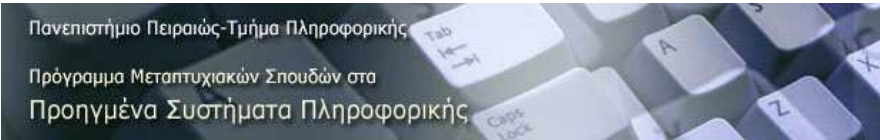




Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

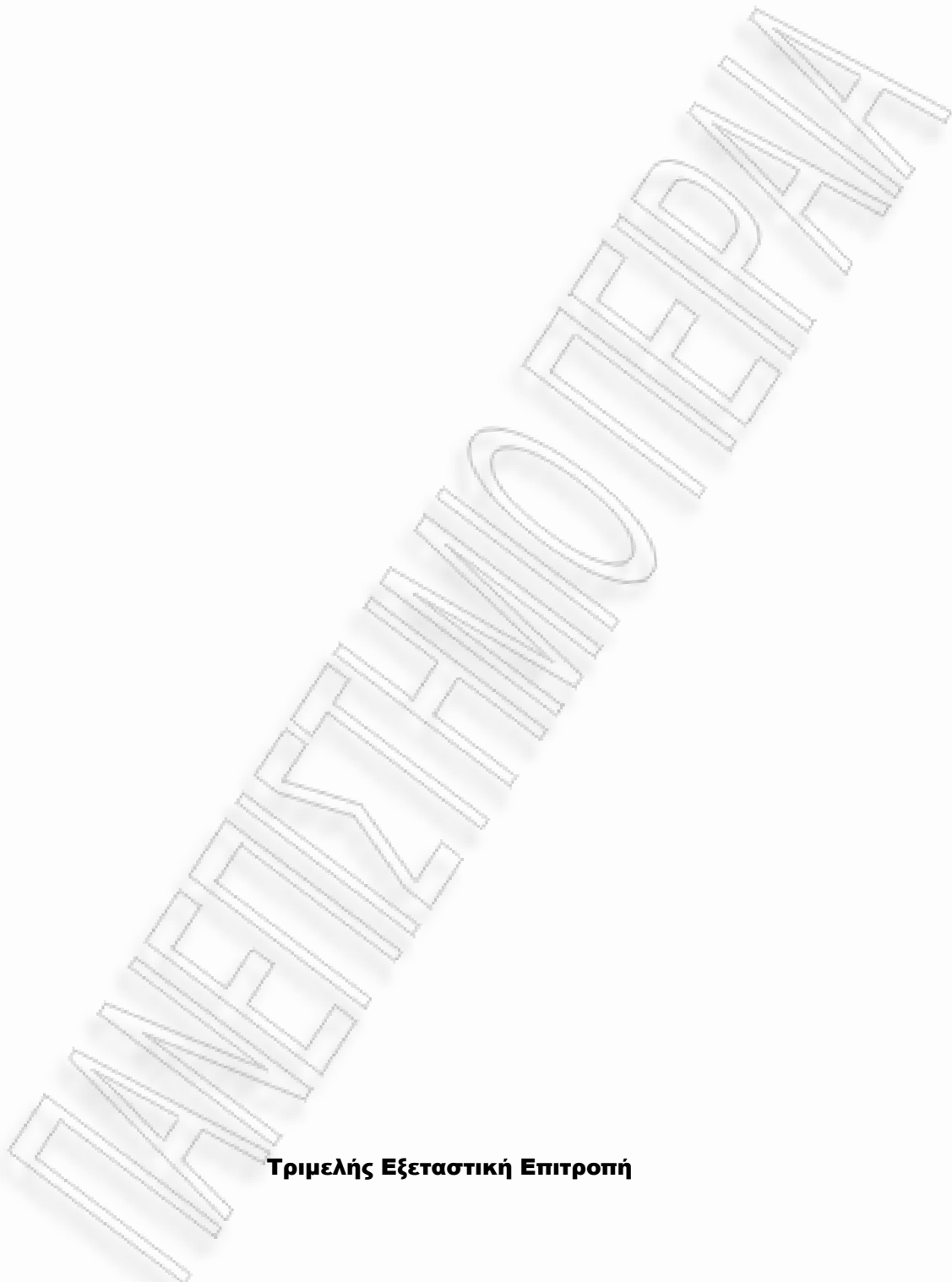
Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Μοντελοποίηση Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Σωτήρος Δημήτριος-Γεώργιος του Παναγιώτη
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ/07038
Κατεύθυνση	Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων
Επιβλέπων	Δημήτρης Κ. Δεσπότης, Καθηγητής



Πανεπιστήμιο Πειραιώς-Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στα
Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής

Ημερομηνία Παράδοσης **Μάρτιος 2010**



Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Δημήτρης Κ. Δεσπότης
Καθηγητής

Ευάγγελος Φούντας
Καθηγητής

Δημήτρης Αποστόλου
Λέκτορας

Περίληψη

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες μη-παραμετρικές τεχνικές εκτίμησης της αποδοτικότητας των μονάδων απόφασης σε ένα σύστημα. Παρόλα αυτά όταν χρησιμοποιείται σε σύνολα δεδομένων αρκετού μεγάλου πλήθους μονάδων απόφασης με πολλές μεταβλητές, η διαδικασία είναι αρκετά χρονοβόρα και απαιτεί αρκετούς υπολογιστικούς πόρους. Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια μοντελοποίησης της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, τα οποία είναι επίσης μη-παραμετρικά. Σε αντίθεση όμως με την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων καταναλώνουν ελάχιστους υπολογιστικούς πόρους και έχουν την δυνατότητα της εκπαίδευσης και γενίκευσης.

Abstract

Data Envelopment Analysis is considered as one of the most important non-parametric techniques to evaluate the efficiency scores of Decision Making Units. Nevertheless, in large datasets this process requires huge computer resources in terms of memory and CPU time. In this current work it is attempted to model Data Envelopment Analysis on Artificial Neural Networks which are also non-parametric. However they require much less computer resources and they have the ability of training and generalization.

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή	12
2.Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων(ΠΑΔ)	13
2.1.Εισαγωγή	13
2.2.Βασικές έννοιες	13
2.2.1.Μονοδιάστατη εισροή-εκροή	13
2.2.2.Μονοδιάστατη εισροή – δισδιάστατη εκροή.....	15
2.3.Βασικά μοντέλα.....	17
2.3.1.CCR	17
2.3.2.BCC	18
2.3.3.Additive	19
3.Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα(TNΔ).....	20
3.1.Εισαγωγή	20
3.2.Βασική δομή.....	20
3.3.Τοπολογία.....	21
3.4.Εκπαίδευση.....	23
3.4.1.Εποπτευόμενη μάθηση	23
3.4.2.Μη-εποπτευόμενη μάθηση	24
3.5.Multilayer feedforward backpropagation Neural Networks.....	24
3.6.Radial Basis Functions (RBF) Neural Networks.....	24
4.Μοντελοποίηση ΠΑΔ με TNΔ	27
4.1.Σχεδίαση προσομοίωσης	27
4.2.Παραγωγή δεδομένων (Monte Carlo)	27
4.3.Εκπαίδευση TNΔ.....	31
4.4.Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	32
5.Αποτελέσματα προσομοιώσεων	33
5.1.Εκτίμηση αποδοτικότητας CCR-input μοντέλου.	34
5.1.1.Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή.....	34
5.1.2.Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή	43
5.1.3.Παραγωγή δεδομένων κατά Cobb-Douglas.	52
5.1.4.Παραγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας λογαριθμικές συναρτήσεις.....	55
5.2.Εκτίμηση αποδοτικότητας CCR-output μοντέλου	56
5.2.1. Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή.....	56
5.2.2. Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή	65
5.2.3. Παραγωγή δεδομένων κατά Cobb-Douglas	74
5.2.4. Παραγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας λογαριθμικές συναρτήσεις.....	77
5.3.Εκτίμηση αποδοτικότητας BCC-input μοντέλου.	78
5.3.1.Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή.....	78
5.3.2.Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή	87
5.3.1.Παραγωγή δεδομένων κατά Cobb-Douglas	96
5.3.4.Παραγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας λογαριθμικές συναρτήσεις.....	99
5.4.Εκτίμηση αποδοτικότητας BCC-output μοντέλου.	100
5.4.1.Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή.....	100
5.4.2.Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή	109
5.4.3.Παραγωγή δεδομένων κατά Cobb Douglas.	118

5.4.4. Παραγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας λογαριθμικές συναρτήσεις.....	121
5.5. Εκτίμηση αποδοτικότητας Additive μοντέλου.....	122
5.5.1. Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή.....	122
5.5.2. Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή	131
5.6. Ταξινόμηση μονάδων απόφασης BCC-input μοντέλου	140
5.6.1. Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή	140
5.7. Συγκεντρωτικοί πίνακες σωστών αναγνωρίσεων.....	145
6. Συμπεράσματα.....	147
7. Μελλοντικές Προτάσεις	148
8. Βιβλιογραφία-Αναφορές	149

Εικόνες

Εικόνα 1: Σύνορο αποδοτικότητας - γραμμή παλινδρόμησης.....	14
Εικόνα 2: Βελτίωση του καταστήματος A.....	15
Εικόνα 3: Βελτίωση μονάδων απόφασης.....	16
Εικόνα 4: Βασική δομή ενός Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου.....	21
Εικόνα 5: Feed Forwad Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο	22
Εικόνα 6: Αναδρομικό Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο.....	22
Εικόνα 7: CNN Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο	22
Εικόνα 8: Εποπτευόμενη μέθοδος εκπαίδευσης	23
Εικόνα 9: Μη-εποπτευόμενη μέθοδος εκπαίδευσης	24
Εικόνα 10: RBF Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο.....	25

Πίνακες

Πίνακας 1: Παράδειγμα μονοδιάστατης εισροής-εκροής	14
Πίνακας 2: Παράδειγμα μονοδιάστατης εισροής-δισδιάστατης εκροής.....	15
Πίνακας 3: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με MFFBPNN.	33
Πίνακας 4: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	34
Πίνακας 5: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	35
Πίνακας 6: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	36
Πίνακας 7: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	37
Πίνακας 8: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	38
Πίνακας 9: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	39
Πίνακας 10: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	40
Πίνακας 11: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	41
Πίνακας 12: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	42
Πίνακας 13: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	43
Πίνακας 14: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	44
Πίνακας 15: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	45
Πίνακας 16: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	46
Πίνακας 17: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	47
Πίνακας 18: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	48
Πίνακας 19: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	49
Πίνακας 20: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	50
Πίνακας 21: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	51
Πίνακας 22: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	52
Πίνακας 23 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	53
Πίνακας 24 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	54

Πίνακας 25: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές χρησιμοποιώντας Translog distance output functions-RBF TND ...	55
Πίνακας 26 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	56
Πίνακας 27 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	57
Πίνακας 28 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	58
Πίνακας 29 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	59
Πίνακας 30 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	60
Πίνακας 31 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	61
Πίνακας 32 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	62
Πίνακας 33 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	63
Πίνακας 34 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	64
Πίνακας 35: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	65
Πίνακας 36: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	66
Πίνακας 37: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	67
Πίνακας 38: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	68
Πίνακας 39: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	69
Πίνακας 40: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	70
Πίνακας 41: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	71
Πίνακας 42: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	72
Πίνακας 43: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	73
Πίνακας 44: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	74
Πίνακας 45: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 3 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	75
Πίνακας 46: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 4 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	76
Πίνακας 47: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές χρησιμοποιώντας Translog distance output functions-RBF TND ...	77
Πίνακας 48: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-inputt μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	78

Πίνακας 49: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	79
Πίνακας 50: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	80
Πίνακας 51: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	81
Πίνακας 52: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	82
Πίνακας 53: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	83
Πίνακας 54: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	84
Πίνακας 55: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	85
Πίνακας 56: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	86
Πίνακας 57: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	87
Πίνακας 58: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	88
Πίνακας 59: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	89
Πίνακας 60: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	90
Πίνακας 61: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	91
Πίνακας 62: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	92
Πίνακας 63: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	93
Πίνακας 64: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	94
Πίνακας 65: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	95
Πίνακας 66: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	96
Πίνακας 67: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	97
Πίνακας 68: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	98
Πίνακας 69: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές χρησιμοποιώντας Translog distance output functions-RBF TND ...	99
Πίνακας 70: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	100
Πίνακας 71: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	101
Πίνακας 72: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	102

Πίνακας 73: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	103
Πίνακας 74: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	104
Πίνακας 75: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	105
Πίνακας 76: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	106
Πίνακας 77: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	107
Πίνακας 78: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	108
Πίνακας 79: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	109
Πίνακας 80: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	110
Πίνακας 81: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	111
Πίνακας 82: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	112
Πίνακας 83: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	113
Πίνακας 84: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	114
Πίνακας 85: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	115
Πίνακας 86: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	116
Πίνακας 87: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	117
Πίνακας 88: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	118
Πίνακας 89: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	119
Πίνακας 90: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TND	120
Πίνακας 91: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές χρησιμοποιώντας Translog distance output functions-RBF TND .	121
Πίνακας 92: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	122
Πίνακας 93: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	123
Πίνακας 94: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	124
Πίνακας 95: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	125
Πίνακας 96: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	126

Πίνακας 97: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	127
Πίνακας 98: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	128
Πίνακας 99: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	129
Πίνακας 100: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND.....	130
Πίνακας 101: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	131
Πίνακας 102: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	132
Πίνακας 103: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	133
Πίνακας 104: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	134
Πίνακας 105: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	135
Πίνακας 106: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	136
Πίνακας 107: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	137
Πίνακας 108: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	138
Πίνακας 109: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND	139
Πίνακας 110: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TND.....	140
Πίνακας 111: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση μονάδων)-RBF TND	141
Πίνακας 112: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TND.....	141
Πίνακας 113: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TND.....	142
Πίνακας 114: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TND.....	142
Πίνακας 115: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TND.....	143
Πίνακας 116: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TND.....	143
Πίνακας 117: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TND.....	144
Πίνακας 118: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TND.....	144
Πίνακας 119: Συγκεντρωτικός πίνακας σωστών αναγνωρίσεων - RBF - regression	145
Πίνακας 120: Συγκεντρωτικός πίνακας σωστών αναγνωρίσεων - RBF - classification	146

1.Εισαγωγή

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ) αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες μη-παραμετρικές τεχνικές εκτίμησης της αποδοτικότητας ομοειδών μονάδων ενός συστήματος. Στηρίζεται στο γραμμικό προγραμματισμό και ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της είναι η εύρεση των ιδανικότερων βαρών των μεταβλητών κάθε μονάδας απόφασης. Αν υποθέσουμε ότι σε ένα σύστημα έχουμε n μονάδες απόφασης, τότε για την εύρεση των βέλτιστων βαρών για κάθε μονάδα απόφασης, λύνονται n γραμμικά συστήματα. Είναι σαφές ότι σε μεγάλο πλήθος δεδομένων με πολλές μονάδες απόφασης και με μεγάλο πλήθος μεταβλητών (εισροές-εκροές), η διαδικασία είναι αρκετά χρονοβόρα και χρειάζεται αρκετούς υπολογιστικούς πόρους τόσο σε μνήμη όσο και σε επεξεργαστική ισχύ, που ακόμα και ένας υπερσύγχρονος υπολογιστής αδυνατεί να καλύψει. Ήδη αρκετοί οργανισμοί χρησιμοποιούν πιλοτικά την ΠΑΔ για την εκτίμηση της αποδοτικότητας εκατομμυρίων μονάδων, όπως είναι το Department for Education and Skills στην Αγγλία [10]. Ένας ερευνητέος τρόπος προσέγγισης αυτού του προβλήματος αποτελεί η προσομοίωση με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ). Η γενικότερη ιδέα είναι η επιλογή ενός τυχαίου υποσυνόλου του αρχικού δείγματος, η εκτίμηση της αποδοτικότητας των μονάδων του σε συμφωνία με την ΠΑΔ και η εκπαίδευση του ΤΝΔ. Έπειτα ακολουθεί ο υπολογισμός της αποδοτικότητας όλων των μονάδων του αρχικού συνόλου μέσω του εκπαιδευμένου ΤΝΔ.

Τα ΤΝΔ όμοια με την ΠΑΔ είναι μη-παραμετρικά. Παρόλα αυτά, καταναλώνουν ελάχιστους υπολογιστικούς πόρους. Επίσης, έχουν τη δυνατότητα της εκπαίδευσης και της γενίκευσης. Όσον αφορά στον όρο της γενίκευσης, εννοούμε ότι, όταν ένα ΤΝΔ εκπαιδευτεί κατάλληλα με ένα σύνολο δεδομένων, στη συνέχεια μπορεί να εκτιμήσει την αποδοτικότητα των μονάδων απόφασης ενός διαφορετικού συνόλου ίδιας τεχνολογίας με αυτού που εκπαιδεύτηκε. Αντίθετα, στην ΠΑΔ, επειδή η αποδοτικότητα μιας μονάδας είναι σχετική με το σύνολο στο οποίο ανήκει, όταν αλλάζει ή τροποποιείται το σύνολο της, η αποδοτικότητα πρέπει να υπολογιστεί από την αρχή. Αυτό βέβαια αποτελεί και μια από τις μεγαλύτερες δυσκολίες της μοντελοποίησης της.

Παρόλο τις δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίζει η παραπάνω προσέγγιση, έχουν γίνει αρκετές πρόσφατες ενθαρρυντικές εργασίες. Το 1996 ο Antreas D. Athanasopoulos και ο Stephen P. Cugram [12] δημοσίευσαν μια μελέτη σύγκρισης της ΠΑΔ με τα ΤΝΔ, στην περίπτωση εκτίμησης της αποδοτικότητας τραπεζικών καταστημάτων με δύο εισροές και μία εκροή, όπου και από τις δύο μεθοδολογίες προέκυψαν συγκρίσιμα αποτελέσματα. Έπειτα το 2001 οι Daniel Santin Gonzales και Aurelia Valino Castro [14] δημοσίευσαν μια εργασία στην οποία εκτιμούν το σύνολο αποδοτικότητας μιας απλής μη-γραμμικής συνάρτησης με μονοδιάστατη εισροή-εκροή με την ΠΑΔ, Ανάλυση Στοχαστικού Συνόρου και νευρωνικά δίκτυα. Το αποτέλεσμα της έρευνας αυτής έδειξε ότι τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν ένα εύχρηστο εργαλείο, για την εκτίμηση του συνόρου αποδοτικότητας, το οποίο μπορεί να αντικαταστήσει τις κλασσικές μη παραμετρικές προσεγγίσεις. Επιπλέον, το 2009 δημοσιεύτηκε από τους Ali Emrouznejad και Estelle Shale [10] μια μελέτη προσομοίωσης του CCR μοντέλου με έξι μεταβλητές, προσανατολισμένου προς τις εκροές, με νευρωνικά δίκτυα, με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Παρόλα αυτά, εκτενής έρευνα σε δεδομένα πολυδιάστατων μεταβλητών και σε πολλαπλά μοντέλα της ΠΑΔ, δεν έχει σημειωθεί στη βιβλιογραφία. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να γίνει μια μελέτη της αποτελεσματικότητας της μοντελοποίησης της ΠΑΔ με ΤΝΔ σε περιπτώσεις δεδομένων με πολλαπλές εισροές και εκροές στα βασικά μοντέλα της ΠΑΔ.

Η εργασία αποτελείται από 7 ενότητες. Στη δεύτερη και τρίτη ενότητα γίνεται μια αναφορά στις θεμελιώδεις αρχές της ΠΑΔ και των ΤΝΔ αντίστοιχα, ενώ στην τέταρτη ενότητα αναλύουμε το σχεδιασμό, τα βήματα καθώς και τις παραμέτρους που έχουμε λάβει υπόψη κατά τη μοντελοποίηση. Στην πέμπτη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις και η εργασία κλείνει με την έκτη και έβδομη ενότητα που παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και κάποιες μελλοντικές προτάσεις.

2.Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων(ΠΑΔ)

2.1.Εισαγωγή

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ), αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως μία από τις πλέον δημοφιλείς τεχνικές μέτρησης-αποτίμησης της συμπεριφοράς και ειδικότερα της αποδοτικότητας μονάδων (αντικειμένων) που λειτουργούν στα πλαίσια ενός συστήματος [8]. Ο Farrell (1957) έθεσε τις βάσεις της τεχνικής αυτής, που ήρθε ξανά στην επικαιρότητα από τους Charnes et al. (1978). Σε σχέση με τις παραδοσιακές παραμετρικές μεθόδους εκτίμησης αποδοτικότητας όπως η παλινδρόμηση, αποτέλεσε μια σπουδαία εναλλακτική μεθοδολογία. Την τελευταία δεκαετία, έχει εφαρμοστεί ευρέως για την εκτίμηση αποδοτικότητας τραπεζών, αερογραμμών, νοσοκομείων, πανεπιστημίων και ερευνητικών κέντρων. Πρόκειται για μια μη παραμετρική τεχνική, η οποία στηρίζεται στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού.

Τα αντικείμενα που μελετά η ΠΑΔ, αναφέρονται ως μονάδες απόφασης. Θεωρούνται ως παραγωγικές ομοειδείς μονάδες, που καταναλώνουν πόρους (εισροές) για να παραγούν ένα σύνολο εκροών. Σε ένα σύστημα όλες οι μονάδες απόφασης θεωρείται ότι καταναλώνουν το ίδιο σύνολο εισροών για να παράγουν το ίδιο σύνολο εκροών. Πρόκειται δηλαδή για ομοειδή αντικείμενα, τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη κλίμακα τιμών των εισροών και εκροών που καταναλώνουν και παράγουν αντίστοιχα. Αξίζει ακόμα να σημειωθεί ότι η ΠΑΔ είναι ανεξάρτητη της μονάδας μέτρησης των μεταβλητών (εισροές-εκροές) των μονάδων απόφασης.

Συνήθης μονάδα μέτρησης της αποδοτικότητας αποτελεί το πηλίκο της εκροής ανα εισροή. Για την εκτίμηση px της αποδοτικότητας των καταστημάτων μιας αλυσίδας, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ως μονάδα μέτρησης το πηλίκο των κερδών του καταστήματος ανά πλήθος υπαλλήλων. Η αποδοτικότητα αυτή αναφέρεται ως μερική αποδοτικότητα και διαφέρει από την ολική αποδοτικότητα, καθώς στη δεύτερη περίπτωση για τον υπολογισμό της λαμβάνονται υπόψη όλες οι εισροές και εκροές της μονάδας απόφασης του συστήματος που μελετάμε. Η μετάβαση από τη μερική στην ολική αποδοτικότητα, παρόλο τις δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίζει, όπως επιλογή μεταβλητών και αντίστοιχων βαρών που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την παραγωγή πηλίκου σταθμισμένης εκροής/σταθμισμένης εισροής, αποτρέπει τον καταλογισμό των κερδών στις εκροές, σε λανθασμένη εισροή. Για παράδειγμα η αύξηση των κερδών μια επιχείρησης που οφείλεται σε αύξηση του κεφαλαίου μπορεί να αποδοθεί εσφαλμένα στο εργατικό δυναμικό.

Η σχετική καινούρια προσέγγιση της ΠΑΔ, δεν προϋποθέτει την επιλογή των βαρών που θα χρησιμοποιηθούν. Συγκεκριμένα, τα βάρη που χρησιμοποιούνται στη ΠΑΔ, προκύπτουν από τα ίδια τα δεδομένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιστοποιούν την αποδοτικότητα της εκάστοτε μονάδας σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μονάδες του συστήματος. Έτσι για κάθε μονάδα επιλέγονται τα καλύτερα δυνατά βάρη, τα οποία στη συνέχεια εφαρμόζονται και στις υπόλοιπες μονάδες για την εκτίμηση της αποδοτικότητας. Επιπλέον, αμβλύνει το πρόβλημα του περιορισμού του πλήθους των μεταβλητών που μπορούν να εκτιμηθούν σε ένα σύστημα, σε αντίθεση με άλλες μεθοδολογίες.

2.2.Βασικές έννοιες

Για την καλύτερη κατανόηση των βασικών εννοιών της ΠΑΔ, θα χρησιμοποιήσουμε τα ακόλουθα δύο παραδείγματα¹.

2.2.1.Μονοδιάστατη εισροή-εκροή

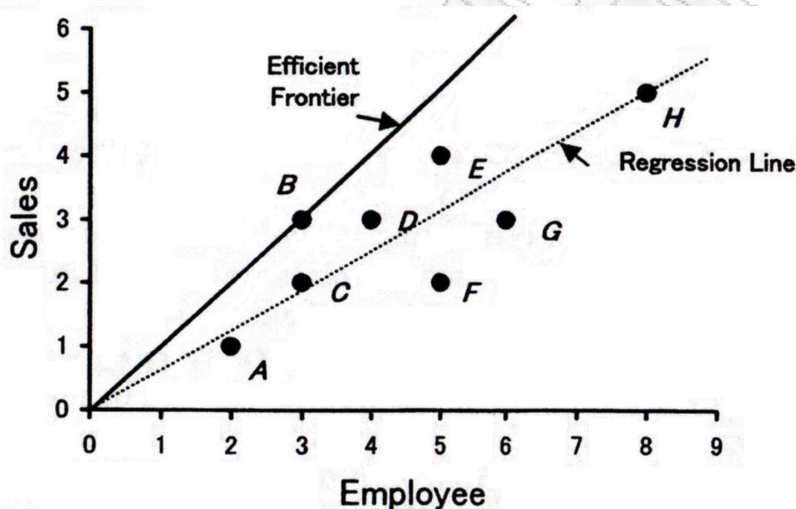
Στο ακόλουθο παράδειγμα παρουσιάζονται στον πίνακα 1, οχτώ καταστήματα (Α-Η) με μονοδιάστατη εισροή-εκροή. Ως εισροή θεωρούμε τους υπαλλήλους και ως εκροή τις πωλήσεις.

¹ Τα παραδείγματα είναι από το βιβλίο : *William W. Cooper, Lawrence M. Seiford and Kaoru Tone, Data Envelopment Analysis.*

Πίνακας 1: Παράδειγμα μονοδιάστατης εισροής-εκροής

Κατάστημα	A	B	C	D	E	F	G	H
Υπάλληλοι	2	3	3	4	5	5	6	8
Πωλήσεις	1	3	2	3	4	2	3	5
Πωλήσεις/ Υπαλλήλους	0.5	1	0.667	0.75	0.8	0.4	0.5	0.625

Σε κάθε στήλη αναγράφεται το πλήθος των υπαλλήλων και των πωλήσεων του αντίστοιχου καταστήματος. Επίσης, στην τελευταία γραμμή αναγράφεται ο λόγος των πωλήσεων ανά πλήθος υπαλλήλων. Εύκολα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το κατάστημα (μονάδα απόφασης) Β είναι το πιο αποδοτικό. Στη συνέχεια απεικονίζουμε στο επίπεδο τα παραπάνω δεδομένα, όπου ο οριζόντιος άξονας αντιπροσωπεύει το πλήθος των υπαλλήλων και ο κάθετος τις πωλήσεις. Έπειτα, σχεδιάζουμε και τη γραμμή της παλινδρόμησης.

**Εικόνα 1: Σύνορο αποδοτικότητας - γραμμή παλινδρόμησης**

Η κλίση των ημιευθειών που ξεκινούν από την αρχή των αξόνων και περνούν από τις παρατηρήσεις αντιστοιχεί στο λόγο πωλήσεις ανά υπαλλήλους, του εκάστοτε καταστήματος. Η μεγαλύτερη κλίση επιτυγχάνεται στην ημιευθεία που περνάει από την παρατήρηση Β και η ημιευθεία αυτή ονομάζεται σύνορο αποδοτικότητας (efficient frontier). Παρατηρώντας τη γραφική παράσταση, αντιλαμβανόμαστε ότι το σύνορο αποδοτικότητας περιβάλλει τις υπόλοιπες μη-αποδοτικές μονάδες και από αυτή την ιδιότητα προήλθε και η ονομασία της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Επιπλέον ο χώρος των σημείων που περιβάλλεται από το σύνορο αποδοτικότητας ονομάζεται χώρος παραγωγικών σημείων.

Η ημιευθεία της παλινδρόμησης διέρχεται από το κέντρο των παρατηρήσεων, οπότε θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε τις παρατηρήσεις που βρίσκονται πάνω από αυτήν την ευθεία αποτελεσματικές, ενώ όσες βρίσκονται από κάτω μη αποτελεσματικές και ο βαθμός της αποδοτικότητας τους θα μπορούσε να υπολογιστεί με βάση την απόσταση τους από την ευθεία της παλινδρόμησης. Αντίθετα, στην ΠΑΔ το σύνορο αποδοτικότητας διέρχεται από τις βέλτιστες παρατηρήσεις και υπολογίζει την αποδοτικότητα των υπόλοιπων μονάδων με βάση την απόσταση που έχουν από αυτήν. Με αυτό τον τρόπο διαμορφώνεται μια θεμελιώδη διαφορά στη στατιστική προσέγγιση των δύο παραπάνω μεθοδολογιών. Η γραμμική παλινδρόμηση παρουσιάζει την κεντρική τάση που έχουν οι παρατηρήσεις σε αντίθεση με την ΠΑΔ που αναδύει τις καλύτερες παρατηρήσεις. Είναι σαφές ότι οι δύο αυτές τεχνικές οδηγούν σε σημαντικές διαφορές εκτίμησης της αποδοτικότητας καθώς ακόμα και σε διαφορετικούς τρόπους βελτιστοποίησης των μη-αποδοτικών παρατηρήσεων.

Όσον αφορά, λοιπόν, στις μη-αποδοτικές μονάδες (Α, C, D, E, F, G, H) μπορούμε να εκτιμήσουμε την αποδοτικότητα τους με βάση την αποδοτικότητα της μονάδας Β με τον ακόλουθο τύπο:

$$0 \leq \frac{\text{πωλήσεις ανά υπαλλήλους της } i \text{ μονάδας}}{\text{πωλήσεις ανά υπαλλήλους της } B \text{ μονάδας}} \leq 1, i = (A,C,D,E,F,G,H)$$

Αξίζει ακόμα να σημειωθεί ότι στο παραπάνω παράδειγμα η απεικόνιση του συνόρου αποδοτικότητας στηρίζεται στην υπόθεση περί κλίμακας σταθερών αποδόσεων. Για το λόγο αυτό έχει νόημα να θεωρούμε ότι η ημιευθεία του συνόρου αποδοτικότητας έχει σταθερή κλίση και μπορεί να επεκτείνεται ως το άπειρο. Υπό την υπόθεση κλίμακας μεταβλητών αποδόσεων, το σύννορο αποδοτικότητας πλέον είναι μια κυρτή τεθλασμένη γραμμή που διέρχεται από τις αποδοτικές μονάδες.

Σχετικά με το πρόβλημα της μετάβασης μιας μη-αποδοτικής μονάδας στο σύννορο αποδοτικότητας, δηλαδή από μη-αποδοτική να γίνει αποδοτική, υπάρχουν 2 τεχνικές. Η μία στηρίζεται στη μείωση της εισροής της (προσανατολισμός προς τις εισροές – input oriented) και η άλλη στην αύξηση της εκροής της. (προσανατολισμός προς τις εκροές – output oriented). Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, οποιαδήποτε μεταφορά της μονάδας A στο διάστημα A1-A2, του συνόρου αποδοτικότητας, έτσι ώστε να μην αυξάνεται η εισροή της ή να μειώνεται η εκροή της, την ταξινομεί στις αποδοτικές μονάδες.



Εικόνα 2: Βελτίωση του καταστήματος A

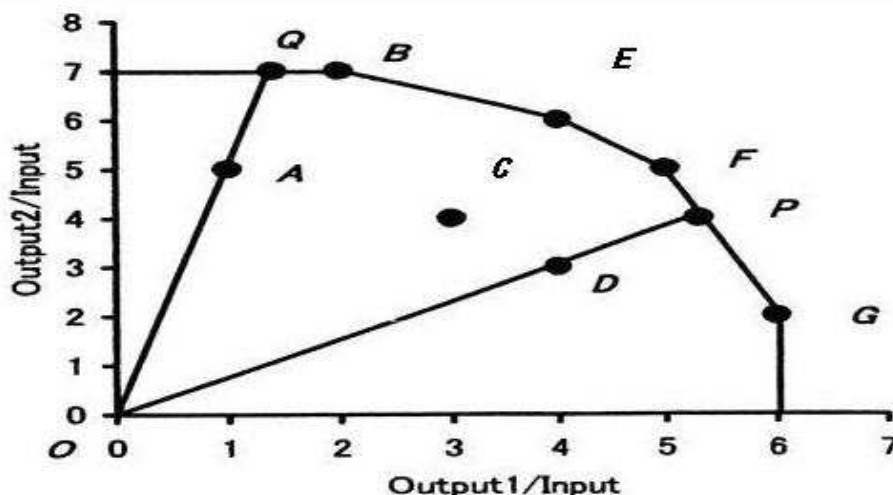
2.2.2. Μονοδιάστατη εισροή – δισδιάστατη εκροή

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα παρουσιάζουμε στο πίνακα 2, επτά καταστήματα A-G, που έχουν ως εισροή το πλήθος των υπαλλήλων και ως εκροές τους πελάτες και τις πωλήσεις.

Πίνακας 2: Παράδειγμα μονοδιάστατης εισροής-δισδιάστατης εκροής

Κατάστημα	A	B	C	D	E	F	G
Υπάλληλοι	1	1	1	1	1	1	1
Πελάτες (εκροή 1)	1	2	3	4	4	5	6
Πωλήσεις (εκροή 2)	5	7	4	3	6	5	2

Για την απεικόνιση των παρατηρήσεων στο επίπεδο, κανονικοποιούμε τις εκροές ως προς την εισροή, έτσι ώστε ο οριζόντιος άξονας να αντιπροσωπεύει τους πελάτες ανά υπαλλήλους και ο κάθετος τις πωλήσεις ανά υπαλλήλους. Είναι σαφές να θεωρήσουμε ότι οι μονάδες απόφασης (καταστήματα) που χρησιμοποιούν λιγότερες εισροές για να παράγουν περισσότερες εκροές είναι αποδοτικές. Έτσι, λοιπόν, οι παρατηρήσεις στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 3) που έχουν τις μεγαλύτερες τιμές στην τεταγμένη και τεταγμένη είναι αποδοτικές.



Εικόνα 3: Βελτίωση μονάδων απόφασης

Οι μονάδες B,E,F,G είναι αποδοτικές και ορίζουν το σύνορο αποδοτικότητας, ενώ οι μονάδες A,C,D είναι μη-αποδοτικές. Στη συνέχεια ορίζουμε το ευθύγραμμο τμήμα OP που περνάει από την παρατήρηση D. Με αυτό το τρόπο μπορούμε να εκτιμήσουμε την αποδοτικότητα της μονάδας D μέσω του λόγου $\frac{OD}{OP} = 0.75$ (στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε χρησιμοποιήσει ως μετρική την Ευκλείδεια απόσταση, ενώ αυτή μπορεί να διαφέρει). Ο παραπάνω λόγος αναφέρεται και ως ακτινωτό μέτρο “radial measure”. Συνεπώς, η μη-αποδοτικότητα της μονάδας D μπορεί να εκτιμηθεί με τον συνδυασμό των μονάδων F και Q, αφού το σημείο P ανήκει στο ευθύγραμμο τμήμα που ορίζουν τα δύο αυτά αντίστοιχα σημεία. Στη περίπτωση αυτή, οι μονάδες F και Q ονομάζονται μονάδες αναφοράς της παρατήρησης D. Σαφώς κάθε μη αποδοτική μονάδα μπορεί να έχει διαφορετικό σύνολο μονάδων αναφοράς.

Η τιμή $\frac{OD}{OP} = 0.75$ μας δηλώνει ότι η μονάδα D για να γίνει αποδοτική θα πρέπει να αυξηθούν

και οι δύο εκροές της κατά $\frac{4}{3}$. Το είδος της μη-αποδοτικότητας που μπορεί να εξαλειφθεί δίχως να αλλάξει η αναλογία που παράγονται οι εκροές (ή που καταναλώνονται οι εισροές) ονομάζεται τεχνική μη-αποδοτικότητα (technical inefficiency).

Όσον αφορά στη μονάδα A ορίζουμε το ευθύγραμμο τμήμα OQ, που περνάει από την παρατήρηση A και τέμνει το σύνορο αποδοτικότητας. Η αποδοτικότητα εκτιμάται από το λόγο $\frac{OA}{OQ} = 0.714$. Πολλαπλασιάζοντας τις εκροές της A παρατήρησης με το $\frac{1}{0.714}$, πλέον η μονάδα

ταυτίζεται με την εικονική μονάδα Q, που βρίσκεται στο σύνορο αποδοτικότητας. Με τη μέθοδο αυτή αυξάνουμε τις εκροές της μονάδας A, χωρίς μείωση των εισροών της και κρατώντας σταθερή την αναλογία των εκροών της. Παρόλο, όμως, που το Q βρίσκεται στο σύνορο αποδοτικότητας δεν αποτελεί αποδοτική μονάδα σε σύγκριση με τη μονάδα B. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται μια ανεπάρκεια στην εκροή των πελατών. Το Q μπορεί να γίνει αποδοτικό με μετακίνηση στο B, δίχως να επηρεάσει την εκροή των πωλήσεων. Παρόλα αυτά, αλλάζει η μεταξύ τους αναλογία. Το είδος αυτό της μη-αποδοτικότητας που οφείλεται σε ανεπάρκεια μερικών εκροών (εισροών) ονομάζεται μεικτή μη-αποδοτικότητα (mix inefficiency). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η μονάδα A παρουσιάζει τεχνική και μεικτή μη-αποδοτικότητα.

Συνοψίζοντας, η ΠΑΔ αποτελεί μια σπουδαία εναλλακτική μέθοδο εκτίμησης της αποδοτικότητας των μονάδων απόφασης ενός συστήματος. Βασικά της πλεονεκτήματα αφορούν στην επιλογή των βαρών από τα ίδια δεδομένα, δυνατότητα εύρεσης των μεταβλητών (εισροές-εκροές) στις οποίες οφείλεται η μη αποδοτικότητα, το μέγεθος της και η εύρεση μονάδων αναφοράς. Σαφώς η αποδοτικότητα μια μονάδας είναι σχετική με το σύνολο στο οποίο ανήκει και δεν υπάρχει η δυνατότητα γενίκευσης της σε άλλα σύνολα. Επιπλέον σε μεγάλα σύνολα δεδομένων (μεγάλο πλήθος μονάδων απόφασης- μεταβλητών), η μέθοδος αυτή είναι αρκετά χρονοβόρα.

2.3.Βασικά μοντέλα

Στην ενότητα αυτή θα αναφέρουμε συνοπτικά τα βασικά μοντέλα της ΠΑΔ, όπως είναι το CCR, BCC και το additive. Περαιτέρω μοντέλα αποτελούν το SBM, HYBRID και το FDH, τα οποία αναφέρουμε ονομαστικά.

2.3.1.CCR

Το CCR αποτελεί το βασικότερο μοντέλο της ΠΑΔ, το οποίο προτάθηκε από τους Charnes, Cooper και Rhodes το 1978. Στηρίζεται στο γραμμικό προγραμματισμό και στην υπόθεση περί κλίμακας σταθερών αποδόσεων. Επιπλέον, ανάλογα με τον προσανατολισμό προς τις εισροές ή εκροές διακρίνουμε δύο μοντέλα, το μοντέλο που είναι προσανατολισμένο προς τις εισροές (input oriented) και το μοντέλο που είναι προσανατολισμένο προς τις εκροές (output oriented).

Ας θεωρήσουμε ότι θέλουμε να εκτιμήσουμε την αποδοτικότητα n μονάδων απόφασης ενός συστήματος, όπου κάθε μονάδα έχει m εισροές και s εκροές. Θεωρούμε στη συνέχεια τον πίνακα των εισροών $X(m,n)$ και τον πίνακα των εκροών $Y(s,n)$. Η εκτίμηση της αποδοτικότητας της μονάδας “ o ” με προσανατολισμό προς τις εισροές γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο.

Φάση 1:

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta \\ \text{subject to} \quad & \\ & \theta x_o - X \lambda \geq 0 \\ & Y \lambda \geq y_o \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

όπου θ μια πραγματική μεταβλητή και λ ένα μη-αρνητικό διάνυσμα της μορφής: $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T$.

Στη συνέχεια ορίζουμε την χαλαρή μεταβλητή (slack) ως προς τις εισροές (input excess) $s^- = \theta x_o - X \lambda$ και την χαλαρή μεταβλητή ως προς τις εκροές (output shortfall) $s^+ = Y \lambda - y_o$.

Εκτιμώντας τη βέλτιστη λύση του θ (θ^*) της φάσης 1, η οποία είναι και η CCR- αποδοτικότητα (αποδοτικότητα κατά Farrell), στη συνέχεια την ενσωματώνουμε στην ακόλουθη δεύτερη φάση:

Φάση 2:

$$\begin{aligned} \max_{(\lambda, s^+, s^-)} \quad & w = e s^- + e s^+ \\ \text{subject to} \quad & \\ & s^- = \theta^* x_o - X \lambda \\ & s^+ = Y \lambda - y_o \\ & \lambda, s^+, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

όπου e το μοναδιαίο διάνυσμα

Ο σκοπός της δεύτερης φάσης είναι να μεγιστοποιηθεί το άθροισμα των χαλαρών μεταβλητών (slacks) στις εισροές και εκροές κρατώντας σταθερή τη βέλτιστη λύση της 1^{ης} φάσης $\theta = \theta^*$.

Ορισμός: Αν μια βέλτιστη λύση $(\theta^*, \lambda^*, s^{*-}, s^{*+})$ του παραπάνω γραμμικού προβλήματος ικανοποιεί τις συνθήκες:

- $\theta^* = 1$
- $s^{*-} = 0$ και $s^{*+} = 0$, (zero slack),

τότε η αντίστοιχη μονάδα απόφασης ονομάζεται CCR-αποδοτική. Διαφορετικά, αν δηλαδή δεν ικανοποιούνται και οι 2 παραπάνω, ονομάζεται CCR-μη αποδοτική.

Η πρώτη συνθήκη του παραπάνω ορισμού καλείται επίσης και τεχνική αποδοτικότητα, ενώ η δεύτερη ως μεικτή αποδοτικότητα. Επίσης, η ικανοποίηση μόνο της πρώτης συνθήκης ονομάζεται και

ασθενής αποδοτικότητα (weak efficiency), ενώ η ικανοποίηση και των δύο συνθηκών ονομάζεται ισχυρή αποδοτικότητα (strong efficiency) ή Pareto-Koormans αποδοτικότητα.

