

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑ ΒΑΘΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ

ΣΤΑΜΑΤΗΣ ΚΑΤΣΙΜΠΟΥΛΑΣ, ΓΙΩΡΓΟΣ ΜΗΛΙΑΡΕΣΗΣ
ΒΑΣΙΛΗΣ ΤΣΙΝΑΣ, ΓΙΩΡΓΟΣ ΦΥΡΙΟΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία έγινε μια προσπάθεια να εφαρμοστούν στη γεωλογία οι μέθοδοι της σύγχρονης χαρτογραφίας, στην οποία περιλαμβάνονται :

- α) ψηφιοποίηση των στοιχείων.
- β) δημιουργία βάσης δεδομένων στη μνήμη Η/Υ.
- γ) ανάπτυξη αλγορίθμων και μοντέλων.
- δ) μετάφραση των προηγούμενων σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού.
- ε) δημιουργία βάσης αποτελεσμάτων.
- στ) στατιστική επεξεργασία.
- ζ) χαρτογραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων δια μέσου οργάνων αυτόματης σχεδίασης.
- η) αποθήκευση των χαρτών σε μαγνητικό μέσο, έτσι ώστε να είναι εύκολη η πρόσβαση, η ανατύπωση και η σύγκρισή τους με άλλους χάρτες.

Η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε διδάχθηκε στο μάθημα της Τεχνικής των χαρτών από τον καθηγητή Μ. Μουτσούλα. Το θέμα στο οποίο μας προτάθηκε να γίνει αυτή η εφαρμογή είναι η μελέτη της διάβρωσης των εγκαρσίων τομών σε κοιλάδες ποταμών (ανάμεσα στους υδροκρίτες) και η συσχέτιση της με τη γεωλογία. Η επεξεργασία των δεδομένων, η εκτύπωση των αποτελεσμάτων και η σχεδίαση των χαρτών έγινε με τον υπολογιστή του Πανεπιστημίου Αθηνών (CYBER 170/730). Η σύνθεση και διατύπωση του κειμένου έγιναν σε συνεργασία με τον λέκτορα Δ. Βαϊόπουλο. Οι χάρτες από τους οποίους έγινε η συλλογή των δεδομένων παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνα του Τοπογραφικού Τμήματος του Γ.Γ.Μ.Ε. Σ. Στείρο.

Ευχαριστούμε :

τον καθηγητή Μ. Μουτσούλα για τη βοήθεια και τις κινήσεις που μας πρόσφερε για να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.
το υπεύθυνα τοπογραφίας του Γ.Γ.Μ.Ε. Σ. Στείρο
το λέκτορα Δ. Βαϊόπουλο
τους αναλυτές και χειρίστες του υπολογιστή του Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάβρωση διαχωροποιεί τις τοπογραφικές τσιμές των κοιλάδων ως προς τέτα στοιχεία. Αυτά είναι : α) Η μορφή. Με αυτόν τον τρόπο οι κοιλάδες διακρίνονται σε κλίτες, κυρτές, ευθυγραμμίες και σε κοιλάδες που παρουσιάζουν σημεια κούφηση. β) Η κλίση των κλιτών. Με αυτό τον τρόπο διακρίνονται σε κοιλάδες με μικρή ή μεγάλη κλίση. γ) Η τάξη μεγέθους, που είναι μια διάκριση των κοιλάδων ανάλογα με τις φυσικές τους διαστάσεις. Τα αυτία που προκαλούν αυτές τις διαφορές είναι συνδυασμός διαφόρων παραγόντων, όπως τεκτονικών (ρήγματα, πτυχές, κ.α.), γεωδυναμικών (ανωδικές, καθωδικές κινήσεις), κλιματολογικών, λιθολογικών, υδρολογικών κ.λ.π. Η περιγραφή των αποτελεσμάτων της διάβρωσης γίνεται με τη χρήση διαφόρων όρων οι οποίοι δεν τεκμηριώνονται μαθηματικά, αλλά ορίζονται περιγραφικά και χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση των παραγόντων που τα προκαλούν.

Πιο ειδικά με τον όρο κατά βάθος διάβρωση δεν είναι σαφές αν αναφερομαστε στην κλίση των κλιτύων μιας κοιλάδας ή στην τάξη μεγέθους στην οποία ανήκει ή στη μορφή της ή σ' ένα συνδυασμό αυτών των στοιχείων. Επίσης ο όρος αυτός χρησιμοποιείται χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το φυσικό περιβάλλον. Αυτό σημαίνει ότι τα χαρακτηριστικά των κοιλάδων που δημιουργεί η κατά βάθος διάβρωση είναι πιθανόν να μεταβάλλονται ανάλογα με το είδος του πετρώματος, το κλίμα, τη γεωδυναμική κ.λ.π. .

Εάν ισχύει η προηγούμενη υπόθεση τότε είναι δυνατό, αφού καθοριστούν τα χαρακτηριστικά της διάβρωσης (κλίση κλιτύων, μορφή κοιλάδας, τάξη μεγέθους) σε σχέση με τις γεωλογικές συνθήκες, να μπορούμε να κάνουμε την αντίστροφη ερμηνεία, δηλαδή, από τη μαθηματική μελέτη της κατά βάθος διάβρωσης, να αντλούμε πληροφορίες σχετικές με το φυσικό περιβάλλον.

Η ανάλυση που γίνεται περιλαμβάνει τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος αναπτύσσεται το θέμα από τη μαθηματική του πλευρά. Στο δεύτερο διερευνάται η φυσική σημασία των μαθηματικών στοιχείων που έχουν οριστά προηγούμενα και στο τρίτο ερμηνεύεται η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στη μελέτη των βουθών και του Αίγιου.

Μ Α Θ Η Μ Α Τ Ι Κ Ο Μ Ε Ρ Ο Σ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι περιοχές που εξετάζονται είναι οι βουθές και το Αίγιο. Η κάθε περιοχή οριοθετείται από έναν τοπογραφικό γαφή κλίμακας 1:50.000, ενώ οι τοπογραφικές τομές γίνονται σε γαφές κλίμακας 1:5.000. Η δειγματοληψία που ακολουθούμε είναι στρωματοποιημένη τυχαία.

Οι τοπογραφικές τομές γίνονται κάθετα στην κοίτη ανάμεσα στους δυο υδροκρίτες. Σαν σημείο αναφοράς λαμβάνεται το σημείο από το οποίο διέρχεται το ποτάμι. Στη συνέχεια δημιουργείται μία τμήση δεδομένων στη μνήμη ηλεκτρονικού υπολογιστή η οποία αποτελεί το σημείο αναφοράς του προγράμματος επεξεργασίας. Σε αυτήν κάθε τμήση αντιπροσωπεύει από ένα σύνολο από σημεία (διατεταγμένα ζεύγη) τα οποία είναι καταχωρημένα κατά αύξουσα τετμημένη. Επί πλέον σε κάθε τμήση αντιστοιχίζουμε δυο ακόμη διατεταγμένα ζεύγη αριθμών τα οποία προσδιορίζουν τη θέση της τμήσης στο χάρτη κλίμακας 1:50.000.

Στη συνέχεια επεξεργαζόμαστε τα δεδομένα με ένα σύνολο από προγράμματα και υπολογίζουμε διάφορα μαθηματικά στοιχεία για κάθε κοιλάδα τα οποία αναλύονται στατιστικά, γατογραφούνται και συκοινωνται με την τοπογραφία, τη γεωλογία και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχή.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΟΙΛΑΔΩΝ

Η κάθε κοιλάδα όπως αναφέρθηκε προηγούμενως αποτελείται από ένα σύνολο n σημείων $(X(1), Y(1)), \dots, (X(n), Y(n))$. Έστω ότι τα σημεία (X_A, Y_A) και (X_B, Y_B) , με $X_A < 0$ και $X_B > 0$ προσδιορίζουν τη θέση των δυο υδροκρίτων της, τότε για κάθε κοιλάδα ισχύουν οι παρακάτω συνθήκες:

1. Το πεδίο ορισμού και το πεδίο τιμών της καθορίζεται από τη θέση των δυο υδροκρίτων της.

$$D(f) = (X_A, X_B)$$

$$R(f) = (0, \max(Y_A, Y_B))$$
2. Τα σημεία της κοιλάδας είναι διατεταγμένα κατά αύξουσα τετμημένη.

$$X(i) < X(i+1), \quad i = 1(1)(n-1)$$
3. Είναι σημαντικό για $X(i) < 0$ και αύξουσα για $X(i) > 0$.
 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφράστους - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
 Εάν $X(i) < 0$ τότε $Y(i) > Y(i+1)$
 Εάν $X(i) > 0$ τότε $Y(i-1) > Y(i)$

4. Το σημείο (0,0) είναι απόλυτο ελάχιστο.

$$\text{Εάν } X(I)=0 \text{ τότε } Y(I)=0$$

$$Y(I) \geq 0, \quad I=1(1)n$$

Στη συνέχεια αναπτύσσονται τα μαθηματικά μοντέλα με τα οποία προσεγγίζουμε τις κοιλάδες καθώς και τα γεωμετρικά στοιχεία που μπορούμε να υπολογίσουμε για κάθε κοιλάδα.

Α. Μαθηματικά Μοντέλα

Αυτά διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

1) $Y_m = a * F(x)$.

Τα μοντέλα αυτής της κατηγορίας, όπως φαίνεται και από τον τύπο είναι σύνθεση δύο στοιχείων. Το ένα είναι η συνάρτηση $f(x)$ για την οποία ισχύουν οι παρακάτω συνθήκες:

1) Είναι συνεχής, $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = f(x_0)$.

2) Είναι άρτια, $f(x) = f(-x)$.

3) Είναι πάνω από τον άξονα των X , $f(x) \geq 0$.

