεργασίες θεωρία της ελαστικής επαναφοράς.
- Η θεωρία προήλθε από το σεισμό του 1906 στο Σαν Φρανσίσκο.
- Διαπιστώθηκε από τον Reid ότι η μετατόπιση μειώνεται με την απομάκρυνση από το ρήγμα.
- Η θεωρία αυτή προϋποθέτει συσσώρευση και εκτόνωση ελαστικής παραμόρφωσης στη διάρκεια του κύκλου του σεισμού.



μεταβολή διατμητικής τάσης στο σεισμολόγο ρήγμα



Μεταβολή της διατμητικής τάσης, p , σε ένα σημείο της επιφάνειας του ρήγματος κατά τη γένεση ενός σεισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (Yamashita, 1976).



p_0 : αρχική διατμητική τάση

p_σ : τάση στατικής τριβής

p_δ : τάση δυναμικής τριβής ($p_\delta < p_\sigma$)

Ενεργός τάση ρεν: $P_{εν} = P_{\sigma} - P_{\delta}$

(--> $p_0 - p_{\delta}$)

Μέση διατμητική τάση: $\rho = -\frac{\rho_0 + \rho_1}{2}$

Πτώση τάσης: $\Delta\rho = \rho_0 - \rho_1$

Κλασματική τάση: $\Delta\rho/\rho_{εν}$

2.6 Μέση τιμή

Τα πιο συνηθισμένα μέτρα που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της θέσης ενός συνόλου δεδομένων πάνω στον οριζόντιο άξονα Οχ, εκφράζοντας την “κατά μέσο όρο” απόστασή τους από την αρχή των αξόνων, είναι ο αριθμητικός μέσος ή μέση τιμή (arithmetic mean or average), η διάμεσος (median) και η κορυφή ή επικρατούσα τιμή (mode). Η μέση τιμή προκύπτει από το πηλίκο διαίρεσης του αθροίσματος των τιμών μιας μεταβλητής δια του συνολικού πλήθους τους, δηλαδή του συνόλου των συχνοτήτων τους. Στο παράδειγμά μας με τους σεισμούς βρίσκουμε την μέση τιμή όλων των σημάτων θέλοντας να βγάλουμε ένα συμπέρασμα ως προς την επικινδυνότητά τους βάσει της έντασής τους³.

2.7 Αυτοσυσχέτιση

Η αυτοσυσχέτιση, γνωστή και ως σειριακή συσχέτιση, είναι η συσχέτιση ενός σήματος με ένα κ αντίγραφο του το οποίο έχει καθυστερήσει στη διάρκεια του χρόνου και σαν αποτέλεσμα προκύπτει η συνάρτηση της καθυστέρησης. Αλλιώς θα μπορούσε να εξηγηθεί σαν ομοιότητα μεταξύ των παρατηρήσεων ως συνάρτηση της χρονικής υστέρησης μεταξύ τους. Η ανάλυση της αυτοσυσχέτισης αποτελεί μαθηματικό εργαλείο για την εύρεση επαναλαμβανόμενων μοτίβων, όπως η παρουσία ενός περιοδικού σήματος που καλύπτεται από θόρυβο ή η

³ Η ένταση μας δείχνει το πόσο καταστροφικός είναι ένας σεισμός είναι ακριβώς ένας τρόπος για να μετρήσουμε τ' αποτελέσματά του σ' εμάς!

αναγνώριση της συχνότητας σε ένα σήμα που υπονοείται από τις αρμονικές συχνότητές του. Συχνά χρησιμοποιείται στην επεξεργασία σήματος για την ανάλυση λειτουργιών ή σειρών τιμών, όπως σήματα πεδίου χρόνου.

Υποθέσεις

- *Η διακύμανση του διαταρακτικού όρου είναι σταθερή*
- *Η συνδιακύμανση των διαταρακτικών όρων είναι μηδέν*

Αν οι υποθέσεις αυτές δεν ικανοποιούνται, τότε έχουμε το φαινόμενο της αυτοσυσχέτισης η αλλιώς αυτοπαλινδρόμησης δηλαδή συσχέτιση μεταξύ των μελών μίας σειράς παρατηρήσεων διατεταγμένων στο χρόνο [όπως σε χρονοσειρές] ή στο χώρο [όπως σε διαστρωματικά στοιχεία]. Δηλαδή, για τις τιμές του διαταρακτικού όρου θα ισχύει: $\text{cov}(u_i, u_j | x_i, x_j) = E(u_i u_j) \neq 0$ για κάθε $i \neq j$

2.7.1 Παραδείγματα

1) Η Υπόθεση των Μη Συμπεριλαμβανομένων Μεταβλητών

Συχνά, η εισαγωγή αυτών των μεταβλητών αφαιρεί το πρότυπο συσχέτισης που παρατηρήθηκε μεταξύ των καταλοίπων.

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε έχουμε το ακόλουθο υπόδειγμα ζήτησης:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + u_t$$

όπου Y = ζητούμενη ποσότητα βοείου κρέατος, X_2 = τιμή βοείου κρέατος, X_3 = εισόδημα των καταναλωτών, X_4 = τιμή χοιρινού κρέατος, και t = χρόνος. Ωστόσο, για κάποιο λόγο εκτιμούμε την ακόλουθη παλινδρόμηση: $Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + v_t$

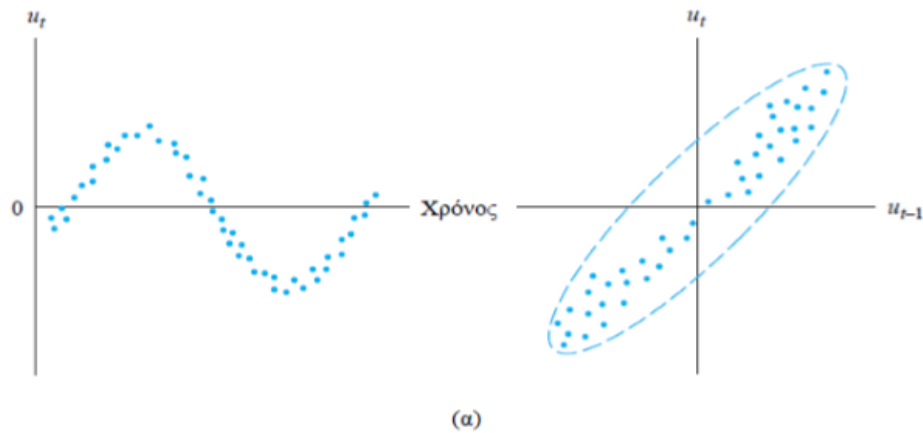
2) Εσφαλμένη Συναρτησιακή Μορφή

Ας υποθέσουμε ότι το σωστό υπόδειγμα σε μία μελέτη κόστους-εκροής έχει ως εξής: $\text{Marginal cost}_i = \beta_1 + \beta_2 \text{output}_i + \beta_3 \text{output}_i^2 + u_i$

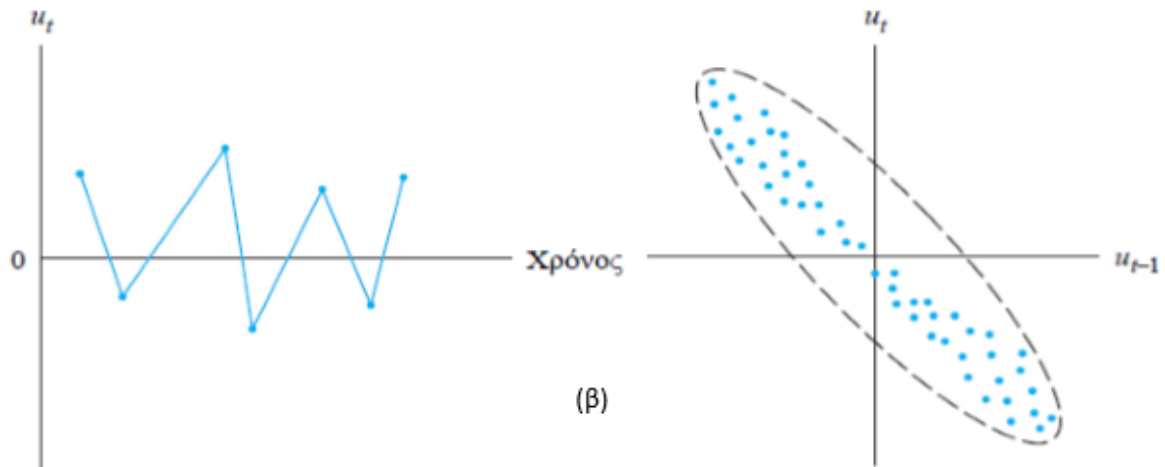
όμως εκτιμούμε το ακόλουθο υπόδειγμα: $\text{Marginal cost}_i = \alpha_1 + \alpha_2 \text{output}_i + v_i$

2.7.2 Διαγράμματα

Εκτιμούμε με την Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων⁴ το υπόδειγμα και παίρνουμε τα κατάλοιπα



θετική αυτοσυσχέτιση



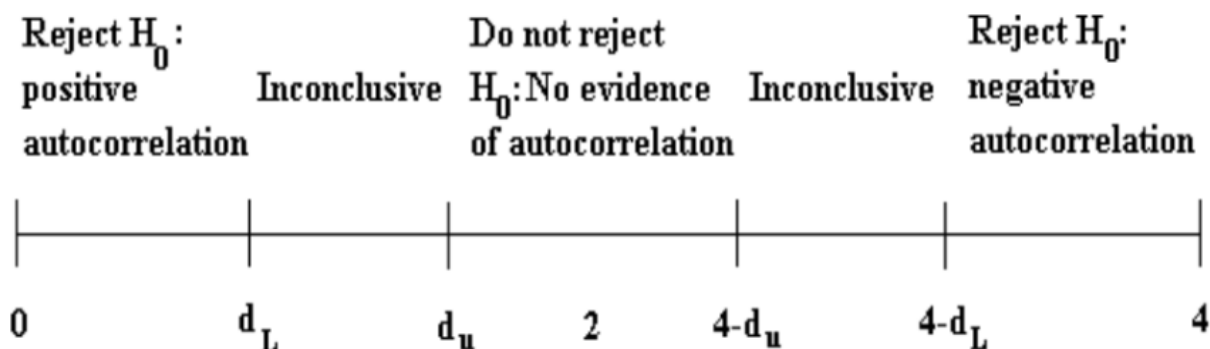
αρνητική αυτοσυσχέτιση

⁴ Η Μέθοδος των Ελαχίστων Τετραγώνων (MET) χρησιμοποιείται για την κατασκευή της γραφικής παράστασης που περιγράφει ένα φαινόμενο, όταν γνωρίζουμε ΜΟΝΟ μια σειρά από πειραματικές τιμές των μεγεθών που το περιγράφουν και ΟΧΙ την ακριβή μαθηματική σχέση τους

2.7.3 Έλεγχος Durbin-Watson (*d*-test)

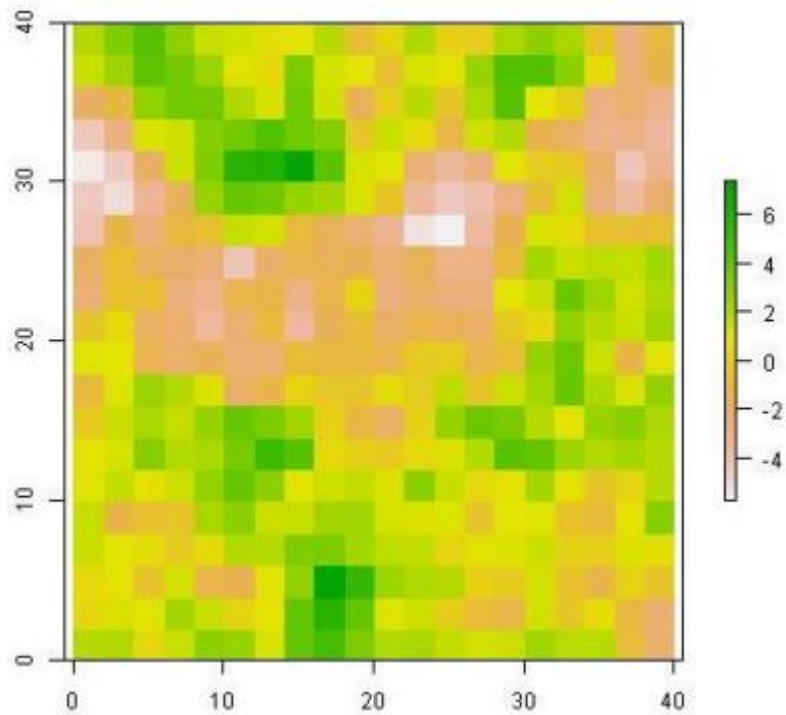
Υποθέσεις στις οποίες στηρίζεται η στατιστική *d*.

1. Το υπόδειγμα παλινδρόμησης περιλαμβάνει σταθερό όρο, π.χ., $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$ και το μέγεθος του δείγματος είναι τουλάχιστον 15.
2. Οι ερμηνευτικές μεταβλητές, οι X , είναι μη-στοχαστικές, ή σταθερές σε επαναλαμβανόμενη δειγματοληψία.
3. Οι διαταρακτικοί όροι u_t προκύπτουν από το αυτοπαλίνδρομο σχήμα πρώτης τάξης: $u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$.
4. Ο όρος σφάλματος u_t θεωρείται ότι ακολουθεί την κανονική κατανομή.
5. Το υπόδειγμα παλινδρόμησης δεν περιλαμβάνει την εξαρτημένη μεταβλητή με υστέρηση, ως μία από τις ερμηνευτικές μεταβλητές.

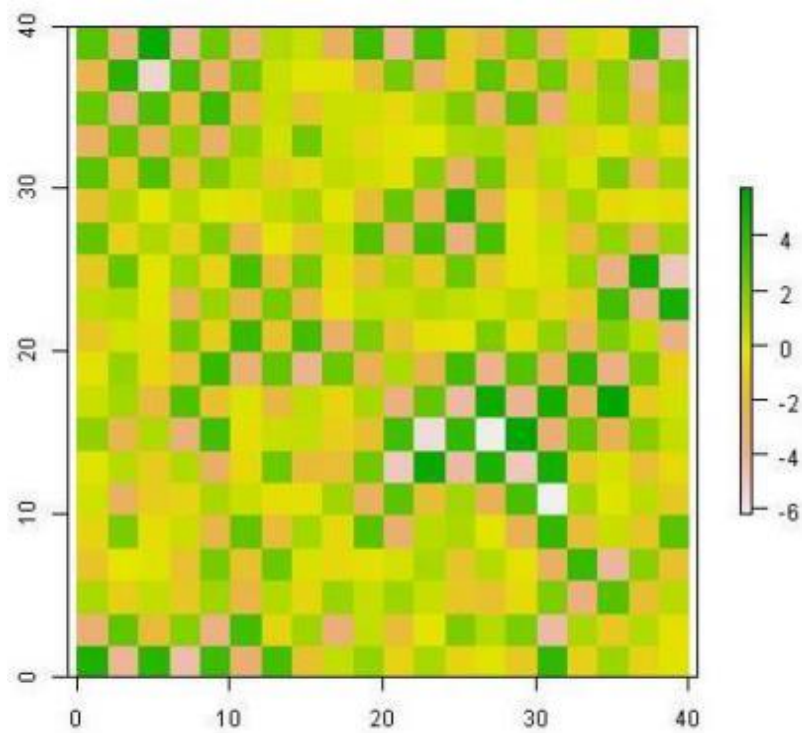


2.7.4 Χαρτογράφηση

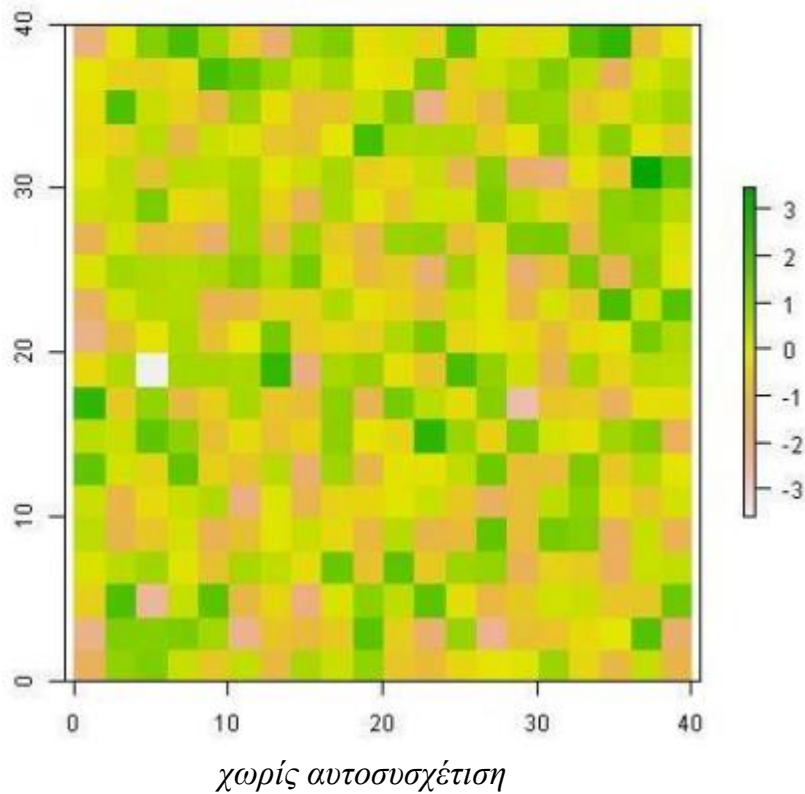
Μεταβλητές καταναμημένες στο χώρο με τυχαίο τρόπο



θετική χωρική αυτοσυσχέτιση



αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση



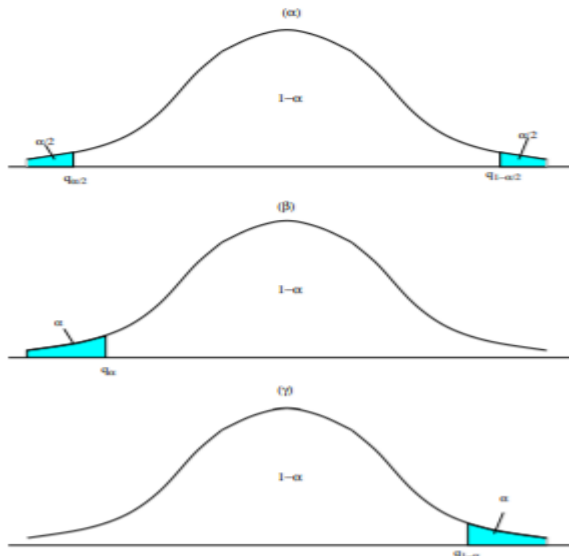
2.7.5 Τύπος/Εξήγηση

Υποθέσεις

- H_0 : Δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στους διαταρακτικούς όρους, δηλαδή οι διαταρακτικοί όροι είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους.
- H_1 : Υπάρχει αυτοσυσχέτιση στους διαταρακτικούς όρους, δηλαδή οι διαταρακτικοί όροι δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους.

