



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ
ΣΤΟΝ ΝΑΥΣΤΑΘΜΟ ΚΡΗΤΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΝΕΥΡΟ-ΑΣΑΦΟΥΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Εκπόνηση

Πατεράκης Νικόλαος ΑΜ:2003010006

Υπεύθυνος Καθηγητής
Ατσαλάκης Γεώργιος

Ακαδημαϊκό Έτος 2008-9
Χανιά

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή

Κεφάλαιο 1:

- 1.1. Σκοπός διπλωματικής εργασίας
- 1.2. Περιγραφή φάσεων εργασίας

Κεφάλαιο 2: Περιγραφή Βλαπτικών παραγόντων σε κάθε εργασία

2.1 Συγκολλήσεις

- 2.1.1 Εισαγωγή
- 2.1.2 Συγκολλητότητα των υλικών
- 2.1.3 Συγκόλληση τόξου
- 2.1.4 Συσκευές- Όργανα
- 2.1.5 Τεχνική της Ηλεκτροσυγκόλλησης
- 2.1.6 Πηγές Κινδύνου
- 2.1.7 Κανόνες Ασφάλειας
- 2.1.8 Μέσα Ατομικής Προστασίας
- 2.1.9 Παράρτημα

2.2 Θόρυβος

- 2.2.1 Εισαγωγή
- 2.2.2 Ποια είναι τα χαρακτηριστικά του θορύβου
- 2.2.3 Πώς γίνεται αντιληπτός ο θόρυβος
- 2.2.4 Πώς μετράμε τον θόρυβο στους χώρους εργασίας
- 2.2.5 Ποιες είναι οι επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία
- 2.2.6 Μέσα Ατομικής Προστασίας

2.3 Σκόνη

- 2.3.1 Εισαγωγή
- 2.3.2 Τρόποι εισόδου στο σώμα
- 2.3.3 Βλάβες που προκαλεί
- 2.3.4 Κανόνες ασφάλειας
- 2.3.5 Επιτρεπτά Επίπεδα σκονής

Κεφάλαιο 3: Υποχρεώσεις Επιχειρήσεων

- 3.1. Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου
- 3.2. Τεχνικός Ασφάλειας και Γιατρός Εργασίας.
- 3.3. Μέσα Ατομικής Προστασίας.
 - 3.3.1 Γενικές Απαιτήσεις Μέσων Ατομικής Προστασίας
 - 3.3.2 Οδηγίες Χρήσης ΜΑΠ
 - 3.3.3 Κατηγορίες Μέσων Ατομικής Προστασίας
 - 3.3.3.1 Προστατευτικός Ρουχισμός
 - 3.3.3.2 Προστατευτικός Εξοπλισμός
- 3.4. Υποχρεώσεις των εργαζομένων

Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογία Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου

- 4.1. Τι είναι η εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου
- 4.2. Μεθοδολογία
 - 4.2.1 Εντοπισμός & Εξακρίβωση πηγών κινδύνου
 - 4.2.2 Προσδιορισμός όλων όσων ενδέχεται να εκτεθούν σε κίνδυνο
 - 4.2.3 Εκτίμηση & υπολογισμός των κινδύνων
 - 4.2.4 Λήψη μέτρων

Κεφάλαιο 5: Ναύσταθμος Κρήτης

- 5.1. Συνοπτική Παρουσίαση Ναυστάθμου Κρήτης
- 5.2. Περιγραφή συλλογής δεδομένων
- 5.3. Περιγραφή Συνεργείων
 - 5.3.1. Ξυλουργείο
 - 5.3.2. Προτυποποιείο
 - 5.3.3. Ελασματοουργείο
 - 5.3.4 Συγκολλητήριο

Κεφάλαιο 6: Νεύρο-Ασαφές Μοντέλο

- 6.1 Ασαφής Λογική (Fuzzy Logic)
- 6.2 Νεύρο-ασαφή συστήματα (υβριδικά συστήματα)
- 6.3 Χαρακτηριστικά των νευρο-ασαφών συστημάτων
- 6.4 Σχέση προσαρμοστικού νεύρο-ασαφούς συστήματος (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System - ANFIS και προσαρμοστικών δικτύων (Adaptive Networks)
- 6.5 Υβριδικός αλγόριθμος μάθησης του ANFIS
- 6.6 Η αρχιτεκτονική του ANFIS
- 6.6 Ασαφής Συλλογιστική (fuzzy reasoning)
- 6.8 Η μέθοδος μάθησης του ANFIS

6.9 Εξέταση των μοντέλων

6.10 Επιλογή της δομής ενός μοντέλου και αξιολόγηση

6.11 Σύγκριση διαφορετικών δομών (cross validation)

Κεφάλαιο 7: Εφαρμογή Νευρο-Ασαφούς Μοντέλου στην εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου

7.1. Αναγνώριση των κινδύνων σε κάθε θέση εργασίας

7.2. Μοντελοποίηση θέσεων εργασίας-έκθεσης σε επιβλαβείς παράγοντες

7.2.1 Ξυλουργείο

7.2.2. Προτυποποιείο

7.2.3. Ελασματοουργείο

7.2.4 Συγκολλητήριο

7.3. Αποτελέσματα εφαρμογής

7.3.1 Ξυλουργείο

7.3.1.1 Χρήση δεδομένων στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο

7.3.1.2 Διαγράμματα

7.3.2. Προτυποποιείο

7.3.2.1 Χρήση δεδομένων στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο

7.3.2.2 Διαγράμματα

7.3.3. Ελασματοουργείο

7.3.3.1 Χρήση δεδομένων στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο

7.3.3.2 Διαγράμματα

7.3.4 Συγκολλητήριο

7.3.4.1 Χρήση δεδομένων στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο

7.3.4.2 Διαγράμματα

Κεφάλαιο 8: Σχολιασμός Αποτελεσμάτων-Ικανότητα εφαρμογής και σε άλλα αντίστοιχα συνεργεία εκτός Ναυστάθμου Κρήτης

Βιβλιογραφία

Υπόμνημα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχαν κατά την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Κατ' αρχήν ευχαριστώ την διοίκηση του Ναυστάθμου Κρήτης για την άδεια που μου παρείχε να επισκέπτομαι όλες τις Διευθύνσεις και όλα τα Συνεργεία καθώς και την πρόσβαση μου σε ευαίσθητα δεδομένα.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τους Τεχνικούς Ασφαλείας Κατσούλη Γιώργο και Πατεράκη Στέλιο, καθώς και όλο το προσωπικό του Τμήματος Μελετών της Τεχνικής Διεύθυνσης για την βοήθεια και τη διάθεση χρόνου τους σε όλες τις επισκέψεις μου στον Ναύσταθμο.

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου κ. Ατσαλάκη Γιώργο για τη στήριξη και βοήθεια του κατά την εκπόνηση της εργασίας μου.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς και φίλους μου που με στηρίζουν σε όλες τις σημαντικές στιγμές της ζωής μου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου

Η ανάγκη για την σύνταξη Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου σε κάθε επιχείρηση είναι επιτακτική. Αποτελεί όχι μόνο υποχρέωση των εργοδοτών απέναντι στο νόμο αλλά και ένα απαραίτητο εργαλείο για τους ίδιους για την αναγνώριση των κινδύνων που μπορεί να διατρέχουν οι εργαζόμενοι της επιχείρησης. Η λήψη μέτρων για την προστασία των εργαζομένων βασισμένη στην αναγνώριση των κινδύνων και την αναγκαιότητα ελέγχου των όπως και την μείωση της επικινδυνότητας είναι ο απώτερος στόχος της Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου (Ε.Ε.Κ.).

Ασαφή Συστήματα

Τα τελευταία χρόνια τα ασαφή συστήματα λαμβάνουν ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον στα πεδία της έρευνα και εφαρμογών. Αυτό οφείλεται κυρίως στην άμεση επιτυχία των Ιαπωνικών εφαρμογών που χρησιμοποιούν ασαφή τεχνολογία.

Νευρωνικά Δίκτυα

Τα νευρωνικά δίκτυα είναι γνωστά και ως συνδυετικά μοντέλα που προσπαθούν να κάνουν χρήση μερικών γνωστών ή αναμενόμενων τεχνικών οργάνωσης του ανθρώπινου εγκεφάλου. Ένα νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από ένα αριθμό απλών, ανεξάρτητων επεξεργαστών, τους νευρώνες. Στην αρχή η έρευνα σε αυτόν τον τομέα έγινε για νευροβιολογικά ενδιαφέροντα. Τα πρώτα πεδία έρευνας κινούνταν γύρω από ένα νευρώνα και τη μοντελοποίηση του, ή γύρω από τους αποκαλούμενους κανόνες μάθησης τροποποιώντας τα συνοπτικά βάρη. Το perceptron, του Frank Rosenblatt, ήταν το πρώτο μοντέλο που θεώρησε τις προοπτικές της επεξεργασίας και της αποθήκευσης πληροφοριών. Ως μια μηχανή που μαθαίνει δημιούργησε τεράστια αίσθηση στο χώρο ξεκινώντας έτσι μαζί του την “χρυσή εποχή” των νευρωνικών δικτύων την δεκαετία του 1960. Σύντομα όμως έγινε γνωστό ότι δεν μπορούσε να λύσει απλά προβλήματα, όπως για παράδειγμα να ξεχωρίσει τους άρτιους από τους περιττούς αριθμούς.

Έτσι η έρευνα στο πεδίο υπέφερε από μια τεράστια οπισθοδρόμηση. Αυτό ξεκίνησε το 1969 την “σκοτεινή εποχή” των νευρωνικών δικτύων. Το ενδιαφέρον και η εφορία επανήλθαν το 1985 όταν ανακαλύφθηκαν νέοι αλγόριθμοι μάθησης. Σήμερα μερικά νευρωνικά δίκτυα ονομάζονται παγκόσμιοι προσεγγιστές (universal approximators) που μπορούν να προσαρμοστούν σε οποιαδήποτε δεδομένα εισόδου, εξόδου και να προσεγγίσουν κάθε δεδομένο πρόβλημα. Διάφοροι τύποι νευρωνικών δικτύων μπορούν να λύσουν διάφορα προβλήματα όπως η αναγνώριση προτύπων, συμπλήρωση προτύπων, καθορισμός ομοιοτήτων μεταξύ προτύπων ή δεδομένων, και αυτόματη κατάταξη σε κατηγορίες (classification). Αν η διαδικασία μάθησης καταφέρει να βρει ένα κατάλληλο συνδυασμό βαρών έτσι ώστε να λύνετε το δεδομένο πρόβλημα, τότε η λύση του περικλείεται στις συνδέσεις του δικτύου. Τα νευρωνικά δίκτυα για τους χρήστες τους λειτουργούν σαν “μαύρα κουτιά” και συνήθως δεν είναι δυνατόν να εξαγάγουμε από αυτά καθαρή γνώση. Τα νευρωνικά δίκτυα δηλαδή είναι ικανά να λύσουν δύσκολα προβλήματα αλλά δεν μας λένε πως το κάνουν.

Παρόμοια προβλήματα προκύπτουν αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε ήδη υπάρχουσα γνώση για τις συνδέσεις μεταξύ προτύπων εισόδου και εξόδου. Είναι αδύνατο να προσαρμόσουμε μια τέτοια γνώση αν θέλουμε να επιταχύνουμε τη διαδικασία εκπαίδευσης. Ένα νευρωνικό δίκτυο πάντα πρέπει να μάθει από το μηδέν.

Νεύρο-Ασαφή Συστήματα

Η κύρια ιδέα του ασαφή ελέγχου είναι η δημιουργία ενός μοντέλου που μοιάζει με το ανθρώπινο και να είναι να είναι ικανό να ελέγχει μια εργασία χωρίς να σκέφτεται χρησιμοποιώντας τους όρους ενός μαθηματικού μοντέλου. Ο ειδικός δηλαδή, να παρέχει εντολές ελέγχου στην μορφή γλωσσικών κανόνων. Οι έλεγχοι αυτοί μεταφράζονται από το πλαίσιο της θεωρίας των ασαφών συνόλων, και παρέχουν υπολογισμούς που μπορούν να προσομοιώσουν την συμπεριφορά του ειδικού. Ο προσδιορισμός καλών γλωσσικών κανόνων εξαρτάτε από την γνώση του ειδικού που ελέγχει την διαδικασία. Η μεταφορά σε ασαφή σύνολα δεν είναι μια τυποποιημένη διαδικασία και μπορούν να γίνουν πάρα πολλές διαφορετικές επιλογές (για παράδειγμα στην μορφή των συναρτήσεων συμμετοχής. Αυτές οι αβεβαιότητες που υπάρχουν στη διαδικασία ενός ασαφούς ελεγχτή συνήθως οδηγούν σε μία ευρεστική διαδικασία για να ξεπεραστούν τα λάθη του αρχικού σχεδιασμού. Συνδυασμός ενός νευρωνικού δικτύου με ένα ασαφή ελεγχτή μπορεί να βοηθήσει ενισχύοντας την απόδοση του ελεγχτή χρησιμοποιώντας ειδικούς αλγόριθμους εκπαίδευσης. Ακόμα και αν οι περισσότερες εφαρμογές σε νευρο-ασαφή βρίσκονται σε διαδικασίες ελέγχου, αυτά δεν χρησιμοποιούνται μόνο στον τομέα αυτό. Υπάρχουν και προσεγγίσεις για την ανάλυση δεδομένων όπου ασαφή κανόνες και ασαφή σύνολα χρειάζεται να περιγράψουν ένα σύνολο δεδομένων. Μια πιθανή εφαρμογή είναι η κατάταξη προτύπων σε κατηγορίες (classification), αυτός είναι ένας τομέας όπου τα νευρωνικά δίκτυα εφαρμόζονται με μεγάλη επιτυχία. Παρόλα αυτά ένα νευρωνικό δίκτυο δεν παρέχει μια εξήγηση για το πώς κατατάσσει τα πρότυπα σε κατηγορίες. Ένα νευρο-ασαφή σύστημα σε αυτή την περίπτωση είναι διαφορετικό: Το σύστημα εκπαιδεύετε με τα ασαφή σύνολα και κανόνες που από την μια πλευρά μπορούν να διεξάγουν την επιθυμητή κατάταξη σε κατηγορίες και από την άλλη να διερμηνεύονται γλωσσικά. Έτσι μπορεί να ελεγχτεί η εγκυρότητα του αποτελέσματος και προηγούμενη γνώση μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί. Ένα νευρο-ασαφή σύστημα είναι ο συνδυασμός των νευρωνικών δικτύων με τα ασαφή συστήματα με τέτοιο τρόπο ώστε τα νευρωνικά δίκτυα ή οι αλγόριθμοι εκπαίδευσης των νευρωνικών δικτύων, χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τις παραμέτρους ενός ασαφούς συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι η κύρια προσέγγιση ενός συστήματος με νευρο-ασαφή είναι να δημιουργήσει ή να βελτιώσει ένα ασαφή σύστημα αυτόματα με μεθόδους των νευρωνικών δικτύων. Μια ακόμα σημαντική προσέγγιση είναι ότι το σύστημα θα πρέπει πάντα να διερμηνεύεται με κανόνες εάν – τότε των ασαφή, αυτό λόγω του ότι βασίζεται σε ένα ασαφή σύστημα που αναπαριστά γνώση.

Στο 1^ο κεφάλαιο ορίζεται η μεθοδολογία της εργασίας και περιγράφεται ο σκοπός της.

Στο 2^ο κεφάλαιο περιγράφονται οι βλαπτικοί παράγοντες.

Στο 3^ο κεφάλαιο περιγράφονται οι υποχρεώσεις των επιχειρήσεων ως προς τους εργαζόμενους

Στο 4^ο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου έτσι όπως την χρησιμοποιήσαμε στην μελέτη μας

Στο 5^ο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά ο Ναύσταθμος Κρήτης και τα συνεργεία που χρησιμοποιήσαμε για τις μετρήσεις μας.

Στο 6^ο κεφάλαιο περιγράφεται το νευρο-ασαφές μοντέλο.

Στο 7^ο κεφάλαιο περιγράφεται η εφαρμογή του Νευρο-Ασαφούς Μοντέλου στην εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου

Στο 8^ο κεφάλαιο παρατίθενται όλα τα συμπεράσματα που εξάγονται από τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Κεφάλαιο 1

1.1 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι μια προσπάθεια εμπλούτισης των μεθόδων Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου και καλύτερης κατανόησης για το πώς καταπονούνται οι εργαζόμενοι κατά την διάρκεια της βάρδιας τους με χρήση νεύρο-ασαφών μοντέλων. Επειδή αυτή η τεχνολογία είναι αρκετά νέα, δεν έχουν υπάρξει πολλές αντίστοιχες μελέτες. Έτσι όπως διαπιστώσαμε στην πορεία πρέπει να ορίσουμε κάποιες μεταβλητές ώστε να καταφέρουμε να εισάγουμε τα δεδομένα από τις μετρήσεις μας στο νευρωνικό μοντέλο. Έτσι αρχικά από μια έρευνα που κάναμε στον Ναύσταθμο Κρήτης στα βασικά συνεργεία του, τα οποία χρησιμοποιούνται καθημερινά, εντοπίσαμε τους μετρήσιμους κύριους βλαπτικούς παράγοντες, οι οποίοι παράγονται από τα μηχανήματα κατά την διάρκεια της βάρδιας, και επηρεάζουν τους εργαζόμενους. Αφού έγινε ο εντοπισμός και μετά από συνεννόηση με τους αρμόδιους έπρεπε να ορίσουμε μια κλίμακα η οποία θα δήλωνε τον βαθμό καταπόνησης του εργαζόμενου, και πως ο ίδιος ο εργαζόμενος την αισθανόταν και θα ήταν κατανοητή και εύκολη στην χρήση της. Έτσι ορίσαμε μια δεκαβάθμια κλίμακα, όπου σε τακτά χρονικά διαστήματα ο εργαζόμενος μπορούσε να δηλώσει πως αισθάνεται. Και επειδή η αίσθηση κάθε ανθρώπου είναι τελείως υποκειμενικό, και επειδή εμείς πρέπει να είμαστε όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικοί πήραμε πολλές μετρήσεις με διαφορετικούς εργαζόμενους και στο τέλος χρησιμοποιήσαμε τον μέσο όρο των τιμών. Για τον σκοπό της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν μηχανήματα μετρήσεων υψηλής ακρίβειας από το Εργαστήριο Νοητικής Εργονομίας & Ασφάλειας της Εργασίας του Πολυτεχνείου Κρήτης και από το γραφείο Τμήματος Μελετών της Τεχνικής Διεύθυνσης του Ναυσταθμού Κρήτης.

1.2 Περιγραφή φάσεων εργασίας

Όταν υπάρχει ομάδα ή ομάδες εργαζομένων που εκτελούν τις ίδιες ή παρόμοιες εργασίες στον ίδιο χώρο και κάτω από τις ίδιες συνθήκες, ώστε να μπορεί εύλογα να θεωρηθεί ότι υπόκεινται στον ίδιο περίπου βαθμό έκθεσης στον συγκεκριμένο χημικό παράγοντα, τότε μπορεί να γίνεται μέτρηση κατά ομάδες και με τρόπο που να δίνει αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα. Σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να γίνεται ατομική μέτρηση σε ένα (1) τουλάχιστον για κάθε (10) εργαζόμενους που ανήκουν στην ίδια ομάδα. Το αποτέλεσμα της μέτρησης θα θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την τιμή του επιπέδου έκθεσης για όλους τους εργαζόμενους της ομάδας.

Όταν δεν είναι δυνατή η διενέργεια «ατομικής» μέτρησης (π.χ. όταν λόγω της φύσης της εργασίας ο εργαζόμενος δεν μπορεί να φέρει επάνω του το όργανο) η έκθεση μπορεί να εκτιμηθεί και με «στατική» μέτρηση, εφ' όσον το αποτέλεσμά της επιτρέπει την εκτίμηση της έκθεσης του εργαζόμενου. Κατ' αυτήν, το όργανο τοποθετείται σε ορισμένη θέση και παραμένει σταθερό κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Η μέτρηση πρέπει να γίνεται, κατά το δυνατό, στο ύψος των αναπνευστικών οργάνων του ή των εργαζομένων και στη μικρότερη δυνατή απόσταση από αυτούς. Σε περίπτωση αμφιβολίας η μέτρηση μπορεί να γίνεται στο σημείο όπου ο κίνδυνος έκθεσης είναι μεγαλύτερος. χρησιμοποιούμενη μέθοδος μπορεί να είναι κατάλληλη για τον συγκεκριμένο χημικό παράγοντα, την Οριακή Τιμή και τις συνθήκες στο χώρο εργασίας.

Αν η χρησιμοποιούμενη μέθοδος μέτρησης δεν είναι εξειδικευμένη για τον συγκεκριμένο χημικό παράγοντα, η τιμή που προκύπτει από τη μέτρηση πρέπει να αποδίδεται εξ ολοκλήρου στον παράγοντα αυτό.

Εμείς στην έρευνα μας χρησιμοποιήσαμε στατική μέθοδο για τους παραπάνω λόγους. Το ύψος στο οποίο πάρθηκαν οι μετρήσεις είναι 1,6 m από το δάπεδο.

Κεφάλαιο 2

Περιγραφή Βλαπτικών παραγόντων σε κάθε εργασία

2.1 Συγκολλήσεις

2.1.1 Εισαγωγή

Οι συγκολλήσεις ανήκουν στην κατηγορία των μόνιμων συνδέσεων ανάμεσα σε τεμάχια. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται μέσω της θερμότητας, είναι σύνδεση κρυσταλλική και έχει στόχο το τελικό τεμάχιο να έχει την ίδια αντοχή με τα αρχικά κομμάτια. Από την εποχή της αρχαιότητας εμφανίζονταν διαδικασίες συγκόλλησης, που βασίζονταν κυρίως στη μέχρι τότε γνώση των υλικών. Έτσι, η συγκόλληση με χύτευση καθιερώθηκε από τους αρχαίους χρόνους ως η κύρια μορφή σύνδεσης και επισκευής σπασμένων κατασκευών από μπρούντζο ή χυτοσίδηρο. Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η συγκόλληση σε κάμινο (καμινοσυγκόλληση), η κασσιτεροκόλληση, που χρησιμοποιείται μέχρι τις μέρες μας, ιδιαίτερα στη λευκοσιδηρουργία, η μπρουτζοκόλληση κ.λπ.. Η πιο κλασική μέθοδος συγκόλλησης, που είναι η συγκόλληση με οξυγονοασετυλίνη, εμφανίστηκε στην αρχή του εικοστού αιώνα. Από τότε πολλές διαφορετικές μέθοδοι έχουν ανακαλυφθεί και προσφέρονται για την πραγματοποίηση πολύπλοκων προϊόντων. Η λίστα με τα αντικείμενα ή προϊόντα, που έχουν συγκολλητά μέρη είναι ατελείωτη και περιλαμβάνει από στοιχεία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων μέχρι πλοία, μηχανές αεριοθούμενων, αυτοκίνητα, γέφυρες, μεταλλικά έπιπλα, κτίρια με μεταλλικό σκελετό κ.λπ.. Μία κατηγοριοποίηση των συγκολλήσεων τις κατατάσσει σε δύο κατηγορίες, τις αυτογενείς συγκολλήσεις και τις ετερογενείς συγκολλήσεις. Στις αυτογενείς συγκολλήσεις απαιτείται τοπικά λιώσιμο των προς συγκόλληση τεμαχίων και τοποθέτηση ή όχι ενός συγκολλητικού μέσου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συγκολλήσεων είναι η οξυγονοσυγκόλληση, η ηλεκτροσυγκόλληση, η συγκόλληση με αντίσταση, με Laser κ.λπ.. Στις ετερογενείς συγκολλήσεις δε χρειάζεται τοπική τήξη των αντικειμένων, που θα συγκολληθούν, παρά μόνο θέρμανση και εναπόθεση λιωμένου συγκολλητικού υλικού. Τέτοιες συγκολλήσεις είναι η κασσιτεροκόλληση, η μπρουτζοκόλληση κ.λπ.. Οι συγκολλήσεις ως μέσο σύνδεσης αντικατέστησαν όλες τις μεθόδους λυόμενων συνδέσεων (κοχλιοσυνδέσεις, ηλώσεις), εκεί βέβαια που δε χρειαζόταν η σύνδεση να είναι λυόμενη. Για την παραγωγή σύνθετων κατασκευών, οι συγκολλήσεις αντικατέστησαν την πολύ δαπανηρότερη χύτευση. Τα πλεονεκτήματα των συγκολλήσεων απέναντι στη χύτευση είναι : οικονομία στο υλικό, μικρότερο κόστος και πραγματοποίηση σύνθετων κατασκευών, που με τη χύτευση είναι αδύνατες ή πολύ δύσκολες. Μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι συγκολλήσεις σχετίζονται κυρίως με τη συγκολλητικότητα των υλικών, δηλαδή την ιδιότητα ενός υλικού να μπορεί να συγκολληθεί.

2.1.2 Συγκολλητότητα των υλικών

Η συγκολλητικότητα των υλικών εξαρτάται από τη χημική τους σύνθεση και την κρυσταλλική τους δομή. Σχετικά με τα ευρέως χρησιμοποιούμενα υλικά ισχύουν τα εξής :

Κράματα σιδήρου – άνθρακα

Η συγκολλητικότητα των χαλύβων εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα. Όσο λιγότερο άνθρακα έχει ένας χάλυβας, τόσο πιο μεγάλη συγκολλητότητα έχει, δηλαδή συγκολλάται πιο εύκολα. Ανώτερο όριο περιεκτικότητας σε άνθρακα για εύκολη συγκόλληση είναι το 0.25%. Αν ένας χάλυβας έχει περιεκτικότητα πάνω από το 0,25% σε άνθρακα, τότε η συγκόλληση δεν μπορεί να είναι επιτυχής παρά μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες. Στην περίπτωση αυτή, περιοχές της ραφής της συγκόλλησης υφίστανται βαφή, χάνουν τη μηχανική αντοχή τους και ψαθυροποιούνται. Οι χάλυβες αυτοί, με όριο άνθρακα πάνω από το 0,25%, μπορούν να συγκολληθούν, αν προθερμανθούν. Η προθέρμανση αυτή εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε άνθρακα και φθάνει μέχρι τους 425°C για χάλυβες με περιεκτικότητα 0,8% σε άνθρακα. Αντίστοιχα με τους ανθρακούχους χάλυβες, οι χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα σε Si, Mn, S και P, δεν μπορούν να συγκολληθούν εύκολα και μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες. Αντίθετα, οι χάλυβες με προσμείξεις Cu, Ni, Cr, Mo και V, δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα συγκόλλησης, εκτός αν όλες οι προσμείξεις ξεπερνούν το 10%.

2.1.3 Συγκόλληση τόξου

Η συγκόλληση τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση στηρίζεται στη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου ανάμεσα στο κομμάτι, που θέλουμε να κολληθεί, και σε ένα ηλεκτρόδιο, που είναι ταυτόχρονα και συγκολλητικό μέσο. Για να γίνει αυτό, το ηλεκτρόδιο και το κομμάτι συνδέονται με τους ακροδέκτες γεννήτριας ηλεκτρικού ρεύματος. Στην πράξη χρησιμοποιούνται ειδικές μηχανές που λέγονται μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, οι οποίες χρησιμοποιούν συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα και παράγουν το ηλεκτρικό τόξο. Λόγω του ηλεκτρικού τόξου, αναπτύσσεται μεγάλη θερμοκρασία στη θέση κόλλησης, γύρω στους 4000 °C. Στη θερμοκρασία αυτή το μέταλλο που συγκολλάται λιώνει, ενώ από πάνω του δημιουργείται ένα στρώμα αερίων, που προέρχονται από την επένδυση του ηλεκτροδίου. Ταυτόχρονα με τη δημιουργία των αερίων, δημιουργείται πάνω από τη ραφή μία πάστα, επίσης από την επένδυση του ηλεκτροδίου. Η πάστα αυτή βοηθά στην τήξη του μετάλλου και εμποδίζει τη γρήγορη απόψυξη, που θα είχε συνέπεια να βαφεί η ραφή. Η ραφή συγκόλλησης προκύπτει από το λιωμένο μέταλλο που συγκολλάται και από λιωμένο μέταλλο του πυρήνα του ηλεκτροδίου. Ο συγκολλητής, για να ξεκινήσει τη διαδικασία συγκόλλησης, χτυπά ή τρίβει το ηλεκτρόδιο πάνω στο προς συγκόλληση τεμάχιο και στη συνέχεια το σηκώνει, διατηρώντας από κει και πέρα μία σταθερή απόσταση.

2.1.4 Συσκευές – όργανα

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης χρησιμοποιούν εναλλασσόμενο ή συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα και χαρακτηρίζονται από την ένταση του ρεύματος, που μπορούν να δώσουν, και την τάση του ρεύματος για το ξεκίνημα του τόξου (τάση εν κενώ). Η ένταση της συγκόλλησης ρυθμίζεται από ροοστάτες που βρίσκονται πάνω στις μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, ενώ για κάθε ένταση ρεύματος προτείνεται και αντίστοιχο ηλεκτρόδιο. Επισημαίνεται ότι, με τη χρήση του ίδιου ηλεκτροδίου, η ένταση του ρεύματος πρέπει να αυξάνεται, όσο το πάχος των ελασμάτων που θα κολληθούν είναι μεγαλύτερο. Τα συνήθη ηλεκτρόδια έχουν επένδυση που είναι κράμα διαφόρων οργανικών και ορυκτών συστατικών, ενώ ο πυρήνας τους είναι από μαλακό χάλυβα. Υπάρχουν και άλλα ηλεκτρόδια με πυρήνες από χαλυβοκράματα, χυτοσίδηρο κ.λπ., αλλά δε χρησιμοποιούνται συχνά και μόνο για ειδικές περιπτώσεις. Τα ηλεκτρόδια κυκλοφορούν σε πολλά μεγέθη με διαφορετικό μήκος και διάμετρο, όπως και με διαφορετικό πάχος επένδυσης. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται διάφορα μεγέθη ηλεκτροδίων και η ένταση του ρεύματος που πρέπει να χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση.

Διάμετρος ηλεκτροδίου [mm]	Μήκος ηλεκτροδίου [mm]	Ένταση ρεύματος [A]
1,6	250	25
2,0	350	45
2,5	350	65
3,5	450	115
4,0	450	145
5,0	450	215
6,0	450	265
6,3	450	285
7,0	450	320
8,0	450	360

Τα ηλεκτρόδια έχουν τυποποιηθεί ως προς τα χαρακτηριστικά τους σύμφωνα με Ευρωπαϊκά και άλλα διεθνή πρότυπα. Στην ετικέτα του κουτιού, στα οποία είναι συσκευασμένα τα ηλεκτρόδια, γράφονται με τη σειρά σύμβολα που χαρακτηρίζουν συγκεκριμένες ιδιότητες του ηλεκτροδίου.

2.1.5 Τεχνική της Ηλεκτροσυγκόλλησης

Η ηλεκτροσυγκόλληση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ορισμένα βασικά εξαρτήματα προστασίας. Αυτά είναι η μάσκα, που προστατεύει τα μάτια από τη λάμψη του ηλεκτρικού τόξου (δηλαδή από τις υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτίνες που καταστρέφουν τον αμφιβληστροειδή του ματιού), τα γάντια, που προστατεύουν τα χέρια από πιθανά εγκαύματα και την ακτινοβολία, και η ποδιά που προστατεύει αντίστοιχα το υπόλοιπο σώμα. Εκτός από τον παραπάνω βασικό εξοπλισμό, στην ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιούνται περικνημίδες για τα πόδια και μανσέτες για τα χέρια. Επίσης, ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο αερισμός που πρέπει να υπάρχει στο χώρο εργασίας, ώστε να μην εισπνέονται από το συγκολλητή τα διάφορα αέρια που προκύπτουν από την συγκόλληση. Κατά τη διάρκεια της ηλεκτροσυγκόλλησης και ανάλογα με το είδος της ραφής που επιθυμούμε, πρέπει να μετακινείται το ηλεκτρόδιο πραγματοποιώντας συγκεκριμένες κινήσεις. Οι συνηθισμένες συγκολλήσεις, που γίνονται με ηλεκτροσυγκόλληση, είναι οι μετωπικές ραφές και οι εξωραφές. Η προετοιμασία που πρέπει να γίνει στα ελάσματα πριν την ηλεκτροσυγκόλληση διαφέρει ανάμεσα στα δύο είδη, ενώ εξαρτάται και από τα πάχη των ελασμάτων. Οι εξωραφές είναι συγκολλήσεις ελασμάτων καθέτως μεταξύ τους σε αντίθεση με τις μετωπικές ραφές, που, όπως το λέει και η λέξη, είναι συγκολλήσεις κατά πρόσωπο.

2.1.6 Πηγές κινδύνου

Ηλεκτρικός Κίνδυνος

Ηλεκτρικός κίνδυνος μπορεί να παρουσιαστεί από:

- Το κύκλωμα εισόδου των 220/380V
- Τα μεταλλικά μέρη της μηχανής
- Την τάση εν κενώ της μηχανής

Για την αντιμετώπιση των κινδύνων του κυκλώματος εισόδου πρέπει να:

- Εφαρμόζονται οι σωστοί μηχανισμοί κατασκευής
- Τηρούνται οι σωστές διατάξεις ασφάλειας που αποκλείουν επαφή με τάση εισόδου και μεταλλικά μέρη
- Συντηρούνται τα μηχανήματα ανά 6μηνο
- Τηρείται αρχείο των μηχανών
- Προτιμούνται οι μηχανές με διατάξεις ασφαλείας για υπερθερμάνσεις και υπερφορτώσεις

Κίνδυνοι από ακτινοβολία

Για την πραγματοποίηση ηλεκτροσυγκολλήσεων απαιτείται ηλεκτρικό τόξο, το οποίο όμως παράγει μεγάλο φάσμα ακτινοβολίας βλαπτικό για τον ανθρώπινο οργανισμό. Πιο συγκεκριμένα αναπτύσσονται:

- Υπεριώδης ακτινοβολία (αόρατη)
- Ορατή ακτινοβολία
- Υπέρυθρη ακτινοβολία

Υπεριώδης Ακτινοβολία

Είναι η πιο επικίνδυνη γιατί προσβάλλει το βλεννογόνο υμένα του ματιού που ονομάζεται «επιπεφυκός», προκαλώντας επιπεφυκίτιδα. Χαρακτηριστικό της πάθησης αυτής είναι ότι δυσκολεύει την όραση, δημιουργεί έναν τρομερό «βελονιστικό» πόνο και δημιουργεί δάκρυα, αλλά συγχρόνως προειδοποιεί για τον κίνδυνο που υπάρχει. Επίσης προσβάλλει τους ιστούς του δέρματος, δηλαδή καίει το δέρμα όπως η ηλίαση, αλλά σε μεγαλύτερο βαθμό. Η προστασία του συγκολλητή επιτυγχάνεται με χρήση Μ.Α.Π. (μάσκα και γάντια) ενώ συνιστάται και ποδιά εργασίας, ώστε να μη μένουν ακάλυπτα σημεία του κορμιού. Σημειώνεται, ότι η προσβολή του δέρματος μπορεί να γίνει και έμμεσα από τις γύρω μμεταλλικές επιφάνειες ιδιαίτερα αν πρόκειται για αλουμίνιο, ανοξείδωτο χάλυβα και άλλα γυαλιστερά μέταλλα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση τόσο μεγαλύτερη μπορεί να γίνει η έμμεση προσβολή από υπεριώδη ακτινοβολία στο δέρμα.

Καλές πρακτικές

- διατήρηση σκοτεινών επιφανειών στον περιβάλλοντα χώρο
- επιλογή βαμμένων με απορροφητικές μπογιές επιφανειών
- διακοπή απασχόλησης σε περίπτωση παρακολούθησης θεραπευτικής αγωγής με υγρά φάρμακα

Ορατή Ακτινοβολία

Αυτή απλώς προκαλεί «θάμπωμα» στα μάτια, ειδικά σε υψηλές εντάσεις συγκολλήσεων και αποτελεί μόνο το 25% της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Μπορούμε να προστατευθούμε ικανοποιητικά με χρήση ειδικών γυαλιών.

Υπέρυθρη Ακτινοβολία

Εκπέμπεται κυρίως από το λουτρό του ρευστού μετάλλου της συγκόλλησης και περιέχει μεγάλη θερμική ενέργεια. Προσβάλλει κυρίως τον αμφιβληστροειδή χιτώνα και εκτεταμένη προσβολή μπορεί να δημιουργήσει καταρράκτη.

Οι μελατές δείχνουν ότι τα επίπεδα που συναντάται στις συγκολλήσεις δεν είναι τόσο υψηλά, ώστε να προκαλέσουν ανησυχία. Παρ'όλα αυτά στα βιομηχανικά γυαλιά προστασίας έχει ληφθεί σχετική μέριμνα. Οι στατιστικές εμφανίσουν σημαντική επιβάρυνση και των εργαζομένων που απασχολούνται σε θέσεις εργασίας γειτονικές αυτής του συγκολλητή. Αυτοί πλήττονται κυρίως από τη μη ορατή ακτινοβολία και λόγω του γεγονότος ότι δεν παίρνουν κάποια μέσα προφύλαξης, όπως ο συγκολλητής, είναι περισσότερο ευάλωτοι. Σαν καλή πρακτική για την αντιμετώπιση του φαινομένου συνιστάται η απομόνωση του εργασιακού χώρου του συγκολλητή με ένα διάφραγμα ή η γραπτή σύσταση για αποφυγής οπτικής επαφής με γυμνό μάτι με το ηλεκτρικό τόξο. Στο παράρτημα παρουσιάζεται ο πίνακας επιλογής του σωστού επαγγελματικού γυαλιού σε σχέση με την ένταση του ρεύματος και τη μέθοδο συγκόλλησης.

Κίνδυνοι από εγκαύματα

Κίνδυνοι προέρχονται και από εγκαύματα. Η προστασία αυτή συνίσταται στην ποδιά και στα γάντια του συγκολλητή/χειριστή τα οποία συνήθως είναι κατασκευασμένα από συνδυασμό δέρματος και αμιάντου. Σε περιπτώσεις συγκόλλησης τύπου T.I.G., ο τύπος της ποδιάς που χρησιμοποιείται είναι πολύ πιο ελαφρύς από τους αντίστοιχους των ποδιών για συγκολλήσεις τύπου M.I.G. – M.A.G.

Κίνδυνοι από αναθυμιάσεις

Κατά τη διαδικασία της ηλεκτροσυγκόλλησης έχουμε δημιουργία αναθυμιάσεων οι οποίες υψώνονται με κωνική μορφή από το σημείο της ηλεκτροσυγκόλλησης προς το πρόσωπο (αναπνευστικό σύστημα) του ηλεκτροσυγκολλητή. Η ένταση και το περιεχόμενό τους εξαρτάται από:

- a) Τεχνική ηλεκτροσυγκόλλησης
- b) Την ένταση & πυκνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος
- c) Το είδος (προδιαγραφή) του μετάλλου βάσης, το προστατευτικό βάψιμο ή επιμετάλλωση που πιθανόν υπάρχει πάνω του ή ακόμα και τυχόν ακαθαρσίες

- d) Τη μέθοδο αερισμού του χώρου
e) Τη διαμόρφωση της θέσης εργασίας

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται το ποσό των αναθυμιάσεων σε σχέση με την τεχνική συγκόλλησης που χρησιμοποιείται :

ΠΟΣΟ ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΩΝ	
Μεγάλο ποσοστό αναθυμιάσεων	Σωληνωτό σύρμα χωρίς αέριο
↑	Ηλεκτρόδια υψηλής απόδοσης
	Βασικά ηλεκτρόδια & σωληνωτό σύρμα με τη μέθοδο CO ₂ (M.A.G)
	Στερεό σύρμα με τη μέθοδο CO ₂
	Ηλεκτρόδια ρουτηλίου και στερεό σύρμα με προστασία ARGON (M.I.G.)
Μικρό ποσοστό αναθυμιάσεων	T.I.G., βυθισμένο τόξο, Ηλεκτροσλάγκ

Οι αναθυμιάσεις έχουν τη μορφή αερίων ή στερεών σωματιδίων Τα προϊόντα των αναθυμιάσεων δύνανται να εισέλθουν στο εσωτερικό του οργανισμού μέσω της αναπνευστικής λειτουργίας. Με την προϋπόθεση ότι έχουν το κατάλληλο μέγεθος δηλ. 0,5-7 μικρά (10^6 m) και ανάλογα με τη βλαπτικότητα τους προκαλούν προβλήματα στον οργανισμό. Στις συνήθεις περιπτώσεις οι αναθυμιάσεις δεν είναι σοβαρά βλαπτικές για τον άνθρωπο. Στο παράρτημα παρουσιάζεται πίνακας με τις πιθανές βιολογικές επιδράσεις των αναθυμιάσεων.

Για το έλεγχο της συγκέντρωσης των ουσιών στο περιβάλλον μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε:

- Ενόργανους αναλυτές που αποτελούν δαπανηρή αλλά ακριβή μέθοδο
- Τη μέθοδο του ενδεικτικού σωλήνα. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά πρακτική και παρέχει μια ένδειξη των συνθηκών. Χρησιμοποιείται κυρίως για προκαταρκτικές μετρήσεις και δεν διακρίνεται για τη συνέπειά της.

Αντιμετώπιση αναθυμιάσεων

Για την αντιμετώπιση των αναθυμιάσεων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συστήματα γενικού αερισμού καθώς και εξειδικευμένα συστήματα τοπικού αερισμού.

1. Αερισμός με πτερωτή

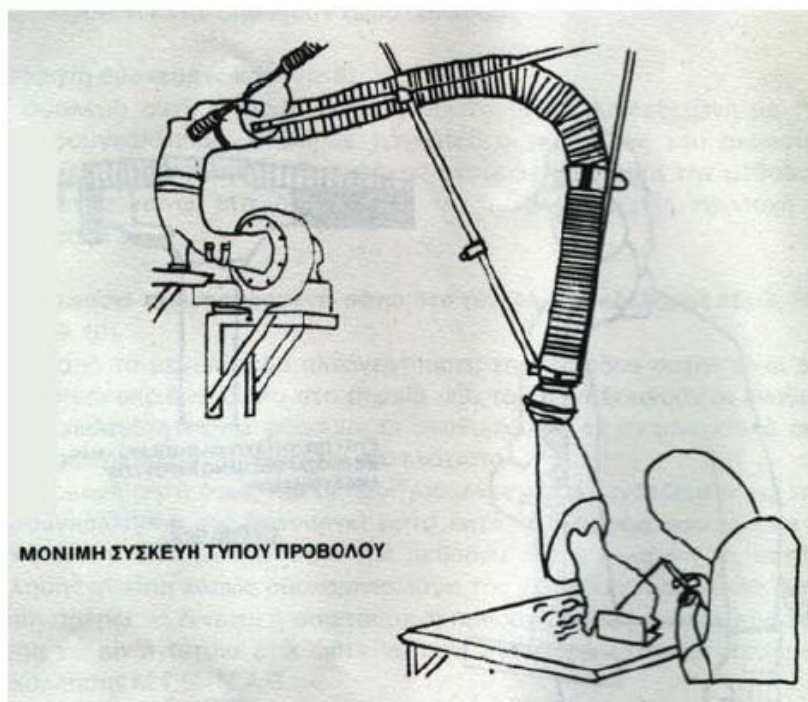
Η τοποθέτηση πτερωτής στην οροφή των εγκαταστάσεων χρησιμεύει στην ανάδευση των αερίων μαζών κάτι που οδηγεί στη μείωση της συγκέντρωσης των βλαβερών ουσιών στο χώρο της συγκόλλησης. Διακρίνεται για τη μεγάλη της αποτελεσματικότητα και είναι προτιμότερο να συνδυάζεται με άλλες μεθόδους.

