



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**Τίτλος εργασίας : Ανασκόπηση του ANFIS στην
πρόβλεψη**

Ονοματεπώνυμο: Ιωάννης Θεοδωρακόπουλος

Επιβλέπων καθηγητής : Ατσαλάκης Γεώργιος

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	3
Εισαγωγή	5
Θεωρητικό υπόβαθρο	6
<i>Τεχνητή νοημοσύνη</i>	6
<i>Ιστορικό</i>	8
<i>Σχολές σκέψης</i>	12
<i>1. Τι είναι το ANFIS</i>	13
<i>2. Αρχιτεκτονική ANFIS</i>	14
<i>3. Περιορισμοί του ANFIS</i>	16
Αποτελέσματα	17
<i>Ανάλυση Έρευνας (Πίνακας 1)</i>	72
<i>Ανάλυση Έρευνας (Πίνακας 2)</i>	111
Συμπεράσματα	115
Βιβλιογραφία	118
Παράρτημα	134

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με στήριξαν και με βοήθησαν να ολοκληρώσω τις σπουδές μου στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Καταρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γ. Ατσαλάκη, ο οποίος μου έδωσε τη δυνατότητα και τις γνώσεις να ασχοληθώ με το πολύ ενδιαφέρον θέμα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης του adapting neuro-fuzzy inference system (ANFIS). Η καθοδήγηση, η βοήθεια και η υπομονή του ήταν καθοριστικής σημασίας για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας και της περάτωσης των σπουδών μου.

Επίσης ευχαριστώ τα μέλη της επιτροπής, Μουστάκη Βασίλη και Τσαφαράκη Στέλιο, για τη βοήθεια και το χρόνο που διέθεσαν, για την ανάγνωση και τη βελτίωση της εργασίας αυτής. Καθώς και όλους τους καθηγητές του τμήματος, για τις γνώσεις που μου μετέφεραν, κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και όλους τους φίλους μου.

Περίληψη

Η προκείμενη διπλωματική εργασία καταπιάνεται με το προσαρμοστικό νευρο-ασαφές σύστημα ασαφούς συμπερασμού (ANFIS) και περιλαμβάνει μια καταγραφή από επιστημονικά άρθρα που χρησιμοποίησαν το εργαλείο αυτό για την εύρεση χρηστικών λύσεων σε τομείς της καθημερινότητας. Το ANFIS είναι ένα είδος τεχνητού νευρωνικού δικτύου συνδυασμένο με ασαφή λογική, που δημιουργήθηκε στις αρχές του 1990 με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων μέσω κάποιων παραμέτρων που βελτιστοποιούνται με βάση τα δεδομένα των μεταβλητών των εισόδων και της εξόδου. Αποτελεί εργαλείο του γνωστού προγράμματος matlab και χρησιμοποιεί παραμέτρους λειτουργίες, κανόνες, και συναρτήσεις για να εξάγει ένα αποτέλεσμα. Στην εργασία πραγματοποιήθηκε η καταγραφή διακοσίων επιστημονικών άρθρων που περιλάμβαναν τη χρήση του ANFIS για την εξαγωγή συμπερασμάτων σε πολλούς τομείς της κοινωνίας μας όπως η οικονομία, η ιατρική, η μηχανολογία, το περιβάλλον κ.α. Δημιουργήθηκαν δύο πίνακες στους οποίους έγινε ομαδοποίηση κάποιων δεδομένων. Ο πρώτος περιείχε τα εξής: 1) Συγγραφείς-χρόνος εργασίας, 2) Τομέας που μελετήθηκε, 3) Δεδομένα εισόδου, 4) Προ επεξεργασία δεδομένων, 5) Μέγεθος δείγματος, 6) Συναρτήσεις μεταφοράς, 7) Σύνολο επικύρωσης. Ο δεύτερος περιείχε τα παρακάτω πεδία: 1) Συγγραφείς-χρόνος

εργασίας, σύγκριση με τα εξής μοντέλα: 2) ANN(τεχνητό νευρωνικό δίκτυο), 3) LR,MLR (γραμμική παλινδρόμηση, πολύ-γραμμική παλινδρόμηση), 4) ARMA/ARIMA (αυτοπαλινδρόμησης κινητού μέσου όρου μοντέλα), 5) GA(γενετικός αλγόριθμος), 6) RW(μοντέλο τυχαίας διαδρομής), 7) B&H(στρατηγική αγοράς και κατοχής εμπορικών συναλλαγών), 8) άλλες παραλλαγές του ANFIS, 9) Μέτρα απόδοσης μοντέλου.

Εισαγωγή

Η καταγραφή περιείχε 200 επιστημονικά άρθρα και η περιελάμβανε τη χρήση του ANFIS για την πρόβλεψη στην καθημερινή μας ζωή. Ο σκοπός είναι η ενημέρωση του κοινού για την αποτελεσματικότητα της χρήσης του ANFIS σε διάφορα επιστημονικά πεδία. Για τους σκοπούς της εργασίας δημιουργήθηκαν δύο πίνακες, ο πρώτος εκ των οποίων περιλαμβάνει επτά πεδία.

Αρχικά βρέθηκε ο δημιουργός του άρθρου και η χρονολογία δημοσίευσής του στο διαδίκτυο. Από την συλλογή φάνηκε ότι τα περισσότερα εξ' αυτών δημοσιεύτηκαν το 2011. Στη συνέχεια μελετήθηκε ο τομέας που εντάσσεται καθένα από τα άρθρα, με τον τομέα του περιβάλλοντος να κυριαρχεί. Επόμενο πεδίο διερεύνησης ήταν οι μεταβλητές εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν. Η θερμοκρασία ήταν αυτή που συναντήθηκε σε περισσότερα άρθρα. Αναζητήσαμε, έπειτα, την ύπαρξη ή όχι προ επεξεργασίας των δεδομένων. Στα περισσότερα άρθρα δεν έχει γίνει προ επεξεργασία. Ερευνήσαμε το μέγεθος του δείγματος στα 200 άρθρα. Τα πιο πολλά είχαν χρονική αναφορά σχετικά με την αρχή και το τέλος της έρευνας που πραγματοποιήθηκε για την υλοποίησή τους. Η συνάρτηση μεταφοράς που συναντήθηκε κατά κόρον είναι η gauss. Τελευταίο πεδίο αναζήτησης είναι ο έλεγχος εγκυρότητας που πραγματοποιήθηκε στα πιο πολλά άρθρα. Στον δεύτερο πίνακα εξετάστηκαν τα δημιουργημένα μοντέλα, με τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANN) να καταλαμβάνουν την μερίδα του λέοντος. Τελευταίο πεδίο ήταν τα μέτρα απόδοσης μοντέλου. Η ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος χρησιμοποιήθηκε στην πλειοψηφία των άρθρων.

Θεωρητικό υπόβαθρο

Τεχνητή νοημοσύνη

Ο όρος τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται στον κλάδο της πληροφορικής ο οποίος ασχολείται με τη σχεδίαση και την υλοποίηση υπολογιστικών συστημάτων που μιμούνται στοιχεία της ανθρώπινης συμπεριφοράς τα οποία υπονοούν έστω και στοιχειώδη ευφυΐα: μάθηση, προσαρμοστικότητα, εξαγωγή συμπερασμάτων, κατανόηση από συμφραζόμενα, επίλυση προβλημάτων κλπ. Ο Τζον Μακάρθι όρισε τον τομέα αυτόν ως «επιστήμη και μεθοδολογία της δημιουργίας νοούντων μηχανών».

Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί σημείο τομής μεταξύ πολλαπλών επιστημών όπως της πληροφορικής, της ψυχολογίας, της φιλοσοφίας, της νευρολογίας, της γλωσσολογίας και της επιστήμης μηχανικών, με στόχο τη σύνθεση ευφυούς συμπεριφοράς, με στοιχεία συλλογιστικής, μάθησης και προσαρμογής στο περιβάλλον, ενώ συνήθως εφαρμόζεται σε μηχανές ή υπολογιστές ειδικής κατασκευής. Διαιρείται στη συμβολική τεχνητή νοημοσύνη, η οποία επιχειρεί να εξομοιώσει την ανθρώπινη νοημοσύνη *αλγοριθμικά* χρησιμοποιώντας σύμβολα και λογικούς κανόνες *υψηλού επιπέδου*, και στην υποσυμβολική τεχνητή νοημοσύνη, η οποία προσπαθεί να αναπαράγει την ανθρώπινη ευφυΐα χρησιμοποιώντας *στοιχειώδη αριθμητικά μοντέλα* που συνθέτουν επαγωγικά νοήμονες συμπεριφορές με τη διαδοχική αυτοοργάνωση απλούστερων δομικών συστατικών («συμπεριφορική τεχνητή νοημοσύνη»), προσομοιώνουν πραγματικές βιολογικές διαδικασίες όπως η εξέλιξη των ειδών και η λειτουργία του εγκεφάλου («υπολογιστική νοημοσύνη»), ή αποτελούν εφαρμογή στατιστικών μεθοδολογιών σε προβλήματα ΤΝ.

Στην κινηματογραφική ταινία επιστημονικής φαντασίας 2001: Η οδύσσεια του διαστήματος (1968) κεντρικό ρόλο στην πλοκή παίζει ένας νοήμων ηλεκτρονικός υπολογιστής. Στην εικόνα φαίνεται το τεχνητό «μάτι» (μία βιντεοκάμερα) με το οποίο ο υπολογιστής κατασκοπεύει το ανθρώπινο πλήρωμα του διαστημοπλοίου όπου είναι εγκατεστημένος.

Η διάκριση σε συμβολικές και υποσυμβολικές προσεγγίσεις αφορά τον χαρακτήρα των χρησιμοποιούμενων εργαλείων, ενώ δεν είναι σπάνια η σύζευξη πολλαπλών προσεγγίσεων (διαφορετικών συμβολικών, υποσυμβολικών, ή ακόμα συμβολικών και

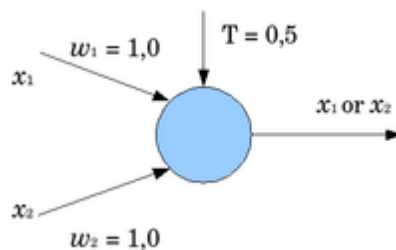
υποσυμβολικών μεθόδων) κατά την προσπάθεια αντιμετώπισης ενός προβλήματος. Με βάση τον επιθυμητό επιστημονικό στόχο η TN κατηγοριοποιείται σε άλλου τύπου ευρείς τομείς, όπως επίλυση προβλημάτων, μηχανική μάθηση, ανακάλυψη γνώσης, συστήματα γνώσης κλπ. Επίσης υπάρχει επικάλυψη με συναφή επιστημονικά πεδία όπως η μηχανική όραση, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας ή η ρομποτική, τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν μες στο ευρύτερο πλαίσιο της σύγχρονης τεχνητής νοημοσύνης ως ανεξάρτητα πεδία της.

Η λογοτεχνία και ο κινηματογράφος επιστημονικής φαντασίας από τη δεκαετία του 1920 μέχρι σήμερα έχουν δώσει στο ευρύ κοινό την αίσθηση ότι η TN αφορά την προσπάθεια κατασκευής μηχανικών ανδρειδών ή αυτοσυνείδητων προγραμμάτων υπολογιστή (*ισχυρή TN*), επηρεάζοντας μάλιστα ακόμα και τους πρώτους ερευνητές του τομέα. Στην πραγματικότητα οι περισσότεροι επιστήμονες της τεχνητής νοημοσύνης προσπαθούν να κατασκευάσουν λογισμικό ή πλήρεις μηχανές οι οποίες να επιλύουν με αποδεκτά αποτελέσματα ρεαλιστικά υπολογιστικά προβλήματα οποιουδήποτε τύπου (*ασθενής TN*), αν και πολλοί πιστεύουν ότι η εξομοίωση ή η προσομοίωση της πραγματικής ευφυΐας, η ισχυρή TN, πρέπει να είναι ο τελικός στόχος.

Η σύγχρονη τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί ένα από τα πλέον «μαθηματικοποιημένα» και ταχέως εξελισσόμενα πεδία της πληροφορικής. Σήμερα, ο τομέας αξιοποιεί περισσότερο υποσυμβολικές μεθόδους και εργαλεία καταγόμενα από τα εφαρμοσμένα μαθηματικά και τις επιστήμες μηχανικών, παρά από τη θεωρητική πληροφορική και τη μαθηματική λογική όπως συνέβαινε πριν το 1990. Σε ακαδημαϊκό επίπεδο η τεχνητή νοημοσύνη μελετάται επίσης από την ηλεκτρονική μηχανική, ενώ συνιστά ένα από τα σημαντικότερα θεμελιακά συστατικά του διεπιστημονικού γνωστικού πεδίου της γνωσιακής επιστήμης.

Ιστορικό

Κατά τη δεκαετία του 1940 εμφανίστηκε η πρώτη μαθηματική περιγραφή τεχνητού νευρωνικού δικτύου, με πολύ περιορισμένες δυνατότητες επίλυσης αριθμητικών προβλημάτων. Καθώς ήταν εμφανές ότι οι ηλεκτρονικές υπολογιστικές συσκευές που κατασκευάστηκαν μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ήταν ένα τελείως διαφορετικό είδος μηχανής από ό,τι προηγήθηκε, η συζήτηση για την πιθανότητα εμφάνισης μηχανών με νόηση ήταν στην ακμή της. Το 1950 ο μαθηματικός Άλαν Τούρινγκ, πατέρας της θεωρίας υπολογισμού και προπάτορας της τεχνητής νοημοσύνης, πρότεινε τη δοκιμή Τούρινγκ· μία απλή δοκιμασία που θα μπορούσε να εξακριβώσει αν μία μηχανή διαθέτει ευφυΐα. Η τεχνητή νοημοσύνη θεμελιώθηκε τυπικά ως πεδίο στη συνάντηση ορισμένων επιφανών Αμερικανών επιστημόνων του τομέα το 1956 (Τζον Μακάρθι, Μάρβιν Μίνσκι, Κλοντ Σάνον κλπ). Τη χρονιά αυτή παρουσιάστηκε για πρώτη φορά και το Logic Theorist, ένα πρόγραμμα το οποίο στηριζόταν σε συμπερασματικούς κανόνες τυπικής λογικής και σε ευρετικούς αλγορίθμους αναζήτησης για να αποδεικνύει μαθηματικά θεωρήματα.



Εικόνα 1. Διάγραμμα δομής και λειτουργίας του απλού τεχνητού νευρώνα. (Vlahavas, 2011)

Επόμενοι σημαντικοί σταθμοί ήταν η ανάπτυξη της γλώσσας προγραμματισμού LISP το 1958 από τον Μακάρθι, δηλαδή της πρώτης γλώσσας συναρτησιακού προγραμματισμού η οποία έπαιξε πολύ σημαντικό ρόλο στη δημιουργία εφαρμογών ΤΝ κατά τις επόμενες δεκαετίες, η εμφάνιση των γενετικών αλγορίθμων την ίδια χρονιά από τον Φρίντμπεργκ και η παρουσίαση του βελτιωμένου νευρωνικού δικτύου perceptron το '62 από τον Ρόσενμπλατ. Κατά τα τέλη της δεκαετίας του '60 όμως άρχισε ο χειμώνας της ΤΝ, μία εποχή κριτικής, απογοήτευσης και υποχρηματοδότησης των ερευνητικών προγραμμάτων καθώς όλα τα μέχρι τότε εργαλεία του χώρου ήταν κατάλληλα μόνο για την επίλυση εξαιρετικά απλών προβλημάτων. Στα μέσα του '70 ωστόσο προέκυψε μία αναθέρμανση του ενδιαφέροντος για τον τομέα λόγω των εμπορικών εφαρμογών που απέκτησαν τα

έμπειρα συστήματα, μηχανές ΤΝ με αποθηκευμένη γνώση για έναν εξειδικευμένο τομέα και δυνατότητα ταχείας εξαγωγής λογικών συμπερασμάτων, τα οποία συμπεριφέρονται όπως ένας άνθρωπος ειδικός στον αντίστοιχο τομέα. Παράλληλα έκανε την εμφάνισή της η γλώσσα λογικού προγραμματισμού Prolog η οποία έδωσε νέα ώθηση στη συμβολική ΤΝ, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του '80 άρχισαν να υλοποιούνται πολύ πιο ισχυρά και με περισσότερες εφαρμογές νευρωνικά δίκτυα, όπως τα πολυεπίπεδα perceptron και τα δίκτυα Hopfield. Ταυτόχρονα οι γενετικοί αλγόριθμοι και άλλες συναφείς μεθοδολογίες αναπτύσσονταν πλέον από κοινού, κάτω από την ομπρέλα του εξελικτικού υπολογισμού.



Εικόνα 2. Παράδειγμα εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης σε βιντεοπαιχνίδι. (Vlahavas, 2011)

Τα βιντεοπαιχνίδια είναι μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης εδώ και δεκαετίες, αξιοποιώντας τις μεθόδους της για να παράσχουν ανταγωνισμό στον παίκτη.

Κατά τη δεκαετία του '90, με την αυξανόμενη σημασία του Internet, ανάπτυξη γνώρισαν οι ευφυείς πράκτορες, αυτόνομο λογισμικό ΤΝ τοποθετημένο σε κάποιο περιβάλλον με το οποίο αλληλεπιδρά, οι οποίοι βρήκαν μεγάλο πεδίο εφαρμογών λόγω της εξάπλωσης του Διαδικτύου. Οι πράκτορες στοχεύουν συνήθως στην παροχή βοήθειας στους χρήστες τους, στη συλλογή ή ανάλυση γιγάντιων συνόλων δεδομένων ή στην αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων εργασιών (π.χ. βλέπε διαδικτυακό ρομπότ), ενώ στους τρόπους κατασκευής και λειτουργίας τους συνοψίζουν όλες τις γνωστές μεθοδολογίες ΤΝ που αναπτύχθηκαν με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι σήμερα, όχι σπάνια, η ΤΝ ορίζεται ως η επιστήμη που μελετά τη σχεδίαση και υλοποίηση ευφυών πρακτόρων.

Επίσης τη δεκαετία του '90 η ΤΝ, κυρίως η μηχανική μάθηση και η ανακάλυψη γνώσης, άρχισε να επηρεάζεται πολύ από τη θεωρία πιθανοτήτων και τη στατιστική. Τα δίκτυα πεποιθήσεων υπήρξαν η αφετηρία αυτής της νέας μετακίνησης, που συνέδεσε τελικά την ΤΝ με τα πιο σχολαστικά μαθηματικά εργαλεία της στατιστικής και της επιστήμης μηχανικών, όπως τα κρυμμένα μαρκοβιανά μοντέλα και τα φίλτρα Κάλμαν. Αυτή η νέα πιθανοκρατική προσέγγιση έχει αυστηρά υποσυμβολικό χαρακτήρα, όπως και οι τρεις μεθοδολογίες οι οποίες κατηγοριοποιούνται κάτω από την ετικέτα της υπολογιστικής νοημοσύνης: τα νευρωνικά δίκτυα, ο εξελικτικός υπολογισμός και η ασαφής λογική.

Ακολουθούν οι πιο σπουδαίες στιγμές στην ιστορία της ΤΝ:

Χρόνος	Εξέλιξη
1950	Ο Άλαν Τούρινγκ περιγράφει τη δοκιμή Τούρινγκ, που επιδιώκει να εξετάσει την ικανότητα μιας μηχανής να συμμετάσχει απρόσκοπτα σε μια ανθρώπινη συνομιλία.
1951	Τα πρώτα προγράμματα ΤΝ γράφονται για τον υπολογιστή Ferranti Mark I στο Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ: ένα πρόγραμμα που παίζει ντάμα από τον Κρίστοφερ Στράκλι και ένα που παίζει σκάκι από τον Ντίτριχ Πρίντζ.
1956	Ο Τζον Μακάρθι πλάθει τον όρο «Τεχνητή Νοημοσύνη» ως κύριο θέμα της διάσκεψης του Ντάρτμουθ.
1958	Ο Τζον Μακάρθι εφευρίσκει τη γλώσσα προγραμματισμού Lisp.
1965	Ο Έντουαρτ Φάιγκενμπαουμ ξεκινά το Dendral, μια δεκαετή προσπάθεια ανάπτυξης λογισμικού που θα συμπεράνει τη μοριακή δομή οργανικών ενώσεων χρησιμοποιώντας ενδείξεις επιστημονικών οργάνων. Ήταν το πρώτο έμπειρο σύστημα (expert system).
1966	Ιδρύεται το Εργαστήριο Μηχανικής Νοημοσύνης στο Εδιμβούργο – το πρώτο από μια σημαντική σειρά εγκαταστάσεων που οργανώνονται από τον Ντόναλντ Μίτσι και άλλους.
1970	Αναπτύσσεται το Planner και χρησιμοποιείται στο SHRDLU, μια εντυπωσιακή επίδειξη αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή.
1971	Ξεκινά η εργασία πάνω στο σύστημα αυτόματης απόδειξης θεωρημάτων Boyer-Moore στο Εδιμβούργο.
1972	Η γλώσσα προγραμματισμού Prolog αναπτύσσεται από τον Αλάν Κολμεροέρ.

1973 Ρομπότ συναρμολόγησης «Φρέντι» στο Εδιμβούργο: ένα ευπροσάρμοστο σύστημα συναρμολόγησης που ελέγχεται από υπολογιστές.

1974 Ο Τέντ Σόρτλιφ γράφει τη διατριβή του για το πρόγραμμα MYCIN (Στάνφορντ), το οποίο κατέδειξε μια πολύ πρακτική προσέγγιση στην ιατρική διάγνωση που βασίζεται σε κανόνες, ενώ λειτουργεί ακόμα και με παρουσία αβεβαιότητας. Αν και δανείστηκε από το DENDRAL, οι δικές του συνεισφορές επηρέασαν έντονα το μέλλον των έμπειρων συστημάτων, ένα μέλλον με πολλαπλές εμπορικές εφαρμογές.

1991 Η εφαρμογή σχεδίασης ενεργειών DART χρησιμοποιείται αποτελεσματικά στον Α' Πόλεμο του Κόλπου και ανταμείβει 30 χρόνια έρευνας στην ΤΝ του Αμερικανικού Στρατού.

1994 Ντίκμανς και Ντάιμλερ-Μπενζ οδηγούν περισσότερο από 1000 km σε μια εθνική οδό του Παρισιού υπό συνθήκες βαρείας κυκλοφορίας και σε ταχύτητες ως και 130 km/ώρα. Επιδεικνύουν αυτόνομη οδήγηση σε ελεύθερες παρόδους, οδήγηση σε συνοδεία, αλλαγή παρόδων και αυτόματη προσπέραση άλλων οχημάτων.

1997 Ο υπολογιστής Deep Blue της IBM κερδίζει τον παγκόσμιο πρωταθλητή σκακιού Γκάρι Κασπάροφ.

1998 Κυκλοφορεί ο Φέρμι της Tiger Electronics και γίνεται η πρώτη επιτυχημένη εμφάνιση ΤΝ σε οικιακό περιβάλλον.

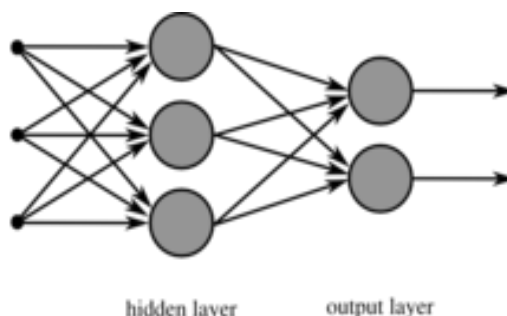
1999 Η Sony λανσάρει το AIBO, που είναι ένα από τα πρώτα αυτόνομα κατοικίδια ΤΝ.

2004 Η DARPA ξεκινά το πρόγραμμα DARPA Grand Challenge («Μεγάλη Πρόκληση DARPA»), που προκαλεί τους συμμετέχοντες να δημιουργήσουν αυτόνομα οχήματα για ένα χρηματικό βραβείο.

Σχολές σκέψης

Η συμβατική τεχνητή νοημοσύνη εμπλέκει μεθόδους μηχανικής μάθησης (machine learning), που χαρακτηρίζονται από αυστηρούς μαθηματικούς αλγόριθμους και στατιστικές μεθόδους ανάλυσης. Διακρίνεται σε:

- Έμπειρα ή Εξειδικευμένα συστήματα (Expert systems), που εφαρμόζουν προγραμματισμένες ρουτίνες λογικής, σχεδιασμένες αποκλειστικά για μία συγκεκριμένη εργασία, προκειμένου να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα. Για το σκοπό αυτό, διεξάγεται επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων γνωστών πληροφοριών.
- Λογική κατά περίπτωση (Case based reasoning). Η επίλυση ενός προβλήματος βασίζεται στην προηγούμενη επίλυση παρόμοιων προβλημάτων.
- Μπαϋεσιανά δίκτυα (Bayesian networks). Βασίζονται στη στατιστική ανάλυση για τη λήψη αποφάσεων.
- Συμπεριφορική τεχνητή νοημοσύνη (Behavior based AI). Μέθοδος τεμαχισμού της λογικής διαδικασίας και στη συνέχεια χειροκίνητης οικοδόμησης του αποτελέσματος.



Εικόνα 3. Διάγραμμα δομής ενός απλού τεχνητού νευρωνικού δικτύου δύο επιπέδων.
(Vlahavas, 2011)

Η υπολογιστική τεχνητή νοημοσύνη βασίζεται στη μάθηση μέσω επαναληπτικών διαδικασιών (ρύθμιση παραμέτρων). Η μάθηση βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα και σε μη-συμβολικές μεθόδους. Διακρίνεται σε:

- Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial neural networks) με πολύ ισχυρές δυνατότητες αναγνώρισης προτύπων (pattern recognition). Προσομοιάζουν τη λειτουργία των νευρώνων των εμβίων όντων.

- Συστήματα Ασαφούς λογικής (Fuzzy logic systems). Αποτελούν τεχνικές λήψης απόφασης κάτω από αβεβαιότητα. Βασίζονται στην ύπαρξη μη-αυστηρά διαχωρισμένων καταστάσεων, των οποίων η βαρύτητα λαμβάνεται υπόψη κατά περίπτωση. Υπάρχουν ήδη πολλές εφαρμογές των τεχνικών αυτών.
- Εξελικτική υπολογιστική (Evolutionary computation). Η ανάπτυξή τους προέκυψε από τη μελέτη των έμβιων οργανισμών και αφορούν σε έννοιες όπως του πληθυσμού, της μετάλλαξης και της φυσικής επιλογής (επιβίωση του πιο προσαρμοσμένου) για την ακριβέστερη επίλυση ενός προβλήματος. Οι μέθοδοι αυτοί μπορούν να διακριθούν περαιτέρω σε εξελικτικούς αλγόριθμους (evolutionary algorithms) και σε νοημοσύνης σμήνους (swarm intelligence), όπως πχ οι αλγόριθμοι που προσομοιάζουν τη συμπεριφορά μίας κοινωνίας μηρυγκιών.

1. Τι είναι το ANFIS

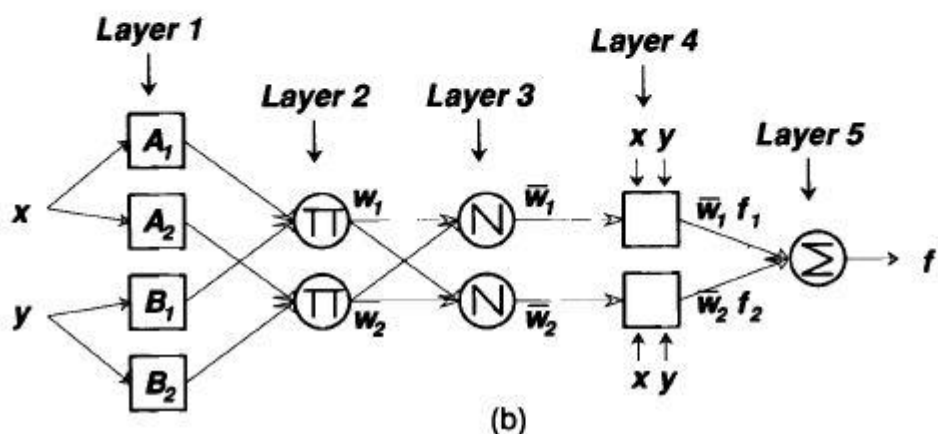
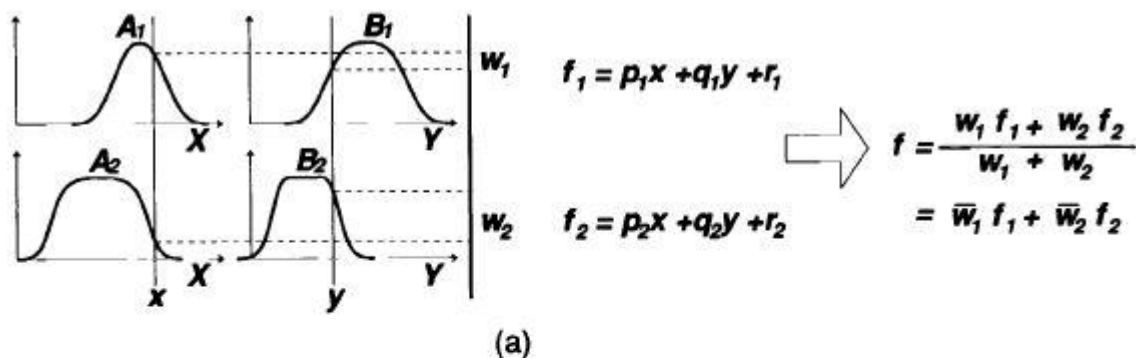
Ένα νευρο-ασαφές σύστημα ορίζεται ως ένας συνδυασμός τεχνητών νευρωνικών δικτύων (ANN) και Ασαφούς Συστήματος Συμπερασμού (Fuzzy Inference System, FIS) κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο αλγόριθμος εκμάθησης νευρωνικών δικτύων χρησιμοποιείται για να καθορίσει τις παραμέτρους του FIS. Το Προσαρμοστικό Νευροασαφές σύστημα συμπερασμού (Adaptive Neural Fuzzy Inference System, ANFIS) είναι ένα σύστημα που ανήκει στην νευρο-ασαφή κατηγορία.