Τα βήματα του ελέγχου Durbin-Watson:

1. Εκτιμήστε την παλινδρόμηση με OLS. $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$ με $u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$
Στη συνέχεια βρείτε τα κατάλοιπα.
2. Διεξάγετε τον έλεγχο $H_0: \rho = 0$ (δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση 1ης τάξης-AR(1))
έναντι $H_1: \rho \neq 0$ (υπάρχει αυτοσυσχέτιση 1ης τάξης-AR(1))
3. Για το συγκεκριμένο μέγεθος δείγματος και με δεδομένο αριθμό ερμηνευτικών μεταβλητών, βρείτε τις κρίσιμες τιμές d_L και d_U .

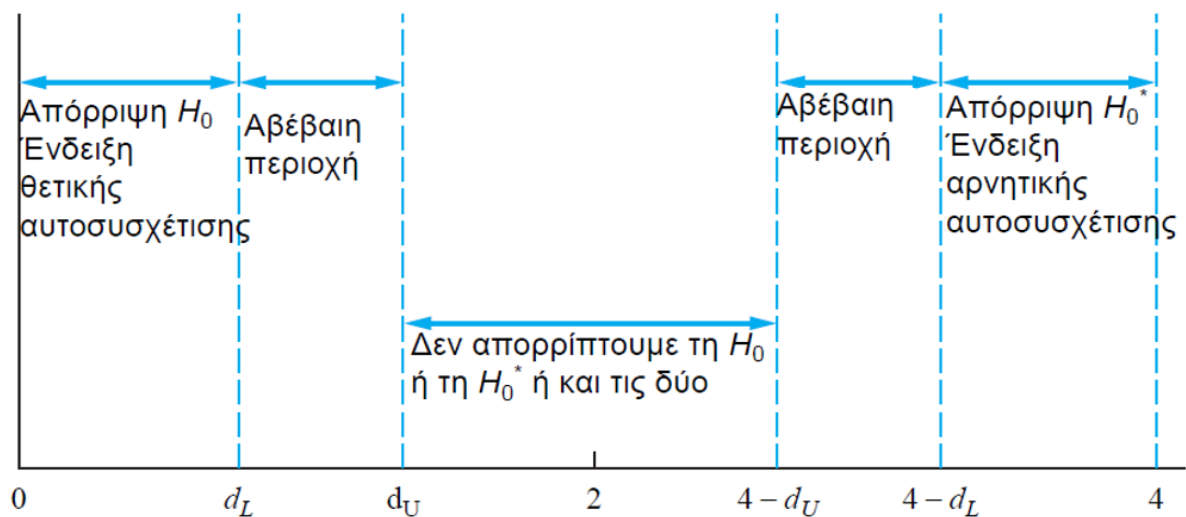


Σχηματικά παρουσιάζεται η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της στατιστικής ελέγχου q , η περιοχή αποδοχής και η περιοχή απόρριψης (σκιασμένη), για δίπλευρο έλεγχο στο διάγραμμα (α) και μονόπλευρο έλεγχο στο (β) και (γ).

Κανόνες απόφασης που δίνονται στον παρακάτω Πίνακα:

Μηδενική Υπόθεση	Απόφαση	Εάν
Δεν υπάρχει θετική αυτοσυσχέτιση	Απορρίπτουμε	$0 < d < d_L$
Δεν υπάρχει θετική αυτοσυσχέτιση	Καμία απόφαση	$d_L \leq d \leq d_U$
Δεν υπάρχει αρνητική συσχέτιση	Απορρίπτουμε	$4 - d_L < d < 4$
Δεν υπάρχει αρνητική συσχέτιση	Καμία απόφαση	$4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$
Δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση, θετική ή αρνητική	Δεν απορρίπτουμε	$d_U < d < 4 - d_U$

Διάγραμμα



H_0 (δεν υπάρχει θετική αυτοσυσχέτιση)

H_0^* (δεν υπάρχει αρνητική αυτοσυσχέτιση)

2.7.6 Το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης

Ο διαταρακτικός όρος περιλαμβάνει την επίδραση όλων των παραγόντων που δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στα υποδείγματα. Πολλές φορές όμως, η επίδραση πολλών παραγόντων μπορεί να μην αναφέρεται στην τρέχουσα χρονική περίοδο, αλλά σε μελλοντικές.

2.8 Διανύσματα

Όταν μετράμε ένα μέγεθος, όπως π.χ. το χρόνο που χρειαζόμαστε για να διαβάσουμε αυτή την παράγραφο, γράφουμε τη μέτρηση ως έναν αριθμό που ακολουθείται συνήθως από μία μονάδα μέτρησης. Για παράδειγμα, χρειαζόμαστε 30 δευτερόλεπτα για να διαβάσουμε την παράγραφο αυτή. Χρησιμοποιώντας το σύμβολο t για το χρόνο, γράφουμε: $t = 30 \text{ (s)}$.

Μερικά μεγέθη προσδιορίζονται πλήρως, αν δοθεί μόνο το μέτρο τους. Για παράδειγμα: ο χρόνος, που εκφράζεται σε ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα κ.τ.λ., η θερμοκρασία που εκφράζεται σε βαθμούς Κελσίου, Φαρενάιτ κ.τ.λ., η μάζα που εκφράζεται σε χιλιόγραμμα, γραμμάρια κ.τ.λ.

Τέτοια μεγέθη λέγονται βαθμωτά ή μονόμετρα μεγέθη. Όμως, δεν είναι όλα τα μεγέθη μονόμετρα. Υπάρχουν και άλλα, που εκτός από μέτρο έχουν και κατεύθυνση.

Για να προσδιορίσουμε πλήρως την κίνηση του σεισμού, πρέπει να γνωρίζουμε:

- Από ποιο σημείο ξεκίνησε ο σεισμός.
- Προς ποια κατεύθυνση ή αλλιώς με ποια φορά κινείται;
- Το μέτρο της ταχύτητας με την οποία κινείται.

Μεγέθη, όπως η ταχύτητα, που έχουν μέτρο και κατεύθυνση, ονομάζονται διανυσματικά μεγέθη.

Τα διανυσματικά μεγέθη παριστάνονται με διανύσματα που συμβολίζονται με βέλη έχοντας ένα σημείο A που είναι η αρχή και λέγεται σημείο εφαρμογής του διανύσματος και ένα σημείο B που είναι το πέρας (τέλος) του διανύσματος. Το διάνυσμα, τότε, συμβολίζεται με $\vec{AB}$

Ένα διάνυσμα έχει τα εξής στοιχεία:

- Διεύθυνση, την ευθεία ε που ορίζουν τα άκρα A , B ή οποιαδήποτε άλλη ευθεία παράλληλη προς αυτή.
- Φορά, που καθορίζεται από το αν το διάνυσμα έχει αρχή το A και πέρας το B ($\vec{AB}$) ή αρχή το B και πέρας το A ($\vec{BA}$).

γ) Μέτρο, το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος AB, το οποίο συμβολίζουμε με $|\vec{AB}|$. Το μέτρο είναι πάντοτε ένας αριθμός θετικός ή μηδέν.

Η διεύθυνση μαζί με τη φορά καθορίζουν την κατεύθυνση ενός διανύσματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΣΚΗΣΗ

3.1 Διατύπωση προβλήματος

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, το έδαφος, και επομένως και η βάση μιας κατασκευής που είναι θεμελιωμένη πάνω σ' αυτό, μετακινείται γρήγορα, με εναλλασσόμενο πρόσημο, γύρω από την αρχική θέση ηρεμίας. Από στοχαστική θεώρηση, το μέτρο που μας ενδιαφέρει σε αυτήν την κίνηση της βάσης είναι η διακύμανση (v) και ο μέσος (Mean). Με βάση τα δεδομένα που σας δόθηκαν αναλύστε τις παραπάνω συναρτήσεις και σχολιάστε τα συμπεράσματά σας

3.1.1 Περιγραφή δεδομένων

Παρουσιάζονται σήματα από 5 σεισμούς. Τα αρχεία είναι διάρκειας ενός λεπτού και έχουν μια στήλη με τις μετρήσεις του αισθητήρα. Η δειγματοληψία είναι 7500 δείγματα το δευτερόλεπτο οπότε χρειάζεται να δημιουργηθεί ένα διάνυσμα χρόνου για να μελετηθεί το κάθε σεισμόγραμμα ξεχωριστά. Ο λόγος που σε ορισμένους σεισμούς υπάρχουν 2 ή και 3 αρχεία είναι διότι ο σεισμός έγινε στα τελευταία δευτερόλεπτα του πρώτου αρχείου οπότε συνεχίζει και στο δεύτερο αρχείο. Το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι τα δεδομένα βρίσκονται κάτω από την καμπύλη. Τέλος ο κάθε σεισμός δεν συνδέεται με τον άλλον, οπότε η ανάλυση δεν μπορεί να γίνει συνδυαστικά.

(Το μοτίβο που θα ακολουθήσουμε είναι τα βήματα επεξεργασίας και ανάλυσης να είναι τα ίδια για όλους τους σεισμούς)

3.2 Προγραμματιστικά εργαλεία και βιβλιοθήκες

Για την υλοποίηση χρησιμοποιήσαμε Python 3.9 και τα στατιστικά εργαλεία που παρέχει η βιβλιοθήκη `statistics`.

Επιπλέον, για το σχεδιασμό χρησιμοποιήσαμε την ανεξάρτητη βιβλιοθήκη `matplotlib` και τα εργαλεία που παρέχει για την `python`.

3.3 Matplotlib.pyplot

Το `matplotlib.pyplot` είναι μια συλλογή λειτουργιών που κάνουν το `matplotlib` να λειτουργεί όπως το MATLAB. Κάθε συνάρτηση `pyplot` κάνει κάποια αλλαγή σε ένα σχήμα: π.χ., δημιουργεί ένα σχήμα, δημιουργεί μια περιοχή σχεδίασης σε ένα σχήμα, σχεδιάζει μερικές γραμμές σε μια περιοχή σχεδίασης, διακοσμεί το οικόπεδο με ετικέτες κ.λπ. Στο `matplotlib.pyplot` διατηρούνται διάφορες καταστάσεις στις κλήσεις συναρτήσεων, έτσι ώστε να παρακολουθεί πράγματα όπως το τρέχον σχήμα και η περιοχή γραφικών και οι συναρτήσεις σχεδίασης κατευθύνονται στους τρέχοντες άξονες (σημειώστε ότι οι "άξονες" εδώ και στα περισσότερα μέρη της η τεκμηρίωση αναφέρεται στο τμήμα αξόνων ενός σχήματος και όχι στον αυστηρό μαθηματικό όρο για περισσότερους από έναν άξονες).

3.4 Statistics

Στη συνέχεια κάνουμε μια σύντομη παρουσίαση των βασικών συναρτήσεων που παρέχει η `Python` για τον υπολογισμό στατιστικών μεγεθών.

`statistics.median(data)`

Επιστρέφτε τη μέση τιμή (μεσαία τιμή) των αριθμητικών δεδομένων, χρησιμοποιώντας την κοινή μέθοδο "μέσος όρος δύο". Εάν τα δεδομένα είναι κενά, εμφανίζεται το `Statistic Error`. Τα δεδομένα μπορεί να είναι μια ακολουθία ή επαναλήψιμο.

Ο διάμεσος είναι ένα ισχυρό μέτρο της κεντρικής τοποθεσίας και επηρεάζεται λιγότερο από την παρουσία υπερβολικών αποστάσεων. Όταν ο αριθμός των σημείων δεδομένων είναι μονός, επιστρέφει το μεσαίο σημείο δεδομένων:

`statistics.stdev(data, xbar=None)`

Επιστρέψτε την τυπική απόκλιση του δείγματος (η τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης του δείγματος). Ανατρέξτε στη διαφορά () για επιχειρήματα και άλλες λεπτομέρειες.

`statistics.quantiles(data, *, n=4, method='exclusive')`

Χωρίστε τα δεδομένα σε n συνεχή διαστήματα με ίση πιθανότητα. Επιστρέφει μια λίστα με $n - 1$ σημεία κοπής που χωρίζουν τα διαστήματα.

Ορίστε το n σε 4 για τεταρτημόρια. Ρυθμίστε το n στο 10 για τα δεκαδικά. Ορίστε το n στο 100 για εκατοστημόρια, το οποίο δίνει τα 99 σημεία κοπής που χωρίζουν τα δεδομένα σε 100 ομάδες ίσου μεγέθους. Αυξάνει το `StatisticsError` εάν το n δεν είναι τουλάχιστον 1.

Τα δεδομένα μπορεί να είναι οποιαδήποτε επαναλαμβανόμενη διαδικασία που περιέχει δείγματα δεδομένων. Για ουσιαστικά αποτελέσματα, ο αριθμός των σημείων δεδομένων στα δεδομένα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από n . Αυξάνει το `StatisticsError` εάν δεν υπάρχουν τουλάχιστον δύο σημεία δεδομένων.

Τα σημεία κοπής παρεμβάλλονται γραμμικά από τα δύο πλησιέστερα σημεία δεδομένων. Για παράδειγμα, εάν ένα σημείο κοπής πέσει το ένα τρίτο της απόστασης μεταξύ δύο τιμών δείγματος, 100 και 112, το σημείο κοπής θα εκτιμηθεί σε 104. Η μέθοδος υπολογισμού κβαντικών μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το αν τα δεδομένα περιλαμβάνουν ή εξαιρούν τις χαμηλότερες και υψηλότερες δυνατές τιμές από τον πληθυσμό. Η προεπιλεγμένη μέθοδος είναι "αποκλειστική" και χρησιμοποιείται για δεδομένα δειγματοληψίας από έναν πληθυσμό που μπορεί να έχει πιο ακραίες τιμές από αυτές που βρίσκονται στα δείγματα. Το τμήμα του πληθυσμού που πέφτει κάτω από το i -th των επιλεγμένων σημείων δεδομένων υπολογίζεται ως $i / (m + 1)$. Λαμβάνοντας υπόψη εννέα τιμές δείγματος, η μέθοδος της ταξινομεί και εκχωρεί τα ακόλουθα εκατοστημόρια: 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%.

Η ρύθμιση της μεθόδου σε "περιεκτικό" χρησιμοποιείται για την περιγραφή δεδομένων πληθυσμού ή για δείγματα που είναι γνωστό ότι περιλαμβάνουν τις πιο ακραίες τιμές από τον πληθυσμό. Η ελάχιστη τιμή στα δεδομένα αντιμετωπίζεται ως το 0ο εκατοστημόριο και η μέγιστη τιμή αντιμετωπίζεται ως το 100ο εκατοστημόριο. Το τμήμα του πληθυσμού που βρίσκεται κάτω από το i -th των επιλεγμένων σημείων δεδομένων υπολογίζεται ως $(i - 1) / (m - 1)$. Με δεδομένες 11 τιμές δείγματος, η μέθοδος τις ταξινομεί και εκχωρεί τα ακόλουθα εκατοστημόρια: 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%.

3.5 Παρουσίαση και επεξεργασία δεδομένων

Παρουσιάζουμε τα δεδομένα από πέντε (5) σεισμούς και αναλύουμε τα στοιχεία του αισθητήρα. Τα στοιχεία έχουν αποθηκευτεί σε αρχεία με επέκταση csv.