4) Είναι φθίνουσα για $x < 0$ ενώ είναι αύξουσα για $x > 0$.
 $f'(x) < 0$ για $x < 0$, $f'(x) > 0$ για $x > 0$.

5) Για $x=0$ η $f(x)$ παίρνει την ελάχιστη τιμή της που είναι η $y=0$, $f(0)=0$, $f'(0)=0$, $f''(0) > 0$.

6) Είναι η κυρτή $f''(x) > 0$, η κοίλη $f''(x) < 0$, ή παρουσιάζει κάποιο σημείο καμπής ($f''(x)=0$).

Το άλλο στοιχείο είναι η παράμετρος a η οποία είναι πάντα θετική και προσδιορίζεται από τα σημεία (x_i, y_i) , $i=1(1)n$ που έχουμε για κάθε κοιλάδα με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων:

$$a = \left[\sum_{i=1}^n Y_i * f(X_i) \right] / \left[\sum_{i=1}^n f^2(X_i) \right].$$

Είναι προφανές ότι η $f(x)$ καθορίζεται αυθαίρετα ανάλογα με το σχήμα που παρουσιάζουν οι κοιλάδες ενώ η παράμετρος a για δεδομένη $f(x)$ εξαστάται κάθε φορά από τη θέση των σημείων (x_i, y_i) , $i=1(1)n$ της κοιλάδας. Γενικά ισχύει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η παράμετρος a τόσο πιο απότομες θα είναι οι κλίσεις της κοιλάδας.

Από τη μια πλευρά το μειονέκτημα αυτών των μοντέλων είναι ότι υποθέτουμε ότι οι κοιλάδες σε μια περιοχή έχουν όλες την ίδια μορφή και ότι είναι συμμετρικές ως προς τον άξονα των Y , ενώ διαφέρουν μεταξύ τους μόνο ως προς την κλίση των κλιτών τους. Από την άλλη πλευρά με αυτόν τον τρόπο φιλτράρουμε τις κοιλάδες απομακρύνοντας ανωμαλίες που μπορεί να οφείλονται σε τοπικά αίτια. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν άνω των 60 μοντέλων αυτής της κατηγορίας. Η μορφή της κοιλάδας που μας δίνουν καθορίστηκε από τη μορφή που είχαν οι κοιλάδες στην περιοχή που μελετήθηκαν. Είναι όμως δυνατό τα ίδια μοντέλα, με κατάλληλες αλλαγές σε σταθερές που υπεισέρχονται στον τύπο τους, να μας δώσουν κοιλάδες άλλων μορφών.

Για κάθε κοιλάδα εκτός από την παράμετρο a υπολογίζουμε και το τυπικό σφάλμα προσέγγισης (e) για κάθε μοντέλο :

$$e = \sqrt{\frac{\sum (y_{m_i} - y_i)^2}{V}}$$

. Έτσι μπορούμε να αποφασίσουμε, πόσο ικανοποιητικά προσεγγίζει μια δεδομένη κοιλάδα ένα μοντέλο. Μερικά από τα μοντέλα αυτής της κατηγορίας που εφαρμόστηκαν στις Ερυθρές, το Άλιγιο και το Καπαορέλι είναι τα παρακάτω :

1) $F(x) = |x|$, $x \in R$ (ευθύγραμμο)

2) $F(x) = 1 - \pi(1 + (|x|/20))$, $x \in R$ (κοίλο)

3) $F(x) = 1 - \cos(\pi/2 * (x/2))$, $x \in [-\pi/2, \pi/2]$ (σημείο καμπής $X = \pm \pi/4$)

4) $F(x) = \text{EXP}(|x| \cdot \ln(1.01)/4) + (|x|/100) - 1$, $x \in \mathbb{R}$, (κυτό)
 III) $Y_m = F(\alpha, \beta, x)$.

Σ' αυτή την κατηγορία μοντέλων υπεισερχονται δύο παράμετροι α και β οι οποίες υπολογίζονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Με αυτά τα μοντέλα γίνεται προσπάθεια να συλλεχτούν πληροφορίες για τις κοιλάδες οι οποίες χάνονται όταν χρησιμοποιούμε τα μοντέλα της προηγούμενης κατηγορίας. Οι πληροφορίες που θέλουμε να πάρουμε είναι σχετικά με τη μορφή και τη συμμετρία των κοιλάδων.

Μερικά από τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα παρακάτω:
 α) $Y_m = \alpha^* |x|^N$, όπου οι παράμετροι α και N υπολογίζονται με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων. Σ' αυτό το μοντέλο μας ενδιαφέρει η παράμετρος N γιατί ανάλογα με την τιμή της η κοιλάδα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν κοίλη ($N < 1$), κυρτή ($N > 1$) ή ευθύγραμμη ($N = 1$) εφόσον θεωρηθεί, ότι δεν παρουσιάζει σημεία καμψής, ότι οι δύο κλίτιες της έχουν την ίδια κυτότητα και ότι είναι συμμετρική ως προς τον άξονα των Y .

β) Υποθέτουμε ότι οι δύο κλίτιες κάθε κοιλάδας είναι ευθείες γραμμές και προσεγγίζουμε την κάθε μία με το μοντέλο $y = \alpha^* |x|$. Η οξεία γωνία που θα σχηματίζει κάθε φορά η ευθεία $y = \alpha^* |x|$ ($\alpha > 0$) με τον άξονα των x θα δίνεται από τη σχέση $\omega = \text{τοξωσα}$. Επομένως η διαφορά των δύο γωνιών που βρίσκουμε για τις κλίτιες θα μας δίνει τη διαφορά κλίσης τους, εφόσον αυτές θεωρηθούν ευθύγραμμες. Άλλα στοιχεία που υπολογίζουμε είναι η γωνία (ω) που σχηματίζουν οι δύο κλίτιες μεταξύ τους και η μέση κλίση των κλίτιων (ω_m).

B. Γεωμετρικά Στοιχεία Κοιλάδων

Σε κάθε τμήη υπολογίζουμε και διαφορά άλλα στοιχεία για την κοιλάδα τα οποία περιγράφονται παρακάτω. Οι συντεταγμένες (X_A, Y_A) και (X_B, Y_B) προσδιορίζουν τη θέση των υδροκρίτων μίας κοιλάδας ($X_A < 0$, $X_B > 0$).

1) Βάθος (H), Πλάτος (L) Κοιλάδας

Το βάθος είναι δυνατό να οριστεί με δυο τρόπους. Ο πρώτος είναι να θεωρήσουμε σαν βάθος της κοιλάδας το μέσο όρο των υψών των δυο υδροκρίτων της: $H = (Y_A + Y_B) / 2$.

Ο δεύτερος είναι να μετρήσουμε την ευθεία που ενώνει τους δυο υδροκρίτες της κοιλάδας και να ορίσουμε σαν βάθος την τεταγμένη του σημείου στο οποίο τέμνεται η προηγούμενη ευθεία με τον άξονα των Y : $H = Y_A - X_A * ((Y_B - Y_A) / (X_B - X_A))$.

Σαν πλάτος της κοιλάδας ορίζεται η οριζόντια απόσταση των δυο υδροκρίτων: $L = |X_B| + |X_A|$. Επίσης μπορεί να υπολογιστεί ο λόγος του βάθους προς το πλάτος.

2) Ολοκλήρωμα της κοιλάδας (O) = $\int_{X_A}^{X_B} F(x) \cdot dx$

Εάν υποθέσουμε ότι τα σημεία (X_{i+1}, Y_{i+1}) με $i=1(1)n$ ενωνονται ανά δυο με ευθύγραμμα τμήματα τότε το ολοκλήρωμα της κοιλάδας θα δίνεται από τη σχέση:

$$O = \sum_{i=1}^{n-1} (x_{i+1} - x_i) * (y_{i+1} + y_i) / 2.$$

3) Μέγεθος της κοιλάδας (M)

Το μέγεθος είναι το εμβαδό της περιοχής της κοιλάδας που είναι συμπληρωματική του ολοκλήρωματος. Ο υπολογισμός γίνεται εμμεσα από το ολοκλήρωμα και από τις συντεταγμένες των δυο υδροκρίτων εφόσον υποθέτει ότι τα σημεία (X_{i+1}, Y_{i+1}), $i=1(1)n$ ενωνονται με ευθύγραμμα τμήματα.

$$M = \left(\int_{X_A}^{X_B} F(x) \cdot dx \right) + (X_B * Y_B) - O.$$

Επίσης μπορεί να υπολογιστεί απ' ευθείας ως εξής

$$M = \sum_{i=1}^{i-1} (y_{i-1} - y_i) * (x_{i-1} + x_i) / 2.$$

4) Σχέση μεταξύ M και O

Σημαντική είναι η σχέση που συνδέει το μέγεθος και το ολοκλήρωμα. Σε μια δεδομένη κοιλάδα το άθροισμα ($M+O$) εξαρτάται μόνο από τη θέση των δύο υδροκριτών, ενώ το ποσοστό του μεγέθους στο άθροισμα αυτό εξαρτάται από τη μορφή της κοιλάδας, εφόσον αυτή δεν παρουσιάζει σημεία καμπής, είναι συμμετρική ως προς τον άξονα των Y , και οι δύο της κλιτύες έχουν την ίδια κυρτότητα. Πιο συγκεκριμένα εάν $\Omega = (M/M+O) * 100$ τότε :

- α) Εάν $M > O$ τότε θα είναι κυρτή $\Omega > 50\%$.
- β) Εάν $M = O$ τότε θα είναι γραμμική $\Omega = 50\%$.
- γ) Εάν $M < O$ τότε θα είναι κοίλη $\Omega < 50\%$.