Λειτουργικά, δεν υπάρχει σχεδόν κανένας περιορισμός στις συναρτήσεις κόμβων ενός προσαρμόσιμου (adaptive) δικτύου εκτός από τμήματα που μπορούν να διαφοριστούν (piecewise differentiability). Δομικά, ο μόνος περιορισμός της διαμόρφωσης δικτύων είναι ότι πρέπει να είναι τύπου πρόσθιας τροφοδότησης. Λόγω αυτού του μικρού περιορισμού, οι εφαρμογές του προσαρμόσιμου δικτύου είναι άμεσες και απέραντες σε διάφορους τομείς.

2. Αρχιτεκτονική ANFIS

Για απλότητα, υποθέτουμε ότι το ασαφές σύστημα συμπερασμού υπό εξέταση έχει δύο εισόδους x και y και τη z ως έξοδο. Για ένα πρώτης τάξης ασαφές μοντέλο, είναι ένας κοινός κανόνας με δύο ασαφείς if-then κανόνες που είναι οι εξής :

- **Κανόνας 1:** Εάν x είναι A_1 και y είναι B_1 , τότε $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$;
- **Κανόνας 2:** Εάν x είναι A_2 και y είναι B_2 , τότε $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$;



Σχήμα 1: (a) Ένα δύο εισόδων πρώτης τάξης Takagi-Sugeno ασαφές μοντέλο με δύο κανόνες; (b) Η αρχιτεκτονική του ANFIS. (Colton, 2013)

Σχήμα 1 (a) Απεικονίζει το μηχανισμό συλλογισμού για το μοντέλο Takagi-Sugeno; Η αντίστοιχη ισοδύναμη αρχιτεκτονική του ANFIS στο σχήμα 1(b), όπου οι κόμβοι του ίδιου επιπέδου έχουν παρόμοιες λειτουργίες, όπως περιγράφεται στη συνέχεια. (Εδώ συμβολίζουμε την έξοδο του i κόμβου στο στρώμα l σαν $O_{l,i}$)

Στρώμα 1: Κάθε κόμβος I σε αυτό το στρώμα είναι ένας προσαρμοστικός κόμβος με μία συνάρτηση κόμβου.

$$\begin{aligned} O_{1,i} &= \mu_{A_i}(x), & \text{for } i = 1, 2, \text{ or} \\ O_{1,i} &= \mu_{B_{i-2}}(y), & \text{for } i = 3, 4, \end{aligned} \quad (1)$$

Όπου x (ή y) είναι η είσοδος στον κόμβο i και A_i (ή B_{i-2}) είναι μια γλωσσική ετικέτα (όπως "μικρό" ή "μεγάλο") που σχετίζεται με αυτό τον κόμβο. Με άλλα λόγια, $O_{1,i}$ είναι ο βαθμός των μελών του ασαφούς συστήματος A ($=A_1, A_2, B_1$ ή B_2) και καθορίζει τον βαθμό στον οποίο η δεδομένη είσοδος x (ή y) ικανοποιεί την ποσοτικοποίηση του A . Εδώ η συνάρτηση συμμετοχής για το A μπορεί να είναι οποιαδήποτε κατάλληλη παραμετροποιημένη συνάρτηση συμμετοχής, όπως η γενικευμένη συνάρτηση της καμπάνας(bell) όπου $\{a_i, b_i, c_i\}$ είναι το σύνολο των παραμέτρων.

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c_i}{a_i} \right|^{2b}}, \quad (2)$$

Δεδομένου ότι οι τιμές αυτών των παραμέτρων αλλάζουν, η συνάρτηση σε σχήμα καμπάνας ποικίλει, παρουσιάζοντας έτσι διάφορες μορφές συναρτήσεων συμμετοχής για ασαφές σύνολο A . Οι παράμετροι σε αυτό το στρώμα αναφέρονται ως παράμετροι προϋπόθεσης.

Στρώμα 2: Κάθε κόμβος σε αυτό το στρώμα είναι ένας σταθερός κόμβος, του οποίου η έξοδος είναι το γινόμενο όλων των εισερχόμενων σημάτων :

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2. \quad (3)$$

Κάθε κόμβος εξόδου αντιπροσωπεύει τη δύναμη πυροδότησης του κανόνα. Σε γενικές γραμμές, οποιαδήποτε άλλοι φορείς T-προτύπου που εκτελούνται είναι ασαφής και μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως κόμβος λειτουργίας σε αυτό το στρώμα.

Στρώμα 3: Κάθε κόμβος σε αυτό το στρώμα είναι ένας σταθερός κόμβος που επισημαίνεται N . Ο i -οστός κόμβος υπολογίζει την αναλογία της δύναμης πυροδότησης του κανόνα i -προς το άθροισμα των δυνάμεων πυροδότησης όλων των κανόνων:

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2. \quad (4)$$

Για λόγους ευκολίας, οι έξοδοι από αυτό το στρώμα ονομάζονται κανονικοποιημένες δυνάμεις πυροδότησης.

Στρώμα 4: Κάθε κόμβος I στο στρώμα αυτό είναι ένας προσαρμοστικός κόμβος με λειτουργία κόμβου:

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i), \quad (5)$$

Όπου είναι μία κανονικοποιημένη δύναμη πυροδότησης από το στρώμα 3 και $\{p_i, q_i, r_i\}$ είναι το σύνολο των παραμέτρων αυτού του κόμβου. Οι παράμετροι σε αυτό το στρώμα αναφέρονται ως επακόλουθοι παράμετροι.

Στρώμα 5 : Ο ενιαίος κόμβος σε αυτό το στρώμα είναι ένας σταθερά επισημασμένος κόμβος, που υπολογίζει την συνολική απόδοση ως το άθροισμα όλων των εισερχόμενων σημάτων:

$$\text{overall output} = O_{5,1} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (6)$$

Έτσι έχουμε κατασκευάσει ένα προσαρμοστικό δίκτυο που είναι λειτουργικά ισοδύναμο με ένα Sugeno ασαφές μοντέλο.

3. Περιορισμοί του ANFIS

Οι κυριότεροι περιορισμοί του ANFIS που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία είναι:

1. Βασίζεται σε ένα FIS τύπου Sugeno.
2. Έχει μια έξοδο, που λαμβάνεται με τη μέθοδο αποσαφοποίησης σταθμισμένου μέσου.
3. Όλες οι συναρτήσεις συμμετοχής εξόδου πρέπει να είναι ίδιου τύπου, είτε γραμμικές είτε σταθερές. Δεν μπορεί να γίνεται κοινή χρήση κανόνων. Διαφορετικοί κανόνες δεν μπορούν να έχουν την ίδια συνάρτηση συμμετοχής εξόδου.
4. Πρέπει να υπάρχουν βάρη σε κάθε κανόνα.
5. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε συνάρτηση συμμετοχής, παρά μόνο οι προκαθορισμένες που επιβάλλουν οι ορισμοί του ANFIS.

Αποτελέσματα

Ακολούθως παρατίθεται ο πρώτος πίνακας των ομαδοποιημένων στατιστικών στοιχείων στα διακόσια άρθρα που εξετάστηκαν.

Πίνακας 1. Στατιστικά στοιχεία άρθρων

<i>Domain table</i>						
<i>Authors-year</i>	<i>Domain</i>	<i>Input variables</i>	<i>Data preprocessing</i>	<i>Sample size</i>	<i>Membership functions</i>	<i>Validation set</i>
Ali. M Abdulshahed, Andrew P. Longstaff, Simon Fletcher-2014	Prediction models for CNC	Two input variables (T1 and T2)	-	D: 1 year	-	-
Suresh Sharma, Puneet Srivastava, Xing Fang, Latif Kalin-2014	Streamflow simulation	Temperature (T) and precipitation (PCP)	-	1952-2002	-	10%
Kumar Abhishek, Biranchi Narayan Panda, Saurav Datta, Siba Sankar Mahapatra-2014	Drilling Performance Modeling for GFRP(glass fiber reinforced polymer) composites	Spindle speed, feed rate, plate thickness and drill bit diameter	-	-	-	-
Hima Nikafshan Rad, Zakaria Jalali, Hossein Jalalifar-2014	Prediction of rock mass rating system	Five parameters UCS, RQD, JS, JC, GW	Yes	-	-	-
Hui Liu, Hong-qi Tian, Yan-fei Li-2014	Wind speed predictions	6 neurons	-	700 samples	Gauss	-

Jamshid Piri, Ozgur Kisi-2014	Solar radiation reached to the earth	Wind speed, temperature, relative humidity, white noise, polynomials in terms of time shift operator and time delay	-	D: 1 year	Gauss , Gaussmf, spherical, gbellmf, sigmoid, psigmf	-
Abdolhamid Salahi, Toraj Mohammadi, Reza Mosayebi Behbahani, Mahmood Hemmati-2014	Asymmetric polyethersulfo ne ultrafiltration membranes for oily wastewater treatment	Filtration time, trans -membrane pressure (TMP) and cross flow velocity (CFV)	Yes	-	gauss2mf	-
Hsin-Hung Lee, Iosif I. Shinder, John D. Wright, Michael R. Moldover-2014	Pitot tube calibration	Cp_pitch , Cp_yaw the non- dimensional pressure coefficients	-	-	-	-
Shimaa Barakat, Magdy B. Eteiba, Wael Ismael Wahba-2014	Underground cables	The maximum detailed energy of three phases and zero sequence currents	Yes	-	-	-
Haifeng Dai, Pingjing Guo, Xuezhe Wei, Zechang Sun, Jiayuan Wang- 2014	Divergence for the EV (electric vehicle) traction batteries	Battery pack's terminal voltage, charging/disch arging current, single cell's terminal voltage, temperature	[0 ,1]	-	Gauss	Yes
M.I. Mosaad, Fawzan Salem- 2014	Load frequency control to PID	The change of load	-	-	Gauss	-

	controller					
M.H. Djavareshkian, A. Esmaili-2014	Hydrofoil	Discrete variables: thickness and camber of hydrofoil, angle of attack and submerge distance	Yes	-	Gauss	Yes
Gökhan Özkan, Melih İnal-2014	Multi-criteria decision making problems	Suppliers' attributes (Quality, Delivery, Technology, Price and Location)	-	-	gaussmf, sigmoid	Yes
L. Yang, E. Entchev-2014	Prediction of performance of a hybrid microgeneration system	Pe: Required engine power output (W). T11: Engine combustion air temperature (°C). T1: Engine coolant inlet (entering) temperature (°C). M3: Engine coolant flow rate (L/min).	[0 1]	D:26 days	gbellmf, gaussmf, gauss2mf, trimf, trapmf, pimf	Yes
Ahmad Bagheri, Hamed Mohammadi Peyhani, Mohsen Akbari-2014	Forecast in financial market	Wavelet coefficients of time series	Yes	D:819 days from January 1, 2011 to February 28, 2014	-	-
Yavuz Selim Güçlü, Mehmet Öner Yeleğen, İsmail Dabanlı, Eyüp Şişman-	Solar irradiation	S (S0) and H (H0) are the daily natural (extraterrestrial) sunshine duration and	-	5 years	Triangular	-

2014		natural solar irradiation (extraterrestrial)				
Ali M. Abdulshahed, Andrew P. Longstaff, Simon Fletcher, Alan Myers-2014	Thermal error modelling	Temperature sensors	-	-	gauss	Yes
Benyamin Khoshnevisan, Shahin Rafiee, Mahmoud Omid, Hossein Mousazadeh-2014	The relationship between energy consumption and crop yields	Machinery, human labor, diesel fuel, pesticides, chemical fertilizers, farmyard manure (FYM), electricity, water for irrigation and seeds	-	D:1 year(2011–2012)	triangular, trapezoidal, bell-shaped, Gaussian and sigmoid	15%
Tahseen Ahmad Tahseen, M. Ishak, M.M. Rahman-2014	Heat transfer in line flat tube	Reynolds number	-	-	logistic, sigmoid	-
Manish Kumar Goyal, Birendra Bharti, John Quilty, Jan Adamowski, Ashish Pandey-2014	The accuracy of daily pan evaporation estimation in sub-tropical climates	Viz. rainfall [mm], air temperature (maximum and minimum) [°C], relative humidity (maximum and minimum) [%], and sunshine hours [hours]	-	(3801 days)10 years (01 January 2000–31 May 2010)	gaussmf	30%

Shatirah Akib, Mohammad Mohammadhassani, Afshin Jahangirzadeh- 2013	Scour depth in bridges	Time (t), Flood level (Y), Mean approach velocity (V), Mean velocity of flow at the armor peak (Va), Mean velocity of flow at the threshold condition for sediment movement (Vc), Depth-size factor (Kyb), Flow intensity factor (KI), Critical shear velocity (Uca), Limiting mean velocity of flow for bed sediment armouring (Vca), Equilibrium time (te) Time factor (Kt), Foundation shape factor (Ks), Foundation alignment factor (K θ), Reynold's Number (Re)	-	17,500 scour intervals of 1 min for 10 times, fol- lowed by readings at intervals of 10 min for 10 times, 5 times for every 1 h and 40 min, and the final reading after 24 h.	gauss,	-
Ravinder Kumar Kharb, S.L. Shimi, S. Chatterji, Md. Fahim Ansari-	Solar energy and photovoltaic modules	Operating temperature and irradiance level	-	-	gaussmf	Yes

2014						
Alireza Karami, Somaieh Afiuni-Zadeh-2013	Rock fragmentation	1 Powder factor (ANFO kg/t) 2 Unconfined compressive strength (MPa) 3 Ratio of spacing/burden 4 Number of blasting row 5 Ratio of charge per delay (ANFO kg/(ms)) 6 Ratio of stemming/burden 7 Burden (m)	-	-	four gauss2mf, two gbellmf	-
S. Prakash, J. Lilly Mercy, Putti Venkata Siva Teja, P. Vijayalakshmi-2014	Delamination effect on Medium Density Fiber (MDF) board	Speed, feed rate, drill diameter	-	-	Tri MF Trap MF Gbell MF GaussMF	-
Zhe Yuan, Lin-Na Wang, Xu Ji-2013	Prediction of concrete compressive strength	The consumption amount of cement, blast furnace slag, fly ash, water, super-plasticizer, coarse aggregate and fine aggregate	-	D:180 days	-	-
Liang-Ying Wei-2012	Stock market forecast	NASDAQ stock index and Hang	Yes	M:7 years(1997 to	gauss	-

		Seng stock index		2003)		
C.K. Lau, Kaushik Ghosh, M.A. Hussain, C.R. Che Hassan-2012	Develop an online fault diagnosis framework for a dynamical process incorporating multi-scale principal component analysis (MSPCA) for feature extraction and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for learning the fault-symptom correlation from the process historical data	Features extracted by MSPCA	-	-	sigmoid, bell	-
A. Sadrmomtazi, J. Sobhani, M.A. Mirgozar-2013	Compressive strength of expanded polystyrene beads (EPSs) lightweight	(i) cement (C), (ii) silica fume (SF), (iii) water (W), (iv) fine aggregates (FA), (v) coarse aggregates (CA), (vi) expanded polystyrene beads (EPS) and (vii) waste carpet polypropylene fibers (PP) by weight per unit volume of	[0.1, 0.95]	D:28 days	triangular, trapezoidal, bell-shape, and Gaussian	-

		concrete				
Mohsen Annabestani, Nadia Naghavi-2014	Ionic Polymer Metal Composite (IPMC)	{pm,qm,rm} consequent parameters	-	-	gauss,bell	-
Sajad Sabzi, Payam Javadikia, Hekmat Rabani, Ali Adelhani-2013	Bam orange	(width/length) and perimeter values	-	2 days	trimf, gaussmf	-
J. Fernandez de Canete, A. Garcia-Cerezo, I. Garcia-Moral, P. Del Saz, E. Ochoa-2013	Control of a distillation column by using ANFIS	Heat input to the boiler Q and the reflux flow rate R (L_{N+1})	-	-	bell	-
B. Shahbazi, B. Rezai, S. Chehreh Chelgani, S. M. Javad Koleini, M. Noaparast-2013	Predict the Sauter mean bubble (bubble diameter) and surface area flux of the bubble in a flotation process	Operational conditions of flotation, impeller peripheral speed, superficial gas velocity, and weight percent solids	-	-	-	-
Murat Hosoz, Huseyin Metin Ertunc, Murat Karabektas, Gokhan Ergen-2013	Modelling the performance parameters and exhaust emissions of a diesel engine employing various fuels	Biodiesel content in the fuel (BC), engine speed (n) and engine load.	-	-	-	-

Bindi Chen, Peter C. Matthews, Peter J. Tayner-2013	ANFIS for prediction of faults in wind turbines	Variables and vectors	-	M:28 months(01/Jun/2006 to 30/Sep/2008)	gauss,bell	Yes
Swasti R. Khuntia, Sidhartha Panda-2011	Design a Static Synchronous Series Compensator (SSSC)-based controller for the improvement of transient stability	Speed deviation & acceleration	-	-	gbellmf,trappezoid,triangular	-
Mu-Yen Chen-2011	Business failure prediction	(Financial_Ratio (Q), MO (Q)) and three linguistic intervals	[0 1]	D: 1 year	bell	Yes
I.M. Ginarsa, A. Soeprijanto, M.H. Purnomo-2012	An ANFIS-based composite controller-static var compensator (CC-SVC) was proposed to control both chaotic oscillations and voltage collapse.	The rotor speed deviation ($\Delta\omega$) and its derivative View the MathML source($\Delta\omega'$) were the input signals for the ANFIS-based CC.The voltage angle (δ) and measurement voltage (V_{meas}) were the input signals for the ANFIS-based SVC.	Yes	-	gauss	Yes

Esin Dogantekin, Engin Avci, Oznur Erkus- 2013	RNA viruses classification using Entropy- ANFIS method	Vector and layers	-	1 year	-	Yes
Le Duy Khoa, Dinh Quang Truong, Kyoung Kwan Ahn-2013	Design a 3-R planar parallel robot and develop a proper synchronizatio n controller for its tracking control task.	The control error $e(t)$ and its derivative $de(t)/dt$.	-	-	sigmoid, gauss, triangular and trapezoidal	Yes
Ching-Hsue Cheng, Liang- Ying Wei, Jing- Wei Liu, Tai- Liang Chen-2012	Forecast stock price	A(t), an aggregated value of the three recent periods of stock prices	-	M:7 years(1997 to 2003)	gauss, bell	Yes
Leila Naderloo, Reza Alimardani, Mahmoud Omid, Fereydoon Sarmadian, Payam Javadikia, Mohammad Yaser Torabi, Fateme Alimardani-2012	Prediction of crop yield	Labor, machinery, electricity used to pump the water for irrigation, diesel fuel, water for irrigation, nitrate, phosphate, potassium, chemicals (pesticide, herbicide and fungicide) and seed	Yes	-	triangular, trapezoidal, bell-shaped, gaussian and sigmoid	-
Huimin Jiang, C.K. Kwong, M.C. Law, W.H. Ip-2013	Customer satisfaction using ANFIS	Design attributes	-	-	triangular	30 tests

Yousif I. Al Mashhadany (MIEEE, IIE)-2012	Workspace robot	The error between a robot IKP's analytical solution(EIkp) and the rate of change of that error($\Delta EIkp$)	-	-	triangular, bell	-
J. Zhang, Z.Y. He, S. Lin, Y.B. Zhang, Q.Q. Qian-2013	An ANFIS-based fault classification in power distribution system	Vectors	-	-	gauss,	Yes
Hadi Fattahi, Saeed Shojaee, Mohammad Ali Ebrahimi Farsangi, Hamid Mansouri-2013	Excavation damaged zone in underground spaces	Parameters and variables	-	-	gauss	-
Ali Fuat Güneri, Tijen Ertay, Atakan Yücel-2011	Supplier selection problem	Inputs in Matlab	-	m:over 8 month	gauss	-
D.K. Ghose, S.S. Panda, P.C. Swain-2013	Prediction and optimization of runoff	Present day water level (H(t))	Yes	16 years(1990 to 2005)	bell	Yes
Gholamreza Karimi, Sedighe Babaei Sedaghat, Roza Banitalebi-2013	Bluetooth applications	Parameters	-	-	gauss,gbe llmf,sigmoid	Yes
Khalid Al-Ghamdi, Osman Taylan-2014	Electrical discharge machining process	Parameters and variables	-	-	gauss, sigmoid	30 observations
H.M. Jiang, C.K. Kwong, W.H. Ip, T.C. Wong-2011	Customer satisfaction using PSO-based ANFIS	x1 (LCD screen size) and x2 (weight)	-	-	triangular	6 tests

Kamal Saadeddin, Mamoun F. Abdel-Hafez, Mohammad A. Jaradat, Mohammad Amin Jarrah-2013	Estimation for vehicle collision prevention system using ANFIS	Inertial navigation system (INS) position and velocity	-	-	gauss	Yes
Jing-Rong Chang, Liang-Ying Wei, Ching-Hsue Cheng-2010	Taiwan stock exchange capitalization weighted stock index (TAIEX) forecasting	(TAIEX(t), Mo(t))	-	d:271 days(2000)	gauss,bell	Yes
Bedri Kurtulus, Nicolas Flipo-2011	Efficiency of anfis (adaptive neuro fuzzy inference system) for interpolating hydraulic head	Vectors and parameters	Yes	-	Gaussian (MFgauss), bell-shaped (MFgbell), triangular (MFtri), and spline-based (MFpi)	Yes
Pravin P. Patil, Satish C. Sharma, S.C. Jain-2012	The performance evaluation of a copper omega type Coriolis mass flow sensor	Tube material,tube dimensions, mass flow range,vertical height of tube,sensor location,drive frequency,fluid	-	81 samples	gauss	Yes
Swasti R. Khuntia, Sidhartha Panda-2011	Automatic generation control (AGC) of a three unequal area	Derivative (d(ACE)/dt)	-	-	bell,sigmoid	-

	hydrothermal system					
Adel Mellit, Soteris A. Kalogirou-2010	Photovoltaic power supply system	Neurons	-	D:5 years(1992 to 1997)	bell	Yes
Betul Bektas Ekici, U. Teoman Aksoy-2011	Prediction of building energy needs	Insulation thickness and orientation (azimuth angles)	-	5 years	bell	No
Min Han, Yao Zhao-2011	Dynamic control model of BOF steelmaking process	Carbon content measured at the end of the first blow, temperature measured at the end of the first blow, the volume of oxygen, the amount of coolant, end point carbon content, end point temperature.	-	400	gauss	Yes
Rajesh Singh, Ashutosh Kainthola, T.N. Singh-2011	Estimation of elastic constant of rocks	parameters	-	-	gauss, bell	10
Zhiyong Tan, Chai Quek, Philip Y.K. Cheng-2011	A financial model for stock market	Variables and nodes	-	6 months: 13 years (from 24th August 1994 to 30th August 2006)	-	5%

O. Faruk Dursun, Nihat Kaya, Mahmut Firat- 2012	The discharge capacity of semi-elliptical side weirs	The dimensionless parameters, L/B , $L/\ell L/\ell$, p/h_1 , b/a , and F_1	-	-	gauss, triangular, trapezoid, generalized bell	-
Bashir Rahmanian, Majid Pakizeh, Seyed Ali Akbar Mansoori, Morteza Esfandiyari, Dariush Jafari, Heidar Maddah, Abdolmajid Maskooki-2012	A micellar- enhanced ultrafiltration (MEUF) procedure for the separation of lead ions from aqueous solution using response surface methodology (RSM)	Multilayer perceptrons (MLP)-- >layer, an output layer and an intermediate or hidden layer. ANFIS-- >values	-	-	gauss, ANN-- >logistic, sigmoid	Yes
Ali Haghighat Mesbahi, Dariush Semnani, Saeid Nouri Khorasani- 2011	A modeling method to predict and analyze the effectiveness of parameters of specific wear rate	1- Matrix (epoxy) (volume percent) 2- polytetrafluoro ethylen (PTFE) (volume percent) 3- Graphite (volume percent) 4- Short-CF (volume percent) 5- Nano-TiO ₂ (volume percent)	-	-	bell- shaped(gb ellmf), triangular - shaped(tri mf), trapezoidal- shaped(trapmf)	six set
Mehmet Emiroğlu, Ahmet Beycioğlu, Servet Yildiz-2012	Prediction the peak pressure load of concrete pipes including glass fiber	Pipe diameter(cm), glass fiber content(%), peak pressure load(kN/m)	-	28 days	-	-

Wen-Hsien Ho, Jian-Xun Chen, I-Nong Lee, Hui-Chen Su-2011	Predict the adequacy of vancomycin regimen	Patient's gender, age, weight, SCR, daily dosage, and dosing interval	-	June 2004 and June 2009	Gaussian	20%
Mehdi Bagheri, Mansoure Rajabi, Marziyeh Mirbagheri, Mohammad Amin-2011	Accurate prediction of the lower flammability limits through a robust QSPR (quantitative structure property relation) approach.	Vev2, ME ⁷ , BICO ⁴	-	2008, 2009, 2010	Gaussian, bell, trapezoidal or triangular-shaped MFs	Yes
Yung-Ching Ho, Ching-Tzu Tsai-2011	Forecasting of new product development performance	Nodes and variables	Yes	-	Gauss, bell	Yes
Shaikh A. Razzak-2012	ANFIS modeling in Liquid-Solid Circulating Fluidized Bed (LSCFB) system	Variables between 0 and 1	-	-	bell	220 datasets
Behrouz Ahmadi-Nedushan-2012	Elastic modulus of normal and high strength concrete using ANFIS	Length-to-diameter ratio, core diameter, aggregate size and concrete age	-	-	Gauss, gbelmf	20 datasets

Ali Nazari, Gholamreza Khalaj, Shadi Riahi, Hamid Bohlooli, Mohammad Mehdi Kaykha- 2012	A strong potential for predicting the total specific pore volume of the geopolymeric specimens in the considered range	The percentage of fine fly ash in the ashes mixture (fF), the percentage of coarse fly ash in the ashes mixture(cF), the percentage of fine rice husk bark ash in the ashes mixture(fR),th e percentage of coarse rice husk bark ash in the ashes mixtures(cR),t he temperature of curing (T) and the time of water curing(7 or 28 days) (t).	-	D:7 and 28 days	gauss, triangular	-
Mansour Talebizadeh, Ali Moridnejad-2011	Forecast of lake level fluctuations using ensembles of ANN and ANFIS models	Inflow(m ³ /s),e vaporation(m m/month),rainf all(mm/month) and lake level(m)	-	1, 3, 6 months	gauss, log- sigmoid	Yes
M. Mehrabi, S.M. Pesteei, T. Pashae G.-2011	The effect of importantpara meters on heat transfer andfluid flow characteristics of helicoidal double-pipe heat exchangers using some numerically investigated	Inner deannumber (Dein), inner Prandtl number (Prin), annular dean number(Dean), annular Prandtl number (Pran) and pitch of coil (Pitch)	-	-	gauss	Yes

	and compared with those to experimental results for training and test data.					
P. Mullai, S. Arulselvi, Huu-Hao Ngo, P.L. Sabarathinam-2011	An anaerobic hybrid reactor (AHR) for treating penicillin-G wastewater was investigated	Days of operation (Din) and the influent COD (Cin)	Yes	D:245 days	Gauss	Yes
İsmail Kiyak, Vedat Topuz, Bülent Oral-2011	Modeling of dimmable High Power LED illumination distribution	Signals and space	-	-	gauss, triangle, trapezoid	-
Iman Malekmohamadi, Mohammad Reza Bazargan-Lari, Reza Kerachian, Mohammad Reza Nikoo, Mahsa Fallahnia-2010	Wave height(WH)	3 average wind speeds	Yes	from March 2005 to December 2006	gauss, sigmoid, Hyperbolic Tangent and Hyperbolic Secant.	Yes
Işık Yilmaz, Oguz Kaynar-2011	Prediction of S% (swell percent) of soil was described , and compared with the traditional statistical model of MR(multiple	3 input nodes	-	215 samples during 15 years	gauss, bell mf, sigmoid	20%

	regression).					
Ali Nazari, Amir Ali Milani, Gholamreza Khalaj-2011	Model for predicting ductile to brittle transition temperature of functionally graded steels in both crack divider and crack arrester configurations	FGS type (F), the crack tip configuration (C), the thickness of graded ferritic region (A), the thickness of graded austenitic region (G), the distance of the notch from bainite or martensite intermediate layer (D) and temperature (T).	Yes	140 data	gauss, triangular	-
M. Mohandes, S. Rehman, S.M. Rahman-2011	Estimation of wind speed	4 layers	-	17 months between July 01, 2006 and November 30, 2007.	gauss, bell	Validate 55,115 from 74,661 records in 1st scenario and 3632 from 4464 records in 2nd
Ilke Turkmen-2010	Efficient impulse noise detection	A(i,j) and M(i,j)	-	-	gauss, triangle	-
Ali Nazari, Shadi Riahi-2011	Prediction of water absorption of geopolymers	93 input-target pairs	-	7 and 28 days	triangle, gauss	-

	produced by waste ashes					
H. Md. Azamathulla, Aminuddin Ab. Ghani, Seow Yen Fei -2011	Predicting sediment transport in clean sewer	4 input parameters ((d50/R), λ_s , Dgr, Cy)	-	-	trapezoid	Yes
Ali Nazari, Gholamreza Khalaj-2012	Prediction compressive strength of lightweight geopolymers	The quantity of fine POC particles(fP), the quantity of coarse POC particles(cP), the quantity of FA+RHBA mixture (A), the ratio of alkali activator to ashes mixture (A/A), the age of curing (C) and the test trial number (T).	Yes	28 days	triangular, gaussian	42 validated sets
T. Ravi Kiran, S.P.S. Rajput-2011	For predicting the performance of an IEC(indirect evaporative cooling)	Linguistic variables mp, ms, θ_1 , θ_w		summer season(April-June)	bell, trapezium , triangle, sigmoid	Yes

