

Υπολογιστική Νοημοσύνη
Εργασία 2
TSK

Κουτρομπής Γεώργιος, AEM: 9668

2022

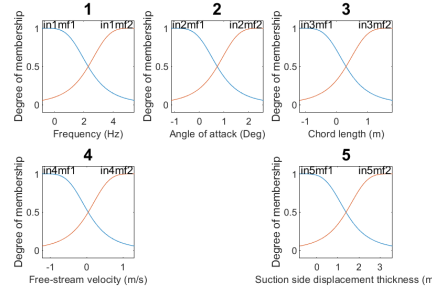
Περιεχόμενα

1	Εφαρμογή σε απλό dataset	3
1.1	Διαγράμματα ασαφών συνόλων	3
1.2	Διαγράμματα Μάθησης	5
1.3	Διαγράμματα Σφάλματος Πρόβλεψης	7
1.4	Δείκτες Απόδοσης	9
1.5	Σχόλια	9
2	Dataset με υψηλή διαστασιμότητα	10

1 Εφαρμογή σε απλό dataset

1.1 Διαγράμματα ασαφών συνόλων

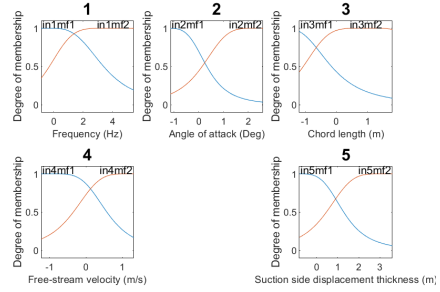
MF before training, model 1



Εικόνα 1.

Ασαφή σύνολα πριν την εκπαίδευση για το 1ο μοντέλο

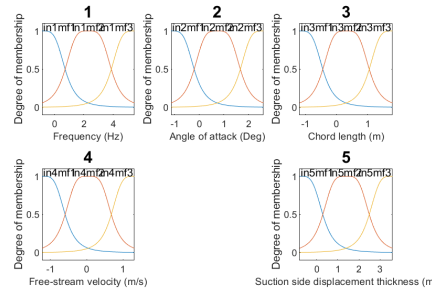
MF after training, model 1



Εικόνα 2.

Ασαφή σύνολα μετά την εκπαίδευση για το 1ο μοντέλο

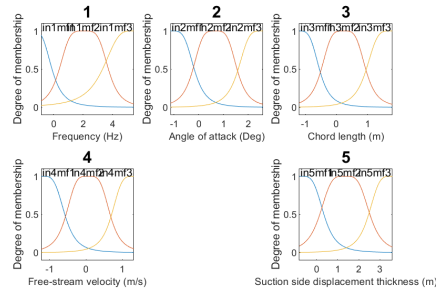
MF before training, model 2



Εικόνα 3.

Ασαφή σύνολα πριν την εκπαίδευση για το 2ο μοντέλο

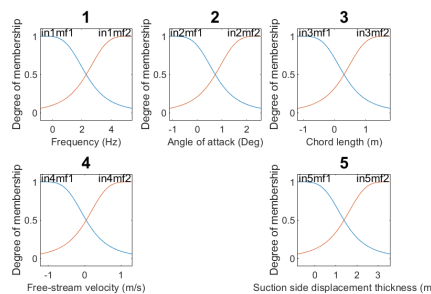
MF after training, model 2



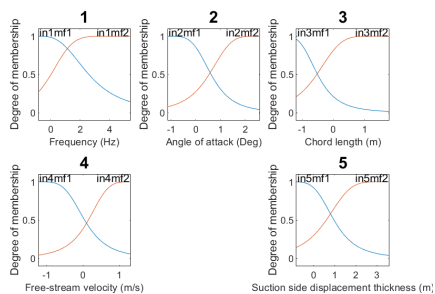
Εικόνα 4.