Στο αντίστοιχο CCR μοντέλο που είναι προσανατολισμένο προς τις εκροές η 1^η φάση εκτιμάται από το ακόλουθο γραμμικό πρόγραμμα:

$$\begin{aligned} & \max_{(\eta, \mu)} \eta \\ & \text{subject to} \\ & X_o - X\mu \geq 0 \\ & \eta y_o - Y\mu \leq 0 \\ & \mu \geq 0 \end{aligned}$$

Αξίζει να αναφερθεί ότι η βέλτιστη λύση του μοντέλου προσανατολισμένου προς τις εκροές μπορεί να προκύψει από τη βέλτιστη λύση του μοντέλου προσανατολισμένου προς τις εισροές με τους ακόλουθους γραμμικούς μετασχηματισμούς.

$$\eta^* = 1/\theta^* \text{ και } \mu^* = \lambda^*/\theta^*$$

Αντίστροφα, η λύση του μοντέλου προσανατολισμένου προς τις εκροές μπορεί να εκτιμηθεί από τη βέλτιστη λύση του μοντέλου προσανατολισμένου προς τις εισροές με τους παρακάτω γραμμικούς μετασχηματισμούς.

$$\lambda^* = \mu^*/\eta^* \text{ και } \theta^* = 1/\eta^*$$

Όσον αφορά στις χαλαρές μεταβλητές (t^+, t^-) , ορίζονται πλέον από τις σχέσεις $X\mu + t^- = x_o$ και $Y\mu - t^+ = \eta y_o$. Η συσχέτιση τους με το μοντέλο προσανατολισμένο προς τις εισροές μπορεί να γίνει με τους τύπους $t^{-*} = s^{-*}/\theta^*$ και $t^{+*} = s^{+*}/\theta^*$. Επιπλέον, από τη σχέση $\theta^* \leq 1$ προκύπτει ότι $\eta^* \geq 1$ και όσο μεγαλύτερη τιμή έχει το η^* τόσο μεγαλύτερη η μη-αποδοτικότητα της αντίστοιχης μονάδας “ο”.

Κλείνοντας, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι μια μονάδα θα είναι αποδοτική στο CCR μοντέλο προσανατολισμένο προς τις εισροές αν και μόνο αν είναι αποδοτική στο CCR μοντέλο προσανατολισμένο προς τις εκροές.

2.3.2. BCC

Το BCC (Banker-Charnes-Cooper) μοντέλο προτάθηκε το 1984 και θεωρείται ως μια από τις βασικότερες παραλλαγές του CCR καθώς στηρίζεται στην υπόθεση περί κλίμακας μεταβλητών αποδόσεων σε αντίθεση με το CCR. Παρόλα αυτά, έχουν κοινές ιδιότητες αλλά και διαφορετικά αποτελέσματα.

Στο προσανατολισμένο προς τις εισροές BCC μοντέλο η 1^η φάση μοντελοποιείται από το ακόλουθο γραμμικό πρόβλημα:

$$\begin{aligned} & \min_{(\theta_B, \lambda)} \theta_B \\ & \text{subject to} \\ & \theta_B x_o - X\lambda \geq 0 \\ & Y\lambda \geq y_o \\ & e\lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Είναι σαφές ότι η βασική διαφορά του BCC με το CCR καλύπτεται από τον περιορισμό $e\lambda = 1$. Επίσης, το BCC μοντέλο υλοποιείται και αυτό σε δύο φάσεις, αντίστοιχα με το CCR. Στην πρώτη φάση, γίνεται ελαχιστοποίηση του θ_B , και στη συνέχεια, στη δεύτερη φάση, μεγιστοποιούμε το άθροισμα των χαλαρών μεταβλητών (slacks) στις εισροές και εκροές διατηρώντας σταθερά τη τιμή $\theta = \theta_B^*$.

Ορισμός: Αν μια βέλτιστη λύση $(\theta_B^*, \lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$ που έχει προκύψει από τη δύο-φάσεων διαδικασία ικανοποιεί τις συνθήκες:

- $\theta_B^* = 1$

- $s^{-*} = 0$ και $s^{+*} = 0$, (zero slack),

τότε η αντίστοιχη μονάδα απόφασης καλείται BCC αποδοτική, διαφορετικά BCC μη-αποδοτική.

Το αντίστοιχο μοντέλο που είναι προσανατολισμένο προς τις εκροές, προέρχεται από τη λύση του ακόλουθου γραμμικού προβλήματος:

$$\begin{aligned} & \max_{\eta_B, \lambda} \eta_B \\ & \text{subject to} \\ & X \lambda \leq x_o \\ & \eta_B y_o - Y \lambda \leq 0 \\ & e \lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

2.3.3. Additive

Το μοντέλο αυτό στηρίζεται μόνο στη μεγιστοποίηση των χαλαρών μεταβλητών που παρουσιάζουν οι εισροές και οι εκροές μιας μονάδας απόφασης. Η λύση του προκύπτει από το αντίστοιχο γραμμικό πρόβλημα:

$$\begin{aligned} & \max_{\lambda, s^-, s^+} z = es^- + es^+ \\ & \text{subject to} \\ & X \lambda + s^+ = x_o \\ & Y \lambda - s^- = y_o \\ & e \lambda = 1 \\ & \lambda, s^+, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

Ορισμός: Μια μονάδα απόφασης καλείται additive αποδοτική αν και μόνο αν $s^- = 0$ και $s^+ = 0$.

Το Additive μοντέλο έχει το ίδιο σύνολο παραγωγικών δυνατοτήτων με τα αντίστοιχα μοντέλα του CCR και BCC. Παρόλα αυτά αντιμετωπίζει τις χαλαρές μεταβλητές των μεταβλητών κατευθείαν από την αντικειμενική συνάρτηση, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να κάνει άμεσο σαφή διαχωρισμό των αποδοτικών μονάδων από τις μη αποδοτικές. Σε αντίθεση, όμως, με τα προαναφερθέντα μοντέλα δεν εμβαθύνει ως προς το βαθμό της μη-αποδοτικότητας.

Κλείνοντας, αξίζει να αναφέρουμε ότι το additive μοντέλο, δίχως το περιορισμό της κυρτότητας $e \lambda = 1$, χαρακτηρίζει μια μονάδα αποδοτική αν και μόνο αν είναι CCR-αποδοτική. Ανάλογα, μια μονάδα θεωρείται additive αποδοτική αν και μόνο αν είναι BCC-αποδοτική.

3.Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα(ΤΝΔ)

3.1.Εισαγωγή

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (artificial neural networks) αποτελούν μια σχετικά νέα περιοχή στις φυσικές επιστήμες και χαρακτηρίζονται ως υπολογιστικά μοντέλα με συγκεκριμένες ιδιότητες, όπως την ικανότητα της μάθησης και της γενίκευσης. Η πρώτη αναφορά στα νευρωνικά δίκτυα έγινε από τον Mc Culloch και Pitts (1943), οι οποίοι εισήγαγαν ένα απλοποιημένο βιολογικό μοντέλο νευρώνων, το οποίο θα μπορούσε να λειτουργήσει και ως μοντέλο για την υλοποίηση υπολογιστικών διεργασιών. Στη συνέχεια, στα τέλη της δεκαετίας του 1940 ο Hebb εισήγαγε το Hebbian κανόνα, στο βιβλίο του Organization of Behaviour, για να εξηγήσει πώς η μάθηση επηρεάζει την επικοινωνία των νευρώνων. Στα τέλη της δεκαετίας του 1950 ο Rosenblatt πρότεινε το Perceptron μοντέλο και οι Widrow και Hoff πρότειναν το adalane (adaptive linear element) μοντέλο, του οποίου η εκπαίδευση βασιζόταν στη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Παρόλες τις δυσκολίες και την αναποτελεσματικότητα που παρουσίαζαν αρχικά τα νευρωνικά δίκτυα, στις οποίες είχαν αναφερθεί οι Minsky και Papert (Perceptrons, 1969), αποδεικνύοντας μαθηματικά την αδυναμία του perceptron μοντέλου να χρησιμοποιηθεί για σύνθετες λογικές συναρτήσεις, στη συνέχεια παρουσιάστηκαν θεμελιώδεις θεωρητικές αναφορές, οι οποίες οδήγησαν στην περαιτέρω έρευνα (SOP,ART,Hopfield μοντέλα) του καινούργιου αυτού επιστημονικού πεδίου. Ορόσημο της έρευνας αποτέλεσε το πολυστρωματικό Perceptron μοντέλο, με την εκπαίδευσή του να στηρίζεται στον αλγόριθμο της οπισθοδιάδοσης (backpropagation) που δημοσιεύτηκε το 1986. Η έρευνα, όμως, δε σταμάτησε εδώ, καθώς στη συνέχεια προστέθηκαν περαιτέρω μοντέλα στη βιβλιογραφία, η οποία συνεχίζεται έως σήμερα.

Κύριο χαρακτηριστικό των τεχνητών νευρωνικών δικτύων είναι ότι οι βασικές τους αρχές στηρίζονται στο βιολογικό νευρικό σύστημα των οργανισμών και κυρίως του ανθρώπου. Το βιολογικό νευρικό σύστημα είναι υπεύθυνο για πλήθος διεργασιών, όπως η επαφή με τον εξωτερικό κόσμο, η μάθηση, η μνήμη, η επεξεργασία πληροφοριών καθώς και η λήψη αποφάσεων. Αποτελείται από πλήθος νευρωνικών δικτύων τα οποία είναι εξειδικευμένα στις αντίστοιχες διεργασίες. Κάθε νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από νευρώνες ή νευρώνια, τα οποία αποτελούν τη μικρότερη ανεξάρτητη μονάδα του δικτύου. Σκοπός τους είναι η συνεχόμενη επεξεργασία πληροφοριών που λαμβάνουν και η διάχυση του αποτελέσματος τους στους μεταγενέστερους νευρώνες, μέσω ηλεκτρονικών σημάτων. Παρόμοια δομή ακολουθούν και τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, την οποία θα αναλύσουμε στις επόμενες ενότητες, καθώς θα αναλύσουμε συνοπτικά μερικά είδη νευρωνικών δικτύων.

Κλείνοντας, αξίζει να αναφέρουμε ότι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, αποτελούν ένα σημαντικό πεδίο της μηχανικής μάθησης, με δυνατότητες εκπαίδευσης, μάθησης και γενίκευσης. Χρησιμοποιούνται ευρέως από την επιστημονική κοινότητα, τόσο για την αναγνώριση προτύπων και την προσέγγιση συναρτήσεων, όσο και σε θέματα συσταδοποίησης.

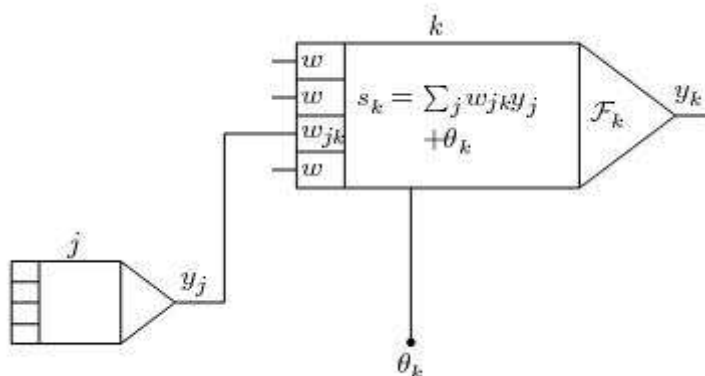
3.2.Βασική δομή

Ανάλογα με την πολυπλοκότητα του προβλήματος που καλούνται τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα να επιλύσουν μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη τοπολογία, το πλήθος νευρώνων, στρωμάτων (layers) και μεθόδους εκπαίδευσης. Παρόλα αυτά, η βασική τους δομή παραμένει αναλλοίωτη. Σύμφωνα με τους Ben Krose και Patrick van der Smagt (An introduction to Neural Networks, 1996), κύρια συστατικά τους αποτελούν:

- Ένα σύνολο από επεξεργαστικές μονάδες οι οποίες καλούνται νευρώνες ή πυρήνες. Κάθε νευρώνας δέχεται δεδομένα εισόδου από γειτονικούς νευρώνες ή από πηγές εξωτερικές από το σύστημα, πχ από έναν χρήστη, και παράγει δεδομένα εξόδου, τα οποία διοχετεύονται με τη σειρά τους σε άλλους νευρώνες. Μια ακόμα λειτουργία αποτελεί η στάθμιση των βαρών με τα οποία παράγονται οι εκροές του νευρώνα. Γενικότερα, οι νευρώνες μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά στους νευρώνες εισόδου του συστήματος, οι οποίοι δέχονται δεδομένα από το περιβάλλον, δηλαδή έξω από το νευρωνικό σύστημα. Η δεύτερη κατηγορία αφορά στους νευρώνες εξόδου από τους οποίους διοχετεύεται η εκροή του

νευρωνικού συστήματος στο περιβάλλον. Η τρίτη κατηγορία αφορά στους ενδιάμεσους νευρώνες (κρυφοί) των οποίων οι εισροές και εκροές παραμένουν μέσα στο νευρωνικό σύστημα και χρησιμοποιούνται για τις υπολογιστικές απαιτήσεις του συστήματος. Αντίστοιχα με αυτή την κατηγοριοποίηση χωρίζονται και τα στρώματα (layers) ενός νευρωνικού συστήματος. Κάθε στρώμα σαφώς μπορεί να περιέχει πολλαπλούς νευρώνες, οι οποίοι, όμως, δεν επικοινωνούν μεταξύ τους, παρα μόνο με τους νευρώνες του επόμενου (ή ακόμα και του προηγούμενου, αναλόγως την τοπολογία) στρώματος. Κατ' αυτό τον τρόπο μπορούμε να μιλήσουμε για παράλληλη διεργασία, καθώς πολλαπλοί νευρώνες σε ένα στρώμα μπορούν να επεξεργάζονται ταυτόχρονα τις πληροφορίες που έχουν δεχτεί.

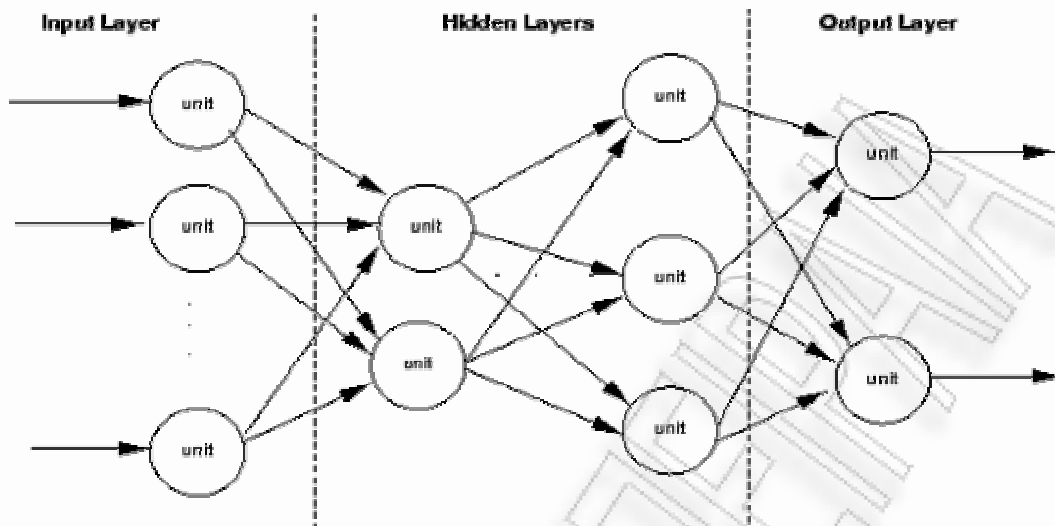
- Μια κατάσταση ενεργοποίησης y_k για κάθε επεξεργαστική μονάδα η οποία ισοδυναμεί με την εκροή της.
- Οι συνδεσμολογίες μεταξύ των νευρώνων που ορίζονται από τα βάρη w_{jk} , τα οποία χαρακτηρίζουν το βαθμό της επιρροής της μονάδας j στη μονάδα k .
- Ο κανόνας διάδοσης που καθορίζει την ουσιαστική εισροή s_k μιας μονάδας.
- Μια συνάρτηση ενεργοποίησης F_k , που ορίζει το καινούργιο βαθμό ενεργοποίησης βασισμένο στην εισροή $s_k(t)$ και την τρέχουσα κατάσταση ενεργοποίησης $y_k(t)$.
- Μια εξωτερική εισροή (bias) θ_k για κάθε μονάδα.
- Τη μέθοδο με την οποία γίνεται η εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου (κανόνας εκπαίδευσης).



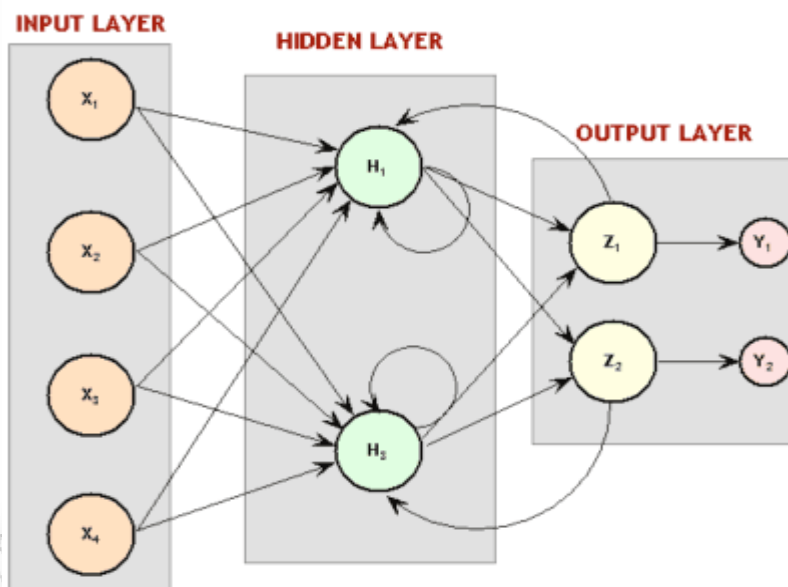
Εικόνα 4: Βασική δομή ενός Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου

3.3. Τοπολογία

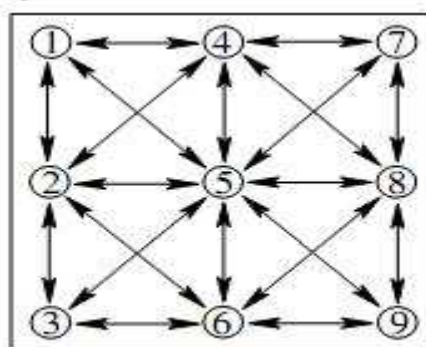
Όσον αφορά στην τοπολογία των τεχνητών νευρωνικών δικτύων υπάρχουν κυρίως δύο ειδών τοπολογίες. Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στα νευρωνικά δίκτυα εμπροστροφοδότησης “feed forward”. Αφορά τα νευρωνικά δίκτυα στα οποία η διάδοση των σημάτων από έναν νευρώνα στον άλλο γίνεται πάντοτε προς την ίδια κατεύθυνση, από το επίπεδο εισόδου προς το επίπεδο εξόδου (εικόνα 5). Με αυτό τον τρόπο δεν υπάρχει δυνατότητα η εκροή ενός νευρώνα να επιστραφεί για περαιτέρω επεξεργασία στο νευρώνα από τον οποίο έλαβε την εισροή. Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στα αναδρομικά νευρωνικά δίκτυα. Στα αναδρομικά δίκτυα (δυναμικά) η διάδοση των σημάτων μπορεί να γίνει προς οποιαδήποτε κατεύθυνση (εικόνα 6). Σαφώς υπάρχει και μια πληθώρα νευρωνικών δικτύων τα οποία χρησιμοποιούν ενδιάμεσες τοπολογίες, όπως πχ το CNN, του οποίου οι νευρώνες επικοινωνούν με τις πλησιέστερες μονάδες (εικόνα 7).



Εικόνα 5: Feed Forward Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο



Εικόνα 6: Αναδρομικό Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο



Εικόνα 7: CNN Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο

3.4. Εκπαίδευση

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των τεχνητών νευρωνικών δικτύων είναι η ικανότητα τους να εκπαιδεύονται και να αποκτούν γνώση κατάλληλα, έτσι ώστε να μπορούν να λύσουν ή τουλάχιστον να προσεγγίσουν τα προβλήματα τα οποία καλούνται να αντιμετωπίσουν. Η εκπαίδευση επιτυγχάνεται εισάγοντας τις εισροές και τις επιθυμητές εκροές ενός υποσυνόλου του αρχικού μας δείγματος ή τουλάχιστον ενός συνόλου ίδιας τεχνολογίας με το σύνολο που θα χρησιμοποιήσουμε για τη λύση του προβλήματος. Εισάγοντας κατ' αυτό τον τρόπο τα πρότυπα (εισροές-εκροές), μέσω των κανόνων μάθησης βρίσκονται οι κατάλληλες παράμετροι του νευρωνικού δικτύου, όπως είναι τα βάρη και τα bias. Ουσιαστικά πρόκειται για μια διαδικασία βελτιστοποίησης των παραμέτρων του νευρωνικού δικτύου, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε κατά την είσοδο νέων δεδομένων της ίδιας τεχνολογίας ή του ίδιου συνόλου, οι εκροές του νευρωνικού να συμπίπτουν με τα επιθυμητά αποτελέσματα.

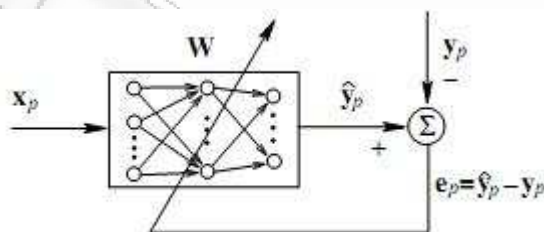
Η εκπαίδευση των νευρωνικών δικτύων υλοποιείται ανά εποχές. Κατά τη διάρκεια μιας εποχής, εισάγονται στο νευρωνικό δίκτυο όλες οι μονάδες εκπαίδευσης και εφαρμόζεται ο κανόνας μάθησης μόνο μια φορά. Είναι σαφές ότι για την εκπαίδευση του δικτύου μπορεί να χρειαστούν περισσότερες από μία εποχές. Η εκπαίδευση μπορεί να γίνει κυρίως με εποπτευόμενο ή με μη-εποπτευόμενο τρόπο.

3.4.1. Εποπτευόμενη μάθηση

Στην εποπτευόμενη μάθηση η εκπαίδευση στηρίζεται στα ζεύγη των προτύπων που έχει εισάγει ο χρήστης. Με αυτό το τρόπο γίνεται άμεση σύγκριση των εκροών του νευρωνικού δικτύου και των επιθυμητών εκροών. Οι παράμετροι προσαρμόζονται με βάση το σφάλμα που παρουσιάζεται καθώς και με τα ζεύγη των προτύπων που έχουμε εισάγει. Για την εκτίμηση του σφάλματος συνήθως χρησιμοποιείται το σφάλμα ελαχίστων τετραγώνων.

$$E = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N \| y_p - y_p^* \|^2$$

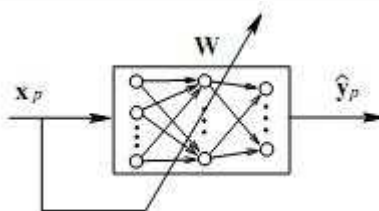
Ο αριθμός N αντιπροσωπεύει το πλήθος των ζευγών των παρατηρήσεων. Ο αριθμός y_p είναι η εκροή του p ζεύγους, ενώ ο αριθμός y_p^* δηλώνει την εκροή του νευρωνικού δικτύου του p ζεύγους. Πρόκειται ουσιαστικά για την αντικειμενική συνάρτηση του σφάλματος, της οποίας η τιμή υπολογίζεται σε κάθε εποχή. Η διαδικασία εκπαίδευσης τερματίζεται όταν το σφάλμα μηδενιστεί. Παρόλα αυτά, όταν το νευρωνικό δίκτυο υπερεκπαίδευεται με σκοπό να μηδενίσει το σφάλμα, επηρεάζεται αρνητικά η γενίκευσή του. Για το λόγο αυτό, ένα επιπλέον βήμα τερματισμού μπορεί να θεωρηθεί από το χρήστη το μέγιστο πλήθος των εποχών. Περαιτέρω, πολλά υπολογιστικά πακέτα, όπως το Matlab, παίρνουν ένα τυχαίο υποσύνολο του δείγματος εκπαίδευσης και το χρησιμοποιούν για να ελέγχουν τη γενίκευση του νευρωνικού. Με αυτό τον τρόπο κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης, όταν ο βαθμός της γενίκευσης αρχίζει να μειώνεται, η εκπαίδευση διακόπτεται.



Εικόνα 8: Εποπτευόμενη μέθοδος εκπαίδευσης

3.4.2. Μη-εποπτευόμενη μάθηση

Στη μη εποπτευόμενη μάθηση, το νευρωνικό δίκτυο εκπαιδεύεται, ώστε οι εκροές να συσχετίζονται με συστάδες ή πρότυπα των εισροών. Προσπαθεί, δηλαδή, να αναγνωρίσει στατιστικά δεδομένα, συσχετίσεις και πρότυπα στις εισροές, δίχως τη βοήθεια κάποιου χρήστη. Σαφώς σε αντίθεση με την εποπτευόμενη μάθηση δεν υπάρχει από την αρχή κάποια αντιστοιχία ζευγών μεταξύ των εισροών και των εκροών



Εικόνα 9: Μη-εποπτευόμενη μέθοδος εκπαίδευσης

3.5. Multilayer feedforward backpropagation Neural Networks

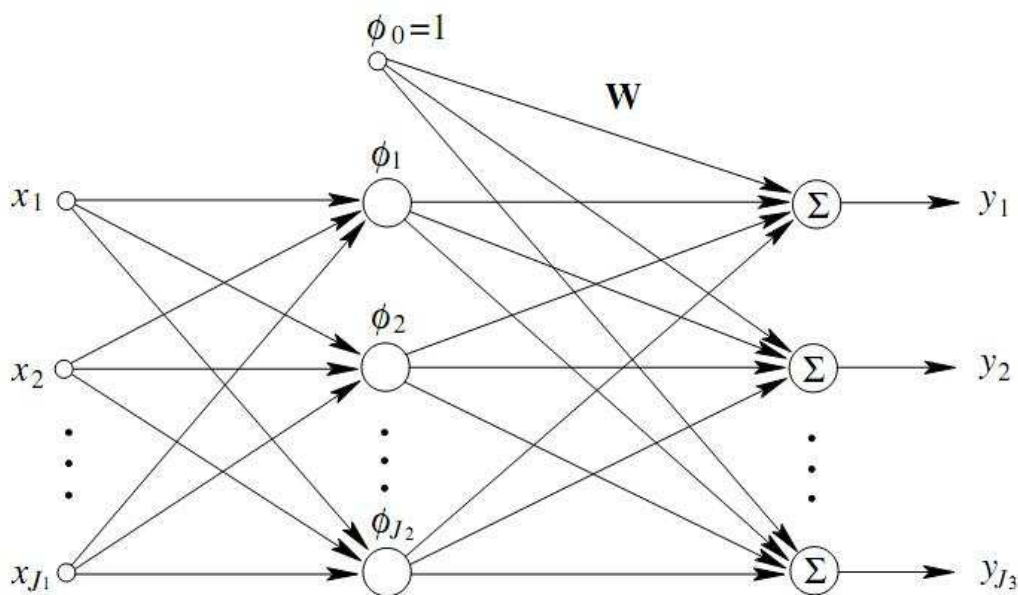
Πρόκειται για πολυστρωματικά τεχνητά νευρωνικά δίκτυα στα οποία η διάδοση των σημάτων μεταξύ των νευρώνων επιτυγχάνεται πάντα προς την ίδια κατεύθυνση, από το επίπεδο εισόδου προς το επίπεδο εξόδου (feed forward). Κάθε στρώμα περιέχει νευρώνες οι οποίοι δέχονται είσοδο από τους νευρώνες του προηγούμενου στρώματος και η εκροή τους μεταδίδεται στους νευρώνες του επόμενου στρώματος. Μεταξύ των νευρώνων ενός στρώματος δεν υπάρχει συνδεσμολογία. Επιπλέον, όσον αφορά στο στρώμα εισόδου, οι νευρώνες του δεν χρησιμοποιούνται για υπολογιστικές διεργασίες, παρά μόνο για την εισαγωγή δεδομένων από το εξωτερικό περιβάλλον στο τεχνικό νευρωνικό δίκτυο. Όσον αφορά στη συνάρτηση ενεργοποίησης, στο στρώμα εξόδου συνήθως χρησιμοποιείται γραμμική συνάρτηση, ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις σιγμοειδής συνάρτηση.

Η εκπαίδευση υλοποιείται με εποπτευόμενη μάθηση και στηρίζεται στον αλγόριθμο της οπισθοδιάδοσης (back propagation). Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος προσπαθεί να μειώσει το σφάλμα που παρουσιάζουν οι εκροές του συστήματος σε σύγκριση με τις επιθυμητές, εκτιμώντας το σφάλμα με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Επιπλέον, η βασική του ιδέα, στηρίζεται στην εκτίμηση των σφαλμάτων των εκροών των νευρώνων στα κρυφά στρώματα, οπισθοδιαδίδοντας το σφάλμα που έχει εκτιμηθεί από το στρώμα εξόδου ανά κάθε εποχή. Μετέπειτα σύμφωνα με το σφάλμα που έχει υπολογιστεί σε κάθε νευρώνα, προσαρμόζονται αντίστοιχα και οι παράμετροι του (βάρη και bias) με σκοπό την ελαχιστοποίηση του σφάλματος από το νευρώνα εξόδου.

Τα πολυστρωματικά τεχνητά νευρωνικά δίκτυα εμπροστροφοδότησης εκπαιδευμένα με τη μέθοδο της οπισθοδιάδοσης είναι αρκετά δημοφιλή και χρησιμοποιούνται ευρέως για εκτίμηση-προσέγγιση συναρτήσεων και αναγνώριση προτύπων.

3.6. Radial Basis Functions (RBF) Neural Networks

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα συναρτήσεων ακτινικής βάσης (Radial Basis Functions) αποτελούνται από 3 στρώματα. Το πρώτο στρώμα αποτελεί το στρώμα εισόδου που συνδέει το δίκτυο με το χώρο των διανυσμάτων εισόδου. Μετέπειτα ακολουθεί το κρυφό στρώμα όπου γίνονται οι υπολογιστικές διεργασίες και το στρώμα εξόδου. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει σε κάθε στρώμα μπορεί να υπάρχουν πολλοί νευρώνες, οι οποίοι όμως δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. Η επικοινωνία των νευρώνων στο ΤΝΔ επιτυγχάνεται πάντα προς την ίδια κατεύθυνση, από το στρώμα εισόδου προς το στρώμα εξόδου (εικόνα 9).



Εικόνα 10: RBF Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο

Κάθε νευρώνας στο κρυφό στρώμα του ΤΝΔ χρησιμοποιεί ως μη-γραμμική συνάρτηση ενεργοποίησης μια συνάρτηση ακτινικής βάσης, η οποία συνήθως συμβολίζεται ως $\Phi(r)$. Το κρυφό στρώμα εκτελεί έναν μη γραμμικό μετασχηματισμό των δεδομένων των εισροών, ενώ στο στρώμα εξόδου γίνεται ένας γραμμικός συσχετισμός αντιστοιχίζοντας τη μη-γραμμικότητα σε έναν καινούριο χώρο. Επιπλέον, όσον αφορά στα bias στο στρώμα εξόδου, μπορούν να μοντελοποιηθούν με έναν επιπρόσθετο νευρώνα στο κρυφό στρώμα, με σταθερή συνάρτηση ενεργοποίησης $\Phi_o(r) = 1$. Γενικότερα το ΤΝΔ έχοντας λάβει ως είσοδο ένα διάνυσμα x , η έξοδος του προκύπτει από το τύπο:

$$y_i(x) = \sum_{k=1}^{J_2} w_{ki} \Phi(\|x - c_k\|) \quad \forall i = 1, 2, \dots, J_3$$

όπου $y_i(x)$ είναι η i -οστή έξοδος του νευρωνικού δικτύου, w_{ki} είναι το βάρος που συνδέει τον k -οστό νευρώνα του κρυφού στρώματος με την i -οστή μονάδα εξόδου, c_k είναι το κέντρο της k μονάδας και $\| \cdot \|$ δηλώνει την Ευκλείδεια νόρμα.

Η εκπαίδευση, στηρίζεται στην ελαχιστοποίηση του σφάλματος ελαχίστων τετραγώνων, το οποίο μπορεί να εκτιμηθεί από τον ακόλουθο τύπο:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|y_p - W^T \Phi_p\|^2$$

όπου $W = [w_1, w_2, \dots, w_{j_3}]$ ένας $J_2 \times J_3$ πίνακας βαρών με $w_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{iJ_2})^T$. Επιπλέον $\Phi_p = (\Phi_{p,1}, \Phi_{p,2}, \dots, \Phi_{p,J_2})^T$ είναι η εκροή από το κρυφό στρώμα της p -οστής μονάδας με $\Phi_{p,k} = \Phi(\|x_p - c_k\|)$ και $y_p = (y_{p,1}, y_{p,2}, \dots, y_{p,J_3})$ η επιθυμητή εκροή.

Η εκπαίδευση των ΤΝΔ με συναρτήσεις ακτινικής βάσης, στηρίζεται στον καθορισμό των κέντρων των συναρτήσεων, καθώς και των βαρών. Η επιλογή των κέντρων των συναρτήσεων διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για την αποδοτικότητα του ΤΝΔ. Τα κέντρα μπορεί να τοποθετηθούν σε ένα τυχαίο υποσύνολο ή ακόμα και σε ολόκληρο το σύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης ή να επιλεγθούν μέσω συσταδοποίησης, κατηγοριοποίησης ή μέσω κάποιας άλλης διαδικασίας μάθησης.

Κλείνοντας τα RBF νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται κυρίως για συσταδοποίηση ή κατηγοριοποίηση. Παρόλα αυτά, χρησιμοποιούνται ευρέως και για την προσέγγιση συναρτήσεων.

4. Μοντελοποίηση ΠΑΔ με ΤΝΔ

4.1. Σχεδίαση προσομοίωσης

Τα μοντέλα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων με τα οποία θα ασχοληθούμε, αφορούν το CCR και το BCC. Επίσης, θα μελετήσουμε τις διαφορές που παρουσιάζουν ως προς το προσανατολισμό τους (προσανατολισμός προς τις εισροές ή εκροές). Επιπλέον, θα προσπαθήσουμε να μοντελοποιήσουμε το additive μοντέλο. Σχετικά με το μοντέλο αυτό, στη βιβλιογραφία μπορούμε να βρούμε επίσης κάποιες παραλλαγές του όσο αφορά τον προσανατολισμό του. Παρόλα αυτά, θεωρούμε ότι το βασικό μοντέλο προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τις χαλαρές μεταβλητές (slacks) τόσο των εισροών όσο και των εκροών και δεν θα κάνουμε περαιτέρω ανάλυση ως προς τα αντίστοιχα μοντέλα προσανατολισμένα προς τις εισροές ή εκροές.

Η μοντελοποίηση θα γίνει σε δύο κατευθύνσεις. Αρχικά, θα προσπαθήσουμε να υπολογίσουμε την αποδοτικότητα των μονάδων (regression), ενώ στη δεύτερη θα προσπαθήσουμε να κατατάξουμε τις μονάδες του συνόλου σε τρεις κατηγορίες (classification). Η πρώτη κατηγορία αφορά στις αποδοτικές μονάδες. Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στις ημι-αποδοτικές μονάδες, δηλαδή στις μονάδες που έχουν αρκετά καλή αποδοτικότητα και τείνουν να γίνουν αποδοτικές, ενώ η τρίτη κατηγορία αφορά στις υπόλοιπες μη αποδοτικές μονάδες.

Η διαδικασία της προσομοίωσης θα υλοποιηθεί σε 3 στάδια. Στο πρώτο στάδιο, θα γίνει η παραγωγή των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε. Στο δεύτερο στάδιο, θα υλοποιηθεί η εκπαίδευση του ΤΝΔ με ένα τυχαίο υποσύνολο του αρχικού δείγματος δεδομένων που έχουμε παράγει. Στο τρίτο στάδιο, θα γίνει η εκτίμηση της αποδοτικότητας (ή της κατηγορίας) των μονάδων του αρχικού συνόλου με βάση πλέον το εκπαιδευμένο ΤΝΔ. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα συγκριθούν με τα αποτελέσματα της ΠΑΔ και θα γίνει μια μικρή ανάλυση.

4.2. Παραγωγή δεδομένων (Monte Carlo)

Σε κάθε ξεχωριστή περίπτωση του πειράματος θα παράγουμε τρία διαφορετικά σύνολα δεδομένων, ώστε να έχουμε μια αντιπροσωπευτική εικόνα του αποτελέσματος. Κάθε σύνολο δεδομένων θα αποτελείται από 200 μονάδες απόφασης. Όσον αφορά στο πλήθος των παραμέτρων κάθε μονάδας απόφασης, ανάλογα με το μοντέλο προσομοίωσης Monte Carlo που θα ακολουθήσουμε για την παραγωγή δεδομένων, αυτό θα κυμαίνεται στις 2-4 εισροές και εκροές αντίστοιχα ή σε 1 εκροή με 2-4 εισροές. Η αναλογία μεταξύ του πλήθους των μονάδων απόφασης και των μεταβλητών τους, θεωρείται αρκετά καλή, ώστε να επιλεγθεί ένα ικανοποιητικού πλήθους υποσύνολο για εκπαίδευση. Επιπλέον, παρόλο που το σύνολο των δεδομένων μπορεί να θεωρηθεί μικρό, συγκριτικά με το σκοπό της εργασίας, πιστεύουμε ότι αν τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά έστω και σε ένα μικρό σύνολο δεδομένων, τότε η μοντελοποίηση μπορεί να είναι αποτελεσματική και σε δεδομένα με μεγαλύτερο πληθύριμο. Η άποψη αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι τα νευρωνικά δίκτυα αποδίδουν καλύτερα σε μεγαλύτερα σύνολα δεδομένων, λόγω καλύτερης εκπαίδευσης και γενίκευσης που παρουσιάζουν σε αυτές τις περιπτώσεις [12].

Για την παραγωγή των δεδομένων, θα ακολουθήσουμε τέσσερα διαφορετικά μοντέλα. Τα δύο πρώτα μοντέλα στηρίζονται στην παραγωγή δεδομένων που ακολουθούν μια συνήθη συνεχή κατανομή. Το τρίτο μοντέλο στηρίζεται στη Cobb-Douglas συνάρτηση, ενώ το τελευταίο σε λογαριθμικές συναρτήσεις (translog output distance functions).

Τα δεδομένα που θα παράγουμε κατά το πρώτο μοντέλο ακολουθούν την ομοιόμορφη κατανομή στο ανοιχτό διάστημα (10,100). Για την παραγωγή τους χρησιμοποιήσαμε τον Mersenne Twister αλγόριθμο (Matsumoto και Nishimura). Πρόκειται για μια γεννήτρια ψευδοτυχαίων αριθμών με περίοδο $2^{19937} - 1$ ². Όσον αφορά στο πλήθος των μεταβλητών των μονάδων απόφασης παράγαμε δεδομένα με 2-4 εισροές και 2-4 εκροές, συνολικά 9 περιπτώσεις.

²Makoto Matsumoto and Takuji Nishimura, Mersenne Twister: A 632-dimensionally equidistributed uniform pseudorandom number generator, *Department of mathematics, Keio University*.

Κατά το δεύτερο μοντέλο, τα δεδομένα παράγονται από κανονική κατανομή. Για να εξασφαλίσουμε το εύρος των τιμών να κυμαίνεται στο ανοιχτό διάστημα $(10, 100)$ ως παραμέτρους της κατανομής ορίσαμε μέση τιμή 55 και διακύμανση 10, $N(\mu = 55, \sigma^2 = 10)$. Η παραγωγή των δεδομένων στηρίζεται στη μεθοδολογία Ziggurat των (Marsaglia και Tsang), με περίοδο 2^{64}^3 . Το πλήθος των μεταβλητών όμοια με το πρώτο μοντέλο κυμαίνεται στις 2-4 εισροές και 2-4 εκροές.

Στο τρίτο μοντέλο, η παραγωγή δεδομένων στηρίχθηκε στην Cobb-Douglas συνάρτηση. Η συνάρτηση αυτή δημοσιεύτηκε το 1928 από τον οικονομολόγο Paul Douglas σε συνεργασία με τον μαθηματικό Charles Cobb σε αντίστοιχη εργασία τους "A theory of production". Η γενική μορφή πλέον της συνάρτησης είναι:

$$Y = A \prod_{i=1}^n x_i^{j_i}$$

όπου Y είναι το αποτέλεσμα (εκροή) της συνάρτησης, A είναι ένας εκθετικός συντελεστής, n το πλήθος των εισροών, x_i είναι οι εισροές της συνάρτησης και j_i η δύναμη στην οποία είναι υψωμένη η x_i

εισροή. Όσον αφορά στις δυνάμεις j_i των εισροών αν $\sum_{i=1}^n j_i = 1$, τότε το μοντέλο στηρίζεται στην

υπόθεση περί κλίμακας σταθερών αποδόσεων. Στην περίπτωση που $\sum_{i=1}^n j_i < 1$, τότε το μοντέλο

στηρίζεται στην υπόθεση περί κλίμακας μειωμένων αποδόσεων, ενώ αν $\sum_{i=1}^n j_i > 1$, τότε στηρίζεται στην

υπόθεση περί κλίμακας αυξανόμενων αποδόσεων.

Τα δεδομένα που θα παράγουμε βάση της Cobb-Douglas συνάρτησης θα έχουν μια εκροή, που θα προκύπτει από τη συνάρτηση και οι εισροές τους κυμαίνονται στις 2-4. Αρχικά παράγουμε τα δεδομένα των εισροών από ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα $(10, 100)$. Έπειτα εισάγουμε ανεπάρκειες (inefficiencies) μέσω του συντελεστή A . Ορίζουμε $A = e^{-t}$, όπου το t είναι μια μεταβλητή που προέρχεται από την ημικανονική κατανομή $HN(0, 1)$. Οι μεταβλητές t που χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή ανεπαρκειών στις εισροές των μονάδων απόφασης είναι μεταξύ τους ανεξάρτητες. Κατ' αυτό τον τρόπο οι ανεπάρκειες εισάγονται τυχαία στο δείγμα μας και οι τιμές τους ανήκουν στο κλειστό διάστημα $[0, 1]$.

Επιπλέον στην περίπτωση που το μοντέλο μας αντιστοιχεί στην υπόθεση περί κλίμακας σταθερών αποδόσεων, ορίζουμε τις δυνάμεις των εισροών από τη σχέση $j_i = 1/n$, ώστε $\sum_{i=1}^n j_i = 1$. Στη

περίπτωση που το μοντέλο θέλουμε να αντιστοιχεί στην υποθεση περί κλίμακας μεταβλητών αποδόσεων, τότε ορίζουμε τις δυνάμεις από τη σχέση:

$$j_i = \left(\begin{array}{l} \frac{1}{(n-1)}, \text{ για τις } 100 \text{ πρώτες μονάδες απόφασης} \\ \frac{1}{(n+1)}, \text{ για τις } 100 \text{ τελευταίες μονάδες απόφασης} \end{array} \right)$$

Η μοντελοποίηση κατά Cobb-Douglas είναι υπολογιστικά απλή. Παρόλα αυτά ένα σημαντικό της μειονέκτημα αποτελεί η αδυναμία της για παραγωγή δεδομένων με πολυδιάστατες εκροές.