Ali Nazari, Gholamreza Khalaj, Shadi Riahi-2011	Fracture toughness (in terms of(JIC) of ferritic and austenitic functionally graded steel produced by electroslog remelting has been modeled	The concentration of chromium,nick el and carbon atoms in the first and the end of each layer, the distance of the middle of each layer from the specimen edge	-	294 data	triangular, gaussian	15%
Hong Zheng, Bo Jiang, Hongfei Lu-2011	Detect bruises on Chinese bayberries as a function of fractal dimension (FD) and RGB intensity values.	FD, R, G and B value	-	150 fruits	trimf, trapmf, gbellmf, gaussmf, gauss2mf, psigmf, dsigmf and pimf	-
U. Sabura Banu, G. Uma-2010	An ANFIS based Sensor fault detection and isolation for Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) is proposed	Observer 1-->coolant flow and concentration, observer 2-->coolant flow and temperature,observer 3-->coolant flow and coolant temperature	Yes	-	bell, gbell	Yes
Deepak Joshi, A. Mishra, Sneha Anand-2011	Knee angle prediction	First and second order derivatives of the knee angle	-	360 samples from 16 adult males between 22 and 27	triangular	Yes

				years		
Ehsan Rezaei, Alimohammad Karami, Tooraj Yousefi, Sajjad Mahmoudinezhad -2011	Predict the free convection in a partitioned cavity consisting of an adiabatic partition	Rayleigh number (Ra) ranging from 1.5×10^5 to 4.5×10^5 , partition angle (θ) from 0° to 90°	-	35 data	triangular	-
César Sepúlveda, Juan Carlos De la Llera, Andrés Jacobsen-2012	Preliminary seismic response estimation of free-plan nominally symmetric buildings	Stories, p, height (m), slab thickness(m), wall total inertia(m^4).	-	-	-	Yes
Rahmat Madandoust, John H. Bungey, Reza Ghavidel-2011	Prediction of the concrete compressive strength by means of core testing	Core strength, length-to-diameter ratio, core diameter, aggregate size and concrete age	Yes	7-90 days	psigmf(sigmoidally shape)	-
Mahdi Aliyari Shoorehdeli, Mohammad Teshnehlab, Ali Khaki Sedigh-2008	Novel hybrid learning algorithm with stable learning laws for ANFIS	Variables from type $[x(t-18), x(t-12), x(t-6), x(t)]$	-	-	bell	Yes
W.A. Wali, A.I. Al-Shamma'a, Kadhim H. Hassan, J.D. Cullen-2012	The development of a novel continuous microwave biodiesel reactor for the conversion of waste oil and fats into	Delivered microwave power, inlet oil flow rate, and inlet oil temperature	-	-	bell	-

	biodiesel is reported.					
Mrinal Buragohain, Chitrarekha Mahanta-2007	An ANFIS based system modelling where the number of data pairs employed for training is minimized by application of an engineering statistical technique called full factorial design.	Input variables $x(t-2)$ and $y(t-3)$	-	20 data	-	Yes
Zhiling Yang, Yongqian Liu, Chengrong Li-2010	Interpolate the missing and invalid wind data.	70 m and 10 m wind speed	Yes	30 days	bell,gauss ,triangular	6 valid tests
Mohsen Hayati, Abbas Rezaei, Majid Seifi, Ali Naderi-2010	Modeling of CMOS logic gates as a tool in designing and simulation of CMOS logic circuits	data	-	5000 data	bell,gauss	-
Hikmet Esen, Mustafa Inalli, Abdulkadir Sengur, Mehmet Esen-2008	Predict the daily performance (COP) of a ground-source heat pump (GSHP) system with the minimum data set based on an	Ground heat exchanger (GHE) 38 variables	-	19 time tests from 0 seconds to 5min15 seconds	bell	Yes

	adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) with a fuzzy weighted pre-processing (FWP) method					
Melih İnal-2007	Dielectric properties of polyesters which have abundant use in communication cables and power systems are aimed to be determined by means of ANFIS	Temperature, frequency	Yes	64 data tests	bell	Yes
Mahdi Aliyari Shoorehdeli, Mohammad Teshnehlab, Ali Khaki Sedigh, M. Ahmadih Khanesar-2008	Proposes a novel hybrid learning algorithm with stable learning laws for Adaptive Network based Fuzzy Inference System (ANFIS) as a system identifier and studies the stability of this algorithm.	4 variables	-	-	bell	Yes

Futao Zhu, Yunjie Wu-2014	Rapid structural damage detection method is proposed based on structural dynamic vibration data, which can be used to fast assess structural fault for short-term monitoring.	Displacement response of the last time point and the time point now	-	tests from 0 to 10.04 seconds	gauss,	Yes
M. Geethanjali, S. Mary Raja Slochanal-2007	New method for modelling OC (accurate models of overcurrent) relay characteristics curves	Load current (IL) and TDS	-	36 tests in milliseconds	Gaussian type, bell-shaped type and triangular type	Yes
Pravin Patil, Satish C. Sharma, Himanshu Jaiswal, Ashwani Kumar-2014	Modeling of a vibration based electromechanical mass flow sensor to study the influence of tube material	Tube material, tube dimensions, mass flow range, vertical height of tube, sensor location, drive frequency, fluid	-	243 samples	gauss	Yes
Melek Acar Boyacioglu, Derya Avci-2010	The prediction of stock market return: The case of the Istanbul Stock Exchange	Variables	-	228 pairs of observations: January 1990 to December 2008	gbell, gauss	Yes

C.K. Lau, Y.S. Heng, M.A. Hussain, M.I. Mohamad Nor-2010	Online fault diagnosis of a gas-phase polypropylene production process with emphasis on fast and accurate diagnosis, multiple fault identification and adaptability.	1)TCYGGAS, 2)PCYGGAS, 3)PRFEED, 4)FRFEED, 5)FVAP-A, 6)PVAP-A, 7)TREACTION, 8)FPROD+	-	Every 6 min for a duration of 40 simulation hours.	bell,	-
Julián Moreno-2009	To forecast the monthly ideal generation of an agent with a hydraulic plant within the Colombian power market.	Variables	-	M:2002 and 2007 (72 samples)	triangle, trapezoidal, Gauss	10%
Mingzhen Wei, Baojun Bai, Andrew H. Sung, Qingzhong Liu, Jiachun Wang, Martha E. Cather-2007	Predicting injection profiles	Input1(for gross thickness near the injection wells), input2(for net thickness near the injection wells), input3(for the gross thickness near the producing wells), input4(for the net thickness near the producing wells) and input5(for well distance between injection wells)	Yes	10 pairs of data sets	bell	10 tests

		and surrounding producing wells)				
Faihan D. Alotaibi, Adel Abdenmour, Adel A. Ali-2007	Robust wireless signal predictor	Variable	-	4 December 2005, and was completed by 3 January 2006.	bell, trapezoidal or triangular-shaped	-
C. Riverol, C. Di Sanctis-2008	Is addressed to improve the quality of the signal of ANFIS	Fan speed (airflow) and the electric power	-	-	bell	-
Wang Chong-lin, Ma Cao-yuan, Liu Jian-hua, Li Guo-xin, Zhang Dong-liang, Tang Jie-jie-2009	Safety early warning model of coal mining workplace stray current danger grade with ANFIS as its core, choosing data sets measured online to do the training and early warning of safe early warning model	Contacting line leakage current, insulating splint resistance, distance between working surface, and traction subsection and stray voltage of contacting line terminal	-	110 data sets	gauss	-
Esin Dogantekin, Mustafa Yilmaz, Akif Dogantekin, Engin Avci, Abdulkadir Sengur-2008	In this technique, some digital image processing methods such as noise reduction, contrast enhancement, segmentation,	7 layers	Yes	images of 16 parasite eggs	bell, Log-sigmoid	-

	and morphological process are used for feature extraction stage of IM-ANFIS approach used in this study					
Xiao-Juan Wu, Xin-Jian Zhu, Guang-Yi Cao, Heng-Yong Tu-2008	Model is developed to study different flows effect on the performance of solid oxide fuel cell (SOFC)	Hydrogen flow qH2, oxygen flow qO2 and current I	Yes	5000 data	gauss,bell	3000 from 5000 data
Seydi Vakkas Ustun, Metin Demirtas-2008	Modeling and performance analysis of the voltage/frequency (V/f) control of induction motor drives	Inputs Kp and Ki proportional and integral coefficients of the proposed controller	-	36 samples	triangular	Yes
Erdem Buyukbingol, Arzu Sisman, Murat Akyildiz, Ferda Nur Alparslan, Adeboye Adejare-2007	Evaluate physicochemical descriptors of certain chemical compounds for their appropriate biological activities in terms of QSAR models with the aid of artificial	Variables and layers	-	-	gauss, gbell	Yes

	neural network (ANN) approach combined with the principle of fuzzy logic					
Ahmet Baylar, Davut Hanbay, Emrah Ozpolat-2008	For predicting air entrainment rate and aeration efficiency of weirs	Discharge $Q(m^3/s)$, drop height $h(m)$, angle in triangular sharp-crested weir $\theta(\mu\acute{o}\iota\rho\epsilon\varsigma)$	-	-	gbell, bell	-
Engin Avci, Ibrahim Turkoglu-2009	Heart valve disease	12 wavelet entropy values	Yes	132 males and 83 females from 15 to 80 years	bell	-
Esin Dogantekin, Akif Dogantekin, Derya Avci, Levent Avci-2009	An intelligent diagnosis system for diabetes	Healthy and patient (diabetes) features	-	768 Pima-Indian women at least 21 years	bell	-
Q. Yuan, C.Y. Dong, Q. Wang-2009	To improve tracking ability for radar/infrared system	Radar CI, infrared CI, NVMSE(normalized variables of the measurement square error)	-	-	bell	Yes
Foad Soltani, Reza Kerachian, Ehsan Shirangi-2010	A model for determining optimal operating policies for different reservoir	Inflow quantity and quality, the month number, and the vertical profile of the	-	M:1997 to 1998	bell,gauss	20%

	outlets.	water temperature and TDS concentration at the beginning of the month				
S.J. Mousavi, K. Ponnambalam, F. Karray-2006	Inferring operating rules for a reservoir operations optimization problem	Variables	-	Y:1 sample for 40 years,300 samples-1 year:M	bell,triangular	Yes
Hossein Ali Zamani, Shahin Rafiee-Taghanaki, Masoud Karimi, Milad Arabloo, Abbas Dadashi-2014	A powerful computational intelligent model is designed to develop a reliable model for predicting amount of dissolved gas in oil at reservoir conditions as one of the most important PVT properties of reservoir oils.	Bubble point pressure(psia), gas specific gravity, oil gravity (API) reservoir temperature (F)	-	-	gauss	372 data sets
Sorousha Moayer, Parisa A. Bahri-2009	Investigate a new method for generating scenarios in order to cope with the data shortage and linguistic expression of experts in scenario planning.	variables	Yes	1 year	bell,	-

Karim Salahshoor, Mojtaba Kordestani, Majid S. Khoshro-2010	A new FDD scheme for condition machinery of an industrial steam turbine using a data fusion methodology.	HP(high-pressure) turbine, boiler pressure thermocouple, fouling the extraction, fouling the HP-IP line(intermediate pressure), fouling the IP-LP(low pressure) line, fouling the condenser	-	period of months	GRBF (Gaussian Radial Basis Function	Yes
Jafar Sobhani, Meysam Najimi, Ali Reza Pourkhorshidi, Tayebbeh Parhizkar-2009	Prediction of the compressive strength	Cement (C), (ii) silica fume (SF), (iii) water (W), (iv) fine aggregates (FA), (v) coarse aggregates (CA) and (vi) filler (FI) by weight per unit volume of concrete, water to cementitious material	[0.1, 0.9]	D:28 days	triangular, trapezoidal, bell-shape, gaussian, II-shape	-
Zhi Q. Gu, S. Olutunde Oyadiji-2007	Controller for reduction of environmentally induced vibration in multiple-degree-of-freedom (MDOF) building structure with	Variables	-	-	bell	-

	MR damper					
Mohammad Goodarzi, Matheus P. Freitas-2010	Modeling of the anti-HIV reverse transcriptase activities of TIBO(tetrahydroimidazo benzodiazepine) derivatives	(PCA scores) with the bioactivities. PCA-->principal component analysis	-	-	gauss, bell	Yes
Aboozar Khajeh, Hamid Modarress-2010	Quantitative structure property relationship (QSPR) study was performed to develop a model for prediction of flash point of esters based on a diverse set of 95 components.	5 layers	-	-	gauss	-
Bao Rong Chang-2008	Resolving two crucial problems of the overshoot and volatility clustering effects in time-seriesforecast has been proposed	$\{o(k), o(k-1), \dots, o(k-s), \delta o(k), \delta o(k-1), \dots, \delta o(k-s)\}$ ->observations and their deviations	Yes	M:January 2002 to December 2005	gauss	Yes
Amin Talei, Lloyd Hock Chye Chua, Tommy S.W. Wong-2010	Rainfall–runoff modeling	Antecedent rainfall, runed sequential rainfall time	[0,1]	D:October and December 2002	triangular	3/10 events

		series				
Ali Osman Özkan, Sadık Kara, Ali Salli, Mehmet Emin Sakarya, Salih Güneş-2010	Extract the significant features from the right and left hand Ulnar artery Doppler signals for the diagnosis of RA disease(rheumatoid arthritis)	Two PSD values -->power spectral density (PSD)	-	40 healthy and 40 patients between 38-70 years	gauss	Yes
Servet Soyguder, Hasan Alli-2009	Design a HVAC system which damper gap rates have been controlled by PID controller	The difference between the indoor temperature and the ambient temperature and the first derivation of the difference between the indoor temperature and the ambient temperature 1st ANFIS,the difference between the relative indoor humidity and the ambient humidity and the first derivation of the difference between the relative indoor humidity and the ambient relative	-	-	gaussmf,gauss2mf,gbellmf,trimf,pimf	Yes

		humidity 2nd ANFIS,				
Kemal Polat, Salih Güneş-2009	Diagnosis of lymph diseases, which is a very common and important disease, was conducted with such a machine learning system	Membership value $\mu(i)$	Yes	D:1 year	bell	Yes
P. Çivicioğlu-2006	Novel approach for denoising the images corrupted by impulsive noise (IN) by using a new nonlinear IN suppression filter, entitled k-nearest neighborhood pixels-based Adaptive-Fuzzy Filter (k-AFF)	2 mfs	-	-	triangular	Yes

H. Md. Azamathulla, Chun Kiat Chang, Aminuddin Ab. Ghani, Junaidah Ariffin, Nor Azazi Zakaria, Zorkeflee Abu Hasan-2008	For predicting the bed load for moderately sized rivers	2 values	-	1998 until 2007.	bell	20%
Tahir Ayata, Ertuğrul Çam, Osman Yıldız-2007	The potential use of natural ventilation as a passive cooling system in new building designs in Kayseri, a midsize city in Turkey, was investigated	Building width and length, door width, wind direction and wind speed	-	d:10 to 18h, 10 June, July and August	bell, gauss2mf, trimf	Yes
Ching-Hsue Cheng, Liang-Ying Wei, You-Shyang Chen-2009	Forecasting stock price problems in Taiwan	Variables	Yes	M:1997 to 2003	bell,triangular,gauss	Yes
A. Moghaddamnia, R. Remesan, M. Hassanpour Kashani, M. Mohammadi, D. Han, J. Piri-2009	Efficient approach by using the Gamma test (GT) to select the input variables and the training data length, so that the trial and error workload can be greatly reduced.	(ETR) extraterrestrial radiation, daily precipitation (P), daily mean temperature (Tmean), daily maximum temperature (Tmax), daily minimum temperature (Tmin) and daily mean wind velocity	-	D:May 1993 to April 1997	gauss, bell	Yes

		(U).				
Fung-Huei Yeh, Yuung-Hwa Lu, Ching-Lun Li, Ming-Tsung Wu-2005	Preform the hole profile in the sheet square hole bore-expanding process	50 nodes	-	-	triangular, bell	Yes
J. Nou, R. Chauvin, A. Traoré, S. Thil, S. Grieu-2014	Forecast the solar resource with the aim of improving the management of CSP plants	Day (D),Hour(H),Dry Bulb Temperature(DBT),Pressure (Pu),and Relative Humidity(RH)	-	from 2002 to 2013 with a time step of one minute	bell, gauss	28000 from 84000 examples
Hui Yang, Ya-Ting Fu, Kun-Peng Zhang, Zhong-Qi Li-2013	A control dynamic model to capture the motion of the high-speed EMU and then uses it to design a desirable speed tracking controller for EMU.(high-speed electric multiple unit)	Variables	-	2000 groups	gauss	800 from 2000 groups

Erkan Beşdok-2004	A new impulsive noise elimination filter, entitled Anfis-based impulsive noise removing filter (AIF), which shows a high performance at the restoration of images distorted by impulsive noise	Parameters of 2 membership functions	-	-	gauss	-
N. Nariman-Zadeh, A. Darvizeh, M.H. Dadfarmai-2004	ANFIS networks which are used for modelling of explosive cutting process of plates by shaped charges.	The apex angle, the standoff, the liner thickness, and the explosive weight	-	-	gauss	Yes
Ship-Peng Lo, Yeou-Yih Lin-2005	The prediction of non-uniformity on wafer surfaces under various combinations of process parameters can be achieved.	Carrier load, pad's elastic modulus and thickness	-	35 data	gauss, triangular, bell	Yes
N.G. Fragiadakis, V.D. Tsoukalas, V.J. Papazoglou-2013	The effect of working conditions on occupational injury using data of professional accidents	Accident conditions, day and time, individual's specialty, type of incident, dangerous situations and	-	294 data sets 1989 to 2008	trapezoidal, gauss	5 from 294 sets

	assembled by ship repair yards	dangerous actions involved in the incident				
Tanvir Islam, Prashant K. Srivastava, Miguel A. Rico-Ramirez, Qiang Dai, Dawei Han, Manika Gupta-2014	For the estimation of hydrometeors from the TRMM microwave imager (TMI)	Nine channels	Yes	250000 vectors	gauss	50 orbits
E. Beşdok, P. Çivicioğlu, M. Alçı-2004	It is based on statistical impulse detection and nonlinear filtering which uses adaptive-network-based fuzzy inference system (Anfis) as a missed data interpolant over the circular polygons and provides estimates for the original intensity values of corrupted pixels	(a) a small subsection of the Lena image, (b) IN-corrupted Lena image at the noise density of 80%, (c) image of (b) where the corrupted pixels were marked black for illustration, (d) Delaunay triangles, which use uncorrupted pixels as corner nodes, (e) the geometric relations between the Delaunay triangle, corrupted pixels, uncorrupted pixels, circumc	-	32X 32 pixels	gauss, triangle	Yes

		ircle and expanded circle, (f) the Anfis structure				
Bao Rong Chang- 2006	Combined with a nonlinear generalized autoregressive conditional heteroscedastic ity (NGARCH) model that is tuned by adaptive support vector regression (ASVR) so as to tackle the problem of time-varying conditional variance in residual errors	$\{o(k), o(k-1), \dots, o(k-s), \delta o(k), \delta o(k-1), \dots, \delta o(k-s)\}$	Yes	M: August 2000 to December 2003	gauss	Yes
Gao Daoming, Chen Jie-2006	For the modeling and predicting of high pressure cleaning process	Pressure, standoff distance, traverse rate	-	48 sets of experiment al data	bell, triangular	18 experiment s
Leocundo Aguilar, Patricia Melin, Oscar Castillo-2003	Design the fuzzy rule base of the intelligent system for control.	Signals	-	400 samples	-	Yes

V.R. Budyal, S.S. Manvi-2013	An Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) based multiple QoS(better Quality of Service) constrained anycast routing in MANETs by using a set of static and mobile agents	Bandwidth (BW),delay (DL) and packet loss rate (PR)	-	-	bell	-
Alfonso Iglesias Nuno, Bernardino Arcay, J.M. Cotos, J. Varela-2005	The application of various Artificial Intelligence techniques to images that proceed from Remote Sensing and serve to predict Prionace Glaucap captures (the Prionace Glaucap is a type of shark).	Values of the pixels of each image	-	1998 and 1999	-	Yes
Alireza Abbasi, Reza Eslamloueyan-2013	A quantitative structure property relationship (QSPR) model using MLP(multilayer perceptron) and ANFIS for estimation of limiting diffusion	MLR--> temperature and the molecular descriptors	-	345 experimentally measured diffusion coefficient, 402 experimental concentration dependent	gauss	Yes

	coefficients of hydrocarbon liquids			data		
Serdal Terzi-2013	Represent the momentary ability of pavement to serve traffic, and the performance of the pavement was represented by its serviceability history in conjunction with its load application history.	age, cumulative Equivalent Single Axle Loads (ESALs), and Structure Number (SN	-	D:20 years	g-bell	-
Ilija Svalina, Vjekoslav Galzina, Roberto Lujčić, Goran Šimunović-2013	Close price prediction model of the Zagreb Stock Exchange Crobex® index	What makes a difference between the generated training and checking subsets by prediction days	-	from 4 November 2010 to 24 January 2012.	bell	-
M. Taheri, M.R. Alavi Moghaddam, M. Arami-2013	For optimization of Reactive Blue 19 removal using combined electro-coagulation/coagulation process	Initial pH of 3.82, initial dye concentration of 162.15 mg/l, current density of 215 A/m ² , reaction time of 12.65 min and PAC	-	78 experiments 5000 rpm for duration of 5 min.	-	-

	through Multi-Objective Particle Swarm Optimization (MOPSO).	dosage of 11.99 ml				
Ali Adelkhani, Babak Beheshti, Saeid Minaei, Payam Javadikia, Mahdi Ghasemi-Varnamkhasti-2013	Characterize orange taste.	Bam, Khooni and Thompson varieties	-	300 orange samples in six sessions over a 3-week period.	gbellmf, gaussmf, p imf, dsigmf, trimf	-
Yuanfei Han, Weidong Zeng, Xuemin Zhang, Yongqing Zhao, Yu Sun, Xiong Ma-2012	Predict the tensile strength of Ti600 alloy after hydrogenation	Hydrogen temperature (°C) and hydrogen content(wt.%)	-	24 data	gauss, triangular	-
Ahmet Raif Boğa, Murat Öztürk, İlker Bekir Topçu-2012	The effects of using ground-granulated blast furnace slag (GGBFS) and calcium nitrite-based corrosion inhibitor (CNI) on the mechanical and durability properties of concrete (compressive strength, splitting tensile strength, chloride ion permeability).	Cure type, curing period, GGBFS(ground-granulated blast furnace slag) ratio and CNI(calcium nitrite-based corrosion inhibitor) ratio	Yes	162 total tests were performed on the 28th, 56th and 90th days	bell	-
Liang-Ying Wei-2013	For predicting stock price	Technical indicator A(t), technical	Yes	D:271 transaction days in the	bell	from 2000 to 2005

	trends	indicatorB(t).		year 2000.		
Vahid Nourani, Mehdi Komasi- 2013	Potential use of Artificial Intelligence (AI) techniques for predicting daily runoff at multiple gauging stations	The rainfall and runoff time series and physical and geomorpholog ical characteristics of the watershed sub- basins.	-	D:Decembe r 1966– September 1970.	(pimf:p- shaped MF; trapmf: Trapezoid al-shaped MF; gaussmf: Gaussian curve MF; sigmf: Sigmoidal ly shaped MF; trimf: Triangula r-shaped; gbellmf: Generaliz ed bell- shaped MF	20%
Maryam Vatankhah, Vahid Asadpour, Reza Fazel- Rezai-2012	To show a strict relation between electroencepha logram (EEG) signal features and perceptual pain levels and to clarify the relation of classified signal to pain origin.	Three modifiable parameters {ai, bi, ci}	-	average age: 28,7 males and 8 females	-	Yes

Rodrigo Pérez-Rodríguez, Alexis Marcano-Cedeño, Úrsula Costa, Javier Solana, César Cáceres, Eloy Opisso, Josep M. Tormos, Josep Medina, Enrique J. Gómez-2012	The creation and validation of a solution to the inverse kinematics problem for a 6 degrees of freedom human upper limb.	3 neurons	-	73 healthy subjects, 34 men and 39 women with a mean age of 37.97 ± 12.44 years old were captured for the 'serving water from a jar' ADL and from 40 healthy subjects, 17 men and 23 women with a mean age of 30.45 ± 5.25 years old were captured for the 'picking up a bottle' ADL.	-	Yes
Patricia Melin, Jesus Soto, Oscar Castillo, Jose Soria-2012	An architecture for ensembles of ANFIS (adaptive network based fuzzy inference system), with emphasis on its application to the prediction of chaotic time series, where the goal is to minimize the	Node and variable	-	800 pairs of data, D:800 days	gbellmf, gaussmf, gauss2mf, Trimf, dsigmf, Pimf	400 from 800 pairs of data

	prediction error.					
Bağdagül Karaağaç, Melih İnal, Veli Deniz-2011	Report on the rubber compounds in a model passenger tire selected for modeling their cure curves at different temperatures using ANFIS	Curing temperature (temp) and the time involved during cure process (time)	-	10 different temperatures were between 151 and 196°C and equally increased by 5°C	gbell, gauss, gauss2	-
R.A. Saeed, A.N. Galybin, V. Popov-2012	A numerical approach for fluid–structure (turbine runner) analysis	The reduced FRF(frequency response functions) data sets along x- , y- and z- directions	-	264 cases. from 1997 to 2002, more than 15,000 h,	bell	10%
Reza Beigzadeh, Masoud Rahimi-2012	Estimating the hydrodynamic s and heat transfer characteristics in coiled tubes	1st--> predicting Nu, Reynolds number, Prandtl number, curvature ratio, and coil pitch ($Nu=f\{Re, Pr, \delta, \gamma\}$). 2nd--> predicting f, Reynolds number, curvature ratio, and	-	155 experimental data	gauss	1/3 of data

		coil pitch ($f=f\{Re, Pr, \delta, \gamma\}$)				
Mahmut Bilgehan-2011	The buckling analysis of slender prismatic columns with a single non-propagating open edge crack subjected to axial loads.	Non-dimensional crack depth (ξ) and the non-dimensional crack location (β)	-	-	bell, gauss	-
Mohsen Shahlaei, Armin Madadkar-Sobhani, Lotfollah Saghaie, Afshin Fassihi-2012	ANFIS to construct the nonlinear quantitative structure–activity relationship (QSAR) Quantitative structure–activity relationship model.	The seven descriptors appearing in the output of GA	Yes	-	bell,	Yes
H.M.I. Pousinho, V.M.F. Mendes, J.P.S. Catalão-2012	A novel hybrid approach is proposed for electricity prices forecasting in a competitive market, considering a time horizon of 1 week	Parameters and vector	-	H:year 2002	bell	-

