

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΕΩΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΙΣ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Από
Χ. Φαλτσέτα¹

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δύο σκοπούς: α) για την καταχώρηση και οργάνωση μεγάλου πλήθους πληροφοριών (data storage) και β) για την επεξεργασία, με μαθηματικές μεθόδους, διαφόρων παρατηρήσεων ή μετρήσεων (data processing). Και στις δύο περιπτώσεις η συμβολή τους στις Γεωεπιστήμες έχει αποδειχθεί μέχρι σήμερα πολύ μεγάλη. Συγκεκριμένα η Διαχείριση Πληροφοριών με Η/Υ (Management Information System) έχει αναπτυχθεί τόσο, ώστε έχουν επινοηθεί και χρησιμοποιούνται πακέττα προγραμμάτων Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Data Base Management System, DBMS) αποκλειστικά για γεωλογικούς σκοπούς, όπως για παράδειγμα το σύστημα G-EXEC του I.G.S. της Αγγλίας. Σε όλες τις προηγμένες χώρες έχουν δημιουργηθεί Βάσεις Δεδομένων (Data Bases) ή Τράπεζες Πληροφοριών (Data Bank) σε εθνική βάση για θέματα Ορυκτού Πλούτου ή άλλων γεωλογικών χαρακτηριστικών, ενώ αναπτύσσεται και η δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών, μέσω Η/Υ μεταξύ διαφόρων χωρών. Η ίδια πρόοδος έχει σημειωθεί και στην επεξεργασία με την καθιέρωση του κλάδου των Γεωμαθηματικών, που ήδη έχει περιληφθεί στη βασική εκπαίδευση των νέων Γεωλόγων στις περισσότερες χώρες.

Στην χώρα μας αργήσαμε πολύ ν' ακολουθήσουμε αυτή τη γενική εξέλιξη. Ενώ στον τομέα της επεξεργασίας φαίνεται ότι τα τελευταία χρόνια έχει αναγνωρισθεί η αξία του Η/Υ και χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο, δεν συμβαίνει το ίδιο και στη Διαχείριση Πληροφοριών, όπου βρισκόμαστε, σχεδόν, στην αρχή ακόμα. Το I.G.M.E. άρχισε να εργάζεται στον τομέα αυτό από τα μέσα του 1982, όταν τέθηκε σε λειτουργία ο Η/Υ του. Οι στόχοι που έχουν τεθεί από τη Διοίκηση αναφέρονται κυρίως στη δημιουργία μιας Τράπεζας Πληροφοριών του Ορυκτού Πλούτου της χώρας, η οποία θα συμβάλλει στην ορθολογικότερη χάραξη των ερευνητικών προγραμμάτων. Μέχρι σήμερα έχουν γίνει κάποια σημαντικά βήματα προς αυτή τη κατεύθυνση, αλλά πολλά ακόμα έχουν προγραμματισθεί και πρέπει να γίνουν. Στην

1. I.G.M.E.

προσπάθεια μας αυτή κρίνεται απαραίτητη η συνεργασία με προηγμένα ερευνητικά ιδρύματα, που έχουν να μας προσφέρουν ανεκτίμητη εμπειρία σ' αυτούς τους τομείς.

Τέλος, πιστεύουμε, ότι επιτακτική είναι η ανάγκη της εισαγωγής στο πρόγραμμα σπουδών των Γεωλόγων στα Πανεπιστήμια, των μαθημάτων των Γεωμαθηματικών και Πληροφορικής. Η ύλη αυτών των μαθημάτων πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά ώστε να περιλαμβάνει τις ειδικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται στις Γεωεπιστήμες, καθώς επίσης και πλήθος συγκεκριμένων εφαρμογών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εισήγηση αυτή θα επιχειρηθεί μία συνοπτική περιγραφή του ρόλου που παίζουν ή μπορούν στο μέλλον να παίζουν οι Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και οι γύρω απ' αυτούς επιστημονικοί τομείς, στις γεωεπιστήμες. Πιο συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στο πόσο και πως χρησιμοποιούνται οι πρόοδοι της Πληροφορικής από τους γεωλόγους διεθνώς, τι έχει γίνει μέχρι σήμερα στη χώρα μας στον τομέα αυτό και τι, κατά τη γνώμη μας, πρέπει να γίνει στο μέλλον ώστε να εκμεταλλευτούμε τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν. Ευνόητο είναι ότι σκοπός της εισήγησης είναι να αποτελέσει το ερέθισμα για δραστηριοποίηση προς κάποια κατεύθυνση και όχι να εξαντλήσει ένα τόσο μεγάλο θέμα, κάτι που θα απαιτούσε πολύ χρόνο.

