

SISMWIN: ΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ WINDOWS*

ΞΑΝΑΛΑΤΟΣ, Ν., ΜΕΛΗΣ, Ν.Σ. & ΤΣΕΛΕΝΤΗΣ, Α.¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα πρόγραμμα με την ονομασία SISMWIN δημιουργήθηκε στο περιβάλλον WINDOWS, με σκοπό την ανάλυση και επεξεργασία σεισμολογικών σημάτων, καθώς και τον προσδιορισμό των σεισμικών παραμέτρων όπως επιζέντρο, εστιακό βάθος, μέγεθος, σεισμική ροπή, πτώση τάσης κ.λ.π. Με την χρησιμοποίηση ενός φιλικού προς τον χρήστη περιβάλλοντος καθώς και την άμεση εμφάνιση στην οθόνη επεξεργασίας των σεισμολογικών σημάτων προς ανάλυση, εξασφαλίζει την γρήγορη και εύκολη επεξεργασία με άμεσα αποτελέσματα. Το SISMWIN χρησιμοποιώντας το γραφικό περιβάλλον καθώς και την καλύτερη διαχείριση και αξιοποίηση της μνήμης κάτω από τα WINDOWS έχει την δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων και πληροφοριών με άλλα προγράμματα WINDOWS. Τέλος, η δυνατότητα του να χρησιμοποιεί σαν είσοδο ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών προτύπων format σεισμολογικών σημάτων το καθιστά πρωτότυπο στην επεξεργασία σημάτων που έχουν καταγραφεί από διαφορετικά καταγραφικά συστήματα, όπως αυτό παρατηρείται κατά την καταγραφή μετασεισμικών ακολουθιών.

ABSTRACT

A program with the name SISMWIN was developed in the WINDOWS environment, with the aim to assist in the analysis and processing of seismic signals and also in the determination of earthquake parameters such as epicenter, focal depth, magnitude, seismic moment, stress drop etc. Using a user friendly environment and with the almost immediate appearance in the processing screen of each of the seismic signals for analysis, it provides a quick and easy processing procedure with immediate results. SISMWIN uses the graphics environment and the improved use of available memory under WINDOWS and it has the ability to exchange data and information with any other program under WINDOWS. Finally, it has the capability to use as input a big variety of seismic signal formats, which renders a uniqueness for the program in terms of processing of data that has been recorded with a variety of recording systems, as this has been observed during the monitoring of aftershock sequences.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Επεξεργασία σεισμικών σημάτων. Ανάλυση σεισμολογικών δεδομένων, Σεισμικές παράμετροι

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σεισμικότητα της περιοχής της Λυτιχής Ελλάδος είναι από τις υψηλότερες στην Ευρώπη. Το γεγονός αυτό οδήγησε από τους πρώτους κιόλας μήνες της λειτουργίας του Εργαστηρίου Σεισμολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών σε συσσώρευση μεγάλου όγκου δεδομένων. Ετσι δημιουργήθηκε μια επιτακτική ανάγκη για ένα πρόγραμμα επεξεργασίας αυτών των δεδομένων. Το πρόγραμμα αυτό θα λειτουργούσε στον κεντρικό σταθμό του δικτύου στον οποίον συγκεντρώνονταν τα δεδομένα από όλους τους σταθμούς και θα έπρεπε να επιτρέπει την γρήγορη και αξιόπιστη ανάλυση

* SISMWIN: A WINDOWS BASED PROGRAM FOR PROCESSING OF SEISMOLOGICAL DATA.
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

¹ Πανεπιστήμιο Πατρών, Εργαστήριο Σεισμολογίας, Ρτθ 261 10, Πάτρα

τους. Τα διάφορα έτομα προγράμματα που υπήρχαν και χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς δεν επαρκούσαν και παρουσιάζαν ελλείψεις. Επιπλέον οι σύγχρονες τάσεις για ποιοτικό user interface (βλέπε Windows) δεν συμβιβάζονταν με το περιβάλλον DOS για το οποίο είχαν κατασκευασθεί αυτά. Το αποτέλεσμα της προσπάθειας για τη δημιουργία ενός προγράμματος που να καλύπτει τις απαιτήσεις αλλά και να είναι σύγχρονο ήταν το πρόγραμμα SISMWIN.

2. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Η σημερινή μορφή του δικτύου του Εργαστηρίου Σεισμολογίας περιλαμβάνει ένα σύνολο 20 απομακρυσμένων σταθμών που συνδέονται τηλεμετρικά με τον κεντρικό σταθμό βάσης. Η ψηφιακή καταγραφή γίνεται με ένα PC που περιέχει κάρτα A/D και τρέχει ειδικό λογισμικό για την αποκάλυψη συμβάντων (Event Detection). Το σύνολο hardware - software έχει σχεδιαστεί από το IASPEI (Tottingham and Lee, 1989). Τα καταγραφόμενα δεδομένα ήταν αρχικά σε Waveform format. Αργότερα και με τα Preliminary Updates for IASPEI software Library Volumes 1 and 3 τα δεδομένα καταγράφονταν σε format SUDS που ήταν πιο περίπλοκο αλλά με περισσότερες δυνατότητες. Επιπρόσθετα το Εργαστήριο χρησιμοποιούσε συχνά τα φορητά συστήματα PDAS της εταιρίας Teledyne για καταγραφές τόσο on site όσο και στο Εργαστήριο. Έτσι υπήρχαν τρία διαφορετικά formats και πληθώρα δεδομένων-καταγραφών, τα οποία πολλαπλασιάζονταν κατά καιρούς μετασεισμικών ακολουθιών (π.χ. σεισμό Πύργου - Μάρτιος 1993, Πάτρας - Ιούλιος 1993, Αιγίου - Ιούνιος 1995), οπότε και δεδομένα από φορητά δίκτυα με διαφορετικό format (π.χ. segy της εταιρίας REFTEK) εισάγονταν στο σύνολο των σεισμολογικών δεδομένων προς επεξεργασία.

Η χρήση των διαφόρων προγραμμάτων που συνόδευαν το hardware (π.χ. Dadisp για PDAS και PCEQ για το σύστημα του IASPEI) παρουσίαζε τα παρακάτω προβλήματα:

α) Δεν υπήρχε ενιαίος τρόπος χειρισμού των αρχείων αλλά απαιτείτο γνώση των ειδικών χαρακτηριστικών κάθε τύπου αρχείου (PDAS, WVM, SUDS, segy).

β) Η υποστήριξη του PDAS format ήταν ανεπαρκής. Συγκεκριμένα απαιτούσε πολυπλοκή εργασία και ήταν πολύ ενάλωτη σε λάθη.

γ) Δεν ήταν πρακτικά δυνατή η επανάληψη της διαδικασίας προσδιορισμού του σεισμού με αλλαγή ορισμένων μόνο μετρήσεων/παραμέτρων (interactive interface).

δ) Ο όλος κύκλος για τον υπολογισμό ενός συμβάντος ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρος.

ε) Ορισμένα προγράμματα δεν υποστήριζαν μεγάλο μήκος αρχείων (πάνω από 10000 σημεία).

στ) Η χρήση των προγραμμάτων απαιτούσε αωκετές παραχωρήσεις από το χειριστή (χρήση πληκτρολογίου, απομνημόνευση εντολών κ.α.) Επίσης πολλές παράμετροι των προγραμμάτων έπρεπε να μπουν στη γραμμή εντολών (command prompt) κάτι που έκανε τη χρήση τους ακόμη δυσκολότερη.

ζ) Τα προγράμματα δεν έκαναν χρήση όλων των δυνατοτήτων των υπολογιστών (hardware) και των νέων λειτουργικών συστημάτων (Windows).

η) Η περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων (φιλτράρισμα, FFT κ.α.) απαιτούσε συνδυασμένη χρήση προγραμμάτων ή ήταν αδύνατο να γίνει (PDAS format).

