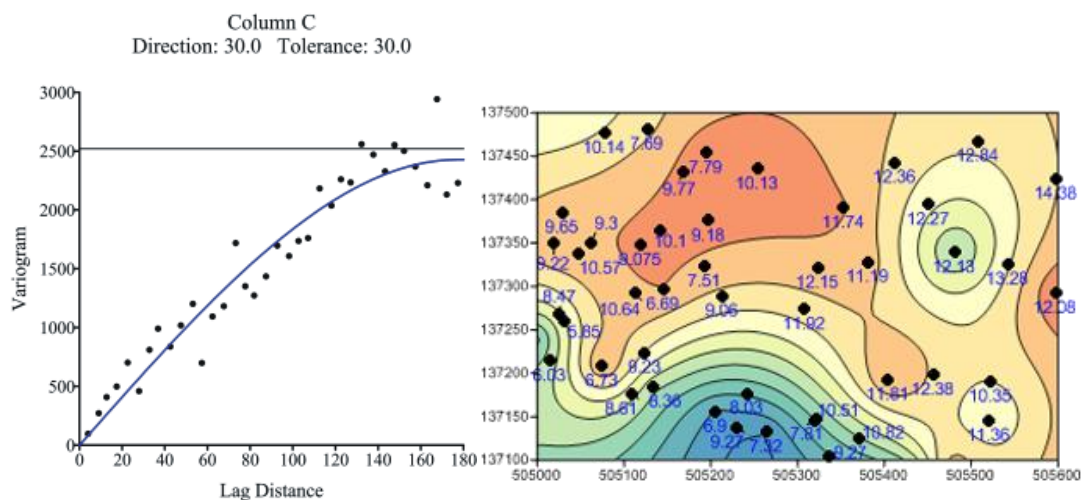


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεωστατιστική Ανάλυση Χωρικών Φαινομένων με το Surfer 9



Εισηγητής: Δρ. Ιωάννης Κ. Καπαγερίδης

Σπουδαστής: Καφανάς Α. Ευάγγελος

Κοζάνη, Μάρτιος 2012

Ημερομηνία Εξέτασης: _____

Βαθμός: _____

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής:

1. _____

2. _____

3. _____

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	6
1.1 Γενικά για την Εργασία.....	6
1.2 Γενικά για το Surfer	7
1.3 Ποιος Χρησιμοποιείται Surfer	8
1.4 Περιβάλλον Εργασίας του Surfer.....	8
Πίνακας 1: Τμήματα του περιβάλλοντος εργασίας του Surfer.....	8
1.5 Χρήση του Surfer	9
1.6 Χρήση του Scriptor	10
2. Λειτουργίες του Surfer 9	10
2.1 Διαχειριστής Αντικειμένων	10
2.2 Φύλλο Εργασίας.....	12
2.3 Τύποι Αρχείων.....	13
2.3.1 Αρχεία Δεδομένων	13
2.3.2 Αρχεία Πλεγμάτων	14
2.3.3 Αρχεία Ορίων.....	14
2.3.4 Αρχεία Surfer	14
2.4 Κατασκευή Πλεγμάτων	15
2.4.1 Εισαγωγή στα Πλέγματα	15
2.4.2 Κατασκευή Πλεγμάτων	15
2.4.3 Χρήση Ορίων	17
2.4.4 Χρήση Ρηγμάτων.....	17
2.5 Στρώματα και Τύποι Χαρτών.....	18
2.5.1 Στρώματα Χαρτών	18
2.5.2 Τύποι Χαρτών	19
<i>BaseMap</i>	19
<i>Contour Χάρτης</i>	20
<i>PostMap</i>	21
<i>ClassedPostMap</i>	22
<i>ImageMap</i>	23
<i>VectorMap</i>	24
<i>3DSurfaceMap</i>	25

3DWireframe Χάρτης	26
3. Βαριογραφία στο Surfer 9	27
3.1 Εισαγωγή στα Βαριογράμματα	27
3.2 Μαθηματικός Ορισμός Βαριογράμματος	29
3.3 Πλέγμα Βαριογράμματος	30
3.4 Βαριογράμματα και Kriging.....	33
3.4.1 NuggetEffect	34
3.4.2 Ανισοτροπία	35
3.5 Μοντέλα Βαριογράμματος.....	38
NuggetEffect.....	39
Scale.....	39
Sill	39
Length.....	39
Variance.....	40
Pairs	40
ModelCurve	40
ExperimentalCurve	40
Συνιστώσες μοντέλων βαριογραμμάτων	40
4. Παράδειγμα Βαριογραφίας.....	43
4.1 Τι Αντιπροσωπεύουν τα Βαριογράμματα	44
4.2 Τι είναι το Βαριόγραμμα	46
4.3 Πλέγμα Βαριογράμματος	48
4.4 Μοντελοποίηση Βαριογράμματος.....	51
4.4.1 Επιλογή Μοντέλου Βαριογράμματος.....	51
4.4.2 Επιλογή Κλίμακας και Εύρους Μοντέλου	53
4.4.3 Επιλογή Φαινομένου Κόκκου (nuggeteffect).....	54
4.5 Μοντελοποίηση Ανισοτροπίας	55
4.6 Εμπειρικοί Κανόνες	60
5. Συχνές Ερωτήσεις	62
6. Βιβλιογραφία.....	75

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά για την Εργασία

Η εργασία αυτή αφορά τη χρήση του λογισμικού Surfer έκδοση 9 της Golden Software για τη γεωστατιστική ανάλυση χωρικών φαινομένων. Γίνεται εκτενής ανάλυση της χρήσης των βαριογραμμμάτων για την ανάλυση της χωρικής συμπεριφοράς (δομής) φαινομένων, τα οποία μελετώνται σε δύο διαστάσεις και για τα οποία υπάρχουν δείγματα σε διάφορες θέσεις στο χώρο.

Το μεγαλύτερο τμήμα της εργασίας βασίζεται σε μετάφραση από τα εγχειρίδια χρήσης και εκπαίδευσης της παραπάνω εταιρείας. Η εισήγηση της εργασίας έγινε από τον επίκουρο καθηγητή του τμήματος Γεωτεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Δρ. Ιωάννη Καπαγερίδη. Στο τέλος της εργασίας δίνεται εκτενής βιβλιογραφία σχετική με τη γεωστατιστική.

1.2 Γενικά για το Surfer

Το Surfer είναι ένα δίκτυο βασισμένο στο πρόγραμμα χαρτογράφησης, που παρεμβάλλει την απόσταση μεταξύ των XYZ δεδομένων σε τακτά διαστήματα πλέγματος. Τα πλέγματα μπορούν επίσης να εισάγονται από άλλες πηγές, όπως η United States Geological Survey (USGS). Το δίκτυο χρησιμοποιείται για την παραγωγή διαφόρων τύπων χαρτών, στους οποίους συμπεριλαμβάνονται αυτοί με το περίγραμμα, ο χάρτης με το φορέα εικόνας, ο σκιασμένος χάρτης, οι χάρτες 3D επιφάνειας και οι 3D χάρτες wireframe. Οι χάρτες μπορούν να εμφανιστούν και να ενισχυθούν στο Surfer, επιτρέποντάς σας την δημιουργία του χάρτη που αντιπροσωπεύει καλύτερα τα δεδομένα σας. Επίσης, επιτρέπει την προσθήκη πολλαπλών στρωμάτων στον χάρτη, προσαρμόζοντάς τον, ενώ με τη συμπλήρωση κειμένου σας δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσετε χάρτες ποιότητας για την δημοσίευσή τους.