Όπως είναι γνωστό σ' όλους μας «ο πειραματισμός» σαν επιστημονική μέθοδος, που αποτελεί το σημαντικότερο εργαλείο για πολλούς κλάδους, στη Γεωλογία σε πολύ λίγες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η επαύξηση των γνώσεών μας για γεωλογικά φαινόμενα και συνεπώς η πρόοδος της επιστήμης βασίζεται, κυρίως, στη συλλογή όσο το δυνατό περισσότερων παρατηρήσεων (κυρίως υπαίθρου) και στη μεθοδολογία ερμηνείας τους.

Στην συλλογή των παρατηρήσεων, που αποτελούν τις «πρωτογενείς πληροφορίες» επιδρούν οι δυνατότητες που έχουμε, από τεχνικής άποψης και που είναι ο εργαστηριακός εξοπλισμός, τα επιστημονικά όργανα υπαίθρου, γεωτρύπανα κλπ. Η αξιοποίηση, όμως, αυτών των παρατηρήσεων συνδέεται με μέσα και μεθόδους που να εξασφαλίζουν ότι όλη η περιεχόμενη σ' αυτές χρήσιμη πληροφορία χρησιμοποιείται. Εδώ ακριβώς τοποθετείται και η συμβολή της Πληροφορικής και συνεπώς της χρήσης Ηλεκτρονικού Υπολογιστή στις Γεωεπιστήμες.

2. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Ο όρος Πληροφορική αναφέρεται, σε πολύ γενικές γραμμές, στη «διαχείριση πληροφοριών» (managment information) που περιλαμβάνει την αρχειοθέτησή τους και τις δυνατότητες επεξεργασίας τους, με τη βοήθεια πάντοτε των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών.

Στην αρχή οι Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές ξεκίνησαν σαν μηχανές για γρήγορη εκτέλεση «αριθμητικών ή λογικών πράξεων» γρήγορα όμως φάνηκαν οι δυνατότητές τους στην καταχώρηση (αρχειοθέτηση) μεγάλου πλήθους πληροφοριών.

Ο χειρισμός, όμως, πληροφοριών καλύπτει, όπως είπαμε παραπάνω, το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου των γεωλόγων. Είναι πολύ σημαντικό να καταλάβουμε όλοι ότι οι πληροφορίες αυτές είναι κάτι που αξίζει να μελετηθεί όσο και η ίδια η επιστή-

μη. Αυτό ενισχύεται και από το γεγονός ότι τα ερευνητικά προγράμματα συνήθως απαιτούν μεγάλες δαπάνες, προκειμένου να ανεβάσουμε πολύ λίγο το επίπεδο γνώσεών μας. Η μελέτη των πληροφοριών που προκύπτουν από την έρευνα ενός κοιτάσματος είναι το ίδιο σημαντική όσο και η μελέτη αυτού του ίδιου του κοιτάσματος. Αποτελεί παράλειψη, τουλάχιστον κατά τη γνώμη μας, το γεγονός ότι μέχρι σήμερα οι γεωλόγοι σ' όλο τον κόσμο δεν εκμεταλλεύτηκαν κάποιες νέες θεωρήσεις που περιέχονται στη «θεωρία των πληροφοριών» (Information Theory), ένα κλάδο που αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια. Θα ήταν, ενδεχομένως, δυνατό οι έννοιες «πληροφορία», «επαύξηση επιπέδου πληροφοριών», «απαιτούμενη δαπάνη για πληροφόρηση» να έπαιρναν μια πιο συγκεκριμένη μορφή που θα βοηθούσε πολύ στην αριστοποίηση των ερευνητικών προγραμμάτων. Αυτά, όμως, δεν είναι θέματα που έχουν άμεση σχέση με τη χρήση Η/Υ αν και η ανάπτυξή τους προκλήθηκε απ' αυτόν.

Με βάση το σκεπτικό ότι η γνώση των γεωλογικών φαινομένων προωθείται από τη συλλογή όσο το δυνατόν περισσότερων παρατηρήσεων, φανερό είναι ότι έχει μεγάλη σημασία ο αποτελεσματικός έλεγχός τους.