Από την καταγραφή των αναγκών των καθημερινών εργασιών στο Εργαστήριο καθώς και από τα όσα παρουσιάζονταν κατά την καταγραφή μετασεισμικών ακολουθιών στο πελαίο είχαν σαν αποτέλεσμα τις ακόλουθες γενικές απαιτήσεις για το πρόγραμμα αυτό:

α) Ικανότητα να διαβάζει όλες τις μορφές (format) των αρχείων που χρησιμοποιούνταν. Το μέγεθος των καταγραφών ορίστηκε σε 100000 περίπου σημεία.

β) Τυχόν ενέργειες όπως διόρθωση χρόνου ή αναδιάταξης αρχείων SUDS -demux- θα πρέπει να γίνονται αυτόματα από το πρόγραμμα χωρίς την παρέμβαση του χειριστή.

γ) Θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα απεικόνισης, σε κάποια μορφή παράθυρου στην οθόνη, ενός ή περισσότερων καναλιών επιλεγόμενων από το χρήστη με δυνατότητα μεγέθυνση (zoom) στην επιθυμητή περιοχή του σήματος ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση (π.χ. κατά την χρησιμοποίηση σειμογραμμάτων και από τις τοξές συνιστάμετες).

δ) Οποσδήποτε θα πρέπει να παρέχεται λειτουργία μετρήσεων χρόνων αφίξεων (π.χ. P, S) καθώς

και της διάσωσης (Coda). Όλες οι παραπάνω μετρήσεις θα πρέπει να γράφονται αυτόματα στο σωστό format σε αρχείο που θα αποτελεί την είσοδο στο πρόγραμμα HYPO71PC (Lee and Valdes, 1985) για τον υπολογισμό επικέντρου, εστιακού βάρους και μεγέθους σεισμού.

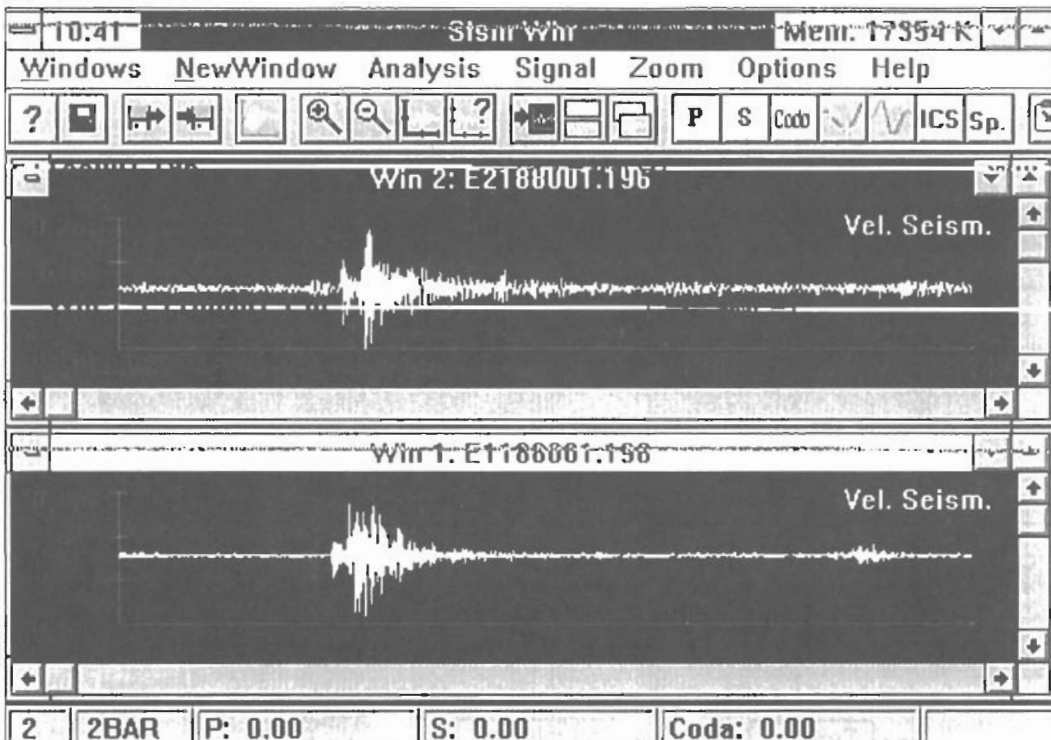
3. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