Επίσης, στο Surfer είναι διαθέσιμη μια ακολουθία πολλαπλών επιλογών για μεθόδους πλεγμάτων. Η ποικιλία αυτή των διαθέσιμων μεθόδων παρέχει διαφορετικές ερμηνείες των δεδομένων σας και σας επιτρέπει να επιλέξετε την καταλληλότερη μέθοδο για τις ανάγκες σας. Επιπλέον, οι μετρήσεις των δεδομένων επιτρέπουν να συλλέξετε πληροφορίες σχετικά με τα πλεγματοποιημένα δεδομένα σας. Ακόμη, στο Surfer μπορούν να γίνουν γρήγορα έκτασεις, προβολές επίπεδης περιοχής και ογκομετρικοί υπολογισμοί, ενώ οι διατομές των προφίλ των χαρτών μπορούν επίσης να υπολογίζονται και να εξάγονται.

Τα αρχεία πλέγματος μπορείτε οι ίδιοι να τα επεξεργαστείτε είτε φιλτραρισμένα είτε κομμένα σε φέτες για περαιτέρω εξέταση είτε και για μαθηματική μεταμόρφωση. Για παράδειγμα, δημιουργήστε έναν isorach χάρτη από δύο αρχεία πλέγματος στο δίκτυο. Ένας χάρτης isorach δείχνει τη διαφορά μεταξύ των δύο επιφανειών. Θα χρειαστείτε το αρχικό αρχείο της επιφάνειας και το αρχείο με το πλέγμα της επιφάνειας που δημιουργήθηκε μετά την αφαίρεση όγκου του υλικού. Στη συνέχεια, αφαιρούνται οι δύο επιφάνειες τις για τη δημιουργία ενός χάρτη isorach. Το αποτέλεσμα εμφανίζει στον χάρτη την ποσότητα του υλικού που έχει αφαιρεθεί σε όλους τους τομείς.

Τέλος, το Scripter™ πρόγραμμα περιλαμβάνεται μαζί με το Surfer και είναι χρήσιμο για τη δημιουργία και την επεξεργασία πρωτότυπων ενεργειών για την αυτοματοποίηση των διαδικασιών του Surfer. Με την γραφή και λειτουργία των αρχείων, απλών ή σύνθετων, οι εργασίες ολοκλήρωσης των συστημάτων μπορούν να γίνονται με ακρίβεια χωρίς άμεσες αλληλεπιδράσεις. Το Surfer υποστηρίζει επίσης την ActiveX Automation,

χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε συμβατή γλώσσα προγραμματισμού, όπως η VisualBasic. Οι δύο αυτές δυνατότητες αυτοματοποίησης επιτρέπουν στο Surfer να χρησιμοποιηθεί ως οπτικοποίηση δεδομένων και ως χάρτης για τις επεξεργασίες του κάθε επιστημονικού συστήματος μοντελοποίησης.

1.3 Ποιος Χρησιμοποιείτο Surfer

Άνθρωποι από πολλούς διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους χρησιμοποιούν το Surfer. Από το 1984, πάνω από 100.000 επιστήμονες και μηχανικοί σε όλο τον κόσμο έχουν ανακαλύψει τη δύναμη και την απλότητα του Surfer. Οι δυνατότητες των πλεγμάτων και οι μορφολογικές δυνατότητες έχουν κάνει το Surfer λογισμικό κύριας επιλογής για την εργασία με XYZ δεδομένα. Με τα χρόνια χρήστες του Surfer έγιναν υδρολόγοι, μηχανικοί, γεωλόγοι, αρχαιολόγοι, ωκεανογράφοι, βιολόγοι, δασολόγοι, γεωφυσικοί, ιατρικοί ερευνητές, κλιματολόγοι, εκπαιδευτικοί, φοιτητές και πολλοί άλλοι! Όποιος θέλει να απεικονίσει τα XYZ δεδομένων του με εντυπωσιακή σαφήνεια και ακρίβεια θα επωφεληθεί από τις ισχυρές δυνατότητες του Surfer!

1.4 Περιβάλλον Εργασίας του Surfer

Το Surfer περιέχει τριών ειδών παράθυρα (έγγραφα): το παράθυρο με την εικόνα από ένα κομμάτι γης, το παράθυρο του φύλλου εργασίας και το παράθυρο φύλλου εργασίας του πλέγματος. Οι χάρτες εμφανίζονται και δημιουργούνται στο αρχικό παράθυρο με την εισαγωγή της εικόνας. Το παράθυρο του φύλλου εργασίας επεξεργάζεται, μετασχηματίζει, και αποθηκεύει δεδομένα σε μορφή πίνακα. Το παράθυρο του φύλλου εργασίας του πλέγματος επεξεργάζεται τις τιμές Z για το κάθε επιλεγμένο πλέγμα. Ο χρήστης του Surfer διατάζει την γραμμή τίτλου, την γραμμή μενού, τις καρτέλες παραθύρων, τις γραμμές εργαλείων, την διεύθυνση του αντικείμενου και την γραμμή κατάστασης.

Πίνακας 1: Τμήματα του περιβάλλοντος εργασίας του Surfer.

<u>Συστατικό όνομα</u>	<u>Λειτουργία της σύστασης</u>
Title Bar	Η γραμμή τίτλου απαριθμεί το όνομα του προγράμματος καθώς και τα αποθηκευμένα Surfer αρχεία [. SRF] (αν υπάρχουν). Ένας αστερίσκος μετά το όνομα του αρχείου δείχνει ότι το αρχείο έχει τροποποιηθεί.
Menu Bar	Η γραμμή του μενού περιέχει τις εντολές που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση Surfer.
Tabbed Windows	Το Surfer 9 υποστηρίζει καρτέλες πολλαπλών παραθύρων στο φύλλο

	εργασίας, καθώς και παράθυρα δικτύου.
<u>Toolbars</u>	Οι γραμμές εργαλείων περιέχουν κουμπιά-εργαλεία του Surfer, τα οποία είναι συντομεύσεις για τις εντολές του μενού. Μετακινήστε τον κέρσορα πάνω από κάθε κουμπί, για να εμφανιστεί η συμβουλή του εργαλείου που περιγράφει την εντολή. Οι γραμμές εργαλείων μπορούν να προσαρμοστούν με τα Εργαλεία Προσαρμογή εντολών. Οι γραμμές εργαλείων μπορούν να είναι σταθερές ή κυμαινόμενες..
<u>Status Bar</u>	Η μπάρα κατάστασης εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα εντολή ή δραστηριότητα του Surfer. Η γραμμή κατάστασης διαιρείται σε πέντε τμήματα: τα τμήματα της οθόνης με βασικές εντολές και τις περιγραφές, το όνομα του επιλεγμένου αντικειμένου, το χάρτη του δρομέα για τις συντεταγμένες, την σελίδα του δρομέα και τις διαστάσεις του επιλεγμένου αντικειμένου. Η γραμμή κατάστασης δείχνει επίσης την πρόοδο της διαδικασίας, όπως τα πλέγματα. Εμφανίζονται επίσης το ποσοστό της ολοκλήρωσης και ο υπολειπόμενος χρόνος.
<u>Object Manager</u>	Ο ObjectManager περιέχει μια ιεραρχική λίστα όλων των αντικειμένων σε ένα έγγραφο του Surfer, όπου εμφανίζονται σαν προβολή δέντρου. Τα αντικείμενα μπορούν να επιλεγούν, να προστεθούν και να διοργανώνονται με επιμέλεια. Οι αλλαγές που γίνονται στον ObjectManager αντικατοπτρίζουν το έγγραφο και αντιστρόφως. Ο ObjectManager είναι αγκυροβολημένος αρχικά στην αριστερή πλευρά του παραθύρου, δίνοντας μια εμφάνιση χωριστού παραθύρου. Ωστόσο, μπορεί να σέρνεται και να τοποθετηθούν οπουδήποτε στην οθόνη.