Ασαφή σύνολα μετά την εκπαίδευση για το 2ο μοντέλο

MF before training, model 3



MF after training, model 3



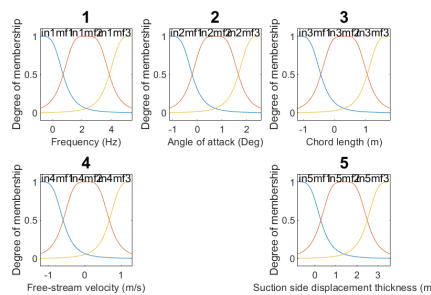
Εικόνα 5.

Ασαφή σύνολα πριν την εκπαίδευση για το 3ο μοντέλο

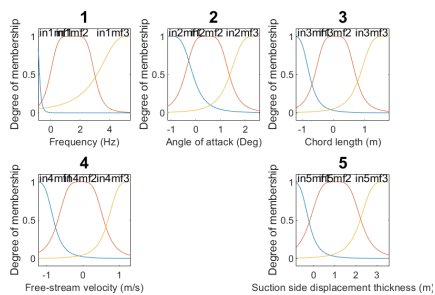
Εικόνα 6.

Ασαφή σύνολα μετά την εκπαίδευση για το 3ο μοντέλο

MF before training, model 4



MF after training, model 4



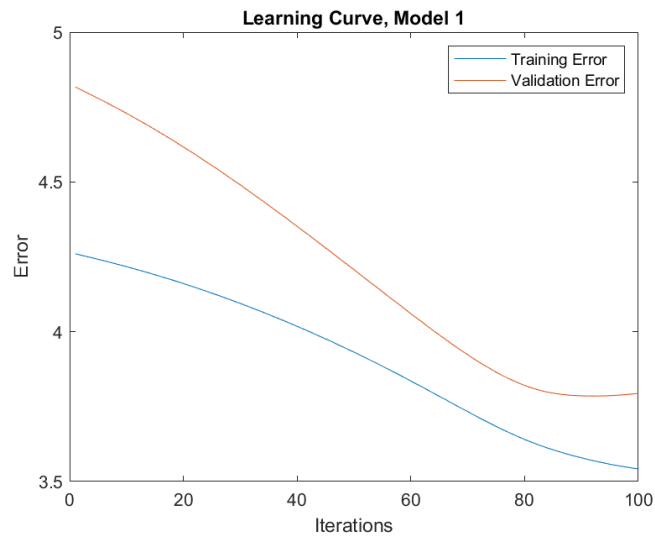
Εικόνα 7.

Ασαφή σύνολα πριν την εκπαίδευση για το 4ο μοντέλο

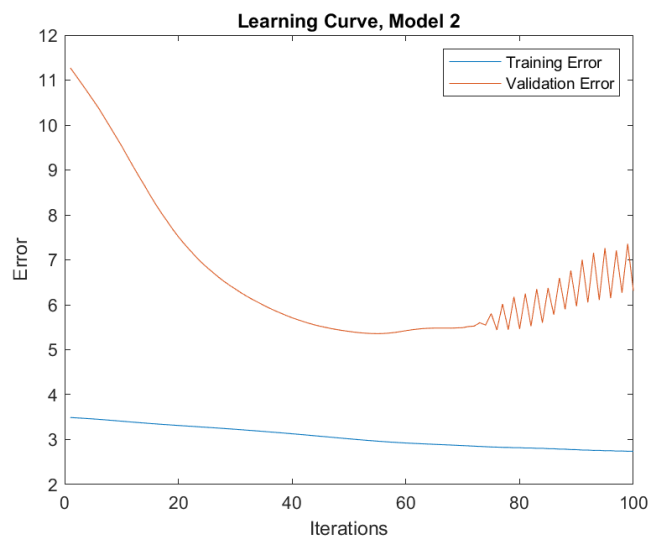
Εικόνα 8.