3.5.1 Κώδικας

```
import os
import statistics
import matplotlib.pyplot as plt

all_files = os.listdir()
csv_files = []
for f in all_files:
    if '.csv' in f:
        csv_files.append(f)
for f_c in csv_files:
    with open(f_c, 'r') as file_csv:
        raw_data = file_csv.readlines()
        data = []
        for l in raw_data: ( katagrafi metabliton)
            s = ''
            for ch in l:
                if ch.isdigit():
                    s += ch
            s = int(s)
            if l[0] == '-': ( xvrizei uetikous arnhtikous)
                s = -s
            data.append(s)
        print('File = ', f, 'mean value = ', sum(data)/len(data), 'median = ', statistics.median(data))
        plt.plot(data)
        plt.savefig(f_c + '.png')
        plt.show()
```

Ενδεικτικό παράδειγμα εξόδου του κώδικα

```

Γραμμή εντολών
Volume in drive C has no label.
Volume Serial Number is 9227-7221

Directory of C:\Users\pinel\OneDrive\Υπολογιστής\ptyxiakh\event1

02/10/2021  06:29 μμ    <DIR>          .
02/10/2021  06:29 μμ    <DIR>          ..
31/03/2021  08:11 μμ      869.408  20200816144120.csv
02/10/2021  06:26 μμ      14.087  20200816144120c_m.png
31/03/2021  08:11 μμ      864.548  20200816144221.csv
02/10/2021  06:28 μμ       20.159  20200816144221c_m.png
31/03/2021  08:11 μμ     128.403  event1 - Αντιγραφή.png
31/03/2021  08:11 μμ     128.403  event1.png
01/10/2021  07:33 μμ        687  seismos04.py
              7 File(s)      2.025.695 bytes
              2 Dir(s)  369.086.783.488 bytes free

C:\Users\pinel\OneDrive\Υπολογιστής\ptyxiakh\event1>python seismos04.py
File = seismos04.py mean value = -1184.805806234513 median = -1202
File = seismos04.py mean value = -1181.2276300094811 median = -1231

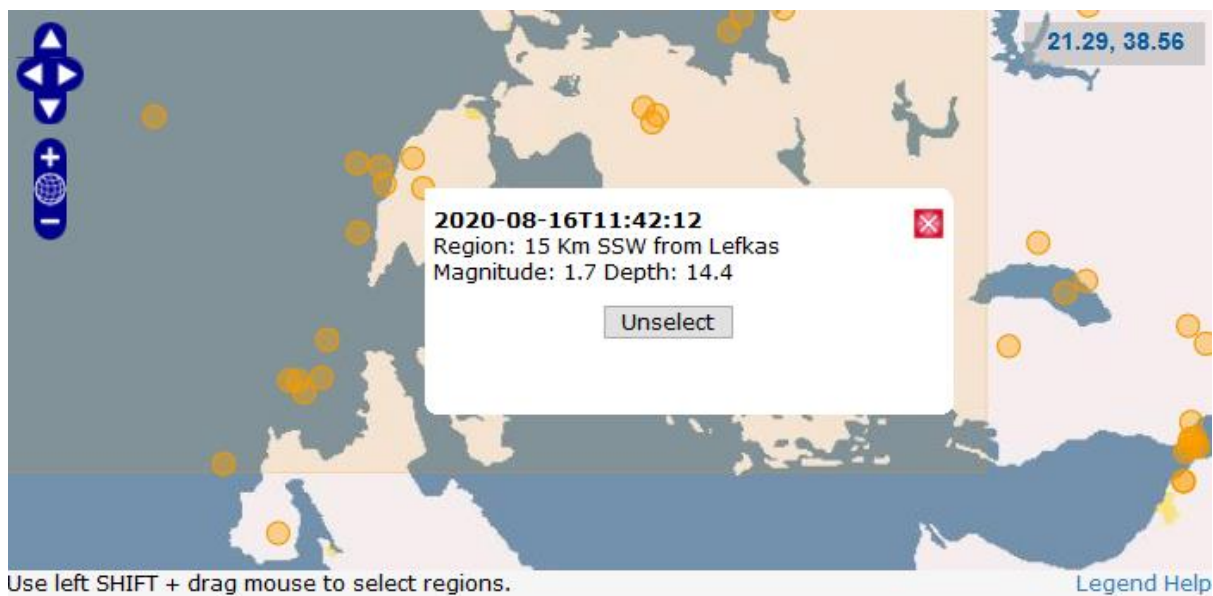
C:\Users\pinel\OneDrive\Υπολογιστής\ptyxiakh\event1>python seismos04.[y
python: can't open file 'C:\Users\pinel\OneDrive\Υπολογιστής\ptyxiakh\event1\seismos04.[y': [Errno 2] No such
file or directory

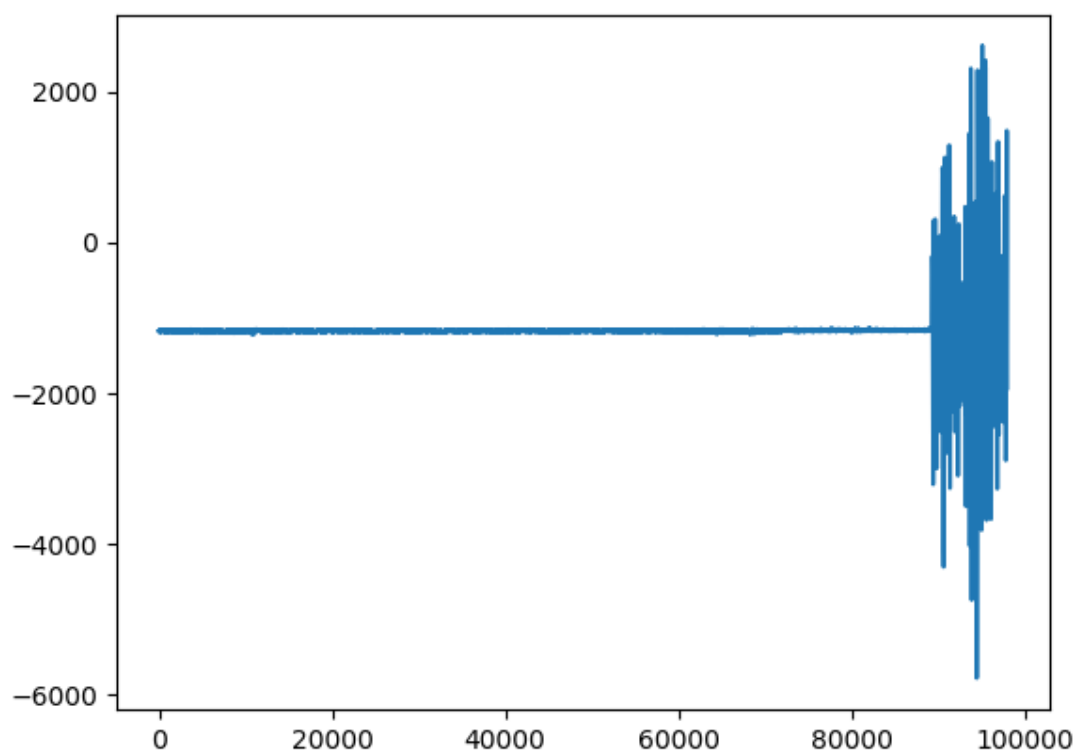
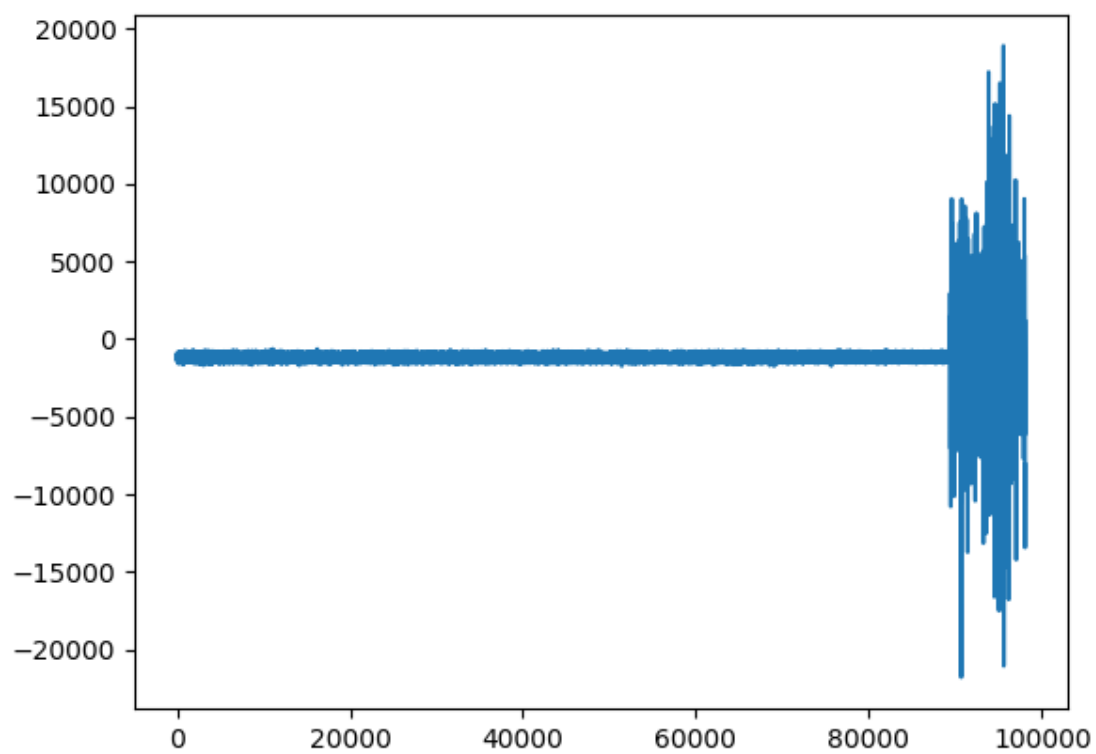
C:\Users\pinel\OneDrive\Υπολογιστής\ptyxiakh\event1>python seismos04.py
File = seismos04.py mean value = -1184.805806234513 median = -1202
File = seismos04.py mean value = -1181.2276300094811 median = -1231

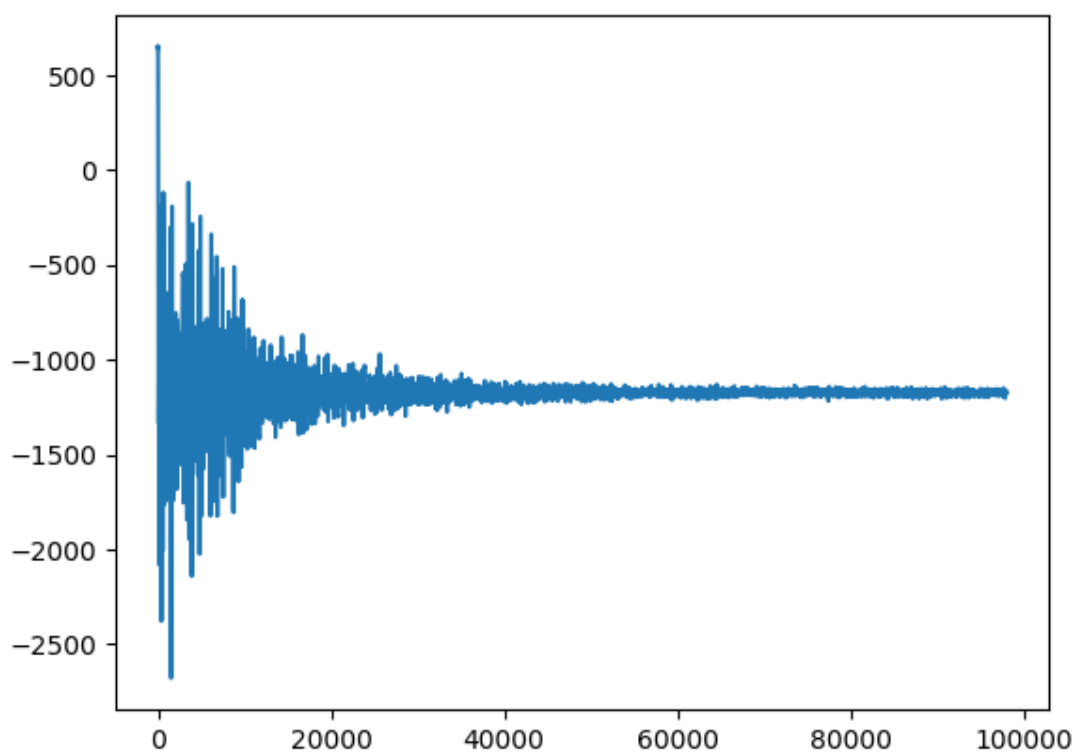
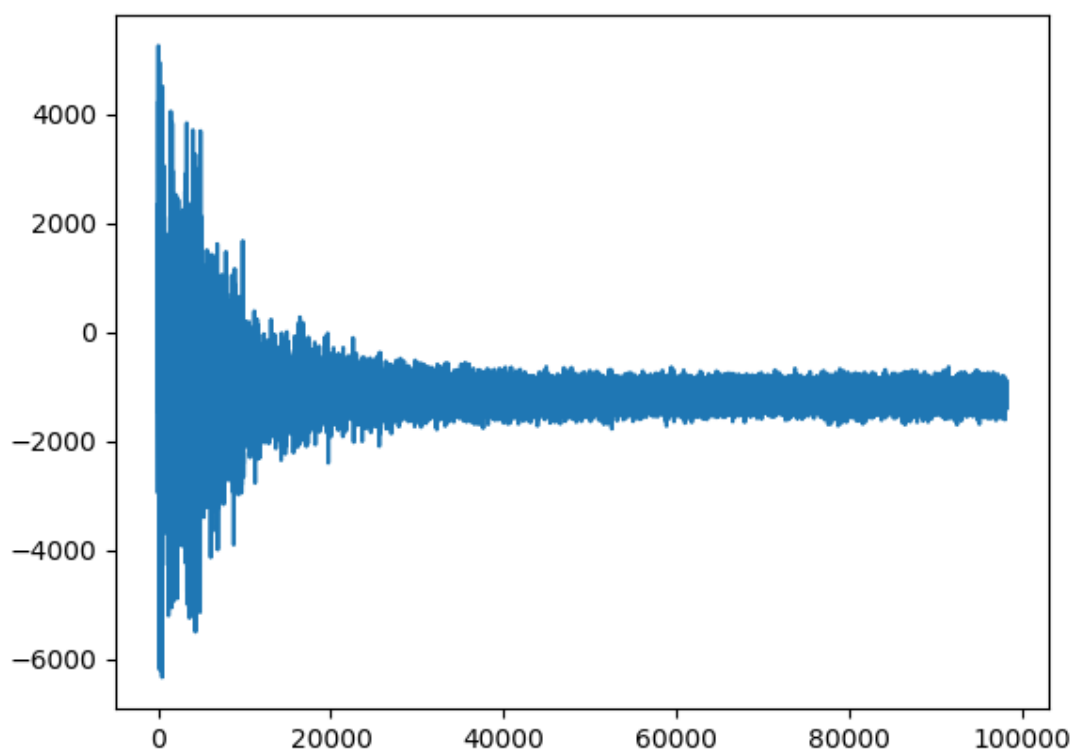
C:\Users\pinel\OneDrive\Υπολογιστής\ptyxiakh\event1>