Τα παράθυρα, οι γραμμές εργαλείων και η εμφάνιση του μενού πλοήγησης μπορούν ωστόσο να φαίνονται ως χωριστά παράθυρα, η ορατότητα, το μέγεθος και η θέση του κάθε στοιχείου μπορεί επίσης να αλλάξει.

1.5 Χρήση του Surfer

Τα γενικά μέτρα για τη μετάβαση από ένα σύνολο δεδομένων XYZ σε ένα τελικό χάρτη είναι τα εξής:

1. Δημιουργήστε ένα αρχείο δεδομένων XYZ. Αυτό το αρχείο μπορεί να δημιουργηθεί σε ένα παράθυρο του φύλλου εργασίας Surfer ή εκτός του Surfer (χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου ASCII ή το Excel, για παράδειγμα).

2. Δημιουργήστε ένα αρχείο πλέγμα [.GRD.] από τα δεδομένα XYZ του αρχείου Data command
3. Για να δημιουργήσετε ένα χάρτη, χρησιμοποιήστε το Map | New command, επιλέξτε ένα είδος χάρτη και χρησιμοποιήστε το αρχείο από το βήμα δύο. Χάρτες με πλέγματα περιλαμβάνουν περιγράμματα, εικόνες, σκιές, 3D wireframe χάρτες και χάρτες 3D επιφάνειας.
4. Κάντε διπλό κλικ στο χάρτη, για να ανοίξετε το παράθυρο διαλόγου ιδιοτήτων της παρουσίασης του χάρτη και να το προσαρμόσετε ανάλογα με τις ανάγκες σας.
5. Χρησιμοποιήστε το File| Save command, για να αποθηκεύσετε το έργο ως αρχείο Surfer [.SRF], που περιέχει όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται, για να αναδημιουργήσετε το χάρτη, καθώς και το αρχείο δεδομένων.

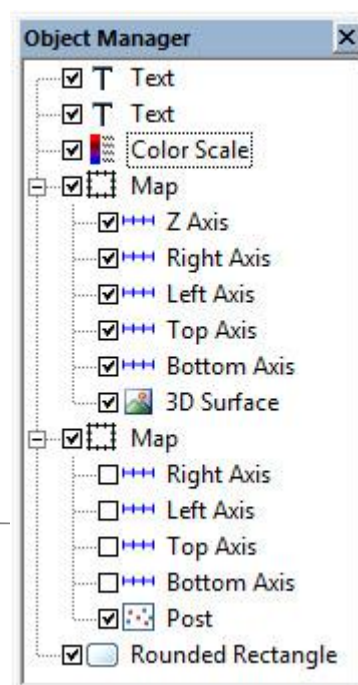
1.6 Χρήση του Scripter

Στο Surfer μπορούν να αυτοματοποιηθούν καθήκοντα χρησιμοποιώντας GoldenSoftware's Scripter ή οποιοδήποτε ActiveX Automation συμβατή γλώσσα προγραμματισμού, όπως η VisualBasic. Ένα script είναι ένα αρχείο κειμένου που περιέχει μια σειρά από οδηγίες για την εκτέλεση, όταν η δέσμη ενεργειών εκτελείται. Ο Scripter μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να εκτελέσει σχεδόν οποιοδήποτε έργο στο Surfer. Μπορείτε να κάνετε σχεδόν τα πάντα με μια δέσμη ενεργειών, η οποία μπορεί να γίνει με το χέρι, με το ποντίκι ή το πληκτρολόγιό σας. Τα Scripts είναι χρήσιμα για την αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων εργασιών και την εδραίωση ακολουθίας βαθμίδων. Το Scripter είναι εγκατεστημένο στην ίδια θέση όπως και το Surfer.

2. Λειτουργίες του Surfer 9

2.1 Διαχειριστής Αντικειμένων

Ο Object Manager επιτρέπει την πρόσβαση σε όλα τα αντικείμενα του παραθύρου. Επίσης, περιέχει μια ιεραρχική λίστα κατάλογου των αντικειμένων σε έγγραφο Surfer. Σε επεξεργασία μπορούν να υποστούν αντικείμενα, που διοργανώνονται και απομακρύνονται μέσω του Object Manager.



Ο Object Manager μπορεί να είναι σταθερός, πλωτός ή ελαχιστοποιημένος με την αυτόματη απόκρυψη. Για να αποκρύψετε το διαχειριστή, κάντε κλικ στο κουμπί στην πάνω δεξιά γωνία του αντικειμένου Manager. Κάντε κλικ στο κουμπί, για να επιστρέψετε τον διαχειριστή σε σταθερή λειτουργία. Σύρετε το αντικείμενο στην γραμμή τίτλου Manager σε μια νέα θέση, για να εμφανιστεί ως πλωτό παράθυρο, ή σε μια νέα θέση με το μηχανισμό σύνδεσης. Μπορείτε επίσης να κάνετε διπλό κλικ στη γραμμή τίτλου Manager για την εναλλαγή μεταξύ κυμαινόμενου και σταθερού τρόπου. Μπορείτε να σύρετε τις πλευρές ενός πλωτού παράθυρου, για να αλλάξετε το μέγεθος του παραθύρου.

Κάθε στοιχείο στη λίστα αποτελείται από ένα εικονίδιο, που υποδεικνύει τον τύπο του αντικειμένου, μια ετικέτα κειμένου για το αντικείμενο και ένα πλαίσιο ελέγχου. Ένα κουτί που ελέγχει, δείχνει ότι το αντικείμενο είναι ορατό. Ένα άδειο κουτί δείχνει ότι το αντικείμενο δεν είναι ορατό. Κάντε κλικ στο πλαίσιο ελέγχου στα αριστερά του. Ένα εικονίδιο θα αλλάξει το καθεστώς της προβολής του. Αόρατα αντικείμενα δεν εμφανίζονται στο παράθυρο ή σε έντυπη μορφή ή σε μορφή εξαγόμενων προϊόντων.

Αν ένα αντικείμενο περιέχει υποαντικείμενα, το όνομα του αντικειμένου εμφανίζει στα αριστερά του το συν (+) ή το μείον (-). Κάντε κλικ στο κουμπί + ή -, για να αναπτύξετε ή να συμπύξετε τη λίστα. Για παράδειγμα, ένα αντικείμενο του χάρτη περιλαμβάνει ένα στρώμα χάρτη (δηλαδή τα περιγράμματα) συν τους άξονες.

