



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

MITool

**ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΥΠΟ ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΚΑΙ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ**

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ

Ευάγγελος Ντότσιος
Κώστας Παπαδημητρίου

ΒΟΛΟΣ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	3
2. Πρόγραμμα MITool Αναγνώρισης Ιδιομορφικών Χαρακτηριστικών Κατασκευών	4
2.1. Οδηγίες Εγκατάστασης Λογισμικού MITool	4
2.2. Παρουσίαση Γραφικής Διεπαφής με Χρήστη	4
2.2.1. Αρχεία Εισόδου του λογισμικού MITool	5
2.2.2. Το File menu.....	6
2.2.3. Το παράθυρο διαλόγου " MITool Preferences".....	7
2.2.4. Το View menu.....	10
2.2.5. Το Options menu.....	11
2.2.6. Το παράθυρο διαλόγου "Identification Options"	12
2.2.7. Το παράθυρο διαλόγου "Multi-Input Options".....	14
2.2.8. Τα παράθυρα διαλόγου "Full Spectra Options" και "Half Spectra Options"	16
2.2.9. Το παράθυρο διαλόγου "Quasi-Newton Options".....	18
2.2.10. Το Tools menu	20
2.2.11. Post Processing menu	21
2.3. Τα Stabilization Diagrams	22
3. Βήμα-προς-Βήμα Οδηγός Εφαρμογής	23
3.1. Εφαρμογή αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών γέφυρας Γ9 (Πολύμυλος) από μετρήσεις απόκρισης σε λειτουργικά φορτία	23
3.2. Εφαρμογή αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών γέφυρας Γ2 της Καβάλας από προσομοιωμένες μετρήσεις απόκρισης σε σεισμικά φορτία	36

1. Εισαγωγή

Στο εγχειρίδιο χρήσης περιέχεται μια πλήρης περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος του λογισμικού MITool αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευών. Στην ανάπτυξη του λογισμικού και στη σύνταξη των οδηγιών χρήσης έχει συνεισφέρει η ομάδα του Εργαστηρίου Δυναμικής Συστημάτων του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με την καθοδήγηση του καθηγητή [Κωνσταντίνου Παπαδημητρίου](#). Επίσης βελτιώσεις του αρχικού λογισμικού βασίστηκαν σε υποδείξεις του [Δρ. Παναγιώτη Πανέτσου](#), τμηματάρχη Τακτικής Συντήρησης Μεγάλων Τεχνικών Έργων της Εγνατίας Οδού Α.Ε.

Το λογισμικό αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευών αναπτύχθηκε σε περιβάλλον MATLAB 7.0 (R14). Το λογισμικό περιλαμβάνει γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης με το χρήστη ώστε να είναι απλό και κατανοητό στη χρήση ακόμα και από μη εξειδικευμένα άτομα. Επιτρέπει την πλήρη διερεύνηση και ανάλυση των σημάτων που προέρχονται από μετρήσεις της απόκρισης σε σημεία πάνω στην κατασκευή όταν αυτή διεγείρεται είτε από λειτουργικά φορτία (ambient vibrations), είτε από σεισμικά φορτία (forced vibrations), και είναι πλήρως προσαρμόσιμο στις ανάγκες του χρήστη αφού επιτρέπει τον επανακαθορισμό των περισσότερων παραμέτρων λειτουργίας του.

Τα πρόγραμμα MITool περιλαμβάνει ένα ισχυρό πυρήνα ανάλυσης του μετρούμενου σήματος που προέρχεται από την κατασκευή, το οποίο στη συνέχεια επεξεργάζεται χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μεθόδων αναγνώρισης για να υπολογίσει τα ζητούμενα ιδιομορφικά χαρακτηριστικά της κατασκευής. Μέσω του γραφικού περιβάλλοντος, ο χρήστης απλά επιλέγει τα μετρούμενα σήματα (επιταχύνσεις) που προέρχονται από ένα δίκτυο αισθητήρων πάνω στην κατασκευή, τα μεταφέρει στο πεδίο συχνοτήτων (ανάλυση Fourier, ανάλυση φασματικής πυκνότητας), ανάλογα με το είδος της φόρτισης, και ορίζει το εύρος συχνοτήτων στο οποίο θα γίνει η αναγνώριση. Στη συνέχεια επιλέγει τον αριθμό των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών που ζητά να υπολογίσει και εκτιμά τις τιμές που μπορεί να έχουν είτε εποπτικά, είτε βοηθούμενος από τα διαγράμματα σταθεροποίησης (stabilization diagrams) που είναι δυνατό να υπολογιστούν. Τέλος, ο χρήστης αφού επιλέξει τη μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί κατά την αναγνώριση, με το πάτημα ενός κουμπιού ξεκινά τον αλγόριθμο που επεξεργάζεται το σήμα για να υπολογίσει τις ιδιοσυχνότητες, τους συντελεστές απόσβεσης, τις ιδιομορφικές συνιστώσες και τους συντελεστές συνεισφοράς για την κατασκευή. Τα αποτελέσματα της αναγνώρισης παρουσιάζονται στο παράθυρο της εφαρμογής αλλά και στην έξοδο του προγράμματος σε συνοπτικό αρχείο κειμένου.

Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε σε περιβάλλον MATLAB αλλά το γραφικό του περιβάλλον είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να μην απαιτείται από το χρήστη να έχει γνώσεις προγραμματισμού σε MATLAB. Το μόνο που θα πρέπει να γνωρίζει ένας χρήστης του λογισμικού MITool, για να μπορέσει να το χρησιμοποιήσει, πέραν από την εμπειρία του στα προβλήματα της αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών με λειτουργικά και σεισμικά φορτία, είναι να δημιουργεί να διαχειρίζεται και να αποθηκεύει τα .mat αρχεία του MATLAB που χρησιμοποιούνται στην είσοδο και στην έξοδο του προγράμματος.

Το εγχειρίδιο χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζεται μια πλήρης περιγραφή της εγκατάστασης, των λειτουργιών και της γραφικής διεπαφής του λογισμικού MITool με το χρήστη. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται βήμα-προς-βήμα εφαρμογές αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών της γέφυρας Γ9 του Πολύμυλου από μετρούμενες αποκρίσεις ταλάντωσης της γέφυρας σε πραγματικά

λειτουργικά φορτία και στη συνέχεια της γέφυρας Γ2 της Καβάλας σε προσομοιωμένα σεισμικά φορτία.

2. Πρόγραμμα MITool Αναγνώρισης Ιδιομορφικών Χαρακτηριστικών Κατασκευών

2.1. Οδηγίες Εγκατάστασης Λογισμικού MITool

Το λογισμικό MITool είναι απλούστατο στην εγκατάσταση και χρήση του. Απαιτεί την ύπαρξη του λογισμικού MATLAB (έκδοση 7 ή ανώτερη). Αρκεί να αντιγραφεί ο κατάλογος «\MITool» από το CD σε οποιοδήποτε κατάλογο που μπορεί να «δει» το MATLAB. Αν, π.χ., το MATLAB είναι εγκατεστημένο στον κατάλογο «c:\MATLAB7» τότε μπορεί για παράδειγμα να αντιγραφεί ο κατάλογος MITool από το CD μέσα στον κατάλογο «c:\MATLAB7\work». Στη συνέχεια από την επιλογή Set Path... στο File menu του MATLAB επιλέγεται ως Add with Subfolders ο φάκελος c:\MATLAB7\work\MITool. Κατόπιν, στο Command Window του MATLAB, πρέπει εκτελεστεί η εντολή

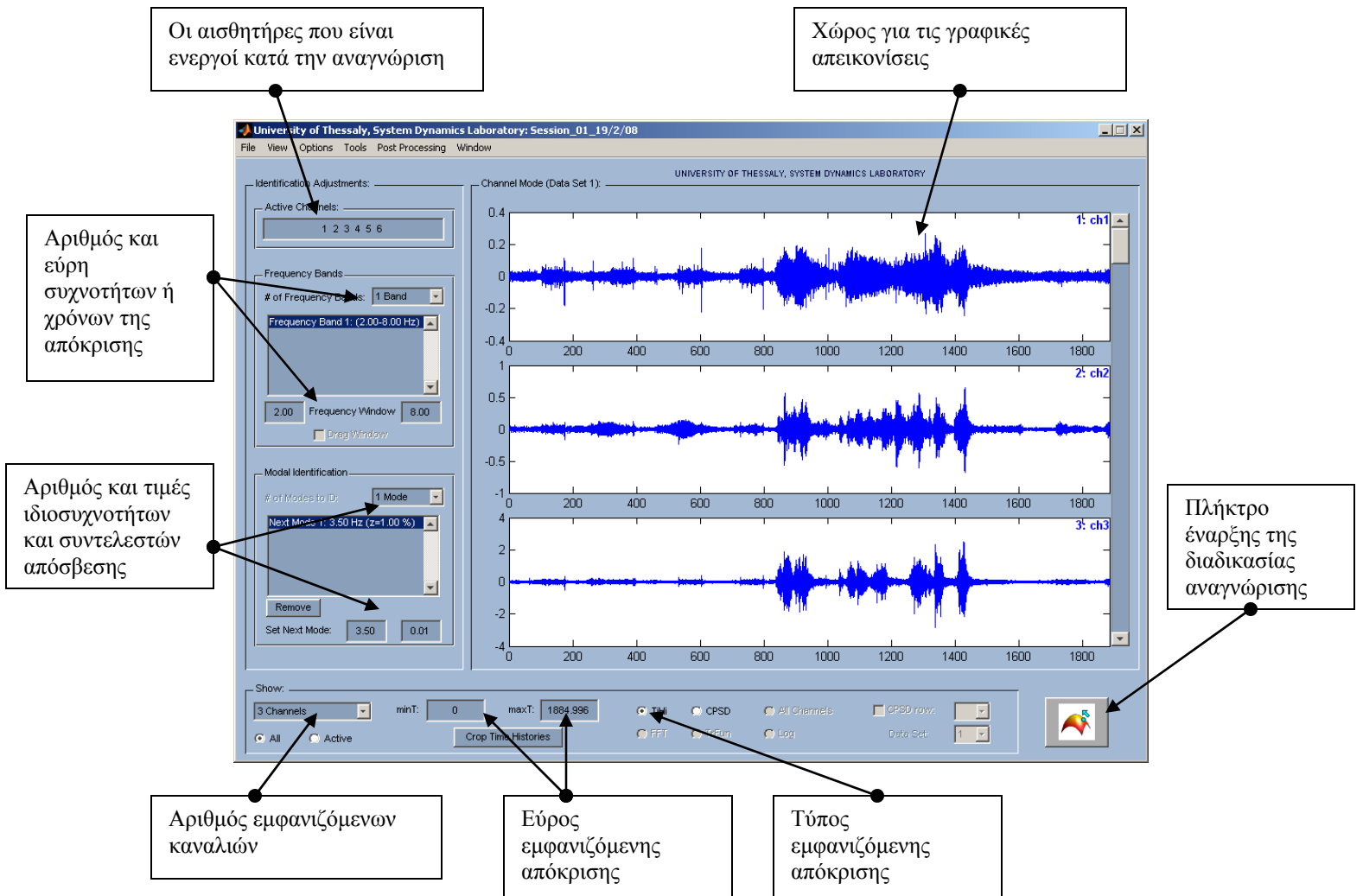
```
>> MITool
```

Αμέσως εμφανίζεται το παράθυρο της εφαρμογής το οποίο θα παρουσιαστεί παρακάτω.

2.2. Παρουσίαση Γραφικής Διεπαφής με Χρήστη

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει μια πλήρη περιγραφή των λειτουργιών και των δυνατοτήτων του λογισμικού MITool. Αρχικά παρουσιάζεται το κυρίως παράθυρο του λογισμικού με τις περισσότερες λειτουργίες που βρίσκονται πάνω σε αυτό, καθώς και πληροφορίες για τα αρχεία εισόδου του λογισμικού όπως αυτά απαιτείται να είναι διαμορφωμένα έτσι ώστε να είναι συμβατά με το λογισμικό. Στη συνέχεια παρουσιάζονται όλοι οι κατάλογοι (menus) του λογισμικού και περιγράφονται όλες οι λειτουργίες τους. Οι λειτουργίες αυτές θα μπορούσαν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, σε αυτές που αναφέρονται στην προ-αναγνώρισης κατάσταση (pre-processing) και περιέχουν ρυθμίσεις για την είσοδο των μετρούμενων δεδομένων στο λογισμικό και ρυθμίσεις έτσι ώστε να οριστεί σωστά το πρόβλημα της αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών, και σε αυτές που αναφέρονται στην μετά-αναγνώρισης κατάσταση (post-processing) και περιέχουν λειτουργίες παρουσίασης και εξαγωγής των αποτελεσμάτων της αναγνώρισης. Στην Ενότητα 3 δίνεται βήμα-προς-βήμα οδηγός εφαρμογής του λογισμικού για την αναγνώριση των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών της γέφυρας Γ9 (Πολύμυλος) σε λειτουργικά και σε σεισμικά φορτία.

Το γραφικό περιβάλλον του λογισμικού MITool (Εικόνα 1) περιέχει ένα σύνολο από καταλόγους (menus) στο πάνω μέρος του γραφικού περιβάλλοντος τα οποία ανοίγουν εμφανίζοντας πολλές από τις λειτουργίες του λογισμικού. Ακόμη περιέχει στοιχεία εισόδου (πλήκτρα και ρυθμίσεις) τα οποία αφορούν τη γραφική απεικόνιση και τον ορισμό του προβλήματος και την εκτέλεση της αναγνώρισης καθώς και χώρο για τις γραφικές απεικονίσεις του σήματος και της κατασκευής όπως αυτή επιλέγεται από τον χρήστη. Κάποια από τα menus και τα υπόλοιπα στοιχεία εισόδου είναι αρχικά απενεργοποιημένα, απαγορεύοντας στο χρήστη να κάνει ενέργειες μη λογικές για την διαδικασία αναγνώρισης, τα οποία θα ενεργοποιηθούν αυτόματα κατά την εξέλιξη της διαδικασίας. Για παράδειγμα, το κουμπί έναρξης της διαδικασίας αναγνώριση: Run Modal Identification θα ενεργοποιηθεί αυτόματα όταν ο χρήστης θα έχει κάνει όλες τις απαραίτητες ενέργειες έτσι ώστε το πρόβλημα να έχει οριστεί σωστά.



Εικόνα 1: Το γραφικό περιβάλλον του λογισμικού MITool.

2.2.1. Αρχεία Εισόδου του λογισμικού MITool

Για να εκτελεστεί η διαδικασία αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών μιας κατασκευής με το λογισμικό MITool θα πρέπει τα δεδομένα από τις μετρούμενες αποκρίσεις (χρονοϊστορίες) της κατασκευής να εισαχθούν κατάλληλα στο λογισμικό. Παράλληλα εκτός από τις μετρήσεις το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να απεικονίσει γραφικά την κατασκευή μαζί με το δίκτυο αισθητήρων και για να γίνει αυτό θα πρέπει να εισαχθούν τα δεδομένα που περιέχουν τις κατάλληλες πληροφορίες για την κατασκευή καθώς και για τους αισθητήρες. Οι απαραίτητες γεωμετρικές πληροφορίες για την κατασκευή αποθηκεύονται μαζί με τις μετρούμενες αποκρίσεις. Όλες αυτές οι πληροφορίες που πρέπει να εισαχθούν στο λογισμικό MITool πρέπει να συγκεντρωθούν σε ένα .mat αρχείο με μορφή και ονόματα τέτοια που να είναι συμβατά με το λογισμικό. Το περιεχόμενο που .mat αρχείου εισόδου που θα πρέπει να δημιουργηθεί για κάθε μέτρηση περιγράφεται στην παράγραφο αυτή.

- **accel:** Περιέχει τις χρονοϊστορίες της απόκρισης της κατασκευής. Αποτελείται από τόσες γραμμές όσα και τα χρονικά σημεία των

μετρήσεων ενώ οι στήλες είναι όσες και τα αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση.

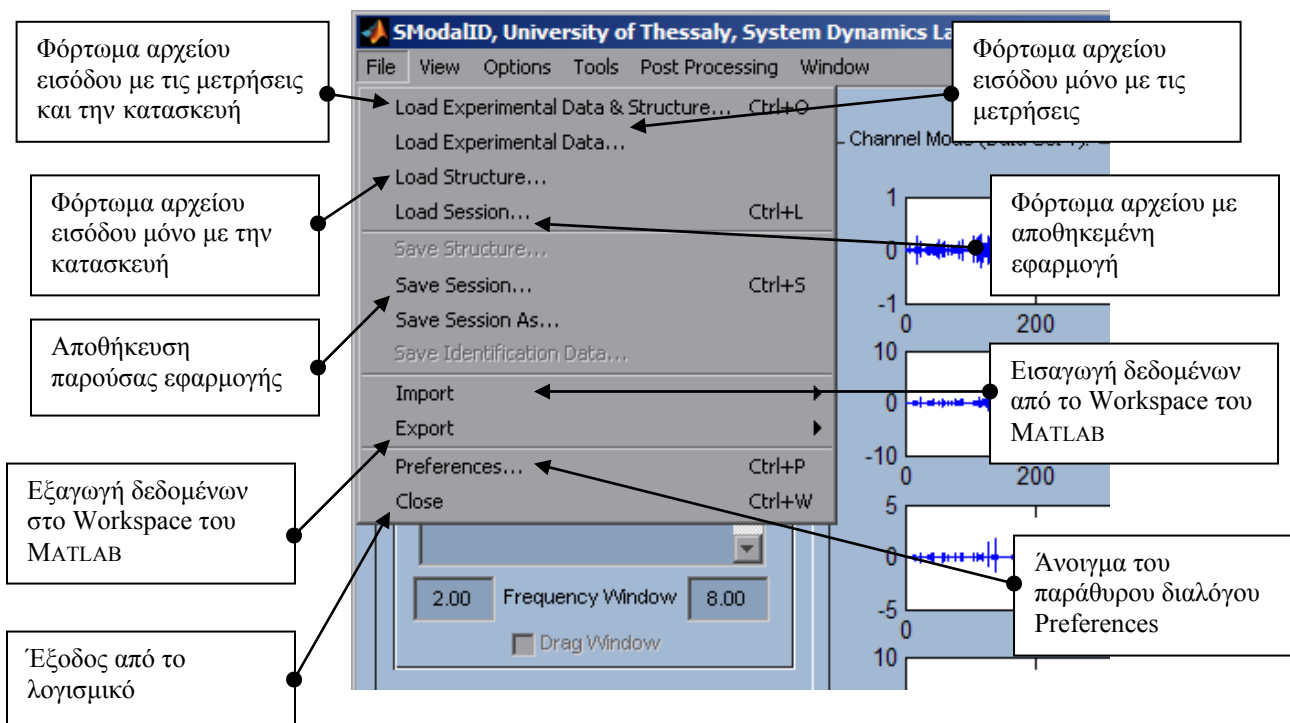
- dt: Η διακριτοποίηση των μετρήσεων στο χρόνο (sampling rate).
- channeltext: Τα χαρακτηριστικά ονόματα όλων των αισθητήρων
- ndim: Ο αριθμός των διαστάσεων για τη γραφική απεικόνιση της κατασκευής σαν πλέγμα.
- FNode: Περιέχει τον αριθμό και τις θέσεις των «κόμβων» για τη γραφική απεικόνιση της κατασκευής σαν γραμμικό πλέγμα.
- FEelt: Περιέχει τον αριθμό και του κόμβους που συνδέονται ανά δύο κατά τη γραφική απεικόνιση της κατασκευής σαν γραμμικό πλέγμα.
- sensors: Περιέχει τους αισθητήρες με πληροφορία για τον αριθμό του «κόμβου» στον οποίο βρίσκονται και την διεύθυνση κατά την οποία μετράνε την απόκριση (1 για τον άξονα x, 2 για τον άξονα y, και 3 για τον άξονα z).

Παρατηρήσεις: 1. Για την καλύτερη κατανόηση της δομής του αρχείου εισόδου του λογισμικού MITool προτείνεται ο χρήστης να ανοίξει στο Workspace του MATLAB κάποιο από τα διαθέσιμα αρχεία εισόδου, έτσι ώστε να μπορεί να τα περιεργαστεί λεπτομερώς.

2. Τα ονόματα των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται (accel, dt, channeltext κ.τ.λ.) καθορίζονται στο παράθυρο του λογισμικού Preferences από το File menu που θα περιγραφεί στη συνέχεια.

