

**ΤΙΜΗΤΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ
ΓΙΑ ΤΟΝ
ΟΜΟΤΙΜΟ ΚΑΘΗΓΗΤΗ
ΤΟΥ Ε.Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ
ΛΟΥΚΑ ΜΟΥΣΟΥΛΟ**



ΕΚΔΟΣΗ Ε.Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

ΠΕΔΙΑ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΕΜΠΕΙΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ

ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΣ ΤΗΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ι. Ν. Οικονομόπουλος
Καθηγητής Ε. Μ. Πολυτεχνείου

Π. Θ. Κοντοθανάσης
Διπλ. Μηχ. Μεταλλείων-Μεταλλουργός ΕΜΠ, Υποψήφιος διδάκτορας ΕΜΠ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται όλο και περισσότερο τα Έμπειρα Συστήματα (Expert Systems) σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς της Μεταλλευτικής, με σκοπό την παροχή υψηλού επιπέδου συμβουλών, προς αντιμετώπιση προβλημάτων τα οποία προκύπτουν κατά τις διαδικασίες σχεδιασμού και παραγωγής στις υπόγειες και υπαίθριες εκμεταλλεύσεις. Οι συμβουλές αυτές είναι πολύ χρήσιμες στις περιπτώσεις όπου οι εμπειρογνώμονες (experts), δηλαδή τα έμπειρα στελέχη της μεταλλευτικής βιομηχανίας, δεν είναι διαθέσιμοι.

Η αρχική ιδέα, που ώθησε στην ανάπτυξη παρόμοιων Έμπειρων Συστημάτων, αφορούσε στη δημιουργία προγραμμάτων Η/Υ, τα οποία, με τη χρησιμοποίηση της γνώσης των εμπειρογνομένων σε συγκεκριμένο γνωστικό τομέα, θα μπορούσαν να εκτελέσουν ορισμένες λειτουργίες, που η πραγματοποίησή τους απαιτεί τον ίδιο τον εμπειρογνώμονα. Με τη σημειωθείσα εξέλιξη δημιουργήθηκαν Έμπειρα Συστήματα (Ε.Σ.), τα οποία όχι μόνο παρέχουν υψηλού επιπέδου συμβουλές, αλλά συγχρόνως εξασφαλίζουν τη δυνατότητα λήψης κρίσιμων αποφάσεων, ενώ παράλληλα είναι σε θέση να εξετάζουν διάφορες εναλλακτικές λύσεις, όπως δηλαδή ακριβώς ενεργούν και οι ίδιοι οι εμπειρογνώμονες.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να περιγράψει τις δυνατότητες εφαρμογής των Ε.Σ. στη Μεταλλευτική, να παρουσιάσει τα κυριότερα πρώτα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μέχρι σήμερα εφαρμογή, καθώς επίσης και να εξετάσει τα προβλήματα που πρέπει να επιλύονται προς ανάπτυξη δεδομένου Ε.Σ. Επιπροσθέτως διατυπώνονται και ορισμένες σκέψεις, που μπορεί να οδηγήσουν στην επίλυση αυτών των προβλημάτων, με την παράθεση ενός Ε.Σ., που αναφέρεται στην επιλογή τρόπου (μεθόδου) πρωτεύουσας μεταφοράς σε υπόγεια εκμετάλλευση.

2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΑΝΗΚΟΥΝ ΤΑ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΕΜΠΕΙΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ

Η Μεταλλευτική είναι ένας κατ' εξοχήν κατάλληλος χώρος για ανάπτυξη Έμπειρων Συστημάτων που αναφέρονται σε πρακτικές εφαρμογές. Στους πολλούς και διαφορετικούς μεταξύ τους κλάδους της Μεταλλευτικής εμφανίζονται πολλά προβλήματα, τα οποία, προκειμένου να επιλυθούν, απαιτούν τη γνώση και εμπειρία των εμπειρογνομόνων, που δεν είναι όμως πάντοτε διαθέσιμη, αφού¹⁴:

α) Οι εμπειρογνώμονες είναι αριθμητικά λίγοι, παρέχουν συμβουλές με υψηλό κόστος και γενικά υπάρχει μεγάλη ζήτηση των υπηρεσιών τους.

β) Οι εμπειρογνώμονες συνεχώς μειώνονται σε αριθμό, επειδή αποσύρονται από την ενεργό υπηρεσία ή πεθαίνουν, και οι γνώσεις τους «χάνονται», καθ' όσον είναι δύσκολο να «μεταφερθούν» σε άλλους εμπειρογνώμονες.

γ) Οι υπηρεσίες των εμπειρογνομόνων χρειάζονται σε απομακρυσμένες ή/και δυσπρόσιτες περιοχές και σε πολλά σημεία της υφηλίου συγχρόνως.

Ορισμένες γενικές κατηγορίες, οι οποίες περιλαμβάνουν τα περισσότερα Ε.Σ., είναι οι εξής⁶:

α) Συστήματα διάγνωσης (diagnosis systems)

Τα συστήματα αυτά βασίζονται σε παρατηρήσεις και σε μάλλον αβέβαιες πληροφορίες, τις οποίες συνδέουν με τα αίτιά τους.

Η διάγνωση π.χ. των βλαβών στο μηχανολογικό εξοπλισμό των μεταλλείων αποτελεί ένα πεδίο ιδανικής εφαρμογής των Ε.Σ. και πιθανώς θα αποτελέσει μία επιτυχή βιομηχανική εφαρμογή αυτών στα μεταλλεία.

β) Συστήματα επιλογής και σχεδιασμού (design systems)

Τα συστήματα αυτά αναπτύσσουν επιλογές που ικανοποιούν διάφορους περιορισμούς σχεδιαστικών προβλημάτων.

Στα προβλήματα σχεδιασμού μεταλλείου (υπαίθριου ή υπόγειου) μπορεί, κατά περίπτωση, να χρησιμοποιηθεί Ε.Σ. Για παράδειγμα, η επιλογή μεθόδου υπόγειας εκμετάλλευσης, σύμφωνα με τα φυσικά, γεωλογικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος και των περιβαλλόντων πετρωμάτων, σε συνδυασμό με τον επιδιωκόμενο βαθμό απόληψης και το κόστος παραγωγής, αποτελεί αρκετά σύνθετο πρόβλημα ώστε να δικαιολογεί την ανάπτυξη και χρήση ενός Ε.Σ. Ακόμη, η επιλογή του τρόπου μεταφοράς και του απαραίτητου συναφούς μηχανολογικού εξοπλισμού, μεταξύ: σιδηροδρομικής μεταφοράς, ταινιοδρόμων, αυτοκινήτων, LHD και ίσως υδραυλικής μεταφοράς, αποτελεί ευνοϊκό πεδίο προς ανάπτυξη Ε.Σ.

γ) Συστήματα επιχειρησιακού προγραμματισμού (planning systems)

Τα συστήματα αυτά σχεδιάζουν τις ενέργειες ή αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν επί του εξεταζόμενου προβλήματος.

Ο σχεδιασμός της παραγωγής μιας υπόγειας ή υπαίθριας εκμετάλλευσης αποτελεί μια ισχυρή εφαρμογή, όπου αντιμετωπίζεται η επιλογή μεταξύ πολλών διαφορετικών εναλλακτικών σχεδίων, που ικανοποιούν διάφορους λειτουργικούς και φυσικούς περιορισμούς, με σκοπό τη βελτιστοποίηση μιας αντικειμενικής συνάρτησης, με τη βοήθεια της οποίας υπολογίζεται το κόστος, το κέρδος ή κάποια άλλη επιθυμητή σχεδιαστική παράμετρος.

δ) Συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου (monitoring systems)

Τα συστήματα παρακολούθησης συγκρίνουν συνεχώς τις μεταβλητές τιμές ορισμένων βασικών παραμέτρων, οι οποίες είναι κρίσιμες, προκειμένου να επιτευχθεί το προσδοκώμενο αποτέλεσμα. Γενικώς, τα συστήματα παρακολούθησης αναγνωρίζουν λανθασμένες λειτουργίες και προτείνουν τη σωστή αντίδραση.

Τα συστήματα αυτά μπορεί να έχουν σημαντικές εφαρμογές στα μεταλλεία, όπως, για παράδειγμα, την παρακολούθηση και έλεγχο του κυκλώματος αερισμού και της ατμόσφαιρας των υπογείων, την παρακολούθηση του κινητού εξοπλισμού λειτουργίας στα υπόγεια ή υπαίθρια μεταλλεία και την παρακολούθηση της συμπεριφοράς της οροφής σε επικίνδυνα σημεία.