Για να επιλέξετε ένα αντικείμενο, κάντε κλικ στο όνομά του. Η επιλογή Handles αλλάζει το παράθυρο, για να αναφέρει το επιλεγμένο στοιχείο. Η γραμμή κατάστασης εμφανίζει το όνομα του επιλεγμένου αντικειμένου.

Κάντε διπλό κλικ στο όνομα του αντικειμένου, για να εμφανίσετε τις ιδιότητές του. Κάθε αντικείμενο του χάρτη έχει ένα συγκεκριμένο σύνολο ιδιοτήτων.

Κάντε διπλό κλικ στο αντικείμενο του χάρτη για την απεικόνιση ιδιοτήτων του χάρτη. Εμφανίζονται η εικόνα, η κλίμακα, τα όρια και τα πλαίσια ιδιοτήτων.

Επιλέξτε το αντικείμενο και στη συνέχεια κάντε κλικ ξανά για το επιλεγμένο κείμενο του στοιχείου (δύο αργά κλικ), για να επεξεργαστείτε το κείμενο που σχετίζεται με ένα αντικείμενο ή χάρτη. Πρέπει να δοθεί επαρκής χρόνος μεταξύ των δύο κλικ, ώστε να μην ερμηνεύεται ως ένα διπλό κλικ.

Πληκτρολογήστε το νέο όνομα στο κουτί. Εναλλακτικά, μπορείτε να κάνετε δεξί κλικ σε ένα όνομα αντικείμενου και να επιλέξετε ObjectID, ή να επιλέξετε ένα αντικείμενο και να χρησιμοποιήσετε την εντολή Επεξεργασία | ObjectID, για να μετονομάσετε το αντικείμενο.

Για να αλλάξετε τη σειρά εμφάνισης των αντικειμένων με το ποντίκι, επιλέξτε ένα αντικείμενο και μετακινήστε το σε μια νέα θέση της λίστας, πάνω ή κάτω από ένα αντικείμενο, στο ίδιο επίπεδο του δέντρου. Η αλλαγή του κέρσορα σε ένα μαύρο βέλος δείχνει ότι το αντικείμενο μπορεί να μετακινηθεί στη θέση δρομέα ή σε ένα κόκκινο κύκλο με μια διαγώνια γραμμή, αν το αντικείμενο δεν μπορεί να μετακινηθεί προς τη συγκεκριμένη θέση. Αντικείμενα μπορούν επίσης να οργανωθούν με το Arrange | OrderObjects από τις εντολές του μενού ή κάνοντας δεξί κλικ σε ένα αντικείμενο και επιλέγοντας Order Objects.

Για να διαγράψετε ένα αντικείμενο, επιλέξτε το και πατήστε το πλήκτρο DELETE. Εναλλακτικά, μπορείτε να κάνετε δεξί κλικ σε ένα αντικείμενο και να επιλέξετε Διαγραφή.

2.2 Φύλλο Εργασίας

Τα στοιχεία φύλλου εργασίας του παραθύρου εμφανίζονται παρακάτω.

<u>Συστατικό όνομα</u>	<u>Λειτουργία της σύστασης</u>
Column Letters	Τα Column Letters (γράμματα στήλη) εντοπίζουν μια στήλη του φύλλου εργασίας.
Row Numbers	Οι Row Numbers (αριθμοί σειράς) εντοπίζουν μια γραμμή του φύλλου εργασίας.
Active Cell	Το Active Cell (Ενεργό Κελί) τονίζεται με έντονο περίγραμμα. Το ενεργό κύτταρο λαμβάνει δεδομένα εισόδου (αριθμητικές τιμές ή συμβολοσειρές κειμένου) από το πληκτρολόγιο. Μόνο ένα κελί είναι ενεργό κάθε φορά.
Active Cell Location	Το Active Cell Location (η τοποθεσία του στο ενεργό κελί) επισημαίνεται με το γράμμα στήλης και αριθμό γραμμής (π.χ. B2).
Active Cell Edit Box	Στο πλαίσιο αυτό βλέπουμε τα δεδομένα ή το κείμενο που περιλαμβάνεται στο ενεργό κελί. Τα δεδομένα πληκτρολογούνται σε ένα κενό κελί, όπου εμφανίζεται στο πλαίσιο επεξεργασίας και το ενεργό κελί.
Worksheet Name	Το όνομα του αρχείου δεδομένων που εμφανίζεται στο φύλλο εργασίας ή τον αριθμό φύλλου εργασίας πριν από την αποθήκευση.

Select Entire Worksheet Button	Το κουμπί χρησιμοποιείται, για να επιλέξετε όλα τα κελιά στο φύλλο εργασίας.
--------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

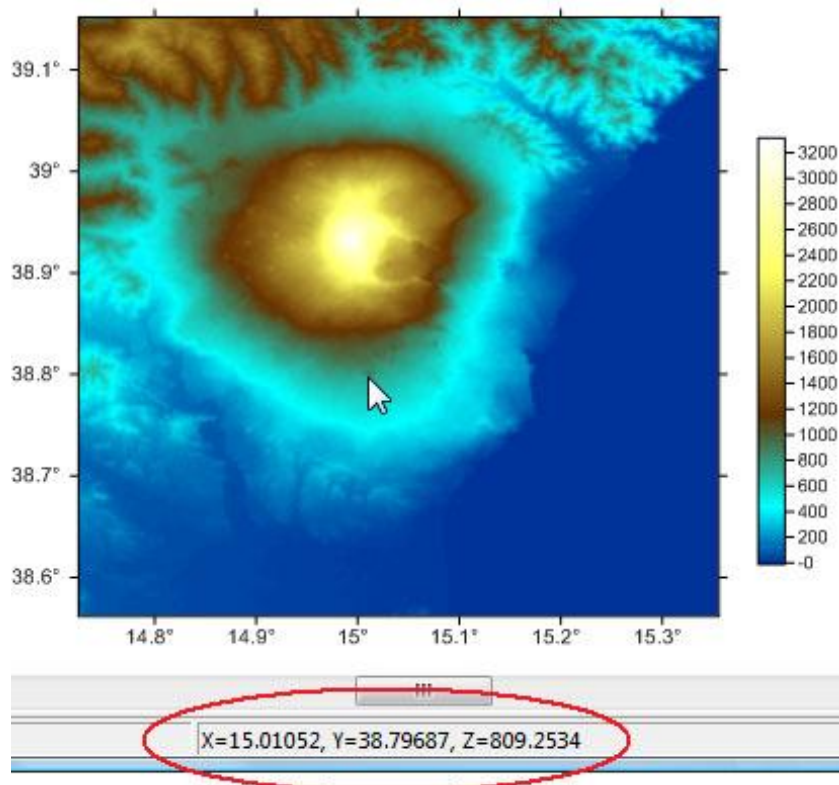
2.3 Τύποι Αρχείων

Το Surfer χρησιμοποιεί τέσσερις βασικούς τύπους αρχείων: δεδομένα, δίκτυα (πλέγματα), σύνορα και Surfer αρχεία [.SRF].