Με σκοπό τη δημιουργία ενός προγράμματος με ευκολία χρήσης και ικανότητα χειρισμού αρχείων μεγάλου μεγέθους επιλέχθηκε η ανάπτυξη του να γίνει κάτω από το περιβάλλον Windows. Τα πλεονεκτήματα ήταν:

- α) Εκμετάλλευση του γραφικού περιβάλλοντος.
- β) Εύκολο και ενιαίο για όλες τις Windows εφαρμογές user interface.
- γ) Καλύτερη διαχείριση και αξιοποίηση της μνήμης του συστήματος από το DOS. Ιδιαίτερα το όριο των 640 Kbytes του DOS δεν υφίσταται και δεν υπάρχει απαίτηση για ειδικές τεχνικές χρησιμοποίησης μνήμης Extended (πάνω από 1 Mbyte).
- δ) Δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών και δεδομένων με άλλα προγράμματα Windows.
- ε) Καλύτερη υποστήριξη των σύγχρονων εκτυπωτών (Laser, Inkjet).

Για γλώσσα προγραμματισμού επιλέχθηκε η Turbo Pascal for Windows έκδοση 7.0. Αυτή προτιμήθηκε για την υποστήριξη Object Oriented Programming (OOP - Αντικείμενα) που παρέχει την ευχέρεια κατασκευής μεγάλων προγραμμάτων (δομημένη και ισχυρή) και για το ολοκληρωμένο περιβάλλον εργασίας της (Editor, Compiler, Debugger).

Το βασικότερο στοιχείο του προγράμματος είναι το αντικείμενο TSignalWindow. Αυτό περιέχει τις μεθόδους για να φορτώνει, να παρουσιάζει και να επεξεργάζεται τα δεδομένα, αλλά και τα ίδια τα δεδομένα καθώς και τα στοιχεία που τα αφορούν (π.χ. ρυθμός δειγματοληψίας, όνομα σταθμού, μετρήσεις χρόνων P, S, Coda). Μια τυπική απεικόνιση αντικειμένων TSignalWindow στην οθόνη φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Εμφάνιση TSignalWindow στην οθόνη.

Figure 1: The appearance of TSignalWindow in the screen.

4. ΑΡΧΕΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ - ΕΞΟΔΟΥ

Το πρόγραμμα SISMWIN μπορεί να διαβάζει απευθείας αρχεία σε format:

α) PDAS. Προέχεται για αρχεία δυαδικής -binary- μορφής με Text Header που περιέχει τα χαρακτηριστικά του κάθε καναλιού. Το πρόγραμμα διαβάζει αυτόματα όλα τα κανάλια που αφορούν ένα σιφβάν.

β) Waveform (WVM). Προέχεται επίσης για binary αρχείο με πολυπλεγμένα κανάλια (blocks δεδομένων). Περιέχει ακόμη binary header.

γ) SUDS. Είναι η τελευταία έκδοση του IASPEI συστήματος καταγραφής που υπάρχει στο Εργαστήριο Σεισμολογίας. Περιέχει μια λίστα δομών μεταβλητού μήκους και πολλών διαφορετικών τύπων δεδομένων.

δ) Αρχείο Text.

ε) Κάθε άλλου είδους format με γνωστή περιγραφή. Δίδεται η δυνατότητα στο πρόγραμμα να εννοματώνει οποιαδήποτε άλλη μορφή γνωστού format π.χ. SEG-Y.

