

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΠΟΛΥΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΟΛΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ Γ., ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ Γ. *

* Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας,
Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 261 10, Πάτρα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παραγοντική ανάλυση και η ανάλυση επιφανειών τάσης εφαρμόστηκαν σε χημικές αναλύσεις υποθαλασσίων αποθέσεων μεταλλευτικών αποβλήτων στον Κορινθιακό κόλπο (βωξιτική ερυθρά ιλύς) και στο Β. Ευβοϊκό κόλπο (σκωρία).

Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων, σε τέτοιου τύπου περιβαλλοντικά προβλήματα, αυξάνεται σημαντικά όταν εφαρμόζονται με κατάλληλο τρόπο (συγκριτική παραγοντική ανάλυση) και συνδυαστικά μεταξύ τους.

ABSTRACT

Multivariate statistical techniques (Factor analysis & Trend surface analysis) were applied to geochemical data of submarine deposit built up by metaliferous slurries discharging by metallurgic industries. The effectiveness of the above mentioned methods is multiplied when they appropriately (comparative factor analysis) and in conjunction applied.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ευρεία χρήση μεθόδων πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης στις γεωεπιστήμες, οφείλεται στο γεγονός ότι ανιχνεύουν με αξιόπιστο τρόπο, σχέσεις μεταξύ μεταβλητών η/και θέσεων μέτρησης (δείγματα), ιδιαίτερα όταν ο πίνακας των δεδομένων, όπως συμβαίνει συνήθως, είναι μεγάλων διαστάσεων. Οι δύο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι μέθοδοι πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης, είναι η Παραγοντική ανάλυση (factor analysis) (Reyment & Jöreskog 1993, Φερεντίνος κ.α. 1994) και η ανάλυση Επιφανειών τάσης (trend surface analysis) (Davis 1987, Φερεντίνος κ.α. 1994).

Η παραγοντική ανάλυση έχει ως σκοπό την ελάττωση των διαστάσεων του πίνακα των δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό παραγόντων (factors), των οποίων ο αριθμός, είναι σημαντικά μικρότερος από αυτόν των μεταβλητών ή των δειγμάτων που συνιστούν τον πίνακα των δεδομένων. Η μείωση της διαστατικότητας του προβλήματος, απαιτεί ο πίνακας των δεδομένων να συγκροτείται από μικρό αριθμό

ομάδων (παραγόντων), οι οποίες να συνίστανται από ισχυρά συσχετιζόμενες μεταξύ τους μεταβλητές (R-τύπος) ή δείγματα (Q-τύπος). Συνεπώς η παραγοντική ανάλυση απλοποιεί τον πίνακα των δεδομένων:

- με υπολογισμό του αριθμού των ομάδων (παραγόντων), οι οποίες συνίστανται από ισχυρά συσχετιζόμενες μεταβλητές ή δείγματα, και
- με καθορισμό της σύστασης της κάθε ομάδας, δηλαδή καθορισμό των μεταβλητών ή των δειγμάτων που συγκροτούν κάθε ομάδα.

Η παραγοντική ανάλυση έχει χρησιμοποιηθεί τόσο ως μέσο έρευνας κοιτασμάτων (Saager and Esselaar 1969, Hakli 1970, Reeves and Saadi 1971, Dawson and Sinclair 1974, Koo and Mossman 1975, Olorunfemi 1984, Aleksandrov and Solovyena 1986), όσο και ως μέσο μελέτης των κύριων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων στα θαλάσσια ιζήματα (Imbrie and Van Andel 1964, Cameron 1968, Van Der Weijden 1976, Flores and Shideler 1978, Gardner et al 1980, Marshall 1983, Guezzoni et al 1984, Coward and Cronan 1987, Shankar et al 1987).

Η ευρεία εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης σε γεωχημικά δεδομένα είναι προϊόν της αποτελεσματικότητάς της, και οφείλεται στο γεγονός ότι τα γεωχημικά δεδομένα χαρακτηρίζονται από σχέσεις έντονης συμπάθειας και αντιπάθειας, σχέσεις που εύκολα ανιχνεύονται από την παραγοντική ανάλυση.

Η ανάπτυξη της μεθόδου της ανάλυσης των επιφανειών τάσης επιτρέπει το διαχωρισμό των επιφανειακών κατανομών των μεταβλητών, σε δύο συστατικά μέρη: (i) την κύρια επιφάνεια τάσης (trend surface), που εμφανίζει μεγάλης κλίμακας χαρακτηριστικά και γενικές τάσεις στη γεωγραφική κατανομή των μεταβλητών και (ii) τις αποκλίσεις (residuals) από τις κύριες τάσεις, που αντιπροσωπεύουν τις τοπικές ανωμαλίες που πιθανώς υπάρχουν στις επιφανειακές κατανομές των μεταβλητών.

Η μέθοδος της ανάλυσης των επιφανειών τάσης, έχει χρησιμοποιηθεί από ερευνητές ως μέσο εξερεύνησης κοιτασμάτων ή ως μέθοδος ανάλυσης γεωφυσικών δεδομένων (Merriam and Harbough 1964, Harbough and Merriam 1968, Makris and Todt 1978, Sutterlin and Harstings 1986). Η μέθοδος όμως έχει εφαρμοσθεί κυρίως σε πετρογραφικά, ιζηματολογικά και γεωχημικά δεδομένα (Read et al 1971, Killeen and Heier 1975, Trapp and Rockaway 1977, Chapman 1978, Doyle and Feldhansen 1981, Watney 1985).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να καταδείξει:

- Την αποτελεσματικότητα των μεθόδων πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης, στη μελέτη γεωχημικών και ιζηματολογικών διεργασιών που αναπτύσσονται κατά την απόρριψη μεταλλοφόρων βιομηχανικών αποβλήτων στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- Ενώ επιπλέον υποδεικνύει τους καταλληλότερους τρόπους εφαρμογής των μεθόδων σε τέτοιου τύπου περιβαλλοντικά προβλήματα για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

Η επεξεργασία των γεωχημικών δεδομένων με τις παραπάνω στατιστικές μεθόδους ανάλυσης, οδηγεί στην εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων όσον αφορά:

- Στην επίδραση των μεταλλοφόρων αποβλήτων στα φυσικά ιζήματα.

- Στην παρουσία των βαρέων μετάλλων στις διάφορες γεωχημικές φάσεις των ιζημάτων χωρίς τη χρήση ειδικών χημικών αναλύσεων (κλασματική διάσπαση).
 - Στις σχέσεις μεταξύ των μετάλλων και τη γεωγραφική έκφραση των σχέσεων αυτών.
 - Στη σύγκριση των κατανομών των διαφόρων μετάλλων στα επιφανειακά ιζήματα του πυθμένα και
 - Στον εντοπισμό ανθρωπογενών και φυσικών γεωχημικών ανωμαλιών.
- Η παραγοντική ανάλυση εφαρμόστηκε σε χημικές αναλύσεις των υποθαλάσσιων αποθέσεων:
- (i) Της μεταλλοφόρου ερυθράς ιλύος (red mud) στον κόλπο των Αντικύρων, η οποία εκχύνεται από την ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε. (Varnavas et al 1986, Varnavas and Paratheodorou 1987, Παπαθεοδώρου 1991) και
 - (ii) Της μεταλλουργικής σκωρίας στον Β. Ευβοϊκό κόλπο, η οποία απορρίπτεται από τη ΛΑΡΚΟ Α.Ε. (Voutsinou and Varnavas 1987, Βουτσίνου 1988).
- Η ανάλυση επιφανειών τάσης αναπτύχθηκε στις χημικές αναλύσεις των υποθαλασίων αποθέσεων της ερυθράς ιλύος.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγματα, από τις υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος και τα παρακείμενα φυσικά ιζήματα, από τον κόλπο των Αντικύρων και τον Κεντρικό Κορινθιακό κόλπο, αναλύθηκαν χημικά με τη μέθοδο της ολικής διάσπασης ($\text{HF-HClO}_4\text{-HNO}_3$) και προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των Fe-Ti-Cr-Ni-Co-Pb-Mn-Zn-Cu-Al με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Perkin Elmer 5000. Ο προσδιορισμός του CaCO_3 έγινε με επίδραση οξεϊκού οξέος. Συνολικά αναλύθηκαν 34 επιφανειακά και 48 υποεπιφανειακά δείγματα ερυθράς ιλύος και φυσικών ιζημάτων. (Παπαθεοδώρου 1991).

Συνολικά 151 επιφανειακά δείγματα μεταλλουργικής σκωρίας και φυσικών ιζημάτων, από το Β. Ευβοϊκό κόλπο, αναλύθηκαν χημικά με επίδραση 75ml 2N HCl και προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των Fe-Cr-Ni-Mn-Zn-Co-Cu-Pb-Al, με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Perkin Elmer 305B. Ο προσδιορισμός του CaCO_3 έγινε με επίδραση οξεϊκού οξέος (Βουτσίνου 1988).

Ο αριθμός των αναλυθέντων δειγμάτων, και στις δύο περιπτώσεις, κρίνεται ικανοποιητικός για την εφαρμογή μεθόδων πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης.

Παραγοντική ανάλυση R-τύπου αναπτύχθηκε στα γεωχημικά δεδομένα, με σκοπό την αποκάλυψη των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών (μετάλλων). Η επιλογή του αριθμού των κύριων παραγόντων έγινε με συνεκτίμηση των διαφόρων κριτηρίων που συνήθως χρησιμοποιούνται (ιδιοτιμή > 1 , scree-διάγραμμα), και των ιδιαιτεροτήτων των δεδομένων που αναλύονται. Η περιστροφή των αξόνων των κύριων παραγόντων έγινε σύμφωνα με το κριτήριο της Μεγιστοδιακύμανσης (Varimax rotation), και υπολογίστηκαν οι παραγοντικές φορτίσεις (loadings) των μετάλλων στους κύριους παράγοντες. (Φερεντίνος κ.ά., 1994).

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Επιπλέον, υπολογίσθηκαν οι παραγοντικές τιμές (scores), οι οποίες εκφράζουν τη συμμετοχή του κάθε παράγοντα στα δείγματα ιζημάτων που αναλύθηκαν, ώστε να είναι δυνατή η σχεδίαση της γεωγραφικής επίδρασης του κάθε παράγοντα. Για την εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο Statgraphic.

Η ανάλυση των επιφανειών τάσης αναπτύχθηκε στις συγκεντρώσεις εννέα χημικών στοιχείων (Fe-Ti-Cr-Ni-Co-Pb-Mn-Zn-Cu-Carb.) από τις υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος, με ικανοποιητική προσαρμογή των υπολογισθέντων πολυωνύμων στα αναλυθέντα δεδομένα. Αυτό επέτρεψε τη σχεδίαση των επιφανειών τάσης (trend surfaces) και των αντίστοιχων κατανομών των αποκλίσεων (residuals) για κάθε χημικό στοιχείο. Υπολογίσθηκαν επιφάνειες τάσης από πρώτου έως τετάρτου βαθμού. Ο υπολογισμός ανωτέρου του τετάρτου βαθμού πολυωνύμου δεν κρίθηκε αναγκαίος, εξαιτίας της μειωμένης στατιστικής αξιοπιστίας τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο αριθμός των συντελεστών του 4-βάθμιου πολυωνύμου πλησιάζει τον αριθμό των δειγμάτων. Η εφαρμογή της ανάλυσης επιφανειών τάσης έγινε με πρόγραμμα H.Y., το οποίο αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς (Φερεντίνος κ.α. 1994).

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ I : Εκχυση ερυθράς ιλύος στον Κορινθιακό κόλπο.

Η μεταλλοφόρος ερυθρά ιλύς προκύπτει ως στερεό απόβλητο, κατά τη διαδικασία παραγωγής αλουμίνης από βωξίτη, και εκχύνεται στον κόλπο των Αντικύρων διαμέσου δύο υποθαλασσιών αγωγών με ετήσιο ρυθμό 503.000 τόνους.

Η ερυθρά ιλύς έχει καλύψει το μεγαλύτερο τμήμα (70%) του πυθμένα του κόλπου των Αντικύρων, ενώ έχει μεταφερθεί με τουρβιδιτικά ρεύματα στην κεντρική λεκάνη του Κορινθιακού κόλπου, σε βάθος 850 m και σε απόσταση 18 Km από τα στόμια των αγωγών (Εικ. 1). (Παπαθεοδώρου 1991, Papatheodorou and Ferentinos).

