

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΝΤΑΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Δ. Φουντούλης*

ΣΥΝΟΨΗ

Πρόγραμμα στατιστικού προσδιορισμού μέσω των διευθύνσεων εφελκυσμού και συμπίεσης σε μία ομάδα μηχανισμών γένεσης σεισμών. Το πρόγραμμα βασίζεται στην μέθοδο των ορθών διεδρών γωνιών και στη στερεογραφική προβολή Wulff. Εφαρμογή του σε μία ομάδα σεισμών στη περιοχή της Χαλκιδικής.

ABSTRACT

A program for statistical evaluation of mean directions of traction and pression, in a group of focal mechanisms of earthquakes. This program is based in the method of right diedral and the Wulff's stereographic projection. Application in a group of earthquakes in the area of Chalkidiki.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αρκετές σεισμογενείς περιοχές συμβαίνει να έχουμε στη διάθεσή μας ένα σημαντικό πλήθος μηχανισμών γένεσης σεισμών. Παρατηρούμε όμως συχνά ότι οι άξονες εφελκυσμού και συμπίεσης διαφέρουν ως προς την διεύθυνση ή/και την κλίση. Οι λόγοι που προκαλούν αυτές τις διαφοροποιήσεις είναι οι τοπικές γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες, η κατανομή των σεισμογράφων, οι συνθήκες καταγραφής και η ακρίβεια στο μοντέλο ταχυτήτων διάδοσης της περιοχής (Mackenzie, 1972).

Για να υπολογίσουμε επομένως τις μέσες διευθύνσεις των τάσεων εφελκυσμού και συμπίεσης μιάς περιοχής, προκειμένου να συσχετιστούν τα σεισμολογικά με τεκτονικά δεδομένα ή απ' ευθείας μετρήσεις τάσεων, απαιτείται να γίνει στατιστική επεξεργασία των μηχανισμών γένεσης. Αρκετοί μέθοδοι στατιστικής επεξεργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν γι' αυτό το σκοπό. Για να είναι εφικτή η άμεση σύγκριση σεισμολογικών και τεκτονικών στοιχείων είναι αναγκαίο η στατιστική να γίνει με τη χρήση δικτύου ισογώνιας στερεογραφικής προβολής (δίκτυο Wulff).

Το 1974 ο Ritsema χρησιμοποίησε για πρώτη φορά μία μέθοδο εκτίμησης των μέσω των διευθύνσεων εφελκυσμού, συμπίεσης για μία συγκεκριμένη περιοχή βασισμένη στην στατιστική των προβολών των αξόνων P και T όλων των διαθέσιμων μηχανισμών γένεσης. Άλλοι ερευνητές (Mercier et al, 1975, Angelier and Goguel, 1979) έδειξαν ότι η χρήση των αξόνων P και T για εξαγωγή στατιστικών συμπερασμάτων εισήγαγε σημαντικότερη απροσδιοριστία από ό,τι η χρήση των βοηθητικών επιπέδων. Έτσι χρησιμοποίησαν στατιστικές μεθόδους που βασίζονται στην προσπάθεια εύρεσης των κοινών περιοχών εφελκυσμού και συμπίεσης σε μία ομάδα μηχανισμών γένεσης. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή σαν μέθοδος των ορθών

* Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.), Μεσογείων 226, 15361 Χολαργός.

διέδρων γωνιών και είχε χρησιμοποιηθεί αρχικά για προσδιορισμό διευθύνσεων 'εφελκυσμού και συμπίεσης από τεκτονικά δεδομένα (Pegoraro, 1972). Η χρήση αυτής της μεθόδου είναι χρονοβόρα και κοπιαστική διότι απαιτείται η προβολή σε δίκτυο Wulff των δύο βοηθητικών επιπέδων και των αξόνων P, T, για κάθε μηχανισμό γένεσης. Για διευκόλυνση αυτής της εργασίας έχουν αναπτυχθεί προγράμματα H/Y τα οποία όμως είναι δυσεύρετα ή πολύ ακριβά με αποτέλεσμα πολλοί επιστήμονες να μην έχουν δυνατότητα πρόσβασης. Η δημοσίευση επομένως των βασικών υπολογιστικών αρχών και τμημάτων ενός τέτοιου προγράμματος θα αποτελούσε ένα χρήσιμο εργαλείο για όλους. Η ανάπτυξη του λογισμικού έγινε σε GWBASIC αρχικά ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε τόσο για χρήση οθόνης VGA (640x480) όσο και για δημιουργία executable αρχείων η QUICK BASIC v. 4.5. Η επιλογή της γλώσσας έγινε με βάση την ευρύτητα διάδοσή της και επομένως την ευκολία κατανόησης των προγραμμάτων.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Πριν την παρουσίαση του λογισμικού πρέπει να αναφερθούν οι βασικές υπολογιστικές του αρχές. Έτσι στην προβολή δικτύου Wulff οι συντεταγμένες X, Y, της προβολής μιας ευθείας διερχόμενης από το κέντρο του προβολικού επιπέδου με αζιμούθιο θ και κλίση ϕ δίνεται από τις ακόλουθες σχέσεις (Καροτσιέρης - Μαρτιολάκος, 1984)

$$X = \eta \mu \theta \cdot R \cdot \epsilon \phi (\pi/4 - \phi/2) \quad (1)$$

$$Y = \sigma \nu \theta \cdot R \cdot \epsilon \phi (\pi/4 - \phi/2) \quad (2)$$

όπου R η ακτίνα του προβολικού κύκλου.