2.3.1 Αρχεία Δεδομένων

Τα Αρχεία Δεδομένων περιέχουν τα δεδομένα εισόδου που προβλέπονται από το χρήστη. Χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αρχείων, σημείων δεδομένων σε ένα χάρτη ή για τη δημιουργία ενός αρχείου καταγραφής. Τα αρχεία αυτά αναφέρονται γενικά ως "XYZ αρχεία δεδομένων" ή "αρχεία δεδομένων" σε ολόκληρη την τεκμηρίωση. Τα δεδομένα μπορούν να διαβαστούν από διάφορους τύπους αρχείων. Τα περισσότερα αρχεία περιέχουν αριθμητικά δεδομένα θέσης XY, συντεταγμένες, καθώς και προαιρετικά αριθμητικές τιμές Z. Στις Z τιμές που προκύπτουν πρέπει να διαμορφωθεί η μεταβλητή, όπως η ανύψωση, η συγκέντρωση, οι βροχοπτώσεις, ή παρόμοιοι τύποι των αξιών.

Τα XYZ αρχεία δεδομένων περιέχουν τα ανεπεξέργαστα δεδομένα και το Surfer τα ερμηνεύει για την παραγωγή ενός αρχείου πλέγματος. Για να μπορέσετε να δημιουργήσετε ένα αρχείο πλέγματος στο Surfer, θα πρέπει να δημιουργήσετε ένα αρχείο δεδομένων XYZ. Τα XYZ αρχεία πρέπει να οργανώνονται στη στήλη και τη μορφή γραμμής. Το Surfer απαιτεί τα X, Y, Z δεδομένα τους να είναι σε τρεις χωριστές στήλες. Το Surfer μπορεί να διαβάσει τα δεδομένα που είναι σε μια προβολή. Τα δεδομένα μπορούν να προβληθούν στο φύλλο εργασίας. Όταν χρησιμοποιείτε τιμές για το Πλάτος (Y) και το μήκος (X), τα δεδομένα πρέπει να είναι σε δεκαδικά μοιρών.



2.3.2 Αρχεία Πλεγμάτων

Τα Αρχεία Πλεγμάτων χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πολλών διαφορετικών τύπων χαρτών, για την εκτέλεση υπολογισμών, καθώς και για να διενεργούν πράξεις. Περιέχουν τακτικά διαστήματα από ορθογώνιες σειρές και δεδομένα Z, που οργανώνονται σε στήλες και γραμμές. Τα Αρχεία Πλέγματος μπορούν να δημιουργηθούν στο Surfer χρησιμοποιώντας το Grid | Data command ή μπορούν να εισαχθούν από μια ευρεία ποικιλία πηγών.

2.3.3 Αρχεία Ορίων

Τα Αρχεία Ορίων είναι τα αρχεία που περιέχουν XY δεδομένα θέσης, όπως είναι τα όρια μιας πόλης, ποτάμια ή θέσεις τοποθεσιών. Χρησιμοποιούνται για την στρώση ενός χάρτη με βάση έναν άλλο χάρτη ή για τον προσδιορισμό των ορίων και τον υπολογισμό κομματιών. Τα Αρχεία Ορίων μπορούν να δημιουργηθούν από μια μεγάλη ποικιλία μορφών φορέα.

2.3.4 Αρχεία Surfer

Τα Αρχεία Surfer [.SRF] διατηρούν όλα τα αντικείμενα και τις ρυθμίσεις του αντικείμενου που περιέχεται σε ένα παράθυρο.

2.4 Κατασκευή Πλεγμάτων

2.4.1 Εισαγωγή στα Πλέγματα

Ένα πλέγμα είναι μια ορθογώνια περιοχή που αποτελείται από ομοιόμορφα κατανεμημένες γραμμές και στήλες. Η τομή μιας σειράς και μιας στήλης ονομάζεται κόμβος στο πλέγμα. Οι Σειρές περιέχουν κόμβους του πλέγματος με τον ίδιο Y συντονισμό. Οι Στήλες περιέχουν κόμβους του πλέγματος με τον ίδιο X συντονισμό.

Gridding (πλεγματοποίηση) είναι η διαδικασία λήψης αποστάσεων μεταξύ των XYZ δεδομένων και η δημιουργία αξίας Z σε κάθε κόμβο του πλέγματος από παρεμβολή ή παρέκταση των τιμών των δεδομένων. Το Surfer έχει πολλές διαφορετικές μεθόδους gridding(πλεγματοποίησης). Αυτές οι μέθοδοι πλεγματοποίησης καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα XYZ αποτελούν παρεμβολές στο πλαίσιο ενός αρχείου πλέγματος.

Περιγράμματα στους χάρτες, τους χάρτες εικόνας, τους σκιασμένους χάρτες, τους χάρτες φορέων, τους 3D επιφάνειας χάρτες και στους 3D wireframe απαιτούν όλα τα μεγάλα δίκτυα Surfer. Το Grid | Data command σας παρέχει διάφορες μεθόδους, για να παράγετε ένα αρχείο από το δίκτυο των XYZ δεδομένων σας. Το Surfer μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει μια ποικιλία από άλλα αρχεία πλέγματος άμεσα. Για μια λίστα αυτών, ανατρέξτε στην ηλεκτρονική βοήθεια. Αυτό σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να περάσουν από τη διαδικασία gridding, αν έχετε ήδη USGS [. DEM], GTopo30 [. HDR], SDTS [. DDF], DTED [. DT *], ή [. HDR] αρχεία, για παράδειγμα.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι, για να χειραγωγήσει κανείς τα αρχεία πλέγματος στο Surfer. Το μενού Grid περιλαμβάνει διάφορα βοηθητικά προγράμματα, που χρησιμοποιούνται στο κενό, την μετατροπή, τη δημιουργία, το εκχύλισμα, το φίλτρο, το ψηφιδωτό, το κομμάτιασμα και τη μετατροπή των αρχείων πλέγματος. Επιπλέον, οι υπολογισμοί όγκου, η παραγωγή βαριογράμματος, οι λογισμικές πράξεις, το cross validation ,η δημιουργία τμημάτων και οι υπολειμματικοί υπολογισμοί μπορούν να πραγματοποιηθούν με τη χρήση αυτών των υπηρεσιών.

2.4.2 Κατασκευή Πλεγμάτων

Οι επιλογές πλεγματοποίησης είναι επιλεγμένες στο Grid Data dialog (παράθυρο διαλόγου Πλέγμα δεδομένων), το οποίο είναι προσβάσιμο μέσω του Grid | Data command. Όταν επιλέγετε μια πλεγματοποιημένη μέθοδο σε αυτό το παράθυρο διαλόγου, μπορείτε να καθορίσετε τις παραμέτρους για τη συγκεκριμένη μέθοδο, κάνοντας κλικ στο κουμπί Επιλογές για προχωρημένους.

Η γεωμετρία της γραμμής του πλέγματος έχει οριστεί στο παράθυρο Grid Data dialog(διαλόγου Πλέγμα δεδομένων). Η γεωμετρία της γραμμής του πλέγματος καθορίζεται από τα όρια και την πυκνότητα του πλέγματος. Το όριο του πλέγματος είναι η ελάχιστη και μέγιστη X και Y συντεταγμένη για το πλέγμα. Η πυκνότητα του πλέγματος καθορίζεται συνήθως από τον αριθμό των στηλών και γραμμών στο δίκτυο.

Ο αριθμός # των γραμμών προς τη Διεύθυνση του X είναι ο αριθμός των στηλών του δικτύου, ενώ ο αριθμός # των γραμμών προς τη Διεύθυνση Y είναι ο αριθμός των γραμμών του πλέγματος. Με τον καθορισμό των ορίων του πλέγματος και τον αριθμό των γραμμών και στηλών, η απόσταση των τιμών προσδιορίζεται αυτόματα ως η απόσταση σε μονάδες δεδομένων μεταξύ γειτονικών γραμμών και παρακείμενων στηλών.