Η **άριστη** χρησιμοποίησή τους προϋποθέτει την **άριστη** οργάνωση και ταξινόμησή τους, που επιτυγχάνεται τελικά μόνο με τη χρησιμοποίηση Η/Υ. Μερικοί έμπειροι Κοιτασματολόγοι ισχυρίζονται, και έχει αποδειχθεί σε αρκετές περιπτώσεις, ότι μερικά από τα κοιτάσματα που πρόκειται να βρεθούν στο μέλλον υπάρχουν κάπου κρυμμένα στις σημερινές μας πληροφορίες (information shadows), που όμως είναι κακώς οργανωμένες και συνεπώς δεν μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των Γεωεπιστημών είναι κάποια στατιστική φύση των περισσότερων ερμηνειών που δίνουμε στις παρατηρήσεις που διαθέτουμε κάθε φορά. Αυτή η στατιστική φύση, που υπάρχει σχεδόν πάντοτε παρ' όλο που δεν την εκφράζουμε πολλές φορές, προέρχεται από το γεγονός ότι με περιορισμένα δεδομένα προσπαθούμε να περιγράψουμε γενικά φαινόμενα. Η χρήση των Η/Υ εδώ βοηθά στη χρησιμοποίηση στατιστικών μεθόδων που θα ήταν αδύνατο να εφαρμοστούν με το χέρι.

Είναι αλήθεια ότι στην αρχή που χρησιμοποιήθηκαν οι Η/Υ σε γεωλογικά θέματα, ίσως ακόμα και σήμερα, εκφράστηκαν κάποιες επιφυλάξεις και φόβοι. Η σημαντικότερη απ' αυτές είναι ότι η εισοδος γεωλογικών παρατηρήσεων σε Η/Υ (computerization of data) περιορίζει την δυνατότητα ελεύθερης έκφρασης. Αναγκάζοντας τον γεωλόγο να γράφει τις παρατηρήσεις του σε κάποιους περιορισμένους χώρους και να χρησιμοποιεί μόνο όρους από κάποιο ορισμένο κατάλογο, πράγματι περιορίζεται η εκφραστικότητα που έχουν οι ανθρώπινες γλώσσες. Ωστόσο, απ' ενός μεν έχει εξελιχθεί πολύ και η «**εκφραστικότητα**» των Η/Υ ώστε να μπορούν να δέχονται οποιαδήποτε κείμενα, απ' ετέρου δε οι «**κωδικοποιήσεις**» προσφέρουν το πλεονέκτημα μιας πιο καθιερωμένης και αυστηρής γλώσσας, που κατά τη γνώμη μας την έχουμε ανάγκη.

Αν σκεφθούμε τι συμβαίνει στη πραγματικότητα στην έρευνα για κοιτάσματα, θα δούμε ότι είναι μία διαδικασία λήψης αποφάσεων και που κάθε μία συνδέεται με επαύξηση πληροφοριών και βασίζεται στο σύνολο των διατιθέμενων πληροφοριών ή στην «αποκτημένη εμπειρία» όπως συνήθως λέμε. Αλλά αυτή η «αποκτημένη

εμπειρία» δεν είναι στη πραγματικότητα τίποτε άλλο παρά δομημένη πληροφορία στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Το πρόβλημά μας είναι ότι υπάρχει μεγάλη ποσότητα τέτοιας πληροφορίας και ο ανθρώπινος εγκέφαλος χρειάζεται τη βοήθεια κάποιας μηχανής ώστε να εξασφαλισθεί ότι αυτή η διαδικασία συλλογής πληροφοριών πριν τη λήψη αποφάσεων είναι υπό έλεγχο.

Παράδειγμα χαρακτηριστικό τέτοιας δομημένης πληροφορίας σε Η/Υ είναι ένα μεγάλο πρόγραμμα με το όνομα PROSPECTOR, που συντάχθηκε από ομάδα επιστημόνων του Γεωλογικού Γραφείου της Καλιφόρνιας των Ηνωμένων Πολιτειών, με σκοπό τη παροχή «συμβουλών» σε θέματα κοιτασματολογικών ερευνών.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα αυτό αρχειοθετούνται στον Η/Υ τα «μοντέλλα» διάφορων κοιτασματολογικών τύπων, που περιλαμβάνουν τα γεωλογικά χαρακτηριστικά (περιλαμβανομένων γεωφυσικών και γεωχημικών) που έχουν σχέση με την έρευνα αντίστοιχων κοιτασμάτων. Έτσι συνδυάζεται η εμπειρία από περισσότερους από ένα γεωλόγους, ενώ είναι εύκολη η αναθεώρηση ή ενημέρωση αυτών των μοντέλλων. Στη συνέχεια σ' έναν πραγματικό διάλογο με τον Η/Υ ο γεωλόγος δίνει τα χαρακτηριστικά μιας συγκεκριμένης περίπτωσης, όπως γεωλογική τοποθέτηση, τεκτονικό έλεγχο, πετρολογικό περιβάλλον, ορυκτολογική σύσταση, εξαλλοιώσεις κλπ.