Ασαφή σύνολα μετά την εκπαίδευση για το 4ο μοντέλο

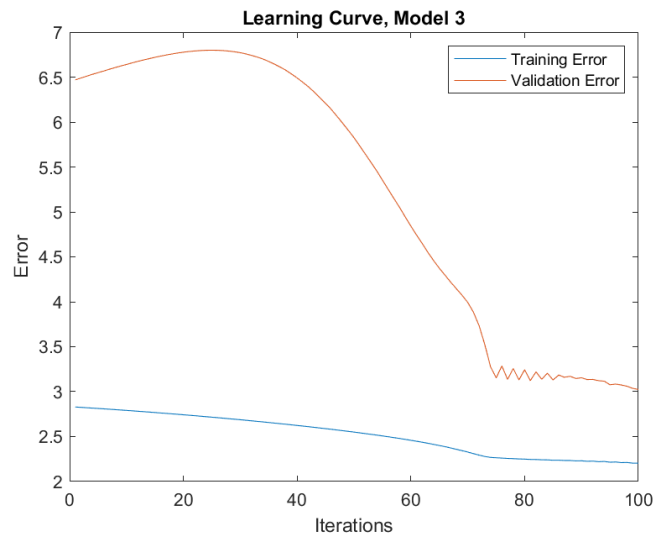
1.2 Διαγράμματα Μάθησης



Εικόνα 9.
Διάγραμμα μάθησης για το 1ο μοντέλο

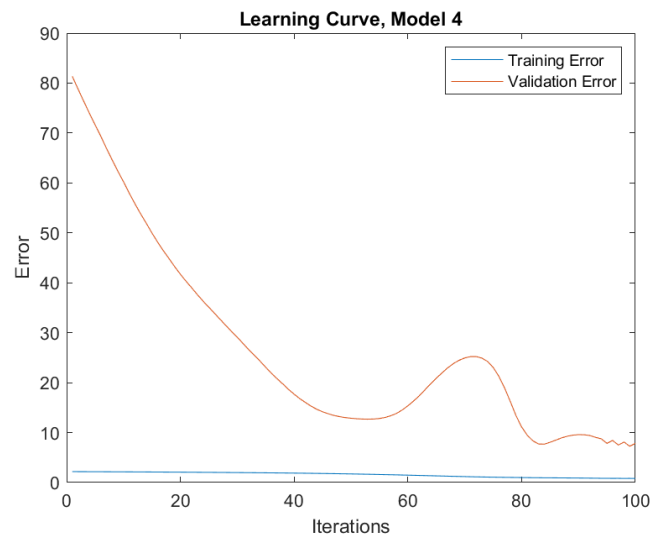


Εικόνα 10.
Διάγραμμα μάθησης για το 2ο μοντέλο



Εικόνα 11.

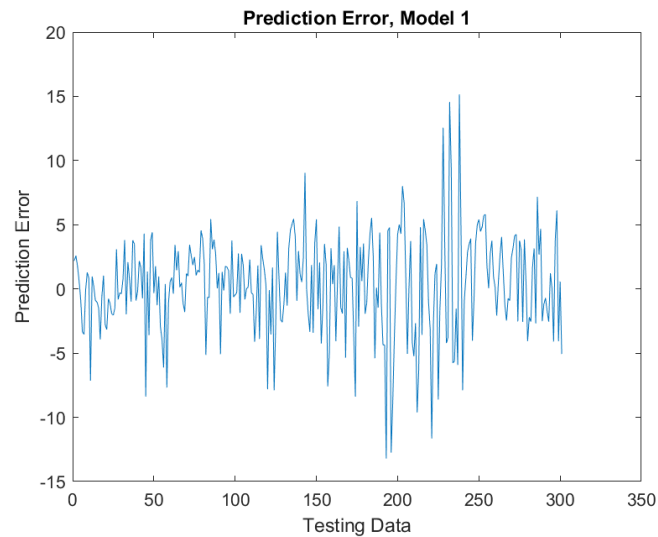
Διάγραμμα μάθησης για το 3ο μοντέλο



Εικόνα 12.