2.2.2. To File menu

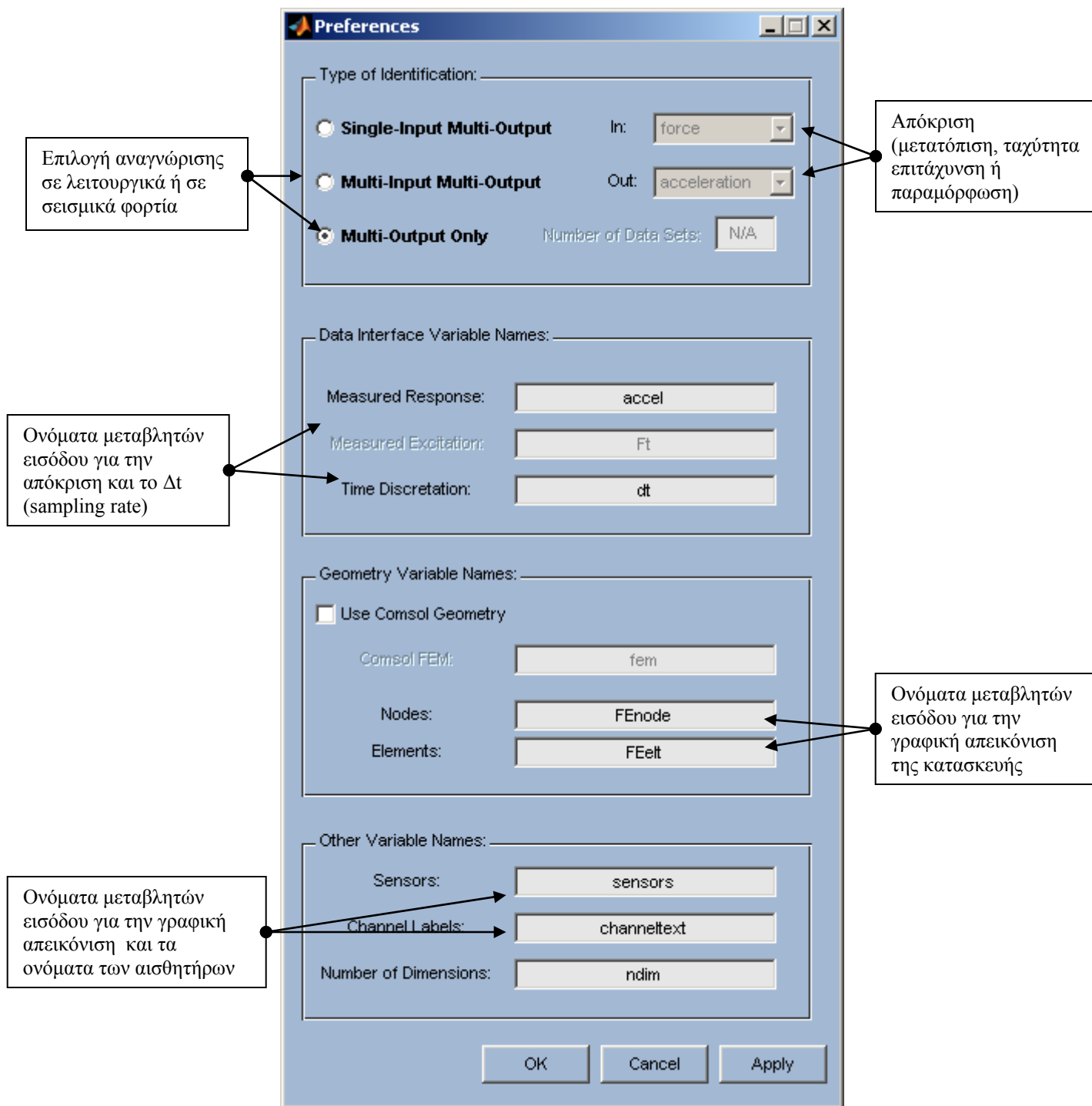
Το File menu (Εικόνα 2) περιέχει τις επιλογές εκείνες που επιτρέπουν στο χρήστη να εισάγει και να εξάγει δεδομένα για το λογισμικό MITool. Ο χρήστης από το menu αυτό μπορεί να φορτώσει τις μετρούμενες χρονοϊστορίες προς ανάλυση καθώς και την γραφική απεικόνιση της κατασκευής (Load Experimental Data & Structure). Ακόμη σημαντικές λειτουργίες στο menu αυτό είναι οι επιλογές Save Session και Load Session με τις οποίες ο χρήστης μπορεί να σώσει την εφαρμογή που εκτελεί κάθε φορά μαζί με όλες τις ρυθμίσεις της, και στη συνέχεια να την επαναφέρει. Με τις λειτουργίες αυτές ο χρήστης μπορεί να αποφύγει την επανάληψη της εκτέλεσης χρονοβόρων διαδικασιών όπως για παράδειγμα τον υπολογισμό των συναρτήσεων διαφασματικής πυκνότητας των σημάτων, αφού μπορεί να την υπολογίσει μία φορά και στη συνέχεια να σώσει την εφαρμογή για να τη χρησιμοποιήσει και στο μέλλον χωρίς να χρειάζεται να την ξαναυπολογίσει. Τέλος, από την επιλογή Preferences ανοίγει το αντίστοιχο παράθυρο που ρυθμίζει το λογισμικό για την είσοδο και την έξοδό του.



Εικόνα 2: Το File menu

2.2.3. Το παράθυρο διαλόγου “ MITool Preferences”

Το παράθυρο διαλόγου MITool Preferences (Εικόνα 3α) περιέχει τις πληροφορίες εκείνες που θα πρέπει κάθε φορά να ορίσει ο χρήστης έτσι ώστε η εισοδος των δεδομένων στο λογισμικό να είναι συμβατή. Η σημαντική ρύθμιση στο παράθυρο αυτό είναι ο ορισμός του είδους της αναγνώρισης (Type of Identification) που πρόκειται να υλοποιήσει, αν πρόκειται δηλαδή να γίνει αναγνώριση των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιώντας μετρήσεις της απόκρισης σε λειτουργικά φορτία επιλέγοντας **Multi Output Only**, ή αν πρόκειται να γίνει αναγνώριση των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιώντας μετρήσεις της απόκρισης σε σεισμικά φορτία επιλέγοντας **Multi Input-Multi Output**. Οι υπόλοιπες επιλογές αφορούν τα ονόματα των μεταβλητών που πρέπει να εμπεριέχονται στο αρχείο εισόδου και περιγράφηκαν στην παράγραφο 2.2.1.

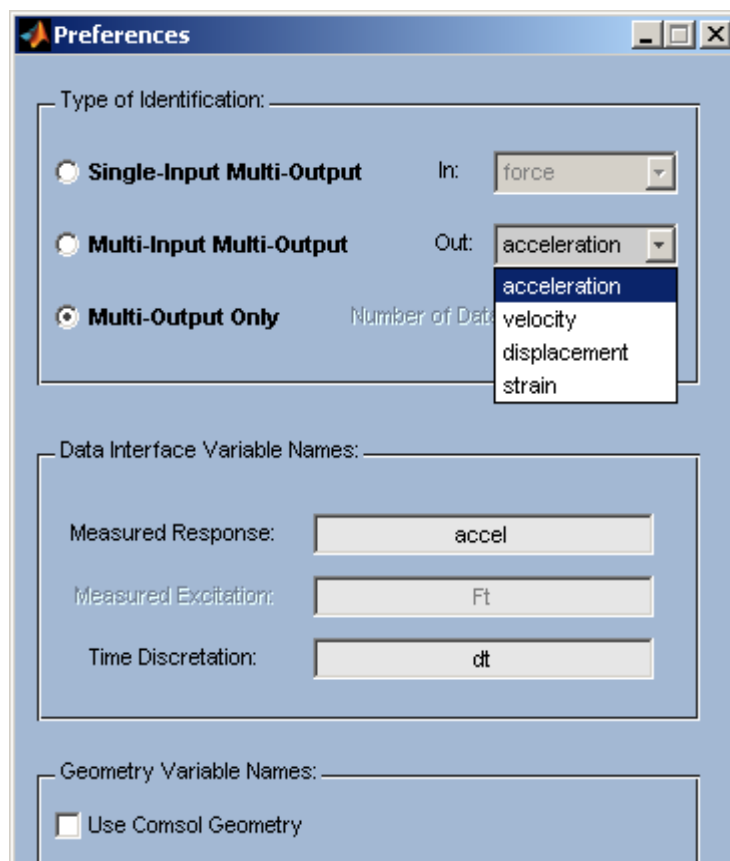


Εικόνα 3α: Το παράθυρο διαλόγου " **MITOOL Preferences**".

Στην Εικόνα 3β παρουσιάζεται η επιλογή για τη διαθεσιμότητα των μετρήσεων στην περίπτωση αναγνώρισης σε λειτουργικά φορτία. Η αναγνώριση των ιδιομορφών βασίζεται στη διαθεσιμότητα μετρήσεων

- a. επιταχύνσεων
- b. ταχυτήτων
- c. μετατοπίσεων
- d. παραμορφώσεων

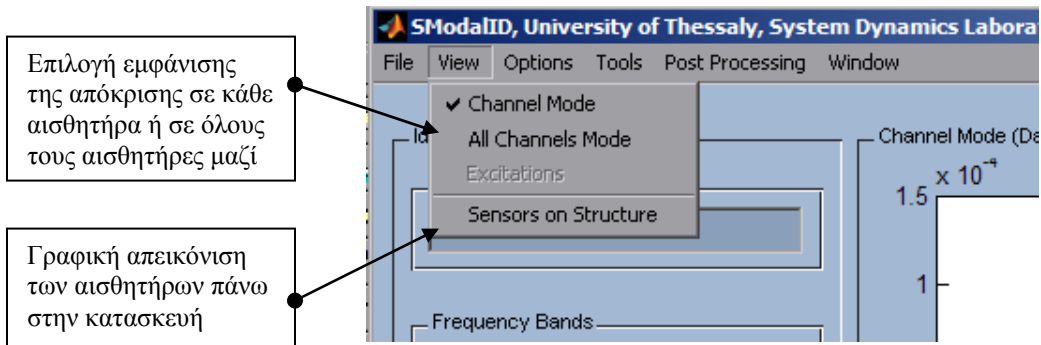
Ο χρήστης ανάλογα με τον τύπο μετρήσεων που έχει διαθέσιμο μπορεί να επιλέξει την αντίστοιχη επιλογή από το menu που εμφανίζεται. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για την περίπτωση της επεξεργασίας των παραμορφώσεων δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός των ιδιομορφών στα σημεία μέτρησης. Αντ' αυτού, στην περίπτωση αυτή υπολογίζονται οι παράγωγοι των ιδιομορφών.



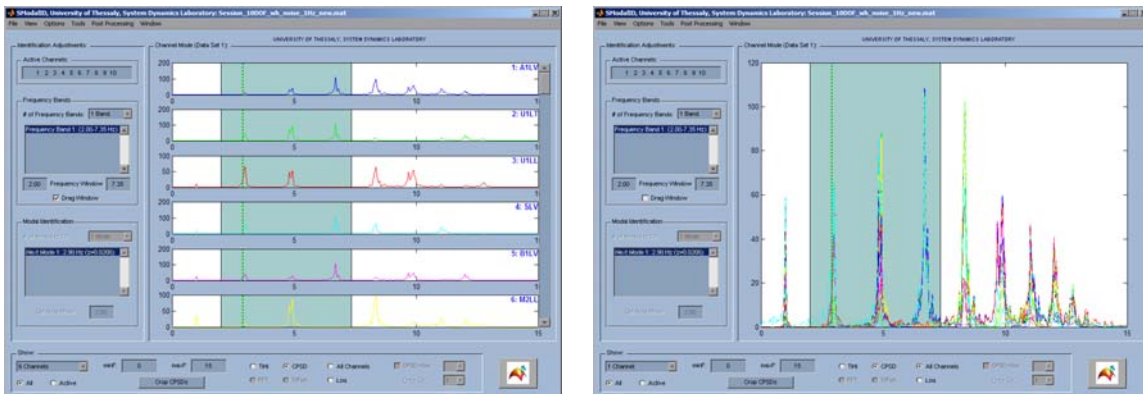
Εικόνα 3β: Το παράθυρο διαλόγου “ **MITool Preferences**”.

2.2.4. To View menu

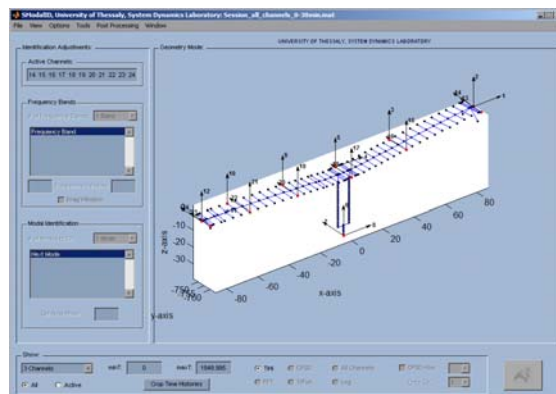
Από το View menu (Εικόνα 4) ο χρήστης καθορίζει την εικόνα που επιθυμεί το λογισμικό να του εμφανίσει. Μπορεί να επιλέξει να εμφανίζονται η απόκριση (Εικόνα 5) σε κάθε αισθητήρα ή σε όλους τους αισθητήρες μαζί (μόνο για το πεδίο συχνοτήτων), ή να εμφανίζεται η γραφική απεικόνιση των αισθητήρων πάνω στην κατασκευή (Εικόνα 6).



Εικόνα 4: Το View menu



Εικόνα 5: Επιλογή View Channel Mode και View All Channels Mode



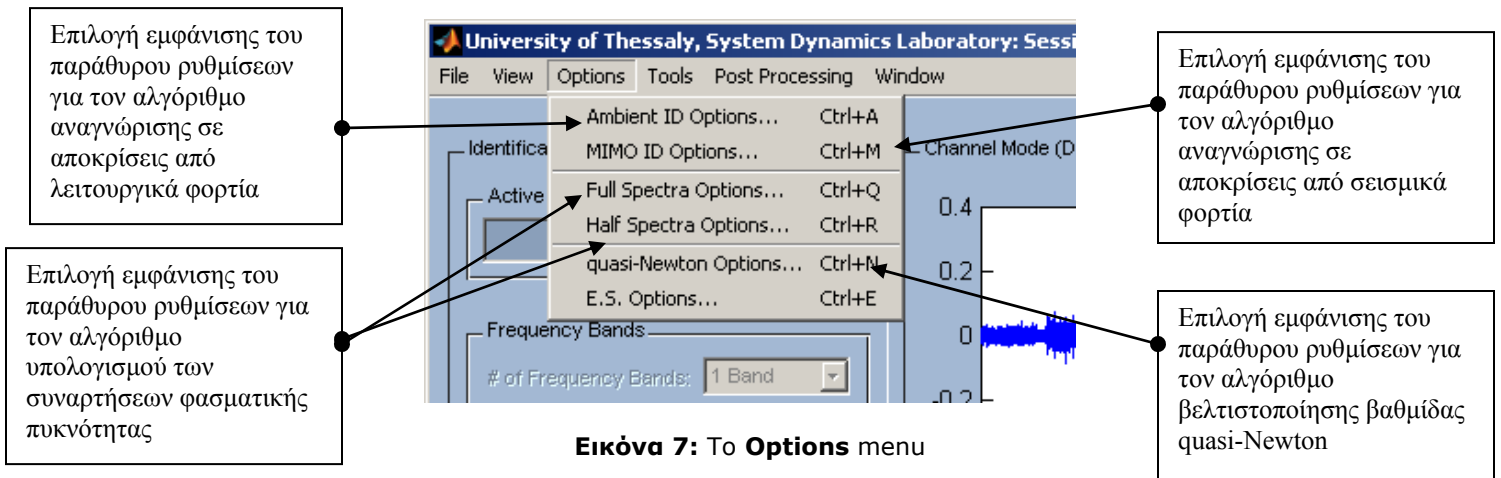
Εικόνα 6: Επιλογή View Sensors On Structure

2.2.5. To Options menu

Από το Options menu (Εικόνα 7) ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ανοίξει τα παράθυρα επιλογών τα οποία καθορίζουν όλες τις ρυθμίσεις του αλγόριθμου της αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευών. Οι επιλογές, οι οποίες όλες θα παρουσιαστούν λεπτομερώς σε επόμενες παραγράφους, αφορούν ρυθμίσεις στους αλγόριθμους της αναγνώρισης σε λειτουργικά αλλά και σεισμικά φορτία, όπως και ρυθμίσεις για τον υπολογισμό των συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας, καθώς και ρυθμίσεις για τον αλγόριθμο βελτιστοποίησης βαθμίδας (Quasi-Newton) που χρησιμοποιείται για τη λύση του προβλήματος της αναγνώρισης. Για όλες τις επιλογές υπάρχουν αντίστοιχες συντομεύσεις πληκτρολογίου έτσι ώστε η χρήση του λογισμικού να γίνεται ταχύτερα και ευκολότερα.

Πολλές από τις ρυθμίσεις αυτές που εμφανίζονται στα παράθυρα των επόμενων παραγράφων μπορεί να είναι απενεργοποιημένες αρχικά μην επιτρέποντας στο χρήστη να τις αλλάξει. Αυτό απαγορεύει στο χρήστη να κάνει αλλαγές μη λογικές για την διαδικασία αναγνώρισης, οι οποίες θα ενεργοποιηθούν αυτόματα κατά την εξέλιξη της διαδικασίας, ενώ άλλες έχουν εισαχθεί στο λογισμικό έτσι ώστε να μπορούν να ενεργοποιηθούν μελλοντικά κατά την εξέλιξη του λογισμικού και την προσθήκη νέων μεθοδολογιών και δυνατοτήτων σε αυτό.

Όλες οι ρυθμίσεις των αλγορίθμων του λογισμικού έχουν προκαθορισμένες τιμές κατά την έναρξη του. Αλλαγές σε πολλές από τις ρυθμίσεις αυτές απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή και προτείνονται μόνο σε εξειδικευμένους χρήστες στο πρόβλημα της αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευών. Ατυχείς αλλαγές στις ρυθμίσεις του λογισμικού μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα κατά την εκτέλεση των αλγορίθμων και σε αποτυχία της εκτέλεσης της αναγνώρισης.



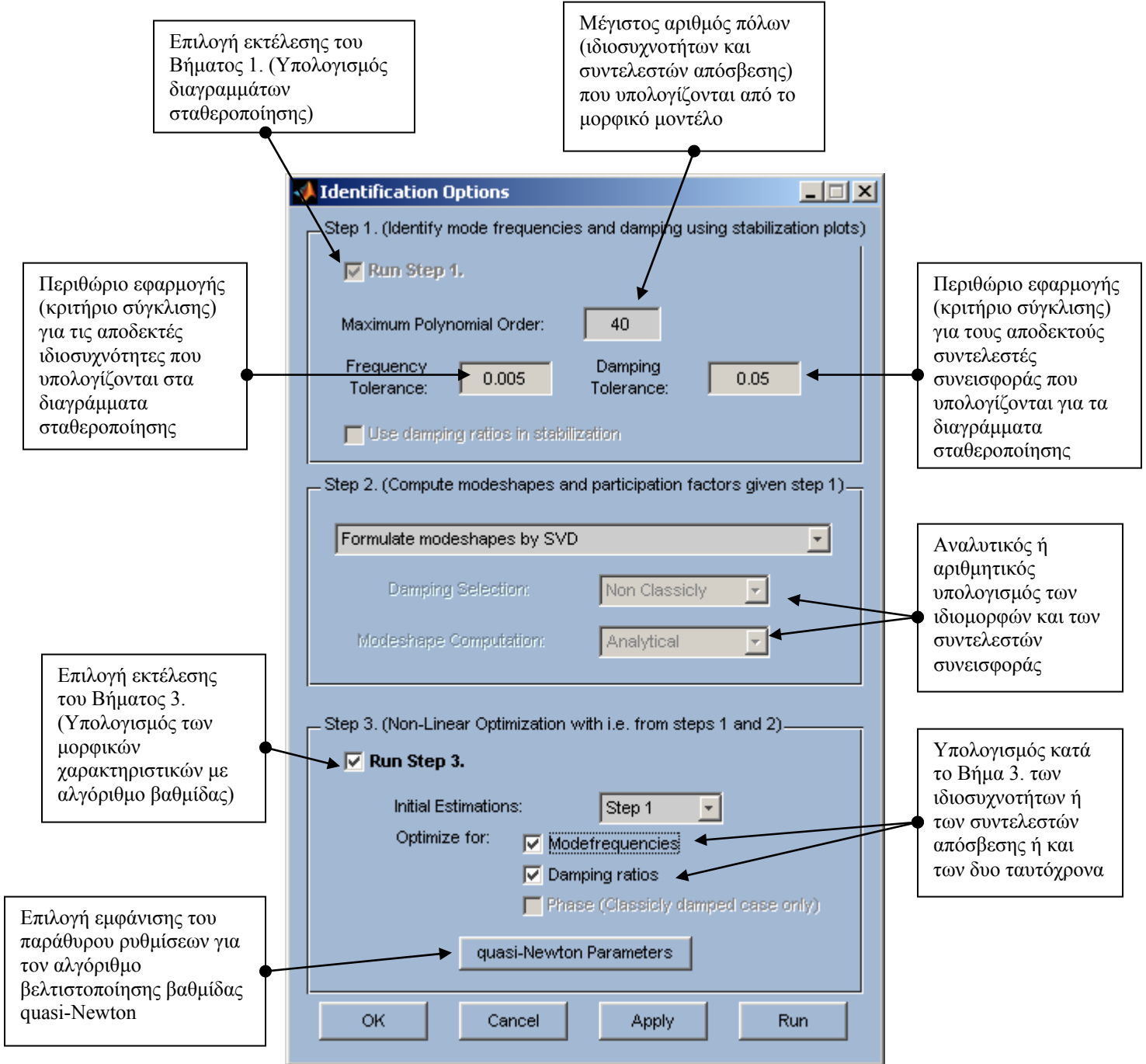
2.2.6. Το παράθυρο διαλόγου “Identification Options”

Το παράθυρο διαλόγου Identification Options (Εικόνα 8) είναι το σημαντικότερο παράθυρο καθορισμού των ρυθμίσεων της αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευών σε αποκρίσεις από λειτουργικά φορτία. Κατά την εκτέλεση του αλγόριθμου αναγνώρισης υπολογίζονται οι ζητούμενες τιμές των χαρακτηριστικών του ιδιομορφικού μοντέλου (ιδιοσυχνότητες, συντελεστές απόσβεσης, συντελεστές συνεισφοράς και ιδιομορφές), ελαχιστοποιώντας τη συνάρτηση σφάλματος που εκφράζει τη διαφορά ανάμεσα στα χαρακτηριστικά της μετρούμενης απόκρισης από την κατασκευή και στην απόκριση που προβλέπεται από το ιδιομορφικό μοντέλο της κατασκευής στο πεδίο συχνοτήτων.

Η εκτέλεση της μεθοδολογίας αναγνώρισης σε λειτουργικά φορτία με το λογισμικό MITool είναι χωρισμένη σε τρία βήματα (steps).