Το πρόγραμμα συγκρίνει αυτές τις πληροφορίες με τα καταχωρημένα μοντέλα, σημειώνοντας τις ομοιότητες και διαφορές με τελικό αποτέλεσμα να υποδειχθεί ο κοιτασματολογικός εκείνος τύπος που είναι πιθανότερος (σημειώνονται μάλιστα και οι πιθανότητες) ενώ συγχρόνως δίνονται και οι απαιτούμενες συμπληρωματικές πληροφορίες που πρέπει να συλλεγούν. Πιστεύουμε ότι αυτό το πρόγραμμα PROSPECTOR δείχνει τις δυνατότητες που υπάρχουν με τη χρήση Η/Υ, στις γεωεπιστήμες.

Αποκαλυπτικός επίσης είναι ο πίνακας που δίνεται παρακάτω και αφορά μερικές χώρες της Δυτικής Ευρώπης, με στοιχεία που προέκυψαν από σχετική έρευνα της «Ένωσης Γεωλ. Γραφείων Δυτ. Ευρώπης» (Western Europe Geological Surveys-GECS). Ο καθένας μπορεί να κάνει τις παρατηρήσεις του εδώ και να βγάλει τα σχετικά συμπεράσματά του.

3. ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΣΕΙΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Ο χειρισμός πληροφοριών με τη βοήθεια Η/Υ περιλαμβάνει πάντοτε 3 διαδικασίες:

- α) εισαγωγή των δεδομένων (δημιουργία αρχείων)
- β) συντήρηση των αρχείων (διορθώσεις - σημειώσεις).
- γ) ανακτήσεις από τα αρχεία.

Κάθε μία από αυτές τις διαδικασίες απαιτεί κατάλληλο προγραμματισμό του Η/Υ, έτσι ώστε να εξυπηρετούνται οι σκοποί για τους οποίους γίνεται η καταχώρηση. Σήμερα οι μέθοδοι αρχειοθετήσεων σε Η/Υ ταξινομούνται σε «συμβατικές μεθόδους» και στις νεώτερες με χρήση «βάσεων δεδομένων» (data bases). Οι συμβατικές μέθοδοι περιλαμβάνουν την δημιουργία απλών αρχείων, που μπορεί να είναι «σειριακά» (serial files), ή «με δείκτες» (indexed files) ανάλογα με τον

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ ΣΕ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΑ ΜΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΔΥΤ. ΕΥΡΩΠΗΣ

(από σχετική έρευνα του WESS)

	Γερμανία	Η. Βρετανία	Ιταλία	Γαλλία	Ισπανία	Σουηδία	Φινλανδία	Νορβηγία	Ολλανδία	Βέλγιο	Πορτογαλλία	Αυστρία *	Ελβετία	Δανία
Μέγεθος Οργανισμού ή Ινστιτούτου (πλήθος απασχολούμενων ατόμων)	1100	1200	75	2300	300	770	760	210	220	40	81	80	9	175
Πλήθος ατόμων απασχολούμενων σχεδόν ολοκληρωτικά με Η/Υ	25	20	1	30	9	33	36	8	6	6	2	3	0	10
Ποσοστό % του συνολικού δαπανώ- μενου για έρευνα ποσού, που δίνε- ται για επεξεργασίες με Η/Υ *	6	5	6	5	3	5	2	4	4	2	1	5	4	4
Πόσο χρησιμοποιείται σε διά- φορα τομείς ο Η/Υ **														
1. Χαρτογράφηση	0+	--	-0	0+	-0	-0	++	++	00	-	++	--	--	++
2. Γεωφυσική	00	++	++	00	0+	++	++	++	00			-0	--	-0
3. Σεισμικά	++	++	--	00		++	-0	-0	++		-0	--	++	00
4. Γεωτρήσεις (σχελιοθετήσεις)	0+	0+	++	0+	-0	0+	-0	-0	++	-	++	-0	++	0+
5. Υδρογεωλογία	-0	++	00	++	++	++	-0	-0	00		0+	0+	--	++
6. Γεωχημεία	++	++		++	++	++	++	++	--		0	0+	++	00
7. Μετρήσεις εργαστηρίων	++	++	-0	0+	00	++	0+	++	0+		0+	++	--	--
8. Βιβλιογραφία	0+	++	-0	++	++	-0	00	0+	-0		-0	0+	--	--