```

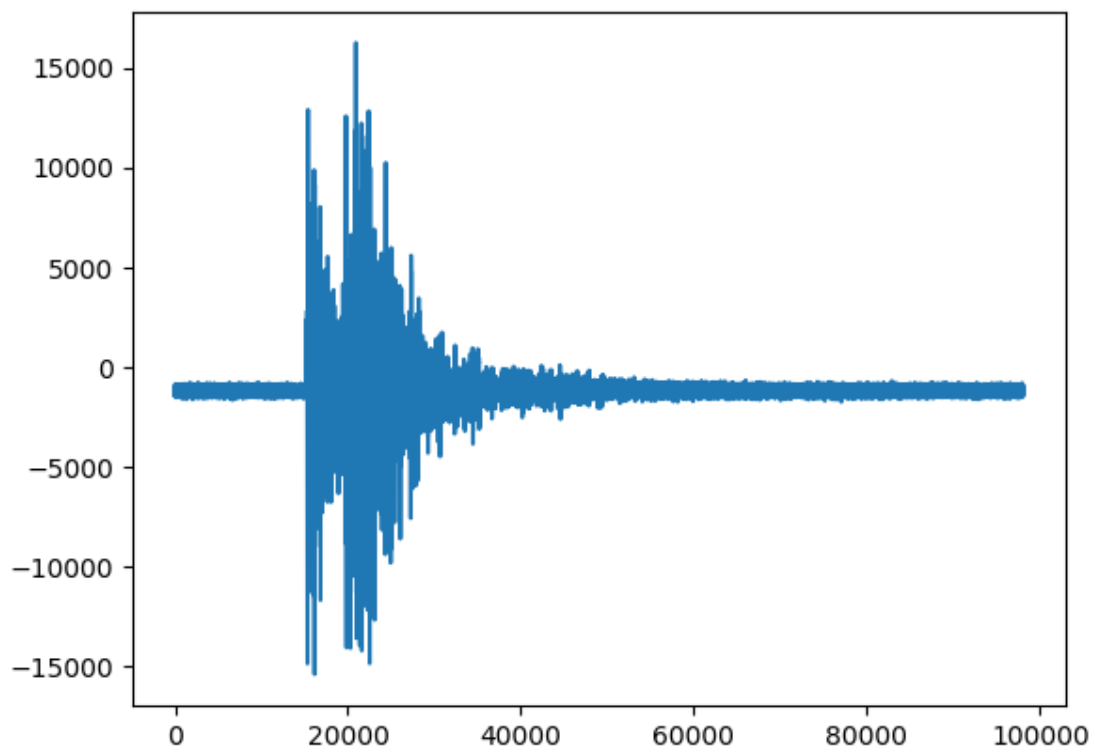
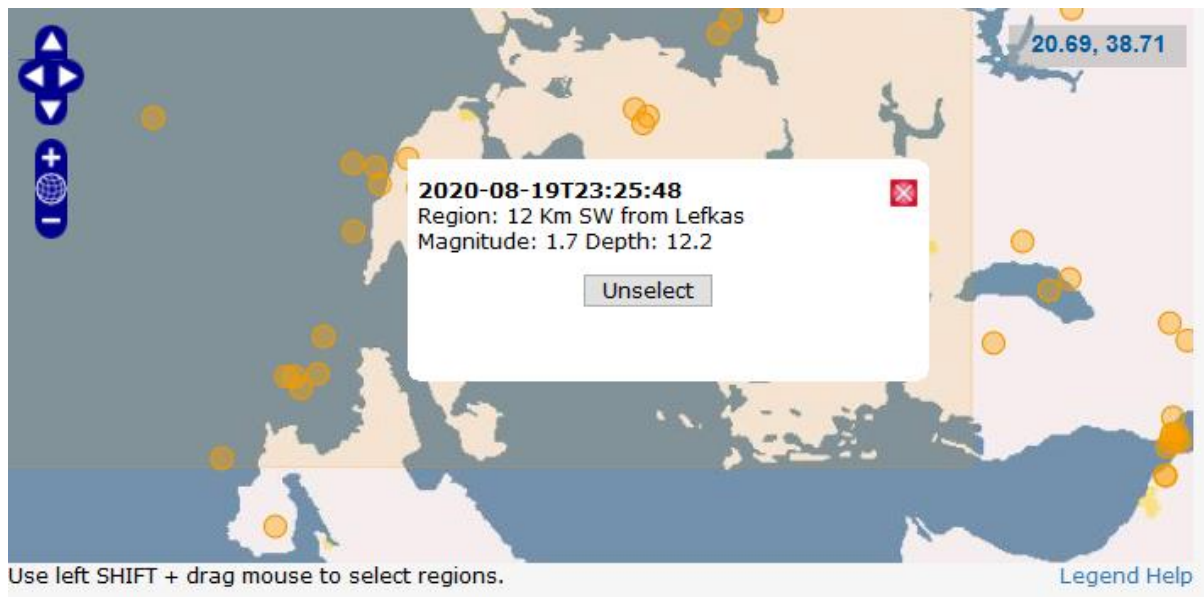
3.5.2 EVENT 1

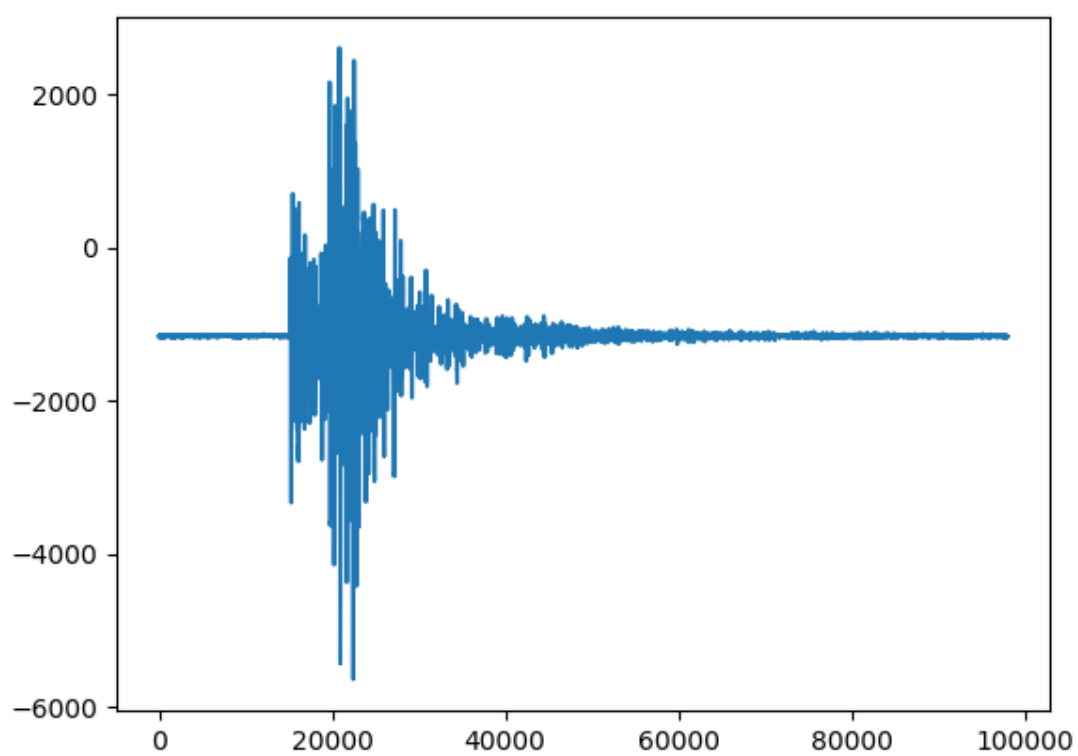






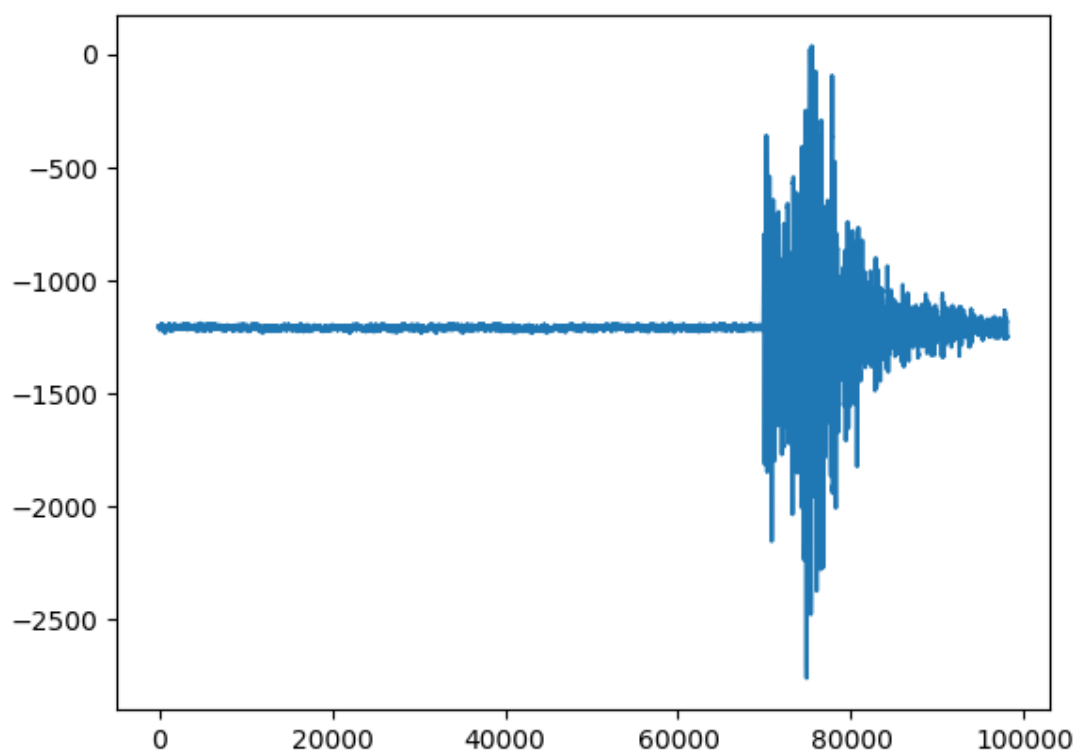
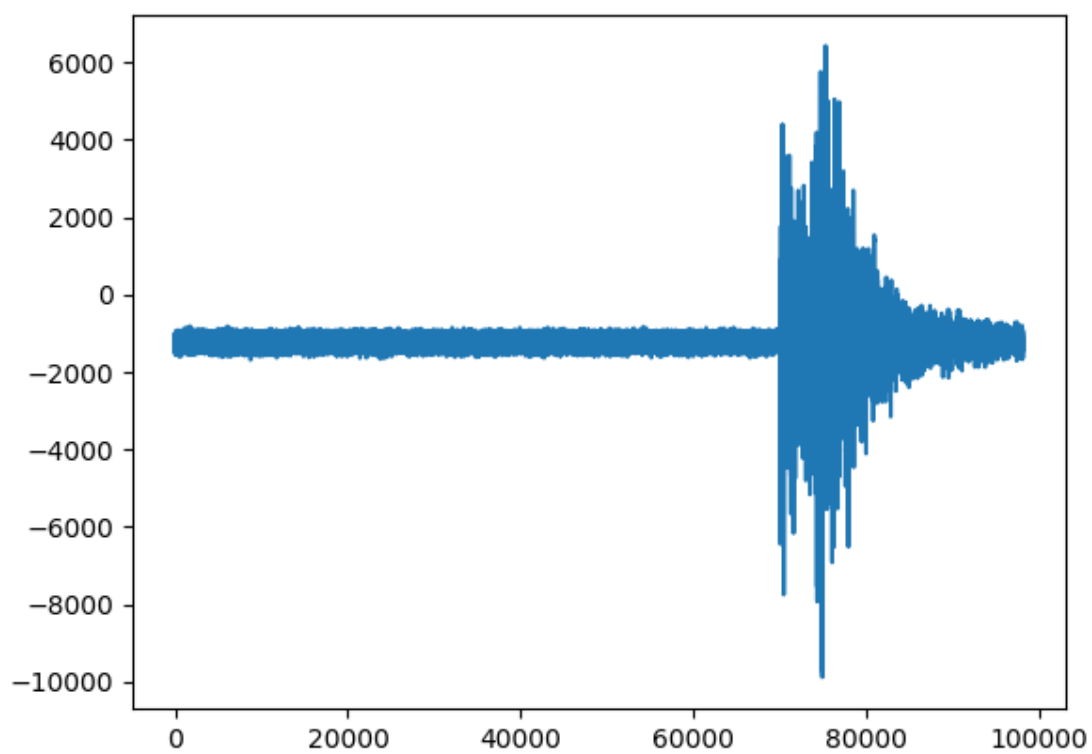
3.5.3 EVENT 2

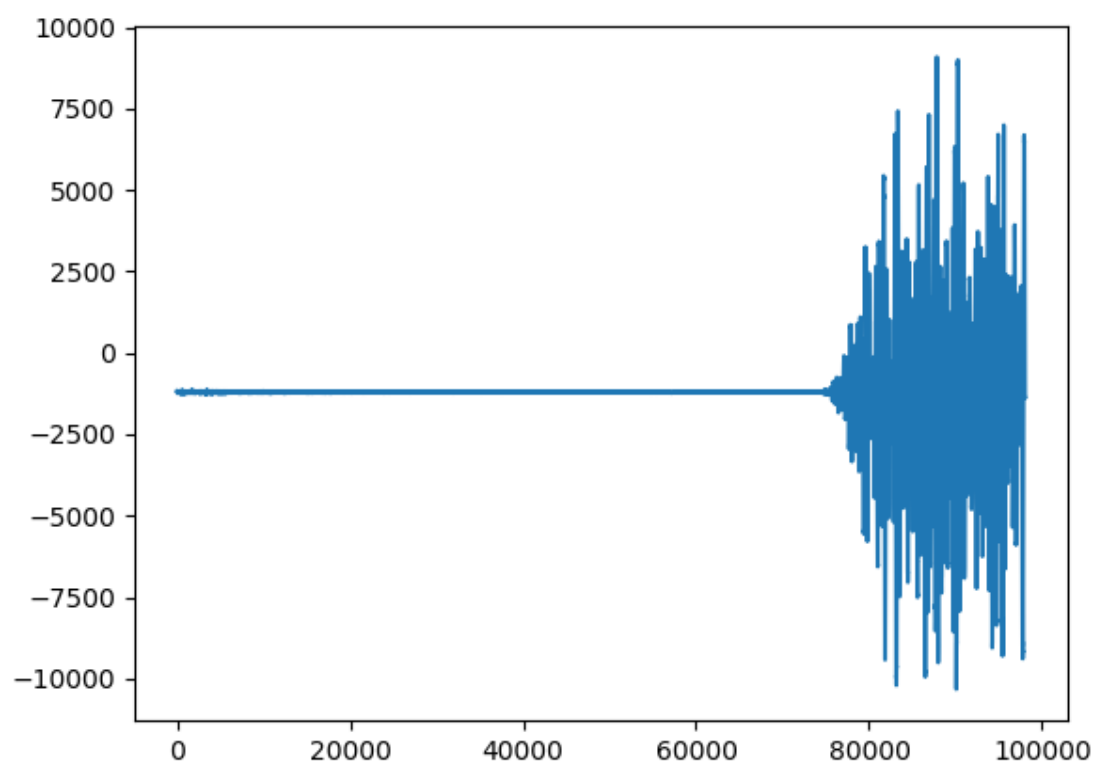
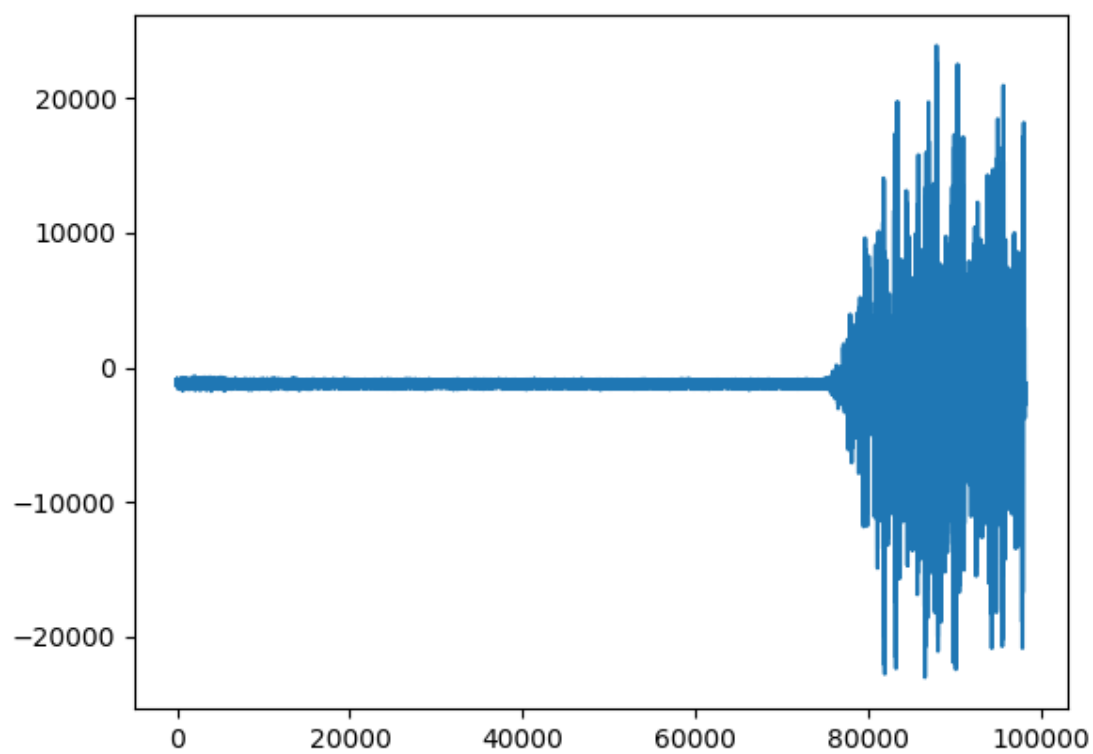


