

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΤΡΕΝΟΥ ΥΠΟ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ ΑΠΟ ΔΥΟ ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΒΑΓΟΝΙΟΥ ΒΑΣΕΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΥΠΟΥ ARX ΚΑΙ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ AR

Μαρία - Χριστίνα Αλεξίου Α.Μ. 6119

Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών Εργαστήριο Στοχαστικών Μηχανολογικών Συστημάτων & Αυτοματισμού

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Σακελλαρίου

Ιούλιος 2019



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Ανίχνευση βλαβών σε αναρτήσεις σιδηροδρομικών οχημάτων βάσει μετρήσεων σημάτων ταλαντώσεων υπό διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας, και συγκεκριμένα μεταβολή του ωφέλιμου φορτίου.

ΜΕΘΟΔΟΣ MM

T-ARX-MM

VAR-MM

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ανίχνευση βλαβών μέσω μιας πρόσφατα εισαγμένης παραμετρικής μεθόδου, αυτή των πολλαπλών μοντέλων MM (Multiple Models) χρησιμοποιώντας μετρήσεις ταλάντωσης από δυο σημεία του βαγονιού. Πιο συγκεκριμένα :

- Ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδου ανίχνευσης βλαβών, που βασίζεται σε πολλαπλά μοντέλα ARX-Transmittance (T-ARX) και VAR.
- Αποτίμηση των μεθόδων μέσω καμπυλών ROC (Receiver Operating Characteristics) και διαγραμμάτων διασκόρπισης (scatter plots).
- Σύγκριση των μεθόδων και συμπεράσματα για την εφαρμογή τους σε πραγματικό χρόνο.

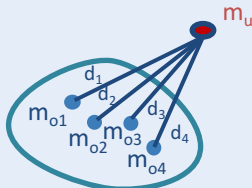
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (MM)

Φάση Μάθησης / Εκπαίδευσης

Δημιουργία Υγιούς Υποχώρου

Δημιουργία μοντέλων m_o



Φάση Ελέγχου

Απόσταση Kullback-Leibler :

$$d_{KL}(a_u, a_{o,k}) = \frac{1}{2} [tr(\Sigma_{o,k}^{-1} \cdot \Sigma_u) + (a_{o,k} - a_u)^T \cdot \Sigma_{o,k}^{-1} \cdot (a_{o,k} - a_u) - 1 - \ln \left(\frac{\det(\Sigma_u)}{\det(\Sigma_{o,k})} \right)]$$

Εκτίμηση ενός συνολικού μέτρου απόστασης D

$$\text{sum} : D = \sum_{k=1}^p d(a_{o,k}, a_u) \quad k = 1, \dots, p$$

$$\text{min} : D = \min_k (d_k(a_{o,k}, a_u)) \quad k = 1, \dots, p$$

$D \leq I_{\text{lim}} \rightarrow \text{Healthy}$
 $\text{else} \rightarrow \text{Damaged}$

$$\text{Εκτίμηση Μοντέλων ARX-transmittance } y_1[t] + \sum_{i=1}^{n_a} a(i) \cdot y_1[t-i] = \sum_{i=0}^{n_b} b(i) \cdot y_2[t-i] + e[t], \quad e[t] \sim NID(0, \sigma_e^2[t])$$

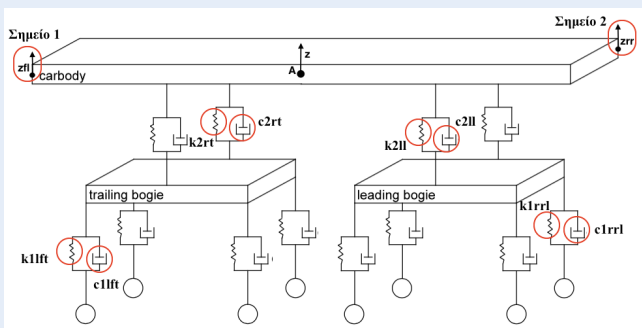
$$\text{Εκτίμηση Μοντέλων VAR } y[t] = \sum_{i=1}^n A^i \cdot y[t-i] + e[t/\alpha], \quad E\{e[t/\alpha] \cdot e^T[t/\alpha]\} = \Sigma$$