Αντίστοιχα οι συντεταγμένες X (i), Y (i), ενός τυχαίου σημείου της προβολής ενός επιπέδου δίνονται από τις σχέσεις:

$$X (i) = \eta \omega \cdot R \cdot \epsilon \phi (\pi/4 - j/2) \quad (3)$$

$$Y (i) = \sigma \nu \omega \cdot R \cdot \epsilon \phi (\pi/4 - j/2) \quad (4)$$

όπου ω το αζιμούθιο του κατακόρυφου επιπέδου που περιέχει το σημείο i και j η γωνία κλίσης της ευθείας που ορίζεται από το κέντρο του προβολικού κύκλου και το σημείο i και δίνονται από τις σχέσεις:

$$\omega = \phi + \delta \quad (5)$$

$$\epsilon \phi j = \epsilon \phi \lambda \cdot \eta \mu \phi \quad (6)$$

όπου ϕ το αζιμούθιο του επιπέδου, δ η γωνία που σχηματίζεται στο οριζόντιο (προβολικό) επίπεδο μεταξύ της παράταξης του επιπέδου και της προβολής του σημείου i ($0 \leq \delta \leq \pi$) και λ η γωνία κλίσης του επιπέδου (Sampson, 1968). Αυτές οι απλές μαθηματικές σχέσεις περιπλέκονται σημαντικά όταν φτάσουμε στη φάση προγραμματισμού. Έτσι είναι αναγκαίο να αναλυθούν σε διαδοχικά βήματα. Οι λόγοι περιπλοκής των αρχικών παραστάσεων είναι οι εξής:

1) Απαιτείται προσαρμογή στις συνθήκες της χρησιμοποιούμενης οθόνης, δηλαδή:

α) Τα σημεία προβολής πρέπει να βρίσκονται μέσα σε ένα κύκλο δεδομένης από τον χρήστη ακτίνας με συντεταγμένες στην οθόνη CX, CY.

β) Το πραγματικό σχήμα του προβολικού κύκλου και η ποιότητα του αποτελέσματος τόσο στην οθόνη όσο και στον εκτυπωτή εξαρτώνται από τις αντίστοιχες συσκευές, το επιλεγόμενο λογισμικό εκτύπωσης και κυρίως την επιλεγόμενη ανάλυση οθόνης. Έτσι για να έχουμε όντως κυκλικά διαγράμματα πρέπει να πολλαπλασιάζουμε τις προκύπτουσες τιμές Y με τον συντελεστή "MORFI", ο οποίος για ανάλυση 640x200, (screen 2, οθόνη CGA) έχει την τιμή 5/12, ενώ για ανάλυση 640x480, (screen 12, οθόνη VGA) έχει την τιμή 1. (Hewlett-Packard, 1985). Οι αναφερόμενες τιμές είναι οι συνηθέστερες για οθόνες CRT.

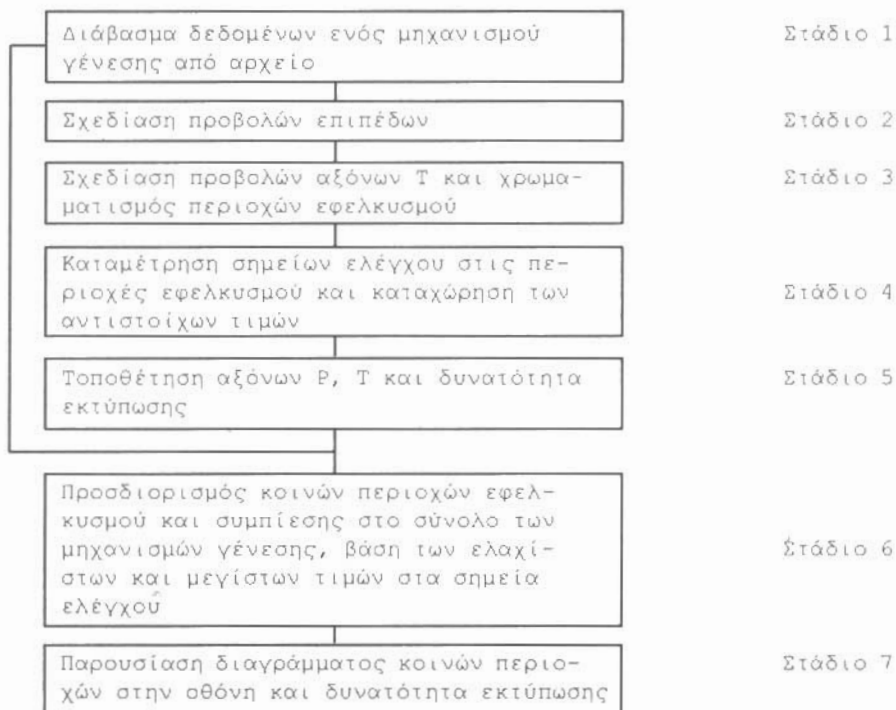
2) Η Basic αναγνωρίζει γωνίες σε ακτίνια και όχι σε μοίρες, έτσι χρειάζεται η μετατροπή των μοιρών των γωνιών αζιμούθιου και κλίσης. Η μετατροπή γίνεται με πολλαπλασιασμό με τον συντελεστή 0,0174532 (Hewlett-Packard, 1985).

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Τα απαιτούμενα δεδομένα μπορεί να είναι:

α) Το αζιμούθιο, η κλίση και η φορά κλίσης των δύο βοηθητικών επιπέδων και τα αζιμούθια και κλίσεις των αξόνων P και T.