Όπως αποδεικνύεται η παράμετρος Ω είναι καθαρά ενδεικτική δηλαδή δείχνει εάν μια κοιλάδα είναι κοίλη ή κυρτή, εφόσον λοχούν οι προϋποθέσεις που θέσαμε, σε αντίθεση με την παράμετρο N του μοντέλου $Y = a * X^N$ που μας δείχνει και πόσο κυρτή η κοίλη είναι η κοιλάδα.

5. Παράμετρος ($\gamma * \alpha$).

Υποθέτουμε ότι οι κοιλάδες είναι, συμμετρικές ως προς τον άξονα των Y , οι κλιτύες κάθε κοιλάδας έχουν την ίδια κυρτότητα, και ότι δεν έχουν σημεία καμπής. Προσεγγίζουμε κάθε κοιλάδα με το μοντέλο $Y = a * |x|^\gamma$, $x \in R$. Θα εξετάσουμε ποιά σχέση συνδέει την παράμετρο α και το λόγο γ του πλάτους προς το ημιάθροισμα των υψών των δύο υδροκριτών $\gamma = 2 * (L_1 + L_2) / (H_1 + H_2)$. Όπως αποδεικνύεται, εφόσον ισχύουν οι προϋποθέσεις που θέσαμε στην αρχή, είναι δυνατή να κατατάξουμε τις κοιλάδες σε κοίλες, κυρτές ή ευθύγραμμες με βάση το γινόμενο $\gamma * \alpha$. Ετσι εάν μια κοιλάδα είναι ευθύγραμμη τότε $(\gamma * \alpha) = 2$, εάν είναι κοίλη τότε $(\gamma * \alpha) > 2$, και αν είναι κυρτή τότε $(\gamma * \alpha) < 2$.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΚΛΙΣΗΣ - ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΑΞΗΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΗΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ

Εάν οι κοιλάδες θεωρηθούν ότι είναι συμμετρικές ως προς τον άξονα των Y τότε για να καθορισθεί το σχήμα και οι διαστάσεις τους είναι απαραίτητο να ξέρουμε τη μορφή, την κλίση των κλιτύων της, και την τάξη μεγέθους της κάθε κοιλάδας. Με βάση τις μαθηματικές μεθόδους που αναπτύχθηκαν προηγουμένως για να υπολογίσουμε :

1) την κλίση των κλιτύων της κοιλάδας μπορούμε να εφαρμόσουμε τρεις μεθοδολογίες:

α) Να αγνοήσουμε τη μορφή της κοιλάδας και να τη προσεγγίσουμε με την ευθεία $y = a * |x|$. Τότε η κλίση δίνεται από τη σχέση $\omega = \text{τοξόεφα}$. Ετσι υποθέτουμε ότι οι κοιλάδες είναι ευθύγραμμες και συμμετρικές ως προς τον άξονα των Y .

β) Να συμπεριλάβουμε στον ορισμό της κλίσης και μια εκτίμηση για τη μορφή της κοιλάδας. Σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να επιλέξουμε κάποιο μοντέλο $f(x)$ το οποίο να αντιπροσωπεύει τη μορφή που έχουν οι κοιλάδες στην περιοχή που μελετούμε. Τότε ο παράμετρος α του μοντέλου $y = a * f(x)$ θα δηλώνει την κλίση των κλιτύων σαν συνάρτηση κάποιου μορφής $f(x)$. Με το δεύτερο τμήμα γίνεται η υπόθεση ότι οι κοιλάδες σε μια περιοχή έχουν όλες την ίδια μορφή και διαφέρουν μόνο ως προς την κλίση. Αυτή η υπόθεση, ακόμα κι αν δεν είναι σωστή, πρέπει να γίνει επειδή αν προσεγγίσουμε την κλίση με κάποιο άλλο μοντέλο, τότε οι παράμετροι α δεν θα είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους.

γ) Να χρησιμοποιήσουμε το λόγο $2^*H/L$. Το πλεονέκτημα είναι ότι έτσι χρειάζομαστε μόνο τις συντεταγμένες των υδρακρίτων σε σχέση με το ποτάμι. Ο υπολογισμός της κλίσης με αυτόν τον τρόπο είναι αξιόπιστος εφόσον οι κοιλάδες είναι ευθύγραμμες και συμμετρικές.

2) την τάξη μεγέθους: δηλαδή για να ορίσουμε μια μαθηματική ποσότητα που θα μας υποδεικνύει τις φυσικές διαστάσεις της κοιλάδας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε γραμμικά στοιχεία όπως το βάθος (H) και το πλάτος (L) αλλά και στοιχεία εμβαδού όπως το ολοκλήρωμα (O) και το μέγεθος (M).

3) τη μορφή των κοιλάδων χρησιμοποιούμε :

α) την παράμετρο N του μοντέλου $Y=a*x^N$.

β) το λόγο $100*M/(M+O)$ που συμβολίζεται με το Ω.

γ) και το γινόμενο $\gamma*a$.

Με τα παραπάνω στοιχεία οι κοιλάδες ταξινομούνται σε κούλες: ευθύγραμμες και κυρτές. Στην πραγματικότητα όμως υπάρχουν κοιλάδες που παρουσιάζουν κάποιο σημείο καμπής, δηλαδή εκατέρωθεν του ποταμού είναι κυρτές μέχρι κάποιο σημείο μετά το οποίο γίνονται κούλες.

Χαρτογραφικές μέθοδοι

Υπάρχουν πολλές χαρτογραφικές μέθοδοι απεικόνισης ενός φαινομένου. Η επιλογή της πιο κατάλληλης εξαρτάται, από το ίδιο το φαινόμενο, από την κατανούη του στο χώρο (συνεχής, ασυνεχής ή σημειακή κατανούη), από την έμφαση που θέλουμε να δώσουμε στην απεικόνιση κάποιων στοιχείων του (φιλτράροντας συγχρόνως κάποια άλλα), από τα διαθέσιμα τεχνολογικά μέσα κ.λ.π. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι :

α) Χάρτες μέσων τιμών-τυπικών αποκλίσεων.

Με αυτή τη μέθοδο γράφουμε το χάρτη 1:50.000 σε τετράγωνα και υπολογίζουμε τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των μετρήσεων που είναι μέσα σε κάθε τετράγωνο.

β) Χάρτες γραμμοσκιάσεων.

Με αυτή τη μέθοδο απεικονίζουμε τα τετράγωνα που έχουμε ορίσει προηγουμένως με κάποια γραμμοσκίαση ανάλογα με το διάστημα στο οποίο ανήκει η μέση τιμή τους. Με αυτόν τον τρόπο υποθέτουμε ότι η επιφάνεια της γης χωρίζεται σε στοιχειώδεις περιοχές μέσα στις οποίες επικρατούν συγκεκριμένες φυσικές συνθήκες, αποτέλεσμα των οποίων είναι τα χαρακτηριστικά των κοιλάδων, που θροκόονται μέσα σε κάθε τέταρτο περιοχή, να κυμαίνονται μέσα σε συγκεκριμένα διαστήματα.

γ) Χάρτες συμβόλων.

(1) Χάρτες χαρακτηρών: Η κάθε τομή απεικονίζεται με κάποιο σύμβολο ανάλογα με το διάστημα στο οποίο ανήκει η τιμή του στοιχείου που χαρτογραφήσαμε. Το πλεονέκτημα αυτών των χαρτών σε σχέση με τους χάρτες των γραμμοσκιάσεων είναι ότι μας δίνουν πληρωφώρες σχέτικα με την τυπική απόκλιση. Από την άλλη μεριά ο χάρτης γραμμοσκιάσεων πλεονεκτεί επειδή φιλτράρει τα δεδομένα μετασχηματίζοντας ένα σύνολο από σημεία σε επιφάνεια που έχει κάποιες συγκεκριμένες ιδιότητες. Μια άλλη παρουσίαση του χάρτη συμβόλων είναι να τον χωρίσουμε σε περιοχές που περιέχουν τομές με το ίδιο σύμβολο. Οι χάρτες αυτοί είναι ανάλογα με τους χάρτες οριζοντικής έντασης.

(2) Χάρτες κυκλών: Σε αυτούς τους χάρτες μας ενδιαφέρει να απεικονίζονται με έμφαση οι κοιλάδες με μεγάλα μεγέθη. Έτσι οι κοιλάδες μικρού μεγέθους χαρτογραφούνται με έναν κύκλο το εσωτερικό του οποίου είναι λευκό, η αμέσως επόμενη τάξη μεγέθους με ένα γραμμοσκιασμένο κύκλο, η τρίτη τάξη μεγέθους με ένα κίτρινου χρώματος κύκλο και η τέταρτη τάξη μεγέθους με έναν

μαύρο κύκλο. Αν η ακτίνα των κύκλων είναι μεγάλη, τότε σε μια περιοχή που συνυπάρχουν μικρά και μεγάλα μεγέθη, τα μικρά μεγέθη θα επικαλύπτονται και έτσι θα απεικονίζονται με έμφαση οι κοιλάδες μεγάλου μεγέθους. Μια άλλη εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιηθούν κύκλοι διαφορετικής ακτίνας σε συνδυασμό με αλλαγές στο χρώμα.

ΦΥΣΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΚΟΙΛΑΔΩΝ

Πριν προσπαθήσουμε να δώσουμε μια ερμηνεία πρέπει πρώτα να αναφερθούμε στον τρόπο με τον οποίο επιδρά η διάβρωση στη διαμόρφωση του αναγλύφου και στις συνθήκες ροής των ποταμών. Το νερό διαβρώνει με δύο τρόπους, πρώτα με τη ροή του κατά στρώσεις (υδροστρωματοροή) και μετά με τη ροή του κατά μήκος των ποταμών. Εάν θεωρήσουμε μια κάθετη τομή κοιλάδας ως προς το ποτάμι, ανάμεσα από τους δύο υδροκρίτες διακρίνουμε δύο περιοχές στις οποίες υπάρχουν διαφορετικές συνθήκες διάβρωσης :

α) Η μία βρίσκεται εκατέρωθεν του ποταμού μεταξύ των σημείων Α και Β και υφίσταται διάβρωση από τη ροή κατά μήκος του ποταμού. Αυτή η διάβρωση μπορεί να διακριθεί σε δύο είδη, το ένα είναι η κατακόρυφη διάβρωση του πυθμένα του ποταμού και το άλλο είναι η οριζόντια διάβρωση της βάσης των κλιτύων της κοιλάδας.

β) Στα δύο τμήματα που βρίσκονται μεταξύ των υδροκρίτων και των σημείων Α και Β έχουμε διάβρωση που οφείλεται μόνο στην υδροστρωματοροή.

Από πλευράς συνθηκών ροής τα ποτάμια διακρίνονται σε συνεχούς και περιοδικής ροής. Στη συνέχεια αναλύεται η φυσική σημασία του κάθε στοιχείου.

Α. ΦΥΣΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΛΙΣΗΣ

Η κλίση είναι το στοιχείο που εξαρτάται πιο πολύ από τη γεωδυναμική κατάσταση μιας περιοχής. Πιο αναλυτικά η διάβρωση σε μια εγκάρσια τομή ενός ποταμού μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες, μία οριζόντια και μία κατακόρυφη, που αναφέρεται σαν κατά βάθος διάβρωση. Όταν έχουμε αναδική κίνηση τότε η κατακόρυφη συνιστώσα υπερτερεί της οριζόντιας, με συνέπεια η κλίση να αυξάνεται.

Ενας καθοριστικός παράγοντας στην αύξηση της κλίσης είναι η αντοχή του πετρώματος στη διάβρωση, έτσι σε σκληρά πετρώματα η οριζόντια διάβρωση μειώνεται στο ελάχιστο σε σχέση με την κατακόρυφη όταν μια περιοχή ανεβαίνει. Μια ακραία περίπτωση είναι η δημιουργία CANYON. Ο εντοπισμός και η περιγραφή τους γίνεται με ιδιαίτερα μαθηματικά μοντέλα.

Ενας άλλος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την κλίση είναι η τεκτονική δομή της περιοχής. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε την περίπτωση στην οποία τα ποτάμια ακολουθούν ρήγματα. Τότε η κατά βάθος διάβρωση θα ευνοείται αφού κατά την κατακόρυφη διεύθυνση η αντοχή του πετρώματος είναι μειωμένη.

Β. ΦΥΣΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΑΞΗΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ

Οι διαστάσεις της κοιλάδας μας δίνουν μια ένδειξη για την ένταση με την οποία επιδρούν οι φυσικές διεργασίες σε μια περιοχή σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες. Έτσι αν παρατηρήσουμε σε μια περιοχή κοιλάδες με μεγάλα βάθη και μεγάλες κλίσεις τότε δεν έχουμε μόνο κατά βάθος διάβρωση, αλλά αυτή επιδρά και με μεγάλη ένταση. Ενας λόγος στον οποίο μπορεί να οφείλεται αυτό είναι η μεγάλη ταχύτητα ανέμου.

Γ. ΦΥΣΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ

Από άποψης μορφής, οι εγκάρσιες τομές των κοιλάδων διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες: σε κόλλες, ευθύγραμμες, κυρτές, και σε κοιλάδες που είναι κλιότες εκατέρωθεν του ποταμού.

μέχρι ενός σημείου καμψής μετά το οποίο γίνονται κοίλες.

Εάν δεχτούμε ότι η υδροστρωματοροή διαμορφώνει κοίλα ανάγλυφα, ενώ η ροή κατά μήκος του ποταμού κυρτά ανάγλυφα, τότε μπορούμε να δώσουμε την παρακάτω εξήγηση :

Στις κοίλες έχουμε διάβρωση κυρίως από την υδροστρωματοροή, ενώ η ροή κατά μήκος του ποταμού είναι αμελητέα. Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν κλάδοι μικρής τάξης και μικρής παροχής σε νερό.

Στις κοιλιάδες που παρουσιάζουν σημεία καμψής έχουμε μεταξύ των σημείων καμψής οριζόντια διάβρωση από τη ροή του νερού κατά μήκος του ποταμού, ενώ στο υπολοιπο τμήμα η διάβρωση οφείλεται μόνο στην υδροστρωματοροή. Αυτοί οι κλάδοι είναι μεγαλύτερης τάξης, και σε σχέση με τους προηγούμενους έχουν μεγαλύτερη παροχή και διάρκεια ροής.

Οι κυρτές κοιλιάδες στην αρχή ανήκουν στην προηγούμενη κατηγορία αλλά μετά, εξ' αιτίας της οριζόντιας διάβρωσης της βάσης των κλιτύων τους από τη ροή του ποταμού, έχουμε κατολιθοπνη των κλιτύων τους και διαμόρφωση του κυρτού αναγλύφου.

Τα πιθανά αίτια που διαμορφώνουν κοίλα ανάγλυφα είναι :

1) Δυναμικής Φύσεως

Δηλαδή να έχουν σχέση με το δυναμικό πεδίο της γης το οποίο σε συνδυασμό με τους φυσικούς μηχανισμούς της διάβρωσης να τείνει να διαμορφώσει κοίλα ανάγλυφα επειδή αυτά έχουν μεγαλύτερη ευοσάθεια από τα κυρτά στις επικρατούσες συνθήκες. Με βάση την παραπάνω υπόθεση πρέπει στη φύση να επικρατούν γενικά κοίλες επιφάνειες ενώ οι κυρτές θα περιορίζονται σε περιοχές που επικρατούν ειδικότερες συνθήκες π.χ. διάβρωση από ποταμούς. Δηλαδή με άλλα λόγια οι μεγάλοι μήκους κύματος ανωμαλίες πρέπει να είναι κοίλες ενώ οι μικρού κύματος κυρτές. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι αν αναλύσουμε κατά Fourier μία τουή κατά μήκος μιας οροσειράς το Residual θα είναι σύνθεση κοίλων καμπυλών ενώ το Residual κυρτών.

2) Γεωδυναμικής Φύσεως

Είναι πιθανόν οι ανοδικές ή καθοδικές κινήσεις σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες να επηρεάζουν τη μορφή των κοιλιάδων. Ίσως οι ανοδικές κινήσεις να διαμορφώνουν κοίλες κοιλιάδες.

3) Λιθολογικής Φύσεως

Δηλαδή οι κοίλες κοιλιάδες ή οι κυρτές με σημείο καμψής να δημιουργούνται από λιθολογικές διαφορές των σχηματισμών που τέμνει η κοιλιάδα, σε συνδυασμό πάντα με το μηχανισμό της διάβρωσης, τις συνθήκες ροής κ.λ.π.

2. Διερεύνηση της εξέλιξης των κοιλιάδων διαμέσου της αλληλεπίδρασης των μαθηματικών στοιχείων που τις συνθέτουν.

Ένα άλλο θέμα που πρέπει να εξεταστεί είναι η σχέση των μαθηματικών στοιχείων μεταξύ τους και το αποτέλεσμα που έχει η αλληλεπίδραση τους στη διαμόρφωση της κοιλιάδας. Για παράδειγμα αναφέρουμε την τάξη μεγέθους και την κλίση των κλιτύων τα οποία είναι δυνατό να συνδέονται ως εξής:

1) Αύξηση της τάξης μεγέθους.

α) Αυξάνεται η κλίση (ίσως η σχέση να μην είναι γραμμική).

β) Η κλίση μένει σταθερή.

γ) Η κλίση μειώνεται.

2) Μείωση τάξης μεγέθους.

δ) Μείωση κλίσης.

ε) σταθερή κλίση.

στ) Αύξηση κλίσης.

Θεωρητικά είναι δυνατόν όλες οι περιπτώσεις να απαντούν στη φύση, αν χίνουν οι κατάλληλοι συνδυασμοί. Είναι ακόμη πιθανό η

σχέση μεταξύ τάξης μεγέθους και κλίσης να μη μένει σταθερή σε όλη την εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι αλλάζουν οι γεωλογικές συνθήκες (π.χ. να έχουμε αναγέννηση) ή στην αλλαγή του κλίματος ή στη διαφορετική αντοχή των εναλλαγών των στρωμάτων που κόβει ένας ποταμός.

Μια άλλη σκέψη είναι να εξετάσουμε εάν υπάρχει μια γενικότερη συσχέτιση της μορφής των κοιλάδων με τη γεωδυναμική. Αυτό βασίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχει μια γενική τάση που διαφορώνει κοίλα ανάγλυφα στη φύση, ενώ τα ποτάμια με την οριζόντια διάβρωση και τον ερπυσμό τείνουν να τα μετατρέψουν σε κυρτά.

Επομένως εάν σε μία περιοχή που ανεβαίνει έχουμε διάβρωση κατά βάθος, τότε η οριζόντια διάβρωση θα είναι αμελητέα και οι κοιλάδες που θα διαφορώνονται θα είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό κοίλες ή ευθύγραμμες. Στην αντίθετη περίπτωση θα έχουμε έντονη οριζόντια διάβρωση, ερπυσμό, καταλισθήσεις και δημιουργία κυρτών κοιλάδων. Σε μία ενδιάμεση περίπτωση θα συναντάμε κοιλάδες που θα παρουσιάζουν σημεία καμπής.

