

ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ
ΣΧΟΛΗ: ΣΤΕΦ
ΤΜΗΜΑ: Ε/Τ

ΜΑΘΗΜΑ

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MATLAB

ΘΕΜΑ:

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΣΑΜΑΡΑΚΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΒΑΡΔΗ ΜΑΡΙΑ

ΚΟΥΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΜΑΡΑΓΚΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

ΧΑΤΖΗΩΑΝΝΟΥ ΘΑΝΑΣΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2002

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

“ ΜΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΛΟΓΙΚΩΝ
ΜΕΘΟΔΩΝ CRISP ΚΑΙ FUZZY ΓΙΑ
ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ
ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ”

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι λόγοι που μελετούμε τις τεχνικές βελτίωσης ανευρέσεως πετρελαίου συνοψίζονται στη μελέτη του STOSUR που έγινε το 1986. Όταν ειπώθηκε η μελέτη του μόνο το 27 % του πετρελαίου των Η.Π.Α, που είχε εξορυχτεί, τελικά παράχθηκε. Κάτω από αυτές τις δεδομένες οικονομικές συνθήκες μόνο 6% περισσότερο πετρέλαιο θα μπορούσε να παραχθεί χρησιμοποιώντας την σημερινή τεχνολογία. Το υπόλοιπο 67% είναι ο στόχος της βελτίωσης των τεχνικών ανευρέσεως πετρελαίου όπου γενικά, περίπου 6% από την καθημερινή μας παραγωγή πετρελαίου προέρχεται από αυτήν. Ακόμα και αυτόν τον καιρό, του μειωμένου ενδιαφέροντος της ενεργειακής κρίσης, αυτοί οι αριθμοί δείχνουν πως η μελέτη της ανάπτυξης των μεθόδων εξόρυξης πετρελαίου αξίζει την προσπάθεια γιατί προσφέρει πολλά κέρδη.

Επειδή η εξέλιξη των μεθόδων εξόρυξης πετρελαίου γενικά είναι ακριβή, είναι απαραίτητο για τους μηχανικούς να παίρνουν την καλύτερη μέθοδο εξόρυξης για την δεξαμενή, έτσι ώστε να αξιολογηθεί αν θα υπάρχει κέρδος ή όχι. Οι μέθοδοι του φιλτραρίσματος στοιχίζουν και τελικά συμπεριλαμβάνουν πολλά βήματα, ένα από αυτά είναι να συμπεριληφθεί και ο τεχνικός οδηγός τους. Αυτά τα βήματα είναι το θέμα αυτού του κεφαλαίου. Οι οδηγοί φιλτραρίσματος αποτελούνται από πίνακες και διαγράμματα για να παίρνουμε την κατάλληλη τεχνική μεθόδων εξόρυξης πετρελαίου σαν λειτουργία δεξαμενής και ιδιοτήτων ακατέργαστου πετρελαίου. Όταν αποφασιστεί κάποια υποψήφια τεχνική συχνά απαιτούνται περαιτέρω εργασιακές μελέτες . Όταν αποκτήσουμε τα δεδομένα από αυτές τις μελέτες, μετά

χρησιμοποιούνται για να παραταθεί η βιωσιμότητα της επιλεγμένης τεχνικής. Μέσω της διαδικασίας φιλτραρίσματος υπολογίζουμε το κόστος.

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε δύο εμπειρικά συστήματα για φιλτράρισμα των επεξεργασιών ανάπτυξης και των τεχνικών βελτίωσης και ανεύρεσης πετρελαίου. Στο πρώτο αναπτύξαμε το CRISP, ένα βοήθημα κανόνων που αντικαθιστά τον τεχνικό οδηγό που έχουμε προαναφέρει. Αυτοί οι οδηγοί βασίζονται σε πίνακες και γραφικές παραστάσεις για υπολογισμό με το χέρι. Οι εμπειρικοί βοηθοί ουσιαστικά μας δίνουν την δυνατότητα να παίρνουμε την ίδια πληροφορία μέσω πινάκων και γραφικών παραστάσεων όπως και οι τεχνικοί οδηγοί, αλλά είναι πιο περιεκτική και πιο εύκολη σε λειτουργία από τους τεχνικούς οδηγούς. Στο δεύτερο, ο FUZZY εμπειρικός βοηθός δημιουργήθηκε λίγο αργότερα ώστε να ελαχιστοποιήσει μερικές από τις αδυναμίες που είχαν παρατηρηθεί στο πρώτο εμπειρικό σύστημα, CRISP. Στο τέλος του τμήματος δοκιμασιών και τα δύο εμπειρικά βοηθήματα μας παρέχουν αριθμημένη λίστα δυνατών τεχνικών. Αυτό είναι δύσκολο να το κάνουμε χρησιμοποιώντας τους πίνακες και στα δύο εμπειρικά συστήματα ο χρήστης πρέπει να εισάγει το βάρος του πετρελαίου, το ιξώδες, την χημική σύνθεση, τον σχηματισμό αλμυρότητας, τον τύπο σχηματισμού, τον κορεσμό του πετρελαίου, την πυκνότητα, το βάθος τη θερμοκρασία και το πόσο πορώδες είναι. Παρόλα αυτά η τελική επιλογή της τεχνικής θα βασίζεται στο κόστος. Το πρώτο βήμα φιλτραρίσματος είναι πολύ σημαντικό επειδή η διαδικασία φιλτραρίσματος από μόνη της είναι ακριβή και επειδή είναι αναγκαίο να επιλέξουμε την πιο οικονομική τεχνική.

1.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΙΑΛΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Για αυτή τη μελέτη, ως τεχνική εξόρυξης πετρελαίου ορίζεται οποιαδήποτε τεχνική με αύξηση της παραγωγής πέρα από την τεχνική πλημμυρίσματος με νερό και ανακύκλωσης αερίου. Συνήθως συμπεριλαμβάνει και την έγχυση ενός ρευστού που χρησιμοποιείται στις τεχνικές εξόρυξης πετρελαίου. Και τα δύο παραπάνω εμπειρικά συστήματα έχουν κανόνες και είναι κυρίως βασισμένα στις μελέτες των TAUBER και MARTIN.

Οι τεχνικές εξόρυξης πετρελαίου μπορούν να διαιρεθούν σε τέσσερις γενικές κατηγορίες: Θερμικές, Έγχυσης αερίου, πλημμύρισμα με χημικές ουσίες και μικροβιακή. Οι θερμικές τεχνικές έχουν υποδιαιρεθεί στην καύση IN SITU και σε αυτή της πλημμύρισης ατμού που απαιτεί δεξαμενή με αρκετά μεγάλη δεκτικότητα. Η μέθοδος πλημμύρισης ατμού, παραδοσιακά είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται τις περισσότερες φορές. Παλιότερα εφαρμόζονταν συχνά μόνο σε σχετικά ρηχές δεξαμενές, που περιείχαν ιξώδη έλαια. Σε αυτή την εφαρμογή, τα κριτήρια διαλογής αλλάζουν επειδή η βελτίωση του εξοπλισμού απέτρεπε την οικονομική διαχείριση σε βαθύτερη διαμόρφωση. Νέες μελέτες απέδειξαν πως πέραν της επιρροής του στο ιξώδες και στη πυκνότητα οι θερμοκρασίες του ατμού επίσης επηρεάζουν τις ταλαντώσεις της δεξαμενής και τις ιδιότητες των ρευστών. Έτσι οι δεξαμενές που δεν προορίζονταν για πλημμύρισης ατμού επανεκτιμούνται. Το εμπειρικό σύστημα είναι καλό να χρησιμοποιηθεί εδώ μιας και εύκολα μεταβάλλεις το πρόγραμμα,

σύμφωνα με τις τεχνολογικές αλλαγές. Η μέθοδος έγχυσης αερίου βρίσκεται άκρως αντίθετη με την μέθοδο πλημμύρισης ατμού. Είναι χωρισμένη σε υδρογονάνθρακες, άζωτο και καυσαέρια και σε διοξείδιο του άνθρακα. Αυτές οι τεχνικές τείνουν να δουλεύουν καλύτερα σε βαθιές δεξαμενές που περιέχουν ελαφρά πετρέλαια.

Οι τεχνικές πλημμυρίσματος με χημικές ουσίες χωρίζεται σε πολυμερή σώματα, επενδυμένα πολυμερή σώματα και τεχνικές αλκαλικής εξόρυξης. Μικροβιακές τεχνικές είναι νέες και βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο στις μέρες μας και δεν είναι υποδιαιρεμένες. Στο σχήμα 9-1 βλέπουμε και τις τέσσερις κατηγορίες σε σχέση με τις μεθόδους ως σχεδιάγραμμα.

Το σχόλιο που ακούγεται τις περισσότερες φορές είναι « αφού υπάρχουν άριστες μελέτες στο αντικείμενο, με γραφικές παραστάσεις και πίνακες, με πληροφορίες να μας λύσουν κάθε πρόβλημα τι χρειαζόμαστε τα εμπειρικά συστήματα; » Η απάντηση είναι πως ένα εμπειρικό σύστημα δεν είναι απόλυτος αναγκαίος, αλλά κάποια προβλήματα μπορούν να επιλυθούν γρηγορότερα και καλύτερα με την χρήση των εμπειρικών συστημάτων. Ο πίνακας 1 παρμένος από το ΜΕΛΕΤΗ II είναι μια μίτρα 8 τεχνικών εξόρυξης πετρελαίου και 9 κριτηρίων τεχνικών εξόρυξης πετρελαίου.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1	
1	ΒΑΡΥΤΗΤΑ = 18 ΒΑΘΜΟΥΣ API
2	ΙΞΩΔΕΣ = 500 CP
3	ΣΥΝΘΕΣΗ = ΥΨΗΛΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ C4 - C7
4	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 50%
5	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ = 35 FT
6	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ = 1000 MD
7	ΠΛΗΡΕΣ ΒΑΘΟΣ = 2000 FT
8	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ = 110 F

Θεωρητικά εάν οι εκτιμήσεις κριτηρίων τεχνικών εξόρυξης πετρελαίου για την δεξαμενή είναι γνωστές, μηχανικοί μπορούν να επιλέξουν μια υποψήφια διαδικασία από τον πίνακα 1 ακόμα και εάν δεν έχουν γνώση πάνω στις τεχνικές εξόρυξης πετρελαίου.

Εάν ψάξουμε τον πίνακα ξεκινώντας από την κορυφή και κινούμενη από τα αριστερά προς τα δεξιά πριν κινηθούμε πάνω κάτω, χρησιμοποιούμε της προς τα πίσω αλυσιδωτή μέθοδο. Σ' αυτή υποθέτουμε μια λύση (π.χ. έγχυση αερίου H/C), μετά ελέγχουμε τα δεδομένα ώστε να επαληθεύσουμε και να απορρίψουμε αυτή την υπόθεση. Από την άλλη, το διάβασμα των δεδομένων με την αλυσιδωτή μέθοδο προς τα εμπρός, θα άρχιζε το ψάξιμο στο αριστερό πάνω μέρος του πίνακα και θα κινούταν προς τα κάτω, χωρίς να αλλάξει στήλη. Έτσι η έρευνα θα πρέπει να ξεκινάει με δεδομένη τιμή για το βάρος του πετρελαίου να ελέγχει την τιμή με κάθε μέθοδο τεχνικής εξόρυξης πετρελαίου πριν κινηθεί σε άλλα στοιχεία. Σ' αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιούμε την αλυσιδωτή μέθοδο προς τα πίσω , ώστε να καταλήξουμε πως η μέθοδος πλημμυρίσματος ατμού είναι η μόνη καλή να χρησιμοποιήσουμε σ' αυτή την περίπτωση. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας, φαίνονται στον πίνακα 9-2. Η τεχνική IN SITU επίσης θα λειτουργούσε.

Το προηγούμενο παράδειγμα, δεν είναι όμως ιδανικό μιας και υπάρχει μόνο ένας υποψήφιος για το επόμενο βήμα διαλογής, και αυτός διαγράφεται για άλλους λόγους σε παρακάτω βήμα. Τότε δεν θα υπήρχε και υποψήφια μέθοδο εξόρυξης για αυτό το παράδειγμα. Έχοντας μια δεξαμενή η οποία δεν συνιστάτε για τεχνικές εξόρυξης πετρελαίου, είναι ασφαλώς θεμιτό , αλλά δεν

πρέπει να αφήσουμε το ενδεχόμενο της εξόρυξης λόγω μειωμένης γνώσης. Αλλάζοντας ελαφρώς το προηγούμενο παράδειγμα, μπορούμε να έχουμε το αντίθετο πρόβλημα, όπως μας δείχνει το παράδειγμα 2 του οποίου κριτήρια εκτιμούνται παρακάτω.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2	
1	ΒΑΡΥΤΗΤΑ = 35 ΒΑΘΜΟΥΣ API
2	ΙΞΩΔΕΣ = 5 CP
3	ΣΥΝΘΕΣΗ ΥΨΗΛΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ C4 - C7 ΚΑΙ ΜΕΡΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ
4	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 50%
5	ΤΥΠΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ = ΣΚΟΝΗ
6	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ = 10 FT
7	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ = 1000 MD
8	ΠΛΗΡΕΣ ΒΑΘΟΣ = 5000 FT
9	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ = 150 F

Ψάχνοντας τον πίνακα 1 πάλι, με την αλυσιδωτή μέθοδο προς τα πίσω αποκτούμε τα αποτελέσματα που μας δίνει ο πίνακας 9-3. Αυτή την φορά μόνο η τεχνική πλημμυρίσματος έχει απορριφθεί ως τεχνική εξόρυξης πετρελαίου και οδηγούμαστε στο δεύτερο πιθανό βήμα με πολλές πιθανές υποψήφιες μεθόδους.

Τα παραπάνω δεν είναι κριτική στη ΜΕΛΕΤΗ 2 ή σε πίνακες όπως ο πίνακας 1. Απλώς είναι απλά μια προσπάθεια υπόδειξης για να γίνει ένα καλό πρώτο βήμα διαλογής απαιτεί περισσότερες πληροφορίες από αυτές που δίνουν αυτοί οι πίνακες. Πολλές από αυτές τις πληροφορίες είναι διαθέσιμες στη ΜΕΛΕΤΗ 2-4 και η ΜΕΛΕΤΗ 3 και 4 συμπεριλαμβάνονται παρόμοιους με τον πίνακα 1. Ο πίνακας 2 περιλαμβάνει όλα τα υλικά του πίνακα 1. Επίσης μερικές από τις πληροφορίες από τον πίνακα της ΜΕΛΕΤΗΣ 4 περιλαμβάνοντας και την μικροβιακή μέθοδο. Οι επιπρόσθετες πληροφορίες βελτίωσαν τα αποτελέσματα της έρευνας αλλά παραμένουν ακόμα ανεπαρκής. Χρειαζόμαστε πληροφορίες σχετικές για τις επιδράσεις της θερμοκρασίας. 140°F στη δεξαμενή όπως αναφέρεται στους πίνακες 1 και 2 και αν οι θερμοκρασίες

άνω των 150°F είναι προτιμώμενες. Άρα χρειαζόμαστε πληροφορίες που θα προσδιορίζουν την αποδοτικότερη μέθοδο. Αυτό σημαίνει πως χρειαζόμαστε μια καταταγμένη λίστα με μεθόδους , άρα ένας μη ειδικός μπορεί να προμηθευτεί μια τέτοια λίστα διαβάζοντας τις μελέτες και πιθανόν με επιπρόσθετη έρευνα θα είναι σε θέση να χρησιμοποιεί τους πίνακες 1 και 2. Αλλά ο χρόνος που απαιτείτε ώστε να γίνει ένα βήμα διαλογής , είναι σαφώς μεγαλύτερος από το να ψάξεις κάποιους πίνακες. Εάν όμως η εξάσκηση πρέπει να επαναληφθεί πολλές φορές και από πολλούς διαφορετικούς μη- επαγγελματίες, τότε η ίδια η δουλειά μπορεί να γίνει από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή βασισμένο σε ένα εμπειρικό σύστημα.