ε) Συστήματα εκπαίδευσης ή εκμάθησης (instruction systems)

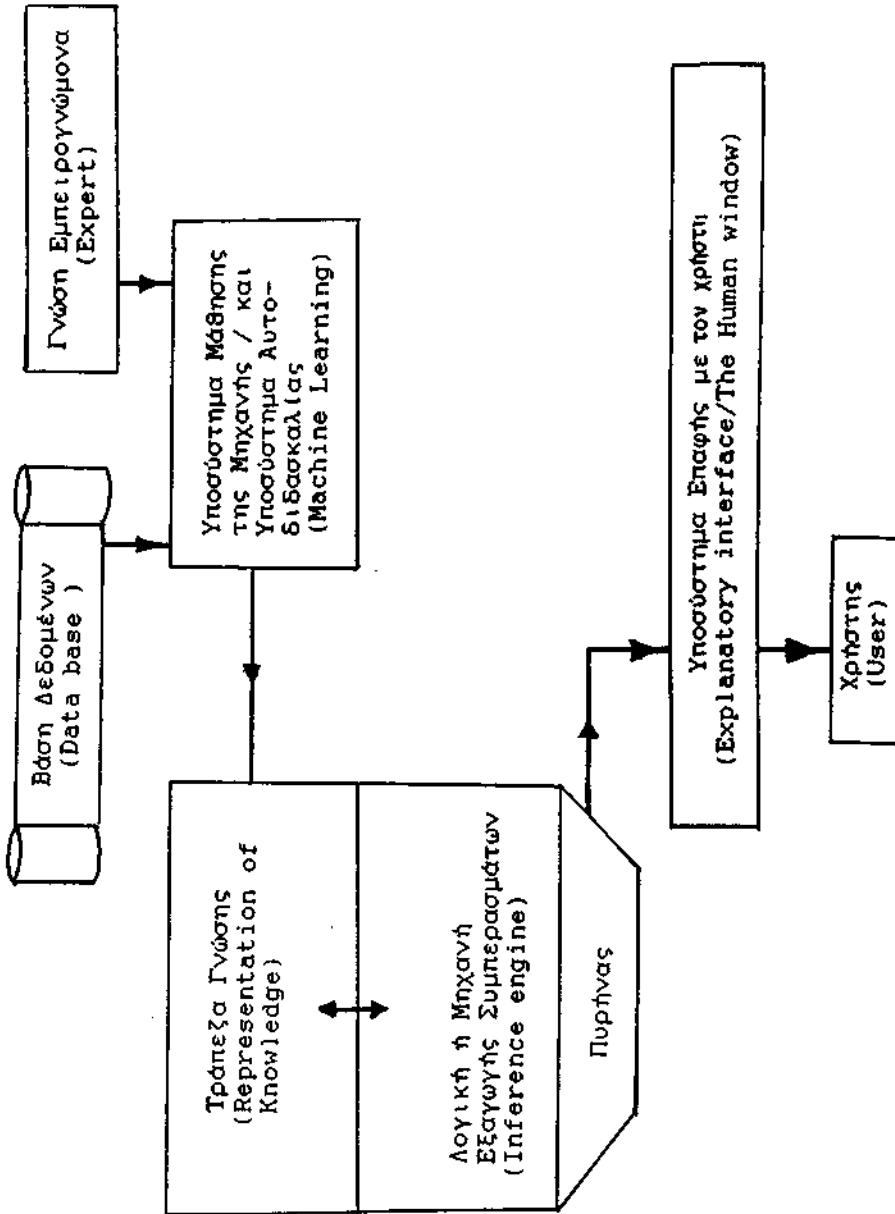
Τα συστήματα αυτά μπορούν να διαγνώσουν και διορθώσουν τη συμπεριφορά των εκπαιδευομένων. Συγκεκριμένα, μπορούν να διαγνώσουν τις αδυναμίες στις γνώσεις των εκπαιδευομένων και να αναγνωρίσουν την κατάλληλη γνώση που πρέπει να αποκτηθεί. Αυτά τα συστήματα εκπαίδευσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την επιμόρφωση των Μηχανικών Μεταλλείων και γενικά όλων όσοι εργάζονται σε μεταλλευτικές επιχειρήσεις.

Η εκπαίδευση, για παράδειγμα, που αφορά τον έλεγχο της λειτουργίας του μηχανολογικού εξοπλισμού των μεταλλείων είναι εργασία αρκετά πολύπλοκη και δικαιολογεί την ανάπτυξη Ε.Σ.

στ) Συστήματα ερμηνείας (interpretation systems)

Τα συστήματα αυτά περιγράφουν μία κατάσταση με βάση διάφορες παρατηρήσεις. Η ιδανική εφαρμογή τους στα μεταλλεία βοηθεί, π.χ., την ερμηνεία των δεδομένων που παίρνουμε κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος γεωτρήσεων (ή/και έρευνας), με σκοπό να αξιολογήσουμε ένα κοίτασμα και να καθορίσουμε τα εν γένει χαρακτηριστικά του μεταλλεύματος.

Ένα τέτοιο, πολύ επιτυχημένο, Ε.Σ. είναι το PROSPECTOR, το οποίο συμβουλευεί τους Γεωλόγους, στα πρώτα βήματα ενός προγράμματος



Σχήμα 1. Χαρακτηριστική δομή ενός Έμπειρου Συστήματος (Ε.Σ.).

έρευνας, για την υποθετική θέση ενός κοιτάσματος. Το σύστημα επεξεργάζεται τις αρχικές, αβέβαιες και ημιτελείς, γεωλογικές πληροφορίες της επιφάνειας και επιτρέπει στους χρήστες να ερμηνεύσουν γεωλογικές δομές, που πιθανώς να είναι χρήσιμες στην εξαγωγή καλύτερων συμπερασμάτων.

3. ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΕΜΠΕΙΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η δομή ενός Έμπειρου Συστήματος (Ε.Σ.) περιλαμβάνει τα ακόλουθα τμήματα (σχήμα 1):

- Τράπεζα Γνώσης
- Μηχανή Εξαγωγής Συμπερασμάτων
- Υποσύστημα εμπλουτισμού της γνώσης (ή/και υποσύστημα αυτοδιδασκαλίας)
- Υποσύστημα επαφής με το χρήστη

3.1. ΤΡΑΠΕΖΑ ΓΝΩΣΗΣ

Η Τράπεζα Γνώσης αποτελεί το υποσύστημα, που περιέχει τα γεγονότα και τους κανόνες με τα οποία περιγράφεται η γνώση και η εμπειρία του εμπειρογνώμονα. Πρόβλημα αποτελεί η σωστή παράσταση της δομής αυτής της γνώσης (και εμπειρίας), καθώς και ο τρόπος με τον οποίο το Ε.Σ. θα επεξεργάζεται αυτή τη γνώση και θα καταλήγει σε κάποιο συμπέρασμα.

Οι παραγωγικοί κανόνες είναι η πιο συνηθισμένη τεχνική παράστασης της γνώσης, αφού είναι απλοί, κατανοητοί και εύκολα επεκτείνονται ή αλλάζουν, έχουν δε την ακόλουθη μορφή:

IF (ΣΥΝΘΗΚΗ 1) AND (ΣΥΝΘΗΚΗ 2) AND...

THEN (ΔΡΑΣΗ 1) AND...

δηλαδή, εάν ισχύουν οι συνθήκες 1, 2..., που μπορεί να είναι υποθέσεις ή γεγονότα, τότε ισχύουν οι δράσεις ή υποθέσεις ή γεγονότα 1, 2,...

3.2. ΜΗΧΑΝΗ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Οι κανόνες που βρίσκονται στην Τράπεζα Γνώσης του Ε.Σ. αποτελούν τα δεδομένα (data) ενός υψηλού επιπέδου «διερμηνέα» (interpreter), δηλαδή της μηχανής εξαγωγής συμπερασμάτων (inference engine), ο οποίος, αφού τα επεξεργαστεί, καταλήγει σε όσο το δυνατόν πιο βέβαια λογικά συμπεράσματα.

Όπως αναφέρθηκε, τα περισσότερα Ε.Σ. είναι βασισμένα στην ανάλυση κανόνων (rule based systems). Οι κανόνες αυτοί περιέχουν συνήθως ένα ποσοστό αβεβαιότητας ως προς την ισχύ τους, αφού συνήθως τα δεδομένα είναι αβέβαια ή ελλιπή. Βασιζόμενοι στη θεωρία της

αβεβαιότητας (uncertainty), επιθυμούμε να εκφράσουμε αυτή την αβεβαιότητα (ή βεβαιότητα) ισχύος των κανόνων αριθμητικά (ποσοτικά), ώστε να καταλήγουμε εύκολα σε κάποιο συμπέρασμα. Για να το επιτύχουμε βασιζόμαστε στην τεχνική των Συντελεστών Βεβαιότητας (certainty factors), που πρωτοπαρουσιάστηκαν το 1976, στα πλαίσια του Ε.Σ. MYCIN, από το Shortliffe στο Πανεπιστήμιο Stanford των ΗΠΑ.

3.3. ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ

Όπως είναι φανερό, η Τράπεζα Γνώσης πρέπει να είναι «δυναμική», δηλαδή να μεταβάλλεται, προσαρμόζεται και βελτιώνεται συνεχώς, όπως άλλωστε πρέπει να συμβαίνει και με τον ίδιο τον εμπειρογνώμονα. Αυτό επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: είτε με τη χρησιμοποίηση ενός εμπειρογνώμονα είτε με τη δημιουργία ενός Συστήματος Αυτοδιδασκαλίας (Σ.Α.).