1. Κατά το πρώτο βήμα της εκτέλεσης υπολογίζονται οι ιδιοσυχνότητες και οι συντελεστές απόσβεσης του ιδιομορφικού μοντέλου της κατασκευής στα εύρη των συχνοτήτων που έχουν προκαθοριστεί από το χρήστη. Επιλέγοντας την εκτέλεση του πρώτου βήματος (Run Step 1) οι τιμές των ιδιοσυχνοτήτων και των συντελεστών απόσβεσης επιλέγονται από το χρήστη από τα διαγράμματα σταθεροποίησης (stabilization diagrams) που υπολογίζονται. Εναλλακτικά, αποφεύγοντας την εκτέλεση του πρώτου βήματος, πρέπει να επιλεχθούν εκτιμήσεις για τον αριθμό και τις τιμές των ιδιοσυχνοτήτων και των συντελεστών απόσβεσης εποπτικά στο πεδίο συχνοτήτων από το χρήστη.
2. Στο δεύτερο βήμα του αλγόριθμου αναγνώρισης (Step 2) υπολογίζονται οι ιδιομορφές και οι συντελεστές συνεισφοράς με δεδομένα τις ιδιοσυχνότητες και τους συντελεστές απόσβεσης που έχουν οριστεί στο πρώτο βήμα. Στο βήμα αυτό ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν θα επιλύσει το πρόβλημα του υπολογισμού των ιδιομορφών και των συντελεστών συνεισφοράς αναλυτικά (Βήμα 2α, επιλογή Type of Analysis: SVD of $R(\omega, \zeta)$), ή αριθμητικά χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο βελτιστοποίησης βαθμίδας Quasi-Newton ελαχιστοποιώντας τη συνάρτηση σφάλματος (Βήμα 2β, επιλογή Type of Analysis: $U(\omega, \zeta, g)$).
3. Κατά το τρίτο βήμα του αλγόριθμου αναγνώρισης (Run Step 3), εφαρμόζοντας σαν αρχικές εκτιμήσεις τις τιμές που υπολογίζονται από τα δύο πρώτα βήματα, υπολογίζονται εκ νέου οι τιμές για τα ιδιομορφικά χαρακτηριστικά εκτελώντας τον αλγόριθμο βελτιστοποίησης βαθμίδας Quasi-Newton με στόχο την ελαχιστοποίηση της συνάρτησης σφάλματος.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως το πρόβλημα της αναγνώρισης μπορεί να επιλυθεί εφαρμόζοντας μόνο τα Βήματα 1 και 2α όπου αποφεύγεται η εφαρμογή αλγόριθμου βελτιστοποίησης βαθμίδας Quasi-Newton ο οποίος απαιτεί αριθμητικές επαναλήψεις και για προβλήματα με μεγάλο αριθμό μετρητικών δεδομένων μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρονοβόρος. Παρόλα αυτά, για προβλήματα στα οποία εμφανίζονται ιδιαιτερότητες όπως η ύπαρξη έντονου θορύβου στα μετρητικά δεδομένα αλλά και η εμφάνιση κοντινών αλληλεπικαλυπτόμενων ιδιομορφών επιβάλλει την εκτέλεση του Βήματος 3. Η διαδικασία αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευής σε απόκριση από λειτουργικά φορτία έτσι ώστε να γίνουν περισσότερο κατανοητά τα παραπάνω βήματα του αλγορίθμου θα περιγραφεί βήμα-προς-βήμα στην επόμενη παράγραφο.

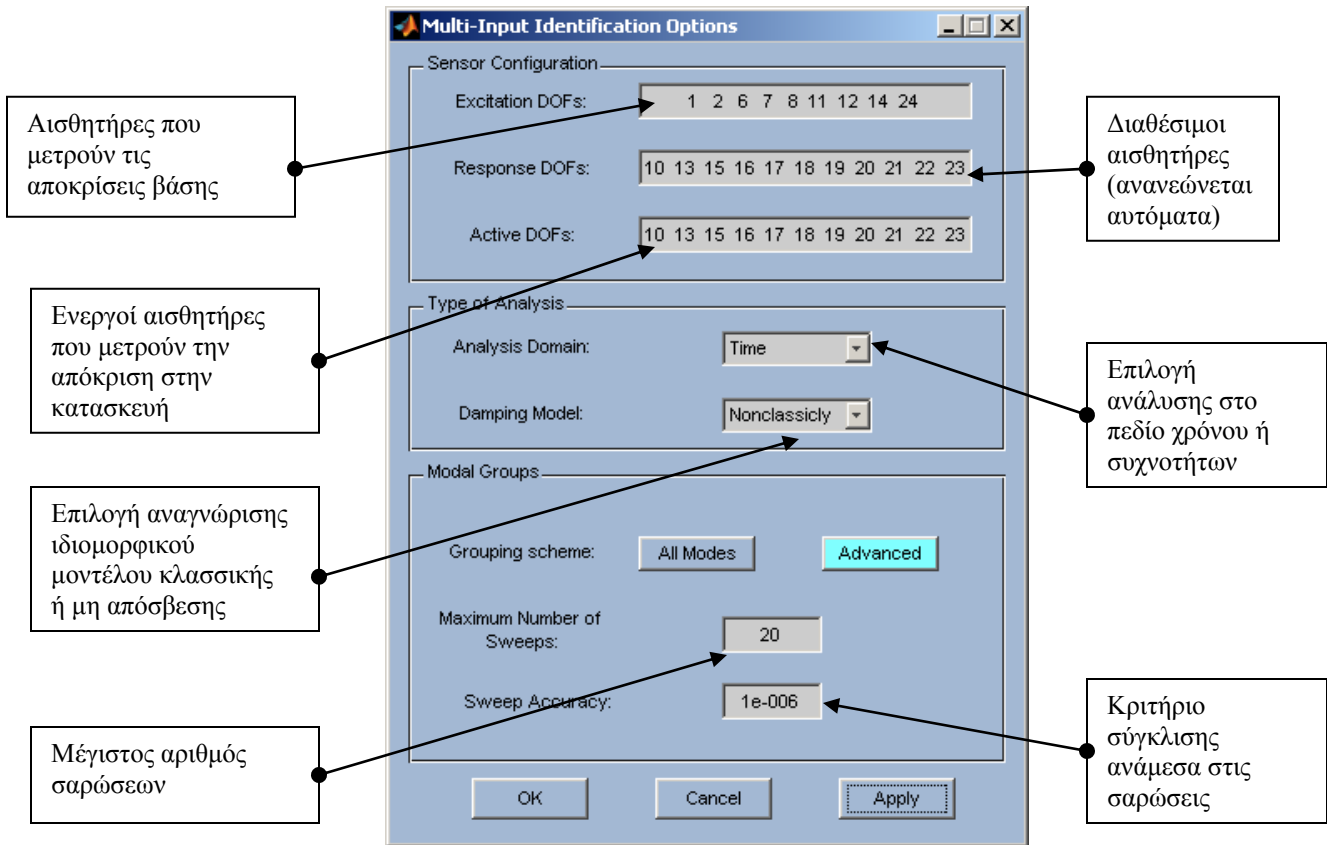


Εικόνα 8: Το παράθυρο διαλόγου "Identification Options".

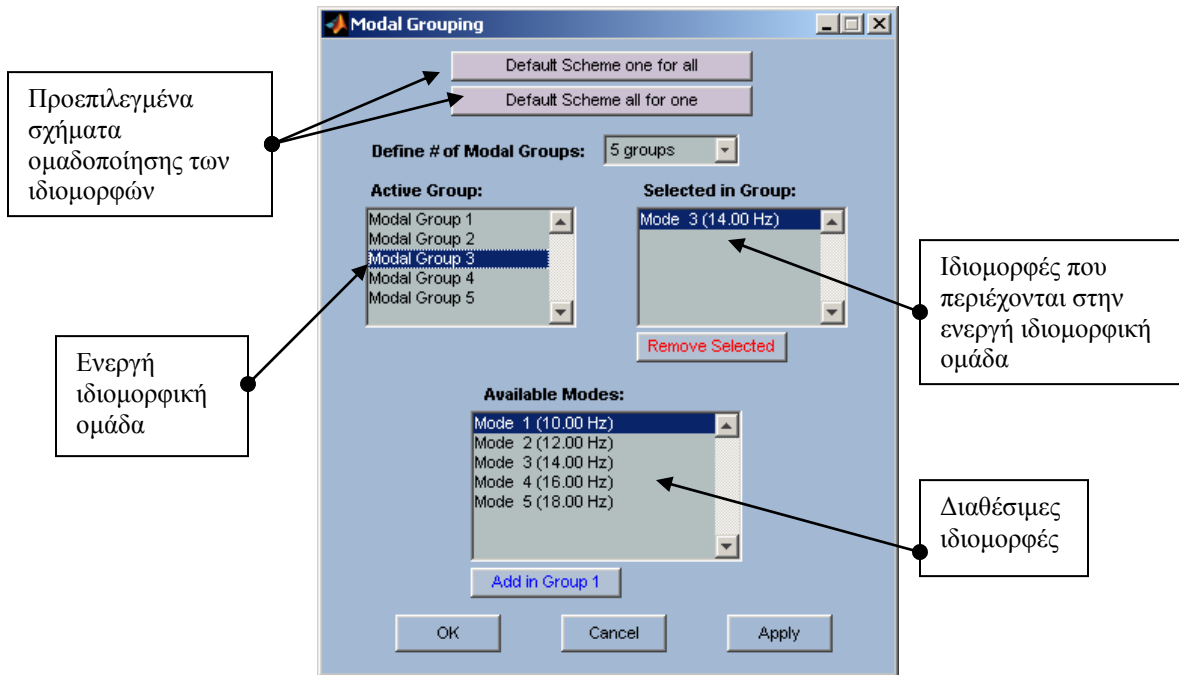
2.2.7. Το παράθυρο διαλόγου “Multi-Input Options”

Το παράθυρο διαλόγου Multi-Input Options (Εικόνα 9) περιέχει τις ρυθμίσεις του αλγόριθμου αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευών σε αποκρίσεις από σεισμικά φορτία (εξαναγκασμένη ταλάντωση) τα οποία είναι γνωστά (αποκρίσεις βάσης). Κατά την εκτέλεση του αλγόριθμου αναγνώρισης υπολογίζονται οι ζητούμενες τιμές των χαρακτηριστικών του ιδιομορφικού μοντέλου (ιδιοσυχνότητες, συντελεστές απόσβεσης, συντελεστές συνεισφοράς και ιδομορφές), στα εύρη των τιμών που ο χρήστης έχει καθορίσει. Το λογισμικό περιέχει δυο μεθοδολογίες αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών για την περίπτωση των ταλαντώσεων από σεισμικά φορτία. Η πρώτη μεθοδολογία υπολογίζει τα ιδιομορφικά χαρακτηριστικά ελαχιστοποιώντας τη συνάρτηση σφάλματος που εκφράζει τη διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη απόκριση (χρονοϊστορία) από την κατασκευή και στην απόκριση που προβλέπεται από το ιδιομορφικό μοντέλο της κατασκευής στο πεδίο χρόνου, ενώ η δεύτερη εργάζεται με τον ίδιο τρόπο αλλά για στο πεδίο συχνοτήτων. Οι δύο μεθοδολογίες εφαρμόζονται για τον υπολογισμό των ιδιομορφικών μοντέλων κλασσικής αλλά και μη κλασσικής απόσβεσης.

Για την εκτέλεση της αναγνώρισης, ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει ποιοι από τους αισθητήρες μετρούν τις αποκρίσεις βάσης (Excitation DOFs) και ποιοι από τους υπόλοιπους αισθητήρες είναι ενεργοί (Active DOFs), λαμβάνονται δηλαδή υπόψη κατά τη διαδικασία της αναγνώρισης. Στη συνέχεια πρέπει να επιλεγεί η μεθοδολογία η οποία θα εφαρμοστεί (πεδίο χρόνου ή πεδίο συχνοτήτων) και το μοντέλο απόσβεσης που θα αναγνωρισθεί (κλασσικής ή μη κλασσικής απόσβεσης). Τέλος για την περίπτωση που χρησιμοποιούνται σαρώσεις (sweeps), θα πρέπει να οριστεί ο μέγιστος αριθμός των σαρώσεων (Maximum Number of Sweeps) που εκτελούνται για τον υπολογισμό των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών καθώς και το κριτήριο σύγκλισης (Sweeps Tolerance) ανάμεσα στις σαρώσεις. Ο ορισμός των ιδιομορφικών ομάδων (modal groups) για τις οποίες γίνονται οι σαρώσεις γίνεται στο παράθυρο Modal Grouping το οποίο εμφανίζεται κατά την επιλογή Advanced. Η επιλογή All modes ομαδοποιεί όλα τα ιδιομορφικά χαρακτηριστικά σε μία ομάδα.



Εικόνα 9: Το παράθυρο διαλόγου "Multi-Input Options".

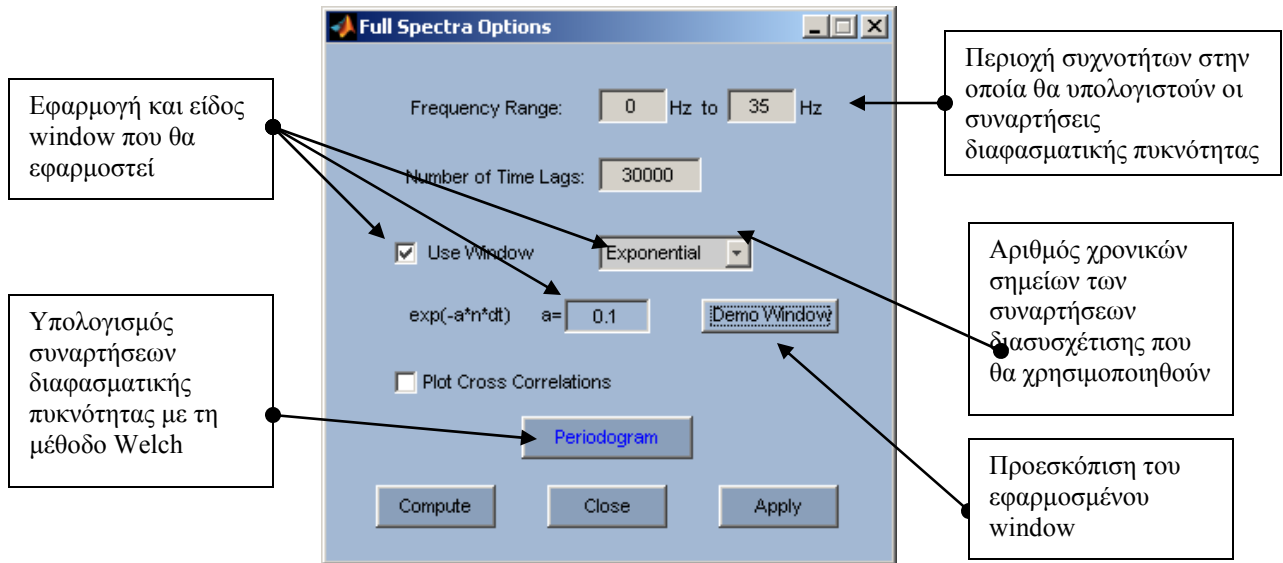


Εικόνα 10: Το παράθυρο διαλόγου "Modal Grouping".

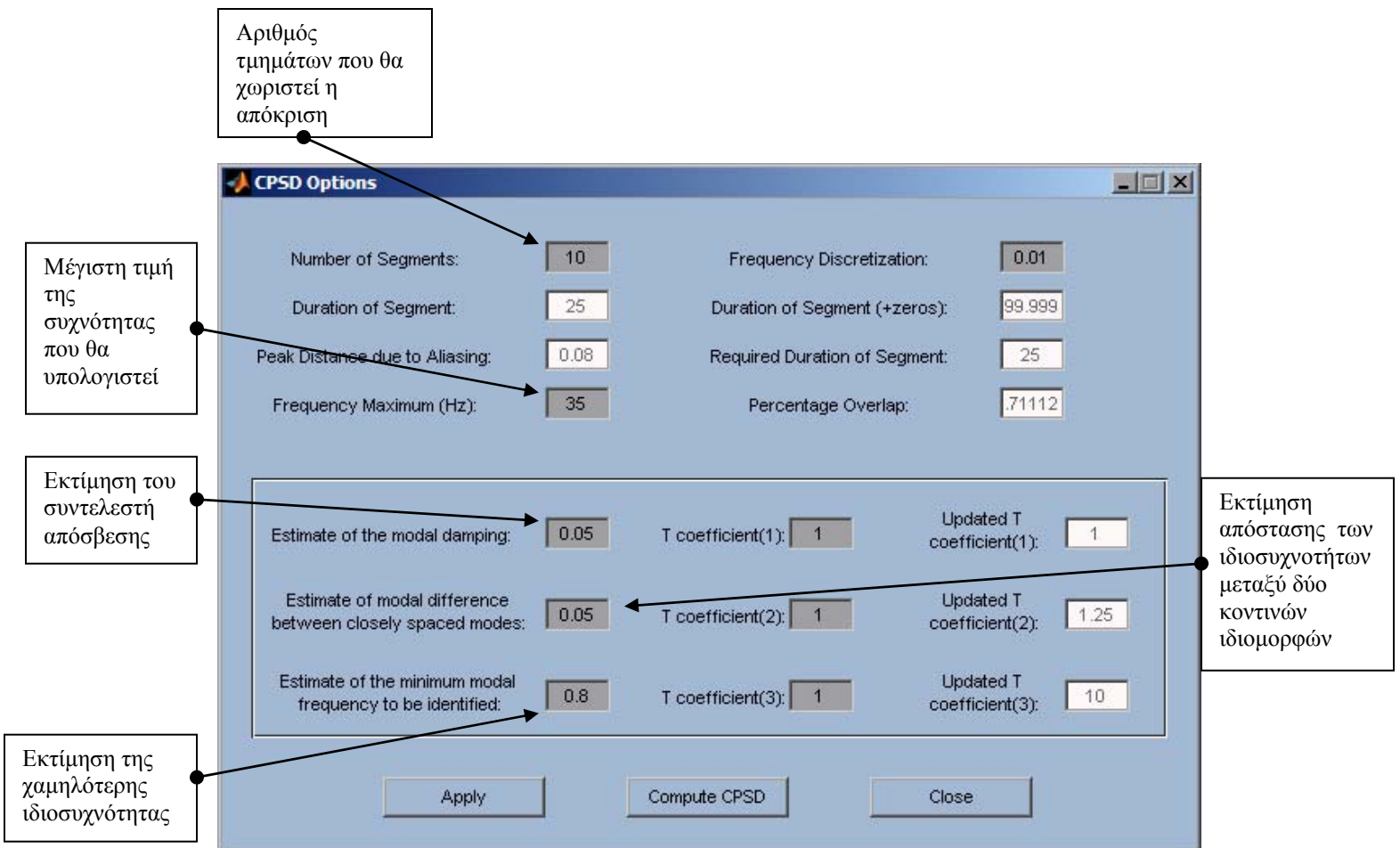
2.2.8. Τα παράθυρα διαλόγου “Full Spectra Options” και “Half Spectra Options”

Το παράθυρο διαλόγου Full Spectra Options (Εικόνα 11) περιέχει τις ρυθμίσεις των παραμέτρων του αλγόριθμου υπολογισμού των συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας της απόκρισης που απαιτούνται για τη διαδικασία αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευής από απόκριση σε λειτουργικά φορτία. Ο αποδοτικός υπολογισμός των συναρτήσεων διαφασματικής πυκνότητας της απόκρισης καθορίζει σε υψηλό βαθμό την απόδοση του αλγόριθμου αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών. Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει τις συναρτήσεις διαφασματικής πυκνότητας με δύο μεθόδους. Με την πρώτη μέθοδο οι συναρτήσεις διαφασματικής πυκνότητας υπολογίζονται από το μετασχηματισμό Fourier των συναρτήσεων διασυσχέτισης (cross correlation) της απόκρισης, ενώ η δεύτερη μέθοδος υπολογίζει τις συναρτήσεις διαφασματικής πυκνότητας εφαρμόζοντας τη μέθοδο Welch (Periodogram). Και στις δύο μεθοδολογίες ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προσθέσει στο σήμα του κάποιο window (exponential, hanning) με σκοπό να αποφύγει το φαινόμενο *leakage*. Ακριβώς όμοιες επιλογές υπάρχουν και για τον υπολογισμό των μισών συναρτήσεων διαφασματικής πυκνότητας (Half Spectra Options).

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο Welch οι παράμετροι υπολογισμού των συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας πρέπει να επιλεγθούν κατάλληλα (Εικόνα 12) έτσι ώστε να εμπεριέχονται στις συναρτήσεις οι πληροφορίες για τα ιδιομορφικά χαρακτηριστικά χωρίς να υπερεκτιμάται το σήμα της απόκρισης (καλή διακριτοποίηση), καθώς και να αποφευχθούν φαινόμενα *aliasing* ή *leakage*. Για να υπολογιστούν αποδοτικά οι συναρτήσεις φασματικής πυκνότητας θα πρέπει ο χρήστης να ορίσει τον αριθμό των τμημάτων (segments) στα οποία θα «σπάσει» την ιστορία του σήματος, καθώς και τη μέγιστη τιμή της συχνότητας για την οποία θα υπολογιστούν οι συναρτήσεις. Ακόμη για καλή διακριτοποίηση θα πρέπει να εισάγει εκτιμήσεις για την μικρότερη σε τιμή ιδιοσυχνότητα που επιθυμεί να υπολογιστεί, καθώς και για την τιμή του συντελεστή απόσβεσης. Τέλος για να διακρίνονται και να αναγνωριστούν κοντινές ιδιομορφές (closely spaced modes), ένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα την αναγνώρισης μορφικών χαρακτηριστικών, θα πρέπει να εκτιμηθεί η μεταξύ τους απόσταση των ιδιοσυχνοτήτων. Πολλές από τις ρυθμίσεις του αλγορίθμου υπολογισμού των συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας της απόκρισης έχουν προκαθορισμένες τιμές ενώ άλλες υπολογίζονται αυτόματα από το λογισμικό λαμβάνοντας υπόψη το σήμα της απόκρισης που θα αναλυθεί. Αλλαγές σε πολλές από τις ρυθμίσεις αυτές απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή και προτείνονται μόνο σε εξειδικευμένους χρήστες στο πρόβλημα του υπολογισμού συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας και γενικότερα ανάλυσης σήματος. Ατυχείς αλλαγές στις ρυθμίσεις του λογισμικού μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα κατά τον υπολογισμό των συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας και συνεπώς σε αποτυχία της εκτέλεσης της αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών.