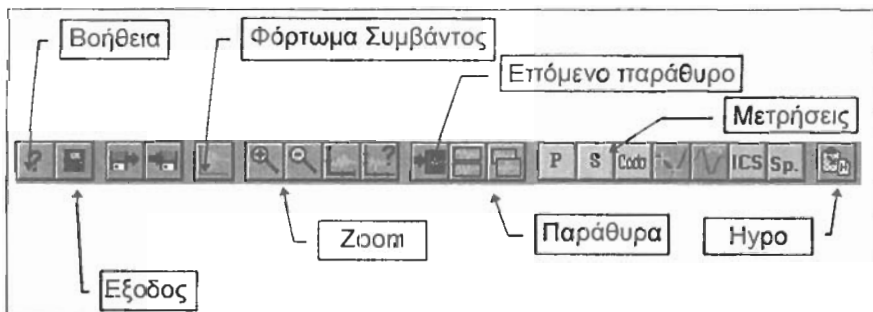
Κάθε παράθυρο μπορεί να έχει μέγιστο μήκος 100000 σημεία, ενώ δεν υπάρχει περιορισμός πλήθους παραθύρων, καθώς γίνεται χρήση της εικονιζής -virtual- μνήμης των Windows.

Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να γράφει σε αρχεία Text για σιφβατότητα με άλλα προγράμματα, ενώ υποστηρίζεται ειδικό binary format για αποθήκευση/επαναφορά δεδομένων.

5. USER INTERFACE

Λόηζε ιδιαίτερη προσοχή στην ευκολία εκτέλεσης των βασικών εργασιών του προγράμματος με την μικρότερη προσπάθεια από το χειριστή.

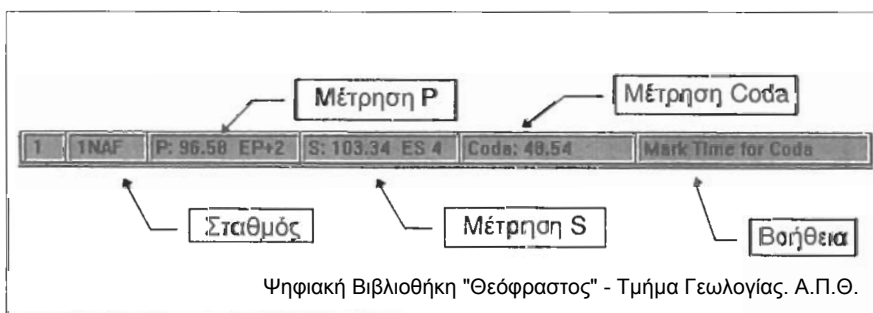
Ετοι εκτός από το μενού εντολών υπάρχει μπάρα εργαλείων -toolbar- από την οποία επιλέγονται άμεσα οι περισσότεροι χρησιμοποιούμενες εντολές. Κάθε φορά μόνο οι -λογικά- διαθέσιμες εντολές είναι ενεργές (π.χ δεν μπορούμε να πάρουμε χρόνους P αν δεν έχουμε φορτώσει κάποιο σήμα). Η toolbar φαίνεται στο επόμενο Σχήμα 2.



Σχήμα 2:
Μπάρα
Εργαλείων.

Figure 2:
Toolbar.

Επίσης στο κάτω μέρος της οθόνης υπάρχει μπάρα κατάστασης -Status Bar- με πληροφορίες του σήματος αλλά και υπόδειξη -hint- για την ενέργεια που πρέπει να κάνει ο χειριστής (Σχήμα 3).



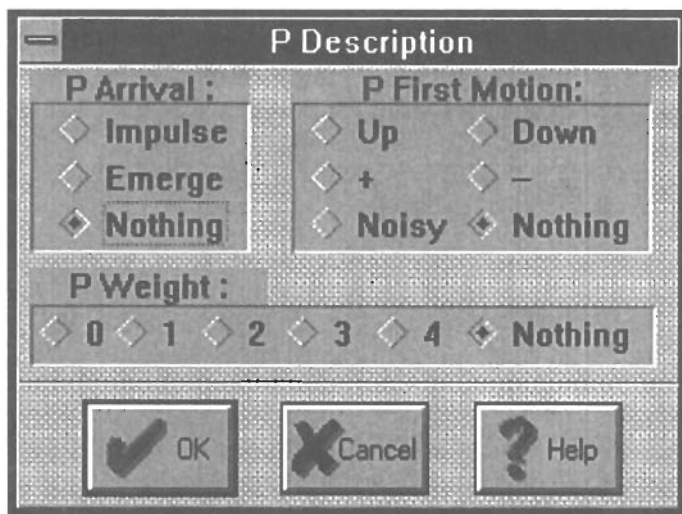
Σχήμα 3:
Μπάρα
κατάστασης
προγράμματος.