β) Τα αζιμούθια και κλίσεις των αξόνων A, C, P, T, και στις δύο περιπτώσεις γίνεται πλήρης σχεδίαση του κάθε μηχανισμού γένεσης και προσδιορίζονται οι κοινές περιοχές εφελκυσμού και συμπίεσης για το σύνολο των μηχανισμών. Το διάγραμμα ροής είναι το ακόλουθο:



ΣΤΑΔΙΟ 1

Γίνεται ανάγνωση των δεδομένων του κάθε μηχανισμού γένεσης από σειριακό αρχείο το οποίο μπορεί να έχει δημιουργηθεί από ειδικό πρόγραμμα εισαγωγής δεδομένων ή από οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου έχει δυνατότητα δημιουργίας αρχείων σε μορφή ASCII.

Εάν το αρχείο περιέχει αζιμούθια και κλίσεις βοηθητικών επιπέδων και αξόνων P, T, το πρόγραμμα συνεχίζει με το στάδιο 2. Στην περίπτωση που το αρχείο περιέχει αζιμούθια και κλίσεις αξόνων A, C, P, T, γίνεται πρώτα υπολογισμός των αζιμουθίων και κλίσεων των επιπέδων

ΣΤΑΔΙΟ 2

Εμφανίζονται στην οθόνη οι προβολές των δύο επιπέδων. Χρησιμοποιούνται οι σχέσεις 3, 4, 5, 6, οι αντίστοιχες εντολές είναι:

```
2090 CIRCLE (CX,CY), R, , , , MORFI
2100 DIM X(181): DIM Y(181)
2110 K = 0
2120 FOR AZ = 0 TO 180 STEP 1
```

```

2130 K = K + 1
2140 AZJ = AZ * .0174532
2150 PLJ = ATN(TAN(PGF1(I)) * SIN(AZJ))
2160 AZJ = AZF1(I) + AZJ
2170 RJ = R * TAN((45 * .0174532) - (PLJ / 2))
2180 X(K) = CX + (RJ * SIN(AZJ))
2190 Y(K) = CY + (-MORFI * RJ * COS(AZJ))
2200 NEXT AZ
2210 FOR K = 1 TO K - 1
2220 LINE (X(K), Y(K))-(X(K + 1), Y(K + 1)), 1
2230 NEXT
2240 ERASE X, Y
2250 DIM X(181): DIM Y(181)
2260 K = 0
2270 FOR AZ = 0 TO 180 STEP 1
2280 K = K + 1
2290 AZJ = AZ * .0174532
2300 PLJ = ATN(TAN(PGF2(I)) * SIN(AZJ))
2310 AZJ = AZF2(I) + AZJ
2320 RJ = R * TAN((45 * .0174532) - (PLJ / 2))
2330 X(K) = CX + (RJ * SIN(AZJ))
2340 Y(K) = CY + (-MORFI * RJ * COS(AZJ))
2350 NEXT AZ
2360 FOR K = 1 TO K - 1
2370 LINE (X(K), Y(K))-(X(K + 1), Y(K + 1)), 1
2380 NEXT
2390 ERASE X, Y

```

Όπου:

AZF1(I), AZF2(I): τα αζιμουθία των βοηθητικών επιπέδων

PGF1(I), PGF2(I): οι κλίσεις των βοηθητικών επιπέδων

AZJ, PLJ: αζιμουθιο και κλίση του τυχαίου σημείου του τόξου προβολής ενός επιπέδου.

R: η ακτίνα του προβολικού κύκλου. Για να έχουμε στην έξοδο του εκτυπωτή διαγράμματα με την επιθυμητή ακτίνα σε cm χρησιμοποιούμε την σχέση $R = (169 * AK) / 6$ όπου AK η τιμή της ακτίνας του διαγράμματος σε cm.

Οι τιμές που δημιουργούν διάγραμμα στο μέσο περίπου της οθόνης, με κυκλική μορφή είναι:

- Οθόνη CGA (640X200): CX=313, CY=99, MORFI=5/12

- Οθόνη VGA (640X480): CX=315, CY=240, MORFI=1

Η διάταξη που προκύπτει επιτρέπει την άνετη προσθήκη σχολίων γύρω από το σχήμα.

ΣΤΑΔΙΟ 3

Εδώ γίνεται ο υπολογισμός των συντεταγμένων της προβολής του άξονα T και ενός σημείου S το οποίο βρίσκεται στην περιοχή προβολής της κατακορυφή διέδρου εφελκυσμού (όταν υπάρχει τέτοια περιοχή). Στη συνέχεια χρωματίζονται οι περιοχές εφελκυσμού με την εντολή PAINT. Ο χρωματισμός χρησιμοποιείται σαν μέσο διάκρισης των περιοχών εφελκυσμού από τις περιοχές συμπίεσης από τον υπολογιστή Το S καθορίζεται από τις ακόλουθες δύο ιδιότητες: α) είναι σημείο της τομής του διχοτόμου επιπέδου των διέδρων εφελκυσμού και της επιφάνειας της προβολικής σφαίρας (το επίπεδο αυτό έχει πόλο προβολής τον άξονα P), β) τα σημεία S και T βρίσκονται στο προβολικό διάγραμμα εκατέρωθεν του B. Οι ιδιότητες αυτές ικανοποιούνται από περισσότερα του ενός σημεία, είναι επομένως