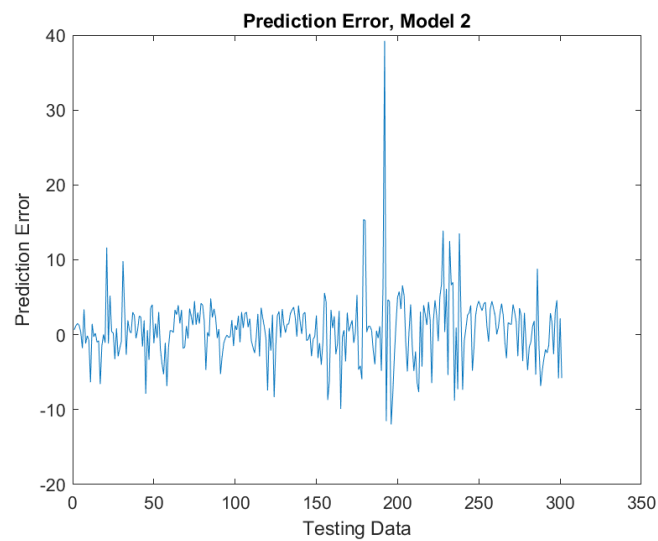
Διάγραμμα μάθησης για το 4ο μοντέλο

1.3 Διαγράμματα Σφάλματος Πρόβλεψης



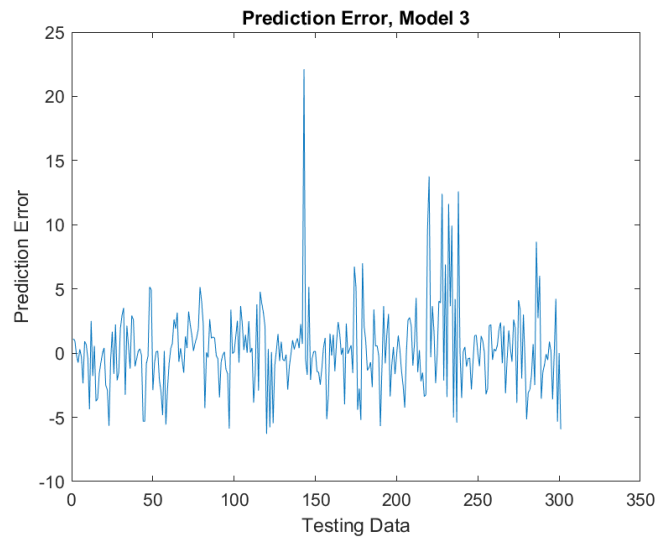
Εικόνα 13.

Διάγραμμα σφάλματος πρόβλεψης για το 1ο μοντέλο



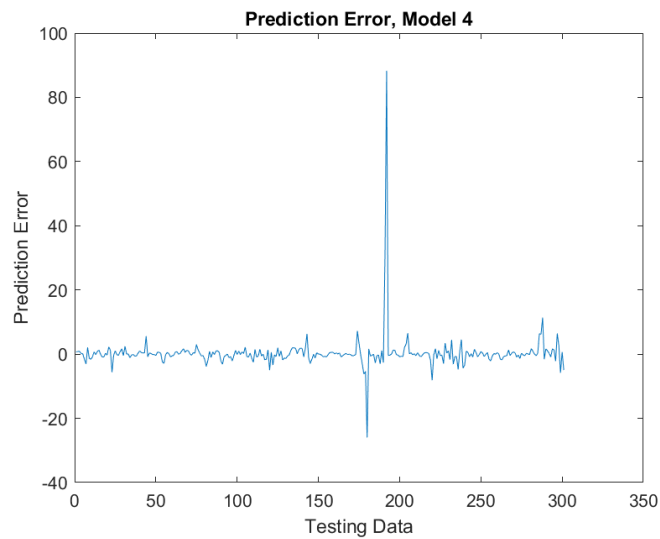
Εικόνα 14.