Melih Iphar-2011	To predict the net breaking rate of an impact hammer is demonstrated.	SHRH and RQD(Schmidt hammer rebound hardness (SHRH) and rock quality designation (RQD))	-	-	bell	20%
Hossein Tabari, Ozgur Kisi, Azadeh Ezani, P. Hosseinzadeh Talaei-2012	Evapotranspiration modeling using limited climatic data in a semi-arid highland environment	Mean air temperature, solar radiation, relative humidity and wind speed	-	M:1986–2005	gauss, bell, trapezoidal	5 years
Yuanfei Han, Weidong Zeng, Yongqing Zhao, YunLian Qi, Yu Sun-2011	To predict the flow stress of Ti600 alloy during hot deformation process	Strain(ϵ), strain rate($\ln \epsilon$), deformation temperature (T)	-	280 data	gauss	140/280 data
Salman Zaferanlouei, Dariush Rostamifard, Saeed Setayeshi-2010	A new flexible tool is developed to predict CHF.(Critical Heat Flux)	Five variables	-	2006 CHF look-up table	bell, gauss	-
Ali Firat Cabalar, Abdulkadir Cevik, Candan Gokceoglu-2011	A review of ANFIS in current use for geotechnical engineering-based studies, as well as some applications employed in resonant column testing, triaxial testing, and liquefaction	Initial effective mean confining pressure (σ'_m , kPa), initial relative density after consolidation (D_r , %), percentage of fines content (FC, %), coefficient of uniformity (C_u), mean	-	99 data samples	gaussmf, gauss2mf, gbellmf, trimf, trapmf	Yes

	triggering.	grain size (D50, mm) and coefficient of curvature (Cc).				
Mohammad Shafiur Rahman, M.M. Rashid, M.A. Hussain-2012	Predict the effective of thermal conductivity of various fruits and vegetables	With water content(Xw),temperature(T),and apparent porosity (ϵ_a) of the food material	-	676 data points collected from 12 journal papers for 10 different materials	-	169 data sets from 676
Zhengcai CAO, Jijie DENG, Min LIU, Yongji WANG-2012	To predict bottleneck since conventional neural network-based methods accommodate only numerical inputs	Encoded categorical s^j , numerical x_j , $F(s^j)$, $g_k(x^j)$ is the firing strength	Yes	-	gauss,	Yes
Soner Akkoç-2012	Proposes a three stage hybrid Adaptive Neuro Fuzzy Inference System credit scoring model, which is based on statistical techniques and Neuro Fuzzy	Variables and 11 nodes	-	2003 to a total of 2000 credit card applicants	tri, gbell, gauss, gauss2, Pi	10-fold cross validation
Catherine Vairappan, Hiroki Tamura,	The application of time-series	$x(t-1)$, $x(t-2)$, $x(t-3)$ and $x(t)$ is the	Yes	1700 to 2004 1000	-	No

Shangce Gao, Zheng Tang-2008	prediction.	prediction of t year		data		
Anupam Das, J. Maiti, R.N. Banerjee-2010	Prediction of the control action which aids in reduction of carbon, manganese and other impurities from the in-process molten steel.	C%(Percentage of carbon present in the billets) and P%(Percentage of phosphorus present in the billets)	-	136 observations	gbell	-
Safa Karaman, Ahmed Kayacier-2011	The effect of temperature on the rheological characteristics of apricot and date molasses was studied separately.	Clay content, temperature, pressure and torque.	-	The measurements were carried out using a cone-plate configuration (cone diameter 35mm, angle 4, gap size 0.140 mm) in the shear rate range of 0.1 100 s ⁻¹ at seven different temperatures (10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C).	trimf, gaussmf	21 data points
Ali Jalali, Ali Ghaffari, Parham Ghorbanian, Chandrasekhar Nataraj-2011	The identification of the heart rate (HR) baroreflex mechanism.	15 parameters	Yes	500 data pairs	gbell	400 data pairs

Yasemin Vural, Derek B. Ingham, Mohamed Pourkashanian- 2009	The performance (current–voltage curve) prediction of a Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) is performed for different operational conditions using ANFIS	Current density, fuel cell temperature, anode and cathode humidification temperature and operating pressure	-	-	gauss, bell	Yes
Ulaş Çaydaş, Ahmet Haşçalık, Sami Ekici-2009	The prediction of the white layer thickness (WLT) and the average surface roughness achieved as a function of the process parameters	Pulse duration, open circuit voltage, dielectric flushing pressure and wire feed rate	-	16 experiments data	bell, gauss	-
M. Jalali-Heravi, M. Asadollahi- Baboli-2008	The prediction of inhibitory activity of some novel quinazolinone derivatives on serotonin (5-HT7) using modified ant colony (ACO) method and adaptive neuro-fuzzy interference system (ANFIS) combined with shuffling	Variables using the modified ACO algorithm	-	81 molecules of novel	gauss, bell	10 validation sets

	cross-validation technique.					
Mohsen Hayati, Abbas Rezaei, Majid Seifi-2009	Prediction of the heat transfer rate of the wire-on-tube type heat exchanger.	At, Aw, Ga, Tai A-->Heat transfer surface area(m ²),G-->volumetric flow rate(m ³ /s),T-->Temperature (°C)	-	19 tests	Bell, sigmoid, triangle, trapezoid and Gaussian.	-
Hikmet Esen, Mustafa Inalli-2010	For the prediction performance of a vertical ground source heat pump (VGSHP) system.	Air temperatures(T _{air,i}) entering evaporator/condenser unit, air temperatures (T _{air,o}) leaving evaporator/condenser unit and water-antifreeze solution temperatures (T _{wa,o} and T _{wa,i})	-	M:1 year	gauss, gbell, triangular, trap	Yes
Yasin Varol, Ahmet Koca, Hakan F. Oztop, Engin Avci-2008	Predict temperature and flow field due to buoyancy-induced heat	3 variables x,y,z	-	-	bell, Log-sigmoid	-

	transfer in a partially heated right-angle triangular enclosure.					
Yi-Jen Mon-2007	An improved algorithm design methodology of vehicle airbag deployment decision	'displ', 'disp2', 'njerk', and the 'tw'(cm,cm,times,ms)	-	The two data sets are at 30mph and rough roads and the other two data sets are at 17 and 8mph(miles per hour (mph))	-	Yes
Hossien Riahi-Madvar, Seyed Ali Ayyoubzadeh, Ehsan Khadangi, Mohammad Mehdi Ebadzadeh-2009	A new flexible tool is developed to predict the longitudinal dispersion coefficient	Flow width(m), flow depth(m), cross sectional average velocity, shear velocity(m/s)	-	73 series	bell	-
Yasin Varol, Engin Avci, Ahmet Koca, Hakan F. Oztop-2007	Predict the natural convection thermal and flow variables in a triangular enclosure which is heated from below and cooled from sloping wall while vertical wall is maintained adiabatic	Variables x,y,z	-	3721 data	bell, Log-sigmoid	-

Roohollah Noori, Gholamali Hoshyaripour, Khosro Ashrafi, Babak Nadjar Araabi-2009	Daily carbon monoxide (CO) concentration in the atmosphere of Tehran by means of developed artificial neural network (ANN) and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) models	28 variables	-	D:2004-2005	gauss	Yes
Roohollah Noori, Mohammad Ali Abdoli, Ashkan Farokhnia, Maryam Abbasi-2009	Predict the weekly WG(waste generation) in Tehran, concerning complexity and dynamic MSWMS(municipal solid waste management systems)	12 variables	Yes	W:5 years	gauss	Yes
Zhen-Yuan Jia, Jian-Wei Ma, Fu-Ji Wang, Wei Liu-2010	A prediction method to forecast synthesis characteristics of hydraulic valve is devised and the utilizing of the method can help enterprises to decrease the repair rate and	13 parameters	-	120 group geometric elements values	bell	Yes

	reject rate of the product.					
Kadda Beghdad Bey, Farid Benhammadi, Aicha Mokhtari, Zahia Gessoum-2010	Develop a new prediction model that can be used to predict the future CPU load in a distributed computing environment	Four parameters	-	D:20 days	gauss, sigmoid	Yes
Altunay Perendeci, Sever Arslan, Serdar S. Çelebi, Abdurrahman Tanyolaç-2008	Estimate the effluent chemical oxygen demand, COD _{eff} , of a real scale unsteady anaerobic wastewater treatment plant of a sugar factory.	CH ₄ %, Q _{gas} , Q _{anarecycle} , Q _{inf} -bypass and Q _{inf} (rate of the wastewater treatment plant, Q _{inf} , anaerobic sludge recycle flow rate, Q _{anarecycle} , inlet volumetric flow rate of the anaerobic tank, Q _{inf} -bypass, produced volumetric gas flow rate, Q _{gas} , CH ₄ % content to CH ₄	-	2h:192 days	-	63/192 days

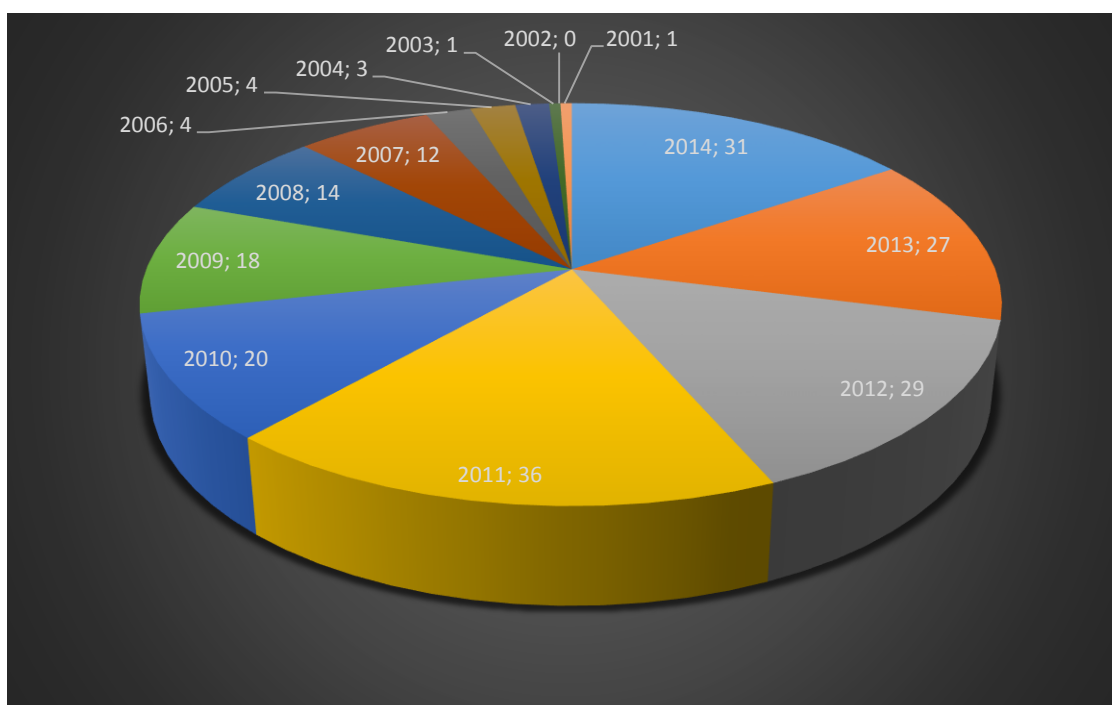
Altınay Perendeci, Sever Arslan, Abdurrahman Tanyolaç, Serdar S. Çelebi-2009	An ANFIS was proposed using available input on-line and off-line operational variables for a sugar factory anaerobic wastewater treatment plant operating under unsteady state to estimate the effluent chemical oxygen demand, COD	Variables	-	D:129 days	-	63/129 days
Yaguo Lei, Zhengjia He, Yanyang Zi, Qiao Hu-2007	Presents a novel method for fault diagnosis based on empirical mode decomposition (EMD), an improved distance evaluation technique and the combination of multiple adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFISs).	Six salient feature sets	Yes	1320 data sets	-	-
Razieh Khalifehzadeh, Saeed Forouzan, Hamed Arami, S.K.	Predict the hardness and porosity of NiTi shape memory alloy	x (sintering time), y (sintering temperature), z (sintering	-	24 data points	-	6 from 24 data points

Sadrnezhaad-2007	produced by vacuum sintering of powder mixture	pressure)				
Murat Ay, Ozgur Kisi-2014	Integration of k-means clustering and multi-layer perceptron (k-means-MLP) methods in modelling chemical oxygen demand (COD) concentration	Water suspended solids (SS), temperature, pH, discharge (Q)	-	D:January 2004 and December 2006	triangular, triangle, Gaussian	25%
H.F Kwok, D.A Linkens, M Mahfouf, G.H Mills-2001	The use of the adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) in rule-base derivation for ventilator control	The arterial oxygen tension (PaO ₂), FiO ₂ and the positive end-expiratory pressure (PEEP) level)	-	3 patients	gauss, bell	142 data from 284
Liang-Ying Wei, Ching-Hsue Cheng, Hsin-Hung Wu-2014	Forecast TAIEX stock	Lag period of TAIEX is one (TAIEX(t)) and 3-period moving average(MA-3(t))	Yes	10 year period TAIEX(Taiwan Stock Exchange Capitalization Weighted Stock Index)	bell	1994 to 2003
M. Emin Yüksel-2005	Efficient restoration of digital images corrupted by impulse	5 variables(X1, X2,X3,X4,X5)	-	5 test images	bell	-

	noise					
--	-------	--	--	--	--	--

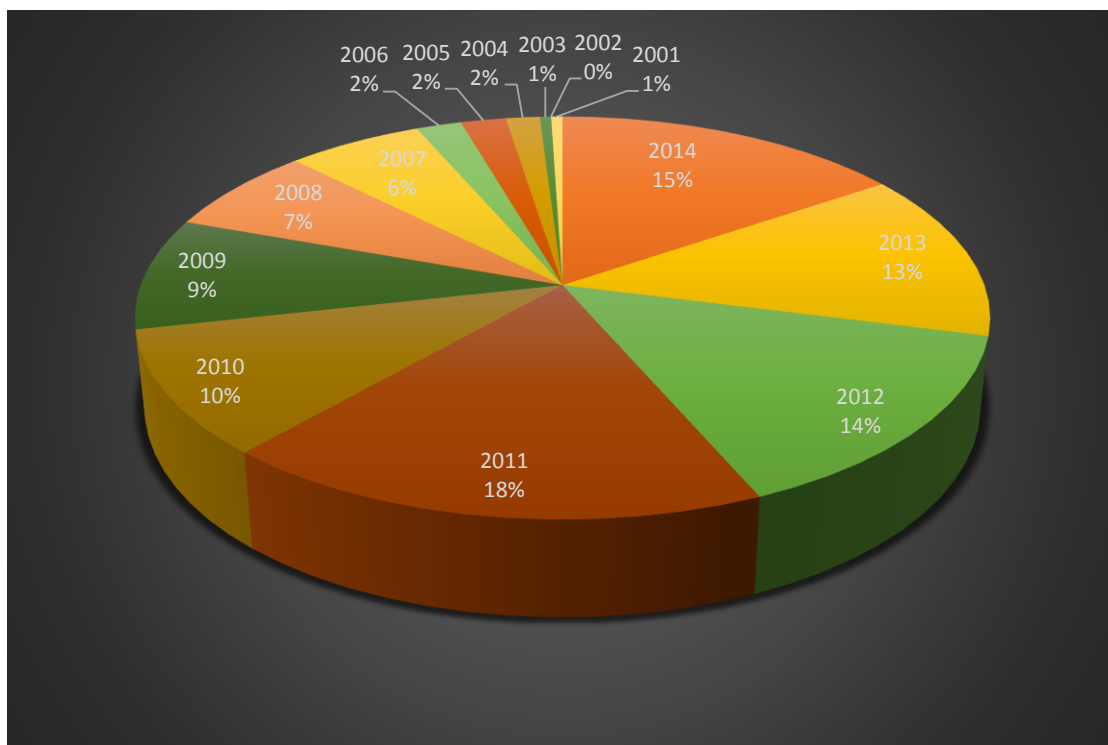
Ανάλυση Έρευνας (Πίνακας 1)

Για την καλύτερη ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας δημιουργήθηκαν κάποια γραφήματα που περιλαμβάνουν ομαδοποιημένα τα αποτελέσματα από το κάθε πεδίο, όπως περιγράφηκαν στον Πίνακα 1. Η ανάλυση κάθε πεδίου περιγράφεται σε δύο γραφήματα. Το ένα απεικονίζει τις μετρήσεις με ακέραιους αριθμούς και το άλλο την ποσοστιαία εμφάνιση του κάθε στοιχείου στον πίνακα.



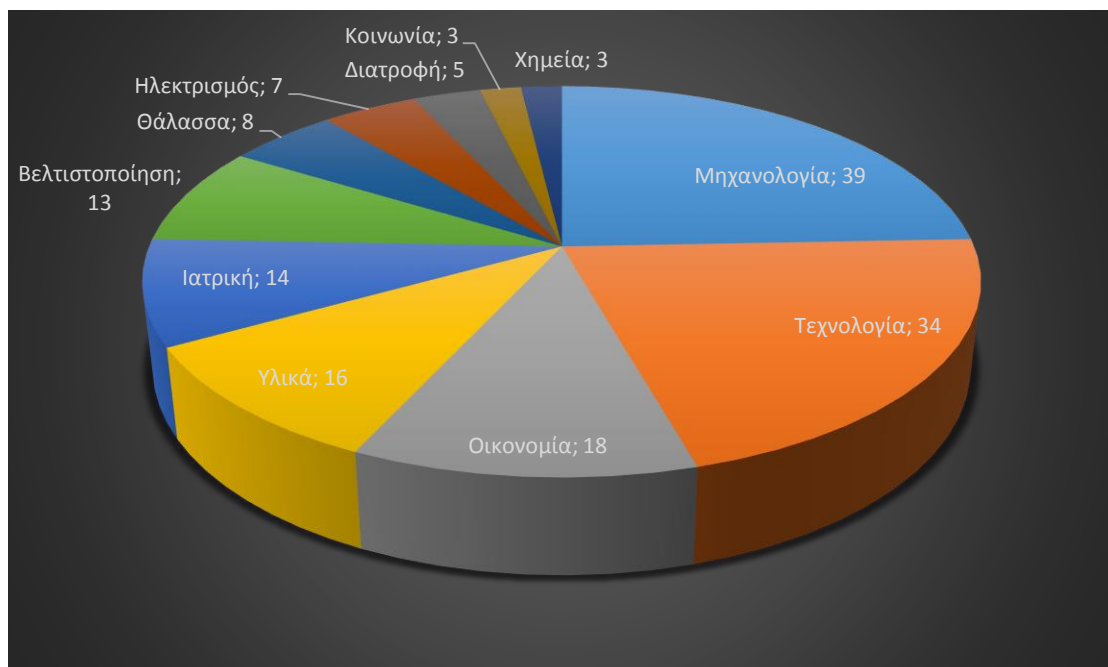
Γράφημα 1. Σύνολο άρθρων ανά έτος

Τα περισσότερα άρθρα που ερευνήθηκαν δημοσιεύτηκαν στο διαδίκτυο το 2011 συγκεκριμένα τριάντα έξι σε αριθμό. Έπειτα ακολούθησε το 2014 με τριάντα ένα και μετά το 2012 με είκοσι εννέα. Τα υπόλοιπα έτη με τον αντίστοιχο αριθμό άρθρων απεικονίζονται στο Γράφημα 1. Πριν το 2006 η έρευνα γύρω από το ANFIS ως ένα χρήσιμο εργαλείο στην καθημερινότητα του ανθρώπου ήταν ελάχιστη όπως φαίνεται και από την καταγραφή. Παρακάτω (Γράφημα 2), απεικονίζονται τα συγκεντρωτικά ποσοστά.



Γράφημα 2. Σύνολο άρθρων ανά έτος, επι τοις εκατό απεικόνιση

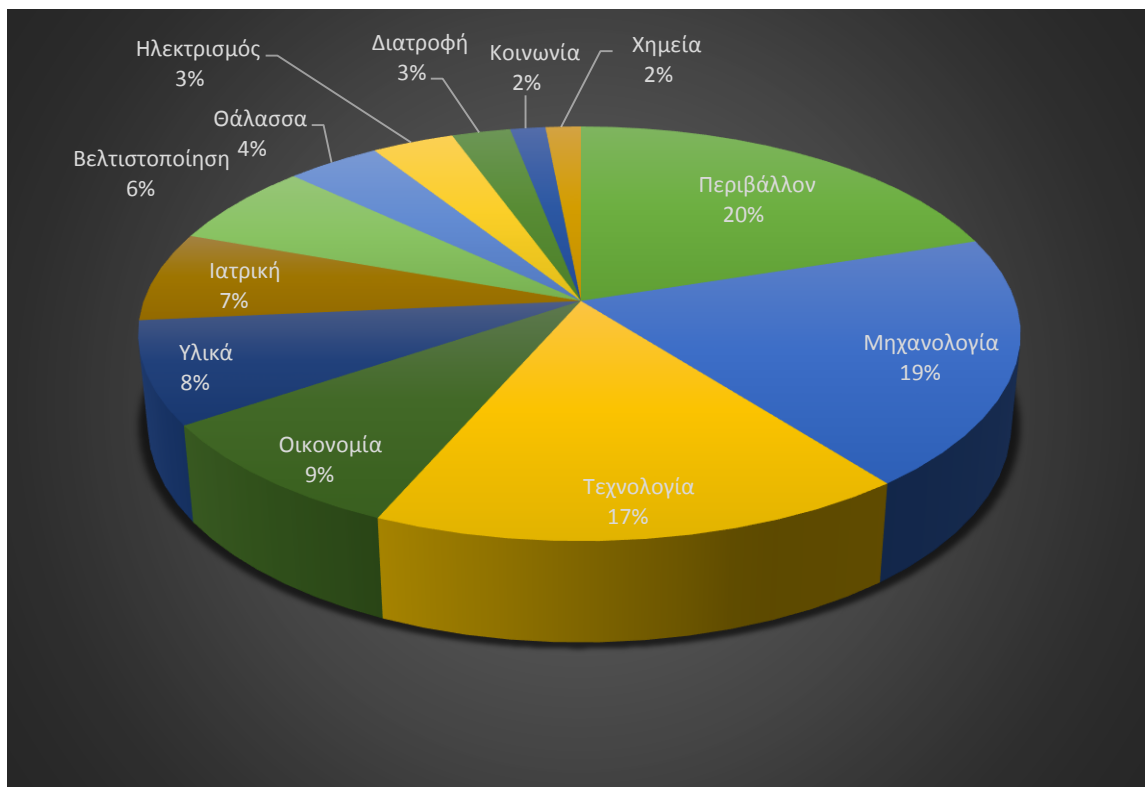
Η ομαδοποίηση του δεύτερου πεδίου, τομέας άρθρου, όπως παρουσιάστηκε στον Πίνακα 1, απεικονίζεται στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 3).



Γράφημα 3. Σύνολο άρθρων ανά γνωστικό πεδίο

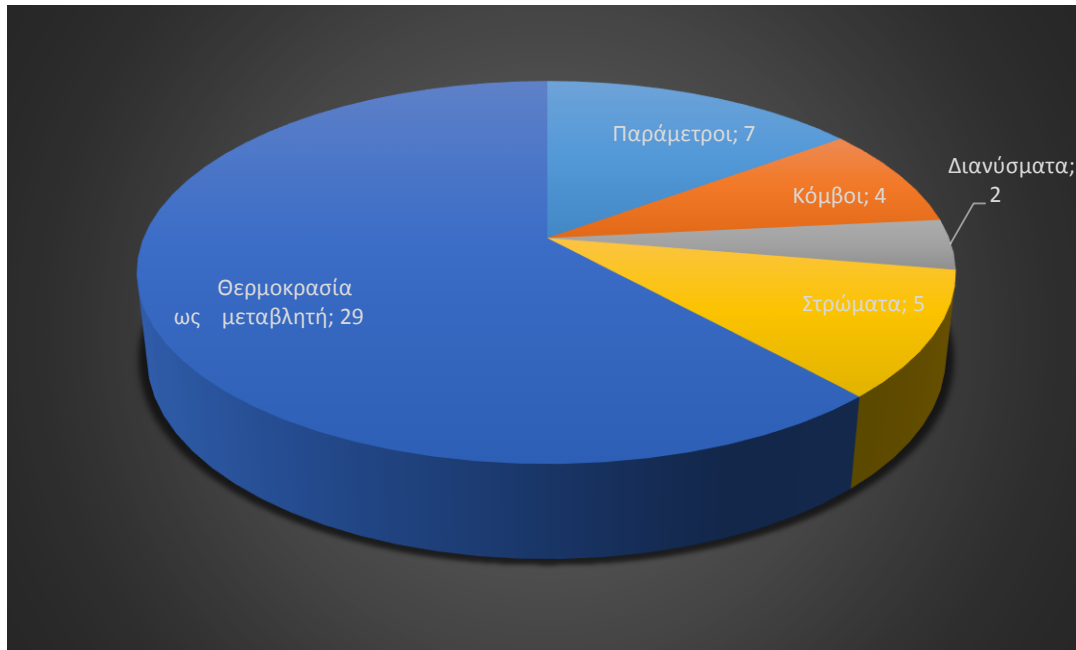
Η πλειοψηφία των άρθρων αναφερόταν στον τομέα του περιβάλλοντος (εμφανίζονται σαράντα άρθρα). Πολύ μεγάλο ποσοστό κατέχει και η μηχανολογία με τριάντα εννέα άρθρα και η τεχνολογία με τριάντα τέσσερα. Ο τομέας του περιβάλλοντος έχει μεγάλη

σημασία για τον άνθρωπο και τις συνθήκες διαβίωσης του και το γεγονός ότι το ANFIS σε αυτό τον τομέα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης καταδεικνύει την σημασία του στη ζωή και την καλυτέρευση των συνθηκών της. Η μηχανολογία ως κλάδος της μηχανικής με πολλές εφαρμογές στην καθημερινότητα π.χ. αυτοκίνητο αποτελεί το δεύτερο σε εμφάνιση τομέα φανερώνοντας ότι το εργαλείο λύνει προβλήματα της καθημερινότητας που μπορεί να τα αντιμετωπίσουμε ίσως και παραπάνω από μία φορές κατά τη διάρκεια της μέρας. Τέλος τριάντα τέσσερα προγράμματα δημιουργήθηκαν στην τεχνολογία κάτι που σημαίνει ότι τα ANFIS μπορούν αν χρησιμοποιηθούν σωστά να αποφέρουν τεχνογνωσία και μελλοντική παγκόσμια ανάπτυξη. Η ποσοστιαία κατανομή παρουσιάζεται στο Γράφημα 4.



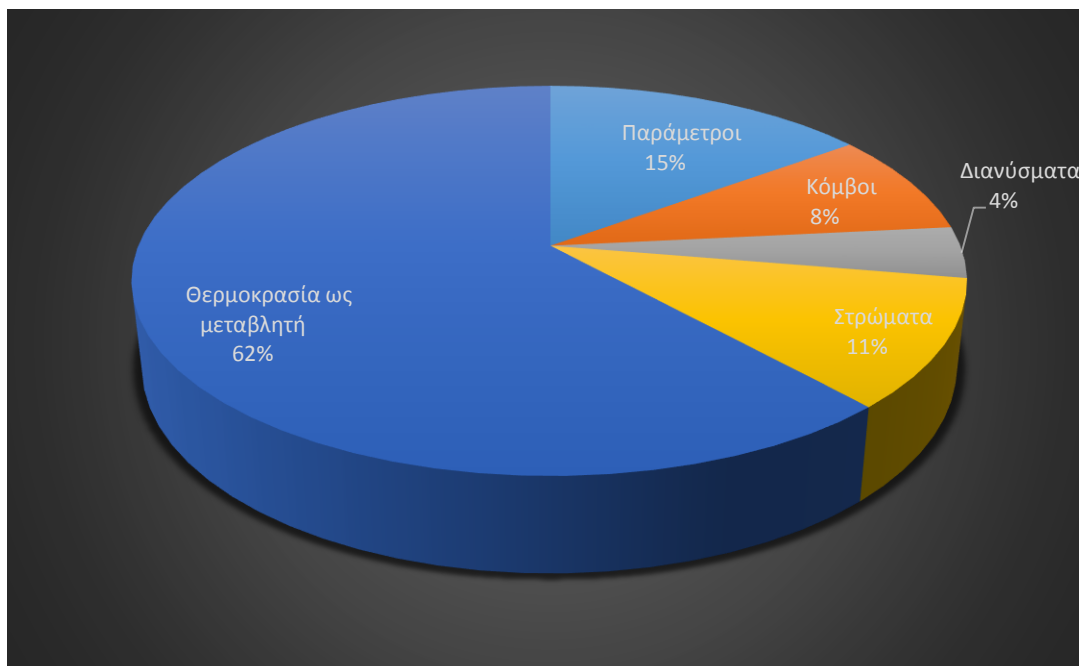
Γράφημα 4 . Απεικόνιση Γνωστικών Πεδίων

Το Γράφημα 5, δείχνει συλλογικά αποτελέσματα για τις μεταβλητές εισόδου των μοντέλων που δημιουργήσανε οι συγγραφείς των άρθρων.