Ο πλέον εύκολος τρόπος είναι ο πρώτος, στον οποίο, περιοδικά και αναλόγως των αναγκών, χρησιμοποιείται κατάλληλος εμπειρογνώμονας για να προσαρμόσει, διορθώσει και επεκτείνει το Ε.Σ. Ο τρόπος αυτός είναι μεν σχετικά απλός, αλλά συγχρόνως πολυέξοδος και χρονοβόρος.

Ο δεύτερος τρόπος αφορά στην ανάπτυξη Υποσυστήματος Αυτοδιδασκαλίας, διαδικασίας η οποία ερευνάται συνεχώς από δεκαετίας. Το 1979 ο Quinlan πρότεινε έναν αλγόριθμο Αυτοδιδασκαλίας, με τη βοήθεια του οποίου αυξάνονται τα δέντρα αποφάσεων, διά παρατηρήσεως μιας βάσης δεδομένων (Data Base) από παραδείγματα.

3.4. ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕ ΤΟ ΧΡΗΣΤΗ

Τα Εμπειρα Συστήματα αποτελούν εργαλεία, τα οποία συμβουλεύουν το χρήστη στην επίλυση προβλημάτων, ακριβώς όπως και ένας εμπειρογνώμονας. Γι' αυτό, το Υποσύστημα Επαφής με το χρήστη αποτελεί ένα πολύ σημαντικό υποσύστημα, που έχει ως στόχο την επαφή με το χρήστη σε «ύφορ» φιλικό, εξηγώντας κάθε φορά όλα τα βήματα συλλογισμών που έγιναν για να δοθεί κάποια συγκεκριμένη συμβουλή. Το Υποσύστημα αυτό δεν πρέπει να θεωρηθεί ως προαιρετικό αλλά ως απαραίτητο, γιατί με τη δική του βοήθεια ελέγχεται η «ποιότητα» της συμβουλής και δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να την απορρίψει ή να τη δεχτεί.

Προκειμένου να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα του Υποσυστήματος Επαφής με το χρήστη, πρέπει¹³:

- Να πραγματοποιείται η επαφή με το χρήστη, με κύριο κριτήριο τη φιλικότητα, μέσα από δομημένες οθόνες.
- Να γίνεται ελαχιστοποίηση των ερωτήσεων στις οποίες οφείλει

να απαντήσει ο χρήστης, ώστε να μη χάνεται πολύτιμος χρόνος στη διαμόρφωση μιας επείγουσας συμβουλής.

- Να εξηγούνται στο χρήστη τα πρώτα συμπεράσματα και να δίνονται πρώτες συμβουλές μακροπρόθεσμου και βραχυπρόθεσμου χαρακτήρα.
- Να δίνονται στο χρήστη όλες οι γνώσεις του Ε.Σ., αρχίζοντας φυσικά από την επικρατέστερη, και στη συνέχεια οι άλλες, που έχουν μικρότερη πιθανότητα να ισχύσουν.

4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής στην οποία θα βασίζεται η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων, προκειμένου να καταλήγει σε ορισμένη υπόδειξη, αποτελεί, μαζί με τις τεχνικές παράστασης της εμπειρίας και της γνώσης του εμπειρογνώμονα, το αντικείμενο της κυριότερης έρευνας που γίνεται τα τελευταία χρόνια.

Σημειώνεται ότι η τεχνική των συντελεστών βεβαιότητας αρχίζει να καθιερώνεται σχεδόν καθολικά, τουλάχιστον στα Ε.Σ. που χρησιμοποιούνται σε προβλήματα επιλογής. Υπάρχουν όμως δυνατότητες και για τη χρησιμοποίηση της θεωρίας των πιθανοτήτων, μέσω της οποίας θα δίνεται ένα μέτρο της «πιθανότητας» ισχύος κάποιου κανόνα.

Ο συντελεστής βεβαιότητας (CF) παρέχει ένα ποσοτικό μέτρο της βεβαιότητας που έχουμε για την ισχύ κάποιου γεγονότος (κανόνος, συμπεράσματος), το οποίο προκύπτει από το συνδυασμό άλλων συμπερασμάτων ή και κανόνων.

Ο συντελεστής βεβαιότητας CF ορίζεται από την ακόλουθη σχέση¹³:

$$CF [a:b] = MB [a:b] - MD [a:b]$$

όπου:

CF [a:b] = βεβαιότητα της υπόθεσης (a) δεδομένου του συμπεράσματος (b).

MB [a:b] = μέτρο αξιοπιστίας (Measure of Belief), δηλαδή μέτρο πεποίθησης ότι ισχύει το (a) δεδομένου του (b).

MD [a:b] = μέτρο αναξιοπιστίας (Measure of Disbelief), δηλαδή μέτρο πεποίθησης ότι δεν ισχύει το (a) δεδομένου του (b).

Φυσικά, ισχύουν τα ακόλουθα:

$$CF [a:b] \in [-1, 1]$$

$$MB [a:b] \in [0, 1]$$

$$MD [a:b] \in [0, 1]$$

Εξετάζοντας Ε.Σ. που επιλύουν περιπτώσεις επιλογής, παραδείγματος χάρη επιλογής μηχανολογικού εξοπλισμού που ικανοποιεί συγκεκριμένες απαιτήσεις, παρατηρούμε ότι αντιμετωπίζονται ορισμένα προβλήματα και συνθήκες, όπως:

- Η επιλογή μηχανολογικού εξοπλισμού εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, οι περισσότερες από τις οποίες δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

- Εάν η επιλογή μηχανολογικού εξοπλισμού βασισθεί στη θεωρία των πιθανοτήτων, θα είναι ίσως αναξιόπιστη, αφού πρέπει να στηρίζεται σε παραμέτρους εντελώς ανεξάρτητες μεταξύ τους και να έχει μη αντιμεταθετικές ιδιότητες. Το τελευταίο σημαίνει ότι η πιθανότητα επιλογής του μηχανήματος Α, όταν βασίζεται στις παραμέτρους Π₁ και Π₂, δεν είναι ίδια με την πιθανότητα επιλογής του ίδιου μηχανήματος, όταν στηρίζεται πρώτα στην Π₂ και έπειτα στην Π₁, πράγμα που λογικά δεν είναι σωστό.

- Η τεχνική των συντελεστών βεβαιότητας θα πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα σύνθεσης πολλών παραμέτρων (πολλών κανόνων δηλαδή), πράγμα το οποίο δεν είναι εφικτό, αφού οι τύποι του Shortliffe¹³ έχουν δυνατότητα σύνθεσης αριθμητικά ολίγων κανόνων και όχι 10-15, που είναι συνήθως απαραίτητοι κατά την αντιμετώπιση προβλημάτων επιλογής στη Μεταλλευτική.

Για να ξεπεράσουμε αυτά τα προβλήματα επιλέγουμε μία παραλλαγή της τεχνικής των συντελεστών βεβαιότητας, με την οποία θα εφοδιαστεί η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων. Κάθε κανόνας της Τράπεζας Γνώσης θα συνοδεύεται από έναν συντελεστή βεβαιότητας, ο οποίος θα ανήκει στο διάστημα [-1, 1] και θα δίνει το αριθμητικό μέτρο βεβαιότητας ισχύος συγκεκριμένου κανόνα. Η σύνθεση των κανόνων που θα αναφέρονται στην επιλογή συγκεκριμένου μηχανολογικού εξοπλισμού θα γίνεται πολλαπλασιαστικά. Το γινόμενο, δηλαδή, όλων των συντελεστών βεβαιότητας, που αναφέρονται σε συγκεκριμένη επιλογή, θα δίνει το αριθμητικό μέτρο του συνδυασμένου συντελεστή βεβαιότητας (CCF : combined certainty factor), ο οποίος με τη σειρά του επηρεάζει ή και καθορίζει τη συμβουλή για τη συγκεκριμένη επιλογή.

Έστω, δηλαδή, ένα Ε.Σ., το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την επιλογή συστήματος πρωτεύουσας μεταφοράς σε υπόγεια εκμετάλλευση, στην Τράπεζα Γνώσης, του οποίου χρησιμοποιούνται οι εξής κανόνες:

Κανόνας 1. ΕΑΝ η κατάσταση του δαπέδου της οδού μεταφοράς ΕΙΝΑΙ καλή, ΤΟΤΕ χρησιμοποιώ ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ με βεβαιότητα CF=0,99.

Κανόνας 2. ΕΑΝ το μήκος της οδού μεταφοράς ΕΙΝΑΙ μεγάλο, ΤΟΤΕ χρησιμοποιώ ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ με βεβαιότητα CF=0,05.