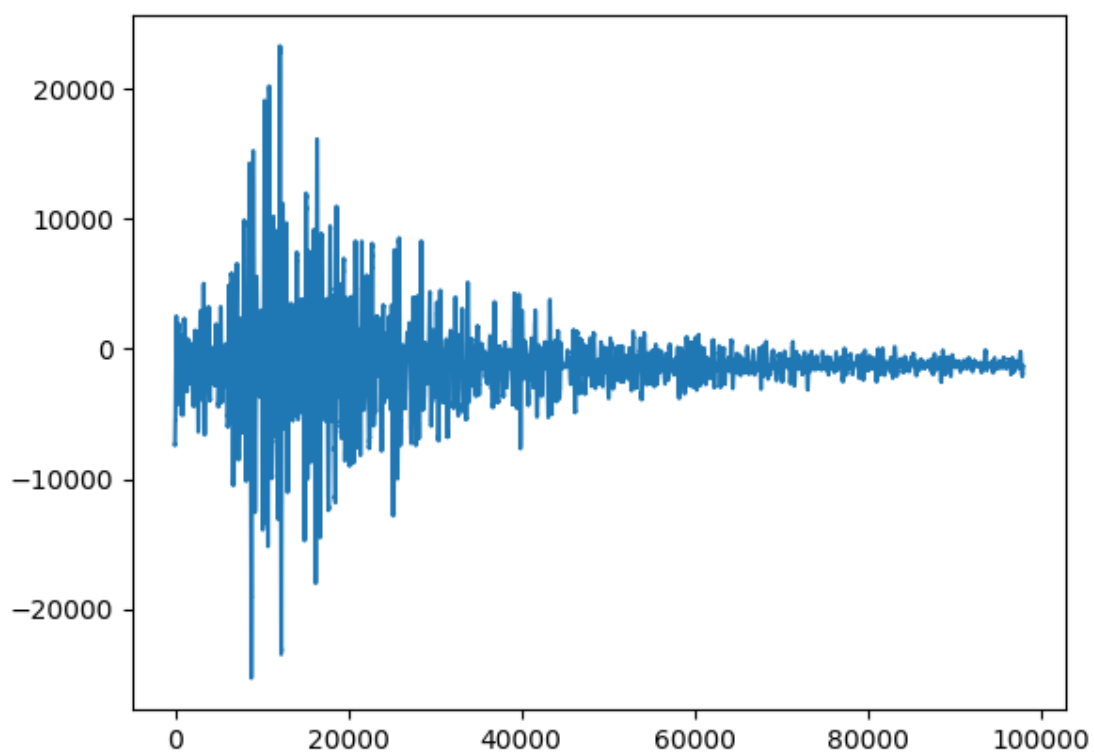
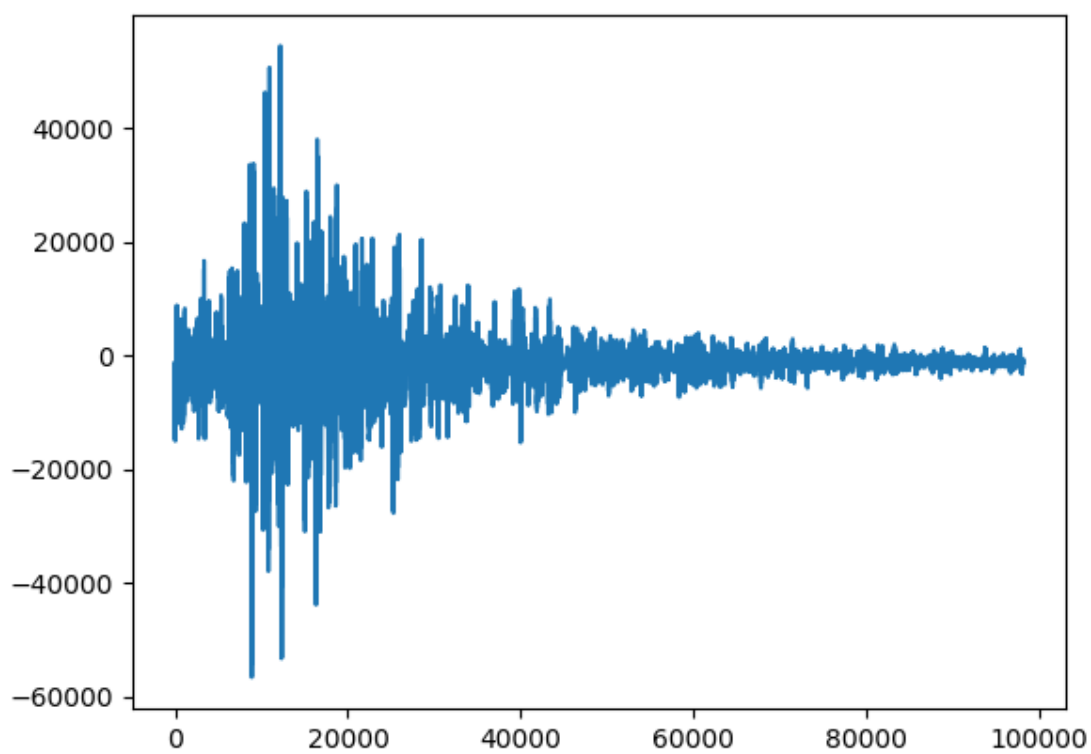


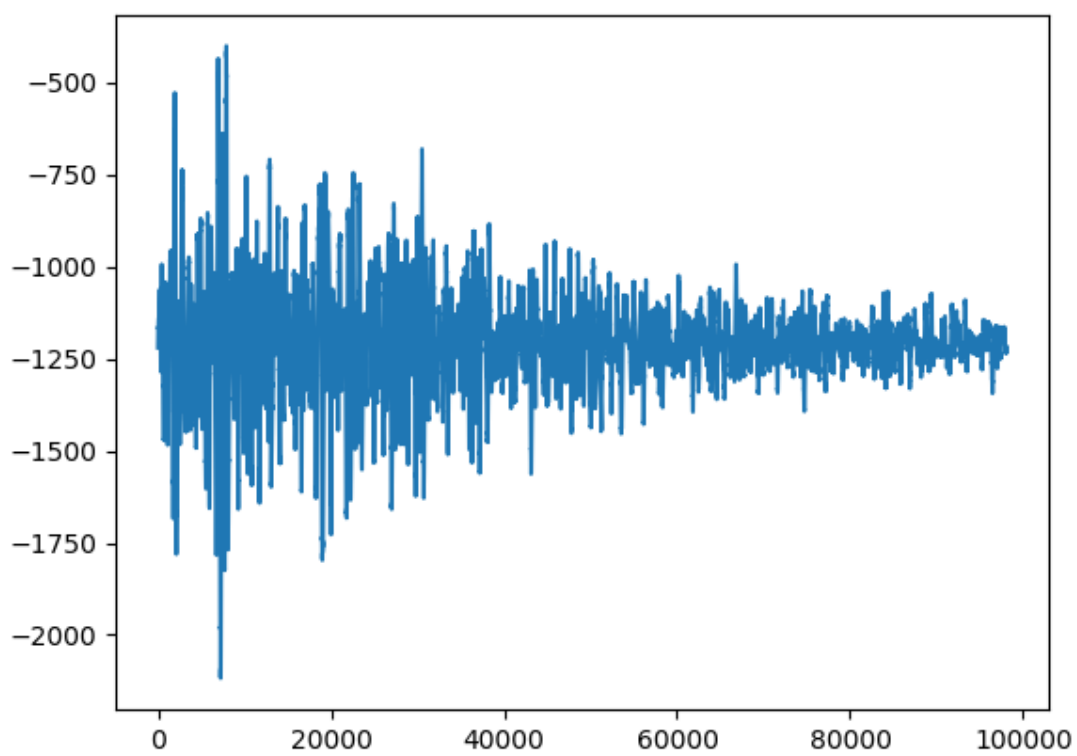
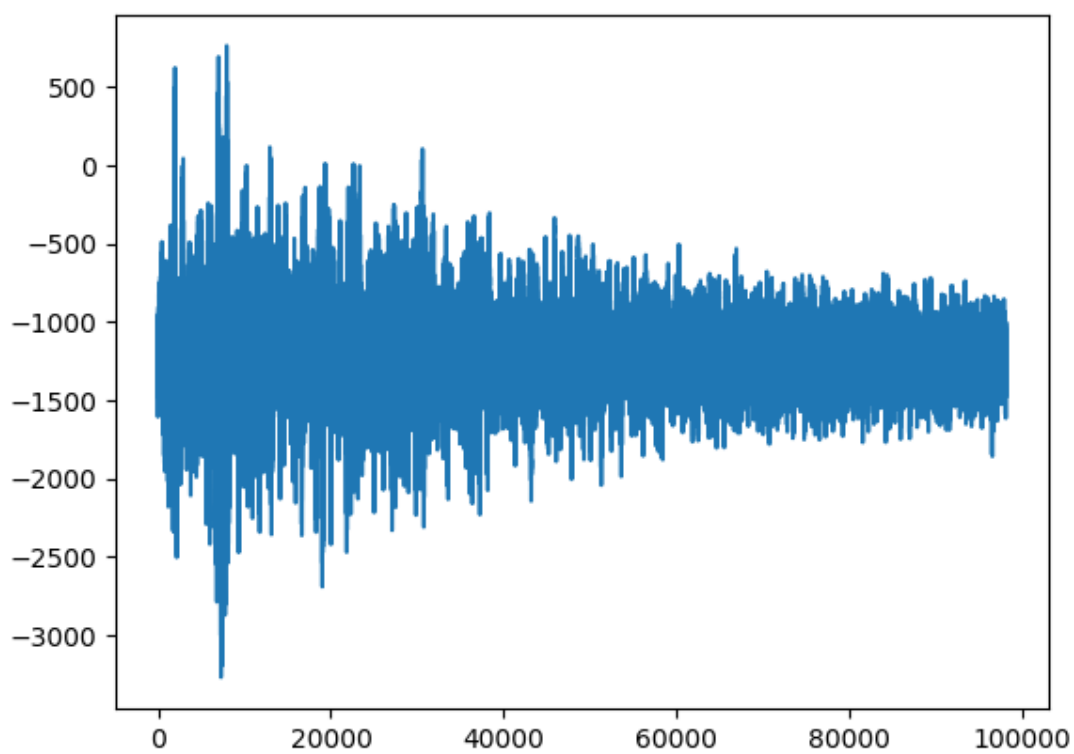
3.5.4 EVENT 3



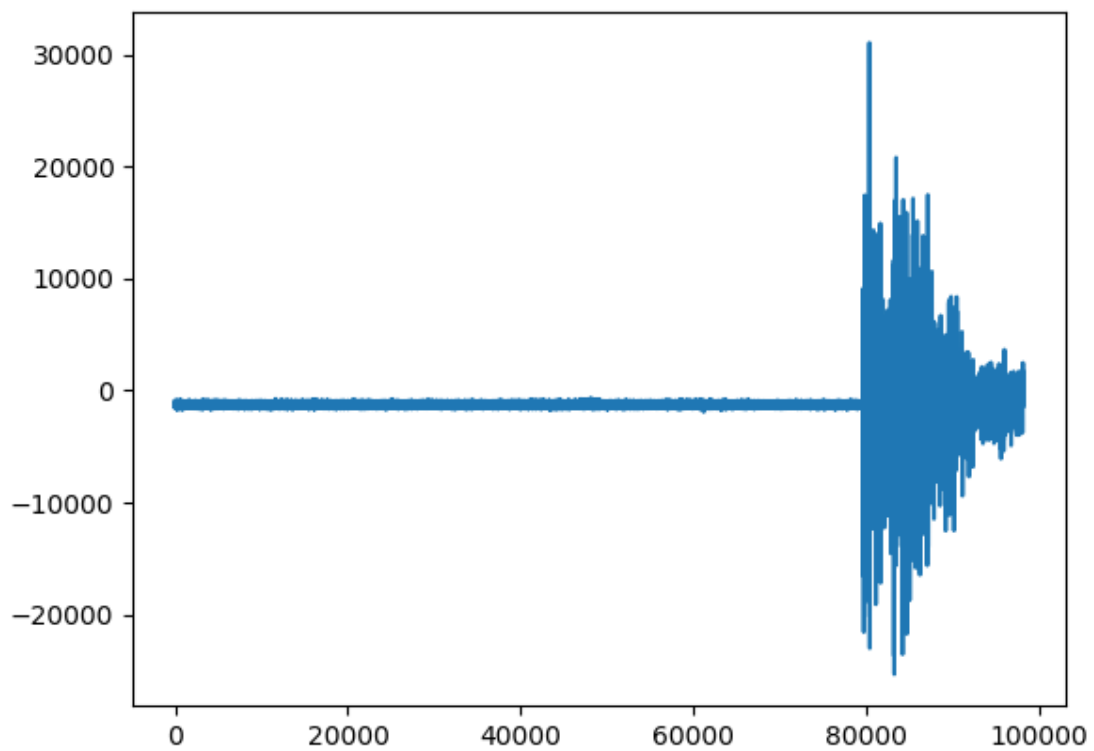


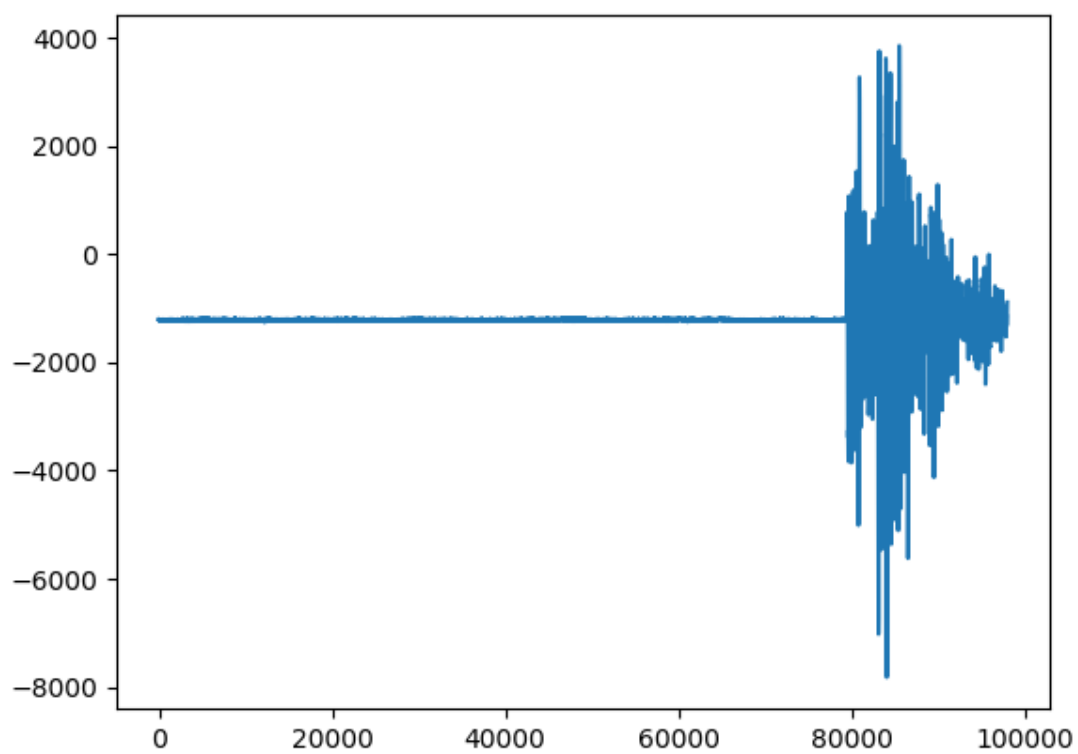


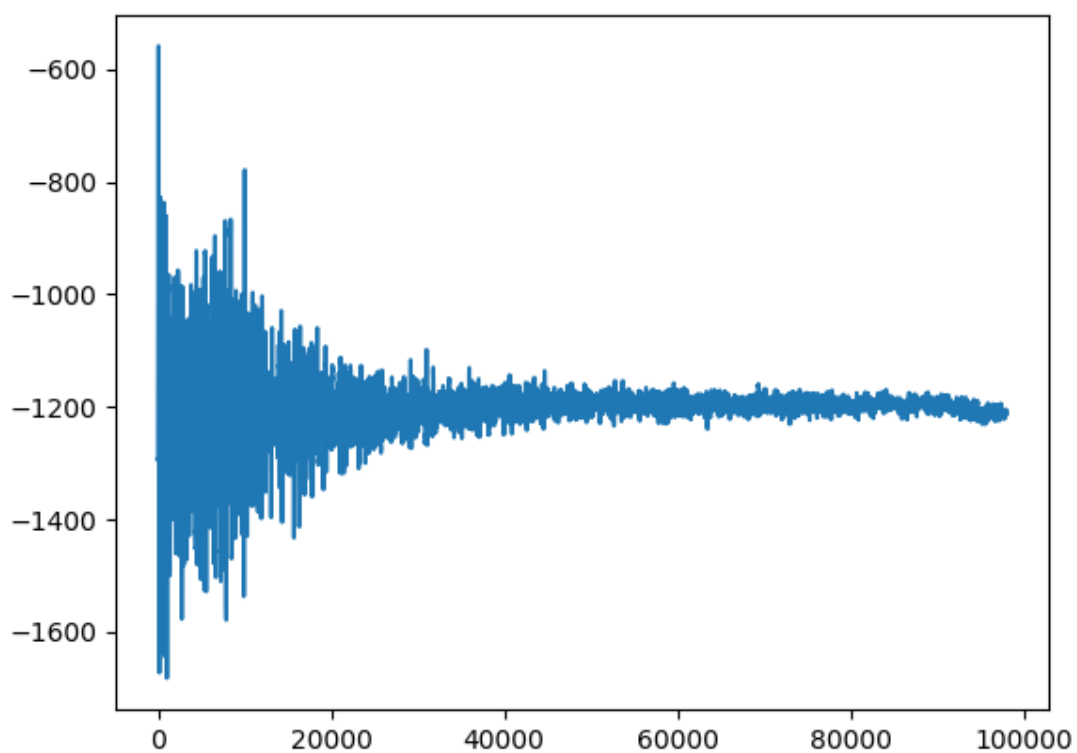
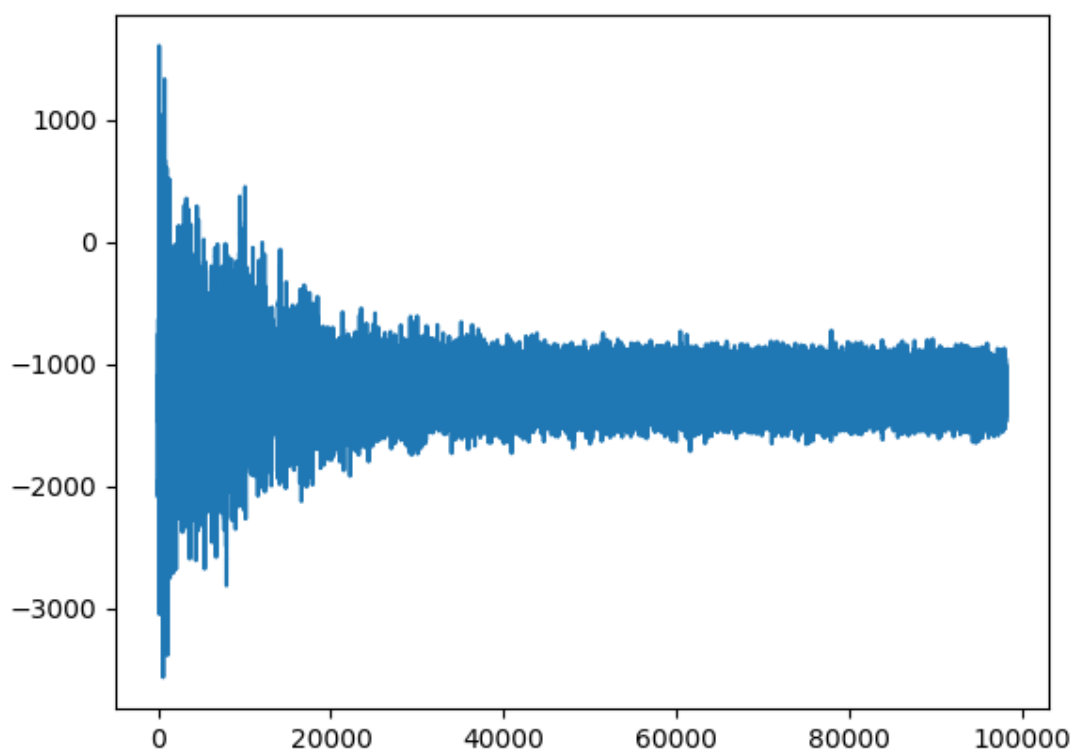