2. Ηλεκτροστατικός διαχωριστής

Με τη μέθοδο αυτή ιονίζουμε ρινίσματα μετάλλων. Χρησιμοποιείται σε περιβάλλον όπου έχουμε σημαντική έκληση στερεών ουσιών. Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα του διαχωριστή έλκουν τα σωματίδια με αποτέλεσμα να καθαρίζουν το περιβάλλον. Οι ηλεκτροστατική διαχωριστές δε μπορούν να αντιμετωπίσουν αέρια.

3. Φορητή συσκευή τύπου προβόλου

Οι συσκευές αυτές φέρουν φίλτρα τα οποία συγκρατούν και τα αέρια και τα στερεά σωματίδια και επαναδίδουν στο περιβάλλον εργασίας καθαρό φιλτραρισμένο αέρα, είναι δε συνήθως συνδεδεμένες με την πηγή της ηλεκτροσυγκόλλησης και λειτουργούν μόνο κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης. Σημαντικό μειονέκτημά τους είναι ότι καταλαμβάνουν χώρο.



4. Φορητές συσκευές

Παρόμοιες με τις παραπάνω αλλά μικρότερων διαστάσεων. Φέρει μαγνήτες συγκράτησης του ακροφυσίου κοντά στο σημείο κόλλησης. Ο σωλήνας αναρρόφησης κατά τη μέθοδο αυτή είναι ξαπλωμένος στο δάπεδο και γι' αυτό χρειάζεται προσοχή για να μην καταστραφεί.

5. Ακροφύσιο προσαρμοσμένο στο πιστόλι συγκόλλησης MIG-MAG

Το ακροφύσιο βρίσκεται ακριβώς δίπλα στο σημείο συγκόλλησης με αποτέλεσμα να απορροφούνται οι αναθυμιάσεις στην πηγή τους, μειώνοντας τους κινδύνους για το αναπνευστικό σύστημα

6. Μόνιμες συσκευές τύπου προβόλου

Η αρχή λειτουργίας των συσκευών αυτών ομοιάζει με τις αντίστοιχες φορητές συσκευές, αλλά υποστηρίζεται από κεντρικές μονάδες διακίνησης αναθυμιάσεων. Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις του είδους φιλτράρουν τις αναθυμιάσεις πριν αποδώσουν τον αέρα στο περιβάλλον. Σε ορισμένα συστήματα που (για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας-θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες) επαναποδίδουν τον αέρα στο εσωτερικό των εγκαταστάσεων απαιτούνται πρόσθετα συστήματα φιλτραρίσματος.

7. Σχάρα κατακόρυφης αναρρόφησης προς τα πάνω

Η αποτελεσματικότητα της σχάρας εξαρτάται από την απόσταση της χοάνης απορρόφησης από το σημείο συγκόλλησης. Η επιθυμητή απόσταση είναι το δυνατόν εγγύτερα στην επιφάνεια συγκόλλησης και μάλιστα χαμηλότερα από το ύψος της κεφαλής του συγκολλητή. Το γεγονός αυτό μειώνει την ορατότητα κατά την εργασία και κάνει τις σχάρες αυτού του τύπου λιγότερο πρακτικές.



8. Σχάρα πλευρικής αναρρόφησης

Η σχάρες αυτού του τύπου είναι καταλληλότερες για μόνιμες θέσεις εργασίας. Η χοάνη βρίσκεται χαμηλότερα από το ύψος της κεφαλής και δεν εμποδίζει τη διαδικασία της συγκόλλησης. Απαιτεί όμως μηχανική υποστήριξη της αναρρόφησης.

9. Σχάρα κατακόρυφης αναρρόφησης προς τα κάτω

Πολύ λειτουργική μέθοδος απορρόφησης των αναθυμιάσεων. Σε περίπτωση πολύ ισχυρής αναρρόφησης είναι δυνατόν να δημιουργηθούν πόροι στη ραφή της κόλλησης.



10. Σύστημα Push-Pull

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα τέτοια συστήματα είναι κατάλληλα για κολλήσεις υλικών μικρών διαστάσεων. Από τη μια πλευρά γίνεται εισαγωγή πεπιεσμένου αέρα και απόδοσή του στη συνέχεια με πίεση προς την επιφάνεια συγκόλλησης. Στην άλλη πλευρά γίνεται απορρόφηση των αναθυμιάσεων και εξαγωγή τους.

11. Μέσα ατομικής προστασίας (Μ.Α.Π.)

Πέραν των συστημάτων που κεντρικά αντιμετωπίζουν τους κινδύνους αναθυμιάσεων χρησιμοποιούνται και μέσα ατομικής προστασίας με προεξέχοντα τις ειδικές προστατευτικές

μάσκες. Η χρήση масκών ενδείκνυται ειδικά σε συγκολλήσεις κραμμάτων χαλκού, όταν αυτές πραγματοποιούνται σε ειδικούς χώρους.

2.1.7 Κανόνες Ασφαλείας

1. Διατηρείστε τις μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης σε καλή κατάσταση.
2. Προσοχή ιδιαίτερα σε τσιμπίδες και καλώδια, ειδικά σε ότι αφορά τη μόνωσή τους.
3. Ο συγκολλητής να φέρει πάντοτε γάντια και ειδικά παπούτσια με λάστιχα.
4. Να χρησιμοποιείτε συνεχές ρεύμα (όπου είναι εφικτό) ειδικά όταν εργάζεστε σε κλειστούς χώρους.
5. Κάθε συγκόλληση έχει το δικό της σώμα επιστροφής.
6. Μην χρησιμοποιείτε για σώμα επιστροφής, σωληνώσεις ή μεταλλικά μέρη κτιρίων, αλλά τοποθετούμε σωστά την τσιμπίδα επιστροφής στο εξάρτημα που συγκολλούμε.
7. Όταν διακόπτουμε την εργασία να μην αφήνουμε τη λαβίδα του ηλεκτροδίου πάνω σε μεταλλική επιφάνεια (αποφυγή πιθανής ηλεκτροπληξίας ή πυρκαγιάς).
8. Να γειώνουμε το προς συγκόλληση αντικείμενο.
9. Να ελέγχουμε την μόνωση των εργαλείων.
10. Να ελέγχουμε για ύπαρξη υγρασίας πάνω στο εργαλείο (διαβρώσεις, νερό κτλ.).

2.1.8 Μέσα Ατομικής Προστασίας

Τα μέσα ατομικής προστασίας περιλαμβάνουν:

- **Μάσκες** – Κατασκευασμένες από πολυεστερικό υλικό ενισχυμένο στη θερμότητα
- **Γυαλιά** με ελαστικό σκελετό
- **Ποδιά** δερμάτινη
- **Γκέτες** δερμάτινες
- **Γάντια**

**Μάσκα κεφαλής
ηλεκτροσυγκόλλησης
από συνθετικό υλικό**



166 169
167 175
168
EN

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΗΜΑΝΣΗ	ΠΕΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ
Μάσκα από συνθετικό υλικό με θερμική αντοχή και έγχρωμους οπτικούς δίσκους που φέρεται στο κεφάλι κατά την ηλεκτροσυγκόλληση	οπτικός δίσκος 1 Οπτική κλάση 12 ως 14 (βαθμός σκίασης) σκελετός CE Κατασκευαστής	• Προστασία προσώπου και άρασης από θερμότητα, ακτινοβολία, ηλεκτροσυγκολλήσεις και σωματίδια • Επιλογή οπτικού δίσκου από το χρήστη με βαθμό σκίασης ανάλογα με την ένταση του ρεύματος και το είδος της εργασίας	• Χρήση χωρίς τα σωστά φίλτρα

**Ποδιά για
ηλεκτροσυγκολλητές
δερμάτινη**



470
EN

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΗΜΑΝΣΗ	ΠΕΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ
Δερμάτινη ποδιά	CE  Κωδικός προϊόντος	• Προστασία κατά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις από θερμότητα και εκτοξευόμενα σωματίδια	• Προστασία από χημικές ουσίες

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΓΥΑΛΙΑ ΗΛ/ΣΗΣ					
		Μέθοδος Ηλ.σης και έντασης ρεύματος			
A/A	Βαθμός Σκίασης	Ηλεκτρόδιο	TIG	MIG-MAG	Αυτόματες μέθοδοι
1	8	<100	<15		
2	9	<100	15-75		
3	10	100-300	75-100	<200	
4	11	100-300	100-200	<200	
5	12	>300	200-250	>200	>300
6	13	>300	250-300	>200	>300
7	14	>300	250-300	>200	>300

2.1.9 Παράρτημα

A/A	ΕΙΔΟΣ ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΩΣ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ
	ΣΤΕΡΕΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	
1	Οξείδιο του Αλουμινίου (Al_2O_3)	Μικρή ενόχληση
2	Βερύλλιο	Καρκίνος του πνεύμονα, πνευμονία
3	Οξείδιο του Καδμίου	Πνευμονικό οίδημα
4	Χρώμιο (Cr)	Καρκίνος Πνεύμονα
5	Χαλκός (Cu)	Ερεθισμός, πυρετός εξαιτίας των αναθυμιάσεων
6	Φθόριο (F)	Νεφρά, οστεολογικές ανωμαλίες
7	Οξείδιο του σιδήρου (Fe_2O_2)	Μικρή ενόχληση
8	Μόλυβδος (Pb)	Συστηματική δηλητηρίαση
9	Οξείδιο του μαγνησίου (MgO)	Πυρετός εξαιτίας των αναθυμιάσεων
10	Μαγγάνιο (Mn)	Ανωμαλίες του νευρικού συστήματος
11	Μολυβδένιο (Mo)	Ερεθισμοί στο αναπνευστικό σύστημα
12	Νικέλιο (Ni)	Καρκίνος πνεύμονος και μύτης, επιδερμικά φαινόμενα
13	Οξείδιο του κασσιτέρου (SnO_2)	Μικρή ενόχληση
14	Διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2)	Μικρή ενόχληση
15	Βανάδιο (V)	Οφθαλμικά, επιδερμικά και πνευμονικά φαινόμενα
16	Οξείδιο του κασσιτέρου (ZnO)	Μικρή ενόχληση
	ΑΕΡΙΑ	
1	Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)	Επίδραση στο αναπνευστικό σύστημα
2	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Ασφυξία
3	Φθοριούχες ενώσεις του υδρογόνου (HF)	Επιδερμικός, οφθαλμικός ερεθισμός
4	Διοξείδιο του αζώτου (NO_2)	Επίδραση στο αναπνευστικό σύστημα
5	Μονοξείδιο του αζώτου (NO)	Επίδραση στο αίμα
6	Όζον (O_3)	Πνευμονικό οίδημα

Τέλος, παραθέτουμε έναν πίνακα, ο οποίος περιέχει οδηγίες που αφορούν τους χειριστές/συγκολλητές, και που σχετίζεται με τα μέσα ατομικής προστασίας τα οποία είναι αναγκαία και απαιτούμενα για τη διεξαγωγή ορισμένων τύπων ηλεκτροσυγκολλήσεων :

Τύπος μάσκας κατά τη συγκόλληση ανοξειδωτου ατσάλιού

Κατά τη συγκόλληση ατσάλιού με MIG ή ηλεκτρόδιο, οι καπνοί συγκόλλησης αποτελούνται από σωματίδια χρωμίου ή νικελίου, από τα οποία το χρώμιο είναι το πιο επιβλαβές εάν εισπνευστεί.

Το σύστημα 3MTMAdflo™ με φίλτρο σωματιδίων προσφέρει άριστη προστασία για τέτοιες εφαρμογές.

Αναπνευστική προστασία κατά τη συγκόλληση κανονικού ατσαλιού

Παρόλο που σε αυτήν την περίπτωση οι καπνοί δεν είναι ιδιαιτέρως επικίνδυνοι, η εισπνοή τους μπορεί να είναι επιβλαβής. Μεταξύ άλλων, εκλύονται σωματίδια όπως οξείδια του σιδήρου, που προκαλούν σιδερίαση (χρόνιο ερεθισμό των πνευμόνων).

Τύπος μάσκας χρειάζεται όταν συγκολλούμε επεξεργασμένες επιφάνειες

Σε αυτές τις περιπτώσεις, εκλύονται πολλοί βλαβεροί ρύποι. Όταν συγκολλούμε γαλβανισμένο ατσάλι, εκλύονται οξείδια του ψευδαργύρου. Μπορεί να προκαλέσουν πυρετό του ψευδαργύρου, γνωστό και ως μεταλλικό πυρετό. Εάν συγκολλείτε βαμμένα υλικά, θα πρέπει να είστε επίσης ιδιαίτερα προσεκτικοί. Όταν συγκολλείτε γαλβανισμένο ατσάλι ή υλικό βαμμένο με επίχρισμα μολύβδου, συνίσταται η χρήση ενός συστήματος με παροχή αέρα και φίλτρο σωματιδίων. Ο συνδυασμός ενός φίλτρου οσμών θα μειώσει και τις δυσάρεστες οσμές. Εάν το υλικό είναι βαμμένο με υλικό 2 συστατικών ή μονωμένο με πολυουρεθάνη, θα πρέπει να απευθύνεστε στον Τεχνικό Ασφαλείας. Υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να εκτεθείτε σε ισοκυανικά, τα οποία είναι πολύ επικίνδυνα εάν εισπνευστούν και δύσκολα να εντοπιστούν. Σε αυτές τις περιπτώσεις, συνίσταται η χρήση ενός συστήματος με παροχή αέρα από τρίτη πηγή.

Είδος προστασίας του αναπνευστικού σε περιορισμένους χώρους

Εάν συγκολλείτε σε περιορισμένους ή όχι πολύ καλά αεριζόμενους χώρους – όπου υπάρχει η πιθανότητα πολύ μεγαλύτερων συγκεντρώσεων των ρύπων και /ή μείωση του επιπέδου οξυγόνου – συνίσταται η χρήση κλειστού συστήματος πεπιεσμένου αέρα, ασχέτως της μεθόδου συγκόλλησης. Με ένα τέτοιο σύστημα, με την προϋπόθεση ότι αέρας θα είναι είναι φιλτραρισμένος, μπορείτε να σιγουρευτείτε ότι θα λαμβάνετε αρκετό οξυγόνο, καθώς και υψηλά επίπεδα προστασίας έναντι αερίων και σωματιδίων. Συστήματα με παροχή αέρα από μπαταρία ή από Τρίτη πηγή δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε ατμόσφαιρες Αμεσα Επικίνδυνες για τη Ζωή και την Υγεία (IDLH).

Πώς επηρεάζουν το εργασιακό περιβάλλον τα προστατευτικά αέρια και τα κράματα ηλεκτροδίων

Όταν Συγκολλούμε με MIG και TIG, τα ευγενή αέρια αργκόν και ήλιο χρησιμοποιούνται ως προστατευτικά αέρια. Κανένα από τα δύο δεν θεωρείται επικίνδυνο, αλλά μπορούν να εκτοπίσουν το οξυγόνο σε χώρους που δεν αερίζονται καλά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, χρειάζεται κλειστό σύστημα πεπιεσμένου αέρα.

Όταν συγκολλούμε με MAG, χρησιμοποιείται διοξείδιο του άνθρακα, ή μίγμα

αυτού με ένα ευγενές αέριο. Καθώς ένα μέρος αυτών μπορεί να μετατραπεί σε μονοξείδιο του άνθρακα όταν έρθει σε επαφή με τον αέρα, μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου μπορεί να εμφανιστούν γύρω από το τόξο συγκόλλησης. Το μονοξείδιο δεν μπορεί να φιλτραριστεί. Εάν ο εξαερισμός είναι κακός, το επίπεδο του οξυγόνου πρέπει να ελεγχθεί και να χρησιμοποιηθεί κλειστό σύστημα πεπιεσμένου αέρα. Κράματα ηλεκτρόδιων είναι κοινά στις συγκολλήσεις MAG. Τα κράματα συνήθως περιέχουν μαγγάνιο ή πυριτικό άλας μαγνησίου. Αυτό σημαίνει ότι μεγάλες ποσότητες οξειδίων του μαγγανίου και μαγνησίου εκλύονται στον περιβάλλοντα χώρο κατά τη συγκόλληση. Ένα σύστημα παροχής αέρα με μπαταρία με φίλτρο σωματιδίων, είναι συνήθως σε αυτές τις περιπτώσεις αρκετό.

2.2 Θόρυβος

2.2.1 Εισαγωγή

Στην αρχή του 20ου αιώνα ένας από τους πατέρες της σύγχρονης υγιεινολογίας, ο **Robert Koch**, έγραφε σχετικά με το θόρυβο ότι **“μία μέρα ο άνθρωπος θα αγωνίζεται ενάντια στο θόρυβο με την ίδια επιμονή που παλεύει με τη χολέρα και την πανώλη”**.

Αυτή η μέρα έφθασε και δεν είναι μόνο το αποτέλεσμα μιας μη ορθολογικής οργάνωσης της βιομηχανικής παραγωγής, αλλά και μιας χαώδους πολεοδομικής ανάπτυξης. Η βιομηχανική παραγωγικότητα αναπτύχθηκε παράλληλα με την αύξηση της ταχύτητας των μηχανών και κατά συνέπεια με τη μεγαλύτερη παραγωγή θορύβου.

Η μεγάλη αύξηση των μέσων μεταφοράς καθώς και η εγκατάσταση παραγωγικών δραστηριοτήτων ή και δραστηριοτήτων “αναψυχής” στις κατοικήσιμες περιοχές των μεγάλων πόλεων, οξύνουν το πρόβλημα της “ηχητικής ρύπανσης” και των επιδράσεων της στη σωματική και ψυχική υγεία των εργαζομένων.

Τι είναι ο θόρυβος;

Ήχος είναι κάθε μεταβολή της πίεσης του αέρα ή άλλου μέσου, που είναι ικανή να ερεθίσει την αίσθηση της ακοής και να γίνει αντιληπτή από τον Ο ανεπιθύμητος, ενοχλητικός ή και απλά δυσάρεστος για τον άνθρωπο ήχος λέγεται θόρυβος. Από φυσική άποψη θόρυβος είναι ένα σύμπλεγμα ηχητικών κυμάτων με ελάχιστη ή καμιά περιοδικότητα. Οι φυσικές έννοιες δεν επαρκούν για να καθορίσουν μόνες τους τη διαφορετική αίσθηση που προκαλεί ένας ήχος από ένα θόρυβο. Αυτή η διαφορά καθορίζεται από υποκειμενικούς παράγοντες που προσδίδουν σε κάθε ηχητικό ερέθισμα που γίνεται αντιληπτό, έναν επιθυμητό ή ανεπιθύμητο χαρακτήρα.

2.2.2 Ποια είναι τα χαρακτηριστικά του θορύβου

Τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά του θορύβου είναι η συχνότητα και η ένταση. Η συχνότητα ορίζει τον αριθμό των ολοκληρωμένων δονήσεων στη μονάδα του χρόνου και μετράται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο ή Hertz (Hz). Ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί, να αφομοιώσει και κυρίως να ανεχθεί ένα ορισμένο φάσμα ήχων που βρίσκονται μέσα στην περιοχή συχνοτήτων από 16 έως 20.000 Hz. Οι ήχοι που έχουν συχνότητα μεγαλύτερη των 20.000 Hz ονομάζονται “υπέρηχοι” ενώ εκείνοι με συχνότητα μικρότερη των 16 Hz “υπόηχοι”. Οι υπόηχοι και οι υπέρηχοι, αν και δεν γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο, μπορεί να έχουν βλαπτική επίδραση στην υγεία του. Σαν ένταση ήχου ορίζεται το ποσό της ηχητικής ενέργειας που διέρχεται από τη μονάδα επιφάνειας (η οποία βρίσκεται κάθετα στην ακτίνα μετάδοσης του ηχητικού κύματος), στη μονάδα του χρόνου. Εκφράζεται σε Watt/m². Στην ακοολογία, ως μονάδα μέτρησης της ηχητικής έντασης χρησιμοποιείται το decibel (dB), το οποίο είναι λογαριθμική μονάδα και εκφράζει το επίπεδο της ηχητικής πίεσης. Το decibel (dB) ως λογαριθμική μονάδα παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα πολύ σημαντική στην εκτίμηση των ηχητικών επιπέδων στους εργασιακούς χώρους. Για κάθε διπλασιασμό της ηχητικής έντασης παρατηρείται μια αύξηση 3dB του ηχητικού επιπέδου, δηλαδή το διπλάσιο των 85 dB δεν είναι τα 170 αλλά τα 88 dB.

2.2.3 Πώς γίνεται αντιληπτός ο θόρυβος

Το αισθητήριο όργανο της ακοής αποτελείται από το εξωτερικό αυτί (ακουστικό πτερύγιο και έξω ακουστικός πόρος), το μέσον αυτί (τυμπανοσταριώδες σύστημα και ευσταχιανή σάλπιγγα) και το εσωτερικό αυτί (κοχλίας και ημικύκλιοι σωλήνες). Τα ηχητικά κύματα συγκεντρώνονται από το ακουστικό πτερύγιο, διέρχονται από τον έξω ακουστικό πόρο και φθάνουν στην τυμπανική μεμβράνη. Στο τυμπανοσταριώδες σύστημα μετασχηματίζεται το ηχητικό κύμα σε μηχανική κινητική ενέργεια. Το τυμπανοσταριώδες σύστημα (τυμπανική μεμβράνη, σφύρα, άκμονας και αναβολέας) έχει σαν βασική αποστολή τη μετάδοση των δονήσεων στο εσωτερικό αυτί (περίλεμφο του κοχλίου). Ο κοχλίας αποτελεί το “όργανο αντίληψης της ακοής” και μέσω του οργάνου του Corti μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε βιοηλεκτρική. Έτσι τα ακουστικά ερεθίσματα μεταβιβάζονται από το ακουστικό νεύρο στην ακουστική οδό και φθάνοντας στον ακουστικό φλοιό του εγκεφάλου γίνονται αντιληπτά..

2.2.4 Πώς μετράμε τον θόρυβο στους χώρους εργασίας

Οι μετρήσεις του θορύβου στους εργασιακούς χώρους γίνονται με κατάλληλα όργανα τα οποία ονομάζονται “**ηχόμετρα**”. Τα όργανα αυτά μπορούν με τη βοήθεια ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, όπως το σταθμιστικό κύκλωμα άλφα (Α), να προσομοιώνουν την ευαισθησία της ανθρώπινης Επίσης για τη μέτρηση της “**δόσης**” του θορύβου πρέπει να χρησιμοποιείται κατάλληλο “ηχοδοσίμετρο”. Το όργανο αυτό προσδιορίζει το σύνολο της ηχητικής ενέργειας που δέχεται ο εργαζόμενος στο ωράριο της βάρδιας του (8 ώρες), ανάγοντάς το σε εκατοστιαία αναλογία (δόση) της προκαθορισμένης επιτρεπτής Οριακής Τιμής για δωρη έκθεση.

2.2.5 Ποιες είναι οι επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία

Οι επιπτώσεις του θορύβου στον οργανισμό μπορούν να ταξινομηθούν

- επιδράσεις στην ακοή
- μη ακουστικές επιδράσεις

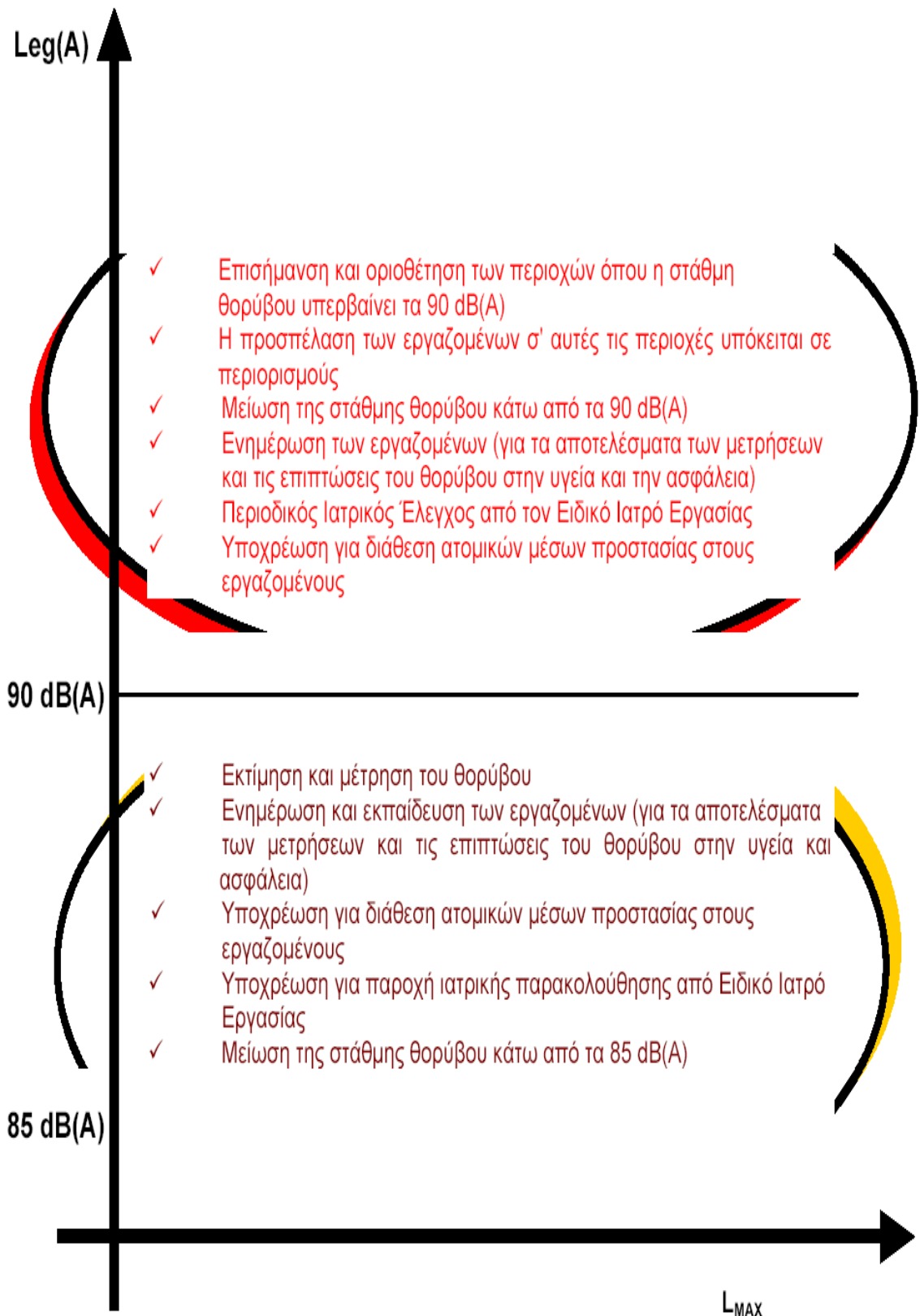
Οι μη ακουστικές επιδράσεις αφορούν κυρίως το νευρικό σύστημα, τις ψυχικές λειτουργίες, το κυκλοφορικό, το γαστρεντερικό, το ενδοκρινικό και άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού. Είναι γνωστό ότι οι εκτεθειμένοι στο θόρυβο εργαζόμενοι παρουσιάζουν συχνά υπέρταση, ταχυκαρδία, διαταραχές στην πέψη, δυσκολία στη συγκέντρωση, πονοκεφάλους, διαταραχές στον ύπνο, σωματική κόπωση, εκνευρισμό, υπερένταση, άγχος καθώς και διαταραχές στη συμπεριφορά. Ο θόρυβος δρα στο κεντρικό νευρικό σύστημα προκαλώντας αλλοιώσεις στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, επιβράδυνση του χρόνου της αντίδρασης και αύξηση των λαθών. Οι ακουστικές επιδράσεις που αφορούν το όργανο της ακοής, χαρακτηρίζονται από τη βαρηκοΐα η οποία αποτελεί μία από τις συχνότερες επαγγελματικές ασθένειες.

Η **επαγγελματική βαρηκοΐα** χαρακτηρίζεται ως μία αμφοτερόπλευρη

βαρηκοΐα αντιλήψεως (νευροαισθητηριακή) που προκαλείται από εκφυλιστικές και ατροφικές μεταβολές στο όργανο του Corti και το ακουστικό νεύρο. Αναπτύσσεται αργά, βαθμιαία, θα λέγαμε με δόλιο τρόπο. Αυτό οφείλεται κύρια στην ιδιάζουσα μορφή της μείωσης της ακουστικής οξύτητας που αρχικά αφορά το φάσμα των υψηλών συχνοτήτων (3000-6000 Hz), με μία χαρακτηριστική εκλεκτική ακοομετρική πτώση στα 4000 Hz. Η βαρηκοΐα συμπεριλαμβάνεται στον κατάλογο των επαγγελματικών ασθενειών που καθορίζονται στο άρθρο 40 του Κανονισμού Ασθενείας του ΙΚΑ (ΦΕΚ 132/12.2.1979). Στο άρθρο αυτό προσδιορίζεται σαν ελάχιστος χρόνος απασχόλησης για την αναγνώριση της βαρηκοΐας σαν επαγγελματική ασθένεια, τα 5 έτη. Στην περίπτωση εργασιών σε δοκιμαστήρια μηχανών αεροπλάνων, ο χρόνος αυτός μειώνεται στα 2 έτη.

2.2.6 Μέσα Ατομικής Προστασίας

Η πρόληψη της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ένα επιβαρημένο από το θόρυβο εργασιακό περιβάλλον αναπτύσσεται σύμφωνα με τις διατάξεις του Π... **85/91** «Προστασία εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους στο θόρυβο κατά την εργασία» (Φ.Ε.Κ/ 38/α/18-3-1991), μέσω δυο ενιαίων φάσεων που στοχεύουν στη διαφύλαξη της υγείας των εργαζομένων: **Η τεχνική πρόληψη**, βασίζεται στην απομάκρυνση των γενεσιουργών αιτίων κινδύνου και τη μείωση του θορύβου στην πηγή του. Αυτό πετυχαίνεται με την αντικατάσταση της θορυβώδους παραγωγικής διαδικασίας με άλλη λιγότερο θορυβώδη, την τήρηση των οδηγιών εγκατάστασης και συντήρησης των μηχανών, καθώς και με τη μείωση της μετάδοσης του θορύβου τόσο στην πηγή (εγκλωβισμός των πηγών θορύβου) όσο και στο περιβάλλον εργασίας (υλικά κατασκευής με κατάλληλο συντελεστή ηχοαπορρόφησης, ηχοπαραπετάσματα κλπ) Τα μέσα ατομικής προστασίας (Μ.Α.Π.) αποτελούν την τελευταία γραμμή άμυνας κατά του θορύβου και πρέπει η χρήση τους να έχει προσωρινό χαρακτήρα. Η **ιατρική και οργανωτική πρόληψη**, βασίζεται αφ' ενός μεν σε οργανωτικές επεμβάσεις που στοχεύουν στη μείωση του χρόνου έκθεσης των εργαζομένων στον βλαπτικό παράγοντα, αφ' ετέρου δε στην **ιατρική παρακολούθηση των εργαζομένων** που εκτίθενται σε "θόρυβο" και η οποία αποτελεί και εργοδοτική υποχρέωση. Ο εργοδότης έχει την υποχρέωση να χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του γιατρού εργασίας όπως αυτός ορίζεται στο ν. 1568/85, ανεξάρτητα από τον αριθμό των εργαζομένων στην επιχείρηση. Επίσης πρέπει να εξασφαλίζει σύμφωνα με τις υποδείξεις του γιατρού εργασίας ότι κάθε εργαζόμενος πριν από την έκθεση και στη συνέχεια σε τακτά χρονικά διαστήματα, υπόκειται σε ακοομετρικό έλεγχο για την εκτίμηση της κατάστασης της ακοής του.



Υποχρεώσεις εργοδότη που απορρέουν από το Π.Δ. 85/1991

2.3 Σκόνες

2.3.1 Εισαγωγή

Οι σκόνες αποτελούνται από στερεά σωματίδια, τα οποία λόγω της σχέσης που υπάρχει μεταξύ της διαμέτρου και της πυκνότητας τους, μπορούν να αιωρούνται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Οι σκόνες δημιουργούνται κατά την μηχανική κατεργασία στερεών σωμάτων ή αποτελούν το τελικό προϊόν της εκφυλιστικής διαδικασίας των υλικών.

2.3.2 Τρόποι εισόδου στο σώμα

Το μέγεθός τους (κοκκομετρία) ποικίλλει από μερικές εκατοντάδες μm(μικρά) μέχρι 0,10 μm και είναι άμεση σχέση με την θέση (ζώνη) εναπόθεσης των σωματιδίων μέσα στο αναπνευστικό σύστημα.

- ❖ Στο ρινοφάρυγγα εναποτίθενται με κατακράτηση από τον αναπνευστικό βλεννογόνο τα σωματίδια διαμέτρου >15 έως 30 μm.
- ❖ Στο τραχειοβρογχικό δένδρο εναποτίθενται με καθίζηση, τα σωματίδια διαμέτρου >5 μέχρι 15 μm.
- ❖ Στα κυψελιδικό-τριχοειδικά συμπλέγματα εναποτίθενται με καθίζηση και διάχυση, τα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου >0,5 έως και 5 μm [γνωστά στην βιομηχανική Υγιεινή ως αναπνευστικό κλάσμα γιατί επικάθονται στην περιοχή εναλλαγής αέριων(πνευμονικές κυψελίδες)].
- ❖ Τα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο <0,5 μm φθάνουν στην περιοχή εναλλαγής αερίων(κυψελίδες), αλλά δεν εναποτίθενται και αποβάλλονται με την εκπνοή.

2.3.3 Βλάβες που προκαλεί

Η εισπνεόμενη σκόνη μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα και κυρίως στην περιοχή εναλλαγής αερίων, ή να χρησιμοποιήσει το αναπνευστικό σύστημα ως πύλη εισόδου στον ανθρώπινο οργανισμό, μεταφέροντας σε άλλα όργανα την επιβλαβή δράση της.

2.3.4 Κανόνες ασφάλειας

Μέτρα και μέσα για την ατομική προστασία των εργαζομένων σύμφωνα με το ΠΔ άρθρο 1568/85 παράγραφος 26

1. Ο εργοδότης οφείλει να παίρνει μέτρα, ώστε να αποφεύγεται ή να ελαχιστοποιείται η έκθεση των εργαζομένων σε παράγοντες, όσο είναι πρακτικά δυνατό. Σε κάθε περίπτωση το επίπεδο έκθεσης πρέπει να είναι κατώτερο από εκείνο που ορίζει η «οριακή τιμή έκθεσης».
2. Ο εργοδότης, για να συμμορφωθεί με τις διατάξεις της παραγράφου 1, υποχρεούται να παίρνει κατά σειρά τα πιο κάτω μέτρα:
 - α) να αντικαθιστά, όσο είναι πρακτικά δυνατό, τους παράγοντες που είναι επιβλαβείς για την υγεία των εργαζομένων ή επικίνδυνοι με άλλους αβλαβείς ή λιγότερο επιβλαβείς, καθώς και να περιορίζει τη χρήση τους στο χώρο εργασίας,
 - β) να αντικαθιστά, όσο είναι πρακτικά δυνατό, παραγωγικές διαδικασίες, μεθόδους και μέσα που δημιουργούν στους χώρους εργασίας παράγοντες, οι οποίοι θεωρούνται επιβλαβείς για

την υγεία ή επικίνδυνοι, με άλλες που δε δημιουργούν καθόλου τους παράγοντες αυτούς ή τους δημιουργούν σε επίπεδο χαμηλότερο από εκείνο που ορίζει η κατά περίπτωση «οριακή τιμή έκθεσης»,

γ) να περιορίζει, όσο είναι πρακτικά δυνατό, τον αριθμό των εργαζομένων που εκτίθενται, ή ενδέχεται να εκτεθούν σε παράγοντες και το χρόνο έκθεσής τους,

δ) να παρέχει μέτρα και μέσα ατομικής προστασίας στους εργαζομένους, όταν δεν είναι πρακτικά δυνατό να αποφευχθεί η επιβλαβής έκθεσή τους με τους τρόπους, που αναφέρονται στην παράγραφο αυτή.

3. Ο εργοδότης εκτός από τις υποχρεώσεις της προηγούμενης παραγράφου πρέπει να λαμβάνει και τα εξής μέτρα:

α) να ελέγχει τη συγκέντρωση ή ένταση των παραγόντων στους χώρους εργασίας και τα επίπεδα έκθεσης των εργαζομένων σ' αυτούς, πριν αρχίσει η λειτουργία μηχανών ή εγκαταστάσεων και σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, καθώς και να αξιολογεί τα αποτελέσματα των ελέγχων αυτών σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του ιατρικού ελέγχου των εργαζομένων σύμφωνα με την παράγραφο 1 του άρθρου 27 για τη λήψη των αναγκαίων μέτρων,

β) να ενεργεί τακτικό έλεγχο και συντήρηση των μέσων, συσκευών ή συστημάτων που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή των διατάξεων της προηγούμενης παραγράφου, ώστε αυτά να λειτουργούν σωστά και να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των διατάξεων του νόμου αυτού,

γ) να προβλέπει και να λαμβάνει ειδικά επείγοντα μέτρα για τις περιπτώσεις έκτακτων περιστατικών, που μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες υπερβάσεις των «οριακών τιμών έκθεσης»,

δ) να εγκαθιστά σηματοδότηση προειδοποίησης και ασφάλειας των χώρων εργασίας και συστήματα συναγερμού.

ε) να τηρεί και να ενημερώνει, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις και τις οδηγίες της αρμόδιας αρχής, καταλόγους των εργαζομένων που εκτίθενται στους παράγοντες και βιβλία καταχώρησης των αποτελεσμάτων των ελέγχων που γίνονται σύμφωνα με τα προηγούμενα εδάφια.

2.3.5 Επιτρεπτά Επίπεδα σκονης

Σύμφωνα με το προεδρικό διάταγμα Π.Δ 77/1993 και την τροποποίηση του Π../τος 307/86 (ΦΕΚ 135/Α/29.8.86) :

Το επίπεδο έκθεσης αναφέρεται στη συγκέντρωση του χημικού παράγοντα στην οποία εκτίθεται ο εργαζόμενος σε ορισμένη χρονική περίοδο και η τιμή του εκφράζεται σε μέρη όγκου ατμού ή αερίου ανά εκατομμύριο μέρη όγκου αέρα (ppm ή σε χιλιοστά γραμματίου του χημικού παράγοντα ανά κυβικό μέτρο αέρα (mg/m³).

Οριακή τιμή έκθεσης σε χημικό παράγοντα: νοείται η τιμή την οποία δεν επιτρέπεται να ξεπερνά η μέση 8ωρη χρονικά σταθμισμένη έκθεση του εργαζόμενου στον χημικό παράγοντα, κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε 8ωρης ημερήσιας και 40ωρης εβδομαδιαίας εργασίας του. Ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης σε χημικό παράγοντα: νοείται η τιμή την οποία δεν επιτρέπεται να ξεπερνά η μέση χρονικά σταθμισμένη έκθεση του εργαζόμενου στον χημικό παράγοντα κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε δεκάλεπτης περιόδου μέσα στο χρόνο εργασίας του, έστω και αν τηρείται η Οριακή τιμή Έκθεσης.

Οι Οριακές Τιμές για τα αέρια και ατμούς εκφράζονται σε ppm οπότε δεν εξαρτώνται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής πίεσης ή σε mg/m³, οπότε εξαρτώνται από τις μεταβολές αυτές.

Σ' αυτή την περίπτωση οι τιμές τους αναφέρονται σε θερμοκρασία 25 C και ατμοσφαιρική πίεση 760 mmHg.

- Εισπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων: νοείται το σύνολο των αιωρούμενων στερεών σωματιδίων το οποίο μπορεί να προσληφθεί από τον εργαζόμενο με εισπνοή από τη μύτη ή/και το στόμα.
- Αναπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων: νοείται το σύνολο των σωματιδίων από το εισπνεύσιμο κλάσμα που φθάνει στις κυψελίδες των πνευμόνων.

Για σκόνη αδρανή, ή απλώς ενοχλητική η «οριακή τιμή έκθεσης» είναι:

- για το αναπνεύσιμο κλάσμα αιωρουμένων σωματιδίων: 5 mg/m³.

- για το εισπνεύσιμο κλάσμα αιωρουμένων σωματιδίων: 10 mg/m³.

Κεφάλαιο 3

ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

3.1. Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου

Η Υγεία και Ασφάλεια των Εργαζομένων ορίζονται από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας ως σωματική, νοητική και κοινωνική ευεξία καθώς και δυνατότητα προσωπικής ανάπτυξης του ατόμου.

Ουσιαστικά η Υγεία και Ασφάλεια των Εργαζομένων στοχεύει στην:

- Προαγωγή και διατήρηση του υψηλότερου επίπεδου φυσικής, νοητικής και κοινωνικής ευεξίας των εργαζομένων σε όλα τα επαγγέλματα.
- Πρόληψη των επιδράσεων των εργασιακών συνθηκών, στην υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων.
- Προστασία των εργαζομένων από τους επαγγελματικούς κινδύνους.
- Προσαρμογή της εργασίας στον άνθρωπο.

Για να επιτευχθεί η προαγωγή της Υγείας και Ασφάλειας των Εργαζομένων απαιτείται από τις επιχειρήσεις η εφαρμογή διαδικασιών πρόληψης των επαγγελματικών κινδύνων.

Μια διαδικασία για την ολοκληρωμένη ανάλυση των συνθηκών εργασίας και τη λήψη των απαραίτητων μέτρων στους χώρους εργασίας είναι η Εκτίμηση του Επαγγελματικού Κινδύνου, που είναι ίσως και η σημαντικότερη πρόβλεψη του Π.Δ. 17/96 (“Μέτρα για την βελτίωση της ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 89/391/ΕΟΚ και 91/383/ΕΟΚ”) και αποτελεί υποχρέωση όλων των εργοδοτών. Είναι ένα βασικό στοιχείο κατοχύρωσης της εργατικής άποψης και πρωτοβουλίας δια μέσου της ενεργού συμμετοχής των εργαζομένων στις διαδικασίες προσδιορισμού των κινδύνων του εργασιακού περιβάλλοντος, καθώς και σε αυτές της πρόληψης του εργασιακού κινδύνου.