³ Cleve Moler, Numerical Computing with MATLAB

Στο τελευταίο μοντέλο παραγωγής δεδομένων χρησιμοποιούμε λογαριθμικές συναρτήσεις (translog distance output functions). Σύμφωνα με την εργασία των Sergio Perelman και Daniel Santin [22] η συνάρτηση είναι της μορφής:

$$\begin{aligned} \ln D_{oi}(x, y) = & a_0 + \sum_{m=1}^M a_m \ln y_{mi} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M a_{mn} \ln y_{mi} \ln y_{ni} \\ & + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{ki} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{ki} \ln x_{li} \\ & + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{ki} \ln y_{mi} \quad i = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (1)$$

όπου N το πλήθος των μονάδων απόφασης του συνόλου, K το πλήθος των εισροών κάθε μονάδας απόφασης και M το αντίστοιχο πλήθος των εκροών.

Οι παράμετροι της παραπάνω συνάρτησης θα πρέπει να ικανοποιούν κάποιες συνθήκες. Όσο αφορά την συμμετρία πρέπει:

$$\begin{aligned} a_{mn} &= a_{nm} \quad \forall m, n = 1, 2, \dots, M \text{ και} \\ \beta_{kl} &= \beta_{lk} \quad \forall k, l = 1, 2, \dots, K \end{aligned}$$

και για γραμμική ομογένεια 1^{ου} βαθμού στις εκροές απαιτείται:

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^M a_m &= 1 \\ \sum_{n=1}^M a_{mn} &= 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, M \text{ και} \\ \sum_{m=1}^M \delta_{km} &= 0 \quad \forall k = 1, 2, \dots, K \end{aligned}$$

Η ομογένεια στις εκροές δηλώνει ότι $D_0(x, \omega y) = \omega D_0(x, y) \quad \forall \omega > 0$. Επιπλέον κανονικοποιώντας τη συνάρτηση ως προς μια εκροή ισοδυναμεί με το να θέσουμε $\omega = 1/y_M$ ώστε $D_0(x, y/y_M) = D_0(x, y)/y_M$. Έτσι η σχέση (1) μπορεί να ξαναγραφτεί:

$$\ln(D_{oi}(x, y)/y_{Mi}) = TL(x_i, y_i/y_{Mi}, a, \beta, \delta) \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

όπου

$$\begin{aligned} TL(x_i, y_i/y_{Mi}, a, \beta, \gamma, \delta) = & a_0 + \sum_{m=1}^{M-1} a_m \ln(y_{mi}/y_{Mi}) + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=1}^{M-1} a_{mn} \ln(y_{mi}/y_{Mi}) \ln(y_{ni}/y_{Mi}) \\ & + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{ki} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{ki} \ln x_{li} + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{M-1} \delta_{km} \ln x_{ki} \ln(y_{mi}/y_{Mi}) \end{aligned}$$

Από τη σχέση (2) προκύπτει :

$$-\ln(y_{Mi}) = TL(x_i, y_i/y_{Mi}, a, \beta, \delta) - \ln D_{oi}(x, y) \quad \text{όπου } i = 1, 2, \dots, N$$

όπου μπορούμε να θέσουμε $-\ln D_{oi}(x, y) = \varepsilon_i = u_i - v_i$ όπου $u_i \sim HN(0, \sigma^2)$ και $v_i \sim N(0, \sigma^2)$ ανεξάρτητες μεταξύ τους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εισαγωγή ανεπαρκειών και θορύβου αντίστοιχα.

Επιπλέον, όσον αφορά στις συνθήκες μονοτονίας και κυρτότητας απαιτείται:

$$s_k = \frac{\partial \ln D}{\partial \ln x_k} = \beta_k + \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_l + \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln y_m \leq 0$$

$$r_m = \frac{\partial \ln D}{\partial \ln y_m} = a_m + \sum_{n=1}^M a_{mn} \ln y_n + \sum_{k=1}^K \delta_{km} \ln x_k \geq 0$$

Στο συγκεκριμένο μοντέλο θα παράγουμε δεδομένα με 2 εισροές και 2 εκροές αντίστοιχα. Αρχικά παράγουμε τις εισροές μέσω ομοιόμορφης συνάρτησης στο διάστημα (5,50). Στη συνέχεια επιλέγουμε την y_1 εκροή για κανονικοποίηση και ορίζουμε $-1.5 \leq \ln(y_{2i}/y_{1i}) \leq 1.5 \forall i = 1, 2, \dots, N$. Με αυτό το περιορισμό μπορεί να μην φράσουμε άμεσα τις τιμές των εκροών αλλά καταφέρνουμε να διατηρούν μεταξύ τους έναν αληθοφανή λόγο. Επιπλέον για την ικανοποίηση των παραπάνω συνθηκών επιλέγουμε τους συντελεστές της συνάρτησης κατά τον ακόλουθο τρόπο:

$$a_0 = -1$$

$$a_1 = a_2 = 0.5$$

$$a_{11} = a_{22} = a_{21} = -a_{12} = 0.5$$

$$\beta_1 = -1.5, \beta_2 = -0.6$$

$$\beta_{11} = 0.4, \beta_{22} = 0.1$$

$$\beta_{12} = \beta_{21} = -0.1$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = -\delta_{11} = -\delta_{22} = 0.05$$

Κατά αυτόν τον τρόπο πλέον έχουμε ότι:

$$-\ln(y_{1i}) = -1 + 0.5 \ln\left(\frac{y_{2i}}{y_{1i}}\right) + 0.25 \left[\ln\left(\frac{y_{2i}}{y_{1i}}\right) \right]^2 - 1.5 \ln(x_{1i}) - 0.6 \ln(x_{2i})$$

$$+ 0.2 \left[\ln(x_{1i}) \right]^2 + 0.05 \left[\ln(x_{2i}) \right]^2 - 0.1 \ln(x_{1i}) \ln(x_{2i}) + 0.05 \ln(x_{1i}) \ln\left(\frac{y_{2i}}{y_{1i}}\right)$$

$$- 0.05 \ln(x_{2i}) \ln\left(\frac{y_{2i}}{y_{1i}}\right) \quad \forall i = 1, 2, \dots, N$$

Στη συνέχεια παράγουμε τον πίνακα $r \in \mathbb{R}^{200 \times 1}$, του οποίου οι τιμές προέρχονται από την ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα $(-1.5, 1.5)$. Έπειτα θέτουμε $\ln\left(\frac{y_{2i}}{y_{1i}}\right) = r(i) \forall i = 1, 2, \dots, N$.

Κατά αυτό πλέον τον τρόπο μπορούμε να εκτιμήσουμε την εκροή y_1^{**} και στη συνέχεια την εκροή y_2^{**} . Έπειτα εισάγουμε στις εκροές μας ανεπάρκειες $u_i \sim HN(0, 0.03)$ κατά τον τύπο

$$y_{ji}^* = y_{ji}^{**} \frac{1}{\exp(u_i)}, \quad j=1,2 \text{ και } i = 1, 2, \dots, N$$

Στο τελευταίο στάδιο, εισάγουμε τυχαίο θόρυβο ξεχωριστά σε κάθε μία εκροή κατά τον ακόλουθο τρόπο

$$y_{ji}^* = y_{ji}^* \frac{1}{\exp(v_{ji})}, \quad j=1,2 \text{ και } i = 1, 2, \dots, N$$

όπου $v_1, v_2 \sim N(0, 0.01)$ ανεξάρτητες μεταξύ τους.

4.3. Εκπαίδευση ΤΝΔ.

Από τις 200 μονάδες απόφασης που είχαμε παράγει αρχικά, επιλέξαμε τις 100 μονάδες για την εκπαίδευση του ΤΝΔ. Η επιλογή έγινε σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα επιλέχθηκαν οι μονάδες που παρουσίαζαν τη μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή σε μία τουλάχιστον εισροή ή εκροή του συνόλου. Στη συνέχεια επιλέχθηκαν οι υπόλοιπες με τυχαίο τρόπο. Με τη τεχνική αυτή το σύνολο δεδομένων της εκπαίδευσης περιείχε όλο το εύρος των τιμών των μεταβλητών του αρχικού συνόλου, βελτιώνοντας κατά αυτό το τρόπο την εκπαίδευση του ΤΝΔ. Πρόκειται για μια διαδικασία μη-χρονοβόρα ακόμα και σε μεγάλο σύνολο δεδομένων.

Η εκπαίδευση υλοποιήθηκε με εποπτευόμενη μάθηση. Για το λόγο αυτό υπολογίσαμε την αποδοτικότητα των μονάδων του συνόλου εκπαίδευσης κατά το αντίστοιχο μοντέλο της ΠΑΔ και έπειτα κατά την εκπαίδευση εισάγαμε στο νευρωνικό δίκτυο τα δεδομένα εισόδου (μεταβλητές των μονάδων απόφασης) και τα δεδομένα εξόδου (αποδοτικότητα ή κατηγορία στην οποία ανήκουν, ανάλογα με την κατεύθυνση της μοντελοποίησης).

Όσον αφορά στη τοπολογία των ΤΝΔ, αρχικά χρησιμοποιήθηκαν πολυστρωματικά ΤΝΔ εμπροστροφοδότησης (feedforward) εκπαιδευμένα με τη μέθοδο της οπισθοδιάδοσης (back-propagation). Χρησιμοποιήθηκε δυναμικός ρυθμός εκπαίδευσης, η οποία αποτελεί μια τεχνική, ώστε η τιμή του σφάλματος να μην πέσει σε κάποιο τοπικό ελάχιστο. Επιπλέον κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης κάθε φορά επιλεγόταν ένα τυχαίο υποσύνολο του συνόλου εκπαίδευσης με σκοπό να ελέγχει τη γενίκευση του ΤΝΔ, το οποίο αποτελούσε και το μέτρο τερματισμού της εκπαίδευσης. Έτσι, λοιπόν, όταν η γενίκευση του ΤΝΔ άρχιζε να φθίνει, η εκπαίδευση σταματούσε. Περαιτέρω υλοποιήθηκαν αρκετές προσομοιώσεις με διαφορετικό πλήθος κρυφών στρωμάτων και νευρώνων αντίστοιχα στα κρυφά στρώματα. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα δεν ήταν συγκρίσιμα με αυτά της ΠΑΔ. Μάλιστα σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις τα ΤΝΔ δεν αδυνατούσαν μόνο ως προς τη γενίκευση αλλά ακόμα και ως προς την εκπαίδευση τους. Στο 5^ο κεφάλαιο (πίνακας 3) αναφέρουμε ενδεικτικά τα στατιστικά αποτελέσματα της προσομοίωσης του BCC μοντέλου προσανατολισμένου προς τις εισροές με στόχο την εκτίμηση της αποδοτικότητας των μονάδων απόφασης. Το ΤΝΔ που χρησιμοποιήθηκε είχε ένα κρυφό στρώμα με δύο νευρώνες και το στρώμα εξόδου αποτελούνταν από ένα νευρώνα. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης των μονάδων ήταν επίσης αρνητικά.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν ΤΝΔ συναρτήσεων ακτινικής βάσης, όπου τα αποτελέσματα ήταν αρκετά καλύτερα. Όσον αφορά στην εκτίμηση της αποδοτικότητας, στο κρυφό στρώμα το μέγιστο πλήθος των νευρώνων που χρησιμοποιήθηκαν στις προσομοιώσεις ήταν 100, ενώ η τιμή του spread ήταν 50. Σχετικά με την κατηγοριοποίηση των μονάδων απόφασης το μέγιστο πλήθος των νευρώνων που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε προσομοίωση ήταν 24, ενώ ως spread είχε οριστεί η τιμή 1. Είναι σαφές ότι ανάλογα με τη διάσταση των δεδομένων εισόδου, μπορεί να χρειάζονται διαφορετικού πλήθους κρυφοί νευρώνες. Παρόλα αυτά, θεωρήσαμε ότι οι αλλαγές θα ήταν μικρής σημασίας και δεν δώσαμε ιδιαίτερη έμφαση. Επιπλέον όσον αφορά στη κατηγοριοποίηση των μονάδων απόφασης στο BCC μοντέλο προσανατολισμένο προς τις εισροές, που μελετήσαμε, ως αποδοτικές μονάδες θεωρήσαμε τις μονάδες που η αποδοτικότητα τους ήταν μεγαλύτερη ή ίση του 0.98. Ως ημι-αποδοτικές μονάδες θεωρήσαμε τις μονάδες που η αποδοτικότητα τους ήταν μεγαλύτερη ή ίση με του 0.96 και μικρότερη του 0.98, ενώ τις υπόλοιπες τις θεωρήσαμε ως μη-αποδοτικές. Σχετικά με τους στόχους (Target) του ΤΝΔ, επειδή έχουμε ουσιαστικά τρεις περιπτώσεις, πήραμε τη βάση του \mathbb{R}^3 . Συγκεκριμένα για τις αποδοτικές μονάδες θεωρήσαμε ως στόχο το διάνυσμα (1,0,0), για τις ημι-αποδοτικές το διάνυσμα (0,1,0) ενώ για τις μη-αποδοτικές το (0,0,1). Με αυτό το τρόπο θεωρήσαμε ότι μπορούμε να επιτύχουμε καλύτερη διάκριση και εκπαίδευση.

4.4.Ανάλυση αποτελεσμάτων

Όσον αφορά στην εκτίμηση της αποδοτικότητας των μονάδων απόφασης μέσω του εκπαιδευμένου τεχνητού νευρωνικού δικτύου, για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του ΤΝΔ λαμβάνουμε υπόψη μας μια σειρά από παραμέτρους. Αφού υπολογίσουμε την αποδοτικότητα όλων των μονάδων του αρχικού συνόλου που παράγαμε σύμφωνα με το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο, έπειτα υπολογίζουμε την αποδοτικότητα τους σύμφωνα με το αντίστοιχο μοντέλο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων που μελετάμε. Στη συνέχεια, στρογγυλοποιούμε τα αποτελέσματα (αποδοτικότητα) στο δεύτερο δεκαδικό ψηφίο. Έπειτα, υπολογίζουμε το πλήθος των σωστών (true) και των λανθασμένων (false) αναγνώρισεων. Επιπλέον, εκτιμούμε το μέσο όρο της διαφοράς τους (average dif) και το βαθμό συσχέτισης της αποδοτικότητας κατά την ΠΑΔ με την αποδοτικότητα σύμφωνα με το ΤΝΔ. Ως μέτρο για την εκτίμηση του βαθμού συσχέτισης χρησιμοποιήθηκε το T του Kendall (T of Kendall).

Επιπλέον, υπολογίζουμε το πλήθος των αποδοτικών (efficient) και μη-αποδοτικών (inefficient) μονάδων σύμφωνα με την ΠΑΔ (testtarget). Στη συνέχεια, υπολογίζουμε το πλήθος των αποδοτικών και μη-αποδοτικών μονάδων αντίστοιχα, σύμφωνα με το ΤΝΔ (trainednet). Σαφώς υπάρχει η περίπτωση το ΤΝΔ να εκτιμήσει μια αποδοτική μονάδα ως μη-αποδοτική ή και το αντίστροφο. Για το λόγο αυτό ελέγχουμε πόσες από τις μονάδες που έχει εκτιμήσει το ΤΝΔ ως αποδοτικές είναι σύμφωνα με την ΠΑΔ αποδοτικές (true efficient) ή μη αποδοτικές (false efficient). Η ίδια διεργασία επαναλαμβάνεται και για τις μη-αποδοτικές μονάδες (true inefficient-false inefficient).

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε ξεχωριστά το πλήθος όλων των μονάδων (all DMUS), το πλήθος των αποδοτικών μονάδων (efficient DMUS) και το πλήθος των μη-αποδοτικών μονάδων (inefficient DMUS) που το σφάλμα εκτίμησης της αποδοτικότητας τους (error) ανήκει σε ένα από τα διαστήματα $[0-0.02]$, $(0.02-0.05]$, $(0.05-0.1]$, $(0.1-0.15]$, $(0.15-0.3]$, $(0.3-\infty)$. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται ξανά με τον ίδιο τρόπο με την μόνη διαφορά ότι πλέον εκτιμάται το ποσοστό των αντίστοιχων μονάδων που το ποσοστιαίο σφάλμα τους (%error) ανήκει σε ένα τα παραπάνω διαστήματα. Η δεύτερη διαδικασία χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την καλύτερη εκτίμηση της αποδοτικότητας των μοντέλων που είναι προσανατολισμένα προς τις εκροές καθώς και για το additive μοντέλο στα οποία η αποδοτικότητα δεν είναι άνω φραγμένη. Επίσης ένα σφάλμα της τάξης του 0.10 σε μια μονάδα με αποδοτικότητα 0.90 μπορεί να έχει λιγότερη σημασία στην διάταξη των μονάδων, σύμφωνα με την αποδοτικότητά τους, από το αντίστοιχο σφάλμα σε μια μονάδα με αποδοτικότητα 0.50.

Σχετικά με την περίπτωση που μελετάμε την ταξινόμηση των μονάδων απόφασης, αρχικά υπολογίζουμε το πλήθος των σωστών (true recognitions) και λανθασμένων αναγνώρισεων (false recognitions). Στη συνέχεια, εκτιμούμε το πλήθος των αποδοτικών (efficient), ημι-αποδοτικών (semi-efficient) και μη-αποδοτικών (inefficient) μονάδων σύμφωνα με την ΠΑΔ (testtarget) και το ΤΝΔ (trainednet). Έπειτα, ελέγχουμε αναλυτικότερα τα σφάλματα του ΤΝΔ όμοια με τη πρώτη περίπτωση. Επιπλέον, έχουμε λάβει υπόψη μας την περίπτωση που το ΤΝΔ αδυνατεί να κατατάξει μια μονάδα απόφασης σε μία από τις παραπάνω τρεις περιπτώσεις (unclassified).

5.Αποτελέσματα προσομοίσεων

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια παρουσίαση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων που υλοποιήθηκαν. Αρχικά, παρουσιάζουμε κάποια ενδεικτικά αποτελέσματα χρησιμοποιώντας “Multilayer Feedforward Backpropagation Neural Networks” (πίνακας 3), όπου μελετήθηκε το BCC μοντέλο προσαρμοσμένο προς τις εισροές. Στη συνέχεια, αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν χρησιμοποιώντας RBF T.N.Δ. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Matlab R2009a, στο οποίο αναπτύχθηκαν και οι αλγόριθμοι που περιγράψαμε στα προηγούμενα Κεφάλαια.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με MFFBPNN

FF-BCC- INPUT-NORMAL-2/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	3	197	0,1247	-0,02241206								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	14	0	14	[0 - 2]	6,5	0	6,989247312
	Efficient	0	Efficient	14	(0.02 - 0.05]	36	0	36	(2 - 5]	12,5	0	13,44086022
	True Efficient	0	Inefficient	186	(0.05 - 0.1]	38	0	38	(5 - 10]	15	0	16,12903226
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	31	0	31	(10 - 15]	14	0	15,05376344
	Inefficient	200			(0.15 - 0.3]	78	12	66	(15 - 30]	35	85,71428571	31,1827957
	True Inefficient	186			>0.3	3	2	1	>30	17	14,28571429	17,20430108
	False Inefficient	14										

5.1.Εκτίμηση αποδοτικότητας CCR-input μοντέλου.

5.1.1.Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή

Πίνακας 4: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-UNIFORM-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	Trainednet	TestTarget	[0 - 0.02]	(0.02 - 0.05]								
1st Dataset	23	177	0,14025	0,031859296								
					[0 - 0.02]	35	2	33	[0 - 2]	12	40	11,28205128
	Efficient	5	Efficient	5	(0.02 - 0.05]	26	0	26	(2 - 5]	2,5	0	2,564102564
	True Efficient	2	Inefficient	195	(0.05 - 0.1]	37	0	37	(5 - 10]	5,5	0	5,641025641
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	35	0	35	(10 - 15]	6,5	0	6,666666667
	Inefficient	195			(0.15 - 0.3]	52	0	52	(15 - 30]	20,5	0	21,02564103
	True Inefficient	192			>0.3	15	3	12	>30	53	60	52,82051282
	False Inefficient	3										
2nd Dataset	23	177	0,0746	0,076582915								
					[0 - 0.02]	46	7	39	[0 - 2]	14	53,84615385	11,22994652
	Efficient	8	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	52	1	51	(2 - 5]	9,5	7,692307692	9,625668449
	True Efficient	6	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	54	0	54	(5 - 10]	16	0	17,11229947
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	24	1	23	(10 - 15]	12,5	7,692307692	12,8342246
	Inefficient	192			(0.15 - 0.3]	18	1	17	(15 - 30]	20	7,692307692	20,85561497
	True Inefficient	185			>0.3	6	3	3	>30	28	23,07692308	28,34224599
	False Inefficient	7										
3rd Dataset	37	163	0,04715	-0,049748744								
					[0 - 0.02]	82	4	78	[0 - 2]	21,5	57,14285714	20,20725389
	Efficient	6	Efficient	7	(0.02 - 0.05]	51	0	51	(2 - 5]	11	0	11,39896373
	True Efficient	4	Inefficient	193	(0.05 - 0.1]	38	1	37	(5 - 10]	24	14,28571429	24,35233161
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	17	1	16	(10 - 15]	10,5	14,28571429	10,3626943
	Inefficient	194			(0.15 - 0.3]	12	1	11	(15 - 30]	22	14,28571429	22,27979275
	True Inefficient	191			>0.3	0	0	0	>30	11	0	11,39896373
	False Inefficient	3										

Πίνακας 5: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-UNIFORM-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	18	182	0,09515	-0,003417085								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	53	8	45	[0 - 2]	12,5	61,53846154	9,090909091
	Efficient	11	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	53	1	52	(2 - 5]	20,5	7,692307692	21,39037433
	True Efficient	7	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	40	1	39	(5 - 10]	15	7,692307692	15,50802139
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	11	1	10	(10 - 15]	10,5	7,692307692	10,69518717
	Inefficient	189			(0.15 - 0.3]	29	2	27	(15 - 30]	16	15,38461538	16,04278075
	True Inefficient	183			>0.3	14	0	14	>30	25,5	0	27,27272727
False Inefficient	6											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	38	162	0,0447	0,06321608								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	85	8	77	[0 - 2]	22,5	47,05882353	20,21857923
	Efficient	8	Efficient	17	(0.02 - 0.05]	53	3	50	(2 - 5]	20	17,64705882	20,21857923
	True Efficient	7	Inefficient	183	(0.05 - 0.1]	38	3	35	(5 - 10]	21	17,64705882	21,31147541
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	11	1	10	(10 - 15]	17,5	5,882352941	18,57923497
	Inefficient	192			(0.15 - 0.3]	12	2	10	(15 - 30]	14,5	11,76470588	14,75409836
	True Inefficient	182			>0.3	1	0	1	>30	4,5	0	4,918032787
False Inefficient	10											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	36	164	0,0814	-0,005226131								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	61	6	55	[0 - 2]	19	35,29411765	17,4863388
	Efficient	12	Efficient	17	(0.02 - 0.05]	34	1	33	(2 - 5]	13	5,882352941	13,66120219
	True Efficient	6	Inefficient	183	(0.05 - 0.1]	41	1	40	(5 - 10]	12	5,882352941	12,56830601
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	27	4	23	(10 - 15]	10	23,52941176	8,743169399
	Inefficient	188			(0.15 - 0.3]	32	4	28	(15 - 30]	23	23,52941176	22,95081967
	True Inefficient	177			>0.3	5	1	4	>30	23	5,882352941	24,59016393
False Inefficient	11											

Πίνακας 6: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-UNIFORM-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	31	169	0,0686	-0,055778894								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	52	9	43	[0 - 2]	17,5	60	14,05405405
	Efficient	11	Efficient	15	(0.02 - 0.05]	54	0	54	(2 - 5]	12,5	0	13,51351351
	True Efficient	9	Inefficient	185	(0.05 - 0.1]	46	2	44	(5 - 10]	17	13,33333333	17,2972973
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	23	0	23	(10 - 15]	14,5	0	15,67567568
	Inefficient	189			(0.15 - 0.3]	23	2	21	(15 - 30]	23,5	13,33333333	24,32432432
	True Inefficient	183			>0.3	2	2	0	>30	15	13,33333333	15,13513514
False Inefficient	6											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	22	178	0,06335	0,150753769								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	54	12	42	[0 - 2]	15,5	57,14285714	10,61452514
	Efficient	13	Efficient	21	(0.02 - 0.05]	55	1	54	(2 - 5]	12,5	4,761904762	13,40782123
	True Efficient	11	Inefficient	179	(0.05 - 0.1]	45	2	43	(5 - 10]	16,5	9,523809524	17,31843575
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	26	4	22	(10 - 15]	13,5	19,04761905	12,84916201
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	19	2	17	(15 - 30]	28,5	9,523809524	30,72625698
	True Inefficient	177			>0.3	1	0	1	>30	13,5	0	15,08379888
False Inefficient	10											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	36	164	0,0609	0,013266332								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	59	8	51	[0 - 2]	20	53,33333333	17,2972973
	Efficient	10	Efficient	15	(0.02 - 0.05]	59	0	59	(2 - 5]	13	0	14,05405405
	True Efficient	8	Inefficient	185	(0.05 - 0.1]	40	2	38	(5 - 10]	19,5	13,33333333	20
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	25	2	23	(10 - 15]	16,5	13,33333333	16,75675676
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	17	3	14	(15 - 30]	19,5	20	19,45945946
	True Inefficient	183			>0.3	0	0	0	>30	11,5	0	12,43243243
False Inefficient	7											

Πίνακας 7: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-UNIFORM-3/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	59	141	0,0374	0,087236181								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	98	13	85	[0 - 2]	34	68,42105263	30,38674033
	Efficient	16	Efficient	19	(0.02 - 0.05]	45	2	43	(2 - 5]	17	10,52631579	17,67955801
	True Efficient	12	Inefficient	181	(0.05 - 0.1]	33	4	29	(5 - 10]	20,5	21,05263158	20,44198895
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	17	0	17	(10 - 15]	12,5	0	13,8121547
	Inefficient	184			(0.15 - 0.3]	7	0	7	(15 - 30]	11	0	12,15469613
	True Inefficient	177			>0.3	0	0	0	>30	5	0	5,524861878
False Inefficient	7											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	45	155	0,10955	-0,069748744								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	64	10	54	[0 - 2]	24	66,66666667	20,54054054
	Efficient	12	Efficient	15	(0.02 - 0.05]	30	0	30	(2 - 5]	8	0	8,648648649
	True Efficient	10	Inefficient	185	(0.05 - 0.1]	34	0	34	(5 - 10]	10,5	0	11,35135135
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	15	1	14	(10 - 15]	11	6,666666667	11,35135135
	Inefficient	188			(0.15 - 0.3]	40	2	38	(15 - 30]	14	13,33333333	14,05405405
	True Inefficient	183			>0.3	17	2	15	>30	32,5	13,33333333	34,05405405
False Inefficient	5											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	32	168	0,0663	-0,058693467								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	58	10	48	[0 - 2]	19	66,66666667	15,13513514
	Efficient	13	Efficient	15	(0.02 - 0.05]	58	1	57	(2 - 5]	18,5	6,666666667	19,45945946
	True Efficient	10	Inefficient	185	(0.05 - 0.1]	41	2	39	(5 - 10]	15,5	13,33333333	15,67567568
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	19	1	18	(10 - 15]	13,5	6,666666667	14,05405405
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	22	1	21	(15 - 30]	16,5	6,666666667	17,2972973
	True Inefficient	182			>0.3	2	0	2	>30	17	0	18,37837838
False Inefficient	5											

Πίνακας 8: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-UNIFORM-3/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	42	158	0,0717	0,026030151								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	58	15	43	[0 - 2]	24	62,5	18,75
	Efficient	21	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	42	0	42	(2 - 5]	11	0	12,5
	True Efficient	15	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	41	3	38	(5 - 10]	15,5	12,5	15,90909091
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	25	3	22	(10 - 15]	12	12,5	11,93181818
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	32	3	29	(15 - 30]	22,5	12,5	23,86363636
	True Inefficient	170			>0.3	2	0	2	>30	15	0	17,04545455
False Inefficient	9											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	24	176	0,14175	0,019296482								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	29	11	18	[0 - 2]	14	68,75	9,239130435
	Efficient	19	Efficient	16	(0.02 - 0.05]	34	1	33	(2 - 5]	4,5	6,25	4,347826087
	True Efficient	11	Inefficient	184	(0.05 - 0.1]	33	0	33	(5 - 10]	8	0	8,695652174
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	21	0	21	(10 - 15]	6	0	6,52173913
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	57	4	53	(15 - 30]	23,5	25	23,36956522
	True Inefficient	176			>0.3	26	0	26	>30	44	0	47,82608696
False Inefficient	5											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	16	184	0,14355	0,044422111								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	24	11	13	[0 - 2]	8	61,11111111	2,747252747
	Efficient	21	Efficient	18	(0.02 - 0.05]	27	2	25	(2 - 5]	6,5	11,11111111	6,043956044
	True Efficient	11	Inefficient	182	(0.05 - 0.1]	44	1	43	(5 - 10]	6,5	5,555555556	6,593406593
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	32	1	31	(10 - 15]	15,5	5,555555556	16,48351648
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	50	2	48	(15 - 30]	20,5	11,11111111	21,42857143
	True Inefficient	172			>0.3	23	1	22	>30	43	5,555555556	46,7032967
False Inefficient	7											

Πίνακας 9: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-UNIFORM-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	33	167	0,0779	0,023316583								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	53	13	40	[0 - 2]	20	50	15,51724138
	Efficient	18	Efficient	26	(0.02 - 0.05]	47	0	47	(2 - 5]	11	0	12,64367816
	True Efficient	13	Inefficient	174	(0.05 - 0.1]	50	1	49	(5 - 10]	14	3,846153846	15,51724138
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	18	0	18	(10 - 15]	19,5	0	22,4137931
	Inefficient	182			(0.15 - 0.3]	28	11	17	(15 - 30]	25,5	42,30769231	22,98850575
	True Inefficient	169			>0.3	4	1	3	>30	10	3,846153846	10,91954023
False Inefficient	13											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	80	120	0,10275	-0,075376884								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	101	23	78	[0 - 2]	45	67,64705882	40,36144578
	Efficient	23	Efficient	34	(0.02 - 0.05]	14	3	11	(2 - 5]	9	8,823529412	9,036144578
	True Efficient	22	Inefficient	166	(0.05 - 0.1]	21	1	20	(5 - 10]	7,5	2,941176471	8,43373494
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	11	3	8	(10 - 15]	6	8,823529412	5,421686747
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	35	4	31	(15 - 30]	11	11,76470588	10,84337349
	True Inefficient	165			>0.3	18	0	18	>30	21,5	0	25,90361446
False Inefficient	12											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	50	150	0,0602	0,112562814								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	74	16	58	[0 - 2]	28	59,25925926	23,12138728
	Efficient	18	Efficient	27	(0.02 - 0.05]	40	3	37	(2 - 5]	16,5	11,11111111	17,34104046
	True Efficient	16	Inefficient	173	(0.05 - 0.1]	44	3	41	(5 - 10]	16,5	11,11111111	17,34104046
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	18	2	16	(10 - 15]	12	7,407407407	12,71676301
	Inefficient	182			(0.15 - 0.3]	24	3	21	(15 - 30]	16,5	11,11111111	17,34104046
	True Inefficient	171			>0.3	0	0	0	>30	10,5	0	12,13872832
False Inefficient	11											

Πίνακας 10: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-UNIFORM-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	28	172	0,072	0,008542714								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	46	16	30	[0 - 2]	19	66,66666667	12,5
	Efficient	19	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	39	2	37	(2 - 5]	8	8,333333333	7,954545455
	True Efficient	13	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	67	3	64	(5 - 10]	16	12,5	16,47727273
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	28	2	26	(10 - 15]	21,5	8,333333333	23,29545455
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	18	1	17	(15 - 30]	23,5	4,166666667	26,13636364
	True Inefficient	170			>0.3	2	0	2	>30	12	0	13,63636364
False Inefficient	11											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	29	171	0,08655	-0,084120603								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	49	21	28	[0 - 2]	19,5	58,33333333	10,97560976
	Efficient	27	Efficient	36	(0.02 - 0.05]	45	3	42	(2 - 5]	11,5	8,333333333	12,19512195
	True Efficient	19	Inefficient	164	(0.05 - 0.1]	51	7	44	(5 - 10]	22,5	19,44444444	23,17073171
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	20	5	15	(10 - 15]	12	13,88888889	11,58536585
	Inefficient	173			(0.15 - 0.3]	26	0	26	(15 - 30]	19,5	0	23,7804878
	True Inefficient	156			>0.3	9	0	9	>30	15	0	18,29268293
False Inefficient	17											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	38	162	0,06465	0,035979899								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	56	16	40	[0 - 2]	23,5	69,56521739	17,51412429
	Efficient	17	Efficient	23	(0.02 - 0.05]	55	2	53	(2 - 5]	9	8,695652174	9,039548023
	True Efficient	16	Inefficient	177	(0.05 - 0.1]	41	2	39	(5 - 10]	19,5	8,695652174	20,9039548
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	27	1	26	(10 - 15]	13,5	4,347826087	14,68926554
	Inefficient	183			(0.15 - 0.3]	18	1	17	(15 - 30]	23,5	4,347826087	25,98870056
	True Inefficient	176			>0.3	3	1	2	>30	11	4,347826087	11,86440678
False Inefficient	7											

Πίνακας 11: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-UNIFORM-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	45	155	0,10615	-0,021809045								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	67	17	50	[0 - 2]	28	56,66666667	22,94117647
	Efficient	20	Efficient	30	(0.02 - 0.05]	36	2	34	(2 - 5]	11	6,666666667	11,76470588
	True Efficient	16	Inefficient	170	(0.05 - 0.1]	35	2	33	(5 - 10]	13,5	6,666666667	14,70588235
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	11	3	8	(10 - 15]	12,5	10	12,94117647
	Inefficient	180			(0.15 - 0.3]	32	4	28	(15 - 30]	15,5	13,33333333	15,88235294
	True Inefficient	166			>0.3	19	2	17	>30	19,5	6,666666667	21,76470588
	False Inefficient	14										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	53	147	0,05145	0,098894472								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	65	27	38	[0 - 2]	29	61,36363636	19,87179487
	Efficient	33	Efficient	44	(0.02 - 0.05]	54	7	47	(2 - 5]	17	15,90909091	17,30769231
	True Efficient	27	Inefficient	156	(0.05 - 0.1]	45	5	40	(5 - 10]	20,5	11,36363636	23,07692308
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	22	3	19	(10 - 15]	11,5	6,818181818	12,82051282
	Inefficient	167			(0.15 - 0.3]	14	2	12	(15 - 30]	18,5	4,545454545	22,43589744
	True Inefficient	150			>0.3	0	0	0	>30	3,5	0	4,487179487
	False Inefficient	17										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	29	171	0,0928	-0,072261307								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	40	14	26	[0 - 2]	17	45,16129032	11,83431953
	Efficient	21	Efficient	31	(0.02 - 0.05]	39	2	37	(2 - 5]	9,5	6,451612903	10,0591716
	True Efficient	13	Inefficient	169	(0.05 - 0.1]	48	10	38	(5 - 10]	20	32,25806452	17,75147929
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	23	2	21	(10 - 15]	12	6,451612903	13,01775148
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	45	3	42	(15 - 30]	21,5	9,677419355	23,66863905
	True Inefficient	161			>0.3	5	0	5	>30	20	0	23,66863905
	False Inefficient	18										

Πίνακας 12: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-UNIFORM-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	45	155	0,069	0,086432161								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	71	24	47	[0 - 2]	28	61,53846154	19,8757764
	Efficient	23	Efficient	39	(0.02 - 0.05]	34	3	31	(2 - 5]	13,5	7,692307692	14,9068323
	True Efficient	23	Inefficient	161	(0.05 - 0.1]	47	6	41	(5 - 10]	20	15,38461538	21,11801242
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	17	0	17	(10 - 15]	13	0	16,14906832
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	28	6	22	(15 - 30]	15	15,38461538	14,9068323
	True Inefficient	161			>0.3	3	0	3	>30	10,5	0	13,04347826
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	28	172	0,10385	0,023417085								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	39	25	14	[0 - 2]	17	54,34782609	5,844155844
	Efficient	40	Efficient	46	(0.02 - 0.05]	34	10	24	(2 - 5]	13	21,73913043	10,38961039
	True Efficient	23	Inefficient	154	(0.05 - 0.1]	46	7	39	(5 - 10]	15,5	15,2173913	15,58441558
	False Efficient	17			(0.1 - 0.15]	32	3	29	(10 - 15]	11,5	6,52173913	12,98701299
	Inefficient	160			(0.15 - 0.3]	37	0	37	(15 - 30]	22,5	0	29,22077922
	True Inefficient	137			>0.3	12	1	11	>30	20,5	2,173913043	25,97402597
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	31	169	0,1132	-0,023115578								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	39	24	15	[0 - 2]	18	52,17391304	7,792207792
	Efficient	39	Efficient	46	(0.02 - 0.05]	26	5	21	(2 - 5]	8,5	10,86956522	7,792207792
	True Efficient	23	Inefficient	154	(0.05 - 0.1]	45	9	36	(5 - 10]	18	19,56521739	17,53246753
	False Efficient	16			(0.1 - 0.15]	33	3	30	(10 - 15]	12	6,52173913	13,63636364
	Inefficient	161			(0.15 - 0.3]	42	5	37	(15 - 30]	22,5	10,86956522	25,97402597
	True Inefficient	138			>0.3	15	0	15	>30	21	0	27,27272727
False Inefficient	23											

5.1.2. Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή

Πίνακας 13: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

CCR- INPUT-NORMAL-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
		114	86	0,01435								
1st Dataset	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	167	5	162	[0 - 2]	78,5	62,5	79,16666667
	Efficient	5	Efficient	8	(0.02 - 0.05]	21	0	21	(2 - 5]	12,5	0	13,02083333
	True Efficient	5	Inefficient	192	(0.05 - 0.1]	5	0	5	(5 - 10]	3,5	0	3,645833333
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	1,5	0	1,5625
	Inefficient	195			(0.15 - 0.3]	6	3	3	(15 - 30]	3	37,5	1,5625
	True Inefficient	192			>0.3	0	0	0	>30	1	0	1,041666667
	False Inefficient	3										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	11	189	0,06665	0,014773869								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	41	2	39	[0 - 2]	16	28,57142857	15,54404145
	Efficient	6	Efficient	7	(0.02 - 0.05]	67	0	67	(2 - 5]	21,5	0	22,27979275
	True Efficient	2	Inefficient	193	(0.05 - 0.1]	59	1	58	(5 - 10]	29	14,28571429	29,53367876
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	20	1	19	(10 - 15]	12,5	14,28571429	12,43523316
	Inefficient	194			(0.15 - 0.3]	8	0	8	(15 - 30]	16	0	16,58031088
	True Inefficient	189			>0.3	5	3	2	>30	5	42,85714286	3,626943005
False Inefficient	5											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	87	113	0,06425	0,02361809								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	116	3	113	[0 - 2]	57,5	60	57,43589744
	Efficient	4	Efficient	5	(0.02 - 0.05]	32	0	32	(2 - 5]	8,5	0	8,717948718
	True Efficient	3	Inefficient	195	(0.05 - 0.1]	31	0	31	(5 - 10]	12,5	0	12,82051282
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	3	0	3	(10 - 15]	9	0	9,230769231
	Inefficient	196			(0.15 - 0.3]	8	0	8	(15 - 30]	7	0	7,179487179
	True Inefficient	194			>0.3	10	2	8	>30	5,5	40	4,615384615
False Inefficient	2											

Πίνακας 14: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

CCR- INPUT-NORMAL-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	87	113	0,0549	0,073366834								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	112	6	106	[0 - 2]	55,5	85,71428571	54,40414508
	Efficient	8	Efficient	7	(0.02 - 0.05]	32	0	32	(2 - 5]	10	0	10,3626943
	True Efficient	6	Inefficient	193	(0.05 - 0.1]	23	1	22	(5 - 10]	15,5	14,28571429	15,54404145
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	9	0	9	(10 - 15]	5	0	5,18134715
	Inefficient	192			(0.15 - 0.3]	15	0	15	(15 - 30]	6,5	0	6,735751295
	True Inefficient	191			>0.3	9	0	9	>30	7,5	0	7,772020725
False Inefficient	1											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	84	116	0,0152	0,160201005								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	135	9	126	[0 - 2]	66	90	64,73684211
	Efficient	9	Efficient	10	(0.02 - 0.05]	48	0	48	(2 - 5]	19	0	20
	True Efficient	8	Inefficient	190	(0.05 - 0.1]	16	1	15	(5 - 10]	12,5	10	12,63157895
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	2,5	0	2,631578947
	Inefficient	191			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	0	0	0
	True Inefficient	189			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	2											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	68	132	0,0239	-0,014371859								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	128	7	121	[0 - 2]	58	70	57,36842105
	Efficient	7	Efficient	10	(0.02 - 0.05]	43	1	42	(2 - 5]	21	10	21,57894737
	True Efficient	6	Inefficient	190	(0.05 - 0.1]	19	0	19	(5 - 10]	11,5	0	12,10526316
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	5	1	4	(10 - 15]	3	10	2,631578947
	Inefficient	193			(0.15 - 0.3]	5	1	4	(15 - 30]	6,5	10	6,315789474
	True Inefficient	189			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	4											

Πίνακας 15: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-NORMAL-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	30	170	0,04585	-0,025326633								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	53	10	43	[0 - 2]	26	66,66666667	22,7027027
	Efficient	19	Efficient	15	(0.02 - 0.05]	59	2	57	(2 - 5]	22	13,33333333	22,7027027
	True Efficient	9	Inefficient	185	(0.05 - 0.1]	74	2	72	(5 - 10]	34	13,33333333	35,67567568
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	9	1	8	(10 - 15]	12,5	6,66666667	12,97297297
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	5	0	5	(15 - 30]	5	0	5,405405405
	True Inefficient	175			>0.3	0	0	0	>30	0,5	0	0,540540541
False Inefficient	6											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	24	176	0,0478	0,008542714								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	44	9	35	[0 - 2]	19,5	69,23076923	16,04278075
	Efficient	9	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	66	0	66	(2 - 5]	22	0	23,52941176
	True Efficient	9	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	71	1	70	(5 - 10]	39,5	7,692307692	41,71122995
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	14	2	12	(10 - 15]	13	15,38461538	12,8342246
	Inefficient	191			(0.15 - 0.3]	5	1	4	(15 - 30]	5,5	7,692307692	5,347593583
	True Inefficient	187			>0.3	0	0	0	>30	0,5	0	0,534759358
False Inefficient	4											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	55	145	0,04025	0,101708543								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	82	8	74	[0 - 2]	38	66,66666667	36,17021277
	Efficient	11	Efficient	12	(0.02 - 0.05]	62	1	61	(2 - 5]	24	8,333333333	25
	True Efficient	8	Inefficient	188	(0.05 - 0.1]	36	1	35	(5 - 10]	22,5	8,333333333	23,40425532
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	14	1	13	(10 - 15]	8	8,333333333	7,978723404
	Inefficient	189			(0.15 - 0.3]	4	1	3	(15 - 30]	5,5	8,333333333	5,319148936
	True Inefficient	185			>0.3	2	0	2	>30	2	0	2,127659574
False Inefficient	4											