Εικόνα 11: Το παράθυρο διαλόγου "Full Spectra Options".



Εικόνα 12: Το παράθυρο διαλόγου "CPSD Options"

2.2.9. Το παράθυρο διαλόγου “Quasi-Newton Options”

Το παράθυρο διαλόγου Quasi-Newton Options (Εικόνα 13) περιέχει τις ρυθμίσεις των παραμέτρων του αλγόριθμου βελτιστοποίησης (ελαχιστοποίησης) της συνάρτησης σφάλματος, που εκφράζει τη διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη απόκριση από την κατασκευή και στην απόκριση που προβλέπεται από το ιδιομορφικό μοντέλο της κατασκευής που εκτελείται για τη διαδικασία αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευής από απόκριση είτε σε λειτουργικά φορτία είτε σε σεισμικά φορτία. Η ελαχιστοποίηση των συναρτήσεων σφάλματος επιτυγχάνεται εφαρμόζοντας κατάλληλα τη συνάρτηση βιβλιοθήκης `fminunc` του Optimization Toolbox του MATLAB.

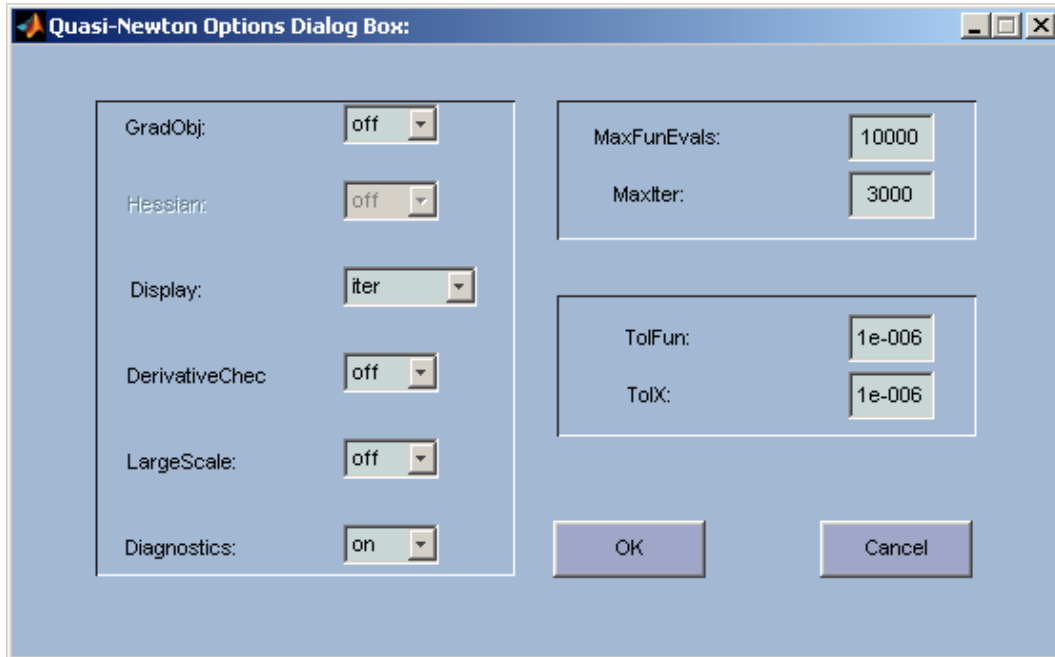
Οι παράμετροι του αλγόριθμου οι οποίες έχουν επιλεγεί ώστε να μπορεί ο χρήστης του λογισμικού MITool να επέμβει είναι αυτές που καθορίζουν τη μεθοδολογία της βελτιστοποίησης που κάθε φορά χρησιμοποιείται, αλλά και τα κριτήρια σύγκλισης τα οποία πρέπει να ικανοποιούνται για τον τερματισμό του αλγόριθμου. Κατά την εκτέλεση του αλγόριθμου βελτιστοποίησης ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί στο Command Window του MATLAB την εξέλιξη της διαδικασίας καθώς και τον τερματισμό (σύγκλιση ή όχι) του αλγόριθμου (επιλογή Display: iter). Αλλάζοντας τις παραμέτρους της `fminunc` είναι δυνατό να επιτύχει καλύτερη σύγκλιση και συνεπώς καλύτερα αποτελέσματα για την αναγνώριση των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών. Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά οι επιλογές του παράθυρου επιλογών Quasi-Newton Options, περισσότερες λεπτομέρειες υπάρχουν στο εγχειρίδιο βοήθειας του Optimization Toolbox του MATLAB.

GradObj	Καθορίζει αν χρησιμοποιείται (on) ή όχι (off) η αναλυτική συνάρτηση της παραγώγου που χρησιμοποιείται κατά τη σύγκλιση.
Display	Καθορίζει το επίπεδο εμφάνισης πληροφοριών κατά την εκτέλεση του αλγόριθμου βελτιστοποίησης. Οι επιλογές, off δεν εμφανίζεται καμία πληροφορία, iter εμφανίζεται πληροφορία για κάθε επανάληψη της διαδικασίας και final εμφανίζεται πληροφορία μόνο για τον τερματισμό του αλγόριθμου.
DerivativeCheck	Συγκρίνει την αναλυτική τιμή της παραγώγου με την αριθμητική
LargeScale	Καθορίζει αν θα εφαρμοστεί αλγόριθμος βελτιστοποίησης μεγάλης κλίμακας ή όχι.
MaxFunEvals	Καθορίζει το μέγιστο αριθμό υπολογισμών των τιμών της αντικειμενικής συνάρτησης.
MaxIter	Καθορίζει το μέγιστο αριθμό επαναλήψεων για τον υπολογισμό των τιμών της αντικειμενικής συνάρτησης.
TolFun	Μέγιστη τιμή της παραγώγου της αντικειμενικής συνάρτησης που ικανοποιεί το κριτήριο σύγκλισης.
TolX	Ελάχιστη τιμή του βήματος κατά την επαναληπτική διαδικασία του αλγόριθμου βελτιστοποίησης.

Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης βαθμίδας που εφαρμόζονται για την επίλυση του προβλήματος εύρεσης των ιδιομορφικών παραμέτρων έχουν αναβαθμιστεί με εισαγωγή των αναλυτικών σχέσεων για τον υπολογισμό των παραγώγων των αντικειμενικών συναρτήσεων. Η επιλογή χρήσης των αναλυτικών σχέσεων γίνεται επιλέγοντας GradObj -> on. Με την εισαγωγή των αναλυτικών σχέσεων των

παραγώγων, αν και αυξάνεται ο αριθμός των υπολογισμών που απαιτούνται για την επίλυση του προβλήματος, επιτυγχάνεται πιο γρήγορα η σύγκλιση του αλγορίθμου και έτσι μειώνεται τελικά ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για την εύρεση των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών.

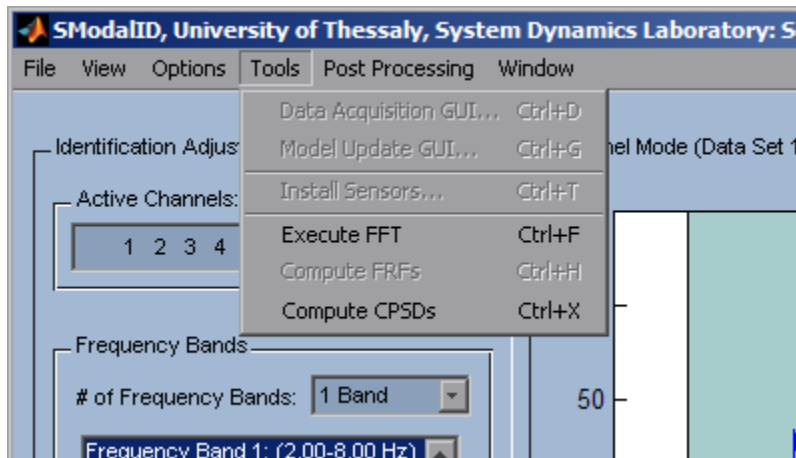
Επιλογές βελτιστοποίησης της
συνάρτησης `fminunc` της
βιβλιοθήκης του MATLAB



Εικόνα 13: Το παράθυρο διαλόγου "Quasi-Newton Options"

2.2.10. To Tools menu

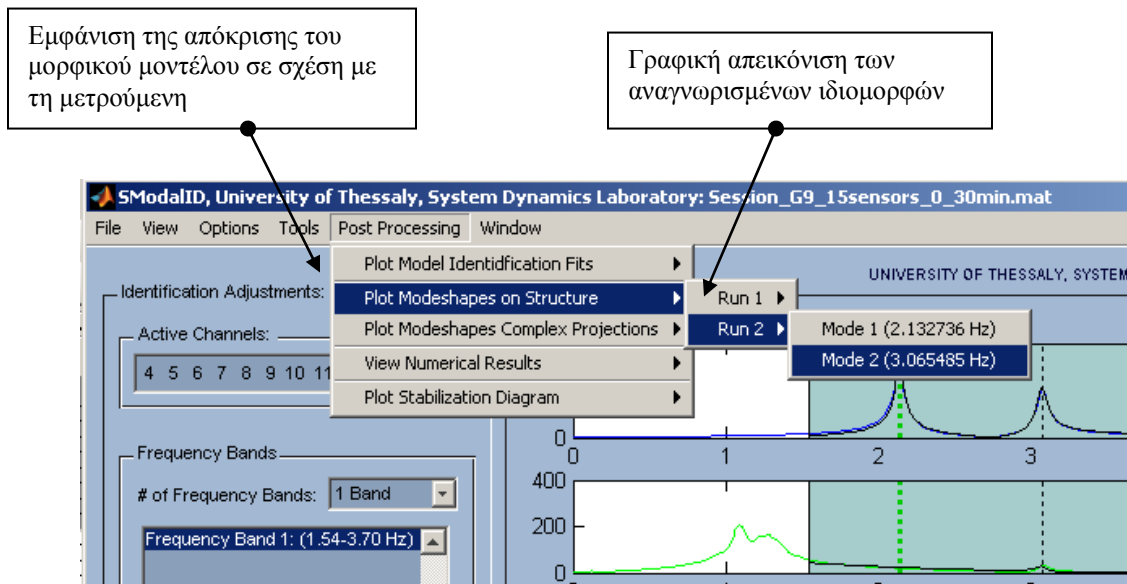
Από το Tools menu (Εικόνα 14) ο χρήστης έχει πρόσβαση στα περιφερειακά εργαλεία του λογισμικού MITool. Από το menu αυτό μπορεί να εκτελέσει απευθείας διαδικασίες ανάλυσης του μετρούμενου σήματος στο πεδίο συχνοτήτων, όπως ανάλυση Fourier και υπολογισμό των συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας. Οι διαδικασίες αυτές εκτελούνται έχοντας ως επιλεγμένες παραμέτρους τις επιλογές που έχουν εφαρμοστεί από τα παράθυρα διαλόγου του Options menu.



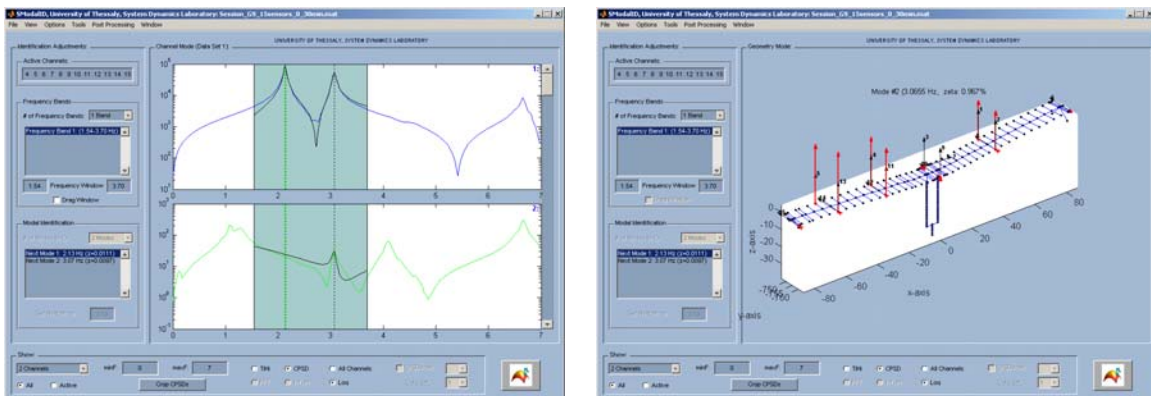
Εικόνα 14: To **Tools** menu

2.2.11. To Post Processing menu

Το Post Processing menu (Εικόνα 15) ενεργοποιείται αυτόματα αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εκτέλεσης της διαδικασίας αναγνώρισης και τον υπολογισμό του ιδιομορφικού μοντέλου ή απόκριση του οποίου προσεγγίζει την μετρούμενη απόκριση. Από το menu αυτό ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εμφανίσει στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού MITool τα αποτελέσματα της αναγνώρισης επιλέγοντας την κάθε εφαρμογή που έχει τρέξει. Συγκεκριμένα, έχει τη δυνατότητα να εμφανίσει την προσέγγιση της απόκρισης του ιδιομορφικού μοντέλου (Model Identification Fits) και να τη συγκρίνει με την μετρούμενη (Εικόνα 16α). Ακόμη έχει τη δυνατότητα να εμφανίσει γραφικά τις τιμές των ιδιομορφικών συνιστωσών στα σημεία μέτρησης (Εικόνα 16β). Ακόμη έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει συνοπτικό αρχείο εξόδου με τα αποτελέσματα της αναγνώρισης.



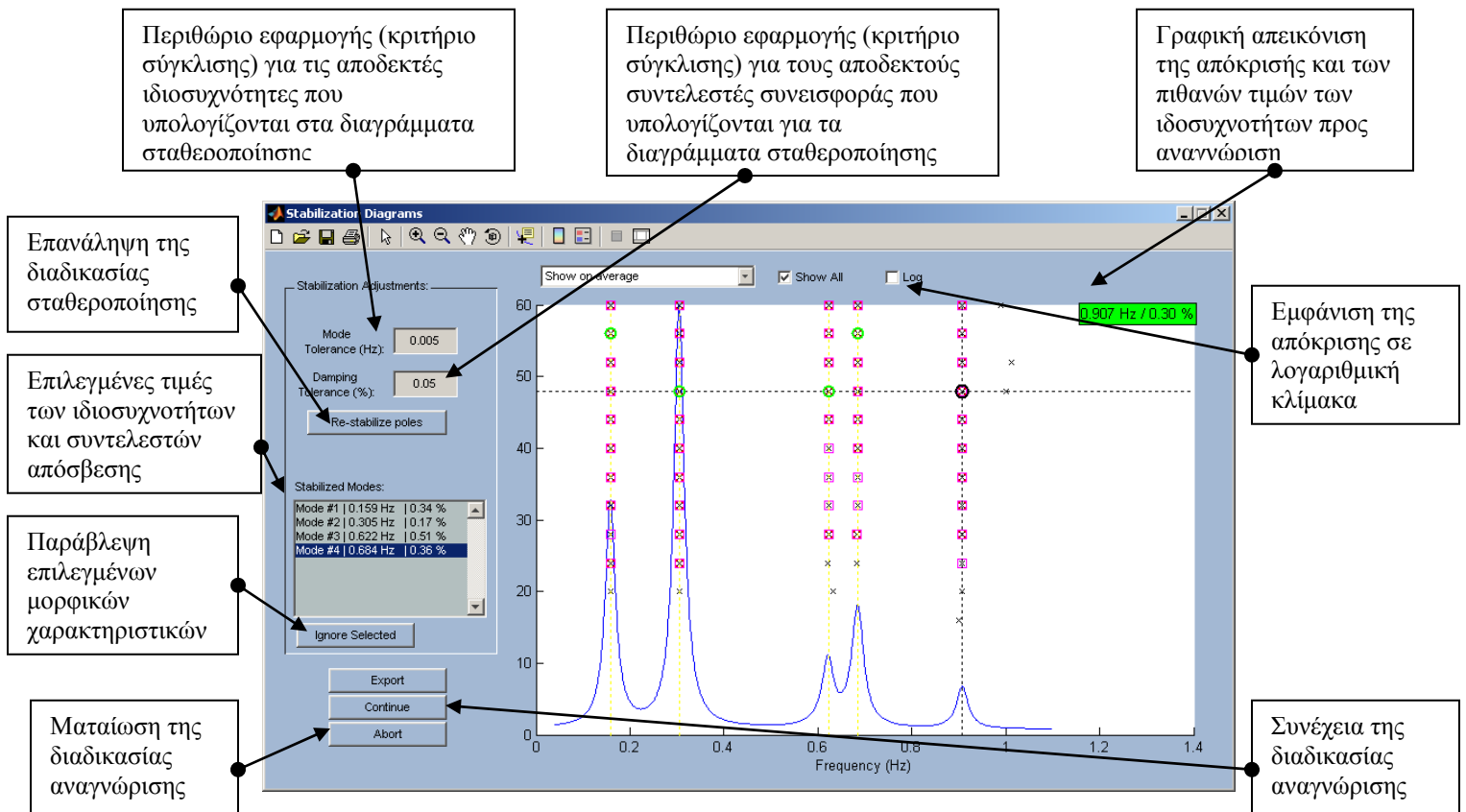
Εικόνα 15: Το Post Processing menu



Εικόνα 16: Η απόκριση του λογισμικού στις επιλογές του Post Processing menu.
(α) Η προσέγγιση της απόκρισης του ιδιομορφικού μοντέλου σε σχέση με τη μετρούμενη,
(β) Γραφική απεικόνιση της αναγνωρισμένης ιδιομορφής

2.3. Τα Stabilization Diagrams

Τα διαγράμματα σταθεροποίησης (stabilization diagrams) εμφανίζονται κατά τη διαδικασία εκτέλεσης της αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών από μετρήσεις απόκρισης κατασκευής σε λειτουργικά φορτία και περιέχουν πληροφορίες για τις τιμές των αναγνωριζομένων ιδιομορφικών χαρακτηριστικών. Η εμφάνισή τους (Εικόνα 17) εξαρτάται από το αν ο χρήστης έχει επιλέξει κατά τον καθορισμό της μεθοδολογίας αναγνώρισης που θα υλοποιηθεί την εκτέλεση του πρώτου Βήματος (Run Step 1) από το παράθυρο διαλόγου Identification Options που παρουσιάστηκε σε προηγούμενη παράγραφο. Τα διαγράμματα σταθεροποίησης παρουσιάζουν πιθανές τιμές των ιδιοσυχνοτήτων και συντελεστών απόσβεσης όπως αυτές υπολογίζονται αναλύοντας το σήμα της μετρούμενης απόκρισης. Ο χρήστης ζητείται να καθορίσει ποιες από τις τιμές αυτές που έχουν υπολογιστεί φαίνεται να είναι δεκτές και να αγνοήσει τις υπόλοιπες για να συνεχιστεί η διαδικασία της αναγνώρισης και να υπολογιστούν και τα υπόλοιπα ιδιομορφικά χαρακτηριστικά. Ακόμη ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ζητήσει την επανάληψη της διαδικασίας σταθεροποίησης (Re-stabilize poles) αλλάζοντας το περιθώριο εφαρμογής (Mode Tolerance και Damping Tolerance) αλλάζοντας έτσι τις αποδεκτές πιθανές τιμές που υπολογίζονται.



Εικόνα 15: Το διάγραμμα σταθεροποίησης (stabilization diagram)

3. Βήμα-προς-Βήμα Οδηγός Εφαρμογής

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι οδηγίες για μία βήμα προς βήμα εφαρμογή αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών κατασκευών χρησιμοποιώντας το λογισμικό MITool. Πρόκειται για δύο πλήρη παραδείγματα αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών της γέφυρας Γ9 του Πολύμυλου με μετρούμενες αποκρίσεις σε λειτουργικά φορτία και το δεύτερο της γέφυρας Γ2 της Καβάλας με προσομοιωμένες μετρούμενες αποκρίσεις σε σεισμικά φορτία.

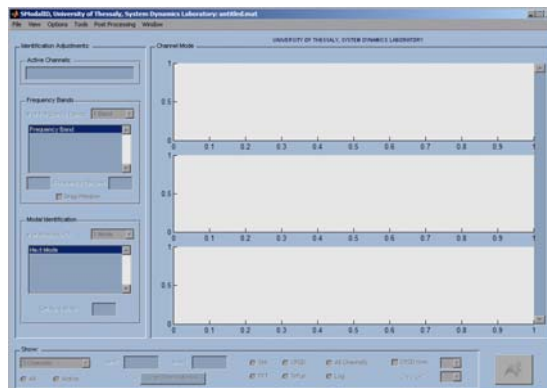
Οι κατασκευές (γέφυρες Γ9-Πολύμυλος και Γ2-Καβάλα) έχουν ενοργανωθεί κατάλληλα και οι μετρούμενες αποκρίσεις καθώς και μία γεωμετρία (γραφική απεικόνιση) της κατασκευής με το δίκτυο των αισθητήρων πάνω έχουν αποθηκευτεί σε συμβατά με το λογισμικό αρχεία εισόδου, όπως αυτά περιγράφηκαν στην παράγραφο 2.2.1. Η διαδικασία που θα περιγραφεί αποτελείται από τα βήματα κατά τα οποία ο χρήστης θα φορτώσει τις μετρήσεις καθώς και τη γεωμετρία της κατασκευής και τα εμφανίσει στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού. Στη συνέχεια θα μεταφέρει κατάλληλα τις μετρούμενες αποκρίσεις στο πεδίο συχνοτήτων (ανάλυση Fourier, ανάλυση φασματικής πυκνότητας) και θα τις επεξεργαστεί κατάλληλα. Στα επόμενα βήματα θα ορίσει τα εύρη των τιμών για τα οποία θα γίνει η ανάλυση καθώς και τον αριθμό των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών που ζητά να αναγνωρίσει και αφού ορίσει τη μεθοδολογία την οποία θα εφαρμόσει θα εκτελέσει την αναγνώριση. Τέλος παρουσιάζονται τα βήματα κατά τα οποία ο χρήστης θα εμφανίσει τα αποτελέσματα της αναγνώρισης στην οθόνη του και θα τα εξάγει στο MATLAB.