Υπ' αυτές τις συνθήκες, ο συνδυασμένος συντελεστής βεβαιότητας εφαρμογής συστήματος με ειδικά αυτοκίνητα θα είναι:

$$CCF [\text{ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ} : \text{ΚΑΝΟΝΩΝ } 1, 2] = 0,99 \times 0,05 = 0,0495$$

δηλαδή η βεβαιότητα χρησιμοποίησης ειδικών αυτοκινήτων γίνεται πολύ μικρή.

Αυτός είναι ένας εύκολος, απλός και πολύ κατανοητός τρόπος συμπερασματολογίας, έχει όμως το μειονέκτημα ότι η επιλογή δεν επηρεάζεται το ίδιο από κάθε παράμετρο. Υπάρχουν παράμετροι που επιδρούν αποφασιστικά στην επιλογή του Α ή Β συστήματος μεταφοράς και άλλοι που επιδρούν λιγότερο.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος διατυπώθηκε η σκέψη να χωρισθούν οι παράμετροι που επιδρούν στην επιλογή σε πολύ σημαντικές, λιγότερο σημαντικές κλπ. Με άλλα λόγια, κάθε κανόνας που αφορά παράμετρο Π₁ θα συνοδεύεται και από έναν δεύτερο αριθμό, το συντελεστή βαρύτητας (Σ.Β.), ο οποίος θα υποδηλώνει τη βαρύτητα με την οποία επιδρά η παράμετρος Π₁ στην επιλογή. Η σύνθεση των κανόνων θα γίνεται *αθροιστικά*, αφού προηγουμένως πολλαπλασιαστεί ο συντελεστής βεβαιότητας (CF) με το συντελεστή βαρύτητας (Σ.Β.). Το αποτέλεσμα θα είναι η επιλογή συστήματος μεταφοράς, που θα βασίζεται στους πλέον σημαντικούς κανόνες, με το μεγαλύτερο συντελεστή βεβαιότητας.

5. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ EXTRANSP

Η επιλογή του τρόπου (μεθόδου) εκτέλεσης της πρωτεύουσας μεταφοράς σε υπόγεια εκμετάλλευση είναι διαδικασία αρκετά πολύπλοκη, κατά την οποία παίζουν σημαντικό ρόλο οι «ειδικές» γνώσεις και εμπειρίες του μελετητή. Για την επιλογή αυτή απαιτείται από τον εμπειρογνώμονα να συσχετίσει μεταξύ τους πολλές παραμέτρους, οι οποίες συνήθως δεν χαρακτηρίζονται αριθμητικά (δηλαδή ποσοτικά) αλλά περιγραφικά. Συνεπώς η ανάπτυξη Έμπειρου Συστήματος που θα παρέχει υψηλού επιπέδου συμβουλές ενδείκνυται στο χώρο αυτό.

Για το σκοπό αυτό αναπτύξαμε και παρουσιάζουμε το Ε.Σ. EXTRANSP, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, προκειμένου να παρέχει συμβουλές σχετικά με την επιλογή ενός από τους ακόλουθους τρόπους πρωτεύουσας μεταφοράς⁷:

- Μεταφορά με ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
- ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗ μεταφορά
- Μεταφορά με ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ

Το Ε.Σ. EXTRANSP γράφτηκε με τη γλώσσα TURBO PROLOG ver. 2.0 της εταιρείας BORLAND. «τρέχει» σε προσωπικούς υπολογιστές IBM

ΧΤ/ΑΤ και συμβατούς, κάτω από το λειτουργικό σύστημα MS-DOS 3.2, απαιτείται ελάχιστη μνήμη RAM 640 Kbytes, και η Τράπεζα Γνώσης βασίζεται σε 115 περίπου κανόνες.

Το Ε.Σ. EXTRANSP βασίζεται στις εξής κυρίως παραμέτρους:

- 1) Μήκος της οδού μεταφοράς.
- 2) Μορφή (στην κάτοψη) της οδού μεταφοράς.
- 3) Κλίση της οδού μεταφοράς.
- 4) Κατάσταση του δαπέδου της οδού μεταφοράς.
- 5) Ποσότητα των μεταφερομένων υλικών.
- 6) Κοκκομετρία του μεταλλεύματος.
- 7) Μορφή (τρόπος θραύσης) των τεμαχίων.
- 8) Διαβρωτικές ιδιότητες του υλικού.
- 9) Λειαντικές ιδιότητες του υλικού.
- 10) Προδιάθεση του υλικού να οξειδωθεί.
- 10) Αριθμός θέσεων φόρτωσης.
- 12) Απαίτηση για ευκινησία του συστήματος μεταφοράς.
- 13) Απαίτηση για προσαρμοστικότητα του συστήματος μεταφοράς σε μελλοντικές αλλαγές, χωρίς να χρειάζεται αναθεώρηση της βασικής υποδομής.
- 14) Απαίτηση για συνδυασμό του συστήματος μεταφοράς με κάποιο άλλο σύστημα.
- 15) Εκρηκτικότητα της ατμόσφαιρας του μεταλλείου.
- 16) Στάθμη μορφώσεως και εκπαιδεύσεως του διαθέσιμου προσωπικού.
- 17) Αντίξοες (δυσμενείς) κλιματολογικές συνθήκες.

Οι περισσότερες παράμετροι χαρακτηρίζονται περιγραφικά. Η Τράπεζα Γνώσης του Ε.Σ. περιέχει παραγωγικούς κανόνες, που συνοδεύονται από συντελεστές βεβαιότητας. Καταλήγουμε στο συνδυασμένο συντελεστή βεβαιότητας κάθε τρόπου μεταφοράς, συνθέτοντας τους κανόνες πολλαπλασιαστικά.

Η Μηχανή Εξαγωγής Συμπερασμάτων λειτουργεί με τον εξής τρόπο: Εξετάζει έναν-έναν όλους τους κανόνες που βρίσκονται στην Τράπεζα Γνώσης και ερευνά, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν ισχύει ο συγκεκριμένος κανόνας. Δηλαδή, έστω ότι εξετάζει τον κανόνα:

rule (M, X, Y, CF)

που μεταφράζεται:

«εάν ισχύει ότι η παράμετρος X έχει την τιμή Y, τότε εφαρμόζω τον τρόπο μεταφοράς M με βεβαιότητα CF»,

και ρωτάει εάν ισχύει ότι η παράμετρος X έχει την τιμή Y . Εάν η απάντηση είναι θετική, εισάγει το συντελεστή CF στο συνδυασμένο συντελεστή βεβαιότητας του τρόπου (μεθόδου) M . Εάν η απάντηση είναι αρνητική, αποθηκεύει την τιμή και την παράμετρο, ώστε να μην ρωτήσει και πάλι για την ίδια παράμετρο, και εξετάζει τον επόμενο κανόνα (σχήμα 2).

Οι κυριότερες δυνατότητες του Ε.Σ. EXTRANSP ταυτίζονται με τις δυνατότητες που αξιωματικά επιθυμούμε από οποιοδήποτε Ε.Σ. Είναι δε οι εξής:

α) Η αλλαγή, προσθήκη ή αφαίρεση κανόνων γίνεται γρήγορα, χωρίς να επηρεάζεται η δομή του προγράμματος.

β) Το πρόγραμμα είναι ιδιαίτερα «φιλικό» με το χρήστη, επιπροσθέτως δε δεν απαιτούνται γνώσεις του χρήστη επί θεμάτων προγραμματισμού και χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή.

γ) Το υποσύστημα επαφής με το χρήστη, εκτός της «φιλικότητάς του», είναι και ιδιαίτερα κατανοητό, αφού χρησιμοποιεί την ελληνική γλώσσα ως γλώσσα επικοινωνίας με το χρήστη.

δ) Η επικοινωνία με το χρήστη γίνεται με ερωτήσεις του συστήματος προς αυτόν, ερωτήσεις οι οποίες είναι λίγες, στην προκειμένη περίπτωση 17, όσες δηλαδή και οι υπεισερχόμενες παράμετροι. Ακόμη, χρησιμοποιούνται κατάλογοι (menu) επιλογών.