Το Surfer υπολογίζει τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές X και Y από το αρχείο δεδομένων XYZ. Στις τιμές αυτές χρησιμοποιούνται ως προεπιλογή οι ελάχιστες και μέγιστες συντεταγμένες για το πλέγμα. Για την κατεύθυνση που καλύπτει το μεγαλύτερο βαθμό (ο μεγαλύτερος αριθμός των μονάδων δεδομένων) έχουν τοποθετηθεί 100 γραμμές πλέγματος ως προεπιλογή.

Ο αριθμός των γραμμών πλέγματος προς την άλλη κατεύθυνση υπολογίζεται έτσι, ώστε η γραμμή του δικτύου και η απόσταση στις δύο κατευθύνσεις να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά η μία στην άλλη.

Οι μέθοδοι πλεγματοποίησης παράγουν ανά τακτά διαστήματα μια ορθογώνια σειρά Z τιμών από ακανόνιστα διαστήματα δεδομένων XYZ. Ο όρος «irregularly spaced» ("ακανόνιστα διαστήματα") σημαίνει ότι τα σημεία δεν ασπάζονται κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο για την έκταση του χάρτη, οπότε υπάρχουν πολλές "τρύπες" όπου τα στοιχεία λείπουν. Το πλέγμα συμπληρώνει αυτές τις τρύπες με προβολή ή παρεμβολή των αξιών Z σε αυτές τις τοποθεσίες όπου δεν υπάρχουν δεδομένα.

Οι διαφορές μεταξύ των πλεγματοποιημένων μεθόδων παρατηρούνται σε μαθηματικούς αλγορίθμους που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του βάρους κατά τη διάρκεια της παρεμβολής στον κόμβο του πλέγματος. Κάθε μέθοδος μπορεί να οδηγήσει σε μια διαφορετική παράσταση των δεδομένων σας. Είναι συμφέρον για τη δοκιμή κάθε μεθόδου να χρησιμοποιείτε ένα τυπικό σύνολο δεδομένων για τον προσδιορισμό της πλεγματοποιημένης μεθόδου που θα σας παρέχει την πιο ικανοποιητική ερμηνεία των δεδομένων σας.

Η μέθοδος του πλέγματος για την σύγκριση της επόμενης σελίδας είναι η χρήση του δείγματος αρχείου DEMOGRID.GRD. Σχετικά με αυτή την πλεγματική σύγκριση, ανατρέξτε στην πλεγματοποιημένη μέθοδο με θέμα Σύγκριση στην ηλεκτρονική βοήθεια.

2.4.3 Χρήση Ορίων

Το Breakline είναι ένα τρισδιάστατο αρχείο [.BLN], που ορίζει μια γραμμή με το X, Y, Z και τις αξίες σε κάθε κορυφή. Όταν ο αλγόριθμος πλέγματος βλέπει ένα breakline, υπολογίζει την τιμή του Z, που είναι το πλησιέστερο σημείο κατά μήκος του breakline, και χρησιμοποιεί αυτή την τιμή σε συνδυασμό με τα κοντινά σημεία δεδομένων για τον υπολογισμό της αξίας στον κόμβο του πλέγματος. Το Surfer χρησιμοποιεί γραμμική παρεμβολή για τον καθορισμό των τιμών μεταξύ των breakline κορυφών, όταν γίνεται πλεγματοποίηση (gridding). Τα breaklines δεν είναι εμπόδια στην ροή πληροφοριών και ο αλγόριθμος του πλέγματος μπορεί να διαπεράσει το breakline με τη χρήση ενός σημείου από την άλλη πλευρά του breakline. Αν ένα σημείο βρίσκεται στο breakline, η αξία των breakline υπερσχύει του σημείου. Οι Breakline εφαρμογές περιλαμβάνουν τον ορισμό των ατμών, ραχών ρωγμών σε πλαγιές και άλλα.

Οι μέθοδοι πλεγματοποίησης που υποστηρίζουν τα breaklines είναι οι ακόλουθες: Inverse Distance to a Power, Kriging, Minimum Curvature, Nearest Neighbor, Radial Basis Function, Moving Average, Data Metrics και Local Polynomial.

2.4.4 Χρήση Ρηγμάτων

Στο Surfer ένα ρήγμα είναι ένα δισδιάστατο αρχείο -όριο [.BLN], που καθορίζει τη γραμμή που ενεργεί ως εμπόδιο για την ροή των πληροφοριών, όταν γίνεται πλεγματοποίηση. Όταν γίνεται πλεγματοποίηση σε ένα σύνολο δεδομένων, τα δεδομένα από τη μία πλευρά του ρήγματος δεν χρησιμοποιούνται κατά τον υπολογισμό των τιμών του κόμβου του πλέγματος στην άλλη πλευρά του.

Αν το ρήγμα είναι ένα κλειστό πολύγωνο, ο πλεγματοποιημένος αλγόριθμος θα είναι το πλέγμα των δεδομένων από την πλευρά του πολυγώνου όπου βρίσκονται τα δεδομένα. Αν το ρήγμα δεν είναι ένα κλειστό πολύγωνο, ο πλεγματοποιημένος αλγόριθμος μπορεί να αναζητεί γύρω από το τέλος της βλάβης, για να δει ένα σημείο από την άλλη πλευρά του λάθους, αλλά η μεγαλύτερη απόσταση μειώνει το βάρος της στο σημείο της παρεμβολής της αξίας του κόμβου στο πλέγμα.

Αν ένα λάθος σημείο βρίσκεται ακριβώς στο ρήγμα, τότε τυχαία στρογγυλεύεται το σφάλμα που καθορίζει ποια πλευρά του λάθους «αιχμαλωτίζει» το σημείο. Οι μέθοδοι ρηγμάτων για την υποστήριξη πλέγματος είναι οι ακόλουθες: Inverse Distance to a Power, minimum Curvature, Nearest Neighbor and Data Metrics.