Πίνακας 16: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-NORMAL-3/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	107	93	0,0182	0,011356784								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	142	12	130	[0 - 2]	69,5	75	69,02173913
	Efficient	12	Efficient	16	(0.02 - 0.05]	36	2	34	(2 - 5]	16	12,5	16,30434783
	True Efficient	11	Inefficient	184	(0.05 - 0.1]	13	1	12	(5 - 10]	7	6,25	7,065217391
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	7	1	6	(10 - 15]	5	6,25	4,891304348
	Inefficient	188			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	2,5	0	2,717391304
	True Inefficient	183			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	5											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	46	154	0,03335	0,02080402								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	86	11	75	[0 - 2]	42	57,89473684	40,33149171
	Efficient	13	Efficient	19	(0.02 - 0.05]	64	3	61	(2 - 5]	23	15,78947368	23,75690608
	True Efficient	11	Inefficient	181	(0.05 - 0.1]	39	3	36	(5 - 10]	21	15,78947368	21,54696133
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	8	1	7	(10 - 15]	10,5	5,263157895	11,04972376
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	3	0	3,314917127
	True Inefficient	179			>0.3	1	1	0	>30	0,5	5,263157895	0
False Inefficient	8											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	63	137	0,03705	-0,012663317								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	106	11	95	[0 - 2]	50,5	73,33333333	48,64864865
	Efficient	13	Efficient	15	(0.02 - 0.05]	58	0	58	(2 - 5]	24,5	0	26,48648649
	True Efficient	11	Inefficient	185	(0.05 - 0.1]	20	2	18	(5 - 10]	13,5	13,33333333	13,51351351
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	6	1	5	(10 - 15]	5	6,666666667	4,864864865
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	6	1	5	(15 - 30]	4	6,666666667	3,783783784
	True Inefficient	183			>0.3	4	0	4	>30	2,5	0	2,702702703
False Inefficient	4											

Πίνακας 17: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

CCR- INPUT-NORMAL-3/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	32	168	0,03945	-0,001708543								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	69	10	59	[0 - 2]	31	58,82352941	28,41530055
	Efficient	20	Efficient	17	(0.02 - 0.05]	64	1	63	(2 - 5]	26,5	5,882352941	28,41530055
	True Efficient	9	Inefficient	183	(0.05 - 0.1]	50	3	47	(5 - 10]	28	17,64705882	28,96174863
	False Efficient	11			(0.1 - 0.15]	14	3	11	(10 - 15]	11	17,64705882	10,38251366
	Inefficient	180			(0.15 - 0.3]	3	0	3	(15 - 30]	3,5	0	3,825136612
	True Inefficient	172			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	8										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	48	152	0,0624	-0,021005025								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	77	13	64	[0 - 2]	37	68,42105263	33,70165746
	Efficient	17	Efficient	19	(0.02 - 0.05]	48	1	47	(2 - 5]	21,5	5,263157895	23,20441989
	True Efficient	12	Inefficient	181	(0.05 - 0.1]	36	3	33	(5 - 10]	16	15,78947368	16,02209945
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	12	1	11	(10 - 15]	8,5	5,263157895	8,839779006
	Inefficient	183			(0.15 - 0.3]	21	0	21	(15 - 30]	10,5	0	11,60220994
	True Inefficient	176			>0.3	6	1	5	>30	6,5	5,263157895	6,629834254
	False Inefficient	7										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	87	113	0,021	0,055979899								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	125	10	115	[0 - 2]	61	66,66666667	60,54054054
	Efficient	10	Efficient	15	(0.02 - 0.05]	46	0	46	(2 - 5]	20	0	21,62162162
	True Efficient	10	Inefficient	185	(0.05 - 0.1]	21	2	19	(5 - 10]	13	13,33333333	12,97297297
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	7	3	4	(10 - 15]	4,5	20	3,243243243
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	1,5	0	1,621621622
	True Inefficient	185			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	5										

Πίνακας 18: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

CCR- INPUT-NORMAL-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	30	170	0,0529	-0,001809045								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	60	20	40	[0 - 2]	28	66,66666667	21,17647059
	Efficient	29	Efficient	30	(0.02 - 0.05]	65	2	63	(2 - 5]	25,5	6,666666667	28,82352941
	True Efficient	20	Inefficient	170	(0.05 - 0.1]	47	2	45	(5 - 10]	28	6,666666667	31,76470588
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	15	3	12	(10 - 15]	9,5	10	9,411764706
	Inefficient	171			(0.15 - 0.3]	9	2	7	(15 - 30]	6	6,666666667	5,882352941
	True Inefficient	161			>0.3	4	1	3	>30	3	3,333333333	2,941176471
	False Inefficient	10										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	35	165	0,0426	-0,091557789								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	63	10	53	[0 - 2]	29	41,66666667	27,27272727
	Efficient	19	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	73	5	68	(2 - 5]	28,5	20,83333333	29,54545455
	True Efficient	10	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	42	4	38	(5 - 10]	26	16,66666667	27,27272727
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	18	3	15	(10 - 15]	10,5	12,5	10,22727273
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	4	2	2	(15 - 30]	6	8,333333333	5,681818182
	True Inefficient	167			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	14										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	31	169	0,029	-0,00040201								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	73	17	56	[0 - 2]	33	70,83333333	27,84090909
	Efficient	21	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	94	3	91	(2 - 5]	39,5	12,5	43,18181818
	True Efficient	16	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	31	3	28	(5 - 10]	23,5	12,5	25
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	3	0	3,409090909
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	1	4,166666667	0,568181818
	True Inefficient	171			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	8										

Πίνακας 19: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

CCR- INPUT-NORMAL-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	38	162	0,0267	0,012261307								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	98	11	87	[0 - 2]	44	68,75	41,84782609
	Efficient	13	Efficient	16	(0.02 - 0.05]	75	1	74	(2 - 5]	39	6,25	41,84782609
	True Efficient	9	Inefficient	184	(0.05 - 0.1]	15	0	15	(5 - 10]	10,5	0	11,41304348
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	8	1	7	(10 - 15]	3,5	6,25	3,260869565
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	4	3	1	(15 - 30]	3	18,75	1,630434783
	True Inefficient	180			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	7											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	33	167	0,0374	0,059698492								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	58	18	40	[0 - 2]	27,5	75	21,02272727
	Efficient	20	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	90	0	90	(2 - 5]	33	0	37,5
	True Efficient	18	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	43	3	40	(5 - 10]	27	12,5	28,97727273
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	6	2	4	(10 - 15]	8,5	8,333333333	8,522727273
	Inefficient	180			(0.15 - 0.3]	3	1	2	(15 - 30]	4	4,166666667	3,977272727
	True Inefficient	174			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	6											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	40	160	0,03355	-0,067537688								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	62	13	49	[0 - 2]	29,5	54,16666667	26,13636364
	Efficient	17	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	94	5	89	(2 - 5]	34	20,83333333	35,79545455
	True Efficient	12	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	34	5	29	(5 - 10]	27,5	20,83333333	28,40909091
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	8	1	7	(10 - 15]	6,5	4,166666667	6,818181818
	Inefficient	183			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	2,5	0	2,840909091
	True Inefficient	171			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	12											

Πίνακας 20: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-NORMAL-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	53	147	0,069	0,068140704								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	76	16	60	[0 - 2]	38	50	35,71428571
	Efficient	21	Efficient	32	(0.02 - 0.05]	60	2	58	(2 - 5]	22	6,25	25
	True Efficient	16	Inefficient	168	(0.05 - 0.1]	24	1	23	(5 - 10]	16	3,125	18,45238095
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	13	4	9	(10 - 15]	10	12,5	9,523809524
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	20	7	13	(15 - 30]	6,5	21,875	3,571428571
	True Inefficient	163			>0.3	7	2	5	>30	7,5	6,25	7,738095238
False Inefficient	16											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	22	178	0,05865	0,010251256								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	38	11	27	[0 - 2]	18,5	40,74074074	15,02890173
	Efficient	24	Efficient	27	(0.02 - 0.05]	69	1	68	(2 - 5]	29	3,703703704	32,94797688
	True Efficient	10	Inefficient	173	(0.05 - 0.1]	69	4	65	(5 - 10]	30,5	14,81481481	32,94797688
	False Efficient	14			(0.1 - 0.15]	13	4	9	(10 - 15]	13,5	14,81481481	13,29479769
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	9	5	4	(15 - 30]	7,5	18,51851852	5,780346821
	True Inefficient	159			>0.3	2	2	0	>30	1	7,407407407	0
False Inefficient	17											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	79	121	0,0262	0,013567839								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	115	16	99	[0 - 2]	54	72,72727273	51,68539326
	Efficient	19	Efficient	22	(0.02 - 0.05]	50	3	47	(2 - 5]	24	13,63636364	25,28089888
	True Efficient	15	Inefficient	178	(0.05 - 0.1]	24	2	22	(5 - 10]	13	9,090909091	13,48314607
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	6	1	5	(10 - 15]	5	4,545454545	5,056179775
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	5	0	5	(15 - 30]	3,5	0	3,93258427
	True Inefficient	174			>0.3	0	0	0	>30	0,5	0	0,561797753
False Inefficient	7											

Πίνακας 21: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- INPUT-NORMAL-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	50	150	0,044	-0,011658291								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	81	29	52	[0 - 2]	39	74,35897436	30,43478261
	Efficient	30	Efficient	39	(0.02 - 0.05]	61	2	59	(2 - 5]	28,5	5,128205128	34,16149068
	True Efficient	27	Inefficient	161	(0.05 - 0.1]	39	3	36	(5 - 10]	20	7,692307692	22,98136646
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	8	1	7	(10 - 15]	5	2,564102564	5,590062112
	Inefficient	170			(0.15 - 0.3]	7	2	5	(15 - 30]	5,5	5,128205128	5,590062112
	True Inefficient	158			>0.3	4	2	2	>30	2	5,128205128	1,242236025
	False Inefficient	12										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	51	149	0,059	-0,096582915								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	76	20	56	[0 - 2]	37	54,05405405	33,12883436
	Efficient	29	Efficient	37	(0.02 - 0.05]	52	2	50	(2 - 5]	23	5,405405405	26,99386503
	True Efficient	19	Inefficient	163	(0.05 - 0.1]	45	4	41	(5 - 10]	24	10,81081081	26,99386503
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	10	0	10	(10 - 15]	5	0	6,134969325
	Inefficient	171			(0.15 - 0.3]	11	7	4	(15 - 30]	7	18,91891892	4,294478528
	True Inefficient	153			>0.3	6	4	2	>30	4	10,81081081	2,45398773
	False Inefficient	18										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	61	139	0,02305	0,006834171								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	102	21	81	[0 - 2]	49,5	56,75675676	47,85276074
	Efficient	25	Efficient	37	(0.02 - 0.05]	73	8	65	(2 - 5]	34	21,62162162	36,80981595
	True Efficient	21	Inefficient	163	(0.05 - 0.1]	19	5	14	(5 - 10]	13	13,51351351	12,88343558
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	5	2	3	(10 - 15]	2	5,405405405	1,226993865
	Inefficient	175			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	1,5	2,702702703	1,226993865
	True Inefficient	159			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	16										

5.1.3. Παραγωγή δεδομένων κατά Cobb-Douglas.

Πίνακας 22: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

CCR- INPUT-COBB_DOUGLAS-2/1												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	105	95	0,02715	0,079497487							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	132	3	129	[0 - 2]	57	60	56,92307692	
Efficient		3	Efficient	5	(0.02 - 0.05]	34	0	34	(2 - 5]	10	0	10,25641026
True Efficient		3	Inefficient	195	(0.05 - 0.1]	18	0	18	(5 - 10]	13,5	0	13,84615385
False Efficient		0			(0.1 - 0.15]	10	0	10	(10 - 15]	6,5	0	6,666666667
Inefficient		197			(0.15 - 0.3]	4	1	3	(15 - 30]	7	20	6,666666667
True Inefficient		195			>0.3	2	1	1	>30	6	20	5,641025641
False Inefficient		2										
2nd Dataset	56	144	0,0307	0,021708543								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	101	3	98	[0 - 2]	32	60	31,28205128
	Efficient	5	Efficient	5	(0.02 - 0.05]	62	0	62	(2 - 5]	25,5	0	26,15384615
	True Efficient	2	Inefficient	195	(0.05 - 0.1]	25	1	24	(5 - 10]	22	20	22,05128205
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	5	0	5	(10 - 15]	5,5	0	5,641025641
	Inefficient	195			(0.15 - 0.3]	7	1	6	(15 - 30]	11	20	10,76923077
	True Inefficient	192			>0.3	0	0	0	>30	4	0	4,102564103
	False Inefficient	3										
3rd Dataset	78	122	0,08965	-0,016180905								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	111	2	109	[0 - 2]	44	50	43,87755102
	Efficient	3	Efficient	4	(0.02 - 0.05]	33	0	33	(2 - 5]	12	0	12,24489796
	True Efficient	2	Inefficient	196	(0.05 - 0.1]	24	0	24	(5 - 10]	16,5	0	16,83673469
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	5	0	5	(10 - 15]	4,5	0	4,591836735
	Inefficient	197			(0.15 - 0.3]	10	0	10	(15 - 30]	6	0	6,12244898
	True Inefficient	195			>0.3	17	2	15	>30	17	50	16,32653061
	False Inefficient	2										

Πίνακας 23 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 3 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

CCR- INPUT-COBB_DOUGLAS-3/1												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	77	123	0,04205	0,118693467								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	118	10	108	[0 - 2]	47	83,33333333	44,68085106
	Efficient	10	Efficient	12	(0.02 - 0.05]	27	0	27	(2 - 5]	14	0	14,89361702
	True Efficient	9	Inefficient	188	(0.05 - 0.1]	26	2	24	(5 - 10]	11,5	16,66666667	11,17021277
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	18	0	18	(10 - 15]	7,5	0	7,978723404
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	7	0	7	(15 - 30]	9	0	9,574468085
	True Inefficient	187			>0.3	4	0	4	>30	11	0	11,70212766
False Inefficient	3											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	93	107	0,11595	0,004824121								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	104	9	95	[0 - 2]	49	69,23076923	47,59358289
	Efficient	10	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	16	0	16	(2 - 5]	4,5	0	4,812834225
	True Efficient	9	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	16	0	16	(5 - 10]	4,5	0	4,812834225
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	13	0	13	(10 - 15]	4	0	4,278074866
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	22	0	22	(15 - 30]	13	0	13,90374332
	True Inefficient	186			>0.3	29	4	25	>30	25	30,76923077	24,59893048
False Inefficient	4											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	97	103	0,0309	0,120904523								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	119	7	112	[0 - 2]	52	77,77777778	50,78534031
	Efficient	7	Efficient	9	(0.02 - 0.05]	33	0	33	(2 - 5]	7,5	0	7,853403141
	True Efficient	7	Inefficient	191	(0.05 - 0.1]	33	2	31	(5 - 10]	15	22,22222222	14,65968586
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	9	0	9	(10 - 15]	6	0	6,282722513
	Inefficient	193			(0.15 - 0.3]	6	0	6	(15 - 30]	13,5	0	14,13612565
	True Inefficient	191			>0.3	0	0	0	>30	6	0	6,282722513
False Inefficient	2											

Πίνακας 24 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 4 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF ΤΝΔ

CCR- INPUT-COBB_DOUGLAS-4/1												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	29	171	0,11435	0,103417085								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	57	5	52	[0 - 2]	18,5	35,71428571	17,20430108
	Efficient	10	Efficient	14	(0.02 - 0.05]	42	0	42	(2 - 5]	21	0	22,58064516
	True Efficient	5	Inefficient	186	(0.05 - 0.1]	36	1	35	(5 - 10]	12	7,142857143	12,3655914
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	17	0	17	(10 - 15]	7	0	7,52688172
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	26	1	25	(15 - 30]	19,5	7,142857143	20,43010753
	True Inefficient	181			>0.3	22	7	15	>30	22	50	19,89247312
False Inefficient	9											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	71	129	0,04105	0,055879397								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	104	8	96	[0 - 2]	40,5	61,53846154	39,03743316
	Efficient	9	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	47	3	44	(2 - 5]	21	23,07692308	20,85561497
	True Efficient	7	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	29	0	29	(5 - 10]	15	0	16,04278075
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	4	0	4	(10 - 15]	6	0	6,417112299
	Inefficient	191			(0.15 - 0.3]	11	2	9	(15 - 30]	11,5	15,38461538	11,22994652
	True Inefficient	185			>0.3	5	0	5	>30	6	0	6,417112299
False Inefficient	6											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	71	129	0,0463	0,031758794								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	88	7	81	[0 - 2]	40	46,66666667	39,45945946
	Efficient	9	Efficient	15	(0.02 - 0.05]	43	1	42	(2 - 5]	10	6,666666667	10,27027027
	True Efficient	6	Inefficient	185	(0.05 - 0.1]	36	0	36	(5 - 10]	16,5	0	17,83783784
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	19	2	17	(10 - 15]	14	13,33333333	14,05405405
	Inefficient	191			(0.15 - 0.3]	14	5	9	(15 - 30]	13	33,33333333	11,35135135
	True Inefficient	182			>0.3	0	0	0	>30	6,5	0	7,027027027
False Inefficient	9											

5.1.4. Παραγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας λογαριθμικές συναρτήσεις.

Πίνακας 25: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές χρησιμοποιώντας Translog distance output functions-RBF TNA

CCR- INPUT-TRANSLOG-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	Trainednet	TestTarget	[0 - 0.02]									
1st Dataset	71	129	1,5709	-0,022512563								
	Efficient	14	Efficient	16	(0.02 - 0.05]	13	0	13	(2 - 5]	6,5	0	7,065217391
	True Efficient	13	Inefficient	184	(0.05 - 0.1]	15	0	15	(5 - 10]	5,5	0	5,97826087
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	11	0	11	(10 - 15]	2,5	0	2,717391304
	Inefficient	186			(0.15 - 0.3]	13	0	13	(15 - 30]	7	0	7,608695652
	True Inefficient	183			>0.3	66	3	63	>30	42	18,75	44,02173913
	False Inefficient	3										
2nd Dataset	36	164	0,4199	0,072462312								
	Efficient	13	Efficient	19	(0.02 - 0.05]	36	0	36	(2 - 5]	15,5	0	17,12707182
	True Efficient	10	Inefficient	181	(0.05 - 0.1]	13	0	13	(5 - 10]	10,5	0	11,60220994
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	14	0	14	(10 - 15]	3	0	3,314917127
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	19	2	17	(15 - 30]	12,5	10,52631579	12,70718232
	True Inefficient	178			>0.3	50	7	43	>30	36	36,84210526	35,91160221
	False Inefficient	9										
3rd Dataset	53	147	0,151	-0,007135678								
	Efficient	12	Efficient	20	(0.02 - 0.05]	39	1	38	(2 - 5]	11,5	5	12,22222222
	True Efficient	10	Inefficient	180	(0.05 - 0.1]	30	0	30	(5 - 10]	12,5	0	13,88888889
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	16	0	16	(10 - 15]	7,5	0	8,333333333
	Inefficient	188			(0.15 - 0.3]	12	1	11	(15 - 30]	15	5	16,11111111
	True Inefficient	178			>0.3	25	8	17	>30	20,5	40	18,33333333
	False Inefficient	10										

5.2. Εκτίμηση αποδοτικότητας CCR-output μοντέλου

5.2.1. Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή

Πίνακας 26 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-UNIFORM-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	Trainednet	TestTarget	[0 - 0.02]	[0.02 - 0.05]								
1st Dataset	24	176	0,4785	0,065527638								
	Efficient	4	Efficient	9	[0 - 0.02]	31	4	27	[0 - 2]	22,5	44,44444444	21,46596859
	True Efficient	4	Inefficient	191	(0.02 - 0.05]	14	0	14	(2 - 5]	13,5	0	14,13612565
	False Efficient	0			(0.05 - 0.1]	15	1	14	(5 - 10]	10,5	11,11111111	10,47120419
	Inefficient	196			(0.1 - 0.15]	12	1	11	(10 - 15]	14	11,11111111	14,13612565
	True Inefficient	191			(0.15 - 0.3]	31	0	31	(15 - 30]	30	0	31,41361257
	False Inefficient	5			>0.3	97	3	94	>30	9,5	33,33333333	8,376963351
2nd Dataset	14	186	0,27995	-0,029648241								
	Efficient	8	Efficient	11	[0 - 0.02]	23	7	16	[0 - 2]	20,5	63,63636364	17,98941799
	True Efficient	6	Inefficient	189	(0.02 - 0.05]	21	1	20	(2 - 5]	20,5	9,090909091	21,16402116
	False Efficient	2			(0.05 - 0.1]	33	0	33	(5 - 10]	26	0	27,51322751
	Inefficient	192			(0.1 - 0.15]	20	0	20	(10 - 15]	14	0	14,81481481
	True Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	39	0	39	(15 - 30]	15,5	0	16,4021164
	False Inefficient	5			>0.3	64	3	61	>30	3,5	27,27272727	2,116402116
3rd Dataset	31	169	0,12745	0,168743719								
	Efficient	11	Efficient	14	[0 - 0.02]	48	9	39	[0 - 2]	42,5	64,28571429	40,86021505
	True Efficient	9	Inefficient	186	(0.02 - 0.05]	32	1	31	(2 - 5]	27,5	7,142857143	29,03225806
	False Efficient	2			(0.05 - 0.1]	42	2	40	(5 - 10]	19,5	14,28571429	19,89247312
	Inefficient	189			(0.1 - 0.15]	35	0	35	(10 - 15]	6	0	6,451612903
	True Inefficient	184			(0.15 - 0.3]	29	1	28	(15 - 30]	4	7,142857143	3,76344086
	False Inefficient	5			>0.3	14	1	13	>30	0,5	7,142857143	0

Πίνακας 27 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-UNIFORM-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	42	158	0,30555	-0,05678392								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	47	7	40	[0 - 2]	33	58,33333333	31,38297872
	Efficient	8	Efficient	12	(0.02 - 0.05]	18	0	18	(2 - 5]	12	0	12,76595745
	True Efficient	7	Inefficient	188	(0.05 - 0.1]	19	0	19	(5 - 10]	17,5	0	18,61702128
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	10	0	10	(10 - 15]	15,5	0	16,4893617
	Inefficient	192			(0.15 - 0.3]	39	2	37	(15 - 30]	12	16,66666667	11,70212766
	True Inefficient	187			>0.3	67	3	64	>30	10	25	9,042553191
	False Inefficient	5										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	32	168	0,43585	-0,02040201								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	37	10	27	[0 - 2]	23	90,90909091	19,04761905
	Efficient	11	Efficient	11	(0.02 - 0.05]	10	0	10	(2 - 5]	7,5	0	7,936507937
	True Efficient	10	Inefficient	189	(0.05 - 0.1]	13	0	13	(5 - 10]	18	0	19,04761905
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	7	0	7	(10 - 15]	12	0	12,6984127
	Inefficient	189			(0.15 - 0.3]	32	0	32	(15 - 30]	33,5	0	35,44973545
	True Inefficient	188			>0.3	101	1	100	>30	6	9,090909091	5,82010582
	False Inefficient	1										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	6	194	0,67075	-0,014773869								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	9	6	3	[0 - 2]	6	50	3,191489362
	Efficient	13	Efficient	12	(0.02 - 0.05]	4	0	4	(2 - 5]	5,5	0	5,85106383
	True Efficient	5	Inefficient	188	(0.05 - 0.1]	9	2	7	(5 - 10]	11,5	16,66666667	11,17021277
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	10	1	9	(10 - 15]	20	8,333333333	20,74468085
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	34	2	32	(15 - 30]	31	16,66666667	31,91489362
	True Inefficient	180			>0.3	134	1	133	>30	26	8,333333333	27,12765957
	False Inefficient	7										

Πίνακας 28 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-outputt μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-UNIFORM-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	24	176	0,2981	0,096180905								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	28	13	15	[0 - 2]	19	68,42105263	13,8121547
	Efficient	19	Efficient	19	(0.02 - 0.05]	16	1	15	(2 - 5]	10,5	5,263157895	11,04972376
	True Efficient	13	Inefficient	181	(0.05 - 0.1]	16	0	16	(5 - 10]	23	0	25,41436464
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	22	0	22	(10 - 15]	14	0	15,46961326
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	51	2	49	(15 - 30]	27	10,52631579	28,72928177
	True Inefficient	175			>0.3	67	3	64	>30	6,5	15,78947368	5,524861878
False Inefficient	6											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	15	185	0,36755	0,083819095								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	21	12	9	[0 - 2]	12	57,14285714	6,703910615
	Efficient		Efficient	21	(0.02 - 0.05]	13	3	10	(2 - 5]	8,5	14,28571429	7,82122905
	True Efficient		Inefficient	179	(0.05 - 0.1]	9	1	8	(5 - 10]	13	4,761904762	13,96648045
	False Efficient				(0.1 - 0.15]	15	2	13	(10 - 15]	18	9,523809524	18,99441341
	Inefficient				(0.15 - 0.3]	43	3	40	(15 - 30]	40,5	14,28571429	43,57541899
	True Inefficient				>0.3	99	0	99	>30	8	0	8,938547486
False Inefficient												
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	19	181	0,52685	-0,006231156								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	24	9	15	[0 - 2]	13	56,25	9,239130435
	Efficient	11	Efficient	16	(0.02 - 0.05]	3	0	3	(2 - 5]	6,5	0	7,065217391
	True Efficient	8	Inefficient	184	(0.05 - 0.1]	8	1	7	(5 - 10]	12	6,25	12,5
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	13	0	13	(10 - 15]	14,5	0	15,76086957
	Inefficient	189			(0.15 - 0.3]	40	0	40	(15 - 30]	31	0	33,69565217
	True Inefficient	181			>0.3	112	6	106	>30	23	37,5	21,73913043
False Inefficient	8											

Πίνακας 29 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-UNIFORM-3/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	52	148	0,3151	0,047738693							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	60	16	44	[0 - 2]	34	61,53846154	29,88505747	
Efficient		18	Efficient	26	(0.02 - 0.05]	10	0	10	(2 - 5]	9,5	0	10,91954023
True Efficient		16	Inefficient	174	(0.05 - 0.1]	18	3	15	(5 - 10]	17	11,53846154	17,81609195
False Efficient		2			(0.1 - 0.15]	17	2	15	(10 - 15]	9,5	7,692307692	9,770114943
Inefficient		182			(0.15 - 0.3]	32	1	31	(15 - 30]	15	3,846153846	16,66666667
True Inefficient		172			>0.3	63	4	59	>30	15	15,38461538	14,94252874
False Inefficient		10										
2nd Dataset	77	123	0,21945	-0,055376884								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	82	7	75	[0 - 2]	47	70	45,78947368
	Efficient	9	Efficient	10	(0.02 - 0.05]	14	0	14	(2 - 5]	13,5	0	14,21052632
	True Efficient	7	Inefficient	190	(0.05 - 0.1]	26	0	26	(5 - 10]	11	0	11,57894737
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	12	1	11	(10 - 15]	6	10	5,789473684
	Inefficient	191			(0.15 - 0.3]	21	0	21	(15 - 30]	11,5	0	12,10526316
	True Inefficient	188			>0.3	45	2	43	>30	11	20	10,52631579
	False Inefficient	3										
3rd Dataset	9	191	0,58655	0,046231156								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	10	8	2	[0 - 2]	6,5	57,14285714	2,688172043
	Efficient	15	Efficient	14	(0.02 - 0.05]	7	0	7	(2 - 5]	7	0	7,52688172
	True Efficient	7	Inefficient	186	(0.05 - 0.1]	11	0	11	(5 - 10]	11	0	11,82795699
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	12	0	12	(10 - 15]	18	0	19,35483871
	Inefficient	185			(0.15 - 0.3]	36	3	33	(15 - 30]	32,5	21,42857143	33,33333333
	True Inefficient	178			>0.3	124	3	121	>30	25	21,42857143	25,2688172
	False Inefficient	7										

Πίνακας 30 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND

CCR- OUTPUT-UNIFORM-3/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	61	139	0,17845	0,086231156								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	72	15	57	[0 - 2]	43	62,5	40,34090909
	Efficient	19	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	22	1	21	(2 - 5]	10,5	4,166666667	11,36363636
	True Efficient	15	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	13	3	10	(5 - 10]	20	12,5	21,02272727
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	27	1	26	(10 - 15]	8	4,166666667	8,522727273
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	32	3	29	(15 - 30]	14,5	12,5	14,77272727
	True Inefficient	172			>0.3	34	1	33	>30	4	4,166666667	3,977272727
	False Inefficient	9										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	18	182	0,44595	0,019497487								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	23	14	9	[0 - 2]	15,5	53,84615385	9,770114943
	Efficient	21	Efficient	26	(0.02 - 0.05]	12	1	11	(2 - 5]	4,5	3,846153846	4,597701149
	True Efficient	14	Inefficient	174	(0.05 - 0.1]	8	0	8	(5 - 10]	7,5	0	8,620689655
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	11	1	10	(10 - 15]	13	3,846153846	14,36781609
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	38	4	34	(15 - 30]	41	15,38461538	44,82758621
	True Inefficient	167			>0.3	108	6	102	>30	18,5	23,07692308	17,81609195
	False Inefficient	12										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	24	176	0,3427	-0,036180905								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	28	9	19	[0 - 2]	17,5	45	14,44444444
	Efficient	13	Efficient	20	(0.02 - 0.05]	13	0	13	(2 - 5]	7,5	0	8,333333333
	True Efficient	8	Inefficient	180	(0.05 - 0.1]	16	2	14	(5 - 10]	19	10	20
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	21	1	20	(10 - 15]	11	5	11,66666667
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	41	3	38	(15 - 30]	25,5	15	26,66666667
	True Inefficient	175			>0.3	81	5	76	>30	19,5	25	18,88888889
	False Inefficient	12										

Πίνακας 31 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND

CCR- OUTPUT-UNIFORM-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	77	123	0,19745	0,184221106								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	85	17	68	[0 - 2]	48,5	77,27272727	44,94382022
	Efficient	19	Efficient	22	(0.02 - 0.05]	13	0	13	(2 - 5]	9	0	10,11235955
	True Efficient	16	Inefficient	178	(0.05 - 0.1]	10	0	10	(5 - 10]	10,5	0	11,79775281
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	12	0	12	(10 - 15]	8,5	0	9,550561798
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	37	4	33	(15 - 30]	16,5	18,18181818	16,29213483
	True Inefficient	175			>0.3	43	1	42	>30	7	4,545454545	7,303370787
	False Inefficient	6										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	26	174	0,40305	-0,071256281								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	28	10	18	[0 - 2]	22	41,66666667	19,31818182
	Efficient	15	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	14	0	14	(2 - 5]	9	0	10,22727273
	True Efficient	10	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	20	0	20	(5 - 10]	11,5	0	13,06818182
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	10	0	10	(10 - 15]	11,5	0	13,06818182
	Inefficient	185			(0.15 - 0.3]	37	3	34	(15 - 30]	23,5	12,5	25
	True Inefficient	171			>0.3	91	11	80	>30	22,5	45,83333333	19,31818182
	False Inefficient	14										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	23	177	0,24205	-0,005728643								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	34	17	17	[0 - 2]	23,5	56,66666667	17,64705882
	Efficient	20	Efficient	30	(0.02 - 0.05]	18	0	18	(2 - 5]	10	0	11,76470588
	True Efficient	17	Inefficient	170	(0.05 - 0.1]	19	2	17	(5 - 10]	20	6,66666667	22,35294118
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	20	1	19	(10 - 15]	14	3,333333333	15,88235294
	Inefficient	180			(0.15 - 0.3]	48	3	45	(15 - 30]	22,5	10	24,70588235
	True Inefficient	167			>0.3	61	7	54	>30	10	23,33333333	7,647058824
	False Inefficient	13										

Πίνακας 32 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND

CCR- OUTPUT-UNIFORM-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	26	174	0,25795	0,028542714								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	31	18	13	[0 - 2]	18	62,06896552	10,52631579
	Efficient	24	Efficient	29	(0.02 - 0.05]	10	1	9	(2 - 5]	14	3,448275862	15,78947368
	True Efficient	17	Inefficient	171	(0.05 - 0.1]	29	3	26	(5 - 10]	16	10,34482759	16,95906433
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	23	3	20	(10 - 15]	16,5	10,34482759	17,54385965
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	42	4	38	(15 - 30]	32	13,79310345	35,0877193
	True Inefficient	164			>0.3	65	0	65	>30	3,5	0	4,093567251
False Inefficient	12											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	31	169	0,33925	0,101105528								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	36	19	17	[0 - 2]	24,5	59,375	17,85714286
	Efficient	24	Efficient	32	(0.02 - 0.05]	16	0	16	(2 - 5]	9,5	0	11,30952381
	True Efficient	19	Inefficient	168	(0.05 - 0.1]	24	3	21	(5 - 10]	16,5	9,375	17,85714286
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	14	1	13	(10 - 15]	11,5	3,125	13,0952381
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	37	4	33	(15 - 30]	27,5	12,5	30,35714286
	True Inefficient	163			>0.3	73	5	68	>30	10,5	15,625	9,523809524
False Inefficient	13											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	21	179	0,2998	0,166633166								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	26	18	8	[0 - 2]	15,5	56,25	7,738095238
	Efficient	22	Efficient	32	(0.02 - 0.05]	18	2	16	(2 - 5]	16	6,25	17,85714286
	True Efficient	17	Inefficient	168	(0.05 - 0.1]	27	5	22	(5 - 10]	19,5	15,625	20,23809524
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	20	2	18	(10 - 15]	17	6,25	19,04761905
	Inefficient	178			(0.15 - 0.3]	47	2	45	(15 - 30]	21	6,25	23,80952381
	True Inefficient	163			>0.3	62	3	59	>30	11	9,375	11,30952381
False Inefficient	15											

Πίνακας 33 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND

CCR- OUTPUT-UNIFORM-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	49	151	0,19655	0,059396985								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	62	26	36	[0 - 2]	38,5	63,41463415	32,0754717
	Efficient	28	Efficient	41	(0.02 - 0.05]	22	1	21	(2 - 5]	8	2,43902439	9,433962264
	True Efficient	23	Inefficient	159	(0.05 - 0.1]	23	5	18	(5 - 10]	14,5	12,19512195	15,09433962
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	17	3	14	(10 - 15]	12	7,317073171	13,20754717
	Inefficient	172			(0.15 - 0.3]	40	3	37	(15 - 30]	19	7,317073171	22,01257862
	True Inefficient	154			>0.3	36	3	33	>30	8	7,317073171	8,176100629
	False Inefficient	18										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	47	153	0,1731	0,17638191								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	56	29	27	[0 - 2]	32,5	56,8627451	24,16107383
	Efficient	35	Efficient	51	(0.02 - 0.05]	21	1	20	(2 - 5]	17,5	1,960784314	22,81879195
	True Efficient	29	Inefficient	149	(0.05 - 0.1]	30	4	26	(5 - 10]	15	7,843137255	17,44966443
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	21	4	17	(10 - 15]	12	7,843137255	13,42281879
	Inefficient	165			(0.15 - 0.3]	37	6	31	(15 - 30]	15,5	11,76470588	16,77852349
	True Inefficient	143			>0.3	35	7	28	>30	7,5	13,7254902	5,369127517
	False Inefficient	22										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	27	173	0,2537	0,007035176								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	32	19	13	[0 - 2]	25	52,77777778	18,90243902
	Efficient	24	Efficient	36	(0.02 - 0.05]	22	0	22	(2 - 5]	13,5	0	16,46341463
	True Efficient	19	Inefficient	164	(0.05 - 0.1]	23	3	20	(5 - 10]	12,5	8,333333333	13,41463415
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	18	1	17	(10 - 15]	14,5	2,777777778	17,07317073
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	41	4	37	(15 - 30]	22,5	11,11111111	25
	True Inefficient	159			>0.3	64	9	55	>30	12	25	9,146341463
	False Inefficient	17										

Πίνακας 34 Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND

CCR- OUTPUT-UNIFORM-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	54	146	0,133	0,13959799								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	63	29	34	[0 - 2]	37,5	58	30,66666667
	Efficient	32	Efficient	50	(0.02 - 0.05]	30	2	28	(2 - 5]	18	4	22,66666667
	True Efficient	28	Inefficient	150	(0.05 - 0.1]	36	10	26	(5 - 10]	20	20	20
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	20	5	15	(10 - 15]	9,5	10	9,333333333
	Inefficient	168			(0.15 - 0.3]	33	3	30	(15 - 30]	13	6	15,33333333
	True Inefficient	146			>0.3	18	1	17	>30	2	2	2
False Inefficient	22											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	31	169	0,23225	0,200201005								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	34	27	7	[0 - 2]	19	54	7,333333333
	Efficient	37	Efficient	50	(0.02 - 0.05]	10	1	9	(2 - 5]	7	2	8,666666667
	True Efficient	26	Inefficient	150	(0.05 - 0.1]	21	3	18	(5 - 10]	15,5	6	18,66666667
	False Efficient	11			(0.1 - 0.15]	30	7	23	(10 - 15]	22	14	24,66666667
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	44	8	36	(15 - 30]	32,5	16	38
	True Inefficient	139			>0.3	61	4	57	>30	4	8	2,666666667
False Inefficient	24											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	31	169	0,1793	0,151256281								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	38	23	15	[0 - 2]	23,5	48,93617021	15,68627451
	Efficient	30	Efficient	47	(0.02 - 0.05]	22	6	16	(2 - 5]	14	12,76595745	14,37908497
	True Efficient	22	Inefficient	153	(0.05 - 0.1]	32	6	26	(5 - 10]	17	12,76595745	18,30065359
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	24	3	21	(10 - 15]	17,5	6,382978723	20,91503268
	Inefficient	170			(0.15 - 0.3]	42	5	37	(15 - 30]	22	10,63829787	25,49019608
	True Inefficient	145			>0.3	42	4	38	>30	6	8,510638298	5,22875817
False Inefficient	25											

5.2.2. Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή

Πίνακας 35: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

CCR- OUTPUT-NORMAL-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	36	164	0,25875	0,085929648							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	57	2	55	[0 - 2]	42,5	40	42,56410256	
Efficient		2	Efficient	5	(0.02 - 0.05]	54	0	54	(2 - 5]	29,5	0	30,25641026
True Efficient		2	Inefficient	195	(0.05 - 0.1]	34	0	34	(5 - 10]	8	0	8,205128205
False Efficient		0			(0.1 - 0.15]	15	0	15	(10 - 15]	5	0	5,128205128
Inefficient		198			(0.15 - 0.3]	13	0	13	(15 - 30]	3,5	0	3,58974359
True Inefficient		195			>0.3	27	3	24	>30	11,5	60	10,25641026
False Inefficient		3										
2nd Dataset	82	118	0,1244	0,016984925								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	96	4	92	[0 - 2]	60	80	59,48717949
	Efficient	5	Efficient	5	(0.02 - 0.05]	37	0	37	(2 - 5]	12	0	12,30769231
	True Efficient	4	Inefficient	195	(0.05 - 0.1]	22	0	22	(5 - 10]	12,5	0	12,82051282
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	13	0	13	(10 - 15]	3,5	0	3,58974359
	Inefficient	195			(0.15 - 0.3]	14	0	14	(15 - 30]	5	0	5,128205128
	True Inefficient	194			>0.3	18	1	17	>30	7	20	6,666666667
	False Inefficient	1										
3rd Dataset	88	112	0,05045	0,091557789								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	123	2	121	[0 - 2]	78,5	66,66666667	78,68020305
	Efficient	2	Efficient	3	(0.02 - 0.05]	41	1	40	(2 - 5]	10,5	33,33333333	10,15228426
	True Efficient	2	Inefficient	197	(0.05 - 0.1]	19	0	19	(5 - 10]	4,5	0	4,568527919
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	5	0	5	(10 - 15]	2,5	0	2,538071066
	Inefficient	198			(0.15 - 0.3]	5	0	5	(15 - 30]	2	0	2,030456853
	True Inefficient	197			>0.3	7	0	7	>30	2	0	2,030456853
	False Inefficient	1										

Πίνακας 36: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-NORMAL-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	55	145	0,0565	0,089648241								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	100	7	93	[0 - 2]	65	70	64,73684211
	Efficient	7	Efficient	10	(0.02 - 0.05]	41	0	41	(2 - 5]	15,5	0	16,31578947
	True Efficient	7	Inefficient	190	(0.05 - 0.1]	28	0	28	(5 - 10]	8,5	0	8,947368421
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	10	1	9	(10 - 15]	6	10	5,789473684
	Inefficient	193			(0.15 - 0.3]	13	1	12	(15 - 30]	3	10	2,631578947
	True Inefficient	190			>0.3	8	1	7	>30	2	10	1,578947368
False Inefficient	3											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	31	169	0,07695	-0,070050251								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	52	6	46	[0 - 2]	37	54,54545455	35,97883598
	Efficient	7	Efficient	11	(0.02 - 0.05]	35	2	33	(2 - 5]	22	18,18181818	22,22222222
	True Efficient	6	Inefficient	189	(0.05 - 0.1]	43	0	43	(5 - 10]	26,5	0	28,04232804
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	42	1	41	(10 - 15]	9,5	9,090909091	9,523809524
	Inefficient	193			(0.15 - 0.3]	24	1	23	(15 - 30]	4	9,090909091	3,703703704
	True Inefficient	188			>0.3	4	1	3	>30	1	9,090909091	0,529100529
False Inefficient	5											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	55	145	0,0798	0,045527638								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	82	7	75	[0 - 2]	50	63,63636364	49,20634921
	Efficient	8	Efficient	11	(0.02 - 0.05]	34	0	34	(2 - 5]	19,5	0	20,63492063
	True Efficient	7	Inefficient	189	(0.05 - 0.1]	45	1	44	(5 - 10]	17,5	9,090909091	17,98941799
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	15	0	15	(10 - 15]	5	0	5,291005291
	Inefficient	192			(0.15 - 0.3]	13	1	12	(15 - 30]	4	9,090909091	3,703703704
	True Inefficient	188			>0.3	11	2	9	>30	4	18,18181818	3,174603175
False Inefficient	4											