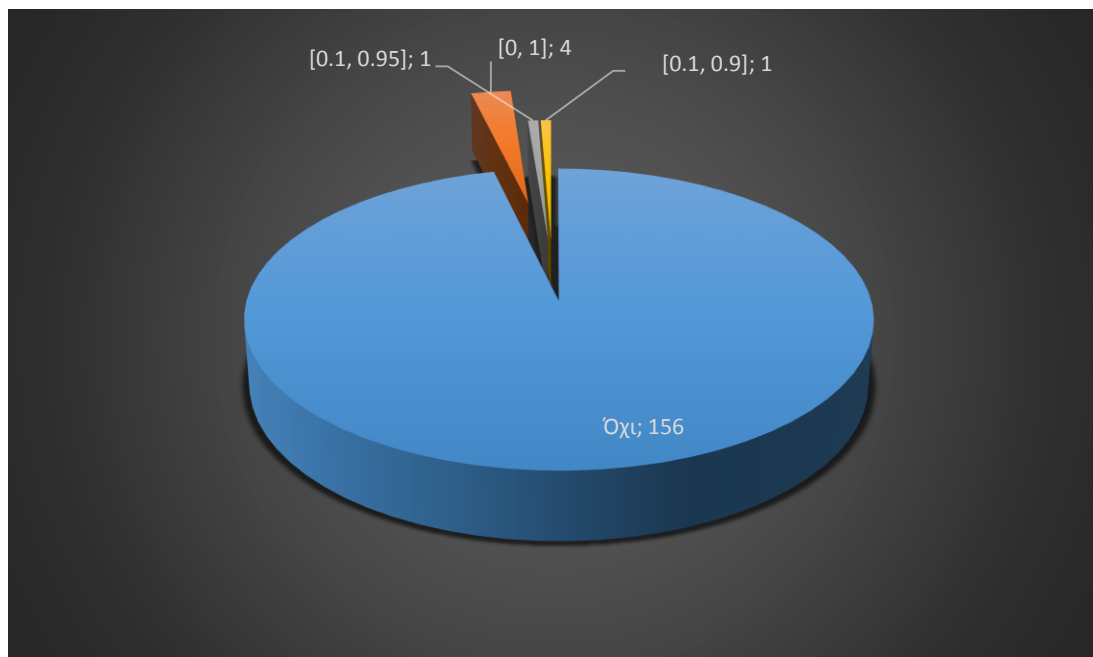
Γράφημα 5. Σύνολο μεταβλητών εισόδου

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η πλειοψηφία των δημιουργών των άρθρων επέλεξε να βάλει τη θερμοκρασία σαν μεταβλητή εισόδου στο μοντέλο που δημιούργησε. Δεκαεφτά είχαν μεταβλητές σαν είσοδο τύπου x, y . Τα εναπομείναντα εκατόν τριάντα έξι άρθρα που δεν εμφανίζονται είχαν διαφορετικές μεταβλητές μεταξύ τους χωρίς να υπάρχει κάτι κοινό που θα μπορούσε να τις ομαδοποιήσει. Η ποσοστιαία απεικόνιση της ανάλυσης απεικονίζεται στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 6).



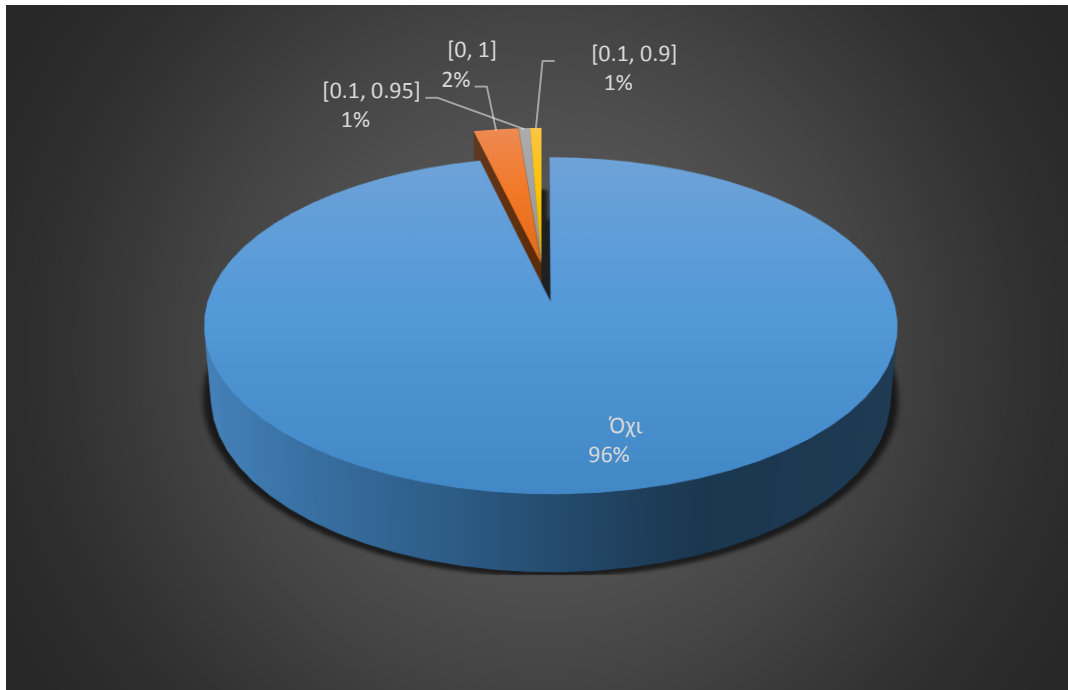
Γράφημα 6. Σύνολο μεταβλητών εισόδου

Στη συνέχεια ακολούθησε η καταγραφή της προ επεξεργασίας δεδομένων από τους συγγραφείς για το μοντέλο που δημιούργησαν.



Γράφημα 7. Άρθρα με προ επεξεργασία δεδομένων και πεδία τιμών

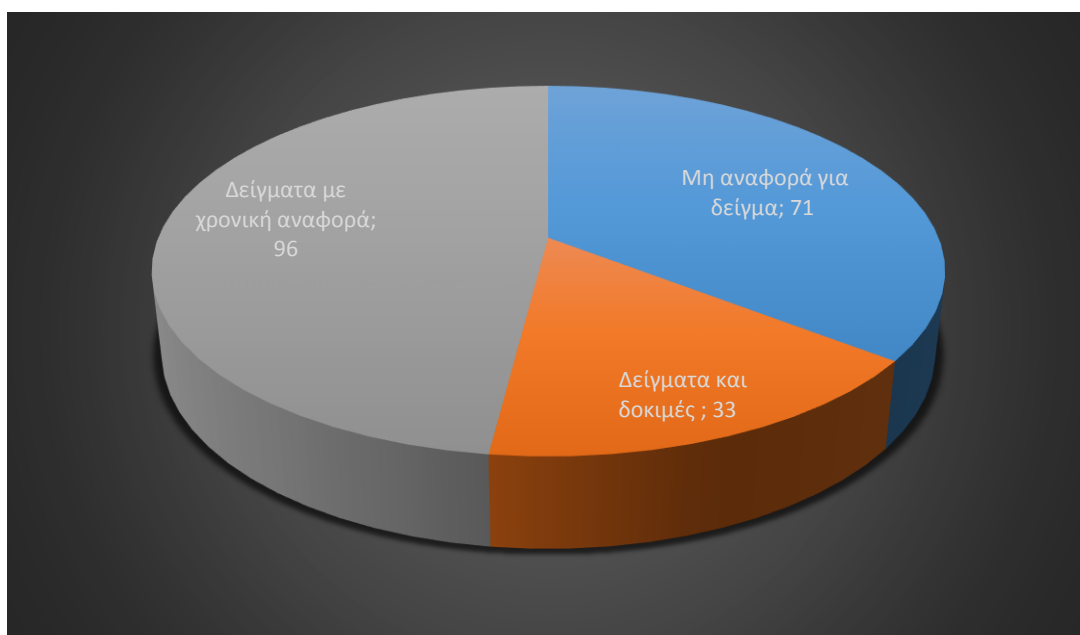
Όπως παρατηρήθηκε σε εκατόν πενήντα έξι άρθρα δεν έγινε προ επεξεργασία δεδομένων ενώ σε μόλις τριάντα οχτώ πραγματοποιήθηκε. Σε τέσσερα άρθρα η προ επεξεργασία έγινε στο πεδίο τιμών $[0, 1]$ σε ένα στο πεδίο $[0.1, 0.95]$ και σε ένα ακόμη στο $[0.1, 0.9]$. Οι πιο πολλοί συγγραφείς δεν πραγματοποίησαν προ επεξεργασία κάτι που μας δείχνει ότι πολλοί δούλεψαν επί του παρόντος θέματος εξαρχής με δικά τους δεδομένα και δεν πάτησαν σε προηγούμενες καταγραφές. Στο Γράφημα 8 απεικονίζεται η ποσοστιαία αναλογία εμφάνισης ή μη εμφάνισης της προ επεξεργασίας δεδομένων.



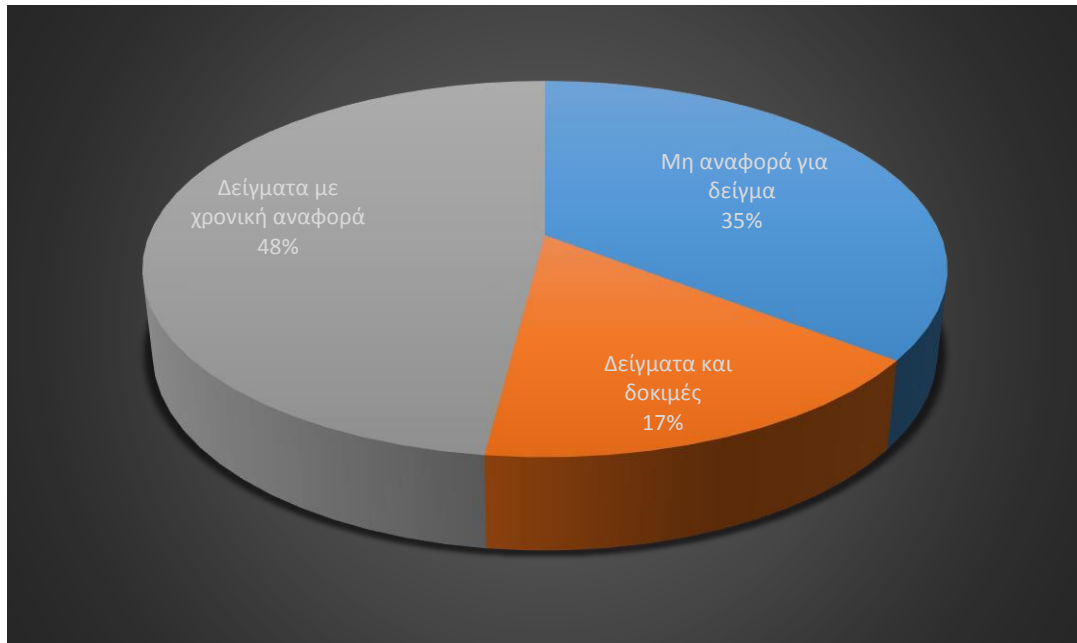
Γράφημα 8. Προ επεξεργασία δεδομένων και πεδία τιμών

Στη συνέχεια αναλύθηκαν τα δείγματα ως προς το μέγεθος.

Η ανάλυση έδειξε ότι οι πιο πολλοί συγγραφείς δημιούργησαν άρθρα με χρονική αναφορά ως προς το στατιστικό δείγμα που συγκέντρωσαν. Αυτό καταδεικνύει ότι τα αποτελέσματα που έδωσε το ANFIS προέκυψαν από στατιστικά στοιχεία αρκετών ερευνών και δεν είναι τυχαία τα δεδομένα που δόθηκαν στο εργαλείο. Στα Γραφήματα 9 και 10 παρουσιάζεται η αναφορά του συνόλου δειγμάτων σε ακέραια και ποσοστιαία καταγραφή.



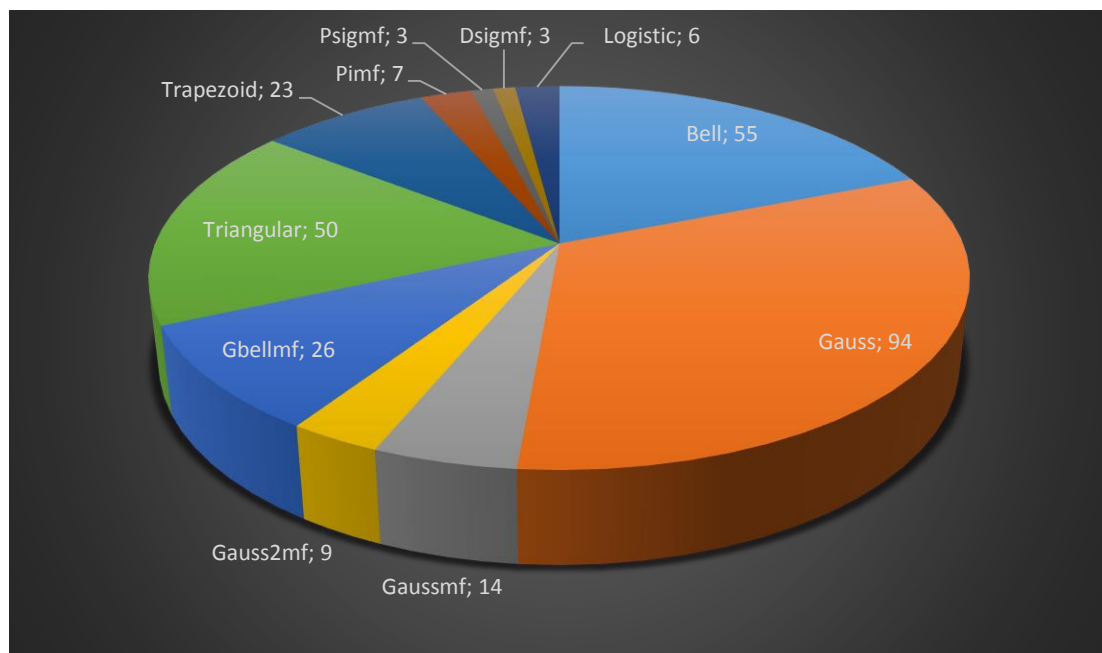
Γράφημα 9. Σύνολο δειγμάτων



Γράφημα 10. Σύνολο δειγμάτων (επί τοις εκατό)

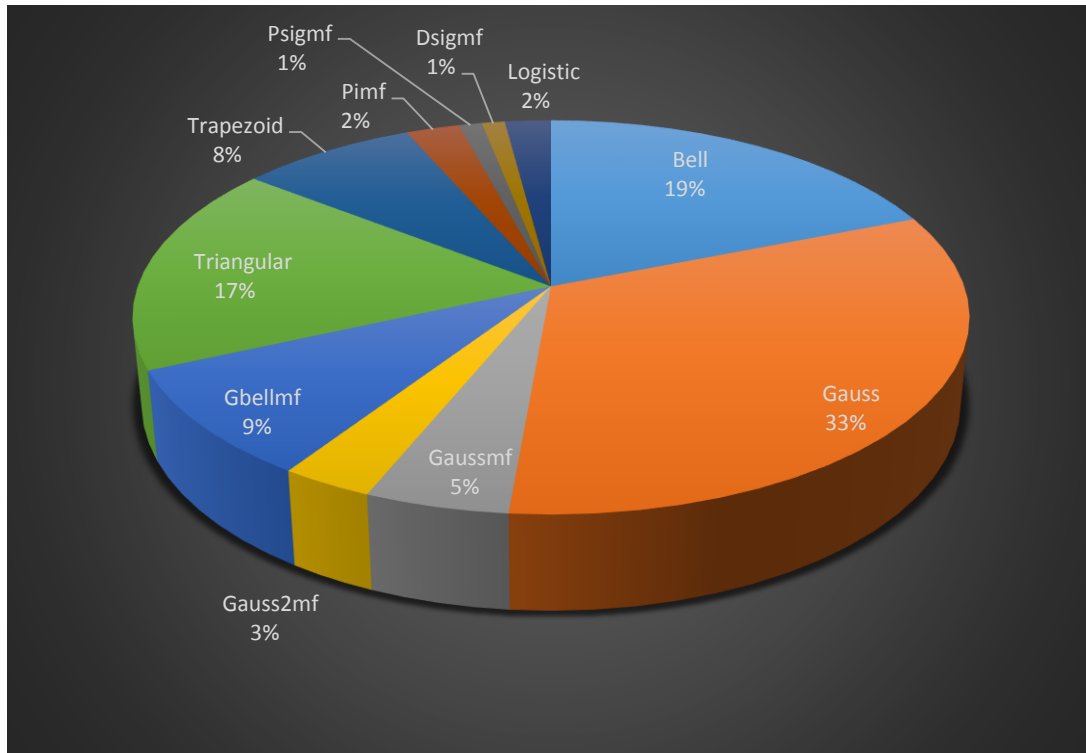
Ακολουθεί η καταγραφή των συναρτήσεων συμμετοχής.

Όπως παρατηρείται στο Γράφημα 11, Πιο συχνή ήταν η συνάρτηση gauss με ενενήντα τέσσερις εμφανίσεις. Εν συνεχεία, ακολουθούν η bell και η triangular. Οι υπόλοιπες συναρτήσεις με μικρότερη εμφάνιση είναι καταγεγραμμένες στο ίδιο γράφημα. Η εγκυρότητα της gauss και η εμπιστοσύνη που της έδειξαν οι ερευνητές είναι αξιοπρόσεκτη.



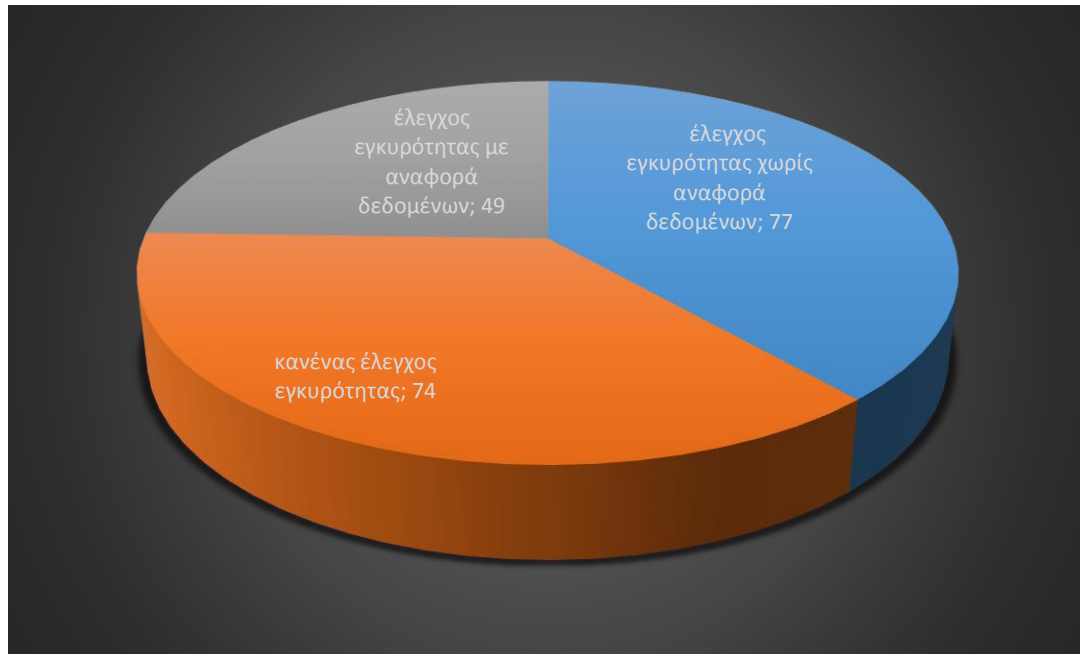
Γράφημα 11. Σύνολο συναρτήσεων συμμετοχής

Τα ποσοστά παρατηρούνται στο Γράφημα 12:

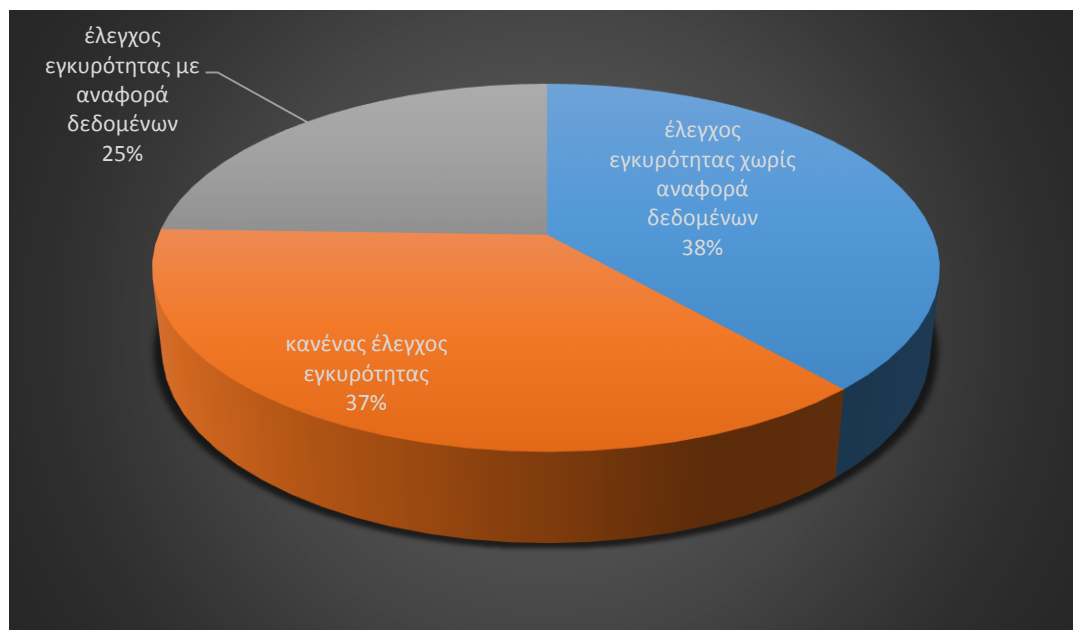


Γράφημα 12. Συναρτήσεις συμμετοχής

Τελευταίο πεδίο στον Πίνακα 1 αφορούσε την μελέτη του ελέγχου εγκυρότητας των άρθρων. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στα Γραφήματα 13 και 14, τρία πεδία δημιουργήθηκαν από την ανάλυση του πεδίου αυτού (Έλεγχος εγκυρότητας με αναφορά δεδομένων, έλεγχος εγκυρότητας χωρίς αναφορά δεδομένων, κανένας έλεγχος εγκυρότητας). Οι πιο πολλοί εκ των αρθρογράφων, εβδομήντα επτά συγκεκριμένα, θέλησαν να χρησιμοποιήσουν έλεγχο εγκυρότητας προκειμένου να επαληθεύσουν τα αποτελέσματα τους (Γράφημα 12). Αυτή είναι μία μέθοδος επαλήθευσης των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί και μας δίνει βεβαιότητα ως προς τα αποτελέσματα της έρευνας. Στο Γράφημα 13 εμφανίζεται η ίδια ανάλυση επι τοις εκατό.



Γράφημα 13. Σύνολο καταγραφών ελέγχου εγκυρότητας



Γράφημα 14. Ποσοστιαίο Σύνολο Ελέγχου Εγκυρότητας

Εκτός του πρώτου πίνακα ομαδοποιήθηκε και ένας δεύτερος (Πίνακας 2), που περιείχε μία λίστα με τα μοντέλα που μπορούσαμε να συναντήσουμε εντός των δημοσιεύσεων. Ο πίνακας περιελάμβανε και τα μέτρα απόδοσης μοντέλου που χρησιμοποίησαν οι συγγραφείς. Ο πίνακας απεικονίζεται παρακάτω:

Πίνακας 2. Είδη μοντέλων και μέτρα απόδοσής τους

<u>Comparative studies</u>								
Authors-year	ANNs	LR , MLR	ARMA ARIMA	GA	RW	B & H	Others	Model performance measures
Ali. M Abdulshahed ,Andrew P. Longstaff,Sim on Fletcher- 2014							ANFIS- Grid,A NFIS- FCM	RMSE R ²
Suresh Sharma, Puneet Srivastava, Xing Fang, Latif Kalin- 2014		• (MLR)					LSPC model	NSE MBE R ²
Kumar Abhishek, Biranchi Narayan Panda , Saurav Datta, Siba Sankar Mahapatra- 2014				•				APE
Hima Nikafshan Rad, Zakaria Jalali, Hossein Jalalifar-2014	•							R ² , RMSE, AC
Hui Liu, Hong-qi Tian, Yan-fei Li- 2014			•(ARIM A)				MLP	MAE, MAPE, MSE

Jamshid Piri, Ozgur Kisi- 2014							NN- ARX	R ² , RMSE, MAE, AC
Abdolhamid Salahi, Toraj Mohammadi, Reza Mosayebi Behbahani, Mahmood Hemmati- 2014	-							R ² , RMSE , MAPE, AC
Hsin-Hung Lee, Iosif I. Shinder, John D. Wright, Michael R. Moldover- 2014	-							RMSE
Shimaa Barakat, Magdy B. Eteiba, Wael Ismael Wahba-2014							ANFIS DWT	APE
Haifeng Dai, Pingjing Guo, Xuezhe Wei, Zechang Sun, Jiayuan Wang-2014	-							APE
M.I. Mosaad, Fawzan Salem-2014	•			•				IAE, ITAE, ISE
M.H. Djavareshkian , A. Esmaili- 2014	-							CC, AC
Gökhan Özkan, Melih							NN(neu ral	MSE, NMSE, MAE, MAP,

İnal-2014							network)	MAPE, R-value
L. Yang, E. Entchev-2014	-							COV, RMSE, R ²
Ahmad Bagheri, Hamed Mohammadi Peyhani, Mohsen Akbari-2014							ANFIS-QPSO	RMSE, SEM, MAPE, MAE, HIT
Yavuz Selim Güçlü, Mehmet Öner Yeleğen, İsmail Dabanlı, Eyüp Şişman-2014	-							CC
Ali M. Abdulshahed, Andrew P. Longstaff, Simon Fletcher, Alan Myers-2014	•						FCM-ANFIS	NSE, RMSE, R
Benyamin Khoshnevisan, Shahin Rafiee, Mahmoud Omid, Hossein Mousazadeh-2014	•							R, RMSE, MAPE
Tahseen Ahmad Tahseen, M. Ishak, M.M. Rahman-2014	•							RE, MRE R-square

Manish Kumar Goyal, Birendra Bharti, John Quilty, Jan Adamowski, Ashish Pandey-2014	•						LS-SVR	RMSE, CORR
Shatirah Akib, Mohammad Mohammadhassani, Afshin Jahangirzadeh-2013	•	• LR						MSE R
Ravinder Kumar Kharb, S.L. Shimi, S. Chatterji, Md. Fahim Ansari-2014	-							MSE
Alireza Karami, Somaieh Afiuni-Zadeh-2013							RBFNN	Q^2_{LOO} , RMSE, Q^2_{F33} , R-square, Y^- (%), Q^2
S. Prakash, J. Lilly Mercy, Putti Venkata Siva Teja, P. Vijayalakshmi-2014	-							RMSE
Zhe Yuan, Lin-Na Wang, Xu Ji-2013				•			BP-ANN	RMSE, R^2
Liang-Ying Wei-2012	-							RMSE

C.K. Lau, Kaushik Ghosh, M.A. Hussain, C.R. Che Hassan- 2012							MSPC A- ANFIS, ANFIS- PCA	MDR, FAR
A. Sadrmomtazi, J. Sobhani, M.A. Mirgozar- 2013							LMBP algorithm network ANN model NLMBP 33, NLMBP 11, NLMBP 22.NLM BP44 ANFTR I, ANFTR A, ANFBE L, ANFGU S	CC
Mohsen Annabestani, Nadia Naghavi-2014							ANFIS- NARX, (NARX)	NMSE
Sajad Sabzi, Payam Javadikia, Hekmat Rabani, Ali Adelkhani-	-							R ² , SSE, MAE, MSE, CC

2013								
J. Fernandez de Canete, A. Garcia-Cerezo, I. Garcia-Moral, P. Del Saz, E. Ochoa-2013	-							RMSE
B. Shahbazi, B. Rezai, S. Chehreh Chelgani, S. M. Javad Koleini, M. Noaparast-2013	-							R-square, MAE
Murat Hosoz, Huseyin Metin Ertunc, Murat Karabektas, Gokhan Ergen-2013	-							r, MRE, RMSE, R-square
Bindi Chen, Peter C. Matthews, Peter J. Tavner-2013							APK-ANFIS	ACC,ER, RC, Pr
Swasti R. Khuntia, Sidhartha Panda-2011	•						MLP	SD
Mu-Yen Chen-2011							PSO-ANFIS, PS-ANFIS(PSO-SC-ANFIS) subtracti	R-square, RMSE, MSE, MAPE

							ve clusterin g (SC)	
I.M. Ginarsa, A. Soeprijanto, M.H. Purnomo- 2012							ANFIS based CC- SVC	CC, LSE
Esin Dogantekin, Engin Avci, Oznur Erkus- 2013							FCM, Entropy - ANFIS, Entropy -FCM, Entropy -ANN	MSE
Le Duy Khoa, Dinh Quang Truong, Kyoung Kwan Ahn-2013	-							AC
Ching-Hsue Cheng, Liang- Ying Wei, Jing-Wei Liu, Tai-Liang Chen-2012	-							RMSE, Profit
Leila Naderloo, Reza Alimardani, Mahmoud Omid, Fereydoon Sarmadian, Payam Javadikia, Mohammad Yaser Torabi, Fateme Alimardani-	-							MSE, MAE, SSE, R ,P