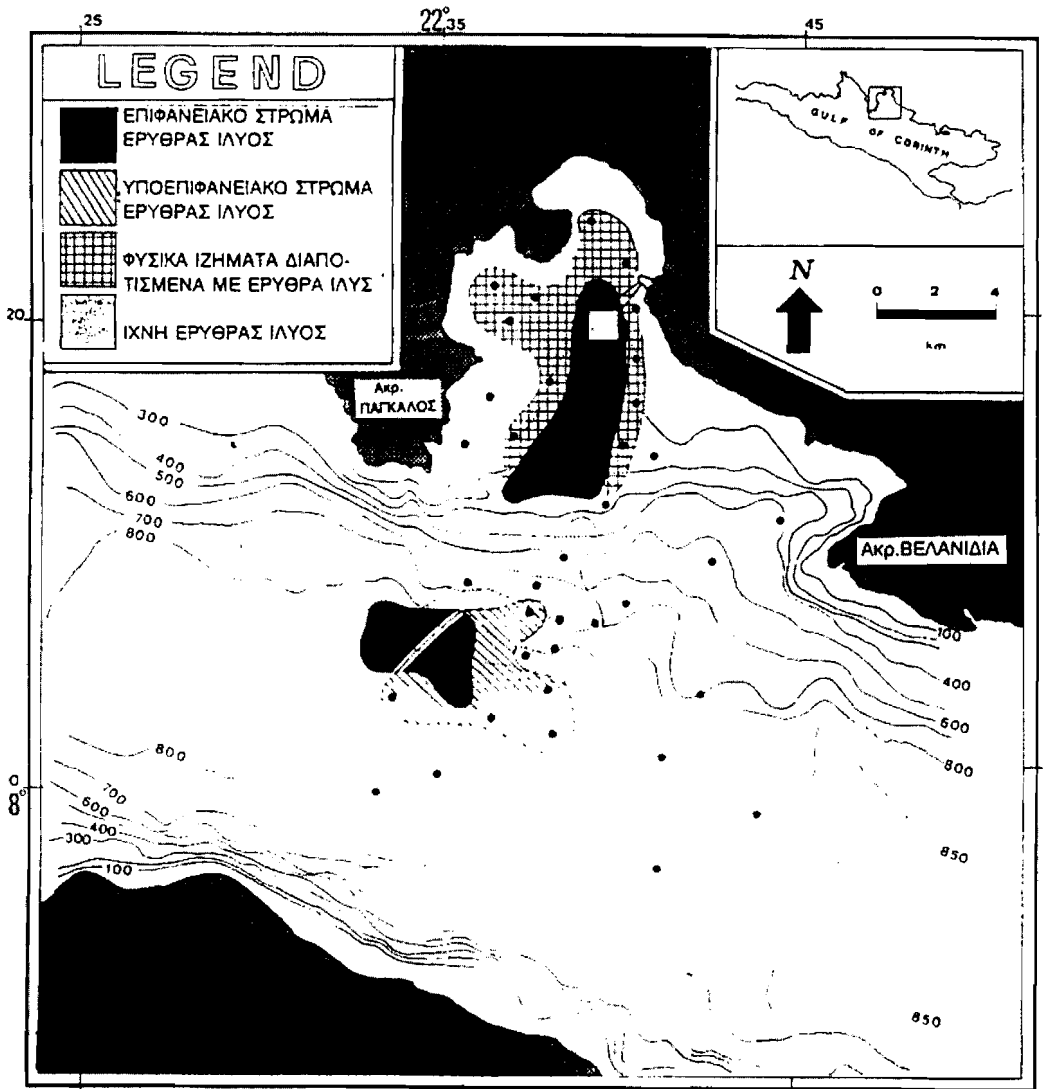
Οι υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος, στον κόλπο των Αντικύρων καλύπτουν: (α) έκταση 22 Km² υπό τη μορφή σαφούς επιφανειακού στρώματος, πάχους από 17 m έως 1 cm και (β) έκταση 20 Km² υπό τη μορφή διαποτισμού των φυσικών ιζημάτων (ερυθρά απόχρωση) (Εικ. 1).

Οι υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος στην κεντρική λεκάνη του κόλπου καλύπτουν: (α) έκταση 14 Km² υπό τη μορφή επιφανειακού στρώματος πάχους 2-4 cm, και (β) έκταση 23 Km² υπό τη μορφή υποεπιφανειακού στρώματος πάχους 2-4 cm (Εικ. 1).

Οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων ερυθράς ιλύος και των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων, έδειξε ότι η ερυθρά ιλύς παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις Fe₂O₃-TiO₂Cr₂-O₃-Ni-Co-Pb και αντίστοιχα χαμηλότερες συγκεντρώσεις Mn και Zn από τα φυσικά ιζήματα του κόλπου των Αντικύρων (Varnavas and Papatheodorou 1987, Παπαθεοδώρου 1991).

3.1. Παραγοντική ανάλυση.

Η R-τύπου παραγοντική ανάλυση εφαρμόστηκε στις χημικές αναλύσεις των επιφανειακών δειγμάτων της ερυθράς ιλύος και των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων. Η



Εικ. 1. Τύποι αποθέσεων ερυθράς ιλύος στον κόλπο των Αντικύρων και στον κεντρικό Κορινθιακό κόλπο (από Παπαθεοδώρου, 1991).

εφαρμογή της ανάλυσης οδήγησε σε ένα τετραμελές παραγοντικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται από την κυρίαρχη παρουσία ενός παράγοντα, ενώ ερμηνεύει το 94,8% της ολικής διακύμανσης (total variance) των δεδομένων και εκφράζει ικανοποιητικά (κοινές παραγοντικές διακυμάνσεις: communalities: 0.82-1.00) όλα τα χημικά στοιχεία (Πίν. 1). Οι παραγοντικές τιμές για τους τέσσερις παράγοντες υπολογίστηκαν και κατασκευάστηκαν οι επιφανειακές τους κατανομές (Εικ. 2α, β, γ, δ).

Ο παράγων 1 εκφράζει το 61,4% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει διπολιψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

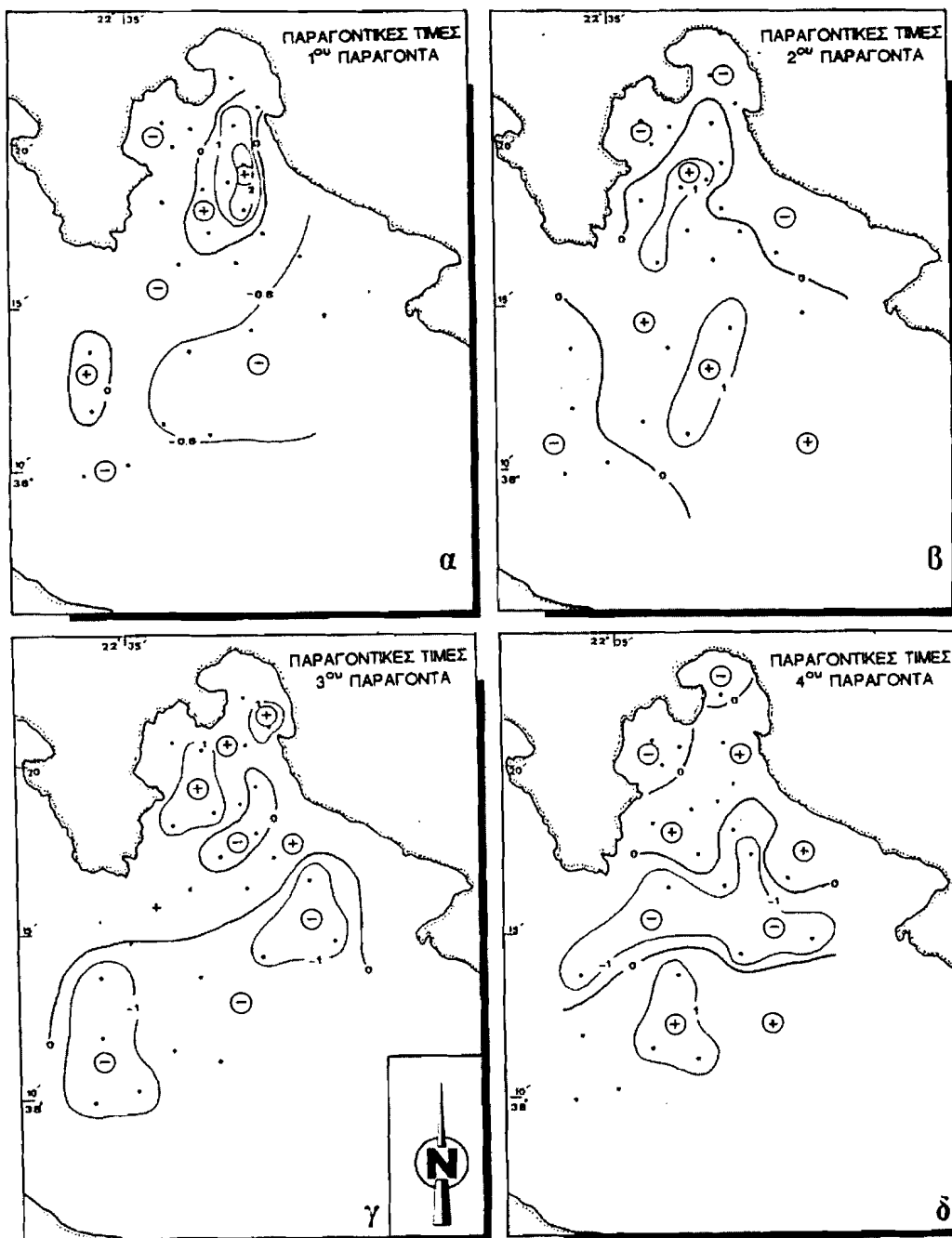
Πίνακας 1

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ R-ΤΥΠΟΥ					
Μεταβλητή	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communality)	Παράγων	Ιδιοτιμή	Ποσοστό διακύμανσης	Αθροιστικό ποσοστό (%)
Fe ₂ O ₃	0.99669	1	6.75798	61.4	61.4
TiO ₂	0.95289	2	2.22733	20.2	81.7
Cr ₂ O ₃	0.98896	3	1.02954	9.4	91.0
Ni	0.99736	4	0.41559	3.8	94.8
Co	0.96927	5	0.24976	2.3	97.1
Pb	0.97769	6	0.18872	1.7	98.8
Mn	0.79513	7	0.07010	0.6	99.4
Cu	0.87724	8	0.03254	0.3	99.7
Zn	0.82661	9	0.02043	0.2	99.9
Al	0.88183	10	0.00644	0.1	100.0
CaCO ₃	0.81997	11	0.00156	0.0	100.0

κό χαρακτήρα (Πίν. 2). Οι υψηλές θετικές φορτίσεις που παρουσιάζουν τα στοιχεία Fe-Ti-Cr-Ni-Co-Pb σε συνδυασμό με τις αρνητικές φορτίσεις των Mn και Zn, επιτρέπουν το χαρακτηρισμό του πρώτου παράγοντα ως παράγοντα ερυθράς ιλύος. Οι υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των μετάλλων που περιέχονται στις αποθέσεις της ερυθράς ιλύος, είναι το κύριο χαρακτηριστικό του πίνακα των δεδομένων και για το λόγο αυτό, η παραγοντική ανάλυση το αναδεικνύει ως κυρίαρχο παράγοντα.

Η επιφανειακή κατανομή των παραγοντικών τιμών (Εικ. 2α) του πρώτου παράγοντα, που εκφράζει τη γεωγραφική του επίδραση, είναι όμοια με αυτή των υποθαλασσιών αποθέσεων της ερυθράς ιλύος (Εικ. 1), αυξάνοντας τη στατιστική αξιοπιστία του τετραμελούς μοντέλου.

Ο **παράγων 2** εκφράζει το 20,2% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πίνακας 1) και χαρακτηρίζεται ως παράγων αργιλικών ορυκτών, όπως δηλώνουν οι υψηλές θετικές φορτίσεις των Al-Mn-Cu-Zn και οι χαμηλότερες των Ti-Co-Cr-Ni (Πίνακας 2) καθώς και η ασθενής επίδραση του παράγοντα στις παράκτιες περιοχές (Εικ. 2β). Η ισχυρή συσχέτιση των μετάλλων Cu-Ti-Co-Cr-Ni με τα αργιλικά ορυκτά είναι δυνατόν να οφείλεται στην παρουσία τους σε θέσεις πλέγματος η/και σε προσρόφηση από την επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών ως αποτέλεσμα ενδομοριακών δυνάμεων (Forstner and Wittman 1983). Οι υψηλότερες τιμές των λόγων Cu/Al, Ti/Al, Co/Al, Cr/Al και Ni/Al στα αναλυθέντα δείγματα έναντι των αντιστοίχων στους τυπικούς σχι-



Εικ. 2. Επιφανειακή κατανομή της επίδρασης (α) του παράγοντα 1, (β) του παράγοντα 2, (γ) του παράγοντα 3 και (δ) του παράγοντα 4.