Πίνακας 37: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-NORMAL-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	70	130	0,04035	0,079698492								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	108	9	99	[0 - 2]	63	64,28571429	62,90322581
	Efficient	10	Efficient	14	(0.02 - 0.05]	43	1	42	(2 - 5]	20,5	7,142857143	21,50537634
	True Efficient	9	Inefficient	186	(0.05 - 0.1]	25	1	24	(5 - 10]	9	7,142857143	9,139784946
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	14	1	13	(10 - 15]	3,5	7,142857143	3,225806452
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	6	2	4	(15 - 30]	3	14,28571429	2,150537634
	True Inefficient	185			>0.3	4	0	4	>30	1	0	1,075268817
False Inefficient	5											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	22	178	0,12865	-0,06281407								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	34	5	29	[0 - 2]	22	55,55555556	20,41884817
	Efficient	8	Efficient	9	(0.02 - 0.05]	23	1	22	(2 - 5]	19,5	11,11111111	19,89528796
	True Efficient	5	Inefficient	191	(0.05 - 0.1]	57	0	57	(5 - 10]	25	0	26,17801047
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	25	1	24	(10 - 15]	16	11,11111111	16,23036649
	Inefficient	192			(0.15 - 0.3]	38	2	36	(15 - 30]	14,5	22,22222222	14,13612565
	True Inefficient	188			>0.3	23	0	23	>30	3	0	3,141361257
False Inefficient	4											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	12	188	0,0958	0,072160804								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	24	6	18	[0 - 2]	19	54,54545455	16,93121693
	Efficient	10	Efficient	11	(0.02 - 0.05]	37	1	36	(2 - 5]	29,5	9,090909091	30,68783069
	True Efficient	5	Inefficient	189	(0.05 - 0.1]	67	0	67	(5 - 10]	33,5	0	35,44973545
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	43	1	42	(10 - 15]	10	9,090909091	10,05291005
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	22	0	22	(15 - 30]	5,5	0	5,82010582
	True Inefficient	184			>0.3	7	3	4	>30	2,5	27,27272727	1,058201058
False Inefficient	6											

Πίνακας 38: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-NORMAL-3/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	49	151	0,06315	0,073869347								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	64	10	54	[0 - 2]	43,5	66,66666667	41,62162162
	Efficient	16	Efficient	15	(0.02 - 0.05]	52	0	52	(2 - 5]	21,5	0	23,24324324
	True Efficient	10	Inefficient	185	(0.05 - 0.1]	35	1	34	(5 - 10]	20,5	6,666666667	21,62162162
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	26	1	25	(10 - 15]	8,5	6,666666667	8,648648649
	Inefficient	184			(0.15 - 0.3]	19	2	17	(15 - 30]	5	13,33333333	4,324324324
	True Inefficient	179			>0.3	4	1	3	>30	1	6,666666667	0,540540541
	False Inefficient	5										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	37	163	0,0431	0,123417085								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	66	11	55	[0 - 2]	47,5	64,70588235	45,90163934
	Efficient	11	Efficient	17	(0.02 - 0.05]	69	0	69	(2 - 5]	34,5	0	37,70491803
	True Efficient	10	Inefficient	183	(0.05 - 0.1]	51	3	48	(5 - 10]	14	17,64705882	13,66120219
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	6	0	6	(10 - 15]	1	0	1,092896175
	Inefficient	189			(0.15 - 0.3]	7	3	4	(15 - 30]	2,5	17,64705882	1,092896175
	True Inefficient	182			>0.3	1	0	1	>30	0,5	0	0,546448087
	False Inefficient	7										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	48	152	0,04385	0,089246231								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	79	9	70	[0 - 2]	56,5	69,23076923	55,61497326
	Efficient	10	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	72	0	72	(2 - 5]	27	0	28,87700535
	True Efficient	8	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	34	0	34	(5 - 10]	12	0	12,8342246
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	6	1	5	(10 - 15]	0,5	7,692307692	0
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	4	1	3	(15 - 30]	2,5	7,692307692	2,139037433
	True Inefficient	185			>0.3	5	2	3	>30	1,5	15,38461538	0,534759358
	False Inefficient	5										

Πίνακας 39: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-NORMAL-3/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	34	166	0,07395	0,046633166								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	57	9	48	[0 - 2]	36	47,36842105	34,80662983
	Efficient	16	Efficient	19	(0.02 - 0.05]	45	1	44	(2 - 5]	25,5	5,263157895	27,62430939
	True Efficient	9	Inefficient	181	(0.05 - 0.1]	51	6	45	(5 - 10]	25	31,57894737	24,30939227
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	23	0	23	(10 - 15]	5,5	0	6,077348066
	Inefficient	184			(0.15 - 0.3]	17	1	16	(15 - 30]	5	5,263157895	4,972375691
	True Inefficient	174			>0.3	7	2	5	>30	3	10,52631579	2,209944751
	False Inefficient	10										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	35	165	0,05535	0,178090452								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	66	10	56	[0 - 2]	50	47,61904762	50,27932961
	Efficient	12	Efficient	21	(0.02 - 0.05]	62	1	61	(2 - 5]	26	4,761904762	28,49162011
	True Efficient	10	Inefficient	179	(0.05 - 0.1]	43	4	39	(5 - 10]	15	19,04761905	14,52513966
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	16	2	14	(10 - 15]	3,5	9,523809524	2,793296089
	Inefficient	188			(0.15 - 0.3]	5	0	5	(15 - 30]	3	0	3,351955307
	True Inefficient	177			>0.3	8	4	4	>30	2,5	19,04761905	0,558659218
	False Inefficient	11										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	27	173	0,0446	0,11879397								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	45	13	32	[0 - 2]	36,5	54,16666667	34,09090909
	Efficient	16	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	77	3	74	(2 - 5]	41,5	12,5	45,45454545
	True Efficient	13	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	62	5	57	(5 - 10]	18	20,83333333	17,61363636
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	10	2	8	(10 - 15]	2,5	8,333333333	1,704545455
	Inefficient	184			(0.15 - 0.3]	5	1	4	(15 - 30]	1,5	4,166666667	1,136363636
	True Inefficient	173			>0.3	1	0	1	>30	0	0	0
	False Inefficient	11										

Πίνακας 40: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-NORMAL-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	29	171	0,04805	0,105527638								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	46	13	33	[0 - 2]	33	52	30,28571429
	Efficient	17	Efficient	25	(0.02 - 0.05]	68	4	64	(2 - 5]	36	16	38,85714286
	True Efficient	11	Inefficient	175	(0.05 - 0.1]	65	4	61	(5 - 10]	26	16	27,42857143
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	19	3	16	(10 - 15]	4	12	2,857142857
	Inefficient	183			(0.15 - 0.3]	2	1	1	(15 - 30]	1	4	0,571428571
	True Inefficient	169			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	14											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	35	165	0,05035	0,031256281								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	55	13	42	[0 - 2]	37	65	33,88888889
	Efficient	13	Efficient	20	(0.02 - 0.05]	62	0	62	(2 - 5]	36	0	40
	True Efficient	11	Inefficient	180	(0.05 - 0.1]	57	4	53	(5 - 10]	21,5	20	21,66666667
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	15	1	14	(10 - 15]	3	5	2,777777778
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	10	1	9	(15 - 30]	2	5	1,666666667
	True Inefficient	178			>0.3	1	1	0	>30	0,5	5	0
False Inefficient	9											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	23	177	0,0945	0,113969849								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	49	15	34	[0 - 2]	34	42,85714286	32,12121212
	Efficient	22	Efficient	35	(0.02 - 0.05]	48	2	46	(2 - 5]	22,5	5,714285714	26,06060606
	True Efficient	14	Inefficient	165	(0.05 - 0.1]	48	4	44	(5 - 10]	21,5	11,42857143	23,63636364
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	19	2	17	(10 - 15]	8	5,714285714	8,484848485
	Inefficient	178			(0.15 - 0.3]	26	5	21	(15 - 30]	9,5	14,28571429	8,484848485
	True Inefficient	157			>0.3	10	7	3	>30	4,5	20	1,212121212
False Inefficient	21											

Πίνακας 41: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-NORMAL-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	23	177	0,1112	0,073467337								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	36	9	27	[0 - 2]	25	52,94117647	22,40437158
	Efficient	14	Efficient	17	(0.02 - 0.05]	35	0	35	(2 - 5]	21	0	22,95081967
	True Efficient	9	Inefficient	183	(0.05 - 0.1]	49	1	48	(5 - 10]	23,5	5,882352941	25,13661202
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	31	3	28	(10 - 15]	18	17,64705882	18,03278689
	Inefficient	186			(0.15 - 0.3]	37	2	35	(15 - 30]	9,5	11,76470588	9,289617486
	True Inefficient	178			>0.3	12	2	10	>30	3	11,76470588	2,18579235
	False Inefficient	8										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	23	177	0,08765	-0,026432161								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	40	11	29	[0 - 2]	26	64,70588235	22,40437158
	Efficient	20	Efficient	17	(0.02 - 0.05]	35	0	35	(2 - 5]	22,5	0	24,59016393
	True Efficient	11	Inefficient	183	(0.05 - 0.1]	61	2	59	(5 - 10]	32	11,76470588	33,87978142
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	36	2	34	(10 - 15]	11	11,76470588	10,92896175
	Inefficient	180			(0.15 - 0.3]	18	1	17	(15 - 30]	6,5	5,882352941	6,557377049
	True Inefficient	174			>0.3	10	1	9	>30	2	5,882352941	1,639344262
	False Inefficient	6										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	74	126	0,03615	0,148944724								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	104	14	90	[0 - 2]	62,5	60,86956522	62,71186441
	Efficient	14	Efficient	23	(0.02 - 0.05]	40	4	36	(2 - 5]	16,5	17,39130435	16,38418079
	True Efficient	14	Inefficient	177	(0.05 - 0.1]	34	4	30	(5 - 10]	15,5	17,39130435	15,25423729
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	13	1	12	(10 - 15]	3,5	4,347826087	3,389830508
	Inefficient	186			(0.15 - 0.3]	8	0	8	(15 - 30]	2	0	2,259887006
	True Inefficient	177			>0.3	1	0	1	>30	0	0	0
	False Inefficient	9										

Πίνακας 42: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-NORMAL-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	44	156	0,04535	0,09678392								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	66	25	41	[0 - 2]	42,5	69,44444444	36,58536585
	Efficient	29	Efficient	36	(0.02 - 0.05]	54	4	50	(2 - 5]	28	11,11111111	31,70731707
	True Efficient	23	Inefficient	164	(0.05 - 0.1]	58	5	53	(5 - 10]	24,5	13,88888889	26,82926829
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	16	1	15	(10 - 15]	2,5	2,777777778	2,43902439
	Inefficient	171			(0.15 - 0.3]	6	1	5	(15 - 30]	2,5	2,777777778	2,43902439
	True Inefficient	158			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	13										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	31	169	0,05495	0,08281407								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	46	19	27	[0 - 2]	31,5	61,29032258	26,03550296
	Efficient	25	Efficient	31	(0.02 - 0.05]	53	5	48	(2 - 5]	33,5	16,12903226	36,68639053
	True Efficient	19	Inefficient	169	(0.05 - 0.1]	66	3	63	(5 - 10]	28	9,677419355	31,36094675
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	23	2	21	(10 - 15]	5,5	6,451612903	5,325443787
	Inefficient	175			(0.15 - 0.3]	12	2	10	(15 - 30]	1,5	6,451612903	0,591715976
	True Inefficient	163			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	12										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	48	152	0,036	0,06201005								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	83	19	64	[0 - 2]	50	57,57575758	48,50299401
	Efficient	22	Efficient	33	(0.02 - 0.05]	62	5	57	(2 - 5]	28,5	15,15151515	31,13772455
	True Efficient	19	Inefficient	167	(0.05 - 0.1]	40	5	35	(5 - 10]	17	15,15151515	17,36526946
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	11	3	8	(10 - 15]	4	9,090909091	2,994011976
	Inefficient	178			(0.15 - 0.3]	4	1	3	(15 - 30]	0,5	3,03030303	0
	True Inefficient	164			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	14										

Πίνακας 43: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

CCR- OUTPUT-NORMAL-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	43	157	0,087	0,145527638								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	55	26	29	[0 - 2]	35,5	50	30,40540541
	Efficient	37	Efficient	52	(0.02 - 0.05]	44	7	37	(2 - 5]	20	13,46153846	22,2972973
	True Efficient	26	Inefficient	148	(0.05 - 0.1]	47	6	41	(5 - 10]	22,5	11,53846154	26,35135135
	False Efficient	11			(0.1 - 0.15]	23	0	23	(10 - 15]	9,5	0	12,83783784
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	20	6	14	(15 - 30]	7,5	11,53846154	6,081081081
	True Inefficient	137			>0.3	11	7	4	>30	5	13,46153846	2,027027027
	False Inefficient	26										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	54	146	0,0417	0,172261307								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	80	39	41	[0 - 2]	47,5	67,24137931	39,43661972
	Efficient	42	Efficient	58	(0.02 - 0.05]	56	7	49	(2 - 5]	27,5	12,06896552	33,8028169
	True Efficient	36	Inefficient	142	(0.05 - 0.1]	46	8	38	(5 - 10]	19	13,79310345	21,12676056
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	10	2	8	(10 - 15]	2,5	3,448275862	2,112676056
	Inefficient	158			(0.15 - 0.3]	7	2	5	(15 - 30]	3,5	3,448275862	3,521126761
	True Inefficient	136			>0.3	1	0	1	>30	0	0	0
	False Inefficient	22										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	61	139	0,05745	0,183316583								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	77	32	45	[0 - 2]	45,5	62,74509804	39,59731544
	Efficient	35	Efficient	51	(0.02 - 0.05]	47	6	41	(2 - 5]	22	11,76470588	25,5033557
	True Efficient	31	Inefficient	149	(0.05 - 0.1]	44	6	38	(5 - 10]	18	11,76470588	20,13422819
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	15	1	14	(10 - 15]	8	1,960784314	10,06711409
	Inefficient	165			(0.15 - 0.3]	12	3	9	(15 - 30]	4	5,882352941	3,355704698
	True Inefficient	145			>0.3	5	3	2	>30	2,5	5,882352941	1,342281879
	False Inefficient	20										

5.2.3. Παραγωγή δεδομένων κατά Cobb-Douglas

Πίνακας 44: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 2 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

CCR- OUTPUT-COBB_DOUGLAS-2/1												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	100	100	1,1411	0,034170854							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	101	4	97	[0 - 2]	51,5	80	50,76923077	
Efficient		4	Efficient	5	(0.02 - 0.05]	2	0	2	(2 - 5]	3,5	0	3,58974359
True Efficient		4	Inefficient	195	(0.05 - 0.1]	4	0	4	(5 - 10]	5,5	0	5,641025641
False Efficient		0			(0.1 - 0.15]	4	0	4	(10 - 15]	1,5	0	1,538461538
Inefficient		196			(0.15 - 0.3]	10	0	10	(15 - 30]	11	0	11,28205128
True Inefficient		195			>0.3	79	1	78	>30	27	20	27,17948718
False Inefficient		1										
2nd Dataset	21	179	0,7872	0,069346734								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	27	3	24	[0 - 2]	22	42,85714286	21,24352332
	Efficient	4	Efficient	7	(0.02 - 0.05]	25	0	25	(2 - 5]	33,5	0	34,71502591
	True Efficient	3	Inefficient	193	(0.05 - 0.1]	27	0	27	(5 - 10]	11	0	11,39896373
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	23	0	23	(10 - 15]	4	0	4,14507772
	Inefficient	196			(0.15 - 0.3]	28	1	27	(15 - 30]	9	14,28571429	8,808290155
	True Inefficient	192			>0.3	70	3	67	>30	20,5	42,85714286	19,68911917
	False Inefficient	4										
3rd Dataset	59	141	0,3212	0,045929648								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	65	2	63	[0 - 2]	37,5	40	37,43589744
	Efficient	4	Efficient	5	(0.02 - 0.05]	12	1	11	(2 - 5]	12,5	20	12,30769231
	True Efficient	2	Inefficient	195	(0.05 - 0.1]	16	1	15	(5 - 10]	16	20	15,8974359
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	12	0	12	(10 - 15]	17,5	0	17,94871795
	Inefficient	196			(0.15 - 0.3]	35	0	35	(15 - 30]	10	0	10,25641026
	True Inefficient	193			>0.3	60	1	59	>30	6,5	20	6,153846154
	False Inefficient	3										

Πίνακας 45: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 3 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

CCR- OUTPUT-COBB_DOUGLAS-3/1												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	62	138	0,5916	0,015075377								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	66	5	61	[0 - 2]	35	62,5	33,85416667
	Efficient	7	Efficient	8	(0.02 - 0.05]	8	0	8	(2 - 5]	9	0	9,375
	True Efficient	5	Inefficient	192	(0.05 - 0.1]	12	0	12	(5 - 10]	6,5	0	6,770833333
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	7	0	7	(10 - 15]	7,5	0	7,8125
	Inefficient	193			(0.15 - 0.3]	18	0	18	(15 - 30]	14,5	0	15,10416667
	True Inefficient	190			>0.3	89	3	86	>30	27,5	37,5	27,08333333
	False Inefficient	3										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	18	182	0,5641	-0,0041206								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	36	6	30	[0 - 2]	37	42,85714286	36,55913978
	Efficient	9	Efficient	14	(0.02 - 0.05]	39	0	39	(2 - 5]	16	0	17,20430108
	True Efficient	6	Inefficient	186	(0.05 - 0.1]	27	1	26	(5 - 10]	10,5	7,142857143	10,75268817
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	7	0	7	(10 - 15]	5,5	0	5,913978495
	Inefficient	191			(0.15 - 0.3]	24	0	24	(15 - 30]	10,5	0	11,29032258
	True Inefficient	183			>0.3	67	7	60	>30	20,5	50	18,27956989
	False Inefficient	8										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	77	123	0,7579	-0,04291457								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	89	6	83	[0 - 2]	49,5	60	48,94736842
	Efficient	7	Efficient	10	(0.02 - 0.05]	9	0	9	(2 - 5]	6,5	0	6,842105263
	True Efficient	6	Inefficient	190	(0.05 - 0.1]	6	0	6	(5 - 10]	4	0	4,210526316
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	3	0	3	(10 - 15]	3,5	0	3,684210526
	Inefficient	193			(0.15 - 0.3]	14	0	14	(15 - 30]	12	0	12,63157895
	True Inefficient	189			>0.3	79	4	75	>30	24,5	40	23,68421053
	False Inefficient	4										

Πίνακας 46: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 4 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

CCR- OUTPUT-COBB_DOUGLAS-4/1												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	74	126	2,5767	0,010251256								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	77	9	68	[0 - 2]	42	69,23076923	40,10695187
	Efficient	10	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	8	0	8	(2 - 5]	4	0	4,278074866
	True Efficient	9	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	6	0	6	(5 - 10]	4,5	0	4,812834225
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	5	0	5	(10 - 15]	3	0	3,20855615
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	6	0	6	(15 - 30]	6,5	0	6,951871658
	True Inefficient	186			>0.3	98	4	94	>30	40	30,76923077	40,64171123
False Inefficient	4											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	4	196	2,4622	0,054673367								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	6	4	2	[0 - 2]	8,5	23,52941176	7,103825137
	Efficient	10	Efficient	17	(0.02 - 0.05]	13	0	13	(2 - 5]	9,5	0	10,38251366
	True Efficient	4	Inefficient	183	(0.05 - 0.1]	22	0	22	(5 - 10]	16	0	17,4863388
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	15	0	15	(10 - 15]	8,5	0	9,289617486
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	15	0	15	(15 - 30]	9,5	0	10,38251366
	True Inefficient	177			>0.3	129	13	116	>30	48	76,47058824	45,35519126
False Inefficient	13											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	55	145	1,11085	0,100502513								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	56	4	52	[0 - 2]	35,5	40	35,26315789
	Efficient	5	Efficient	10	(0.02 - 0.05]	20	0	20	(2 - 5]	9	0	9,473684211
	True Efficient	4	Inefficient	190	(0.05 - 0.1]	9	0	9	(5 - 10]	3	0	3,157894737
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	4	0	4	(10 - 15]	4,5	0	4,736842105
	Inefficient	195			(0.15 - 0.3]	12	0	12	(15 - 30]	9	0	9,473684211
	True Inefficient	189			>0.3	99	6	93	>30	39	60	37,89473684
False Inefficient	6											

5.2.4. Παραγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας λογαριθμικές συναρτήσεις

Πίνακας 47: Αποτελέσματα προσομοίωσης CCR-output μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές χρησιμοποιώντας Translog distance output functions-RBF TNA

CCR- OUTPUT-TRANSLOG-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	49	151	1,69015	-0,024723618							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	63	11	52	[0 - 2]	40,5	61,11111111	38,46153846	
Efficient		11	Efficient	18	(0.02 - 0.05]	19	0	19	(2 - 5]	9,5	0	10,43956044
True Efficient		11	Inefficient	182	(0.05 - 0.1]	15	0	15	(5 - 10]	7	0	7,692307692
False Efficient		0			(0.1 - 0.15]	9	0	9	(10 - 15]	5	0	5,494505495
Inefficient		189			(0.15 - 0.3]	11	1	10	(15 - 30]	6,5	5,555555556	6,593406593
True Inefficient		182			>0.3	83	6	77	>30	31,5	33,33333333	31,31868132
False Inefficient		7										
2nd Dataset	43	157	9,14095	0,075879397								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	55	11	44	[0 - 2]	34	61,11111111	31,31868132
	Efficient	13	Efficient	18	(0.02 - 0.05]	13	0	13	(2 - 5]	10,5	0	11,53846154
	True Efficient	11	Inefficient	182	(0.05 - 0.1]	17	0	17	(5 - 10]	11,5	0	12,63736264
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	9	0	9	(10 - 15]	0,5	0	0,549450549
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	13	0	13	(15 - 30]	8,5	0	9,340659341
	True Inefficient	180			>0.3	93	7	86	>30	35	38,88888889	34,61538462
	False Inefficient	7										
3rd Dataset	43	157	0,36355	-0,017386935								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	62	10	52	[0 - 2]	38,5	55,55555556	36,81318681
	Efficient	11	Efficient	18	(0.02 - 0.05]	22	2	20	(2 - 5]	10,5	11,11111111	10,43956044
	True Efficient	10	Inefficient	182	(0.05 - 0.1]	16	0	16	(5 - 10]	13	0	14,28571429
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	8	0	8	(10 - 15]	7,5	0	8,241758242
	Inefficient	189			(0.15 - 0.3]	26	1	25	(15 - 30]	13,5	5,555555556	14,28571429
	True Inefficient	181			>0.3	66	5	61	>30	17	27,77777778	15,93406593
	False Inefficient	8										

5.3.Εκτίμηση αποδοτικότητας BCC-input μοντέλου.

5.3.1.Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή

Πίνακας 48: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-UNIFORM-2/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	20	180	0,16455	-0,044824121								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	40	10	30	[0 - 2]	12,5	58,82352941	8,196721311
	Efficient	21	Efficient	17	(0.02 - 0.05]	31	0	31	(2 - 5]	8	0	8,743169399
	True Efficient	9	Inefficient	183	(0.05 - 0.1]	34	2	32	(5 - 10]	8	11,76470588	7,650273224
	False Efficient	12			(0.1 - 0.15]	19	0	19	(10 - 15]	12,5	0	13,66120219
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	45	1	44	(15 - 30]	17,5	5,882352941	18,57923497
	True Inefficient	171			>0.3	31	4	27	>30	41,5	23,52941176	43,16939891
False Inefficient	8											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	50	150	0,11005	0,01919598								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	67	12	55	[0 - 2]	27	63,15789474	23,20441989
	Efficient	15	Efficient	19	(0.02 - 0.05]	43	1	42	(2 - 5]	9,5	5,263157895	9,944751381
	True Efficient	12	Inefficient	181	(0.05 - 0.1]	15	0	15	(5 - 10]	11	0	12,15469613
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	23	0	23	(10 - 15]	8	0	8,839779006
	Inefficient	185			(0.15 - 0.3]	30	1	29	(15 - 30]	15,5	5,263157895	16,57458564
	True Inefficient	178			>0.3	22	5	17	>30	29	26,31578947	29,28176796
False Inefficient	7											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	17	183	0,16415	0,019095477								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	28	8	20	[0 - 2]	10,5	57,14285714	6,989247312
	Efficient	16	Efficient	14	(0.02 - 0.05]	23	0	23	(2 - 5]	6	0	6,451612903
	True Efficient	8	Inefficient	186	(0.05 - 0.1]	50	1	49	(5 - 10]	5,5	7,142857143	5,376344086
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	29	1	28	(10 - 15]	12,5	7,142857143	12,90322581
	Inefficient	184			(0.15 - 0.3]	38	0	38	(15 - 30]	16,5	0	17,74193548
	True Inefficient	178			>0.3	32	4	28	>30	49	28,57142857	50,53763441
False Inefficient	6											

Πίνακας 49: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-UNIFORM-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	42	158	0,08415	0,077889447								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	67	20	47	[0 - 2]	24	62,5	16,66666667
	Efficient	23	Efficient	32	(0.02 - 0.05]	33	2	31	(2 - 5]	11	6,25	11,9047619
	True Efficient	20	Inefficient	168	(0.05 - 0.1]	46	4	42	(5 - 10]	12,5	12,5	12,5
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	15	0	15	(10 - 15]	8	0	9,523809524
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	27	3	24	(15 - 30]	20,5	9,375	22,61904762
	True Inefficient	165			>0.3	12	3	9	>30	24	9,375	26,78571429
False Inefficient	12											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	47	153	0,07585	-0,078693467								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	59	28	31	[0 - 2]	25,5	68,29268293	14,46540881
	Efficient	33	Efficient	41	(0.02 - 0.05]	44	1	43	(2 - 5]	5,5	2,43902439	6,289308176
	True Efficient	28	Inefficient	159	(0.05 - 0.1]	44	4	40	(5 - 10]	11	9,756097561	11,32075472
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	16	2	14	(10 - 15]	10,5	4,87804878	11,94968553
	Inefficient	167			(0.15 - 0.3]	32	4	28	(15 - 30]	28,5	9,756097561	33,33333333
	True Inefficient	154			>0.3	5	2	3	>30	19	4,87804878	22,64150943
False Inefficient	13											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	74	126	0,08695	0,049145729								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	89	15	74	[0 - 2]	40	53,57142857	37,79069767
	Efficient	18	Efficient	28	(0.02 - 0.05]	30	3	27	(2 - 5]	7,5	10,71428571	6,976744186
	True Efficient	14	Inefficient	172	(0.05 - 0.1]	28	1	27	(5 - 10]	11,5	3,571428571	12,79069767
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	11	4	7	(10 - 15]	8	14,28571429	6,976744186
	Inefficient	182			(0.15 - 0.3]	24	1	23	(15 - 30]	12	3,571428571	13,37209302
	True Inefficient	168			>0.3	18	4	14	>30	21	14,28571429	22,09302326
False Inefficient	14											

Πίνακας 50: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-UNIFORM-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	35	165	0,14015	-0,20120603								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	47	27	20	[0 - 2]	19,5	51,92307692	8,108108108
	Efficient	44	Efficient	52	(0.02 - 0.05]	35	2	33	(2 - 5]	10	3,846153846	12,16216216
	True Efficient	27	Inefficient	148	(0.05 - 0.1]	35	1	34	(5 - 10]	11,5	1,923076923	14,86486486
	False Efficient	17			(0.1 - 0.15]	13	2	11	(10 - 15]	13	3,846153846	16,21621622
	Inefficient	156			(0.15 - 0.3]	38	10	28	(15 - 30]	18,5	19,23076923	18,24324324
	True Inefficient	131			>0.3	32	10	22	>30	27,5	19,23076923	30,40540541
	False Inefficient	25										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	38	162	0,121	-0,06241206								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	54	22	32	[0 - 2]	21	53,65853659	12,57861635
	Efficient	36	Efficient	41	(0.02 - 0.05]	22	2	20	(2 - 5]	6	4,87804878	6,289308176
	True Efficient	22	Inefficient	159	(0.05 - 0.1]	42	6	36	(5 - 10]	12	14,63414634	11,32075472
	False Efficient	14			(0.1 - 0.15]	26	4	22	(10 - 15]	11	9,756097561	11,32075472
	Inefficient	164			(0.15 - 0.3]	33	5	28	(15 - 30]	21	12,19512195	23,27044025
	True Inefficient	145			>0.3	23	2	21	>30	29	4,87804878	35,22012579
	False Inefficient	19										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	38	162	0,08955	0,00040201								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	48	30	18	[0 - 2]	22	60	9,333333333
	Efficient	33	Efficient	50	(0.02 - 0.05]	39	2	37	(2 - 5]	5,5	4	6
	True Efficient	28	Inefficient	150	(0.05 - 0.1]	45	8	37	(5 - 10]	17,5	16	18
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	25	0	25	(10 - 15]	13	0	17,33333333
	Inefficient	167			(0.15 - 0.3]	34	8	26	(15 - 30]	25,5	16	28,66666667
	True Inefficient	145			>0.3	9	2	7	>30	16,5	4	20,66666667
	False Inefficient	22										

Πίνακας 51: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-UNIFORM-3/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	43	157	0,0626	0,017889447								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	83	16	67	[0 - 2]	29,5	64	24,57142857
	Efficient	24	Efficient	25	(0.02 - 0.05]	47	0	47	(2 - 5]	21	0	24
	True Efficient	15	Inefficient	175	(0.05 - 0.1]	38	4	34	(5 - 10]	21	16	21,71428571
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	6	1	5	(10 - 15]	9,5	4	10,28571429
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	18	2	16	(15 - 30]	8,5	8	8,571428571
	True Inefficient	166			>0.3	8	2	6	>30	10,5	8	10,85714286
False Inefficient	10											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	53	147	0,09895	0,101105528								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	75	18	57	[0 - 2]	30,5	51,42857143	26,06060606
	Efficient	24	Efficient	35	(0.02 - 0.05]	21	2	19	(2 - 5]	10,5	5,714285714	11,51515152
	True Efficient	18	Inefficient	165	(0.05 - 0.1]	35	3	32	(5 - 10]	10	8,571428571	10,3030303
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	23	1	22	(10 - 15]	12,5	2,857142857	14,54545455
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	29	4	25	(15 - 30]	17,5	11,42857143	18,78787879
	True Inefficient	159			>0.3	17	7	10	>30	19	20	18,78787879
False Inefficient	17											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	46	154	0,10375	0,031356784								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	72	17	55	[0 - 2]	29,5	50	25,30120482
	Efficient	23	Efficient	34	(0.02 - 0.05]	37	0	37	(2 - 5]	12	0	14,45783133
	True Efficient	16	Inefficient	166	(0.05 - 0.1]	30	2	28	(5 - 10]	15,5	5,882352941	17,46987952
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	16	2	14	(10 - 15]	10	5,882352941	10,84337349
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	27	5	22	(15 - 30]	15	14,70588235	15,06024096
	True Inefficient	159			>0.3	18	8	10	>30	18	23,52941176	16,86746988
False Inefficient	18											

Πίνακας 52: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-UNIFORM-3/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	42	158	0,10315	-0,137085427								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	60	32	28	[0 - 2]	27	54,23728814	15,60283688
	Efficient	35	Efficient	59	(0.02 - 0.05]	41	2	39	(2 - 5]	10,5	3,389830508	13,4751773
	True Efficient	30	Inefficient	141	(0.05 - 0.1]	34	9	25	(5 - 10]	19,5	15,25423729	21,27659574
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	13	1	12	(10 - 15]	7	1,694915254	9,219858156
	Inefficient	165			(0.15 - 0.3]	35	6	29	(15 - 30]	14,5	10,16949153	16,31205674
	True Inefficient	136			>0.3	17	9	8	>30	21,5	15,25423729	24,11347518
	False Inefficient	29										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	42	158	0,0955	-0,053467337								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	63	33	30	[0 - 2]	28	67,34693878	15,23178808
	Efficient	39	Efficient	49	(0.02 - 0.05]	21	0	21	(2 - 5]	5,5	0	7,284768212
	True Efficient	32	Inefficient	151	(0.05 - 0.1]	42	7	35	(5 - 10]	12,5	14,28571429	11,9205298
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	28	3	25	(10 - 15]	11	6,12244898	12,58278146
	Inefficient	161			(0.15 - 0.3]	37	6	31	(15 - 30]	25,5	12,24489796	29,8013245
	True Inefficient	144			>0.3	9	0	9	>30	17,5	0	23,17880795
	False Inefficient	17										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	60	140	0,0722	-0,028040201								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	79	31	48	[0 - 2]	33,5	57,40740741	24,65753425
	Efficient	39	Efficient	54	(0.02 - 0.05]	32	7	25	(2 - 5]	14	12,96296296	14,38356164
	True Efficient	30	Inefficient	146	(0.05 - 0.1]	33	8	25	(5 - 10]	15,5	14,81481481	15,75342466
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	19	0	19	(10 - 15]	8,5	0	11,64383562
	Inefficient	161			(0.15 - 0.3]	31	6	25	(15 - 30]	14,5	11,11111111	15,75342466
	True Inefficient	137			>0.3	6	2	4	>30	14	3,703703704	17,80821918
	False Inefficient	24										

Πίνακας 53: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-UNIFORM-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	55	145	0,0789	0,128542714								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	79	33	46	[0 - 2]	31,5	51,5625	22,05882353
	Efficient	33	Efficient	64	(0.02 - 0.05]	34	4	30	(2 - 5]	14	6,25	17,64705882
	True Efficient	33	Inefficient	136	(0.05 - 0.1]	31	9	22	(5 - 10]	18	14,0625	19,85294118
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	17	4	13	(10 - 15]	7,5	6,25	8,088235294
	Inefficient	167			(0.15 - 0.3]	28	7	21	(15 - 30]	14,5	10,9375	16,17647059
	True Inefficient	136			>0.3	11	7	4	>30	14,5	10,9375	16,17647059
False Inefficient	31											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	58	142	0,0693	-0,006532663								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	76	44	32	[0 - 2]	34	59,45945946	19,04761905
	Efficient	48	Efficient	74	(0.02 - 0.05]	28	4	24	(2 - 5]	14	5,405405405	19,04761905
	True Efficient	42	Inefficient	126	(0.05 - 0.1]	43	14	29	(5 - 10]	18	18,91891892	17,46031746
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	20	7	13	(10 - 15]	12,5	9,459459459	14,28571429
	Inefficient	152			(0.15 - 0.3]	28	4	24	(15 - 30]	12	5,405405405	15,87301587
	True Inefficient	120			>0.3	5	1	4	>30	9,5	1,351351351	14,28571429
False Inefficient	32											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	39	161	0,1107	-0,109547739								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	47	36	11	[0 - 2]	21,5	52,94117647	5,303030303
	Efficient	47	Efficient	68	(0.02 - 0.05]	40	6	34	(2 - 5]	9	8,823529412	9,090909091
	True Efficient	34	Inefficient	132	(0.05 - 0.1]	36	7	29	(5 - 10]	17	10,29411765	20,45454545
	False Efficient	13			(0.1 - 0.15]	17	8	9	(10 - 15]	13	11,76470588	13,63636364
	Inefficient	153			(0.15 - 0.3]	43	10	33	(15 - 30]	17	14,70588235	18,18181818
	True Inefficient	119			>0.3	17	1	16	>30	22,5	1,470588235	33,33333333
False Inefficient	34											

Πίνακας 54: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-UNIFORM-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	43	157	0,14875	-0,05798995								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	49	32	17	[0 - 2]	23,5	65,30612245	9,933774834
	Efficient	41	Efficient	49	(0.02 - 0.05]	25	1	24	(2 - 5]	8	2,040816327	9,933774834
	True Efficient	32	Inefficient	151	(0.05 - 0.1]	40	2	38	(5 - 10]	14	4,081632653	17,21854305
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	16	3	13	(10 - 15]	11,5	6,12244898	13,24503311
	Inefficient	159			(0.15 - 0.3]	40	4	36	(15 - 30]	18,5	8,163265306	21,85430464
	True Inefficient	142			>0.3	30	7	23	>30	24,5	14,28571429	27,81456954
	False Inefficient	17										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	41	159	0,07915	-0,143417085								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	57	33	24	[0 - 2]	26	64,70588235	12,75167785
	Efficient	38	Efficient	51	(0.02 - 0.05]	41	7	34	(2 - 5]	13	13,7254902	12,75167785
	True Efficient	31	Inefficient	149	(0.05 - 0.1]	32	6	26	(5 - 10]	12,5	11,76470588	12,75167785
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	30	2	28	(10 - 15]	10	3,921568627	12,08053691
	Inefficient	162			(0.15 - 0.3]	39	3	36	(15 - 30]	26,5	5,882352941	33,55704698
	True Inefficient	142			>0.3	1	0	1	>30	12	0	16,10738255
	False Inefficient	20										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	42	158	0,07775	-0,088643216								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	54	33	21	[0 - 2]	25,5	56,89655172	12,67605634
	Efficient	37	Efficient	58	(0.02 - 0.05]	32	7	25	(2 - 5]	11	12,06896552	10,56338028
	True Efficient	30	Inefficient	142	(0.05 - 0.1]	46	6	40	(5 - 10]	15	10,34482759	16,90140845
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	36	8	28	(10 - 15]	16,5	13,79310345	17,6056338
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	28	4	24	(15 - 30]	24,5	6,896551724	31,69014085
	True Inefficient	135			>0.3	4	0	4	>30	7,5	0	10,56338028
	False Inefficient	28										

Πίνακας 55: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-UNIFORM-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	47	153	0,08435	0,053969849								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	60	37	23	[0 - 2]	27	56,06060606	12,68656716
	Efficient	46	Efficient	66	(0.02 - 0.05]	24	9	15	(2 - 5]	11	13,63636364	9,701492537
	True Efficient	37	Inefficient	134	(0.05 - 0.1]	49	13	36	(5 - 10]	14,5	19,6969697	11,94029851
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	28	2	26	(10 - 15]	14,5	3,03030303	20,14925373
	Inefficient	154			(0.15 - 0.3]	34	5	29	(15 - 30]	23,5	7,575757576	31,34328358
	True Inefficient	125			>0.3	5	0	5	>30	9,5	0	14,17910448
	False Inefficient	29										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	47	153	0,10335	0,151155779								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	69	46	23	[0 - 2]	30,5	59,74025974	12,19512195
	Efficient	49	Efficient	77	(0.02 - 0.05]	23	1	22	(2 - 5]	8,5	1,298701299	13,00813008
	True Efficient	44	Inefficient	123	(0.05 - 0.1]	37	3	34	(5 - 10]	15	3,896103896	21,95121951
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	20	3	17	(10 - 15]	13	3,896103896	18,69918699
	Inefficient	151			(0.15 - 0.3]	29	9	20	(15 - 30]	14,5	11,68831169	16,2601626
	True Inefficient	118			>0.3	22	15	7	>30	18,5	19,48051948	17,88617886
	False Inefficient	33										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	35	165	0,11275	0,042110553								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	46	33	13	[0 - 2]	22	47,14285714	8,461538462
	Efficient	41	Efficient	70	(0.02 - 0.05]	29	3	26	(2 - 5]	11	4,285714286	14,61538462
	True Efficient	32	Inefficient	130	(0.05 - 0.1]	44	6	38	(5 - 10]	12,5	8,571428571	14,61538462
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	27	4	23	(10 - 15]	12	5,714285714	15,38461538
	Inefficient	159			(0.15 - 0.3]	35	12	23	(15 - 30]	25,5	17,14285714	30
	True Inefficient	121			>0.3	19	12	7	>30	17	17,14285714	16,92307692
	False Inefficient	38										

Πίνακας 56: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-UNIFORM-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	78	122	0,0572	0,14201005								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	107	55	52	[0 - 2]	50	68,75	37,5
	Efficient	54	Efficient	80	(0.02 - 0.05]	23	6	17	(2 - 5]	11,5	7,5	14,16666667
	True Efficient	51	Inefficient	120	(0.05 - 0.1]	27	12	15	(5 - 10]	11	15	8,333333333
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	15	3	12	(10 - 15]	6,5	3,75	8,333333333
	Inefficient	146			(0.15 - 0.3]	25	2	23	(15 - 30]	10,5	2,5	15,83333333
	True Inefficient	117			>0.3	3	2	1	>30	10,5	2,5	15,83333333
False Inefficient	29											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	52	148	0,0675	0,100603015								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	66	50	16	[0 - 2]	31	54,34782609	11,11111111
	Efficient	59	Efficient	92	(0.02 - 0.05]	38	9	29	(2 - 5]	14,5	9,782608696	18,51851852
	True Efficient	46	Inefficient	108	(0.05 - 0.1]	44	14	30	(5 - 10]	19,5	15,2173913	23,14814815
	False Efficient	13			(0.1 - 0.15]	20	4	16	(10 - 15]	10,5	4,347826087	15,74074074
	Inefficient	141			(0.15 - 0.3]	30	15	15	(15 - 30]	21,5	16,30434783	25,92592593
	True Inefficient	95			>0.3	2	0	2	>30	3	0	5,555555556
False Inefficient	46											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	48	152	0,1208	-0,205929648								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	57	43	14	[0 - 2]	28,5	47,77777778	12,72727273
	Efficient	59	Efficient	90	(0.02 - 0.05]	26	6	20	(2 - 5]	10	6,666666667	12,72727273
	True Efficient	43	Inefficient	110	(0.05 - 0.1]	31	12	19	(5 - 10]	10,5	13,33333333	8,181818182
	False Efficient	16			(0.1 - 0.15]	16	4	12	(10 - 15]	10,5	4,444444444	15,45454545
	Inefficient	141			(0.15 - 0.3]	48	12	36	(15 - 30]	19,5	13,33333333	24,54545455
	True Inefficient	94			>0.3	22	13	9	>30	21	14,44444444	26,36363636
False Inefficient	47											

5.3.2. Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή

Πίνακας 57: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

BCC- INPUT-NORMAL-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
		57	143	0,0371								
1st Dataset	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	112	8	104	[0 - 2]	54,5	61,53846154	54,01069519
	Efficient	13	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	46	0	46	(2 - 5]	19	0	20,32085561
	True Efficient	7	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	29	3	26	(5 - 10]	17	23,07692308	16,57754011
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	4	0	4	(10 - 15]	3	5,454545455	5,517241379
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	4	0	4	(15 - 30]	3	0	3,20855615
	True Inefficient	181			>0.3	5	2	3	>30	3,5	15,38461538	2,673796791
	False Inefficient	6										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	67	133	0,04005	-0,00361809								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	110	13	97	[0 - 2]	54,5	76,47058824	52,45901639
	Efficient	14	Efficient	17	(0.02 - 0.05]	64	0	64	(2 - 5]	18,5	0	20,21857923
	True Efficient	13	Inefficient	183	(0.05 - 0.1]	14	2	12	(5 - 10]	19	11,76470588	19,67213115
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	6	0	6	(10 - 15]	2	0	2,18579235
	Inefficient	186			(0.15 - 0.3]	2	1	1	(15 - 30]	3,5	5,882352941	3,278688525
	True Inefficient	182			>0.3	4	1	3	>30	2,5	5,882352941	2,18579235
False Inefficient	4											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	114	86	0,01775	0,07798995								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	164	7	157	[0 - 2]	80,5	63,63636364	81,48148148
	Efficient	7	Efficient	11	(0.02 - 0.05]	27	1	26	(2 - 5]	13	9,090909091	13,22751323
	True Efficient	7	Inefficient	189	(0.05 - 0.1]	4	1	3	(5 - 10]	3,5	9,090909091	3,174603175
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	1	1	0	(10 - 15]	1	9,090909091	0,529100529
	Inefficient	193			(0.15 - 0.3]	3	0	3	(15 - 30]	1	0	1,058201058
	True Inefficient	189			>0.3	1	1	0	>30	1	9,090909091	0,529100529
False Inefficient	4											