2012								
Huimin Jiang, C.K. Kwong, M.C. Law, W.H. Ip-2013							(PSO)- ANFIS	MAE, MAD
Yousif I. Al Mashhadany (MIEEE, IIE)- 2012	•						LRNNs	APE
J. Zhang, Z.Y. He, S. Lin, Y.B. Zhang, Q.Q. Qian- 2013	-							APE, RMSE
Hadi Fattahi, Saeed Shojaee, Mohammad Ali Ebrahimi Farsangi, Hamid Mansouri- 2013							ANFIS- SCM	RMSE, R- square, VAF
Ali Fuat Güneri, Tijen Ertay, Atakan Yücel-2011		•(MLR)						RMSE, MAPE
D.K. Ghose, S.S. Panda, P.C. Swain- 2013				•			NLMR model	R- square, RMSE
Gholamreza Karimi, Sedighe	•						MLP, RBFNN	MRE

Babaei Sedaghat, Roza Banitalebi- 2013								
Khalid Al- Ghamdi, Osman Taylan-2014							MLP, BPNN	APE
H.M. Jiang, C.K. Kwong, W.H. Ip, T.C. Wong-2011							PSO- ANFIS, GA- ANFIS,	MAE, LSE
Kamal Saadeddin, Mamoun F. Abdel-Hafez, Mohammad A. Jaradat, Mohammad Amin Jarrah- 2013							IDANF IS	MAE
Jing-Rong Chang, Liang- Ying Wei, Ching-Hsue Cheng-2010	•							RMSE
Bedri Kurtulus, Nicolas Flipo- 2011	-							RMSE,R- square
Pravin P. Patil, Satish C. Sharma, S.C. Jain-2012	-							-
Swasti R. Khuntia, Sidhartha Panda-2011	-							ISE

Adel Mellit, Soteris A. Kalogirou- 2010	•							CC,MRE,R-square, RMSE
Betul Bektas Ekici, U. Teoman Aksoy-2011	-							R-square
Min Han, Yao Zhao-2011							SVM	HIT, RMSE
Rajesh Singh, Ashutosh Kainthola, T.N. Singh- 2011	-							RMSE, VAF, MAPE
Zhiyong Tan, Chai Quek, Philip Y.K. Cheng-2011							ANFIS- RL , DENFIS	RMSE, AC, APE
O. Faruk Dursun, Nihat Kaya, Mahmut Firat- 2012							MLR ,NLR	MAE, R, E, RMSE.
Bashir Rahmanian, Majid Pakizeh, Seyed Ali Akbar Mansoori, Morteza Esfandyari, Dariush Jafari, Heidar Maddah, Abdolmajid	•							R-value, R-square, MSE, ARE, AARE , SD

Maskooki-2012								
Ali Haghighat Mesbahi, Dariush Semnani, Saeid Nouri Khorasani-2011	•						MLP	MSE, RMSE, ARD
Mehmet Emiroğlu, Ahmet Beycioğlu, Servet Yildiz-2012		•(MLR)						RMSE, R-square, SEE
Wen-Hsien Ho, Jian-Xun Chen, I-Nong Lee, Hui-Chen Su-2011							HTGA	AUROC, ROC
Mehdi Bagheri, Mansoureh Rajabi, Marziyeh Mirbagheri, Mohammad Amin-2011	-							R-square, AAE, RMSEE, AREi, AARE
Yung-Ching Ho, Ching-Tzu Tsai-2011	-							RMSE, MAPE, MAE, MSE, R-square

Shaikh A. Razzak-2012	•						FCM	MAE, D, S, RMSE, CC
Behrouz Ahmadi- Nedushan- 2012	•						SVM	RMSE, MAPE
Ali Nazari, Gholamreza Khalaj, Shadi Riahi, Hamid Bohlooli, Mohammad Mehdi Kaykha-2012	-							R-square
Mansour Talebizadeh, Ali Moridnejad- 2011	•						MLP	RMSE, MAE, R
M. Mehrabi, S.M. Pesteei, T. Pashae G.- 2011	-							RMSE, R- square
P. Mullai, S. Arulselvi, Huu-Hao Ngo, P.L. Sabarathinam- 2011	-							R-square, APE
İsmail Kiyak, Vedat Topuz, Bülent Oral- 2011	-							R, MSE
Iman Malekmoham adi, Mohammad Reza	•						SVM, BNs, BPN	namely Bias, SI, RMSE, MRE , CC

Bazargan-Lari, Reza Kerachian, Mohammad Reza Nikoo, Mahsa Fallahnia- 2010								
Işık Yılmaz, Oguz Kaynar- 2011	•						ANN- MLP ANN- RBF	VAF, RMSE, MAPE, R
Ali Nazari, Amir Ali Milani, Gholamreza Khalaj-2011	-							R ²
M. Mohandes, S. Rehman, S.M. Rahman- 2011	-							MPE, WSE
Ilke Turkmen- 2010							MLP	PSNR, MAE, MSE
Ali Nazari, Shadi Riahi- 2011	-							RMSE, R- square
H. Md. Azamathulla, Aminuddin Ab. Ghani, Seow Yen Fei -2011	•							r, RMSE
Ali Nazari, Gholamreza Khalaj-2012	-							R ² , RMSE
T. Ravi Kiran, S.P.S. Rajput- 2011	•							RMS cov, AIC, MSE, R- square

Ali Nazari, Gholamreza Khalaj, Shadi Riahi-2011	-							MSE, R ²
Hong Zheng, Bo Jiang, Hongfei Lu- 2011	-							-
U. Sabura Banu, G. Uma-2010	-							RMSE
Deepak Joshi, A. Mishra, Sneh Anand- 2011							RBFNN , MLP,	RMSE, CCC
Ehsan Rezaei, Alimohamma d Karami, Tooraj Yousefi, Sajjad Mahmoudinez had-2011	-							MRE, CC
César Sepúlveda, Juan Carlos De la Llera, Andrés Jacobsen-2012	-						FEM, PSM, Error	RMSE
Rahmat Madandoust, John H. Bungey, Reza Ghavidel- 2011				•				R-square, RMSE, MRE, maximum relative error

Mahdi Aliyari Shoorehdeli, Mohammad Teshnehlab, Ali Khaki Sedigh-2008	-							RMSE
W.A. Wali, A.I. Al- Shamma'a, Kadhim H. Hassan, J.D. Cullen-2012				•				-
Mrinal Buragohain, Chitrakleha Mahanta-2007	-							RMSE, MSE
Zhiling Yang, Yongqian Liu, Chengrong Li- 2010	-							MAE, RMSE, R
Mohsen Hayati, Abbas Rezaei, Majid Seifi, Ali Naderi-2010	•							MPE
Hikmet Esen, Mustafa Inalli, Abdulkadir Sengur, Mehmet Esen- 2008							FWP method, FWP- ANFIS	RMS, R ² , COV
Melih İnal- 2007	•						MLP	MSEs, MAEs

Mahdi Aliyari Shoorehdeli, Mohammad Teshnehlal, Ali Khaki Sedigh, M. Ahmadieh Khanesar- 2008	-							RLS, RLSE
Futao Zhu, Yunjie Wu- 2014	-							RI, SF, AR and RR
M. Geethanjali, S. Mary Raja Slochanal- 2007							ANFIS model (AOCR S)	MAPE, MMEP, mmEP, APE
Pravin Patil, Satish C. Sharma, Himanshu Jaiswal, Ashwani Kumar-2014	-							R
Melek Acar Boyacioglu, Derya Avcı- 2010	-							RMS, R ² , COV
C.K. Lau, Y.S. Heng, M.A. Hussain, M.I. Mohamad Nor-2010	-							RMSE, AC
Julián Moreno-2009		●(MLR)	●(ARIM A)					MAPE, RMSE, MAE, AC, CC

Mingzhen Wei, Baojun Bai, Andrew H. Sung, Qingzhong Liu, Jiachun Wang, Martha E. Cather-2007							ANFIS-GRID, ANFIS-SUB	MCE, RMSE
Faihan D. Alotaibi, Adel Abdenmour, Adel A. Ali-2007							RBFNN , TETRA	RMSE, maximum relative error , R^2
C. Riverol, C. Di Sanctis-2008	-							MSE ,IAE
Wang Chong-lin, Ma Cao-yuan, Liu Jian-hua, Li Guo-xin, Zhang Dong-liang, Tang Jie-jie-2009	-							-
Esin Dogantekin, Mustafa Yilmaz, Akif Dogantekin, Engin Avci, Abdulkadir Sengur-2008	•						IM-ANFIS	LSE ,SSE
Xiao-Juan Wu, Xin-Jian Zhu, Guang-Yi Cao, Heng-Yong Tu-2008							“GENF IS1”	RMSE, LSE
Seydi Vakkas Ustun, Metin				•			GA-ANFIS	PI

Demirtas-2008								
Erdem Buyukbingol, Arzu Sisman, Murat Akyildiz, Ferda Nur Alparslan, Adeboye Adejare-2007	•							RMSE
Ahmet Baylar, Davut Hanbay, Emrah Ozpolat-2008		•(LR)						ARE, R ²
Engin Avci, Ibrahim Turkoglu-2009							(PCA)- ANFIS	LSE, SSE
Esin Dogantekin, Akif Dogantekin, Derya Avci, Levent Avci-2009							LDA (ANFIS): LDA- ANFIS, LS- SVM,G DA-LS- SVM	LSE, SSE
Q. Yuan, C.Y. Dong, Q. Wang-2009	-							MSE
Foad Soltani, Reza Kerachian, Ehsan Shirangi-2010							HGAs,	-

S.J. Mousavi, K. Ponnambalam , F. Karray- 2006			•(ARM A)					MSE, LOSS, CV, REL
Hossein Ali Zamani, Shahin Rafiee- Taghanaki, Masoud Karimi, Milad Arabloo, Abbas Dadashi-2014							BP- ANFIS, HYB- ANFIS	AAPRE, R2, APRE, RMSE, MaxAPRE, MinAPRE
Sorousha Moayer, Parisa A. Bahri-2009	•							RMSE
Karim Salahshoor, Mojtaba Kordestani, Majid S. Khoshro-2010							SVM	MAPE
Jafar Sobhani, Meysam Najimi, Ali Reza Pourkhorshidi, Tayebeh Parhizkar- 2009	•							CF, RMS
Zhi Q. Gu, S. Olutunde Oyadiji-2007	-							SSE

Mohammad Goodarzi, Matheus P. Freitas-2010	•						PCA–ANFIS, GFA, RBFNN	RMSEP, RSEP(%), MAE(%), Fisher, T test, r^2 , q^2 Loo, q^2 L-20%-O
Aboozar Khajeh, Hamid Modarress-2010							GFA	RMSE , R^2
Bao Rong Chang-2008			• ARMA				(NGARCH)ANFIS model, (BPNN),	(a) MAD (b) (MAPE); (c) (MSE); (d) (Theil'U).
Amin Talei, Lloyd Hock Chye Chua, Tommy S.W. Wong-2010							ARX	r, RMSE, MAE are included in addition to CE, for models using the pruned sequential time series
Ali Osman Özkan, Sadık Kara, Ali Salli, Mehmet Emin Sakarya, Salih Güneş-2010	-							CA, SEN SPE)
Servet Soyguder, Hasan Alli-	-							RMS, R^2

2009								
Kemal Polat, Salih Güneş- 2009							(PCA)- fuzzy- ANFIS	CA
P. Çivicioğlu- 2006	-							MSE
H. Md. Azamathulla, Chun Kiat Chang, Aminuddin Ab. Ghani, Junaidah Ariffin, Nor Azazi Zakaria, Zorkeflee Abu Hasan-2008	•							-
Tahir Ayata, Ertuğrul Çam, Osman Yıldız- 2007	•							MAPE, RMSE R ²
Ching-Hsue Cheng, Liang- Ying Wei, You-Shyang Chen-2009	-							(RMSE)
A. Moghaddamni a, R. Remesan, M. Hassanpour Kashani, M. Mohammadi, D. Han, J. Piri-2009							(LLR), (MLP), Elman neural network, NNAR X	R ² , RMSE ,MBE

Fung-Huei Yeh, Yuung-Hwa Lu, Ching-Lun Li, Ming-Tsung Wu-2005								SSE
J. Nou, R. Chauvin, A. Traoré, S. Thil, S. Grieu-2014	-							MAE, MRE
Hui Yang, Ya-Ting Fu, Kun-Peng Zhang, Zhong-Qi Li-2013							CARIM A	Maximum negative error, maximum positive error, RMS error
Erkan Beşdok-2004	-							MSE
N. Nariman-Zadeh, A. Darvizeh, M.H. Dadfarmai-2004		•						MSE
Ship-Peng Lo, Yeou-Yih Lin-2005	-							A.P.E.
N.G. Fragiadakis, V.D. Tsoukalas, V.J. Papazoglou-2013	-							APE

Tanvir Islam, Prashant K. Srivastava, Miguel A. Rico-Ramirez, Qiang Dai, Dawei Han, Manika Gupta-2014	-							MB, NM B, FSE, MAE RMSE, r, SD
E. Beşdok, P. Çivicioğlu, M. Alçı-2004	-							PSNR, MSE
Bao Rong Chang-2006			• auto- regressive moving- average (ARMA),				RBFNN ANFIS/ NGARC H,ARM A/NGA RCH (ARMA XNG)	(a) MAD (b) MAPE (c) MSE (d) Theil'U
Gao Daoming, Chen Jie-2006	-							A.P.E., RMSE
Leocundo Aguilar, Patricia Melin, Oscar Castillo-2003	-							RMSE
V.R. Budyal, S.S. Manvi- 2013							(QARA) using ANFIS	RMSE
Alfonso Iglesias Nuno, Bernardino Arcay, J.M. Cotos, J. Varela-2005							BPN, RBF MLP	MSE

Alireza Abbasi, Reza Eslamloueyan-2013		• MLR(multi-linear regression),					MLP PSO-MLR, QSPR model, MLP-QSPR model	AARD, MSE, R
Serdal Terzi-2013	-							R ²
Ilija Svalina, Vjekoslav Galzina, Roberto Lujić, Goran Šimunović-2013	-							AvRE, AvCV(RMSE
M. Taheri, M.R. Alavi Moghaddam, M. Arami-2013	-							MSE, R ²
Ali Adelkhani, Babak Beheshti, Saeid Minaei, Payam Javadikia, Mahdi Ghasemi-Varnamkhasti-2013	-							MSE, SSE, R ²
Yuanfei Han, Weidong Zeng, Xuemin Zhang, Yongqing Zhao, Yu Sun, Xiong Ma-2012		• (MLR)						RMSE, MAPE, R ²

Ahmet Raif Boğa, Murat Öztürk, İlker Bekir Topçu-2012	•							R ²
Liang-Ying Wei-2013				•				RMSE
Vahid Nourani, Mehdi Komasi-2013							IGANFI S, IGANN, FCMs	DC, RMSE, AIC
Maryam Vatankhah, Vahid Asadpour, Reza Fazel-Rezai-2012				•			ANFIS-SVM	
Rodrigo Pérez-Rodríguez, Alexis Marcano-Cedeño, Úrsula Costa, Javier Solana, César Cáceres, Eloy Opisso, Josep M. Tormos, Josep Medina, Enrique J. Gómez-2012							MLP	RMSE,C
Patricia Melin, Jesus Soto, Oscar Castillo, Jose Soria-2012	-							RMSE

Bağdagül Karaağaç, Melih İnal, Veli Deniz- 2011	•						MLP	MSE, (M_A_E_P), (M_A_E_P_te st), (Average M_A_E_P) and generalization error
R.A. Saeed, A.N. Galybin, V. Popov- 2012	•						(MNN)	absolute error
Reza Beigzadeh, Masoud Rahimi-2012				•				MRE, MSE, R ²
Mahmut Bilgehan-2011	•							RMSE, MBE, R ²
Mohsen Shahlaei, Armin Madadkar- Sobhani, Lotfollah Saghaie, Afshin Fassihi-2012	•			•			GA- ANFIS,	RMSE, R ² , PRESS
H.M.I. Pousinho, V.M.F. Mendes, J.P.S. Catalão-2012			• ARIMA, wavelet- ARIMA,				HPA FNNs, AWNN, , NNWT, NN	MAPE, SSE, SDE
Melih Iphar- 2011	•						MLP	VAF, RMSE, standard error of

								estimation, R
Hossein Tabari, Ozgur Kisi, Azadeh Ezani, P. Hosseinzadeh Talaei-2012							SVM, MNLR	RMSE, MAE, r
Yuanfei Han, Weidong Zeng, Yongqing Zhao, YunLian Qi, Yu Sun-2011	-							(RMSE), (R ²) (MAPE)
Salman Zaferanlouei, Dariush Rostamifard, Saeed Setayeshi-2010	•						MLP	(RMS), data ratio
Ali Firat Cabalar, Abdulkadir Cevik, Candan Gokceoglu-2011	-							R ² , COV, MSE
Mohammad Shafiur Rahman, M.M. Rashid, M.A. Hussain-2012	•							MRE, STDR, MAE,STDA), R ²
Zhengcai CAO, Jijie DENG, Min LIU, Yongji WANG-2012	-							LSE method,RMS, e(M)

Soner Akkoç-2012	•							2 types of error
Catherine Vairappan, Hiroki Tamura, Shangce Gao, Zheng Tang-2008	•						Feed forward network	NRMSE, MAPE, NMSE
Anupam Das, J. Maiti, R.N. Banerjee-2010	•							SSE,SSW,MP E,mean error, MAE
Safa Karaman, Ahmed Kayacier-2011	-							R ² , RMSE,MAE
Ali Jalali, Ali Ghaffari, Parham Ghorbanian, Chandrasekhar Nataraj-2011	-							NRMSE
Yasemin Vural, Derek B. Ingham, Mohamed Pourkashanian-2009	-							MAPE , RMSE
Ulaş Çaydaş, Ahmet Haşçalık, Sami Ekici-2009	•							LSE

M. Jalali-Heravi, M. Asadollahi-Baboli-2008							MLR-ANFIS GA-PLS-ANFIS (ACO)-ANFIS	RMSECal and RMSEVal, LOO, LMO, Q^2_{LO} , R^2
Mohsen Hayati, Abbas Rezaei, Majid Seifi-2009	•							RE, MRE
Hikmet Esen, Mustafa Inalli-2010	•							(R^2) COV, (RMS)
Yasin Varol, Ahmet Koca, Hakan F. Oztop, Engin Avci-2008	-							LSE
Yi-Jen Mon-2007	-							Least square estimation
Hossien Riahi-Madvar, Seyed Ali Ayyoubzadeh, Ehsan Khadangi, Mohammad Mehdi Ebadzadeh-2009	-							R^2 , MAE RMSE ,AARE
Yasin Varol, Engin Avci, Ahmet Koca, Hakan F. Oztop-2007	•							LSE,SSE, R^2

Roohollah Noori, Gholamali Hoshyaripour, Khosro Ashrafi, Babak Nadjar Araabi-2009	•						FS-ANFIS, GT-ANFIS, FS-ANN, G T-ANN,	DDR, R^2 MAE, d-->descriptive statistics and varies between 0 and 1.
Roohollah Noori, Mohammad Ali Abdoli, Ashkan Farokhnia, Maryam Abbasi-2009	•						WT-ANFIS, WT-ANN	R^2 , RMSE, MAE, AARE
Zhen-Yuan Jia, Jian-Wei Ma, Fu-Ji Wang, Wei Liu-2010	•						G-ANFIS	RMSE, MAPE
Kadda Beghdad Bey, Farid Benhammadi, Aicha Mokhtari, Zahia Gessoum-2010	-							NDEI, RMSE, mean error prediction
Altunay Perendeci, Sever Arslan, Serdar S. Çelebi, Abdurrahman Tanyolaç-2008	-							R, RMSE
Altınay Perendeci, Sever Arslan, Abdurrahman	-							RMSE, R

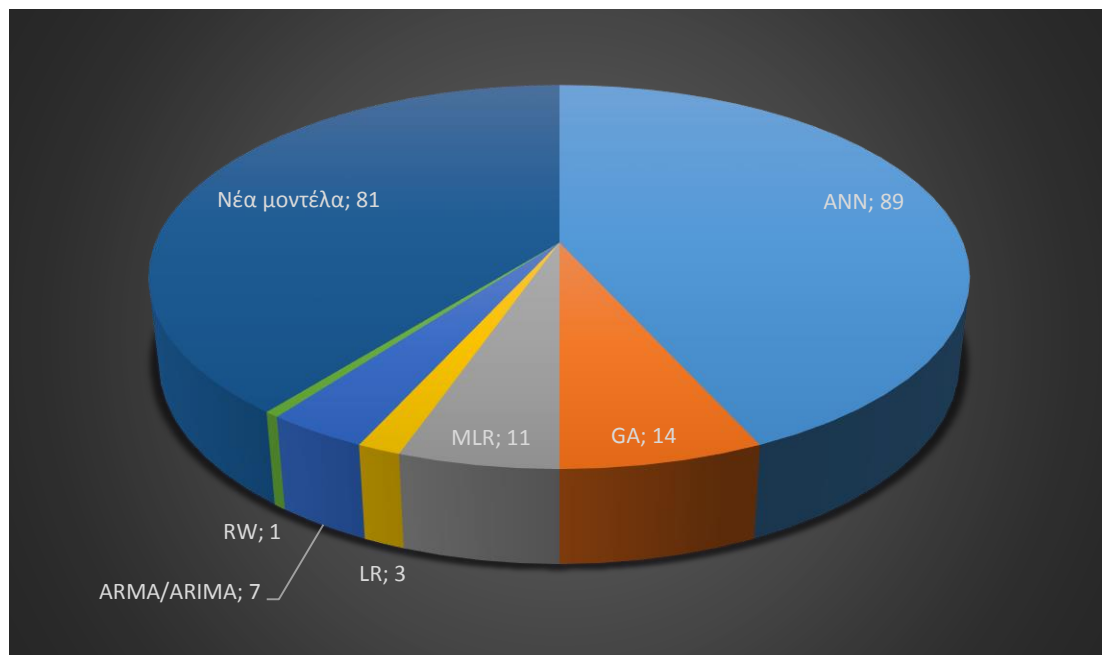
Tanyolaç, Serdar S. Çelebi-2009								
Yaguo Lei, Zhengjia He, Yanyang Zi, Qiao Hu-2007	•			•				RMSE
Razieh Khalifehzadeh , Saeed Forouzan, Hamed Arami, S.K. Sadrnezhaad- 2007	•							RMSE, BIAS, maximum relative error, mean relative error
Murat Ay, Ozgur Kisi- 2014		• (MLR)					MLP,R BNN,G RNN.A NFIS- GP, ANFIS- SC	R ² , RMSE, MAE,MARE
H.F Kwok, D.A Linkens, M Mahfouf, G.H Mills- 2001							MLP,R BN-MB	MSE, r
Liang-Ying Wei, Ching- Hsue Cheng, Hsin-Hung Wu-2014			• (ARMA, ARIMA)					RMSE
M. Emin Yüksel-2005	-							MSE

Ανάλυση Έρευνας (Πίνακας 2)

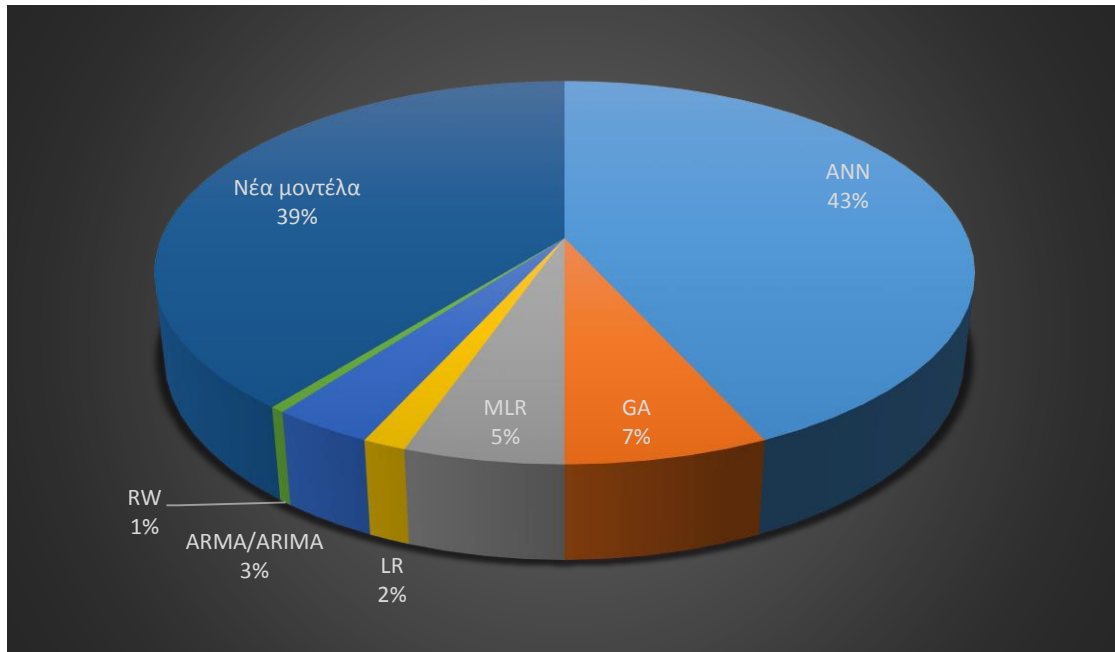
Για την ανάλυση των δεδομένων του Πίνακα 2, δημιουργήθηκαν γραφήματα με σκοπό την κατανόηση της καταγραφής που πραγματοποιήθηκε.

Η απεικόνιση του πίνακα μας βοηθάει να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα. Κάθετα στο πρώτο πεδίο καταγραφής περιλαμβάνονται οι εκάστοτε δημιουργοί των άρθρων. Στα κάθετα κελιά δύο έως επτά περιέχονται τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν. Η καταγραφή μας δίνει τα παρακάτω συμπεράσματα. Σε ογδόντα δημοσιεύσεις δεν δημιουργήθηκε κάποιο δίκτυο. Σαράντα εννέα άρθρα περιέχουν τεχνητό νευρωνικό δίκτυο (ANN). Ο γενετικός αλγόριθμος (GA) εμφανίστηκε σε δεκατέσσερις έρευνες. Η πολυγραμμική παλινδρόμηση (MLR) προτιμήθηκε από έντεκα αρθρογράφους, ενώ η γραμμική παλινδρόμηση μόλις από τρεις. Τα αυτοπαλίνδρομα κινητού μέσου όρου μοντέλα (ARMA/ARIMA) δημιουργήθηκαν από επτά μελετητές. Τέλος το μοντέλο τυχαίας διαδρομής (RW) υπήρξε σε μόλις μία δημοσίευση. Πολλοί ερευνητές προτίμησαν να φτιάξουν ένα νέο μοντέλο. Τα νέα αυτά μοντέλα απεικονίζονται εντός του Πίνακα 2 και είναι ογδόντα σε αριθμό. Κυρίαρχη θέση μεταξύ αυτών έχει το πολυστρωματικό perceptron (MLP) που το συναντάμε δεκαοχτώ φορές. Τα υπόλοιπα είναι βασισμένα στα προσαρμοστικά νευρό-ασαφή συστήματα συμπερασμού (ANFIS) και στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANN) κατά κύριο λόγο. Όλες οι ονομασίες των νέων μοντέλων αναφέρονται εντός των κελιών.

Η καταγραφή των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφεται στα Γραφήματα 15 και 16 σε ακέραια και ποσοστιαία αναλογία εμφάνισης αντίστοιχα.