Πίνακας 2

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (VARIMAX ROTATION)					
Μεταβλητή /Παράγων	1	2	3	4	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communality)
Fe ₂ O ₃	0.98178	0.05790	-0.02957	0.07729	0.9741
TiO ₂	0.89403	0.19957	0.08036	0.12008	0.8600
Cr ₂ O ₃	0.96596	0.16612	-0.02559	0.12941	0.9850
Ni	0.97704	0.14967	-0.08600	0.08267	0.9912
Co	0.95297	0.17526	-0.04563	-0.00216	0.9410
Pb	0.98122	0.00893	0.00720	0.09046	0.9711
Mn	-0.44348	0.43906	-0.45067	-0.59991	0.9524
Cu	0.05556	0.92176	-0.30568	-0.02336	0.9467
Zn	-0.79690	0.33725	-0.33611	0.28345	0.9421
Al	0.48558	0.78065	0.26128	-0.12052	0.9280
CaCO ₃	-0.11393	-0.08492	0.95567	0.07248	0.9387

στολίθους, δηλώνουν την ανάπτυξη μηχανισμού προσρόφησης. Η συσχέτιση του Μη με τα αργιλικά ορυκτά είναι δυνατόν να οφείλεται στην παρουσία του Μη στο πλέγμα τους ή να βρίσκεται με τη μορφή οξειδιακού καλύμματος (oxide film/coating) (Fripiat and Castuche 1982).

Ο παράγων 3 εκφράζει το 9,4% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 1) και είναι διπολικού χαρακτήρα (Πίνακας 2). Το CaCO₃ παρουσιάζει υψηλή θετική φόρτιση και τα μέταλλα Mn-Zn-Cu αρνητικές φορτίσεις (Πίνακας 2). Ο παράγων αυτός μπορεί να θεωρηθεί ως ανθρακικός παράγων, ο οποίος συγχρόνως βρίσκεται σε σχέση αντιπάθειας με τη Μη-υδροξειδιακή φάση. Ο θετικός πόλος του παράγοντα παρουσιάζει ισχυρή επίδραση στις παράκτιες περιοχές, ενώ ο αρνητικός πόλος στην πλαγιά και στην κεντρική λεκάνη του Κορινθιακού κόλπου (Εικ. 2γ).

Ο παράγων 4 εκφράζει μόλις το 3,8% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πίνακας 1), παρουσιάζει υψηλή αρνητική φόρτιση αποκλειστικά στο Μη (Πίνακας 2) και ισχυρή επίδραση τόσο στον κόλπο των Αντικύρων όσο και στην κεντρική λεκάνη του κόλπου (Εικ. 2δ), στοιχεία που προτείνουν ένα ιδιαίτερο μηχανισμό εισόδου του Μη στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Οι εξαιρετικά ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των μετάλλων που χαρακτηρίζουν τις αποθέσεις της ερυθράς ύλης, αιχνεύθηκαν εύκολα μεν από την παραγοντική ανάλυση, αλλά πιθανώς επεσκίασαν ασθενείς συσχετίσεις που υπάρχουν μεταξύ των δεδο-

μένων και οι οποίες είναι δυνατόν να εκφράζουν την επίδραση της ερυθράς ιλύος στα παρακείμενα φυσικά ιζήματα. Συνεπώς η αποτελεσματικότητα της παραγοντικής ανάλυσης μειώνεται σημαντικά. Η «στατιστική σκιά» που προκαλείται από την παρουσία των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος στον πίνακα των δεδομένων, μπορεί να εξαληφθεί με απομάκρυνση των δειγμάτων αυτών και επαναεφαρμογή της ανάλυσης.

Η νέα παραγοντική ανάλυση R-τύπου εφαρμόστηκε αποκλειστικά σε δείγματα φυσικών ιζημάτων παρακείμενα των αποθέσεων της ερυθράς ιλύος. Ένα πενταμελές παραγοντικό μοντέλο επιλέχθηκε για να εκφράσει τον πίνακα των δεδομένων. Το μοντέλο αυτό εκφράζει το 95,7% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων, ποσοστό συγκρίσιμο με το αντίστοιχο της προηγούμενης ανάλυσης.

Ο παράγων 1 εκφράζει το 51,6% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 3) και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στα μέταλλα Al-Ni-Zn-Cu-Co-Mn και αρνητικές στα Pb-CaCO₃ (Πίνακας 4). Ο παράγων αυτός είναι παράγοντας αργιλικών ορυκτών, ο οποίος συγχρόνως εκφράζει την έντονη αντιπάθεια αργιλικών ορυκτών και ανθρακικού κλάσματος, και μπορεί να θεωρηθεί αντίστοιχος του δεύτερου παράγοντα της προηγούμενης ανάλυσης. Οι σημαντικά υψηλότερες φορτίσεις των μετάλλων Ni-Co (0.85,0.33) στον παράγοντα αυτό (Πίνακας 4) έναντι των φορτίσεων (0.20,0.17) στον αντίστοιχο παράγοντα της προηγούμενης ανάλυσης, οφείλεται αποκλειστικά στην απουσία των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος. Οι υψηλές φορτίσεις των μετάλλων Ni-

Πίνακας 3

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ R-ΤΥΠΟΥ					
Μεταβλητή	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communality)	Παράγων	Ιδιοτιμή	Ποσοστό διακύμανσης	Αθροιστικό ποσοστό (%)
Fe ₂ O ₃	0.85497	1	4.64362	51.6	51.6
Ni	0.85985	2	2.02674	22.5	74.1
Co	0.79222	3	1.04667	11.6	85.7
Pb	0.72813	4	0.49012	5.4	91.2
Mn	0.89579	5	0.40748	4.5	95.7
Cu	0.88201	6	0.20829	2.3	98.0
Zn	0.83512	7	0.07827	0.9	98.9
Al	0.88655	8	0.6695	0.7	99.6
CaCO ₃	0.93148	9	0.03186	0.4	100.0

Πίνακας 4

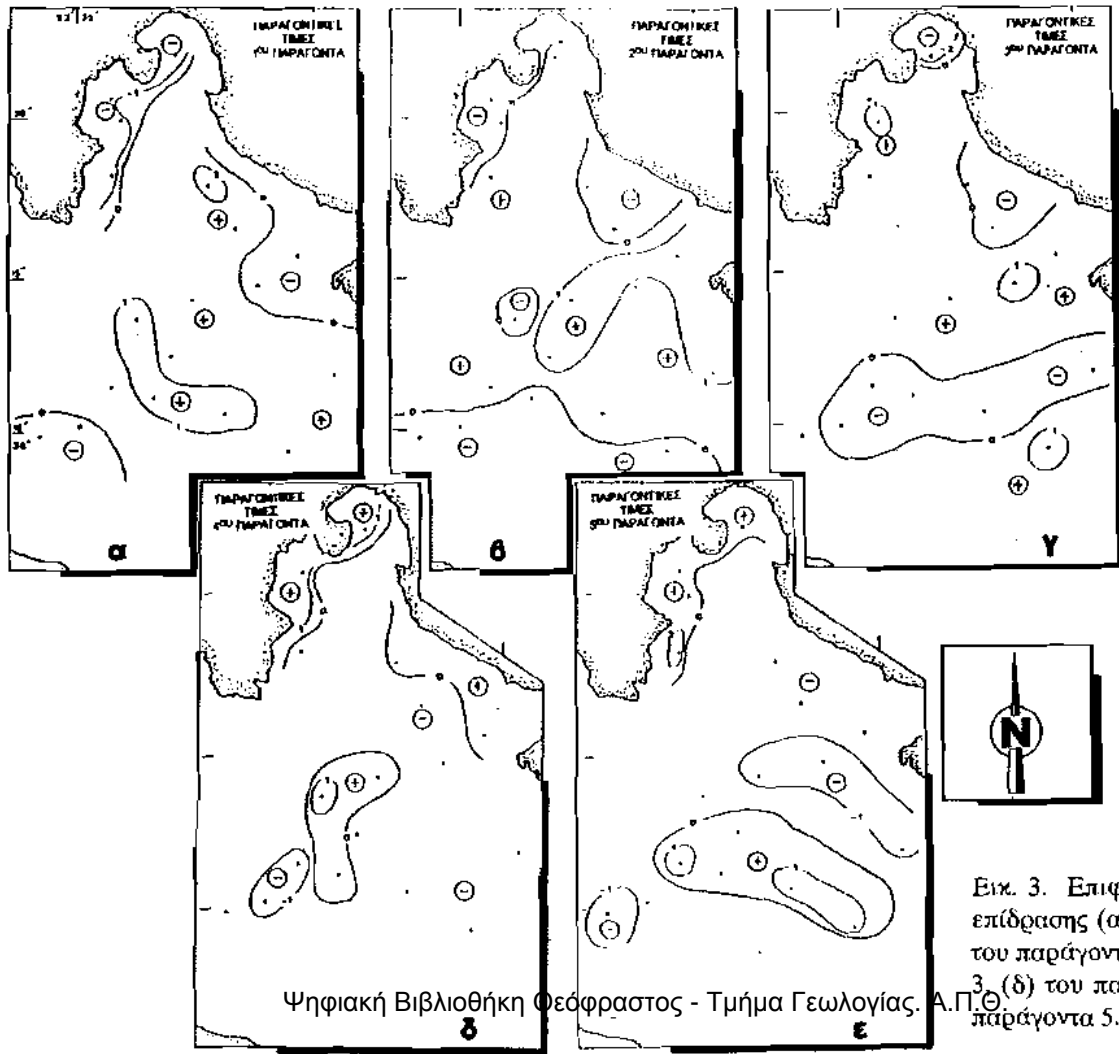
ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (VARIMAX ROTATION)					
Μεταβλητή /Παράγων	1	2	3	4	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communality)
Fe ₂ O ₃	0.018175	0.010545	-0.190823	0.930678	0.9783
Ni	0.849696	0.218694	0.289047	0.317239	0.9590
Co	0.328372	0.924936	-0.011750	0.043159	0.9654
Pb	-0.313155	-0.026189	-0.868534	0.261659	0.9478
Mn	0.178468	0.701675	0.353693	-0.094874	0.9758
Cu	0.597878	0.464354	0.458836	-0.312393	0.9028
Zn	0.846644	0.294434	0.199584	-0.275999	0.9370
Al	0.525133	0.323596	0.579788	0.099420	0.9672
CaCO ₃	-0.183463	-0.173806	-0.101749	0.490032	0.9814

Zn-Cu-Co-Mn, είναι φανερό, ότι οφείλονται στη στενή συσχέτιση των στοιχείων με τα αργιλικά ορυκτά. Τα στοιχεία αυτά όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι ενσωματωμένα (lattice held) η/και προσροφημένα (adsorptive bonding) στα αργιλικά ορυκτά. Εκπληξη προκαλεί η μη συσχέτιση του Pb με αυτά (0.009), επειδή ο Pb παρουσιάζει την υψηλότερη ικανότητα προσρόφησης στα αργιλικά ορυκτά από όλα τα υπόλοιπα μέταλλα (Mitchel 1964, Soong 1974), εξαιτίας της παρόμοιας ακτίνας ιόντος του με αυτή του K.

Οι αρνητικές φορτίσεις που παρουσιάζουν ο Pb και το CaCO₃ στον παράγοντα αυτό, πιθανώς να υποδηλώνει τη συσχέτιση του Pb με το ανθρακικό κλάσμα των ιζημάτων.

Η επίδραση του θετικού πόλου (Ni-Zn-Cu-Co-Mn) είναι σημαντική στα φυσικά ιζήματα της λεκάνης του κόλπου και στην πλαγιά δυτικά του Ακρωτηρίου Βελανιδιά (Εικ. 3α), όπου έχουν διαπιστωθεί οι υψηλότερες τιμές των λόγων Ni/Al, Zn/Al και Cu/Al. Η επίδραση του αρνητικού πόλου (Pb-CaCO₃), είναι σημαντική τόσο στα ιζήματα της λεκάνης του κόλπου, όσο και στα ιζήματα των παράκτιων περιοχών του κόλπου των Αντικύρων (Εικ. 3α).

Ο παράγων 2 εκφράζει το 22,5% της ολικής διακύμανσης και χαρακτηρίζεται ως παράγων της Μη-οξειδιακής φάσης, εξαιτίας των υψηλών φορτίσεων των μετάλλων Mn-Co-Cu-Al-Zn (Πίνακας 4).



Εικ. 3. Επιφανειακή κατανομή της επίδρασης (α) του παράγοντα 1, (β) του παράγοντα 2, (γ) του παράγοντα 3, (δ) του παράγοντα 4 και (ε) του παράγοντα 5.

Τα μέταλλα Co-Cu-Zn έχει διαπιστωθεί ότι σχετίζονται με τη Μη-οξειδιακή φάση (Gibbs 1973, Perhac 1974a, b, Murray and Dillard 1979, Rosenthal et al 1986) και συνήθως συγκροτούν με το Μη ένα στατιστικά σημαντικό παράγοντα (Coward and Cronan 1987, Shankar et al 1987). Η θετική φόρτιση που παρουσιάζει το Al στον παράγοντα αυτό, είναι πιθανώς αποτέλεσμα της οξειδιακής κάλυψης (coating) των αργιλικών ορυκτών με τα Μη-υδροξειδία.