2.5 Στρώματα και Τύποι Χαρτών

2.5.1 Στρώματα Χαρτών

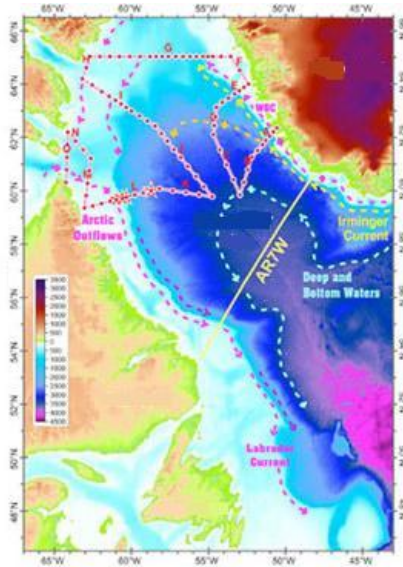
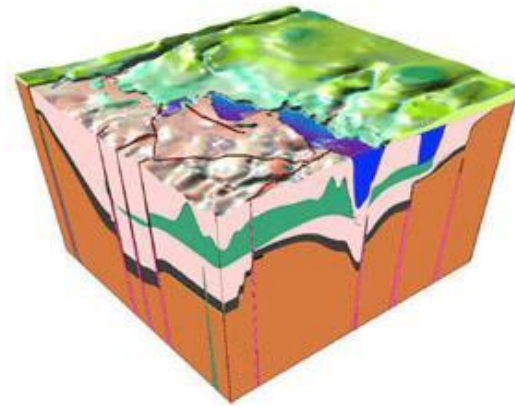
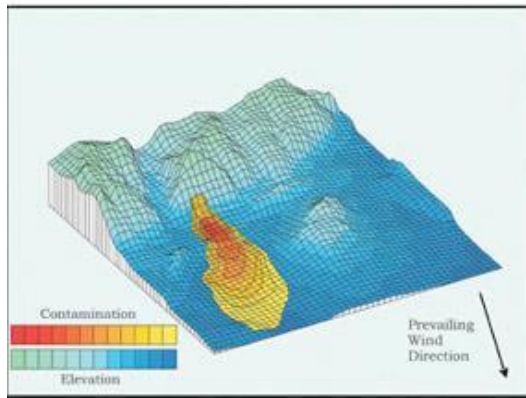
Είναι δυνατόν να συνδυαστούν διάφοροι χάρτες, που δημιουργήθηκαν από δεδομένα που σχετίζονται με το αντικείμενο της δημιουργίας ενός χάρτη με πολλαπλά στρώματα. Μπορείτε να προσθέσετε οποιοδήποτε συνδυασμό περιγράμματος, βάσης, εικόνας, σκιάς,, 3D χάρτες με 3D χάρτες wireframe και χάρτες διανυσμάτων.

Οι Χάρτες στρωμάτων χρησιμοποιούν ένα ενιαίο σύνολο των X, Y, Z και άξονες και είναι τοποθετημένοι σύμφωνα με το σύνθετο σύστημα συντεταγμένων.

Σε περίπτωση που δύο ή περισσότεροι χάρτες χρησιμοποιούν τα ίδια όρια χάρτη, θα γίνει επικάλυψη του ενός πάνω στον άλλο. Αν οι χάρτες καλύπτουν γειτονικές περιοχές, προσθέτοντας ένα στρώμα χάρτη στις θέσεις των δύο χαρτών στη σωστή θέση σε σχέση με ένα άλλο, αμέσως δημιουργείται ένα ενιαίο σύνολο αξόνων, που εκτείνονται σε όλο το φάσμα.

Οι Layered χάρτες γίνονται ένα μόνο αντικείμενο και μετακινούνται, ενώ μειώνονται ως ενιαία οντότητα. Η αδιαφάνεια της αξίας του κάθε στρώματος μπορεί να προσαρμοστεί, ώστε να καταστεί ένα στρώμα διαφανές ή ημιδιαφανές.

Ο Map | Add Command (Χάρτης | εντολή προσθήκης) σας επιτρέπει να προσθέσετε ένα στρώμα χάρτη στον επιλεγμένο χάρτη. Οι περισσότεροι συνδυασμοί των χαρτών μπορεί να είναι πολυεπίεδοι. Οι συνδυασμοί των χαρτών δεν είναι δυνατόν να είναι μια πολυεπίεδη διαστρωμάτωση, όταν αποτελούνται από έναν 3D wireframe και 3D χάρτη επιφάνειας, χάρτες πολλαπλών επίπεδων, 3D χάρτες wireframe ή προσθέτοντας ένα στρώμα χάρτη raster σε 3D wireframe. Οι Raster χάρτες περιλαμβάνουν χάρτες σκιασμένους, χάρτες εικόνας, 3D επιφάνειες και χάρτες βάσης που περιέχουν μια εικόνα.

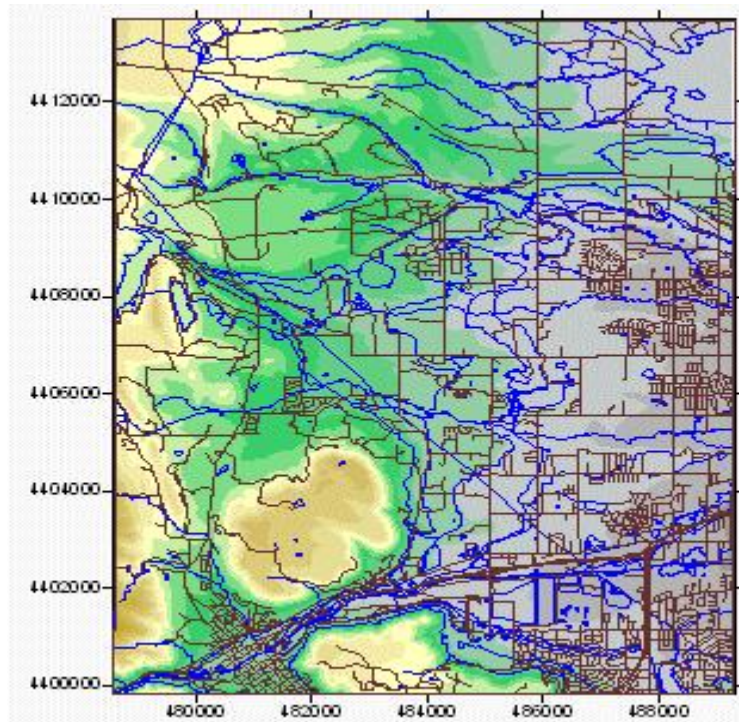


2.5.2 Τύποι Χαρτών

Πολλά διαφορετικά είδη χαρτών μπορούν να δημιουργηθούν και να τροποποιηθούν και εμφανίζονται στο Surfer:

BaseMap

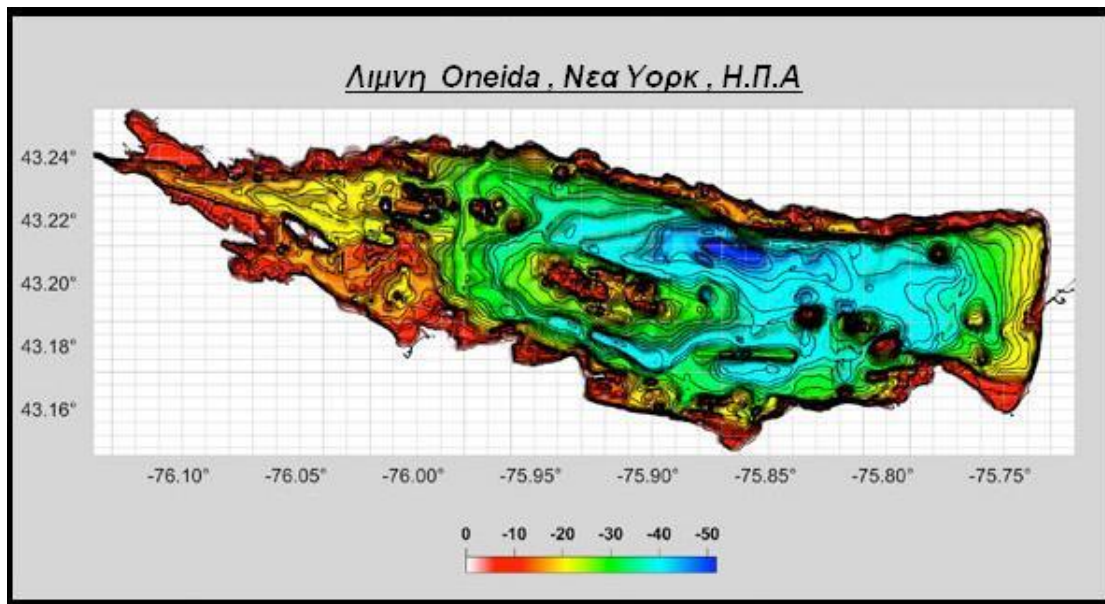
Οι Χάρτες βάσης απεικονίζουν όρια σε ένα χάρτη. Τα όρια μπορεί να είναι τομείς, καμπύλες, σημεία και κείμενο. Οι χάρτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν με άλλους χάρτες, για να δείτε χαρακτηριστικά, όπως δρόμοι, κτίρια, ρυάκια, τοποθεσίες της πόλης, περιοχές που δεν υπάρχουν στοιχεία και ούτω καθεξής. Μπορείτε να κάνετε επικάλυψη αυτών των χαρτών με τη χρήση των στρωμάτων του Surfer. Οι συγκεκριμένοι χάρτες μπορούν να παραχθούν από πολλές μορφές αρχείων. Τις μεμονωμένες ιδιότητες του χάρτη μπορείτε να τις επεξεργαστείτε.