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

δυνατό να κατασκευαστούν διάφοροι αλγόριθμοι προσδιορισμού τους. Ο απλούστερος σχετικός αλγόριθμος υπολογίζει προσεγγιστικά τις συντεταγμένες ενός τέτοιου σημείου S (σφάλμα=±0.5°).

```
2420 AZTRA(I)=AZTRA(I)*.0174532:PGTRA(I)=PGTRA(I)*.0174532
2425 AZPRE(I)=AZPRE(I)*.0174532:PGPRE(I)=PGPRE(I)*.0174532
2430 TR=R*TAN((45*.0174532)-((PGTRA(I)/2))
2435 TX=CX+(TR*SIN(AZTRA(I)))
2440 TY=CY+(-MORFI*TR*COS(AZTRA(I)))
2470 IF (AZPRE(I)=AZTRA(I)+3.141593) AND (PGPRE(I)=<PGTRA(I))
    THEN GOTO 2540
2475 IF (AZPRE(I)=AZTRA(I)-3.141593) AND (PGPRE(I)=<PGTRA(I))
    THEN GOTO 2540
2476 IF (AZPRE(I)=AZTRA(I)+3.141593) AND (PGPRE(I)>PGTRA(I))
    THEN GOTO 2478
2477 IF (AZPRE(I)=AZTRA(I)-3.141593) AND (PGPRE(I)>PGTRA(I))
    THEN GOTO 2478
2478 AZS=AZTRA(I)+3.141593
2479 IF (AZS=>(2*3.141593)) THEN GOTO 2480
2480 AZS=AZS-(2*3.141593):GOTO 2520
2481AZ1S=AZPRE(I)+(90*.0174532):AZ2S=AZPRE(I)-(90*.0174532)
2485 IF (AZ1S<0) THEN AZ1S=AZPRE(I)+(270*.0174532)
2490 IF (AZ2S<0) THEN AZ2S=AZPRE(I)+(270*.0174532)
2495 D1AZ=AZTRA(I)-AZ1S:D2AZ=AZTRA(I)-AZ2S
2500 IF (D1AZ<90*.0174532) THEN AZS=AZ2S
2505 IF (D2AZ<90*.0174532) THEN AZS=AZ1S
2510 IF (D1AZ>270*.0174532) THEN AZS=AZ2S
2515 IF (D2AZ>270*.0174532) THEN AZS=AZ1S
2520 PGS=.5*.0174532
2525 TRS=R*TAN((45*.0174532)-(PGS/2))
2530 SX=CX+(TRS*SIN(AZS)):SY=CY+(-MORFI*TRS*COS(AZS))
2535 PAINT(TX,TY),1:PAINT(SX,SY),1:GOTO 2620
2540 PAINT(TX,TY),1
```

Όπου:

AZTRA(I), PGTRA(I): αζιμούθιο και κλίση του άξονα T.

AZPRE(I), PGPRE(I): αζιμούθιο και κλίση του άξονα P.

Σ' αυτό το στάδιο γίνεται και εκτύπωση του κάθε μηχανισμού γένεσης εάν το θέλει ο χρήστης. Η εκτύπωση γίνεται με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα στην οθόνη. Έτσι για ανάλυση CGA (640x200) πρέπει να έχει φορτωθεί πριν τρέξιμο του προγράμματος το GRAPHICS.COM του DOS, οπότε η εκτύπωση γίνεται με τη χρήση του πλήκτρου PrtSc. Σε πολλές εκδόσεις της BASIC είναι δυνατή η εκτύπωση μέσω της εντολής LCOPY 1. Στη περίπτωση οθόνης VGA, υπάρχουν δύο δυνατότητες:

α) Εκτύπωση μέσω άλλου βοηθητικού προγράμματος όπως PIZZAZ PLUS, MS WORD, WORDPERFECT (Hoek and Diederichs, 1989) ή μέσω του περιβάλλοντος WINDOWS.

β) Εκτύπωση μέσω του GRAPHICS.COM των εκδόσεων DOS v.4.00 ή νεώτερων. Σ' αυτή τη περίπτωση, για σωστή εκτύπωση πρέπει ο συντελεστής MORFI να πάρει (συνήθως) τη τιμή 6/10, γεγονός που έχει αποτέλεσμα την εμφάνιση ελλειψοειδών διαγραμμάτων στην οθόνη.

ΣΤΑΔΙΟ 4

Εδώ γίνεται για κάθε μηχανισμό γένεσης καταμέτρηση των σημείων ελέγχου που βρίσκονται σε περιοχές εφελκυσμού και των ευρισκομένων σε περιοχές συμπίεσης.

Οι συντεταγμένες των σημείων λαμβάνονται από προκατασκευασμένο αρχείο (το λογισμικό κατασκευής παρατίθεται μετά την παρουσίαση του κυρίου προγράμματος). Το πλήθος των σημείων καταμέτρησης καθορίζεται για πρακτικούς λόγους από την ακτίνα του προβολικού κύκλου και δίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Ακτίνα προβολικού κύκλου σε cm	Πλήθος περιοχών καταμέτρησης
1	115
2	485
3	1135
4	2025
5	3179
6	4583

Η αναγνώριση της περιοχής στην οποία βρίσκεται το κάθε σημείο γίνεται με την εντολή POINT η οποία ελέγχει το χρώμα του σημείου. Στις ακόλουθες εντολές χρησιμοποιούνται οι συμβολισμοί:

AK : η ακτίνα του προβολικού κύκλου σε cm.

AK\$: το όνομα του αντίστοιχου αρχείου συντεταγμένων σημείων ελέγχου.