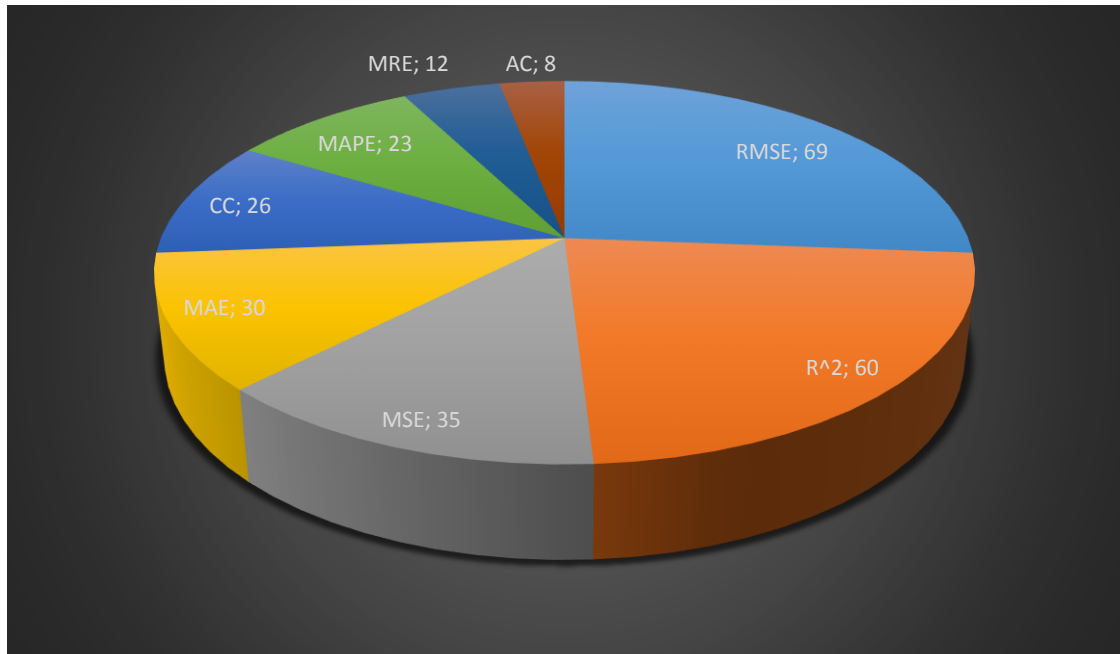


Γράφημα 15. Σύνολο δημιουργημένων μοντέλων

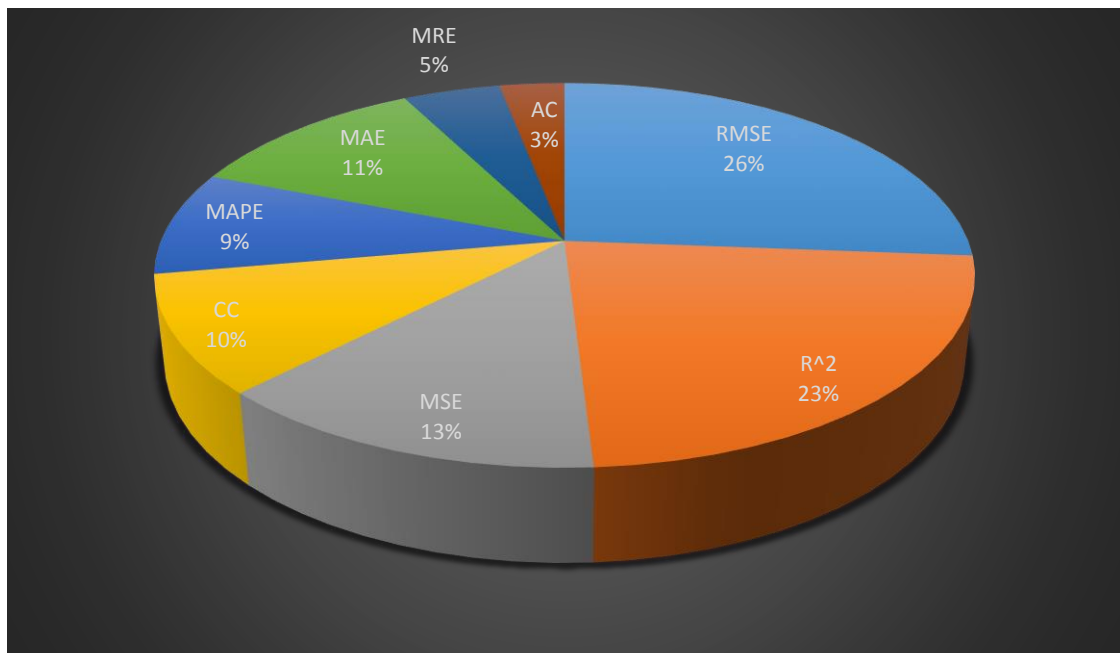


Γράφημα 16. Δημιουργημένα μοντέλα (επί τοις εκατό εμφάνιση)

Το τελευταίο πεδίο αναζήτησης ήταν τα μέτρα απόδοσης μοντέλου. Πρώτη θέση καταλαμβάνει η ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) που υπάρχει σε ενενήντα εφτά άρθρα. Το τετράγωνο συσχέτισης (R^2) εμφανίζεται σε εξήντα άρθρα. Μεγάλη συχνότητα παρουσιάζει το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE) το οποίο χρησιμοποιήθηκε από τριάντα πέντε συγγραφείς. Τριάντα ήταν οι περιπτώσεις που η απόδοση ελέγχθηκε με τη μέθοδο του μέσου απόλυτου σφάλματος (MAE). Ο συντελεστής συσχέτισης (correlation coefficient) προτιμάται από είκοσι έξι δημιουργούς. Σε είκοσι τρία άρθρα το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (MAPE) επιλέγεται σαν μέθοδος ελέγχου απόδοσης. Η μέθοδος του μέσου σχετικού σφάλματος (MRE) υπάρχει σε δώδεκα άρθρα. Τέλος, αυτοσυσχέτιση χρησιμοποιούν οχτώ αρθρογράφοι. Αναλυτικά τα ποσοστά της εμφάνισης των μέτρων απόδοσης των μοντέλων μπορούν να παρατηρηθούν στα Γραφήματα 17 και 18.



Γράφημα 17. Σύνολο μέτρων απόδοσης μοντέλου



Γράφημα 18. Μέτρα απόδοσης μοντέλου ποσοστιαίο σύνολο

Συμπεράσματα

Η καταγραφή πραγματοποιήθηκε σε διακόσια άρθρα. Τα άρθρα καταπιάνονταν σε διάφορους τομείς όπως η μηχανολογία, το περιβάλλον αλλά και η τεχνολογία καθώς προτάθηκαν με τη χρήση του ANFIS καινοτόμα πλάνα για τη δημιουργία νέων προϊόντων και μηχανημάτων που δεν υπάρχουν στην κοινωνία ως σήμερα και θα μπορούσαν κάλλιστα να τεθούν προς πώληση στο ευρύ κοινό. Τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν για να υλοποιήσουν την ιδέα των δημιουργών ήταν κατά κύριο λόγο βασισμένα στο ANFIS πράγμα που δείχνει την σημαντικότητα του εργαλείου αυτού για τη βελτίωση της καθημερινότητάς μας. Στο περιβάλλον κατασκευάστηκαν μοντέλα χρήσιμα για την μείωση της ρύπανσης και την πρόβλεψη των έντονων κλιματολογικών αλλαγών που συντελούνται τα τελευταία χρόνια. Στη μηχανολογία προτάθηκαν νέα σύγχρονα μηχανήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλούς χώρους εργασίας. Επίσης, μελετήθηκε η πρόβλεψη αστοχιών που εμφανίζονται στη λειτουργία κάποιων μηχανών. Στην τεχνολογία βρέθηκαν καινοτόμα προϊόντα που ανεβάζουν την τεχνογνωσία και βοηθούν στην εξέλιξη της ανθρωπότητας. Η οικονομία είχε και αυτή την τιμητική της με τη μελέτη της κίνησης κάποιων αγορών και την πρόβλεψη σχετικά με την μελλοντική τους πορεία. Ο τομέας των υλικών περιελάμβανε καινοτόμα μοντέλα καθημερινής χρήσης που αν υλοποιούνταν θα έλυναν τα χέρια σε πολλές επιχειρήσεις, βιομηχανίες και νοικοκυριά. Σε τομείς όπως η ιατρική υποδεικνύονται μοντέλα που είναι ικανά να βρουν λύσεις σε πολλά προβλήματα υγείας και να προληφθούν σοβαρές ασθένειες και νοσήματα. Στην βελτιστοποίηση συναντήσαμε μοντέλα γραμμικά και μη για την εύρεση της καλύτερης λύσης και την αποφυγή σφαλμάτων σε αυτή. Στο θαλάσσιο τομέα μονοπώλησαν το ενδιαφέρον τεχνικές καταγραφής των κυμάτων και της συνεχούς αύξησης του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας κατά κύριο λόγο εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στην ηλεκτρολογία δημιουργήθηκαν εφαρμογές με σκοπό την βελτιστοποίηση της λειτουργίας των ηλεκτρολογικών μέσων που χρησιμοποιούνται γύρω μας. Στον τομέα της διατροφής οι συγγραφείς πρότειναν μεθόδους καλυτέρευσης της ανθρώπινης διατροφής και πρόληψης της παχυσαρκίας. Σχετικά με την κοινωνία μας, αναλύθηκαν οι συμπεριφορές ιδίως νέων ατόμων και προτάθηκαν κάποιες ιδέες στον τομέα της εκπαίδευσης και της μόρφωσης από την παιδική ηλικία. Τέλος η χημεία περιείχε μοντέλα με δεδομένα από εργαστήρια και πρότασεις για εξειδικευμένες έρευνες πάνω στον χώρο. Τα αποτελέσματα

καταδεικνύουν ότι το ANFIS είναι ένας πολύ χρήσιμος βοηθός για να προλαμβάνουμε καταστάσεις και να βρούμε λύσεις πριν δημιουργηθεί ένα πρόβλημα ούτως ώστε να είμαστε έτοιμοι να το αντιμετωπίσουμε όταν αυτό συμβεί. Το καλοσώρισμα στην τεχνητή νοημοσύνη μέσω αυτού του εργαλείου είναι γεγονός και η εξέλιξη του κλάδου σίγουρα έχει άμεση σχέση με την εξέλιξη των ANFIS τα επόμενα χρόνια. Τα ποσοστά πρόβλεψης του εργαλείου είναι εντυπωσιακά πράγμα που καταδεικνύει την υψηλή του αξιοπιστία. Εν συνεχεία θα παρατεθούν επιγραμματικά κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του εργαλείου.

Πλεονεκτήματα

- Χρησιμοποιώντας έναν υβριδικό αλγόριθμο εκμάθησης, μπορεί να βελτιώσει κάποιους κανόνες που έχουν εξαχθεί από ειδικούς για να εξομοιώσουν τη συμπεριφορά εισόδου-εξόδου ενός πολύπλοκου συστήματος
- Ελλείπει ανθρώπινης εμπειρίας και ειδικών, μπορεί και πάλι να ορίσει ‘ενστικτωδώς’ λογικές αρχικές συναρτήσεις μεταφοράς για να εκκινήσει τον αλγόριθμο εκμάθησης ώστε να παράξει ένα σετ από ασαφείς κανόνες που θα εξομοιώνουν τη συμπεριφορά ενός σετ δεδομένων, καλύπτοντας όλο το χώρο εισόδων κατάλληλα. Αυτό άλλωστε είναι και ένας λόγος που η μέθοδος συγκλίνει γρήγορα σε καλές τιμές των παραμέτρων της.
- Χάρη στον υβριδικό αλγόριθμο εξασφαλίζει πολύ γρήγορη σύγκλιση, αφού η χρήση του RLSE μειώνει το χρόνο μάθησης περίπου κατά 10 φορές συγκριτικά με την σύγκλιση ενός τυπικού νευρωνικού δικτύου.
- Δεν απαιτεί εκλογή του αριθμού των κρυμμένων κόμβων, αλλά αυτός εξαρτάται από τον αριθμό των διανυσμάτων εισόδου.
- Δίνει πολλές επιλογές ως προς το είδος της συνάρτησης μεταφοράς που θα χρησιμοποιηθεί.
- Μπορεί να εξομοιώσει πολύ καλύτερα από κοινές γραμμικές μεθόδους, υψηλά μη γραμμικά συστήματα.
- Οι παράμετροί του είναι σαφώς λιγότεροι εν γένει από εκείνες αντιστοίχων νευρωνικών δικτύων σε συσχέτιση καταρράκτη(cascade correlation).
- Μικρότερο μέγεθος του συνόλου δεδομένων εκπαίδευσης.

- Συμπαγές μοντέλο(μικρότερο, χρησιμοποιεί κανόνες και όχι ετικέτες).

Μειονεκτήματα

- Το ANFIS επιτρέπει την ύπαρξη μόνο μίας εξόδου, ως αποτέλεσμα της φύσης των ασαφών κανόνων που αναπαριστά. Έτσι, το ANFIS μπορεί μόνο να εφαρμοστεί σε διαδικασίες όπως η πρόγνωση μη γραμμικών συναρτήσεων όπου υπάρχει όμως μία και μόνη έξοδος.
- Οι συναρτήσεις συμμετοχής που αναφέρονται σε κάθε κόμβο εισόδου ή εξόδου δεν μπορούν να αλλάξουν, παρά μόνο οι τιμές των κανόνων μπορούν. Έτσι η πρωθύστερη εκλογή συναρτήσεων μεταφοράς καθίσταται ένα ζήτημα μεγάλης σημασίας για το ANFIS.
- Δεν υπάρχουν εναλλακτικές τεχνικές βελτιστοποίησης εκτός της υβριδικής ή έστω της BP χωρίς το LSE.
- Το ANFIS με τη χρήση του υβριδικού αλγορίθμου περιορίζεται μόνο στη δημιουργία ή εκπαίδευση μοντέλων TSK, για τα οποία βέβαια και δημιουργήθηκε. Βέβαια αν δε χρησιμοποιηθεί η RLSE μπορούμε να τον επεκτείνουμε και σε μοντέλα με ασαφείς συναρτήσεις μεταφοράς και στο τμήμα απόδοσης των κανόνων, όπως τα Mamdani, αλλά αυτό αίρει τα πλεονεκτήματα που εισάγει το ANFIS ως υβριδική μέθοδος και που ουσιαστικά το χαρακτηρίζουν.
- Δημιουργία επιφανειακών ταλαντώσεων γύρω από σημεία που προκαλούνται από τον υψηλό αριθμό διαμερισμού
- Μεγάλη χωρική εκθετική πολυπλοκότητα
- Οι τιμές του συντελεστή δεν είναι πάντα συνεπείς με βάση τις μονότονες σχέσεις.

Βιβλιογραφία

- A. Moghaddamnia, R. R. (2009). Comparison of LLR, MLP, Elman, NNARX and ANFIS Models—with a case study in solar radiation estimation. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 71(8-9), 975-982.
- A. Sadrmomtazi, J. S. (2013). Modeling compressive strength of EPS lightweight concrete using regression, neural network and ANFIS. *Construction and Building Materials*, 42, 205–216.
- Abdolhamid Salahi, T. M. (2014). Asymmetric polyethersulfone ultrafiltration membranes for oily wastewater treatment: Synthesis, characterization, ANFIS modeling, and performance. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(1), 170-178.
- Aboozar Khajeh, H. M. (2010). QSPR prediction of flash point of esters by means of GFA and ANFIS. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1-3), 715-720.
- Adel Mellit, S. A. (2011). ANFIS-based modelling for photovoltaic power supply system: A case study. *Renewable Energy*, 36(1), 250-258.
- Ahmad Bagheri, H. M. (2014). Financial forecasting using ANFIS networks with Quantum-behaved Particle Swarm Optimization. *Expert Systems with Applications*, 41(14), 6235-6250.
- Ahmadi-Nedushan, B. (2012). Prediction of elastic modulus of normal and high strength concrete using ANFIS and optimal nonlinear regression models. *Construction and Building Materials*, 36, 665-673.
- Ahmet Baylar, D. H. (2008). An expert system for predicting aeration performance of weirs by using ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 1214-1222.
- Ahmet Raif Boğa, M. Ö. (2012). Using ANN and ANFIS to predict the mechanical and chloride permeability properties of concrete containing GGBFS and CNI. *Composites Part B: Engineering*, 45(1), 688-696.
- Akkoç, S. (2012). An empirical comparison of conventional techniques, neural networks and the three stage hybrid Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) model for credit scoring analysis: The case of Turkish credit card data. *European Journal of Operational Research*, 222(1), 168-178.
- Alfonso Iglesias Nuno, B. A. (2005). Optimisation of fishing predictions by means of artificial neural networks, anfis, functional networks and remote sensing images. *Expert Systems with Applications*, 29(2), 356-363.
- Ali Adelkhani, B. B.-V. (2013). Taste characterization of orange using image processing combined with ANFIS. *Measurement*, 46(9), 3573-3580.

- Ali Firat Cabalar, A. C. (2011). Some applications of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) in geotechnical engineering. *Computers and Geotechnics*, 40, 14-33.
- Ali Fuat Güneri, T. E. (2011). An approach based on ANFIS input selection and modeling for supplier selection problem. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 14907-14917.
- Ali Haghighat Mesbahi, D. S. (2011). Performance prediction of a specific wear rate in epoxy nanocomposites with various composition content of polytetrafluoroethylen (PTFE), graphite, short carbon fibers (CF) and nano-TiO₂ using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *Composites Part B: Engineering*, 43(2), 549-558.
- Ali Jalali, A. G. (2011). Identification of sympathetic and parasympathetic nerves function in cardiovascular regulation using ANFIS approximation. *Artificial Intelligence in Medicine*, 52(1), 27-32.
- Ali M. Abdulshahed, A. P. (2014). Thermal error modelling of machine tools based on ANFIS with fuzzy c-means clustering using a thermal imaging camera. *Applied Mathematical Modelling*, 39(7), 1837-1852.
- Ali M. Abdulshahed*, A. P. (2012). The application of ANFIS prediction models for thermal error compensation on CNC machine tools. *Applied Soft Computing*, 27, 158-168.
- Ali Nazari, A. A. (2011). Modeling ductile to brittle transition temperature of functionally graded steels by ANFIS. *Applied Mathematical Modelling*, 38(5), 5958-5966.
- Ali Nazari, G. K. (2011). Application of ANFIS for analytical modeling of image of functionally graded steels. *Mathematical and Computer Modelling*, 55(3-4), 1339-1353.
- Ali Nazari, G. K. (2012). Prediction compressive strength of lightweight geopolymers by ANFIS. *Ceramics International*, 38(6), 4501-4510.
- Ali Nazari, G. K. (2012). Prediction total specific pore volume of geopolymers produced from waste ashes by ANFIS. *Ceramics International*, 38(4), 3111-3120.
- Ali Nazari, S. R. (2011). Experimental investigations and ANFIS prediction of water absorption of geopolymers produced by waste ashes. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 358(1), 40-46.
- Ali Osman Özkan, S. K. (2010). Medical diagnosis of rheumatoid arthritis disease from right and left hand Ulnar artery Doppler signals using adaptive network based fuzzy inference system (ANFIS) and MUSIC method. *Advances in Engineering Software*, 41(12), 1295-1301.

- Alireza Abbasi, R. E. (2013). Determination of binary diffusion coefficients of hydrocarbon mixtures using MLP and ANFIS networks based on QSPR method. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 132, 39-51.
- Alireza Karami, S. A.-Z. (2013). Sizing of rock fragmentation modeling due to bench blasting using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *International Journal of Mining Science and Technology*, 23(6), 809-813.
- Altınay Perendeci, S. A. (2009). Effects of phase vector and history extension on prediction power of adaptive-network based fuzzy inference system (ANFIS) model for a real scale anaerobic wastewater treatment plant operating under unsteady state. *Bioresource Technology*, 100(20), 4579-4587.
- Altınay Perendeci, S. A. (2008). Prediction of effluent quality of an anaerobic treatment plant under unsteady state through ANFIS modeling with on-line input variables. *Chemical Engineering Journal*, 145(1), 78-85.
- Amin Talei, L. H. (2010). Evaluation of rainfall and discharge inputs used by Adaptive Network-based Fuzzy Inference Systems (ANFIS) in rainfall–runoff modeling. *Journal of Hydrology*, 391(3-4), 248-262.
- Anupam Das, J. M. (2010). Process control strategies for a steel making furnace using ANN with bayesian regularization and ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1075-1085.
- B. Shahbazi, B. R. (2013). Estimation of diameter and surface area flux of bubbles based on operational gas dispersion parameters by using regression and ANFIS. *International Journal of Mining Science and Technology*, 23(3), 343–348.
- Bağdagül Karaağaç, M. İ. (2011). Predicting optimum cure time of rubber compounds by means of ANFIS. *Materials & Design*, 35, 833-838.
- Bashir Rahmanian, M. P. (2012). Prediction of MEUF process performance using artificial neural networks and ANFIS approaches. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 43(4), 558-565.
- Bedri Kurtulus, N. F. (2012). Hydraulic head interpolation using anfis—model selection and sensitivity analysis. *Computers & Geosciences*, 38(1), 43-51.
- Benyamin Khoshnevisan, S. R. (2014). Development of an intelligent system based on ANFIS for predicting wheat grain yield on the basis of energy inputs. *Information Processing in Agriculture*, 1(1), 14-22.
- Beşdok, E. (2004). A new method for impulsive noise suppression from highly distorted images by using Anfis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 17(5), 519-527.

- Betul Bektas Ekici, U. T. (2011). Prediction of building energy needs in early stage of design by using ANFIS. *Expert systems with Applications*, 38(5), 5352-5358.
- Bilgehan, M. (2011). Comparison of ANFIS and NN models—With a study in critical buckling load estimation. *Applied Soft Computing*, 11(4), 3779-3791.
- Bindi Chen, P. C. (2013). Wind turbine pitch faults prognosis using a-priori knowledge-based ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 40(17), 6863-6876.
- C. Riverol, C. D. (2008). A fuzzy filter for improving the quality of the signal in adaptive-network-based fuzzy inference systems (ANFIS). *Applied Soft Computing*, 9(1), 305-307.
- C.K. Lau, K. G. (2013). Fault diagnosis of Tennessee Eastman process with multi-scale PCA and ANFIS. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 120, 1-14.
- C.K. Lau, Y. H. (2010). Fault diagnosis of the polypropylene production process (UNIPOL PP) using ANFIS. *ISA Transactions*, 49(4), 559-566.
- Catherine Vairappan, H. T. (2008). Batch type local search-based adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) with self-feedbacks for time-series prediction. *Neurocomputing*, 72(7-9), 1870-1877.
- César Sepúlveda, J. C. (2012). An empirical model for preliminary seismic response estimation of free-plan nominally symmetric buildings using ANFIS. *Engineering Structures*, 37, 36-49.
- Chang, B. R. (2006). Applying nonlinear generalized autoregressive conditional heteroscedasticity to compensate ANFIS outputs tuned by adaptive support vector regression. *Fuzzy Sets and Systems*, 157(13), 1832-1850.
- Chang, B. R. (2008). Resolving the forecasting problems of overshoot and volatility clustering using ANFIS coupling nonlinear heteroscedasticity with quantum tuning. *Fuzzy Sets and Systems*, 159(23), 3183-3200.
- Chen, M.-Y. (2013). A hybrid ANFIS model for business failure prediction utilizing particle swarm optimization and subtractive clustering. *Information Sciences*, 220, 180-195.
- Ching-Hsue Cheng, L.-Y. W.-S. (2009). Fusion ANFIS models based on multi-stock volatility causality for TAIEX forecasting. *Neurocomputing*, 72(16-18), 3462-3468.
- Ching-Hsue Cheng, L.-Y. W.-W.-L. (2013). OWA-based ANFIS model for TAIEX forecasting. *Economic Modelling*, 30, 442-448.

- Çivicioğlu, P. (2006). Using neighborhood-pixels-information and ANFIS for impulsive noise suppression. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 61(10), 657-664.
- Colton, S. a. (2013, September). *About Us:Imperial college*. (S. a. Colton, Επιμ.) Ανάκτηση από Imperial college web site: <http://www.doc.ic.ac.uk>
- D.K. Ghose, S. P. (2013). Prediction and optimization of runoff via ANFIS and GA. *Alexandria Engineering Journal*, 52(2), 209-220.
- Deepak Joshi, A. M. (2011). ANFIS based knee angle prediction: An approach to design speed adaptive contra lateral controlled AK prosthesis. *Applied Soft Computing*, 11(8), 4757-4765.
- E. Beşdok, P. Ç. (2004). Using Anfis with circular polygons for impulsive noise suppression from highly distorted images. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 59(4), 213-221.
- Ehsan Rezaei, A. K. (2011). Modeling the free convection heat transfer in a partitioned cavity using ANFIS. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 39(3), 470-475.
- Engin Avci, I. T. (2009). An intelligent diagnosis system based on principle component analysis and ANFIS for the heart valve diseases. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2873-2878.
- Erdem Buyukbingol, A. S. (2007). Adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS): A new approach to predictive modeling in QSAR applications: A study of neuro-fuzzy modeling of PCP-based NMDA receptor antagonists. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 15(12), 4265-4282.
- Esin Dogantekin, A. D. (2009). An intelligent diagnosis system for diabetes on Linear Discriminant Analysis and Adaptive Network Based Fuzzy Inference System: LDA-ANFIS. *Digital Signal Processing*, 20(4), 1248-1255.
- Esin Dogantekin, E. A. (2013). Automatic RNA virus classification using the Entropy-ANFIS method. *Digital Signal Processing*, 23(4), 1209-1215.
- Esin Dogantekin, M. Y. (2008). A robust technique based on invariant moments – ANFIS for recognition of human parasite eggs in microscopic images. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 728-738.
- Faihan D. Alotaibi, A. A. (2007). A robust prediction model using ANFIS based on recent TETRA outdoor RF measurements conducted in Riyadh city – Saudi Arabia. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 62(9), 674-682.
- Foad Soltani, R. K. (2010). Developing operating rules for reservoirs considering the water quality issues: Application of ANFIS-based surrogate models. *Expert Systems with Applications*, 37(9), 6639-6645.

- Fung-Huei Yeh, Y.-H. L.-L.-T. (2005). Application of ANFIS for inverse prediction of hole profile in the square hole bore-expanding process. *Journal of Materials Processing Technology*, 173(2), 136-144.
- Futao Zhu, Y. W. (2014). A rapid structural damage detection method using integrated ANFIS and interval modeling technique. *Applied Soft Computing*, 25, 473-484.
- Gao Daoming, C. J. (2006). ANFIS for high-pressure waterjet cleaning prediction. *Surface and Coatings Technology*, 201(3-4), 1629-1634.
- Gholamreza Karimi, S. B. (2013). Designing and modeling of ultra low voltage and ultra low power LNA using ANN and ANFIS for Bluetooth applications. *Neurocomputing*, 120, 504-508.
- Gökhan Özkan, M. İ. (2014). Comparison of neural network application for fuzzy and ANFIS approaches for multi-criteria decision making problems. *Applied Soft Computing*, 24, 232-238.
- H. Md. Azamathulla, A. A. (2011). ANFIS-based approach for predicting sediment transport in clean sewer. *Applied Soft Computing*, 12(3), 1227-1230.
- H. Md. Azamathulla, C. K. (2008). An ANFIS-based approach for predicting the bed load for moderately sized rivers. *Journal of Hydro-environment Research*, 3(1), 35-44.
- H.F Kwok, D. L. (2001). Rule-base derivation for intensive care ventilator control using ANFIS. *Artificial Intelligence in Medicine*, 29(3), 185-201.
- H.M. Jiang, C. K. (2012). Modeling customer satisfaction for new product development using a PSO-based ANFIS approach. *Applied Soft Computing*, 12(2), 726-734.
- H.M.I. Pousinho, V. M. (2012). Short-term electricity prices forecasting in a competitive market by a hybrid PSO–ANFIS approach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 39(1), 29-35.
- Hadi Fattahi, S. S. (2013). Hybrid Monte Carlo simulation and ANFIS-subtractive clustering method for reliability analysis of the excavation damaged zone in underground spaces. *Computers and Geotechnics*, 54, 210-221.
- Haifeng Dai, P. G. (2014). ANFIS (adaptive neuro-fuzzy inference system) based online SOC (State of Charge) correction considering cell divergence for the EV (electric vehicle) traction batteries. *Energy*, 1-11.
- Hikmet Esen, M. I. (2008). Predicting performance of a ground-source heat pump system using fuzzy weighted pre-processing-based ANFIS. *Building and Environment*, 43(12), 2178-2187.

- Hikmet Esen, M. I. (2010). ANN and ANFIS models for performance evaluation of a vertical ground source heat pump system. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 8134-8147.
- Hima Nikafshan Rad, Z. J. (2014). Prediction of rock mass rating system based on continuous functions using Chaos–ANFIS model. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 73, 1-9.
- Hong Zheng, B. J. (2011). An adaptive neural-fuzzy inference system (ANFIS) for detection of bruises on Chinese bayberry (*Myrica rubra*) based on fractal dimension and RGB intensity color. *Journal of Food Engineering*, 104(4), 663-667.
- Hossein Ali Zamani, S. R.-T. (2014). Implementing ANFIS for prediction of reservoir oil solution gas-oil ratio. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 25, 325-334.
- Hossein Tabari, O. K. (2012). SVM, ANFIS, regression and climate based models for reference evapotranspiration modeling using limited climatic data in a semi-arid highland environment. *Journal of Hydrology*, 444-445, 78-89.
- Hossien Riahi-Madvar, S. A. (2009). An expert system for predicting longitudinal dispersion coefficient in natural streams by using ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8589-8596.
- Hsin-Hung Lee, I. I. (2014). Application of ANFIS Method to the Non-nulling Calibration of Multi-hole Pitot Tube. *Procedia Engineering*, 79, 125-132.
- Hui Liu, H.-q. T.-f. (2014). Comparison of new hybrid FEEMD-MLP, FEEMD-ANFIS, Wavelet Packet-MLP and Wavelet Packet-ANFIS for wind speed predictions. *Energy Conversion and Management*, 89, 1-11.
- Hui Yang, Y.-T. F.-P.-Q. (2013). Speed tracking control using an ANFIS model for high-speed electric multiple unit. *Control Engineering Practice*, 23, 57-65.
- Huimin Jiang, C. K. (2013). Development of Customer Satisfaction Models for Affective Design Using Rough Set and ANFIS Approaches. *Applied Soft Computing*, 22, 104-112.
- I. Vlahavas, P. .. (2011). *Artificial Intelligence - 3rd Edition*. Greece: University of Macedonia Press.
- I.M. Ginarsa, A. S. (2013). Controlling chaos and voltage collapse using an ANFIS-based composite controller-static var compensator in power systems. 46, 79-88.
- I.M. Ginarsa, A. S. (2013). Controlling chaos and voltage collapse using an ANFIS-based composite controller-static var compensator in power systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 46, 79-88.