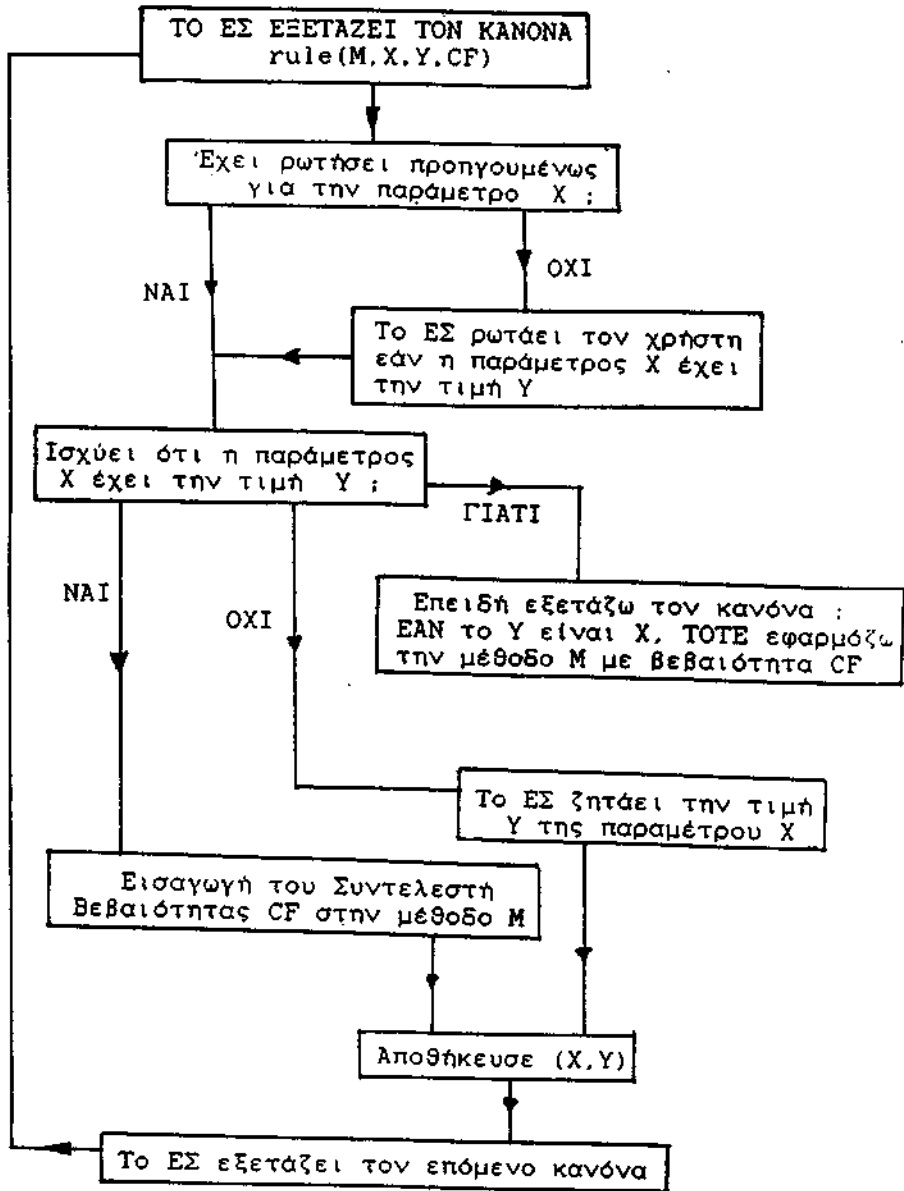
ε) Έχει δοθεί ιδιαίτερο βάρος στην επεξηγηματική δυνατότητα του Έμπειρου Συστήματος. Σε κάθε ερώτηση δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να διαπιστώσει για ποιο λόγο γίνεται η ερώτηση ή να πληροφορηθεί σχετικά με τις τιμές, με τις οποίες χαρακτηρίζεται η συγκεκριμένη παράμετρος, υπάρχει δε και η δυνατότητα επίδειξης των κανόνων που χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση του συντελεστή βεβαιότητας συγκεκριμένου συστήματος μεταφοράς, ώστε ο χρήστης να μπορεί να ελέγχει το αποτέλεσμα ή να πλουτίζει τις γνώσεις του, μελετώντας τους κανόνες του εμπειρογνώμονα.

στ) Το σύστημα δίνει τους συντελεστές βεβαιότητας εφαρμογής ΟΛΩΝ των μεθόδων πρωτεύουσας μεταφοράς και όχι μόνο αυτών με το μεγαλύτερο συντελεστή.

ζ) Οποιαδήποτε περίπτωση μπορεί να αποθηκευθεί σε μαγνητική δισκέτα και να δημιουργηθεί μία «βιβλιοθήκη» με όλες τις γνωστές περιπτώσεις.

η) Η ταχύτητα επεξεργασίας θεωρείται πολύ ικανοποιητική, αφού δεν παρατηρείται καθυστέρηση ή αναμονή κατά τη διάρκεια ροής του προγράμματος.

Το υποσύστημα επαφής με το χρήστη («ανθρώπινο παράθυρο»)



Σχήμα 2. Τρόπος λειτουργίας της Μηχανής Εξαγωγής Συμπερασμάτων κατά την εξέταση των κανόνων της Τράπεζας Γνώσης του Έμπειρου Συστήματος EXTRASP.

εμφανίζει αρχικά, στο monitor του Η/Υ, 3 οθόνες, που κατατοπίζουν το χρήστη για τις δυνατότητες του συγκεκριμένου Ε.Σ.

Στη συνέχεια, εμφανίζεται ο αρχικός κατάλογος επιλογών (οθόνη 1η). Εάν επιθυμούμε να εξετάσουμε κάποια καινούργια περίπτωση, το Ε.Σ. θα ερωτήσει για την τιμή της πρώτης παραμέτρου (οθόνη 2η).

Εάν απαντήσουμε με την επιλογή «ΔΕΝ ΞΕΡΩ», το Ε.Σ. θα μας δείξει τις τιμές που δέχεται η συγκεκριμένη παράμετρος (οθόνη 3η), ενώ εάν απαντήσουμε με την επιλογή «ΓΙΑΤΙ;», θα μας δείξει το συγκεκριμένο κανόνα που εξετάζει (οθόνη 4η). Στη συνέχεια γίνεται ερώτηση για την τιμή της επόμενης παραμέτρου (οθόνη 5η), κλπ.

Έστω ότι εξετάζουμε την υπόγεια μεταφορά σε βωξίτικο κοίτασμα (οθόνη 6η). Το Ε.Σ. EXTRANSP θα δώσει τα αποτελέσματα της οθόνης 7. Από το δεύτερο κατάλογο επιλογής (οθόνη 8η) προβάλλονται οι συγκεκριμένοι κανόνες, στους οποίους βασίστηκε το Ε.Σ. για να δώσει συμβουλές σχετικά με την επιλογή των ειδικών αυτοκινήτων, σιδηροδρόμων και μεταφορικών ταινιών (οθόνες 9, 10, 11 αντίστοιχα).

Το Ε.Σ. EXTRANSP είναι εισαγωγικό και υπάρχουν δυνατότητες για βελτίωση και επέκτασή του και σε άλλα συστήματα μεταφοράς. Επιπροσθέτως, η επεξεργασία των κανόνων της Τράπεζας Γνώσης θα μπορεί να γίνεται με πιο σύνθετο τρόπο.

6. ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΖΟΜΕΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το επίπεδο της ικανότητας ενός Έμπειρου Συστήματος προς εκτέλεση αξιόπιστης εργασίας εξαρτάται από το μέγεθος και την ποιότητα της Τράπεζας Γνώσης την οποία περιέχει.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται κατά την ανάπτυξη ενός Ε.Σ. είναι η μεταφορά της γνώσης και της εμπειρίας του εμπειρογνώμονα στον Η/Υ, σε μορφή που να είναι εύκολα και γρήγορα επεξεργάσιμη. Αρχική προϋπόθεση αποτελεί η ειλικρινής θέληση του εμπειρογνώμονα να επιδώσει την ανάπτυξη Ε.Σ., και έπονται η εξέταση και επίλυση των προβλημάτων που αφορούν τη μεταφορά της γνώσης και εμπειρίας του σε Η/Υ, η εγκατάσταση των ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών (από τις οποίες αποτελείται το μηχανικό μέρος των Ε.Σ.) στις κατά κανόνα αντίξοες συνθήκες των εργοταξίων και το κόστος ανάπτυξης και λειτουργίας τους.

Όπως προαναφέρθηκε, η τεχνική των συντελεστών βεβαιότητας καθιερώνεται ήδη σε πολλά προβλήματα της Μεταλλευτικής, ιδιαίτερα δε σε αυτά που αφορούν επιλογές. Ο συντελεστής βεβαιότητας (CF) είναι ένας αριθμός που περιέχει και την υποκειμενική κρίση του εμπειρογνώμονα (η οποία είναι δυνατόν να έχει επηρεασθεί από ορισμένες

Οθόνες 1-11: Χαρακτηριστικές οθόνες του monitor του Η/Υ, που εμφανίζουν το «ανθρώπινο παράθυρο» του Έμπειρου Συστήματος EXTRANSF.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΑΡΧΙΚΗ ΛΙΣΤΑ ΕΠΙΛΟΓΩΝ -1-

Έχεις τις εξής δυνατότητες :

1. Μπορείς να εξετάσεις περίπτωση που έχει, ήδη, ΑΠΩΘΗΚΕΥΘΕΙ σε δισκέττα
2. Μπορείς να εξετάσεις κάποια καινούργια περίπτωση
3. Μπορείς να επιστρέψεις στο DOS

Διάλεξε μεταξύ 1 - 32

ΟΘΟΝΗ 1

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΓΙΝΕΙ ΟΤΙ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΟ ;

- 1- ΝΑΙ
- 2- ΟΧΙ
- 3- ΔΕΝ ΞΕΡΩ
- 4- ΓΙΑΤΙ ;