Ο παράγων αυτός είναι ανάλογος του τρίτου παράγοντα της προηγούμενης παραγοντικής ανάλυσης. Η σημαντικά υψηλότερη φόρτιση (0.93) του μετάλλου Co στον παράγοντα αυτό, έναντι της φόρτισης του (-0.05) στον αντίστοιχο υδροξειδιακό παράγοντα της προηγούμενης ανάλυσης, οφείλεται στην απουσία της επίδρασης των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος.

Η επίδραση του Μη-υδροξειδιακού παράγοντα είναι σημαντική στα φυτικά ιζήματα της λεκάνης του κόλπου και στην πλαγιά δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά, περιοχή όπου έχουν διαπιστωθεί οι υψηλότερες τιμές των λόγων Co/Al, Cu/Al και Zn/Al (Εικ. 3β).

Ο παράγων 3 εκφράζει το 11,6% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 3) και παρουσιάζει υψηλή αρνητική φόρτιση (-0.87) αποκλειστικά στο στοιχείο Pb (Πίνακας 4). Ο παράγων αυτός δεν ανιχνεύθηκε από την προηγούμενη παραγοντική ανάλυση εξαιτίας της στενής σχέσης του Pb με την ερυθρά ιλύ.

Η απουσία συσχέτισης του Pb με τις κυρίαρχες χημικές φάσεις των αργιλικών ορυκτών και των Μη-υδροξειδίων καθώς και η κυρίαρχη παρουσία σε αυτόν τον παράγοντα, υποδηλώνει την πιθανή σχέση του Pb με το οργανικό υλικό (organic substances). Τα μεταλλικά κατιόντα προσροφούνται στη γενικά αρνητικά φορτισμένη οργανική ύλη είτε φυσικά είτε με χημικούς δεσμούς (Saxby 1969, Krauskopf 1955).

Η προρόφηση του Pb στην οργανική ύλη έχει διαπιστωθεί από πολλούς ερευνητές (Jonasson 1977, Hildebrand and Blum 1974).

Ο παράγων 4 εκφράζει το 5,4% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 4) και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στο Fe και χαμηλότερες φορτίσεις στο Ni, Pb και CaCO₃ (Πίνακας 5). Ο παράγων αυτός είναι παράγων υδροξειδίων του Fe (μαγνητίτης Fe₃O₄, αιματίτης Fe₂O₃, γκαιτίτης α-FeOOH). Οι θετικές φορτίσεις Ni και Pb στον παράγοντα αυτό, οφείλεται στη στενή σχέση των μετάλλων αυτών με την Fe-οξειδιακή φάση (Cronan 1969, Chester and Aston 1976).

Η παρουσία θετικής φόρτισης του CaCO₃ στον παράγοντα της Fe-υδροξειδιακής φάσης, είναι σπάνια, επειδή συνήθως διαπιστώνεται σχέση αντιπάθειας μεταξύ CaCO₃ και μετάλλων. Η σπουδαιότητα της προσρόφησης μετάλλων (κυρίως Zn, Cd, Co και Pb) από τα ανθρακικά, διαπιστώθηκε σταδιακά από πολλούς ερευνητές (Suess 1973, Deyrer et al 1978, Salomons and Mook 1978, Jenne 1976).

Οξειδία του Fe φτωχά κρυσταλλόμενα όπως ο αιμοσίτης (hematite) και ο γκαιτίτης (goethite) έχει διαπιστωθεί ότι καλύπτουν (coating) κόκκους άμμου ή πηλού με μορφή οξειδιακής μεμβράνης (oxide film) (Forstner & Wittman 1983). Ο παραπάνω μηχανισμός είναι πιθανώς υπεύθυνος για τη συσχέτιση CaCO₃ με τον παράγοντα της Fe-οξειδιακής φάσης. Η άποψη αυτή ενισχύεται από τη σημαντική επίδραση του παράγοντα.

γοντα αυτού (Εικ. 3 δ), όχι μόνο σε δείγματα φυσικής λύσης της κεντρικής λεκάνης του Κορινθιακού κόλπου, αλλά και σε ιζήματα κοντά στις ακτές του κόλπου των Αντικύρων όπου κυριαρχεί το ανθρακικό κλάσμα και τα οποία έχουν ελαφρά ερυθρά απόχρωση. Επιπλέον η διαπίστωση του M. Nanke (1973), ότι η απορριπτόμενη, στη Β. Θάλασσα, ερυθρά λύ δημιούργησε καφέ χρώματος υδροξειδία Fe πάνω στην επιφάνεια κόκκων άμμου, βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με το χαρακτήρα του Fe-οξειδιακού παράγοντα αυτής της ανάλυσης.

Ο παράγων 5 εκφράζει το 4,5% της ολικής διακύμανσης και χαρακτηρίζεται ως ανθρακικός παράγων, όπως δηλώνει η υψηλή θετική φόρτιση που παρουσιάζει το CaCO_3 (Πίνακας 4).

3.2. Ανάλυση Επιφανειών Τάσης

Η προσαρμογή των υπολογισθέντων πολυωνυμίων στις συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων (Fe- Ni- Co- Pb- Al- Mn- Zn- Cu- Carb) είναι ικανοποιητική και ο συντελεστής προσαρμογής τους (coefficient of determination, c.d) κυμαίνεται από 8,76% έως 32,86% για τις επιφάνειες πρώτου βαθμού, με σαφή τάση αύξησης καθώς αυξάνεται ο βαθμός του πολυωνύμου (Πίνακας 5).

Πίνακας 5

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ (c.d)				
	1ου Βαθμού	2ου Βαθμού	3ου Βαθμού	4ου Βαθμού
Fe_2O_3	13.99	18.03	36.04	57.78
Ni	9.64	14.99	35.18	60.58
Co	8.76	17.81	32.09	—
Pb	18.76	24.53	40.88	—
Al	11.00	15.97	27.68	—
Mn	30.13	51.17	70.75	77.16
Zn	32.86	37.80	66.90	—
Cu	32.18	38.30	50.54	—
Carb.	17.82	36.46	37.95	42.7

Οι τιμές των συντελεστών c.d για τις επιφάνειες τάσης πρώτου, δευτέρου και τρί-
 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

του βαθμού όλων των μετάλλων, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι επιφανειακές κατανομές τους είναι αξιοσημείωτα διαφορετικές από τις τυχαίες (Howarth 1967). Ο ρυθμός αύξησης των συντελεστών από την πρώτου έως την τετάρτου βαθμού επιφάνεια τάσης, διακρίνει τις επιφανειακές κατανομές των μετάλλων σε τρεις ομάδες (α) Fe-Ni-Co-Pb-Al (β) Mn-Zn-Cu και (γ) ανθρακικά.

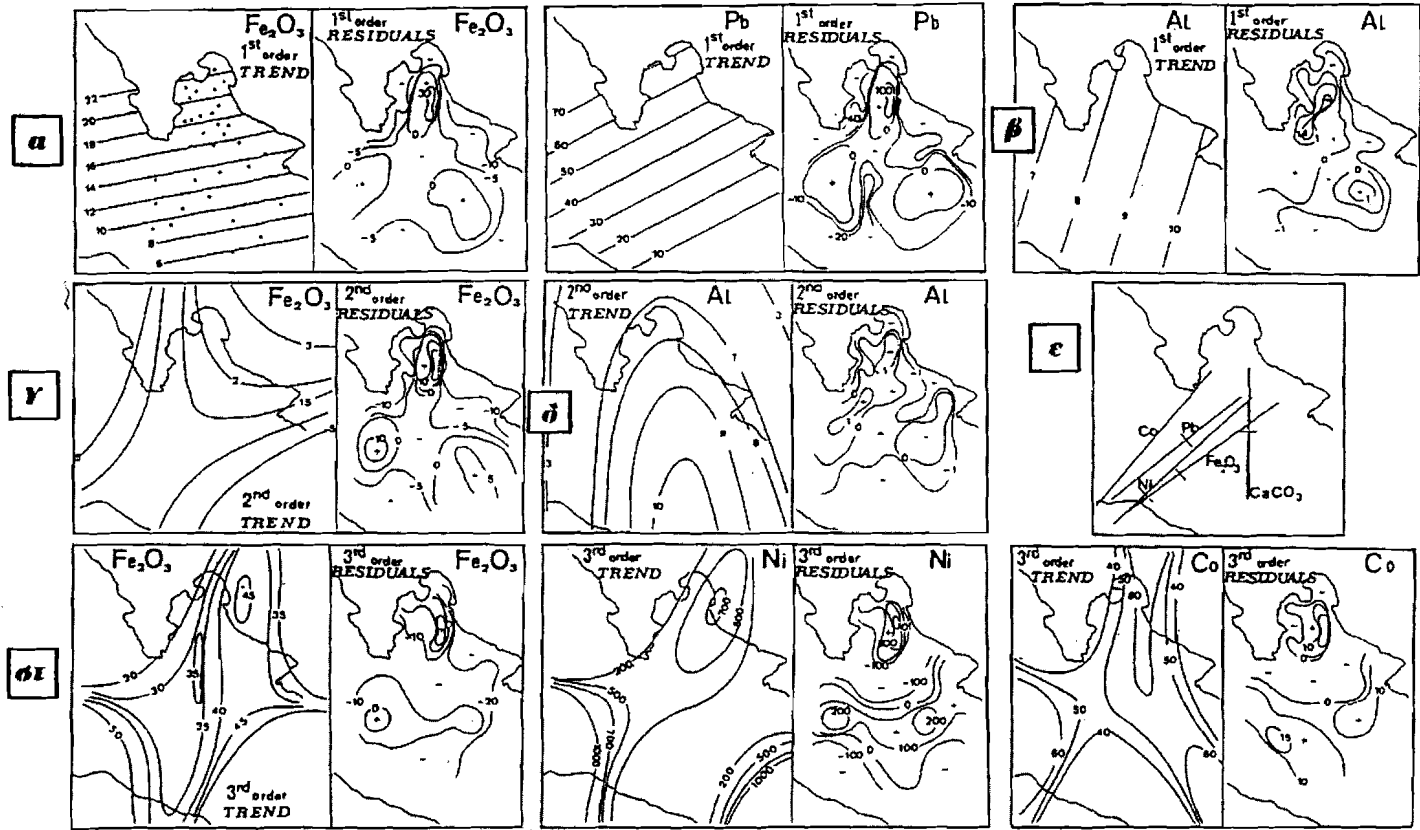
3.2.1. Επιφάνειες τάσης Fe-Ni-Co-Pb-Al

Η μελέτη των επιφανειακών κατανομών των αποκλίσεων (residuals) των επιφανειών πρώτου βαθμού, έδειξε την παρουσία τριών τοπικών θετικών ανωμαλιών στις ίδιες θέσεις για τα μέταλλα Fe-Ni-Co-Pb (Εικ. 4α,β). Οι δύο κύριες θετικές ανωμαλίες παρουσιάζονται στην περιοχή της κύριας μάζας της ερυθράς ιλύος και στο δυτικό τμήμα της κεντρικής λεκάνης του κόλπου αντίστοιχα, και σχετίζονται με επιφανειακές υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος. Η τρίτη θετική ανωμαλία δεν σχετίζεται με παρουσία αποθέσεων ερυθράς ιλύος και ανιχνεύεται στην πλαγιά δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά.

Οι επιφάνειες τάσης δευτέρου βαθμού και οι αντίστοιχες κατανομές αποκλίσεων για τα μέταλλα Fe-Ni-Co-Pb παρουσιάζουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τις αντίστοιχες του πρώτου βαθμού (Εικ. 4γ). Οι επιφάνειες τάσης τρίτου βαθμού, έχουν συντελεστές c.d από 27,68% έως 40,88% και παρουσιάζουν σημαντική ομοιότητα με τις επιφανειακές κατανομές των αντιστοιχών μετάλλων (Εικ. 4στ), στοιχείο που προσδίδει επιπλέον στατιστική αξιοπιστία στην ανάλυση. Η μελέτη των κατανομών των αποκλίσεων τρίτου βαθμού οδηγεί σε μία διάκριση του Fe από τα μέταλλα Ni-Co-Pb (Εικ. 4στ). Η κατανομή των αποκλίσεων του Fe παρουσιάζει δύο θετικές ανωμαλίες άμεσα σχετιζόμενες με την ερυθρά ιλύ, ενώ τα υπόλοιπα μέταλλα διατηρούν την τρίτη θετική ανωμαλία η οποία είναι ανεξάρτητη της παρουσίας της ερυθράς ιλύος (Εικ. 4στ).

Η θετική ανωμαλία των Ni-Co-Pb, που διαπιστώνεται δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά (Εικ. 4στ), βρίσκεται σε συμφωνία με τη γεωγραφική επίδραση του πρώτου και δεύτερου παράγοντα (παραγοντική ανάλυση φυσικών ιζημάτων), οι οποίοι εκφράζουν την παρουσία των Ni-Co-Pb στα αργιλικά ορυκτά και τη Μη-υδροξειδιακή φάση αντίστοιχα (Εικ. 3α,β).