Η Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου αποτελεί, εκτός από υποχρέωση κάθε επιχείρησης, ένα απολύτως απαραίτητο πληροφοριακό μέσο στο σχεδιασμό και την οργάνωση της ουσιαστικής επέμβασης στο εργασιακό περιβάλλον, με στόχο τη διαφύλαξη και προαγωγή της υγείας των εργαζομένων.

Η εκτίμηση του Επαγγελματικού Κινδύνου είναι μια συλλογική διαδικασία που απαιτεί συγκεκριμένη ακολουθία βασικών ενεργειών, για να είναι πλήρης και αποτελεσματική. Οι βασικές ενέργειες περιλαμβάνουν:

α. εντοπισμό των πηγών κινδύνου για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων που χαρακτηρίζουν κάθε παραγωγική διαδικασία

- β. εξακρίβωση των δυνητικών κινδύνων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων, προερχόμενων από τις παραγωγικές διαδικασίες
- γ. εκτίμηση του μεγέθους του κινδύνου και των επιπτώσεών του στην υγεία και ασφάλεια
- δ. προγραμματισμό και διαχείριση των διαδικασιών πρόληψης. [Εκτίμηση του Επαγγελματικού Κινδύνου. Δρίβας Σπύρος, Παπαδόπουλος Μάκης]

3.2. Τεχνικός Ασφάλειας και Γιατρός Εργασίας

Ο τεχνικός ασφάλειας και ο γιατρός εργασίας υποχρεούνται να συνεργάζονται πραγματοποιώντας κοινούς ελέγχους. Επίσης οφείλουν να συνεργάζονται με τους εκπροσώπους των εργαζομένων ή την Ε.Υ.Α.Ε. και να τους ενημερώνουν για κάθε σημαντικό θέμα υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας στην επιχείρηση και να τους παρέχουν κατάλληλες συμβουλές. Ο εργοδότης οφείλει να συνεργάζεται με όλους αυτούς. (άρθρο 2, παρ. 3 του Π.Δ.159/99).

Ο τεχνικός ασφάλειας πρέπει να έχει τα ακόλουθα προσόντα:

1. Διπλωματούχος ΑΕΙ εσωτερικού ή ισότιμων του εξωτερικού ειδικοτήτων που οι εκτελούμενες εργασίες είναι σχετικές με την ειδικότητά του και απασχολούνται περισσότερα από δεκαπέντε (15) άτομα.
2. Πτυχιούχος Τ.Ε.Ι. με προϋπηρεσία πέντε (5) ετών, εφ' όσον ο αριθμός των απασχολουμένων ατόμων δεν υπερβαίνει τους δεκαπέντε (15).

Οι αρμοδιότητες του τεχνικού ασφάλειας περιγράφονται στα άρθρα 6 και 7 του Ν.1568/85 και στο Π.Δ.17/96. Οι αρμοδιότητες αυτές είναι συμβουλευτικές προς τον εργοδότη ενώ επίσης ο τεχνικός ασφάλειας έχει την υποχρέωση επίβλεψης των συνθηκών εργασίας.

Ο τεχνικός ασφάλειας παρέχει στον εργοδότη υποδείξεις και συμβουλές, γραπτά ή προφορικά, σε θέματα σχετικά με την υγιεινή και ασφάλεια της εργασίας και την πρόληψη των εργατικών ατυχημάτων. Ο εργοδότης έχει υποχρέωση να λαμβάνει γνώση ενυπογράφως των υποδείξεων που καταχωρούνται σ αυτό το βιβλίο.

Ειδικότερα ο τεχνικός ασφάλειας έχει τις ακόλουθες αρμοδιότητες:

1. Να δίνει οδηγίες για την εκτέλεση των εργασιών, για την κατασκευή και εργασία επί ικριωμάτων και για την εγκατάσταση πίνακα διανομής ηλεκτρικού ρεύματος. Πρέπει επίσης να επιβλέπει για την τήρηση των οδηγιών αυτών πριν από την έναρξη των εργασιών και κατά τη διάρκεια εκτέλεσής τους.
2. Να υποδεικνύει εγγράφως στον κύριο του έργου ή στους εργολάβους ή υπεργολάβους, τα απαιτούμενα μέτρα ασφάλειας κατά περίπτωση και φάση του έργου.
3. Να επιβλέπει την ορθή χρήση των ατομικών μέσων προστασίας.
4. Να δίνει οδηγίες για την τήρηση των μέτρων ασφάλειας από κινδύνους που προέρχονται από την λήψη, παροχή και χρήση ηλεκτρικού ρεύματος και να επιβλέπει την τήρησή τους.

5. Να δίνει οδηγίες σε περίπτωση σοβαρών ή επικινδύνων εργασιών και εάν χρειάζεται να απαιτεί τη σύνταξη μελέτης επί μέρους μέτρων ασφάλειας για τις εργασίες αυτές.
6. Να ερευνά τα αίτια των εργατικών ατυχημάτων, να αναλύει τα αποτελέσματα των ερευνών, να τα αξιολογεί και να προτείνει μέτρα αποτροπής παρόμοιων ατυχημάτων.

Τα προσόντα του Ιατρού Εργασίας περιγράφονται στο άρθρο 8 του Ν.1568/85. Ο γιατρός εργασίας πρέπει να διαθέτει εκτός από την άδεια άσκησης ιατρικού επαγγέλματος και την ειδικότητα της ιατρικής της εργασίας.

Οι αρμοδιότητες του "γιατρού εργασίας" περιγράφονται στα άρθρα 9 & 10 του Ν.1568/85 και στο Π.Δ.17/96. Οι αρμοδιότητες αυτές είναι συμβουλευτικές προς τον εργοδότη ενώ επίσης ο γιατρός εργασίας έχει την υποχρέωση επίβλεψης της υγείας των εργαζομένων. Συγκεκριμένα παρέχει υποδείξεις & συμβουλές στον εργοδότη, στους εργαζόμενους και στους εκπροσώπους τους, γραπτά ή προφορικά, σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για τη σωματική και ψυχική υγεία των εργαζομένων. Επίσης προβαίνει σε ιατρικό έλεγχο των εργαζομένων σε σχέση με τη θέση εργασίας τους, μετά την πρόληψή τους ή την αλλαγή θέσης εργασίας, καθώς και σε περιοδικό ιατρικό έλεγχο κατά την κρίση του επιθεωρητή εργασίας ύστερα από αίτημα της επιτροπής υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων, όταν τούτο δεν ορίζεται από το νόμο. Μεριμνά για τη διενέργεια ιατρικών εξετάσεων και μετρήσεων παραγόντων του εργασιακού περιβάλλοντος σε εφαρμογή των διατάξεων που ισχύουν κάθε φορά. Εκτιμά την καταλληλότητα των εργαζομένων για τη συγκεκριμένη εργασία, αξιολογεί και καταχωρεί τα αποτελέσματα των εξετάσεων, εκδίδει βεβαίωση των παραπάνω εκτιμήσεων και τη κοινοποιεί στον εργοδότη. Το περιεχόμενο της βεβαίωσης πρέπει να εξασφαλίζει το ιατρικό απόρρητο υπέρ του εργαζόμενου και μπορεί να ελεγχθεί από τους υγειονομικούς επιθεωρητές του Υπουργείου Εργασίας για την κατοχύρωση του εργαζόμενου και του εργοδότη.

Ο γιατρός εργασίας έχει υποχρέωση να τηρεί το ιατρικό και επιχειρησιακό απόρρητο, όπως επίσης και να ενημερώνεται από τον εργοδότη και τους εργαζόμενους για οποιοδήποτε παράγοντα στο χώρο εργασίας που έχει επίπτωση στην υγεία.

Η επίβλεψη της υγείας των εργαζομένων δεν μπορεί να συνεπάγεται οικονομική επιβάρυνση για αυτούς και πρέπει να γίνεται κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας τους.

3.3. Μέσα Ατομικής Προστασίας.

Ως Μέσα (ή εξοπλισμός) Ατομικής Προστασίας νοείται κάθε εξοπλισμός τον οποίο ο εργαζόμενος πρέπει να φορά ή να φέρει κατά την εργασία για να προστατεύεται από έναν ή περισσότερους κινδύνους για την ασφάλεια και την υγεία του, καθώς και κάθε συμπλήρωμα ή εξάρτημα του εξοπλισμού που εξυπηρετεί αυτό το σκοπό.

Η χρήση των ΜΑΠ πρέπει να θεωρείται ως η τελευταία λύση για την προστασία των εργαζομένων και να χρησιμοποιείται μόνον εφόσον οι κίνδυνοι δεν μπορούν να αποφευχθούν ούτε να περιοριστούν επαρκώς με τεχνικά μέτρα ή μέσα συλλογικής προστασίας ή με μέτρα μεθόδους ή διαδικασίες οργάνωσης της εργασίας. Συγκεκριμένα οι τέσσερις βασικές μέθοδοι εξάλειψης και μείωσης των επαγγελματικών κινδύνων είναι α. εξάλειψη του κινδύνου, β. απομόνωση του κινδύνου, γ. απομάκρυνση του ατόμου και τέλος δ. ατομική προστασία.

Κάθε ΜΑΠ πρέπει να είναι κατάλληλο για τους σχετικούς κινδύνους, χωρίς το ίδιο να οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο. Πρέπει να ανταποκρίνεται στις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο εργασίας και να ταιριάζει σωστά στο χρήστη.

- Ο εργοδότης πρέπει να παρέχει τα ΜΑΠ και να πληρώνει κάθε δαπάνη σχετικά με αυτόν, καθώς επίσης και να διασφαλίζει την καλή κατάσταση αυτού από άποψη λειτουργίας και υγιεινής.
- Η κατάρτιση και η επίδειξη για τη χρησιμοποίηση των μέσων ατομικής προστασίας αποτελεί επίσης υποχρέωση του εργοδότη.

3.3.1 Γενικές Απαιτήσεις Μέσων Ατομικής Προστασίας:

ΤΑ ΜΑΠ πρέπει :

1. Να είναι σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις σχετικά με το σχεδιασμό και την κατασκευή τους από πλευράς ασφάλειας και υγείας.
2. Να είναι κατάλληλα για τους κινδύνους που πρέπει να προλαμβάνονται και η χρήση τους να μη συνεπάγεται νέους κινδύνους.
3. Να επιλέγονται με βάση τις συγκεκριμένες κάθε φορά συνθήκες και ανάγκες.
4. Να προσαρμόζονται στο χρήστη.
5. Να χρησιμοποιούνται μόνο για τις προβλεπόμενες χρήσεις και σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
6. Να συνοδεύονται με σαφείς οδηγίες χρήσης στην ελληνική γλώσσα.
7. Να συντηρούνται, να επισκευάζονται και να καθαρίζονται τακτικά.
8. Να αντικαθίστανται όταν παρουσιάζουν προχωρημένη φθορά ή έχει λήξει ο επιτρεπόμενος χρόνος χρήσης τους.
9. Να φυλάσσονται σε ειδικές θέσεις ή χώρους με καλές συνθήκες καθαριότητας και υγιεινής.
10. Σε περίπτωση πολλαπλών κινδύνων αν χρησιμοποιούνται περισσότερα του ενός, πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους και αποτελεσματικά.
11. Σε περίπτωση που τα ΜΑΠ διαθέτουν σύστημα με το οποίο μπορούν να συνδέονται με συμπληρωματικό σύστημα, το εξάρτημα σύνδεσης πρέπει να έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί μόνο σε σύστημα κατάλληλου τύπου.
12. Τα ΜΑΠ που προορίζονται για χρήση σε εκρηκτική ατμόσφαιρα πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται έτσι ώστε να μην είναι δυνατό να παραχθεί σ' αυτά τόξο ή σπινθήρας

προέλευσης ηλεκτρικής ή ηλεκτροστατικής, ή λόγω κρούσης, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη εκρηκτικού μίγματος.

13. Να προορίζονται για προσωπική χρήση.

14. Τα ΜΑΠ επιτρέπεται να διατίθενται στην αγορά και να τίθενται σε χρήση εφόσον είναι κατάλληλα κατασκευασμένα ώστε να προφυλάσσουν την υγεία και να εξασφαλίζουν την ασφάλεια των χρηστών (χωρίς να θίγεται η υγεία και η ασφάλεια άλλων προσώπων) και εφόσον συντηρούνται κατάλληλα και χρησιμοποιούνται για τον κατάλληλο σκοπό

15. Τα ΜΑΠ που διατίθενται στην αγορά απαιτείται να φέρουν τη σήμανση CE επ' αυτών και στη συσκευασία τους με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ορατή και ευανάγνωστη και να παραμένει ανεξίτηλη κατά την αναμενόμενη διάρκεια ζωής των μέσων ατομικής προστασίας.

16. Για κάθε μέσο ατομικής προστασίας που διατίθεται στην αγορά, ο κατασκευαστής υποχρεωτικά συντάσσει και παραδίνει ενημερωτικό σημείωμα στην ελληνική γλώσσα που περιέχει χρήσιμα στοιχεία για τα μέσα ατομικής προστασίας, όπως:

- Τα στοιχεία του κατασκευαστή του μέσου ατομικής προστασίας
- Τις οδηγίες χρήσης, αποθήκευσης, συντήρησης, καθαρισμού, επιθεώρησης, απολύμανσης.
- Τις επιδόσεις που επιτεύχθηκαν από τις τεχνικές δοκιμές για τον προσδιορισμό, το επίπεδο ή την κατηγορία προστασίας των μέσων ατομικής προστασίας
- Τα πρόσθετα εξαρτήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν
- Τις διάφορες κατηγορίες προστασίας συναρτήσει του επιπέδου κινδύνων και τα όρια εκτός των οποίων αντενδείκνυται η χρησιμοποίηση των μέσων ατομικής προστασίας
- Την ημερομηνία ή χρονική διάρκεια απόσυρσης των μέσων ατομικής προστασίας
- Τη συσκευασία της ασφαλούς μεταφοράς
- Τη σημασία της σήμανσης που υπάρχει

3.3.2 Οδηγίες Χρήσης ΜΑΠ

- Ενημέρωση των εργαζομένων για τους κινδύνους που απειλούν την ασφάλεια και την υγεία τους, τα προληπτικά μέτρα που έχουν ήδη ληφθεί, τα μέτρα και τις προφυλάξεις που πρέπει να τηρούν, καθώς και για τους κινδύνους που παραμένουν σε ορισμένες εργασίες ή θέσεις εργασίας και κάνουν αναγκαία τη χρήση των μέσων ατομικής προστασίας
- Παροχή οδηγιών για την αποτελεσματική χρήση των ΜΑΠ, με σχετική εκπαίδευση ή και εξάσκηση των εργαζομένων όποτε χρειάζεται.
- Περιοδικός έλεγχος της σωστής χρήσης τους.
- Φροντίδα για τη φύλαξή τους σε θέσεις με καλές συνθήκες καθαριότητας και υγιεινής.
- Διάθεση κατάλληλων διευκολύνσεων και μέσων για τις αναγκαίες συντηρήσεις, επισκευές και καθαρισμούς των σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Αντικατάστασή τους σε περίπτωση φθοράς ή όταν έχει λήξει ο επιτρεπόμενος χρόνος χρήσης τους.

3.3.3 Κατηγορίες Μέσων Ατομικής Προστασίας:

Τα Μέσα Ατομικής Προστασίας μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: στον προστατευτικό ρουχισμό και τον προστατευτικό εξοπλισμό. Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται η κάθε είδους προστατευτική ενδυμασία, τα υποδήματα ασφαλείας, τα γάντια, τα κράνη και τα σωσίβια. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα προστατευτικά μέσα ακοής, τα ατομικά μέσα προστασίας ματιών, οι προστατευτικές αναπνευστικές συσκευές και τα μέσα ατομικής προστασίας έναντι πτώσεων.

3.3.3.1 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΣ ΡΟΥΧΙΣΜΟΣ

Προστασία Κορμού:

Όταν κατά τη διάρκεια της εργασίας υπάρχει κίνδυνος να λερωθούν ή να καταστραφούν τα κανονικά ρούχα των εργαζομένων πρέπει αυτοί να εφοδιάζονται με τα κατάλληλα για το είδος της εργασίας ενδύματα εργασίας όπως :

- Ενδύματα προστασίας από τις κακοκαιρίες όπως σε εργασίες στο ύπαιθρο με βροχή ή κρύο.
- Προστατευτικά ενδύματα που αναφλέγονται δύσκολα για εργασίες συγκόλλησης.
- Προστατευτικά ενδύματα για εκτέλεση εργασιών σε θέσεις με πιθανότητα ύπαρξης εκρηκτικού περιβάλλοντος.
- Δερμάτινες ποδιές για εργασίες συγκόλλησης.
- Γιλέκα, σακάκια και ποδιές προστασίας από τις μηχανικές και χημικές προσβολές.
- Ζώνες συγκράτησης κορμού.

Προστασία Χεριών και Βραχιόνων:

Οι εργαζόμενοι πρέπει να εφοδιάζονται με κατάλληλα γάντια και όταν χρειάζεται με καλύμματα των βραχιόνων τους ή να τους χορηγούνται ειδικές προστατευτικές κρέμες ανάλογα με τη φύση της εργασίας τους από:

- Ουσίες θερμές, τοξικές, ερεθιστικές ή διαβρωτικές.
- Εκτινάξεις διάπυρων ή αιχμηρών σωματιδίων.
- Κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.
- Αντικείμενα, εργαλεία ή μηχανήματα υψηλής θερμοκρασίας ή με επιφάνειες και ακμές αιχμηρές ή κοφτερές.
- Μηχανήματα ή εργαλεία που είναι δυνατόν με άλλο τρόπο να τραυματίσουν τα χέρια (π.χ. με συνεχή τριβή, πρόσκρουση ή δονήσεις όπως κατά των διατρητικών αεροσφυρών)

Οδηγίες για τη χρήση και συντήρηση των γαντιών:

1. Δεν προσφέρουν όλα τα γάντια την ίδια προστασία. Ανάλογα με την εργασία που εκτελείται υπάρχουν και τα κατάλληλα γάντια.
2. Να γίνεται έλεγχος στα γάντια πριν από κάθε χρήση ώστε να μην υπάρχουν τρύπες στα άκρα και ανάμεσα στα δάχτυλα.
3. Πριν βγουν τα γάντια, πρέπει πρώτα να ξεπλυθούν με σαπούνι και νερό για να απομακρυνθούν τα χημικά, τα ξένα σώματα κ.λ.π., να στεγνώνονται καλά και να αερίζονται.
4. Να μην στεγνώνονται πάνω σε καλοριφέρ, σόμπα κ.λ.π. η διαρκής επίδραση της θερμότητας αλλοιώνει τα γάντια και αυξάνει τη διαπερατότητα. Να μην αφήνονται τα γάντια για χημικά γυρισμένα το μέσα έξω. Αυτό μπορεί να παγιδεύσει χημικά ή ατμούς μέσα στα γάντια να σαπίσει το υλικό τους.
6. Να μην αποθηκεύονται τα γάντια με τα μανικέτια διπλωμένα. Η πτυχή εξασθενεί το υλικό και μπορεί να σκιστούν εύκολα.
7. Να ελέγχονται τα γάντια που παραμένουν στις αποθήκες και να γίνεται αντικατάσταση των παλιών και χαλασμένων γαντιών.
8. Τα γάντια του ηλεκτροτεχνίτη πρέπει κάθε 6 μήνες να ελέγχονται για διηλεκτρική αντοχή αν χρησιμοποιούνται συχνά και κάθε 12 αν χρησιμοποιούνται ευκαιριακά.
9. Εκτός του οπτικού ελέγχου τα γάντια του ηλεκτροτεχνίτη πρέπει κάθε πρωί να ελέγχονται με πίεση αέρα.
10. Τα γάντια πρέπει να φυλάσσονται σε μέρος ξηρό και σκοτεινό, όπου η θερμοκρασία θα κυμαίνεται μεταξύ 10 και 21 βαθμών C.

Σε κάθε γάντι πρέπει να υπάρχουν τα παρακάτω:

- Το CE (σήμα πιστότητας της ΕΟΚ)
- Ο αριθμός του εργαστηρίου που το ενέκρινε
- Το έτος παραγωγής του
- Το όνομα του κατασκευαστή
- Οι ιδιαίτερες ιδιότητές του π.χ. A,H, ή RC
- Το σύμβολο προστασίας από ηλεκτρικούς
- κινδύνους που είναι το διπλό τρίγωνο
- Διαφορετικός χρωματισμός ανά κλάση

Προστασία Ποδιών:

Ο κίνδυνος τραυματισμού των ποδιών μπορεί να προέλθει από:

- Πτώση αντικειμένων, πρόσκρουση ή σύνθλιψη
- Ουσίες θερμές, τοξικές, ερεθιστικές ή διαβρωτικές
- Καρφιά ή άλλα αιχμηρά υλικά ή επιφάνειες

- Εργαλεία με κοφτερές ακμές (όπως π.χ. τσεκούρια)
- Ολισθηρές επιφάνειες

Ανάλογα με το είδος των προς εκτέλεσης εργασιών επιλέγονται και τα κατάλληλα προστατευτικά υποδήματα ή μπότες για τους εργαζόμενους όπως:

- Υποδήματα, μπότες ασφαλείας
- Υποδήματα, μπότες με συμπληρωματική προστασία του άκρου του ποδιού
- Υποδήματα, μπότες για προστασία από το κρύο
- Υποδήματα, μπότες για προστασία από τα ηλεκτροστατικά φορτία
- Υποδήματα, μπότες με ηλεκτρική μόνωση

Προστασία από Πνιγμό:

Οι εργαζόμενοι που μπορεί να εκτεθούν σε κίνδυνο ατυχήματος από πνιγμό πρέπει να εφοδιάζονται με:

- Σωσίβια
- Σωστικές ενδυμασίες

3.3.3.2 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Προστασία Κεφαλιού:

Στις περιπτώσεις που οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε κίνδυνο τραυματισμού του κεφαλιού κατά τη διάρκεια της εργασίας πρέπει να εφοδιάζονται με κατάλληλο κράνος ασφαλείας. Ο κίνδυνος αυτός μπορεί να προέλθει κύρια από:

- Πτώση των ιδίων των εργαζομένων
- Πτώση ή εκτίναξη αντικειμένων
- Πρόσκρουση σε αντικείμενο, μηχανήμα ή στοιχείο κατασκευής
- Ηλεκτρισμό

Προστασία Ματιών και Προσώπου:

Οι εργαζόμενοι πρέπει να εφοδιάζονται με κατάλληλη προσωπίδα, οθόνη, κατάλληλα γυαλιά (με άχρωμα ή έγχρωμα κρύσταλλα) ή άλλο κατάλληλο ανάλογα με τη φύση της εργασίας, ατομικό μέσο προστασίας όταν υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού του προσώπου και των ματιών τους ή βλάβη της όρασής τους από:

- Εκτινασσόμενα σωματίδια.
- Επικίνδυνες ουσίες (καυστικά, ερεθιστικά υγρά, ατμούς κ.λ.π.).
- Επικίνδυνες ακτινοβολίες.

Προστασία Ακοής:

Οι εργαζόμενοι πρέπει να προστατεύονται από τους κινδύνους που προέρχονται ή μπορεί να προέλθουν κατά την εργασία όταν εκτίθενται σε θόρυβο. Ο θόρυβος κατά την εργασία εκτιμάται και εφόσον υπάρχει ανάγκη, μετράται προκειμένου να επισημανθούν οι εργαζόμενοι και οι τόποι εργασίας τους που πιθανόν δημιουργείται πρόβλημα.

Τα τρία βασικά είδη Μέσων Ατομικής Προστασίας της ακοής είναι:

1. ωτοασπίδες
2. ωτοβύσματα
3. ωτοπώματα

Προστασία των Αναπνευστικών Οδών:

Τα Μέσα Ατομικής Προστασίας της αναπνοής διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Αναπνευστήρες με φίλτρο για τον καθαρισμό του εισπνεόμενου αέρα του άμεσου περιβάλλοντος από τα αιωρούμενα τοξικά αέρια ή τη σκόνη
2. Αυτοδύναμες αναπνευστικές συσκευές
3. Αναπνευστικές συσκευές με συνεχή παροχή καθαρού αέρα, μέσω σωλήνα από το εξωτερικό περιβάλλον εκτός του μολυσμένου χώρου εργασίας.

Προστασία από πτώσεις:

- Σχοινιά και ζώνες ασφαλείας. Οι εργαζόμενοι σε θέσεις εργασίας με σημαντική υψομετρική διαφορά από τον περιβάλλοντα χώρο, που δεν είναι δυνατό να προστατευθούν από τον κίνδυνο πτώσης με τεχνικά ή με άλλα μέτρα συλλογικής προστασίας, πρέπει να εφοδιάζονται με ατομικές ζώνες και σχοινιά ασφαλείας.

Προστασία από Κινούμενα Οχήματα:

Οι εργαζόμενοι που εκτίθενται συχνά σε κίνδυνο ατυχήματος από κινούμενα οχήματα πρέπει να εφοδιάζονται με:

- Ειδικά ευδιάκριτα ακόμη και σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας, ενδύματα χρώματος ζωηρού κίτρινου ή πορτοκαλί (π.χ. γιλέκα οπτικής σήμανσης).
- Μέσα ή εξαρτήματα που ανακλούν το φως (ανακλαστικά).

3.4. Υποχρεώσεις των Εργαζομένων

Κάθε εργαζόμενος έχει υποχρέωση να εφαρμόζει τους κανόνες υγιεινής και ασφάλειας και να φροντίζει ανάλογα με τις δυνατότητές του, για την ασφάλεια και την υγεία του καθώς και για την ασφάλεια και την υγεία των άλλων ατόμων που επηρεάζονται από τις πράξεις ή παραλείψεις του κατά την εργασία σύμφωνα με την εκπαίδευσή του και τις κατάλληλες οδηγίες

του εργοδότη του. Για την πραγματοποίηση αυτών των στόχων, οι εργαζόμενοι οφείλουν ειδικότερα, σύμφωνα με την εκπαίδευσή τους και τις κατάλληλες οδηγίες του εργοδότη τους:

1. Να χρησιμοποιούν σωστά τις μηχανές, τις συσκευές, τα εργαλεία, τις επικίνδυνες ουσίες, τα μεταφορικά και άλλα μέσα.
2. Να φορούν τα ΜΑΠ όπου απαιτείται για την προστασία της ασφάλειας και της υγείας τους.
3. Να χρησιμοποιούν σωστά τα ΜΑΠ που τίθεται στη διάθεσή τους και μετά τη χρήση να τα τακτοποιούν στη θέση του.
4. Να ακολουθούν πιστά τις οδηγίες χρήσης.
5. Να αναφέρουν αμέσως στους επικεφαλής κάθε παρατηρούμενη ανωμαλία κατά τη χρήση των ΜΑΠ ή άλλη αιτία που δικαιολογεί τη συντήρηση, την επισκευή ή την αντικατάστασή τους.
6. Να μη θέτουν εκτός λειτουργίας, αλλάζουν ή μετατοπίζουν αυθαίρετα τους μηχανισμούς ασφάλειας των μηχανών, εργαλείων, συσκευών, εγκαταστάσεων και κτιρίων και να χρησιμοποιούν σωστά αυτούς τους μηχανισμούς ασφαλείας.
7. Να προσέρχονται ή να αποχωρούν από τη θέση εργασίας τους χρησιμοποιώντας τα ασφαλή μέσα πρόσβασης που έχουν προβλεφθεί για το σκοπό αυτό.
8. Να μη κυκλοφορούν ή αναπαύονται κατά τα διαλείμματα της εργασίας σε επικίνδυνα μέρη όπως κλειστοί χώροι, χώροι που περιέχουν εύφλεκτες ουσίες, επικίνδυνα αέρια, λειτουργούσες μηχανές, σε ικριώματα ή σιδηροτροχιές ανυψωτικών.
9. Να φορούν ενδύματα κατάλληλα για το είδος της εργασίας που εκτελούν.
10. Να μη καπνίζουν σε χώρους που δεν επιτρέπεται η χρήση φλόγας.
11. Να μη φέρουν στο χώρο εργασίας ή να πίνουν οινοπνευματώδη ποτά κατά τη διάρκεια της εργασίας περιλαμβανομένων και των διαλειμμάτων.
12. Να γνωρίζουν τις απαιτούμενες ενέργειες σε περίπτωση αναγκαστικής αποχώρησης από το χώρο εργασίας και να ενεργούν σύμφωνα με το σχέδιο διαφυγής.
13. Να αναφέρουν αμέσως στον εργοδότη ή/ και σε όσους ασκούν αρμοδιότητες τεχνικού ασφάλειας και γιατρού εργασίας, όλες τις καταστάσεις που μπορεί να θεωρηθεί εύλογα ότι παρουσιάζουν άμεσο και σοβαρό κίνδυνο για την ασφάλεια και την υγεία, καθώς και κάθε έλλειψη που διαπιστώνεται στα συστήματα προστασίας.
14. Να συντρέχουν τον εργοδότη και όσους ασκούν αρμοδιότητες τεχνικού ασφάλειας και γιατρού εργασίας, όσον καιρό χρειαστεί, ώστε να καταστεί δυνατή η εκπλήρωση όλων των καθηκόντων ή απαιτήσεων, που επιβάλλονται από την αρμόδια επιθεώρηση εργασίας για την προστασία της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία.
15. Να συντρέχουν τον εργοδότη και όσους ασκούν αρμοδιότητες τεχνικού ασφάλειας και γιατρού εργασίας, όσον καιρό χρειαστεί, ώστε ο εργοδότης να μπορεί να εγγυηθεί ότι

το περιβάλλον και οι συνθήκες εργασίας είναι ασφαλείς και χωρίς κινδύνους για την ασφάλεια και την υγεία εντός του πεδίου δραστηριότητάς τους.

16. Να παρακολουθούν τα σχετικά σεμινάρια ή άλλα επιμορφωτικά προγράμματα σε θέματα υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας.

Κεφάλαιο 4

Μεθοδολογία Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου

4.1. Τι είναι η εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου

Η εκτίμηση επαγγελματικού ή εργασιακού κινδύνου είναι η συνδυασμένη προσπάθεια α) των εργαζομένων μίας επιχείρησης να εξακριβώσουν τους κινδύνους της παραγωγικής διαδικασίας σε όλους τους χώρους εργασίας, β) του προσωπικού ασφαλείας να αναλύσει την πιθανότητα ή την σύμπτωση και γ) της διεύθυνσης ή του εργοδότη να αποφασίσουν για τη λήψη των απαραίτητων μέτρων.

Η εκτίμηση επαγγελματικών κινδύνων είναι το πρώτο και αποφασιστικό βήμα για την σχεδίαση και εφαρμογή ή αξιολόγηση του προγράμματος επέμβασης & προστατευτικών μέτρων για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων.

4.2. Μεθοδολογία

Δεν υπάρχουν καθορισμένοι κανόνες για το πως πρέπει να διεξάγεται η εκτίμηση κινδύνων. Ωστόσο στην πράξη είναι αρκετά χρήσιμο να αντιμετωπίζεται η εκτίμηση κινδύνων ως μία διαδικασία που εκτελείται σταδιακά.

Μια τέτοια διαδικασία θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα εξής στάδια: εντοπισμός & εξακρίβωση όλων των πηγών κινδύνου, προσδιορισμός όλων όσων ενδέχεται να εκτεθούν σε πηγές κινδύνου, υπολογισμός του κινδύνου, λήψη των αναγκαίων μέτρων και τέλος καταγραφή όλης της διαδικασίας και αναθεώρησή της όποτε κρίνεται αναγκαίο.

4.2.1 Εντοπισμός & Εξακρίβωση πηγών κινδύνου

Κατά το στάδιο αυτό πρέπει να απαντηθεί το ερώτημα "τι μπορεί να πάει στραβά".

Πηγές: - Προσωπική επιθεώρηση όλων των θέσεων εργασίας.

- Ερωτηματολόγια που θα συμπληρωθούν από όλους τους εργαζόμενους.

- Αποτελέσματα μετρήσεων (θορύβου, σκόνης, αερίων).

- Στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων.

- Εγχειρίδια κατασκευαστών.

- κ.λ.π.

4.2.2 Προσδιορισμός όλων όσων ενδέχεται να εκτεθούν σε κίνδυνο

Στο στάδιο αυτό προσδιορίζονται οι εργαζόμενοι οι οποίοι αντιμετωπίζουν κίνδυνο, π.χ. από τον χειρισμό ενός μηχανήματος, από την επισκευή κ.λ.π. Επίσης γίνεται προσπάθεια να προσδιοριστούν οι κίνδυνοι σε ειδικές κατηγορίες εργαζομένων (έγκυοι, νεοπροσληφθέντες, ηλικιωμένοι, κ.ά. Τέλος εξετάζεται και η δυνατότητα έκθεσης σε κίνδυνο άλλων ατόμων (επισκέπτες, πελάτες, σπουδαστές, περίοικοι), ενώ μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στην παρουσία εργολάβων.

4.2.3 Εκτίμηση & υπολογισμός των κινδύνων

Το στάδιο αυτό είναι το πιο σημαντικό στην όλη διαδικασία της εκτίμησης. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για την εκτίμηση του κινδύνου. Ο τρόπος που θα δουλέψουμε εμείς είναι ο εξής: Εξετάζουμε όλες τις πιθανές επικίνδυνες καταστάσεις από άποψη συγκέντρωσης επιβλαβή παράγοντα και σωματικής καταπόνησης του εργαζόμενου. Ποσοτικοποιούμε τα αποτελέσματα της αίσθησης του εργαζόμενου, με την αντιστοιχία στην κλίμακα αριθμών 1-10.

4.2.4 Λήψη μέτρων

Ο στόχος του σταδίου αυτού είναι προφανής. Αφού με βάση την προηγούμενη ανάλυση εντοπιστούν οι μη αποδεκτές επικίνδυνες φάσεις σε όλους τους χώρους εργασίας, αποφασίζεται ποια μέτρα θα ληφθούν με σκοπό αν όχι την εξάλειψη του κινδύνου, τουλάχιστον την ελαχιστοποίησή του. Τέτοια μέτρα μπορεί να είναι:

- Εναρμόνιση με την υφιστάμενη νομοθεσία.
- Διαφορετική διαρρύθμιση των χώρων.
- Έγγραφες οδηγίες σε εργαζόμενους-περιοδική εκπαίδευση.
- Έλεγχος των προδιαγραφών του εξοπλισμού.
- Σήμανση σε όλους τους χώρους.
- Εγκατάσταση προειδοποιητικών συστημάτων συνεχούς μέτρησης θορύβου, κόνεων, αερίων κλπ.
- Χορήγηση μέσων ατομικής προστασίας.
- κλπ.

Κεφάλαιο 5

Ναύσταθμος Κρήτης

5.1. Συνοπτική Παρουσίαση Ναυστάθμου Κρήτης

Το Πολεμικό Ναυτικό για πρώτη φορά δημιουργήσε εγκαταστάσεις στην περιοχή το 1920 που αφορούσαν επικοινωνίες και άμυνα του όρμου. Μετά την απελευθέρωση από την Γερμανική κατοχή και μέχρι το 1960 οργανώνεται και λειτουργεί το Αρχηγείο Κρητικού και Ιονίου Πελάγους με ένα μεγάλο μέρος του Στόλου να ναυλοχεί στον όρμο της Σούδας, ενώ στη συνέχεια και μέχρι το 1976 εδρεύει η Διοίκηση Διοικητικής Μερίμνης Ναυτικού.

Ως Ναύσταθμος Κρήτης λειτουργεί από το 1952 και μέχρι σήμερα αποτελεί μαζί με το Ναύσταθμο Σαλαμίνας τα βασικότερα συγκροτήματα υποστήριξης του Στόλου μας, ενώ συγχρόνως διαθέτει τις πολύμορφες ευκολίες του σε συμμαχικά πλοία μέσα στα πλαίσια συμμαχικών ή διμερών συμφωνιών. Ο Ναύσταθμος Κρήτης είναι ως επί τω πλείστων επισκευαστική βάση.

Ο Ναύσταθμος αυτός αποκτά ιδιαίτερη στρατηγική σημασία καθ' όσον η Κρήτη έχει την πλεονεκτική θέση όχι μόνο να ευρίσκεται στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων αλλά και στο ευαίσθητο σημείο όπου συναντώνται κάθε είδους αντιθέσεις. Εδώ είναι τα γεωγραφικά όρια όπου προσεγγίζουν αντιθέσεις θρησκευτικές, πολιτικές, πολιτιστικές, οικονομικές ακόμη και δημογραφικές με αποτέλεσμα ο Ναύσταθμος Κρήτης να καθίσταται ένα σημαντικό "εργαλείο" στην άσκηση εξωτερικής Πολιτικής.

5.2. Περιγραφή συλλογής δεδομένων

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι μια προσπάθεια εμπλούτισης των μεθόδων Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου και καλύτερης κατανόησης για το πώς καταπονούνται οι εργαζόμενοι κατά την διάρκεια της βάρδιας τους με χρήση νεύρο-ασαφών μοντέλων. Επειδή αυτή η τεχνολογία είναι αρκετά νέα, δεν έχουν υπάρξει πολλές αντίστοιχες μελέτες. Έτσι όπως διαπιστώσαμε στην πορεία πρέπει να ορίσουμε κάποιες μεταβλητές ώστε να καταφέρουμε να εισάγουμε τα δεδομένα από τις μετρήσεις μας στο νευρωνικό μοντέλο. Έτσι αρχικά από μια έρευνα που κάναμε στον Ναύσταθμο Κρήτης σε κάποια συνεργεία του εντοπίσαμε τους μετρήσιμους κύριους βλαπτικούς παράγοντες που επηρεάζουν τους εργαζόμενους κατά την διάρκεια της βάρδιας τους. Αφού έγινε ο εντοπισμός και μετά από συνεννόηση με τους

αρμόδιους έπρεπε να ορίσουμε μια κλίμακα η οποία θα δήλωνε τον βαθμό καταπόνησης του εργαζόμενου, και πως ο ίδιος ο εργαζόμενος την αισθανόταν. Έτσι ορίσαμε μια δεκαβάθμια κλίμακα, όπου σε τακτά χρονικά διαστήματα ο εργαζόμενος μπορούσε να δηλώσει πως αισθάνεται. Και επειδή το πώς αισθάνεται κάποιος είναι τελείως υποκειμενικό, και επειδή εμείς πρέπει να είμαστε όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικοί πήραμε πολλές μετρήσεις με διαφορετικούς εργαζόμενους και σε διαφορετικές βάρδιες και στο τέλος χρησιμοποιήσαμε τον μέσο όρο των τιμών. Για τον σκοπό της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν μηχανήματα μετρήσεων υψηλής ακρίβειας από το Εργαστήριο Νοητικής Εργονομίας & Ασφάλειας της Εργασίας του Πολυτεχνείου Κρήτης και από το γραφείο Τμήματος Μελετών της Τεχνικής Διεύθυνσης του Ναυστάθμου Κρήτης

Από το προεδρικό διάταγμα οι βάρδια των εργαζόμενων σε τέτοιου είδους εργασίες πρέπει να είναι 4ωρες. Έτσι για κάθε συνεργείο που εργαστήκαμε πήραμε 120 μετρήσεις ανά δυο λεπτά έτσι ώστε να καλύψουμε ολόκληρη την βάρδια του εργαζόμενου και να έχουμε μια πλήρη εικόνα για το τι συμβαίνει. Κάθε φορά που παίρναμε μέτρηση ο εργαζόμενος μας δήλωνε το πώς αισθάνεται χρησιμοποιώντας την 10βάθμια κλίμακα. Το 0 δήλωνε ότι αισθανόταν φυσιολογικά και το 10 ότι καταπονούνταν πάρα πολύ. Όσο πιο πολύ ενοχλείται ο εργαζόμενος, τόσο πιο εύκολο είναι να κάνει λάθος και να γίνει κάποιο ατύχημα. Έτσι αυτή η κλίμακα αποδειχτική ένα πολύ καλό εργαλείο για κατανόηση των εργασιακών συνθηκών. Για κάθε συνεργείο έγιναν 5 σετ των 120 καθημερινών μετρήσεων με διαφορετικούς εργαζόμενους κάθε φορά και στο τέλος χρησιμοποιήσαμε την μέση τιμή των ημερήσιων τιμών.

Στο ξυλουργείο και στο προτυποποιείο έγιναν μετρήσεις σκόνης και θορύβου με τα μηχανήματα σκόνης, το οποίο μετράει συγκέντρωση σκόνης στο αέρα σε mg/m^3 , και ντεσιμπελόμετρο, το οποίο μετράει τα επίπεδα του ήχου σε db. Όλες οι μετρήσεις όπως έχουμε προαναφέρει έχουν παρθεί σε ύψος 1,6 από το δάπεδο και δίπλα από το κεφάλι του εργαζόμενου.

Στο ελασματοουργείο πήραμε μετρήσεις τοξικών αερίων και θορύβου με χρήση των μηχανημάτων VOC, το οποίο μετράει συγκέντρωση τοξικών αερίων σε ppb, και ντεσιμπελόμετρο, το οποίο μετράει τα επίπεδα του ήχου σε db.

Στο συγκολλητήριο πήραμε μετρήσεις για το νέφος αερίων με το μηχάνημα VOC, το οποίο μετράει συγκέντρωση τοξικών αερίων σε ppb. Και για την υπεριώδη ακτινοβολία οι μετρήσεις έγιναν με μηχάνημα το οποίο μετράει την υπεριώδη ακτινοβολία που εκπέμπεται σε $\mu W/m^2$

Για το συνεργείο του Ξυλουργείου απαιτούνται οι παρακάτω ειδικότητες:

Τεχνίτης Ξυλουργός για εργασίες πλοίου:

Σε αυτήν την ειδικότητα απασχολούνται 7 άτομα στρατιωτικού προσωπικού και 4 πολιτικού.

Εργάζονται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες, αλλά ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 3 ώρες.

Κατά την εργασία τους απασχολούνται κατά 90% στο χώρο του Ξυλουργείου και κατά 10% στο χώρο του πλοίου.

Η εργασία τους εκτείνεται κυρίως σε κατασκευές γραφείων και επενδύσεων.

Αυτά κατασκευάζονται συνήθως με σχέδιο που έχει φτιαχτεί από τους ίδιους, καθώς σπάνια υπάρχει ένα ίδιο πρότυπο με αυτό που χρειάζονται. Πολλές φορές άλλωστε χρησιμοποιούνται πρότυπα για κομμάτια των αντικειμένων που κατασκευάζουν.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος, γυαλιά, μπότες ασφαλείας και φόρμες εργασίας. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και εξαιρεσθήρες ως σύστημα απαγωγής σκόνης στις κατασκευές.