Figure 3:
Status Bar in the
program.

Εκτός του Status Bar HINT υπάρχει κανονικό αρχείο βοήθειας μορφής Windows HLP file με περιγραφή όλων των εντολών και διαδικασιών, ενώ σε κάθε πλαίσιο διαλόγου υπάρχει ειδικό πλήκτρο βοήθειας.

6. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕΙΣΜΟΥ (Επίκεντρο - Μέγεθος)

Για τον υπολογισμό του σεισμού χρησιμοποιείται το πρόγραμμα HYPO71PC (Lee and Valdes, 1985) το οποίο καλείται εσωτερικά από το πρόγραμμα αφού πρώτα δημιουργηθεί το κατάλληλο αρχείο εισόδου (HYPO.INP). Πριν από αυτό ο χρήστης θα πρέπει να πάρει μετρήσεις αφίξεων P, S και M και διάσκειας CODA. Για το λόγο αυτό μπορεί να επιλέξει μεγέθυνση Zoom στην περιοχή ενδιαφέροντος και κατόπιν να τοποθετήσει τον δομέα που έχει πάρει τη μορφή σταυρονήματος στο αριστερό σημείο χρησιμοποιώντας τόσο το ποντίκι όσο και τα πλήκτρα-βέλη \uparrow και \downarrow . Λήσως μετά και για τους χρόνους P και S θα εμφανισθεί το πλαίσιο επιλογών του Σχήματος 4 για το χαρακτηρισισμό των χρόνων αφίξης τους.



Σχήμα 4: Χαρακτηρισμός αφίξης P.

Figure 4: Description of P-arrival.

Μετά την επιλογή χρονικών μετρήσεων ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την εκτέλεση του προγράμματος HYPO71PC και να ελέγξει τα αποτελέσματα. Κατά την διαδικασία αυτή χρειάζεται επίσης ένα αρχείο με πληροφορίες για τους σταθμούς καταγραφής του σεισμικού συμβάντος καθώς και πληροφορίες για το μοντέλο ταχυτήτων που θα χρησιμοποιηθεί. Το συγκεκριμένο αρχείο πάντα δημιουργείται και υπάρχει ξεχωριστά για κάθε δίκτυο σειμογραφών που έχουν καταγράψει το σεισμικό γεγονός που αναλύεται. Η διαδικασία μικρότερων ή μεγαλύτερων αλλαγών σε μερικές από τις μετρήσεις μπορεί να επαναληφθεί όσες φορές χρειάζεται.

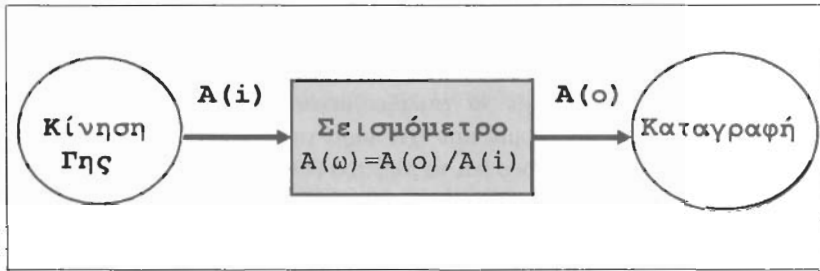
7. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ

Το πρόγραμμα παρέχει τις παρακάτω δυνατότητες επεξεργασίας των δεδομένων που καταλαμβάνουν κάποιο παράθυρο:

- α) Κινητός μέσος όρος για αφαίρεση θορύβου.
- β) Ζωνοδιαβατό φίλτρο FIR μεταβλητής τάξεως και συχνότητας.
- γ) Φάσμα πλάτους του σήματος.
- δ) Αποκοπή μέρους του σήματος.
- ε) Ενωση σε μία, δύο διαφορετικών καταγραφών που ανήκουν στο ίδιο σεισμικό γεγονός.

8. ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟΥ

Η σεισμική καταγραφή που δίδεται από αναλογικό ή ψηφιακό σύστημα δεν είναι αζοιβές αντίγραφο της κίνησης της γης αλλά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 υπάρχει η επίδραση της συνάρτησης μεταφοράς του σεισμομέτρου - θεωρώντας φυσικά αμελητέες τις επιδράσεις των ηλεκτρονικών συστημάτων όπως ενισχυτές, που συνήθως δεν είναι.



Σχήμα 5:
Επίδραση συνάρτησης μεταφοράς σεισμομέτρου.

Figure 5:
The influence of the seismometer transfer function.

Ειδικότερα για τα σεισμόμετρα S13 που συνήθως χρησιμοποιούνται θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι μετατροπείς ταχύτητας σε τάση (ηλεκτρομαγνητικός αισθητήρας) άρα το σήμα που δίνουν δεν είναι εδαφική μετατόπιση αλλά ταχύτητα εδάφους. Σε περιπτώσεις που είναι απαραίτητη η γνώση της αζοιβούς μορφής του σήματος θα πρέπει να ακολουθηθεί η διαδικασία της αποσυνέλιξης - Deconvolution- η οποία από το σήμα $A(o)$ και τη συνάρτηση μεταφοράς του σεισμομέτρου θα μας δώσει την κίνηση της γης $A(i)$. Συγκεκριμένα για σεισμόμετρο S13 δίδεται (Eaton, 1992):

S

(1)

όπου f_0 η φυσική συχνότητα του σεισμομέτρου (1 Hz), B η σταθερά απόσβεσης (0.6), A_G η εδαφική κίνηση της γης. Επιπλέον λαμβάνοντας υπ' όψιν την σταθερά γεννήτριας k του σεισμομέτρου που είναι 630 Volts*sec/m η τάση εξόδου του σεισμομέτρου θα είναι:

$$V = 2\pi f k d$$

Στο πρόγραμμα SISWIN χρησιμοποιείται ο παραπάνω τύπος για την πραγματική εδαφική κίνηση γνωρίζοντας την έξοδο V τάσεως του σεισμομέτρου. Η διαδικασία εφαρμόζεται επιλέγοντας πρώτα παράθυρο σήματος που να καλύπτει την περιοχή ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια το πρόγραμμα εφαρμόζει την σχέση (1) στο πεδίο συχνότητας και το αποτέλεσμα προκύπτει με αντίστροφο μετασχηματισμό Fourier (IFFT).

Το διορθωμένο σήμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπολογισμό μεγέθους σεισμού με μέτρηση πλάτους (Richter, 1935):

$$M_L = \log_{10}(A_{WA}(D)) - \log_{10}(A_0(D)) \quad (2)$$

όπου A_{WA} το μέγιστο καταγεγραμμένο πλάτος σε σεισμόμετρο Wood-Anderson σε απόσταση D και $A_0(D)$ το πλάτος από τον πρότυπο σεισμό στην ίδια επικεντρική απόσταση. Για την εφαρμογή του τύπου (2) θα πρέπει πρώτα να μετατραπεί η εδαφική κίνηση σε ισοδύναμη καταγραφή σεισμομέτρου Wood-Anderson από τη σχέση:

$$r = \frac{1}{\left\{ \left[\sum_i (x_i - x_m)^2 \right] \left[\sum_i (y_i - y_m)^2 \right] \right\}^{1/2}}$$