ΑΡΣΕ ΕΝΑΝ ΑΡΙΘΜΟ ΑΠΟ 1 ΕΩΣ 4 :3

ΟΘΟΝΗ 2

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ :

- ΜΙΚΡΟ (< 1.5 Km)
- ΜΕΣΑΙΟ (1.5 - 5 Km)
- ΜΕΓΑΛΟ (> 5Km)

ΙΣΧΥΕΙ ΟΤΙ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΟ :

- 1- ΝΑΙ
- 2- ΟΧΙ
- 3- ΔΕΝ ΞΕΡΩ
- 4- ΓΙΑΤΙ :

ΑΣΣΕ ΕΝΑΝ ΑΡΙΘΜΟ ΑΠΟ 1 ΕΩΣ 4 :4

ΟΘΟΝΗ 3

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΕΠΙΒΛΗ ΒΕΒΑΙΩΣ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΑ :

ΕΑΝ

ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΟ

ΤΟΤΕ

ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕ ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
ΜΕ ΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ $cf=0.99$

ΙΣΧΥΕΙ ΟΤΙ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΟ :

- 1- ΝΑΙ
- 2- ΟΧΙ
- 3- ΔΕΝ ΞΕΡΩ
- 4- ΓΙΑΤΙ :

ΑΣΣΕ ΕΝΑΝ ΑΡΙΘΜΟ ΑΠΟ 1 ΕΩΣ 4 :1

ΟΘΟΝΗ 4

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΙΣΧΥΕΙ ΟΤΙ Η ΜΟΡΦΗ (ΣΤΗΝ ΚΑΤΟΥΗ) ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΝΑΙ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ :

- 1- ΝΑΙ
- 2- ΟΧΙ
- 3- ΔΕΝ ΞΕΡΩ
- 4- ΓΙΑΤΙ :

ΑΡΧΙΣΤΕ ΕΝΑΝ ΑΡΙΘΜΟ ΑΠΟ 1 ΕΩΣ 4 :

ΟΘΟΝΗ 5

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Η επιλογή βασίστηκε στα εξής χαρακτηριστικά :

- ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΟ .
- Η ΜΟΡΦΗ (ΣΤΗΝ ΚΑΤΟΥΗ) ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΝΑΙ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ
- Η ΚΑΙΣΗ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΗ .
- Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ ΕΙΝΑΙ ΚΛΑΝ .
- Η ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΗ .
- Η ΚΟΚΚΩΜΕΤΡΙΑ ΕΙΝΑΙ ΧΟΝΔΡΗ .
- Η ΜΟΡΦΗ ΤΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΕΙΝΑΙ ΣΦΑΙΡΙΚΗ .
- ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΕΙΝΑΙ ΟΧΙ ΔΙΑΒΡΕΤΙΜΟ .
- ΤΟ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ ΕΙΝΑΙ ΟΧΙ ΔΙΑΤΜΗΤΟ .
- Η ΟΞΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΕΙΝΑΙ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗ .
- ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΕΙΝΑΙ ΑΙΓΕΣ .
- Η ΕΥΚΙΝΗΣΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΝΑΙ ΛΙΓΩΤΕΡΟ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ .
- Η ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΜΕΤΡΙΑ .
- ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΝΑΙ ΑΜΕΣΑΡΤΗΤΟ ΑΠΟ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΆΛΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .
- Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ ΕΙΝΑΙ ΔΑΡΑΝΗΣ .
- Η ΣΤΑΘΜΗ ΜΟΡΦΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ ΤΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΕΙΝΑΙ ΜΕΤΡΙΑ .
- ΟΙ ΚΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΙΝΑΙ ΤΕΤΟΙΕΣ ΩΣΤΕ ΝΑ ΓΙΝΕΤΑΙ ΚΑΝΟΝΙΚΑ Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ

ΟΘΟΝΗ 6

Πάτα ένα πλήκτρο για να συνεχίσεις

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ :

Ο Συνδυασμένος Συντελεστής Βεβαιότητας της μεθόδου μεταφοράς με
ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ είναι : 0.46137234721

Ο Συνδυασμένος Συντελεστής Βεβαιότητας της μεθόδου μεταφοράς με
ΣΙΑΝΘΡΑΚΟΜΟΥΣ είναι : 0.0484704

Ο Συνδυασμένος Συντελεστής Βεβαιότητας της μεθόδου μεταφοράς με
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ είναι : 0.0316008

Εφαρμόσε τη μέθοδο με το μεγαλύτερο Συνδυασμένο Συντελεστή Βεβαιότητας

ΘΒΟΝΗ 7

Πάτα ένα πλήκτρο για να συνεχίσεις

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΛΙΣΤΑ ΕΠΙΛΟΓΩΝ -2-

Έχεις τρεις εξής δυνατότητες :

1. Μπορείς να ΑΒΘΗΚΕΥΣΕΙΣ τη συγκεκριμένη περίπτωση με τα αποτελέσματα
2. Μπορείς να δεις αναλυτικά τους κανόνες συμπερασματολογίας
3. Μπορείς να επιστρέψεις στην ΑΡΧΙΚΗ ΛΙΣΤΑ ΕΠΙΛΟΓΩΝ

Διάλεξε μεταξύ 1 - 32

ΘΒΟΝΗ 8

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΤΕΥΟΥΣΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΕΑΝ Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ είναι ΧΑΛΗ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ με βεβαιότητα cf=0.
 99

ΕΑΝ Η ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ είναι ΜΙΚΡΗ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ με βεβαιότητα cf=0.
 99

ΕΑΝ Η ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ είναι ΥΟΔΡΗ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ με βεβαιότητα cf=0.
 99

ΕΑΝ Η ΘΕΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ είναι ΕΠΙΤΡΕΠΤΗ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ με βεβαιότητα cf=0.
 99

ΕΑΝ Η ΑΥΘΟΣΦΑΙΡΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ είναι ΛΑΡΑΝΗΣ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ με βεβαιότητα cf=0.
 99

ΕΑΝ Η ΣΤΑΘΗΝ ΜΟΡΦΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ ΤΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ είναι ΜΕΤΡΙΑ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ με βεβαιότητα cf=0.
 5

ΕΑΝ ΟΙ ΚΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ είναι ΤΕΤΟΙΕΣ ΩΣΤΕ ΝΑ ΓΙΝΕΤΑΙ ΚΑΝΟΝΙΚΑ Η ΜΕΤΑΦΟ
 ΡΑ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΕΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ με βεβαιότητα cf=0.
 99

Θέλεις εξήγηση και για κάποια άλλη μέθοδο μεταφοράς (N/O) ; Ν

ΟΘΟΝΗ 9

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΤΕΥΟΥΣΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Για την επιλογή της μεθόδου μεταφοράς με ΣΙΑΗΡΟΔΡΟΜΟΥΣ.
 βασίζομαι στους εξής κανόνες :

ΕΑΝ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ είναι ΜΙΚΡΟ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΣΙΑΗΡΟΔΡΟΜΟΥΣ με βεβαιότητα cf=0.2

ΕΑΝ Η ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ είναι ΥΟΔΡΗ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΣΙΑΗΡΟΔΡΟΜΟΥΣ με βεβαιότητα cf=0.85

ΕΑΝ Η ΕΥΚΙΝΗΣΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ είναι ΛΙΓΥΤΕΡΟ ΑΝΑΡΤΗΤΗ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΣΙΑΗΡΟΔΡΟΜΟΥΣ με βεβαιότητα cf=0.6

ΕΑΝ Η ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ είναι ΜΕΤΡΙΑ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΣΙΑΗΡΟΔΡΟΜΟΥΣ με βεβαιότητα cf=0.8

ΕΑΝ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ είναι ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟ ΑΠΟ ΣΥΝΑΥΛΕΣΜΟ ΜΕ ΑΛΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΣΙΑΗΡΟΔΡΟΜΟΥΣ με βεβαιότητα cf=0.99

ΕΑΝ Η ΣΤΑΘΗΝ ΜΟΡΦΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ ΤΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ είναι ΜΕΤΡΙΑ
 ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΣΙΑΗΡΟΔΡΟΜΟΥΣ με βεβαιότητα cf=0.6

Θέλεις εξήγηση και για κάποια άλλη μέθοδο μεταφοράς (N/O) ; Ν

ΟΘΟΝΗ 10

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Για την επιλογή της μεθόδου μεταφοράς με ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ
 βασίζομαι στους εξής κανόνες :

ΕΑΝ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ είναι ΜΙΚΡΟ

ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ με βεβαιότητα cf=0.7

ΕΑΝ Η ΚΑΙΣΗ είναι ΜΙΚΡΗ

ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ με βεβαιότητα cf=0.99

ΕΑΝ Η ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ είναι ΙΣΟΑΡΗ

ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ με βεβαιότητα cf=0.2

ΕΑΝ Η ΕΥΚΙΝΗΣΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ είναι ΑΙΓΩΤΕΡΟ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ

ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ με βεβαιότητα cf=0.4

ΕΑΝ Η ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ είναι ΜΕΤΡΙΑ

ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ με βεβαιότητα cf=0.6

ΕΑΝ Η ΣΤΑΘΜΗ ΜΟΡΦΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ ΤΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ είναι ΜΕΤΡΙΑ

ΤΟΤΕ εφαρμόζω τη μέθοδο μεταφοράς με ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ με βεβαιότητα cf=0.95

Θέλεις εξήγηση και για κάποια άλλη μέθοδο μεταφοράς (N/O) : 0

ΟΘΟΝΗ 11

ειδικές συνθήκες), και φυσικά μπορεί να αμφισβητείται από άλλους εμπειρογνώμονες. Για να είναι, λοιπόν, οι αριθμοί αυτοί όσο το δυνατόν περισσότερο αποδεκτοί από μια ομάδα εμπειρογνομώνων, θα πρέπει να προκύπτουν ως αποτέλεσμα συλλογικής συζήτησης μεταξύ τους, εφόσον φυσικά τούτο είναι εφικτό.