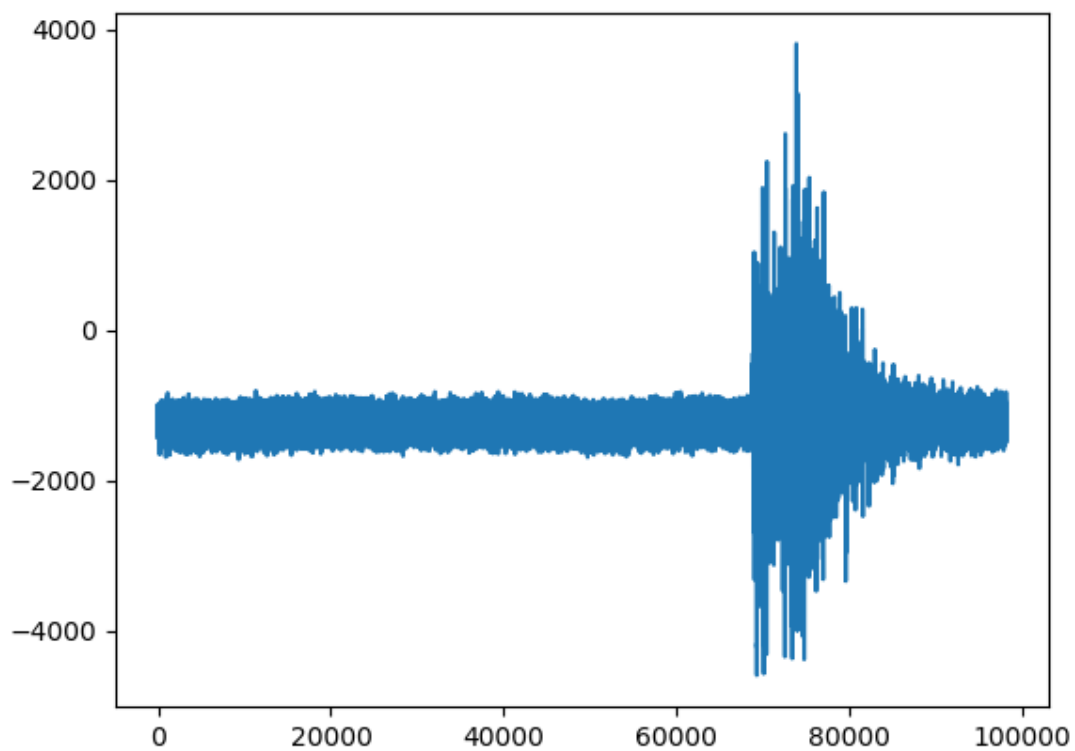
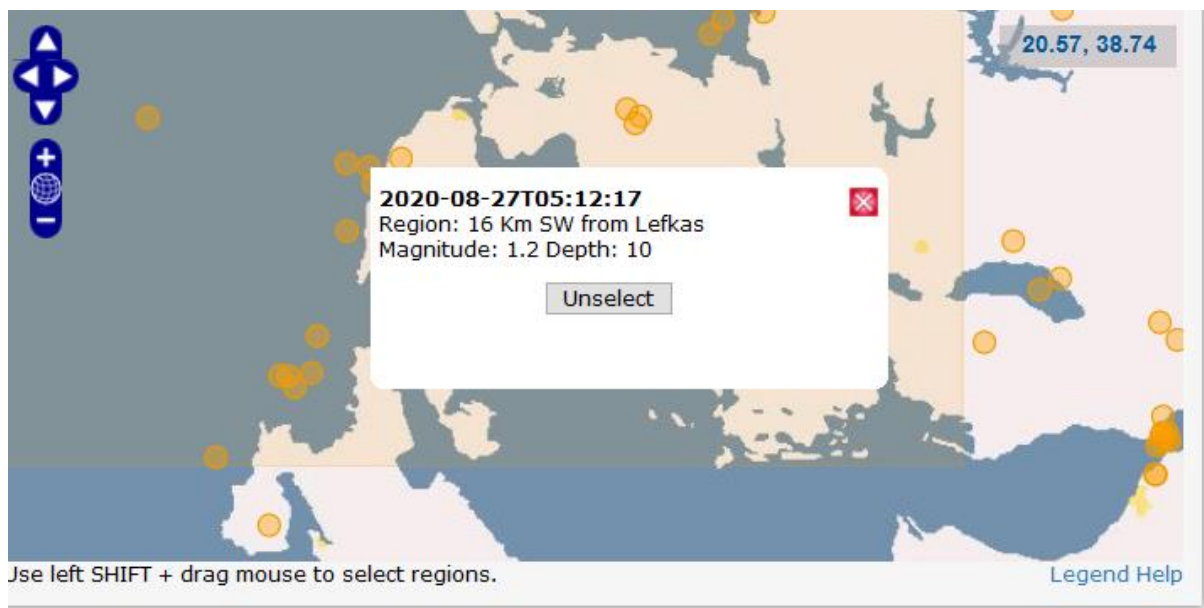
3.5.5 EVENT 4

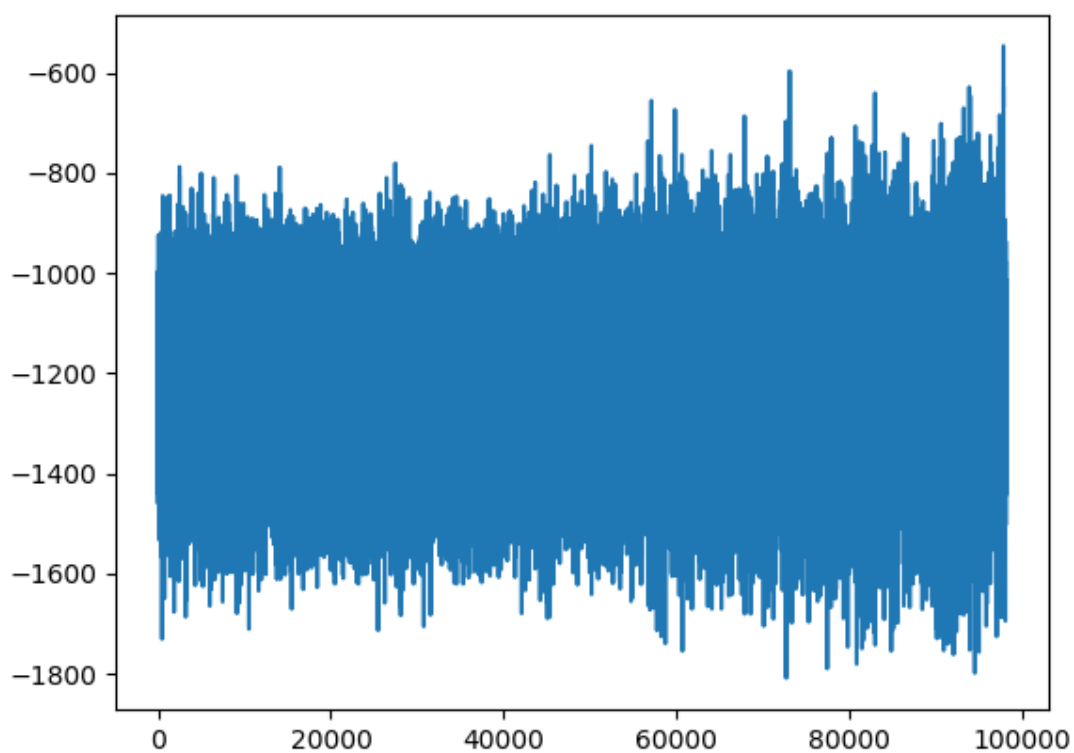
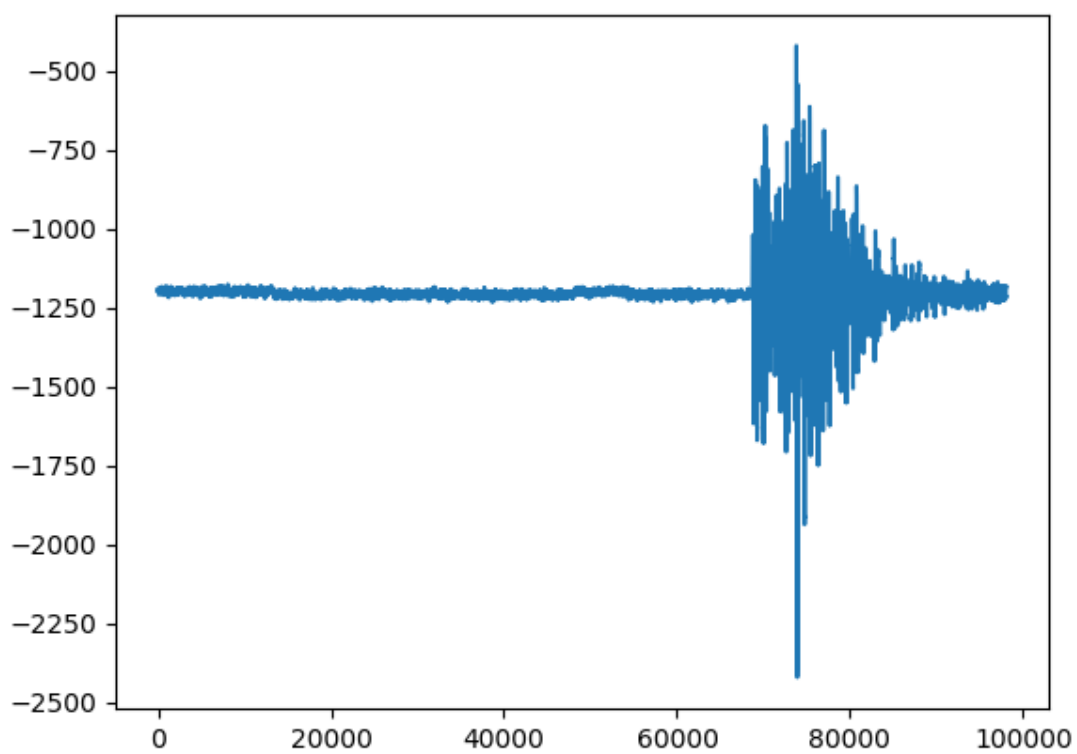


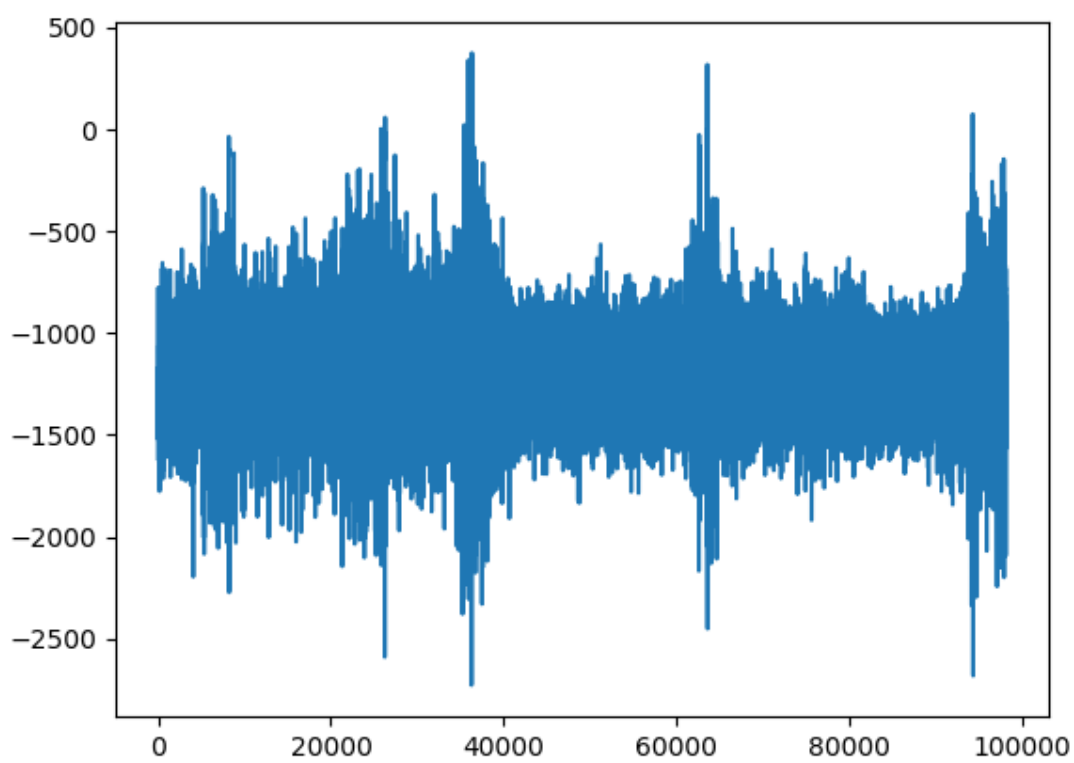
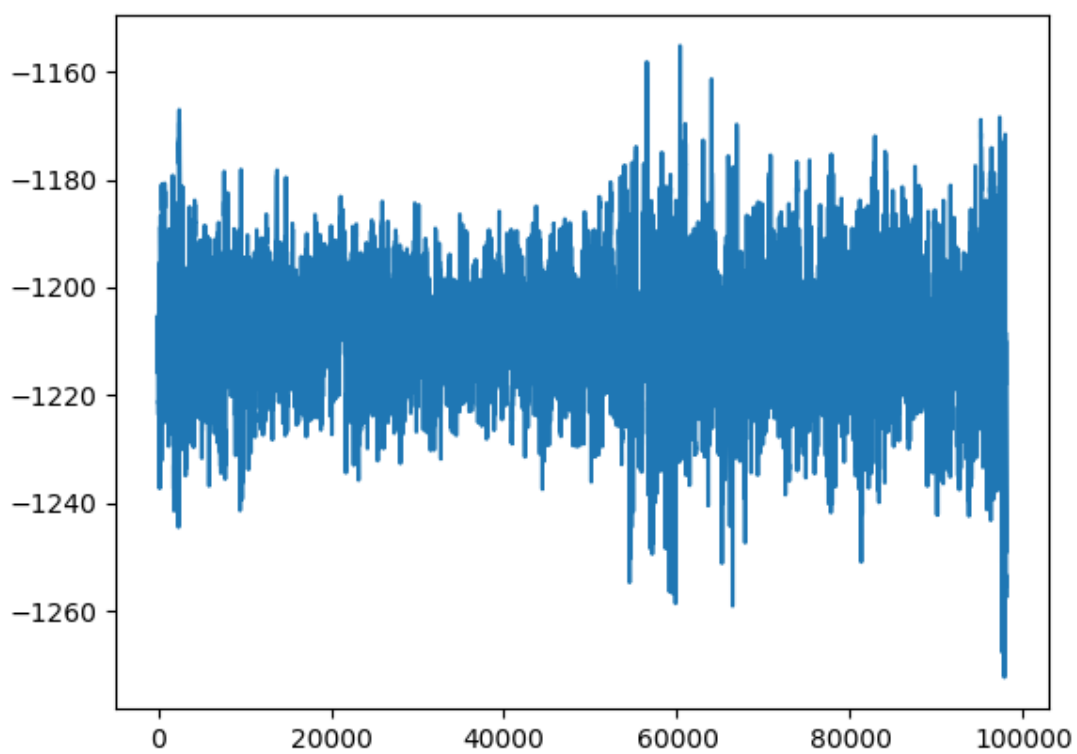