Τεχνίτης Ξυλουργός για εργασίες κτιρίων Ναυστάθμου:

Σε αυτήν την ειδικότητα απασχολείται 1 άτομο πολιτικού προσωπικού.

Εργάζεται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες, αλλά ο χρόνος έκθεσης του σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 2,5 - 3 ώρες.

Κατά την εργασία του απασχολείται κατά 90% στο χώρο του Ξυλουργείου και κατά 10% στο χώρο του πλοίου.

Η εργασία του εκτείνεται κυρίως στην κατασκευή όλων των απαραίτητων αντικειμένων από ξύλο που έχει ανάγκη ο Ναύσταθμος Κρήτης.

Αυτά κατασκευάζονται συνήθως με σχέδιο που έχει φτιαχτεί από το ίδιο το συνεργείο, καθώς σπάνια υπάρχει ένα ίδιο πρότυπο με αυτό που χρειάζονται. Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ήδη υπάρχοντα σχέδια για ορισμένα τμήματα των αντικειμένων υπό κατασκευή.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος, γυαλιά, μπότες ασφαλείας και φόρμες εργασίας. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και εξαιρεσθήρες ως σύστημα απαγωγής σκόνης στις κατασκευές.

Ξυλοτορναδόρος:

Σε αυτήν την ειδικότητα απασχολείται 1 άτομο πολιτικού προσωπικού.

Εργάζεται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες, αλλά ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 3 ώρες.

Κατά την εργασία του απασχολείται 100% στο χώρο του Ξυλουργείου.

Η εργασία του εκτείνεται κυρίως στην κατασκευή πηδαλίων και στην κατασκευή μοδέλων.

Τα μοδέλα είναι κομμάτια από ξύλο που χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή επίπλων με άλλα γειτονικά.

Αυτά κατασκευάζονται συνήθως με σχέδιο που έχει φτιαχτεί από τους ίδιους, καθώς σπάνια υπάρχει ένα ίδιο πρότυπο με αυτό που χρειάζονται. Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ήδη υπάρχοντα σχέδια για ορισμένα τμήματα των αντικειμένων υπό κατασκευή.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος, γυαλιά, μπότες ασφαλείας και φόρμες εργασίας. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και εξαιρειστήρες ως σύστημα απαγωγής σκόνης στις κατασκευές.

Λουστραδόρος:

Σε αυτήν την ειδικότητα απασχολείται 1 άτομο πολιτικού προσωπικού.

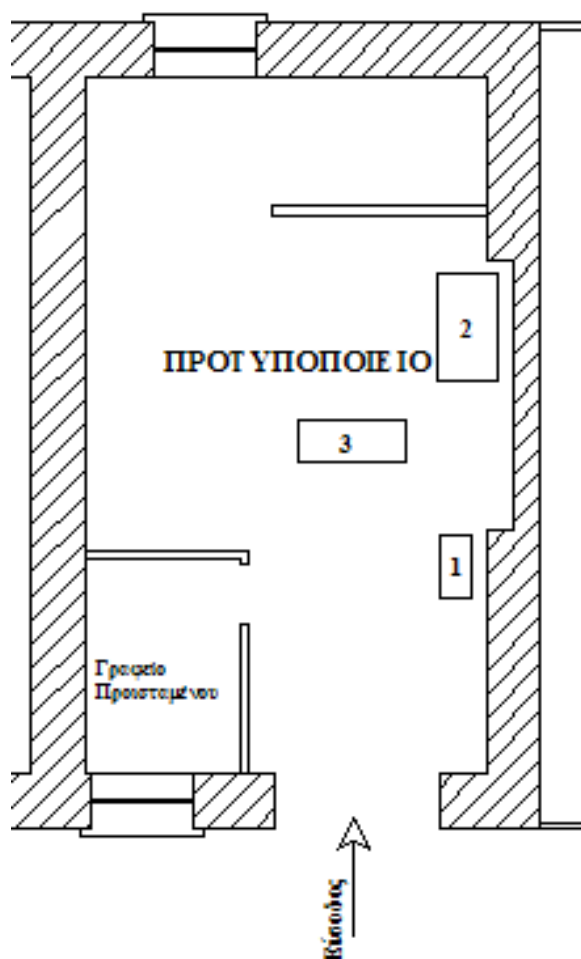
Εργάζεται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες, αλλά ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 1 ώρα.

Κατά την εργασία του απασχολείται 100% στο χώρο του Ξυλουργείου.

Η εργασία του εκτείνεται κυρίως στην συντήρηση και βαφή επίπλων.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος, γυαλιά, γάντια, μπότες ασφαλείας και φόρμες εργασίας. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και εξαιρειστήρες ως σύστημα απαγωγής σκόνης και αερίων στις κατασκευές. Επίσης απαραίτητη για αυτήν την ειδικότητα είναι και η χρήση ειδικής μάσκας για αποφυγή επαφής με βλαβερές ουσίες κατά την βαφή.

5.3.2. Προτυποποιείο



Για το συνεργείο του Προτυποποιείου απαιτείται η παρακάτω ειδικότητα:

Προτυποποιός:

Σε αυτήν την ειδικότητα απασχολούνται 3 άτομα πολιτικού και στρατιωτικού προσωπικού.

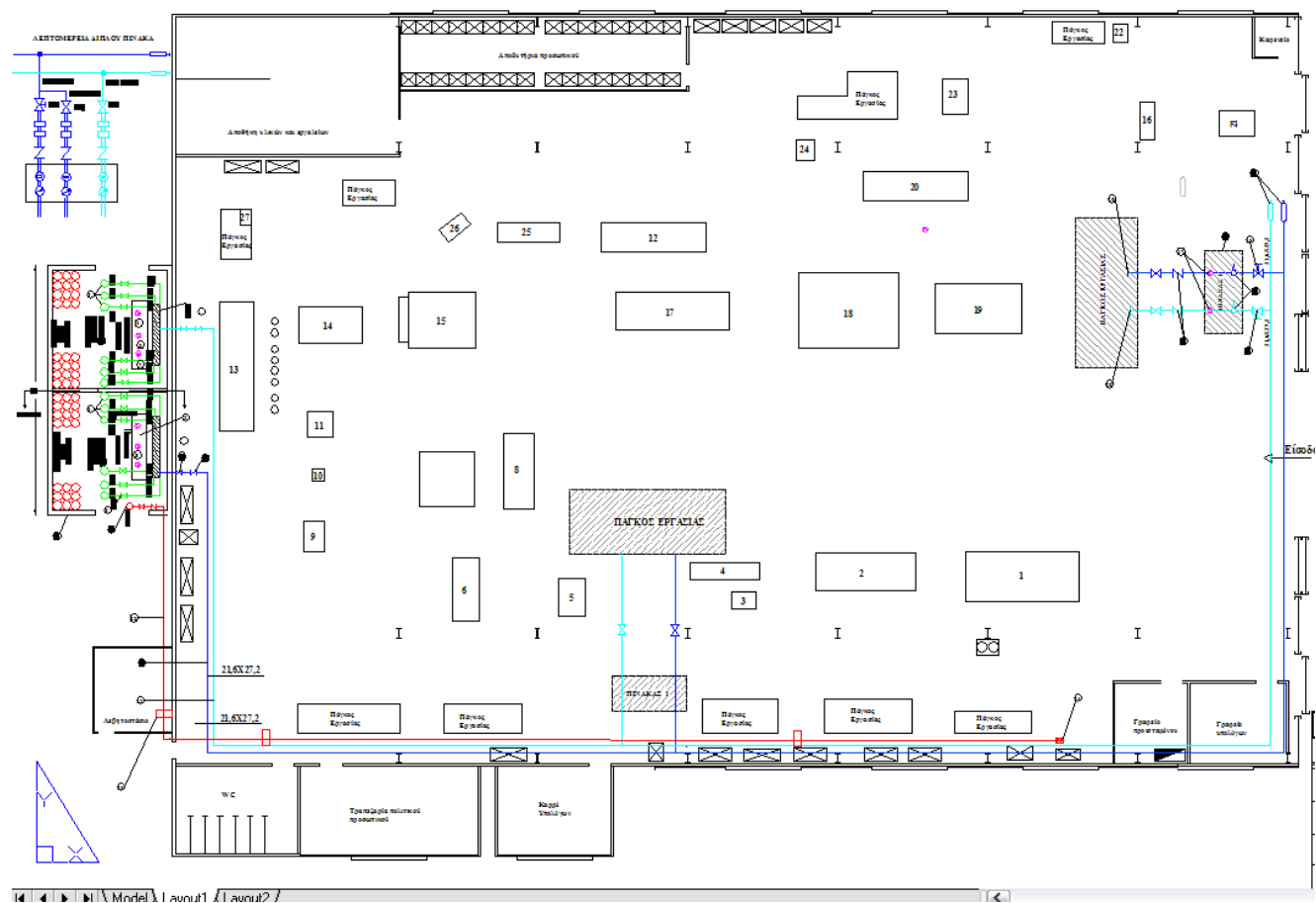
Εργάζονται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες, αλλά ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 3 ώρες την ημέρα.

Κατά την εργασία τους απασχολούνται κατά 60% στο χώρο του πλοίου και κατά 40% στο χώρο του συνεργείου.

Η εργασία τους είναι η κατασκευή μοντέλων και αντιγράφων εξαρτημάτων. Οι Προτυποποιοί εργάζονται κυρίως σε κορδέλα, ξυλότορνο, δίσκο και πλάνη.

Στο συνεργείο του Προτυποποιείου απαιτείται επίσης 1 Αποθηκάριος και 1 Χειριστής Ανυψωτικού Μηχανήματος, αλλά δεν υπάρχει αρκετό προσωπικό για να καλυφθούν οι θέσεις. Έτσι χρέη Αποθηκάριου εκτελεί ένας από τους εργάτες του συνεργείου, ενώ Χειριστή Ανυψωτικού Μηχανήματος δανείζονται από την Ομάδα Εργατών της Τεχνικής Διεύθυνσης.

5.3.3. Ελασματοργείο



Για το συνεργείο του Λεβητοποιείου απαιτούνται οι παρακάτω ειδικότητες:

Ελασματοουργός:

Σε αυτή την ειδικότητα απασχολούνται 50 άτομα πολιτικού και στρατιωτικού προσωπικού.

Εργάζονται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες, αλλά ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 1 ώρα την ημέρα.

Κατά την εργασία τους απασχολούνται κατά 80% στο χώρο του Λεβητοποιείου και κατά 20% στο χώρο του πλοίου.

Η εργασία τους είναι η διαμόρφωση ελασμάτων σε μηχανήματα κατεργασίας κοπής ελασμάτων. Η διαδικασία εργασίας τους είναι η προμήθεια των απαραίτητων υλικών και η διαμόρφωση τους χρησιμοποιώντας στράντζα και γωνιακό τροχό για να το φέρουν στην απαραίτητη τελική του μορφή. Οι εργασίες που εκτελούνται είναι λείανση και τρόχισμα. Έπειτα τα ελάσματα μεταφέρονται στο πλοίο, όπου και γίνεται η τοποθέτησή τους. Η τοποθέτηση παίρνει αρκετό χρόνο. Μπορεί να διαρκέσει από ώρες έως και μέρες. Ο χρόνος έκθεσης σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες κατά την τοποθέτηση είναι περίπου 4 ώρες την ημέρα.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος, μπότες ασφαλείας, φόρμα προστασίας, γάντια και ωτοασπίδες για εργασίες στο πλοίο.

Συγκολλητής:

Σε αυτή την ειδικότητα απασχολούνται 4 άτομα πολιτικού και στρατιωτικού προσωπικού.

Εργάζονται το μέγιστο πέντε (5) ώρες, καθώς η εργασία τους υπάγεται στα βαρέα και ανθυγιεινά επαγγέλματα.

Κατά την εργασία τους απασχολούνται κατά 40% στο χώρο του Λεβητοποιείου και κατά 60% στο χώρο του πλοίου.

Η εργασία τους είναι η συγκόλληση των ελασμάτων. Η διαδικασία εργασίας τους είναι η συγκόλληση κομματιών του ελάσματος για την διαμόρφωση του, αλλά και η συγκόλληση για την τοποθέτηση του ελάσματος στο πλοίο. Ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες κατά την διαμόρφωση του ελάσματος είναι 1 ώρα την ημέρα ενώ κατά την τοποθέτηση είναι 3 ώρες την ημέρα.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος, μπότες ασφαλείας, φόρμα προστασίας, γάντια, μάσκα συγκολλητή και ωτοασπίδες για εργασίες στο πλοίο.

Χειριστής ανυψωτικών μηχανημάτων:

Σε αυτήν την ειδικότητα απασχολούνται 2 άτομα πολιτικού προσωπικού, εκ των οποίων ο ένας είναι Μανουβραδός.

Εργάζεται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες. Ουσιαστικά ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 2,5 ώρες την ημέρα. Αν υπάρχει όμως ο σωστός προγραμματισμός εργασίας και οι κατάλληλες καιρικές συνθήκες μπορεί η εργασία τους να ξεπεράσει αυτό το χρόνο.

Κατά την εργασία τους απασχολούνται κατά 40% στο χώρο του Λεβητοποιείου και κατά 60% εκτός αυτού.

Η εργασία του Χειριστή Ανυψωτικού Μηχανήματος είναι η μεταφορά βαρέων αντικειμένων με φορτηγό, γερανοφόρο ή κλαρκ από το Συνεργείο στο πλοίο και αντίστροφα.

Η εργασία του Μανουβραδού είναι η φόρτωση και εκφόρτωση των αντικειμένων πάνω στο Ανυψωτικό Μηχάνημα και η καθοδήγηση του Χειριστή για ελιγμούς στη μεταφορά των αντικειμένων.

Για τη θέση αυτή απαιτείται Άδεια Οδήγησης Χειριστή Κλαρκ από το Τμήμα Βιομηχανίας.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος, μπότες ασφαλείας, φόρμα προστασίας και γάντια.

Αποθηκάριος:

Σε αυτήν την ειδικότητα απασχολούνται 2 άτομα πολιτικού προσωπικού.

Εργάζονται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες και ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 8 ώρες την ημέρα, καθώς θα πρέπει να είναι διαρκώς στο χώρο της Αποθήκης και να ασκούν την εργασία τους.

Κατά την εργασία τους απασχολούνται κατά 100% στο χώρο του Συγκολλητηρίου.

Η εργασία τους είναι η απογραφή της αποθήκης, ο έλεγχος και η συντήρηση των εργαλείων, των μηχανημάτων και των ανταλλακτικών του συνεργείου και η ενημέρωση για αντικατάσταση κάποιου από αυτά. Επίσης οι Αποθηκάριοι είναι υπεύθυνοι για την παράδοση και χρέωση εργαλείων στους εργαζόμενους που τα δανείζονται από την αποθήκη.

Συνήθως την θέση του Αποθηκάριου την καταλαμβάνει κάποιος εργάτης του συνεργείου μεγάλης ηλικίας, ο οποίος και ξέρει καλά τα μηχανήματα του συνεργείου και μπορεί να καταλάβει αν υπάρχει κάποια βλάβη.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. μπότες ασφαλείας, φόρμες εργασίας, γάντια και κράνος.

5.3.4 Συγκολλητήριο

Για το συνεργείο του Συγκολλητηρίου απαιτούνται οι παρακάτω ειδικότητες:

Ηλεκτροσυγκολλητής:

Σε αυτή την ειδικότητα απασχολούνται 26 άτομα πολιτικού και στρατιωτικού προσωπικού.

Εργάζονται το μέγιστο πέντε (5) ώρες, καθώς η εργασία τους υπάγεται στα βαρέα και ανθυγιεινά επαγγέλματα. Ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 4 ώρες την ημέρα.

Κατά την εργασία τους απασχολούνται κατά 30% στο χώρο του Συγκολλητηρίου και κατά 70% στο χώρο του πλοίου.

Η εργασία τους είναι η συγκόλληση με τσιμπίδα ή με τη μέθοδο TIG (συγκόλληση με καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο) ή με τη μέθοδο MIG (συγκόλληση με μη καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο). Η διαδικασία εργασίας των Ηλεκτροσυγκολλητών είναι η απεγκατάσταση των κομματιών που χρειάζονται ηλεκτροσυγκόλληση, η μεταφορά τους στο συνεργείο, όπου και γίνονται οι απαραίτητες εργασίες, η μεταφορά τους πίσω στο πλοίο και η εγκατάσταση τους εκεί. Το 70% των εργασιών γίνονται πάνω στο πλοίο καθώς τα περισσότερα κομμάτια που χρειάζονται επιδιόρθωση δεν μπορούν να μεταφερθούν, συνεπώς σε αυτές τις περιπτώσεις το σύνολο των εργασιών γίνεται πάνω στο πλοίο. Άλλωστε η εγκατάσταση κομματιών που έχουν επισκευαστεί στο συνεργείο είναι αρκετά χρονοβόρα λόγω της στενότητας και του βαθμού δυσκολίας των χώρων.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος για φύλαξη τους από τη γερανογέφυρα, μπότες ασφαλείας, φόρμες εργασίας, όπως απαραίτητη η χρήση ειδικής μάσκα συγκολλητή αλλά και ωτοασπίδες κυρίως για εργασίες εντός πλοίου, καθώς σε ένα χώρο είναι πολύ πιθανό να γίνονται παραπάνω από μία εργασίες.

Οξυγονοκολλητής:

Σε αυτή την ειδικότητα απασχολούνται 36 άτομα πολιτικού και στρατιωτικού προσωπικού.

Εργάζονται το μέγιστο πέντε (5) ώρες, καθώς η εργασία τους υπάγεται στα βαρέα και ανθυγιεινά επαγγέλματα. Ο χρόνος έκθεσης τους σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 4 ώρες την ημέρα.

Κατά την εργασία τους απασχολούνται κατά 30% στο χώρο του Συγκολλητηρίου και κατά 70% στο χώρο του πλοίου.

Η εργασία τους είναι η κοπή και συγκόλληση μετάλλων με οξυγόνο. Η διαδικασία εργασίας των Οξυγονοκολλητών είναι η απεγκατάσταση των κομματιών που χρειάζονται οξυγονοκόλληση, η μεταφορά τους στο συνεργείο, όπου και γίνονται οι απαραίτητες εργασίες, η μεταφορά τους πίσω στο πλοίο και η εγκατάσταση τους εκεί. Το 70% των εργασιών γίνονται πάνω στο πλοίο καθώς τα περισσότερα κομμάτια που χρειάζονται επιδιόρθωση δεν μπορούν να μεταφερθούν, συνεπώς σε αυτές τις περιπτώσεις το σύνολο των εργασιών γίνεται πάνω στο πλοίο. Άλλωστε η εγκατάσταση κομματιών που έχουν επισκευαστεί στο συνεργείο είναι αρκετά χρονοβόρα λόγω της στενότητας και του βαθμού δυσκολίας των χώρων.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος για φύλαξη τους από τη γερανογέφυρα, μπότες ασφαλείας, δερμάτινες φόρμες εργασίας, όπως απαραίτητη είναι και η χρήση ειδικής μάσκα συγκολλητή αλλά και ωτοασπίδες για τις εργασίες εντός πλοίου, καθώς σε ένα χώρο είναι πολύ πιθανό να γίνονται παραπάνω από μία εργασίες. Επίσης σε εργασίες οξυγονοκόλλησης χρησιμοποιείται πάντα σύστημα εξαερισμού για απαγωγή όλων των καπνών που προκαλούνται κατά την κόλληση.

Αποθηκάριος:

Σε αυτή την ειδικότητα απασχολείται 1 άτομο πολιτικού προσωπικού.

Εργάζεται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες και ο χρόνος έκθεσης του σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 8 ώρες την ημέρα, καθώς θα πρέπει να είναι διαρκώς στο χώρο της Αποθήκης και να ασκεί την εργασία του.

Κατά την εργασία του απασχολείται κατά 100% στο χώρο του Συγκολλητηρίου.

Η εργασία του είναι η απογραφή της αποθήκης, ο έλεγχος και η συντήρηση των εργαλείων, των μηχανημάτων και των ανταλλακτικών του συνεργείου και η ενημέρωση για αντικατάσταση κάποιου από αυτά. Επίσης ο Αποθηκάριος είναι υπεύθυνος για την παράδοση και χρέωση εργαλείων στους εργαζόμενους που τα δανείζονται από την αποθήκη.

Συνήθως την θέση του Αποθηκάριου την καταλαμβάνει κάποιος εργάτης του συνεργείου μεγάλης ηλικίας, ο οποίος και ξέρει καλά τα μηχανήματα του συνεργείου και μπορεί να καταλάβει αν υπάρχει κάποια βλάβη.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. μπότες ασφαλείας, φόρμες εργασίας αλλά και κράνος για φύλαξη του στο χώρο του συνεργείου.

Χειριστής ανυψωτικών μηχανημάτων:

Σε αυτή την ειδικότητα απασχολείται 1 άτομο πολιτικού προσωπικού.

Εργάζεται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες. Ουσιαστικά ο χρόνος έκθεσης του σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 4 ώρες την ημέρα. Αν υπάρχει όμως ο σωστός προγραμματισμός εργασίας και οι κατάλληλες καιρικές συνθήκες μπορεί να ξεπεράσει αυτό το χρόνο.

Κατά την εργασία του απασχολείται 100% στο χώρο του Συγκολλητηρίου.

Η εργασία του είναι η μεταφορά βαρέων αντικειμένων με φορτηγό, γερανοφόρο ή κλαρκ.

Για τη θέση αυτή απαιτείται Άδεια Οδήγησης Χειριστή Κλαρκ από το Τμήμα Βιομηχανίας.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος, μπότες ασφαλείας, φόρμα προστασίας και γάντια.

Οδηγός φορτηγού:

Σε αυτή την ειδικότητα απασχολείται 1 άτομο πολιτικού προσωπικού.

Εργάζεται το μέγιστο οχτώ (8) ώρες. Ουσιαστικά ο χρόνος έκθεσης του σε επικίνδυνους και βλαβερούς παράγοντες είναι 4 με 5 ώρες την ημέρα.

Κατά την εργασία του απασχολείται 100% εκτός του χώρου του Συγκολλητηρίου.

Η εργασία του είναι η μεταφορά αντικειμένων με φορτηγό.

Απαραίτητα μέσα προστασίας για την ειδικότητα αυτή είναι τα βασικά μέσα ατομικής προστασίας, δηλ. κράνος, μπότες ασφαλείας, φόρμα προστασίας και γάντια.

Κεφάλαιο 6

Νεύρο-Ασαφές Μοντέλο

6.1 Ασαφής Λογική (Fuzzy Logic)

Τον όρο «ασαφή λογική» (fuzzy logic) εισήγαγε το 1965 με άρθρο του ο L.A. Zadeh, (Zadeh, 1965), ο οποίος αναφέρθηκε στην αναγκαιότητα δημιουργίας μίας μαθηματικής θεωρίας που θα επεξεργάζεται ασαφείς-ανακριβείς έννοιες, οι οποίες δεν είναι δυνατό να μοντελοποιηθούν με τη θεωρία των πιθανοτήτων (Zadeh, 1965).

Ένα ασαφές σύνολο (fuzzy set) ορίζεται ως ένα σύνολο διατεταγμένων ζευγών $(x, \mu_A(x))$ όπου $x \in X$ και $\mu_A(x) \in [0,1]$. Το σύνολο X αποτελεί ένα ευρύτερο σύνολο αναφοράς (universe of discourse) που περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα στα οποία μπορεί να γίνει αναφορά. Η τιμή $\mu_A(x)$ λέγεται συνάρτηση συμμετοχής (membership function) ή βαθμός αληθείας (degree of truth), συμβολίζει το βαθμό συμμετοχής του x στο A και παίρνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$. Η διαφορά των ασαφών συνόλων συγκριτικά με την κλασική θεωρία συνόλων είναι ότι στη δεύτερη ισχύει $\mu_A(x) \in \{0,1\}$, δηλαδή το x είτε ανήκει στο A [$\mu_A(x) = 1$] ή δεν ανήκει [$\mu_A(x) = 0$].

$$A = \sum_{x_i \in X} \mu_A(x_i) / x_i, \text{ όταν το } X \text{ είναι ένα σύνολο διακριτών}$$

αντικειμένων

$$A = \int_X \mu_A(x) / x \quad \text{όταν το } X \text{ είναι ένα συνεχές διάστημα (συνήθως το } R^+)$$

Για τα ασαφή σύνολα ορίζονται πράξεις και ισχύουν ιδιότητες ανάλογες με αυτές που ισχύουν στα κλασικά σύνολα. Ορισμένες από αυτές, όπως η ένωση και η τομή, ορίζονται μέσω των τελεστών min και max, που συμβολίζονται με $\wedge$ και $\vee$ αντίστοιχα. Οι τελεστές αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή του μικρότερου και του μεγαλύτερου αντίστοιχα από δύο στοιχεία (π.χ. $3 \wedge 4 = 3$, $3 \vee 4 = 4$) ή από τα στοιχεία ενός συνόλου. Το

σύμβολο του εκάστοτε τελεστή μπορεί να γραφεί και στην αρχή των στοιχείων του συνόλου (προθεματική γραφή) ως εξής:

$$\mu = \wedge(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n) = \bigwedge_{k=1}^n (\mu_k)$$

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένες μορφές μονοδιάστατων παραμετρικών συναρτήσεων συμμετοχής, δηλαδή συναρτήσεων συμμετοχής με μία μοναδική είσοδο (input).

Συναρτήσεις συμμετοχής γενικευμένης καμπανοειδούς μορφής (Generalized bell MFs).

Η γενικευμένη καμπανοειδής συνάρτηση συμμετοχής προσδιορίζεται από τρεις παραμέτρους {a,b,c}, όπου η παράμετρος b είναι συνήθως θετική.

$$gbellmf(x, a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}}$$

Συναρτήσεις συμμετοχής τραπεζοειδούς μορφής (Trapezoidal MFs).

Η τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής προσδιορίζεται από τέσσερις παραμέτρους {a,b,c,d} ως ακολούθως:

$$trapmf(x, a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c}\right), 0\right)$$

Οι παράμετροι {a,b,c,d} με $a < b < c < d$ καθορίζουν τις συντεταγμένες x των τεσσάρων γωνιών της συγκεκριμένης τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής.

Συναρτήσεις συμμετοχής γκαουσιανής μορφής (Gaussian MFs).

Μια Γκαουσιανή συνάρτηση συμμετοχής προσδιορίζεται από δύο παραμέτρους {c,σ}

$$gaussmf(x, c, \sigma) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - c}{\sigma} \right)^2}$$

Το c αναπαριστά το κέντρο της και το σ το πλάτος της.

Συναρτήσεις συμμετοχής τριγωνικής μορφής (Triangular MFs).

Μια τριγωνικής μορφής συνάρτηση συμμετοχής προσδιορίζεται από τρεις παραμέτρους {a,b,c} ως ακολούθως:

$$trimf(x, a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x - a}{b - a}, \frac{c - x}{c - b}\right), 0\right)$$

Οι παράμετροι {a,b,c} (όπου $a < b < c$) καθορίζουν τις συντεταγμένες x των τριών γωνιών της συγκεκριμένης τριγωνικής συνάρτησης συμμετοχής.

Συναρτήσεις συμμετοχής σιγμοειδούς μορφής (Sigmoidal MFs).

Η σιγμοειδής συνάρτηση συμμετοχής προσδιορίζεται ως ακολούθως:

$$\text{sigmf}(x, a, c) = \frac{1}{1 + \exp[-a(x - c)]}$$

Το a ρυθμίζει την κλίση στο crossover point $x=c$. Ανάλογα με την τιμή που θα πάρει το a , η σιγμοειδής συνάρτηση συμμετοχής είναι open left, open right και επομένως είναι κατάλληλη να χρησιμοποιηθεί στην αναπαράσταση εννοιών όπως «πολύ μεγάλο» ή «πολύ αρνητικό». Σιγμοειδείς συναρτήσεις αυτής της μορφής χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως συναρτήσεις ενεργοποίησης (activation function) των τεχνητών νευρωνικών δικτύων (Jang, 1997).

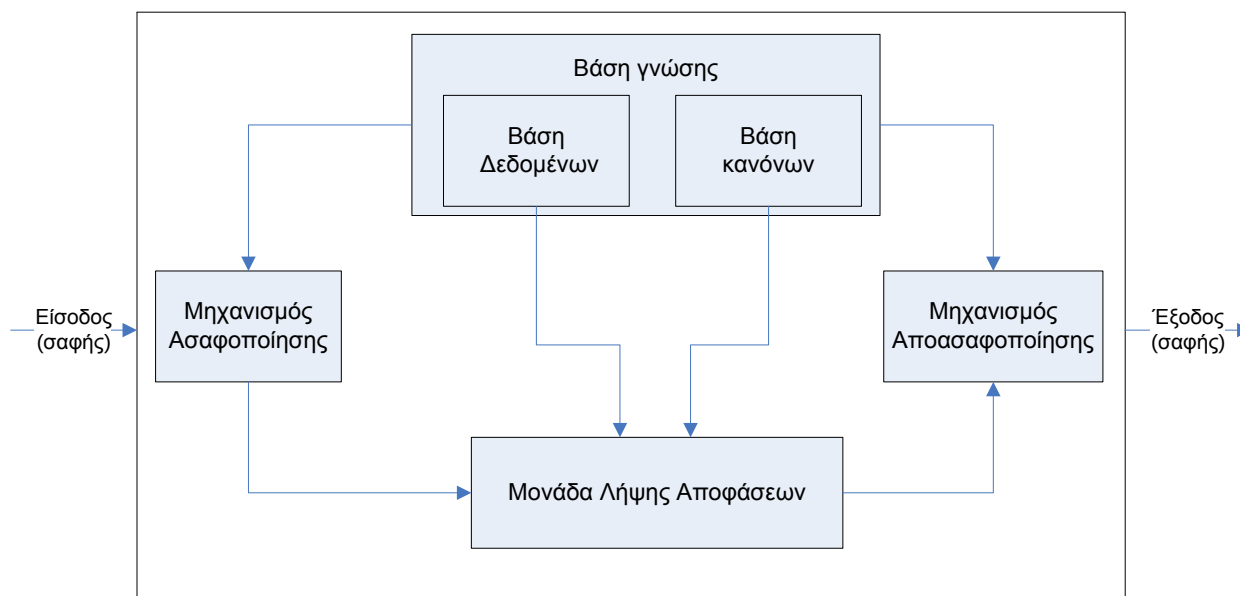
Ένας **ασαφής κανόνας** είναι μία υπό συνθήκη έκφραση που συσχετίζει δύο ή περισσότερες ασαφείς προτάσεις. Στην πιο απλή εκδοχή, ένας ασαφής κανόνας έχει τη μορφή:

Εάν x είναι A τότε το y είναι B

Σε έναν ασαφή κανόνα της μορφής «εάν-τότε» το τμήμα «εάν» (if) του κανόνα είναι η υπόθεση (antecedent, premise), ενώ το τμήμα «τότε» (then) είναι η απόδοση (consequence) του κανόνα.

Μια βάση ασαφών κανόνων αποτελείται από ένα σύνολο ασαφών κανόνων της μορφής «εάν-τότε» που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν ένα σύστημα. Ο μηχανισμός εξαγωγής συμπερασμάτων ενός συνόλου ασαφών κανόνων καλείται **ασαφής συλλογιστική** (fuzzy reasoning) ή προσεγγιστική συλλογιστική (approximate reasoning).

Ένα **σύστημα ασαφούς συμπερασμού** (fuzzy inference system) είναι μια δομή υπολογισμού που βασίζεται στη θεωρία των ασαφών συνόλων, στους ασαφείς κανόνες «if-then» και στην ασαφή συλλογιστική. Έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε διάφορα πεδία, όπως στον αυτόματο έλεγχο, στην ταξινόμηση δεδομένων, τη λήψη αποφάσεων και στα έμπειρα συστήματα. Ένα σύστημα ασαφούς συμπερασμού είναι γνωστό επίσης και ως “fuzzy rule based system”, “fuzzy expert system”, “fuzzy logic controller” ή απλά “fuzzy model”. Ένα σύστημα για συλλογιστική με βάση την ασαφή λογική περιγράφεται στη γενική του μορφή από το παρακάτω Σχήμα 3.4.1 και αποτελείται από τη :



Σχήμα: Σύστημα Ασαφούς Συμπερασμού (fuzzy inference system)

Βάση γνώσης (knowledge base): Συνίσταται από τη βάση κανόνων και τη βάση δεδομένων. Η **βάση κανόνων (rule base)** περιέχει την κωδικοποίηση ενός αριθμού ασαφών κανόνων (fuzzy rules) της μορφής «if-then». Η **βάση δεδομένων (database)** ορίζει τις συναρτήσεις συμμετοχής (membership functions) των ασαφών συνόλων που χρησιμοποιούνται στους ασαφείς κανόνες.

Μονάδα λήψης αποφάσεων (decision making unit): Χρησιμοποιεί τους κανόνες και τις συναρτήσεις συμμετοχής, προκειμένου να υλοποιήσει ευέλικτα τη λειτουργία της εξαγωγής συμπερασμάτων.

Μηχανισμός Ασαφοποίησης (fuzzyfication inference): Μετασχηματίζει τα δεδομένα εισόδου σε βαθμούς ταιριάσματος-συγγένειας με τιμές λεκτικών μεταβλητών (linguistic variables).

Μηχανισμός Αποασαφοποίησης (defuzzyfication inference): Μετασχηματίζει τα ασαφή σύνολα (fuzzy sets) που επιστρέφονται σαν αποτελέσματα του μηχανισμού επεξεργασίας σε τιμές εξόδου, βαθμωτές (scalar) ή διανυσματικές (vector).

Η δημιουργία ενός συστήματος (π.χ. ελέγχου) βασισμένου σε ασαφή λογική προϋποθέτει καταρχήν πολύ καλή κατανόηση της διαδικασίας που πρόκειται να μοντελοποιηθεί. Το δυσκολότερο σημείο είναι η επιλογή των ασαφών μεταβλητών, των τιμών τους και των κανόνων με τους οποίους θα συνδυαστούν. Ο προσδιορισμός των διαφόρων συναρτήσεων συμμετοχής συνήθως γίνεται αυτόματα με τη χρήση τεχνικών των νευρωνικών δικτύων. Άλλα σημεία που απαιτούν προσοχή είναι η επιλογή κατάλληλου τελεστή συνεπαγωγής, της μεθόδου αποασαφοποίησης κλπ. Ένα από τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα

σύστημα ασαφούς συλλογιστικής είναι η σταθερότητα, δηλαδή η ικανότητά του να εμφανίζει καλή συμπεριφορά σε όλο το φάσμα τιμών εισόδου. Συνήθως η σταθερότητα συμπεριλαμβάνεται σαν ασαφής μεταβλητή στην περιγραφή του συστήματος και οι σχετικοί κανόνες ρυθμίζουν τη συμπεριφορά του συστήματος σε ακραίες καταστάσεις.

6.2 Νεύρο-ασαφή συστήματα (υβριδικά συστήματα)

Τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν μια πολύ ελκυστική μέθοδο αναγνώρισης προτύπων, αλλά δεν προσφέρονται για την εξήγηση της διαδικασίας λήψης της απόφασης. Μπορούν να θεωρηθούν ως μαύρο κουτί (black box), όπου η εξαγωγή γνώσης από το εκπαιδευμένο δίκτυο είναι αρκετά δύσκολη. Όπως είναι φυσικό, θα ήταν επιθυμητό να υπήρχε πρόσβαση στο συλλογιστικό μηχανισμό των νευρωνικών δικτύων, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ευκολότερης διαχείρισης και κατασκευής τους.

- Ως νευροασαφές σύστημα ορίζεται το ασαφές σύστημα που χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο μάθησης, ο οποίος προέρχεται ή εμπνέει από την θεωρία των νευρωνικών δικτύων, και προσπαθεί να προσεγγίσει μια άγνωστη συνάρτηση N διαστάσεων, η οποία ορίζεται ως ένα βαθμό από τα δεδομένα.
- Ένα νευροασαφές σύστημα μπορεί να αποδοθεί ως ένα δίκτυο προσοτροφodότησης με 3 επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο αντιπροσωπεύει τις μεταβλητές εισόδου, το μεσαίο(κρυφό) επίπεδο αντιπροσωπεύει τους ασαφείς κανόνες και το τρίτο επίπεδο συμβολίζει τις μεταβλητές εξόδου. Τα ασαφή σύνολα κωδικοποιούνται ως ασαφή βάρη συνάψεων χρησιμοποιώντας μία από τις γνωστές συναρτήσεις συμμετοχής (π.χ. τριγωνική, γκαουσιανή, τραπεζοειδής, κλπ.).
- Ένα νευροασαφές σύστημα είναι ικανό κάθε στιγμή (δηλ. Πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από την εκπαίδευση) να μεταφραστεί ως ένα σύνολο ασαφών κανόνων, όπου οι παράμετροι και η δομή τους έχουν φυσική και νοηματική υπόσταση. Είναι επίσης δυνατό να δημιουργηθεί ένα σύστημα απ'ευθείας από τα δεδομένα, ή να αρχικοποιηθεί με προγενέστερη γνώση, η οποία να έχει τη μορφή ασαφών κανόνων 'εάν-τότε' .

Από την άλλη πλευρά, η επιβολή εξωτερικής γνώσης στο σώμα ενός νευρωνικού δικτύου αναφορικά με ένα συγκεκριμένο πρόβλημα είναι αρκετά δύσκολη. Ένα ακόμα μειονέκτημα που εμφανίζουν τα νευρωνικά δίκτυα είναι ότι γενικά δεν είναι γνωστή η ακριβής μορφή της αρχιτεκτονικής του δικτύου και, συνεπώς, η δομή του καθορίζεται μόνο μέσω πειραματικών διαδικασιών.

Η ασαφής λογική μπορεί να εξηγήσει τη συμπεριφορά της λειτουργίας ενός συστήματος χρησιμοποιώντας κανόνες, και έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι δεν απαιτεί ακρίβεια της πληροφορίας. Στις περιπτώσεις, όμως, που δεν υπάρχει διαθέσιμη εξωτερική γνώση, η δυνατότητα εφαρμογής των ασαφών συστημάτων περιορίζεται. Επίσης, διάφορα ζητήματα εμφανίζουν δυσκολίες, όπως ο ακριβής διαμερισμός του χώρου εισόδων και εξόδων ενός προβλήματος σε ασαφή σύνολα, οι τιμές των παραμέτρων των συναρτήσεων συμμετοχής και ο ακριβής αριθμός των ασαφών κανόνων, που έχουν ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της σημαντικής ισχύος που χαρακτηρίζει την ασαφή λογική.

Τα νευρωνικά δίκτυα και τα ασαφή συστήματα μπορούν να θεωρηθούν ως ισοδύναμες μέθοδοι, όσον αφορά τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων. Όλοι οι παραπάνω λόγοι οδήγησαν στη γένεση νέων συνδυασμών των μεθόδων αυτών με κύριο στόχο την εξουδετέρωση όλων των παραπάνω μειονεκτημάτων. Τα υβριδικά συστήματα υπολογιστικής νοημοσύνης (hybrid computational intelligent systems) περιλαμβάνουν μια σύνθεση των δύο παραπάνω μεθόδων.

Τα συστήματα που βασίζονται στην ασαφή λογική και αυτά που βασίζονται στα ANN έχουν πολύ αντιθετικές απαιτήσεις κατά την εφαρμογή τους. Για παράδειγμα τα ασαφή συστήματα είναι κατάλληλα όταν υπάρχει αρκετή γνώση ειδικού για την εξεταζόμενη διαδικασία, ενώ τα συστήματα ANN είναι χρήσιμα σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν αρκετά μετρήσιμα δεδομένα για την εξεταζόμενη διαδικασία. Και οι δύο προσεγγίσεις κατασκευάζουν μη-γραμμικά συστήματα βασισμένα πάνω σε συνεχείς μεταβλητές, με τη διαφορά ότι η μεταχείριση των νευρωνικών συστημάτων γίνεται με τρόπο αριθμητικό-ποσοτικό, ενώ η μεταχείριση των ασαφών συστημάτων γίνεται με τρόπο συμβολικό-ποιοτικό. Τα νευρο-ασαφή συστήματα, όμως, παρουσιάζουν τόσο συμβολικά όσο και αριθμητικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, μπορούν μέσω λειτουργιών βάσει κανόνων να κάνουν επεξεργασία των μεταχειρισμένων από αυτά συμβόλων (symbolic processing via rule-based operations). Από την άλλη πλευρά, οι συναρτήσεις συμμετοχής επιτρέπουν στα ασαφή συστήματα την αριθμητική επεξεργασία των καθορισμένων λεκτικών μεταβλητών που μεταχειρίζονται.

Κατά συνέπεια, η σύνθεση νευρωνικών και ασαφών συστημάτων οδηγεί σε μια νέα κατάσταση όπου το ασαφές σύστημα παρέχει ένα ισχυρό υπόβαθρο για την αναπαράσταση της γνώσης των ειδικών, ενώ τα ANN παρέχουν ικανότητες μάθησης και είναι εξαιρετικά κατάλληλα για υπολογιστικά αποτελεσματικές εφαρμογές μέσω Η/Υ. Η σημασία της σύνθεσης αυτής εξάγεται και από τις διαφορές των ξεχωριστών αυτών συστημάτων, καθώς τα ANN δεν παρέχουν ένα ισχυρό πλαίσιο για αναπαράσταση γνώσης, ενώ οι ελεγκτές ασαφούς λογικής δεν διακρίνονται για την ικανότητα αυτόματης μάθησης. Τα υβριδικά νευρο-ασαφή συστήματα μπορούν να δημιουργηθούν με τρεις τρόπους:

1. **Neural Fuzzy System:** Σε αυτού του είδους τα συστήματα τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται ως εργαλεία μέσα σε ένα ασαφές μοντέλο.
2. **Fuzzy Neural Networks:** Τα δίκτυα αυτά ουσιαστικά συνιστούν την ασαφοποίηση του συμβατικού μοντέλου νευρωνικού δικτύου.
3. **Fuzzy-neural Hybrid System:** Τα συστήματα αυτά συνίστανται στην ενσωμάτωση τεχνολογίας ασαφούς λογικής και νευρωνικών δικτύων σε υβριδικά συστήματα.

Για τις δύο πρώτες κατηγορίες η σύνθεση νευρο-ασαφών συστημάτων προκύπτει παρέχοντας σε ένα νευρωνικό δίκτυο την ικανότητα χειρισμού ασαφούς πληροφορίας (fuzzy-neural network - FNN) και ενισχύοντας ένα ασαφές σύστημα με νευρωνικά δίκτυα, προκειμένου να βελτιωθούν χαρακτηριστικά, όπως η ευελιξία, η ταχύτητα και η προσαρμοστικότητα (neural-fuzzy systems - NFS).