Μία σημαντική παραλλαγή, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί όχι μόνο στο EXTRANSP αλλά και σε άλλα Ε.Σ., είναι οι συντελεστές βεβαιότητας να εξάγονται ως αποτέλεσμα στατιστικής επεξεργασίας (δηλαδή καμπυλών κατανομής) χαρακτηριστικών περιπτώσεων τρόπων (μεθόδων) μεταφοράς, που εφαρμόζονται στην Ελλάδα ή και σε όλο τον κόσμο, σε συνδυασμό πάντοτε με την ανθρώπινη κρίση του εμπειρογνώμονα.

Η εξέλιξη του Η/Υ έκανε δυνατή την ανάπτυξη των Ε.Σ. και σε προσωπικούς υπολογιστές (π.χ. IBM XT/AT), πράγμα που είχε ως αποτέλεσμα τη μεγάλη μείωση του κόστους που αφορά το μηχανικό τμήμα (hardware) των Ε.Σ. Παραμένει βέβαια η δαπάνη για την αποζημίωση του εμπειρογνώμονα και του προγραμματιστή-αναλυτή (στα Ε.Σ. ονομάζεται μηχανικός γνώσης), ο οποίος θα αναπτύξει το λογισμικό τμήμα (software) του Ε.Σ. Βέβαια, υπάρχουν έτοιμα προγράμματα-εργαλεία, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει ο εμπειρογνώμονας και, χωρίς να έχει γνώσεις προγραμματισμού Η/Υ, να αναπτύξει στην αρχή την Τράπεζα Γνώσης και, στη συνέχεια, ολόκληρο το Ε.Σ.

Προσοχή πρέπει να δοθεί κατά την εγκατάσταση των ευαίσθητων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων του μηχανικού μέρους των Ε.Σ. στις αντίξοες συνθήκες των εργοταξίων. Τα υπαίθρια και υπόγεια εργοτάξια, δεν ενδείκνυνται για εγκατάσταση ηλεκτρονικών συστημάτων, αφού υπάρχουν κονιορτοί, υγρασία, κραδασμοί, μηχανικές κρούσεις κ.ά., συνθήκες δηλαδή που κάνουν προβληματική την επιδιωκόμενη άψογη λειτουργία του εν λόγω εξοπλισμού.

Τέλος, αμφισβητείται η σκοπιμότητα ανάπτυξης Ε.Σ. σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν διαθέσιμοι εμπειρογνώμονες ή όπου τα δεδομένα είναι καθορισμένα και βέβαια, οι διάφορες λειτουργίες εξελίσσονται ομαλά και τα αντιμετωπιζόμενα προβλήματα περιγράφονται και επιλύονται από σταθερά ορισμένες συναρτήσεις.

7. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΕΜΠΕΙΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι την τελευταία δεκαετία εμφανίζεται μία «κατασκευαστική έκρηξη» Εμπειρών Συστημάτων, σε έκταση που δεν θα μπορούσε να προβλεφθεί ούτε και από τους πιο ένθερμους υποστηρικτές της νέας τεχνολογίας.

Δημιουργήθηκε πλήθος Ε.Σ. σε πολλούς τομείς, όπως π.χ. στην Ιατρική, με σκοπό τη διάγνωση ασθενειών και τον καθορισμό κατάλλη-

λης θεραπείας, στη Γεωλογία, για τον εντοπισμό μεταλλευτικών κοιτασμάτων, στη Μοριακή Βιολογία, για τη δημιουργία και τον έλεγχο νέων φαρμάκων, και στην Άμυνα, με την ανάπτυξη Ε.Σ. για στρατιωτικές εφαρμογές. Ακόμα, κατασκευάστηκαν πολλά Ε.Σ. με σκοπό την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών, όπως π.χ. την κατασκευή μηχανών αεροσκαφών, αυτοκινήτων και σιδηροδρόμων, τη διάγνωση μηχανολογικών βλαβών και τον έλεγχο της καλής λειτουργίας του εξοπλισμού, την αντιμετώπιση παρανόμων ενεργειών ή ακόμα και για τη δημιουργία μουσικής.

Τα πρώτα θετικά αποτελέσματα εφαρμογής Ε.Σ. στο χώρο της Μεταλλευτικής εμφανίστηκαν στον Τομέα της Μεταλλευτικής Έρευνας (mineral exploration) και της συντήρησης μηχανολογικού εξοπλισμού (mining machinery maintenance). Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζεται και για εφαρμογές σε τομείς της εξόρυξης και επεξεργασίας των ορυκτών πρώτων υλών, στο σχεδιασμό της παραγωγής, στην παρακολούθηση και τον έλεγχο του μηχανολογικού εξοπλισμού και στην ερμηνεία ορισμένων στοιχείων και παρατηρήσεων (π.χ. των εν γένει στοιχείων που προκύπτουν από τις γεωτρήσεις). Αποτελεί πλέον βεβαιότητα ότι οι εφαρμογές των Ε.Σ. θα αυξηθούν τα επόμενα χρόνια, αφού η επιστήμη της Μεταλλευτικής προσφέρει πληθώρα περιοχών που ευνοούν την ανάπτυξη των εν λόγω συστημάτων.

Η «κατασκευαστική έκρηξη», που προαναφέρθηκε, οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους. Ο πρώτος αφορά την εξέλιξη της μικροηλεκτρονικής και τη δημιουργία προσιτών από πλευράς τιμής προσωπικών Η/Υ (personal computers), που έδωσε τη δυνατότητα σε πολλούς ενδιαφερομένους να αναπτύξουν εύκολα και με σχετικά μικρό κόστος Ε.Σ. Ο δεύτερος λόγος είναι η συνειδητοποίηση από μέρους του βιομηχανικού κόσμου της αξίας των Ε.Σ. και των δυνατοτήτων που προσφέρει η εφαρμογή τους, γεγονός που οφείλεται κυρίως στη συνεχή και επιτυχή παρουσία τους στην παραγωγική διαδικασία.

Η ραγδαία εξέλιξη των εν λόγω συστημάτων δικαιολογεί την άποψη ότι στο μέλλον τα Ε.Σ. θα κυριαρχήσουν όχι μόνο στους κυριότερους τομείς της βιομηχανίας και της παραγωγής, αλλά και στις καθημερινές επαφές και δραστηριότητες των απλών ανθρώπων. Ειδικότερα, η εξέλιξη και άλλων κλάδων της Τεχνητής Νοημοσύνης (T.N.), εκτός των Ε.Σ., όπως είναι η αίσθηση (όραση, ακοή) και η κατανόηση της φυσικής γλώσσας, πιστεύεται ότι θα συμβάλουν στη δημιουργία «ανθρωποειδών-ρομπότ», όμοιων με αυτά που είχε οραματιστεί ο σκηνοθέτης George Lucas στις ταινίες του επιστημονικής φαντασίας και τα οποία θα έχουν στόχο να υπηρετούν και να συμβουλεύουν τον άνθρωπο σε πολλές δραστηριότητές του.

Ιδιαίτερη όμως προσοχή πρέπει να δοθεί, ώστε να αποφευχθεί ο

ορατός κίνδυνος μιας μελλοντικής υποκατάστασης του ανθρώπου από μηχανές, πράγμα που θα έχει ως συνέπεια να περάσουμε από την εποχή της «πολιτισμικής κυριαρχίας του ανθρώπου» στην εποχή της «καταπίεσής του από την κυριαρχία των μηχανών». Είναι επιτακτική ανάγκη να επικεντρωθεί κατ' αρχήν η προσπάθεια ανάπτυξης μηχανικών υποκατάστατων του ανθρώπου σε χώρους όπου πραγματικά χρειάζονται, δηλαδή σε εργασίες που είναι χειρωνακτικές, επικίνδυνες, ή σε εργασίες που είναι μονότονες και κουραστικές.

8. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΕΜΠΕΙΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ

Από μερικών ετών η περιγραφείσα νέα τεχνολογία δεν περιορίζεται μόνο στα Πανεπιστήμια και τα ερευνητικά κέντρα αλλά έχει πλέον εισέλθει σε χώρους της μεταλλευτικής βιομηχανίας, οι οποίοι προσφέρονται για την ανάπτυξη πολλών και διαφορετικών Ε.Σ., προς αντιμετώπιση ποικίλων προβλημάτων που εμφανίζονται στις υπόγειες ή υπαίθριες μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις. Τα προβλήματα αυτά αφορούν κυρίως τη λήψη γρήγορων αποφάσεων και την επιλογή μεταξύ διαφόρων εναλλακτικών λύσεων, η δε επίλυσή τους είναι μία «τέχνη» που απαιτεί, εκτός από επιστημονική κατάρτιση, και πολύχρονη εμπειρία.

Όπως είναι γνωστό, κατά τη μεταλλευτική διαδικασία είναι δυνατό να εμφανιστούν ή να δημιουργηθούν ανασφαλείς συνθήκες – κυρίως στις υπόγειες εκμεταλλεύσεις –, οι οποίες ενδεχομένως να οδηγήσουν σε επικίνδυνα περιστατικά (εκρήξεις αερίων και κονιορτών, πτώσεις οροφής, εισροή νερών, πυρκαγιές, κλπ.). Προς αποφυγή των κινδύνων αυτών επιβάλλεται η αυτοματοποίηση των πλέον επικίνδυνων φάσεων εργασίας, η οποία θα οδηγήσει στην ελαχιστοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού που εμπλέκεται σ' αυτές.

Απώτερος στόχος, βέβαια, και ταυτόχρονα κύριος στόχος όλων όσοι οραματίζονται και σχεδιάζουν την αυριανή μεταλλευτική κοινωνία είναι η δημιουργία ενός πλήρως αυτοματοποιημένου εργοταξίου ή, όπως συνήθως ονομάζεται, ενός «μεταλλείου-ρομπότ». Πρώτο βήμα για την ικανοποίηση αυτού του στόχου είναι η κατασκευή μηχανολογικού εξοπλισμού, ικανού να «αποφασίζει αυτόματα», δηλαδή μηχανολογικού εξοπλισμού, ο οποίος θα κατευθύνεται από κεντρικό σύστημα Η/Υ και θα έχει τη δυνατότητα αυτοελέγχου και εκτέλεσης των διαφόρων φάσεων εργασίας, με απουσία άμεσης ανθρώπινης παρέμβασης. Χωρίς τη βοήθεια των Ε.Σ. η ανάπτυξη παρόμοιου μηχανολογικού εξοπλισμού θα παραμείνει όνειρο, κυρίως εξαιτίας της ιδιομορφίας των συνθηκών εργασίας που επικρατούν σε ένα υπόγειο ή υπαίθριο μεταλλείο. Υπ' αυτές τις συνθήκες η παραγωγική διαδικασία είναι ενδεχόμενο να εκφύγει του ανθρώπινου ελέγχου και συνεπώς απαιτείται η ύπαρξη ενός

Ε.Σ., που θα είναι σε θέση να ελέγχει το μηχανολογικό εξοπλισμό και να αντιμετωπίζει έκτακτες ή απρόβλεπτες καταστάσεις, οι οποίες εξέρχονται του πλαισίου της συνηθισμένης παραγωγικής διαδικασίας.

Συμπερασματικά, οι προοπτικές που εμφανίζονται για την εφαρμογή των Ε.Σ. στη μεταλλευτική βιομηχανία είναι ευρύτατες. Απαιτείται όμως συνεργασία των Πανεπιστημίων και των ερευνητικών κέντρων με τη μεταλλευτική βιομηχανία –και γενικότερα την παραγωγή–, πράγμα που έχει αμεληθεί στην Ελλάδα.

Τα Ε.Σ. μπορεί μεν να αναπτύσσονται κυρίως στα Πανεπιστήμια και τα ερευνητικά κέντρα, βασίζονται όμως σε γνώσεις και εμπειρίες που πηγάζουν από τους χώρους της παραγωγής και της βιομηχανίας, προς τις οποίες άλλωστε και απευθύνονται. Ίσως, λοιπόν, το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε, σε σχέση με την επιτυχή εφαρμογή των Ε.Σ. στη μεταλλευτική βιομηχανία, δεν είναι ούτε η εύρεση κατάλληλης τεχνικής λειτουργίας της μηχανής εξαγωγής συμπερασμάτων των Ε.Σ., ούτε το κόστος κατασκευής τους, ούτε βέβαια και η συνειδητοποίηση –από μέρους της βιομηχανικής κοινωνίας– της αξίας των Ε.Σ., αφού αυτή θα έρθει σταδιακά, έπειτα από δοκιμασμένες εφαρμογές. Το μεγαλύτερο πρόβλημα προκύπτει από την τυχόν ύπαρξη ενός χάσματος μεταξύ Πανεπιστημίων και παραγωγής, πράγμα το οποίο συμβαίνει δυστυχώς σε μεγάλο βαθμό στην Ελλάδα¹². Όλες οι καινούργιες ιδέες, που αναπτύσσονται στα Πανεπιστήμια, θα παραμένουν απλώς «ιδέες», εάν δεν θα εφαρμόζονται στην πράξη και δεν θα βελτιώνονται εξελικτικά. Προφανώς, μια καλύτερη προσέγγιση και στενή συνεργασία μεταξύ των Πανεπιστημίων και της μεταλλευτικής βιομηχανίας θα προσφέρει σημαντικά οφέλη και στις δύο πλευρές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bhandopadhyay S. and Venkatasubramanian P. (1987), «Expert systems as decision aid in surface mine equipment selection», *International Journal of Surface Mining*, vol. 1, pp. 159-165.
2. Borland (1988a), «Turbo Prolog 2.0 User's Guide».
3. Borland (1988b), «Turbo Prolog 2.0 Reference Guide».
4. Cummins B.A. and Given I.A. (1973), «SME Mining Engineering Handbook», *AIME*, Volume I, pp. 14.1-14.51.
5. Duda R.O. and Gasching I.G. (1981), «Knowledge Based Expert Systems Come of Age», *Byte*, Sept., pp. 238-281.
6. Fytas K., Collins J.L., Calibois A. and Singhal R. (1987), «Potential Applications of Knowledge Based Systems in Mining», *87th AGM of CIM*, Toronto, May, Paper No 202.
7. Κοντοθανάσης Θ.Π. (1989), «Τα Έμπειρα Συστήματα και οι εφαρμογές τους στη Μεταλλευτική», Διπλωματική εργασία, Τομέας Μεταλλευτικής ΕΜΠ.

8. Laflamme M. and Collins J.L. (1988), «Multiple Regression Analysis vs Expert System for the Study of the Relationship between Underground Mine Productivity and Other Significant Variables such as Bonus», 90th AGM of CIM, Endmont, May.
9. Linden E. (1988), «Putting Knowledge to Work», *Time*, March 28, pp. 34-37.
10. Ξανθάκης Σ. (1988), «Η Γλώσσα PROLOG», *Περισκόπιο της Επιστήμης*, Μάρτιος, σσ. 107-108, Απρίλιος, σσ. 106-108, Μάιος, σσ. 105-107, Ιούλ.-Αύγ., σσ. 74-76, Σεπτ., σσ. 71-73, Οκτ., σσ. 75-77, Νοέμβ., σσ. 74-77, Ιανουάριος 1989, σσ. 74-76, Φεβρουάριος 1989, σσ. 76-77.
11. Οικονομόπουλος Ι.Ν. (1985), *Εκμετάλλευσις μεταλλείων: Μεταφορά - Ανέλικυσις*, ΕΜΠ.
12. Οικονομόπουλος Ι.Ν. (1988), «Να συνδεθούν τα Πανεπιστήμια με τη βιομηχανία», *εφημερίδα Απογευματινή*, 5.11.89.
13. Παναγιωτόπουλος Ι.Χ. (1988), *Τεχνητή νοημοσύνη, Έμπειρα Συστήματα, Αυτόματα Συστήματα απόφασης*, Εκδόσεις Σταμούλης.
14. Παναγιώτου Γ.Ν. (1989), «Τεχνητή Νοημοσύνη, Έμπειρα Συστήματα. Εφαρμογές στη Μεταλλευτική», *Μεταλλειολογικά - Μεταλλουργικά Χρονικά*, Ιαν.-Φεβρ.-Μάρ., σσ. 49-59.
15. Παυλόπουλος Π. (1989), «Experts Systems», *Ram*, Φεβρουάριος, σσ. 70-73.
16. Rich E. (1984), *Artificial Intelligence*, McGraw-Hill.
17. Τζαφέστας Σ. (1988), *Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη και τα Έμπειρα Συστήματα*, ΕΜΠ.
18. Τζαφέστας Σ. (1987), «Ευφυή Ρομπότ και Έμπειρα Συστήματα», *Τεχνικά Χρονικά*, Απρ.-Μάιος-Ιούνιος, σσ. 21-40.
19. Urung Ia (1989b), «Οι μηχανές της Ευφυΐας μας», *Ram*, Φεβρουάριος, σσ. 62-65.