Πίνακες 9-4 έως 9-14 μας δείχνουν την βάση ενός βαθμολογημένου συστήματος για διαφόρους μεθόδους και κριτήρια τεχνικών εξόρυξης πετρελαίου σε μια προσπάθεια επίλυσης χρησιμοποιώντας ένα σύνολο CRISP βασισμένο σε κανόνες. Πίνακες όπως 9-5, 9-11 και 9-12 πάρθηκαν και τροποποιήθηκαν από τη ΜΕΛΕΤΗ 2. Οι άλλοι δημιουργήθηκαν μελετώντας την ΜΕΛΕΤΗ 2 από την 4-6 και 8. Οι πίνακες 9-4 έως 9-14 είναι γραφήματα με ράβδους και δείχνουν τι επιρροή έχει το κάθε κριτήριο τεχνικής εξόρυξης πετρελαίου στις διάφορες μεθόδους τεχνικής εξόρυξης πετρελαίου. Το βαθμολογημένο σύστημα είναι εμπειρικό και είναι σχεδιασμένο ώστε να προσδίδει κρίση και εξειδίκευση στο εμπειρικό σύστημα. Πολλή δουλειά χρειάστηκε για την ανάπτυξη του βαθμολογημένου συστήματος.

Το σύστημα είναι μια σπουδαία βελτίωση πάνω στους πίνακες, επειδή η κάθε κατηγορία διασπάται σε πολλές κατεύθυνσης ή σύνολα. Ωστόσο αυτό το σύνολο δεν είναι ακόμα επαρκές επειδή τα σύνολα είναι υπό μορφή CRISP με ιδιότητες συνδυασμών. Το σύστημα αυτό δουλεύει καλά για πολλά προβλήματα. Για παράδειγμα, στο πίνακα 9-13 η επιρροή της διαμόρφωσης της θερμοκρασίας στη μικροβιακή μέθοδο είναι τρομακτική. Με μια αλλαγή ενός βαθμού Κελσίου η επιλογή μεταφέρεται από «καλή» σε «μη εφικτή». Είναι μια αλλαγή από 60 πόντους. Παρόλο υπάρχει και μια θερμοκρασία που τα μικρόβια πεθαίνουν και είναι απίθανο ο διαχωρισμός να είναι δριμύς. Το βαθμολογημένο σύστημα βασίζεται σε λέξεις κλειδιά στους πίνακες 9-4 έως 9-14 και δουλεύουν ως εξής:

ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΕΣ		
1	ΜΗ ΕΦΑΡΜΟΣΙΜΗ	-50
2	ΑΡΚΕΤΑ ΦΤΩΧΗ	-20
3	ΦΤΩΧΗ	0
4	ΠΙΘΑΝΗ	4
5	ΔΙΚΑΙΗ	6
6	ΚΑΛΗ	10
7	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	12
8	ΠΡΟΤΙΜΩΜΕΝΗ	15

Για την μικροβιακή μέθοδο, η επίδραση του ιξώδους και σε μεγάλο βαθμό το ποσό πορώδεις είναι άγνωστο μέχρι να πάρουμε περισσότερες πληροφορίες, δίνεται η βαθμολογία 6 για ένα «άγνωστο» που είναι το ίδιο αποτέλεσμα με το «δίκαιο».

Σε ένα παράδειγμα ενός βαθμολογημένου συστήματος παρατηρούμε τον πίνακα 9-5 και μελετούμε ένα πετρέλαιο με ρευστότητα περίπου 500. Η έγχυση αέριων υδρογονανθράκων, τα αναδυόμενα πολυμερή σώματα και η μέθοδο του πλημμυρίσματος αλκαλικών χημικών είναι συνήθως «φτωχές» με μηδενικό αποτέλεσμα. Οι άλλες δύο τεχνικές έγχυσης αερίων, αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα είναι και οι δύο «δίκαιες» με αποτέλεσμα 6. Η τεχνική πλημμυρίσματος με πολυμερή σώματα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μεγάλη ρευστότητα, άρα παίρνει βαθμολογία –50. Κάθε θερμική μέθοδο είναι «καλή» και παίρνει βαθμολογία 10. Η μικροβιακή μέθοδο είναι «άγνωστο», άρα παίρνει βαθμολογία 6.

Κάποια κριτήρια τεχνικών εξόρυξης είναι πιο σημαντικά από άλλα και σε κάποιες περιπτώσεις, ένα δεδομένου κριτήριο επηρεάζει περισσότερο μια μέθοδο από άλλες που εξηγεί και οι ανώτερες και οι κατώτερες τιμές για την κάθε μέθοδο διαφέρουν από τα δεδομένα κριτήρια. Η ποικιλία στη βαρύτητα του πετρελαίου επιτρέπει το αποτέλεσμα της μεθόδου έγχυσης αερίου αναμείξεως υδρογονανθράκων να κυμανθεί από «φτωχή» σε «προτιμώμενη», ένας βαθμός από 0-15. Η ίδια ποικιλία βαρύτητας επιτρέπει στο αποτέλεσμα της μεθόδου έγχυσης αερίου διοξειδίου του άνθρακα να κυμανθεί από «δυνατή» έως «καλή» ένας βαθμός από 4-10. Έτσι παρατηρούμε πως η βαρύτητα του πετρελαίου

επηρεάζει περισσότερο την μέθοδο ανάμιξης των υδρογονανθράκων από τη μέθοδο διοξειδίου του άνθρακα. Πολλές από τις πληροφορίες των πινάκων 9-4 έως 9-14 είναι βασισμένες στην εμπειρία και κρίση και είναι επηρεασμένες από την εξέταση άνω των 200 μελετών πάνω στην τεχνική εξόρυξης πετρελαίου που είναι καταχωρημένες στη ΜΕΛΕΤΗ 8. Το βαθμολογημένο σύστημα χρησιμοποιείται σε κάθε εμπειρικό σύστημα και μπορούν να γίνουν εύκολα αλλαγές από κάποιον με διαφορετικές εμπειρίες ή με νέες πληροφορίες.

Παρόλο που το βαθμολογημένο σύστημα περιγράφει αρκετά αναλυτικά πολλές περιπτώσεις υπάρχουν μερικές αξιόλογες εξαιρέσεις .Αυτές περιγράφονται στα επόμενα δύο παραδείγματα. Το παράδειγμα 3 έχει τις παρακάτω τιμές για τα κριτήρια εξόρυξης πετρελαίου για δύο παρόμοια σενάρια.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ^ο ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
1	ΒΑΡΥΤΗΤΑ = 23 API
2	ΙΞΩΔΕΣ = 30 cp
3	ΣΥΣΤΑΣΗ = ΥΨΗΛΗ C5-C12
4	ΑΛΜΗΡΟΤΗΤΑ = 101000 ppm
5	ΚΟΠΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ = 29%
6	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΑΜΜΟΠΕΤΡΕΣ
7	ΠΛΗΡΩΤΑΙΑ ΠΥΚΝΩΤΗΤΑ 26 ft
8	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ= 24 md
9	ΒΑΘΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ = 1999 ft
10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ = 91 F
11	ΠΟΡΩΔΕΣ = 19%

ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^ο ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
1	ΒΑΡΥΤΗΤΑ = 24 API
2	ΙΞΩΔΕΣ = 22 cp
3	ΣΥΣΤΑΣΗ = ΥΨΗΛΗ C5-C12
4	ΑΛΜΗΡΟΤΗΤΑ = 99000 ppm
5	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ = 31%
6	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΑΜΜΟΠΕΤΡΕΣ
7	ΠΛΗΡΩΤΑΙΑ ΠΥΚΝΩΤΗΤΑ 24 ft
8	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ= 26 md
9	ΒΑΘΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ = 2001 ft
10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ = 89 F
11	ΠΟΡΩΔΕΣ = 21%

ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ^ο		
A/A	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ
1	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	102
2	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΛΚΑΛΙΚΩΝ	97
3	ΚΑΥΣΗ IN SITU	93
4	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΤΜΟΥ	92
5	ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	88
6	ΜΕ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	88
7	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	85
8	ΑΝΑΜΙΓΜΕΝΗ Η/Σ	77
9	ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΑΕΡΙΟ ΚΑΥΣΙΜΟ	72

ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^ο		
A/A	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ
1	ΜΕ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	142
2	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	136
3	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΛΚΑΛΙΚΩΝ	127
4	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	116
5	ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΑΕΡΙΟ ΚΑΥΣΙΜΟ	114
6	ΑΝΑΜΙΓΜΕΝΗ Η/Σ	104
7	ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	94
8	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΤΜΟΥ	83
9	ΚΑΥΣΗ IN SITU	80

Είναι εύκολο να δεις πως η κατάταξη των σεναρίων είναι εντελώς διαφορετικές. Τα αποτελέσματα για το δεύτερο σενάριο, εκτός της καύσης IN SITU και πλημμυρίσματος ατμού είναι πολύ μεγαλύτερα από αυτά του πρώτου σεναρίου. Η σχέση του μεγέθους αυτών των αποτελεσμάτων συζητείτε στο τέλος την παραγράφου. Η επαλήθευση αυτών των βαθμολογιών και οι λόγοι για τις διαφορές φαίνονται στους πίνακες 9-4 έως 9-14. Αυτοί οι πίνακες δείχνουν πως οι βαθμολογίες για πολλές μεθόδους τεχνικών εξόρυξης πετρελαίου πέφτουν από την μια πλευρά στα σύνορα της CRISP και από την άλλη πλευρά για το δεύτερο σενάριο οι διαφορές είναι αυξημένες επειδή συμβαίνει να υπάρχουν διαφορετικοί χρόνοι για την κάθε μέθοδο καθώς το εμπειρικό σύστημα ψάχνει μέσω των κριτηρίων της τεχνικής εξόρυξης πετρελαίου. Αυτό το παράδειγμα είναι η χειρότερη περίπτωση. Ήταν ρυθμισμένα ώστε η διαφορά των βαθμολογιών να εκπέμπονται, προτιμότερο από το να ακυρωθούν από το ένα κριτήριο στο άλλο. Αλλά είναι πραγματικό στις περισσότερες μετρήσιμες τεχνικές δεν είναι ακριβής ώστε να καθοριστεί πια μεριά των CRISP συνόρων να είναι τα δεδομένα. Το πρόβλημα επιδεινώνεται με μια μικρή αλλαγή στην κατάσταση ενός κριτηρίου τεχνικής εξόρυξης πετρελαίου μπορεί να επηρεάσει δραματικά μερικές μεθόδους εξόρυξης πετρελαίου. Για παράδειγμα ο πίνακας 9-4 δείχνει πως μια μικρή αλλαγή στην βαρύτητα ενός πετρελαίου αλλάζει το δυναμικό για ανάδυση των πολυμερών και πλημμύρισμα πολυμερών από μη παραγωγικό «φτωχό» ως «προτιμότερο». Άλλο παράδειγμα δείχνει την επιρροή του ιξώδους στην καύση IN SITU. Μια μεγάλη αλλαγή συμβαίνει από φτωχό στο καλό όταν αυξάνεται το ιξώδες. Ακόμα μια αλλαγή συμβαίνει από καλό σε μη εφικτό καθώς αυξάνεται περαιτέρω το ιξώδες. Ακόμα αν και αυτές οι αλλαγές είναι σχετικά μεγάλες, δεν είναι τόσο

CRISP όσο αυτές που φαίνονται στους πίνακες 9-4 έως 9-14 ή τόσο χρησιμοποιημένες όσο αυτές των CRISP εμπειρικών συστημάτων.

Το σενάριο στο παράδειγμα 4 αποδεικνύει άλλο συνδεδεμένο πρόβλημα. Εάν έχουμε πληροφορίες για την αλμυρότητα και το πόσο πορώδες είναι τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε όλα τα στοιχεία του πίνακα 9-4 έως 9-14 και εάν αλλάξουμε το ιξώδες τη βαρύτητα και τη σύνθεση έτσι ώστε να συμφωνεί με ιξώδες βαρύτερου πετρελαίου τότε μπορούμε να αναδείξουμε τα προβλήματα ιξώδους που παρουσιάζουν η καύση IN SITU και τα επενδυμένα πολυμερή.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ^ο ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
1	ΒΑΡΥΤΗΤΑ =15 API
2	ΙΞΩΔΕΣ = 999 cp
3	ΣΥΣΤΑΣΗ = ΥΨΗΛΗ C5-C12
4	ΑΛΜΗΡΟΤΗΤΑ =50000 ppm
5	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ = 50%
6	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΑΜΜΟΠΕΤΡΕΣ
7	ΠΛΗΡΩΤΑΙΑ ΠΥΚΝΩΤΗΤΑ 35 ft
8	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ= 1000 md
9	ΒΑΘΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ = 2000 ft
10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ =110 F
11	ΠΟΡΩΔΕΣ = 28%

ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^ο ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
1	ΒΑΡΥΤΗΤΑ =15 API
2	ΙΞΩΔΕΣ = 1001 cp
3	ΣΥΣΤΑΣΗ = ΥΨΗΛΗ C5-C12
4	ΑΛΜΗΡΟΤΗΤΑ =50000 ppm
5	ΚΟΠΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ = 50%
6	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΑΜΜΟΠΕΤΡΕΣ
7	ΠΛΗΡΩΤΑΙΑ ΠΥΚΝΩΤΗΤΑ 35 ft
8	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ= 1000 md
9	ΒΑΘΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ = 2000 ft
10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ =110 F
11	ΠΟΡΩΔΕΣ = 28%

Τα παραδείγματα 3 και 4 μας δείχνουν τα είδη προβλημάτων που έχουν προκληθεί από την απόφαση οριοθέτησης μερικών εμπειρικών συστημάτων . Ενώ υπάρχουν πολλοί τρόποι για την ελάττωση αυτών των προβλημάτων, το πρόβλημα του φιλτραρίσματος μεθόδων εξόρυξης πετρελαίου είναι ταιριαστό στην FUZZY LOGIC. Η FUZZY LOGIC λειτουργεί όπως η ανθρώπινη λογική σε αυτά τα όρια, αντί να αποφασίσει πια μεριά των ορίων θα χρησιμοποιηθεί. Αυτό κάνει την μετάβαση από την μια μεριά των ορίων στην άλλη πιο ομαλή. Η προσέγγιση της FUZZY LOGIC αναφέρεται στην επόμενη παράγραφο.