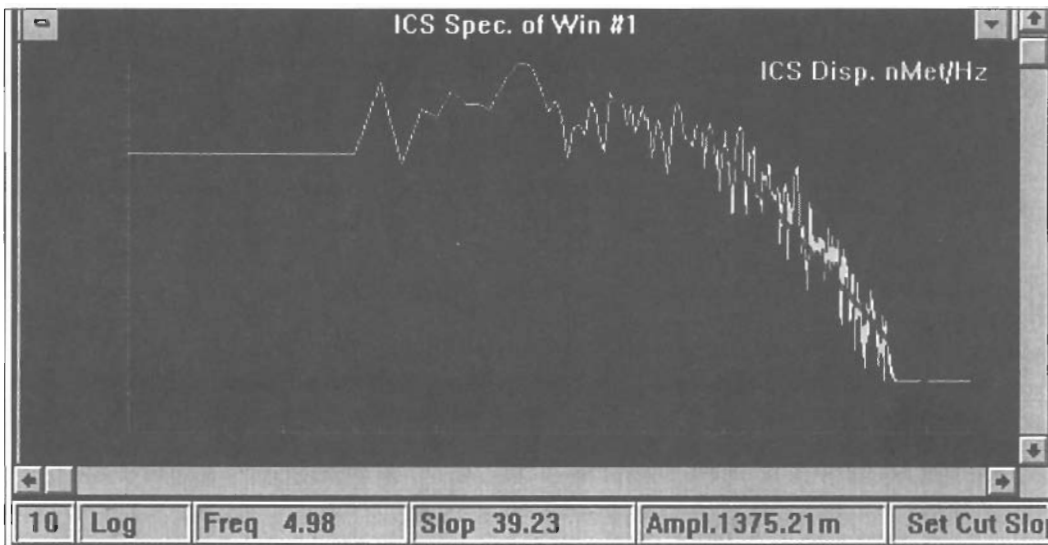
(3)

9. ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΆΛΛΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ)

Μετά τη διαδικασία διόρθωσης της απόκρισης του σεισμομέτρου -instrument correction- υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας φάσματος κατά Brune (1970) εφ' όσον έχει προηγηθεί η επιλογή χρονικού παραθύρου που περιέχει την φάση P ή S κυμάτων ανάλογα αν εκτελείται φασματική ανάλυση P ή S κυμάτων. Η επιλογή ενός ίσου χρονικού μεγέθους παραθύρου με αντιπροσωπευτικό θόρυβο πριν την P άφιξη, χρησιμοποιείται για την περαιτέρω διόρθωση του φάσματος από τον θόρυβο. Έτσι ο χρήστης πλέον μπορεί να μετρήσει τις τιμές Ω_0 και F_c οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της σεισμικής ροπής κατά Brune (1970) καθώς και των άλλων σεισμικών παραμέτρων όπως πτώση τάσης, ακτίνα ρήγματος, πτώση παραμόρφωσης, σεισμική μετατόπιση κλπ. Τό τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.

Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να διαφοροποιηθεί ανάλογα με το μοντέλο διάρρηξης μια και δίδεται η δυνατότητα αλλαγής της περιγραφής των σεισμικών παραμέτρων ανάλογα με το μοντέλο. Πάντα υπάρχει αντίστοιχο αρχείο με την πληροφορία περιγραφής του μοντέλου οπότε ανάλογα με αυτό και τα αποτελέσματα μπορούν να διαφέρουν.

Τέλος δίδεται η δυνατότητα εισαγωγής και τιμής Q ώστε να γίνει η αντίστοιχη διόρθωση για απόσβεση. Στην παρούσα έκδοση του SISMWIN γίνεται διόρθωση με σταθερό καθώς και με εξαρτώμενο από την συχνότητα Q.



Σχήμα 6: Φασματική ανάλυση. Φαίνεται η επιλογή Ω_0 και f_c .

Figure 6: Spectral Analysis. The low level asymptote and the corner frequency are noted.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BRUNE, J.N., 1970. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, *J. geophys. Res.*, 75, 4997-5009.
- EATON, A., 1992. Seismometers, Theory and practice, U.S. Geological Survey, Open File Report, 92-86.
- LEE, W.H.K. and VALDES, C.M., 1985. HYPO71PC: A personal Computer Version of the HYPO71 Earthquake Location Program, U.S. Geological Survey, Open File Report 85-749.
- RICHTER, C.F., 1935. An instrumental earthquake magnitude scale, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 25, 1-32.
- TOTTINGHAM, J. and LEE, W.H.K., 1989. IASPEI Software Library Vol 1: Toolbox for seismic data acquisition, processing and analysis, 156pp.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.