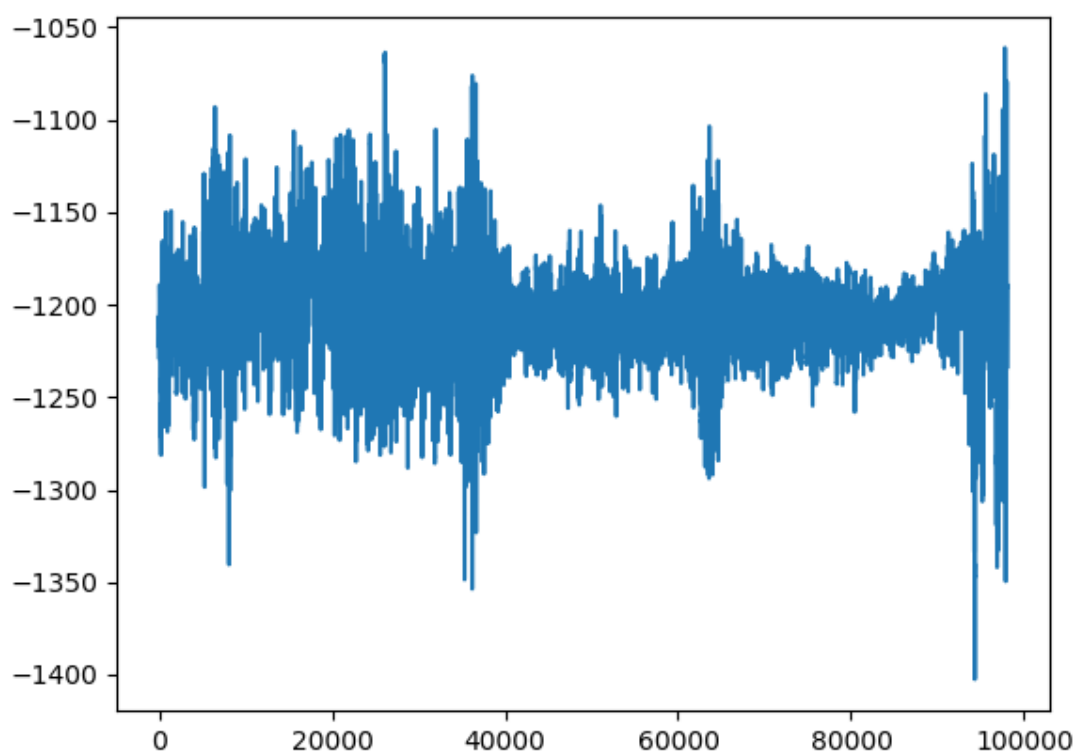


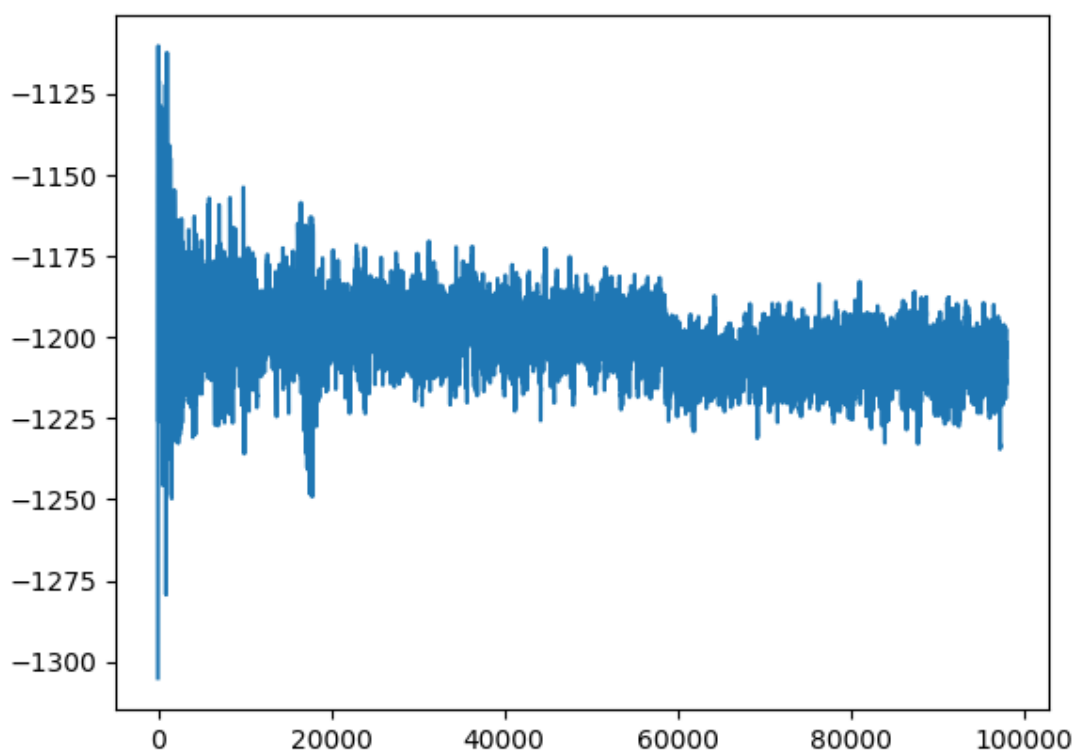
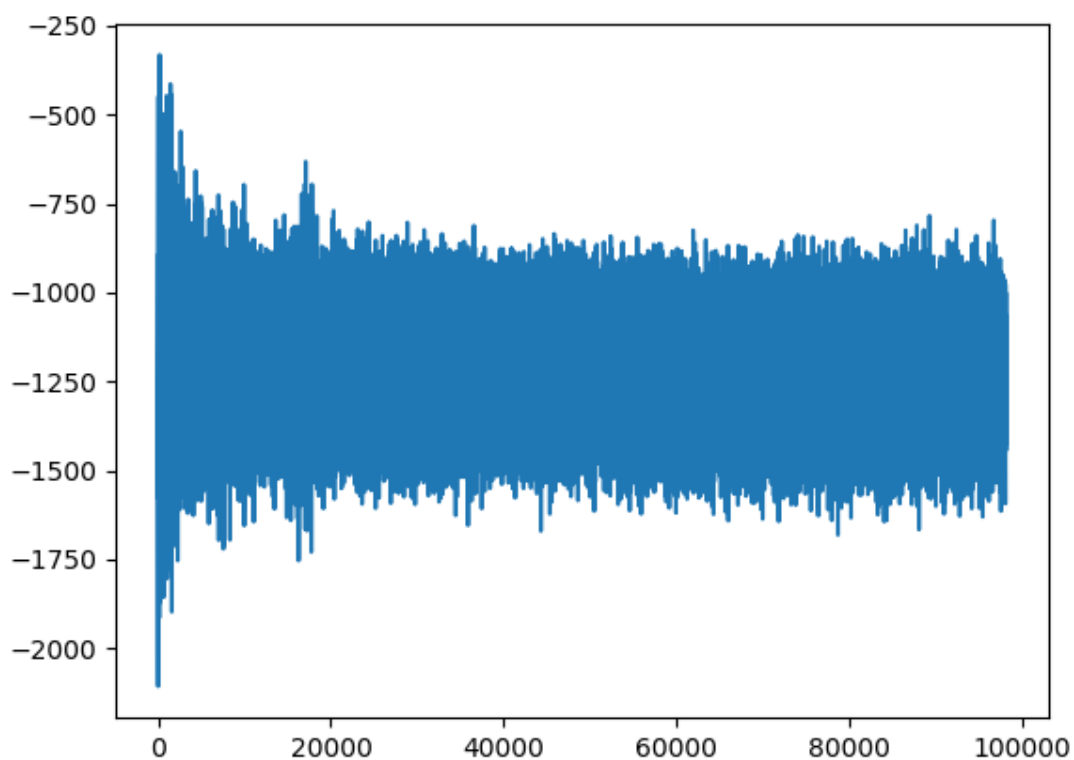
3.5.6 EVENT 5









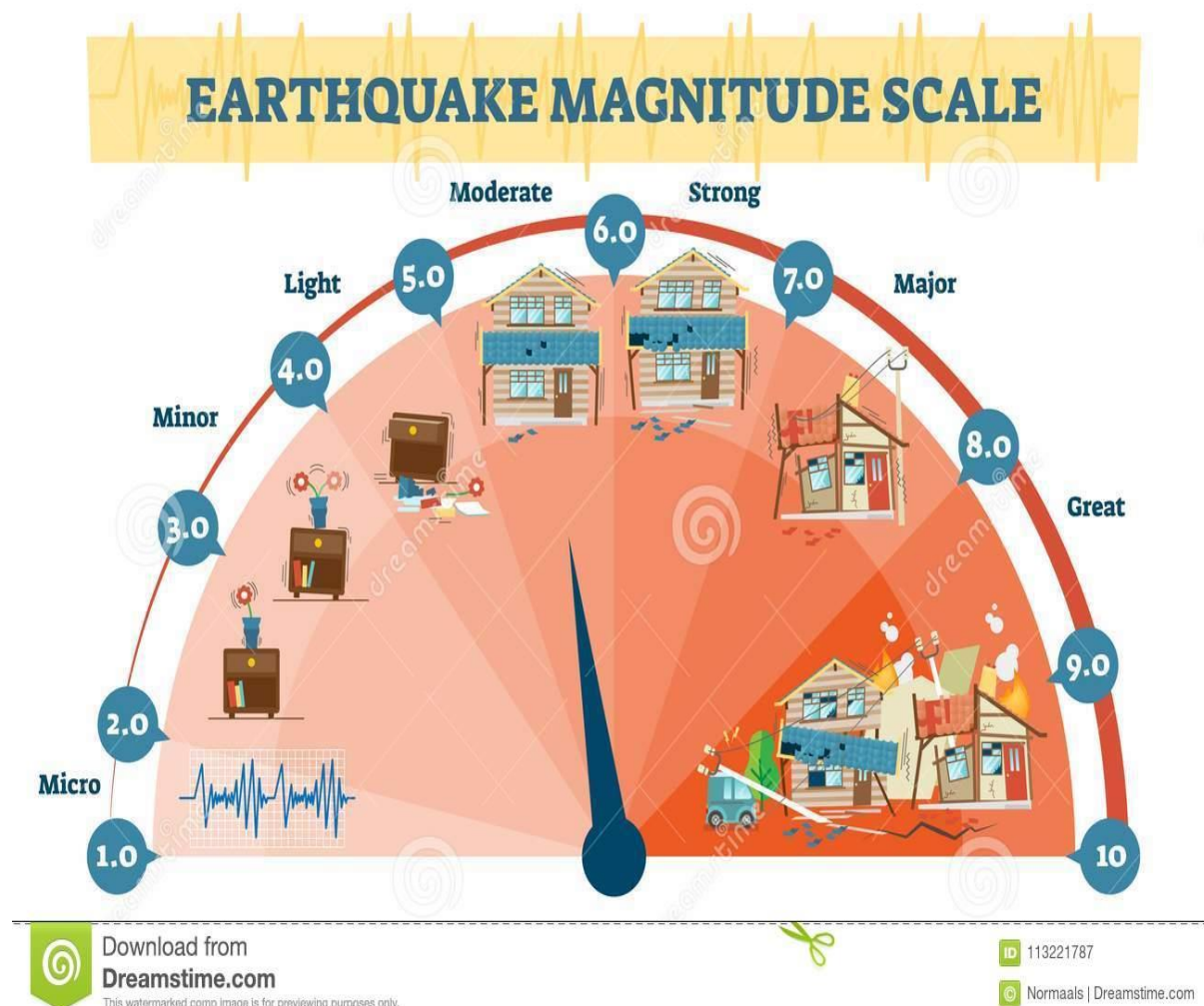


3.6 Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής αναπτύχθηκε κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού Python με την χρήση του εργαλείου matplotlib, το οποίο χρησιμοποιώντας σεισμικά δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες, υπολογίζει την εξέλιξη της τάσης για κάθε σεισμικό φαινόμενο.

Και τον κυλιόμενο μέσο όρο αυτής (καταγραφή διακυμάνσεων) παίρνοντας κάθε φορά τις τελευταίες χίλιες τιμές ώστε να έχουμε μία σταθμισμένη καταγραφή της εξέλιξης της σεισμικής δραστηριότητας. Μέσα από τα αποτελέσματα που προέκυψαν έγινε μια προσπάθεια να αναγνωρίσουμε και να ερμηνεύσουμε τον τρόπο με τον οποίο «συμπεριφέρεται» ένας σεισμός. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από πέντε σεισμούς στην Ελλάδα. Από την εργασία μελετώντας και τα παραπάνω κείμενα αντιλαμβανόμαστε την σπουδαιότητα του ιστορικού των σεισμών μίας περιοχής. Ταυτόχρονα έχουμε υπολογίσει το μέσο όρο και τη διάμεσο των υπολογισμών αυτών. Είναι εύκολο να παρατηρήσει κάποιος ότι ανεξάρτητα από την ένταση της σεισμικής δραστηριότητας η ταλάντωση που προκαλούν τα συγκεκριμένα σεισμικά φαινόμενα είναι παρόμοια.

3.7 Επεξήγηση (έννοιες- μεγέθη)



Magnitude: Το μέγεθος του σεισμού, η απελευθέρωση ενέργειας και η ένταση κλονισμού είναι όλες οι σχετικές μετρήσεις ενός σεισμού που συχνά συγχέονται μεταξύ τους. Οι εξαρτήσεις και οι σχέσεις τους μπορεί να είναι περίπλοκες και ακόμη και μία από αυτές τις έννοιες μπορεί να προκαλέσει σύγχυση. Το μέγεθος είναι ένας αριθμός που χαρακτηρίζει το σχετικό μέγεθος ενός σεισμού. Το μέγεθος βασίζεται στη μέτρηση της μέγιστης κίνησης που καταγράφεται από σειсмоγράφο. Έχουν οριστεί αρκετές κλίμακες, αλλά η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη είναι (1) τοπικό μέγεθος (ML), που συνήθως αναφέρεται ως "Richter magnitude", (2) επιφανειακό κύμα μεγέθους (Ms), (3) μέγεθος κύματος σώματος (Mb), και (4) μέγεθος ροπής (Mw). Οι κλίμακες 1-3 έχουν περιορισμένο εύρος και δυνατότητα εφαρμογής και δεν μετρούν ικανοποιητικά το μέγεθος των μεγαλύτερων σεισμών. Η κλίμακα μεγέθους ροπής (Mw), με βάση την έννοια της σεισμικής ροπής, εφαρμόζεται ομοιόμορφα σε όλα τα μεγέθη σεισμών, αλλά είναι πιο δύσκολο να υπολογιστεί από τους άλλους τύπους. Όλες οι κλίμακες μεγέθους θα πρέπει να αποδίδουν περίπου την ίδια τιμή για κάθε δεδομένο σεισμό.

Depth: Η εστία βρίσκεται ακριβώς κάτω από το επίκεντρο του σεισμού (που βρίσκεται στην επιφάνεια της Γης) και η μεταξύ τους απόσταση ονομάζεται εστιακό βάθος (ή και υποκεντρικό βάθος) του συγκεκριμένου σεισμού.^[1]

Το εστιακό βάθος μπορεί να υπολογισθεί από μετρήσεις των παραμέτρων των σεισμικών κυμάτων και των σχετικών με αυτά φαινομένων.