Σε ένα FNN οι είσοδοι και τα βάρη των συνδέσεων και οι έξοδοι του δικτύου αποτελούν ασαφή υποσύνολα ή ένα σύνολο από τιμές συμμετοχής σε ασαφή σύνολα. Για τη μοντελοποίηση αυτών των δικτύων χρησιμοποιούνται λεκτικές τιμές, όπως «μικρό, μεσαίο, μεγάλο», ή ασαφείς αριθμοί. Νευρωνικά δίκτυα που χρησιμοποιούν ασαφείς νευρώνες

χαρακτηρίζονται επίσης FNN, καθώς θεωρούνται ικανά να επεξεργαστούν ασαφείς πληροφορίες.

Ένα νευρο-ασαφές σύστημα (NFS) από την άλλη πλευρά έχει ως σκοπό την πραγματοποίηση της διαδικασίας ασαφούς συλλογιστικής (fuzzy reasoning), όπου τα βάρη των συνδέσεων του δικτύου αντιστοιχούν στις παραμέτρους της ασαφούς συλλογιστικής. Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους μάθησης της μορφής backpropagation, το NFS μπορεί να αναγνωρίσει ασαφείς κανόνες και να «μάθει» τις συναρτήσεις συμμετοχής της ασαφούς συλλογιστικής. Συγκεκριμένα το NFS θα πρέπει να είναι ικανό να «μάθει» λεκτικούς κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής ή να βελτιστοποιεί τους ήδη υπάρχοντες κανόνες ή συναρτήσεις συμμετοχής. Υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις:

- 1) το σύστημα ξεκινά χωρίς κανόνες και δημιουργεί νέους κανόνες μέχρι το πρόβλημα της μάθησης να επιλυθεί. Η δημιουργία ενός νέου κανόνα προκύπτει από ένα πρότυπο εκμάθησης που δεν καλύπτεται αρκετά από την τρέχουσα βάση κανόνων.
- 2) το σύστημα ξεκινά με όλους εκείνους τους κανόνες που μπορούν να δημιουργηθούν από το διαμερισμό των μεταβλητών και διαγράφοντας ανεπαρκείς κανόνες από τη βάση κανόνων με βάση την αξιολόγηση της απόδοσής τους.
- 3) το σύστημα ξεκινά με μια βάση κανόνων που αποτελείται από σταθερό αριθμό κανόνων. Κατά τη διαδικασία της εκμάθησης οι κανόνες αντικαθίστανται μέσω μιας διαδικασίας βελτιστοποίησης.

Αναφορικά με την τρίτη προσέγγιση, τόσο οι τεχνικές ασαφούς λογικής, όσο και οι τεχνικές των νευρωνικών δικτύων παίζουν καθοριστικό ρόλο σε ένα υβριδικό σύστημα. Εκτελούν τις δραστηριότητές τους για διαφορετικές λειτουργίες του συστήματος. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει το ANFIS (Adaptive Network based Fuzzy Inference System Adaptive ή αλλιώς Adaptive Neuro Fuzzy Inference System). Εμπλεκώντας το σύστημα ασαφούς συμπερασμού σε ένα πλαίσιο προσαρμοστικών δικτύων (adaptive networks), προκύπτει η δομή του ANFIS (Jang, 1997).

Τα πρόσφατα αναπτυγμένα νευρο-ασαφή συστήματα, που ενσωματώνουν τις επιθυμητές αρχές τόσο των ασαφών συστημάτων όσο και των νευρωνικών δικτύων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη ασαφών κανόνων με «φυσικό» τρόπο. Και αυτό γιατί η μάθηση στα νευρο-ασαφή συστήματα καταλήγει σε κατανοήσιμους λεκτικούς κανόνες της μορφής «εάν-τότε». Είναι εξαιρετικά χρήσιμα στην επεξήγηση της συλλογιστικής που κρύβεται πίσω από κάθε αποτέλεσμα τους, ενώ οι κανόνες «εάν-τότε» που παράγουν είναι αρκετά απλοί, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα έμπειρο σύστημα, σε περίπτωση που χρειαστεί. Οι κανόνες αυτής της μορφής, επίσης, επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών δεδομένων.

Πέρα από τους κανόνες στους οποίους καταλήγουν τα νευρο-ασαφή συστήματα, εξωτερικά καθορισμένες οδηγίες μπορούν να εισαχθούν ως «εάν-τότε» κανόνες. Το σύστημα χρησιμοποιεί και τα δύο σύνολα, δηλαδή εκείνα που δημιουργούνται από παραδείγματα εκμάθησης και εκείνα που καθορίζονται από το χρήστη ως οδηγίες για σκοπούς ταξινόμησης. Η διαδικασία παροχής οδηγιών είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου πρόσθετη πληροφόρηση παρέχεται από τον ειδικό στο συγκεκριμένο αντικείμενο που εξετάζεται. Συνήθως στις πραγματικές εφαρμογές, οι οδηγίες αυτές παρέχουν πληροφορίες

που δεν είναι διαθέσιμες στο σύνολο των δεδομένων εκμάθησης, και είναι το αποτέλεσμα της εμπειρικής γνώσης του ειδικού που ασχολείται πολλά χρόνια με το συγκεκριμένο αντικείμενο. Ανάλογη παροχή οδηγιών σε νευρωνικό δίκτυο δεν είναι εύκολο να υπάρξει, παρά το ότι μια χρονοβόρα κατάλληλη προσαρμογή των βαρών από το χρήστη θα μπορούσε να την καταστήσει δυνατή. Εξαιτίας της ασαφопоίησης των δεδομένων εισόδου, οι μεταβλητές εισόδου στο νευρο-ασαφές σύστημα παίρνουν μερικές ασαφопоιημένες τιμές (π.χ. μικρό, μεσαίο, μεγάλο), αντί για μια μεγάλη γκάμα πραγματικών αριθμητικών τιμών. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται μεγάλη μείωση του χρόνου μάθησης για το νευρο-ασαφές σύστημα.

6.3 Χαρακτηριστικά των νευρο-ασαφών συστημάτων

Συγκριτικά με τα νευρωνικά δίκτυα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των νευρο-ασαφών συστημάτων συνοψίζονται στον παρακάτω Πίνακα 3.5.1.

Πίνακας 3.5.1: Σύγκριση νευρωνικών δικτύων με νευρο-ασαφή συστήματα (Jang, 1997).

Ιδιότητα	Νευρο-ασαφών	Νευρωνικών
Δυνατότητα επεξήγησης της διαδικασίας	Πολύ καλή	Περιορισμένη σε μοντέλα μόνο τοπικής προσέγγισης (π.χ. RBF)
Περιγραφή a-priori Μοντέλου	Άμεση περιγραφή a-priori μοντέλου	Μόνο ορισμένα μοντέλα (π.χ. rule based neural nets), έχουν δυνατότητα εισαγωγής a priori πληροφορίας
Ταχύτητα Εκπαίδευσης	Αποτελεσματική Εκπαίδευση	Γενικά αργότερη εκπαίδευση από τα νευρο-ασαφή
Βέλτιστη Μάθηση από Παραδείγματα	Δεν έχει διατυπωθεί ακόμη θεωρία	Υπάρχει πλαίσιο βέλτιστης εκμετάλλευσης παραδειγμάτων

Τα κύρια χαρακτηριστικά των νευρο-ασαφών συστημάτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

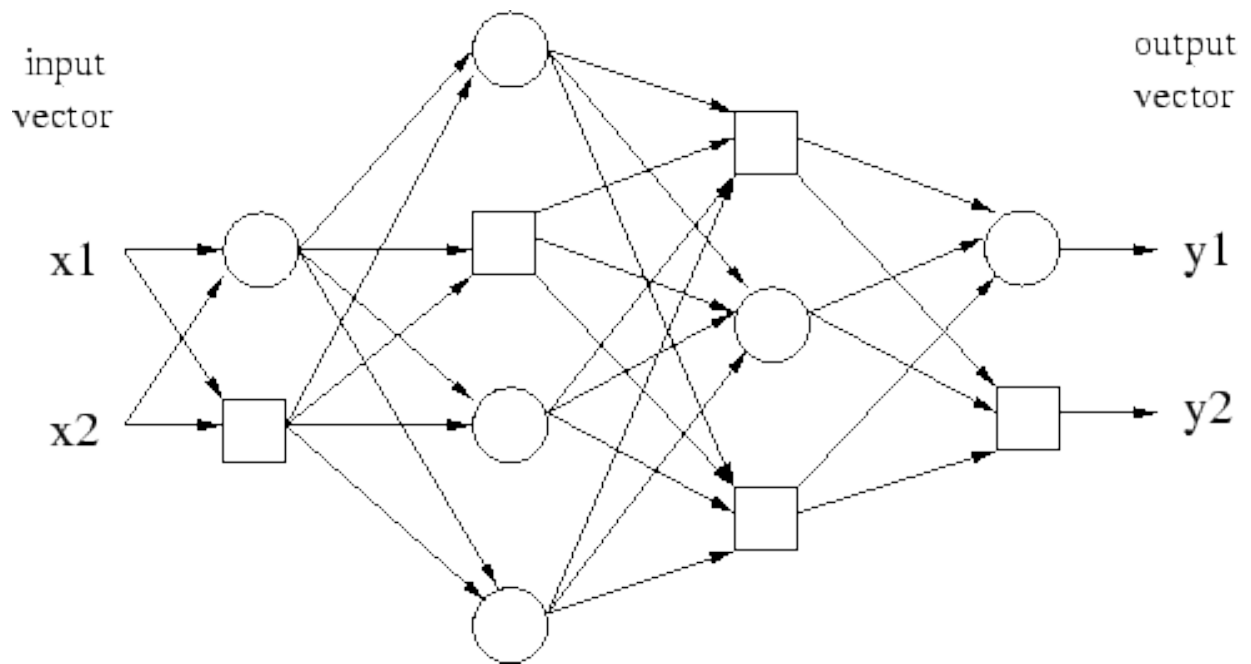
- Κατασκευή **ευέλικτου, μη-τυπικού** μοντέλου για τα δεδομένα εκπαίδευσης με τη μορφή *ασαφών κανόνων* (fuzzy rules).
- Χρησιμοποίηση **a priori γνώσης** για το πρόβλημα.
- Η αρχική γνώση μπορεί εύκολα να **προσαρμοστεί** βάσει των δεδομένων εκπαίδευσης με νευρωνικούς αλγόριθμους μάθησης.

- Η γνώση είναι **άμεσα προσπελάσιμη** με τη μορφή κανόνων (rules). Οι κανόνες είναι της μορφής :
Εάν (if) <συνθήκες (conditions) > τότε (then) <αποτελέσματα (consequents)>.
- Ο τρόπος διατύπωσης των κανόνων είναι πολύ κοντά στην κοινή ανθρώπινη λογική και συνεπώς η δυνατότητα των ασαφών συστημάτων για παροχή επεξηγήσεων του τρόπου εξαγωγής ενός συμπεράσματος είναι εξαιρετικά αποτελεσματική.

6.4 Σχέση προσαρμοστικού νεύρο-ασαφούς συστήματος (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System - ANFIS και προσαρμοστικών δικτύων (Adaptive Networks)

Το ANFIS θεωρείται ότι ανήκει στα προσαρμοστικά δίκτυα (adaptive networks), τα οποία είναι αρκετά όμοια με τα νευρωνικά δίκτυα. Το προσαρμοστικό δίκτυο αποτελείται από τους προσαρμοστικούς και τους μη προσαρμοστικούς κόμβους (adaptive, non-adaptive nodes). Ουσιαστικά το προσαρμοστικό δίκτυο είναι ένα πολύ-επίπεδο δίκτυο πρόσθιας τροφοδότησης (multi-layer feed-forward network), στο οποίο κάθε κόμβος εκτελεί μία συγκεκριμένη λειτουργία πάνω στα εισερχόμενα σήματα και πάνω στο σύνολο των παραμέτρων που αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο κόμβο. Οι κόμβοι συνδέονται μέσω κατευθυντήριων συνδέσμων (directional links). Μερικοί ή όλοι οι κόμβοι είναι προσαρμόσιμοι, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι το αποτέλεσμα καθενός από αυτούς τους κόμβους εξαρτάται από τις παραμέτρους που σχετίζονται με αυτόν τον κόμβο, και ο κανόνας μάθησης προσδιορίζει πώς αυτοί οι παράμετροι θα πρέπει να μεταβληθούν για την ελαχιστοποίηση ενός προκαθορισμένου μέτρου σφάλματος.

Το είδος της λειτουργίας του κάθε κόμβου μπορεί να ποικίλει από κόμβο σε κόμβο, και η επιλογή της λειτουργίας ενός κόμβου εξαρτάται από τη συνολική επεξεργασία πάνω στις εισόδους και την έξοδο που το προσαρμοστικό δίκτυο πρέπει να εκτελέσει. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο Σχήμα 2.3.5.3.1 που παρουσιάζει τη δομή αυτού του δικτύου οι σύνδεσμοί του απλά υποδεικνύουν την κατεύθυνση της ροής των σημάτων ανάμεσα στους κόμβους, ενώ σταθμικά βάρη δεν σχετίζονται με τους συνδέσμους.



Προσαρμοστικό δίκτυο

Για την απεικόνιση των διαφορετικών ικανοτήτων προσαρμοστικότητας χρησιμοποιούνται τόσο κυκλικοί όσο και τετράγωνοι κόμβοι στην αναπαράσταση του δικτύου. Ένας τετράγωνος κόμβος περιλαμβάνει παραμέτρους (adaptive node), ενώ ο κυκλικός κόμβος δεν έχει καμία παράμετρο (fixed node). Το σύνολο των παραμέτρων ενός προσαρμοστικού δικτύου είναι η ένωση των συνόλων των παραμέτρων του κάθε ενός προσαρμοστικού κόμβου. Οι παράμετροι αυτοί ενημερώνονται κατάλληλα, σύμφωνα με δοσμένα δεδομένα εκπαίδευσης και μία gradient based διαδικασία μάθησης, προκειμένου να επιτευχθεί μία επιθυμητή αντιστοίχιση μεταξύ των δεδομένων εισόδου-εξόδου.

Υποτίθεται ότι ένα δοσμένο προσαρμοστικό δίκτυο, αποτελείται από L επίπεδα και το k -οστό επίπεδο έχει (k) κόμβους (nodes). Ο κόμβος μπορεί να συμβολιστεί στην i -οστή θέση του k -οστού επιπέδου με το ζεύγος (k, i) και την αντίστοιχη συνάρτηση του κόμβου (ή αλλιώς έξοδο του κόμβου) με O_i^k . Από τη στιγμή που το αποτέλεσμα ενός κόμβου εξαρτάται από τα εισερχόμενα σήματα και το σύνολο των παραμέτρων του, τότε

$$O_i^k = O_i^k(O_1^{k-1}, \dots, O_{\#(k-1)}^{k-1}, a, b, c, \dots)$$

όπου a, b, c κλπ οι παράμετροι που αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο κόμβο.

Υποθέτοντας ότι το δοσμένο σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης έχει P εισόδους, μπορεί να προσδιοριστεί το μέτρο σφάλματος ως το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων.

$$J_p = \sum_{i=1}^{\#(L)} (T_{i,p} - O_{i,p}^L)^2$$

όπου $T_{i,p}$ είναι το i -οστό συστατικό του p -οστού διανύσματος εξόδων-στόχου που δημιουργείται από την παρουσίαση του p -οστού διανύσματος εισόδου. Επομένως, το μέτρο συνολικού σφάλματος είναι το:

$$J = \sum_{p=1}^P J_p$$

Για να κατασκευαστεί μία διαδικασία μάθησης που εφαρμόζει την μέθοδο βαθμωτής κατάβασης (gradient descent) στο J πάνω στον παραμετρικό χώρο, πρέπει πρώτα να υπολογιστεί το ποσοστό σφάλματος $\partial J_p / \partial O$ για το p -οστό σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης. Το ποσοστό σφάλματος για τον κόμβο εξόδου στο (L, i) μπορεί να υπολογιστεί απευθείας από τον παραπάνω τύπο του J_p .

$$\frac{\partial J_p}{\partial O_{i,p}^L} = -2(T_{i,p} - O_{i,p}^L)$$

Για τον εσωτερικό κόμβο στο (k, i) το ποσοστό σφάλματος μπορεί να εξαχθεί από τον κανόνα της αλυσίδας:

$$\frac{\partial J_p}{\partial O_{i,p}^k} = \sum_{m=1}^{\#(k+1)} \frac{\partial J_p}{\partial O_{m,p}^{k+1}} \frac{\partial O_{m,p}^{k+1}}{\partial O_{i,p}^k}$$

όπου $\forall k \leq L - 1$. Η προηγούμενη εξίσωση ουσιαστικά συνεπάγεται ότι ο ρυθμός σφάλματος ενός εσωτερικού κόμβου μπορεί να εκφραστεί ως ένας γραμμικός συνδυασμός των ρυθμών σφάλματος των κόμβων του επόμενου επιπέδου. Κατά συνέπεια, για όλα τα $\forall k \leq L$ και για $\forall i \leq \#(k)$, μπορεί να βρεθεί το $\frac{\partial J_p}{\partial O_{i,p}^k}$ από τις δύο παραπάνω εξισώσεις που

μόλις περιγράφηκαν. Αν α είναι μία παράμετρος του δοσμένου προσαρμοστικού δικτύου, τότε:

$$\frac{\partial J_p}{\partial \alpha} = \sum_{o^* \in S} \frac{\partial J_p}{\partial O^*} \frac{\partial O^*}{\partial \alpha} \quad (6.1)$$

όπου S το σύνολο των κόμβων των οποίων τα αποτελέσματα εξαρτώνται από το α . Τότε η παράγωγος του συνολικού σφάλματος J ως προς το α είναι

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha} = \sum_{p=1}^P \frac{\partial J_p}{\partial \alpha} \quad (6.2)$$

Ανάλογα η ενημερωμένη εξίσωση για τη γενικευμένη παράμετρο α είναι

$$\Delta \alpha = -\eta \frac{\partial J}{\partial \alpha}$$

στην οποία το « η » είναι ο ρυθμός μάθησης που μπορεί να εκφραστεί και ως

$$\eta = \frac{k}{\sqrt{\sum_{\alpha} \left(\frac{\partial J}{\partial \alpha} \right)^2}}$$

όπου k είναι το *step size*, το μέγεθος δηλαδή της κάθε μεταβολής κλίσης στον παραμετρικό χώρο. Συνήθως μπορεί να μεταβληθεί η τιμή του k για να μεταβληθεί η ταχύτητα σύγκλισης. Υπάρχουν δύο μέθοδοι μάθησης για προσαρμοστικά δίκτυα. Με την *off-line learning* (batch learning) μέθοδο ο τρόπος ενημέρωσης των παραμέτρων « α » βασίζεται στην εξίσωση (6.2) και η ενέργεια ενημέρωσης λαμβάνει χώρα μετά την παρουσίαση του συνόλου των δεδομένων εκπαίδευσης (π.χ. ύστερα από μία περίοδο-epoch). Από την άλλη πλευρά, αν είναι επιθυμητό οι παράμετροι να ενημερωθούν άμεσα ύστερα από την παρουσίαση του

κάθε ζευγαριού εισόδων-εξόδων, τότε ο τύπος ενημέρωσης βασίζεται στην εξίσωση (6.1) και αναφέρεται ως μάθηση προτύπου (pattern learning) ή on-line learning.

6.5 Υβριδικός αλγόριθμος μάθησης του ANFIS

Παρατηρώντας το δίκτυο ANFIS, που μόλις περιγράφηκε, προκύπτει το συμπέρασμα ότι δοσμένων των τιμών των παραμέτρων του «εάν» τμήματος του κανόνα, το συνολικό αποτέλεσμα μπορεί να εκφραστεί ως ένας γραμμικός συνδυασμός των παραμέτρων του «τότε» τμήματος του κανόνα. Συγκεκριμένα το αποτέλεσμα f μπορεί να ξαναγραφεί ως:

$$f = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 = (\bar{w}_1 x_1) p_1 + (\bar{w}_1 x_2) q_1 + (\bar{w}_1) r_1 + (\bar{w}_2 x_1) p_2 + (\bar{w}_2 x_2) q_2 + (\bar{w}_2) r_2 \quad (3.6.4.1)$$

Η σχέση αυτή είναι γραμμική ως προς τις παραμέτρους ($p_1, q_1, r_1, p_2, q_2, r_2$).

Οπότε, ένας αλγόριθμος μάθησης που θα περιλαμβάνει μη γραμμικές τεχνικές, όπως η βαθμωτή κατάβαση (gradient descend), αλλά και γραμμικές, όπως η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Με βάση την παρατήρηση αυτή έχουμε στην εξίσωση $\mathbf{S} = \mathbf{S}_1 \oplus \mathbf{S}_2$:

$\mathbf{S}$ = σύνολο των συνολικών παραμέτρων

$\mathbf{S}_1$ = σύνολο των (μη γραμμικών) παραμέτρων του τμήματος «υπόθεση» (premise) των κανόνων

$\mathbf{S}_2$ = σύνολο των (γραμμικών) παραμέτρων του τμήματος «απόδοση» (consequent) των κανόνων.

Η $H(\cdot)$ είναι η ταυτοτική συνάρτηση και η $F(\cdot, \cdot)$ είναι η συνάρτηση του συστήματος ασαφούς συμπερασμού αντίστοιχα. Κατά συνέπεια, ο υβριδικός αλγόριθμος μάθησης που αναπτύχθηκε παραπάνω μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα.

Αναλυτικότερα, όπως συμβαίνει και στα νευρωνικά δίκτυα, θα ξεχωρίσουν δύο φάσεις στη διαδικασία εκπαίδευσης:

1. Πέρασμα προς τα εμπρός (forward pass): Στη φάση αυτή το σήμα εισόδου διαδίδεται από το επίπεδο 1 μέχρι το επίπεδο 4 και οι παράμετροι (p_i, q_i, r_i) $i = 1, 2$ εκτιμούνται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.
2. Πέρασμα προς τα πίσω (backward pass): Στη φάση αυτή έχοντας μία ένδειξη του λάθους πραγματοποιείται μία διόρθωση κατά μία ποσότητα που ορίζεται από τη μέθοδο της βαθμωτής κατάβασης (Gradient Descent), των μεταβλητών a_i, b_i, c_i

Το ANFIS διασπά το σύνολο των παραμέτρων του σε δύο υποσύνολα, εκ των οποίων το ένα αποτελεί γραμμικό σύνολο παραμέτρων και, επομένως, είναι δυνατόν να εκπαιδευτεί με γραμμικούς αλγόριθμους, όπως η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων (least squared). Οι γραμμικοί αλγόριθμοι μάθησης επιτυγχάνουν συνολικά ελάχιστα (global minimums) της συνάρτησης κόστους στο χώρο των παραμέτρων τους και είναι αποδοτικοί από πλευράς απαιτούμενου υπολογιστικού χρόνου. Το δεύτερο υποσύνολο παραμέτρων εκπαιδεύεται με αλγόριθμους που μπορούν να δημιουργήσουν μη-γραμμικές απεικονίσεις, όπως η βαθμωτή κατάβαση (gradient descent). Οι αλγόριθμοι αυτοί είναι απαιτητικοί από πλευράς απαιτούμενου χρόνου εκπαίδευσης και δεν υπάρχει εγγύηση για την πραγματοποίηση του συνολικού ελαχίστου της συνάρτησης κόστους στον χώρο των παραμέτρων τους. Ο αλγόριθμος μάθησης του ANFIS συνδυάζει περάσματα προς τα εμπρός και προς τα πίσω.

Στο πέρασμα εμπρός γίνεται η μάθηση του συνόλου των γραμμικών παραμέτρων και στο πέρασμα προς τα πίσω γίνεται η προσαρμογή των μη-γραμμικών αντίστοιχα.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου έγκειται στο γεγονός της ύπαρξης τόσο γραμμικών όσο και μη γραμμικών μεθόδων, που την καθιστά ταχύτερη από τα κλασικά νευρωνικά δίκτυα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το ANFIS εμφανίζει μεγάλη ομοιότητα με το δίκτυο RBF, που χρησιμοποιεί τον ίδιο περίπου υβριδικό αλγόριθμο εκπαίδευσης.

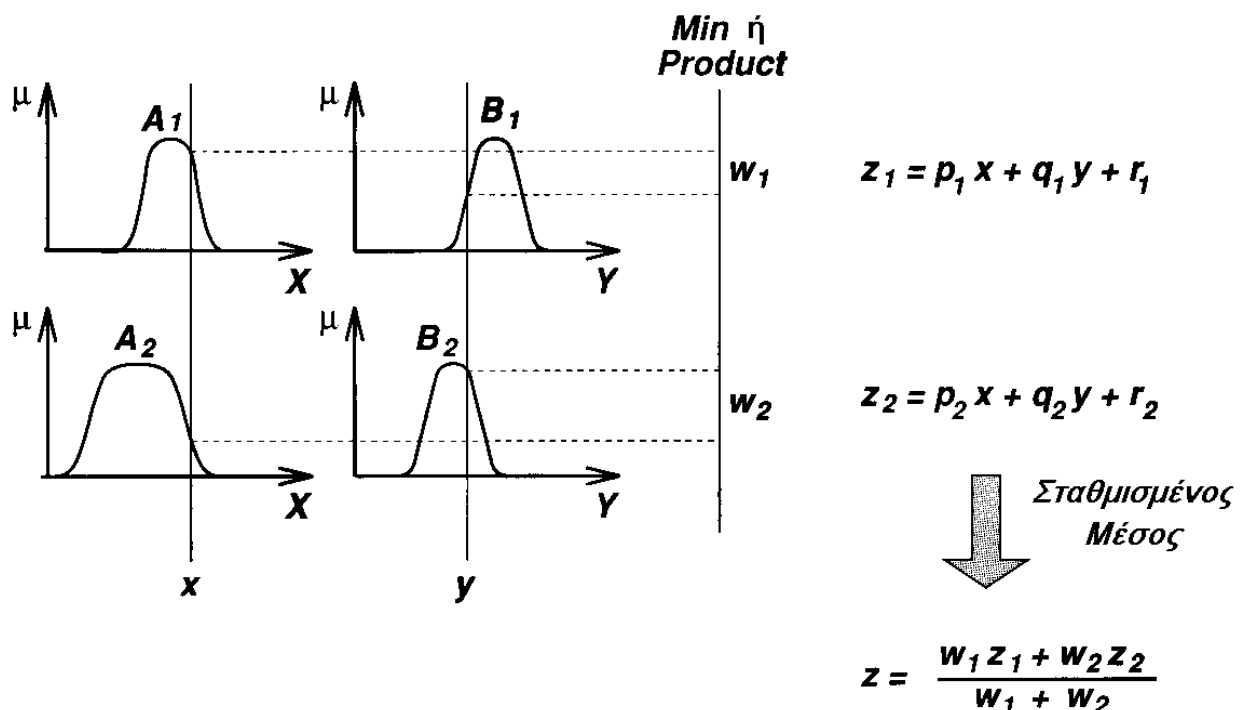
6.6 Η αρχιτεκτονική του ANFIS

Ο αλγόριθμος ANFIS είναι από τους κυριότερους αλλά και ταυτόχρονα από τους πρώτους που εφαρμόστηκαν στο πεδίο της νευρο-ασαφούς προσέγγισης προβλημάτων. Παρακάτω περιγράφεται το δίκτυο, υποθέτοντας ότι το πρόβλημα το οποίο θα αναλυθεί έχει δύο εισόδους x και y και μία έξοδο z . Υποθέτοντας ότι για ένα πρώτης τάξης μοντέλο Sugeno, μία τυπική βάση κανόνων (rule base) θα μπορούσε να είναι και η εξής:

Κανόνας 1: Εάν f_x είναι A_1 και y είναι B_1 τότε $f_1 = p_1 \times x + q_1 \times y + r_1$

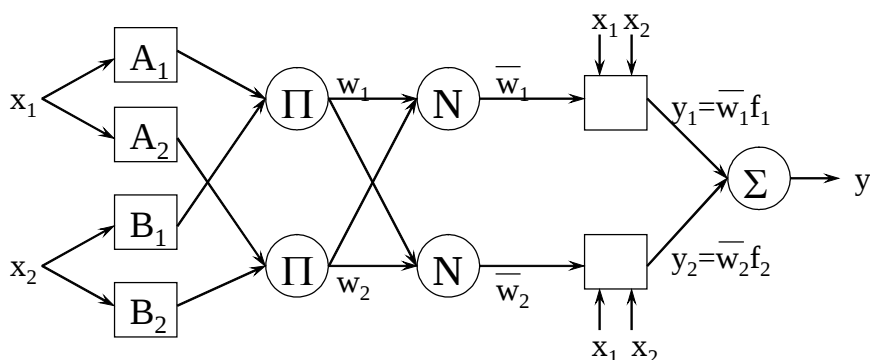
Κανόνας 2: Εάν f_x είναι A_2 και y είναι B_2 τότε $f_2 = p_2 \times x + q_2 \times y + r_2$

Το παρακάτω Σχήμα 2.3.5.7.1 δείχνει με απλό τρόπο τη διαδικασία συμπερασμού (inference procedure) του μοντέλου Sugeno, στην περίπτωση όπου για t-operator έχει επιλεγεί η τομή των δύο ασαφών συνόλων (A, B), οπότε $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$.



6.7 Ασαφής Συλλογιστική (fuzzy reasoning)

Όπως γίνεται φανερό, η έξοδος z του πρωτοβάθμιου μοντέλου Sugeno είναι ένας σταθμικός μέσος όρος. Η αντίστοιχη αναπαράσταση του δικτύου ANFIS παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα



Η αρχιτεκτονική δομή του ANFIS

Οι παράμετροι οι οποίοι προσαρμόζονται μέσω της εκπαίδευσης είναι:

- Οι παράμετροι της υπόθεσης των κανόνων (*premise parameters*), οι οποίες είναι μη γραμμικές και εμφανίζονται στις συναρτήσεις συμμετοχής των εισόδων, στο πρώτο επίπεδο, με τη μορφή των κέντρων (centers, c) και των πλατών (widths, σ), των συναρτήσεων συμμετοχής.
- Οι παράμετροι της απόδοσης των κανόνων (*consequent parameters*) οι οποίες είναι γραμμικές και εμφανίζονται στο τέταρτο επίπεδο, με τη μορφή βαρών (weights, w) των εξόδων.

Ο κάθε κόμβος και το κάθε επίπεδο του ANFIS έχει μία ιδιαίτερη χρήση, η οποία εξηγείται παρακάτω.

Επίπεδο 1: Κάθε κόμβος i σε αυτό το επίπεδο συμπεριφέρεται όπως οι νευρώνες στα νευρωνικά δίκτυα, δηλαδή λειτουργούν ως συναρτήσεις μεταφοράς. Είναι ένας προσαρμόσιμος (adaptive) κόμβος με μία συνάρτηση κόμβου:

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x_1) \text{ για } i = 1, 2 \text{ ή}$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(x_2) \text{ για } i = 3, 4,$$

όπου x , η είσοδος στον κόμβο i , A_i (ή B_{i-2}) είναι η γλωσσική μεταβλητή (πολύ μικρό, μικρό, μέτριο, μεγάλο και πολύ μεγάλο) που σχετίζεται με αυτή τη συνάρτηση του κόμβου. Το $O_{1,i}$ είναι ο βαθμός συμμετοχής του A ($= A_1, A_2, B_1$ or B_2) και καθορίζει το βαθμό στον οποίο η είσοδος x ικανοποιεί ένα τμήμα του κανόνα. Η συνάρτηση συμμετοχής του A είναι τύπου gaussmf:

$$\text{gaussmf}(x, c, \sigma) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-c}{\sigma} \right)^2}$$

όπου c, σ είναι το σύνολο των παραμέτρων.

Καθώς οι τιμές αυτών των παραμέτρων αλλάζουν, η γκαουσιανή συνάρτηση συμμετοχής αλλάζει ανάλογα, παρουσιάζοντας έτσι διάφορες μορφές της συνάρτησης συμμετοχής για το ασαφές σύνολο A . Οι παράμετροι σε αυτό το επίπεδο αναφέρονται ως παράμετροι υπόθεσης. Στον κόμβο αυτό γίνεται η ασαφοποίηση των τιμών των εισόδων, (fuzzyfication).

Επίπεδο 2: Κάθε κόμβος σε αυτό το επίπεδο είναι ένας σταθερός (fixed) κόμβος Π , του οποίου η έξοδος είναι το γινόμενο όλων των εισερχόμενων σημάτων:

$$O_{2,1} = w_1 = \mu_{A_1}(x_1) * \mu_{B_1}(x_2)$$

$$O_{2,2} = w_2 = \mu_{A_2}(x_1) * \mu_{B_2}(x_2)$$

Πρέπει να αναφέρουμε ότι εκτός του γινομένου μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε πράξη από τις αποδεκτές της ασαφούς λογικής που υλοποιούν την πράξη AND.

Επίπεδο 3: Κάθε κόμβος σε αυτό το επίπεδο είναι ένας σταθερός (fixed) κόμβος N . Ο i -οστός κόμβος υπολογίζει απλώς το πηλίκο της ισχύος του i -κανόνα ως προς το άθροισμα όλων των άλλων, δηλαδή τον βαθμό ενεργοποίησης (firing strength) του i -οστού κανόνα στο άθροισμα των βαθμών ενεργοποίησης όλων των κανόνων:

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

Οι έξοδοι αυτού του επιπέδου ονομάζονται κανονικοποιημένοι βαθμοί ενεργοποίησης (normalized firing strengths).

Επίπεδο 4: Κάθε κόμβος i σε αυτό το επίπεδο υπόκειται στη διαδικασία μάθησης. Είναι ένας προσαρμόσιμος (adaptive) κόμβος με μία συνάρτηση κόμβου:

$$O_{4,i} = \bar{w}_i * f_i = \bar{w}_i * (p_i * x_1 + q_i * x_2 + r_i)$$

όπου: $\bar{w}_i$ είναι η έξοδος του επιπέδου 3 (ο βαθμός ενεργοποίησης) και $\{p_i, q_i, r_i\}$ είναι το σύνολο παραμέτρων αυτού του κόμβου, οι οποίες παράμετροι σε αυτό το επίπεδο υπόκεινται σε εκπαίδευση και αναφέρονται ως παράμετροι απόδοσης του κάθε κανόνα (consequent parameters).

Επίπεδο 5: Ο μοναδικός κόμβος σε αυτό το επίπεδο είναι ένας σταθερός (fixed) κόμβος Σ , που υπολογίζει τη συνολική έξοδο σαν το ολικό άθροισμα όλων των εισερχόμενων σημάτων:

$$overall \ output = O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i * f_i = \frac{\sum_i w_i * f_i}{\sum_i w_i}$$

Έστω ότι χρησιμοποιούμε όλες τις πιθανές παραμέτρους, των οποίων ο αριθμός είναι συνάρτηση τόσο του αριθμού των εισόδων, όσο και του αριθμού των συναρτήσεων συμμετοχής. Ο αριθμός όλων των κανόνων τότε θα εκφραστεί ως:

$$Rule_n = \prod_{i=1}^{I_{n_n}} M \cdot f_i$$

και αν $premispara$ (premise parameters) είναι ο αριθμός όλων των παραμέτρων που είναι απαραίτητες για τη συνάρτηση συμμετοχής, τότε ο αριθμός τους προσδιορίζεται ως:

$$para_n = premispara_n \sum_{i=1}^{I_{n_n}} I_{n_n} \cdot M \cdot f_i + Rule_n (I_{n_n} + 1)$$

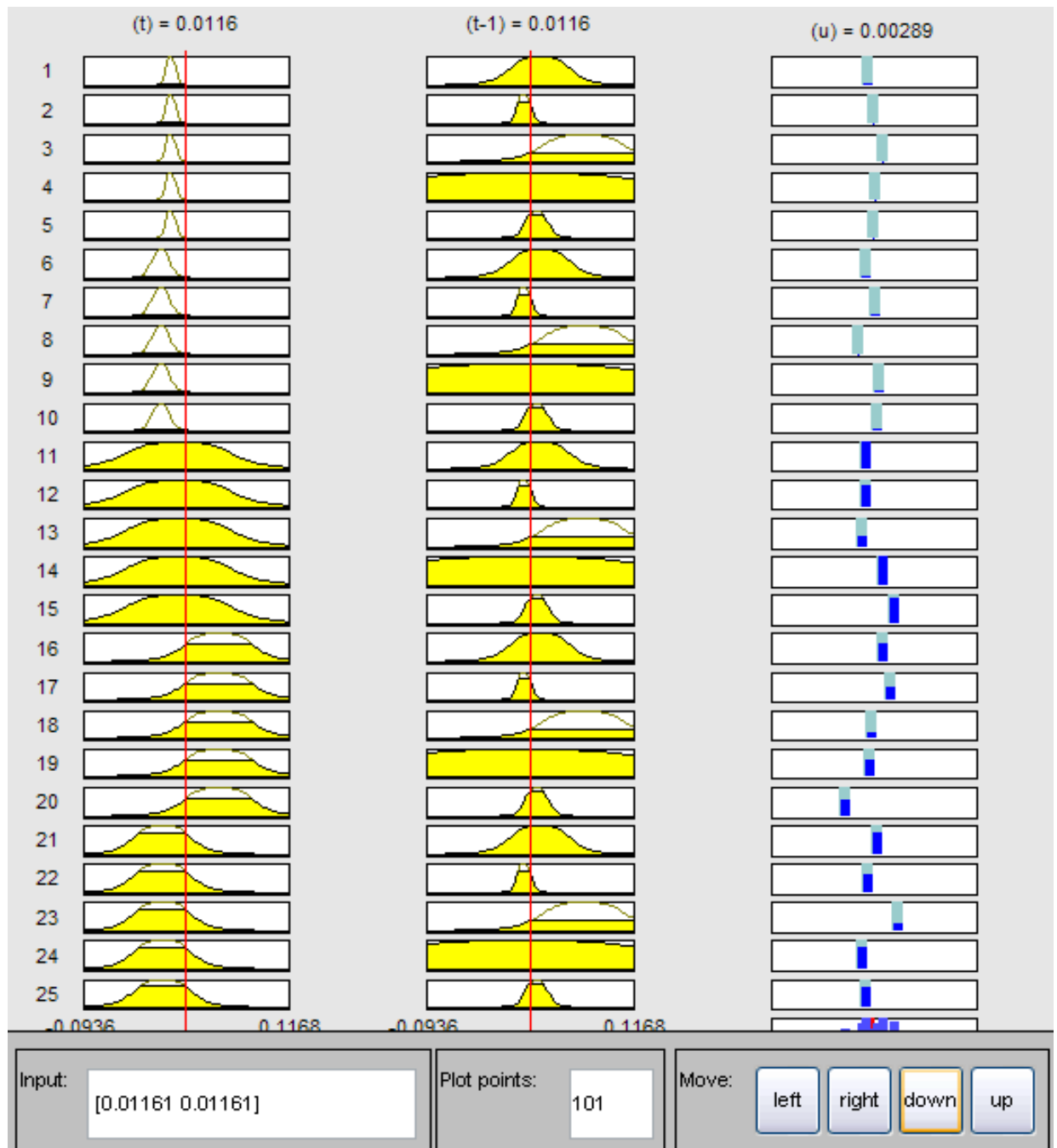
Στο τελευταίο επίπεδο οι παράμετροι της απόδοσης υπολογίζονται με τον αλγόριθμο των ελαχίστων τετραγώνων. Επαναδιατυπώνοντας την εξίσωση του 5^{ου} επιπέδου σε πιο εύχρηστη μορφή, δημιουργείται η παρακάτω εξίσωση:

$$O_1^5 = y = (w_1x_1)p_1 + (w_1x_2)q_1 + w_1r_1 + (w_2x_1)p_2 + (w_2x_2)q_2 + w_2r_2$$

$$y = \begin{bmatrix} w_1x_1 & w_1x_2 & w_3 & w_2x_1 & w_2x_2 & w_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ q_1 \\ r_1 \\ p_2 \\ q_2 \\ r_2 \end{bmatrix} = \mathbf{XW}$$

Όταν υπάρχουν δείγματα εκπαίδευσης εισόδου-εξόδου, το διάνυσμα βαρών (**W**), που αποτελείται από τις παραμέτρους απόδοσης, μπορεί να λυθεί με τη χρήση τεχνικών παλινδρόμησης.

Στο επόμενο Σχήμα παρουσιάζονται γραφικά οι κανόνες του πυρήνα του μοντέλου ANFIS. Καθεμία σειρά αναφέρεται σε έναν κανόνα. Για παράδειγμα, η πρώτη σειρά λειι ότι, εάν η τιμή $y(k+1)$ είναι πολύ μικρή και η τιμή $y(k)$ είναι πολύ μικρή, τότε η (u) είναι αποτέλεσμα του τύπου: $O_{4,i} = \bar{w}_i * f_i = \bar{w}_i * (p_i * y(k+1) + q_i * y(k) + r_i)$.



Σχήμα: Οι υπολογισμοί του ANFIS με βάση τους κανόνες

Οι κανόνες αντανakλούν τη στρατηγική ότι η ενέργεια ελέγχου απορρέει από το συνδυασμό της τιμής της πρώτης εισόδου και της δεύτερης εισόδου. Οι κόκκινες κάθετες γραμμές της πρώτης και δεύτερης στήλης δίνουν διαγραμματικά το σημείο ενεργοποίησης του πρώτου μέρους του κανόνα.

Όπως προκύπτει από το σχήμα 2.7.1, αν $x_1 = 0,0116$ και $x_2 = 0,0116$ τότε η έξοδος είναι $u(k) = 0,0289$.

6.8 Η μέθοδος μάθησης του ANFIS

Δύο κατηγορίες παραμέτρων βελτιστοποιούνται με την off-line εκπαίδευση:

α) Οι παράμετροι της υπόθεσης των κανόνων $[c, \sigma]$, οι οποίες προσδιορίζουν το κέντρο και το πλάτος των συναρτήσεων συμμετοχής γκαουσιανής μορφής. Οι παράμετροι είναι μη γραμμικές και προσαρμόζονται με τον αλγόριθμο οπισθόδρομης διάδοσης (backpropagation), ο οποίος χρησιμοποιεί τη μέθοδο απότομη κατάβαση.

β) Οι παράμετροι της απόδοσης των κανόνων $[p_i, q_i, r_i]$, οι οποίες αφορούν την έξοδο του συστήματος. Οι παράμετροι είναι γραμμικές και προσαρμόζονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Ο αλγόριθμος μάθησης τείνει να βελτιστοποιεί τις προσαρμόσιμες παραμέτρους, ώστε η έξοδος του ANFIS να ταιριάζει με τα δεδομένα εκπαίδευσης (Ikonen, 1996).