SCAN(ISC, JSC) : μεταβλητή χρησιμοποιούμενη σαν δείκτης, αυξάνει κατά 1 όταν το αντίστοιχο σημείο ελέγχου βρίσκεται σε περιοχή εφέλκυσμού και μειώνεται κατά 1 εάν βρίσκεται σε περιοχή συμπίεσης.

```

2620 REM ***** scanning *****
2630 CIRCLE (CX, CY), R, 0, , , MORFI
2640 IF (AK = 1) THEN AK$ = "1"
2650 IF (AK = 2) THEN AK$ = "2"
2660 IF (AK = 3) THEN AK$ = "3"
2670 IF (AK = 4) THEN AK$ = "4"
2680 IF (AK = 5) THEN AK$ = "5"
2685 IF (AK = 6) THEN AK$ = "6"
2690 APXSC$ = AK$ + ".DAT"
2700 OPEN "1", #1, APXSC$
2710 FOR ISC = 1 TO 140
2720 FOR JSC = 1 TO 60
2730 INPUT #1, X, Y
2740 SCANX = X
2750 SCANY = Y
2760 A = POINT(SCANX, SCANY)
2770 IF (A = 1) THEN SCAN(ISC, JSC) = SCAN(ISC, JSC) + 1
2780 IF (A = 0) THEN SCAN(ISC, JSC) = SCAN(ISC, JSC) - 1
2790 IF EOF(1) THEN GOTO 2800 ELSE GOTO 2810
2800 CLOSE : GOTO 2830
2810 NEXT
2820 NEXT

```

ΣΤΑΔΙΟ 5

Εδώ γίνεται η συμπλήρωση του σχήματος του κάθε μηχανισμού γένεσης ώστε να είναι εκτυπώσιμο. Οι συντεταγμένες του άξονα T έχουν ήδη υπολογιστεί στο στάδιο 3. Εδώ υπολογίζονται από τις σχέσεις 1, 2, οι συντεταγμένες προβολής του άξονα P, και γίνεται τοποθέτηση των αντίστοιχων γραμμών με τις εντολές GET και PUT. Οι αντίστοιχες γραμμές προγράμματος είναι:

```

2830 REM ***** T, P *****
2840 DIM IMT%(8)
2850 LOCATE 1, 1: PRINT "T"
2860 GET (0, 0)-(6, 8), IMT%

```

```

2870 CIRCLE (TX, TY), 1, 0
2880 PUT (TX + 6, TY), IMT%
2890 ERASE IMT%
2900 PR = R * TAN((45 * .0174532) - ((PGPRE(I)) / 2))
2910 PX = CX + (PR * SIN(AZPRE(I)))
2915 PY = CY + (-MORFI * PR * COS(AZPRE(I)))
2920 DIM IMGP%(8)
2930 LOCATE 1, 1: PRINT "P"
2940 GET (0, 0)-(6, 8), IMGP%
2950 CIRCLE (PX, PY), 1
2960 PUT (PX + 6, PY), IMGP%
2970 ERASE IMGP%
2980 LOCATE 1, 1: PRINT " "
2990 CIRCLE (CX, CY), R, , , , MORFI

```

ΣΤΑΔΙΟ 6

Υπολογίζονται για το σύνολο των μηχανισμών γένεσης η μέγιστη και ελάχιστη τιμή της ποσότητας SCAN(ISC, JSC). Οι εντολές είναι:

```

3040 REM ***** diataxi *****
3050 CLS : SCREEN 0: LOCATE 12, 32: PRINT "ΠΑΡΑΚΑΛΩ ΠΕΡΙΜΕΝΕΤΕ"
3060 SCANMAX = SCAN(1, 1): SCANMIN = SCAN(1, 1)
3070 FOR ISC = 1 TO 140
3080 FOR JSC = 1 TO 60
3090 IF (SCAN(ISC, JSC) >= SCANMAX) THEN SCANMAX = SCAN(ISC, JSC)
3100 IF (SCAN(ISC, JSC) <= SCANMIN) THEN SCANMIN = SCAN(ISC, JSC)
3110 NEXT
3120 NEXT

```

ΣΤΑΔΙΟ 7

Είναι το τελευταίο στάδιο του προγράμματος όπου σχεδιάζονται οι κοινές περιοχές εφελκυσμού και συμπίεσης, υπολογίζονται τα αντίστοιχα ποσοστά και δημιουργείται το υπόμνημα της εικόνας (γραμμές 3350 - 3740). Οι εντολές είναι:

```

3350 REM ***** ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΟΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ *****
3360 OPEN "i", #1, APXSC$
3370 FOR ISC = 1 TO 140
3380 FOR JSC = 1 TO 60
3390 INPUT #1, X, Y
3400 SCANX = X
3410 SCANY = Y
3420 IF SCAN(ISC, JSC) = SCANMAX THEN GOTO 3430
    ELSE GOTO 3460
3430 FOR PLR = 1 TO 3
3440 CIRCLE (SCANX, SCANY), PLR
3450 NEXT
3460 IF SCAN(ISC, JSC) = SCANMIN THEN GOTO 3470
    ELSE GOTO 3480
3470 PSET (SCANX, SCANY), 1
3480 IF EOF(1) THEN GOTO 3490 ELSE GOTO 3500
3490 CLOSE : GOTO 3520
3500 NEXT
3510 NEXT
3520 REM #### συμπλήρωση διαγράμματος #####
3530 CIRCLE (CX, CY), R, , , , MORFI