Η επιφανειακή κατανομή του Al ενώ εντάσσεται από άποψη μεταβολής του c.d στην ομάδα αυτή, παρουσιάζει διαφορετική κατανομή αποκλίσεων (Εικ. 4δ). Η τρίτη σε σπουδαιότητα θετική ανωμαλία που διαπιστώθηκε στις κατανομές των Ni-Co-Pb, και είναι ανεξάρτητη της ερυθράς ιλύος, αναδεικνύεται κύρια ανωμαλία στην κατανομή αποκλίσεων του Al (Εικ. 4δ). Το στοιχείο αυτό δηλώνει ότι η ερυθρά ιλύς ελέγχει ασθενέστερα την κατανομή του Al από ότι ελέγχει τις αντίστοιχες κατανομές των Fe-Ni-Co-Pb. Αυτό βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τα αποτελέσματα της πρώτης παραγοντικής ανάλυσης (ερυθρά και φυσικά ιλύς), όπου το Al παρουσιάζει υψηλότερη φόρτιση (0.78) στον αργιλικό παράγοντα από αυτή (0.49) που παρουσιάζει στον παράγοντα της ερυθράς ιλύος (Πίνακας 2).



Εικ. 4. Επιφάνειες τάσης και οι αντίστοιχες επιφανειακές κατανομές των αποκλίσεων:
 (α), (β) 1ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Fe_2O_3 , Pb & Al, (γ), (δ) 2ου βαθμού
 επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Fe_2O_3 & Al, (ε) άξονες των 2ου βαθμού επιφανειών τάσης των Fe_2O_3 , Ni, Co, Pb & $CaCO_3$
 και (στ) 3ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Fe_2O_3 , Ni & Co.

3.2.2. Επιφανειακές τάσεις Mn-Zn-Cu

Οι επιφανειακές τάσεις πρώτου βαθμού των μετάλλων Mn-Zn-Cu παρουσιάζουν συντελεστές c.d που κυμαίνονται από 30,31% έως 32,86% (Πίνακας 5). Οι υψηλότεροι συντελεστές προσαρμογής των μετάλλων έναντι αυτών της προηγούμενης ομάδας, δηλώνουν ότι οι επιφανειακές κατανομές των Mn-Zn-Cu εκφράζονται καλύτερα από το πολυώνυμο πρώτου βαθμού και αυτό εξαιτίας της μικρότερης ανάπτυξης τοπικών ανωμαλιών (Εικ. 5α).

Οι κατανομές αποκλίσεων πρώτου, δευτέρου και τρίτου βαθμού, χαρακτηρίζονται από την κυρίαρχη παρουσία μίας θετικής ανωμαλίας, ανεξάρτη της ερυθράς ιλύος, δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά. Η γεωγραφική θέση της ανωμαλίας συσχετίζεται απόλυτα με τη γεωγραφική επίδραση του παράγοντα της Mn-υδροξειδιακής φάσης. Οι κατανομές των αποκλίσεων του Mn-Zn παρουσιάζουν αρνητικές ανωμαλίες στις περιοχές απόθεσης της ερυθράς ιλύος, τόσο στην κύρια μάζα της όσο και στην παρουσία της στην κεντρική λεκάνη του κόλπου (Εικ. 5α, β, γ, δ). Αντίθετα, στην κατανομή αποκλίσεων του Cu, οι περιοχές απόθεσης της ερυθράς ιλύος παρουσιάζονται ως θετικές ανωμαλίες, δηλώνοντας την αυξημένη επίδραση της ερυθράς ιλύος στη διαμόρφωση των κατανομών του Cu συγκριτικά με αυτές των Mn και Zn (Εικ. 5δ).

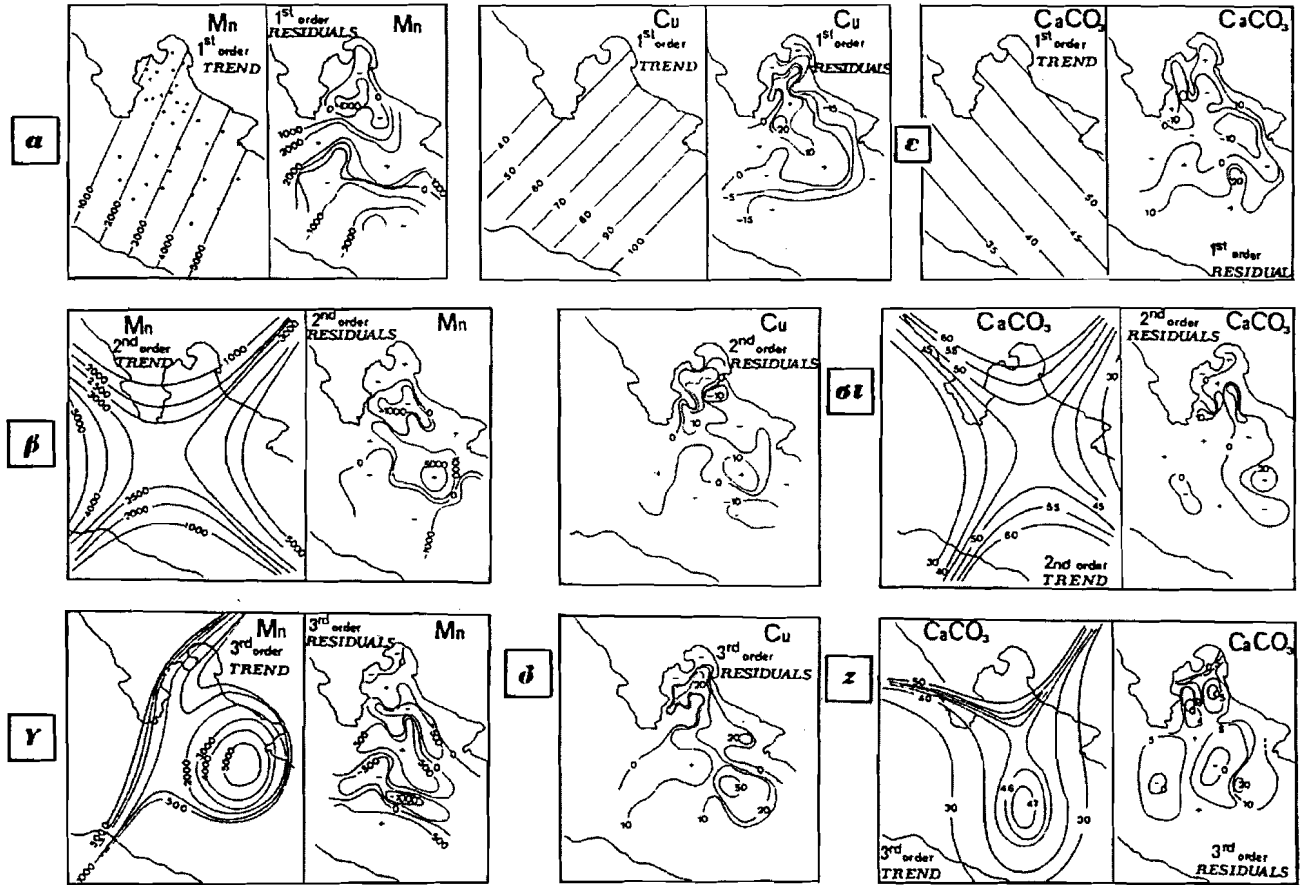
3.2.3. Επιφανειακή τάση ανθρακικών

Οι επιφάνειες τάσης πρώτου, δευτέρου και τρίτου βαθμού των ανθρακικών διαφέρουν από τις αντίστοιχες επιφάνειες των υπολοίπων στοιχείων (Εικ. 5ε, στ, ζ). Ιδιαίτερα στην επιφάνεια δευτέρου βαθμού, όπου είναι δυνατόν ο υπολογισμός του άξονά της, διαπιστώνεται μία διεύθυνση Β-Ν, έναντι της ΒΑ-ΝΔ-ικής και Α-Δ-ικής διεύθυνσης των αξόνων των υπολοίπων στοιχείων (Εικ. 4ε).

Η κατανομή των αποκλίσεων του τρίτου βαθμού παρουσιάζει καλά ανεπτυγμένες θετικές ανωμαλίες ΝΔ του Ακρ. Βελανιδιά και δυτικά του Ακρ. Πάγκαλου, κοντά στις ακτές (Εικ. 5ζ). Οι αποθέσεις της ερυθράς ιλύος τόσο στην κύρια μάζα της όσο και στην κεντρική λεκάνη του κόλπου, προκαλούν ασθενείς αρνητικές ανωμαλίες, στοιχείο που δηλώνει την ασθενή επίδραση της ερυθράς ιλύος στη διαμόρφωση της κατανομής των ανθρακικών (Εικ. 5ζ).

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ II: Απόρριψη μεταλλουργικής σκωρίας στο Β. Ευβοϊκό κόλπο.

Μεταλλουργική σκωρία απορρίπτεται στο Β. Ευβοϊκό κόλπο επί 14 χρόνια, από το μεταλλουργικό εργοστάσιο Fe-Ni της ΛΑΡΚΟ Α.Ε. Η σκωρία απορρίπτεται στην επιφάνεια της θάλασσας με φορτηγίδα, με ρυθμό 6 τόννους/ημερησίως, και σε μια περιοχή όπου το βάθος της θάλασσας κυμαίνεται από 60 έως 85 m (Εικ. 6). Οι υποθαλάσσιες αποθέσεις της σκωρίας έχουν μέγιστο πάχος 16 cm και καλύπτουν μία έκταση πυθμένα 28.5 Km² (Εικ. 6) (Βουτσίνου 1988). Οι χημικές αναλύσεις δειγμάτων από την υποθαλάσσια απόθεση της σκωρίας και των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων, έδειξε ότι η σκωρία παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις Fe-Cr-Ni-Co-Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.



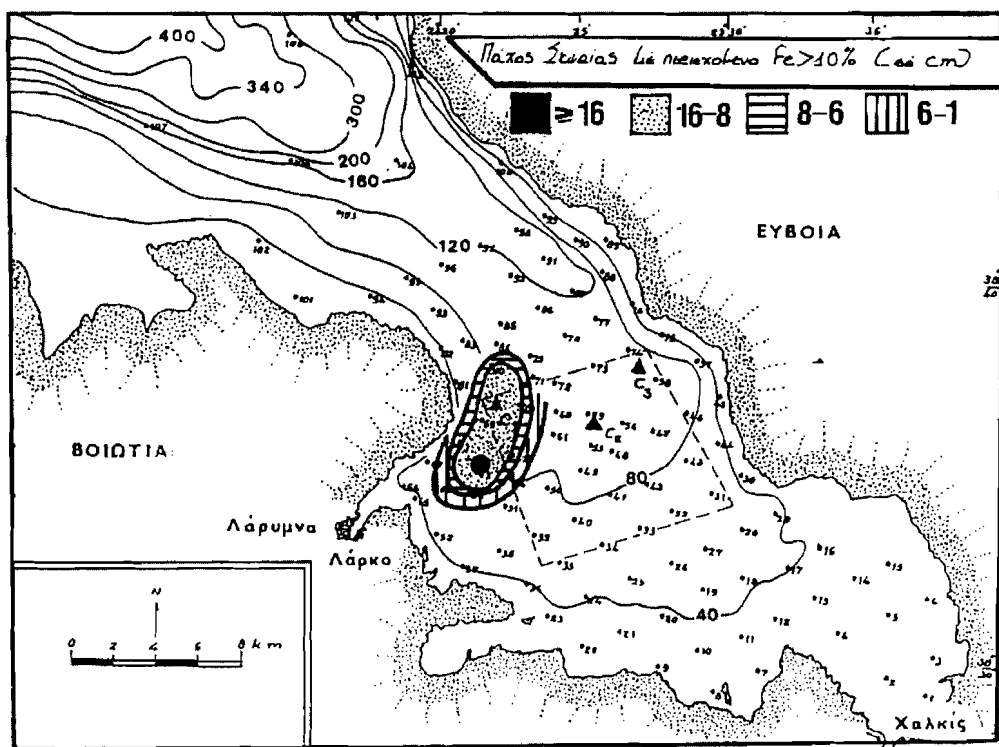
Εικ. 5. Επιφάνειες τάσης και οι αντίστοιχες επιφανειακές κατανομές των αποκλίσεων: (α), (ε) 1ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Mn, Cu & CaCO₃, (β), (στ) 2ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Mn, Cu & CaCO₃. (γ), (δ), (ζ) 3ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Mn, Cu & CaCO₃. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Γεωγραφίας Σ. Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Mn-Zn-Al έναντι της σκωρίας πριν την απόρριψή της και έναντι των φυσικών ιζημάτων του κόλπου (Βουτσίνου 1988).