Ο βασικός κανόνας μάθησης ενός προσαρμοστικού δικτύου είναι ο αλγόριθμος backpropagation (Rumelhart, 1986), ο οποίος βασίζεται στην μέθοδο απότομη κατάβαση. Το ANFIS χρησιμοποιεί τον γρήγορο υβριδικό αλγόριθμο μάθησης, που πρότεινε ο Jang, (1991), ο οποίος συνδυάζει τη μέθοδο βαθμωτής κατάβασης και τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Με τις παραμέτρους της υπόθεσης δεδομένους, η έξοδος του δικτύου γίνεται:

$$\begin{aligned} f &= \frac{w_1}{w_1 + w_2} f_1 + \frac{w_2}{w_1 + w_2} f_2 \\ &= \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 \quad (5.4.2) \\ &= \bar{w}_1 (p_1 x_1 + q_1 x_2 + r_1) + \bar{w}_2 (p_2 x_1 + q_2 x_2 + r_2) \\ &= (\bar{w}_1 x_1) p_1 + (\bar{w}_1 x_2) q_1 + (\bar{w}_1) r_1 + (\bar{w}_2 x_1) p_2 + (\bar{w}_2 x_2) q_2 + (\bar{w}_2) r_2 \end{aligned}$$

Η σχέση αυτή είναι γραμμική ως προς τις παραμέτρους $(p_1, q_1, r_1, p_2, q_2, r_2)$.

Οπότε, ένας αλγόριθμος μάθησης που θα περιλαμβάνει μη γραμμικές τεχνικές, όπως το gradient descend, αλλά και γραμμικές, όπως η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Το σύνολο των παραμέτρων S , μπορεί να χωριστεί σε δύο σύνολα:

$$S = S_1 \oplus S_2$$

Όπου S = το σύνολο των παραμέτρων

S_1 = το σύνολο των μη γραμμικών παραμέτρων της υπόθεσης (premise) των κανόνων,

S_2 = το σύνολο των γραμμικών παραμέτρων της απόδοσης (consequent) των κανόνων,

$\oplus$ = άμεσο σύνολο (direct sum)

Στο πέρασμα προς τα εμπρός (από το επίπεδο 1 μέχρι 4) εφαρμόζεται η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων για τον προσδιορισμό των παραμέτρων απόδοσης (p_i, q_i, r_i) .

Για ένα δεδομένο σύνολο τιμών S_1 παρουσιάζονται δεδομένα εκπαίδευσης και δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας:

$$A\Theta = y$$

όπου το Θ περιέχει τις άγνωστες παραμέτρους στο S_2 . Αυτό είναι ένα γραμμικό πρόβλημα τετραγώνου, και η λύση για το Θ υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση, με βάση τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων η οποία ελαχιστοποιεί τη σχέση

$$\|A\Theta - y\|^2: \quad \Theta = (A^T A)^{-1} A^T y$$

Στο πέρασμα προς τα πίσω (από το επίπεδο τέσσερα στο ένα) το σφάλμα διαδίδεται προς τα πίσω (backpropagate). Οι παράμετροι υπόθεσης (c και σ) ενημερώνονται με τη μέθοδο της κατάβασης μέγιστης κλήσης (steepest descent) (Kim, 1993), με τη μείωση της συνολικής τετραγωνικής συνάρτησης κόστους με μία επαναληπτική διαδικασία σε σχέση με το $\Theta_{(S_2)}$:

$$J(\Theta) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N [y(k) - \hat{y}(k, \Theta)]^2$$

Η ενημέρωση των παραμέτρων στον i^{th} κόμβο στο επίπεδο L^{th} μπορεί να γραφεί ως:

$$\hat{\Theta}_i^L(k) = \hat{\Theta}_i^L(k-1) + n \frac{\partial + E(k)}{\partial \hat{\Theta}_i^L(k)}$$

όπου n είναι ο ρυθμός μάθησης και το βαθμωτό διάνυσμα:

$$\frac{\partial + E}{\partial \hat{\Theta}_i^L} = \varepsilon_{L,i} \frac{\partial \hat{z}_{L,i}}{\partial \hat{\Theta}_i^L}$$

όπου $\partial \hat{z}_{L,i}$ είναι η έξοδος του κόμβου και $\varepsilon_{L,i}$ είναι το σφάλμα που διαδίδεται προς τα πίσω.

Οι παράμετροι της απόδοσης βελτιστοποιούνται κάτω από τη συνθήκη ότι οι παράμετροι απόδοσης είναι δεδομένες. Ανάλογα, ο υβριδικός αλγόριθμος μάθησης συγκλίνει ταχύτατα, καθώς μειώνει το μήκος του διαστήματος στο οποίο ψάχνει.

Πιο αναλυτικά, σε κάθε επανάληψη (epoch) πραγματοποιείται ένα πέρασμα δεδομένων προς τα εμπρός (forward) και ένα προς τα πίσω (backward). Στο πέρασμα μπροστά, αφού παρουσιαστεί ένα διάνυσμα εισόδου, υπολογίζεται η έξοδος κάθε κόμβου σε κάθε επίπεδο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλα τα ζεύγη εκπαίδευσης, ώστε να διαμορφωθούν οι πίνακες A και y . Κατόπιν, προσδιορίζονται οι παράμετροι (γραμμικές) της απόδοσης S_2 με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Μετά τον προσδιορισμό των παραμέτρων S_2 , υπολογίζεται το σφάλμα για κάθε ζεύγος δεδομένων εκπαίδευσης. Κατόπιν, στο πέρασμα προς τα πίσω, το σφάλμα αυτό (η παράγωγος του σφάλματος σε σχέση με την έξοδο κάθε κόμβου) διαδίδεται από τον τελευταίο κόμβο προς τον πρώτο. Εδώ το διάνυσμα συσσωρεύεται για κάθε ζεύγος εκπαίδευσης. Αφού περάσουν όλα τα δεδομένα εκπαίδευσης προς τα πίσω, οι παράμετροι της υπόθεσης S_1 ενημερώνονται με βάση τη μέθοδο της απότομης κατάβασης.

6.9 Εξέταση των μοντέλων

Αφού έχει υπολογιστεί ένα μοντέλο πρέπει να εξεταστούν οι ιδιότητες του. Πρέπει να προσομοιωθεί ή να γίνουν δοκιμές για να εξακριβωθεί η προβλεπτική του ικανότητα (prediction).

Μπορούν κατευθείαν να εξεταστούν και να παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά ενός μοντέλου m χρησιμοποιώντας εντολές όπως οι *impulse*, *step*, *bode*, *nyquist* και *pzmap*.

Για να αξιολογηθεί η ποιότητα του μοντέλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εντολές *compare* και *resid*.

Για να υπολογιστεί k βήματα μπροστά πρόβλεψη (k -step-ahead) βασιζόμενοι σε ένα μοντέλο m εκτελείται η παρακάτω εντολή:

$$yhat = predict(m, [y \ u], k)$$

όπου m είναι το μοντέλο το οποίο έχει υπολογιστεί σύμφωνα με τα παραπάνω, y είναι η έξοδος και u είναι η είσοδος τα οποία αφορούν δεδομένα τα οποία δεν χρησιμοποιήθηκαν κατά των υπολογισμό του μοντέλου και k είναι το βήμα της πρόβλεψης (πόσες χρονικές περιόδους μπροστά θα αφορά η πρόβλεψη).

Η τιμή πρόβλεψης y_{hat} υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες του u μέχρι το χρόνο t και τις πληροφορίες του y μέχρι το χρόνο $t-1$.

Η εντολή `predict` μπορεί να αξιολογήσει πόσο καλά ένα μοντέλο χρονολογικής σειράς είναι ικανό να προβλέψει μελλοντικές τιμές.

Παράδειγμα:

Στο παράδειγμα αυτό το y είναι η χρονολογική σειρά των μηνιαίων πωλήσεων ενός προϊόντος. Ένα μοντέλο υπολογίζεται με βάση τα μισά δεδομένα και κατόπιν η ικανότητα του αξιολογείται στα υπόλοιπα δεδομένα.

```
y=(1000:5:1475)' % monthly Sales
figure(1)
plot(y)
y1=y(1:48)
y2=y(49:96)
m=ar(y1,4)
yhat=predict(m,y2,6)% predicts 6 months ahead
figure(2)
t=1:(length(yhat))
figure(4)
plot(t,y2,'b-s', t,yhat,'r-x');
legend('actual value',' AR prediction')
xlabel('time')
ylabel('value')
title('Actual and AR prediction -out of sample')
[y2 yhat (y2-yhat)]
% Root Mean Square Error (RMSE)
RMSE=sqrt(norm(y2-yhat)^2/length(y2-yhat))
```

6.9 Επιλογή της δομής ενός μοντέλου και αξιολόγηση

Μετά την δημιουργία αρκετών μοντέλων με διαφορετικές τάξεις και δομές, πρέπει να αποφασιστεί πιο από τα μοντέλα είναι το καλύτερο. Το πρόβλημα αυτό λέγεται αξιολόγηση του μοντέλου (model validation).

Η αξιολόγηση του μοντέλου είναι η καρδιά του προβλήματος της ταυτοποίησης του μοντέλου (identification problem) αλλά δεν υπάρχει απόλυτη διαδικασία για να προσεγγιστεί. Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν διάφορα εργαλεία αξιολόγησης της ποιότητας του μοντέλου. Μερικά από αυτά περιγράφονται παρακάτω:

6.11 Σύγκριση διαφορετικών δομών (cross validation)

Είναι φυσικό να συγκριθούν τα αποτελέσματα διαφορετικών μοντέλων τα οποία παράγονται από την χρήση διαφορετικών τάξεων (orders). Για τα μοντέλα κατάστασης χώρου μπορούν να δημιουργηθούν μοντέλα με διαφορετική τάξη δίνοντας ένα διάνυσμα τάξεων:

```
m= n4sid(Data, 1:10)
```

```
m=pem(Data, 'nx', 3:15)
```

Αυτές οι εντολές συνεπάγονται ένα διάγραμμα από το οποίο η καλύτερη τάξη επιλέγεται.

Για μοντέλα τύπου ARX, διάφορες τάξεις και χρονικές υστερήσεις μπορούν να μελετηθούν με την εντολή:

```
V= arxstruc(Data, Datv, NN)
```

Δημιουργούνται ARX μοντέλα ταιριάζοντας τα δεδομένα Data για κάθε δομή (σειρά) του πίνακα NN. Μετά υπολογίζεται το άθροισμα του τετραγώνου του σφάλματος πρόβλεψης για κάθε μοντέλο εφαρμόζοντας τα δεδομένα Datv. Η συνάρτηση loss function μαζί με την αντίστοιχη δομή τάξης αποθηκεύεται στην μεταβλητή V. Για να επιλεγεί η loss function με τη μικρότερη τιμή χρησιμοποιείται η εντολή

```
nn=selstruc(V,0)
```

Αυτή η προσέγγιση είναι γνωστή ως cross validation και είναι ένας καλός τρόπος προσέγγισης του προβλήματος της επιλογής του κατάλληλου μοντέλου. Ένα διάγραμμα των διαφορετικών δομών μοντέλων ανάλογα με την τάξη δίνει η εντολή:

```
selstruc(V)
```

Παράδειγμα:

```
% Comparing different structures –cross validation example
```

```
close all %clean the workspace
```

```
clear
```

```
clc
```

```
A= [1 -1.5 0.7]
```

```
B=[0 1 0.5]
```

```
m0=idpoly(A,B)
```

```
u=iddata([], idinput(400,'rbs'))
```

```
figure(1)
```

```
plot(u)
```

```
e=iddata([],randn(400,1))
```

```
figure(2)
```

```
plot(e)
```

```
y=sim(m0, [u e])
```

```
z=[y, u]
```

```
figure(3)
```

```
plot(z)
```

```
NN=struc(1:5, 1:5,1) % create a table of various combination of orders
```

```
V= arxstruc(z(1:200), z(201:400), NN)% compute of loss functions for set
```

```
%of different model structures of single-output ARX type
```

```
nn=selstruc(V,0) % choose the best order
```

```
m =arx(z,nn)
```

```
selstruc(V)% prints a plot of V
```

```
yp=predict(m,z(201:400))
```

```
figure(4)
```

```
plot(yp,y)
```

Εάν το μοντέλο αξιολογείτε με τα ίδια δεδομένα με τα οποία υπολογίσθηκε, οπότε Data=Datv, το ταίριασμα των δεδομένων βελτιώνεται όσο αυξάνει η ευελιξία της δομής του μοντέλου.

Η καλύτερη γνωστή τεχνική είναι ο υπολογισμός του Akaike's Final Prediction Error (FPE) κριτήριο και το Akaike's Information Criterion (AIC). Και τα δύο προσομοιάζουν την cross-validation κατάσταση, όπου το μοντέλο δοκιμάζεται σε άλλα δεδομένα.

Το FPE δίνεται από το τύπο:

$$FPE = \frac{1 + \frac{d}{N}}{1 - \frac{d}{N}} V$$

όπου d είναι ο αριθμός των συνολικών παραμέτρων και N είναι το μήκος των δεδομένων. V είναι η loss function της συγκεκριμένης δομής του μοντέλου. Στην Matlab υπολογίζεται με την εντολή:

FPE=fpe(m)

Το AIC υπολογίζεται από τον τύπο:

$$AIC = \log(V(1 + 2\frac{d}{N}))$$

Στην Matlab υπολογίζεται από την εντολή

AIC= aic(m)

Σύμφωνα με την θεωρία του Akaike, σε μια συλλογή διαφορετικών μοντέλων πρέπει να επιλεγεί εκείνο το οποίο δίνει το μικρότερο FPE ή AIC.

Άλλα μέτρα σύγκρισης της απόδοσης διαφορετικών μοντέλων είναι ο υπολογισμός των παρακάτω σφαλμάτων:

Η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error -RMSE)

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Square Error- MSE)

Το μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error- MAE)

Το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (Mean Absolute Percentage Error-MAPE)

τα οποία δίδονται από τους παρακάτω τύπους:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N}}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N e_t^2$$

$$MAE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

$$MAPE = \frac{100}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

Κεφάλαιο 7

Εφαρμογή Νευρο-Ασαφούς Μοντέλου στην εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου

7.1. Αναγνώριση των κινδύνων σε κάθε θέση εργασίας

Στο ξυλουργείο και στο προτυποποιείο το βασικό καθημερινό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι είναι η σκόνη που παράγεται από τα μηχανήματα και ο θόρυβος που δημιουργούν. Έγιναν και κάποιες μετρήσεις για τοξικά αέρια αλλά σε αυτά τα συνεργεία οι μετρήσεις ήταν μηδενικές. Άρα οι μόνοι βλαπτικοί παράγοντες που εντοπίστηκαν είναι η σκόνη και ο θόρυβος και έγιναν μετρήσεις με τα μηχανήματα σκόνης, το οποίο μετράει συγκέντρωση σκόνης στο αέρα σε mg/m^3 , και ντεσιμπελόμετρο, το οποίο μετράει τα επίπεδα του ήχου σε db. Όλες οι μετρήσεις όπως έχουμε προαναφέρει έχουν παρθεί σε ύψος 1,6 από το δάπεδο και δίπλα από το κεφάλι του εργαζόμενου.

Στο ελασματοουργείο λόγω της επεξεργασίας μετάλλων(κοπής – έλασης - κόλλησης) πήραμε μετρήσεις τοξικών αερίων και θορύβου με χρήση των μηχανημάτων VOC, το οποίο μετράει συγκέντρωση τοξικών αερίων σε ppb, και ντεσιμπελόμετρο, το οποίο μετράει τα επίπεδα του ήχου σε db.

Στο συγκολλητήριο πήραμε μετρήσεις για το νέφος αερίων με το μηχάνημα VOC, το οποίο μετράει συγκέντρωση τοξικών αερίων σε ppb. Και για την υπεριώδη ακτινοβολία οι μετρήσεις έγιναν με μηχάνημα το οποίο μετράει την υπεριώδη ακτινοβολία που εκπέμπεται σε $\mu\text{W}/\text{m}^2$

7.2. Μοντελοποίηση θέσεων εργασίας-έκθεσης σε επιβλαβής παράγοντες

7.2.1 Ξυλουργείο

χρόνος(t)	συγκέντρωση σκόνης(mg/m^3)	θόρυβος(db)	συνολική δυσφορία
1	0,187	47	2,50
2	0,118	93	5,00
3	0,898	23	2,00
4	0,34	33	2,00
5	4,7	19	3,50
6	0,232	39	2,50
7	0,226	64	3,50
8	0,16	89	5,00
9	0,22	66	3,50
10	0,17	55	3,00
11	0,325	56	3,00
12	1,5	37	3,00
13	0,391	36	2,00
14	0,315	36	2,00
15	4,4	36	3,50

16	0,13	66	3,50
17	0,13	36	2,00
18	0,214	66	3,50
19	0,12	65	3,50
20	0,185	66	3,50
21	0,096	22	1,50
22	0,734	32	2,50
23	0,333	21	1,50
24	2,39	23	3,00
25	3,5	39	4,00
26	1,49	36	2,50
27	0,77	32	2,50
28	0,49	44	2,50
29	0,07	58	3,50
30	0,77	59	4,00
31	0,54	35	2,00
32	0,37	14	1,00
33	0,05	33	2,00
34	1,23	25	2,00
35	0,92	16	1,50
36	1,88	65	4,50
37	2,95	15	2,50
38	3,6	58	4,50
39	1,11	21	2,00
40	0,08	25	1,50
41	1,34	36	2,50
42	0,73	39	3,00
43	0,98	45	3,00
44	1,63	56	4,00
45	0,72	66	4,00
46	0,8	96	6,00
47	3,12	69	5,50
48	0,76	89	5,50
49	0,86	85	5,50
50	4,96	65	5,00
51	0,824	21	2,00
52	0,626	29	2,50
53	2	58	4,00
54	1,2	28	2,00
55	1,1	14	1,50
56	1,9	58	4,50
57	2,5	66	5,50
58	2,5	45	3,50
59	3,1	86	5,50
60	4,52	89	6,50
61	6,54	85	7,00
62	2,55	96	6,00
63	5,623	48	4,50
64	1,23	89	5,50
65	1,88	95	5,50
66	2,95	96	6,50
67	3,6	48	3,50
68	1,34	95	5,50
69	4,4	48	4,00

70	4,7	82	6,00
71	6	46	5,00
72	5,84	62	5,50
73	2,5	86	5,50
74	3,9	18	2,00
75	7,7	14	4,00
76	1,49	33	2,50
77	6,5	25	4,00
78	8,9	16	5,00
79	6,9	65	6,50
80	8	15	4,50
81	7,89	58	6,50
82	6,6	21	4,00
83	7,5	25	4,50
84	9,8	36	6,50
85	6,58	39	5,00
86	8,571	45	6,50
87	9,658	56	7,50
88	8,957	66	7,50
89	5,189	96	7,00
90	3,654	69	4,50
91	2,584	89	5,50
92	3,697	85	5,50
93	1,598	65	4,00
94	6,594	21	4,50
95	5,254	29	4,00
96	1,195	58	4,00
97	5,874	28	4,50
98	5,841	82	7,00
99	5,894	46	5,50
100	5,415	62	6,00
101	5,864	86	7,00
102	5,854	18	3,50
103	5,845	14	3,50
104	5,256	33	4,50
105	6,982	25	4,50
106	3,1	16	2,00
107	5,987	65	6,00
108	2,589	15	2,00
109	5,875	58	5,50
110	5,842	21	4,00
111	2,546	25	2,50
112	1,584	36	2,50
113	2,564	39	3,50
114	2,579	45	4,00
115	2,664	56	4,50
116	4,526	66	5,00
117	5,664	96	7,00
118	5,645	69	6,00
119	5,456	89	7,00
120	5,456	85	7,00

7.2.2. Προτυποποιείο

χρόνος(t)	συγκέντρωση σκόνης(mg/m ³)	θόρυβος(db)	συνολική δυσφορία
1	0,087	34	4,00
2	0,018	81	6,50
3	0,798	11	3,50
4	0,24	20	3,50
5	4,6	6	5,00
6	0,132	27	4,00
7	0,126	51	5,00
8	0,06	76	6,50
9	0,12	53	5,00
10	0,07	43	4,50
11	0,225	44	4,50
12	1,4	24	4,50
13	0,291	24	3,50
14	0,215	24	3,50
15	4,3	24	5,00
16	0,03	54	5,00
17	0,03	23	3,50
18	0,114	53	5,00
19	0,02	53	5,00
20	0,085	54	5,00
21	0,004	10	3,00
22	0,634	20	4,00
23	0,233	9	3,00
24	2,29	11	4,50
25	3,4	27	5,50
26	1,39	24	4,00
27	0,67	20	4,00
28	0,39	32	4,00
29	0,03	46	5,00
30	0,67	47	5,50
31	0,44	23	3,50
32	0,27	2	2,50
33	0,05	20	3,50
34	1,13	13	3,50
35	0,82	3	3,00
36	1,78	53	6,00
37	2,85	3	4,00
38	3,5	46	6,00
39	1,01	9	3,50
40	0,02	13	3,00
41	1,24	24	4,00
42	0,63	27	4,50
43	0,88	33	4,50
44	1,53	44	5,50
45	0,62	54	5,50
46	0,7	84	7,50
47	3,02	57	7,00

48	0,66	77	7,00
49	0,76	73	7,00
50	4,86	53	6,50
51	0,724	9	3,50
52	0,526	17	4,00
53	1,9	46	5,50
54	1,1	16	3,50
55	1	2	3,00
56	1,8	46	6,00
57	2,4	54	7,00
58	2,4	33	5,00
59	3	74	7,00
60	4,42	77	8,00
61	6,44	73	8,50
62	2,45	84	7,50
63	5,523	36	6,00
64	1,13	77	7,00
65	1,78	83	7,00
66	2,85	84	8,00
67	3,5	36	5,00
68	1,24	83	7,00
69	4,3	36	5,50
70	4,6	70	7,50
71	5,9	34	6,50
72	5,74	50	7,00
73	2,4	74	7,00
74	3,8	6	3,50
75	7,6	2	5,50
76	1,39	20	4,00
77	6,4	13	5,50
78	8,8	3	6,50
79	6,8	53	8,00
80	7,9	3	6,00
81	7,79	46	8,00
82	6,5	9	5,50
83	7,4	13	6,00
84	9,7	24	8,00
85	6,48	27	6,50
86	8,471	33	8,00
87	9,558	44	9,00
88	8,857	54	9,00
89	5,089	84	8,50
90	3,554	57	6,00
91	2,484	77	7,00
92	3,597	73	7,00
93	1,498	53	5,50
94	6,494	9	6,00
95	5,154	17	5,50
96	1,095	46	5,50
97	5,774	16	6,00
98	5,741	70	8,50
99	5,794	34	7,00
100	5,315	50	7,50
101	5,764	74	8,50

102	5,754	6	5,00
103	5,745	2	5,00
104	5,156	20	6,00
105	6,882	13	6,00
106	3	3	3,50
107	5,887	53	7,50
108	2,489	3	3,50
109	5,775	46	7,00
110	5,742	9	5,50
111	2,446	13	4,00
112	1,484	24	4,00
113	2,464	27	5,00
114	2,479	33	5,50
115	2,564	44	6,00
116	4,426	54	6,50
117	5,564	84	8,50
118	5,545	57	7,50
119	5,356	77	8,50
120	5,356	73	8,50

7.2.3. Ελασματοουργείο

χρόνος(t)	συγκέντρωση τοξικών αερίων(ppb)	θόρυβος(db)	συνολική δυσφορία
1	0	57	4,00
2	0	103	6,50
3	0	33	3,50
4	0	43	3,50
5	0	29	5,00
6	0	49	4,00
7	0	74	5,00
8	0	99	6,50
9	0	76	5,00
10	0	66	4,50
11	0	67	4,50
12	0	47	4,50
13	0	47	3,50
14	0	47	3,50
15	1,3	46	5,00
16	0	76	5,00
17	0	46	3,50
18	0	76	5,00
19	0	76	5,00
20	0	76	5,00
21	0	32	3,00
22	0	42	4,00
23	0	31	3,00
24	0	33	4,50
25	0,4	49	5,50

26	0	46	4,00
27	0	42	4,00
28	0	54	4,00
29	0	68	5,00
30	0	69	5,50
31	0	45	3,50
32	0	24	2,50
33	0	43	3,50
34	0	35	3,50
35	0	26	3,00
36	0	75	6,00
37	0	25	4,00
38	0,5	68	6,00
39	0	31	3,50
40	0	35	3,00
41	0	46	4,00
42	0	49	4,50
43	0	55	4,50
44	0	66	5,50
45	0	76	5,50
46	0	106	7,50
47	0,02	79	7,00
48	0	99	7,00
49	0	95	7,00
50	1,86	75	6,50
51	0	31	3,50
52	0	39	4,00
53	0	68	5,50
54	0	38	3,50
55	0	24	3,00
56	0	68	6,00
57	0	76	7,00
58	0	55	5,00
59	0	96	7,00
60	1,42	99	8,00
61	3,44	95	8,50
62	0	106	7,50
63	2,523	58	6,00
64	0	99	7,00
65	0	105	7,00
66	0	106	8,00
67	0,5	58	5,00
68	0	105	7,00
69	1,3	58	5,50
70	1,6	92	7,50
71	2,9	56	6,50
72	2,74	72	7,00
73	0	96	7,00
74	0,8	28	3,50
75	4,6	24	5,50
76	0	43	4,00
77	3,4	35	5,50
78	5,8	26	6,50
79	3,8	75	8,00

80	4,9	25	6,00
81	4,79	68	8,00
82	3,5	31	5,50
83	4,4	35	6,00
84	6,7	46	8,00
85	3,48	49	6,50
86	5,471	55	8,00
87	6,558	66	9,00
88	5,857	76	9,00
89	2,089	106	8,50
90	0,554	79	6,00
91	0	99	7,00
92	0,597	95	7,00
93	0	75	5,50
94	3,494	31	6,00
95	2,154	39	5,50
96	0	68	5,50
97	2,774	38	6,00
98	2,741	92	8,50
99	2,794	56	7,00
100	2,315	72	7,50
101	2,764	96	8,50
102	2,754	28	5,00
103	2,745	24	5,00
104	2,156	43	6,00
105	3,882	35	6,00
106	0	26	3,50
107	2,887	75	7,50
108	0	25	3,50
109	2,775	68	7,00
110	2,742	31	5,50
111	0	35	4,00
112	0	46	4,00
113	0	49	5,00
114	0	55	5,50
115	0	66	6,00
116	1,426	76	6,50
117	2,564	106	8,50
118	2,545	79	7,50
119	2,356	99	8,50
120	2,356	95	8,50

7.2.4 Συγκολλητήριο

χρόνος(t)	συγκέντρωση τοξικών αερίων(ppb)	Ακτινοβολία ($\mu W/m^2$)	συνολική δυσφορία
1	187	46,6	2,50
2	118	93	5,00
3	898	22,8	2,00
4	340	32,6	2,00
5	4700	18,6	3,50
6	232	39	2,50
7	226	63,6	3,50
8	160	88,5	5,00
9	220	65,6	3,50
10	170	55,4	3,00
11	325	56,3	3,00
12	1500	36,5	3,00
13	391	36,4	2,00
14	315	36,4	2,00
15	4400	36	3,50
16	130	66	3,50
17	130	35,6	2,00
18	214	65,5	3,50
19	120	65,4	3,50
20	185	65,8	3,50
21	96	22	1,50
22	734	32	2,50
23	333	21	1,50
24	2390	23	3,00
25	3500	39	4,00
26	1490	36	2,50
27	770	32	2,50
28	490	44	2,50
29	70	58	3,50
30	770	59	4,00
31	540	35	2,00
32	370	14	1,00
33	50	32,6	2,00
34	1230	25	2,00
35	920	15,6	1,50
36	1880	65	4,50
37	2950	15	2,50
38	3600	58	4,50
39	1110	21	2,00
40	80	25	1,50
41	1340	36	2,50
42	730	39	3,00
43	980	45	3,00
44	1630	56	4,00
45	720	66	4,00
46	800	96	6,00
47	3120	69	5,50
48	760	89	5,50
49	860	85	5,50

50	4960	65	5,00
51	824	21	2,00
52	626	29	2,50
53	2000	58	4,00
54	1200	28	2,00
55	1100	14	1,50
56	1900	58	4,50
57	2500	66	5,50
58	2500	45	3,50
59	3100	86	5,50
60	4520	89	6,50
61	6540	85	7,00
62	2550	96	6,00
63	5623	48	4,50
64	1230	89	5,50
65	1880	95	5,50
66	2950	96	6,50
67	3600	48	3,50
68	1340	95	5,50
69	4400	48	4,00
70	4700	82	6,00
71	6000	46	5,00
72	5840	62	5,50
73	2500	86	5,50
74	3900	18	2,00
75	7700	14	4,00
76	1490	32,6	2,50
77	6500	25	4,00
78	8900	15,6	5,00
79	6900	65	6,50
80	8000	15	4,50
81	7890	58	6,50
82	6600	21	4,00
83	7500	25	4,50
84	9800	36	6,50
85	6580	39	5,00
86	8571	45	6,50
87	9658	56	7,50
88	8957	66	7,50
89	5189	96	7,00
90	3654	69	4,50
91	2584	89	5,50
92	3697	85	5,50
93	1598	65	4,00
94	6594	21	4,50
95	5254	29	4,00
96	1195	58	4,00
97	5874	28	4,50
98	5841	82	7,00
99	5894	46	5,50
100	5415	62	6,00
101	5864	86	7,00
102	5854	18	3,50
103	5845	14	3,50

104	5256	32,6	4,50
105	6982	25	4,50
106	3100	15,6	2,00
107	5987	65	6,00
108	2589	15	2,00
109	5875	58	5,50
110	5842	21	4,00
111	2546	25	2,50
112	1584	36	2,50
113	2564	39	3,50
114	2579	45	4,00
115	2664	56	4,50
116	4526	66	5,00
117	5664	96	7,00
118	5645	69	6,00
119	5456	89	7,00
120	5456	85	7,00

7.3. Αποτελέσματα εφαρμογής

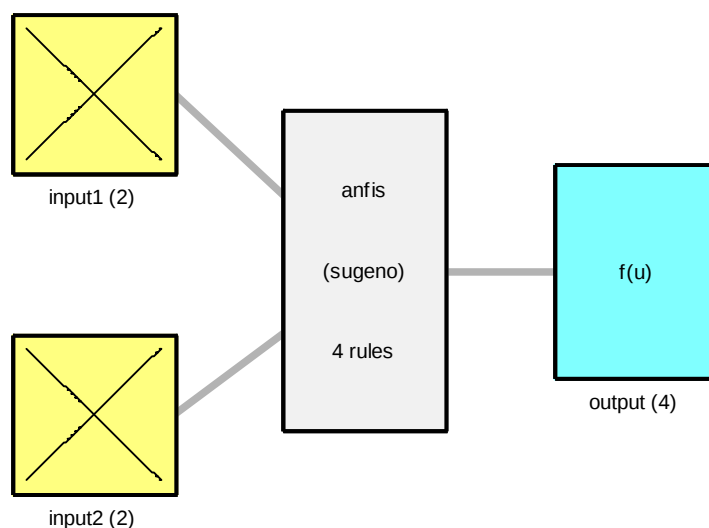
7.3.1 Ξυλουργείο

7.3.1.1 Χρήση δεδομένων στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο

Περνώντας τα δεδομένα στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο Anfis, χρησιμοποιήσαμε για την εκπαίδευση του τις στήλες συγκέντρωση αερίων(mg/m^3), θόρυβο (db) και συνολική δυσφορία τις πρώτες 60 γραμμές. Ο αλγόριθμος θα μάθει να προβλέπει την συνολική δυσφορία του εργαζόμενου σε σχέση την συγκέντρωση αερίων στον χώρο και τον θόρυβο που δημιουργείται. Άρα η μία είσοδος του μοντέλου θα είναι συγκέντρωση αερίων και η άλλη είσοδος θα είναι ο θόρυβος. Η έξοδος του μοντέλου θα είναι η συνολική δυσφορία του εργαζόμενου

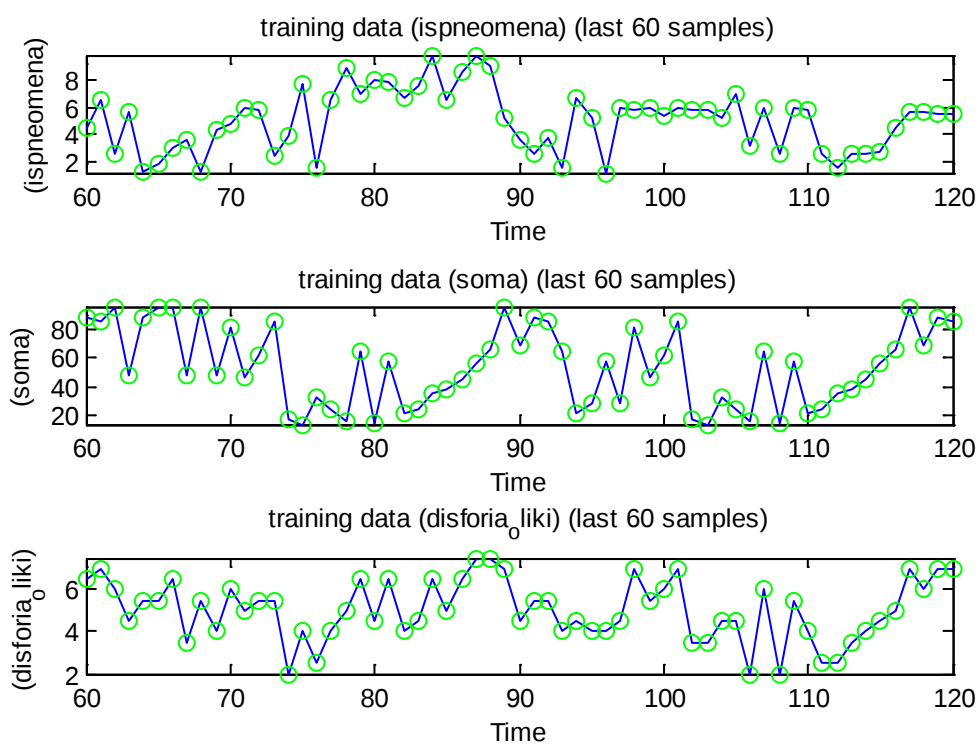
7.3.1.2 Διαγράμματα

Τα διαγράμματα που προκύπτουν από την εκτέλεση του αλγόριθμου δίνονται παρακάτω:

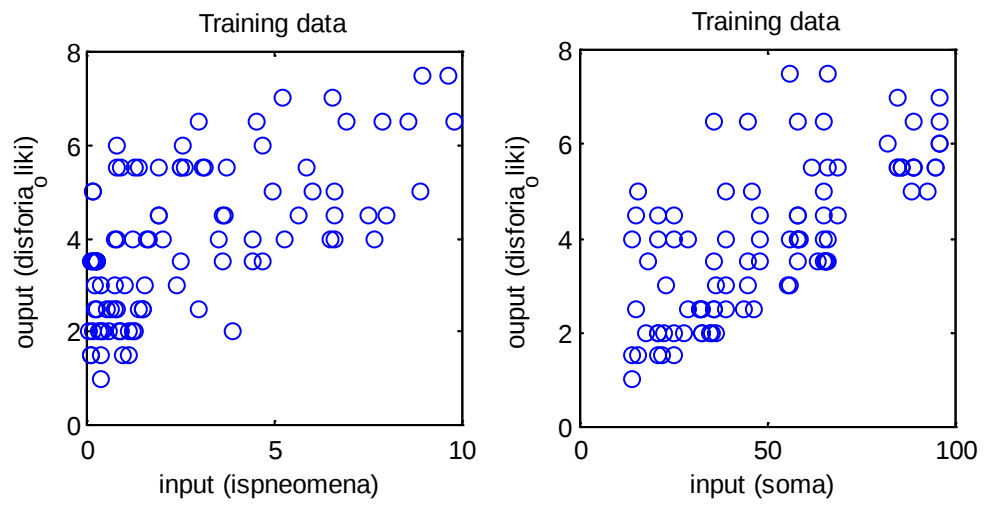


System anfis: 2 inputs, 1 outputs, 4 rules

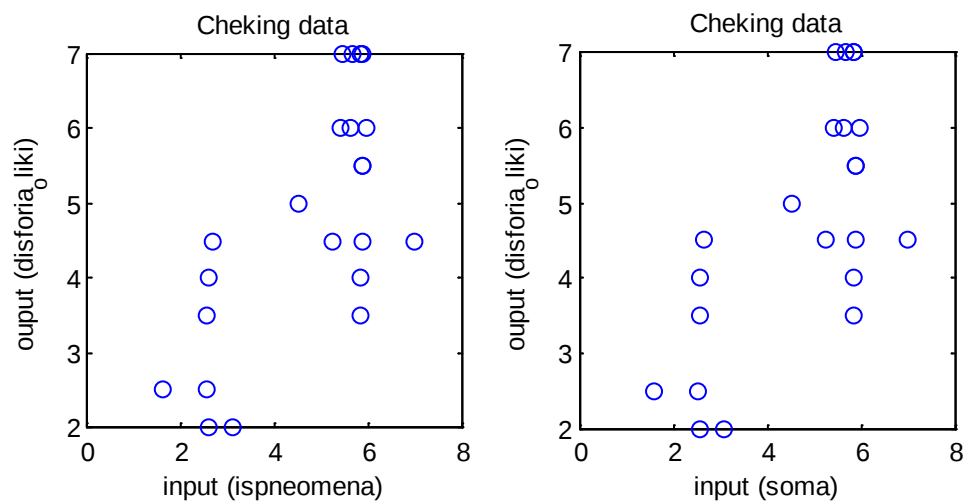
Σχήμα: Η δομή του συστήματος ANFIS, βλέπουμε σχηματικά τις δυο εισόδους και την έξοδο.



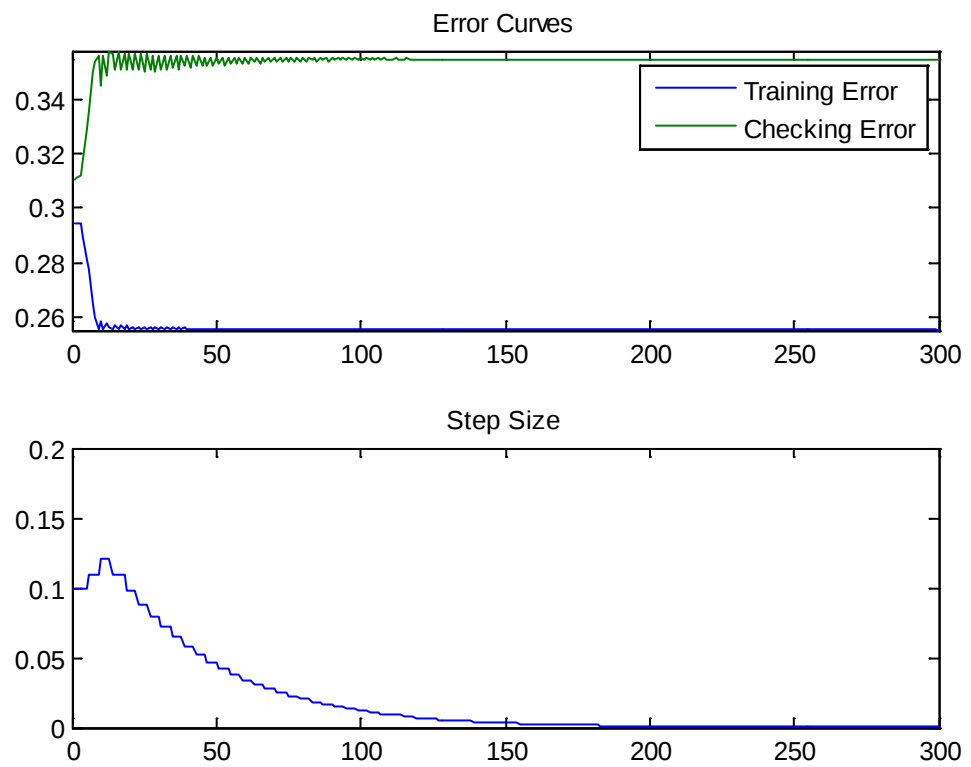
Σχήμα: Γραφική απεικόνιση των δεδομένων εισόδων -εξόδου



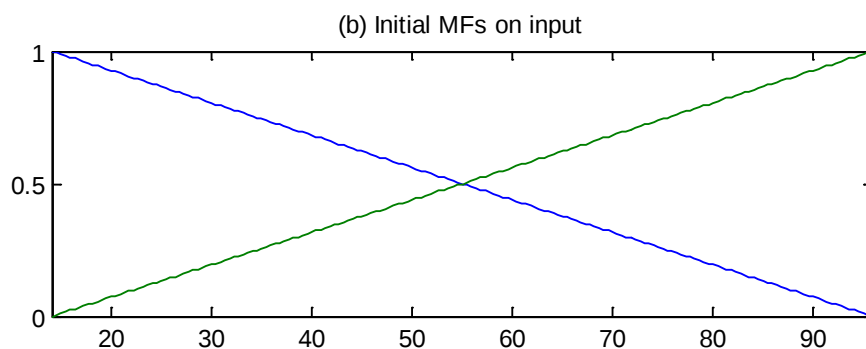
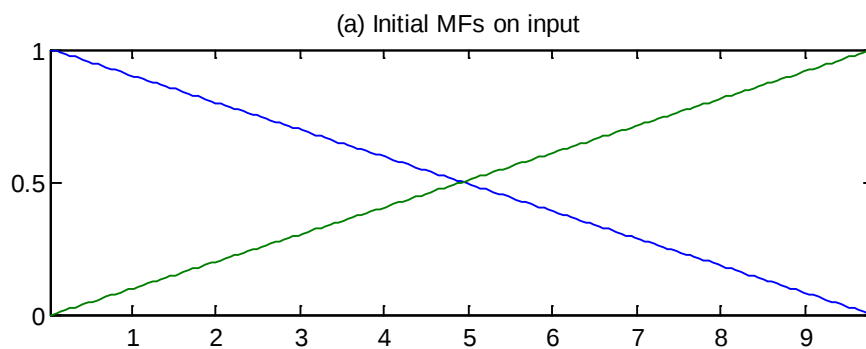
Σχήμα: Δυσδιάστατο διάγραμμα διασποράς των δεδομένων της εκπαίδευσης



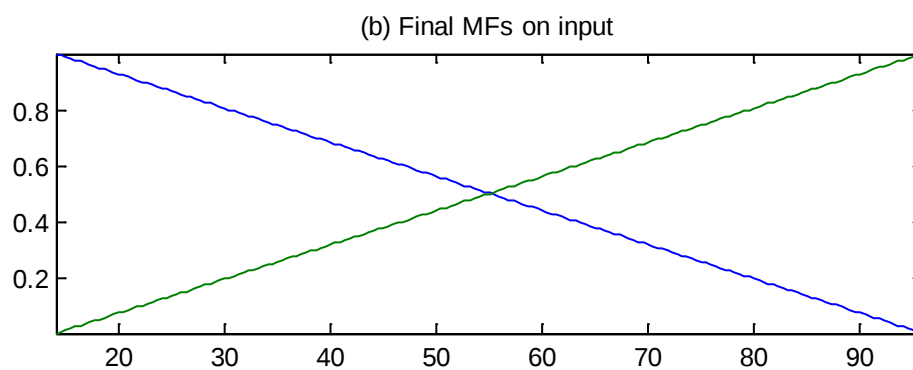
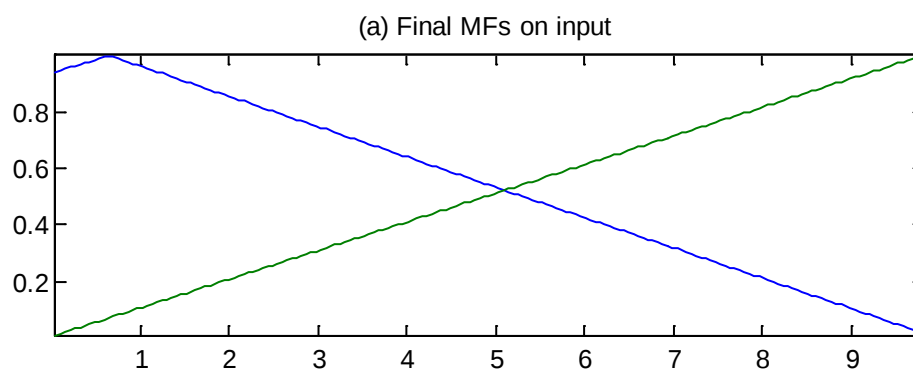
Σχήμα: Δυσδιάστατο διάγραμμα διασποράς των δεδομένων checking



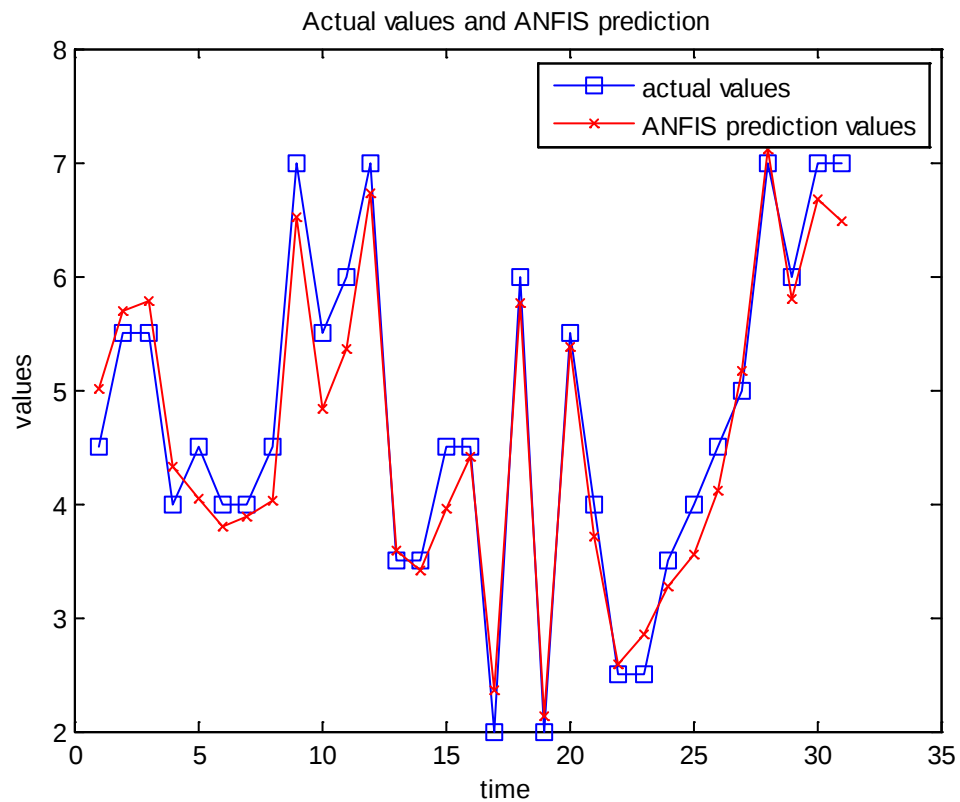
Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση του σφάλματος εκπαίδευσης και ελέγχου, καθώς το βήμα μάθησης ανάλογα με τις επαναλήψεις εκπαίδευσης



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση των συναρτήσεων συμμετοχής πριν την εκπαίδευση του μοντέλου



Σχήμα : Διαγραμματική απεικόνιση των συναρτήσεων συμμετοχής μετά την εκπαίδευση του μοντέλου



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση των πραγματικών δεδομένων και των τιμών που υπολόγισε το ANFIS.