* Περιλαμβάνονται όλες οι δαπάνες για hardware και software

** Διαβαθμίσεις : - μικρή χρήση Η/Υ
0 μέτρια χρήση Η/Υ
+ μεγάλη χρήση Η/Υ

χρησιμοποιούμενο Η/Υ και τη σκοπιμότητα του αρχείου. Τα απλά αρχεία, παρ' όλο που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο ακόμα, παρουσιάζουν πολλά μειονεκτήματα που έχουν σχέση με τις δυνατότητες εκλεκτικών ανακτήσεων απ' αυτά, αλλά και οικονομίας χώρου καταχωρήσεως (μαγνητικοί δίσκοι, ταινίες κλπ). Τα προβλήματα αυτά γίνονται οξύτερα όσο μεγαλώνει το πλήθος των καταχωρούμενων πληροφοριών και γίνεται πολυπλοκώτερη η φύση τους. Για τους λόγους αυτούς αναπτύχθηκε την τελευταία δεκαετία η μέθοδος των «βάσεων δεδομένων», που αντιμετωπίζει ικανοποιητικά όλες τις περιπτώσεις. Η αρχειοθέτηση πληροφοριών με βάσεις δεδομένων προϋποθέτουν εξειδικευμένο προσωπικό και κατάλληλο software που να διευκολύνει τη δημιουργία τους.

Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι το γεγονός ότι η οργάνωση των πληροφοριών σε κάποιο αρχείο Η/Υ είναι μία εργασία που χρειάζεται πολύ μελέτη και κόπο, δεν σημαίνει ότι το θέμα είναι απλούστερο με τα συνηθισμένα «χειροκίνητα» αρχεία (manual files). Σε περιπτώσεις, όμως, που η φύση των πληροφοριών δημιουργεί πολύπλοκες καταστάσεις, όπως είναι οι γεωλογικές πληροφορίες, ο Η/Υ προσφέρει μοναδικά πλεονεκτήματα, που έχουν σαν βάση τη δυνατότητα εκλεκτικών ανακτήσεων σε πολύ μικρό χρόνο. Επίσης, σημαντικό και αυτό, εξασφαλίζεται η χρησιμοποίηση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών, χωρίς τον κίνδυνο να αγνοηθεί κάτι. Έτσι παρέχεται και η δυνατότητα συνθετικών εργασιών σε γεωλογικά θέματα, που διαφορετικά θα ήταν πρακτικά αδύνατη ή πολύ χρονοβόρα.

Η χρησιμοποίηση των Η/Υ για αρχειοθέτηση γεωλογικών πληροφοριών άρχισε πριν πολλά χρόνια, στην αρχή με συμβατικές μεθόδους, τα τελευταία χρόνια δε με διαρκώς μεγαλύτερη χρήση των βάσεων δεδομένων.

Η σπουδαιότητα που δίνεται σ' αυτά τα θέματα φαίνεται από το γεγονός ότι έχουν μελετηθεί και τεθεί σε εφαρμογή ειδικά software για δημιουργία βάσεων δεδομένων αποκλειστικά γεωλογικών πληροφοριών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το G-EXEC (Geological Executive) του I.G.S. της Μεγ. Βρετανίας, του οποίου η χρήση έχει επεκταθεί και σε άλλες χώρες.

Ανεξάρτητα πάντως από τον τρόπο αρχειοθέτησης, βλέπουμε σε όλες σχεδόν τις χώρες σήμερα, μία τάση δημιουργίας «Τραπεζών Πληροφοριών» σ' όλους τους τομείς των Γεωεπιστημών, σε εθνική βάση. Αυτό σημαίνει ότι έχει αναγνωρισθεί σαν μία απαραίτητη υποδομή για σύγχρονη και αποτελεσματικότερη γεωλογική έρευνα. Σαν ενδεικτικά παραδείγματα, τέτοιων Τραπεζών Πληροφοριών αναφέρουμε τα εξής:

1. Κοιτασμάτων και απλών εμφανίσεων
2. Γεωφυσικών μετρήσεων
3. Γεωχημικών δειγματοληψιών
4. Πετρολογικών δεδομένων
5. Υδρολογικών συνθηκών
6. Τεκτονικών παρατηρήσεων
7. Πληροφοριών από γεωτρήσεις
8. Παρατηρήσεων παρασκευασμάτων στο μικροσκόπιο
9. Σεισμικών εκδηλώσεων
10. Παραγωγής μεταλλευμάτων

11. Παραχωρήσεων

12. Βιομηχανικών ορυκτών

Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε στις γεωεπιστήμες και η έννοια των «κοινής χρήσεως βάσεων δεδομένων» (distributed data bases), δίνοντας έτσι νέα ώθηση στην διεθνή συνεργασία, με οπωσδήποτε θετικά αποτελέσματα. Ειδικότερα για τον Ευρωπαϊκό χώρο προσφέρεται το δίκτυο συνδέσεως της EURONET, το οποίο σε πολύ λίγο χρόνο θα λειτουργήσει και στην Ελλάδα. Η αξιοποίησή του σε γεωλογικά θέματα θα εξαρτηθεί εξ ολοκλήρου από τις δυνατότητές μας.