Ένα καθήκον του εμπειρικού συστήματος είναι να ενημερώνει τον χρήστη με το δυνατό περισσότερες πληροφορίες για κάθε ατομική μέθοδο εξόρυξης πετρελαίου από την βάση με ακατέργαστα αποτελέσματα υπολογισμένα από το πρόγραμμα. Για αυτά τα εμπειρικά συστήματα τα ακατέργαστα αποτελέσματα κανονικοποιούνται από την βάση ενός ανωτάτου πιθανού αποτελέσματος που είναι το 100% για την καλύτερη δυνατή διαδικασία, η οποία είναι με την μέθοδο πλημμυρίσματος με ατμό. Αυτό σημαίνει πως εάν ληφθούν υπ' όψη όλα τα αποτελέσματα

όλων των πιθανών μεθόδων , η μέθοδος πλημμυρίσματος ατμού θα έπαιρνε την μεγαλύτερη βαθμολογία των 148 πόντων. Έχει δηλαδή το μεγαλύτερο αριθμό του «προτιμώμενου» στις βαθμολογίες από τις μεθόδους που φαίνονται στους πίνακες 9-4 έως 9-14 .Οι άλλες μέθοδοι τεχνικών εξόρυξης του πετρελαίου εκτός από αυτή της μικροβιακής εξόρυξης βαθμολογούνται πολύ κοντά με την μέθοδο πλημμυρίσματος με ατμό. Η βαθμολογία των 148 πόντων χαρακτηρίζει το 100%. Όλες οι χαμηλότερες βαθμολογίες διαιρούνται με το 148, ώστε να μας δώσουν το καλύτερο πιθανό τελικό αποτέλεσμα.

Στο τέλος της μελέτης, τα αποτελέσματα κρατούνται και ο χρήστης συναρμολογεί μια βαθμολογημένη λίστα με υποψηφιότητες ώστε να προχωρήσει στο επόμενο βήμα φιλτραρίσματος , καθώς και για να μελετήσουμε για το πόσο καλά οι υποψηφιότητες αυτές θα μας δώσουν την μεγαλύτερη πιθανή βαθμολογία. Ως εδώ σ' αυτά τα παραδείγματα και τα δύο εμπειρικά συστήματα μας έδωσαν ρεαλιστικά αποτελέσματα, εκτός από την περίπτωση που η απόφαση FUZZY ήταν αναγκαία .Αυτά τα εμπειρικά συστήματα έτρεξαν χρησιμοποιώντας πολλές πληροφορίες που δίνονται στην ΜΕΛΕΤΗ 8 για πραγματικά προγράμματα , στις 60% των περιπτώσεων που χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα , η μέθοδος που βαθμολογήθηκε υψηλότερα από το εμπειρικό σύστημα ήταν η μέθοδος που πραγματικά χρησιμοποιήθηκε. Στις περισσότερες από τις άλλες περιπτώσεις η μέθοδος που πραγματοποιήθηκε ήταν από τις πρώτες τρεις μεθόδους που προτάθηκαν από το εμπειρικό σύστημα. Το φαινόμενο αυτό δεν είναι ασυνήθιστο μιας και τα πρόσφατα αποτελέσματα των διαφόρων τεστ επηρεάζουν τις βαθμολογήσεις

των εμπειρικών συστημάτων. Τα εμπειρικά συστήματα βασίζονται στην σύγκριση των αποτελεσμάτων των εμπειρικών συστημάτων με τα αποτελέσματα τα οποία δίνονται από ειδικούς ώστε να τροποποιηθούν και να γίνουν τόσο καλά όσο και των ειδικών. Αυτή η προσέγγιση μας δίνει εμπιστοσύνη στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων που προβλέπονται από ένα εμπειρικό σύστημα.

1.3 Εμπειρικά συστήματα και FUZZY LOGIC

Τα περισσότερα κείμενα που αφορούν την τεχνητή νοημοσύνη και τα εμπειρικά συστήματα επισημάνουν ότι σχεδόν όλα τα εμπειρικά συστήματα έχουν να κάνουν με κάποιο είδος αβεβαιότητας. Στην δημιουργία του πρώτου εμπειρικού συστήματος CRISP έγιναν αξιοσημείωτες προσπάθειες εξετάζοντας την φιλοσοφία και δουλεύοντας με δεδομένα ώστε να μειωθεί η αβεβαιότητα αυτή. Εάν για παράδειγμα μία μέθοδος εξόρυξης πετρελαίου βαθμολογηθεί ως καλή για ένα κριτήριο μεθόδου εξόρυξης πετρελαίου, αυτή η βαθμολόγηση θεωρείται 100% σίγουρη και αξίζει 10 βαθμούς. Προσπάθειες έγιναν επίσης και για τον καθορισμό των ορίων των ποικίλων διαβαθμίσεων κάθε ένα κριτήριο μεθόδου εξόρυξης πετρελαίου. Για το εμπειρικό σύστημα CRISP κάθε τμήμα βαθμολόγησης θεωρείται ένα CRISP σύνολο στο οποίο, είτε η μέθοδοι εξόρυξης πετρελαίου έχει μία ιδιαίτερη διαβάθμιση είτε όχι. Για παράδειγμα αν η API βαρύτητα πετρελαίου είναι μεγαλύτερη του 40 η μέθοδος του αναμίξιμου υδρογονάνθρακα εκτιμάται ως «προτιμότερη». Αν η βαρύτητα δεν ξεπερνά τα 40 η μέθοδος παίρνει άλλη διατίμηση. Αυτό λειτουργεί καλά, όσο η βαρύτητα δεν είναι κοντά στο όριο (στην περίπτωση μας σελ 40). Σε περίπτωση όμως που είναι, η αβεβαιότητα αυξάνει. Για παράδειγμα τι γίνεται εάν η βαρύτητα είναι 27 ακριβώς πάνω στο όριο μεταξύ εκτίμησης «καλή» και «φτωχή» για την μέθοδο αναμίξιμου H/C θα έπρεπε το αποτέλεσμα να είναι «0» για το «φτωχή» και «10» για το «καλή». Το εμπειρικό σύστημα CRISP αποφασίζει «προσδιορίζει» αν θα είναι «φτωχή» ή «καλή» και το αποτέλεσμα για αυτή τη μέθοδο αυξάνει κατάλληλα.

Το FUZZY εμπειρικό σύστημα ελαττώνει την αβεβαιότητα που προκαλείται από τον καθορισμό των ορίων αντικαθιστώντας τα CRISP σύνολα με FUZZY σύνολα. Η FUZZY λογική είναι συμβατική λογική και οι συμπερασματικοί κανόνες που επιδίδονται στα FUZZY σύνολα επιδίδονται περισσότερο από ότι στα CRISP σύνολα. Τα FUZZY σύνολα αντιπροσωπεύονται από συνδυασμένες λειτουργίες, αντίθετα από τα CRISP σύνολα, που η εκτίμηση ενός κριτηρίου μιας μεθόδου εξόρυξης πετρελαίου μπορεί να κάνει συνδυασμούς σε πάνω από ένα σύνολο. Ο πίνακας 15-23 είναι ο συνδυασμός λειτουργιών ή FUZZY σύνολα που ανταποκρίνονται στα CRISP σύνολα των πινάκων 9-4 και 9-14.

Δεν υπάρχουν FUZZY σύνολα, που ανταποκρίνονται για τον πίνακα 9-6 (σύνθεση πετρελαίου) ή πίνακα 9-9 (σχηματισμός είδους). Ας σημειώσουμε πως μερικές από τις συντεταγμένες των FUZZY συνόλων διαφέρουν απ αυτές που δείχνουν για τα αντίστοιχα ανταποκρίσιμα συστήματα CRISP. Σ ' αυτές τις περιπτώσεις, απλές μετατροπές γενικά στα ποικίλα κριτήρια μεθόδων εξόρυξης πετρελαίου έτσι ώστε να ταιριάζουν καλύτερα με αυτά του εμπειρικού συστήματος shell συνόλου. Όπως βλέπουμε παρατηρώντας τα διαγράμματα 9-15 και 9-23 κάθε μια από τις τιμές για κάθε ένα κριτήριο μεθόδου εξόρυξης πετρελαίου η κάθε μέθοδος έχει συνδυασμό σε πάνω από ένα FUZZY σύνολο. Αν συνεχίσουμε το παραπάνω παράδειγμα με την API βαρύτητα και παρατηρήσουμε το διάγραμμα 9-15 για την μέθοδο αναμίξιμου H/C βλέπουμε πως για βαρύτητα 27 η μέθοδος έχει ένα συνδυασμό περίπου 0,3 σε «φτωχή» και ένα συνδυασμό περίπου 0,3 σε «καλή». Αυτοί οι συνδυασμοί ενώνονται για την δημιουργία

ενός CRISP αποτελέσματος. Ο τρόπος, μας δείχνετε στο παρακάτω παράδειγμα.

Η βαρύτητα 27 για την αναμίξιμη μέθοδο H/C έχει συνδυασμό σε δύο σύνολα, 2 κανόνες που σχετίζονται με τον συνδυασμό των συνόλων. Στην δική μας περίπτωση που έχουν ποσοστό 0,3 για κάθε κανόνα οι δύο αυτοί κανόνες είναι.

1. Αν η βαρύτητα για τον αναφλέξμο H/C είναι «φτωχή» τότε το αποτέλεσμα θα είναι φτωχό.
2. Αν η βαρύτητα για τον αναφλέξμο H/C είναι «καλή» τότε το αποτέλεσμα θα είναι καλό.

Το διάγραμμα 9-24 δείχνει τον συνδυασμό λειτουργιών για την έξοδο ή για το αποτέλεσμα . Από τους παραπάνω αναφερθέντες κανόνες μπορούμε να δούμε ότι το αποτέλεσμα θα έπρεπε να είναι εν μέρει καλό και εν μέρει φτωχό καταλήγοντας σε μια CRISP διατίμηση κάπου μεταξύ 0 και 10. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για ένωση των συνδυασμών. Αυτό που χρησιμοποιείται από το δικό μας εμπειρικό σύστημα ονομάζεται μέγιστη- ελάχιστη συμπερασματική μέθοδος. Αυτή η μέθοδος συνδυάζει τα «καλό» και «φτωχό» αποτελέσματα αποκόπτοντας την έξοδο των τριγώνων συνδυαζόμενης λειτουργίας στη φάση της διατίμησης. Σ' αυτή την περίπτωση το σημείο αποκοπής είναι 0,3 τόσο για το «καλή» όσο και για το «φτωχή». Η διατίμηση CRISP για το κάθε αποτέλεσμα βρίσκεται στο κέντρο των 2 τριγώνων. Στο δικό μας παράδειγμα είναι ο ακέραιος αριθμός 4. Η διαδικασία για την επιστροφή σε διατίμηση CRISP από FUZZY υπολογισμό είναι γνωστή ως κεντρική αποσαφινιστική μέθοδος. Στον πίνακα 9-25

είναι ο σύνθετος σχεδιασμός ενός μέρους του διαγράμματος 9-15α και ένα μέρος του διαγράμματος 9-24. Δείχνει πως η είσοδος και έξοδος των συνδυαζόμενων λειτουργιών συνδέονται με τους κανόνες και πως το CRISP αποτέλεσμα εξόδου υπολογίζεται βασισμένο στον αριθμό των κανόνων και της διατίμησης των συνδυαζόμενων λειτουργιών για τον συλλογισμό των κανόνων αυτών. (Παράδειγμα αυτής της περίπτωσης η διατίμηση της συνδυαζόμενης λειτουργίας για κάθε προϋπόθεση για κάθε κανόνα ήταν 0,3).

1.4 Πως λειτουργούν τα έξυπνα συστήματα

Εάν ένας μηχανικός έλυνε τις δυσκολίες φιλτραρίσματος της μεθόδου εξόρυξης πετρελαίου, χειρονακτικά χρησιμοποιώντας την προς τα πίσω αλυσιδωτή ή την οδηγούμενη με σκοπό μέθοδο, θα διάλεγε πρώτα ένα σκοπό, για παράδειγμα την μέθοδο έγχυσης αερίου από το αριστερό μέρος των πινάκων 1 και 2. Ο μηχανικός θα διάλεγε έναν υποστόχο που θα συναντούσε πριν από τον πραγματικό στόχο. Αυτή η διαδικασία του να διαλέγεις υποστόχους θα συνεχιζόταν για όσο θα ήταν απαραίτητη, αλλά στην περίπτωση μας θα σταματούσε εδώ. Ο μηχανικός θα μπορούσε να απαντήσει μόνο τα απαραίτητα ερωτήματα για να διαλέξει τελικά πια κατηγορία έγχυσης αερίου θα μπορούσε να εφαρμοστεί. Εάν η πραγματοποίηση της έγχυσης αερίου ήταν θεμελιωμένη, ο μηχανικός θα απαντούσε μόνο της απαραίτητες ερωτήσεις για να αποφασίσει πια μέθοδο υδρογονάνθρακα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί. Εάν όχι τότε θα διάλεγε έναν άλλο στόχο. Εάν ναι το πρόβλημα θα λυνόταν, εκτός και εάν επιθυμούσε πάνω από μία λύση, όπου τότε θα διάλεγε κάποιον άλλο στόχο και θα συνέχιζε την διαδικασία.

Με την προς τα εμπρός αλυσιδωτή ή οδηγούμενη με δεδομένα μέθοδος, ο μηχανικός αφήνει τα δεδομένα να ψάχνουν όπου το σύστημα συνεχώς κάνει ερωτήσεις μέχρι να μπορέσει να διακρίνει με ποιόν κόμβο θα συνεχίσει.

Το σύστημα CRISP συγκεντρώνει τα ζητούμενα του, χρησιμοποιώντας την προς τα πίσω αλυσιδωτή μέθοδος. Με αυτήν την μέθοδο η προσέγγιση γίνεται στην αρχή υποθέτοντας ότι

η έγχυση υδρογονανθράκων πρόκειται να λειτουργήσει. Για να λειτουργήσει όμως η έγχυση υδρογονανθράκων, η κατηγορία της έγχυσης αερίου πρέπει να είναι «εφαρμόσιμη». Για να είναι όμως «εφαρμόσιμη» η έγχυση αερίου πρέπει και τα δεδομένα για το πετρέλαιο αλλά και για την δεξαμενή, που φαίνονται στους πίνακες από 9-4 μέχρι 9-14, να έχουν καλύτερες τιμές από τις προ-προγραμματισμένες αρχικές τιμές.