4.1. Παραγοντική ανάλυση

Η εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης στα γεωχημικά δεδομένα των υποθαλάσσιων αποθέσεων σκωρίας και των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων στο Β. Ευβοϊκό κόλπο (Βουτσίνου 1988), οδήγησε σε ένα τετραμελές παραγοντικό μοντέλο. Το παραγοντικό μοντέλο ερμηνεύει το 92,5% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και εκφράζει ικανοποιητικά όλες τις μεταβλητές (Πίνακας 6).

Ο παράγων 1 εκφράζει το 59,9% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στα μέταλλα Fe-Cr-Al-Mn-Zn-Co-Ni (Πίνακας 6).



Εικ. 6. Χάρτης κατανομής παχών της υποθαλάσσιας απόθεσης σκωρίας στο βόρειο Ευβοϊκό κόλπο (τροποποίηση από Βουτσίνου, 1988).

Ο παράγων αυτός είναι παράγων μεταλλουργικής σκωρίας, του οποίου η γεωγραφική επίδραση βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τη γεωγραφική εξάπλωση της σκωρίας στον πυθμένα του Ευβοϊκού κόλπου (Εικ. 6,7α).

Ο παράγων 2 εκφράζει το 19,8% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στο $CaCO_3$ και στο Pb (Πίνακας 7). Ο παράγων αυτός μπορεί να

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

χαρακτηρισθεί ως ανθρακικός παράγων, ενώ η συσχέτιση του Pb με το ανθρακικό κλάσμα έχει ανιχνευθεί στατιστικά και στα ιζήματα του κόλπου των Αντικύρων (αρνητικός πόλος 1ου παράγοντα), και πιθανώς οφείλεται στην προσρόφηση του Pb από τον ασβεστίτη ή την ισομορφική αντικατάσταση του Ca στον ασβεστίτη ($PbCO_3$)

Πίνακας 6

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ R-ΤΥΠΟΥ					
Μεταβλητή	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communalality)	Παράγων	Ιδιοτιμή	Ποσοστό διακύμανσης	Αθροιστικό ποσοστό (%)
CaCO ₃	0.67115	1	5.98591	59.9	59.9
Fe	0.98839	2	1.98015	19.8	79.7
Cr	0.97309	3	0.84266	8.4	88.1
Ni	0.92495	4	0.44093	4.4	92.5
Mn	0.78276	5	0.37238	3.7	96.2
Zn	0.76232	6	0.19307	1.9	98.2
Co	0.97917	7	0.10949	1.1	99.2
Cu	0.46010	8	0.04407	0.4	99.7
Pb	0.74830	9	0.02405	0.2	99.9
Al	0.95039	10	0.00730	0.1	100.0

(Emelyanov and Shimkus, 1983). Η γεωγραφική επίδρασή του είναι σημαντική κατά μήκος των ακτών της Στερεάς Ελλάδος, αποτέλεσμα της αποσάθρωσης των παρακείμενων ασβεστολίθων (Εικ. 7β).

Ο παράγων 3 εκφράζει το 8,4% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πίνακας 7) και παρουσιάζει υψηλές φορτίσεις στα μέταλλα Ni και Co, τα οποία παρουσιάζουν επίσης υψηλές φορτίσεις στον πρώτο παράγοντα. Η περιοχή της ισχυρότερης επίδρασης του τρίτου παράγοντα συγκριτικά με την αντίστοιχη του πρώτου παράγοντα, είναι μετατοπισμένη προς τα νοτιοανατολικά (Εικ. 7α, γ, ε). Τα παραπάνω δηλώνουν ότι ο τρίτος παράγων είναι ενδεικτικός της ανάπτυξης διεργασίας διαχωρισμού των μετάλλων Ni και Co από την κύρια απόθεση της σκωρίας. Η Βουτσίνου (1988) υποστηρίζει ότι η παρουσία μεγίστων συγκεντρώσεων Ni νοτιοανατολικά της κύριας απόθεσης της σκωρίας, είναι αποτέλεσμα είτε της σύνδεσής του με συγκεκριμένο μέγεθος κόκκων είτε ιζηματολογικών διεργασιών. Ως ιζηματολογικές διεργασίες αναφέρει την πιθανή απελευθέρωση του Ni από τη σκωρία μετά τη διάβρωσή της από το θα-

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφραστός - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Πίνακας 7

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (VARIMAX ROTATION)					
Μεταβλητή /Παράγων	1	2	3	4	Κοινή παραγοντική διακύμανση
CaCO ₃	0.14164	0.84644	0.00785	-0.30888	0.83199
Fe	0.92221	-0.01485	0.36034	-0.01941	0.98091
Cr	0.95884	-0.07708	0.20377	-0.06096	0.97055
Ni	0.60328	-0.05397	0.78394	0.07411	0.98691
Mn	0.84131	-0.08806	0.24564	0.20584	0.81827
Zn	0.77917	0.31893	0.14753	0.32946	0.83913
Co	0.76669	-0.01079	0.62307	0.08479	0.98334
Cu	0.12165	-0.27655	0.05584	0.92236	0.94514
Pb	-0.22884	0.93455	-0.05618	-0.03162	0.92991
Al	0.95124	-0.17857	0.15623	0.04826	0.963

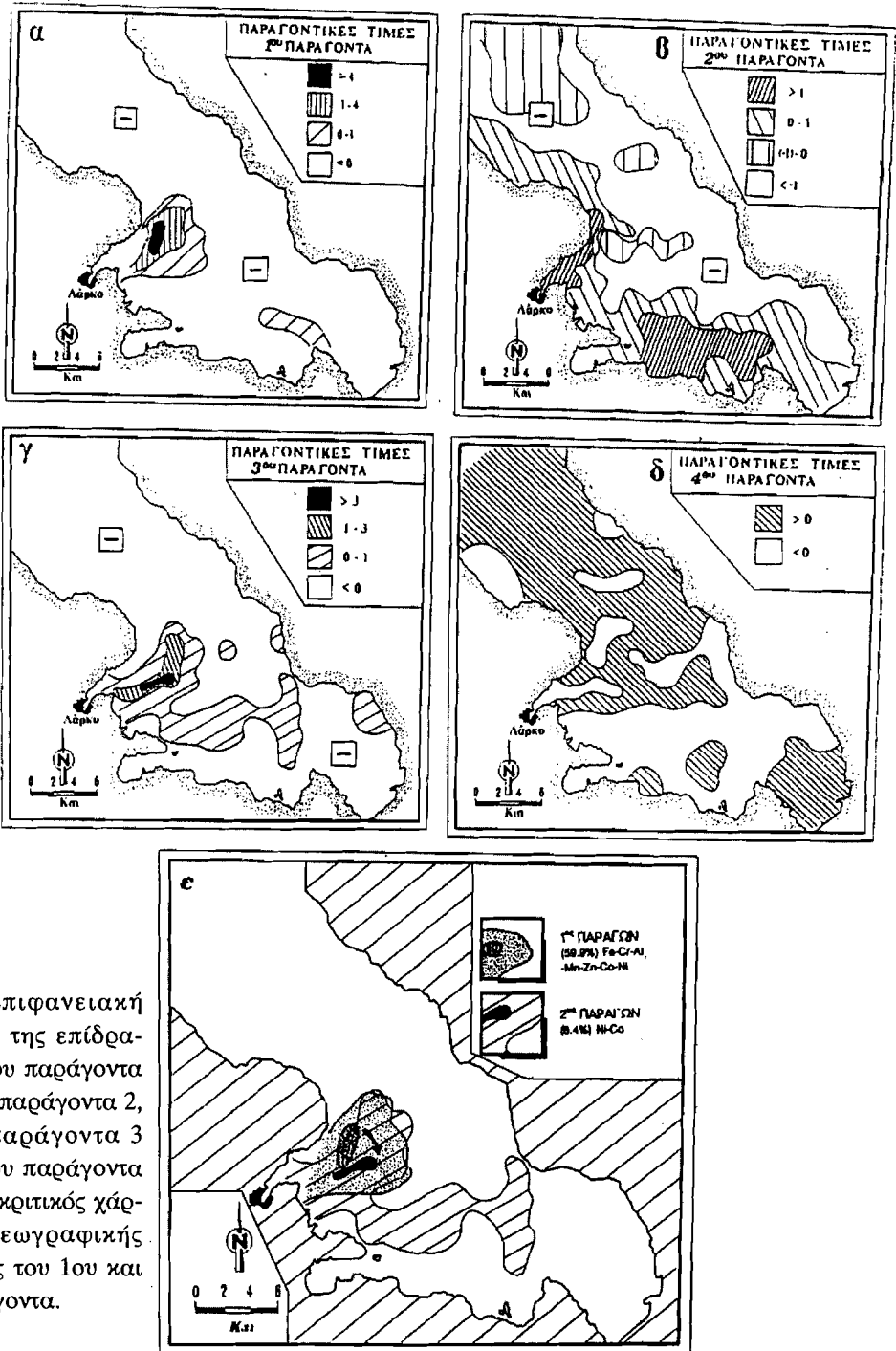
λασσινό νερό, και την επανασυσσωμάτωσή του στο αιωρούμενο μεταλλοφόρο υλικό με προσρόφησή του στο νεοσχηματιζόμενο Fe(OH)₃. Το αιωρούμενο υλικό μεταφέρεται από τη δράση ρευμάτων προς τα νοτιοανατολικά, όπου και αποτίθεται (Βουτσίνου 1988). Ο χαρακτήρας του παράγοντα αυτού, προτείνει ότι το Co παρουσιάζει παρόμοια γεωχημική συμπεριφορά με αυτή του Ni.

Ο παράγων 4 εκφράζει το 4,4% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 7) και εκφράζει την κατανομή του Cu στον Β. Ευβοϊκό κόλπο (Εικ. 7δ).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή μεθόδων πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης σε χημικές αναλύσεις μεταλλοφόρων αποθέσεων μεταλλευτικών αποβλήτων και παρακειμένων φυσικών ιζημάτων, έδειξε ότι η αποτελεσματικότητα και η στατιστική αξιοπιστία τους αυξάνεται σημαντικά, όταν εφαρμόζονται με κατάλληλο τρόπο και συνδυαστικά μεταξύ τους.

Η παραγοντική ανάλυση R-τύπου εφαρμόστηκε συγκριτικά στα δεδομένα χημικών αναλύσεων των υποθαλάσσιων αποθέσεων της βωξιτικής ερυθράς ιλύος και των παρακειμένων φυσικών ιζημάτων, ενώ απλή εφαρμογή της αναπτύχθηκε στις χημικές



Εικ.7. Επιφανειακή κατανομή της επίδρασης (α) του παράγοντα 1, (β) του παράγοντα 2, (γ) του παράγοντα 3 και (δ) του παράγοντα 4. (ε) Συγκριτικός χάρτης της γεωγραφικής επίδρασης του 1ου και 3ου παράγοντα.

αναλύσεις υποθαλασσιών αποθέσεων μεταλλουργικής σκωρίας στον Ευβοϊκό κόλπο. Η ανάλυση επιφανειών τάσης αναπτύχθηκε στις υποθαλάσσιες αποθέσεις ερυθράς ιλύος και παρακείμενων φυσικών ιζημάτων.

Για τη συγκριτική εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης, αυτή αναπτύχθηκε κατά πρώτον στις χημικές αναλύσεις αποθέσεων ερυθράς και φυσικής ιλύος (Πίνακας 1, 2) και κατά δεύτερον στις χημικές αναλύσεις αποκλειστικά των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων (Πίνακας 3, 4). Η κυρίαρχη παρουσία των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος στον πίνακα των δεδομένων, μείωσε την αποτελεσματικότητα της πρώτης παραγοντικής ανάλυσης, αποκαλύπτοντας επιπλέον του παράγοντα της ερυθράς ιλύος, τρεις παράγοντες (Πίνακας 1, 2 και 8). Η ανάλυση δεν δίνει σημαντικές πληροφορίες για το χαρακτήρα των τριών αυτών παραγόντων (Παράγων αργιλικών ορυκτών, Παράγων CaCO_3 , Παράγων Mn), όπως δηλώνουν οι χαμηλές τιμές των παραγοντικών φορτίσεων (Πίνακας 2). Η απομάκρυνση των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος και η εξάλειψη της «στατιστικής σκιάς» που αυτά δημιουργούσαν, είχε ως αποτέλεσμα την αποκάλυψη τριών νέων παραγόντων, (i) Παράγων 2 (Mn-οξειδιακή φάση), (ii) Παράγων 3 (Pb) και (iii) Παράγων 4 (επίδρασης ερυθράς ιλύος σε φυσικά ιζήματα), οι οποίοι παρουσιάζουν συνολική διακύμανση 39,5% (Πίνακας 8). Ο παράγων 4 είναι ιδιαίτερα σημαντικός διότι αποκαλύπτει μια διεργασία επίδρασης της ερυθράς ιλύος στα παρακείμενα φυσικά ιζήματα. Η διεργασία αυτή δεν κατέστη δυνατόν να ανιχνευθεί από την πρώτη παραγοντική ανάλυση.

