

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΒΑΣΕΙ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΣΕ ΜΟΝΤΕΛΑ NARX



Σαραμαντάς Ιωάννης: Α.Μ. 6434
Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών
Εργαστήριο Στοχαστικών Μηχανολογικών Συστημάτων & Αυτοματισμού
Επιβλέπων: Ι.Σ. Σακελλαρίου, Επίκουρος Καθηγητής



Πάτρα, Μάρτιος 2020

Περιγραφή του προβλήματος

- Η παρακολούθηση της δομικής ακεραιότητας κατασκευών με εν γένει ασθενώς μη γραμμική συμπεριφορά βάσει μετρήσεων χρονοσειρών σημάτων ταλάντωσης, υπό σταθερές συνθήκες λειτουργίας και μετρήσιμη δύναμη διέγερσης.

Καινοτομίες της εργασίας

- Πειραματικές μετρήσεις ταλαντώσεων σε ελαφρύ χωρικό δικτύωμα με κοχλιωτές συναρμογές και διερεύνηση μη γραμμικών φαινομένων. Μετρήσεις με το υγιές χωρικό δικτύωμα και με βλάβες στις συναρμογές των κόμβων του.
- Μοντελοποίηση της δυναμικής συμπεριφοράς δικτυώματος με μη γραμμική συμπεριφορά βάσει στοχαστικών μη γραμμικών μοντέλων NARX (input-output).

- Ανίχνευση και αναγνώριση της θέσης βλαβών βάσει στατιστικών μεθόδων χρονοσειρών που εφαρμόζονται για πρώτη φορά σε χαρακτηριστικά (παράμετροι και υπόλοιπα) του μοντέλου NARX.
- Σύγκριση με γραμμική προσέγγιση ανίχνευσης και αναγνώρισης βλαβών που βασίζεται σε γραμμικά μοντέλα ARX (input-output).

Δυναμική Αναγνώριση με Μη Γραμμικά Μοντέλα NARX

Μοντέλο NARX

$$y(t) = F^l[y(t-1) \dots y(t-N_y) u(t) \dots u(t-N_u)] + \varepsilon(t)$$
$$\varepsilon(t) \sim NID(0, \sigma_\varepsilon^2(t))$$

Εκτίμηση Παραμέτρων

Ορθογώνιος αλγόριθμος εκτίμησης παραμέτρων

Κριτήρια Επιλογής Μοντέλων

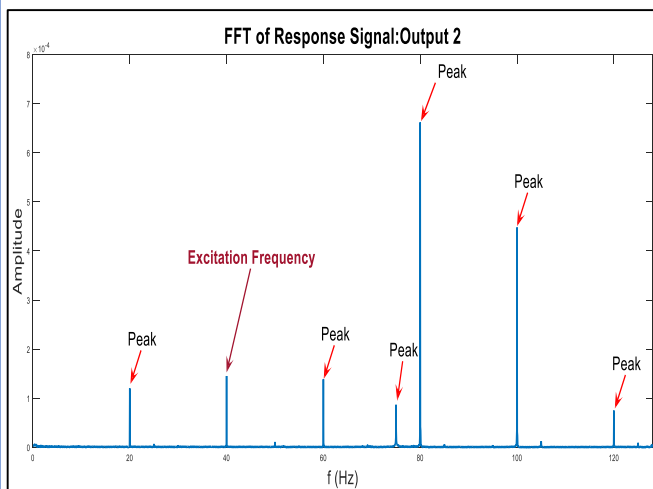
- ✓ BIC, RSS/SSS, SERR
- Κριτήρια Επικύρωσης Μοντέλων
- ✓ Πρόβλεψη ενός βήματος
- ✓ Τεστ συσχέτισης

Μη Γραμμική Συμπεριφορά της Κατασκευής

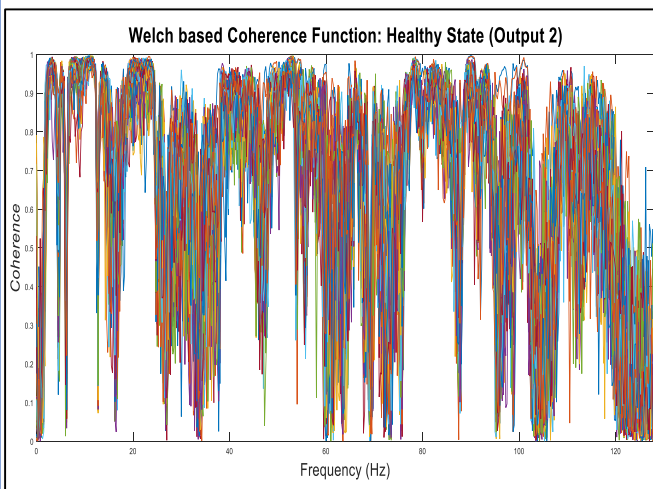
Υγιής Κατάσταση

- ✓ Αρμονική διέγερση: 18 πειράματα
- ✓ Στοχαστική διέγερση: 51 πειράματα

Αρμονική διέγερση (Response Signal's FFT)



Στοχαστική διέγερση (Coherence)