Το πρόγραμμα ξεκινάει προσπαθώντας να επιβεβαιώσει αυτούς τους υποστόχους ρωτώντας για το βάρος, το ιξώδες, την σύνθεση του πετρελαίου κ.τ.λ και συνεχίζει μέχρι να συναντήσει τον τελικό στόχο ή μέχρι μια υπόθεση να καταρριφθεί σε κάποιο βαθμό. Όταν κάποια υπόθεση απορρίπτεται αυτός ο κλάδος της έρευνας κόβεται. Το πρόγραμμα τότε μετακινείται στον επόμενο κλάδο προς τα δεξιά και επιλέγει μια άλλη μέθοδο εξόρυξης πετρελαίου σαν στόχο και συνεχίζει μέχρι να βρει μια λύση. Αφού θέλουμε μια αριθμημένη λίστα από υποψήφιες μεθόδους εξόρυξης πετρελαίου το πρόγραμμα ψάχνει το "δέντρο" μέχρι όλες οι πιθανές λύσεις να δοθούν. Όταν η έρευνα τερματίσει, οι λύσεις εκτυπώνονται με μια βαθμολόγηση για κάθε επιλεγμένη μέθοδο.

Το σχεδιάγραμμα 9-26 είναι ένα μέρος από και / ή γραφήματα για ένα μέρος του χώρου εύρεσης της μεθόδου CRISP του εμπειρικού βοηθού. Ονομάζονται και / ή γραφήματα επειδή τα παρακλάδια τους ενώνονται από τόξα και παρακλάδια (όλα τα φύλλα πρέπει να είναι αληθή και σε αυτή τη περίπτωση θα πρέπει να έχουμε προγραμματισμένο το ελάχιστο αποτέλεσμα, πριν επιλυθεί το παρακλάδι). Τα μη τοξοειδή παρακλάδια απαιτούν μόνο μία αλήθεια, ελάχιστο αποτέλεσμα για την τελική απόφαση.

Το εμπειρικό σύστημα FUZZY γράφτηκε μετά . Αυτό χρησιμοποιεί την προς τα εμπρός αλυσιδωτή μέθοδο και είναι κυρίως μια πλήρης έρευνα Ξεκινάει με μια μέτρηση του βάρους του πετρελαίου στη δεξαμενή (πίνακας 9-15), και καθορίζει το αποτέλεσμα ποια μέθοδο εξόρυξης πετρελαίου θα επιλέξουμε. Συνεχίζει με το ιξώδες (πίνακας 9-16) και επαναλαμβάνει τη διαδικασία. Η διαδικασία συνεχίζει ώστε και οι 11 κατηγορίες μεθόδου εξόρυξης πετρελαίου να ελεγχθούν. Το εμπειρικό σύστημα FUZZY στη πραγματικότητα χρησιμοποιεί κάποια σύνολα CRISP συνδυάζοντας τα με κάποιους κανόνες FUZZY. Ο πίνακας 9-6 μας δείχνει τα φιλτραρισμένα δεδομένα της χημικής σύνθεσης του πετρελαίου. Ο πίνακας 9-9 μας δείχνει την χημική σύνθεση για την δεξαμενή. Και στις δύο περιπτώσεις δεν υπάρχουν πληροφορίες για να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα στο εμπειρικό σύστημα FUZZY. Έτσι στην μελέτη των κανόνων αυτών των δύο πινάκων παραμένουν CRISP.

Άλλη περιοχή που η κανόνες παραμένουν CRISP είναι αυτή στην οποία ένα κριτήριο μεθόδου εξόρυξης πετρελαίου δεν αφήνει περιθώρια για μια μέθοδο εξόρυξης πετρελαίου. Ο πίνακας 9-7 μας δείχνει τα φιλτραρισμένα δεδομένα για τον σχηματισμό αλμυρότητας . Για πέντε από τις εννέα μεθόδους εξόρυξης πετρελαίου ο σχηματισμός αλμυρότητας δεν είναι κρίσιμος. Αυτό δίνει προβάδισμα σε πέντε σύνολα CRISP.

Μια διαφορά ανάμεσα στα δύο εμπειρικά συστήματα είναι τα εργαλεία ή το εμπειρικό σύστημα SHELL το οποίο χρησιμοποιούμε. Κάθε σύστημα χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό SHELL, όπως θα αναφέρουμε στην παρακάτω ενότητα .

1.5 Πρόγραμμα συγκρίσεων και περιλήψεων.

Το CRISP εμπειρικό σύστημα αναπτύχθηκε απο την NASA και γράφτηκε με το εμπειρικό σύστημα SHELL CLIPS[12]. Οι αποκόπτες είναι ένα προς τα εμπρός αλυσιδωτό SHELL γραμμένο στην γλώσσα προγραμματισμού C. Είναι ένα πολύ ευέλικτο και εύστροφο SHELL το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα για το γράψιμο εμπειρικών συστημάτων με ένα προς τα πίσω αλυσιδωτό τρόπο, όπως για τα CRISP εμπειρικά συστήματα (η προς τα πίσω αλυσίδα χρησιμοποιήθηκε διότι είναι πιο διαισθητική οπότε και ευκολότερο στο να κλαδεύει τα εμπειρικά δέντρα).

Το CRISP εμπειρικό σύστημα είναι μεγάλη βελτίωση πάνω στην χειρονακτική υπολογιστική μέθοδο που χρησιμοποιεί γραφικές παραστάσεις και πίνακες. Αξιοσημείωτες πληροφορίες προστέθηκαν στο εμπειρικό σύστημα, όπως είναι φανερό στον πίνακα 9-4 έως 9-14. Ένα τελευταίο παράδειγμα είναι το πρώτο παράδειγμα προβλήματος στο οποίο οι δύο συνθήκες προστέθηκαν απο τον πίνακα 2. Η αλμυρότητα είναι 50000ppm και 28% είναι το πόσο πορώδες είναι. Χρησιμοποιώντας αυτήν την πληροφορία του πίνακα 2 ένας θα έχει την ίδια λύση που διατηρήσαμε στο δικό μας δείγμα, όπως φάνηκε στους πίνακες 9-2 και περιγράφηκε στο κείμενο. Αυτό το παράδειγμα δείχνει για άλλη μια φορά ότι η μόνη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι πλημμύρισμα με ατμό (STEAM FLOODING). Το εμπειρικό βοήθημα εξάλλου δημιουργεί μια βαθμολογική λίστα διαφορετικών υποψήφιων διαδικασιών. Είναι με σειρά οι ακόλουθες :

Το εμπειρικό σύστημα παρέχει τις λύσεις στα 2 προβλήματα που είχαμε πριν, που χρησιμοποιούσαμε μόνο τον πίνακα 1. Μας έδωσε μια βαθμολογική λίστα αντί για μία μόνο υποψήφια διαδικασία ή μια μεγάλη αβαθμολόγητη λίστα υποψήφίων. Μέθοδοι όπως η IN SITU καύση μπορεί να βαθμολογηθεί γιατί μπορεί επίσης να επιλύσει προβλήματα όπως «τι σημαίνει να έχουμε θερμοκρασία 110 F όταν ο πίνακας λέει μεγαλύτερη από 150 F προτιμώμενη» και δίνει στη μέθοδο ένα σχετικό αποτέλεσμα. Αυτό το ζύγισμα είναι δυνατό να γίνει λόγω όλων των προστεθέντων πληροφοριών που παρέχονται στους πίνακες 9-4 με 9-14. Όπως υποδείχθηκε νωρίτερα, αυτό το εμπειρικό σύστημα λειτουργεί πολύ καλά στις περισσότερες πραγματικές περιπτώσεις. Τα παραδείγματα 3 και 4 δείχνουν εξάλλου ότι υπάρχει η δυνατότητα για σοβαρά λάθη λόγω των ακραίων ορίων των CRISP συνόλων που φαίνονται στους πίνακες 9-4 με 9-14.

Το FUZZY εμπειρικό σύστημα γράφτηκε για την εξάλειψη της δυνατότητας αυτής και για την προσθήκη ανθρώπινου συλλογισμού σε αντίθεση με την αυστηρότητα του CRISP εμπειρικού συστήματος. Το σύστημα αυτό κάνει πολύ δουλειά βοηθώντας τον προγραμματιστή. Κάνει εύκολη την είσοδο των συνδυαζόμενων λειτουργιών όπως αυτών που φαίνονται στα διαγράμματα 9-25. Αυτό το σύστημα SHELL είναι δυσκολότερο σε χρήση από το CLIPS γιατί ο προγραμματιστής πρέπει να γράψει ένα πρόγραμμα σε γλώσσα C για να οδηγήσει το FUZZY C πρόγραμμα. Αυτό σημαίνει ότι ο προγραμματιστής πρέπει να γράψει τις ερευνητικές ρουτίνες και άλλα περιφερειακά διοικητικά software που τυπικά είναι ήδη παρεχόμενα με SHELLS όπως τα CLIPS. Παρόλο που αυτό επιτρέπει μεγαλύτερη ελαστικότητα

αρκετός χρόνος απαιτείται για το γράψιμο των ερευνητικών αυτών ρουτινών με την πείρα που έχουν αυτά στα CLIPS. Λόγω του ότι ήταν ευκολότερο να γραφεί η προς τα εμπρός αλυσιδωτή εξαντλητική έρευνα χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το εμπειρικό σύστημα. Ακόμα απαιτούνταν εκτεταμένη κωδικοποίηση.

Αυτό το εμπειρικό σύστημα κάνει καλύτερη δουλειά σε προβλήματα που συζητήθηκαν στα παραδείγματα 3 και 4. Στο παράδειγμα 3 το CRISP εμπειρικό σύστημα προκαλεί δραματικές αλλαγές μεταξύ των 2 σεναρίων, παρόλο που τα εισερχόμενα δεδομένα για τα 2 αυτά σενάρια είναι παρόμοια. Τα αποτελέσματα που φαίνονται στην βαθμολογική λίστα που παρουσιάστηκαν με το παράδειγμα 3 είναι απ το CRISP εμπειρικό σύνολο. Τα ακόλουθα αποτελέσματα είναι απ το FUZZY εμπειρικό σύστημα.

Μόνο μικρές αλλαγές επέρχονται μεταξύ του πρώτου και δεύτερου σεναρίου όταν το FUZZY εμπειρικό σύστημα χρησιμοποιείται. Για την ακρίβεια οι μόνες αλλαγές είναι μικρές διαφορές στους συνολικούς βαθμούς. Οι σχετικές βαθμολογίες στην πραγματικότητα δεν έχουν αλλαγές.

Το παράδειγμα 3 θεωρείτε ένα ρεαλιστικό πρόβλημα, αλλά είναι η χειρότερη πιθανή περίπτωση. Η παραπάνω σειρά αποτελεσμάτων ή βαθμών που παράχθηκαν στη FUZZY έκδοση του παραδείγματος 3 δείχνουν μικρή αύξηση από το σενάριο 1 στο σενάριο 2. Αυτό σημαίνει ότι η προβλεπόμενη βιωσιμότητα των μεθόδων εξόρυξης πετρελαίου δεν θα αυξηθεί όπως πρέπει από μικρές αλλαγές στα εισερχόμενα δεδομένα από το FUZZY εμπειρικό σύστημα.

Στο παράδειγμα 4 (σενάριο 1) το CRISP εμπειρικό σύστημα βαθμολόγησε την IN SITU καύση ως την δεύτερη καλύτερη μέθοδο και την μέθοδο πολυμερών ως την τέταρτη καλύτερη. Στο σενάριο 2, η μόνη αλλαγή στα εισερχόμενα δεδομένα ήταν μια αύξηση της τάξης του 0,2% στο ιξώδες πετρελαίου, σχεδόν μη μετρίσιμη αλλαγή. Αυτή η διαφορά προκάλεσε την καύση IN SITU και την μέθοδο των πολυμερών να απορριφθούν. Ήταν μη πραγματοποιήσιμες. Το εμπειρικό σύστημα κρατάει την καύση IN SITU ως την δεύτερη καλύτερη μέθοδο και την μέθοδο των πολυμερών ως την τέταρτη. Και στα δύο σενάρια, κυρίως επειδή η συντεταγμένη που φαίνεται στα δεδομένα 9-5 και χρησιμοποιήθηκαν στο CRISP εμπειρικό σύστημα μετατράπηκαν σε μια λογαριθμική κλίμακα και σχεδιάστηκε γραμμικά στα δεδομένα 9-16. Έτσι χρησιμοποιούνται στο εμπειρικό σύστημα FUZZY . η εξίσωση μετατροπής είναι η ακόλουθη: {μετατρεπόμενο - ιξώδες = (ακέραιος) $(10 \cdot \log(\text{ιξώδες}) + 0,5)$ }. (Η κλίμακα που φαίνεται στα 9-16, είναι γραμμικά δεδομένα σχεδιασμένα σε λογαριθμικά γραφικά). Η ίδια η μετατροπή από μόνη της τείνει να μπερδεύει τα όρια. Η μετατροπή έγινε επειδή το εμπειρικό σύστημα FUZZY SHELL δεν χειρίζεται πολύ μεγάλους αριθμούς ή μακριές κλίμακες πολύ καλά. Οι FUZZY συνδυαζόμενες λειτουργίες τείνουν να θολώνουν τα όρια. Αλλά όταν η κάθε έξοδος συνδυαζόμενης λειτουργίας ενωθεί με την « μη εφικτή» έξοδο συνδυαζόμενης λειτουργίας με το κέντρο του στο -50 είναι δύσκολο να βγάλεις αποτέλεσμα του ορίου – αλλαγή πολύ σταδιακά. Το αποτέλεσμα -50 σχεδιάστηκε για τη δραματική ελάττωση του αποτελέσματος μιας μεθόδου εξόρυξης πετρελαίου που πιστεύουμε ότι ήταν μη εφικτή. Αυτή είναι καλή ιδέα αν η διατίμηση των κριτηρίων δεν είναι κοντά στα σπάντα όρια.

Παρόλο που μια εφικτή αλλαγή μπορεί να είναι αρκετά δραματική καθώς το κριτήριο διαβάθμισης αλλάζει , το πιο πιθανό δεν είναι ένα λειτουργικό βήμα. Ολοκληρωμένη ανάλυση αυτού του προβλήματος θα απαιτήσει λίγη παραπάνω δουλειά.

Το FUZZY εμπειρικό σύστημα είναι καλύτερο στην επίλυση προβλημάτων όπως αυτών στα παραδείγματα 3 και 4 από ότι το CRISP εμπειρικό σύνολο. Αν και αυτά τα προβλήματα, χειρότερης περίπτωσης, δεν αντιπροσωπεύουν την πλειοψηφία των μεθόδων εξόρυξης πετρελαίου προβλημάτων φιλτραρίσματος είναι πραγματικά σε κάποιο βαθμό, τα όρια του CRISP προβλήματος , είναι παρών σχεδόν σε κάθε μέθοδο. Το δικό μας CRISP εμπειρικό σύνολο δουλεύει περισσότερο ως ένα κλασσικό σύστημα από ότι ένα FUZZY. Το CRISP σύστημα έρχεται σε άμεση επαφή με τον χρήστη. Προσπαθεί να "κλαδέψει" την έρευνα και να προσφέρει εύκολες επεξηγήσεις. Από την άλλη μεριά με το FUZZY εμπειρικό σύστημα οι χρήστες εισάγουν τα δεδομένα και περιμένουν όλα τα αποτελέσματα να υπολογιστούν. Αν οι χρήστες θέλουν κάποιες εξηγήσεις μπορούν να ζητήσουν ανατροπή και να παρακολουθήσουν την διαδικασία υπολογισμού του αποτελέσματος.