3.1. Εφαρμογή αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών γέφυρας Γ9 (Πολύμυλος) από μετρήσεις απόκρισης σε λειτουργικά φορτία

Βήμα 1^ο Έναρξη προγράμματος MITool

1. Αφού έχει αντιγραφεί ο φάκελος MITool από το συνημμένο CD στον υπολογιστή του χρήστη πρέπει να συμπεριληφθεί ο φάκελος MITool με τους υποφακέλους του στο path του Matlab.
2. Το πρόγραμμα MITool θα τρέξει πληκτρολογώντας MITool στο Command Window του Matlab.

Απόκριση Προγράμματος



Βήμα 2° Προσδιορισμός Only-Output αναγνώρισης-Στοιχεία αρχείου εισόδου

1. Από το **File Menu** επιλέγεται **Preferences** (Ctrl-P).
2. Στο παράθυρο διαλόγου Preferences που εμφανίζεται επιλέγεται η θέση **Multi Output Only** (προεπιλεγμένη) που καθορίζει ότι η αναγνώριση θα γίνει με μετρήσεις απόκρισης από την κατασκευή σε λειτουργικά φορτία.
3. Τα υπόλοιπα στοιχεία εισόδου αφορούν τα ονόματα των μεταβλητών που περιέχονται στο αρχείο εισόδου που πρόκειται να φορτωθεί και παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 2.2.1. Για όλα τα αρχεία εισόδου που υπάρχουν στο συνημμένο CD ισχύουν τα προεπιλεγμένα ονόματα *accel*, *dt*, *FNode*, *FEelt*, *sensors*, *channeltext* και *ndim*.

Απόκριση Προγράμματος

The image shows a screenshot of the SModalID software interface. On the left, the File menu is open, and the 'Preferences...' option is highlighted. An arrow points from a callout box labeled '1. Επιλογή Preferences' to this menu item. On the right, the Preferences dialog box is open. The 'Type of Identification' section has 'Multi Output Only' selected with a radio button. An arrow points from a callout box labeled '2. Επιλογή Multi Output Only' to this radio button. Below this, the 'Data Interface Variable Names' section has 'Measured Response' set to 'accel', 'Measured Excitation' set to 'Ft', and 'Time Discretion' set to 'dt'. The 'Geometry Variable Names' section has 'Use Comsol Geometry' checked, 'Comsol FEId' set to 'fem', 'Nodes' set to 'FNode', and 'Elements' set to 'FEelt'. The 'Other Variable Names' section has 'Sensors' set to 'sensors', 'Channel Labels' set to 'channeltext', and 'Number of Dimensions' set to 'ndim'. An arrow points from a callout box labeled '3. Ονόματα μεταβλητών αρχείου εισόδου' to these input fields. At the bottom of the dialog are 'OK', 'Cancel', and 'Apply' buttons.

Βήμα 3° Φόρτωση αρχείου εισόδου

1. Από το **File Menu** επιλέγεται **Load Experimental Data & Structure**(Ctrl-O).
2. Στο παράθυρο διαλόγου Load Experimental Data Set 1 που εμφανίζεται επιλέγεται το αρχείο εισόδου **G9_transverse_channels_0-30min.mat** που περιέχει μετρήσεις 30 λεπτών της απόκρισης από δίκτυο αισθητήρων πάνω στη γέφυρα Γ9 του Πολύμυλου σε λειτουργικά φορτία.

Απόκριση Προγράμματος

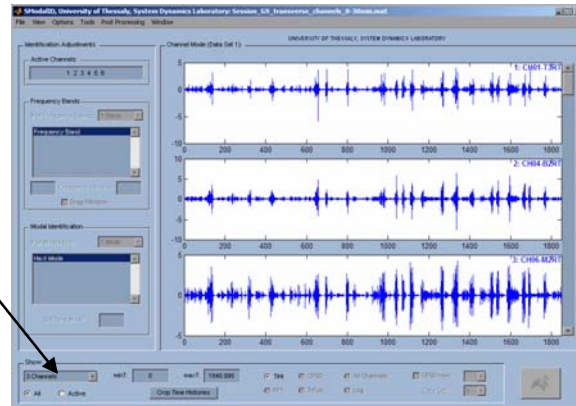
The image shows two screenshots from the SModalID software. The top screenshot displays the 'File' menu with 'Load Experimental Data & Structure...' selected. A callout box on the left points to this menu item with the text '1. Επιλογή Load Experimental Data & Structure'. The bottom screenshot shows the 'Load Experimental Data Set 1' dialog box with the file 'G9_transverse_channels_0-30min' selected in the file list. A callout box on the right points to this file with the text '2. Επιλογή του αρχείου εισόδου'.

Βήμα 4° Γραφική απεικόνιση μετρήσεων και δικτύου αισθητήρων

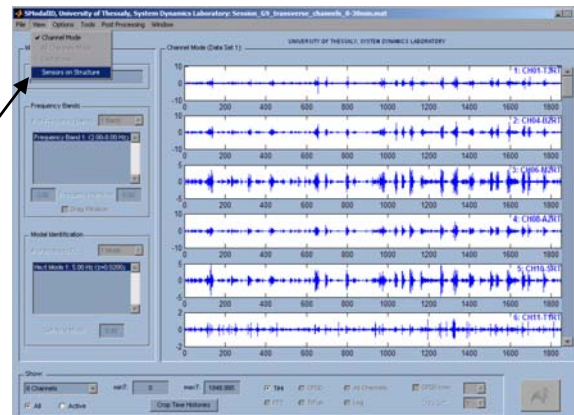
1. Στο κυρίως παράθυρο του MITool επιλέγεται Show: 6 Channels
2. Για να εμφανιστεί η γεωμετρία της κατασκευής με το δίκτυο αισθητήρων από το **View menu** επιλέγεται **Sensors on Structure**
3. Για να επανέλθουν οι χρονοϊστορίες από το **View menu** επιλέγεται **Channel Mode**

Απόκριση Προγράμματος

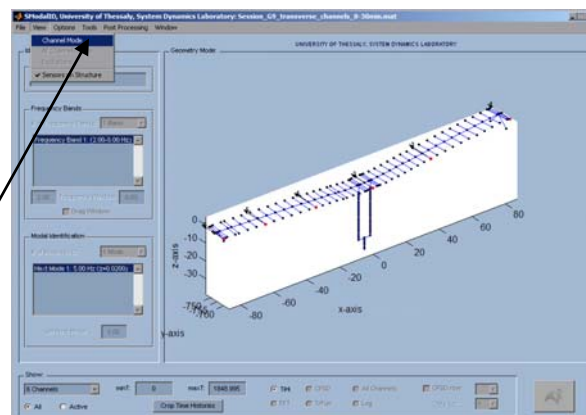
1. Επιλογή Show: 6 Channels



2. Επιλογή Sensors on Structure



3. Επιλογή Channel Mode

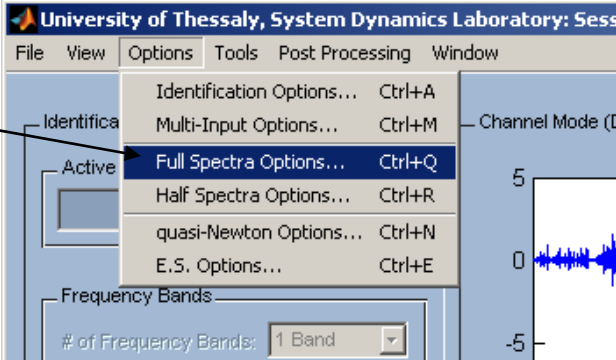


Βήμα 5° Υπολογισμός συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας

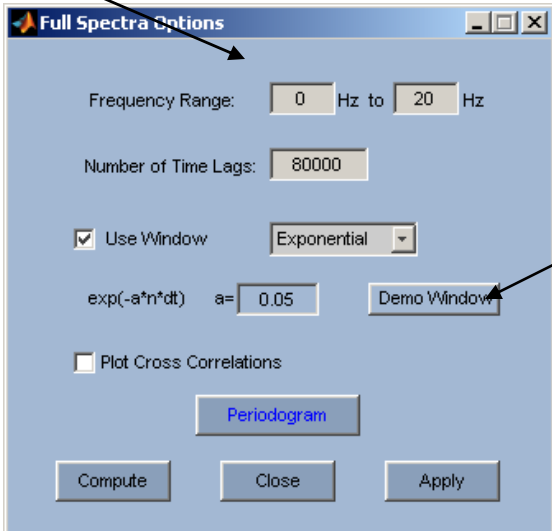
1. Από το **Options Menu** επιλέγεται **Full Spectra Options** (Ctrl-R).
2. Στο παράθυρο διαλόγου **Full Spectra Options** που εμφανίζεται εισάγονται οι κατάλληλες ρυθμίσεις όπως περιγράφηκαν στην παράγραφο 2.2.8 για τον υπολογισμό των συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας της μετρούμενης απόκρισης.
3. Με το πλήκτρο **Compute** γίνεται η εκκίνηση της διαδικασίας υπολογισμού των συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας.
4. Όταν ολοκληρωθεί ο υπολογισμός των συναρτήσεων φασματικής πυκνότητας εμφανίζονται στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού. Από το στοιχείο Show: Log είναι δυνατό να εμφανιστούν σε λογαριθμική κλίμακα.
5. Από το View menu και την επιλογή All Channel Mode ή από το στοιχείο Show: All Channels εμφανίζονται όλες οι συναρτήσεις φασματικής πυκνότητας στο ίδιο παράθυρο

Απόκριση Προγράμματος

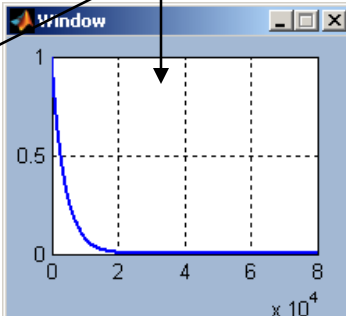
1. Επιλογή του Options menu: Full Spectra Options

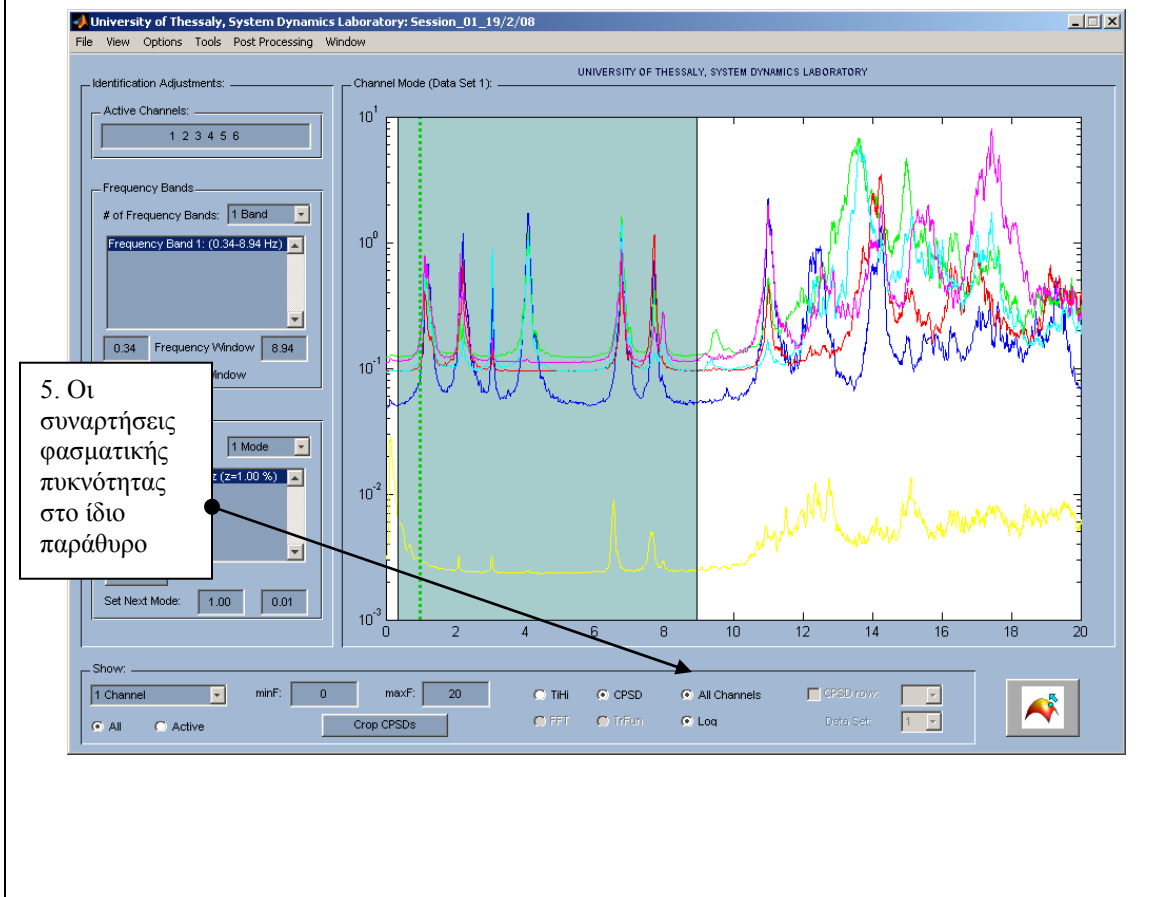
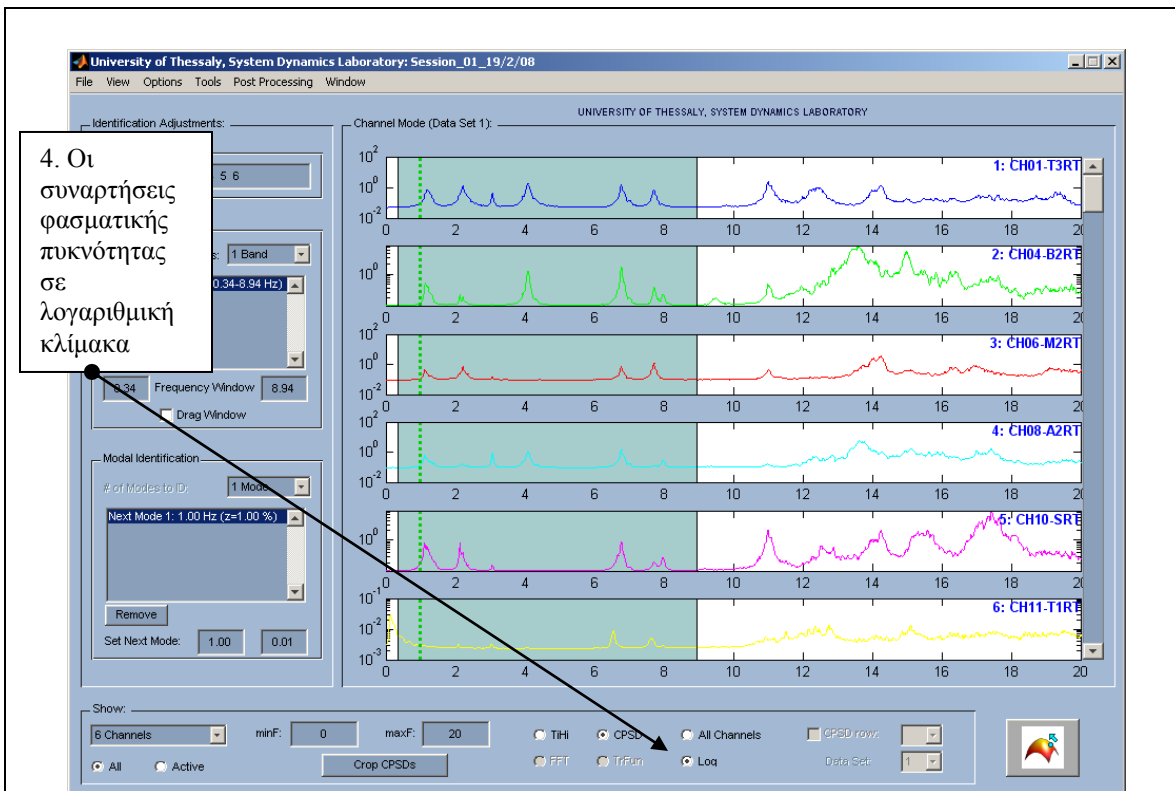


2. Επιλογές του παράθυρου διαλόγου CPSD Options



3. Προεσκόπηση του exponential window που εφαρμόζεται

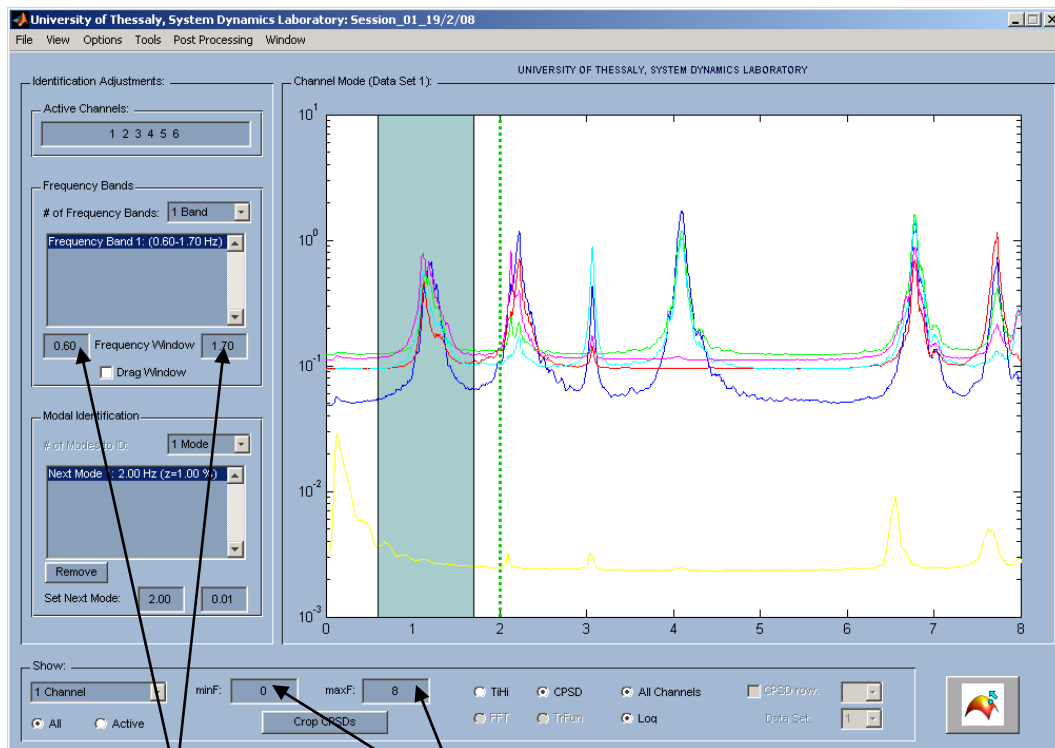




Βήμα 6° Καθορισμός εύρους τιμών της αναγνώρισης

1. Στο κυρίως παράθυρο του MITool επιλέγεται να εμφανιστεί από 0.5 έως 8 Hz θέτοντας minF: 0 και maxF: 8
2. Το εύρος των συχνοτήτων για το οποίο θα γίνει η αναγνώριση στο Frequency Window επιλέγεται 0.6 και 1.7 Hz

Απόκριση Προγράμματος



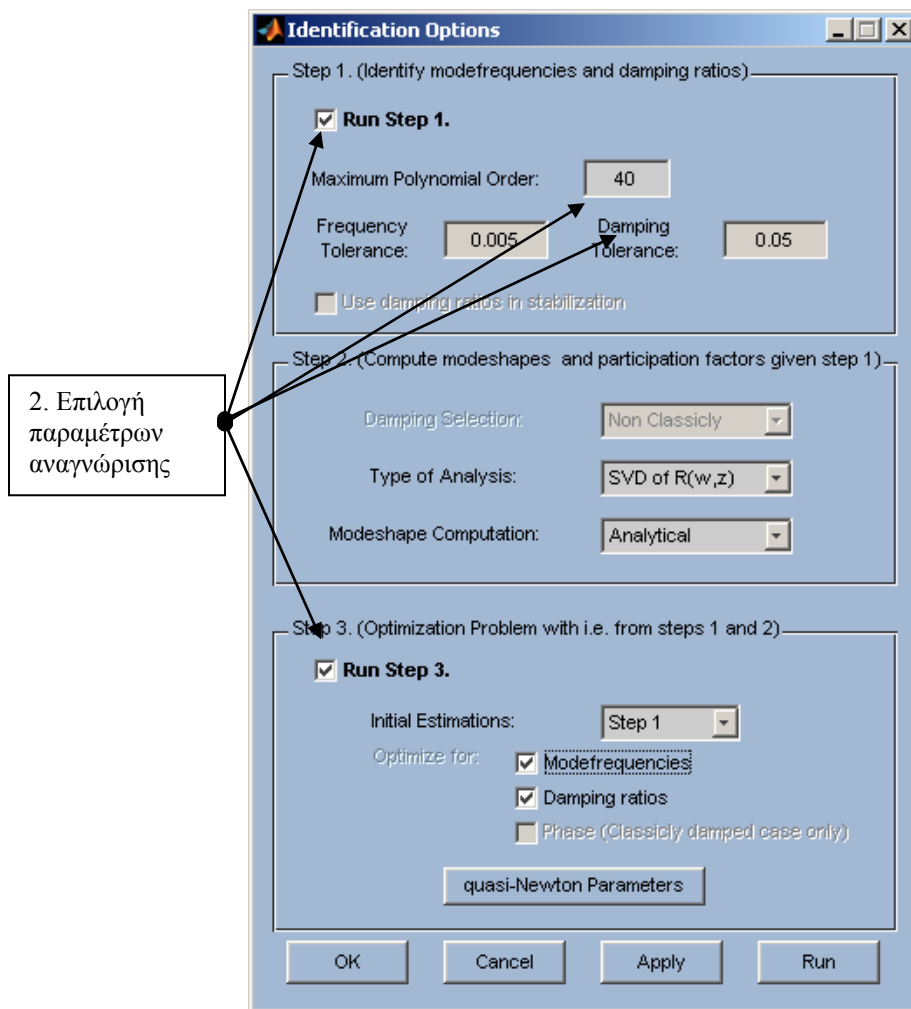
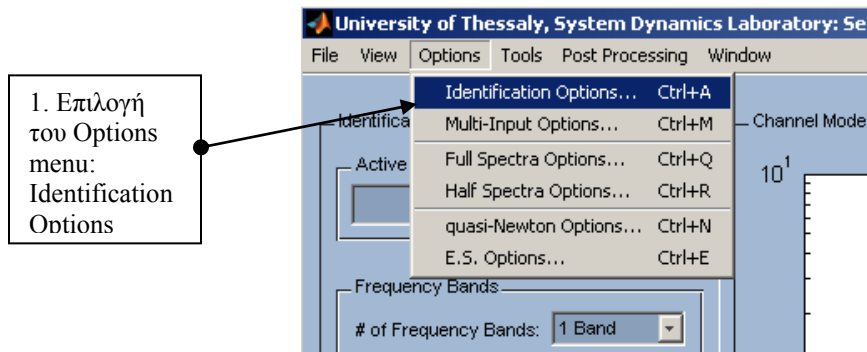
2. Επιλογή εύρους τιμών που θα γίνει η αναγνώριση
Frequency Window : 0.6 έως 1.7 Hz