Βέβαια σε όλα αυτά υπεισέρχονται πολλοί άλλοι παράγοντες (πέτρωμα, τεκτονική, υδρολογία κλπ.) και ίσως να επικρατούν τέτοιες συνθήκες που να μην είναι δυνατή καμία συσχέτιση μεταξύ της γεωμετρίας των κοιλάδων και του φυσικού περιβάλλοντος. Μια τέτοια ακραία περίπτωση είναι όταν ο ρυθμός ανόδου σε μια περιοχή είναι τόσο μεγάλος ώστε το υδρογραφικό δίκτυο να καταστραφεί. Οποιαδήποτε μελέτη σε αυτή την περιοχή θα μας δώσει αποτελέσματα που δεν θα αντιπροσωπεύουν τις σημερινές συνθήκες, αλλά παλαιότερες, αφού το υδρογραφικό δίκτυο δεν μπόρεσε να παρακολουθήσει τη γεωδυναμική εξέλιξη της περιοχής.

3. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Θεωρούμε μια κοιλάδα συμμετρική ως προς τον άξονα τον Y, με ευθύγραμμες κλιτύες. Τα μαθηματικά στοιχεία που προσδιορίζουν την κοιλάδα έστω ότι είναι τα φ , H και L. Υποθέτουμε ότι μετά από χρόνο Δt , τα στοιχεία αυτά είναι (σα με ω , ($\omega = \varphi + \Delta\varphi$), $H + \Delta H$ και $L + (2 * \Delta L)$. Θα προσπαθήσουμε να διερευνήσουμε την αλληλεπίδραση μεταξύ του βάθους, του πλάτους και της κλίσης.

Αποδεικνύεται ότι $\Delta H / \Delta L = N(H, L) * H / L$,

εάν $N(H, L) > 1$ τότε έχουμε αύξηση της κλίσης,

εάν $N(H, L) = 1$ η κλίση μένει σταθερή,

εάν $N(H, L) < 1$ η κλίση μειώνεται.

Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να εκφράσουμε τις προηγούμενες σχέσεις με μία απλή διαφορική εξίσωση. Υποθέτουμε ότι :

α) ότι $d\varphi = dH/dL$

β) ότι $dH/dL = N * H/L$ (1)

Δηλαδή η μεταβολή της κλίσης είναι ανάλογη του λόγου του βάθους προς το πλάτος της κοιλάδας, και η παράμετρος N είναι μία σταθερά που δεν εξαρτάται από το H ή το L της κοιλάδας.

Επιλύουμε την (1) που είναι μία διαφορική εξίσωση χωρισμένων μεταβλητών.

$$dH/dL = N * H/L \quad (<->)$$

$$<-> \quad dH/H = N * dL/L \quad (<->)$$

$$<-> \quad \int (1/H) dH = (N * \int (1/L) dL) + C \quad (<->)$$

$$<-> \quad \ln H = (N * \ln L) + C, \quad (H > 0 \text{ και } L > 0) \quad (<->)$$

$$<-> \quad \ln H = \ln L^N + \ln a, \quad (\text{όπου } C = \ln a) \quad (<->)$$

$$<-> \quad \ln H = \ln(a * L^N) \quad (<->)$$

$$<-> \quad H = a * L^N \quad (2)$$

Εάν λοχούε η αρχική συνθήκη $H = H_0$ ($L = L_0$) τότε από τη σχέση

Υπολογιστική Βιβλιοθήκη Θεόφωστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

(2) έχουμε :

$$H_0 = a \cdot L_0^N \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow a = H_0 / (L_0^N) \quad (3) \Leftrightarrow$$

Εάν αντικαταστήσουμε τη σχέση (3) στην (2) τότε :

$$H = H_0 \cdot (L / L_0)^N \quad (4)$$

Στη συνέχεια θα διερευνήσουμε τη σχέση (4). Ισχύει ότι $L > L_0$ αφού το πλάτος της κοιλάδας δεν είναι δυνατό να μειώνεται.

- Εάν $N > 1$ τότε έχουμε αύξηση της κλίσης των κλιτύων (φ).
- Εάν $N = 1$ τότε η (φ) μένει σταθερή.
- Εάν $0 < N < 1$ τότε η (φ) θα μειώνεται.

Η χρησιμότητα της σχέσης (4) είναι ότι, μπορεί να αποτελέσει μία απλή μαθηματική θάση για την πειραματική μελέτη της συμπεριφοράς των μαθηματικών στοιχείων μίας κοιλάδας σε κάποια χρονική περίοδο, δια μέσου ενός φυσικού ή εργαστηριακού μοντέλου. Στην πράξη αυτό σημαίνει τη μέτρηση του βάθους και του πλάτους μίας κοιλάδας στη φύση, ή ενός μοντέλου κοιλάδας στο εργαστήριο σε διάφορες χρονικές στιγμές και τελικά στον υπολογισμό της παραμέτρου N από την σχέση (4), στην οποία αντικαθιστούμε όπου H_0 και L_0 την πρώτη μέτρηση (H.L.).

Μία εφαρμογή της σχέσης $H = a \cdot L^N$ (2) είναι να τη χρησιμοποιήσουμε για να υπολογίσουμε το ρυθμό μεταβολής της κλίσης (N) των κοιλάδων σε μία περιοχή. Αυτό γίνεται εάν θεωρήσουμε τις κοιλάδες σαν σημεία του επιπέδου, που η θέση τους καθορίζεται από τα στοιχεία $H=Y$ και $L=X$ και χρησιμοποιήσουμε τη σχέση (2) για να προσδιορίσουμε την παράμετρο N με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Βέβαια όλα τα προηγούμενα λογούν εάν οι κοιλάδες, θεωρηθούν ότι είναι συμμετρικές ως προς τον άξονα των Y και ευθύγραμμες.

4. Φυσικό περιβάλλον

Το φυσικό περιβάλλον μπορεί να διακριθεί σε δύο αλληλοεξαρτώμενες ενότητες: στις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα (αποσάθρωση, ανοδικές και καθοδικές κινήσεις, είδος διάβωσης κ. λ. π.) και στους γεωτεκτονικούς, γεωγραφικούς, κλιματολογικούς και άλλους παράγοντες που καθορίζουν τη δομή μιας περιοχής. Επομένως το ερώτημα που τίθεται είναι κατά πόσο τα μαθηματικά στοιχεία των κοιλάδων συνδέονται : α) με τα φυσικά στοιχεία του περιβάλλοντος και β) με συγκεκριμένες φυσικές διεργασίες. Θεωρητικά πρέπει να συνδέονται και με τα δύο. Είναι δυνατό να έχουμε τους παρακάτω συνδυασμούς.

1. Οι φυσικές διεργασίες να είναι τόσο έντονες, που τα χαρακτηριστικά των κοιλάδων να ελέγχονται αποκλειστικά από αυτές, έτσι ώστε να παρουσιάζεται πολύ μικρή ή καθόλου τοπική διαφοροποίηση με τη μεταβολή των στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος (π.χ. λιθολογία). Ένα τέτοιο παράδειγμα έχουμε σε μία περιοχή που ανεβαίνει με πολύ μεγάλη ταχύτητα στην οποία παρατηρούμε κοιλάδες με μεγάλη κλίση και τάξη μεγέθους σε όλη της την έκταση ή έχουμε μόνο εκκυβωτισμό των κλάδων μεγάλης τάξης, ανεξάρτητα από την κατανομή των λιθολογικών σχηματισμών.

2. Να συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή οι κοιλάδες να διαμορφώνονται από μεταβολές των στοιχείων που απαρτίζουν το φυσικό περιβάλλον. Αυτό μπορεί να συμβεί, όταν σε μία περιοχή αναπτύσσεται ένα σύστημα ρηγμάτων το οποίο ακολουθείται από το υδρογραφικό δίκτυο. Αυτό έχει σαν συνέπεια στις κοιλάδες που είναι κατά μήκος των ρηγμάτων να παρατηρείται κατά βάθος διάβωση, εξ αιτίας της διαφορετικής αντοχής στη διάβωση που παρουσιάζουν ή οριζόντια και η κατακόρυφη διεύθυνση στο πέτρωμα. Μία άλλη περίπτωση είναι τα ρηγματα να θέτουν κάποια το υδρογραφικό δίκτυο. Τότε εάν είναι ενεργά θα παρουσιάζονται

σχετικές κινήσεις μεταξύ τους οι οποίες θα επηρεάζουν το υδρογραφικό δίκτυο, τόσο σε τομές κατά μήκος της κοίτης, (δημιουργία knick point π.χ. ο ποταμός Λιβαδόστρας) όσο και σε τομές κάθετα στην κοίτη, (αφού σε άλλα τμήματα θα έχουμε ανοδικές κινήσεις ενώ σε άλλα καθοδικές). Ένα άλλο παράδειγμα μπορούμε να έχουμε σε μία περιοχή η οποία θεωρείται σταθερή από γεωδυναμικής απόψεως ή κατέρχεται. Σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατό οι κοιλάδες να διαφοροποιούνται εξ αιτίας λιθολογικών διαφορών στους οχηματισμούς της περιοχής.

3. Τα χαρακτηριστικά των κοιλάδων να ελέγχονται τόσο από τις φυσικές διεργασίες όσο και από τα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να απομακρύνουμε την επίδραση που έχει η λιθολογία, το κλίμα και τα άλλα στοιχεία του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να βγάλουμε συμπεράσματα σχετικά με τη γεωδυναμική κατάσταση της περιοχής. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο εάν φτιαχθεί ένα μοντέλο, (το οποίο να λαμβάνει υπόψη την τάξη του κλάδου στον οποίο έγινε τομή, το κλίμα, το υψόμετρο και την απόσταση της κοιλάδας από τη θάλασσα, το είδος του λιθολογικού οχηματισμού, την παραχή του ποταμού, το είδος της ροής, την κλίμακα στην οποία μελέταμε την περιοχή κ.λ.π.), με τη βοήθεια του οποίου θα γίνεται διόρθωση των πραγματικών γεωμετρικών στοιχείων των κοιλάδων, έτσι ώστε να απομακρύνονται οι ποσηγούμενες επιδράσεις και να απομένουν αυτές που οφείλονται στη γεωδυναμική.

5. ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να διακρίνουμε θεωρητικά τις κοιλάδες ανάλογα με τα τρία στοιχεία (κλίση, μορφή, τάξη μεγέθους) που τις διαφοροποιούν.

ΟΡΙΣΜΟΣ

Ο ΤΥΠΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ορίζεται σαν ένας συνδυασμός των μαθηματικών στοιχείων που καθορίζουν τη μορφή, την τάξη μεγέθους και την κλίση των κλιτύων των κοιλάδων μιας περιοχής και είναι το αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης διαφόρων διεργασιών εσωτερικών και εξωτερικών σε ένα συγκεκριμένο φυσικό περιβάλλον.

Ο μαθηματικός ορισμός των τύπων διάβρωσης είναι ότι εκφράζονται από μια μαθηματική σχέση που έχει σαν πεδίο ορισμού τρεις ομάδες στοιχείων που συσχετίζονται, η πρώτη με την κλίση, η δεύτερη με την τάξη μεγέθους στην οποία ανήκει η κοιλάδα και η τρίτη με τη μορφή της, ενώ το πεδίο τιμών της αποτελείται από συνδυασμούς των συνθηκών του φυσικού περιβάλλοντος.

Το πρόβλημα που δημιουργείται είναι κατά πόσο αμφιμονοσήμαντη είναι η αντιστοιχία μεταξύ των μαθηματικών στοιχείων (αποτελέσματα) που περιγράφουν τις κοιλάδες και των φυσικών συνθηκών (αίτιο) που επικρατούν σε μια περιοχή.

Εάν η σχέση αιτίου αποτελέσματος είναι αμφιμονοσήμαντη τότε σε κάθε συνδυασμό των στοιχείων μ.μ.κ θα αντιστοιχούσαν κάποιες συγκεκριμένες φυσικές συνθήκες (πέτρωμα, κλίμα, τεκτονική κλπ.). Το πιο πιθανό είναι η σχέση να είναι μονοσήμαντη δηλαδή κάθε συνδυασμός των μ.μ.κ να είναι δυνατό να προκύπτει από διαφορετικούς συνδυασμούς φυσικών συνθηκών, τόσο ως προς το είδος όσο και ως προς την ένταση.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ : ΑΙΓΙΟ - ΕΡΥΘΡΕΣ

Οι κοιλάδες μπορούν να περιγραφούν από ένα σύνολο από μαθηματικά στοιχεία τα οποία δεν είναι δυνατό να παρουσιαστούν όλα. Για αυτό θα περιορισθούμε μόνο στην ανάλυση των πιο απλών στοιχείων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων θα γίνει στατιστική σύγκριση των δύο περιοχών και μετά θα συγκριθούν οι

χάρτες των μαθηματικών στοιχείων των κοιλάδων με τον τοπογραφικό χάρτη, το υδρογραφικό δίκτυο και το γεωλογικό χάρτη της κάθε περιοχής.

1. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ : Στις Ερυθρές έγιναν 781 τομές, ενώ στο Αίγιο 667. Αποδείχτηκε ότι οι κατανομές της κλίσης ϕ , του νεπέριου λογάριθμου του βάθους H και της μορφής, έτσι όπως υπολογίζεται από τις παραμέτρους Ω ή N , είναι κανονικές κατανομές και στις δύο περιοχές.

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών με την ξ κατανομή και των διασπορών με την F κατανομή, προέκυψε ότι οι διαφορές που παρατηρούνται στην κλίση και στο λογάριθμο του βάθους των κοιλάδων στις δύο περιοχές είναι στατιστικά σημαντικές. Οι έλεγχοι έγιναν σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Η μελέτη των συντελεστών ομοιομορφίας έδειξε ότι οι κατανομές των μαθηματικών στοιχείων των κοιλάδων στο Αίγιο είναι πιο ομοιόμορφες από ότι στις Ερυθρές, και ότι το στοιχείο με το μεγαλύτερο συντελεστή ομοιομορφίας είναι το H , και μετά ακολουθούν το πλάτος, η κλίση και η μορφή N .

Εάν συγκρίνουμε τα ιστογράμματα του $\ln H$ και της ϕ βλέπουμε ότι υπάρχει μία μετατόπιση των κατανομών του Αιγίου προς τα δεξιά σε σχέση με τις Ερυθρές. Η μετατόπιση αυτή σε συνδυασμό με τη σύγκριση των συντελεστών ομοιομορφίας των δύο περιοχών, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στο Αίγιο τα χαρακτηριστικά της κατά βάθος διάβρωσης δεν είναι μόνο πιο έντονα, αλλά και ότι η περιοχή ομογενοποιείται σε σχέση με τις Ερυθρές.

Συγκρίνοντας τους συντελεστές γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των στοιχείων των κοιλάδων σε κάθε περιοχή παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγαλύτερη γραμμική συσχέτιση στις Ερυθρές από ότι στο Αίγιο. Μια αξιολογημένη παρατήρηση είναι ότι ενώ υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του $\ln H$ και του $\ln L$ (ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης είναι $R=84\%$ για τις Ερυθρές και $R=74\%$ για το Αίγιο) η κλίση των κλιτύων ϕ συσχετίζεται μόνο με το $\ln H$ και καθόλου με το $\ln L$ ($R=67\%$ στις Ερυθρές και $R=56\%$ στο Αίγιο). Αυτό σημαίνει ότι όταν αυξάνεται το βάθος μιας κοιλάδας αυξάνεται και το πλάτος της αλλά με ένα τέτοιο ρυθμό ώστε συγχρόως να αυξάνεται η κλίση της κοιλάδας.

Επίσης παρατηρούμε ότι: α) Η σχέση που συνδέει το $\ln H$ και το $\ln L$ της κοιλάδας είναι $L=3.6+(0.6*\ln H)$ β) Η συσχέτιση μεταξύ του $\ln H$ και της ϕ θα ήταν μεγαλύτερη εάν είχε χρησιμοποιηθεί ένα κυρτό μοντέλο (π.χ. $Y=a*X^b+b, N>1$). Το ότι η συνάρτηση $\phi=f(\ln H)$ είναι κυρτή σημαίνει ότι ο ρυθμός αύξησης της κλίσης είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό αύξησης του $\ln H$. γ) Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της παραμέτρου κυσότητας N και του $\ln H$ είναι 50% στις Ερυθρές ενώ στο Αίγιο είναι περίπου μηδέν.

3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΙΓΙΟΥ - ΕΡΥΘΡΩΝ

Η σύγκριση των περιοχών θα γίνει σε δύο στάδια. Στο πρώτο θα εξεταστούν οι ποσοτικές διαφορές που παρουσιάζουν, δηλαδή η κατανομή και το σχήμα των τυπών διάβρωσης σε σχέση με το ανάγλυφο, το υδρογραφικό δίκτυο και το είδος του πετρώματος. Στο δεύτερο στάδιο θα γίνει ποσοτική σύγκριση των μαθηματικών στοιχείων των δύο περιοχών.

Α. Ποιοτική σύγκριση

Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές στο Αίγιο έχουμε μια ομοιομορφή άνοδο η οποία έχει ανεβάσει πλειοκαίνικα ιζήματα σε ύψος 1500m (Kellerat, Myriantlis et al., 1978) ενώ στις Ερυθρές μπορεί να φτάσει τα 2000m (Kellerat, Myriantlis et al., 1978). Η περιοχή κατέχεται (Jackson et al., 1982).

- Τα επι μέρους υδρογραφικά δίκτυα στις Ερυθρές έχουν διάφορους προσανατολισμούς, ενώ στο Αίγιο όλο το δίκτυο ακολουθεί καθορισμένες διευθύνσεις και υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του μήκους των κλάδων και της διεύθυνσής τους (αυτό μπορεί να αποδειχτεί εάν γίνει ανάλυση του δικτύου με φίλτρα, αφού πρώτα ψηφιοποιηθεί).

- Στις Ερυθρές το γεωλογικό υπόβαθρο αποτελείται από ασβεστολίθους (κυρίως), πλειοκαινικά ιζήματα (κροκαλοπαγή, μάρμας, αρχίλοι, ψαμίτες, αρχιλικί, πηλοί και μαργαίκοι ασβεστόλιθοι), αλλούβια ενώ στο Αίγιο επικρατούν οι ασβεστόλιθοι και τα καλάβρια κροκαλοπαγή και επίσης έχουμε πλειοκαινικές μάρμας - αρχίλους, φλύοχη, πηλίτες ραδιολαρίτες.

- Στο Αίγιο το ανάγλυφο, κατανέμεται σε όλη την έκταση της περιοχής, είναι πολύ πιο έντονο αφού οι ορεινοί όγκοι Κερύνεια, Κλωκός, Αράνεια, Ρούσκιο έχουν μέσο υψόμετρο $H > 1000$ μέτρα, και αυξάνεται από Βορρά προς Νότο. Στις Ερυθρές τα όρη περιορίζονται κυρίως στο δυτικό τμήμα, το υψόμετρό τους κυμαίνεται από $H = (600m - 1000m)$ και μειώνεται από τη Δύση προς την Ανατολή.

- Οι κοιλάδες με τα μεγαλύτερα βάθη και κλίσεις στις Ερυθρές κατανέμονται κατά μήκος των οροσειρών, ενώ στο Αίγιο περιορίζονται σε στενές λουρίδες κατά μήκος των κλάδων μεγαλύτερης τάξης του υδρογραφικού δικτύου.