Διάγραμμα σφάλματος πρόβλεψης για το 2ο μοντέλο



Εικόνα 15.

Διάγραμμα σφάλματος πρόβλεψης για το 3ο μοντέλο



Εικόνα 16.

Διάγραμμα σφάλματος πρόβλεψης για το 4ο μοντέλο

1.4 Δείκτες Απόδοσης

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
RMSE	3.91	4.58	3.30	5.92
NMSE	0.31	0.43	0.22	0.72
NDEI	0.56	0.66	0.47	0.85
R^2	0.68	0.56	0.77	0.27

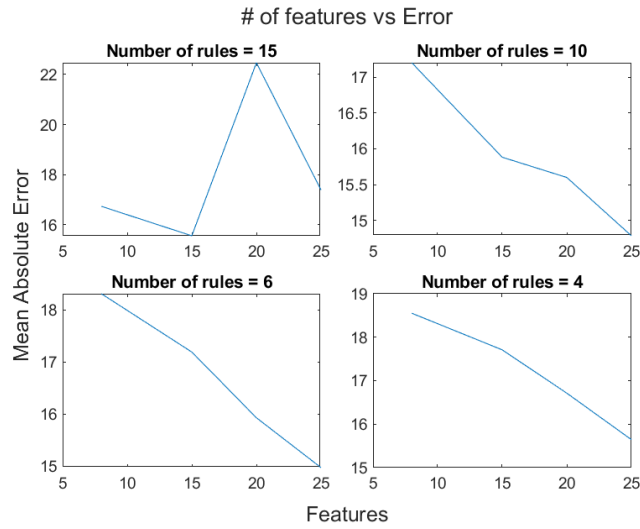
Πίνακας 1. Τιμές των $RMSE$, $NMSE$, $NDEI$, R^2 για τα 4 μοντέλα

1.5 Σχόλια

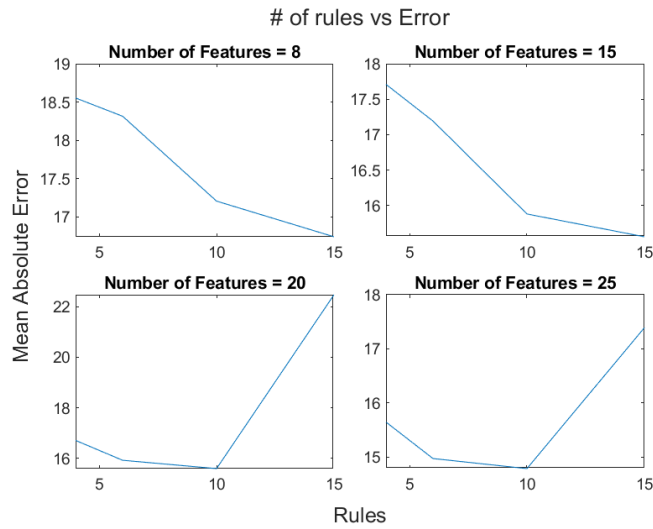
Αρχικά από τις καμπύλες εκμάθησης, παρατηρούμε ότι τα μοντέλα με 3 membership functions για κάθε input παρουσιάζουν overfitting, σε αντίθεση με τα μοντέλα με 2 membership functions, όπου οι καμπύλες training-validation errors έχουν μικρότερη απόσταση (τα scales των διαγραμμάτων είναι διαφορετικά οπότε δεν φαίνεται απευθείας αυτή η διαφορά μεταξύ τους). Όσο αφορά την απόδοση στα test data, είναι φανερό ότι την καλύτερη απόδοση έχει το μοντέλο 3, μετά το μοντέλο 1, το μοντέλο 2 και τέλος το μοντέλο 4. Όπως αναφέρθηκε, τα μοντέλα με 3 MFs παρουσιάζουν overfitting, οπότε μεταξύ των μοντέλων 1-2 καλύτερη απόδοση στα test data έχει το 1ο, ενώ ανάμεσα στα 3-4 έχει το 3ο. Μεταξύ των 1-3, όμως, την καλύτερη απόδοση έχει το 3ο μοντέλο που κάνει χρήση polynomial output. Όσο αφορά το μοντέλο 4, ενώ βλέπουμε ότι έχει χαμηλό error στα training data, λόγω πολύ overfitting έχει κακή απόδοση στα test data.