1. Επιλογή σε Hz
minF: 0 maxF: 8

Βήμα 7^ο Καθορισμός μεθοδολογίας της αναγνώρισης

1. Από το **Options Menu** επιλέγεται **Identification Options** (Ctrl-A).
2. Στο παράθυρο διαλόγου Identification Options επιλέγονται οι ρυθμίσεις του αλγόριθμου αναγνώρισης που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 2.2.6

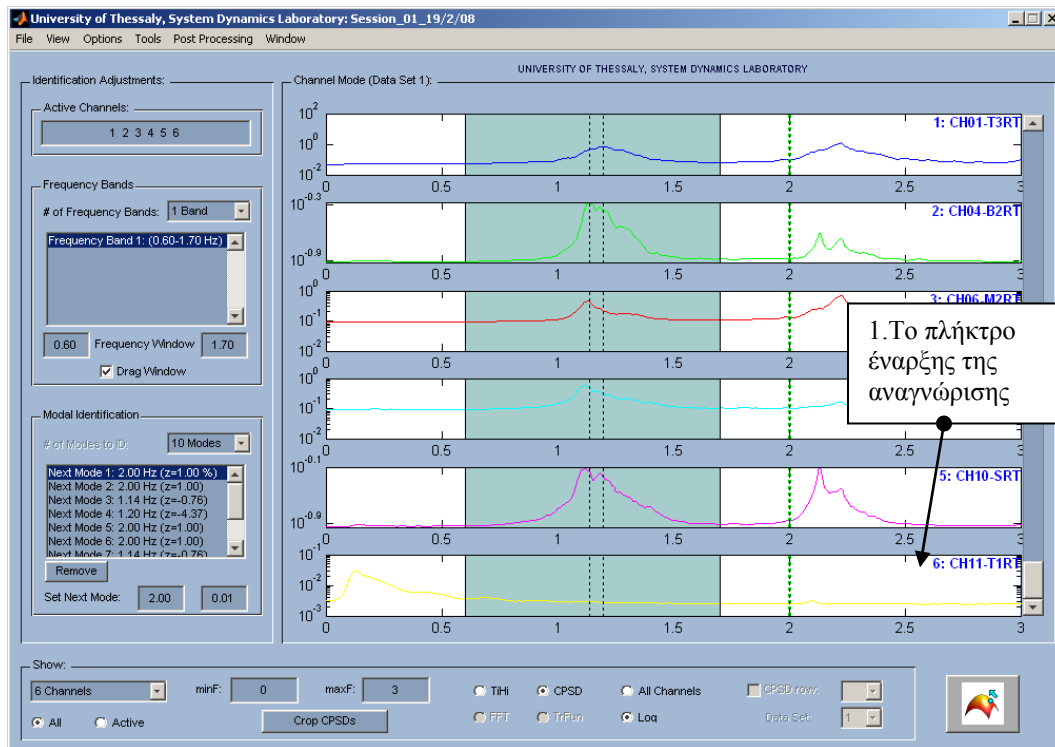
Απόκριση Προγράμματος



Βήμα 8^ο Εκτέλεση της διαδικασίας αναγνώρισης

1. Η εκκίνηση της διαδικασίας αναγνώρισης εκτελείται από το πλήκτρο Run Modal Identification
2. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αναγνώρισης η εξέλιξή της εμφανίζεται στο Command Window του Matlab.

Απόκριση Προγράμματος



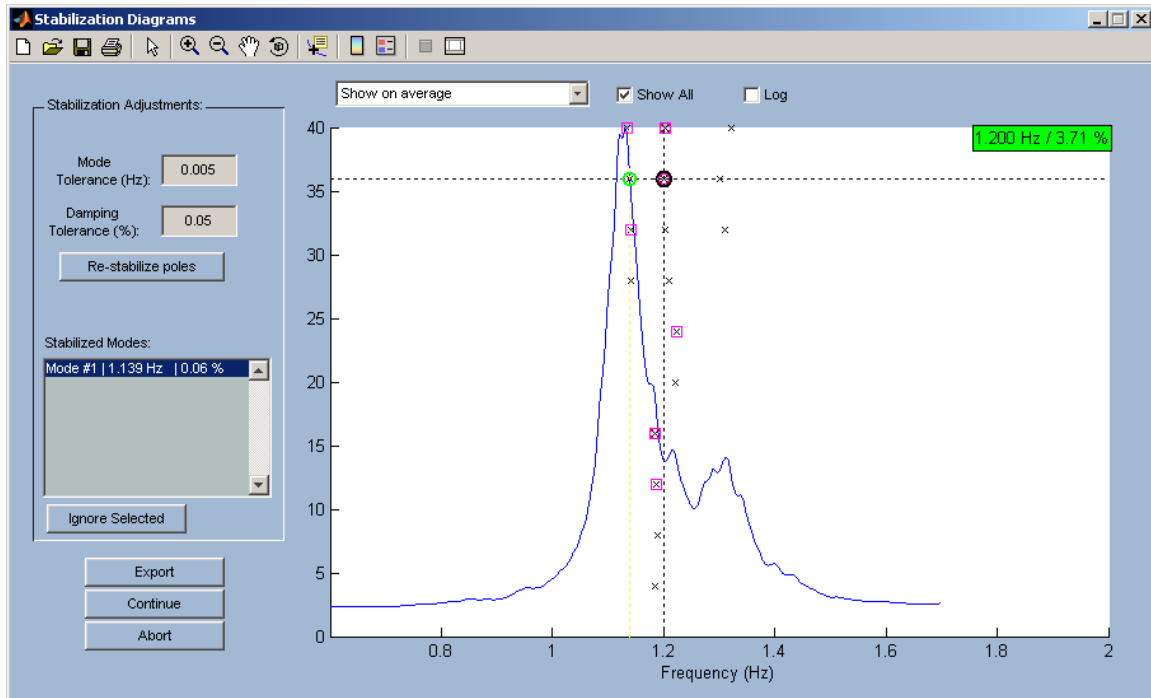
Iteration	Func-count	f(x)	Step-size	Gradient's infinity-norm
0	145	1375.56		63.2
1	290	246.015	0.0158172	30.3
2	435	35.1506	1	8.96
3	580	3.33142	1	5.22
4	725	1.06757	1	2.92
5	1015	0.78044	0.455415	1.33
6	1160	0.666652	1	2.25
7	1450	0.63324	0.29144	0.481
8	1595	0.59715	1	0.491
9	1885	0.543576	0.614495	2.1
10	2175	0.49109	0.8	1.34
11	2465	0.44661	0.618437	2.16
12	2900	0.42629	0.19	1.82
13	3190	0.404679	0.1	0.507
14	3480	0.388423	0.1	1.44
15	3915	0.378002	0.05	4.2
16	4350	0.376616	0.01	4.35
17	4810	0.350924	0.271	1.19
18	5365	0.352667	0.05	8.44
19	5945	0.348777	0.019	2.96
				Gradient's infinity-norm
20	6380	0.342739	0.05	19.4
21	6670	0.34144	0.1	13.1
22	6960	0.329071	0.289103	2.97
23	7105	0.316858	1	1.08
24	7250	0.31886	1	1.1
25	7540	0.315272	0.592560	0.375
26	7830	0.314812	0.551312	0.411
27	7975	0.314622	1	0.303
28	8120	0.314373	1	0.149
29	8265	0.313897	1	0.376
30	8410	0.313267	1	0.183
31	8555	0.312991	1	0.109
32	8700	0.3128	1	0.0674
33	8845	0.312745	1	0.108
34	8990	0.312725	1	0.147
35	9135	0.312709	1	0.0665
36	9280	0.312702	1	0.0180
37	9425	0.312698	1	0.032
38	9570	0.312694	1	0.017

2. Εξέλιξη της διαδικασίας αναγνώρισης στο Command Window του Matlab

Βήμα 9° Διάγραμμα σταθεροποίησης (stabilization diagram)

1. Στο διάγραμμα σταθεροποίησης που εμφανίζεται κατά τη διαδικασία αναγνώρισης επιλέγονται εποπτικά να αγνοηθούν οι ιδιοσυχνότητες που δε φαίνεται να αποτελούν λύση του προβλήματος αναγνώρισης των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών (αγνοούνται οι 1.138 Hz και 1.199 Hz) .
2. Η συνέχιση της διαδικασίας αναγνώρισης συνεχίζεται πατώντας το πλήκτρο Continue

Απόκριση Προγράμματος



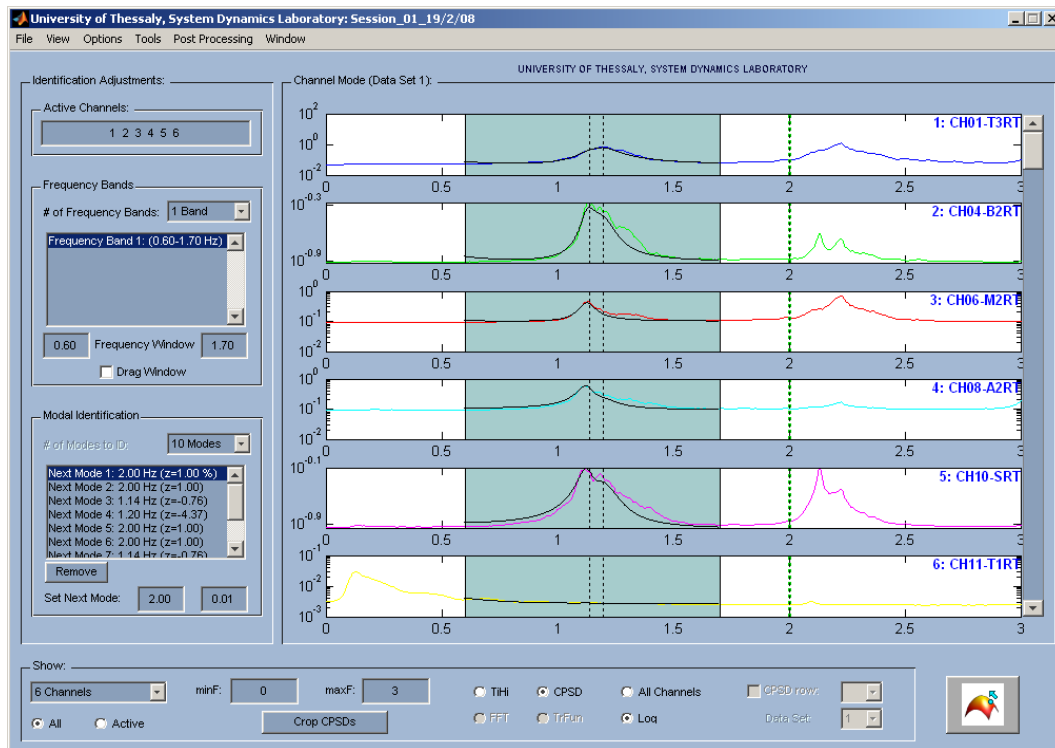
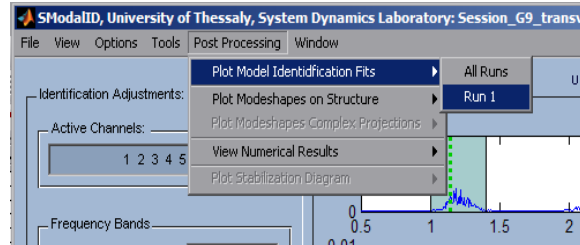
Παρατηρήσεις:

1. Με × σημειώνονται οι τιμές όλων των υπολογιζόμενων πιθανών ιδιοσυχνοτήτων.
2. Με □ σημειώνονται οι τιμές των ιδιοσυχνοτήτων που έχουν "σταθεροποιηθεί" με βάση την τιμή της συχνότητας.
3. Με o σημειώνονται οι τιμές των ιδιοσυχνοτήτων που έχουν "σταθεροποιηθεί" με βάση την τιμή της συχνότητας και του συντελεστή απόσβεσης.
4. Η επιλογή των πόλων που θα χρησιμοποιηθούν γίνεται από το χρήστη.

Βήμα 10^ο Παρουσίαση αποτελεσμάτων αναγνώρισης

1. Από το Post Processing menu επιλέγεται Plot Model Identification Fits για να εμφανιστεί οι προσέγγιση της απόκρισης του ιδιομορφικού μοντέλου.

Απόκριση Προγράμματος

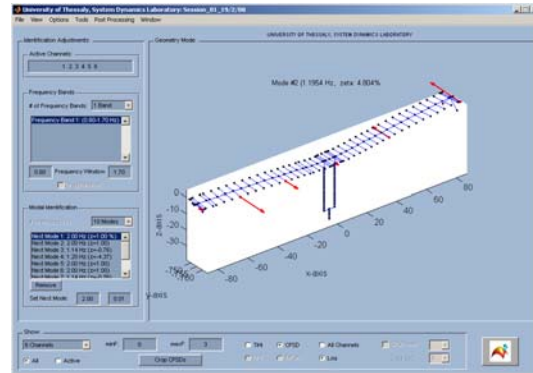
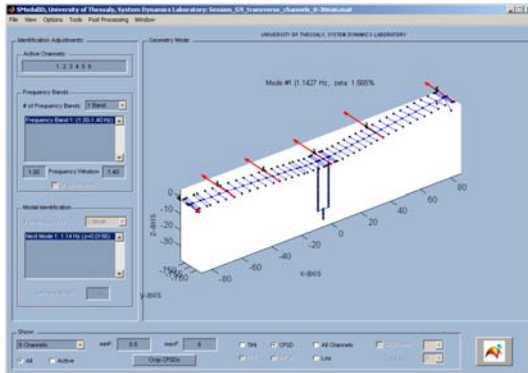
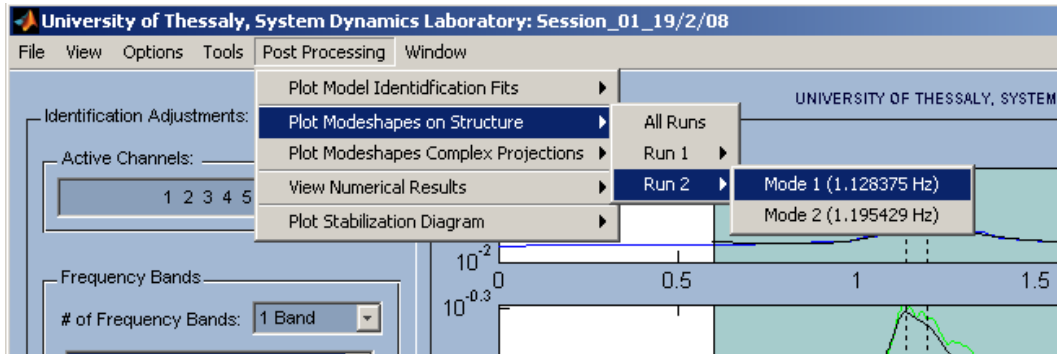


Η μαύρη γραμμή παρουσιάζει την προσέγγιση της απόκρισης του ιδιομορφικού μοντέλου

Βήμα 10^ο Παρουσίαση αποτελεσμάτων αναγνώρισης

2. Για να εμφανιστεί η γραφική απεικόνιση των ιδιομορφικών συνιστωσών του κάθε ιδιοδιανύσματος που έχει υπολογιστεί πάνω στην κατασκευή επιλέγεται από το Post Processing menu Plot Modeshape on Structure.

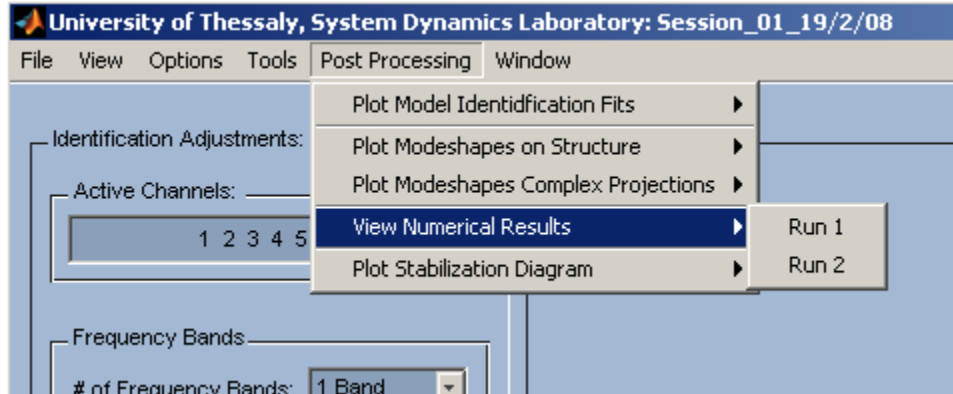
Απόκριση Προγράμματος



Βήμα 10^ο Παρουσίαση αποτελεσμάτων αναγνώρισης

3. Για να δημιουργηθεί το αρχείο εξόδου που περιέχει τα αποτελέσματα της αναγνώρισης από το ίδιο menu επιλέγεται View Numerical Results.

Απόκριση Προγράμματος



The screenshot shows the 'Modal Identification Results' output window. The text is as follows:

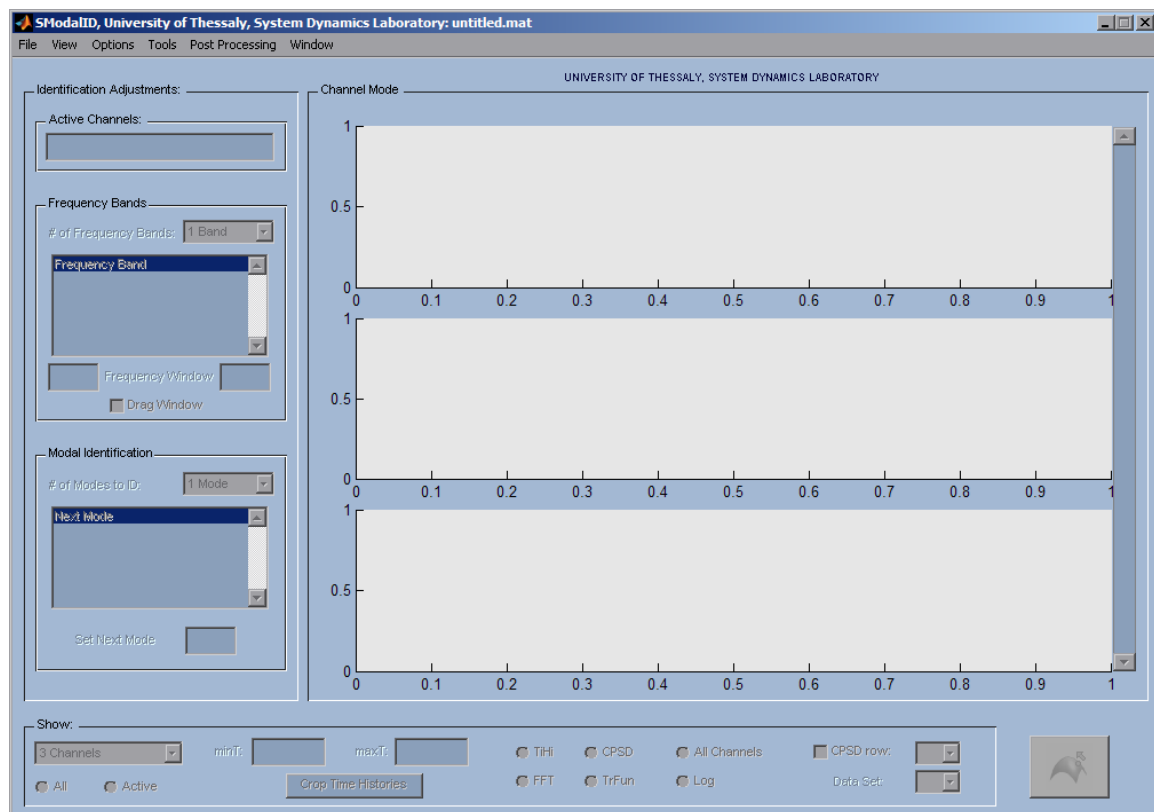
```
1
2
3 -----
4 MODAL IDENTIFICATION RESULTS
5 -----
6 ModalTool Session : 2
7 -----
8 Measure of fit : 0.05891
9 -----
10 MODE : 1
11 -----
12 Mode Frequency : 1.12837 Hz
13 Damping Ratio : 0.02536
14 Modeshape :
15 0.46602
16 0.64652
17 0.71183
18 0.92664
19 1.00000
20 0.00994
21 Participation Factors :
22 -0.04141
23 -0.07298
24 -0.08125
25 -0.08539
26 -0.08953
27 -0.00113
28 -----
29 MODE : 2
30 -----
31 Mode Frequency : 1.19543 Hz
32 Damping Ratio : 0.04804
33 Modeshape :
34 1.00000
35 0.58078
36 0.00000
```

3.2. Εφαρμογή αναγνώρισης ιδιομορφικών χαρακτηριστικών γέφυρας Γ2 της Καβάλας από προσομοιωμένες μετρήσεις απόκρισης σε σεισμικά φορτία

Βήμα 1^ο Έναρξη προγράμματος MITool

1. Αφού έχει αντιγραφεί ο φάκελος MITool από το συνημμένο CD στον υπολογιστή του χρήστη πρέπει να συμπεριληφθεί ο φάκελος MITool με τους υποφακέλους του στο path του Matlab.
2. Το πρόγραμμα MITool θα τρέξει πληκτρολογώντας MITool στο Command Window του Matlab.