```

```

3540 LINE (CX-2, (CY-(R/2.2+2)))-(CX-2, (CY-(R/2.2+8))),1
3550 LINE (CX+3, (CY-(R/2.2+2)))-(CX+3, (CY-(R/2.2+8))),1
3560 LINE (CX-2, (CY-(R/2.2+8)))-(CX+3, (CY-(R/2.2+2))),1
3570 LINE (CX-(R+5),CY)-(CX-(R+2),CY),1
3580 LINE (CX+(R+2),CY)-(CX+(R+5),CY),1
3590 LINE (CX,CY-(R+6)*MORFI)-(CX,CY-(R+7)*MORFI),1
3600 LINE (CX,CY+(R+6)*MORFI)-(CX,CY+(R+7)*MORFI),1
3610 LOCATE 1,70:PRINT "WULFF"
3630 POST = SCANMAX * 100 / N: POSP = -(SCANMIN * 100 / N)
3640 LINE (7,168)-(33,168),1:LINE (7,174)-(33,174),1
3650 LINE (7,168)-(7,174),1 :LINE (33,168)-(33,174),1
3660 PAINT (15,170),1
3670 FOR BOXX = 8 TO 32 STEP 4
3680 FOR BOXY = 176 TO 183 STEP 2
3690 PSET (BOXX, BOXY), 1
3700 NEXT
3710 NEXT
3720 LOCATE 22,6:PRINT "T":LOCATE 22,8:PRINT USING "###.##";POST
3730 LOCATE 22,16:PRINT "P":LOCATE 23, 6:PRINT "P"
3740 LOCATE 23,8:PRINT USING "###.##";POSP:LOCATE 23,16:PRINT "P"

```

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Όπως ήδη αναφέρθηκε οι συντεταγμένες των σημείων ελέγχου για την στατιστική επεξεργασία λαμβάνονται από προκατασκευασμένα αρχεία. Έτσι αυξάνεται σημαντικά η ταχύτητα εκτέλεσης του προγράμματος. Αυτά τα αρχεία δημιουργούνται από το ακόλουθο εξαιρετικά απλό και εύχρηστο πρόγραμμα:

```

10 REM ***** scandat.bas*****
20 CLS:PRINT"ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ
    ΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΓΕΝΕΣΗΣ"
30 PRINT:PRINT
40 INPUT "Ανάλυση οθόνης (CGA=2, VGA=12) ; ",SCR
50 IF (SCR<>2) AND (SCR<>12) THEN GOTO 60 ELSE GOTO 70
60 PRINT:PRINT "Λάθος επιλογή, ξαναδοκιμάστε ":GOTO 40
70 CLS:SCREEN SCR
75 IF(SCR=2) THEN GOTO 80 ELSE GOTO 90
80 MORFI=5/12: CX=313:CY=99:AX=109:BX=518:DX=4
85 AY=17:BY=181:DY=2:GOTO 100
90 MORFI=1: CX=315:CY=240:AX=109:BX=518:DX=4
95 AY=35:BY=445:DY=4
100 AK=1:AK$="1":GOSUB 170
110 AK=2:AK$="2":GOSUB 170
120 AK=3:AK$="3":GOSUB 170
130 AK=4:AK$="4":GOSUB 170
140 AK=5:AK$="5":GOSUB 170
150 AK=6:AK$="6":GOSUB 170
160 PRINT"ΤΑ ΑΡΧΕΙΑ ΕΙΝΑΙ ΕΤΟΙΜΑ":END
170 CLS
180 R=((169*AK)/6)-1:CIRCLE (CX,CY),R,,,,MORFI
200 PAINT (CX,CY),1:CIRCLE (CX,CY),R,0,,,MORFI
220 OPEN "O",#1,AK$+".dat"
230 FOR X=AX TO BX STEP DX
240 FOR Y=AY TO BY STEP DY
250 A=POINT (X,Y)

```



```

260 LOCATE 1,1:PRINT X,Y:LOCATE 2,1:PRINT A
270 IF A=1 THEN GOTO 280 ELSE GOTO 290
280 PSET (X,Y),0:PRINT #1,X;Y
290 NEXT
310 NEXT
320 CLOSE #1:RETURN

```

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Τόσο το βασικό πρόγραμμα όσο και το πρόγραμμα κατασκευής αρχείου συντεταγμένων σημείων ελέγχου, έχουν τις ελάχιστες δυνατές απαιτήσεις σε λογισμικό σε υπολογιστή. Έτσι για ανάλυση οθόνης 640x200 (CGA), αρκεί υπολογιστής συμβατός με IBM XT (CPU 8088 ή 8086), μία δισκέτα, μνήμη 512 KB, DOS 3 ή νεώτερο και οποιαδήποτε έκδοση της GWBASIC. Για ανάλυση 640x480 χρειάζεται επιπλέον κάρτα και οθόνη VGA, QUICK BASIC, DOS 4 ή νεώτερο ή WINDOWS ή κάποιο από τα πακέτα, PIZZAZ PLUS, MS WORD, WORDPERFECT. Δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για τον εκτυπωτή.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ - ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για εφαρμογή επιλέχθηκε η περιοχή των λιμνών Λαγκαδά-Βόλβης (Χαλκιδική) λόγω της ύπαρξης αρκετών μηχανισμών γένεσης, ενώ το εντατικό πεδίο της περιοχής έχει προσδιοριστεί από διάφορους ερευνητές με διάφορες μεθόδους και παραπλήσια αποτελέσματα.

Για την συγκεκριμένη περιοχή υπάρχουν μελέτες προσδιορισμού του εντατικού πεδίου οι οποίες στηρίζονται στις ακόλουθες μεθόδους:

- Απ' ευθείας μετρήσεις τάσεων, μέθοδος overcoring (Froidevaux et al, 1980).
- Στατιστική μηχανισμών γένεσης σεισμών (Fountoulis, 1980, Σκορδύλης, 1985).
- Μικροτεκτονική ανάλυση τεταρτογενών ρηγμάτων (Fountoulis, 1980, 1988).
- Μικροτεκτονική ανάλυση ρηγμάτων που ενεργοποιήθηκαν στην σεισμική περίοδο 1978, (Mercier et al, 1979, Fountoulis, 1980).