Πίνακας 58: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

BCC- INPUT-NORMAL-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	76	124	0,0276	0,079095477								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	125	16	109	[0 - 2]	61	66,66666667	60,22727273
	Efficient	22	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	38	2	36	(2 - 5]	18	8,333333333	19,31818182
	True Efficient	16	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	23	3	20	(5 - 10]	11	12,5	10,79545455
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	9	1	8	(10 - 15]	5	4,166666667	5,113636364
	Inefficient	178			(0.15 - 0.3]	4	1	3	(15 - 30]	4,5	4,166666667	4,545454545
	True Inefficient	170			>0.3	1	1	0	>30	0,5	4,166666667	0
False Inefficient	8											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	49	151	0,0337	0,048040201								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	106	17	89	[0 - 2]	52	58,62068966	50,87719298
	Efficient	24	Efficient	29	(0.02 - 0.05]	50	4	46	(2 - 5]	23,5	13,79310345	25,14619883
	True Efficient	17	Inefficient	171	(0.05 - 0.1]	28	0	28	(5 - 10]	13	0	15,20467836
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	8	3	5	(10 - 15]	7	10,34482759	6,432748538
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	6	3	3	(15 - 30]	3,5	10,34482759	2,339181287
	True Inefficient	164			>0.3	2	2	0	>30	1	6,896551724	0
False Inefficient	12											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	70	130	0,02555	-0,029145729								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	114	14	100	[0 - 2]	55,5	63,63636364	54,49438202
	Efficient	21	Efficient	22	(0.02 - 0.05]	52	3	49	(2 - 5]	25	13,63636364	26,40449438
	True Efficient	14	Inefficient	178	(0.05 - 0.1]	25	2	23	(5 - 10]	12	9,090909091	12,35955056
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	5	1	4	(10 - 15]	4,5	4,545454545	4,494382022
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	4	2	2	(15 - 30]	3	9,090909091	2,247191011
	True Inefficient	171			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	8											

Πίνακας 59: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-NORMAL-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	53	147	0,0497	-0,003517588								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	87	20	67	[0 - 2]	41,5	50	39,375
	Efficient	24	Efficient	40	(0.02 - 0.05]	48	4	44	(2 - 5]	20	10	22,5
	True Efficient	18	Inefficient	160	(0.05 - 0.1]	37	5	32	(5 - 10]	18,5	12,5	20
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	13	3	10	(10 - 15]	9,5	7,5	10
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	13	6	7	(15 - 30]	8,5	15	6,875
	True Inefficient	154			>0.3	2	2	0	>30	2	5	1,25
	False Inefficient	22										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	27	173	0,0679	0,005125628								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	46	15	31	[0 - 2]	22,5	60	17,14285714
	Efficient	18	Efficient	25	(0.02 - 0.05]	54	4	50	(2 - 5]	16	16	16
	True Efficient	14	Inefficient	175	(0.05 - 0.1]	49	1	48	(5 - 10]	21,5	4	24
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	34	2	32	(10 - 15]	15	8	16
	Inefficient	182			(0.15 - 0.3]	15	1	14	(15 - 30]	21	4	23,42857143
	True Inefficient	171			>0.3	2	2	0	>30	4	8	3,428571429
	False Inefficient	11										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	75	125	0,0319	0								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	114	28	86	[0 - 2]	57	68,29268293	54,08805031
	Efficient	27	Efficient	41	(0.02 - 0.05]	44	3	41	(2 - 5]	17,5	7,317073171	20,12578616
	True Efficient	25	Inefficient	159	(0.05 - 0.1]	23	3	20	(5 - 10]	12	7,317073171	13,20754717
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	11	3	8	(10 - 15]	6,5	7,317073171	6,289308176
	Inefficient	173			(0.15 - 0.3]	7	3	4	(15 - 30]	5,5	7,317073171	5,031446541
	True Inefficient	157			>0.3	1	1	0	>30	1,5	2,43902439	1,257861635
	False Inefficient	16										

Πίνακας 60: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-NORMAL-3/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	29	171	0,0423	-0,081507538								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	61	18	43	[0 - 2]	28	58,06451613	22,4852071
	Efficient	23	Efficient	31	(0.02 - 0.05]	75	1	74	(2 - 5]	29,5	3,225806452	34,31952663
	True Efficient	17	Inefficient	169	(0.05 - 0.1]	48	5	43	(5 - 10]	30,5	16,12903226	33,13609467
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	10	4	6	(10 - 15]	8	12,90322581	7,100591716
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	5	3	2	(15 - 30]	3,5	9,677419355	2,366863905
	True Inefficient	163			>0.3	1	0	1	>30	0,5	0	0,591715976
	False Inefficient	14										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	57	143	0,02865	-0,04040201								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	110	22	88	[0 - 2]	53,5	57,89473684	52,4691358
	Efficient	25	Efficient	38	(0.02 - 0.05]	55	4	51	(2 - 5]	27	10,52631579	30,86419753
	True Efficient	20	Inefficient	162	(0.05 - 0.1]	20	6	14	(5 - 10]	9,5	15,78947368	8,024691358
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	12	6	6	(10 - 15]	8	15,78947368	6,172839506
	Inefficient	175			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	1,5	0	1,851851852
	True Inefficient	157			>0.3	1	0	1	>30	0,5	0	0,617283951
	False Inefficient	18										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	30	170	0,03325	0,005628141								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	67	15	52	[0 - 2]	30,5	60	26,28571429
	Efficient	21	Efficient	25	(0.02 - 0.05]	96	7	89	(2 - 5]	43,5	28	45,71428571
	True Efficient	14	Inefficient	175	(0.05 - 0.1]	30	2	28	(5 - 10]	17	8	18,28571429
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	2	0	2	(10 - 15]	6	0	6,857142857
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	5	1	4	(15 - 30]	3	4	2,857142857
	True Inefficient	168			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	11										

Πίνακας 61: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-NORMAL-3/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	54	146	0,03205	-0,079899497								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	105	16	89	[0 - 2]	48,5	61,53846154	46,55172414
	Efficient	15	Efficient	26	(0.02 - 0.05]	50	1	49	(2 - 5]	27	3,846153846	30,45977011
	True Efficient	15	Inefficient	174	(0.05 - 0.1]	30	3	27	(5 - 10]	14,5	11,53846154	14,94252874
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	6	1	5	(10 - 15]	5	3,846153846	5,172413793
	Inefficient	185			(0.15 - 0.3]	9	5	4	(15 - 30]	4	19,23076923	1,724137931
	True Inefficient	174			>0.3	0	0	0	>30	1	0	1,149425287
False Inefficient	11											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	16	184	0,08585	0,050351759								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	24	14	10	[0 - 2]	11,5	50	5,23255814
	Efficient	28	Efficient	28	(0.02 - 0.05]	27	3	24	(2 - 5]	11,5	10,71428571	11,62790698
	True Efficient	14	Inefficient	172	(0.05 - 0.1]	81	5	76	(5 - 10]	25,5	17,85714286	26,74418605
	False Efficient	14			(0.1 - 0.15]	43	2	41	(10 - 15]	27,5	7,142857143	30,81395349
	Inefficient	172			(0.15 - 0.3]	23	3	20	(15 - 30]	23	10,71428571	25
	True Inefficient	158			>0.3	2	1	1	>30	1	3,571428571	0,581395349
False Inefficient	14											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	32	168	0,0702	0,016482412								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	68	18	50	[0 - 2]	31	64,28571429	25,58139535
	Efficient	22	Efficient	28	(0.02 - 0.05]	61	3	58	(2 - 5]	27	10,71428571	29,65116279
	True Efficient	18	Inefficient	172	(0.05 - 0.1]	36	2	34	(5 - 10]	22	7,142857143	24,41860465
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	14	2	12	(10 - 15]	6,5	7,142857143	6,395348837
	Inefficient	178			(0.15 - 0.3]	8	1	7	(15 - 30]	7	3,571428571	7,558139535
	True Inefficient	168			>0.3	13	2	11	>30	6,5	7,142857143	6,395348837
False Inefficient	10											

Πίνακας 62: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

BCC- INPUT-NORMAL-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	36	164	0,0612	0,117487437								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	54	26	28	[0 - 2]	26,5	70,27027027	16,56441718
	Efficient	31	Efficient	37	(0.02 - 0.05]	58	4	54	(2 - 5]	22,5	10,81081081	25,15337423
	True Efficient	26	Inefficient	163	(0.05 - 0.1]	52	2	50	(5 - 10]	25	5,405405405	29,44785276
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	14	1	13	(10 - 15]	10,5	2,702702703	12,26993865
	Inefficient	169			(0.15 - 0.3]	18	3	15	(15 - 30]	13	8,108108108	14,11042945
	True Inefficient	158			>0.3	4	1	3	>30	2,5	2,702702703	2,45398773
	False Inefficient	11										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	78	122	0,02545	0,03678392								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	117	25	92	[0 - 2]	57,5	65,78947368	55,55555556
	Efficient	24	Efficient	38	(0.02 - 0.05]	47	5	42	(2 - 5]	22	13,15789474	24,07407407
	True Efficient	21	Inefficient	162	(0.05 - 0.1]	27	5	22	(5 - 10]	13	13,15789474	12,96296296
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	6	1	5	(10 - 15]	4,5	2,631578947	4,938271605
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	3	2	1	(15 - 30]	2,5	5,263157895	1,851851852
	True Inefficient	159			>0.3	0	0	0	>30	0,5	0	0,617283951
	False Inefficient	17										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	46	154	0,0476	-0,017487437								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	68	29	39	[0 - 2]	33,5	64,44444444	24,51612903
	Efficient		Efficient	45	(0.02 - 0.05]	72	7	65	(2 - 5]	30,5	15,55555556	34,83870968
	True Efficient		Inefficient	155	(0.05 - 0.1]	29	4	25	(5 - 10]	17,5	8,888888889	20
	False Efficient				(0.1 - 0.15]	17	0	17	(10 - 15]	6	0	7,741935484
	Inefficient				(0.15 - 0.3]	14	5	9	(15 - 30]	12,5	11,11111111	12,90322581
	True Inefficient				>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient											

Πίνακας 63: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-NORMAL-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	45	155	0,0292	-0,101407035								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	92	19	73	[0 - 2]	44,5	52,77777778	42,68292683
	Efficient	20	Efficient	36	(0.02 - 0.05]	71	10	61	(2 - 5]	32,5	27,77777778	33,53658537
	True Efficient	16	Inefficient	164	(0.05 - 0.1]	28	4	24	(5 - 10]	16	11,11111111	17,07317073
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	6	2	4	(10 - 15]	5	5,555555556	4,87804878
	Inefficient	180			(0.15 - 0.3]	3	1	2	(15 - 30]	1,5	2,777777778	1,219512195
	True Inefficient	160			>0.3	0	0	0	>30	0,5	0	0,609756098
	False Inefficient	20										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	60	140	0,024	0,03959799								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	99	28	71	[0 - 2]	48,5	70	43,125
	Efficient	26	Efficient	40	(0.02 - 0.05]	71	5	66	(2 - 5]	33	12,5	38,125
	True Efficient	24	Inefficient	160	(0.05 - 0.1]	28	6	22	(5 - 10]	15,5	15	15,625
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	2,5	0	3,125
	Inefficient	174			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	0,5	2,5	0
	True Inefficient	158			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	16										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	69	131	0,0357	-0,07959799								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	107	15	92	[0 - 2]	52	62,5	50,56818182
	Efficient	14	Efficient	24	(0.02 - 0.05]	41	1	40	(2 - 5]	19,5	4,166666667	21,59090909
	True Efficient	13	Inefficient	176	(0.05 - 0.1]	32	2	30	(5 - 10]	16,5	8,333333333	17,61363636
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	12	1	11	(10 - 15]	5	4,166666667	5,113636364
	Inefficient	186			(0.15 - 0.3]	7	4	3	(15 - 30]	6,5	16,66666667	5,113636364
	True Inefficient	175			>0.3	1	1	0	>30	0,5	4,166666667	0
	False Inefficient	11										

Πίνακας 64: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF ΤΝΔ

BCC- INPUT-NORMAL-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	37	163	0,03925	-0,127638191								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	66	34	32	[0 - 2]	32,5	59,64912281	21,67832168
	Efficient	38	Efficient	57	(0.02 - 0.05]	73	10	63	(2 - 5]	31,5	17,54385965	37,06293706
	True Efficient	30	Inefficient	143	(0.05 - 0.1]	41	4	37	(5 - 10]	24,5	7,01754386	31,46853147
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	16	7	9	(10 - 15]	9	12,28070175	7,692307692
	Inefficient	162			(0.15 - 0.3]	4	2	2	(15 - 30]	2,5	3,50877193	2,097902098
	True Inefficient	135			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	27										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	47	153	0,02975	-0,029648241								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	84	31	53	[0 - 2]	40	67,39130435	31,81818182
	Efficient	41	Efficient	46	(0.02 - 0.05]	74	6	68	(2 - 5]	35	13,04347826	41,55844156
	True Efficient	27	Inefficient	154	(0.05 - 0.1]	34	6	28	(5 - 10]	19	13,04347826	20,77922078
	False Efficient	14			(0.1 - 0.15]	6	3	3	(10 - 15]	4	6,52173913	3,246753247
	Inefficient	159			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	2	0	2,597402597
	True Inefficient	140			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	19										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	44	156	0,0359	0,003417085								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	76	24	52	[0 - 2]	36,5	51,06382979	32,02614379
	Efficient	32	Efficient	47	(0.02 - 0.05]	64	4	60	(2 - 5]	30	8,510638298	36,60130719
	True Efficient	24	Inefficient	153	(0.05 - 0.1]	46	12	34	(5 - 10]	23	25,53191489	22,22222222
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	13	6	7	(10 - 15]	9,5	12,76595745	8,496732026
	Inefficient	168			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	1	2,127659574	0,653594771
	True Inefficient	145			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	23										

Πίνακας 65: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC- INPUT-NORMAL-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	72	128	0,02345	0,041005025								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	106	36	70	[0 - 2]	52,5	65,45454545	47,5862069
	Efficient	36	Efficient	55	(0.02 - 0.05]	63	10	53	(2 - 5]	29	18,18181818	33,10344828
	True Efficient	31	Inefficient	145	(0.05 - 0.1]	25	6	19	(5 - 10]	13	10,90909091	13,79310345
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	6	3	3	(10 - 15]	5,5	5,454545455	5,517241379
	Inefficient	164			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	0	0	0
	True Inefficient	140			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	24										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	30	170	0,1359	-0,018190955								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	40	27	13	[0 - 2]	20	51,92307692	8,783783784
	Efficient	45	Efficient	52	(0.02 - 0.05]	47	3	44	(2 - 5]	18,5	5,769230769	22,97297297
	True Efficient	26	Inefficient	148	(0.05 - 0.1]	47	2	45	(5 - 10]	23	3,846153846	29,72972973
	False Efficient	19			(0.1 - 0.15]	22	4	18	(10 - 15]	12	7,692307692	13,51351351
	Inefficient	155			(0.15 - 0.3]	22	4	18	(15 - 30]	13	7,692307692	14,86486486
	True Inefficient	129			>0.3	22	12	10	>30	13,5	23,07692308	10,13513514
	False Inefficient	26										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	86	114	0,02735	0,078994975								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	114	32	82	[0 - 2]	55	66,66666667	51,31578947
	Efficient	29	Efficient	48	(0.02 - 0.05]	44	3	41	(2 - 5]	21,5	6,25	26,31578947
	True Efficient	28	Inefficient	152	(0.05 - 0.1]	31	8	23	(5 - 10]	14,5	16,66666667	13,81578947
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	5	2	3	(10 - 15]	5,5	4,166666667	5,921052632
	Inefficient	171			(0.15 - 0.3]	6	3	3	(15 - 30]	3,5	6,25	2,631578947
	True Inefficient	151			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	20										

5.3.1. Παραγωγή δεδομένων κατά Cobb-Douglas

Πίνακας 66: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

BCC- INPUT-COBB DOUGLAS -2/1												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
		99	101	0,1518								
1st Dataset	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	104	13	91	[0 - 2]	51	100	47,59358289
	Efficient	13	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	6	0	6	(2 - 5]	2	0	2,139037433
	True Efficient	12	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	4	0	4	(5 - 10]	1	0	1,069518717
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	11	0	11	(10 - 15]	1	0	1,069518717
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	25	0	25	(15 - 30]	7	0	7,486631016
	True Inefficient	186			>0.3	50	0	50	>30	38	0	40,64171123
	False Inefficient	1										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	71	129	1,50325	-0,104723618								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	89	10	79	[0 - 2]	41,5	83,33333333	38,82978723
	Efficient	10	Efficient	12	(0.02 - 0.05]	12	0	12	(2 - 5]	7	0	7,446808511
	True Efficient	10	Inefficient	188	(0.05 - 0.1]	2	0	2	(5 - 10]	2	0	2,127659574
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	3	0	3	(10 - 15]	1,5	0	1,595744681
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	5	1	4	(15 - 30]	2	8,333333333	1,595744681
	True Inefficient	188			>0.3	89	1	88	>30	46	8,333333333	48,40425532
False Inefficient	2											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	100	100	0,1933	-0,012060302								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	100	12	88	[0 - 2]	50	100	46,80851064
	Efficient	13	Efficient	12	(0.02 - 0.05]	8	0	8	(2 - 5]	1,5	0	1,595744681
	True Efficient	12	Inefficient	188	(0.05 - 0.1]	13	0	13	(5 - 10]	4	0	4,255319149
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	3	0	3	(10 - 15]	1,5	0	1,595744681
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	19	0	19	(15 - 30]	5	0	5,319148936
	True Inefficient	187			>0.3	57	0	57	>30	38	0	40,42553191
False Inefficient	0											

Πίνακας 67: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

BCC- INPUT-COBB DOUGLAS -3/1												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	103	97	0,08875	0,260301508								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	105	18	87	[0 - 2]	51,5	90	47,22222222
	Efficient	18	Efficient	20	(0.02 - 0.05]	14	0	14	(2 - 5]	2,5	0	2,777777778
	True Efficient	18	Inefficient	180	(0.05 - 0.1]	18	0	18	(5 - 10]	5	0	5,555555556
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	13	0	13	(10 - 15]	5	0	5,555555556
	Inefficient	182			(0.15 - 0.3]	36	2	34	(15 - 30]	14	10	14,44444444
	True Inefficient	180			>0.3	14	0	14	>30	22	0	24,44444444
False Inefficient	2											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	76	124	0,09075	0,119396985								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	91	24	67	[0 - 2]	43	82,75862069	36,25730994
	Efficient	24	Efficient	29	(0.02 - 0.05]	20	0	20	(2 - 5]	7,5	0	8,771929825
	True Efficient	23	Inefficient	171	(0.05 - 0.1]	27	2	25	(5 - 10]	7,5	6,896551724	7,602339181
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	14	1	13	(10 - 15]	8	3,448275862	8,771929825
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	30	1	29	(15 - 30]	9,5	3,448275862	10,52631579
	True Inefficient	170			>0.3	18	1	17	>30	24,5	3,448275862	28,07017544
False Inefficient	6											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	98	102	0,07495	0,261507538								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	105	23	82	[0 - 2]	51	82,14285714	45,93023256
	Efficient	23	Efficient	28	(0.02 - 0.05]	13	0	13	(2 - 5]	2,5	0	2,906976744
	True Efficient	23	Inefficient	172	(0.05 - 0.1]	23	1	22	(5 - 10]	6	3,571428571	6,395348837
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	17	1	16	(10 - 15]	6,5	3,571428571	6,976744186
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	32	0	32	(15 - 30]	12	0	13,95348837
	True Inefficient	172			>0.3	10	3	7	>30	22	10,71428571	23,8372093
False Inefficient	5											

Πίνακας 68: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF ΤΝΔ

BCC- INPUT-COBB DOUGLAS -4/1												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	55	145	0,0905	0,031658291								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	70	30	40	[0 - 2]	32,5	73,17073171	22,01257862
	Efficient	37	Efficient	41	(0.02 - 0.05]	38	0	38	(2 - 5]	16	0	20,12578616
	True Efficient	29	Inefficient	159	(0.05 - 0.1]	32	4	28	(5 - 10]	13	9,756097561	13,83647799
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	16	0	16	(10 - 15]	6	0	7,547169811
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	29	4	25	(15 - 30]	16	9,756097561	17,61006289
	True Inefficient	151			>0.3	15	3	12	>30	16,5	7,317073171	18,86792453
False Inefficient	12											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	92	108	0,07255	0,176884422								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	105	36	69	[0 - 2]	50,5	70,58823529	43,62416107
	Efficient	37	Efficient	51	(0.02 - 0.05]	16	3	13	(2 - 5]	8	5,882352941	8,724832215
	True Efficient	36	Inefficient	149	(0.05 - 0.1]	27	4	23	(5 - 10]	7,5	7,843137255	7,382550336
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	17	0	17	(10 - 15]	6,5	0	8,724832215
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	25	2	23	(15 - 30]	15,5	3,921568627	19,46308725
	True Inefficient	148			>0.3	10	6	4	>30	12	11,76470588	12,08053691
False Inefficient	15											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	89	111	0,04655	0,073869347								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	103	32	71	[0 - 2]	51	76,19047619	44,30379747
	Efficient	32	Efficient	42	(0.02 - 0.05]	35	1	34	(2 - 5]	9,5	2,380952381	11,39240506
	True Efficient	31	Inefficient	158	(0.05 - 0.1]	34	4	30	(5 - 10]	15	9,523809524	16,4556962
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	14	1	13	(10 - 15]	8	2,380952381	9,493670886
	Inefficient	168			(0.15 - 0.3]	8	2	6	(15 - 30]	11,5	4,761904762	13,29113924
	True Inefficient	157			>0.3	6	2	4	>30	5	4,761904762	5,063291139
False Inefficient	11											

5.3.4. Παραγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας λογαριθμικές συναρτήσεις.

Πίνακας 69: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές χρησιμοποιώντας Translog distance output functions-RBF TNA

BCC- INPUT-TRANSLOG -2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	Trainednet	TestTarget	[0 - 0.02]									
1st Dataset	39	161	0,8521	-0,012462312								
	Efficient	25	Efficient	41	(0.02 - 0.05]	31	2	29	(2 - 5]	11,5	4,87804878	13,20754717
	True Efficient	22	Inefficient	159	(0.05 - 0.1]	29	0	29	(5 - 10]	10	0	12,57861635
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	10	1	9	(10 - 15]	11	2,43902439	13,20754717
	Inefficient	175			(0.15 - 0.3]	12	2	10	(15 - 30]	8,5	4,87804878	9,433962264
	True Inefficient	156			>0.3	63	14	49	>30	34	34,14634146	33,96226415
	False Inefficient	19										
2nd Dataset	63	137	0,31245	0,024924623								
	Efficient	19	Efficient	36	(0.02 - 0.05]	28	2	26	(2 - 5]	12	5,555555556	13,41463415
	True Efficient	16	Inefficient	164	(0.05 - 0.1]	22	3	19	(5 - 10]	10	8,333333333	10,36585366
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	10	2	8	(10 - 15]	5	5,555555556	4,87804878
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	13	2	11	(15 - 30]	9,5	5,555555556	10,36585366
	True Inefficient	161			>0.3	46	11	35	>30	27	30,55555556	26,2195122
	False Inefficient	20										
3rd Dataset	50	150	0,6158	-0,027035176								
	Efficient	26	Efficient	35	(0.02 - 0.05]	24	0	24	(2 - 5]	14,5	0	17,57575758
	True Efficient	23	Inefficient	165	(0.05 - 0.1]	15	0	15	(5 - 10]	8,5	0	10,3030303
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	6	0	6	(10 - 15]	3,5	0	4,242424242
	Inefficient	174			(0.15 - 0.3]	23	4	19	(15 - 30]	8,5	11,42857143	7,878787879
	True Inefficient	162			>0.3	53	8	45	>30	33,5	22,85714286	35,75757576
	False Inefficient	12										

5.4.Εκτίμηση αποδοτικότητας BCC-output μοντέλου.

5.4.1.Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή

Πίνακας 70: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-UNIFORM-2/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	67	133	0,11015	0,12120603								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	92	17	75	[0 - 2]	57,5	65,38461538	56,32183908
	Efficient	17	Efficient	26	(0.02 - 0.05]	38	0	38	(2 - 5]	12	0	13,79310345
	True Efficient	14	Inefficient	174	(0.05 - 0.1]	18	2	16	(5 - 10]	11,5	7,692307692	12,06896552
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	11	1	10	(10 - 15]	4,5	3,846153846	4,597701149
	Inefficient	183			(0.15 - 0.3]	18	2	16	(15 - 30]	7	7,692307692	6,896551724
	True Inefficient	171			>0.3	23	4	19	>30	7,5	15,38461538	6,32183908
False Inefficient	12											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	60	140	0,06525	0,076582915								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	89	18	71	[0 - 2]	56,5	66,66666667	54,9132948
	Efficient	21	Efficient	27	(0.02 - 0.05]	50	3	47	(2 - 5]	17,5	11,11111111	18,49710983
	True Efficient	18	Inefficient	173	(0.05 - 0.1]	25	3	22	(5 - 10]	14	11,11111111	14,45086705
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	11	1	10	(10 - 15]	6	3,703703704	6,358381503
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	14	1	13	(15 - 30]	5	3,703703704	5,202312139
	True Inefficient	170			>0.3	11	1	10	>30	1	3,703703704	0,578034682
False Inefficient	9											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	61	139	0,1449	0,002713568								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	75	12	63	[0 - 2]	44,5	75	41,84782609
	Efficient	15	Efficient	16	(0.02 - 0.05]	21	0	21	(2 - 5]	14	0	15,2173913
	True Efficient	12	Inefficient	184	(0.05 - 0.1]	32	0	32	(5 - 10]	15,5	0	16,84782609
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	20	1	19	(10 - 15]	7,5	6,25	7,608695652
	Inefficient	185			(0.15 - 0.3]	25	0	25	(15 - 30]	11	0	11,95652174
	True Inefficient	181			>0.3	27	3	24	>30	7,5	18,75	6,52173913
False Inefficient	4											

Πίνακας 71: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-UNIFORM-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	60	140	0,0916	0,041005025								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	80	21	59	[0 - 2]	49	63,63636364	46,10778443
	Efficient	26	Efficient	33	(0.02 - 0.05]	37	2	35	(2 - 5]	13	6,060606061	14,37125749
	True Efficient	21	Inefficient	167	(0.05 - 0.1]	25	5	20	(5 - 10]	14,5	15,15151515	14,37125749
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	23	2	21	(10 - 15]	12	6,060606061	13,17365269
	Inefficient	174			(0.15 - 0.3]	24	2	22	(15 - 30]	10	6,060606061	10,77844311
	True Inefficient	162			>0.3	11	1	10	>30	1,5	3,03030303	1,19760479
	False Inefficient	12										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	67	133	0,09145	0,09638191								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	87	25	62	[0 - 2]	52	58,13953488	50,31847134
	Efficient	26	Efficient	43	(0.02 - 0.05]	35	6	29	(2 - 5]	13	13,95348837	12,7388535
	True Efficient	24	Inefficient	157	(0.05 - 0.1]	23	2	21	(5 - 10]	15	4,651162791	17,8343949
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	20	4	16	(10 - 15]	6,5	9,302325581	5,732484076
	Inefficient	174			(0.15 - 0.3]	20	2	18	(15 - 30]	8,5	4,651162791	9,554140127
	True Inefficient	155			>0.3	15	4	11	>30	5	9,302325581	3,821656051
	False Inefficient	19										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	55	145	0,06955	0,148040201								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	81	27	54	[0 - 2]	50	60	47,09677419
	Efficient	32	Efficient	45	(0.02 - 0.05]	42	4	38	(2 - 5]	18	8,888888889	20,64516129
	True Efficient	25	Inefficient	155	(0.05 - 0.1]	35	6	29	(5 - 10]	16	13,33333333	16,77419355
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	21	5	16	(10 - 15]	7,5	11,11111111	6,451612903
	Inefficient	168			(0.15 - 0.3]	14	2	12	(15 - 30]	7	4,444444444	7,741935484
	True Inefficient	148			>0.3	7	1	6	>30	1,5	2,222222222	1,290322581
	False Inefficient	20										

Πίνακας 72: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-UNIFORM-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	67	133	0,0512	0,249045226								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	99	33	66	[0 - 2]	56,5	62,26415094	54,42176871
	Efficient	43	Efficient	53	(0.02 - 0.05]	38	4	34	(2 - 5]	17,5	7,547169811	21,08843537
	True Efficient	31	Inefficient	147	(0.05 - 0.1]	35	9	26	(5 - 10]	14,5	16,98113208	13,60544218
	False Efficient	12			(0.1 - 0.15]	16	6	10	(10 - 15]	8	11,32075472	6,802721088
	Inefficient	157			(0.15 - 0.3]	9	1	8	(15 - 30]	2,5	1,886792453	2,721088435
	True Inefficient	135			>0.3	3	0	3	>30	1	0	1,360544218
False Inefficient	22											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	77	123	0,0883	0,063517588								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	93	16	77	[0 - 2]	55,5	59,25925926	54,9132948
	Efficient	19	Efficient	27	(0.02 - 0.05]	29	2	27	(2 - 5]	9	7,407407407	9,248554913
	True Efficient	16	Inefficient	173	(0.05 - 0.1]	21	3	18	(5 - 10]	10	11,11111111	9,826589595
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	9	2	7	(10 - 15]	7	7,407407407	6,936416185
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	34	1	33	(15 - 30]	14	3,703703704	15,60693642
	True Inefficient	170			>0.3	14	3	11	>30	4,5	11,11111111	3,468208092
False Inefficient	11											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	78	122	0,06305	0,237286432								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	95	32	63	[0 - 2]	53	56,14035088	51,74825175
	Efficient	37	Efficient	57	(0.02 - 0.05]	31	4	27	(2 - 5]	13	7,01754386	15,38461538
	True Efficient	31	Inefficient	143	(0.05 - 0.1]	34	12	22	(5 - 10]	16,5	21,05263158	14,68531469
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	12	2	10	(10 - 15]	6	3,50877193	6,993006993
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	19	5	14	(15 - 30]	8,5	8,771929825	8,391608392
	True Inefficient	137			>0.3	9	2	7	>30	3	3,50877193	2,797202797
False Inefficient	26											

Πίνακας 73: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιομορφη κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-UNIFORM-3/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
		60	140	0,17635								
1st Dataset	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	79	21	58	[0 - 2]	43,5	48,8372093	42,03821656
	Efficient	29	Efficient	43	(0.02 - 0.05]	16	1	15	(2 - 5]	7,5	2,325581395	8,917197452
	True Efficient	21	Inefficient	157	(0.05 - 0.1]	20	4	16	(5 - 10]	12	9,302325581	12,7388535
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	15	2	13	(10 - 15]	10,5	4,651162791	12,10191083
	Inefficient	171			(0.15 - 0.3]	32	7	25	(15 - 30]	14,5	16,27906977	14,01273885
	True Inefficient	149			>0.3	38	8	30	>30	12	18,60465116	10,1910828
	False Inefficient	22										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	64	136	0,1741	0,099296482								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	76	22	54	[0 - 2]	46,5	73,33333333	41,76470588
	Efficient	30	Efficient	30	(0.02 - 0.05]	27	0	27	(2 - 5]	12,5	0	14,70588235
	True Efficient	20	Inefficient	170	(0.05 - 0.1]	31	1	30	(5 - 10]	15	3,333333333	17,05882353
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	19	0	19	(10 - 15]	9	0	10,58823529
	Inefficient	170			(0.15 - 0.3]	22	3	19	(15 - 30]	10	10	10
	True Inefficient	160			>0.3	25	4	21	>30	7	13,33333333	5,882352941
False Inefficient	10											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	59	141	0,11175	0,096080402								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	77	17	60	[0 - 2]	45	68	41,71428571
	Efficient	26	Efficient	25	(0.02 - 0.05]	25	3	22	(2 - 5]	13,5	12	13,71428571
	True Efficient	16	Inefficient	175	(0.05 - 0.1]	28	2	26	(5 - 10]	15,5	8	16,57142857
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	21	1	20	(10 - 15]	12,5	4	13,71428571
	Inefficient	174			(0.15 - 0.3]	30	0	30	(15 - 30]	11	0	12,57142857
	True Inefficient	165			>0.3	19	2	17	>30	2,5	8	1,714285714
False Inefficient	9											

Πίνακας 74: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-UNIFORM-3/3												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	62	138	0,08265	0,186934673							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	82	27	55	[0 - 2]	49,5	60	46,4516129	
Efficient		32	Efficient	45	(0.02 - 0.05]	39	6	33	(2 - 5]	17	13,33333333	18,06451613
True Efficient		24	Inefficient	155	(0.05 - 0.1]	30	5	25	(5 - 10]	15	11,11111111	16,12903226
False Efficient		8			(0.1 - 0.15]	16	3	13	(10 - 15]	6,5	6,666666667	6,451612903
Inefficient		168			(0.15 - 0.3]	18	3	15	(15 - 30]	9	6,666666667	9,677419355
True Inefficient		147			>0.3	15	1	14	>30	3	2,222222222	3,225806452
False Inefficient		21										
2nd Dataset	61	139	0,09455	0,108241206								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	84	32	52	[0 - 2]	46,5	58,18181818	42,06896552
	Efficient	34	Efficient	55	(0.02 - 0.05]	22	2	20	(2 - 5]	11,5	3,636363636	14,48275862
	True Efficient	29	Inefficient	145	(0.05 - 0.1]	30	6	24	(5 - 10]	14,5	10,90909091	15,86206897
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	20	7	13	(10 - 15]	12	12,72727273	11,72413793
	Inefficient	166			(0.15 - 0.3]	30	8	22	(15 - 30]	14	14,54545455	13,79310345
	True Inefficient	140			>0.3	14	0	14	>30	1,5	0	2,068965517
	False Inefficient	26										
3rd Dataset	49	151	0,19385	0,144321608								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	58	29	29	[0 - 2]	33	52,72727273	25,51724138
	Efficient	39	Efficient	55	(0.02 - 0.05]	24	5	19	(2 - 5]	15	9,090909091	17,24137931
	True Efficient	28	Inefficient	145	(0.05 - 0.1]	37	3	34	(5 - 10]	16,5	5,454545455	20,68965517
	False Efficient	11			(0.1 - 0.15]	15	2	13	(10 - 15]	7	3,636363636	8,275862069
	Inefficient	161			(0.15 - 0.3]	25	3	22	(15 - 30]	14,5	5,454545455	17,93103448
	True Inefficient	134			>0.3	41	13	28	>30	14	23,63636364	10,34482759
	False Inefficient	27										

Πίνακας 75: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-UNIFORM-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	81	119	0,04175	0,221708543								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	108	33	75	[0 - 2]	58,5	56,89655172	59,15492958
	Efficient	39	Efficient	58	(0.02 - 0.05]	30	8	22	(2 - 5]	15	13,79310345	15,49295775
	True Efficient	33	Inefficient	142	(0.05 - 0.1]	36	13	23	(5 - 10]	17	22,4137931	14,78873239
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	17	4	13	(10 - 15]	6,5	6,896551724	6,338028169
	Inefficient	161			(0.15 - 0.3]	6	0	6	(15 - 30]	2,5	0	3,521126761
	True Inefficient	136			>0.3	3	0	3	>30	0,5	0	0,704225352
	False Inefficient	25										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	56	144	0,07465	0,204924623								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	77	40	37	[0 - 2]	45,5	67,79661017	36,17021277
	Efficient	50	Efficient	59	(0.02 - 0.05]	45	12	33	(2 - 5]	21	20,33898305	21,27659574
	True Efficient	35	Inefficient	141	(0.05 - 0.1]	35	6	29	(5 - 10]	19	10,16949153	22,69503546
	False Efficient	15			(0.1 - 0.15]	17	0	17	(10 - 15]	8,5	0	12,05673759
	Inefficient	150			(0.15 - 0.3]	17	1	16	(15 - 30]	5,5	1,694915254	7,092198582
	True Inefficient	126			>0.3	9	0	9	>30	0,5	0	0,709219858
	False Inefficient	24										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	67	133	0,1888	0,162110553								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	79	37	42	[0 - 2]	43,5	50	39,68253968
	Efficient	43	Efficient	74	(0.02 - 0.05]	13	0	13	(2 - 5]	5	0	7,936507937
	True Efficient	37	Inefficient	126	(0.05 - 0.1]	18	7	11	(5 - 10]	8,5	9,459459459	7,936507937
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	19	6	13	(10 - 15]	8,5	8,108108108	8,73015873
	Inefficient	157			(0.15 - 0.3]	24	4	20	(15 - 30]	15,5	5,405405405	21,42857143
	True Inefficient	120			>0.3	47	20	27	>30	19	27,02702703	14,28571429
	False Inefficient	37										

Πίνακας 76: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-UNIFORM-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	50	150	0,13665	0,102613065								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	62	33	29	[0 - 2]	39,5	56,89655172	32,3943662
	Efficient	44	Efficient	58	(0.02 - 0.05]	38	6	32	(2 - 5]	16	10,34482759	18,30985915
	True Efficient	33	Inefficient	142	(0.05 - 0.1]	32	5	27	(5 - 10]	18	8,620689655	21,83098592
	False Efficient	11			(0.1 - 0.15]	15	5	10	(10 - 15]	7,5	8,620689655	7,042253521
	Inefficient	156			(0.15 - 0.3]	26	4	22	(15 - 30]	14	6,896551724	16,90140845
	True Inefficient	131			>0.3	27	5	22	>30	5	8,620689655	3,521126761
	False Inefficient	25										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	59	141	0,12615	0,240301508								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	89	28	61	[0 - 2]	48	57,14285714	45,03311258
	Efficient	35	Efficient	49	(0.02 - 0.05]	15	2	13	(2 - 5]	6	4,081632653	6,622516556
	True Efficient	26	Inefficient	151	(0.05 - 0.1]	28	8	20	(5 - 10]	18,5	16,32653061	19,20529801
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	23	5	18	(10 - 15]	11,5	10,20408163	11,9205298
	Inefficient	165			(0.15 - 0.3]	26	6	20	(15 - 30]	13	12,24489796	13,24503311
	True Inefficient	142			>0.3	19	0	19	>30	3	0	3,973509934
	False Inefficient	23										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	57	143	0,42375	0,197487437								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	68	27	41	[0 - 2]	43	50	40,4109589
	Efficient	37	Efficient	54	(0.02 - 0.05]	21	0	21	(2 - 5]	7	0	9,589041096
	True Efficient	27	Inefficient	146	(0.05 - 0.1]	18	1	17	(5 - 10]	7,5	1,851851852	9,589041096
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	10	2	8	(10 - 15]	5,5	3,703703704	6,164383562
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	13	3	10	(15 - 30]	7,5	5,555555556	8,219178082
	True Inefficient	136			>0.3	70	21	49	>30	29,5	38,88888889	26,02739726
	False Inefficient	27										

Πίνακας 77: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-UNIFORM-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	73	127	0,0892	0,266633166								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	89	43	46	[0 - 2]	48,5	59,72222222	42,1875
	Efficient	46	Efficient	72	(0.02 - 0.05]	31	8	23	(2 - 5]	14,5	11,11111111	16,40625
	True Efficient	40	Inefficient	128	(0.05 - 0.1]	24	6	18	(5 - 10]	13,5	8,333333333	16,40625
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	21	4	17	(10 - 15]	8,5	5,555555556	10,15625
	Inefficient	154			(0.15 - 0.3]	20	9	11	(15 - 30]	11,5	12,5	10,9375
	True Inefficient	122			>0.3	15	2	13	>30	3,5	2,777777778	3,90625
	False Inefficient	32										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	71	129	0,13525	0,131557789								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	84	29	55	[0 - 2]	46	60,41666667	41,44736842
	Efficient	31	Efficient	48	(0.02 - 0.05]	16	2	14	(2 - 5]	8,5	4,166666667	9,868421053
	True Efficient	28	Inefficient	152	(0.05 - 0.1]	21	4	17	(5 - 10]	11	8,333333333	11,84210526
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	21	5	16	(10 - 15]	10	10,41666667	9,868421053
	Inefficient	169			(0.15 - 0.3]	28	4	24	(15 - 30]	15	8,333333333	17,10526316
	True Inefficient	149			>0.3	30	4	26	>30	9,5	8,333333333	9,868421053
	False Inefficient	20										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	53	147	0,1024	0,234472362								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	69	42	27	[0 - 2]	40	58,33333333	29,6875
	Efficient	55	Efficient	72	(0.02 - 0.05]	39	10	29	(2 - 5]	17,5	13,88888889	19,53125
	True Efficient	39	Inefficient	128	(0.05 - 0.1]	28	12	16	(5 - 10]	18,5	16,66666667	19,53125
	False Efficient	16			(0.1 - 0.15]	26	3	23	(10 - 15]	13	4,166666667	17,96875
	Inefficient	145			(0.15 - 0.3]	28	5	23	(15 - 30]	8,5	6,944444444	9,375
	True Inefficient	112			>0.3	10	0	10	>30	2,5	0	3,90625
	False Inefficient	33										