Στη χώρα μας, είναι αλήθεια, αργήσαμε πολύ μέχρι σήμερα στην εκμετάλλευση, γενικά, των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν οι Η/Υ. Από τους περισσότερους γεωλόγους δεν χρησιμοποιούνται καθόλου, αγνοώντας μάλιστα τελείως τις δυνατότητές τους, από λίγους δε χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά για επεξεργασία δεδομένων. Απ' ότι τουλάχιστον γνωρίζουμε σε κανένα ερευνητικό ίδρυμα, συμπεριλαμβανομένων και των Πανεπιστημίων, δεν είχαν, μέχρι προ μερικών μηνών, αντιμετωπισθεί οι Η/Υ σαν μέσα αρχειοθέτησης γεωλογικών πληροφοριών σε πανελλήνια βάση.

Λέμε προ μερικών μηνών, γιατί τότε άρχισε στο Ι.Γ.Μ.Ε. μια σοβαρή προσπάθεια σ' αυτό τον τομέα, που συνεχίζεται εντατικά. Συγκεκριμένα στο Ι.Γ.Μ.Ε. με την έναρξη λειτουργίας του δικού του Η/Υ, καταγράφηκαν οι ανάγκες μηχανογράφησης, μεταξύ των οποίων προτεραιότητα δόθηκε στη δημιουργία κάποιων ολοκληρωμένων αρχείων σε όσο το δυνατόν πλατύτερη βάση.

Το πρώτο θέμα που μελετήθηκε από τον γράφοντα, επειδή θεωρήθηκε το σημαντικότερο, είναι μία Τράπεζα Πληροφοριών για όλα τα κοιτάσματα και μεταλλοφόρες εμφανίσεις της χώρας. Με τη δημιουργία αυτής της Τράπεζας θέτονται οι βάσεις για την εκπόνηση των μεταλλογενετικών και προγνωστικών χαρτών, που είναι απαραίτητοι για σύγχρονη κοιτασματολογική έρευνα με ορθολογικά κριτήρια.

Ένα άλλο θέμα που μελετήθηκε και έχει τεθεί ήδη σε εφαρμογή στο Ι.Γ.Μ.Ε. είναι η αρχειοθέτηση των συνθηκών ύδρευσης Δήμων και Κοινοτήτων της χώρας, με βάση κάποιο ερωτηματολόγιο που είχε σταλεί σ' αυτούς προ ενός περίπου χρόνου. Και εδώ τα πλεονεκτήματα που θα προκύψουν στον προγραμματισμό υδρογεωλογικών μελετών και δημοσίων έργων είναι φανερά.

Η δημιουργία ολοκληρωμένων αρχείων για πετρολογικές αναλύσεις βρίσκεται σε μελέτη αυτό το διάστημα (σε συνεργασία με τον συνάδελφο κ. Οικονόμου) ενώ η αρχειοθέτηση γεωφυσικών μετρήσεων έχει ήδη αρχίσει.

Πέραν, όμως, από αυτά έχουν προγραμματισθεί πολλά άλλα για το μέλλον, η υλοποίηση των οποίων, όμως, εξαρτάται και από την συμβολή όλων μας.

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (Γεωμαθηματικά)

Η Γεωλογία, όπως είναι γνωστό, αναπτύχθηκε στο μεγαλύτερο μέρος της με χαρακτήρα «ποιοτικό» και «περιγραφικό», γεγονός που επέδρασε, στην αρχή, ανασταλτικά στη χρήση Η/Υ για επεξεργασίες γεωλογικών δεδομένων. Σήμερα, βέβαια, δεν ισχύει αυτό, οι Γεωεπιστήμες έχουν πάρει πιο αναλυτική μορφή και

συνεχίζουν την εξέλιξη προς αυτή την κατεύθυνση, με παράλληλη αλλαγή στην κλασική νοοτροπία των Γεωλόγων. Τα Γεωμαθηματικά, αποτελούν πλέον ένα νέο κλάδο με ευρύτατο περιεχόμενο και με μεγάλη εξέλιξη.