Το προηγούμενο σχήμα είναι το πιο σημαντικό διάγραμμα γιατί βλέπουμε τα πραγματικά δεδομένα (με μπλε χρώμα) σε σχέση τα προβλεπόμενα από το ANFIS δεδομένα(με κόκκινο χρώμα).

Όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα η πρόβλεψη είναι σχεδόν 100% ακριβής! Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα σφάλματα που υπολογίζονται από το ANFIS :

- Η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error -RMSE)
- Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Square Error- MSE)
- Το μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error- MAE)
- Το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (Mean Absolute Percentage Error-MAPE)

τα οποία δίδονται από τους παρακάτω τύπους:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N}}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N e_t^2$$

$$MAE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

$$MAPE = \frac{100}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

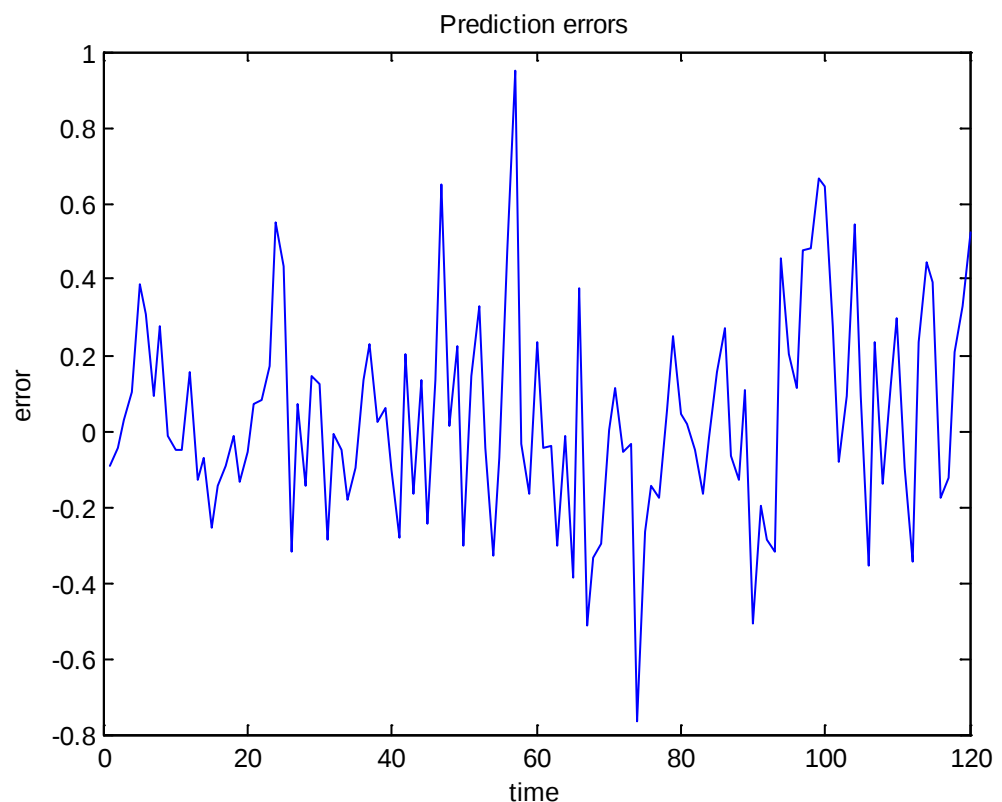
MAPE = 0.2887

MSE = 0.0772

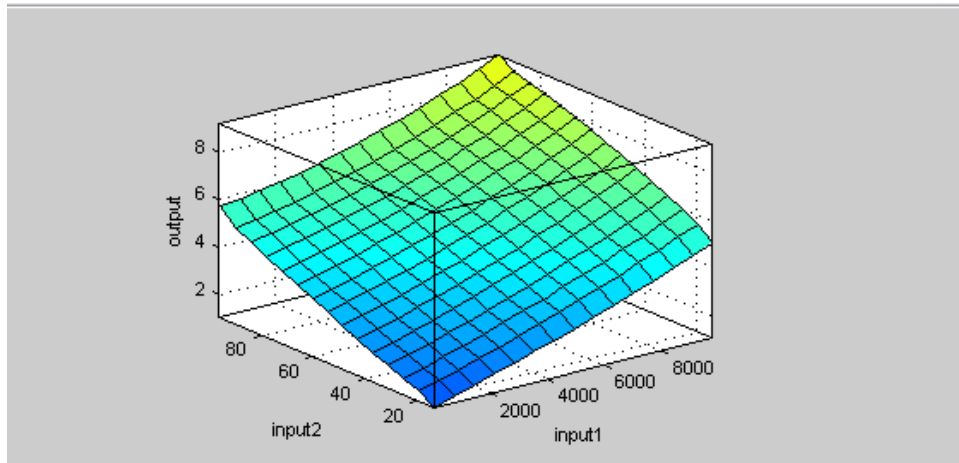
RMSE = 0.2778

MAE = 0.2129

Οι τιμές των σφαλμάτων θεωρούνται ικανοποιητικές καθώς πλησιάζουν αρκετά το μηδέν.



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση της εξέλιξης του ποσοστού σφάλματος μεταξύ των τιμών της εξόδου του ANFIS και των πραγματικών τιμών



Σχήμα: Τρισδιάστατη διαγραμματική απεικόνιση της επιφάνεια ελέγχου των εισόδων.

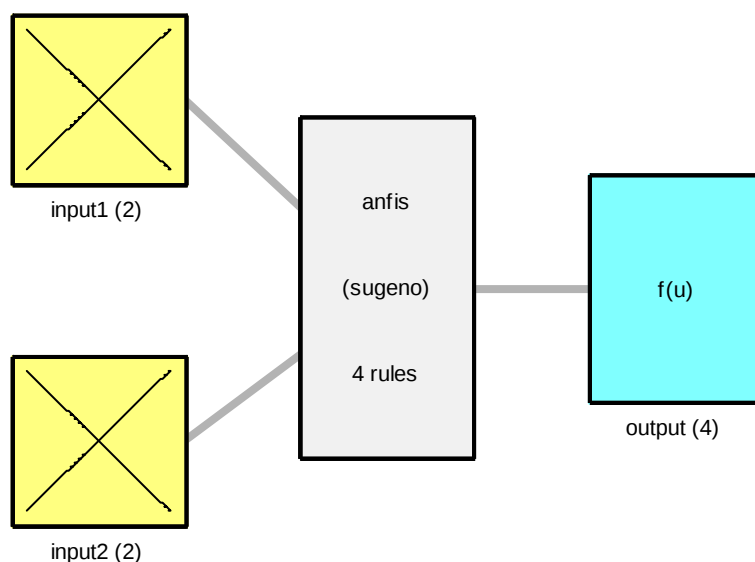
7.3.2. Προτυποποιείο

7.3.2.1 Χρήση δεδομένων στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο

Περνώντας τα δεδομένα στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο Anfis, χρησιμοποιήσαμε για την εκπαίδευση του τις στήλες συγκέντρωση τοξικών αερίων(ppb), ακτινοβολία ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) και συνολική δυσφορία τις πρώτες 60 γραμμές. Ο αλγόριθμος θα μάθει να προβλέπει την συνολική δυσφορία του εργαζόμενου σε σχέση την συγκέντρωση αερίων στον χώρο και την ακτινοβολία που εκλύετε. Άρα η μία είσοδος του μοντέλου θα είναι συγκέντρωση τοξικών αερίων(ppb) και η άλλη είσοδος θα είναι η ακτινοβολία ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$). Η έξοδος του μοντέλου θα είναι η συνολική δυσφορία του εργαζόμενου

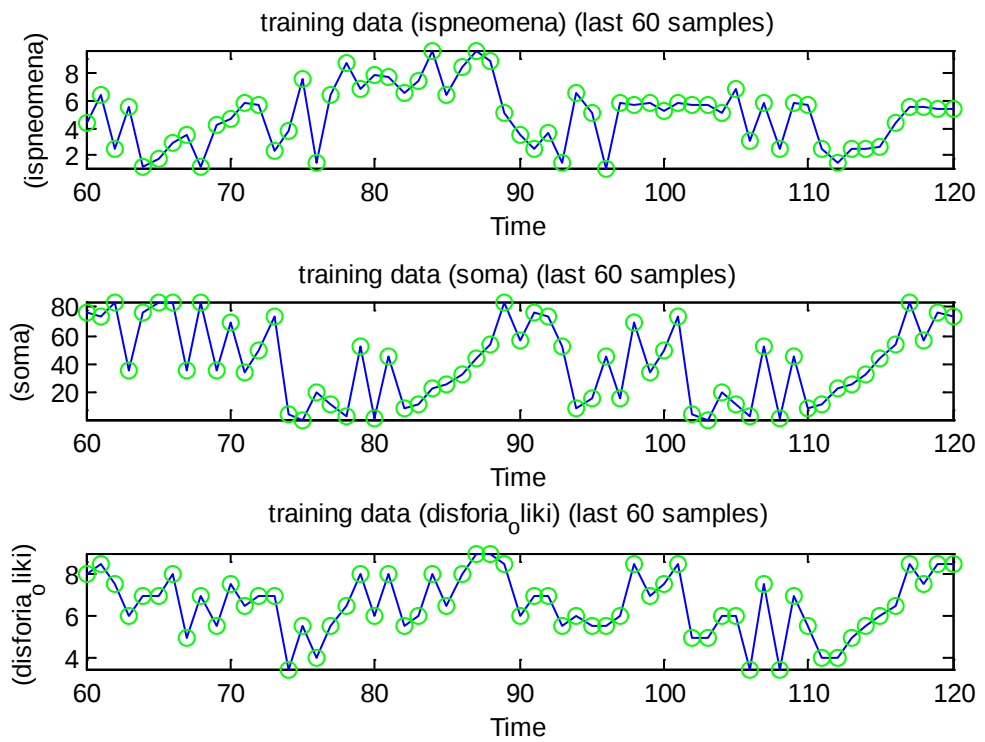
7.3.2.2 Διαγράμματα

Τα διαγράμματα που προκύπτουν από την εκτέλεση του αλγόριθμου δίνονται παρακάτω:

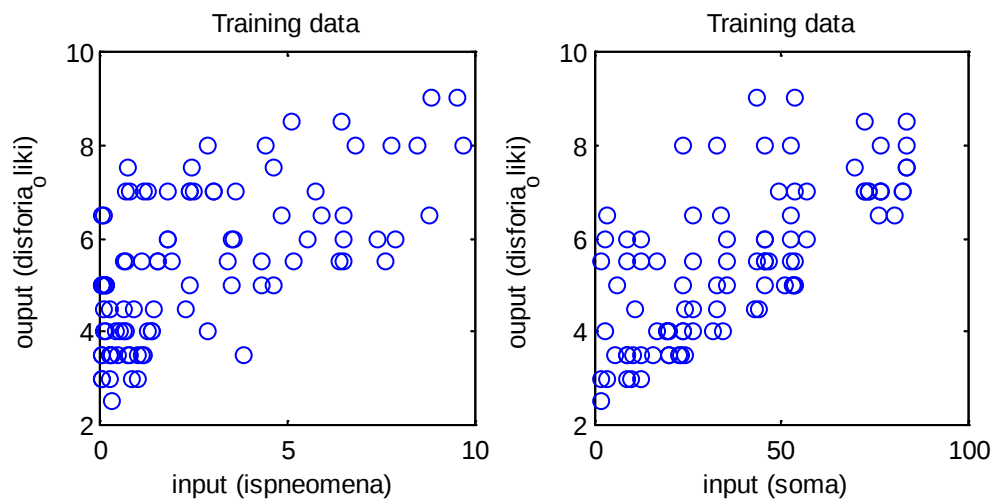


System anfis: 2 inputs, 1 outputs, 4 rules

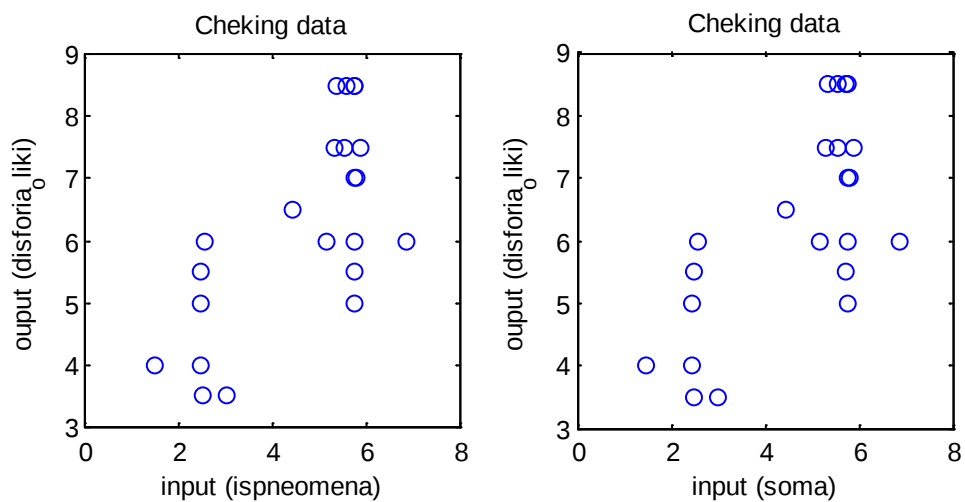
Σχήμα: Η δομή του συστήματος ANFIS, βλέπουμε σχηματικά τις δυο εισόδους και την έξοδο.



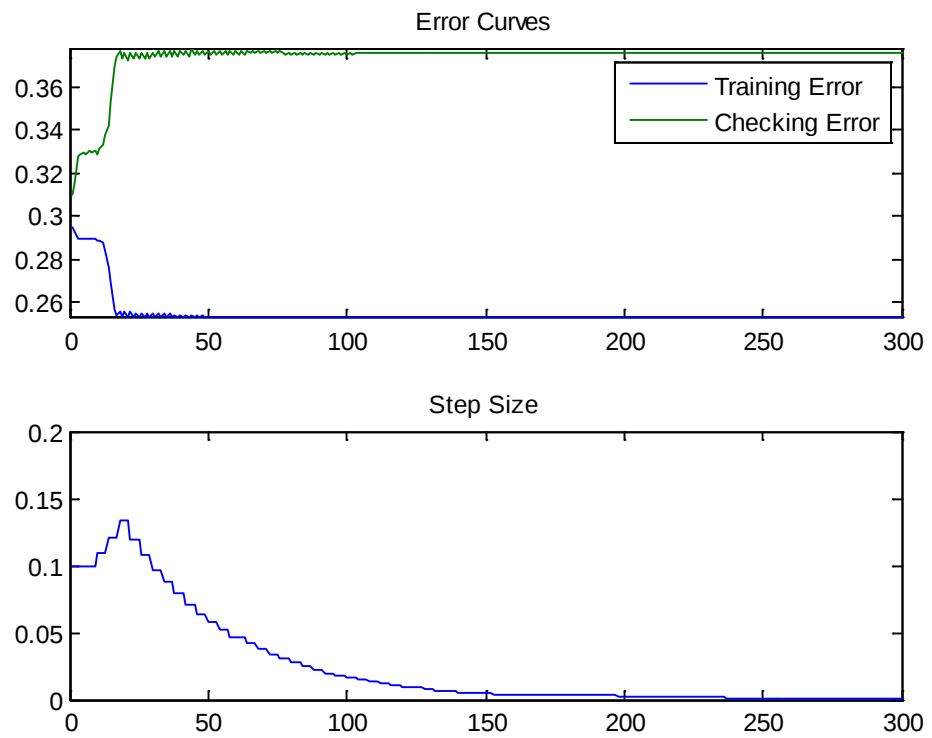
Σχήμα: Γραφική απεικόνιση των δεδομένων εισόδων -εξόδου



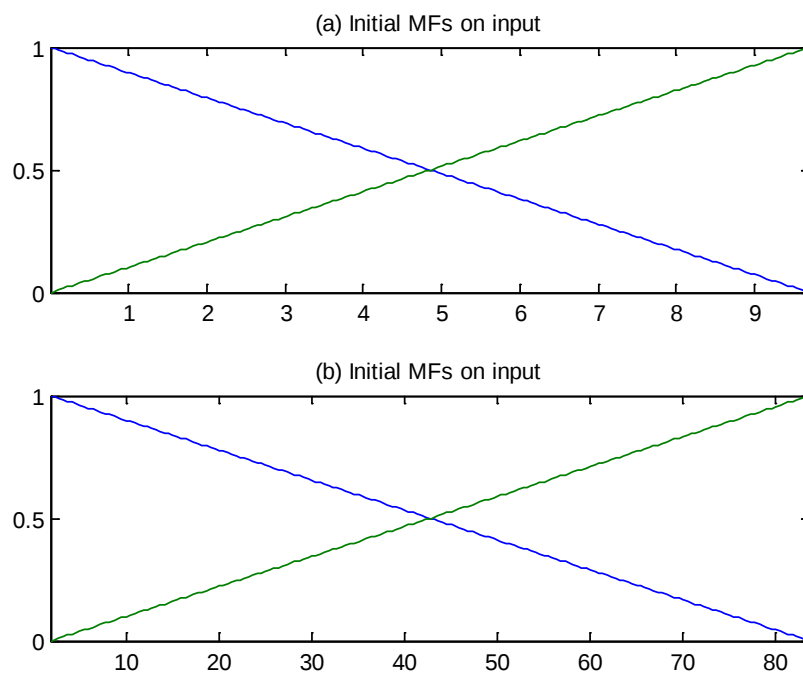
Σχήμα: Δυσδιάστατο διάγραμμα διασποράς των δεδομένων της εκπαίδευσης



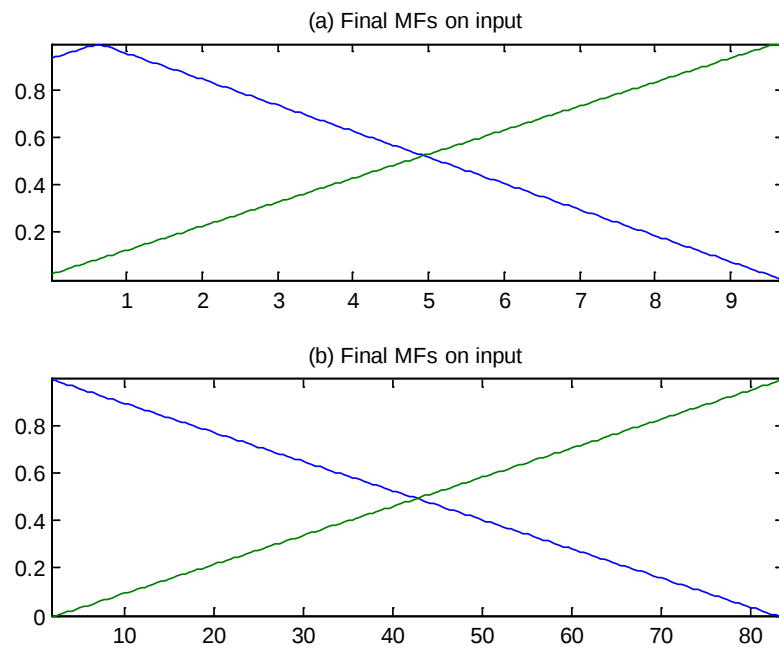
Σχήμα: Δυσδιάστατο διάγραμμα διασποράς των δεδομένων checking



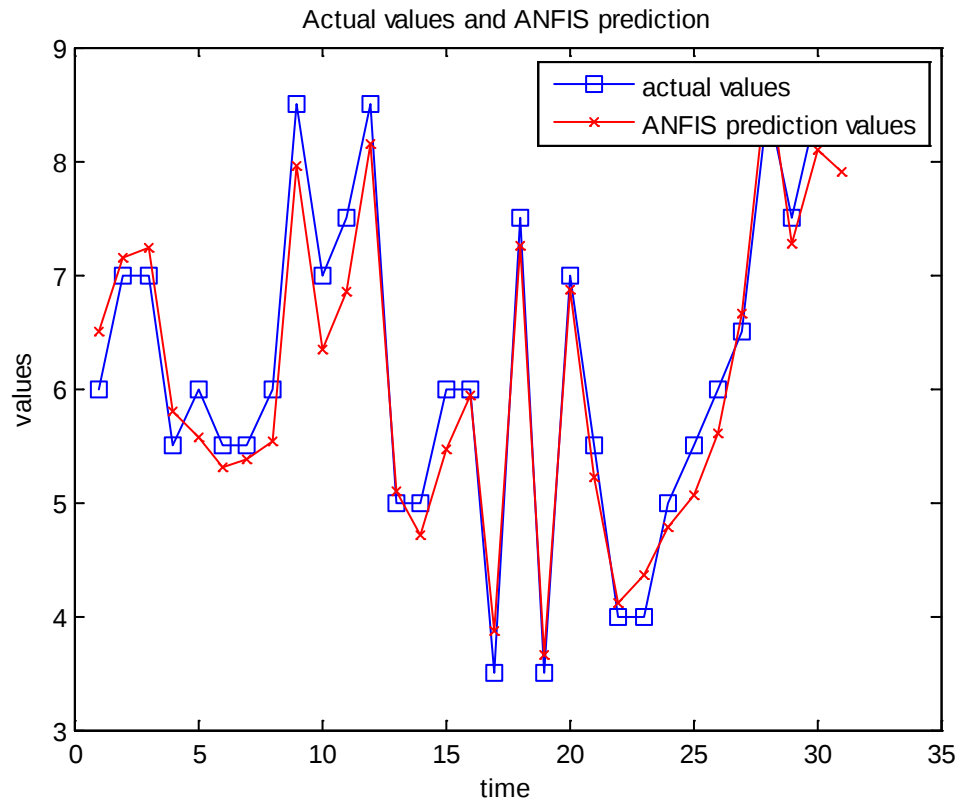
Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση του σφάλματος εκπαίδευσης και ελέγχου, καθώς το βήμα μάθησης ανάλογα με τις επαναλήψεις εκπαίδευσης



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση των συναρτήσεων συμμετοχής πριν την εκπαίδευση του μοντέλου



Σχήμα : Διαγραμματική απεικόνιση των συναρτήσεων συμμετοχής μετά την εκπαίδευση του μοντέλου



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση των πραγματικών δεδομένων και των τιμών που υπολόγισε το ANFIS.

Το προηγούμενο σχήμα είναι το πιο σημαντικό διάγραμμα γιατί βλέπουμε τα πραγματικά δεδομένα (με μπλε χρώμα) σε σχέση τα προβλεπόμενα από το ANFIS δεδομένα(με κόκκινο χρώμα).

Όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα η πρόβλεψη είναι σχεδόν 100% ακριβής! Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα σφάλματα που υπολογίζονται από το ANFIS :

- Η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error -RMSE)
- Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Square Error- MSE)
- Το μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error- MAE)
- Το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (Mean Absolute Percentage Error-MAPE)

τα οποία δίδονται από τους παρακάτω τύπους:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N}}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N e_t^2$$

$$MAE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

$$MAPE = \frac{100}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

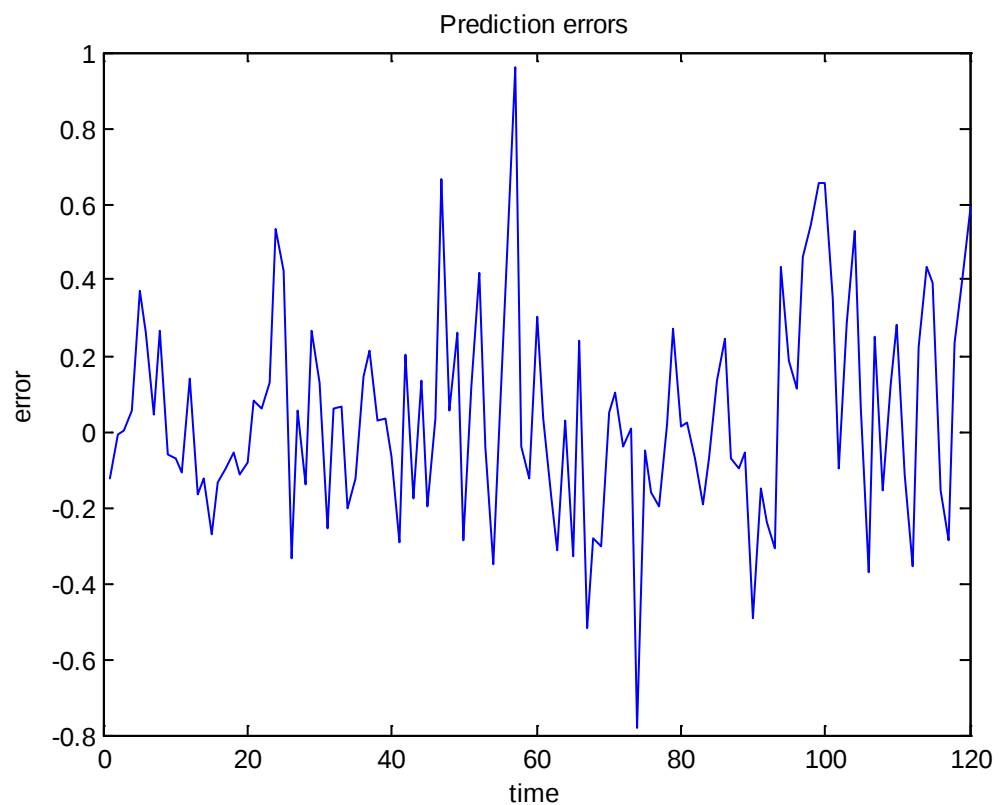
MAPE = 0.2833

MSE = 0,0792

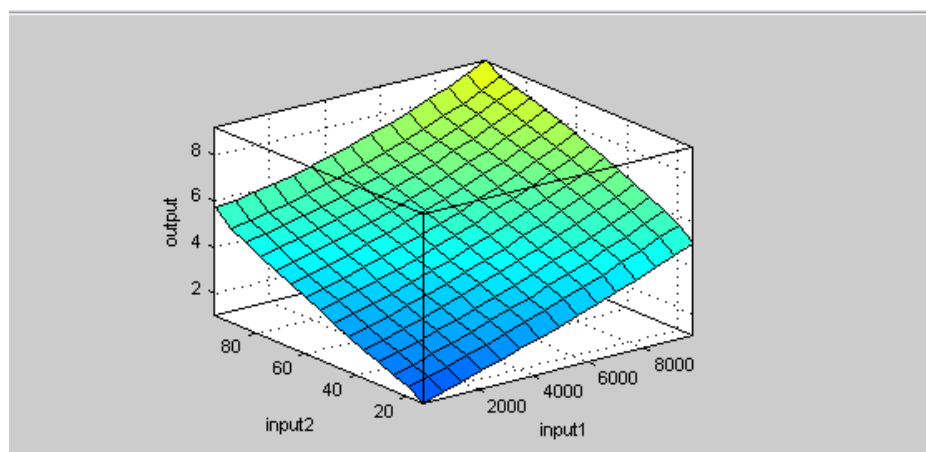
RMSE = 0,2815

MAE = 0,2158

Οι τιμές των σφαλμάτων θεωρούνται ικανοποιητικές καθώς πλησιάζουν αρκετά το μηδέν.



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση της εξέλιξης του ποσοστού σφάλματος μεταξύ των τιμών της εξόδου του ANFIS και των πραγματικών τιμών



Σχήμα: Τρισδιάστατη διαγραμματική απεικόνιση της επιφάνεια ελέγχου των εισόδων.

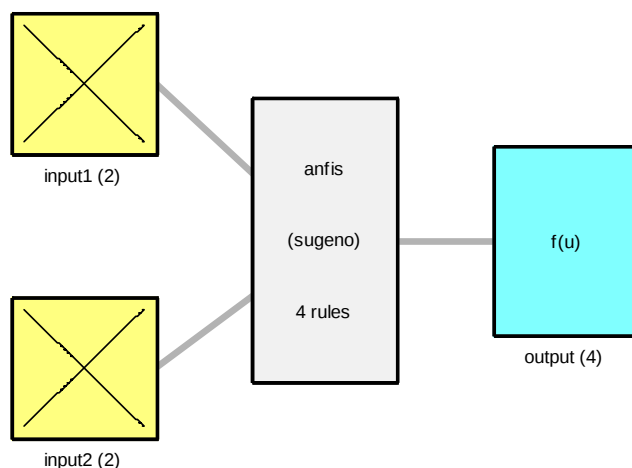
7.3.3. Ελασματοουργείο

7.3.3.1 Χρήση δεδομένων στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο

Περνώντας τα δεδομένα στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο Anfis, χρησιμοποιήσαμε για την εκπαίδευση του τις στήλες συγκέντρωση τοξικών αερίων(ppb), θόρυβο (db) και συνολική δυσφορία τις πρώτες 60 γραμμές. Ο αλγόριθμος θα μάθει να προβλέπει την συνολική δυσφορία του εργαζόμενου σε σχέση την συγκέντρωση αερίων στον χώρο και τον θόρυβο που δημιουργείται. Άρα η μία είσοδος του μοντέλου θα είναι συγκέντρωση τοξικών αερίων(ppb) και η άλλη είσοδος θα είναι ο θόρυβος (db). Η έξοδος του μοντέλου θα είναι η συνολική δυσφορία του εργαζόμενου

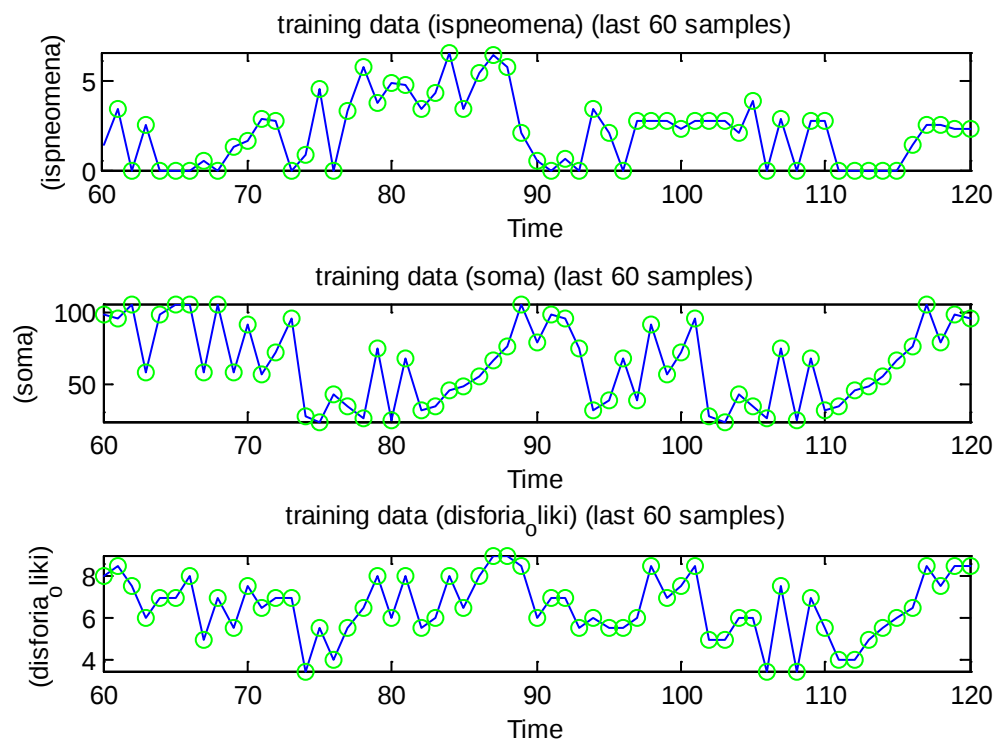
7.3.3.2 Διαγράμματα

Τα διαγράμματα που προκύπτουν από την εκτέλεση του αλγόριθμου δίνονται παρακάτω:

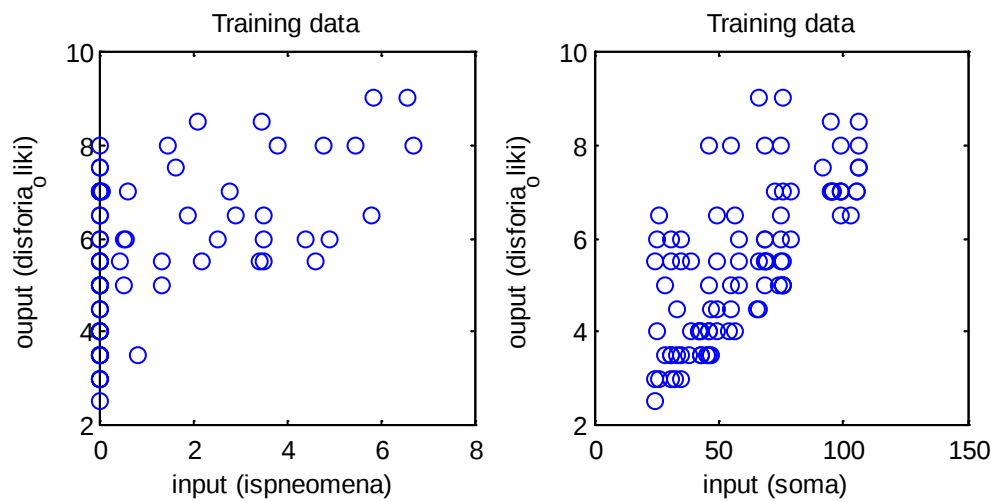


System anfis: 2 inputs, 1 outputs, 4 rules

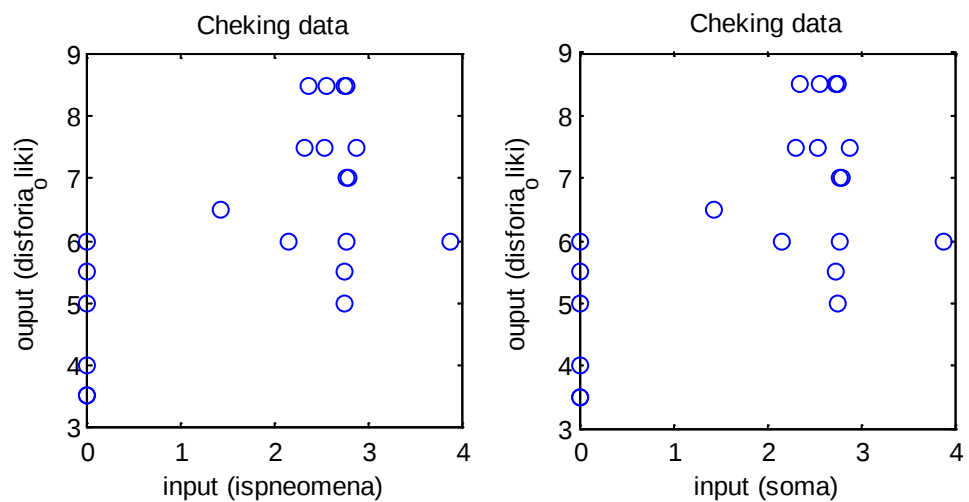
Σχήμα: Η δομή του συστήματος ANFIS, βλέπουμε σχηματικά τις δυο εισόδους και την έξοδο.