< 0 R Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός. Καταγράφεται μόνο από σειсмоγράφους.
0 - 0,9 R Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός. Καταγράφεται μόνο από σειсмоγράφους.
1,0 - 1,9 R Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός. Καταγράφεται μόνο από σειсмоγράφους.
2,0 - 2,9 R	Σχεδόν πάντα μη αισθητός. Πιθανώς αισθητός από μερικούς

Ασήμαντος	ανθρώπους κοντά στο επίκεντρο.
3,0 - 3,9 R Πολύ Ασθενής	Αισθητός κοντά στο επίκεντρο, χωρίς ζημιές.
4,0 - 4,9 R Ασθενής	Αισθητός στο μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού σε τοπικό επίπεδο, με ελαφρές συνήθως ζημιές στο εσωτερικό των κτιρίων κοντά στο επίκεντρο, χωρίς θύματα. Απίθανο να υπάρξουν έστω και μέτριες ζημιές.
5,0 - 5,9 R Μέτριος	Αισθητός στο σύνολο του πληθυσμού σε τοπικό επίπεδο. Μέτριες έως σημαντικές ζημιές στα κτίρια ανεπαρκούς σχεδίασης σε ακτίνα 10 χιλιομέτρων από το επίκεντρο, πιθανώς και με κάποιες ανθρώπινες απώλειες. Συνήθως καμία έως ελαφρές ζημιές σε όλα τα άλλα κτίρια.
6,0 - 6,9 R Ισχυρός	Σοβαρές ζημιές σε ακτίνα 100 χιλιομέτρων από το επίκεντρο, ισχυρές έως βίαιες δονήσεις κοντά στο επίκεντρο. Μέτριες έως σοβαρές ζημιές στα κτίρια ανεπαρκούς σχεδίασης, ελάχιστες ζημιές στα ανθεκτικά και αντισεισμικά κτίρια. Ο ανθρώπινος απολογισμός κυμαίνεται συνήθως από μηδέν έως 25.000 θανάτους
7,0 - 7,9 R Καταστροφικός	Μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες, σε ακτίνα άνω των 100 χιλιομέτρων μακριά από το επίκεντρο. Σοβαρές ζημιές ή μερική κατάρρευση αρκετών κτιρίων, ολική κατάρρευση ορισμένων κτιρίων ανεπαρκούς σχεδίασης. Πιθανές ζημιές στα ανθεκτικά και αντισεισμικά κτίρια. Επίσης, αν το επίκεντρο είναι στη θάλασσα, πιθανότητα δημιουργίας τσουνάμι. Ο ανθρώπινος απολογισμός κυμαίνεται συνήθως από μηδέν έως 250.000 θανάτους
8,0 - 8,9 R	Εξαιρετικά μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες, πολλές εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο. Μέτριες έως

Εξαιρετικά Καταστροφικός	βαρύτατες ζημιές στα ανθεκτικά και αντισεισμικά κτίρια, ολική κατάρρευση στα κτίρια ανεπαρκούς σχεδίασης. Πιθανώς ολική καταστροφή κοντά στο επίκεντρο. Εναλλακτικά, αν το επίκεντρο είναι στη θάλασσα, δημιουργία ισχυρών τσουνάμι. Ο ανθρώπινος απολογισμός κυμαίνεται συνήθως από 100 έως πολλές εκατοντάδες χιλιάδες θανάτους. Ωστόσο, ορισμένοι σεισμοί αυτού του μεγέθους δεν έχουν προκαλέσει θύματα.
9,0 – 9,9 R Ασύλληπτα Καταστροφικός	Τεράστιες καταστροφές και τεράστιες ανθρώπινες απώλειες, πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο. Πιθανώς ακόμη και ολοκληρωτική καταστροφή της ζωής σε τοπικό επίπεδο, όλα τα κτίρια κοντά στο επίκεντρο καταρρέουν εντελώς. Εναλλακτικά, αν το επίκεντρο είναι στη θάλασσα, τεράστια τσουνάμι που θα πλήξουν όλες τις γύρω ηπείρους. Μεγάλη μετατόπιση στις τοπικές τεκτονικές πλάκες, αλλαγές στο τοπικό ανάγλυφο και στο σχήμα των ακτογραμμών και πιθανή μετατόπιση νησιών. Αλλαγή στην ταχύτητα περιστροφής και στην κλίση του άξονα της Γης. Ο ανθρώπινος απολογισμός κυμαίνεται συνήθως από 1.000 έως, δυνητικά, 1 εκατομμύριο θανάτους. Ελάχιστοι σεισμοί αυτού του μεγέθους έχουν καταγραφεί στην παγκόσμια ιστορία. Ο ισχυρότερος όλων, ήταν 9,5 R.

$\geq 10,0 R$ Παγκόσμιος	Δεν υπάρχει τόσο μεγάλου μήκους ενιαίο σεισμογόνο ρήγμα στη Γη για να προκαλέσει κάτι τέτοιο. Μόνο από συμβάν πρόσκρουσης με αστεροειδή ή κομήτη μπορεί να συμβεί ή ειδικότερα για την τιμή «10 ακριβώς» αν έσπαζαν ταυτόχρονα 3 έως 5 διαδοχικά ρήγματα μεγάλου μήκους, κάτι εξαιρετικά απίθανο. Αν πάντως συνέβαινε, θα κατέστρεφε μία ολόκληρη ήπειρο, προκαλώντας δυνητικά έως και εκατομμύρια θανάτους, με ολοκληρωτική καταστροφή της ζωής και όλων των ανθρώπινων κατασκευών σε ακτίνα χιλιάδων χιλιομέτρων, και θα άλλαζε εντελώς το γεωγραφικό ανάγλυφο σε ολόκληρες χώρες. Επίσης, θα γινόταν αισθητός σε εξαιρετικά μεγάλες αποστάσεις, πιθανότατα σε όλο το ένα ημισφαίριο της Γης
---	---

3.8 Έγκαιρη προειδοποίηση, είναι εφικτή;

Μελέτες έγκαιρης προειδοποίησης για σεισμούς μετατοπίζουν τη σεισμολογία σε πραγματικό χρόνο στην επιστήμη των σεισμών. Παρέχουν μεθόδους για την ταχεία εκτίμηση των σεισμών για την πρόβλεψη επιζήμιων κραδασμών του εδάφους. Η πρόληψη ψευδών συναγερμών από αυτά τα συστήματα είναι το κλειδί. Εδώ αναπτύξαμε έναν απλό, στιβαρό αλγόριθμο, Authorizing GRound shaking for Earthquake Early warning Systems (AGREEs), για τη μείωση των ψευδώς εκδομένων συναγερμών. Αυτός είναι ένας αλγόριθμος βασισμένος σε κατώφλι δικτύου, ο οποίος διαφέρει από τις υπάρχουσες προσεγγίσεις βάσει της φαινομενικής ταχύτητας P και S κυματιστά. Το AGREEs έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί ως εξωτερική μονάδα για την υποστήριξη υφιστάμενων συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης σεισμού (EEWS) και φιλτράρει τα ψευδή γεγονότα, αξιολογώντας την πραγματική ανακίνηση κοντά στο επίκεντρο. Οι αναδρομικές αναλύσεις μας για τους σεισμούς της L'Aquila του 2009 και της Emilia του 2009 δείχνουν ότι οι συμβασεις θα μπορούσαν να βοηθήσουν ένα EEWS επιβεβαιώνοντας την επίκεντρο ένταση. Επιπλέον, το AGREEs είναι σε θέση να εντοπίσει αποτελεσματικά τρία ψευδή γεγονότα λόγω καταγίδας, τηλεσεισμικού σεισμού και σπασμένων αισθητήρων στο σεισμικό δίκτυο Irpinia, Ιταλία. Τα EEWS γενικά θεωρούνται ως μεθοδολογίες που βασίζονται σε δίκτυα (περιφερειακές) ή ως μεθοδολογίες μεμονωμένου σταθμού (επί τόπου). Ένα κύμα P, βασισμένο στο δίκτυο EEWS αποτελείται από ένα σεισμικό δίκτυο που βρίσκεται κοντά σε ενεργά ρήγματα, ενώ οι τοποθεσίες στόχοι που πρέπει να ειδοποιηθούν είναι πολύ μακριά από αυτό. Το πρώιμο τμήμα των καταγεγραμμένων σημάτων κυμάτων P χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των σχετικών παραμέτρων πηγής (τοποθεσία και μέγεθος συμβάντος) και για την πρόβλεψη της αναμενόμενης ανακίνησης εδάφους (μέγιστη ταχύτητα εδάφους και επιτάχυνση αιχμής εδάφους, PGA) στις θέσεις στόχους χρησιμοποιώντας εξισώσεις πρόβλεψης κίνησης εδάφους E. Το κύμα P, επιτόπια προσέγγιση, αποτελείται από έναν μόνο αισθητήρα που βρίσκεται κοντά στη δομή-στόχο για να ειδοποιηθεί. Εδώ το κύμα χρησιμοποιείται άμεσα για την πρόβλεψη της αιχμής της κίνησης του εδάφους στο ίδιο σημείο, πιθανώς παρακάμπτοντας την εκτίμηση της θέσης και του μεγέθους του σεισμού.

Υπάρχουν ουσιαστικά δύο βασικές προσπάθειες για να αυξηθεί η αξιοπιστία της δήλωσης προειδοποίησης σε δίκτυο EEWS: (i) αύξηση του αριθμού των σταθμών που απαιτούνται για τη δήλωση προειδοποίησης και (ii) αύξηση των κατωφλίων κίνησης εδάφους που πρέπει να

ξεπεραστούν πριν από τη δήλωση ενός συμβάντος. Και οι δύο στρατηγικές μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της έκδοσης ψευδών προειδοποιήσεων. Ωστόσο, με τη χρήση αυτών των στρατηγικών, ο διαθέσιμος χρόνος παράδοσης (π.χ. ο διαθέσιμος χρόνος για ενέργειες ασφαλείας, πριν από την άφιξη ισχυρών κυμάτων ταλάντωσης του εδάφους) μειώνεται, με μια εγγενή αντιστάθμιση μεταξύ του αριθμού των ψευδών συναγερμών και αυτών των σωστών προειδοποιήσεων. Οι περισσότερες από τις προσεγγίσεις που βασίζονται στο δίκτυο απαιτούν τουλάχιστον τέσσερις ενεργοποιημένους σταθμούς για την επιβεβαίωση της προειδοποίησης. Όλοι βασίζονται σε ακριβή P ανίχνευση κύματος σε σταθμούς και αλγόριθμους συσχέτισης, οι οποίοι μετρούν αυτόματα τους χρόνους άφιξης του κύματος P και τους μετατρέπουν στη θέση του σεισμού. Η εσφαλμένη και ανακριβής ανίχνευση μπορεί να προκαλέσει ψευδείς συναγερμούς ή μεγάλες αβεβαιότητες στις παραμέτρους της πηγής.

3.9 Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης επερχόμενου σεισμού SHIELDS

Το σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης επερχόμενου σεισμού “Shields” (η ονομασία του οποίου προέρχεται από την αγγλική λέξη Shield, που σημαίνει ασπίδα). Στόχος του είναι η παροχή πληροφοριών σχετικά με το χρόνο εμφάνισης και την ένταση επερχόμενων σεισμικών κυμάτων. Τα μέρη που αποτελούν αυτό το σύστημα, είναι: α) Αισθητήρες έντασης του σεισμού, που οι μετρήσεις τους βασίζονται στην επιτάχυνση της γης.

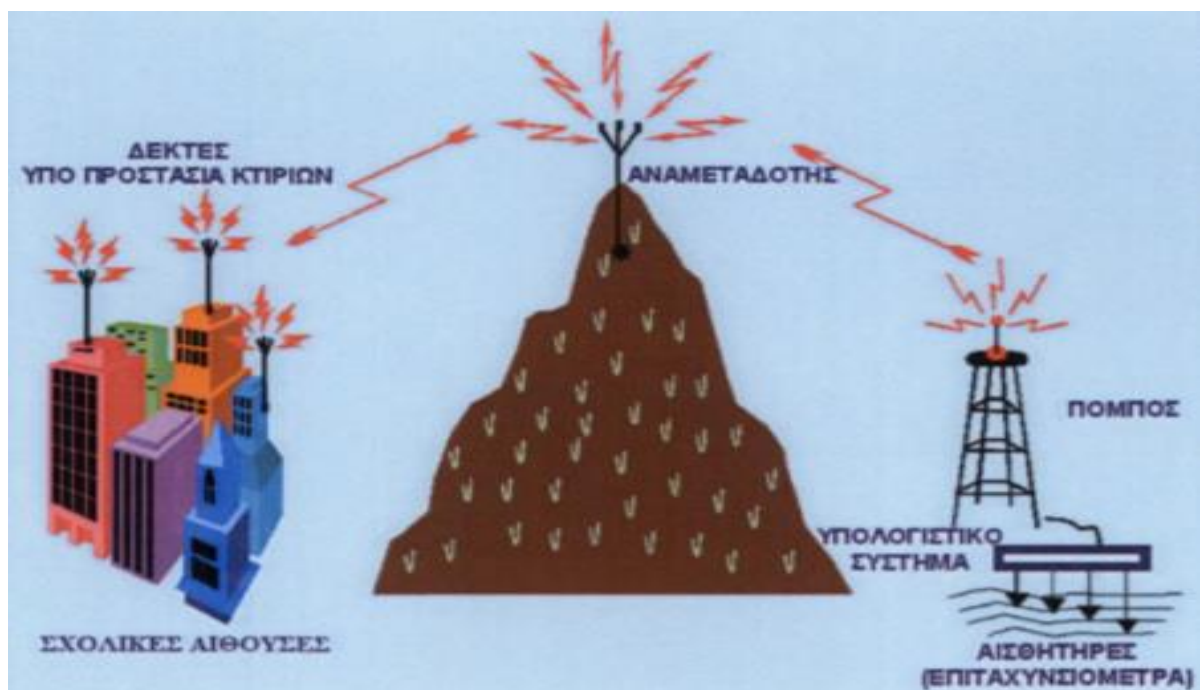
β) Ασύρματος ή ασύρματος δίαυλος επικοινωνίας, όπου η ταχύτητα μετάδοσης των πληροφοριών είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων.

γ) (Τυχόν) Ενδιάμεσες συσκευές πληροφόρησης προς το υπό προστασία κτήριο, όπου βρίσκεται εγκατεστημένος ο δέκτης του συστήματος, σχετικά με το χρόνο εκδήλωσης και έντασης του φαινομένου.

3.9.1 Λειτουργία

Η λειτουργία του συστήματος “Shields”, βασίζεται στο γεγονός ότι τα σεισμικά κύματα χρειάζονται κάποιο χρονικό διάστημα για να μεταδοθούν από το σημείο δημιουργίας (σεισμική εστία) τους στο χώρο όπου προστατεύεται από το σύστημα. Δεδομένου ότι τα σεισμικά κύματα μεταδίδονται με ταχύτητα 3-6 km/sec και ότι η ταχύτητα μετάδοσης της πληροφορίας από τον πομπό στο δέκτη μπορεί να φτάσει και τα 300.000 km/sec με τη χρήση οπτικών ινών ή ασύρματου διαύλου επικοινωνίας, εξασφαλίζεται ένα σημαντικό χρονικό περιθώριο

αντίδρασης ή προετοιμασίας κατά του σεισμού που αναμένεται να πλήξει τον υπό προστασία χώρο, το οποίο εξαρτάται βέβαια από την απόσταση της σεισμικής εστίας και των αισθητήρων έως τον υπό προστασία χώρο. Για το λόγο αυτό, σε περιοχές που παρουσιάζουν υψηλή σεισμικότητα (όπως η χώρα μας), οι αισθητήρες τοποθετούνται κοντά σε συνήθεις τοποθεσίες εκδήλωσης σεισμών (δηλαδή κοντά σε γνωστά σεισμικά ρήγματα), με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος αντίδρασης-προετοιμασίας. Επίσης, οι πληροφορίες που λαμβάνουν οι χρήστες του συστήματος, δεν περιορίζονται μόνο στο γεγονός ότι επίκειται ένας σεισμός, αλλά ενημερώνουν και για την ένταση, άρα και την καταστροφικότητα του επερχόμενου σεισμού. Το χαρακτηριστικό αυτό, όχι μόνο βοηθά στο να λαμβάνονται τα εκάστοτε απαραίτητα μέτρα σε περίπτωση που ο σεισμός αναμένεται να είναι καταστροφικός, αλλά βοηθά και στην αποφυγή του πανικού σε περίπτωση που ο σεισμός πρόκειται να είναι μέτριας έντασης, όντας μόνο αισθητός, χωρίς να μπορεί να προκαλέσει καταστροφές, μετριάζοντας τις αντιδράσεις που προκαλεί ο πανικός, που πολλές φορές μπορούν να αποβούν μοιραίες.



παράδειγμα εφαρμογής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Matplotlib <https://matplotlib.org/>

Puetro Rico Seismic Network

<http://redsismica.uprm.edu/English/education/earthquakes/information.php>

USGS, The Science of Earthquakes

https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/science-earthquakes?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

Φωτόδεντρο, Σεισμογράφος και σεισμογραφήματα

http://photodentro.edu.gr/photodentro/g-seismografos_v2.0_pidx0014735/story_html5.html

<https://www.mirc.ntua.gr/natural-disasters-metsovo/natural-disasters>

Μηχανή του Χρόνου, Ποιος ήταν ο μυθικός εγκέλαδος

<https://www.mixanitouxronou.gr/pios-itan-o-mithikos-egkelados-pou-tsakothike-me-ti-thea-athina-i-opia-ton-ethapse-kato-apo-to-oros-etna-apo-tote-otan-thimoni-siete-i-gi/>

Σωτηρία, Σ. (2015), Εγκέλαδος, <https://schoolpress.sch.gr/lexith/?p=267>

Κλίμακα Ρίχτερ, <https://www.seismos.gr/klimaka-richter>

Παπάνα, Α. (2021), Οικονομετρία

https://users.auth.gr/agpapana/Econometrics_Lectures/Lecture11_econometrics.pdf

Υπολογισμός – εύρεση της «Κ» μικρότερης τιμής σε ένα σύνολο αριθμών

<https://www.ypologismos.gr/evresi-k-mikroterou-arithmou-small-excel/>

Μεταβολές της τάσης και της ενέργειας κατά τη γένεση των σεισμών

<http://www.geo.auth.gr/654/PDF/Unit2.pdf>

Διανυσματικό διάγραμμα απεικόνισης επιπέδων μεγέθους σεισμού, διάγραμμα σεισμικής δραστηριότητας κλίμακας Richter με το τίναγμα της έντασης, από την κίνηση των επίπλων προς τα συντρίβοντας κτήρια

<https://gr.dreamstime.com/%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BD%CF%85%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%B1-%CE%B1%CF%80%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%80%CE%AD%CE%B4%CF%89%CE%BD-%CE%BC%CE%B5%CE%B3%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CF%85%CF%82-%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D-image113221787>