Αλλά τι ακριβώς είναι τα Γεωμαθηματικά, η Μαθηματική Γεωλογία όπως συχνά αναφέρεται; Από τους πολλούς ορισμούς που έχουν δοθεί ο απλούστερος είναι αυτός που δίνεται από τον Frits Agterberg (1974): «Γεωμαθηματικά είναι ο κλάδος εκείνος που περιλαμβάνει όλες τις εφαρμογές μαθηματικών μεθόδων στη μελέτη του γήινου φλοιού». Μπορούμε να βρούμε πολλές αναλογίες μεταξύ των κλάδων Γεωφυσικής και Γεωχημείας αφενός και Γεωμαθηματικών αφετέρου. Οι 2 πρώτοι προέκυψαν από την επιτυχή εφαρμογή Φυσικών και Χημικών μεθόδων αντίστοιχα στις Γεωεπιστήμες, ενώ ο τρίτος από την εισοδο της τρίτης θεμελιώδους θετικής επιστήμης, των Μαθηματικών. Στην εξέλιξη του κλάδου που δημιουργήθηκε απ' αυτό τον συνδυασμό Μαθηματικών - Γεωλογίας, οι Η/Υ έπαιξαν τον ρόλο του καταλύτη.

Το περιεχόμενο των Γεωμαθηματικών σήμερα είναι ευρύτατο και επεκτείνεται σε όλους τους άλλους κλάδους των Γεωεπιστημών. Αυτό, σε συνδυασμό με την ταχύτατη εξέλιξη που παρουσιάζει, κάνει δύσκολη την περιγραφή των ορίων του και όλων των μεθόδων που χρησιμοποιεί (δεν είναι εξάλλου και στους σκοπούς αυτής της εισήγησης). Ανεπιφύλακτα, ωστόσο, μπορούμε να πούμε ότι κυρίαρχη θέση μεταξύ των μεθόδων έχουν οι στατιστικές. Αρχίζοντας από την Κλασική Στατιστική με τις κατανομές πιθανοτήτων, την διάκριση διαφορετικών πληθυσμών, τις συσχετίσεις μεταξύ διαφόρων μεταβλητών κλπ, περνάμε στις νεώτερες μεθόδους της ανάλυσης επιφανειών τάσεων (trend surface analysis), της ανάλυσης Fourier, τις μεθόδους Cluster Analysis, Factor Analysis κλπ., μέχρι τις πιο σύγχρονες μεθόδους της θεωρίας των χωρομεταβλητών που αποτελούν αντικείμενο ενός ολόκληρου επιστημονικού κλάδου της Γεωστατιστικής. Η εφαρμογή τέτοιων μεθόδων σε γεωλογικά θέματα αποσκοπεί πάντοτε στην αξιοποίηση όλων των χρήσιμων πληροφοριών που περιέχονται στο σύνολό των παρατηρήσεων ή μετρήσεων που διαθέτουμε κάθε φορά. Σημαντική έχει αποδειχθεί η συμβολή τους στο να γίνουν πιο συγκεκριμένες κάποιες έννοιες, όπως «πυκνότητα δειγματοληψίας», «ταξινόμηση αποθεμάτων σε κατηγορίες», «επίπεδο πληροφοριών» κλπ., που συνδέονται και με οικονομικές θεωρήσεις της Γεωλογικής έρευνας. Ειδικότερα στη Μεταλλευτική Έρευνα η επίδραση της Γεωστατιστικής μπορεί να χαρακτηριστεί επαναστατική, με την θετική έννοια της λέξης.

Στη Γεωχημεία, Γεωφυσική και στο νέο, σχετικά κλάδο, της Τηλεπισκόπησης (Remote Sensing) είναι αδιανόητη σήμερα η εκτέλεση οποιουδήποτε ερευνητικού προγράμματος χωρίς τη χρήση Η/Υ και γεωμαθηματικών μεθόδων. Για την τηλεπισκόπηση μάλιστα κατασκευάζονται και ειδικοί Η/Υ για επεξεργασία εικόνων (image processing).

Σε θέματα Στρωματογραφίας σημαντική είναι η συμβολή μεθόδων που περιλαμβάνουν αλύσεις Markov (Markov chains) και χρονοσειρές.

Στη διερεύνηση διάφορων γεωλογικών φαινομένων η μέθοδος της «μαθηματικής προσομοίωσης» (simulation) προσφέρει δυνατότητες, που κατά τη γνώμη μας δεν έχουν ακόμα αξιοποιηθεί όσο θάπρεπε.