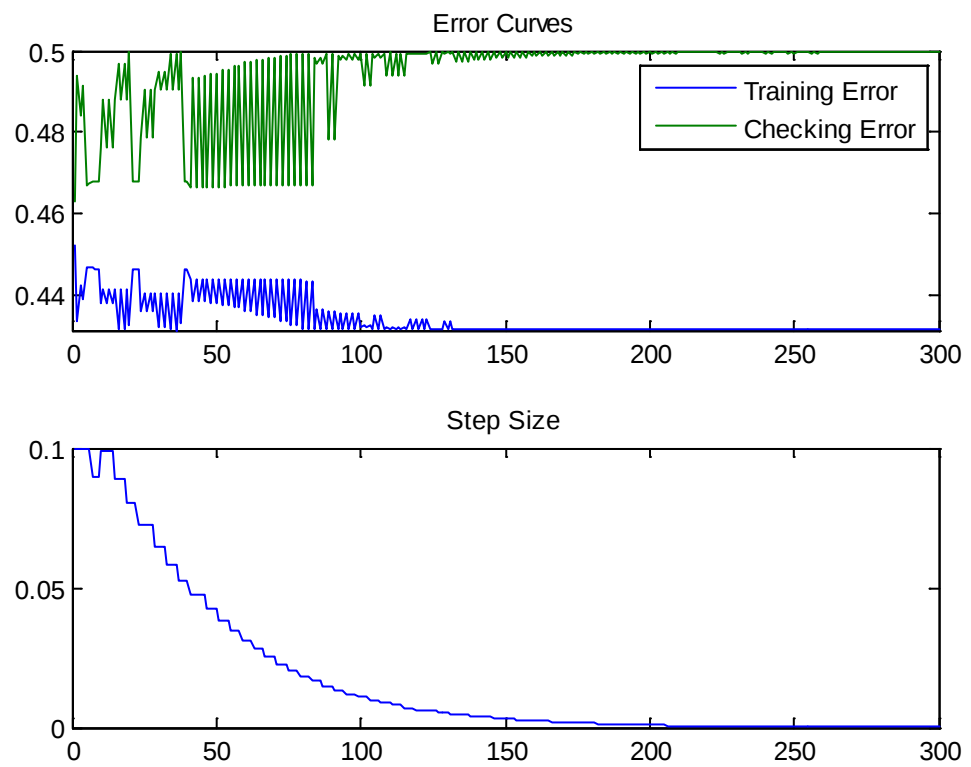
Σχήμα: Γραφική απεικόνιση των δεδομένων εισόδων -εξόδου



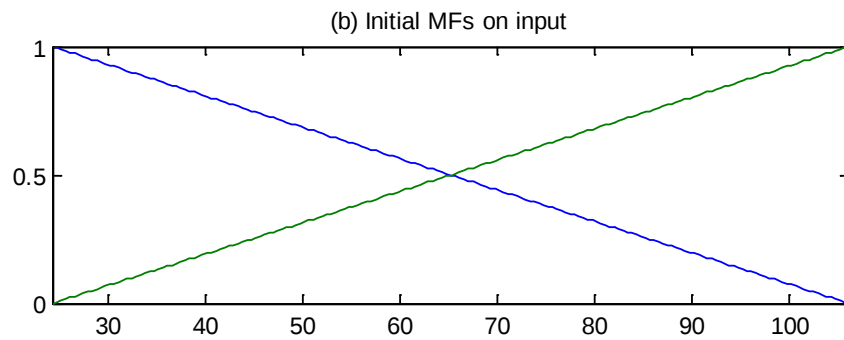
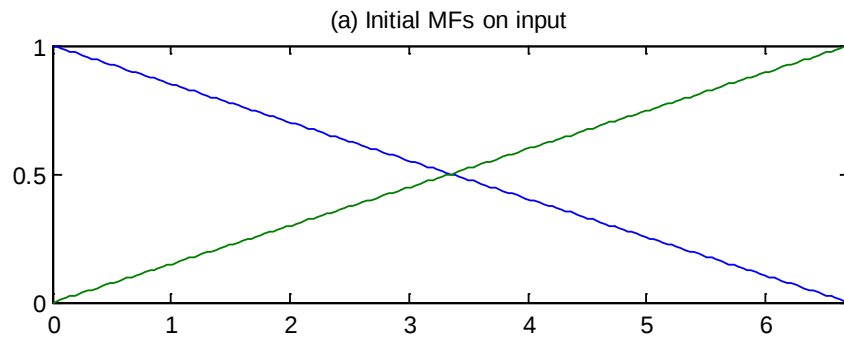
Σχήμα: Δυσδιάστατο διάγραμμα διασποράς των δεδομένων της εκπαίδευσης



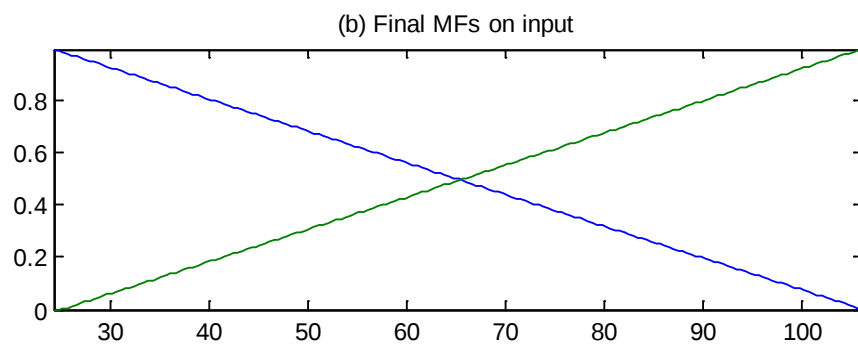
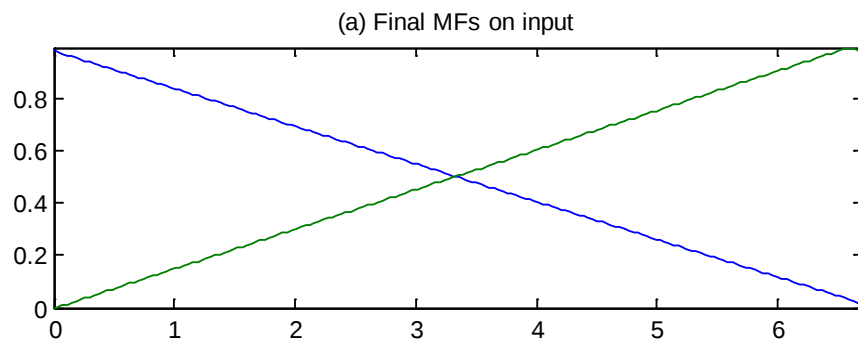
Σχήμα: Δυσδιάστατο διάγραμμα διασποράς των δεδομένων checking



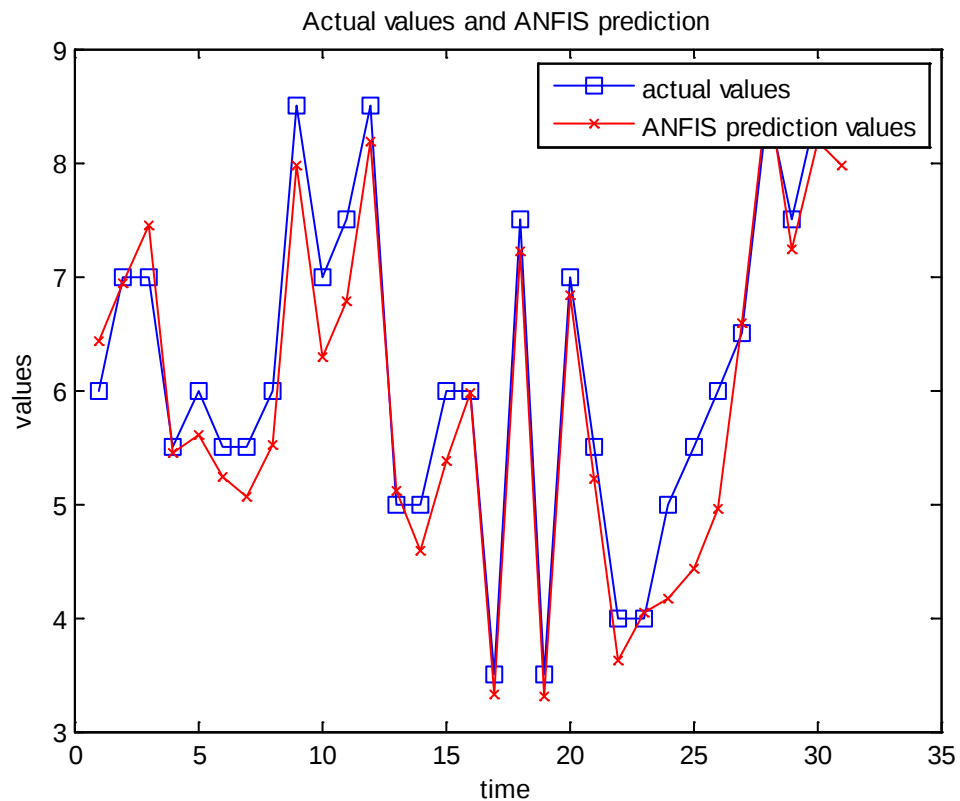
Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση του σφάλματος εκπαίδευσης και ελέγχου, καθώς το βήμα μάθησης ανάλογα με τις επαναλήψεις εκπαίδευσης



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση των συναρτήσεων συμμετοχής πριν την εκπαίδευση του μοντέλου



Σχήμα : Διαγραμματική απεικόνιση των συναρτήσεων συμμετοχής μετά την εκπαίδευση του μοντέλου



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση των πραγματικών δεδομένων και των τιμών που υπολόγισε το ANFIS.

Το προηγούμενο σχήμα είναι το πιο σημαντικό διάγραμμα γιατί βλέπουμε τα πραγματικά δεδομένα (με μπλε χρώμα) σε σχέση τα προβλεπόμενα από το ANFIS δεδομένα(με κόκκινο χρώμα).

Όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα η πρόβλεψη είναι σχεδόν 100% ακριβής! Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα σφάλματα που υπολογίζονται από το ANFIS :

- Η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error -RMSE)
- Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Square Error- MSE)
- Το μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error- MAE)
- Το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (Mean Absolute Percentage Error-MAPE)

τα οποία δίδονται από τους παρακάτω τύπους:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N}}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N e_t^2$$

$$MAE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

$$MAPE = \frac{100}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

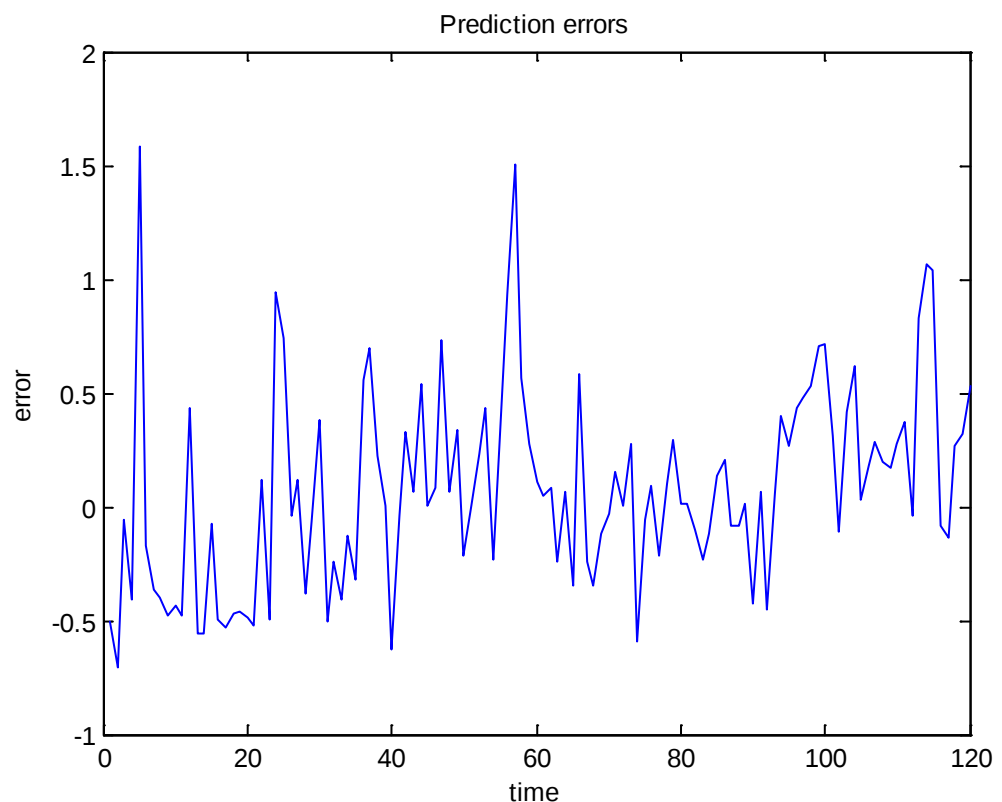
MAPE = 0.2966

MSE = 0.1987

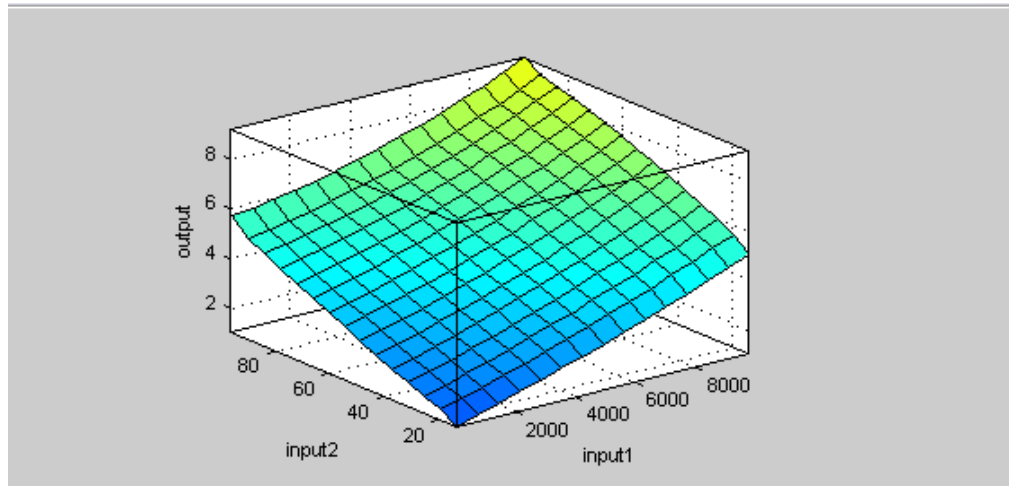
RMSE = 0.4457

MAE = 0.3406

Οι τιμές των σφαλμάτων θεωρούνται ικανοποιητικές καθώς πλησιάζουν αρκετά το μηδέν.



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση της εξέλιξης του ποσοστού σφάλματος μεταξύ των τιμών της εξόδου του ANFIS και των πραγματικών τιμών



Σχήμα: Τρισδιάστατη διαγραμματική απεικόνιση της επιφάνεια ελέγχου των εισόδων.

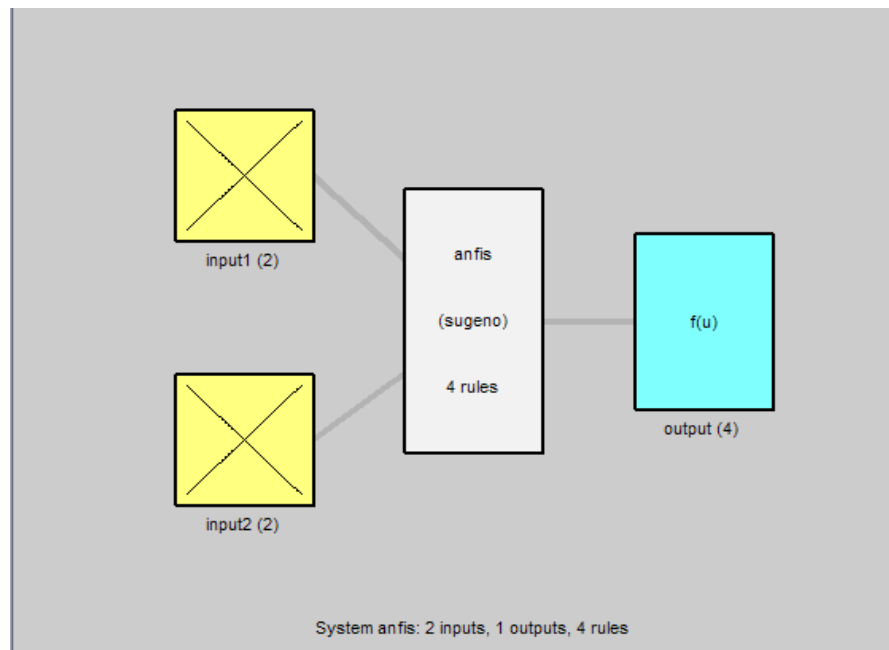
7.3.4 Συγκολλητήριο

7.3.4.1 Χρήση δεδομένων στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο

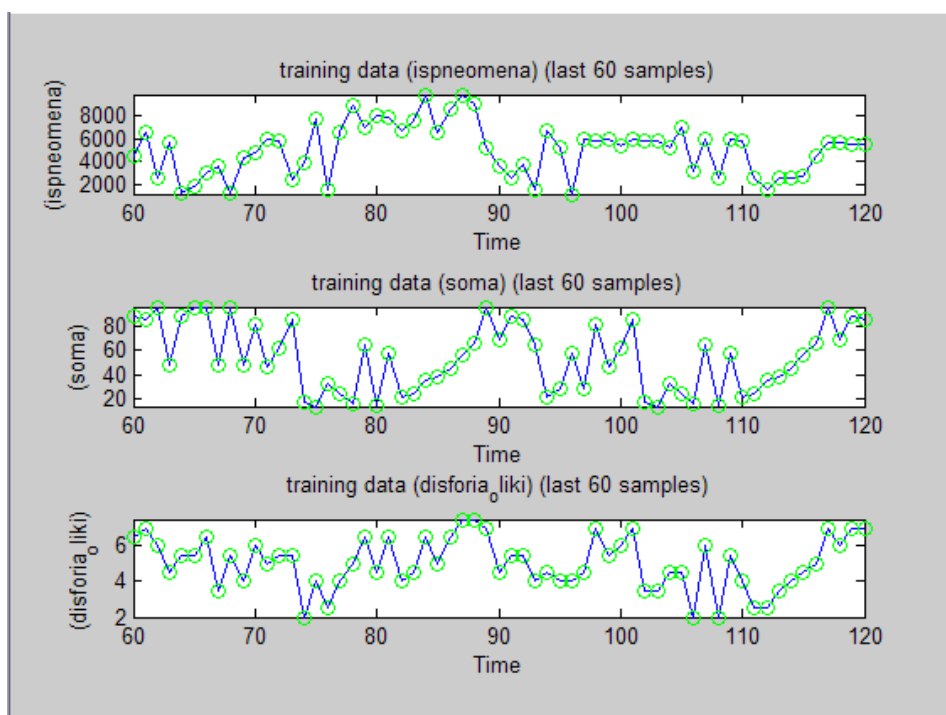
Περνώντας τα δεδομένα στο νεύρο-ασαφές αλγόριθμο Anfis, χρησιμοποιήσαμε για την εκπαίδευση του τις στήλες συγκέντρωση τοξικών αερίων(ppb), ακτινοβολία ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) και συνολική δυσφορία τις πρώτες 60 γραμμές. Ο αλγόριθμος θα μάθει να προβλέπει την συνολική δυσφορία του εργαζόμενου σε σχέση την συγκέντρωση αερίων στον χώρο και την ακτινοβολία που εκλύετε. Άρα η μία είσοδος του μοντέλου θα είναι συγκέντρωση τοξικών αερίων(ppb) και η άλλη είσοδος θα είναι η ακτινοβολία ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$). Η έξοδος του μοντέλου θα είναι η συνολική δυσφορία του εργαζόμενου

7.3.4.2 Διαγράμματα

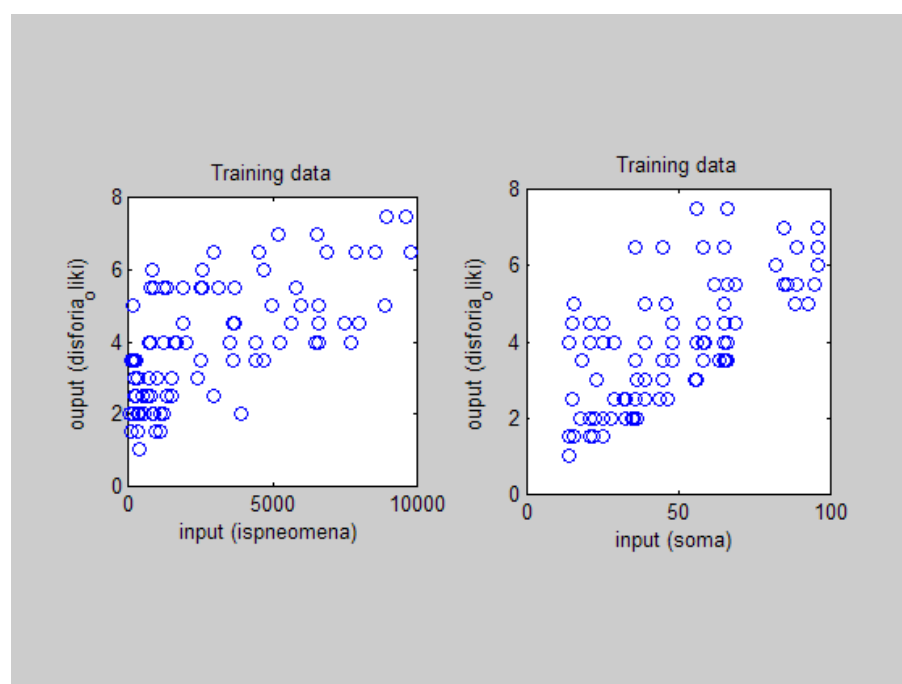
Τα διαγράμματα που προκύπτουν από την εκτέλεση του αλγόριθμου δίνονται παρακάτω:



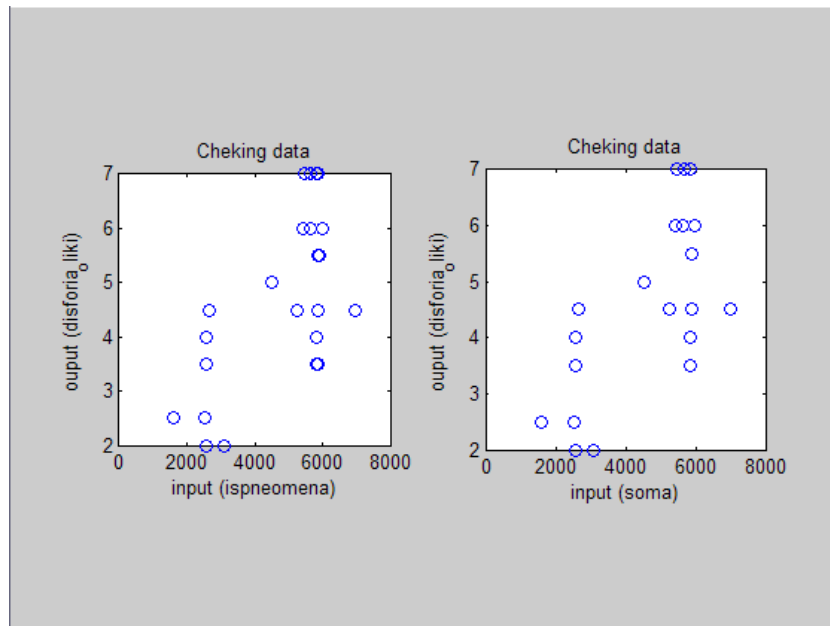
Σχήμα: Η δομή του συστήματος ANFIS, βλέπουμε σχηματικά τις δυο εισόδους και την έξοδο.



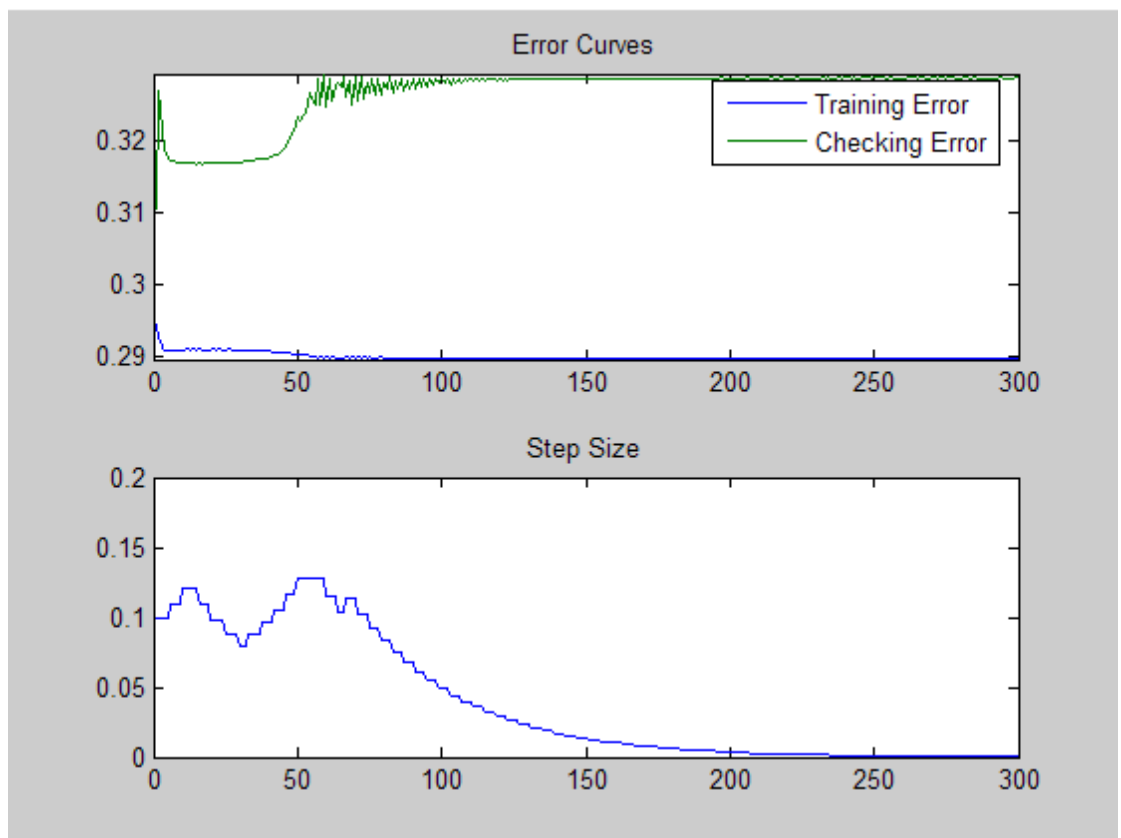
Σχήμα: Γραφική απεικόνιση των δεδομένων εισόδου -εξόδου



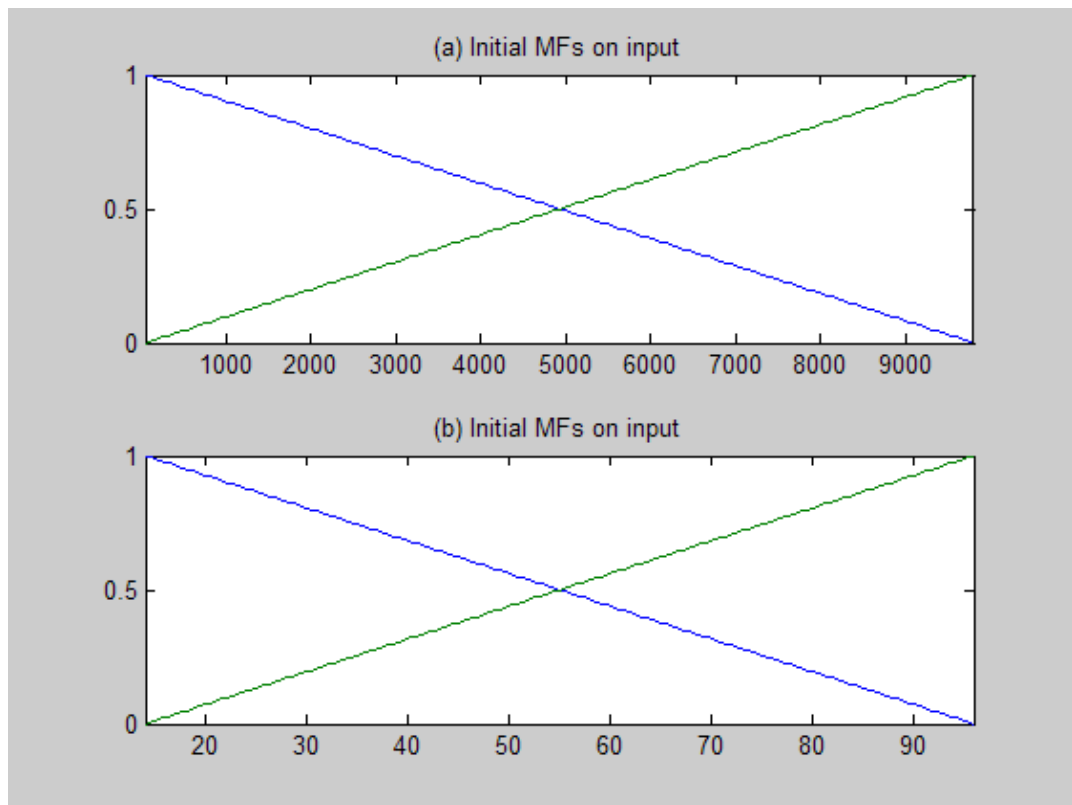
Σχήμα: Δυσδιάστατο διάγραμμα διασποράς των δεδομένων της εκπαίδευσης



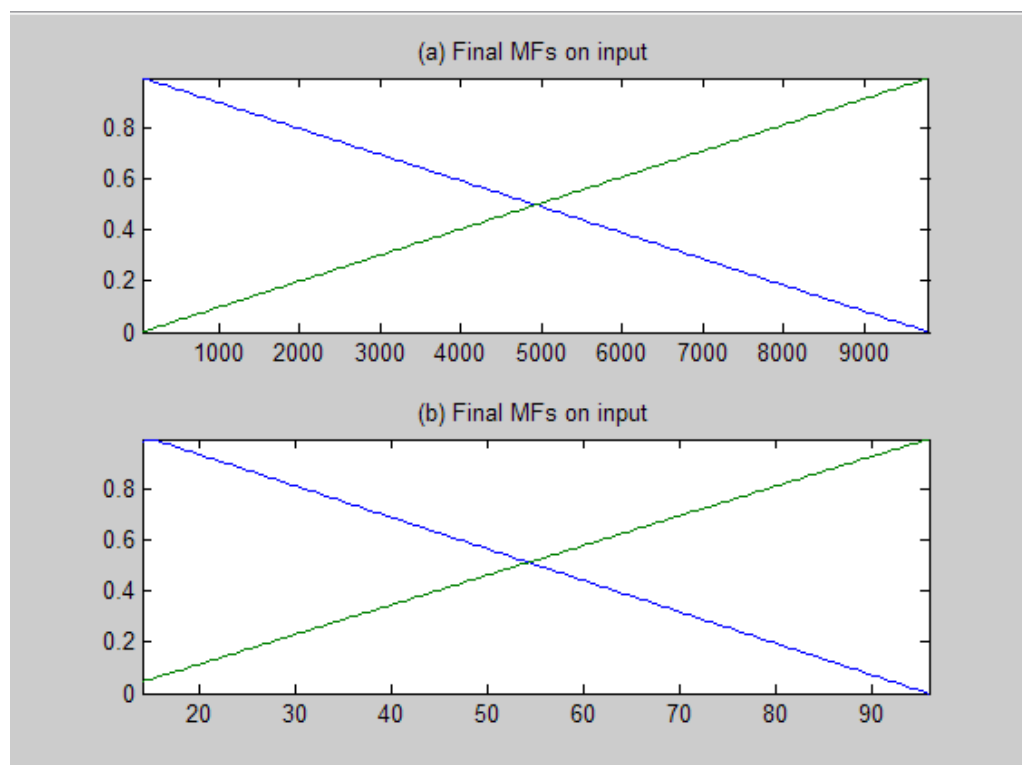
Σχήμα: Δυσδιάστατο διάγραμμα διασποράς των δεδομένων checking



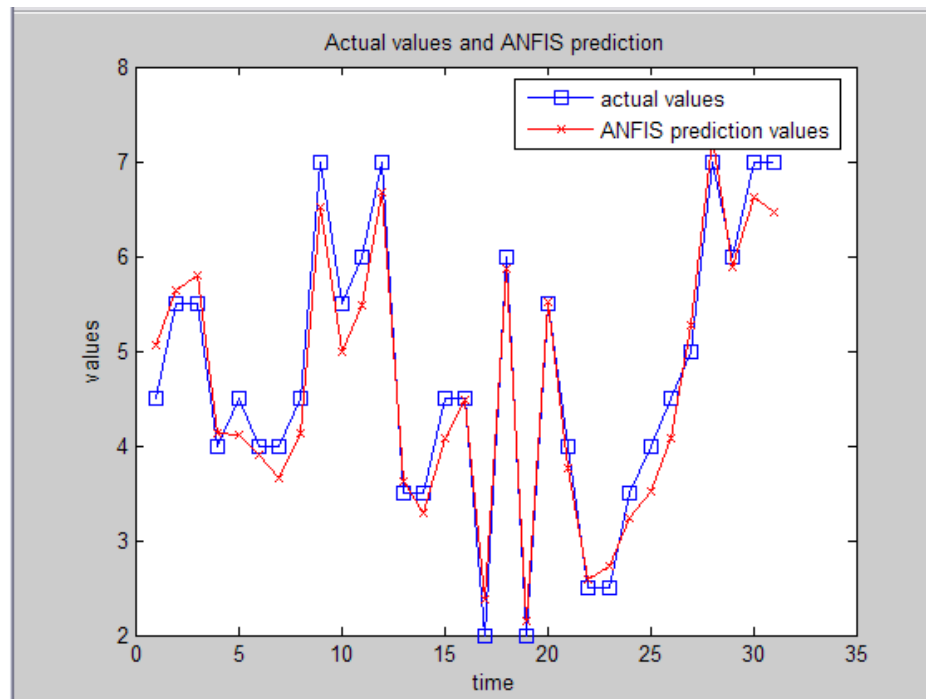
Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση του σφάλματος εκπαίδευσης και ελέγχου, καθώς το βήμα μάθησης ανάλογα με τις επαναλήψεις εκπαίδευσης



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση των συναρτήσεων συμμετοχής πριν την εκπαίδευση του μοντέλου



Σχήμα : Διαγραμματική απεικόνιση των συναρτήσεων συμμετοχής μετά την εκπαίδευση του μοντέλου



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση των πραγματικών δεδομένων και των τιμών που υπολόγισε το ANFIS.

Το προηγούμενο σχήμα είναι το πιο σημαντικό διάγραμμα γιατί βλέπουμε τα πραγματικά δεδομένα (με μπλε χρώμα) σε σχέση τα προβλεπόμενα από το ANFIS δεδομένα(με κόκκινο χρώμα).

Όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα η πρόβλεψη είναι σχεδόν 100% ακριβής! Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα σφάλματα που υπολογίζονται από το ANFIS :

- Η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error -RMSE)
- Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Square Error- MSE)
- Το μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error- MAE)
- Το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (Mean Absolute Percentage Error-MAPE)

τα οποία δίδονται από τους παρακάτω τύπους:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N}}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N e_t^2$$

$$MAE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

$$MAPE = \frac{100}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

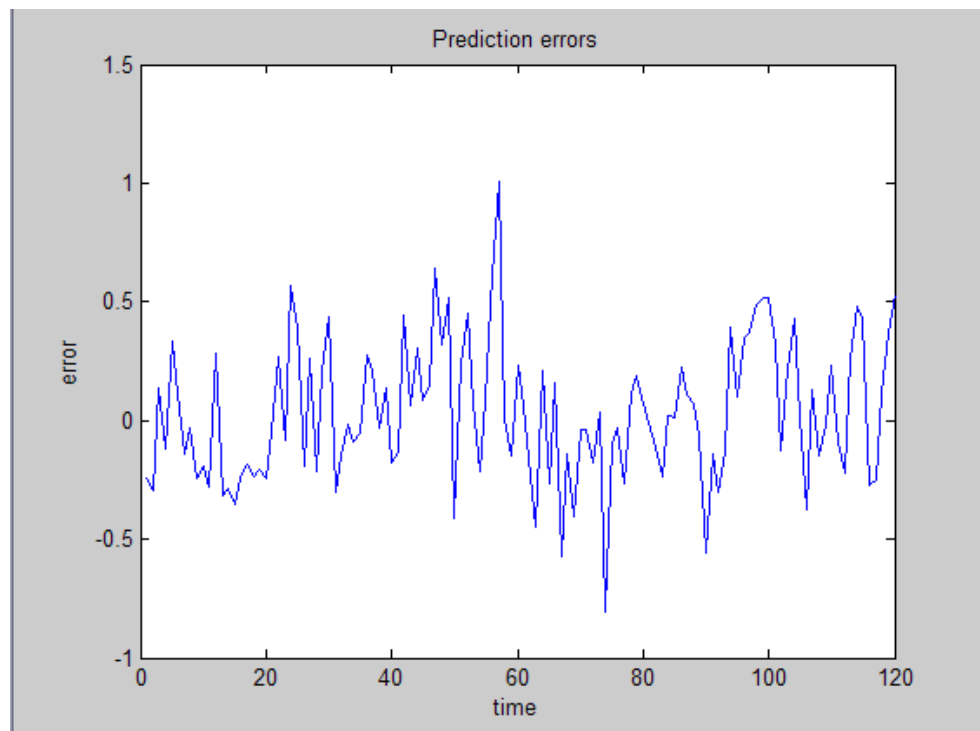
MAPE = 0.2978

MSE = 0.0887

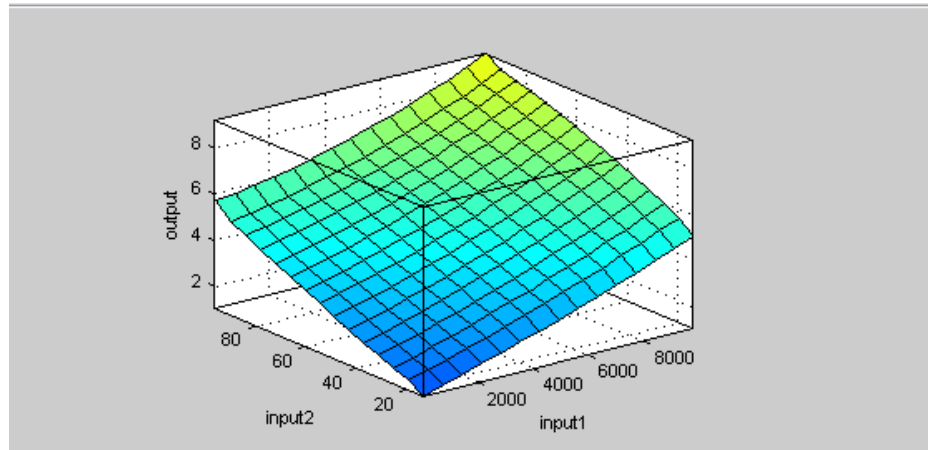
RMSE = 0.0887

MAE = 0.2403

Οι τιμές των σφαλμάτων θεωρούνται ικανοποιητικές καθώς πλησιάζουν αρκετά το μηδέν.



Σχήμα: Διαγραμματική απεικόνιση της εξέλιξης του ποσοστού σφάλματος μεταξύ των τιμών της εξόδου του ANFIS και των πραγματικών τιμών



Σχήμα: Τρισδιάστατη διαγραμματική απεικόνιση της επιφάνεια ελέγχου των εισόδων.

Κεφάλαιο 8:

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων-Ικανότητα εφαρμογής και σε άλλα αντίστοιχα συνεργεία εκτός Ναυστάθμου Κρήτης

Η προσέγγιση της εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου με νεύρο-ασαφή δίκτυα είναι κάτι καινούριο και ειδικά για την χώρα μας. Παρουσιάζει όμως έντονο ενδιαφέρον, επειδή όπως παρατηρήσαμε και από τα αποτελέσματα (σφάλματα) έχουμε μια πολύ καλή θεωρητική προσέγγιση στην καταπόνηση του εργαζομένου ανάλογα τους με τους βλαπτικούς παράγοντες που έρχεται σε επαφή.

Στην πράξη παρατήρησα ότι γνωρίζοντας για παράδειγμα το ποσοστό θορύβου και την συγκέντρωση κάποιων επιβλαβών αερίων που δημιουργούνται από τα μηχανήματα σε έναν χώρο μπορούμε να προβλέψουμε την καταπόνηση που θα έχει ο εργαζόμενος μετά από κάποιες ώρες. Έτσι μπορούμε πριν καταπονηθεί ο εργαζόμενος και γίνει πιο επίφοβος στα λάθη, τα οποία μπορούν να του στοιχίσουν την ζωή, να του πούμε να σταματήσει μέχρι να ξεκουραστεί. Με αυτόν τον τρόπο παρατηρώντας μόνο ένα μικρό κομμάτι της βάρδιας του, έχουμε μια πλήρη εικόνα της. Έτσι σε μια μεγάλη παραγωγική μονάδα η οποία θα μας έπαιρνε πολύ χρόνο για να αξιολογήσουμε την επικινδυνότητα κάθε θέσης εργασίας, με αυτόν τον τρόπο μπορούμε πολύ πιο γρήγορα και οικονομικά να έχουμε μια πλήρη εικόνα ολόκληρης της μονάδας. Αυτό μπορεί να επεκταθεί και σε πιο πολύπλοκα συστήματα, όπου υπάρχουν περισσότεροι βλαπτικοί παράγοντες, και αλυσίδες παραγωγής, γιατί τα νεύρο-ασαφή μοντέλα μπορούν να λειτουργήσουν με πολύ καλά αποτελέσματα και με περισσότερες εισόδους – εξόδους. Βλέπουμε ότι όποιο και να είναι το περιβάλλον που εργάζεται, αν γίνουν ακριβείς μετρήσεις μπορούμε να προβλέψουμε την μελλοντική καταπόνηση που θα υποστεί ο εργαζόμενος στην διάρκεια της βάρδιας του. Γνωρίζοντας το ποσοστό συγκέντρωσης των βλαπτικών παραγόντων που υπάρχουν στον χώρο, κάτι αρκετά εύκολο στις μέρες μας επειδή ο κατασκευαστής κάθε μηχανήματος δίνει ένα φάσμα λειτουργίας(πχ θόρυβο) και επιπλέον οι μετρήσεις γίνονται εύκολα και γρήγορα. Επειδή μια επιχείρηση αποδίδει καλύτερα αν δεν γίνονται ατυχήματα, και για να μην γίνονται ατυχήματα ο καλύτερος τρόπος είναι η πρόβλεψη, παρατηρούμε ότι τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να συνεισφέρουν αποτελεσματικά στην μείωση ατυχημάτων στους εργασιακούς χώρους.

Βιβλιογραφία

- [1] Byeongdeok Yea, Tomoyuki Osaki, Kazunori Sugahara, Ryosuke Konishi, Improvement of concentration-estimation algorithm for inflammable gases utilizing fuzzy rule-based neural networks, *Sensors and Actuators B*, vol. 56, pp. 181–188, (1999).
- [2] Z. Sterjovski ., M. Pitrun, D. Nolan, D. Dunne, J. Norrish, Artificial neural networks for predicting diffusible hydrogen content and cracking susceptibility in rutile flux-cored arc welds, *Journal of Materials Processing Technology*, vol.184, pp. 420-427, (2006).
- [3] A. Mellit, S.A. Kalogirou, S. Shaari, H. Salhi, A. Hadj Arab, Methodology for predicting sequences of mean monthly clearness index and daily solar radiation data in remote areas: Application for sizing a stand-alone PV system, *Renewable Energy*, vol.33, pp. 1570-1590, (2007).
- [4] Zadeh, L. A., Fuzzy sets, *Information and Control*, vol. 8, pp. 338-353, (1965).
- [5] Jang, JS, ANFIS: Adaptive -Network -based Fuzzy Inference System, *IEEE Trans systems, Man and Cybernetics*, vol. 23, (3), pp. 665-684, (1993).
- [6] Jang, JS, and C. Sun, Predicting chaotic time series with fuzzy if-then rules. *Proceedings of the IEEE international conference on fuzzy systems*, pp. 1079-1084. (1993).
- [7] Byeongdeok Yea, Tomoyuki Osaki, Kazunori Sugahara and Ryosuke Konishi, The concentration-estimation of inflammable gases with a semiconductor gas sensor utilizing neural networks and fuzzy inference, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 41, pp.121-129, (1997).
- [8] Nalan Imamoglu, Mukerrem-Betul Yerer, Hamiyet Donmez-Altuntas, Recep Saraymen, Erythrocyte antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in the erythrocyte membrane of stainless-steel welders exposed to welding fumes and gases, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 211, pp. 63-68, (2007).
- [9] James M. Antonini, Sam Stone, Jenny R. Roberts, Bean Chen, Diane Schwegler-Berry, Aliakbar A. Afshari, David G. Frazer, Effect of short-term stainless steel welding fume inhalation exposure on lung inflammation, injury, and defense responses in rats, *Toxicology and Applied Pharmacology*, vol. 233, pp.234-245, (2007).
- [10] Gil Nam Jeong, Gi Jin Jo, Un Bock Jo, Il Je Yub, Effects of repeated welding fumes exposure on the histological structure and mucins of nasal respiratory mucosa in rats, *Toxicology Letters*, vol. 167, pp.19-26, (2006).
- [11] James M. Antonini, Michael D. Taylor, Lyndell Millecchia, Alicia R. Bebout, Jenny R. Roberts, Suppression in lung defence responses after bacterial infection in rats pretreated with different welding fumes, *Toxicology and Applied Pharmacology* vol.200, pp. 206-218, (2004).
- [12] Anthony T. Zimmera, Paul A. Barona, Pratim Biswas, The influence of operating parameters on number-weighted aerosol size distribution generated from a gas metal arc welding process, *Journal of Aerosol Science* vol.33, pp.519-561, (2001).

- [13] Byeongdeok Yea , Tomoyuki Osaki , Kazunori Sugahara , Ryosuke Konishi, Improvement of concentration-estimation algorithm for inflammable gases utilizing fuzzy rule-based neural networks, Sensors And Actuators B, vol56, pp.181-188, (1999).
- [14] J. Mubiru, Predicting total solar irradiation values using artificial neural networks, Renewable Energy, vol.33, pp.2329-2332, (2008).
- [15] T. Oyabu, An algorithm for evaluating disasters by fuzzy reasoning, Sensors and Actualors B, vol.10, pp.143-148, (1992).

Υπόμνημα