Πίνακας 78: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-UNIFORM-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	77	123	0,05275	0,162110553								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	107	52	55	[0 - 2]	58,5	62,65060241	55,55555556
	Efficient	47	Efficient	83	(0.02 - 0.05]	40	22	18	(2 - 5]	16,5	26,5060241	9,401709402
	True Efficient	43	Inefficient	117	(0.05 - 0.1]	16	4	12	(5 - 10]	11	4,819277108	15,38461538
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	22	4	18	(10 - 15]	10,5	4,819277108	14,52991453
	Inefficient	153			(0.15 - 0.3]	12	1	11	(15 - 30]	3	1,204819277	4,273504274
	True Inefficient	113			>0.3	3	0	3	>30	0,5	0	0,854700855
False Inefficient	40											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	66	134	0,07565	0,162110553								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	85	50	35	[0 - 2]	46	56,17977528	37,83783784
	Efficient	60	Efficient	89	(0.02 - 0.05]	25	5	20	(2 - 5]	12	5,617977528	17,11711712
	True Efficient	49	Inefficient	111	(0.05 - 0.1]	27	11	16	(5 - 10]	13,5	12,35955056	14,41441441
	False Efficient	11			(0.1 - 0.15]	22	5	17	(10 - 15]	10	5,617977528	13,51351351
	Inefficient	140			(0.15 - 0.3]	38	18	20	(15 - 30]	17,5	20,2247191	15,31531532
	True Inefficient	100			>0.3	3	0	3	>30	1	0	1,801801802
False Inefficient	40											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	64	136	0,0571	0,192261307								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	83	54	29	[0 - 2]	44,5	59,34065934	32,11009174
	Efficient	58	Efficient	91	(0.02 - 0.05]	43	18	25	(2 - 5]	22	19,78021978	23,85321101
	True Efficient	49	Inefficient	109	(0.05 - 0.1]	43	13	30	(5 - 10]	21	14,28571429	26,60550459
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	10	1	9	(10 - 15]	6,5	1,098901099	11,00917431
	Inefficient	142			(0.15 - 0.3]	16	5	11	(15 - 30]	5	5,494505495	4,587155963
	True Inefficient	100			>0.3	5	0	5	>30	1	0	1,834862385
False Inefficient	42											

5.4.2. Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή

Πίνακας 79: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

BCC-OUTPUT-NORMAL-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
		34	166	0,25225								
1st Dataset	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	59	7	52	[0 - 2]	43	63,63636364	41,7989418
	Efficient	15	Efficient	11	(0.02 - 0.05]	52	0	52	(2 - 5]	17	0	17,98941799
	True Efficient	7	Inefficient	189	(0.05 - 0.1]	22	1	21	(5 - 10]	9	9,090909091	8,994708995
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	14	1	13	(10 - 15]	8	9,090909091	7,936507937
	Inefficient	185			(0.15 - 0.3]	19	0	19	(15 - 30]	9	0	9,523809524
	True Inefficient	181			>0.3	34	2	32	>30	14	18,18181818	13,75661376
	False Inefficient	4										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	111	89	0,04705	0,074673367								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	136	11	125	[0 - 2]	75	100	73,54497354
	Efficient	11	Efficient	11	(0.02 - 0.05]	27	0	27	(2 - 5]	10,5	0	11,11111111
	True Efficient	11	Inefficient	189	(0.05 - 0.1]	16	0	16	(5 - 10]	5	0	5,291005291
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	5	0	5	(10 - 15]	3	0	3,174603175
	Inefficient	189			(0.15 - 0.3]	9	0	9	(15 - 30]	4	0	4,232804233
	True Inefficient	189			>0.3	7	0	7	>30	2,5	0	2,645502646
False Inefficient	0											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	77	123	0,0226	0,123919598								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	115	11	104	[0 - 2]	67	91,66666667	65,42553191
	Efficient	10	Efficient	12	(0.02 - 0.05]	54	0	54	(2 - 5]	26,5	0	28,19148936
	True Efficient	10	Inefficient	188	(0.05 - 0.1]	24	0	24	(5 - 10]	4,5	0	4,787234043
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	5	1	4	(10 - 15]	1,5	8,333333333	1,063829787
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	0,5	0	0,531914894
	True Inefficient	188			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	2											

Πίνακας 80: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-NORMAL-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	70	130	0,0287	0,098492462								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	111	8	103	[0 - 2]	68	61,53846154	68,44919786
	Efficient	10	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	56	1	55	(2 - 5]	19	7,692307692	19,78609626
	True Efficient	8	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	20	1	19	(5 - 10]	8,5	7,692307692	8,556149733
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	8	2	6	(10 - 15]	3	15,38461538	2,139037433
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	3	1	2	(15 - 30]	0,5	7,692307692	0
	True Inefficient	185			>0.3	2	0	2	>30	1	0	1,069518717
False Inefficient	5											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	30	170	0,058	0,08120603								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	49	14	35	[0 - 2]	31,5	60,86956522	27,68361582
	Efficient	19	Efficient	23	(0.02 - 0.05]	47	0	47	(2 - 5]	33	0	37,28813559
	True Efficient	14	Inefficient	177	(0.05 - 0.1]	80	4	76	(5 - 10]	28	17,39130435	29,37853107
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	14	1	13	(10 - 15]	3	4,347826087	2,824858757
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	6	1	5	(15 - 30]	3	4,347826087	2,824858757
	True Inefficient	172			>0.3	4	3	1	>30	1,5	13,04347826	0
False Inefficient	9											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	42	158	0,04185	0,015577889								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	77	15	62	[0 - 2]	51,5	57,69230769	50,57471264
	Efficient	23	Efficient	26	(0.02 - 0.05]	59	6	53	(2 - 5]	23,5	23,07692308	23,56321839
	True Efficient	14	Inefficient	174	(0.05 - 0.1]	43	0	43	(5 - 10]	17,5	0	20,11494253
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	9	0	9	(10 - 15]	3,5	0	4,022988506
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	11	4	7	(15 - 30]	3,5	15,38461538	1,724137931
	True Inefficient	165			>0.3	1	1	0	>30	0,5	3,846153846	0
False Inefficient	12											

Πίνακας 81: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-NORMAL-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	29	171	0,04585	0,035979899								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	60	15	45	[0 - 2]	39	57,69230769	36,20689655
	Efficient	24	Efficient	26	(0.02 - 0.05]	62	6	56	(2 - 5]	29	23,07692308	29,88505747
	True Efficient	14	Inefficient	174	(0.05 - 0.1]	54	2	52	(5 - 10]	24	7,692307692	26,43678161
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	19	2	17	(10 - 15]	6,5	7,692307692	6,32183908
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	5	1	4	(15 - 30]	1,5	3,846153846	1,149425287
	True Inefficient	164			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	12										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	58	142	0,02935	0,090854271								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	99	21	78	[0 - 2]	58	65,625	56,54761905
	Efficient	29	Efficient	32	(0.02 - 0.05]	60	3	57	(2 - 5]	25,5	9,375	28,57142857
	True Efficient	21	Inefficient	168	(0.05 - 0.1]	32	4	28	(5 - 10]	13	12,5	13,0952381
	False Efficient	8			(0.1 - 0.15]	7	3	4	(10 - 15]	2,5	9,375	1,19047619
	Inefficient	171			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	0,5	0	0,595238095
	True Inefficient	160			>0.3	1	1	0	>30	0,5	3,125	0
	False Inefficient	11										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	34	166	0,042	0,071758794								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	77	25	52	[0 - 2]	48,5	58,13953488	45,85987261
	Efficient	28	Efficient	43	(0.02 - 0.05]	63	4	59	(2 - 5]	28	9,302325581	33,12101911
	True Efficient	22	Inefficient	157	(0.05 - 0.1]	41	6	35	(5 - 10]	15,5	13,95348837	15,92356688
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	10	4	6	(10 - 15]	4,5	9,302325581	3,184713376
	Inefficient	172			(0.15 - 0.3]	8	4	4	(15 - 30]	3	9,302325581	1,27388535
	True Inefficient	151			>0.3	1	0	1	>30	0,5	0	0,636942675
	False Inefficient	21										

Πίνακας 82: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-NORMAL-3/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	73	127	0,0525	0,018592965								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	100	20	80	[0 - 2]	60,5	58,82352941	60,84337349
	Efficient	23	Efficient	34	(0.02 - 0.05]	42	2	40	(2 - 5]	16,5	5,882352941	18,6746988
	True Efficient	20	Inefficient	166	(0.05 - 0.1]	36	7	29	(5 - 10]	14	20,58823529	12,65060241
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	7	0	7	(10 - 15]	3	0	3,614457831
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	7	1	6	(15 - 30]	3	2,941176471	3,012048193
	True Inefficient	163			>0.3	8	4	4	>30	3	11,76470588	1,204819277
	False Inefficient	14										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	111	89	0,02395	0,178693467								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	130	24	106	[0 - 2]	71	85,71428571	68,60465116
	Efficient	25	Efficient	28	(0.02 - 0.05]	39	1	38	(2 - 5]	18	3,571428571	20,34883721
	True Efficient	24	Inefficient	172	(0.05 - 0.1]	19	2	17	(5 - 10]	7	7,142857143	6,976744186
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	6	0	6	(10 - 15]	2,5	0	2,906976744
	Inefficient	175			(0.15 - 0.3]	5	1	4	(15 - 30]	1	3,571428571	0,581395349
	True Inefficient	171			>0.3	1	0	1	>30	0,5	0	0,581395349
	False Inefficient	4										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	75	125	0,0263	0,13678392								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	107	18	89	[0 - 2]	67	64,28571429	67,44186047
	Efficient	19	Efficient	28	(0.02 - 0.05]	58	4	54	(2 - 5]	20,5	14,28571429	21,51162791
	True Efficient	17	Inefficient	172	(0.05 - 0.1]	25	3	22	(5 - 10]	9	10,71428571	8,720930233
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	7	2	5	(10 - 15]	2	7,142857143	1,162790698
	Inefficient	181			(0.15 - 0.3]	2	1	1	(15 - 30]	1,5	3,571428571	1,162790698
	True Inefficient	170			>0.3	1	0	1	>30	0	0	0
	False Inefficient	11										

Πίνακας 83: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-NORMAL-3/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	48	152	0,03455	0,122914573								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	80	28	52	[0 - 2]	45,5	62,22222222	40,64516129
	Efficient	37	Efficient	45	(0.02 - 0.05]	63	7	56	(2 - 5]	32,5	15,55555556	37,41935484
	True Efficient	27	Inefficient	155	(0.05 - 0.1]	46	9	37	(5 - 10]	19	20	18,70967742
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	11	1	10	(10 - 15]	3	2,222222222	3,225806452
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	0	0	0
	True Inefficient	145			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	18										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	58	142	0,02495	0,200703518								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	98	20	78	[0 - 2]	64,5	68,96551724	63,74269006
	Efficient	28	Efficient	29	(0.02 - 0.05]	69	4	65	(2 - 5]	26,5	13,79310345	28,65497076
	True Efficient	19	Inefficient	171	(0.05 - 0.1]	28	3	25	(5 - 10]	7	10,34482759	6,432748538
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	0	0	0
	Inefficient	172			(0.15 - 0.3]	4	2	2	(15 - 30]	2	6,896551724	1,169590643
	True Inefficient	162			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	10										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	47	153	0,03165	0,127336683								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	85	18	67	[0 - 2]	54	51,42857143	54,54545455
	Efficient	20	Efficient	35	(0.02 - 0.05]	66	9	57	(2 - 5]	27	25,71428571	27,27272727
	True Efficient	17	Inefficient	165	(0.05 - 0.1]	37	5	32	(5 - 10]	16	14,28571429	16,36363636
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	10	1	9	(10 - 15]	2	2,857142857	1,818181818
	Inefficient	180			(0.15 - 0.3]	2	2	0	(15 - 30]	1	5,714285714	0
	True Inefficient	162			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	18										

Πίνακας 84: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-NORMAL-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	33	167	0,04745	0,027236181								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	57	24	33	[0 - 2]	43	60	38,75
	Efficient	41	Efficient	40	(0.02 - 0.05]	64	9	55	(2 - 5]	24,5	22,5	25
	True Efficient	23	Inefficient	160	(0.05 - 0.1]	54	5	49	(5 - 10]	26	12,5	29,375
	False Efficient	18			(0.1 - 0.15]	15	1	14	(10 - 15]	3,5	2,5	3,75
	Inefficient	159			(0.15 - 0.3]	8	1	7	(15 - 30]	2,5	2,5	2,5
	True Inefficient	142			>0.3	2	0	2	>30	0,5	0	0,625
False Inefficient	17											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	38	162	0,05	0,090653266								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	62	22	40	[0 - 2]	41	56,41025641	37,26708075
	Efficient	33	Efficient	39	(0.02 - 0.05]	68	5	63	(2 - 5]	28,5	12,82051282	32,29813665
	True Efficient	20	Inefficient	161	(0.05 - 0.1]	45	4	41	(5 - 10]	21,5	10,25641026	24,22360248
	False Efficient	13			(0.1 - 0.15]	12	1	11	(10 - 15]	3,5	2,564102564	3,726708075
	Inefficient	167			(0.15 - 0.3]	9	4	5	(15 - 30]	3,5	10,25641026	1,863354037
	True Inefficient	148			>0.3	4	3	1	>30	2	7,692307692	0,621118012
False Inefficient	19											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	48	152	0,0278	0,162110553								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	92	32	60	[0 - 2]	58,5	68,08510638	55,55555556
	Efficient	39	Efficient	47	(0.02 - 0.05]	70	5	65	(2 - 5]	29	10,63829787	34,64052288
	True Efficient	29	Inefficient	153	(0.05 - 0.1]	31	6	25	(5 - 10]	10	12,76595745	9,150326797
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	4	1	3	(10 - 15]	1	2,127659574	0,653594771
	Inefficient	161			(0.15 - 0.3]	3	3	0	(15 - 30]	1,5	6,382978723	0
	True Inefficient	143			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
False Inefficient	18											

Πίνακας 85: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-NORMAL-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	57	143	0,03855	0,081407035								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	96	21	75	[0 - 2]	59,5	61,76470588	59,03614458
	Efficient	25	Efficient	34	(0.02 - 0.05]	59	2	57	(2 - 5]	25,5	5,882352941	29,51807229
	True Efficient	20	Inefficient	166	(0.05 - 0.1]	24	2	22	(5 - 10]	5,5	5,882352941	5,421686747
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	8	4	4	(10 - 15]	5	11,76470588	3,614457831
	Inefficient	175			(0.15 - 0.3]	12	5	7	(15 - 30]	4,5	14,70588235	2,409638554
	True Inefficient	161			>0.3	1	0	1	>30	0	0	0
	False Inefficient	14										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	94	106	0,0281	0,18281407								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	115	25	90	[0 - 2]	67	71,42857143	66,06060606
	Efficient	25	Efficient	35	(0.02 - 0.05]	44	3	41	(2 - 5]	15	8,571428571	16,36363636
	True Efficient	25	Inefficient	165	(0.05 - 0.1]	26	5	21	(5 - 10]	14,5	14,28571429	14,54545455
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	9	0	9	(10 - 15]	2	0	2,424242424
	Inefficient	175			(0.15 - 0.3]	6	2	4	(15 - 30]	1,5	5,714285714	0,606060606
	True Inefficient	165			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	10										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	49	151	0,0576	0,145427136								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	67	29	38	[0 - 2]	42	64,44444444	35,48387097
	Efficient	32	Efficient	45	(0.02 - 0.05]	45	3	42	(2 - 5]	25	6,666666667	30,32258065
	True Efficient	26	Inefficient	155	(0.05 - 0.1]	51	2	49	(5 - 10]	21	4,444444444	25,80645161
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	19	3	16	(10 - 15]	5	6,666666667	4,516129032
	Inefficient	168			(0.15 - 0.3]	16	7	9	(15 - 30]	6	15,55555556	3,225806452
	True Inefficient	149			>0.3	2	1	1	>30	1	2,222222222	0,64516129
	False Inefficient	19										

Πίνακας 86: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-NORMAL-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	44	156	0,04255	0,22120603								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	68	33	35	[0 - 2]	40	60	32,4137931
	Efficient	41	Efficient	55	(0.02 - 0.05]	55	8	47	(2 - 5]	30,5	14,54545455	36,55172414
	True Efficient	28	Inefficient	145	(0.05 - 0.1]	56	9	47	(5 - 10]	22,5	16,36363636	24,82758621
	False Efficient	13			(0.1 - 0.15]	20	5	15	(10 - 15]	6,5	9,090909091	5,517241379
	Inefficient	159			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	0,5	0	0,689655172
	True Inefficient	132			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	27										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	48	152	0,05785	0,031055276								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	74	25	49	[0 - 2]	44,5	56,81818182	41,02564103
	Efficient	42	Efficient	44	(0.02 - 0.05]	50	4	46	(2 - 5]	24,5	9,090909091	28,84615385
	True Efficient	24	Inefficient	156	(0.05 - 0.1]	39	5	34	(5 - 10]	16,5	11,36363636	17,94871795
	False Efficient	18			(0.1 - 0.15]	20	5	15	(10 - 15]	6	11,36363636	4,487179487
	Inefficient	158			(0.15 - 0.3]	12	2	10	(15 - 30]	7	4,545454545	7,692307692
	True Inefficient	138			>0.3	5	3	2	>30	1,5	6,818181818	0
	False Inefficient	20										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	51	149	0,04215	0,142110553								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	90	23	67	[0 - 2]	54	63,88888889	51,82926829
	Efficient	27	Efficient	36	(0.02 - 0.05]	45	3	42	(2 - 5]	20,5	8,333333333	23,17073171
	True Efficient	21	Inefficient	164	(0.05 - 0.1]	44	2	42	(5 - 10]	17,5	5,555555556	20,12195122
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	11	1	10	(10 - 15]	3,5	2,777777778	3,658536585
	Inefficient	173			(0.15 - 0.3]	7	4	3	(15 - 30]	3	11,11111111	1,219512195
	True Inefficient	158			>0.3	3	3	0	>30	1,5	8,333333333	0
	False Inefficient	15										

Πίνακας 87: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

BCC-OUTPUT-NORMAL-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	72	128	0,02645	0,156180905								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	103	39	64	[0 - 2]	59,5	70,90909091	55,17241379
	Efficient	39	Efficient	55	(0.02 - 0.05]	52	6	46	(2 - 5]	23	10,90909091	27,5862069
	True Efficient	34	Inefficient	145	(0.05 - 0.1]	39	6	33	(5 - 10]	15,5	10,90909091	17,24137931
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	5	3	2	(10 - 15]	1,5	5,454545455	0
	Inefficient	161			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	0,5	1,818181818	0
	True Inefficient	140			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	21										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	63	137	0,0289	0,145929648								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	102	33	69	[0 - 2]	62,5	62,26415094	62,58503401
	Efficient	42	Efficient	53	(0.02 - 0.05]	55	4	51	(2 - 5]	19	7,547169811	23,1292517
	True Efficient	31	Inefficient	147	(0.05 - 0.1]	34	11	23	(5 - 10]	14,5	20,75471698	12,24489796
	False Efficient	11			(0.1 - 0.15]	3	1	2	(10 - 15]	1,5	1,886792453	1,360544218
	Inefficient	158			(0.15 - 0.3]	6	4	2	(15 - 30]	2,5	7,547169811	0,680272109
	True Inefficient	136			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	22										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	78	122	0,0202	0,164623116								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	117	52	65	[0 - 2]	68,5	65,82278481	70,24793388
	Efficient	49	Efficient	79	(0.02 - 0.05]	60	17	43	(2 - 5]	22	21,51898734	22,31404959
	True Efficient	43	Inefficient	121	(0.05 - 0.1]	19	7	12	(5 - 10]	7,5	8,860759494	6,611570248
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	2	1	1	(10 - 15]	1	1,265822785	0,826446281
	Inefficient	151			(0.15 - 0.3]	2	2	0	(15 - 30]	1	2,53164557	0
	True Inefficient	115			>0.3	0	0	0	>30	0	0	0
	False Inefficient	36										

5.4.3. Παραγωγή δεδομένων κατά Cobb Douglas.

Πίνακας 88: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

BCC-OUTPUT-COBB DOUGLAS-2/1												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	Trainednet	TestTarget	[0 - 0.02]									
1st Dataset	100	100	17,4628	0,211557789								
	Efficient	10	Efficient	11	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	0,5	0	0,529100529
	True Efficient	10	Inefficient	189	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	1,5	0	1,587301587
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	0,5	0	0,529100529
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	5,5	0	5,82010582
	True Inefficient	189			>0.3	100	1	99	>30	42	9,090909091	43,91534392
	False Inefficient	1										
2nd Dataset	100	100	7,5917	0,369447236								
	Efficient	12	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	1	0	1,069518717
	True Efficient	12	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	2	0	2,139037433
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	3	0	3,20855615
	Inefficient	188			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	10	0	10,69518717
	True Inefficient	187			>0.3	98	1	97	>30	33,5	7,692307692	35,29411765
	False Inefficient	1										
3rd Dataset	99	101	15,43165	0,293567839								
	Efficient	11	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	1,5	0	1,604278075
	True Efficient	11	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	0	0	0
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	0,5	0	0,534759358
	Inefficient	189			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	3,5	0	3,743315508
	True Inefficient	187			>0.3	98	2	96	>30	44	15,38461538	45,98930481
	False Inefficient	2										

Πίνακας 89: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 3 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

BCC-OUTPUT-COBB DOUGLAS-3/1												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	86	114	2,6898	0,198190955								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	88	16	72	[0 - 2]	47,5	84,21052632	43,64640884
	Efficient	20	Efficient	19	(0.02 - 0.05]	5	0	5	(2 - 5]	7	0	7,73480663
	True Efficient	16	Inefficient	181	(0.05 - 0.1]	4	0	4	(5 - 10]	6,5	0	7,182320442
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	3	0	3	(10 - 15]	4,5	0	4,972375691
	Inefficient	180			(0.15 - 0.3]	11	1	10	(15 - 30]	8	5,263157895	8,287292818
	True Inefficient	177			>0.3	89	2	87	>30	26,5	10,52631579	28,17679558
False Inefficient	3											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	95	105	2,6233	0,378492462								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	96	26	70	[0 - 2]	50,5	74,28571429	45,45454545
	Efficient	26	Efficient	35	(0.02 - 0.05]	4	0	4	(2 - 5]	2	0	2,424242424
	True Efficient	26	Inefficient	165	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	2	0	2,424242424
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	2	0	2,424242424
	Inefficient	174			(0.15 - 0.3]	3	0	3	(15 - 30]	10	0	12,12121212
	True Inefficient	165			>0.3	96	9	87	>30	33,5	25,71428571	35,15151515
False Inefficient	9											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	81	119	2,84455	0,354472362								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	83	20	63	[0 - 2]	45,5	86,95652174	40,11299435
	Efficient	22	Efficient	23	(0.02 - 0.05]	7	0	7	(2 - 5]	4	0	4,519774011
	True Efficient	20	Inefficient	177	(0.05 - 0.1]	5	0	5	(5 - 10]	6,5	0	7,344632768
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	3	0	3	(10 - 15]	6	0	6,779661017
	Inefficient	178			(0.15 - 0.3]	4	0	4	(15 - 30]	12	0	13,55932203
	True Inefficient	175			>0.3	98	3	95	>30	26	13,04347826	27,68361582
False Inefficient	3											

Πίνακας 90: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 4 εισροές-1 εκροή κατά Cobb-Douglas-RBF TNA

BCC-OUTPUT-COBB DOUGLAS-4/1												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	71	129	1,1565	0,311658291							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	83	31	52	[0 - 2]	46,5	73,80952381	39,24050633	
Efficient		32	Efficient	42	(0.02 - 0.05]	10	0	10	(2 - 5]	6	0	7,594936709
True Efficient		31	Inefficient	158	(0.05 - 0.1]	7	0	7	(5 - 10]	5,5	0	6,962025316
False Efficient		1			(0.1 - 0.15]	3	0	3	(10 - 15]	7	0	8,860759494
Inefficient		168			(0.15 - 0.3]	7	1	6	(15 - 30]	11	2,380952381	13,29113924
True Inefficient		157			>0.3	90	10	80	>30	24	23,80952381	24,05063291
False Inefficient		11										
2nd Dataset	64	136	1,7402	0,206331658								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	65	26	39	[0 - 2]	38	61,9047619	31,64556962
	Efficient	37	Efficient	42	(0.02 - 0.05]	17	0	17	(2 - 5]	9	0	11,39240506
	True Efficient	26	Inefficient	158	(0.05 - 0.1]	10	1	9	(5 - 10]	9,5	2,380952381	11,39240506
	False Efficient	11			(0.1 - 0.15]	10	1	9	(10 - 15]	7,5	2,380952381	8,860759494
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	14	0	14	(15 - 30]	8,5	0	10,75949367
	True Inefficient	147			>0.3	84	14	70	>30	27,5	33,33333333	25,94936709
	False Inefficient	16										
3rd Dataset	91	109	2,3871	0,246030151								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	94	30	64	[0 - 2]	48	83,33333333	40,24390244
	Efficient	31	Efficient	36	(0.02 - 0.05]	2	0	2	(2 - 5]	0	0	0
	True Efficient	30	Inefficient	164	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	3,5	0	4,268292683
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	2	0	2	(10 - 15]	3	0	3,658536585
	Inefficient	169			(0.15 - 0.3]	3	0	3	(15 - 30]	7,5	0	9,146341463
	True Inefficient	163			>0.3	99	6	93	>30	38	16,66666667	42,68292683
	False Inefficient	6										

5.4.4. Παραγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας λογαριθμικές συναρτήσεις.

Πίνακας 91: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-output μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές χρησιμοποιώντας Translog distance output functions-RBF TNA

BCC-OUTPUT-TRANSLOG-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	46	154	1,99595	-0,039396985							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	55	27	28	[0 - 2]	34	64,28571429	25,94936709	
Efficient		29	Efficient	42	(0.02 - 0.05]	17	0	17	(2 - 5]	13	0	16,4556962
True Efficient		27	Inefficient	158	(0.05 - 0.1]	18	0	18	(5 - 10]	5	0	6,329113924
False Efficient		2			(0.1 - 0.15]	9	1	8	(10 - 15]	5,5	2,380952381	6,329113924
Inefficient		171			(0.15 - 0.3]	14	1	13	(15 - 30]	11	2,380952381	13,29113924
True Inefficient		156			>0.3	87	13	74	>30	31,5	30,95238095	31,64556962
False Inefficient		15										
2nd Dataset	40	160	3,43025	-0,010150754								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	45	24	21	[0 - 2]	28,5	60	20,625
	Efficient	28	Efficient	40	(0.02 - 0.05]	16	0	16	(2 - 5]	9	0	11,25
	True Efficient	24	Inefficient	160	(0.05 - 0.1]	13	1	12	(5 - 10]	10,5	2,5	12,5
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	13	1	12	(10 - 15]	6	2,5	6,875
	Inefficient	172			(0.15 - 0.3]	11	0	11	(15 - 30]	5,5	0	6,875
	True Inefficient	156			>0.3	102	14	88	>30	40,5	35	41,875
	False Inefficient	16										
3rd Dataset	51	149	2,4413	0,092964824								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	56	23	33	[0 - 2]	33,5	65,71428571	26,66666667
	Efficient	27	Efficient	35	(0.02 - 0.05]	15	0	15	(2 - 5]	12,5	0	15,15151515
	True Efficient	23	Inefficient	165	(0.05 - 0.1]	21	2	19	(5 - 10]	11	5,714285714	12,12121212
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	8	0	8	(10 - 15]	6	0	7,272727273
	Inefficient	173			(0.15 - 0.3]	19	0	19	(15 - 30]	7,5	0	9,090909091
	True Inefficient	161			>0.3	81	10	71	>30	29,5	28,57142857	29,6969697
	False Inefficient	12										

5.5. Εκτίμηση αποδοτικότητας Additive μοντέλου

5.5.1. Παραγωγή δεδομένων από ομοιόμορφη κατανομή

Πίνακας 92: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-UNIFORM-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	21	179	10,4422	0,12160804							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	21	18	3	[0 - 2]	14	51,42857143	6,060606061	
Efficient		28	Efficient	35	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	4,5	0	5,454545455
True Efficient		18	Inefficient	165	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	21	0	25,45454545
False Efficient		10			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	8	0	9,696969697
Inefficient		172			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	13	0	15,75757576
True Inefficient		155			>0.3	176	17	159	>30	39,5	48,57142857	37,57575758
False Inefficient		17										
2nd Dataset	93	107	5,72225	0,122914573								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	93	18	75	[0 - 2]	49,5	48,64864865	49,69325153
	Efficient	20	Efficient	37	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	5	0	6,134969325
	True Efficient	18	Inefficient	163	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	8,5	0	10,42944785
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	6,5	0	7,975460123
	Inefficient	180			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	8,5	0	10,42944785
	True Inefficient	161			>0.3	104	19	85	>30	22	51,35135135	15,33742331
	False Inefficient	19										
3rd Dataset	87	113	5,62875	0,059095477								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	87	23	64	[0 - 2]	50,5	54,76190476	49,36708861
	Efficient	24	Efficient	42	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	2	0	2,53164557
	True Efficient	23	Inefficient	158	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	8,5	0	10,75949367
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	5	0	6,329113924
	Inefficient	176			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	9	0	11,39240506
	True Inefficient	157			>0.3	112	19	93	>30	25	45,23809524	19,62025316
	False Inefficient	19										

Πίνακας 93: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-UNIFORM-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	98	102	2,67055	0,070351759								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	98	59	39	[0 - 2]	49	57,84313725	39,79591837
	Efficient	59	Efficient	102	(0.02 - 0.05]	1	1	0	(2 - 5]	0,5	0	1,020408163
	True Efficient	59	Inefficient	98	(0.05 - 0.1]	1	1	0	(5 - 10]	5	0	10,20408163
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	2	2	0	(10 - 15]	4	0	8,163265306
	Inefficient	141			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	6,5	0	13,26530612
	True Inefficient	98			>0.3	97	38	59	>30	35	42,15686275	27,55102041
False Inefficient	43											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	97	103	5,44665	0,044522613								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	97	22	75	[0 - 2]	52	53,65853659	51,57232704
	Efficient	23	Efficient	41	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	4	0	5,031446541
	True Efficient	22	Inefficient	159	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	7,5	0	9,433962264
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	3	1	2	(10 - 15]	3	0	3,773584906
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	8	0	10,06289308
	True Inefficient	158			>0.3	100	18	82	>30	25,5	46,34146341	20,12578616
False Inefficient	19											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	74	126	9,70135	0,079899497								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	74	18	56	[0 - 2]	40	50	37,80487805
	Efficient	23	Efficient	36	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	5	0	6,097560976
	True Efficient	18	Inefficient	164	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	7,5	0	9,146341463
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	4,5	0	5,487804878
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	5	0	6,097560976
	True Inefficient	159			>0.3	126	18	108	>30	38	50	35,36585366
False Inefficient	18											

Πίνακας 94: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-UNIFORM-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	55	145	16,00325	0,051658291								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	55	55	0	[0 - 2]	27,5	32,73809524	0
	Efficient	59	Efficient	168	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	0	0	0
	True Efficient	55	Inefficient	32	(0.05 - 0.1]	1	1	0	(5 - 10]	0,5	0	3,125
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	0	0	0
	Inefficient	141			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	0	0	0
	True Inefficient	28			>0.3	143	111	32	>30	72	67,26190476	96,875
False Inefficient	113											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	93	107	7,4467	0,231658291								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	93	27	66	[0 - 2]	47	58,69565217	43,50649351
	Efficient	31	Efficient	46	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	5,5	0	7,142857143
	True Efficient	27	Inefficient	154	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	4	0	5,194805195
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	4	0	5,194805195
	Inefficient	169			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	6	0	7,792207792
	True Inefficient	150			>0.3	107	19	88	>30	33,5	41,30434783	31,16883117
False Inefficient	19											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	49	151	8,29385	0,151055276								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	49	49	0	[0 - 2]	25,5	45,37037037	2,173913043
	Efficient		Efficient	108	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	2,5	0	5,434782609
	True Efficient		Inefficient	92	(0.05 - 0.1]	1	1	0	(5 - 10]	5	0	10,86956522
	False Efficient				(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	1	0	2,173913043
	Inefficient				(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	4,5	0	9,782608696
	True Inefficient				>0.3	149	57	92	>30	61,5	54,62962963	69,56521739
False Inefficient												

Πίνακας 95: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-UNIFORM-3/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	24	176	29,13825	0,084723618								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	24	24	0	[0 - 2]	12	47,05882353	0
	Efficient	95	Efficient	51	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	0	0	0
	True Efficient	24	Inefficient	149	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	0	0	0
	False Efficient	71			(0.1 - 0.15]	1	1	0	(10 - 15]	0	0	0
	Inefficient	105			(0.15 - 0.3]	2	2	0	(15 - 30]	2	0	2,684563758
	True Inefficient	78			>0.3	173	24	149	>30	86	52,94117647	97,31543624
False Inefficient	27											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	72	128	7,1457	-0,032864322								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	72	29	43	[0 - 2]	41	47,54098361	38,1294964
	Efficient	31	Efficient	61	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	5	0	7,194244604
	True Efficient	29	Inefficient	139	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	5,5	0	7,913669065
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	1	1	0	(10 - 15]	4	0	5,755395683
	Inefficient	169			(0.15 - 0.3]	4	0	4	(15 - 30]	6,5	0	9,352517986
	True Inefficient	137			>0.3	122	31	91	>30	38	52,45901639	31,65467626
False Inefficient	32											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	21	179	6,4657	0,111959799								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	21	21	0	[0 - 2]	15	46,66666667	5,806451613
	Efficient	28	Efficient	45	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	7,5	0	9,677419355
	True Efficient	21	Inefficient	155	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	7	0	9,032258065
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	10,5	0	13,5483871
	Inefficient	172			(0.15 - 0.3]	3	0	3	(15 - 30]	16,5	0	21,29032258
	True Inefficient	148			>0.3	176	24	152	>30	43,5	53,33333333	40,64516129
False Inefficient	24											

Πίνακας 96: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-UNIFORM-3/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	80	120	5,5031	0,191055276								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	81	53	28	[0 - 2]	40	54,73684211	26,66666667
	Efficient	54	Efficient	95	(0.02 - 0.05]	1	1	0	(2 - 5]	2	0	3,80952381
	True Efficient	52	Inefficient	105	(0.05 - 0.1]	1	1	0	(5 - 10]	4,5	0	8,571428571
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	2	0	3,80952381
	Inefficient	146			(0.15 - 0.3]	2	1	1	(15 - 30]	10	0	19,04761905
	True Inefficient	103			>0.3	115	39	76	>30	41,5	45,26315789	38,0952381
	False Inefficient	43										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	72	128	15,33855	0,137889447								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	72	38	34	[0 - 2]	36,5	45,78313253	29,91452991
	Efficient	41	Efficient	83	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	1	0	1,709401709
	True Efficient	38	Inefficient	117	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	3,5	0	5,982905983
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	1	1	0	(10 - 15]	1	0	1,709401709
	Inefficient	159			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	5,5	0	9,401709402
	True Inefficient	114			>0.3	126	43	83	>30	52,5	54,21686747	51,28205128
	False Inefficient	45										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	76	124	9,4351	0,254371859								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	76	49	27	[0 - 2]	39	43,75	32,95454545
	Efficient	55	Efficient	112	(0.02 - 0.05]	1	1	0	(2 - 5]	1,5	0	3,409090909
	True Efficient	49	Inefficient	88	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	2	0	4,545454545
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	1	1	0	(10 - 15]	1,5	0	3,409090909
	Inefficient	145			(0.15 - 0.3]	2	1	1	(15 - 30]	3,5	0	7,954545455
	True Inefficient	82			>0.3	120	60	60	>30	52,5	56,25	47,72727273
	False Inefficient	63										

Πίνακας 97: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-UNIFORM-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	84	116	16,8752	0,133768844								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	84	40	44	[0 - 2]	43,5	52,63157895	37,90322581
	Efficient	47	Efficient	76	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	2	0	3,225806452
	True Efficient	40	Inefficient	124	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	3,5	0	5,64516129
	False Efficient	7			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	0,5	0	0,806451613
	Inefficient	153			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	5	0	8,064516129
	True Inefficient	117			>0.3	114	36	78	>30	45,5	47,36842105	44,35483871
False Inefficient	36											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	71	129	6,5926	0,093969849								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	71	47	24	[0 - 2]	43	58,75	32,5
	Efficient	48	Efficient	80	(0.02 - 0.05]	2	1	1	(2 - 5]	2,5	0	4,166666667
	True Efficient	47	Inefficient	120	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	3,5	0	5,833333333
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	5	0	8,333333333
	Inefficient	152			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	8,5	0	14,16666667
	True Inefficient	119			>0.3	125	32	93	>30	37,5	41,25	35
False Inefficient	33											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	34	166	13,76245	0,260703518								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	34	34	0	[0 - 2]	17	49,27536232	0
	Efficient	52	Efficient	69	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	2,5	0	3,816793893
	True Efficient	34	Inefficient	131	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	4	0	6,106870229
	False Efficient	18			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	3	0	4,580152672
	Inefficient	148			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	9,5	0	14,50381679
	True Inefficient	113			>0.3	165	34	131	>30	64	50,72463768	70,99236641
False Inefficient	35											

Πίνακας 98: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TND

ADDITIVE-UNIFORM-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	98	102	5,9896	0,15879397								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	98	41	57	[0 - 2]	51	58,57142857	46,92307692
	Efficient	43	Efficient	70	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	4	0	6,153846154
	True Efficient	41	Inefficient	130	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	3,5	0	5,384615385
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	2,5	0	3,846153846
	Inefficient	157			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	7,5	0	11,53846154
	True Inefficient	128			>0.3	100	29	71	>30	31,5	41,42857143	26,15384615
	False Inefficient	29										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	36	164	11,379	0,281708543								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	36	36	0	[0 - 2]	18,5	42,85714286	0,862068966
	Efficient	54	Efficient	84	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	2,5	0	4,310344828
	True Efficient	36	Inefficient	116	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	1,5	0	2,586206897
	False Efficient	18			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	2	0	3,448275862
	Inefficient	146			(0.15 - 0.3]	2	1	1	(15 - 30]	4,5	0	7,75862069
	True Inefficient	98			>0.3	161	47	114	>30	71	57,14285714	81,03448276
	False Inefficient	48										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	87	113	12,97435	0,308944724								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	87	42	45	[0 - 2]	44	56	36,8
	Efficient	45	Efficient	75	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	1	0	1,6
	True Efficient	42	Inefficient	125	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	2,5	0	4
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	3,5	0	5,6
	Inefficient	155			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	5	0	8
	True Inefficient	122			>0.3	112	32	80	>30	44	44	44
	False Inefficient	33										

Πίνακας 99: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-UNIFORM-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	50	150	15,74775	-0,072060302								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	50	50	0	[0 - 2]	25,5	39,68253968	1,351351351
	Efficient	59	Efficient	126	(0.02 - 0.05]	1	1	0	(2 - 5]	1,5	0	4,054054054
	True Efficient	50	Inefficient	74	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	1	0	2,702702703
	False Efficient	9			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	1,5	0	4,054054054
	Inefficient	141			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	2,5	0	6,756756757
	True Inefficient	65			>0.3	149	75	74	>30	68	60,31746032	81,08108108
False Inefficient	76											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	93	107	8,26155	0,06361809								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	93	43	50	[0 - 2]	47	54,43037975	42,14876033
	Efficient	46	Efficient	79	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	2	0	3,305785124
	True Efficient	43	Inefficient	121	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	4	0	6,611570248
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	1,5	0	2,479338843
	Inefficient	154			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	10,5	0	17,3553719
	True Inefficient	118			>0.3	106	36	70	>30	35	45,56962025	28,09917355
False Inefficient	36											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	46	154	28,19385	0,272663317								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	46	46	0	[0 - 2]	23	34,84848485	0
	Efficient	58	Efficient	132	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	0	0	0
	True Efficient	46	Inefficient	68	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	0	0	0
	False Efficient	12			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	0	0	0
	Inefficient	142			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	3,5	0	10,29411765
	True Inefficient	56			>0.3	154	86	68	>30	73,5	65,15151515	89,70588235
False Inefficient	86											

Πίνακας 100: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από ομοιόμορφη κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-UNIFORM-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	83	117	13,28105	0,188743719								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	83	53	30	[0 - 2]	44	53	35
	Efficient	56	Efficient	100	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	1,5	0	3
	True Efficient	53	Inefficient	100	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	3	0	6
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	2	0	4
	Inefficient	144			(0.15 - 0.3]	2	1	1	(15 - 30]	5,5	0	11
	True Inefficient	97			>0.3	113	46	67	>30	44	47	41
False Inefficient	47											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	46	154	11,74615	0,071055276								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	46	46	0	[0 - 2]	24,5	49,46236559	2,803738318
	Efficient	58	Efficient	93	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	1,5	0	2,803738318
	True Efficient	46	Inefficient	107	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	4	0	7,476635514
	False Efficient	12			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	6,5	0	12,14953271
	Inefficient	142			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	8	0	14,95327103
	True Inefficient	95			>0.3	152	47	105	>30	55,5	50,53763441	59,81308411
False Inefficient	47											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	61	139	7,34515	0,086130653								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	62	58	4	[0 - 2]	32	49,15254237	7,317073171
	Efficient	63	Efficient	118	(0.02 - 0.05]	1	1	0	(2 - 5]	1	0	2,43902439
	True Efficient	58	Inefficient	82	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	4	0	9,756097561
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	0,5	0	1,219512195
	Inefficient	137			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	8,5	0	20,73170732
	True Inefficient	77			>0.3	135	59	76	>30	54	50,84745763	58,53658537
False Inefficient	60											

5.5.2. Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή

Πίνακας 101: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

ADDITIVE-NORMAL-2/2												
	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	1st Dataset	98	102	1,54285	0,033768844							
Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	101	8	93	[0 - 2]	66	61,53846154	66,31016043	
Efficient		9	Efficient	13	(0.02 - 0.05]	2	0	2	(2 - 5]	9,5	0	10,16042781
True Efficient		8	Inefficient	187	(0.05 - 0.1]	7	0	7	(5 - 10]	9	0	9,625668449
False Efficient		1			(0.1 - 0.15]	7	0	7	(10 - 15]	5,5	0	5,882352941
Inefficient		191			(0.15 - 0.3]	10	0	10	(15 - 30]	2	0	2,139037433
True Inefficient		186			>0.3	73	5	68	>30	8	38,46153846	5,882352941
False Inefficient		5										
2nd Dataset	97	103	1,0076	0,120301508								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	100	14	86	[0 - 2]	61	65	60,55555556
	Efficient	13	Efficient	20	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	9,5	0	10,55555556
	True Efficient	13	Inefficient	180	(0.05 - 0.1]	2	0	2	(5 - 10]	8,5	0	9,444444444
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	6	0	6	(10 - 15]	4	0	4,444444444
	Inefficient	187			(0.15 - 0.3]	13	0	13	(15 - 30]	7,5	0	8,333333333
	True Inefficient	180			>0.3	78	6	72	>30	9,5	35	6,666666667
	False Inefficient	7										
3rd Dataset	50	150	10,181	0,087135678								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	51	10	41	[0 - 2]	30,5	71,42857143	27,41935484
	Efficient	10	Efficient	14	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	5,5	0	5,913978495
	True Efficient	10	Inefficient	186	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	13,5	0	14,51612903
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	2	0	2	(10 - 15]	8,5	0	9,139784946
	Inefficient	190			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	19,5	0	20,96774194
	True Inefficient	186			>0.3	145	4	141	>30	22,5	28,57142857	22,04301075
	False Inefficient	4										