Απόκριση Προγράμματος



Βήμα 2^ο Προσδιορισμός Multi Input-Multi Output αναγνώρισης-Στοιχεία αρχείου εισόδου

1. Από το **File Menu** επιλέγεται **Preferences** (Ctrl-P).
2. Στο παράθυρο διαλόγου Preferences που εμφανίζεται επιλέγεται η θέση **Multi Input-Multi Output** που καθορίζει ότι η αναγνώριση θα γίνει με μετρήσεις απόκρισης από την κατασκευή σε σεισμικά φορτία.
3. Τα υπόλοιπα στοιχεία εισόδου αφορούν τα ονόματα των μεταβλητών που περιέχονται στο αρχείο εισόδου που πρόκειται να φορτωθεί και παρουσιάστικαν στην παράγραφο 2.2.1. Για όλα τα αρχεία εισόδου που υπάρχουν στο συνημμένο CD ισχύουν τα προεπιλεγμένα ονόματα *accel*, *dt*, *FNode*, *FEelt*, *sensors*, *channeltext* και *ndim*.

Απόκριση Προγράμματος

The image shows a screenshot of the SModalID software interface. The 'File' menu is open, and the 'Preferences...' option is highlighted. The 'Preferences' dialog box is open, showing the 'Multi-Input Multi-Output' option selected. The 'Data Interface Variable Names' section contains the following fields:

- Measured Response:
- Measured Excitation:
- Time Discretation:

The 'Geometry Variable Names' section contains the following fields:

- Use Comsol Geometry
- Nodes:
- Elements:

The 'Other Variable Names' section contains the following fields:

- Sensors:
- Channel Labels:
- Number of Dimensions:

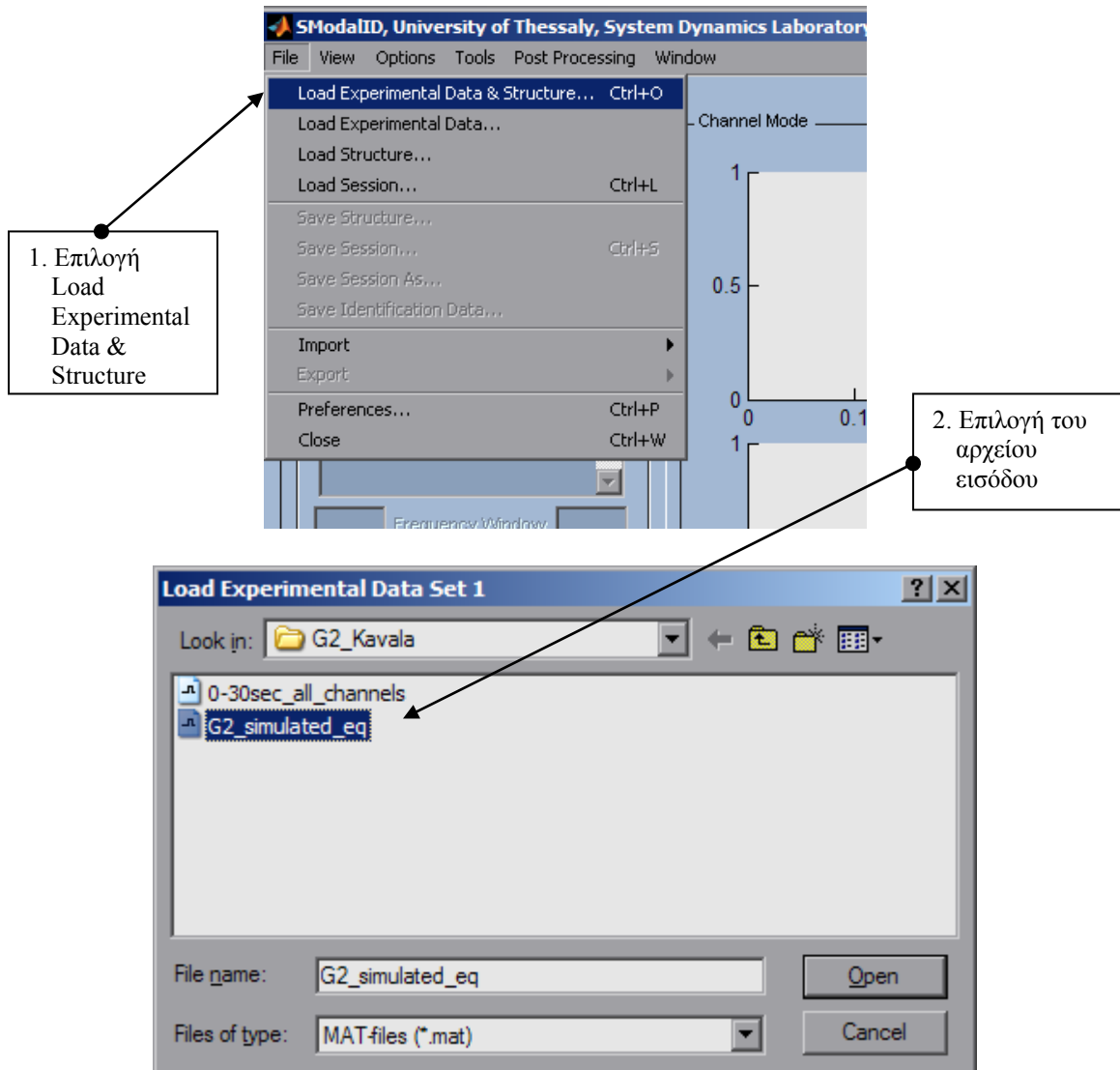
Three callout boxes with arrows point to the 'Preferences...' menu item, the 'Multi-Input Multi-Output' radio button, and the variable name input fields.

1. Επιλογή Preferences
2. Επιλογή Multi Input-Multi Output
3. Ονόματα μεταβλητών αρχείου εισόδου

Βήμα 3° Φόρτωση αρχείου εισόδου

1. Από το **File Menu** επιλέγεται **Load Experimental Data & Structure**(Ctrl-O).
2. Στο παράθυρο διαλόγου Load Experimental Data Set 1 που εμφανίζεται επιλέγεται το αρχείο εισόδου **G2_simulated_eq.mat** που περιέχει μετρήσεις 46 δευτερόλεπτων της απόκρισης από δίκτυο αισθητήρων πάνω στη γέφυρα Γ2 της Καβάλας σε σεισμικά φορτία.

Απόκριση Προγράμματος

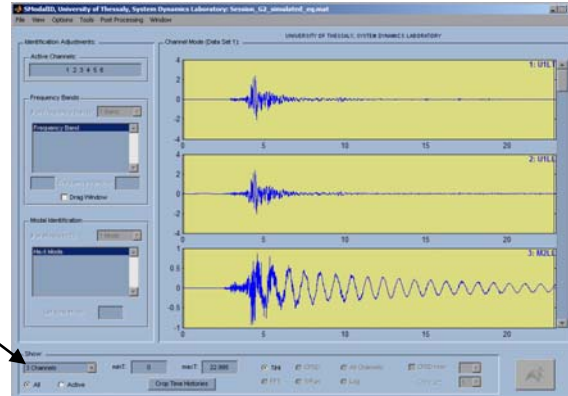


Βήμα 4° Γραφική απεικόνιση μετρήσεων και δικτύου αισθητήρων

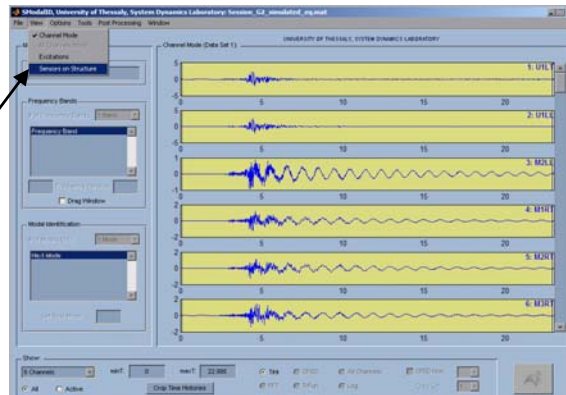
1. Στο κυρίως παράθυρο του MITool επιλέγεται Show: 6 Channels
2. Για να εμφανιστεί η γεωμετρία της κατασκευής με το δίκτυο αισθητήρων από το **View menu** επιλέγεται **Sensors on Structure**
3. Για να επανέλθουν οι χρονοϊστορίες από το **View menu** επιλέγεται **Channel Mode**

Απόκριση Προγράμματος

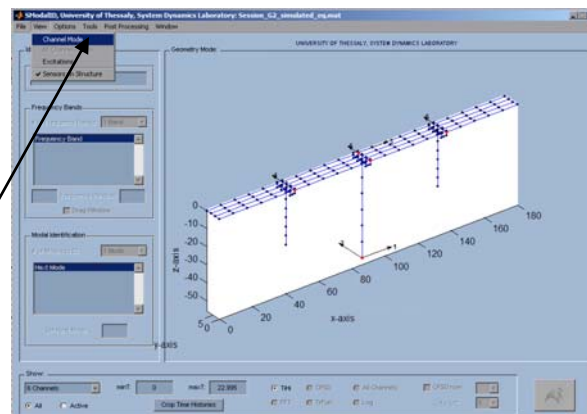
1. Επιλογή Show: 6 Channels



2. Επιλογή Sensors on Structure



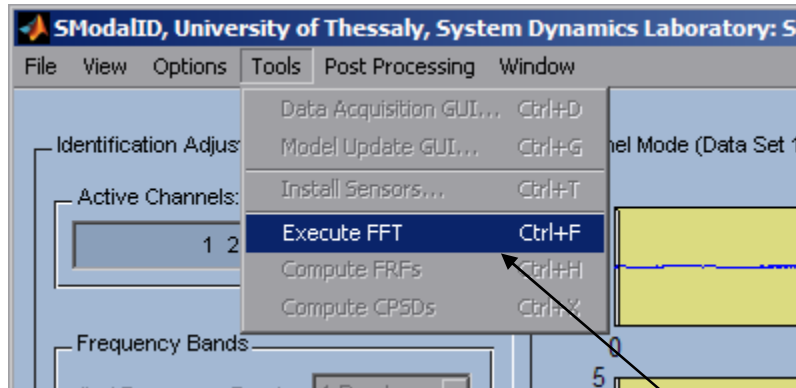
3. Επιλογή Channel Mode



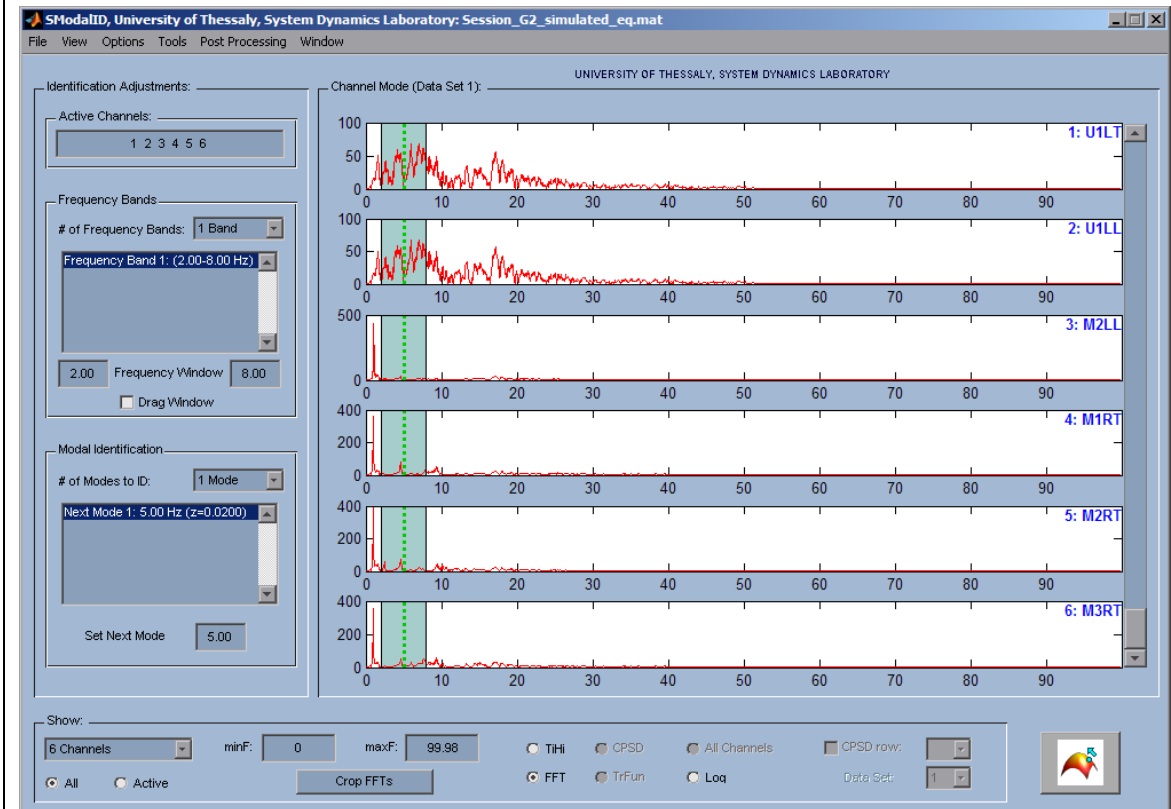
Βήμα 5^ο Μετασχηματισμός Fourier – Ανάλυση στο πεδίο συχνοτήτων

1. Από το **Tools Menu** επιλέγεται **Execute FFT (Ctrl-F)**.
2. Όταν ολοκληρωθεί ο υπολογισμός των αποκρίσεων στο πεδίο συχνοτήτων εμφανίζονται στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού. Από το στοιχείο Show: Log είναι δυνατό να εμφανιστούν σε λογαριθμική κλίμακα.

Απόκριση Προγράμματος



3. Εκτέλεση του μετασχηματισμού Fourier



Βήμα 6° Καθορισμός αρχικών εκτιμήσεων των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών

1. Στο κυρίως παράθυρο του MITool επιλέγεται να εμφανιστεί από 0 έως 5 Hz θέτοντας minF: 0 και maxF: 5.
2. Το εύρος των συχνοτήτων για το οποίο θα γίνει η αναγνώριση στο Frequency Window επιλέγεται 0.2 και 1.6 Hz
3. Επιλέγεται ο αριθμός των ιδιομορφών που θα αναγνωριστούν να είναι 2 (# of Modes to ID: 2 Modes).
4. Εισάγεται για κάθε ιδιομορφή η αρχική εκτίμηση της τιμής της ιδιοσυχνότητας που θα αναγνωριστεί 0.49 Hz για την πρώτη και 0.53 Hz για τη δεύτερη.
5. Οι ενέργειες 2,3 και 4 υπάρχει δυνατότητα να γίνουν πάνω στο παράθυρο της γραφικής διεπαφής επιλέγοντας το στοιχείο Drag Window.
6. Οι αρχικές εκτιμήσεις για τους συντελεστές απόσβεσης είναι 0.01 (1%)

Απόκριση Προγράμματος

The screenshot displays the MITool software interface. On the left, the 'Identification Adjustments' panel is visible, containing the following settings:

- Active Channels: 3 4 5 6
- Frequency Bands: # of Frequency Bands: 1 Band, Frequency Band 1: (0.20-1.60 Hz)
- Frequency Window: 0.20 to 1.60 Hz, Drag Window checked
- Modal Identification: # of Modes to ID: 2 Modes, Next Mod 1: 0.49 Hz (z=1.00%), Next Mod 2: 0.53 Hz (z=1.00%), Set Next Mode: 0.53, 0.01
- Show: 6 Channels, minF: 0, maxF: 5

On the right, the 'Geometry Mode' section shows six frequency response plots for different modes: 1: U1LT, 2: U1LL, 3: M2LL, 4: M1RT, 5: M2RT, and 6: M3RT. A green shaded region highlights the frequency window from 0.20 to 1.60 Hz across all plots. A vertical dashed line is positioned at 0.5 Hz.

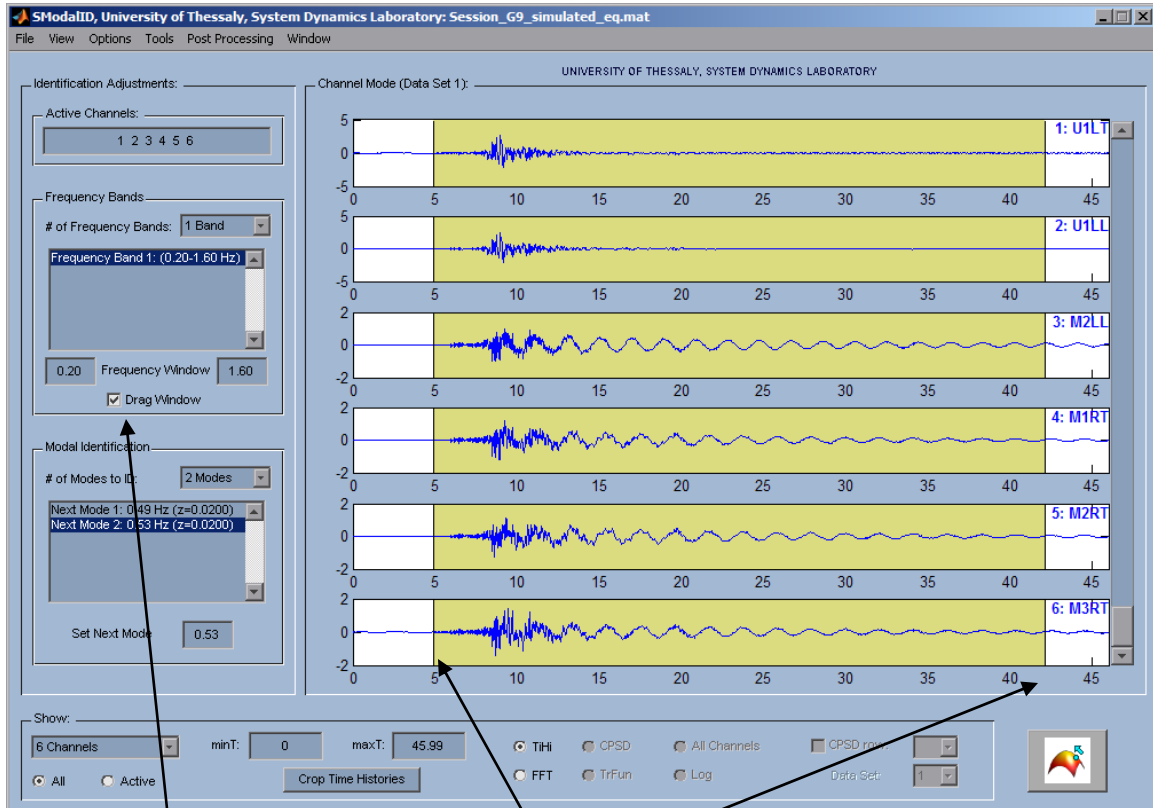
Annotations with arrows point to specific elements:

- 2. Επιλογή εύρους τιμών που θα γίνει η αναγνώριση Frequency Window : 0.2 έως 1.6 Hz (points to the Frequency Window field)
- 3. Επιλογή αριθμού των ιδιομορφών που θα αναγνωριστούν (points to the # of Modes to ID field)
- 4. Αρχική εκτίμηση της ιδιοσυχνότητας και του συντελεστή απόσβεσης (points to the Set Next Mode fields)
- 5. Το στοιχείο Drag Window (points to the Drag Window checkbox)
- 1. Επιλογή σε Hz minF: 0.5 maxF: 5 (points to the minF and maxF fields)

Βήμα 7^ο Καθορισμός εύρους τιμών της αναγνώρισης

1. Στο κυρίως παράθυρο του MITool επιλέγεται να εμφανιστεί η χρονοϊστορία της απόκρισης επιλέγοντας το στοιχείο Show: TiHi.
2. Το εύρος των συχνοτήτων για το οποίο θα γίνει η αναγνώριση στο πεδίο χρόνου αλλάζει ενεργοποιώντας το στοιχείο Drag Window και μετακινώντας με το ποντίκι τα όρια της γραμμοσκιασμένης περιοχής στα παράθυρα της εφαρμογής

Απόκριση Προγράμματος



1. Το στοιχείο
Drag Window

2. Τα όρια στο πεδίο
χρόνου

Βήμα 8^ο Καθορισμός παραμέτρων της αναγνώρισης

1. Από το **Options Menu** επιλέγεται **Multi Input Options** (Ctrl-M).
2. Στο παράθυρο διαλόγου Forced Vibration Options επιλέγονται οι αισθητήρες οι οποίοι έχουν μετρήσει τις διεγέρσεις βάσης (Excitation DOFs: 1 2).
3. Επιλέγεται η μεθοδολογία (time domain) και το ιδιομορφικό μοντέλο κλασσικής απόσβεσης.
4. Από το παράθυρο Modal Grouping (επιλογή Advanced) επιλέγονται οι ιδιομορφικές ομάδες (Default Scheme all for one).
5. Επιλέγονται το κριτήριο σύγκλισης ανάμεσα στις σαρώσεις και ο μέγιστος αριθμός σαρώσεων.