Μερικές από τις διαφορές μεταξύ των δύο εμπειρικών συστημάτων εμφανίζονται διότι τα FUZZY συστήματα σχεδιάστηκαν να βγάζουν όλους τους κανόνες που αφορούν το πρόβλημα, ακόμα και αυτούς που έχουν μια πολύ μικρή επιρροή στο αποτέλεσμα. Ένα συμβατικό εμπειρικό σύστημα όπως το CRISP εμπειρικό βοήθημα κάνει ακριβώς το αντίθετο αυτό είναι να προσπαθεί να κλαδέψει την έρευνα εξαλείφοντας κάθε

πιθανούς κανόνες που έχουν μικρή ή καθόλου επιρροή στο αποτέλεσμα του προβλήματος.

Το τελευταίο θέμα που θα συζητήσουμε είναι η ανάπτυξη των συνδυαζόμενων λειτουργιών για τα εμπειρικά σύνολα που φαίνονται στα διαγράμματα 9-15 έως 9-24. Η αναφορά 13 δηλώνει: " Προσδιορίζοντας τον αριθμό, την κλίμακα και το σχήμα των συνδυαζόμενων λειτουργιών να χρησιμοποιηθεί για συγκεκριμένη μεταβλητή είναι κάτι σαν μαύρη τέχνη". Επιπλέον δηλώνει ότι τα τραπεζοειδή και τα τρίγωνα όπως αυτά στα διαγράμματα 9-15 με 9-24 είναι καλό σημείο έναρξης των συνδυαζόμενων λειτουργιών . Τα τραπεζοειδή και τρίγωνα δίνονται ως σημείο έναρξης για τις συνδυαζόμενες λειτουργίες αυτού του προγράμματος. Οι συνδυαζόμενες λειτουργίες των διαγραμμάτων 9-15 με 9-24 είναι ακόμα τραπεζοειδή και τριγωνική αλλά πολλές από αυτές διαφέρουν από αυτές που χρησιμοποιούνται ως εναρκτήρια σημεία. Κάποιες προσπάθειες έγιναν για την τελική επεξεργασία των συνδυαζόμενων λειτουργιών και αρκετές αλλαγές έγιναν. Σε πολλές περιπτώσεις οι αλλαγές δεν παρουσίασαν μεγάλες διαφορές στα τελικά αποτελέσματα ,άλλες φορές όμως είχαν όντως διαφορές. Ως ιδανικό θα περιμέναμε οι τριγωνικές συνδυαζόμενες λειτουργίες να είναι πιο καμπυλωτές και τα τραπεζοειδή να έχουν καμπύλες τύπου s. Οι αναφορές 10 και 14-16 προτείνουν μεθόδους για καλύτερο καθορισμό των συνδυαζόμενων λειτουργιών. Το παράδειγμα 4 δείχνει ότι τουλάχιστο σε μερικές περιπτώσεις υπάρχει η ανάγκη για βελτιωμένες συνδυαζόμενες λειτουργίες. Για την βελτίωση τους όμως θα απαιτηθεί περισσότερη ώρα για εξέταση των διατιθέμενων δεδομένων και θα είναι το θέμα μιας άλλης μελέτης.

Η ιδέα της χρήσης των νευρικών συνόλων FUZZY σχεδίου αναγνώρισης ή των γενετικών αλγορίθμων [16] στο να διδάξουν τις συνδυαζόμενες λειτουργίες ώστε να βελτιώσουν τη μορφή τους και να ληφθούν υπόψη για μελλοντικές μελέτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

MATLAB

KAI FUZZY LOGIC

2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ MATLAB

Το MATLAB είναι μια υψηλής απόδοσης γλώσσα για τεχνικούς υπολογισμούς. Συνδυάζει υπολογισμούς, απεικονίσεις και προγραμματισμό σε ένα φιλικό περιβάλλον, όπου προβλήματα και λύσεις εκφράζονται με γνώριμες μαθηματικές έννοιες.

Οι τυπικές χρήσεις συμπεριλαμβάνουν:

- Μαθηματικά και υπολογισμούς
- Αλγοριθμική ανάπτυξη
- Μοντελοποίηση, εξομοίωση και πρωτοτυποποίηση
- Ανάλυση δεδομένων, διερεύνηση και απεικόνιση
- Επιστημονικά και μηχανικά γραφικά
- Ανάπτυξη εφαρμογής

Το MATLAB είναι σύστημα αλληλεπιδράσεις του οποίου το βασικό στοιχείο δεδομένων είναι ένας πίνακας που δεν χρειάζεται διαστασιολόγηση. Αυτό μας επιτρέπει να λύσουμε πολλά τεχνικά υπολογιστικά προβλήματα, ειδικά εκείνα που αφορούν την διατύπωση διανυσμάτων και πινάκων, σε κλάσματα του δευτερολέπτου γράφοντας ένα πρόγραμμα σε μια βαθμωτή μη αλληλεπιδράσιμη γλώσσα όπως η C και η FORTRAN.

Το όνομα MATLAB σημαίνει εργαστήριο πινάκων (MATRIX LABORATORY) το MATLAB γράφτηκε βασικά για να παρέχει εύκολη πρόσβαση στο λογισμικό των πινάκων που αναπτύχθηκαν από τις εργασίες LINPAK και EISPACK. Σήμερα το MATLAB χρησιμοποιεί λογισμικό αναπτυγμένο από τις εργασίες LAPACK και ARPACK, οι οποίες από κοινού αντιπροσωπεύουν το ανώτερο επίπεδο τεχνικής στο λογισμικό για τον υπολογισμό πινάκων.

Το MATLAB έχει δημιουργηθεί με το πέρας των χρόνων με τη συνδρομή πολλών χρηστών. Στα πανεπιστήμια αποτελεί το βασικό μορφωτικό μέσο σε εισαγωγικά και προχωρημένα τμήματα στα μαθηματικά, τη μηχανικά και τη φυσική.

Στη βιομηχανία το MATLAB αποτελεί μέσω επιλογής σε έρευνες υψηλής παραγωγικότητας, ανάπτυξης και ανάλυσης. Το MATLAB χαρακτηρίζει την ομάδα λύσεων συγκεκριμένης εφαρμογής που ονομάζονται εργαλειοθήκες (TOOLBOXES).

Σημαντικότατο για τους χρήστες του MATLAB είναι το ότι οι εργαλειαθήκες επιτρέπουν τη μάθηση και την εφαρμογή ειδικευμένης τεχνολογίας. Οι Εργαλειαθήκες αποτελούν περιεκτικές συλλογές λειτουργιών (M-FILES) MATLAB οι οποίες εκτείνονται σε περιβάλλον MATLAB για την επίλυση προβλημάτων ειδικής κατηγορίας.

Οι περιοχές όπου οι εργαλειαθήκες είναι διαθέσιμες συμπεριλαμβάνουν επεξεργασία σημάτων, συστήματα ελέγχου νευρωνικά δίκτυα, ασαφής λογική, κυματομορφές και εξομοίωση κτλ.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΣΑΦΕΙΑ

Το 1994 η ασάφεια είναι στο ανώτατο επίπεδο τεχνικής, η ιδέα όμως δεν είναι καινούργια. Υπάρχει με αυτό το όνομα 25 χρόνια, η πορεία της όμως πάει πίσω 2500 χρόνια. Ακόμα και ο Αριστοτέλης θεώρησε πως υπήρχαν βαθμοί αληθούς – αναληθούς ειδικότερα όταν γίνονται δηλώσεις για πιθανά μελλοντικά συμβάντα. Ο δάσκαλος του Αριστοτέλη ο Πλάτωνας θεώρησε βαθμούς σχέσεων μεταξύ βαθμών και συνόλων.

Συγκεκριμένα η λέξη Πλατωνικό συμπεριλαμβάνει την αρχή μιας διανοητικής έννοιας πχ μια καρέκλας η οποία μπορεί να γίνεται αντιληπτή μερικός στους ανθρώπινους φυσικούς όρους. Όμως ο Πλάτων απέρριψε αυτή την ιδέα.

Τον 19^ο αιώνα στην Ευρώπη τρεις φιλόσοφοι ασχολούνται με τη ιδέα. Οι Ιρλανδοί κληρικοί GEORGE BERKELEY και ο SCOTT DAVID HUME σκέφτηκαν ότι η κάθε ιδέα έχει ένα συμπαγή πυρήνα από τον οποίο οι ιδέες που του μοιάζουν με κάποιο λόγο έλκονται. Συγκεκριμένα ο άνθρωπος πίστευε στη λογική της κοινής αίσθησης λογική βασισμένη στη γνώση που αποκτούν οι κοινοί άνθρωποι ζώντας σε αυτό τον κόσμο.

Στη Γερμανία ο IMMANUEL KANT θεώρησε ότι μόνο τα μαθηματικά μπορούν να μας δώσουν καθαρούς ορισμούς και πολλές αντικρουόμενες αρχές θα μπορούσαν να λυθούν. Για παράδειγμα ένα θέμα θα μπορεί να διχάζεται επ' άπειρο, άλλα την ίδια στιγμή δεν μπορεί επ' άπειρο να διχάζεται.

Η συγκεκριμένη Αμερικανική Φιλοσοφική Σχολή που ονομάζεται προγραμματισμός ιδρύθηκε στα τέλη του αιώνα από τον CHARLES SANDERS PEIRCE ο οποίος ξεκίνησε από το ότι το νόημα μιας ιδέας βρίσκεται από τις συνέπειες της.

Ο PEIRCE ήταν ο πρώτος που θεώρησε την ασάφεια αντί του αληθούς αναληθούς ως ένα ξεχωριστό χαρακτηριστικό του πως λειτουργεί το σύμπαν και οι άνθρωποι. Η ιδέα του ότι η ξεκάθαρη λογική παρήγαγε αντιφάσεις που δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν έγινε αντιληπτό και διαδόθηκε στα αρχές του 20^{ου} αιώνα από τον επιδεικτικό άγγλο φιλόσοφο και μαθηματικό BERTRAND RUSSEL.

Επίσης σπούδασε την ασάφεια της γλώσσας ως προς την ασάφεια της συμπεριλαμβάνοντας ότι η ασάφεια είναι θέμα διαβάθμισης. Μια λέξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορα πράγματα που έχουν πολύ λίγα κοινά μεταξύ τους, π.χ το παιχνίδι, που μπορεί να είναι ανταγωνιστικό ή μη ανταγωνιστικό.

Η θεωρία της μοναδικότητας (0 ή 1) εφευρέθηκε τον Γερμανό GEORG KANTOR. Όμως αυτό το ξεκάθαρο σύστημα έχει τις ίδιες ατέλειες που έχει η λογική στη οποία βασίζεται. Η πρώτη ασαφή λογική αναπτύχθηκε το 1920 από το Πολωνό φιλόσοφο IAN LUKASIEWICZ διαίρεσε συστήματα με πιθανή κατάσταση τιμών 0, $\frac{1}{2}$ και 1 και αργότερα το επέκτεινε επιτρέποντας άπειρο αριθμό τιμών μεταξύ 0 και 1.

Η ξεκάθαρη λογική πάντα είχε στοιχεία ασάφειας στη μορφή του παραδόξου. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά παράδοξα της αρχαίας Ελλάδας:

- Πόσους κόκκους άμμου μπορείς να πάρεις από ένα αμμόλοφο πριν πάψει να είναι αμμόλοφος; (Ζήνων)
- Πόσες τρίχες μπορούν να πέσουν από το κεφάλι ενός ανθρώπου πριν γίνει καραφλός; (BERNARD RUSSEL).

Στην αρχαία, μη πολιτικώς ορθή ηπειρωτική Ελλάδα έλεγαν: "Όλοι οι Κρητικοί είναι ψεύτες. Όταν ένας Κρητικός λέει ότι είναι ψεύτης μας λέει την αλήθεια;" Το λογικό πρόβλημα είναι : Πόσο σταθερή είναι η ιδέα του αληθούς και του μη αληθούς;

Το 1960 ο LOTFI ZADEH εφευρίσκει την ασαφή λογική, η οποία συνδυάζει την ιδέα της ξεκάθαρης λογικής και του συστήματος του LUKASIEWICZ προσδιορίζοντας βαθμονομημένη σχέση μεταξύ μελών και συνόλων.

Μια διόραση που είχε ήταν ότι τα μαθηματικά μπορούν να συνδέσουν την γλώσσα και την ανθρώπινη ευφυΐα. Πολλές θεωρίες προσδιορίζονται καλύτερα με λέξεις παρά με μαθηματικά, και η ασαφή λογική και η έκφραση της σε ασαφή συστήματα παρέχει μια πειθαρχία που μπορεί να κατασκευάσει καλύτερα πραγματικά μοντέλα.

2.3 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ

Η ασαφής λογική αναφέρεται στη σχετική σημασία της ακρίβειας. Τελικά πόσο σημαντική είναι η ακρίβεια όταν προσεγγιστικά φτάνουμε στο ίδιο αποτέλεσμα;

Η FUZZY LOGIC αποτελεί έναν χώρο έρευνας διότι ανταλλάσσει μεταξύ τους δύο έννοιες :

Την σημασία και την ακρίβεια, κάτι με το οποίο ο άνθρωπος ασχολούταν για καιρό και είναι ταυτόχρονα και καινούριο και παλιό αντικείμενο διότι αν και η μοντέρνα και μεθοδική επιστήμη της FUZZY LOGIC είναι κάτι το νέο, οι έννοιες της μας πηγαίνουν σε πολύ παλιές εποχές.

Η FUZZY LOGIC αποτελεί έναν βολικό τρόπο για την χαρτογράφηση ενός χώρου εισόδου σε έναν χώρο εξόδου.

Για την κατανόηση της φράσης αυτής παρατίθενται τα εξής παραδείγματα :

1. Θα μου πεις πόσο καλή ήταν η εξυπηρέτηση σε ένα εστιατόριο και εγώ θα σου πω ποιο πρέπει να είναι το φιλοδώρημα.
2. Θα μου πεις πόσο μακριά είναι το αντικείμενο της φωτογράφισης και εγώ θα συγκεντρώσω τους φακούς κατάλληλα.

Μεταξύ της εισόδου και της εξόδου τοποθετείται ένα μαύρο κουτί που πραγματοποιεί ακριβώς αυτήν την δουλειά.

Το μαύρο αυτό κουτί θα περιέχει έναν αριθμό από :

Ασαφή συστήματα, γραμμικά συστήματα, πολυδιάστατους πίνακες, ή ακόμη και έναν πνευματικό σύμβουλο για να κατονομάσει πιθανές επιλογές.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να κάνει κανείς το μαύρο κουτί να δουλέψει, φαίνεται πως η fuzzy logic συχνά είναι ο καταλληλότερος, γιατί είναι ο γρηγορότερος και φθηνότερος τρόπος.