- Η κατά βάθος διάβρωση στις Ερυθρές αναπτύσσεται σε ασβεστολίθους, ενώ στο Αίγιο είναι ανεξάρτητη από τη λιθολογία (αφού παρατηρείται σε ασβεστολίθους, κροκαλοπαγή κ.λ.π.).

- Το σύστημα ρημάτων που υπάρχει στο Αίγιο έχει επηρεάσει το υδρογραφικό δίκτυο και είναι πολύ πιθανό να καθορίζει, σε συνδυασμό με τα ποτάμια μεγάλης τάξης, τη γεωγραφική κατανομή της κατά βάθος διάβρωσης. Στις Ερυθρές υπάρχουν μικρά ρήματα με διεύθυνση Ανατολή-Δύση που αναπτύσσονται πάνω στους ασβεστολίθους. Η εμφάνιση της κατά βάθος διάβρωσης φαίνεται να είναι ανεξάρτητη από την ύπαρξη των ρημάτων αφού η γεωγραφική της εξάπλωση εξαρτάται μόνο από την κατανομή των ορεινών όγκων. Μία ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι η σύμπτωση που υπάρχει μεταξύ της διεύθυνσης των ρημάτων και του κατά μήκος άξονα των οροσειρών των Ερυθρών που μπορεί να υποδηλώνει έλεγχο της ανάπτυξης των οροσειρών από ρήματα.

Β. Ποσοτική σύγκριση

Από τη συγκριτική μελέτη των μαθηματικών στοιχείων των κοιλάδων στις δύο περιοχές προκύπτει ότι:

- Για το πλάτος και τη μορφή δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών στο Αίγιο και στις Ερυθρές.

- Η κλίση και ο λογαριθμικός του βάθους των κοιλάδων ακολουθούν την κανονική κατανομή και στις δύο περιοχές.

- Η μέση τιμή της κλίσης στο Αίγιο είναι μεγαλύτερη από τις Ερυθρές και η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ενώ δεν υπάρχει διαφορά στη τυπική απόκλιση.

- Η κατανομή των στατιστικών μεγεθών στο Αίγιο είναι πιο ομοιόμορφη από ότι στις Ερυθρές.

- Η κατανομή του λογαριθμικού του βάθους στο Αίγιο είναι μετατοπισμένη προς μεγαλύτερες τιμές και η διαφορά των μέσων τιμών των βαθών στις δύο περιοχές είναι στατιστικά σημαντική, ενώ δεν παρουσιάζουν ίδια τυπική απόκλιση.

- Στις Ερυθρές ο τύπος διάβρωσης ($\varphi > 15^\circ$, $H > 44m$) περιορίζεται στους ορεινούς όγκους ενώ στο Αίγιο επεκτείνεται σε όλη τη περιοχή με μέγιστο ($\varphi > 24^\circ$, $H > 67m$) κατά μήκος των κλάδων μεγάλης τάξης.

- Η μορφή των κοιλάδων που παρατηρούνται πάνω στους ορεινούς όγκους είναι από κοίλη έως ευθύγραμμη. Στο Αίγιο είναι κυρίως κοίλες ενώ στις Ερυθρές ευθύγραμμες.

Παρατηρούμε ότι υπάρχουν πολύ μεγάλες διαφορές τόσο στην κατανομή της διάβρωσης σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον όσο και στα ποσοτικά της χαρακτηριστικά στις Ερυθρές και στο Αίγιο. Οι ποιοτικές διαφορές οφείλονται κυρίως στις διαφορετικές φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα, ενώ οι ποσοτικές έχουν κυρίως σχέση με την ένταση των φυσικών διεργασιών που επιδρούν σε κάθε περιοχή. Με βάση τις ποιοτικές διαφορές που παρατηρούμε συμπεραίνουμε τα παρακάτω.

Στο Αίγιο υποθέτουμε ότι έχουμε μία ομοιομορφη άνοδο σε όλη την περιοχή. Το συμπέρασμα αυτό βασίζεται στην ανεξαρτησία της κλίσης και του βάθους των κοιλάδων από το ανάγλυφο και τη λιθολογία, στον εγκυβωτισμό των κλάδων μεγάλης τάξης του υδρογραφικού δικτύου (δημιουργία canyons), και στην ύπαρξη κούλων κοιλάδων στους ορεινούς όγκους.

Στις Ερυθρές εξ αιτίας της εξάρτησης της κατά βάθος διάβρωσης, κυρίως από το υψόμετρο και σε δεύτερο βαθμό από τη λιθολογία, υποθέτουμε ότι παρατηρούνται σχετικές κινήσεις μεταξύ των ορεινών όγκων και της υπολοιπής περιοχής. Επίσης είναι πιθανόν όλη η περιοχή να κατεβαίνει. Σε αυτή την περίπτωση θα περιμέναμε πάλι την ίδια κατανομή, δηλαδή μέγιστο στις περιοχές με το μεγαλύτερο υψόμετρο, βαθμιαία μεταβολή των χαρακτηριστικών της διάβρωσης με το ανάγλυφο και μικρές αριθμητικές τιμές στα μαθηματικά στοιχεία των κοιλάδων, σε σχέση με περιοχές που ανεβαίνουν.

Μελετώντας τις ποσοτικές διαφορές των μαθηματικών στοιχείων στις δύο περιοχές συμπεραίνουμε ότι :

- Το Αίγιο είναι πιο ομοιομορφο. Αυτό προφανώς σημαίνει ότι κάτι γενικότερο συμβαίνει για να ομογενοποιείται αυτή η περιοχή σε σχέση πάντα με τις Ερυθρές.

- Η διαφορά στις μέσες τιμές του βάθους και της κλίσης υποδηλώνει κάποια διαφορετική ταχύτητα άνοδου, (η ταχύτητα άνοδου είναι αρνητική όταν μία περιοχή κατέρχεται και θετική όταν ανέρχεται). Το πρόβλημα που δημιουργείται είναι ότι στις Ερυθρές μπορεί όλη η περιοχή να μην έχει την ίδια γεωδυναμική συμπεριφορά, οπότε πρέπει να την αναλύσουμε σε συνιστώσες για να τη συγκρίνουμε με το Αίγιο.

- Υποθέτουμε ότι η υδροστρωματορροή διαμορφώνει σε συνδυασμό με το πεδίο βαρύτητας κούλα ανάγλυφα. Τότε στους ορεινούς όγκους και ιδιαίτερα όταν ανεβαίνουν, η διάβρωση των κλιτύων γίνεται κυρίως από την υδροστρωματορροή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να διαμορφώνονται κούλες κοιλάδες. Η υπόθεση αυτή ισχύει μόνο για τα ορη γιατί σε χαμηλότερα υψόμετρα δεν είναι δυνατό να διακριθεί κάποιο τμήμα της κοιλάδας που να διαβρώνεται μόνο από την υδροστρωματορροή.

Αναλύοντας τη μορφή στις δύο περιοχές βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν ποσοτικές διαφορές στις μέσες τιμές, υπάρχει όμως διαφορά στην κατανομή. Δηλαδή η μορφή στις Ερυθρές είναι κυρίως ευθύγραμμη στους ορεινούς όγκους και κούλη ή ευθύγραμμη στις πεδιάδες. Ένα στοιχείο που επιβεβαιώνει τα προηγούμενα είναι η όχι μεγάλη αλλά πολύ σημαντική συσχέτιση ($R=50\%$) της μορφής, όπως υπολογίζεται από την παράμετρο N (που είναι ποσοτική) με το βάθος. Πράγμα που σημαίνει ότι, όταν αυξάνεται το βάθος, η κοιλάδα γίνεται από κούλη ευθύγραμμη. Κούλες είναι αρκετές κοιλάδες στις αλουβιακές πεδιάδες των Ερυθρών στις οποίες η ερμηνεία της μορφής συνδέεται με άλλες φυσικές διεργασίες. Αντίθετα, στο Αίγιο αυτή η σχέση δεν ισχύει. Επιπλέον στους κλάδους μεγάλης τάξης δημιουργούνται canyons, ενώ πάνω στους ορεινούς όγκους επιδρούν άλλα φυσικά στοιχεία, όπως κούλες, κούτες, βέβαια, σε όλα αυτά παίζει κάποιο ρόλο η λιθολογία. Όμως και στο Αίγιο

υπάρχουν σημαντικές εμφανίσεις αοβαστολιθών πάνω στους ορεινούς όγκους, χωρίς όμως να υπάρχει αναλογία στη μορφή των κοιλάδων που παρατηρείται σε αυτούς με τις Ερυθρές.

ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΛΑ

Με βάση τις προηγούμενες παρατηρήσεις και υποθέσεις συμπεραίνουμε ότι τα μαθηματικά χαρακτηριστικά της διάβρωσης και η κατανομή της στο χώρο, όταν σε μία περιοχή παρατηρείται ομοιόμορφη και έντονη ανοδική κίνηση, πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις :

1. Μεγάλη ομοιομορφία τόσο στις κατανομές των μαθηματικών στοιχείων των κοιλάδων (μικρότερες τυπικές αποκλίσεις και μικρότεροι συντελεστές ομοιομορφίας) όσο και στην κατανομή τους στο χώρο.

2. Μεγάλες τιμές στις μέσες τιμές στην κλίση και στο βάθος των κοιλάδων και αντίστοιχη μετατόπιση της (κανονικής) κατανομής της κλίσης και του λογαρίθμου του βάθους προς τα δεξιά.

3. Δημιουργία canyon κατά μήκος των κλάδων μεγάλης τάξης, ενώ πάνω στους ορεινούς όγκους αναπτύσσονται κυρίως κούλες κοιλάδες.