Απόκριση Προγράμματος

The image displays a sequence of software interface steps for modal identification. It starts with the 'Options' menu where 'Multi-Input Options...' is selected. This leads to the 'Multi-Input Identification Options' dialog box, where 'Excitation DOFs' are set to 1 and 2, 'Active DOFs' to 3, 4, 5, and 6, 'Analysis Domain' is 'Time', and 'Damping Model' is 'Classical'. The 'Grouping scheme' is set to 'Advanced'. The 'Maximum Number of Sweeps' is 20 and 'Sweep Accuracy' is 0.001. This dialog then opens the 'Modal Grouping' dialog box, where 'Define # of Modal Groups' is set to 2, and 'Mode 2 (0.53 Hz)' is selected in the 'Selected in Group' list.

1. Επιλογή του Options menu: Identification Options

2. Εισαγωγή αισθητήρων διεγέρσεων

3. Επιλογή μεθοδολογίας

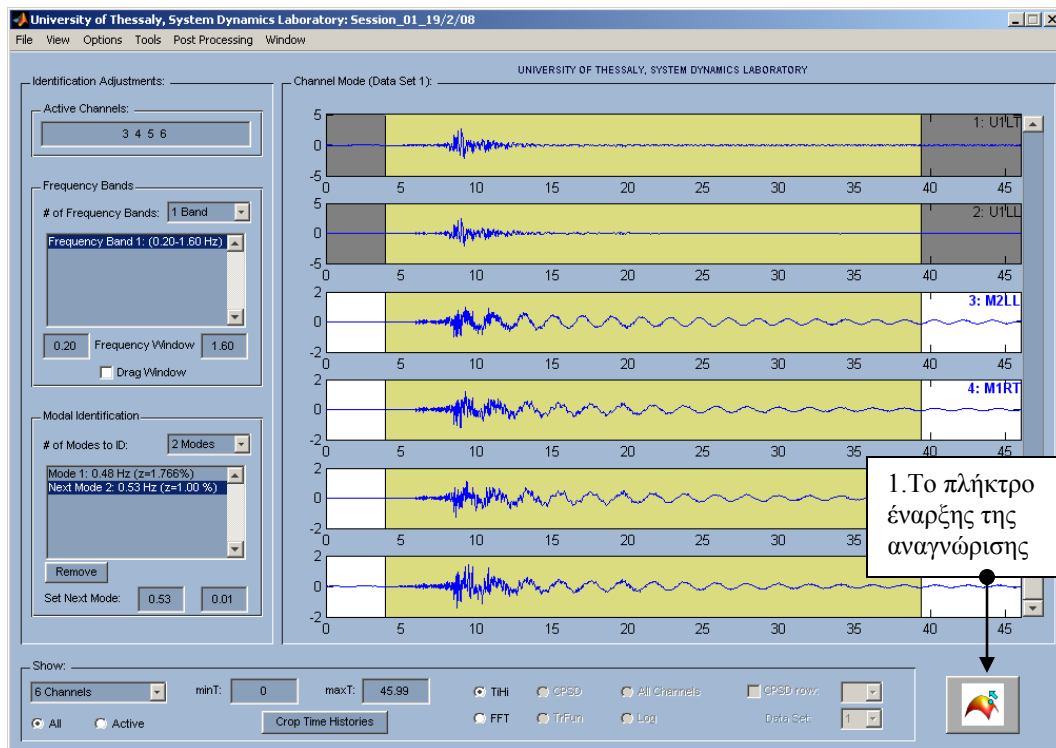
4. Επιλογή Advanced που ανοίγει το παράθυρο Modal Grouping

5. Κριτήριο σύγκλισης και μέγιστος αριθμός σαρώσεων

Βήμα 9^ο Εκτέλεση της διαδικασίας αναγνώρισης

1. Η εκκίνηση της διαδικασίας αναγνώρισης εκτελείται από το πλήκτρο Run Modal Identification
2. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αναγνώρισης η εξέλιξή της εμφανίζεται στο Command Window του Matlab.

Απόκριση Προγράμματος



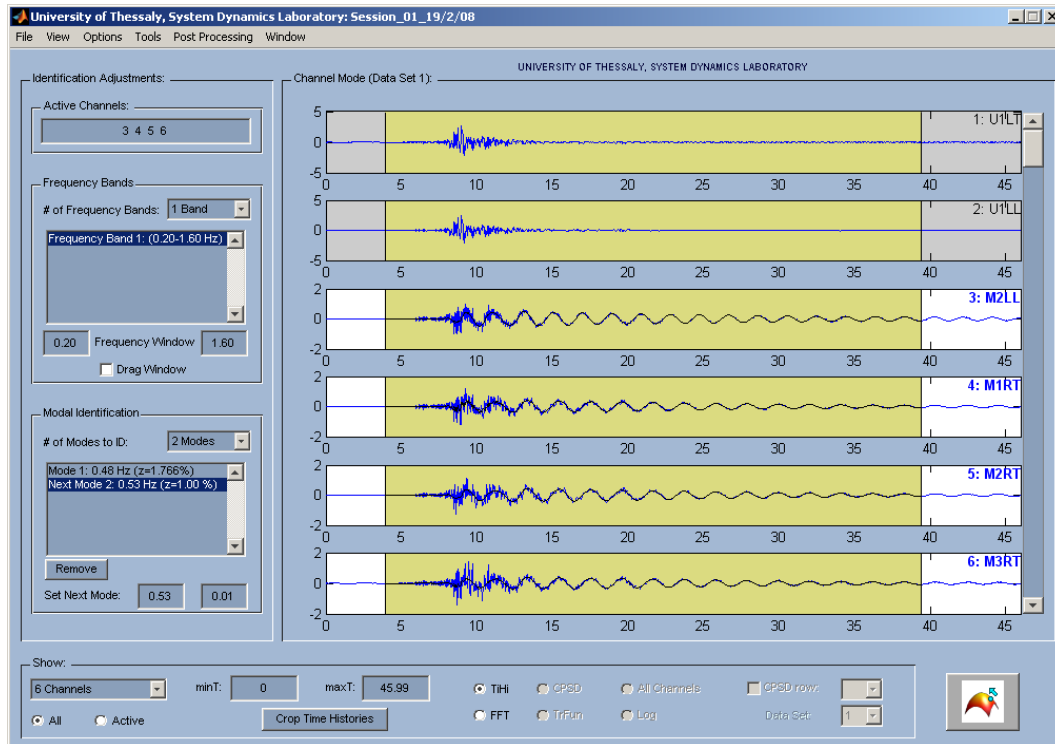
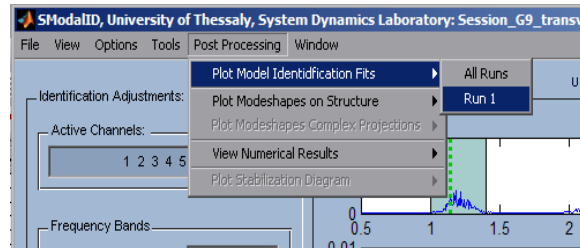
```
tbO =  
0.1232 9.4788 1.0000 1.0000 1.0000  
  
Fminunc Algorithm Optimization Performance  
===== Diagnostic Information =====  
Number of variables: 5  
Functions  
Objective: model_error_time  
Gradient: finite-differencing  
Hessian: finite-differencing (or Quasi-Newton)  
Algorithm selected  
medium-scale: Quasi-Newton line search  
===== End diagnostic information =====  
  
Iteration Func-count f(x) Step-size Gradient's  
infinity-norm  
0 6 0.857072 0.612  
1 10 0.803456 0.341220 0.204  
2 36 0.588104 0.00374 0.178  
3 54 0.555629 0.0166181 0.0992  
4 66 0.536336 10 0.151  
5 78 0.526054 0.1 0.215  
6 84 0.514948 1 0.203  
7 90 0.51001 1 0.111  
8 96 0.508857 1 0.0226  
9 102 0.508807 1 0.00412  
10 108 0.508799 1 0.00393  
11 114 0.508692 1 0.0147  
12 120 0.508474 1 0.0336  
13 126 0.507628 1 0.0789  
14 180 0.498484 0.478977 0.231
```

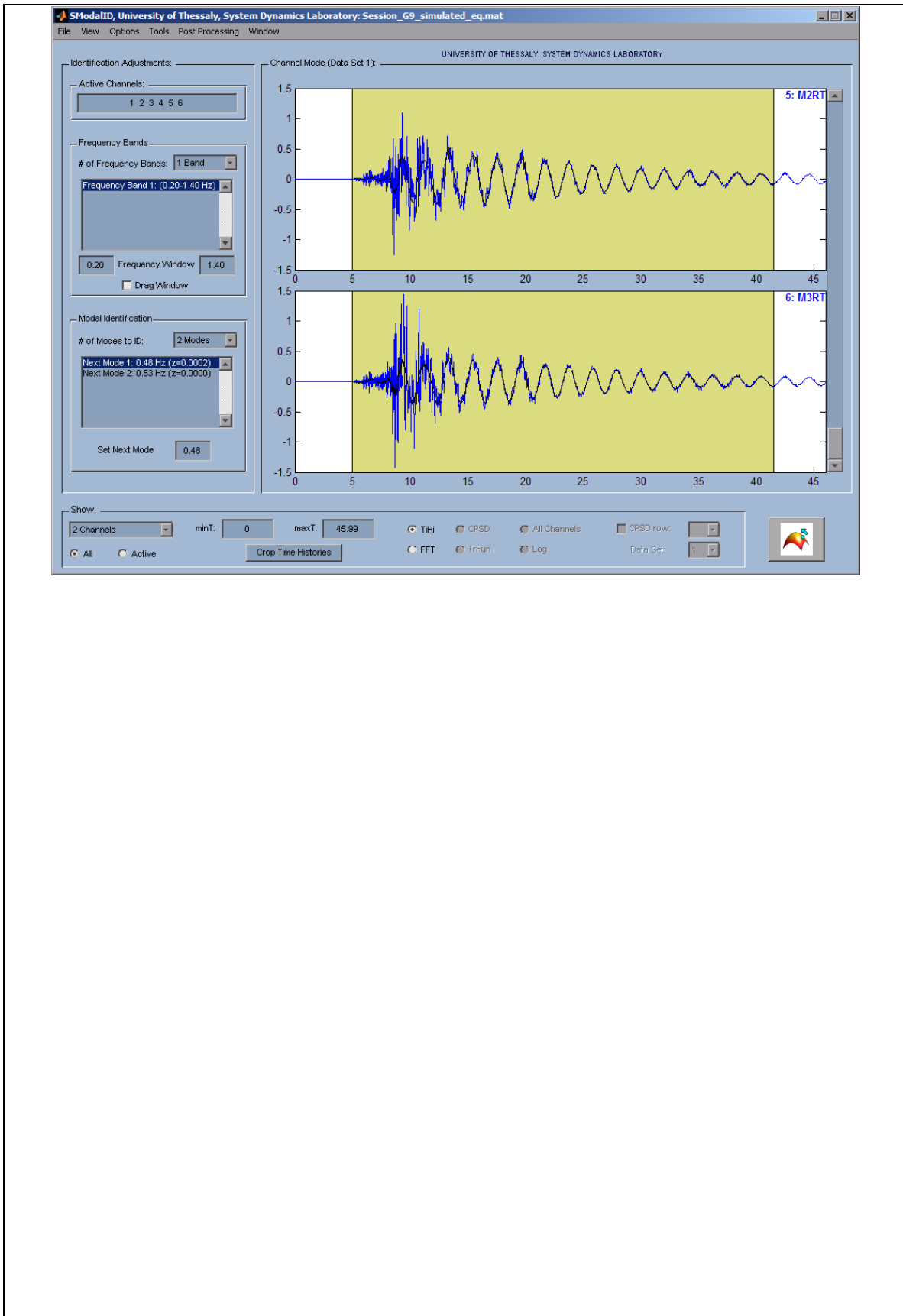
2. Εξέλιξη της διαδικασίας αναγνώρισης στο Command Window του Matlab

Βήμα 10° Παρουσίαση αποτελεσμάτων αναγνώρισης στο πεδίο χρόνου

1. Από το Post Processing menu επιλέγεται Plot Model Identification Fits για να εμφανιστεί οι προσέγγιση της απόκρισης του ιδιομορφικού μοντέλου στο πεδίο του χρόνου.
2. Ο χρήστης μπορεί να εμφανίσει λιγότερα κανάλια από το Show: 2 Channels

Απόκριση Προγράμματος

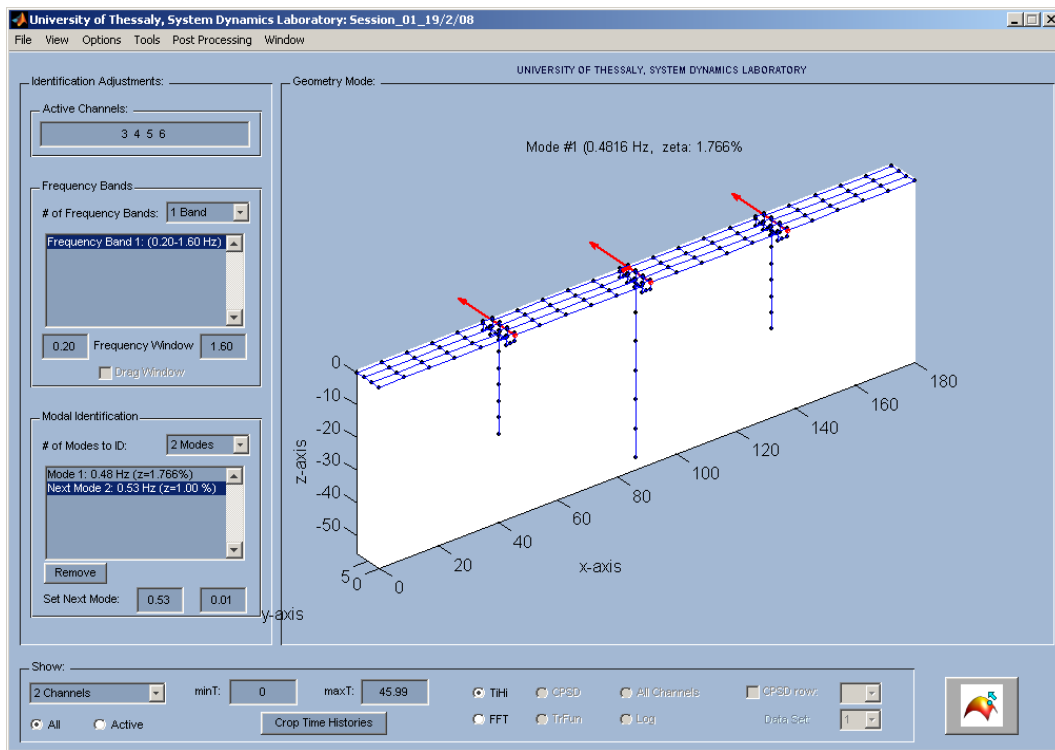
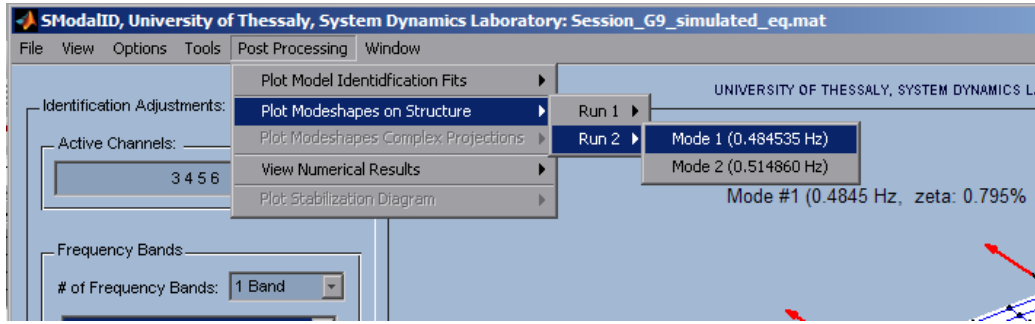


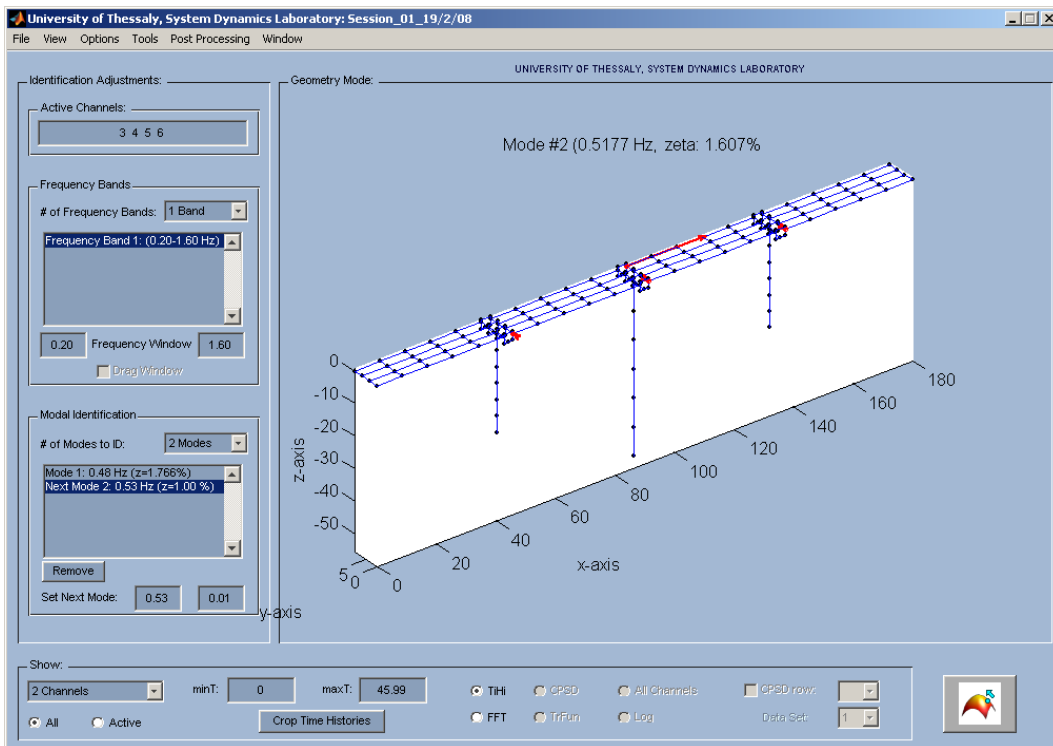
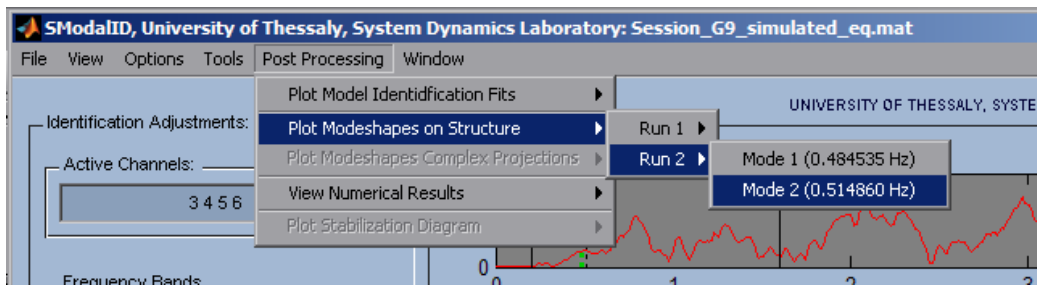


Βήμα 10^ο Παρουσίαση αποτελεσμάτων αναγνώρισης

1. Για να εμφανιστεί η γραφική απεικόνιση των ιδιομορφικών συνιστωσών του κάθε ιδιοδιανύσματος που έχει υπολογιστεί πάνω στην κατασκευή επιλέγεται από το Post Processing menu Plot Modeshape on Structure.

Απόκριση Προγράμματος

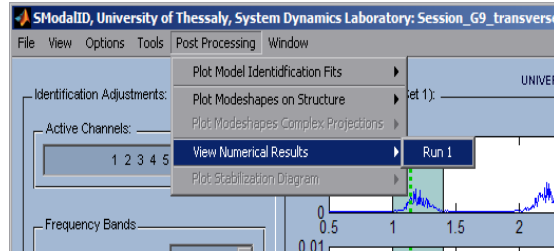




Βήμα 10° Παρουσίαση αποτελεσμάτων αναγνώρισης

1. Για να δημιουργηθεί το αρχείο εξόδου που περιέχει τα αποτελέσματα της αναγνώρισης από το ίδιο menu επιλέγεται View Numerical Results.

Απόκριση Προγράμματος



```
Editor - G:\Model_Identification\SModalID\output1.txt
File Edit Text Cell Tools Debug Desktop Window Help
-----
1
2
3 -----
4          MODAL IDENTIFICATION RESULTS
5 -----
6          ModalTool Session : 2
7 -----
8          MODE : 1
9 -----
10 Mode Frequency      : 0.48453 Hz
11 Damping Ratio      : 0.79529 %
12 Modeshape          :
13                   0.04250
14                   0.91849
15                   1.00000
16                   0.90361
17
18 Participation Factors :
19                   0.00011
20                   -0.06818
21
22 -----
23          MODE : 2
24 -----
25 Mode Frequency      : 0.51486 Hz
26 Damping Ratio      : 0.63811 %
27 Modeshape          :
28                   1.00000
29                   -0.07646
30                   -0.10092
31                   -0.10638
32
33 Participation Factors :
34                   0.00011
35                   -1.00000
36
37 -----
-----
Multin_Dmethods.m x pre_processingFV.m x plot_fit.m x ModalTool.m x output1.txt x postproc_MT.m x post_outputfile.m x
plain text file Ln 29 Col 34 OVR
```