Ο κατάλογος, όμως, των δυνατών εφαρμογών δεν κλείνει εύκολα και τα παραπάνω αναφέρθηκαν απλώς σαν παραδείγματα. Ωστόσο θα ήταν παράλειψη να μην αναφέρουμε εδώ και κάποιες παγίδες που υπάρχουν στην εφαρμογή των γεωμαθητικών μεθόδων. Τα Μαθηματικά αποτελούν ένα εργαλείο για τους γεωλόγους, η χρησιμοποίηση του οποίου προϋποθέτει κάποια εξοικείωση μ' αυτό. Αυτό δεν σημαίνει, βέβαια, ότι ο γεωλόγος πρέπει να είναι και μαθηματικός συγχρόνως, αλλά θα πρέπει να γνωρίζει τουλάχιστον τις βασικές αρχές κάθε μεθόδου, για να μπορεί να εκτιμά τους περιορισμούς εφαρμογής της και ν' αξιολογεί ανάλογα τ' αποτελέσματά της. Από την άλλη πλευρά τα Γεωμαθηματικά δεν μπορούν ν' αποτελέσουν αντικείμενο των μαθηματικών, χωρίς βαθύτατη γνώση των γεωλογικών φαινομένων που μελετούν. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι σαν κλάδος θεμελιώθηκε και αναπτύχθηκε από γεωεπιστήμονες.

Ο κίνδυνος κακής εφαρμογής γεωμαθητικών μεθόδων είναι ιδιαίτερα έντονος σήμερα με την ευρύτατη εξάπλωση των Η/Υ και των έτοιμων προγραμμάτων που κυκλοφορούν. Υπάρχει, δυστυχώς, σε πολλούς η αντίληψη ότι αρκεί η παρουσία Η/Υ και κάποιων έτοιμων προγραμμάτων για να αυτοματοποιηθούν διάφορες γεωλογικές εργασίες, πατώντας απλώς κάποια πλήκτρα. Αυτή είναι η μεγαλύτερη παγίδα των Γεωμαθηματικών, που πρέπει να αποφύγουμε.

Στη χώρα μας, δυστυχώς, αργήσαμε πολύ να καταλάβουμε την σπουδαιότητα της εφαρμογής μαθηματικών μεθόδων στις Γεωεπιστήμες, έτσι ώστε και σήμερα, ακόμα, να είναι λίγοι οι Γεωλόγοι με ενδιαφέροντα σ' αυτό τον κλάδο. Πολλά φταίνει γι' αυτό, στη βάση των οποίων, πιστεύουμε, ότι βρίσκεται η γεωλογική εκπαίδευση.

Και πάλι πρέπει να αναφέρουμε ότι στο Ι.Γ.Μ.Ε. τους τελευταίους μήνες έχει ξεκινήσει η προσπάθεια δημιουργίας υποδομής στον τομέα των Γεωμαθηματικών. Ο στόχος είναι να γίνονται στο εξής όλες οι επεξεργασίες στον Η/Υ του Ινστιτούτου και όχι σε ξένα Μηχανογραφικά κέντρα. Μέχρι σήμερα έχουν γίνει σημαντικές πρόοδοι στον τομέα αυτό.

5. ΣΧΟΛΙΟ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Απ' όλα όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, γίνεται φανερό ότι έχουμε να κάνουμε μ' ένα κλάδο των Γεωεπιστημών, που έχει προσφέρει πολλά μέχρι σήμερα, αλλά υπόσχεται ακόμα περισσότερα. Σε όλες, σχεδόν, τις χώρες έχει αναγνωρισθεί σαν ισοδύναμος με όλους τους άλλους καθιερωμένους κλάδους των Γεωεπιστημών και έτσι αντιμετωπίζεται στα Πανεπιστήμια και Γεωλογικά Ινστιτούτα. Στη χώρα μας, δυστυχώς, δεν συμβαίνει ακόμα αυτό και αν δεν δραστηριοποιηθούμε προς αυτή την κατεύθυνση ενδέχεται σε λίγα χρόνια να μην μπορούμε να συνεργαστούμε ισότιμα με μερικές χώρες. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στη δημιουργία κάποιων γενικών αρχείων και Τραπεζών Πληροφοριών γεωλογικών δεδομένων. Απαραίτητο, λοιπόν, είναι να προχωρήσουμε αμέσως στα εξής:

α) Υποχρεωτική διδασκαλία των Γεωλόγων στα Πανεπιστήμια του μαθήματος των Γεωμαθηματικών, που θα περιλαμβάνει προγραμματισμό Η/Υ και γεωμαθηματικές μεθόδους. Το μάθημα πρέπει να περιλαμβάνει ασκήσεις και παραδείγματα από πραγματικές περιπτώσεις και επομένως να διδάσκεται από γεωλόγους με επαρκή εμπειρία.

- β) Μετεκπαίδευση - ενημέρωση Ελλήνων γεωλόγων σε ξένα Πανεπιστήμια ή Ερευνητικά Ιδρύματα.
- γ) Συνεργασία όλων των ερευνητικών Ιδρυμάτων της χώρας για τη δημιουργία κάποιων γενικών και ολοκληρωμένων αρχείων.