Η απομάκρυνση των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος επέτρεψε επιπλέον την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά (α) στην παρουσία των κύριων χημικών φάσεων στα φυσικά ιζήματα, (β) στον τύπο δεσμού (bonding processes) μεταξύ μετάλλων και χημικών φάσεων και (γ) στη συμβολή του κάθε τύπου δεσμού στην παρουσία των μετάλλων στα φυσικά ιζήματα:

- (α) Τα Mn-οξείδια (Co-Cu-Zn-Ni) παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερη ικανότητα προσρόφησης μετάλλων από τα αντίστοιχα του Fe (Ni-Pb) (Πίνακας 8). Η πιο πάνω διαπίστωση είναι σύμφωνη με τη σειρά ικανότητας προσρόφησης ($\text{MnO}_2 > \text{Fe-οξείδια} > \text{αργιλικά ορυκτά}$) που προτάθηκε από τους Guy & Chakrabarti (1975).
- (β) Η παρουσία του Mn είναι κυρίως με τη μορφή της οξειδιακής φάσης (2ος παράγων, 22,5%) και λιγότερο συσχετισμένη με τα αργιλικά ορυκτά (πλέγμα/οξειδιακό κάλυμμα) (Πίνακας 8).
- (γ) Η εκλεκτική δέσμευση των διαφόρων μετάλλων από τα αργιλικά ορυκτά και τα Mn-Fe-οξείδια, είναι δυνατόν να ανιχνευθεί από τη μελέτη των φορτίσεων που προκύπτουν για κάθε παράγοντα (Πίνακας 4). Τα μέταλλα Ni, Zn σχετίζονται κύρια με τα αργιλικά ορυκτά, ενώ ο Cu σχετίζεται τόσο με τα αργιλικά όσο και με τη Mn-υδροξειδιακή φάση. Τα μέταλλα Ni, Zn και Cu είναι από τα πλέον χαρακτηριστικά μέταλλα που προσροφόνται στα αργιλικά ορυκτά (Soong 1974).
- (δ) Η σύγκριση των φορτίσεων του Fe-οξειδιακού και Mn-οξειδιακού παράγοντα, αποδεικνύει ότι ο Pb παρουσιάζει έλξη προς τη Fe-οξειδιακή φάση, τα μέταλλα Co, Cu και Zn προς τη Mn-οξειδιακή φάση, και το Ni παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά

έναντι των δύο φάσεων. Οι διαπιστώσεις αυτές είναι σε σημαντικό βαθμό σύμφωνες με τα αποτελέσματα χημικών αναλύσεων αιωρούμενου υλικού, σύμφωνα με τις οποίες τα μέταλλα Cr και Cu σχετίζονται με τα Mn-οξειδία ενώ το Ni και ο Pb με τα Fe-οξειδία.

Η γεωγραφική εξάπλωση της επίδρασης κάθε παράγοντα σε συνδυασμό με την κατανομή των αποκλίσεων, όπως προκύπτουν από την ανάλυση επιφανειών τάσης, δίνουν μια παραστατική εικόνα της κατανομής των μετάλλων και των παραγόντων που τις ελέγχουν:

- (α) Η επιφανειακή κατανομή του Fe στον κόλπο των Αντικύρων και του Κορινθιακού κόλπου, ελέγχεται σε πολύ υψηλό βαθμό από την παρουσία των υποθαλασσιών αποθέσεων της ερυθράς ιλύος, σε αντίθεση με αυτές των Ni-Co-Cu που ελέγχονται ασθενέστερα (τρίτου βαθμού επιφάνεια τάσης).
- (β) Η επιφανειακή κατανομή του Cu ελέγχεται τόσο από την παρουσία των υποθαλάσσιων αποθέσεων της ερυθράς ιλύος όσο και από την παρουσία των αργιλικών ορυκτών και της Mn-υδροξειδιακής φάσης (τρίτου βαθμού επιφάνεια τάσης)
- (γ) Η σημαντική παρουσία του Mn στην πλαγιά και τη λεκάνη του Κορινθιακού κόλπου δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά οφείλεται κυρίως στην παρουσία υδροξειδίων του Mn τα οποία είτε περικαλύπτουν αργιλικά ορυκτά είτε βρίσκονται υπό μορφή ξεχωριστών κόκκων (Chester and Aston 1976) και κατά δεύτερο λόγο σε θέσεις πλέγματος των αργιλικών ορυκτών.
- (δ) Η καλά ανεπτυγμένη περιοχή θετικών αποκλίσεων (τρίτου βαθμού επιφάνεια τάσης) των μετάλλων Ni-Co-Cu-Zn, που διαπιστώνεται στην πλαγιά και τη λεκάνη δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά, οφείλεται στην προσρόφησή τους από τη Mn-υδροξειδιακή φάση.

Τα παραπάνω αναφερθέντα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη συγκριτική εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης, και αναφέρονται στους τύπους των δεσμών μεταξύ μετάλλων και φυσικών ιζημάτων, είναι απαραίτητα για τη μελέτη της επίδρασης των βιομηχανικών αποβλήτων στα φυσικά ιζήματα του πυθμένα.

Η εφαρμογή της απλής παραγοντικής ανάλυσης στις χημικές αναλύσεις των υποθαλάσσιων αποθέσεων της σκωρίας στο Β. Ευβοϊκό κόλπο, ανίχνευσε μία διεργασία διαχωρισμού των μετάλλων Ni και Co από την κύρια απόθεση της σκωρίας. Η διεργασία αυτή εκφράζεται σε σημαντικό βαθμό τόσο στις συγκεντρώσεις των μετάλλων που περιέχονται στη σκωρία όσο και γεωγραφικά, και συνεπώς ανιχνεύεται εύκολα από την παραγοντική ανάλυση που εφαρμόστηκε σε δείγματα σκωρίας και παρακειμένων φυσικών ιζημάτων. Αντίθετα η ανίχνευση διεργασιών επίδρασης της ερυθράς ιλύος στα φυσικά ιζήματα επιτεύχθηκε με εφαρμογή παραγοντικής ανάλυσης αποκλειστικά στα φυσικά ιζήματα που περιβάλλουν τις αποθέσεις της ερυθράς ιλύος. Από τα παραπάνω αναδεικνύεται η αναγκαιότητα εφαρμογής της συγκριτικής παραγοντικής ανάλυσης σε τέτοιου τύπου περιβαλλοντικά προβλήματα, ώστε να εξαχθούν, κατά περίπτωση, συμπεράσματα και από τα δύο σκέλη εφαρμογής της.

Systems) είναι μέθοδοι αποθήκευσης και επανάκτησης (χρήσης) δεδομένων, τα οποία βρίσκονται σε δομημένη μορφή (σειρά επιπέδων πληροφόρησης) και σε συγκεκριμένη θέση και μπορούν έτσι να υποστούν επεξεργασία με διάφορους τρόπους. Οπου η επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων γίνεται κυρίως με ψηφιακές μεθόδους, τότε ένα GIS θεωρείται ότι είναι «αυτοματοποιημένο» (Aalders, 1980).

Οι θεμελιώδεις λειτουργίες ενός Σ.Γ.Π. είναι να συγκεντρώσει, να ελέγξει, να συνδέσει μεταξύ τους (intergrate) και να αναλύσει πληροφορίες σχετικά με την επιφάνεια της γης (Young, 1986). Τα Σ.Γ.Π. αν και χρησιμοποιούνται κυρίως με την επιφάνεια της γης και την διαχείριση -προστασία των φυσικών διαθεσίμων της, χρησιμοποιούνται επίσης και σε σχεδιασμούς σχετικούς με την ανάπτυξη της κυκλοφορίας, του εμπορίου και των στρατιωτικών δραστηριοτήτων μιας περιοχής. Επίσης τα Σ.Γ.Π. χρησιμοποιούνται στις γεωλογικές χαρτογραφήσεις, στην αυτόματη φωτογραμμετρία, στη χαρτογράφηση - κατασκευή του κτηματολογίου, στη χαρτογράφηση χρήσης γης, γεωδαιτική χαρτογράφηση, χαρτογράφηση πληθυσμών, σε περιβαλλοντικές μελέτες, για την χάραξη δρόμων κ.α. (Young, 1986).

Οι γεωγράφοι, για να καθορίσουν τη «χωρική» (spatial) συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων στοιχείων (δεδομένων) του αναγλύφου, συγκρίνουν συνήθως θεματικούς χάρτες (Σχ. 3) και πληροφορίες από την ύπαιθρο. Τα τελευταία χρόνια συγκρίνουν και στοιχεία από εικόνες τηλεπισκόπησης (αερ/φίες, δορυφορικές εικόνες) της ίδιας περιοχής, όπου αυτά είναι διαθέσιμα. Για να επιτευχθεί η ερμηνεία, τα χωρικά δεδομένα (σε μορφή σημείου, γραμμής, επιφάνειας ή τρισδιάστατης μορφής) είτε αλληλεπιτίθενται (π.χ. τα όρια των αγροκτημάτων υπερτοποθετούνται (overlaid) πάνω στις αερ/φίες) ή συνδυάζονται χαρτογραφικά (π.χ. ο γεωλογικός ή εδαφολογικός χάρτης υπερτοποθετείται και εκτυπώνεται πάνω σε ένα τοπογραφικό χάρτη). Αυτή η διεργασία είναι ικανοποιητική μέχρι ένα αριθμό χωρικών δεδομένων (μέγιστο 2-3). Ο συνδυασμός μεγαλύτερου αριθμού χωρικών δεδομένων «έπρεπε να περιμένει» μέχρι την δεκαετία του '70, όπου η αλματώδης ανάπτυξη των Η/Υ (μνήμη και ισχύ) επέτρεψε τη σύνδεση και επεξεργασία οποιουδήποτε χωρικού δεδομένου, το οποίο μπορεί να καταγράφεται με γεωγραφικές συντεταγμένες (Curran 1986). Αυτή η διεργασία αποτελείται από τρία τμήματα: α) την κωδικοποίηση των δεδομένων (data encoding), β) τη διαχείριση δεδομένων (data management) και γ) την επεξεργασία δεδομένων (data manipulation).

Πριν τα χωρικά δεδομένα ψηφιοποιηθούν πρέπει να διασπαστούν σε μικρά «πολύγωνα» ή μονάδες διανυσμάτων (grid units, arrays of vectors). Τα πολύγωνα αυτά, που δημιουργούνται στην τράπεζα του ψηφιοποιητή, πρέπει να λαμβάνονται (κατασκευάζονται) όσο το δυνατό πιο μικρά και ανόμοια, για να ταιριάζουν στην επιφάνεια της γης, όπως είναι τα όρια των γεωμορφολογικών, εδαφολογικών, γεωλογικών και λοιπών ενοτήτων ή διοικητικών ορίων.

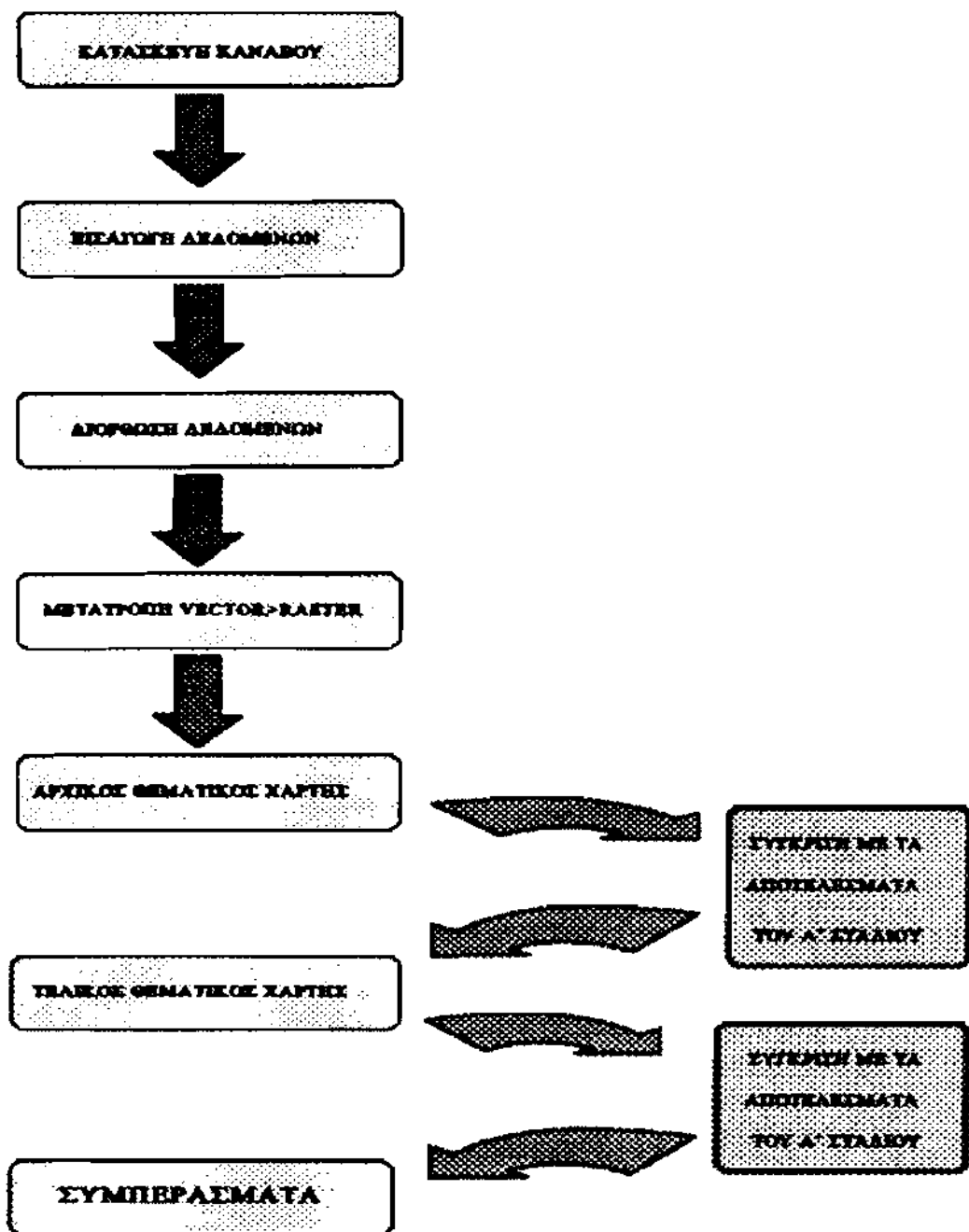
Το πλέγμα (grid) ή τετράγωνο κανάβου είναι η πιο γνωστή μονάδα για να αποθηκευθεί στη μνήμη του Η/Υ, να υποστεί επεξεργασία και να λάβει οποιαδήποτε διάσταση. Μπορεί να είναι ένα τετράγωνο 10 X 10 Km, για μικρή κλίμακα γεωλογικές - περιβαλλοντικές μελέτες, μέχρι ένα τετράγωνο / ορθογώνιο 29 X 29 m, που είναι το