Όλες οι παραπάνω μελέτες συμφωνούν στην παρουσία σχεδόν οριζόντιου εφελκυσμού με διεύθυνση Βορράς-Νότος και συμπίεση με διεύθυνση Ανατολή-Δύση, ενώ υπάρχει μία σχετική διαφωνία ως προς την κλίση της συμπίεσης, άλλες εργασίες δείχνουν την παρουσία οριζόντιας συμπίεσης ενώ άλλες δέχονται πολύ μεγαλύτερες κλίσεις.

Εξετάζοντας τις εντολές του προγράμματος στο στάδιο 4, διαπιστώνει κανείς ότι η μπορεί να εργαστεί με σημεία ελέγχου που έχουν διαφορετική κατανομή στην επιφάνεια του προβολικού κύκλου. Η κατανομή αυτή επιλέγεται από τον χρήστη. Οι δοκιμές που έγιναν έδειξαν ότι η χρήση ισοκατανεμημένων σημείων ελέγχου δίνει ποιοτικώς καλύτερα αποτελέσματα από ότι η χρήση σημείων με ίσες γωνιακές αποστάσεις όπως στα προϋπάρχοντα σχετικά προγράμματα. Η χρήση ισοκατανεμημένων σημείων ελέγχου αλλά και η δυνατότητα χρήσης διαφορετικής κατανομής τους καθοριζόμενης από τον χρήστη μέσω ανεξάρτητου προγράμματος (πρόγραμμα κατασκευής αρχείου συντεταγμένων σημείων ελέγχου) διαφοροποιούν σημαντικά το συγκεκριμένο λογισμικό από τα προϋπάρχοντα. Άλλες σημαντικές διαφορές είναι η κατ' επιλογή δυνατότητα εκτύπωσης των χρησιμοποιούμενων μηχανισμών γένεσης και η εκτύπωση στο τελικό αποτέλεσμα των κοινών περιοχών συμπίεσης και εφελκυσμού και όχι κανάβου σημείων με τις αντίστοιχες τιμές, γεγονός που διευκολύνει σημαντικά τον χρήστη.

Για τη δοκιμή χρησιμοποιήθηκαν 24 μηχανισμοί γένεσης της σεισμικής περιόδου 1978 (Soufleris et al, 1982), ο πίνακας 1 περιέχει τα στοιχεία τους. Στο σχήμα 1 έχουμε το τελικό αποτέλεσμα από την επεξεργασία των 24 μηχανισμών με χρήση

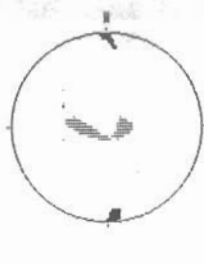
Πίν. 1: Κατάλογος δεδομένων περιοχής LAGADAS

a/a	Επίπεδο 1ο			Επίπεδο 2ο			Αξονας P		Αξονας T	
	Δ/ση	Κλίση	Δ.κλ.	Δ/ση	Κλίση	Δ.κλ.	Δ/ση	Κλίση	Δ/ση	Κλίση
1	282	36	NE	130	56	SW	66	78	206	10
2	356	46	E	105	71	S	31	47	225	16
3	260	44	N	109	50	S	74	76	183	8
4	295	46	N	115	44	S	15	89	15	1
5	266	46	N	109	46	S	96	80	7	1
6	289	50	N	85	42	S	245	80	7	4
7	246	54	N	1	60	E	118	51	123	4
8	236	48	NW	40	54	SE	261	78	139	8
9	260	66	N	122	30	SW	138	64	3	20
10	251	42	N	66	48	S	297	82	152	8
11	22	80	SE	121	81	SW	71	2	340	16
12	298	70	NE	160	26	SW	184	62	43	28
13	322	30	NE	119	64	SW	5	70	217	18
14	259	42	N	102	54	S	64	80	183	10
15	256	66	NW	131	42	SW	60	60	9	14
16	254	52	N	101	40	S	110	76	355	6
17	283	56	N	123	36	S	156	74	21	12
18	281	48	N	107	42	S	115	88	14	2
19	75	40	S	255	50	N	345	85	165	5
20	273	50	N	118	44	S	124	78	16	8
21	278	30	N	58	68	SE	297	62	161	22
22	295	68	NE	115	22	SW	205	68	25	22
23	263	62	NW	110	30	SW	141	70	2	14
24	297	30	NE	117	60	SW	27	75	207	15