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

ΒΛΑΒΕΣ

Στοιχεία Ελαστικότητας

Στοιχεία Απόσβεσης



- Μείωση στα χαρακτηριστικά της ελαστικότητας και απόσβεσης από 15 - 40%
- Αύξηση ωφέλιμου φορτίου 0%-10% με βήμα 2%
- 30 προσομοιώσεις και για τις 6 συνθήκες λειτουργίας για την υγιή κατάσταση και για τα 8 σενάρια βλαβών

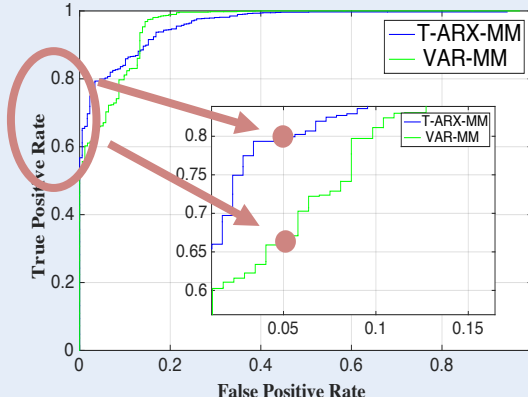
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ
2340

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ								
	A.D *	k2rt	c2rt	k2ll	c2ll	k1lf	c1lf	k1rrl	c1rrl
T-ARX-MM	sum	0.84	0.70	0.77	0.43	1	0.99	0.89	1
	min	0.96	0.92	0.93	0.94	1	0.99	0.98	1
VAR-MM	sum	0.56	0.71	0.52	0.52	1	0.41	0.96	0.98
	min	0.97	0.97	0.93	0.97	1	1	1	1

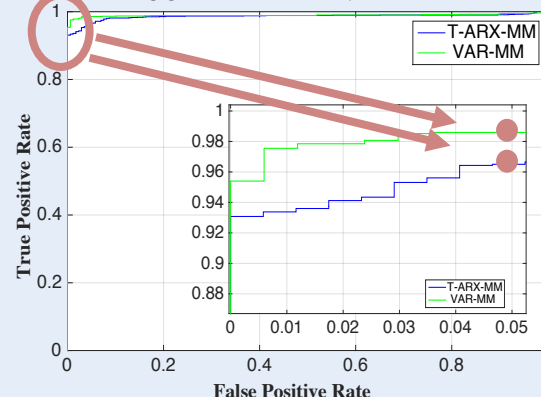
* A.D : Απόσταση D * ποσοστά σωστής ανίχνευσης των βλαβών για ρυθμό ψεύδους 5%

Καμπύλες ROC για όλες τις βλάβες συνολικά για εκτίμηση απόστασης D sum & min
ROC T-ARX-MM vs VAR-MM sum



- ✓ Η περίπτωση εκτίμησης του συνολικού μέτρου απόστασης D min είναι η αποτελεσματικότερη και στις δυο μεθόδους T-ARX-MM, VAR-MM

ROC T-ARX-MM vs VAR-MM min



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Επιλύεται ένα πολύπλοκο πρόβλημα ανίχνευσης βλαβών αφού πραγματοποιήθηκαν πολυάριθμες προσομοιώσεις υπό μεταβαλλόμενο ωφέλιμο φορτίο χωρίς βλάβη αλλά και με βλάβες.
- Οι μέθοδοι T-ARX-MM και VAR-MM καταφέρνουν να ανιχνεύσουν με μεγάλη ακρίβεια τις βλάβες στα στοιχεία ελαστικότητας.
- Στην περίπτωση βλαβών στα στοιχεία απόσβεσης είναι δύσκολη η ανίχνευση βλαβών με εξαίρεση ενός αποσβεστήρα (c_{1lf}) που βρίσκεται στο δευτερεύον φορείο της πρωτεύουσας ανάρτησης.