Κατά τη στενή σημασία η ασαφής λογική είναι ένα λογικό σύστημα, το οποίο αποτελεί μια προέκταση μιας λογικής με

πολλές τιμές. Αλλά κατά μια ευρύτερη έννοια, η οποία κυριαρχεί σε χρήση σήμερα, η FUZZY LOGIC είναι σχεδόν συνώνυμη της θεωρίας της FUZZY SETS, μια θεωρία η οποία σχετίζεται με ομάδες αντικειμένων με ασαφή όρια όπου η σχέση μεταξύ των μελών είναι ζήτημα βαθμού.

Με αυτό το σκεπτικό η FUZZY LOGIC κατά την στενή της έννοια είναι ένας κλάδος της ασαφούς λογικής.

Αυτό που προέχει να αντιληφθούμε ακόμη και κατά την στενή του έννοια είναι πως η εφαρμογή της FUZZY LOGIC διαφέρει τόσο στο πνεύμα όσο και στην ουσία από τις εφαρμογές των παραδοσιακών λογικών συστημάτων με πολλές τιμές.

2.4 ΓΙΑΤΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕ ΤΗΝ FUZZY LOGIC

Εδώ παρατίθεται μια λίστα με γενικές παρατηρήσεις πάνω στη FUZZY LOGIC:

- Η FUZZY LOGIC είναι ιδεατά εύκολη στην κατανόηση.

Οι μαθηματικές έννοιες για τη θεμελίωση της FUZZY LOGIC είναι πολύ απλές. Αυτό που κάνει την FUZZY LOGIC ευχάριστη είναι «φυσικότητα» κατά την προσέγγισή της.

- Η FUZZY LOGIC είναι ελαστική.

Σε οποιοδήποτε δοθέν σύστημα είναι εύκολη η τροποποίηση και η πρόσθεση λειτουργιών χωρίς τώρα να ξεκινάμε εκ του μηδενός.

- Η FUZZY LOGIC είναι ανεκτική με τα ανακριβή δεδομένα.

Τα πάντα είναι ανακριβή ακόμα και αν τα κοιτάξουμε από πολύ κοντά.

- Η FUZZY LOGIC μπορεί να μοντελοποιήσει μη-γραμμικές αυθαίρετης συνθετότητας συναρτήσεις.

Μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα FUZZY LOGIC σύστημα που να ταιριάζει σε οποιοδήποτε SET εισόδου-εξόδου δεδομένων.

Αυτή η διαδικασία έχει φτιαχτεί με την εφαρμοσμένων τεχνικών όπως η ANFIS (ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM), που είναι διαθέσιμες στη εργαλειοθήκη της FUZZY LOGIC.

- Η FUZZY LOGIC μπορεί να βασιστεί στην εμπειρία των ειδικών.

Σε αντίθεση με τα νευρωνικά που παίρνουν ειδικευμένα δεδομένα και δίνουν αδιαφανή, δυσνόητα μοντέλα, η ασαφής λογική σε αφήνει να βασιστείς στην εμπειρία ανθρώπων που έχουν ήδη καταλάβει το σύστημα.

- Η FUZZY LOGIC μπορεί να συνδυαστεί με συμβατικές τεχνικές ελέγχου.

Τα FUZZY LOGIC συστήματα δεν αντικαθιστούν οπωσδήποτε τις συμβατικές μεθόδους ελέγχου. Σε πολλές περιπτώσεις δε αυξάνουν και απλοποιούν τις εφαρμογές.

- Η FUZZY LOGIC βασίζεται στη φυσική γλώσσα.

Η φυσική γλώσσα, η οποία χρησιμοποιείται από ανθρώπους σε καθημερινή βάση σχηματίστηκε κατά την διάρκεια χιλιάδων ετών ανθρώπινης ιστορίας και είναι εύχρηστη και αποδοτική.

Τέλος εφόσον η ασαφής λογική έχει φτιαχτεί επάνω στις δομές ποιοτικών περιγραφών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή, είναι εύκολη στην χρήση της.

2.5 ΑΣΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ο βρετανός μηχανικός EBRAHIM MAMDANI ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε ασαφή συστήματα σε ένα πρακτικό σύστημα ελέγχου και συνέβη σχεδόν τυχαία. Στις αρχές του 1970 κατασκεύαζε ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου για μια ατμομηχανή χρησιμοποιώντας την εμπειρία ενός χειριστή.

Το αρχικό σχέδιο ήταν να φτιάξει ένα σύστημα βασισμένο στη θεωρία της κρίσης του BAYES, μια μέθοδο που προσδιορίζει τις πιθανότητες σε αβέβαιες καταστάσεις οι οποίες θεωρούν καταστάσεις μετά το γεγονός του να αλλάξω τα προγνωστικά για μελλοντικά αποτελέσματα.

Ο χειριστής ρύθμισε της ισχύ και την θερμοκρασία του λέβητα όπως επιβάλλεται ώστε να διατηρήσει την ταχύτητα του ατμού και την πίεση του λέβητα. Ο MAMDANI ενσωμάτωσε την ανταπόκριση του χειριστή σε ένα "έξυπνο" αλγόριθμο που έμαθε να ελέγχει η μηχανή. Πολύ νωρίς ανακάλυψε πως ο αλγόριθμος λειτουργούσε πολύ αργά σε σχέση με τον άνθρωπο που τον χειριζόταν.

Σκέφτηκε πως μια καλύτερη μέθοδος θα ήταν να δημιουργήσει μια ιδανική περιγραφή της συμπεριφοράς της μηχανής.

Θα μπορούσε να συνεχίσει να αναπτύσσει τον έλεγχο εκμάθησης. Αντί αυτού αποφάσισε με τους συνεργάτες του να χρησιμοποιήσουν μια μέθοδο τεχνητής νοημοσύνης το οποίο ονόμασαν "RULE-BASED EXPERT SYSTEM", η οποία συνδυάζει την ανθρώπινη εμπειρία με μια σειρά λογικών εντολών για να χρησιμοποιήσουν τη γνώση.

Καθώς προσπαθούσαν να γράψουν παραδοσιακές εντολές χρησιμοποίησαν την γλώσσα υπολογιστών LISP, έτυχε μπροστά τους ένα σημείωμα του LOTFI ZADEH που αναφερόταν στην χρησιμοποίηση των ασαφών εντολών και στους αλγόριθμους για ανάλυση και λήψη αποφάσεων σε σύνθετα συστήματα.

Αμέσως αποφάσισε να δοκιμάσει την ασάφεια και μέσα σε μια βδομάδα είχε διαβάσει τις σημειώσεις του ZADEH και παρήγαγε ένα ασαφή ελεγκτή.

Όπως ο ίδιος είχε γράψει "ήταν εκπληκτικό το πόσο εύκολο ήταν να σχεδιάσεις ένα ελεγκτή "RULE BASED" βασισμένο στο συνδυασμό γλωσσολογικών και μαθηματικών μεταβλητών.

2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΣΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το πιο εντυπωσιακό ασαφές σύστημα σε λειτουργία σήμερα είναι ο υπόγειος σιδηρόδρομος στην πόλη της Ιαπωνίας Σεντάι. Από το 1987 ένα ασαφές σύστημα ελέγχου διατηρεί τα τραίνα ώστε να κινούνται γρήγορα κατά μήκος της διαδρομής, να φρενάρουν και να επιταχύνουν πολύ απαλά, να κινούνται ομαλά μέσα στους σταθμούς, να σταματάνε με ακρίβεια να μην χάνουν ούτε δευτερόλεπτο ούτως ώστε να μην στριμώχνονται οι επιβάτες.

Οι γιγαντιαίες Ιαπωνικές παραγωγές καταναλωτικών αγαθών όπως η Matsushita και η Nissan έχουν ήδη επιβιβαστεί στο τρενάκι της ασάφειας. Οι ασαφείς ηλεκτρικές σκούπες και τα πλυντήρια της Matsushita βρίσκονται ήδη σε πολλά σπίτια. Το πλυντήριο αποτιμά το φορτίο και ρυθμίζει μόνο του, την ποσότητα του απορρυπαντικού που χρειάζεται και την θερμοκρασία του νερού και τον απαιτούμενο κύκλο πλύσεως.

Δεκάδες χιλιάδες φορητές κάμερες της Matsushita παράγουν καθαρή εικόνα όταν αυτομάτως μαγνητοσκοπούν την κίνηση που ο φακός έχει εστιάσει και όχι το τρέμολο του χεριού που την κρατάει.

Το ασαφές σύστημα στις τηλεοράσεις της SONY που αυτόματα ρυθμίζουν την αντίθεση, τη φωτεινότητα, την ευκρίνεια και το χρώμα.

Ασαφές είναι και το σύστημα του κιβώτιου μετάδοσης ταχυτήτων της NISSAN καθώς και το σύστημα αντομπλοκαρίσματος (ABS) των τροχών.

Η βαριά βιομηχανία της MITSUBISHI σχεδίασε ένα ασαφές σύστημα ελέγχου για τους ανελκυστήρες, αποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα στη διαχείριση πλήθος ανθρώπων που την ίδια στιγμή θέλουν να χρησιμοποιήσουν τους ανελκυστήρες.

Συγκεκριμένα αυτό το σύστημα συνέλαβε τη φαντασίωση όλων των εταιριών σε όλο τον κόσμο. Στις Η.Π.Α. η εταιρία ανελκυστήρων OTIS, η οποία έχει κατασκευάσει τις κυλιόμενες σκάλες και τους ανελκυστήρες στο ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ, ανέπτυξε το δικό της ασαφές προϊόν για τον προγραμματισμό των ανελκυστήρων το οποίο έχει σαν βάση τον μεταβλητό χρόνο απαίτησης του φορτίου.

Από τότε που ο δημιουργός της σαφήνειας, Αριστοτέλης, είχε μερικές αμφιβολίες για τις εφαρμογές του στα πάντα , δεν θα έπρεπε να είναι έκπληξη ότι και άλλες μέθοδοι που ασχολούνται με θέματα αστάθειας επίσης υπάρχουν. Μερικές από αυτές έχουν ηλικία περίπου δύο αιώνων.

2.7 ΑΣΑΦΕΙΣ ΕΛΕΓΚΤΕΣ

Η επιτυχία του ασαφούς ελεγκτή ήταν βασισμένη στην πολιτισμική προκατάληψη για χάρη της συμβατικής θεωρίας ελέγχου. Οι περισσότεροι ελεγκτές χρησιμοποιούν αυτό που ονομάζεται αναλογική- ολοκληρωτική- διαφορική θεωρία ελέγχου (PID).

Αυτή η σύνθετη μαθηματική θεωρία προϋποθέτει γραμμική ή αμετάβλητη συμπεριφορά από το σύστημα το οποίο θα ελέγχεται. Παρά την όλη απλούστευση, οι PID ελεγκτές είναι διαδεδομένοι επειδή επιτελούν πολύ καλή απόδοση επιτρέποντας μόνο πολύ μικρά λάθη, ακόμα και όταν εξωτερική διαταραχή επιδρά στο σύστημα απειλώντας το να γίνει ασταθές.

Μια από τις αδυναμίες της ασαφούς λογικής είναι ότι δουλεύει μόνο με λίγες απλές εντολές.

Με άλλα λόγια, για τις προσδοκίες των ανθρώπων δεν ήταν αυτό που έπρεπε να είναι ένας «καλός» ελεγκτής και σίγουρα δεν θα ήταν εύκολο και γρήγορο στο να παραχθεί.

Ο ασαφής έλεγχος εδραιώθηκε εξ αιτίας δυο αδυναμιών των συμβατικών ελεγκτών :

1. Πολλές διεργασίες δεν είναι γραμμικές και είναι πάρα πολύ σύνθετες για μοντελοποιηθούν μαθηματικά.

2. Δεύτερον, ακόμα και για τις παραδοσιακές βιομηχανικές διεργασίες που χρησιμοποιούν PID ελεγκτές, δεν είναι εύκολο να περιγράψει κανείς τον όρο «σταθερότητα».

Σε πρακτικούς όρους, η αξία ενός ελεγκτή φαίνεται μόνο από τις πειραματικές εφαρμογές και όχι από τις μαθηματικές αναλύσεις σταθερότητας.

Στην πραγματικότητα η εμπειρία από τους ασαφείς ελεγκτές μας έδειξε ότι συχνά είναι πιο στιβαροί και πιο σταθεροί από τους ελεγκτές PID.

Υπάρχουν πέντε τύποι συστημάτων όπου η ασάφεια είναι απαραίτητη και ευεργετική.

Σύνθετα συστήματα που είναι δύσκολα ή αδύνατα να μοντελοποιηθούν :

- Συστήματα ελέγχου από ανθρώπινη εμπειρία
- Συστήματα με σύνθετες και συνεχόμενες εισόδους και εξόδους.
- Συστήματα που χρησιμοποιούν την ανθρώπινη παρατήρηση ως εισόδους ή ως βάση για τις εντολές.
- Συστήματα που είναι από τη φύση τους ασαφή, όπως οι επιστήμες συμπεριφοράς και οι κοινωνικές επιστήμες.

2.8 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ:

- Απαιτούνται λιγότερες τιμές, εντολές και αποφάσεις.
- Μπορούν να αποτιμηθούν περισσότερες παρατηρήσιμες μεταβλητές.
- Χρησιμοποιούνται φιλολογικές και όχι μαθηματικές μεταβλητές προσομοιώνοντας το στην ανθρώπινη σκέψη.
- Συσχετίζει την έξοδο με την είσοδο, χωρίς να πρέπει να καταλάβει όλες τις μεταβλητές, επιτρέποντας τον σχεδιασμό ενός συστήματος που μπορεί και είναι πιο ακριβή και σταθερό από ένα άλλο με συμβατικό σύστημα ελέγχου.
- Η απλότητα επιτρέπει την επίλυση διαπερατών άλυτων προβλημάτων.
- Η γρήγορη τυποποίηση είναι εφικτή μιας και ο σχεδιαστής του προγράμματος δεν χρειάζεται να ξέρει τα πάντα από πριν για το σύστημα που θα δουλέψει.
- Είναι πολύ φθηνότερα στο να φτιαχτούν επειδή είναι εύκολα στο σχεδιασμό σε σχέση με τα συμβατικά.
- Έχουν αυξήσει την στιβαρότητα των κατασκευών.
- Έχουν απλοποιήσει την απόκτηση της γνώσης και της αναπαράστασης.
- Μερικοί κανόνες περικλείουν μεγάλη πολυπλοκότητα.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ:

- Είναι δύσκολο να ανάπτυξης ένα μοντέλο από ένα ασαφή σύστημα.
- Παρόλο που είναι ευκολότερα στο σχεδιασμό και γρηγορότερα στην τυποποίηση από τα συμβατικά συστήματα ελέγχου, τα ασαφή συστήματα απαιτούν περισσότερη εξομοίωση και καλό συντονισμό πριν να είναι έτοιμα προς χρήση.
- Πιθανότατα το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι η μορφωτική προκατάληψη στις Η.Π.Α για χάρη της μαθηματικής ακρίβειας ή των ξεκάθαρων συστημάτων και γραμμικών μοντέλων για συστήματα ελέγχου.