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aleksandrov I.V., and Solov'yena N.V. (1986): Effects of some factors on rare-element and heavy metal distributions in granitoids. *Geokhimiya*, v. 6, pp. 787-795.
- Βουτσίνου-Ταλιαδούρη Φ. (1988): Γεωχημική μελέτη ιζημάτων του Β. Ευβοϊκού κόλπου. Διδακτορική διατριβή σελ. 267, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Cameron E.M. (1968): A geochemical profile of the Swans Hills Reef. *Can. J. Earth. Sci* v. 5, pp. 278-309.
- Chapman R.P. (1978): Evaluation of some statistical methods of interpreting multi-element geochemical drainage. Data from New Brunswick. *Mathematical geology*. v. 10, No 2, pp. 195-223.
- Chester R. and Aston S.R. (1976): The geochemistry of deep-sea sediments. In: *Chemical Oceanography*. Riley J.P, Chester R. (eds) London: Academic Press. pp. 281-390.
- Coward N. and Cronan D.S. (1987): A geostatistical evaluation of geochemical data in regard to bedrock and placer mineral exploration in the S.W Pacific. *Marine Mining* v. 6, pp. 205-221.
- Cronan D.S. (1969): Inter-element associations in some pelagic deposits. *Chemical Geology* v. 5, pp. 99-106.
- Cronan D.S. (1980): *Underwater Minerals*. London. Academic Press. 362 p.
- Davis J.C. (1987): *Statistics and data analysis in geology* 2nd ed. John Wiley & Sons, New York, 656 p.
- Dawson K.M. and Sinclair A.J (1974): Factor analysis of minor element data for Pyrites, Endako Molybdenum Mine, British Columbia Canada. *Economic Geology* v. 69, pp. 401-411.
- Deuer R. Forstner U. and Schmoll G. (1978): Selective chemical extraction of carbonate-associated trace metals in recent lacustrine sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* v. 42, pp. 425-427.
- Doyle L.J and Feldhansen P.H (1981): Bottom sediments of the Eastern Gulf of Mexico examined with traditional and multivariate statistical methods. *Mathematical Geology* v. 13, No 2, pp. 93-117.
- Φερεντίνος Γ., Γκιώνης Γ., Ζαχαρίας Ι., και Παπαθεοδώρου Γ.Σ. (1994): Εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων ανάλυσης στις επιστήμες της Γης. Εκδόσεις Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Flores R.M. nad Shideler G.L. (1978): Factors controlling heavy-mineral variations on the south Texas outer-continental shelf, Gulf of Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology* v. 48, pp. 269-280.
- Forstner U. and Wittman G.T.W (1983): *Metal pollution in the aquatic environment*, second revised edition. Springer-Verlag.
- Fripiat J.J. and Castuche M.C. (1952): *Etude physio-chimique des surfaces des argiles*.

- Les combinaisons de la kaolinite avec les oxides de fer trivalent. Publ. Inst. Nat. Etudes Argon. Congo Belge 54, pp. 7-35.
- Gardner J.V., Dean W.E and Vallier T.L (1980): Sedimentology and geochemistry of surface sediments outer continental shelf, southern Bering Sea. Mar. Geology v. 35, pp. 299-329.
- Gibbs R. (1973): Mechanisms of trace metal transport in rivers. Science 180, pp. 71-73.
- Guezzoni S. Frignani M., Giordani P. and Frascari F. (1984): Heavy metals in sediments from different environments of a Northern Adriatic Sea Area, Italy Environ. Geol. Water Sci. v. 6, No 2, pp. 111-119.
- Guy R.D and Chakrabarti C.L (1975): Distribution of metal ions between soluble and particulate forms Abstr. Int. Conf. Heavy Met. Environ. Toronto. Ont., Can, pp. D-29-20.
- Hakli T.A (1970): Factor analysis of the sulphide phase in mafic and ultramafic rocks in Finland. Bull. Geol. Soc. Finland, v. 42, pp. 109-118.
- Harbaugh J.W and Merriam D.F. (1968): Computer applications in stratigraphic analysis. John Willey and Sons. Inc. New York 282 p.
- Hildebrand E.E and Bium W.E (1974): Lead fixation by iron oxides. Naturwissenschaften 61, p. 169.
- Howarth R.J (1967): Trend surface fitting to random data- An experimental test. Am. J. Sc. 265, No 7, pp. 619-625.
- Imbrie J. and Van Andel T. (1964): Vector analysis of heavy mineral data. Geol. Soc. of Am. Bull. v. 79, pp. 1131-1156.
- Jonasson I.R. (1977): Geochemistry of sediment/water interactions of metals, including observations on availability. In: The fluvial transport of sediment-associated nutrients and contaminants. IJC/PLUARG. Shear, H., Watson A.E.P (eds). Windsor/Ont: pp. 255-271.
- Killeen P.G. and Heier K.S. (1975): Trend surface analysis of Th, U and K, and heat production in three related granitic Dlutons, Farsund Area, South Norway. Chemical Geology v. 15, pp. 163-176.
- Koo J. and Mossman D.J (1975): Evaluation of primary and secondary geological processes at the Flin Flon Cu-Zn deposit, Manitoba and Saskatchewan, Canada, using factor-vector analysis of ore geochemistry. Chemical Geology v. 16, pp. 1-14.
- Krauskopf K.B. (1955): Sedimentary deposits of rare metals. Econ. Geol. v. 50, pp. 411-463.
- Makris J. and Todt K.H (1981): Measurments of the megnetic field of Greece vertical component and its interpretation.
- Marcall J.F (1983): Geochemistry of iron-rich sediments on the outer continental shelf of Northern new South wales. Marine Geology v. 51, pp. 163-175.
- Merriam D.F. and Harbaugh J.W. Trend surface analysis of regional and residual components of geologic structure in Kansas Special Distribution Publications. Kansas Univ. Geol. Survey. No 11.

- Mitchell R.L (1964): Trace elements in soil. In: Chemistry of the Soil. Bear, F.E. (ed). Reihold. pp. 230-368.
- Murray J.W and Dillard J. (1979): The oxidation of covalt (II) asdorbed on Manganese dioxide. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 43, pp. 781-787.
- Nanke M. (1973): Red mud dumping in the North Sea. Results of geological investigations. *Interrocean Inst. Kongr. Ausstellung Meeresforsch. Meeresnutzung Kongr. - Berichtswerk.* 2nd v. 2 pp.727-736.
- Olorunfemi B.N (1984): Factors influencing the geochemistry of lateritic soils in the Greenschist amphibolite meta-tectonic belt southwestern Nigeria. *Chemical Geology* v. 42, pp. 261-275.
- Παπαθεοδώρου Γ.Σ (1991): «Διεργασίες σύγχρονης ιζηματογένεσης στον Κορινθιακό κόλπο». Τόμος I: Θαλάσσια Γεωφυσική, Τόμος II: Θαλάσσια Ιζηματολογία, Τόμος III: Θαλάσσια Γεωχημεία. Διδακτορική διατριβή, σελ. 468, Τμήμα Γεωλογίας Παν/μιο Πατρών.
- Papatheodorou G. and Ferentinos G.: Small scale turbidity flows and their significance in basin filing: An example from the Gulf of Corinth, Greece. (in preparation).
- Perhac R.M. (1974a): Heavy metal distribution in bottom sediment and water in the Tennessee River-London Lake reservoir system. *Water Resour. Res. Cent Univ. Tenn.:* Knoxville, Res. Rep. v. 40.
- Perhac R.M (1974b): Water transport of heavy metals in solution and by different sizes of particulate solids. U.S. Dept. Interior, *Water Resour. Res. Rep.* 23.
- Read S.A, Dean J.M and Cole A.J (1971): Some Namurian (Ez) paralic sediments in Central Scotland: an investigation of depositional environment and facies changes using interative-fit trend surface analysis. *Jl. Geol. Soc.* v. 127, pp. 137-176.
- Reeves M.Z. and Saadi T.A.K. (1971): Factor controlling the deposition of some phosphate bearing Strata from Jordan. *Economic Geology* v. 66, pp. 451-465.
- Reyment R. and Joreskog K.G. (1993): Applied factor analysis in the Natural sciences, p. 371. Cambridge University Press.
- Rosental R., Eagle G.A. and Orren M.J. (1986): Trace metal distribution in different chemical fractions of nearshore marine sediments. *Estuarine Coastal and Shelf Science* v. 22, pp. 303-324.
- Saager R. and Esselaar P.A (1969): Factor analysis of geochemical data from the basal reef Orange Free State Goldfield, South Africa. *Economic Geology* v. 64, pp. 445-451.
- Salomon W. and Mook W.G. (1978): Processes affecting trace metals in Lake Ijssel. *Abstr. 10th Int. Congr. on Sedimentology.* Jerusalem, pp. 569-570.
- Saxby J.D (1969): Metal-organic chemistry of the geochemical cycle. *Rev. Pure Appl. Chem.* v. 19, pp. 131-150.
- Shankar R., Subbarao K.V and Kolla V. (1987): Geochemistry of surface sediments from the Arabian Sea. *Marine Geology* v. 76, pp. 253-279.



Σχ. 5. Διάγραμμα που δείχνει τη διαδικασία χρήσης του IDRISI για την εξεύρεση νέων Χ.Υ.Τ.

- Šoong K.L. (1974): Veruche zur adsorptiven Bindung von Schwermetall-Ionen an kunstlichen Tongemischen. Unpubl. Diss. Univ. Heidelberg.
- Suess E. (1973): Interaction of organic compounds of organic compounds with calcium carbonate- II. Organocarbonate association in recent sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* v. 37, pp. 2435-2447.
- Sutterlin P.G. and Hastings J.P (1986): Trend surface analysis revisited- A case history. *Computers and Geosciences*. v. 12. No 4b, pp. 537-562.
- Trapp J.S. and Rockaway J.D. (1977): Trend surface as an aid in exploration for Mississippi Valley-Type Ore deposits. *Mathematical Geology* v. 9, No 4, pp. 393-407.
- Van der Weijden C.H, (1976): Some geochemical controls Ni and Co concentrations in Marine Ferromanganese deposits. *Chemical Geology* v. 18, pp. 65-80.
- Varnavas S.P, Ferentinos G. and Collins M. (1986): Dispersion of bauxitic red mud in the Gulf of Corinth, Greece. *Marine Geology* v. 70, pp. 211-222.
- Varnavas S.P. and Papatheodorou G.S (1987): Marine mineral resources in the Eastern Mediterranean Sea. I. An Iron, Titanium, Chromium and Nickel deposit in the Gulf of Corinth. *Marine Mining* v. 6, pp. 37-70.
- Voutsinou-Taliadouri F. and Varnavas S.P. (1988): Marine mineral resources in the Eastern Mediterranean Sea. II. An Iron, Chromium and Nickel deposit in the Northern Euboikos Bay, Greece. *Marine Mining*.
- Watney W.L. (1985): Resolving controls on Epeiric sedimentation using trend surface analysis. *Mathematical Geology* v. 17, No 4, pp. 427-456.