Οι μονάδες μέτρησης στα διαγράμματα των MFs δεν ισχύουν, αφού τα δεδομένα εισόδου έχουν κανονικοποιηθεί

2 Dataset με υψηλή διαστασιμότητα



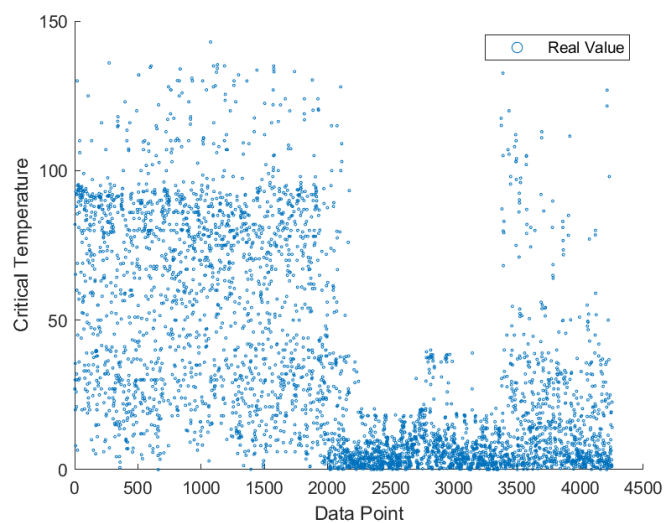
Εικόνα 17.
Σφάλμα συναρτήσεως αριθμού χαρακτηριστικών



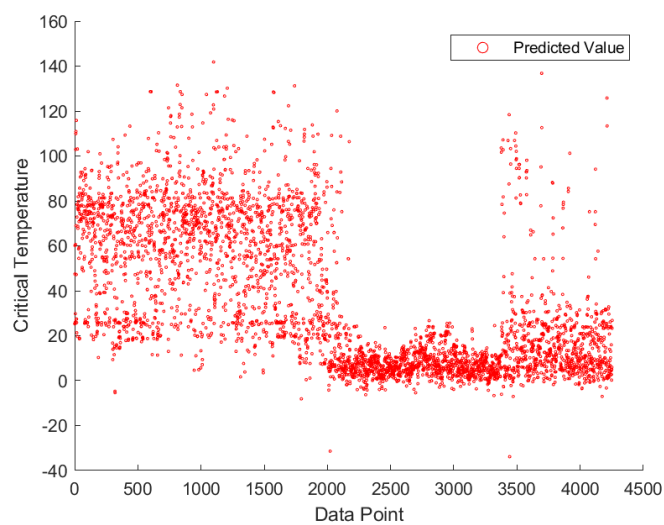
Εικόνα 18.
Σφάλμα συναρτήσεως αριθμού κανόνων

Παρατηρούμε, ότι για όποιο αριθμό κανόνων και αν προκύπτει από το Subtractive Clustering, όσο αυξάνουμε τον αριθμό χαρακτηριστικών, το σφάλμα τείνει να

μειωθεί. Οπότε εν τέλει ο αριθμός των χαρακτηριστικών αποτελεί υπερπαράμετρο που ορίζεται αναλόγως του trade-off που θέλουμε μεταξύ υπολογιστικού κόστους - σφάλματος. Επίσης, αν και δεν εξετάζεται στην παρούσα εργασία, ο μεγάλος αριθμός χαρακτηριστικών θα μπορούσε να προκαλέσει και overfitting.