2.9 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΒΑΥΕ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ

Η θεωρία των πιθανοτήτων είναι μια τυπική εξέταση των πιθανοτήτων ότι θα συμβεί ένα γεγονός, μετρημένο σε όρους της αναλογίας του βαθμού των αναμενόμενων συμβάντων προς τον συνολικό βαθμό των πιθανών συμβάντων.

Η στοχαστική ή μέθοδος των πιθανοτήτων, περιγράφει μια διεργασία στην οποία συγκεκριμένα ή τυχαία περιστατικά επιδρούν στις τιμές των μεταβλητών, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να δοθούν μόνο σε όρους πιθανοτήτων.

Για παράδειγμα, αν στρίψεις ένα νόμισμα, έχεις πιθανότητες 50-50 ότι θα έρθει κορώνα.

Αυτή άλλωστε είναι η βάση διαφόρων τυχερών παιχνιδιών, όπως τα ζάρια (που περιλαμβάνουν δύο ζάρια των 6 πλευρών) και το παιχνίδι με την τράπουλα 21. Σε πιο ακαδημαϊκό επίπεδο χρησιμοποιείται από την μηχανογραφημένη μέθοδο MONTE CARLO.

Ο νόμος του ΒΑΥΕ είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη παραλλαγή της θεωρίας των πιθανοτήτων η οποία αναλύει αβέβαιες καταστάσεις του παρελθόντος και καθορίζει τις πιθανότητες ότι ένα συγκεκριμένο γεγονός προκάλεσε τα γνωστά αποτελέσματα.

Αυτή η ανάλυση χρησιμοποιείτε για να προβλέψει πιθανά μελλοντικά αποτελέσματα. Ένα παράδειγμα είναι η πρόβλεψη της

ακρίβειας μιας ιατρικής διάγνωσης, τις αιτίες των συμπτωμάτων βασισμένη στην εμπειρία του παρελθόντος.

Αυτός ο κανόνας αναπτύχθηκε στα μέσα του δεκάτου ογδόου αιώνα από τον THOMAS BAYES όμως δεν γνωστοποιήθηκε πριν το 1960. Δουλεύει πολύ καλύτερα όταν υπάρχουν πολλές πληροφορίες διαθέσιμες.

Ο νόμος του BAYE μελετά τις πιθανότητες δύο μελλοντικών συμβάντων όπου και τα δύο συμβαίνουν. Τότε υποθέτοντας ότι το πρώτο συμβάν που λαμβάνει χώρα, παίρνει την αναλογία των πιθανοτήτων των δύο συμβάντων ως τις πιθανότητες να συμβαίνουν και τα δύο.

Με άλλα λόγια, όσο μεγαλύτερη η εμπιστοσύνη στην αλήθεια για ένα γεγονός του παρελθόντος ή ένα μελλοντικό συμβάν τόσο περισσότερες πιθανότητες έχει να είναι αληθινό ή το μελλοντικό συμβάν να συμβεί.

2.10 ΑΣΑΦΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΙΑΤΙΚΑ ΕΘΝΗ

Αν τα ονόματα των NISSAN, MATSUSHITA και FUJI BANK ξεπετάχτηκαν μπροστά σας, υπάρχει λόγος. Η Ιαπωνία είναι παγκόσμιος κυρίαρχος στην παραγωγή ασαφών εμπορικών οικιακών συσκευών.

Οι Ιάπωνες επιστήμονες και μηχανικοί ήταν ανάμεσα στους προγενέστερους υποστηρικτές της δουλείας του ZOTFI ZADEH και στα τέλη του 1960 είχαν συστήσει την ασάφεια στη χώρα.

Ακόμα η έρευνα σε ασαφή ιδέες και προϊόντα είναι κάτι που επιδιώχθηκε στη Κίνα. Σύμφωνα με μια αποτίμηση εκεί υπάρχουν περισσότεροι επιστήμονες και μηχανικοί από ό'τι σε οποιαδήποτε άλλη χώρα.

Γιατί η ασαφή λογική έπιασε τόσο εύκολα στα Ασιατικά έθνη, ενώ αγωνίζονται για εμπορική επιτυχία στις ΗΠΑ και γενικότερα στη δύση; Δύο σενάρια υπάρχουν:

Μια απάντηση βρέθηκε στο διαφορετικό παραδοσιακό πολιτισμό. Όπως είδαμε νωρίτερα ένα από τα χαρακτηριστικά της δυτικής κουλτούρας είναι η προσέγγιση του Αριστοτέλη ή το ένα ή το άλλο ως τρόπος σκέψης και δράσης.

Οι κουλτούρες της Ιαπωνίας και της Κίνας αναπτύχθηκαν με διαφορετικές προτεραιότητες. Δύναμη και επιτυχία επιτεύχθηκαν μέσα από επιτυχία ομοφωνία και συμφιλίωση ανάμεσα στις ομάδες.

Αυτή η παραδοσιακή συμπεριφορά, που είναι πολύ μπερδεμένη για τους Αμερικάνους είναι βασική για την Ιαπωνική βιομηχανικά δρώμενα σήμερα, ξεκινώντας από την μικρότερη εταιρία και καταλήγοντας στην μεγαλύτερη εταιρία υψηλής τεχνολογίας.

Επιπρόσθετα οι δυνάμεις της φύσης ήταν παραδοσιακά αναμενόμενες να ισορροπήσουν ανάμεσα στις ακραίες συνθήκες. Η ασαφής λογική είναι πολύ περισσότερο συμβατή σ'αυτά τα δόγματα παρά με τις δυτικές μαθηματικά προσανατολισμένες ιδέες.

Η δεύτερη απάντηση είναι ότι μάλλον η βιομηχανία της έρευνας, κατευθυνόμενη από την κυβέρνηση, επαλήθευσε ότι είναι πιο ανοιχτή σε ιδέες και προσεγγίσεις από τις δυτικές εταιρίες.

ΜΗ ΠΙΘΑΝΟΚΡΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Εκτός από την ασαφή λογική, διάφορες επεκτάσεις της ξεκάθαρης λογικής αναπτύχθηκαν για να αντιμετωπίσουν την αβεβαιότητα (αστάθεια).

ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗ ΛΟΓΙΚΗ

Σε αυτό το σύστημα η μόνη αληθής δήλωση είναι αυτές που περιέχουν ό,τι είναι γνωστό για τον κόσμο. Αυτό περιέχει πολλές υποθέσεις και πιστεύω της κοινής λογικής.

Για παράδειγμα υποθέτουμε ότι η κίνηση είναι στα δεξιά εκτός αν είναι από άλλη προέλευση. Αυτή είναι η λογική της γλώσσας PROLOG.

Η προκαθορισμένη λογική επιτρέπει στον χρήστη να προσθέσει νέες γνώσεις και εντολές, καθώς περισσότερη γνώση αποκτιέται, εφόσον βασίζονται στις προηγούμενες εντολές.

Για παράδειγμα ένα σύστημα που μελετά τον πλανήτη Άρη μπορεί να περιέχει την υπόθεση ότι δεν υπάρχει ζωή, έστω και εάν δεν υπάρχει καθαρή ένδειξη.

Η καθορισμένη αιτιολόγηση και λογική αναπτύχθηκαν από τον Καναδό RAYMOND REITER στα τέλη του 1970.

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΔΕΙΞΗΣ ΤΩΝ DEMPSTER-SHAFER

Η θεωρία της απόδειξης περιλαμβάνει τον καθορισμό της σημασίας της απόδειξης και κλιμακωτό προσδιορισμό της ιδεολογίας των εντολών βασισμένες σε αυτές.

Αναπτύχθηκε από τους Αμερικάνους ARTHUR DEMPSTER και GLENN SHAFER περι το 1970. Όμως η γενίκευση της θεωρίας προτάθηκε από τον JOHANN HEINRICH LAMBERT το 1764.

Για μια δεδομένη κατάσταση, η θεωρία παίρνει διάφορα σώματα αποδείξεων, μια συνδυασμένη εντολή που υπολογίζει το άθροισμα συναρτήσεων διαφόρων ιδεών, και δημιουργεί μια καινούργια

συνάρτηση ιδεών. Αυτή η μέθοδος μπορεί να προσαρμοστεί στην ασάφεια.

2.11 ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός περιλαμβάνει αναγνώριση και βάπτισμα των παραγόντων της ευστάθειας και της αστάθειας για να αιτιολογήσει τα διάφορα πιστεύω και τις δυσπιστίες. Η μέθοδος ανακαλύφθηκε από τον Αμερικάνο PAUL GOHEN στις αρχές του 1980, επιτρέποντας μη μαθηματικές προτεραιότητες εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με το πόσο πιθανό είναι μια από αυτές να πετύχει ή πόσο βολικές είναι για να χρησιμοποιηθούν.

Ακόμα καθορίζει, πως οι πηγές αλληλεπιδρούν και δίνουν εντολές για συνδυασμό βαθμολόγησης πηγών. Για παράδειγμα μπορούν να ταξινομηθούν στις πιθανές και στις μη πιθανές εναλλακτικές. Είναι χρήσιμο στο να βάζει προτεραιότητες σε έργα βάση της καταλληλότητας και της πιθανότητας επιτυχίας.

Ο σκοπός είναι κίνητρα που αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένους σκοπούς για να πιστέψεις ή για να μη πιστέψεις την συνεταιρισμένοι τους απόδειξη, η οποία έγκειται σε λογικές προτάσεις. Υποστήριξη είναι η διεργασία αναγνώρισης των παραγόντων που σχετίζονται με την ευστάθεια σε δεδομένες καταστάσεις.

Για παράδειγμα στην πρόβλεψη του αυριανού καιρού, το συμπέρασμα ότι ο καιρός θα είναι αίθριος, που είναι βασισμένο σε φωτογραφίες μετεωρολογικών δορυφόρων, πιθανό να είναι καλύτερα πιστοποιημένο από το συμπέρασμα ότι αύριο θα βρέξει, γιατί τότε είναι που πάνε οι υπάλληλοι της Ε.Μ.Υ. για πικ - νικ.

2.12 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η ποιοτική αιτιολόγηση βασίζεται στη κοινή λογική μέθοδο της βαθιάς αιτιολόγησης της αστάθειας που κυρίως χρησιμοποιεί γλωσσολογικά δεδομένα μοντέλων το ίδιο καλά όπως και τα αριθμητικά, για να περιγράψει ένα πρόβλημα και να προβλέψει την συμπεριφορά.

Η ποιοτική αιτιολόγηση έχει χρησιμοποιηθεί για να μελετηθούν προβλήματα στη φυσική, στη φαρμακευτική στη μηχανική και στην επιστήμη των υπολογιστών.

2.13 ΤΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΚΑΝΕΙ ΤΟ FUZZY LOGIC TOOLBOX

Το FUZZY LOGIC TOOLBOX επιτρέπει να κάνεις μια σειρά πραγμάτων αλλά κυρίως να δημιουργήσεις και να μελετήσεις ασαφής παρέμβασης συστήματα.

Μπορείς να δημιουργήσεις τέτοια συστήματα χρησιμοποιώντας γραφικά εργαλεία ή εντολής γραμμής συναρτήσεις, ή μπορείς να τα φτιάξεις αυτόματα χρησιμοποιώντας είτε συγκεντρωτικές είτε προσαρμοστικές νευρωτικές ασαφής λογικές.

Στην εργαλειοθήκη της FUZZY LOGIC ερμηνεύεται σαν F.L. Η βασική ιδέα που διέπει το σύμβολο F.L. είναι ότι αποτελεί γλωσσολογική μεταβολή δηλαδή μεταβλητή της οποίας οι τιμές είναι λέξεις και όχι αριθμοί.

Κατά συνέπεια η F.L θεωρείτε ως μια μεθοδολογία για υπολογισμούς με λέξεις παρά με αριθμούς. Παρόλο που οι λέξεις είναι από την φύση τους λιγότερο ακριβείς απ τους αριθμούς, η χρήση τους είναι πιο κοντά στην ανθρώπινη διαίσθηση. Επιπλέον ο υπολογισμός με λέξεις εκμεταλλεύεται την ανοχή για ασάφεια και συνεπώς μειώνει το κόστος της λύσεις.

Άλλη μια έννοια της F.L. η οποία παίζει τον πρωταγωνιστικό ρόλο στις περισσότερες της εφαρμογές είναι αυτή ενός δήθεν ασαφούς ή απλά σαφούς κανόνα. Παρόλο που τα συστήματα βασισμένα σε κανόνες έχουν μια μακρά ιστορία χρήσης, στην AL, αυτό που λείπει σε τέτοια συστήματα είναι ένας μηχανισμός ο

οποίος αντιμετωπίζει ασαφείς συνέπειες και ασαφή προηγηθέντων.

Στη F.L. αυτός ο μηχανισμός παρέχεται από αυτό που ονομάζεται ανάλυση των κανόνων FUZZY.

Η ανάλυση των κανόνων FUZZY εξυπηρετεί σαν βάση αυτού που θα μπορούσαμε να ονομάσουμε γλώσσα ασαφούς εξάρτησης και εντολών (FUZZY DEPENDENCY AND COMMAND LANGUAGE-FDCL).

Ενώ η FDCL δε χρησιμοποιείται ενδελεχώς στην εργαλειοθήκη της FUZZY LOGIC είναι αποτελεσματικά μια από τις πρωταρχικές συνιστώσες. Σ' αυτή την συσχέτιση αυτό που είναι σημαντικό να αντιληφθούμε είναι ότι στις περισσότερες εφαρμογές της F.L μια λύση F.L. είναι στην πραγματικότητα η μετάφραση της ανθρώπινης λύσης, στη FDCL.

Αυτό που κάνει την εργαλειοθήκη της F.L. πραγματικά ισχυρή είναι το γεγονός ότι η δομή της ανθρώπινης λογικής και αντίληψης συνδέεται με την χρήση των κανόνων FUZZY.

Η παροχή ενός συστηματικού πλαισίου εργασίας για τον υπολογισμό με κανόνες FUZZY βοηθάει στην ενίσχυση της ισχύος της ανθρώπινης λογικής από την εργαλειοθήκη της F.L.

Περαιτέρω αποτελέσματα ενίσχυσης από την χρήση του MATLAB και γραφικών αλληλεπιδράσεων, περιοχών στις οποίες το MATHWORKS έχει μη συγκλίνουσα άποψη.

Μια αύξουσα τάση σχετίζεται με την χρήση της F.L. σε συνδυασμό με νευρωνικούς υπολογισμούς και γενικής χρήσεις αλγορίθμους. Πιο γενικά τα παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρωταρχικές συνιστώσες αυτού που θα ονομάζαμε SOFT COMPUTING.

Σε αντίθετη περίπτωση με το παραδοσιακό HARD COMPUTING ο SOFT COMPUTING προορίζεται για τη διευθέτηση μιας ασάφειας που διέπει τον πραγματικό κόσμο. Η βασική αρχή στο SOFT COMPUTING είναι: εκμεταλλευτείτε την ανοχή της ασάφειας, αβεβαιότητας και μερικής αλήθειας για την επίτευξη της ευπείθειας και της ακρίβειας και λύση χαμηλού κόστους.