Πίνακας 102: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-NORMAL-2/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	23	177	4,7211	0,092763819								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	23	22	1	[0 - 2]	12,5	50	1,923076923
	Efficient	36	Efficient	44	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	4	0	5,128205128
	True Efficient	22	Inefficient	156	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	6	0	7,692307692
	False Efficient	14			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	3,5	0	4,487179487
	Inefficient	164			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	15,5	0	19,87179487
	True Inefficient	142			>0.3	173	22	151	>30	58,5	50	60,8974359
	False Inefficient	22										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	84	116	3,40185	0,140301508								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	84	19	65	[0 - 2]	45,5	55,88235294	43,37349398
	Efficient	21	Efficient	34	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	4,5	0	5,421686747
	True Efficient	19	Inefficient	166	(0.05 - 0.1]	2	0	2	(5 - 10]	5,5	0	6,626506024
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	7,5	0	9,036144578
	Inefficient	179			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	10,5	0	12,65060241
	True Inefficient	164			>0.3	110	15	95	>30	26,5	44,11764706	22,89156627
	False Inefficient	15										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	11	189	5,49685	0,016281407								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	11	10	1	[0 - 2]	26,5	50	23,88888889
	Efficient	22	Efficient	20	(0.02 - 0.05]	5	0	5	(2 - 5]	8	0	8,888888889
	True Efficient	10	Inefficient	180	(0.05 - 0.1]	3	0	3	(5 - 10]	11	0	12,22222222
	False Efficient	12			(0.1 - 0.15]	5	0	5	(10 - 15]	3,5	0	3,888888889
	Inefficient	178			(0.15 - 0.3]	24	0	24	(15 - 30]	12	0	13,33333333
	True Inefficient	168			>0.3	152	10	142	>30	39	50	37,77777778
	False Inefficient	10										

Πίνακας 103: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

ADDITIVE-NORMAL-2/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	74	126	2,44775	0,099899497								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	75	34	41	[0 - 2]	40,5	58,62068966	33,09859155
	Efficient	38	Efficient	58	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	2,5	0	3,521126761
	True Efficient	34	Inefficient	142	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	8	0	11,26760563
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	2	0	2	(10 - 15]	6,5	0	9,154929577
	Inefficient	162			(0.15 - 0.3]	4	1	3	(15 - 30]	8,5	0	11,97183099
	True Inefficient	138			>0.3	118	23	95	>30	34	41,37931034	30,98591549
	False Inefficient	24										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	25	175	4,33365	0,12281407								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	25	24	1	[0 - 2]	15,5	50	4,605263158
	Efficient	34	Efficient	48	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	1	0	1,315789474
	True Efficient	24	Inefficient	152	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	7	0	9,210526316
	False Efficient	10			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	7	0	9,210526316
	Inefficient	166			(0.15 - 0.3]	6	0	6	(15 - 30]	16	0	21,05263158
	True Inefficient	142			>0.3	168	24	144	>30	53,5	50	54,60526316
	False Inefficient	24										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	23	177	6,6088	0,097286432								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	23	23	0	[0 - 2]	11,5	52,27272727	0
	Efficient	48	Efficient	44	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	0,5	0	0,641025641
	True Efficient	23	Inefficient	156	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	1	0	1,282051282
	False Efficient	25			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	2,5	0	3,205128205
	Inefficient	152			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	10	0	12,82051282
	True Inefficient	131			>0.3	176	20	156	>30	74,5	47,72727273	82,05128205
	False Inefficient	21										

Πίνακας 104: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

ADDITIVE-NORMAL-3/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	24	176	13,0802	0,011658291								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	24	24	0	[0 - 2]	12	66,66666667	0
	Efficient	63	Efficient	36	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	1	0	1,219512195
	True Efficient	24	Inefficient	164	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	1	0	1,219512195
	False Efficient	39			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	0,5	0	0,609756098
	Inefficient	137			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	2	0	2,43902439
	True Inefficient	125			>0.3	174	12	162	>30	83,5	33,33333333	94,51219512
False Inefficient	12											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	42	158	3,7517	0,094673367								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	44	26	18	[0 - 2]	23,5	53,06122449	13,90728477
	Efficient	29	Efficient	49	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	4,5	0	5,960264901
	True Efficient	26	Inefficient	151	(0.05 - 0.1]	4	2	2	(5 - 10]	6	0	7,947019868
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	7,5	0	9,933774834
	Inefficient	171			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	16	0	21,19205298
	True Inefficient	148			>0.3	150	21	129	>30	42,5	46,93877551	41,05960265
False Inefficient	23											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	45	155	3,84025	0,147035176								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	45	19	26	[0 - 2]	32	65,51724138	26,31578947
	Efficient	23	Efficient	29	(0.02 - 0.05]	3	0	3	(2 - 5]	5	0	5,847953216
	True Efficient	19	Inefficient	171	(0.05 - 0.1]	2	0	2	(5 - 10]	7	0	8,187134503
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	3	0	3	(10 - 15]	7	0	8,187134503
	Inefficient	177			(0.15 - 0.3]	12	0	12	(15 - 30]	17	0	19,88304094
	True Inefficient	167			>0.3	135	10	125	>30	32	34,48275862	31,57894737
False Inefficient	10											

Πίνακας 105: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TNA

ADDITIVE-NORMAL-3/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	74	126	2,85615	0,15758794								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	75	30	45	[0 - 2]	41,5	57,69230769	35,81081081
	Efficient	33	Efficient	52	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	2,5	0	3,378378378
	True Efficient	30	Inefficient	148	(0.05 - 0.1]	1	0	1	(5 - 10]	10,5	0	14,18918919
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	8,5	0	11,48648649
	Inefficient	167			(0.15 - 0.3]	4	0	4	(15 - 30]	11	0	14,86486486
	True Inefficient	145			>0.3	120	22	98	>30	26	42,30769231	20,27027027
	False Inefficient	22										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	24	176	10,8588	0,076683417								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	24	24	0	[0 - 2]	12	53,33333333	0
	Efficient	43	Efficient	45	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	0,5	0	0,64516129
	True Efficient	24	Inefficient	155	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	1	0	1,290322581
	False Efficient	19			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	0	0	0
	Inefficient	157			(0.15 - 0.3]	0	0	0	(15 - 30]	3	0	3,870967742
	True Inefficient	136			>0.3	176	21	155	>30	83,5	46,66666667	94,19354839
	False Inefficient	21										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	66	134	3,6073	0,098190955								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	66	30	36	[0 - 2]	38,5	62,5	30,92105263
	Efficient	32	Efficient	48	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	3,5	0	4,605263158
	True Efficient	30	Inefficient	152	(0.05 - 0.1]	2	0	2	(5 - 10]	11	0	14,47368421
	False Efficient	2			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	8,5	0	11,18421053
	Inefficient	168			(0.15 - 0.3]	5	1	4	(15 - 30]	8,5	0	11,18421053
	True Inefficient	150			>0.3	126	17	109	>30	30	37,5	27,63157895
	False Inefficient	18										

Πίνακας 106: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

ADDITIVE-NORMAL-3/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	28	172	11,29135	0,017286432								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	28	28	0	[0 - 2]	14	52,83018868	0
	Efficient	59	Efficient	53	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	0,5	0	0,680272109
	True Efficient	28	Inefficient	147	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	0	0	0
	False Efficient	31			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	2	0	2,721088435
	Inefficient	141			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	1,5	0	2,040816327
	True Inefficient	116			>0.3	171	25	146	>30	82	47,16981132	94,55782313
	False Inefficient	25										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	57	143	3,97565	0,348743719								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	57	50	7	[0 - 2]	30	53,76344086	9,345794393
	Efficient	66	Efficient	93	(0.02 - 0.05]	1	0	1	(2 - 5]	0	0	0
	True Efficient	50	Inefficient	107	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	2,5	0	4,672897196
	False Efficient	16			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	1	0	1,869158879
	Inefficient	134			(0.15 - 0.3]	3	1	2	(15 - 30]	10	0	18,69158879
	True Inefficient	91			>0.3	139	42	97	>30	56,5	46,23655914	65,42056075
	False Inefficient	43										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	29	171	4,3169	0,190050251								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	30	30	0	[0 - 2]	17	35,80246914	4,201680672
	Efficient	33	Efficient	81	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	3	0	5,042016807
	True Efficient	29	Inefficient	119	(0.05 - 0.1]	2	1	1	(5 - 10]	3	0	5,042016807
	False Efficient	4			(0.1 - 0.15]	2	0	2	(10 - 15]	4	0	6,722689076
	Inefficient	167			(0.15 - 0.3]	7	3	4	(15 - 30]	12	0	20,16806723
	True Inefficient	115			>0.3	159	47	112	>30	61	64,19753086	58,82352941
	False Inefficient	52										

Πίνακας 107: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

ADDITIVE-NORMAL-4/2												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	35	165	6,2559	0,171959799								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	35	35	0	[0 - 2]	17,5	50	0
	Efficient	73	Efficient	70	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	1	0	1,538461538
	True Efficient	35	Inefficient	130	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	0	0	0
	False Efficient	38			(0.1 - 0.15]	2	0	2	(10 - 15]	1	0	1,538461538
	Inefficient	127			(0.15 - 0.3]	4	3	1	(15 - 30]	1,5	0	2,307692308
	True Inefficient	92			>0.3	159	32	127	>30	79	50	94,61538462
False Inefficient	35											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	72	128	1,6031	0,080301508								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	73	43	30	[0 - 2]	45,5	50	42,10526316
	Efficient	44	Efficient	86	(0.02 - 0.05]	4	1	3	(2 - 5]	7,5	0	13,15789474
	True Efficient	43	Inefficient	114	(0.05 - 0.1]	2	0	2	(5 - 10]	5	0	8,771929825
	False Efficient	1			(0.1 - 0.15]	5	0	5	(10 - 15]	2,5	0	4,385964912
	Inefficient	156			(0.15 - 0.3]	16	2	14	(15 - 30]	7,5	0	13,15789474
	True Inefficient	113			>0.3	100	40	60	>30	32	50	18,42105263
False Inefficient	43											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	100	100	1,5003	0,088442211								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	100	37	63	[0 - 2]	52	50	53,17460317
	Efficient	37	Efficient	74	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	3,5	0	5,555555556
	True Efficient	37	Inefficient	126	(0.05 - 0.1]	3	0	3	(5 - 10]	4	0	6,349206349
	False Efficient	0			(0.1 - 0.15]	2	1	1	(10 - 15]	5,5	0	8,73015873
	Inefficient	163			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	7,5	0	11,9047619
	True Inefficient	126			>0.3	94	35	59	>30	27,5	50	14,28571429
False Inefficient	37											

Πίνακας 108: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

ADDITIVE-NORMAL-4/3												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	68	132	4,15865	0,30160804								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	68	55	13	[0 - 2]	34	50,4587156	14,28571429
	Efficient	61	Efficient	109	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	2	0	4,395604396
	True Efficient	55	Inefficient	91	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	3,5	0	7,692307692
	False Efficient	6			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	1	0	2,197802198
	Inefficient	139			(0.15 - 0.3]	3	1	2	(15 - 30]	6	0	13,18681319
	True Inefficient	85			>0.3	129	53	76	>30	53,5	49,5412844	58,24175824
	False Inefficient	54										
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	31	169	5,71105	0,191256281								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	31	31	0	[0 - 2]	15,5	50	0
	Efficient	53	Efficient	62	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	1	0	1,449275362
	True Efficient	31	Inefficient	138	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	2	0	2,898550725
	False Efficient	22			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	3	0	4,347826087
	Inefficient	147			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	7,5	0	10,86956522
	True Inefficient	116			>0.3	167	31	136	>30	71	50	80,43478261
	False Inefficient	31										
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	46	154	4,4023	0,068040201								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	46	45	1	[0 - 2]	24,5	35,71428571	5,405405405
	Efficient	48	Efficient	126	(0.02 - 0.05]	3	0	3	(2 - 5]	1	0	2,702702703
	True Efficient	45	Inefficient	74	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	0,5	0	1,351351351
	False Efficient	3			(0.1 - 0.15]	0	0	0	(10 - 15]	1	0	2,702702703
	Inefficient	152			(0.15 - 0.3]	1	1	0	(15 - 30]	4,5	0	12,16216216
	True Inefficient	71			>0.3	150	80	70	>30	68,5	64,28571429	75,67567568
	False Inefficient	81										

Πίνακας 109: Αποτελέσματα προσομοίωσης Additive μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή-RBF TND

ADDITIVE-NORMAL-4/4												
1st Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	41	159	3,142	0,215879397								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	43	40	3	[0 - 2]	22	45,45454545	3,571428571
	Efficient	54	Efficient	88	(0.02 - 0.05]	2	0	2	(2 - 5]	7,5	0	13,39285714
	True Efficient	40	Inefficient	112	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	5,5	0	9,821428571
	False Efficient	14			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	5,5	0	9,821428571
	Inefficient	146			(0.15 - 0.3]	2	0	2	(15 - 30]	10,5	0	18,75
	True Inefficient	98			>0.3	152	48	104	>30	49	54,54545455	44,64285714
False Inefficient	48											
2nd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	58	142	5,20965	0,136884422								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	58	58	0	[0 - 2]	29,5	38,41059603	2,040816327
	Efficient	63	Efficient	151	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	0	0	0
	True Efficient	58	Inefficient	49	(0.05 - 0.1]	0	0	0	(5 - 10]	2	0	8,163265306
	False Efficient	5			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	0,5	0	2,040816327
	Inefficient	137			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	1,5	0	6,12244898
	True Inefficient	44			>0.3	140	93	47	>30	66,5	61,58940397	81,63265306
False Inefficient	93											
3rd Dataset	TRUE	FALSE	AVERAGE DIF	T of Kendall	ERROR	ALL DMUS	EFFICIENT DMUS	INEFFICIENT DMUS	%ERROR	%ALL DMUS	%EFFICIENT DMUS	%INEFFICIENT DMUS
	28	172	4,64085	0,245427136								
	Trainednet		TestTarget		[0 - 0.02]	28	28	0	[0 - 2]	15,5	44,44444444	2,189781022
	Efficient	43	Efficient	63	(0.02 - 0.05]	0	0	0	(2 - 5]	3	0	4,379562044
	True Efficient	28	Inefficient	137	(0.05 - 0.1]	3	1	2	(5 - 10]	4,5	0	6,569343066
	False Efficient	15			(0.1 - 0.15]	1	0	1	(10 - 15]	4	0	5,839416058
	Inefficient	157			(0.15 - 0.3]	1	0	1	(15 - 30]	10,5	0	15,32846715
	True Inefficient	122			>0.3	167	34	133	>30	62,5	55,55555556	65,69343066
False Inefficient	35											

5.6. Ταξινόμηση μονάδων απόφασης BCC-input μοντέλου

5.6.1. Παραγωγή δεδομένων από κανονική κατανομή

Πίνακας 110: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TNA

BCC-INPUT-NORMAL-2/2					
1st Dataset		2nd Dataset		3rd Dataset	
True recognitions	200	True recognitions	200	True recognitions	199
False recognitions	0	False recognitions	0	False recognitions	1
TestTarget		TestTarget		TestTarget	
Efficient	4	Efficient	2	Efficient	3
Semi-efficient	0	Semi-efficient	0	Semi-efficient	0
Inefficient	196	Inefficient	198	Inefficient	197
Trainednet		Trainednet		Trainednet	
Efficient	4	Efficient	2	Efficient	2
True Efficient	4	True Efficient	2	True Efficient	2
False Efficient	0	False Efficient	0	False Efficient	0
Semi-efficient	0	Semi-efficient	0	Semi-efficient	0
True Semi-efficient	0	True Semi-efficient	0	True Semi-efficient	0
False Semi-efficient	0	False Semi-efficient	0	False Semi-efficient	0
Inneficient	196	Inneficient	198	Inneficient	198
True inneficient	196	True inneficient	198	True inneficient	197
False inneficient	0	False inneficient	0	False inneficient	1
Unclassified	0	Unclassified	0	Unclassified	0

Πίνακας 111: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση μονάδων)-RBF TNA

BCC-INPUT-NORMAL-2/3					
1st Dataset		2nd Dataset		3rd Dataset	
True recognitions	195	True recognitions	199	True recognitions	196
False recognitions	5	False recognitions	1	False recognitions	4
TestTarget		TestTarget		TestTarget	
Efficient	10	Efficient	7	Efficient	9
Semi-efficient	2	Semi-efficient	2	Semi-efficient	0
Inefficient	188	Inefficient	191	Inefficient	191
Trainednet		Trainednet		Trainednet	
Efficient	7	Efficient	7	Efficient	6
True Efficient	7	True Efficient	7	True Efficient	6
False Efficient	0	False Efficient	0	False Efficient	0
Semi-efficient	0	Semi-efficient	1	Semi-efficient	1
True Semi-efficient	0	True Semi-efficient	1	True Semi-efficient	0
False Semi-efficient	0	False Semi-efficient	0	False Semi-efficient	1
Inneficient	193	Inneficient	192	Inneficient	193
True inefficient	188	True inefficient	191	True inefficient	190
False inefficient	5	False inefficient	1	False inefficient	3
Unclassified	0	Unclassified	0	Unclassified	0

Πίνακας 112: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 2 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TNA

BCC-INPUT-NORMAL-2/4					
1st Dataset		2nd Dataset		3rd Dataset	
True recognitions	190	True recognitions	185	True recognitions	195
False recognitions	10	False recognitions	15	False recognitions	5
TestTarget		TestTarget		TestTarget	
Efficient	16	Efficient	19	Efficient	12
Semi-efficient	2	Semi-efficient	4	Semi-efficient	1
Inefficient	182	Inefficient	177	Inefficient	187
Trainednet		Trainednet		Trainednet	
Efficient	11	Efficient	12	Efficient	8
True Efficient	9	True Efficient	10	True Efficient	8
False Efficient	2	False Efficient	2	False Efficient	0
Semi-efficient	2	Semi-efficient	2	Semi-efficient	0
True Semi-efficient	1	True Semi-efficient	0	True Semi-efficient	0
False Semi-efficient	1	False Semi-efficient	2	False Semi-efficient	0
Inneficient	187	Inneficient	186	Inneficient	192
True inefficient	180	True inefficient	175	True inefficient	187
False inefficient	7	False inefficient	11	False inefficient	5
Unclassified	0	Unclassified	0	Unclassified	0

Πίνακας 113: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TNA

BCC-INPUT-NORMAL-3/2					
1st Dataset		2nd Dataset		3rd Dataset	
True recognitions	190	True recognitions	189	True recognitions	198
False recognitions	10	False recognitions	11	False recognitions	2
TestTarget		TestTarget		TestTarget	
Efficient	7	Efficient	11	Efficient	8
Semi-efficient	3	Semi-efficient	1	Semi-efficient	1
Inefficient	190	Inefficient	188	Inefficient	191
Trainednet		Trainednet		Trainednet	
Efficient	8	Efficient	10	Efficient	7
True Efficient	4	True Efficient	6	True Efficient	7
False Efficient	4	False Efficient	4	False Efficient	0
Semi-efficient	1	Semi-efficient	1	Semi-efficient	0
True Semi-efficient	0	True Semi-efficient	0	True Semi-efficient	0
False Semi-efficient	1	False Semi-efficient	1	False Semi-efficient	0
Inefficient	191	Inefficient	189	Inefficient	193
True inefficient	186	True inefficient	183	True inefficient	191
False inefficient	5	False inefficient	6	False inefficient	2
Unclassified	0	Unclassified	0	Unclassified	0

Πίνακας 114: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TNA

BCC-INPUT-NORMAL-3/3					
1st Dataset		2nd Dataset		3rd Dataset	
True recognitions	186	True recognitions	199	True recognitions	195
False recognitions	14	False recognitions	1	False recognitions	5
TestTarget		TestTarget		TestTarget	
Efficient	11	Efficient	6	Efficient	12
Semi-efficient	5	Semi-efficient	2	Semi-efficient	3
Inefficient	184	Inefficient	192	Inefficient	185
Trainednet		Trainednet		Trainednet	
Efficient	12	Efficient	6	Efficient	10
True Efficient	7	True Efficient	6	True Efficient	10
False Efficient	5	False Efficient	0	False Efficient	0
Semi-efficient	4	Semi-efficient	1	Semi-efficient	0
True Semi-efficient	2	True Semi-efficient	1	True Semi-efficient	0
False Semi-efficient	2	False Semi-efficient	0	False Semi-efficient	0
Inefficient	184	Inefficient	193	Inefficient	190
True inefficient	177	True inefficient	192	True inefficient	185
False inefficient	7	False inefficient	1	False inefficient	5
Unclassified	0	Unclassified	0	Unclassified	0

Πίνακας 115: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 3 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TNA

BCC-INPUT-NORMAL-3/4					
1st Dataset		2nd Dataset		3rd Dataset	
True recognitions	182	True recognitions	185	True recognitions	182
False recognitions	18	False recognitions	15	False recognitions	18
TestTarget		TestTarget		TestTarget	
Efficient	20	Efficient	23	Efficient	18
Semi-efficient	6	Semi-efficient	2	Semi-efficient	5
Inefficient	174	Inefficient	175	Inefficient	177
Trainednet		Trainednet		Trainednet	
Efficient	15	Efficient	13	Efficient	12
True Efficient	10	True Efficient	12	True Efficient	10
False Efficient	5	False Efficient	1	False Efficient	2
Semi-efficient	4	Semi-efficient	3	Semi-efficient	6
True Semi-efficient	3	True Semi-efficient	1	True Semi-efficient	1
False Semi-efficient	1	False Semi-efficient	2	False Semi-efficient	5
Inneficient	181	Inneficient	184	Inneficient	182
True inefficient	169	True inefficient	172	True inefficient	171
False inefficient	12	False inefficient	12	False inefficient	11
Unclassified	0	Unclassified	0	Unclassified	0

Πίνακας 116: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-2 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TNA

BCC-INPUT-NORMAL-4/2					
1st Dataset		2nd Dataset		3rd Dataset	
True recognitions	178	True recognitions	185	True recognitions	172
False recognitions	22	False recognitions	15	False recognitions	28
TestTarget		TestTarget		TestTarget	
Efficient	19	Efficient	20	Efficient	14
Semi-efficient	6	Semi-efficient	8	Semi-efficient	3
Inefficient	175	Inefficient	172	Inefficient	183
Trainednet		Trainednet		Trainednet	
Efficient	15	Efficient	16	Efficient	179
True Efficient	9	True Efficient	13	True Efficient	3
False Efficient	6	False Efficient	3	False Efficient	13
Semi-efficient	3	Semi-efficient	7	Semi-efficient	3
True Semi-efficient	0	True Semi-efficient	4	True Semi-efficient	0
False Semi-efficient	3	False Semi-efficient	3	False Semi-efficient	3
Inneficient	182	Inneficient	177	Inneficient	181
True inefficient	169	True inefficient	168	True inefficient	169
False inefficient	13	False inefficient	9	False inefficient	12
Unclassified	0	Unclassified	0	Unclassified	0

Πίνακας 117: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-3 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TNA

BCC-INPUT-NORMAL-4/3					
1st Dataset		2nd Dataset		3rd Dataset	
True recognitions	196	True recognitions	180	True recognitions	179
False recognitions	4	False recognitions	20	False recognitions	21
TestTarget		TestTarget		TestTarget	
Efficient	10	Efficient	20	Efficient	24
Semi-efficient	2	Semi-efficient	7	Semi-efficient	5
Inefficient	188	Inefficient	173	Inefficient	171
Trainednet		Trainednet		Trainednet	
Efficient	7	Efficient	14	Efficient	18
True Efficient	7	True Efficient	12	True Efficient	14
False Efficient	0	False Efficient	2	False Efficient	4
Semi-efficient	1	Semi-efficient	4	Semi-efficient	6
True Semi-efficient	1	True Semi-efficient	0	True Semi-efficient	1
False Semi-efficient	0	False Semi-efficient	4	False Semi-efficient	5
Inneficient	192	Inneficient	182	Inneficient	176
True inefficient	188	True inefficient	168	True inefficient	164
False inefficient	4	False inefficient	14	False inefficient	12
Unclassified	0	Unclassified	0	Unclassified	0

Πίνακας 118: Αποτελέσματα προσομοίωσης BCC-input μοντέλου με 4 εισροές-4 εκροές από κανονική κατανομή (κατηγοριοποίηση)-RBF TNA

BCC-INPUT-NORMAL-4/4					
1st Dataset		2nd Dataset		3rd Dataset	
True recognitions	190	True recognitions	172	True recognitions	184
False recognitions	10	False recognitions	28	False recognitions	16
TestTarget		TestTarget		TestTarget	
Efficient	19	Efficient	26	Efficient	24
Semi-efficient	4	Semi-efficient	11	Semi-efficient	8
Inefficient	177	Inefficient	163	Inefficient	168
Trainednet		Trainednet		Trainednet	
Efficient	15	Efficient	22	Efficient	17
True Efficient	14	True Efficient	15	True Efficient	15
False Efficient	1	False Efficient	7	False Efficient	2
Semi-efficient	3	Semi-efficient	2	Semi-efficient	3
True Semi-efficient	1	True Semi-efficient	0	True Semi-efficient	2
False Semi-efficient	2	False Semi-efficient	2	False Semi-efficient	1
Inneficient	182	Inneficient	176	Inneficient	180
True inefficient	175	True inefficient	157	True inefficient	167
False inefficient	7	False inefficient	19	False inefficient	13
Unclassified	0	Unclassified	0	Unclassified	0

5.7. Συγκεντρωτικοί πίνακες σωστών αναγνώρισεων

Πίνακας 119: Συγκεντρωτικός πίνακας σωστών αναγνώρισεων - RBF - regression

Uniform	CCR input			CCR output			BCC input			BCC output			ADDITIVE		
	1st dataset	2nd dataset	3rd dataset	1st dataset	2nd dataset	3rd dataset	1st dataset	2nd dataset	3rd dataset	1st dataset	2nd dataset	3rd dataset	1st dataset	2nd dataset	3rd dataset
2 inputs-2 outputs	23	23	37	24	14	31	20	50	17	67	60	61	21	93	87
2 inputs-3 outputs	18	38	36	42	32	6	42	47	74	60	67	55	98	97	74
2 inputs-4 outputs	31	22	36	24	15	19	35	38	38	67	77	78	55	93	49
3 inputs-2 outputs	59	45	32	52	77	9	43	53	46	60	64	59	24	72	21
3 inputs-3 outputs	42	24	16	61	18	24	42	42	60	62	61	49	80	72	76
3 inputs-4 outputs	33	80	50	77	26	23	55	58	39	81	56	67	84	71	34
4 inputs-2 outputs	28	29	38	26	31	21	43	41	42	50	59	57	98	36	87
4 inputs-3 outputs	45	53	29	49	47	27	47	47	35	73	71	53	50	93	46
4 inputs-4 outputs	45	28	31	54	31	31	78	52	48	77	66	64	83	46	61
Normal															
2 inputs-2 outputs	114	11	87	36	82	88	57	67	114	34	111	77	98	97	50
2 inputs-3 outputs	87	84	68	55	31	55	76	49	70	70	30	42	23	84	11
2 inputs-4 outputs	30	24	55	70	22	12	53	27	75	29	58	34	74	25	23
3 inputs-2 outputs	107	46	63	49	37	48	29	57	30	73	111	75	24	42	45
3 inputs-3 outputs	32	48	87	34	35	27	54	16	32	48	58	47	74	24	66
3 inputs-4 outputs	30	35	31	29	35	23	36	78	46	33	38	48	28	57	29
4 inputs-2 outputs	38	33	40	23	23	74	45	60	69	57	94	49	35	72	100
4 inputs-3 outputs	53	22	79	44	31	48	37	47	44	44	48	51	68	31	46
4 inputs-4 outputs	50	51	61	43	54	61	72	30	86	72	63	78	41	58	28
Cobb-Douglas															
2 inputs-1 output	105	56	78	100	21	59	99	71	100	100	100	99	-	-	-
3 inputs-1 output	77	93	97	62	18	77	103	76	98	86	95	81	-	-	-
4 inputs-1 output	29	71	71	74	4	55	55	92	89	71	64	91	-	-	-
Translog															
2 inputs-2 outputs	71	36	53	49	43	43	39	63	50	46	40	51	-	-	-

Πίνακας 120: Συγκεντρωτικός πίνακας σωστών αναγνώρισεων - RBF - classification

Normal	BCC input		
	1st dataset	2nd dataset	3rd dataset
2 inputs-2 outputs	200	200	199
2 inputs-3 outputs	195	199	196
2 inputs-4 outputs	190	185	195
3 inputs-2 outputs	190	189	198
3 inputs-3 outputs	186	199	195
3 inputs-4 outputs	182	185	182
4 inputs-2 outputs	178	185	172
4 inputs-3 outputs	196	180	179
4 inputs-4 outputs	190	172	184

6. Συμπεράσματα

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων αποτελεί μια σπουδαία μη-παραμετρική μέθοδο εκτίμησης της αποδοτικότητας ομοειδών αντικειμένων σε ένα κλειστό σύστημα. Παρόλα αυτά, σε σύνολα με μεγάλο πλήθος αντικειμένων και με πολλές εισροές και εκροές, η αποτίμηση της αποδοτικότητας είναι αρκετά χρονοβόρα και χρειάζεται αρκετούς υπολογιστικούς πόρους που ακόμα και ένας υπερσύγχρονος υπολογιστής αδυνατεί να καλύψει.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια μελέτη μοντελοποίησης της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα. Τα ΤΝΔ όμοια με την ΠΑΔ είναι μη παραμετρικά. Παρόλα αυτά, έχουν τη δυνατότητα της εκπαίδευσης και γενίκευσης και απαιτούν πολύ λιγότερους υπολογιστικούς πόρους.

Ως παραμέτρους της μοντελοποίησης λάβαμε υπόψη μας τα βασικά μοντέλα της ΠΑΔ, το προσανατολισμό τους είτε προς τις εισροές ή εκροές καθώς και το πλήθος των μεταβλητών που μπορούν να έχουν οι μονάδες απόφασης του συνόλου. Επιπλέον, με στόχο την αντικειμενικότερη ορθότητα των αποτελεσμάτων λάβαμε υπόψη μας και διαφορετικά μοντέλα παραγωγής δεδομένων.

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν πολυστρωματικά ΤΝΔ, με την τροφοδότηση των σημάτων να επιτυγχάνεται από το στρώμα εισόδου προς το στρώμα εξόδου και εκπαιδευμένα με τη μέθοδο της οπισθοδιάδοσης. Λάβαμε υπόψη μας αρκετούς συνδιασμούς κρυφών στρωμάτων και πλήθους νευρώνων και για την καλύτερη εκπαίδευση του ΤΝΔ χρησιμοποιήθηκε δυναμικός ρυθμός εκπαίδευσης, ώστε κατά την εκπαίδευση να αποφευχθεί η τιμή του σφάλματος να πέσει σε κάποιο τοπικό μέγιστο. Επιπλέον για να αποφευχθεί η περίπτωση “υπερεκπαίδευσης” κάθε φορά επιλεγόταν ένα υποσύνολο του συνόλου εκπαίδευσης με σκοπό να ελέγχεται η γενίκευση του ΤΝΔ. Όταν το ΤΝΔ έφτανε σε σημείο που η γενίκευση του δεν βελτιωνόταν περαιτέρω, τότε η εκπαίδευση σταματούσε. Παρόλα αυτά σε όλες τις περιπτώσεις η τοπολογία αυτή των ΤΝΔ απέτυχε να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα και συγκρίσιμα με τα αποτελέσματα της ΠΑΔ, τόσο όσον αφορά στην εκτίμηση της αποδοτικότητας των μονάδων απόφασης, όσο και στην κατηγοριοποίηση των μονάδων.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν ΤΝΔ συναρτήσεων ακτινικής βάσης. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ καλύτερα, παρόλα αυτά δεν ήταν αρκετά ικανοποιητικά σχετικά με την εκτίμηση της αποδοτικότητας των μονάδων απόφασης. Όσον αφορά στα μοντέλα προσανατολισμένα προς τις εισροές τα σφάλματα αρκετές φορές ήταν αρκετά χαμηλά. Υπήρξαν περιπτώσεις όπου τα 5/8 των μονάδων απόφασης του συνόλου παρουσίαζαν σφάλμα μικρότερο του 0.02. Παρόλα αυτά, ο βαθμός συσχέτισης παρέμενε αρκετά χαμηλός. Ορισμένες φορές τύχαινε να έχει ακόμα και αρνητικές τιμές (-0.2), ενώ δεν ξεπερνούσε τη τιμή 0.2. Στο additive μοντέλο τα σφάλματα που παρουσιάστηκαν ήταν αρκετά μεγαλύτερου βαθμού. Παρόλα αυτά, παρουσιάστηκε ικανοποιητικότερος βαθμός συσχέτισης (μέγιστη τιμή 0.3). Αυτό, προφανώς, οφείλεται στο γεγονός ότι η αποδοτικότητα σύμφωνα με το additive μοντέλο παρουσιάζει μεγαλύτερο εύρος και σε σχέση με τα υπόλοιπα βασικά μοντέλα της ΠΑΔ. Οπότε σφάλματα μικρής τάξης μπορεί να μην επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη διάταξη των μονάδων σύμφωνα με την αποδοτικότητα τους.

Όσον αφορά στην ταξινόμηση των μονάδων απόφασης, τα ΤΝΔ με συναρτήσεις ακτινικής βάσης ήταν αρκετά θετικά. Μάλιστα στις περιπτώσεις όπου οι μονάδες απόφασης είχαν 2 εισροές και εκροές αντίστοιχα, το ΤΝΔ κατάφερε να τις ταξινομήσει σχεδόν με απόλυτη ακρίβεια. Στα σύνολα δεδομένων περισσότερο πλήθους μεταβλητών τα σφάλματα ταξινόμησης σταδιακά αυξάνονται. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα τα θεωρούμε επίσης ικανοποιητικά.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής παρατηρήσαμε ότι τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων τις περισσότερες φορές δεν ήταν συγκρίσιμα με αυτά της ΠΑΔ. Παρόλα αυτά, πιστεύουμε ότι περαιτέρω έρευνα σε αυτό το επιστημονικό πεδίο θα μπορέσει να είναι κερδοφόρα, επιτυγχάνοντας αποτελέσματα ικανοποιητικά και συγκρίσιμα με αυτά της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.

7.Μελλοντικές Προτάσεις

Όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη ενότητα τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που παρουσιάστηκαν σε αυτή την εργασία δεν ήταν πάντα ενθαρρυντικά. Παρόλα αυτά, περαιτέρω έρευνα θα μπορούσε να φανεί αρκετά εποικοδομητική στο συγκεκριμένο πεδίο.

Αρχικά πιστεύουμε ότι η έρευνα θα μπορούσε να συνεχιστεί και σε περαιτέρω τοπολογίες ΤΝΔ ή ακόμα και να προσανατολιστεί σε αναδρομικά ΤΝΔ καθώς και στη μελέτη των παραμέτρων των τοπολογιών τους.

Ένα επιπλέον αρκετά ενδιαφέρον θέμα θα ήταν η μελέτη της επιλογής του συνόλου εκπαίδευσης. Στην παρούσα εργασία το σύνολο εκπαίδευσης περιείχε τις μονάδες απόφασης οι οποίες είχαν τουλάχιστον μια μέγιστη ή ελάχιστη τιμή στις μεταβλητές τους και οι υπόλοιπες μονάδες επιλέγονταν τυχαία. Επιπλέον, μια από τις βασικότερες δυσκολίες προσομοίωσης της ΠΑΔ με ΤΝΔ αποτελεί το γεγονός ότι η αποδοτικότητα μιας μονάδας απόφασης κατά την ΠΑΔ, είναι σχετική με το σύνολο στο οποίο ανήκει. Έτσι κατ' αυτό τον τρόπο, όταν τροποποιείται το σύνολο στο οποίο ανήκει η μονάδα απόφασης, η αποδοτικότητα της αλλάζει. Παρόλα αυτά, ο βαθμός της αποδοτικότητας μιας μονάδας εξαρτάται ουσιαστικά από τις αποδοτικές μονάδες. Κατ' αυτό τον τρόπο, λοιπόν, σχετικά με την εκτίμηση της αποδοτικότητας, προτείνουμε να μελετηθεί η μοντελοποίηση κατά τέτοιο τρόπο ώστε, το σύνολο εκπαίδευσης να περιέχει (σχεδόν) όλες τις αποδοτικές μονάδες. Σαφώς σ' ένα σύνολο δεδομένων αρκετά μεγάλου πλήθους μονάδων, η εύρεση των αποδοτικών μονάδων φαίνεται αδύνατη. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων με στόχο την ταξινόμηση των μονάδων απόφασης σε αποδοτικές, ημι-αποδοτικές και μη-αποδοτικές ήταν αρκετά ενθαρρυντικά. Για το λόγο αυτό, όσον αφορά στη χρήση ΤΝΔ για την εκτίμηση της αποδοτικότητας των μονάδων του συνόλου, προτείνουμε αρχικά να χρησιμοποιηθεί το ΤΝΔ για ταξινόμηση των μονάδων. Στη συνέχεια, να επιλεγθούν οι αποδοτικές και ημι-αποδοτικές μονάδες και να συμπεριληφθούν στο σύνολο εκπαίδευσης, δίχως βέβαια να αλλάξει η αναλογία του συνολικού πλήθους των μονάδων ανά του πλήθους των μονάδων που έχουν επιλεγεί για εκπαίδευση.

Περαιτέρω, η έρευνα θα μπορούσε να προσανατολιστεί στο συνδυασμό γεννητικών αλγορίθμων με ΤΝΔ. Η σκέψη είναι πώς, όταν πρόκειται να χειριστούμε πραγματικά δεδομένα, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τους γεννητικούς αλγόριθμους με στόχο τη συσταδοποίηση των δεδομένων του συνόλου. Επιλέγοντας γεννητικούς αλγόριθμους δημιουργούνται οι βέλτιστου πλήθους συστάδες, τις οποίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την εκπαίδευση του ΤΝΔ εξασφαλίζοντας καλύτερη ομοιογένεια στα σύνολα εκπαίδευσης.

Κλείνοντας, ένα ακόμα ενδιαφέρον θέμα θα μπορούσε να αποτελέσει η μοντελοποίηση της ΠΑΔ, αφού πρώτα έχει μειωθεί το πλήθος των μεταβλητών των μονάδων απόφασης, χωρίς βέβαια να έχει χαθεί πολύτιμη πληροφορία. Οι Ueda και Hoshiai (1997) και Adler και Golany (2001,2002) συνδύασαν την ΠΑΔ (DEA) με την PCA (Principal Component Analysis), με στόχο τη μείωση της διάστασης των μεταβλητών. Στα άρθρα τους προτείνεται ότι οι μεταβλητές μπορούν να χωριστούν σε κλάσεις με βάση τη λογική τους σύνθεση και στη συνέχεια κάθε κλάση να αντικατασταθεί από αντιπροσωπευτικά στοιχεία, δίχως να χάνεται σημαντική πληροφορία. Έτσι, λοιπόν, εκτιμούμε ότι θα είχε αρκετό ενδιαφέρον να μελετηθεί ο συνδυασμός της PCA-DEA με ΤΝΔ σε σύνολα αρκετά μεγάλου πλήθους μονάδων απόφασης και μεταβλητών και να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά της ΠΑΔ.

8.Βιβλιογραφία-Αναφορές

1. Ben Krose, Patrick van der smagt (1996). An introduction to Neural Networks (8th edition), *The University of Amsterdam*.
2. Christian P. Robert, George Casella (2004). Monte Carlo Statistical Methods (2nd edition), *Springer*.
3. Cristopher M. Bishop (2002). Neural Networks for Pattern Recognition. *Oxford University Press*.
4. K.-L. Du and M.N.S. Swamy (2006). Neural Networks in a soft computing framework, *Springer*.
5. Madan M. Gupta, Liang Jin and Noriyasu Homma (2003). Static and Dynamic Neural Networks, From Fundamentals to Advanced Theory, *IEEE*.
6. Michael A. Arbib (2003). The Handbook of Brain Theory and Neural Networks (2nd edition), *The MIT Press*.
7. William W. Cooper, Lawrence M. Seiford and Kaoru Tone (2007). Data Envelopment Analysis(2nd edition), *Springer*.
8. Δημήτρης Κ. Δεσπότης (2009). Αποτίμηση Αποδοτικότητας Συστημάτων. Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων. Σημειώσεις Μεταπτυχιακού προγράμματος Σπουδών “Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής” Πανεπιστημίου Πειραιώς.
9. A. Azadeh, M. Saberi, M. Anvari and M. Mohamadi (2009). An integrated artificial neural network-genetic algorithm clustering ensemble for performance assessment of decision making units. *Springer Science+Business Media, LLC*.
10. Ali Emrouznejad, Estelle Shale (2009). A combined neural network and DEA for measuring efficiency of large scale datasets. *Computers & Industrial Engineering* 56, 249-254.
11. Ali Emrouznejad, Abdel Latef Anouze (2009). A note on the modeling the efficiency of top Arab banks. *Expert Systems with Applications* 36, 5741-5744.
12. Antreas D. Athanopoulos and Stephen P. Curram (1996). A Comparison of Data Envelopment Analysis and Artificial Neural Networks as Tools for Assessing the Efficiency of Decision Making Units. *The Journal of the Operational Research Society* 47, 1000-1016.
13. Cobb, C. W. and P. H. Douglas (1928). A theory of production. *American Economic Review* 18(1), 139-165.
14. Daniel Santin Gonzalez and Aurelia Valino Castro (2001). Comparing neural networks and efficiency techniques in non-linear productions functions. *Seventh European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis*.
15. E. Thanassoulis (1993). A Comparison of Regression Analysis and Data Envelopment Analysis as Alternative Methods for Performance Assessments. *The Journal of the Operational Research Society, Vol 44, No 11, pp 1129-1144*.
16. J.H. Dula (2008). A computational study of DEA with massive data sets. *Computers & Operations Research* 35, 1191-1203.
17. John Ruggiero (2003). Comment on estimating School efficiency. *Economics of Education Review* 22, 631-634.
18. Mohamed M. Mostafa (2009). Modeling the efficiency of top Arab banks: A DEA-neural network approach. *Expert Systems with Applications* 36, 309-320.
19. Nicole Adler, Ekaterina Yazhemsy (2009). Improving discrimination in data envelopment analysis: PCA-DEA or variable reduction. *European Journal of Operational Research*.
20. Rajin D. Banker, Vandana M. Gadh and Wilpen L. Gorr (1993). A Monte Carlo comparison of two production frontier estimation methods: Corrected ordinary least squares and data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research* 67, 332-343.
21. Robert Bifulco, Stuart Bretschneider (2000). Estimating school efficiency. A comparison of methods using simulated data. *Economics of Education Review* 20, 417-429.
22. Sergio Perelman, Daniel Santin (2009). How to generate regularly behaved production data? A Monte Carlo experimentation on DEA scale efficiency measurement. *European Journal of Operational Research* 199, 303-310.
23. W. Bowlin, A.Charnes, W. Cooper and H Sherman (1985). Data envelopment analysis and regression approaches to efficiency estimation and evaluation. *Annals of Operations Research* 2, 113-138.