- Ilija Svalina, V. G. (2013). An adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS) for the forecasting: The case of close price indices. *Expert Systems with Applications*, 40(15), 6055-6063.
- Iman Malekmohamadi, M. R.-L. (2011). Evaluating the efficacy of SVMs, BNs, ANNs and ANFIS in wave height prediction. *Ocean Engineering*, 38(2-3), 487-497.
- İnal, M. (2007). Determination of dielectric properties of insulator materials by means of ANFIS: A comparative study. *Journal of Materials Processing Technology*, 195(1-3), 34-43.
- Iphar, M. (2011). ANN and ANFIS performance prediction models for hydraulic impact hammers. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 27(1), 23-29.
- Işık Yilmaz, O. K. (2011). Multiple regression, ANN (RBF, MLP) and ANFIS models for prediction of swell potential of clayey soils. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5958-5966.
- İsmail Kiyak, V. T. (2011). Modeling of dimmable High Power LED illumination distribution using ANFIS on the isolated area. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11843-11848.
- J. Fernandez de Canete, A. G.-C.-M. (2013). Object-oriented approach applied to ANFIS modeling and control of a distillation column. *Expert Systems with Applications*, 40(14), 5648-5660.
- J. Nou, R. C. (2014). Atmospheric Turbidity Forecasting using Side-by-side ANFIS. *Energy Procedia*, 49, 2387-2397.
- J. Zhang, Z. H. (2013). An ANFIS-based fault classification approach in power distribution system. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 49, 243-252.
- Jafar Sobhani, M. N. (2009). Prediction of the compressive strength of no-slump concrete: A comparative study of regression, neural network and ANFIS models. *Construction and Building Materials*, 24(5), 709-718.
- Jamshid Piri, O. K. (2014). Modelling solar radiation reached to the Earth using ANFIS, NN-ARX, and empirical models (Case studies: Zahedan and Bojnurd stations). *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 123, 39-47.
- Jing-Rong Chang, L.-Y. W.-H. (2011). A hybrid ANFIS model based on AR and volatility for TAIEX forecasting. *Applied Soft Computing*, 11(1), 1388-1395.
- Kadda Beghdad Bey, F. B. (2010). Mixture of ANFIS systems for CPU load prediction in metacomputing environment. *Future Generation Computer Systems*, 26(7), 1003-1011.

- Kamal Saadeddin, M. F.-H. (2013). Performance enhancement of low-cost, high-accuracy, state estimation for vehicle collision prevention system using ANFIS. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 41(1-2), 239-253.
- Karim Salahshoor, M. K. (2010). Fault detection and diagnosis of an industrial steam turbine using fusion of SVM (support vector machine) and ANFIS (adaptive neuro-fuzzy inference system) classifiers. *Expert Systems with Applications*, 35(12), 5472-5482.
- Kemal Polat, S. G. (2009). Automatic determination of diseases related to lymph system from lymphography data using principles component analysis (PCA), fuzzy weighting pre-processing and ANFIS. *Energy and Buildings*, 41(8), 814-822.
- Khalid Al-Ghamdi, O. T. (2015). A comparative study on modelling material removal rate by ANFIS and polynomial methods in electrical discharge machining process. *Computers & Industrial Engineering*, 79, 27-41.
- Kumar Abhishek, B. N. (2014). Comparing Predictability of Genetic Programming and ANFIS on Drilling Performance Modeling for GFRP Composites. *Procedia Materials Science*, 6, 544-550.
- L. Yang, E. E. (2014). Performance prediction of a hybrid microgeneration system using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) technique. *Applied Energy*, 134, 197-203.
- Le Duy Khoa, D. Q. (2013). Synchronization controller for a 3-R planar parallel pneumatic artificial muscle (PAM) robot using modified ANFIS algorithm. *Mechatronics*, 23(4), 462-479.
- Leila Naderloo, R. A. (2012). Application of ANFIS to predict crop yield based on different energy inputs. *Measurement*, 45(6), 1406-1413.
- Leocundo Aguilar, P. M. (2003). Intelligent control of a stepping motor drive using a hybrid neuro-fuzzy ANFIS approach. *Applied Soft Computing*, 3(3), 209-219.
- Liang-Ying Wei, C.-H. C.-H. (2014). A hybrid ANFIS based on n-period moving average model to forecast TAIEX stock. *Artificial Intelligence in Medicine*, 19, 86-92.
- M. Geethanjali, S. M. (2007). A combined adaptive network and fuzzy inference system (ANFIS) approach for overcurrent relay system. *Neurocomputing*, 71(4-6), 895-903.
- M. Jalali-Heravi, M. A.-B. (2008). Quantitative structure–activity relationship study of serotonin (5-HT₇) receptor inhibitors using modified ant colony algorithm and adaptive neuro-fuzzy interference system (ANFIS). *European Journal of Medicinal Chemistry*, 44(4), 1463-1470.

- M. Mehrabi, S. P. (2011). Modeling of heat transfer and fluid flow characteristics of helicoidal double-pipe heat exchangers using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 38(4), 525-532.
- M. Mohandes, S. R. (2011). Estimation of wind speed profile using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *Applied Energy*, 88(11), 4024-4032.
- M. Taheri, M. A. (2013). Techno-economical optimization of Reactive Blue 19 removal by combined electrocoagulation/coagulation process through MOPSO using RSM and ANFIS models. *Journal of Environmental Management*, 128, 798-806.
- M.H. Djavarehshkian, A. E. (2014). Heuristic optimization of submerged hydrofoil using ANFIS-PSO. *Ocean Engineering*, 92, 55-63.
- M.I. Mosaad, F. S. (2014). LFC based adaptive PID controller using ANN and ANFIS techniques. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 1-11.
- M.P. Flower Queen, M. K. (2012). ANFIS Technique Applied to the Control of a Robot Manipulator with Disturbances. *Procedia Engineering*, 72(7-9), 1984-1993.
- Mahdi Aliyari Shoorehdeli, M. T. (2008). Identification using ANFIS with intelligent hybrid stable learning algorithm approaches and stability analysis of training methods. *Applied Soft Computing*, 9(2), 833-850.
- Mahdi Aliyari Shoorehdeli, M. T. (2008). Training ANFIS as an identifier with intelligent hybrid stable learning algorithm based on particle swarm optimization and extended Kalman filter. *Computational Materials Science*, 160(7), 922-948.
- Manish Kumar Goyal, B. B. (2014). Modeling of daily pan evaporation in sub tropical climates using ANN, LS-SVR, Fuzzy Logic, and ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 41(11), 5267-5276.
- Mansour Talebizadeh, A. M. (2011). Uncertainty analysis for the forecast of lake level fluctuations using ensembles of ANN and ANFIS models. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 4126-4135.
- Maryam Vatankhah, V. A.-R. (2012). Perceptual pain classification using ANFIS adapted RBF kernel support vector machine for therapeutic usage. *Applied Soft Computing*, 13(5), 2537-2546.
- Mehdi Bagheri, M. R. (2011). BPSO-MLR and ANFIS based modeling of lower flammability limit. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25(2), 373-382.

- Mehmet Emiroğlu, A. B. (2012). ANFIS and statistical based approach to prediction the peak pressure load of concrete pipes including glass fiber. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 2877-2883.
- Melek Acar Boyacioglu, D. A. (2010). An Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) for the prediction of stock market return: The case of the Istanbul Stock Exchange. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 7908-7912.
- Min Han, Y. Z. (2011). Dynamic control model of BOF steelmaking process based on ANFIS and robust relevance vector machine. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 14786-14798.
- Mingzhen Wei, B. B. (2007). Predicting injection profiles using ANFIS. *Information Sciences*, 177(20), 4445-4461.
- Mohammad Goodarzi, M. P. (2010). MIA-QSAR coupled to principal component analysis-adaptive neuro-fuzzy inference systems (PCA-ANFIS) for the modeling of the anti-HIV reverse transcriptase activities of TIBO derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 45(4), 1352-1358.
- Mohammad Shafiur Rahman, M. R. (2012). Thermal conductivity prediction of foods by Neural Network and Fuzzy (ANFIS) modeling techniques. *Food and Bioproducts Processing*, 90(2), 333-340.
- Mohsen Annabestani, N. N. (2014). Nonlinear identification of IPMC actuators based on ANFIS-NARX paradigm. *Sensors and Actuators A: Physical*, 209, 140-148.
- Mohsen Hayati, A. R. (2009). Prediction of the heat transfer rate of a single layer wire-on-tube type heat exchanger using ANFIS. *International Journal of Refrigeration*, 32(8), 1914-1917.
- Mohsen Hayati, A. R. (2010). Modeling and simulation of combinational CMOS logic circuits by ANFIS. *Microelectronics Journal*, 41(7), 381-387.
- Mohsen Shahlaei, A. M.-S. (2012). Application of an expert system based on Genetic Algorithm-Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (GA-ANFIS) in QSAR of cathepsin K inhibitors. *Expert Systems with Applications*, 39(6), 6182-6191.
- Mon, Y.-J. (2007). Airbag controller designed by adaptive-network-based fuzzy inference system (ANFIS). *Fuzzy Sets and Systems*, 158(24), 2706-2714.
- Moreno, J. (2009). Hydraulic plant generation forecasting in Colombian power market using ANFIS. *Energy Economics*, 31(3), 450-455.
- Mrinal Buragohain, C. M. (2007). A novel approach for ANFIS modelling based on full factorial design. *Applied Soft Computing*, 8(1), 609-625.

- Murat Ay, O. K. (2014). Modelling of chemical oxygen demand by using ANNs, ANFIS and k-means clustering techniques. *Journal of Hydrology*, 511, 279-289.
- Murat Hosoz, H. M. (2013). ANFIS modelling of the performance and emissions of a diesel engine using diesel fuel and biodiesel blends. *Applied Thermal Engineering*, 60(1-2), 24-32.
- N. Nariman-Zadeh, A. D. (2004). Design of ANFIS networks using hybrid genetic and SVD methods for the modelling of explosive cutting process. *Journal of Materials Processing Technology*, 155-156, 1415-1421.
- N.G. Fragiadakis, V. T. (2013). An adaptive neuro-fuzzy inference system (anfis) model for assessing occupational risk in the shipbuilding industry. *Safety Science*, 63, 226-235.
- O. Faruk Dursun, N. K. (2012). Estimating discharge coefficient of semi-elliptical side weir using ANFIS. *Journal of Hydrology*, 426-427, 55-62.
- P. Mullai, S. A.-H. (2011). Experiments and ANFIS modelling for the biodegradation of penicillin-G wastewater using anaerobic hybrid reactor. *Bioresource Technology*, 102(9), 5492-5497.
- Patricia Melin, J. S. (2012). A new approach for time series prediction using ensembles of ANFIS models. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3494-3506.
- Pezhman Lali, S. S. (2011). A novel approach to develop the control of Telbot using ANFIS for nuclear hotcells. 38(10), 2156-2162.
- Pravin P. Patil, S. C. (2012). Performance evaluation of a copper omega type Coriolis mass flow sensor with an aid of ANFIS tool. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 5019-5024.
- Pravin Patil, S. C. (2014). Modeling Influence of Tube Material on Vibration based EMMFS Using ANFIS. *Procedia Materials Science*, 6, 1097-1103.
- Q. Yuan, C. D. (2009). An adaptive fusion algorithm based on ANFIS for radar/infrared system. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 111-120.
- R.A. Saeed, A. G. (2012). 3D fluid–structure modelling and vibration analysis for fault diagnosis of Francis turbine using multiple ANN and multiple ANFIS. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 34(1-2), 259-276.
- Rahmat Madandoust, J. H. (2011). Prediction of the concrete compressive strength by means of core testing using GMDH-type neural network and ANFIS models. *Computational Materials Science*, 51(1), 261-272.
- Rajesh Singh, A. K. (2012). Estimation of elastic constant of rocks using an ANFIS approach. *Applied Soft Computing*, 12(1), 40-45.

- Ravinder Kumar Kharb, S. S. (2014). Modeling of solar PV module and maximum power point tracking using ANFIS. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 602-612.
- Razieh Khalifehzadeh, S. F. (2007). Prediction of the effect of vacuum sintering conditions on porosity and hardness of porous NiTi shape memory alloy using ANFIS. *Computational Materials Science*, 40(3), 359-365.
- Razzak, S. A. (2012). Hydrodynamics modeling of an LSCFB riser using ANFIS methodology: Effects of particle shape and size. *Chemical Engineering Journal*, 195–196, 49-61.
- Reza Beigzadeh, M. R. (2012). Prediction of thermal and fluid flow characteristics in helically coiled tubes using ANFIS and GA based correlations. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 39(10), 1647-1653.
- Rodrigo Pérez-Rodríguez, A. M.-C. (2012). Inverse kinematics of a 6 DoF human upper limb using ANFIS and ANN for anticipatory actuation in ADL-based physical Neurorehabilitation. *Expert Systems with Applications*, 39(10), 9612-9622.
- Roohollah Noori, G. H. (2009). Uncertainty analysis of developed ANN and ANFIS models in prediction of carbon monoxide daily concentration. *Atmospheric Environment*, 44(4), 476-482.
- Roohollah Noori, M. A. (2009). Results uncertainty of solid waste generation forecasting by hybrid of wavelet transform-ANFIS and wavelet transform-neural network. *Expert Systems with Applications*, 36(6), 9991-9999.
- S. Prakash, J. L. (2014). ANFIS Modeling of Delamination During Drilling of Medium Density Fiber (MDF) Board. *Procedia Engineering*, 97, 258-266.
- S.J. Mousavi, K. P. (2006). Inferring operating rules for reservoir operations using fuzzy regression and ANFIS. *Fuzzy Sets and Systems*, 158(10), 1064-1082.
- Safa Karaman, A. K. (2011). Effect of temperature on rheological characteristics of molasses: Modeling of apparent viscosity using Adaptive Neuro – Fuzzy Inference System (ANFIS). *LWT - Food Science and Technology*, 44(8), 1717-1725.
- Sajad Sabzi, P. J. (2013). Mass modeling of Bam orange with ANFIS and SPSS methods for using in machine vision. *Measurement*, 46(9), 3333-3341.
- Salman Zaferanlouei, D. R. (2010). Prediction of critical heat flux using ANFIS. *Annals of Nuclear Energy*, 37(6), 813-821.
- Servet Soyguder, H. A. (2009). An expert system for the humidity and temperature control in HVAC systems using ANFIS and optimization with Fuzzy Modeling Approach. *Energy and Buildings*, 41(8), 814-822.

- Seydi Vakkas Ustun, M. D. (2008). Modeling and control of V/f controlled induction motor using genetic-ANFIS algorithm. *Energy Conversion and Management*, 50(3), 786-791.
- Shatirah Akib, M. M. (2014). Application of ANFIS and LR in prediction of scour depth in bridges. *Computers & Fluids*, 91, 77-86.
- Shimaa Barakat, M. B. (2014). Fault location in underground cables using ANFIS nets and discrete wavelet transform. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*.
- Ship-Peng Lo, Y.-Y. L. (2005). The prediction of wafer surface non-uniformity using FEM and ANFIS in the chemical mechanical polishing process. *Journal of Materials Processing Technology*, 168(2), 250-257.
- Sorousha Moayer, P. A. (2009). Hybrid intelligent scenario generator for business strategic planning by using ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7729-7737.
- Suresh Sharma, P. S. (2014). Performance comparison of Adoptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) with Loading Simulation Program C++ (LSPC) model for streamflow simulation in El Niño Southern Oscillation (ENSO)-affected watershed. *Expert Systems with Applications*, 42(4), 2213-2223.
- Swasti R. Khuntia, S. P. (2012). Simulation study for automatic generation control of a multi-area power system by ANFIS approach. *Applied Soft Computing*, 12(1), 333-341.
- Swasti R. Khuntia, S. P. (2013). ANFIS approach for SSSC controller design for the improvement of transient stability performance. *Mathematical and Computer Modelling*, 57(1-2), 289-300.
- T. Ravi Kiran, S. R. (2011). An effectiveness model for an indirect evaporative cooling (IEC) system: Comparison of artificial neural networks (ANN), adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and fuzzy inference system (FIS) approach. *Applied Soft Computing*, 11(4), 3525-3533.
- Tahir Ayata, E. Ç. (2007). Adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) application to investigate potential use of natural ventilation in new building designs in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 48(5), 1472-1479.
- Tahseen Ahmad Tahseen, M. I. (2014). Performance predictions of laminar heat transfer and pressure drop in an in-line flat tube bundle using an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) model. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 50, 85-97.
- Tanvir Islam, P. K.-R. (2014). An exploratory investigation of an adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS) for estimating hydrometeors from TRMM/TMI in synergy with TRMM/PR. *Atmospheric Research*, 145-146, 57-68.

- Terzi, S. (2013). Modeling for pavement roughness using the ANFIS approach. *Advances in Engineering Software*, 57, 59-64.
- Turkmen, I. (2010). Efficient impulse noise detection method with ANFIS for accurate image restoration. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 65(2), 132-139.
- U. Sabura Banu, G. U. (2010). ANFIS based sensor fault detection for continuous stirred tank reactor. *Applied Soft Computing*, 11(2), 2618-2624.
- Ulaş Çaydaş, A. H. (2009). An adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) model for wire-EDM. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 6135-6139.
- V.R. Budyal, S. M. (2013). ANFIS and agent based bandwidth and delay aware anycast routing in mobile ad hoc networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 39, 140-151.
- Vahid Nourani, M. K. (2013). A geomorphology-based ANFIS model for multi-station modeling of rainfall–runoff process. *Journal of Hydrology*, 490, 41-55.
- W.A. Wali, A. A.-S. (2012). Online genetic-ANFIS temperature control for advanced microwave biodiesel reactor. *Journal of Process Control*, 22(7), 1256-1272.
- Wang Chong-lin, M. C.-y.-h.-x.-l.-j. (2009). Study on coalface stray current safety early warning based on ANFIS. *Procedia Earth and Planetary Science*, 1(1), 1332-1336.
- Wei, L.-Y. (2013). A GA-weighted ANFIS model based on multiple stock market volatility causality for TAIEX forecasting. *Applied Soft Computing*, 13(2), 911-920.
- Wei, L.-Y. (2013). A hybrid model based on ANFIS and adaptive expectation genetic algorithm to forecast TAIEX. *Economic Modelling*, 33, 893-899.
- Wen-Hsien Ho, J.-X. C.-N.-C. (2011). An ANFIS-based model for predicting adequacy of vancomycin regimen using improved genetic algorithm. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 13050-13056.
- Xiao-Juan Wu, X.-J. Z.-Y.-Y. (2008). Nonlinear modeling of a SOFC stack based on ANFIS identification. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 16(4), 399-409.
- Yaguo Lei, Z. H. (2007). Fault diagnosis of rotating machinery based on multiple ANFIS combination with GAs. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 21(5), 2280-2294.
- Yasemin Vural, D. B. (2009). Performance prediction of a proton exchange membrane fuel cell using the ANFIS model. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(22), 9181-9187.

- Yasin Varol, A. K. (2008). Analysis of adaptive-network-based fuzzy inference system (ANFIS) to estimate buoyancy-induced flow field in partially heated triangular enclosures. *Expert Systems with Applications*, 35(4), 1989-1997.
- Yasin Varol, E. A. (2007). Prediction of flow fields and temperature distributions due to natural convection in a triangular enclosure using Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) and Artificial Neural Network (ANN). *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 34(7), 887-896.
- Yavuz Selim Güçlü, M. Ö. (2014). Solar irradiation estimations and comparisons by ANFIS, Angström–Prescott and dependency models. *Solar Energy*, 109, 118-124.
- Yousif I. Al Mashhadany, (. H. (2012). ANFIS-Inverse-Controlled PUMA 560 Workspace Robot with Spherical Wrist. *Procedia Engineering*, 41, 700-709.
- Yuanfei Han, W. Z. (2011). An ANFIS model for the prediction of flow stress of Ti600 alloy during hot deformation process. *Computational Materials Science*, 50(7), 2273-2279.
- Yuanfei Han, W. Z. (2012). Modeling the relationship between hydrogen content and mechanical property of Ti600 alloy by using ANFIS. *Applied Mathematical Modelling*, 37(8), 5705-5714.
- Yüksel, M. E. (2005). A median/ANFIS filter for efficient restoration of digital images corrupted by impulse noise. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 60(9), 628-637.
- Yung-Ching Ho, C.-T. T. (2011). Comparing ANFIS and SEM in linear and nonlinear forecasting of new product development performance. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 6498-6507.
- Zhe Yuan, L.-N. W. (2014). Prediction of concrete compressive strength: Research on hybrid models genetic based algorithms and ANFIS. *Advances in Engineering Software*, 67, 156-163.
- Zhengcai CAO, J. D. (2012). Bottleneck Prediction Method Based on Improved Adaptive Network-based Fuzzy Inference System (ANFIS) in Semiconductor Manufacturing System. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 20(6), 1081-1088.
- Zhen-Yuan Jia, J.-W. M.-J. (2010). Characteristics forecasting of hydraulic valve based on grey correlation and ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1250-1255.
- Zhi Q. Gu, S. O. (2007). Application of MR damper in structural control using ANFIS method. *Computers & Structures*, 86(3-5), 427-436.

Zhiling Yang, Y. L. (2010). Interpolation of missing wind data based on ANFIS. *Renewable Energy*, 36(3), 993-998.

Zhiyong Tan, C. Q. (2011). Stock trading with cycles: A financial application of ANFIS and reinforcement learning. *Expert Systems with Applications*, 38 (5), 4741-4755.

Διαδικτυακά σάιτ

- <http://www.bindichen.co.uk/post/AI/adaptive-neuro-fuzzy-inference-systems.html>
- <http://www.sciencedirect.com/>

Παράρτημα

- ANFIS: Adaptive Network Based Fuzzy Inference System
- ANN: artificial neural network
- GA: genetic algorithm
- MLR: multiple linear regression
- LR: linear regression
- ARMA/ARIMA: autoregressive-moving average models
- RW: random walk model
- B & H: Buy and Hold trading strategy
- BP-ANFIS: Backpropagation based ANFIS model
- HYB-ANFIS: Hybrid learning algorithm based ANFIS Model
- LSPC model: Loading Simulation Program C⁺⁺
- ANFIS DWT: discrete Wavelet transform
- IAE: Integral Absolute of Errors
- ITAE: Integral of Time multiplied Absolute of Errors

- ISE: Integral of Square of Errors
- NN: neural network
- LS-SVR: Least Squares – Support Vector Regression model
- ANFIS-QPSO: Quantum-behaved Particle Swarm Optimization
- FCM-ANFIS: Fuzzy c-means
- C0RR ,CC, R, r: correlation coefficient
- RBFNN: radial basis function neural network
- BP-ANN: back-propagation artificial neural network
- MSPCA-ANFIS: multi-scale principal component analysis
- ANFIS-PCA: principal component analysis
- Levenberg–Marquardt-type BP (LMBP) algorithm network ANN model:
NLMBP33,NLMBP11,NLMBP22.NLMBP44
- ANFTRI, ANFTRA, ANFBEL, ANFGUS: ANFIS-triangular, trapezoid, gauss,
bell
- (NARX) structure: nonlinear auto-regressive with exogenous input ANFIS-NARX,.
- MLP: Multilayer perceptron
- SC: subtractive clustering
- ANFIS based CC-SVC: composite controller-static var compensator
- FCM: Fuzzy c-means
- ACC: Accuracy
- ER: Error Rate
- RC: Recall
- Pr: Precision
- SD: standard deviation
- LSE: Least square estimation
- MSE: mean squared error

- MAE: mean absolute error
- SSE: sum squared error
- RS: Rough set
- PSO: particle swarm optimization -ANFIS
- P: probability
- LRNNs: Locally Recurrent Neural Networks
- ANFIS-SCM: Adaptive neuro-fuzzy inference system-subtractive clustering method
- VAF: variance account for
- NLMR model: Non-Linear Multiple Regression
- BPNN: backpropagation neural network
- IDANFIS: input-Delayed Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
- MRE: mean relative error
- SVM: support vector machine
- RMSE: root mean square error
- MAPE: mean absolute percentage error
- ANFIS-RL: reinforcement learning
- DENFIS: Dynamic Evolving Neural Fuzzy Inference system
- NLR: non linear regression model
- MAE: Mean Absolute Errors
- E: Efficiency
- AAPRE: Average absolute percent relative error
- APRE: Average percent relative errors
- ARE: Average relative error
- AARE: Absolute average relative error
- MaxAPRE: maximum absolute percent relative error

- MinAPRE: minimum absolute percent relative error
- SD: standard deviation
- ARD: Average Relative Deviation
- SEE: Standard Error of the Estimate
- HTGA: hybrid Taguchi-genetic algorithm
- AAE: Average absolute error
- AREi: Absolute Relative Error for Comp i
- AUROC: area under receiver operating characteristic
- ROC: receiver operating characteristic
- APE: Absolute percentage error
- D: Mean error
- S: standard deviation of error
- R-square, R^2 : squared correlation
- R2: coefficient of determination
- MPE: Mean percent prediction error
- WSE: calculated values of wind shear coefficients
- PSNR: peak signal-to-noise ratio
- BNs: Bayesian Networks
- RMS: root mean square
- COV: coefficient of variation
- AIC: Akaike's Information Criterion
- CCC: cross correlation coefficient
- FEM: finite element model
- PSM: Proposed Simplified Model
- FWP: fuzzy weighted pre-processing

- RLS: recursive least square
- RLSE: recursive least square error
- MMEP: maximum mean error percentage
- mmEP: minimum mean error Percentage
- AC: autocorrelation
- MCE: minimum checking error
- TETRA: terrestrial trunked radio network system
- IM-ANFIS: invariant moments – adaptive network based fuzzy inference system
- PI: Proportional Integral
- LOSS: mean value of the simulated objective function
- CV: coefficient of variation of simulated loss
- REL: the percentage of the time in which the release is greater than 0.9 of water demand
- RI: Range of influence
- SF: Squash factor
- AR: Accept ratio
- RR: Rejection ratio
- CF: corresponding correlation factor
- PCA–ANFIS: adaptive neuro-fuzzy inference systems
- GFA: genetic function approximation
- “GENFIS1 ”: An initial FIS (fuzzy inference system) structure is generated by the Function
- LDA: Linear Discriminant Analysis
- NGARCH: Nonlinear generalized autoregressive conditional heteroscedasticity
- MAD: mean absolute deviation

- Theil'U: Theil'U inequality coefficient
- ARX: auto-regressive model with exogenous inputs
- CA: classification accuracy
- SEN: sensitivity
- SPE: specificity analysis
- LLR: local linear regression
- NNARX: neural network auto-regressive model with exogenous inputs)
- MBE: mean bias error
- CARIMA: Controlled Auto-Regressive Integrated Moving Average
- A.P.E: average prediction error
- APE: average percentage error
- MB: mean bias
- NMB: normalized mean bias
- FSE: fractional standard error
- QARA: QoS anycast routing agency using ANFI
- RBF: Functional Networks radial basis
- QSPR: quantitative structure property relationship model
- AARD: absolute average relative deviation
- AvRE: average relative error
- AvCV(RSME) : the averagecoefficient of variation of root square mean error,
- SSE: sum squared error
- MLR: Multiple linear regression
- IGANFIS: Integrated Geomorpho logical Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
- IGANN: Integrated geomorphological artificial neural network

- DC: Determination Coefficient
- AIC: Akaike Information Criterion
- C: Mean correlation coefficient
- M_A_E_P: training error
- M_A_E_P_test: testing error
- Average M_A_E_P: average error
- MNN: multiple neural networks
- PRESS: predictive residual error sum of squares
- FNNs: fuzzy neural networks
- HPA: hybrid PSO–ANFIS
- AWNN: adaptive wavelet neural network
- NNWT: neural networks combined with wavelet transform
- SDE: standard deviation of error
- MNLRL: multiple non-linear regression
- STDR: standard deviation in relative errors
- STDA: standard deviation in absolute error
- e(M): linear fitting error
- NRMSE: normalized root mean square error
- NMSE: normalized mean square error
- SSW: Sum Squared Errors of Weights
- RMSECal and RMSEVal: values are root mean square error of calibration and validation sets,
- LOO: leave-one-out
- LMO: leave-multiple-out
- RE: Relative error
- DDR: developed discrepancy ratio

- FS: Forward selection
- GT: Gamma test
- WT: wavelet transform
- NDEI: Non-Dimensional Error Index
- GRNN: generalized regression neural network
- BIAS: statistical quantities of bias
- MARE: mean absolute relative error
- G-ANFIS: forecasting model
- RBN-MB: model-based radial basis neural network
- GP: grid partition