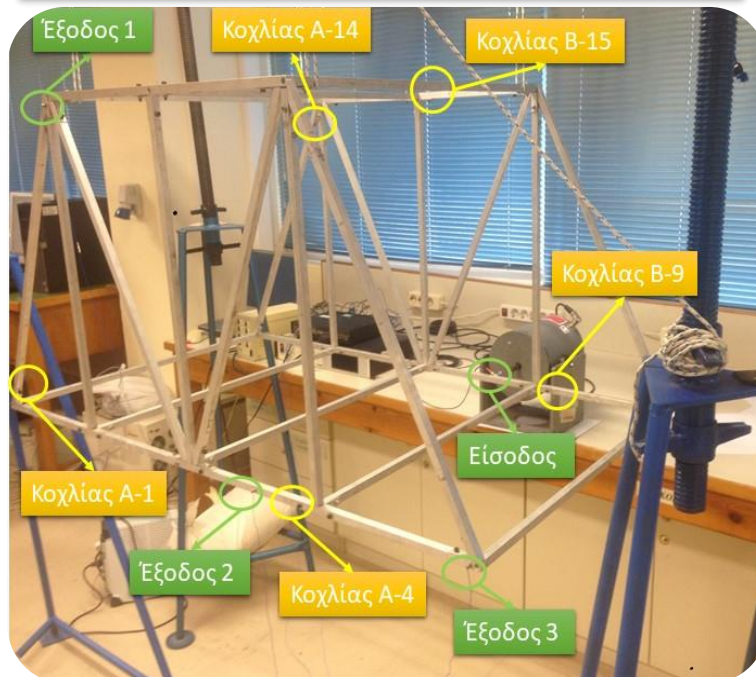


Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας Διάγνωσης βλαβών

Περιγραφή Κατασκευής

Χωρικό δικτύωμα αλουμινίου με κοχλιωτές συναρμογές M4, παξιμάδια και ελάσματα

Θέσεις Αισθητηρίων-Διεγέρτη-Επιβαλλόμενων βλαβών



Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας

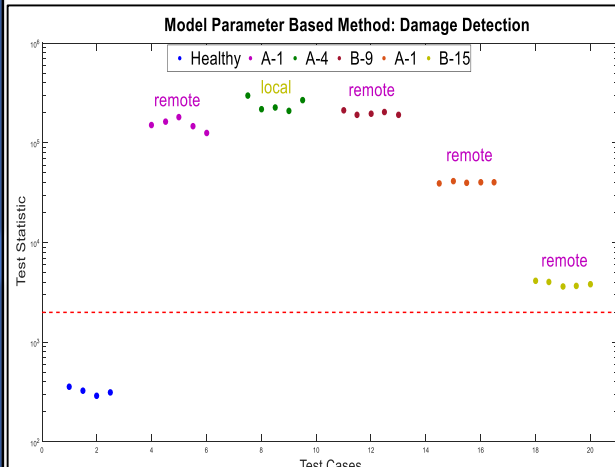
Περιοχή Ενδιαφέροντος	0-128 Hz
Συχνότητα δειγματοληψίας	256 Hz
Τύπος διέγερσης	Random
Διάρκεια πειράματος	23s
Αριθμός δεδομένων	6000

- ✓ Υγιής Κατάσταση: 5 πειράματα
- ✓ Βλάβες: 5*5 πειράματα

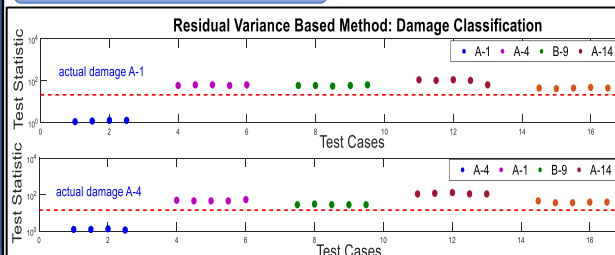
Σενάριο Βλάβης	Περιγραφή Βλάβης
Βλάβη Α Κόμβου 1	Ολική αφαίρεση κοχλία A-1
Βλάβη Α Κόμβου 4	Ολική αφαίρεση κοχλία A-4
Βλάβη Β Κόμβου 9	Ολική αφαίρεση κοχλία B-9
Βλάβη Α Κόμβου 14	Ολική αφαίρεση κοχλία A-14
Βλάβη Β Κόμβου 15	Ολική αφαίρεση κοχλία B-15

Αποτελέσματα

Damage Detection

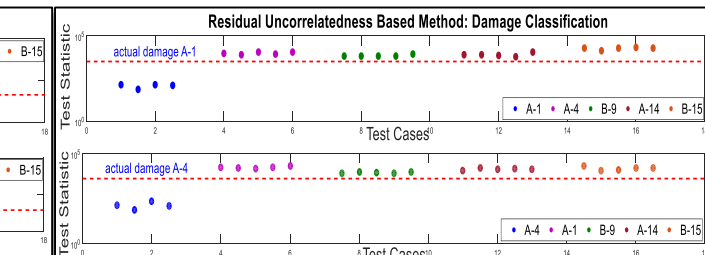


Damage Classification



NARX(145,145) 190 terms-ARX(145,145) 290 terms Confusion Matrix on Statistical Time Series Methods

		Identified Structural State					
NARX	ARX	Healthy	A-1	A-4	B-9	A-14	B-15
Actual Structural State	Healthy	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	A-1	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	A-4	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	B-9	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%
	A-14	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
	B-15	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%



Συμπεράσματα

- ✓ Ανίχνευση ασθενούς μη γραμμικής συμπεριφοράς χωρικού δικτυώματος χρησιμοποιώντας αρμονικές διεγέρσεις διαφορετικών συχνοτήτων και πλάτων.

- ✓ Επιτυχής ανίχνευση και αναγνώριση της θέσης βλαβών στο χωρικό δικτύωμα βάσει μεθοδολογίας που βασίζεται σε μη γραμμικό μοντέλο NARX 190 όρων.

- ✓ Σύγκριση των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας χρησιμοποιώντας γραμμικό μοντέλο ARX 290 όρων υποδεικνύοντας τη δυνατότητα επιτυχούς διάγνωσης βλάβης με γραμμικό πλαίσιο εργασίας σε ασθενώς μη γραμμικές κατασκευές.