ισοκατανεμημένων σημείων, ενώ στο σχήμα 2 το αποτέλεσμα με χρήση σημείων που απέχουν 4° από τα γειτονικά τους Το σχήμα 3 προκύπτει από την επάλληλη επίθεση των διαφανών διαγραμμάτων των 24 μηχανισμών και χρησιμοποιείται σαν σχήμα αναφοράς. Στο σχήμα 4 βλέπουμε την απεικόνιση των σημείων ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν κατά την δημιουργία του σχήματος 1, η μεταξύ τους γωνιακή απόσταση είναι 2° στην περιφέρεια και 4° στο κέντρο του προβολικού διαγράμματος Στο σχήμα 5 βλέπουμε μία κατανομή σημείων ελέγχου που συνήθως χρησιμοποιείται από σχετικά προγράμματα (τα σημεία απέχουν 4° από τα γειτονικά τους) χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του σχήματος 2. Στο σχήμα 6 βλέπουμε το αποτέλεσμα εκτύπωσης του μηχανισμού γένεσης αρ. 1 του πίνακα. Συγκρίνοντας τα σχήματα 1, 2 και 3 βλέπουμε αφ' ενός τη φανερή ποιοτική υπεροχή των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη χρήση ισοκατανεμημένων σημείων ελέγχου, αφ' ετέρου την ικανότητα του προγράμματος να μην παραμορφώνει σημαντικά τα αποτελέσματα εφόσον βέβαια χρησιμοποιείται μία λογική κατανομή των σημείων ελέγχου. Και στις δύο περιπτώσεις οι εικόνες των τελικών αποτελεσμάτων (σχήματα 1, 2) δείχνουν την ύπαρξη οριζόντιου εφελκυσμού με διεύθυνση Βορράς-Νότος και συμπίεση με διεύθυνση Ανατολή-Δύση και κλίση από 41° έως 90°, αποτελέσματα συμβατά με όσα είναι γνωστά για το εντατικό πεδίο της περιοχής.

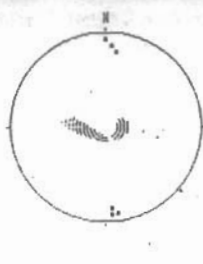
Σε τελική ανάλυση πρόκειται για ένα εύχρηστο πρόγραμμα με τη μεγαλύτερη δυνατή ευελιξία στον καθορισμό της κατανομής των σημείων ελέγχου και τις μικρότερες δυνατές απαιτήσεις σε βοηθητικό λογισμικό, υπολογιστή και εκτυπωτή.

Lagadas



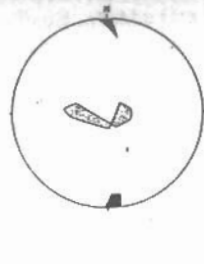
Σχ. 1

Lagadas

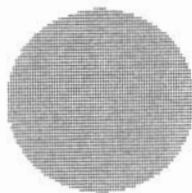


Σχ. 2

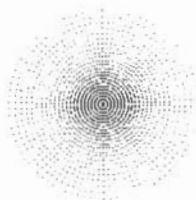
Lagadas



Σχ. 3

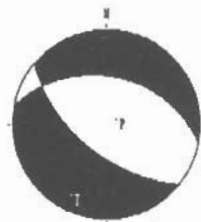
3179 σημεία εδάφους
E-Scan

Σχ. 4

2093 σημεία (1 and 4 μm/sec)
E-Scan

Σχ. 5

Lagadas solution 1



Σχ. 6

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANGELIER, J. and GOGUEL, J. (1979). Sur une methode simple de determination des axes principaux des contraintes pour une population de failles, C.R. Acad. Sc. Paris, ser. D 288, 307-310.
- FOUNTOULIS, D. (1980). Etude Neotectonique et Seismotectonique du bassin de Langadha (Macedoine, Grece), These 3eme cycle, Universite de Paris XI-Centre d' Orsay.
- FOUNTOULIS, D. (1988). Etude microtectonique du bassin de Lagadha (Macedoine-Grece), Anales Geologiques des Pays Helleniques, le serie, t.XXXIII/2-1987/1988, p.371-394.
- FROIDEVAUX, C., PAQUIN, C., ANGELIDIS, C., TZITZIRAS, A. (1980). In situ stress measurements in Greece, Rock Mechanics, suppl.9, 19-20
- HEWLETT PACKARD. (1985). Vectra Basic, Manual Part No. HP 45952- 90001.
- HOEK, E. and DIEDERICHS, M. (1989). DIPS version 2.0, (manual) ROCK ENGINEERING GROUP, Departement of Civil Engineering University of Torondo.
- KΑΡΟΤΣΙΕΡΗΣ, Ζ., ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. (1984). Τα δίκτυα στερεογραφικής προβολής WULFF και SCHMIDT και η χρήση τους στη Γεωλογία.
- Mc KENZIE, D.P: (1972). Active tectonics of the Mediteranean region Journ. Roy. Astr. Soc., 30, p. 109-185.
- MERCIER, J.L., CAREY, E., PHILIP, H. et SOREL, D. (1975). La neotectonique

- de l' Arc Egeen externe et de la mer Egee et ses relations avec la seismicité, Bull. Soc. Geol. Fr. (7), t. XVIII, no 2, p. 355-372.
- MERCIER, J.L., MOUYARIS, N. SIMEAKIS, C., ROUNDOYANNIS, T., ANGELIDIS C. (1979). Intraplate deformation: a quantitative study of the faults activated by the 1978 Thessaloniki earthquake, Nature 278, 45-48.
- PEGORARO, O. (1972). Application de la microtectonique a une etude de la neotectonique: Le golf Maliaque (Grece centrale), These 3eme cycle, Univ. Sci. Techn. Languedoc, Montpellier.
- RITSEMA, A.R. (1974). Survey of the seismicity of the Balkan Region UNESCO-UNDP Project, REM/70/172.
- SIMPSON, B. (1968). Geological maps, Pergamon Press.
- ΣΚΟΡΔΥΛΗΣ, Μ. (1985). Μικροσεισμική μελέτη της Σερβομακεδονικής ζώνης και των γύρω περιοχών, Διδ. Διατρ. Παν/μιό Θεσσαλονίκης.
- SOUFLERIS, C., JACKSON, J.A., KING, G.C.P., SPENCER, C.P. and SCHOLZ, C.H. (1982). The 1978 earthquake sequence near Thessaloniki (northern Greece), Geophys. J. R. astr. Soc., 68, p. 429-458.