Τα επόμενα χρόνια το SOFT COMPUTING είναι πιθανόν να παίζει έναν αυξανόμενο σημαντικό ρόλο στην αντίληψη και σχεδίαση συστημάτων των οποίων το MIQ(MACHINE IQ)είναι κατά πολύ υψηλότερο από ότι αυτών που τα συστήματα είναι σχεδιασμένα με συμβατικές μεθόδους.

Ανάμεσα στους ποικίλους συνδυασμούς των μεθοδολογιών στο SOFT COMPUTING αυτήν που έχει τη μεγαλύτερη διαφάνεια σε αυτό το σημείο είναι αυτή της FUZZY LOGIC και των νευρωνικών υπολογισμών, καταλήγοντας έτσι στα ονομαζόμενα νεύρο-ασαφή συστήματα.

Μέσα στη FUZZY LOGIC τέτοια συστήματα παίζουν έναν ιδιαίτερα σημαντικό πόλο κατά την κατάληξη σε κανόνες μέσω

παρατηρήσεων. Μια αποτελεσματική μέθοδος που αναπτύχθηκε από τον DR.ROGER JANG για αυτόν το σκοπό ονομάζεται ANFIS(ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM). Αυτή η μέθοδος είναι ένα σημαντικό μέρος της εργαλειοθήκης της FUZZY LOGIC.

Η εργαλειοθήκη της FUZZY LOGIC είναι εξαιρετικά εντυπωσιακή από κάθε άποψη. Μετατρέπει την FUZZY LOGIC σε ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την σύλληψη και σχεδίαση έξυπνων συστημάτων. Η εργαλειοθήκη της FUZZY LOGIC είναι εύκολη στο χειρισμό και αποτελεσματική στη χρήση. Τελικά, αυτήν αποτελεί μια φιλική προς το χρήστη και ενημερωμένη εισαγωγή για τη μεθοδολογία της FUZZY LOGIC και έχει ευρεία εφαρμογή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Μελετώντας τον τρόπο με τον οποίο δουλεύει το MATLAB, προσπαθήσαμε να επιλέξουμε δύο σενάρια, το πρώτο και το δεύτερο για να δούμε εάν τα συμπεράσματα τα δικά μας συμπίπτουν με αυτά του προγράμματος. Έτσι πήραμε τις τιμές που δίνονται στα δύο σενάρια και παρατηρώντας τους πίνακες 9-4 έως 9-14 βγάλαμε τα παρακάτω αποτελέσματα που αναγράφονται στους πίνακες 1 και 2 των σεναρίων. Όπου βλέπαμε « preferred» βάζαμε την βαθμολογία 15, για « Not Critical» 12 και γενικά όπως αναφέρεται στον πίνακα 1,1γ.

Προσπαθήσαμε με μια σταθερή κλίμακα να ελέγχουμε σταθερά τα όρια, ώστε να βλέπουμε προς πια πλευρά των ορίων συγκλίνουμε.

ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΕΣ		
1	ΜΗ ΕΦΑΡΜΟΣΙΜΗ	-50
2	ΑΡΚΕΤΑ ΦΤΩΧΗ	-20
3	ΦΤΩΧΗ	0
4	ΠΙΘΑΝΗ	4
5	ΔΙΚΑΙΗ	6
6	ΚΑΛΗ	10
7	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	12
8	ΠΡΟΤΙΜΩΜΕΝΗ	15

Μελετώντας τα δικά μας αποτελέσματα παρατηρούμε πως μερικά διαφέρουν από αυτά τα οποία μας βγάζει το MATLAB. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι κάποια όρια έχουν εισαχθεί αλλιώς στο σύστημα, ενώ εμείς, και βάση της κρίσης μας θεωρήσαμε άλλο όριο «preferred, not critical, good, fair» άρα και άλλη βαθμολογία.

Έτσι έχουμε κάποιες αποκλίσεις σε κάποιες μεθόδους που για παράδειγμα αντί να μας παρουσιάσουν την μέθοδο IN SITU στην τρίτη θέση, όπως προτείνει το MATLAB , μας την παρουσιάζει στην τέταρτη θέση.

Σε προηγούμενο Κεφάλαιο εξηγήσαμε πως ο βαθμολογημένος πίνακας μας προτείνει κάποιες μεθόδους, με τις οποίες συμφέρει να εξορύξουμε το υπάρχον πετρέλαιο. Εμείς επιλέγουμε την πρώτη, την δεύτερη, την τρίτη κ.τ.λ. μέθοδο ανάλογα και πια μας συμφέρει και οικονομικά μιας και το κόστος παίζει σημαντικό ρόλο στην εξόρυξη του πετρελαίου.

Άρα μπορούμε να πούμε με σιγουριά για την μέθοδο μας, πως είναι σωστή, μιας και προτείνει ως πρώτες μεθόδους, τις μεθόδους που προτείνει και το MATLAB.

3.2 ΔΙΚΟ ΜΑΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Θέλοντας να δοκιμάσουμε με ένα δικό μας παράδειγμα, δώσαμε κάποιες τυχαίες τιμές και δημιουργήσαμε ένα δικό μας σενάριο. Έτσι προτείναμε τις παρακάτω τιμές:

ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΙΚΟ ΜΑΣ	
1	ΒΑΡΥΤΗΤΑ = 45 API
2	ΙΞΩΔΕΣ = 1000 cp
3	ΣΥΣΤΑΣΗ = ΥΨΗΛΗ C5-C12
4	ΑΛΜΗΡΟΤΗΤΑ = 85000 ppm
5	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ = 50%
6	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΑΜΜΟΠΕΤΡΕΣ
7	ΠΛΗΡΩΤΑΙΑ ΠΥΚΝΩΤΗΤΑ 20 ft
8	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ= 500 md
9	ΒΑΘΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ = 3001 ft
10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ = 120 F
11	ΠΟΡΩΔΕΣ = 35%

Ο πίνακας αποτελεσμάτων που μας βγήκε είναι ο παρακάτω. Όπως βλέπουμε προτείνει ως πρώτη μέθοδο, την μέθοδο των κατάλληλων πολυμερών, ως δεύτερη την μέθοδο του διοξειδίου του άνθρακα, τρίτη την καύση IN SITU και τέταρτη εξίσου την μέθοδο των υδρογονανθράκων και την μέθοδο αζώτου και καυσαερίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1									
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΕΘΑΔΟΥΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ									
	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ				ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ				
	ΒΑΡΥΤΗΤΑ °API	ΙΞΩΔΕΣ (cp)	ΣΥΣΤΑΣΗ	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ	ΠΑΧΟΣ ΔΥΧΤΙΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ (md)	ΒΑΘΟΣ (ft)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ F
ΜΕΘΑΔΟΙ ΕΓΧΥΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ	ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ	>35	ΜΕΓΑΛΟ% C2-C7	>30%PV	ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ Η ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΛΑΤΙ	ΛΕΠΤΟ ΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	<2000 LPG ΣΕ <5000 ΑΕΡΙΟ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ
	ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ	>24 >35 ΓΙΑ N ₂	ΜΕΓΑΛΟ% C1-C7	>30%PV	ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ Η ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΛΑΤΙ	ΛΕΠΤΟ ΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>4500	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ
	ΔΥΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	>26	ΜΕΓΑΛΟ% C5-C7	>30%PV	ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ Η ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΛΑΤΙ	ΛΕΠΤΟ ΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>2000	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ
ΧΗΜΙΚΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	>25	ΕΛΑΦΡΕΣ ΜΕΣΑΖΩΝΤΕΣ ΕΠΙΘΥΜΙΕΣ	>30%PV	ΠΡΟΤΕΙΜΟΜΕΝΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ	>10	>20	<8000	<175
	ΠΟΛΥΜΕΡΗ	>25	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>10%PV	ΠΡΟΤΕΙΜΟΜΕΝΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ ΠΙΘΑΝΟΤΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΛΑΤΙ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>10	<9000	<200
	ΑΛΚΑΛΙΑ	13-35	ΜΕΡΙΚΑ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ	ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΝΕΡΟ	ΠΡΟΤΕΙΜΟΜΕΝΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>20	<9000	<200
ΘΕΡΜΙΚΕΣ	IN SITU ΚΑΥΣΗ	<40 (ΚΑΝΟΝΙΚΑ 10-25)	ΜΕΡΙΚΑ ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	>40-50%PV	ΑΜΜΟΣ Η ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ ΜΕ ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ	>10	>100	>150	>150
	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΤΜΟΥ	<25	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>40-50%PV	ΑΜΜΟΣ Η ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ ΜΕ ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ	>20	>200	300-5000	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2												
	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ					ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ						
	ΒΑΡΥΤΗΤΑ °API	ΙΞΩΔΕΣ (cp)	ΣΥΣΤΑΣΗ	ΑΛΜΥΡΟΤΗΤ Α (ppm)	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ	ΠΑΧΟΣ ΔΥΧΤΙΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ (md)	ΒΑΘΟΣ (ft)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ F	ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	
ΜΕΘΑΔΟΙ ΕΡΧΥΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ	ΥΔΡΟΓΟΝ ΑΝΘΡΑΚΕΣ	>35	<10	ΜΕΓΑΛΟ% C2-C7	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>30%PV	ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ Η ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΛΑΤΙ	ΛΕΠΤΟ ΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟ	<2000 LPG ΣΕ <5000 ΑΕΡΙΟ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	
	ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ	>24 >35 ΓΙΑ N ₂	<10	ΜΕΓΑΛΟ% C1-C7	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>30%PV	ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ Η ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΛΑΤΙ	ΛΕΠΤΟ ΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟ	>4500	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	
	ΔΥΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	>26	<15	ΜΕΓΑΛΟ% C5-C7	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>30%PV	ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ Η ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΛΑΤΙ	ΛΕΠΤΟ ΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟ	>2000	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	
ΧΗΜΙΚΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	>25	<30	ΕΛΑΦΡΕΣ ΜΕΣΑΖΩΝΤΕ Σ ΕΠΙΘΥΜΙΕΣ	<140000	>30%PV	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ	>10	<8000	<175	>20	
	ΠΟΛΥΜΕΡΗ	>25	<150	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	<100000	>10%PV	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ ΠΙΘΑΝΟΤΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΛΑΤΙ	>10	<9000	<200	<20	
	ΑΛΚΑΛΙΑ	13-35	<200	ΜΕΡΙΚΑ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ	<100000	ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΝΕΡΟ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	<9000	<200	>20	
ΘΕΡΜΙΚΕΣ	ΚΑΥΣΗ	<40 (ΚΑΝΟΝΙΚΑ 10-25)	<1000	ΜΕΡΙΚΑ ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>40-50%PV	ΑΜΜΟΣ Η ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ ΜΕ ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ	>10	>150	>150	>20	
	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΤΜΟΥ	<25	>20	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>40-50%PV	ΑΜΜΟΣ Η ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ ΜΕ ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ	>20	300-5000	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	>20d	
	ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ	>15	*	ΑΠΟΥΣΙΑ ΤΟΞΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ	<100000	ΜΗ ΚΡΙΤΙΚΗ	ΑΜΜΟΠΕΤΡΑ Η ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΛΑΤΙ	>150	<8000	<140	-	

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 1												
	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ				ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ							
	ΒΑΡΥΤΗΤΑ °API	ΙΣΩΔΕΣ (cp)	ΣΥΣΤΑΣΗ	ΑΛΜΥΡΟΤΗΤΑ (ppm)	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ	ΠΑΧΟΣ ΔΥΧΤΙΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ (md)	ΒΑΘΟΣ (ft)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ F	ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	ΣΥΝΟΛΟ
ΜΕΘΑΔΟΙ ΕΤΥΧΥΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ	ΥΔΡΟΓΟΝ ΑΝΘΡΑΚΕΣ	0	6	12	0	10	4	15	0	12	12	77
	ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ	0	6	12	0	10	4	12	0	10	12	72
	ΔΥΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	4	10	12	0	10	4	10	0	12	12	89
	ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	0	6	0	0	15	15	6	15	15	6	93
ΧΗΜΙΚΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΠΟΛΥΜΕΡΗ	0	15	0	6	15	12	6	15	15	6	102
	ΑΛΚΑΝΙΑ	15	6	0	0	15	12	6	15	10	4	95
ΘΕΡΜΙΚΕΣ	IN SITU ΚΑΥΣΗ	15	10	12	12	10	10	0	10	0	4	83
	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΤΜΟΥ	15	6	12	12	10	6	0	15	12	4	92
	ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ	10	0	12	0	10	12	0	0	10	0	66

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 2												
	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ					ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ						
	ΒΑΡΥΤΗΤΑ °API	ΙΣΩΔΕΣ (cp)	ΣΥΣΤΑΣΗ	ΑΛΜΥΡΟΤΗΤΑ (ppm)	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ	ΠΑΧΟΣ ΔΥΧΤΙΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ (mtd)	ΒΑΘΟΣ (ft)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ F	ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	ΣΥΝΟΛΟ
ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΓΧΥΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ	ΥΔΡΟΓΟΝ ΑΝΘΡΑΚΕΣ	10	6	12	10	10	15	15	6	12	12	114
	ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ	15	6	12	10	10	15	12	6	10	12	114
	ΔΥΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	6	10	12	10	10	15	10	4	12	12	116
	ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	15	6	6	15	15	15	6	15	15	10	133
ΧΗΜΙΚΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΠΟΛΥΜΕΡΗ	15	15	6	6	15	12	6	15	15	10	127
	ΑΛΚΑΝΙΑ	15	6	6	4	15	12	6	15	10	15	116
ΘΕΡΜΙΚΕΣ	IN SITU ΚΑΥΣΗ	6	10	12	0	10	10	0	10	0	10	80
	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΤΜΟΥ	0	6	12	0	10	6	0	15	12	10	83
	ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ	10	0	6	12	10	12	0	0	10	0	72

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΚΟΣ ΜΑΣ												
	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ					ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ						
	ΒΑΡΥΤΗΤΑ °API	ΙΣΩΔΕΣ (cp)	ΣΥΣΤΑΣΗ	ΑΛΜΥΡΟΤΗΤΑ (ppm)	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ	ΠΑΧΟΣ ΔΥΧΤΙΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΤΟΤΗΤΑΣ (mtd)	ΒΑΘΟΣ (ft)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ F	ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	ΣΥΝΟΛΟ
ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΧΥΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ	ΥΔΡΟΓΟΝ ΑΝΘΡΑΚΕΣ	15	0	6	12	10	15	10	6	12	12	108
	ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ	15	0	6	12	10	15	12	6	10	12	108
	ΔΥΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	10	6	15	12	10	15	10	4	12	12	116
	ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	15	0	15	6	15	15	15	15	10	10	131
	ΠΟΛΥΜΕΡΗ	15	-50	12	6	6	12	15	15	15	15	76
ΧΗΜΙΚΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΑΛΚΑΝΙΑ	6	0	12	6	0	12	15	15	6	15	102
	IN SITU ΚΑΥΣΗ	0	10	12	12	10	10	15	10	10	15	114
ΘΕΡΜΙΚΕΣ	ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΤΜΟΥ	0	10	12	12	10	0	6	4	12	15	91
	ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ	10	0	12	6	12	12	10	0	10	0	82