4. Ανεξαρτησία των τύπων διάβρωσης από τη λιθολογία και το ανάγλυφο, ενώ παράλληλα τα μεγαλύτερα βάθη και κλίσεις κατανέμονται εκλεκτικά κατά μήκος των κλάδων μεγάλης τάξης, (εγκυβωτισμός εξ αιτίας της μεγάλης ταχύτητας ανόδου σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη παροχή και διάρκεια ροής αυτών των κλάδων).

5. Εάν υπάρχουν ρηγάτα τότε αυτά επηρεάζουν τη διεύθυνση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, (σχέση μηκούς και διεύθυνσης) και επιτρέπουν την εκλεκτική ανάπτυξη κοιλάδων με πολύ μεγάλα βάθη και κλίσεις κατά μήκος των κλάδων που τα ακολουθούν.

6. Παρατηρείται ομογενοποίηση της περιοχής. Αυτό έχει σαν συνέπεια να υπάρχει μία ομοιόμορφη κατανομή της κατά βάθος διάβρωσης σε όλη την περιοχή, έτσι είναι πολύ δύσκολο να διακριθούν τύποι διάβρωσης, δηλαδή ομάδες κοιλάδων στις οποίες έχει προσδιοριστεί το πεδίο ορισμού των στοιχείων της κλίσης, της τάξης μεγέθους και της μορφής σε έναν καθαρισμένο γεωγραφικά χώρο του φυσικού περιβάλλοντος.

Αντίθετα όταν μία περιοχή κατεβαίνει ομοιόμορφα τότε τα μαθηματικά χαρακτηριστικά της διάβρωσης και η κατανομή της στο χώρο πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις :

1. Οι κοιλάδες με τα μεγαλύτερα βάθη και κλίσεις περιορίζονται πάνω στους ορεινούς όγκους κατά μήκος των κλάδων μικρής τάξης, ενώ παρατηρείται βαθμιαία μείωση της κλίσης και της τάξης μεγέθους με τη μείωση του υψόμετρου και την αύξηση της τάξης των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου.

2. Μεγαλύτερη τυπική απόκλιση και ανομοιομορφία στις κατανομές των μαθηματικών στοιχείων.

3. Μικρότερες μέσες τιμές όσο αφορά την κλίση και το βάθος, και μετατόπιση των κατανομών τους προς τα αριστερά σε σχέση με περιοχές που ανεβαίνουν.

4. Εμφάνιση μεταβατικών τύπων διάβρωσης μεταξύ του τύπου που παρατηρείται στα όρη, (μέγιστο κλίσης και τάξης μεγέθους) και του τύπου που εμφανίζεται στις πεδιάδες, (ελάχιστο κλίσης και βάθους) . Δηλαδή, η μεταβολή των μαθηματικών στοιχείων των κοιλάδων είναι βαθμιαία και συνεχής.

5. Οι κοιλάδες που αναπτύσσονται πάνω στους ορεινούς όγκους είναι στην πλειοψηφία τους λιγότερο κούλες και περισσότερο κυρτές, συγκρινόμενες με τα αντίστοιχα τμήματα περιοχών που ανέρχονται γενικά, το ανάγλυφο είναι πολύ λιγότερο κοίλο και

περιοότερο κυρτό.

6. Δεν παρατηρούνται διαφορές στις τιμές της κλίσης και του βάθους, σε κοιλάδες ποταμών που ακολουθούν ρήγματα, οι οποίες να τις διαφοροποιούν από το στενό τους φυσικό περιβάλλον.

7. Παρατηρείται τοπική διαφοροποίηση των τύπων διάβρωσης με την λιθολογία

Τα προηγούμενα γεωδυναμικά μοντέλα βασίστηκαν μόνο στις παρατηρήσεις που έγιναν στις Ερυθρές και στο Άγιο. Στον οριομό τους δεν συμπεριλαμβάνονται ακριβή μαθηματικά στοιχεία για την κλίση, την τάξη μεγέθους και τη μορφή της κοιλάδας. Αυτό έγινε επειδή κάναμε σχετική μελέτη της κατά βάθος διάβρωσης. Δηλαδή, δεν προσπαθήσαμε να ανάγουμε τα δεδομένα ως προς κάποια κοινή βάση για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τις δύο περιοχές. Για να γίνει αυτό πρέπει να υπολογιστεί η επίδραση της τάξης των κλάδων και της λιθολογίας, να προσδιοριστεί η επίδραση που έχει κάθε ομοιογενές, ως προς τις συνθηκές διάβρωσης, γεωγραφικό τμήμα στη συνισταμένη της περιοχής και αυτά να συγκριθούν μεταξύ τους κ.λ.π. Για να γίνει ποσοτική εκτίμηση της ταχύτητας (θετική ή αρνητική), πρέπει πρώτα να έχουμε ακριβείς μετρήσεις της ανόδου ή καθόδου των περιοχών με κάποια άλλη μέθοδο, για να μπορέσουμε να βάλουμε όλες τις προηγούμενες παρατηρήσεις και υποθέσεις σε ένα μαθηματικό μοντέλο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το πιο σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι η μαθηματική μελέτη της κατά βάθος διάβρωσης, από εγκάρσιες τομές στα ποτάμια, μπορεί να μας δώσει μια εικόνα για τη γεωδυναμική κατάσταση που επικρατεί σε μια περιοχή. Αυτό βασίζεται στη μεταβολή της κλίσης, της μορφής και της τάξης μεγέθους των κοιλάδων σε σχέση με το ανάγλυφο, το υδρογραφικό δίκτυο και τη λιθολογία. Βέβαια, η κατά βάθος διάβρωση ορίζεται σχετικά για κάθε περιοχή. Απόλυτος μαθηματικός ορισμός της κατά βάθος διάβρωσης, σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον, με τόσο λιγα στοιχεία δεν είναι δυνατό να δοθεί.

Η διαμόρφωση των κοιλάδων στο χώρο δεν είναι ανεξάρτητη από τις διευθύνσεις ανάπτυξης του υδρογραφικού δικτύου, την τοποθέτηση και γεωμετρία των ορεινών όγκων και τη γενικότερη τάση του αναγλύφου σε μια περιοχή, αλλά όλα αυτά αποτελούν μια αλληλοεξαρτώμενη ενότητα σε σχέση με το γεωλογικό περιβάλλον. Επομένως για να γίνει μια σωστή μαθηματική μελέτη της διαμόρφωσης του αναγλύφου σε μια περιοχή, θα πρέπει αυτή να εξεταστεί από πολλές πλευρές και κάτω από διάφορες κλίμακες. Μερικές από τις μεθόδους που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν είναι η ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου με φίλτρα, η παρασάση των βουνών με μαθηματική έκφραση, ανάλυση συχναστών του αναγλύφου (με δισδιάστατους μετασχηματισμούς Fourier), κ.λ.π.

Φυσικά, εφαρμογή της μεθοδολογίας ανάλυσης του αναγλύφου που αναπτύχθηκε, με κάποια πιθανή τροποποίηση, μπορεί να γίνει και σε άλλα φαινόμενα, που μπορούν να περιγραφούν από χάρτες ισοανωμών και κυψλών, εφόσον υπάρχει φυσικό νόημα.

•• ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. ΑΠΟΣΤΟΛΑΤΟΣ Ν. 1981: ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 1,2. ΑΘΗΝΑ.
2. ΑΠΟΣΤΟΛΑΤΟΣ Ν. 1983: ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ. ΑΘΗΝΑ.
3. ΒΑΪ-ΟΠΟΥΛΟΣ Δ. 1987: ΙΔΙΩΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ.
4. BURDEN R., FAIRES J. 1985: NUMERICAL ANALYSIS.
PWS Publishers. BOSTON.
5. ΔΟΥΤΣΟΣ Θ., ΚΑΜΗΛΑΡΗΣ Χ. 1984:
Οι κατολισθήσεις του νομού Αχαΐας.
Ορυκτός Πλούτος, τεύχος 30. Μάιος-Ιούνιος
1984.
6. JACKSON, GAGNEPAIN, HOUSEMAN, KING, PAPADIMITRIOU,
SOUFLERIS, VIRIEUX 1982:
SEISMICITY, NORMAL FAULTING AND THE
GEOMORPHOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE GULF
OF KORINTH (GREECE): THE KORINTH
EARTHQUAKES OF FEBRUARY AND MARCH 1981.
EARTH PLANET. SCI. LETT., Vol. 57. p. 377.
7. ΚΑΚΟΥΛΛΟΣ Θ. 1971: ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ. ΑΘΗΝΑ
8. ΚΑΚΟΥΛΛΟΣ Θ. 1972: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ. ΑΘΗΝΑ
9. KELLETAT, KOWALSYK, SCHROEDER, WINTER 1978:
NEOTECTONICS IN THE PELOPONNESIAN COASTAL
REGIONS. IN: CLOSE, ROEDER, SCHMIDT
(eds). ALPS, APENNINES, HELLENIDES. p. 512
10. LESER H., PANZER W. 1981: GEOMORPHOLOGIE. Braunschweig.
Εκδ. Οίκος: Verlag Westermann
11. MONKHOUSE, WILKINSON 1971: MAPS AND DIAGRAMS. LONDON
12. ΜΟΥΤΣΟΥΛΑΣ Μ. 1985: ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΧΑΡΤΩΝ.
13. MYRIANTHIS M. : GRABEN FORMATION AND SEISMICITY IN THE
GULF OF KORINTH: THE GEOLOGICAL EVOLUTION
OF EASTERN MEDITERANEAN. p. 701
14. ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ-ΖΑΜΑΝΗ Α. 1983: ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ.
ΑΘΗΝΑ
15. ΤΣΙΤΣΑΣ Λ. 1980. 1983 : ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ 1.2.
ΑΘΗΝΑ