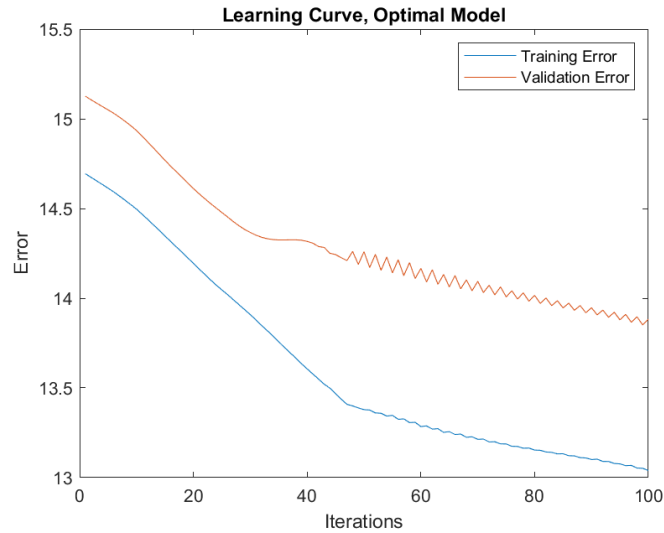
Εικόνα 19.

Πραγματικές τιμές

Εικόνα 20.

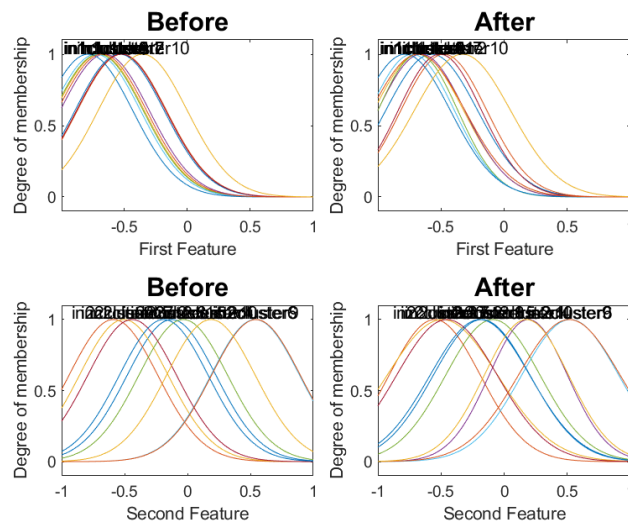
Προβλέψεις του τελικού μοντέλου

Παρατηρούμε, ότι ενώ για μικρό αριθμό χαρακτηριστικών (8 και 15), όσο αυξάνει ο αριθμός κανόνων το σφάλμα μειώνεται (τουλάχιστον μέχρι τις τιμές που δοκιμάστηκαν), στα περισσότερα χαρακτηριστικά (20 και 25), μετά από έναν αριθμό κανόνων το σφάλμα αυξάνει. Οπότε φαίνεται ότι δεν είναι απαραίτητος ο μεγάλος αριθμός κανόνων.



Εικόνα 21.

Σφάλμα συναρτήσει του αριθμού επαναλήψεων



Εικόνα 22.

Μερικά ασαφή σύνολα στην αρχική τους μορφή

RMSE	NMSE	NDEI	R^2
13.58	0.15	0.39	0.85

Πίνακας 2. Τιμές των $RMSE$, $NMSE$, $NDEI$, R^2 για το τελικό μοντέλο

Το τελικό μοντέλο έχει 10 κανόνες, χρησιμοποιώντας 25 χαρακτηριστικά. Εάν γινόταν grid partitioning με 2 ασαφή σύνολα ανά είσοδο θα υπήρχαν $2^2 5$ κανόνες, ενώ με 3 ασαφή σύνολα θα υπήρχαν $3^2 5$ κανόνες. Είναι προφανές ότι το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε με Subtractive Clustering είναι πολύ "φθηνότερο" υπολογιστικά, έχοντας πολλές τάξεις μεγέθους λιγότερους κανόνες, ενώ επιτυγχάνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, όπως φαίνεται από τις μετρικές (2).