Εμφάνιση basemap σε Surfer μόνος ή υπέρθεση τους σε άλλους χάρτες.

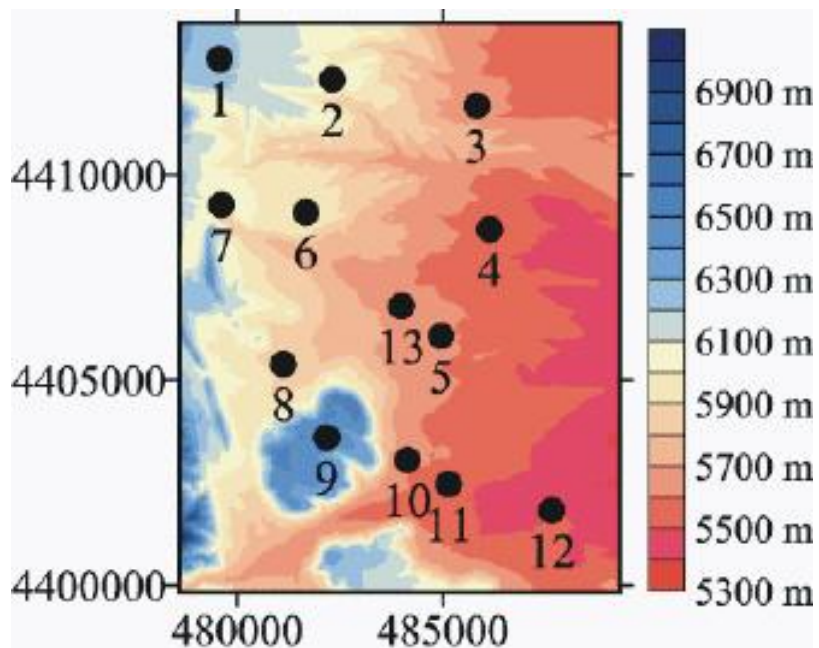
Contour Χάρτης

Οι Χάρτες ισοκαμπύλων είναι η δισδιάστατη παράσταση των τρισδιάστατων δεδομένων. Οι ισοκαμπύλες ορίζουν τις γραμμές της ισότητας των αξιών Z σε όλους τους βαθμούς του χάρτη. Το σχήμα της επιφάνειας φαίνεται από τις ισοψείς καμπύλες. Οι χάρτες αυτοί μπορούν να εμφανίσουν το περίγραμμά τους με γραμμές και χρώματα ή μοτίβα μεταξύ των ισοψών καμπύλων.



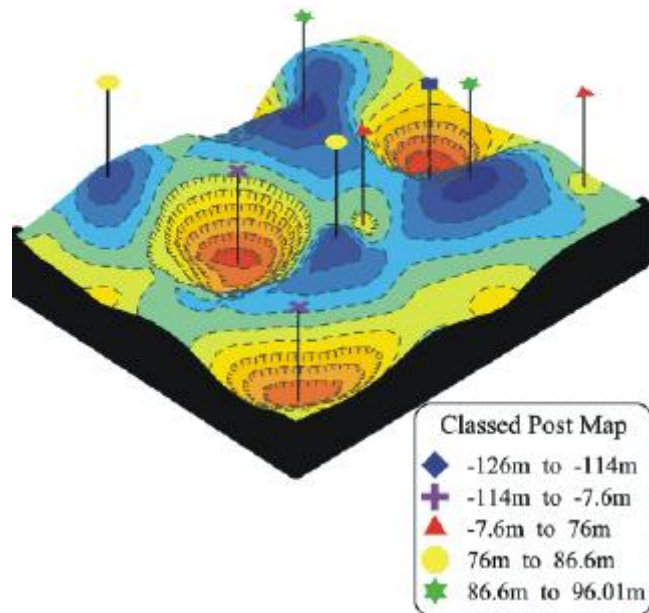
PostMap

Είναι οι χάρτες που δείχνουν τα στοιχεία και τις τοποθεσίες σε ένα χάρτη. Μπορείτε να προσαρμόσετε τα σύμβολα και το κείμενο που συνδέονται με κάθε θέση των δεδομένων στο χάρτη.



ClassedPostMap

Οι Χάρτες θέσης σας επιτρέπουν να καθορίσετε τις κατηγορίες και τις ιδιότητες συμβόλων και την αλλαγή τους για κάθε κατηγορία. Οι θέσεις σε αυτούς μπορούν να αποθηκευτούν και να φορτωθούν για άλλους χάρτες για το μέλλον.



Map: Classed Post Properties

General Labels Classes Layer

Number of classes: 5 Load...

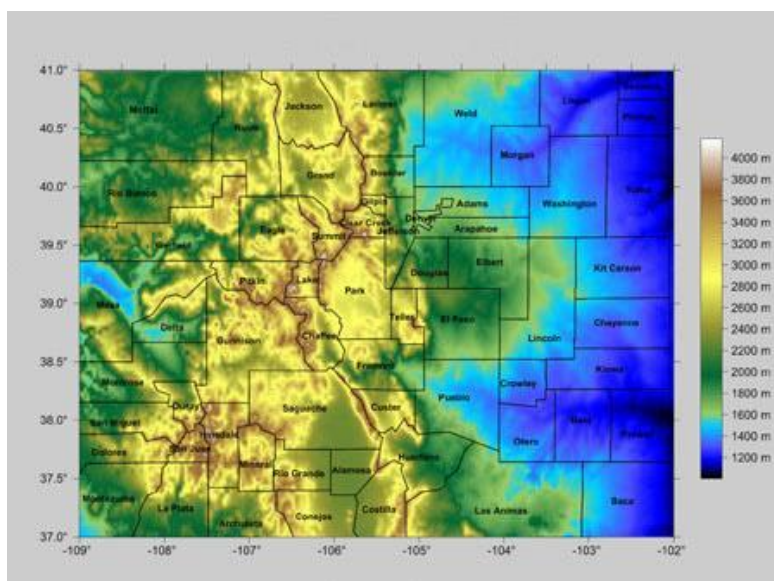
Binning Method: User Defined Save...

>=Minimum	<Maximum	%	#	Symbol	Size
0.03	190	20.8	112	■	0.04 in
190	500	18.2	98	▲	0.09 in
500	1500	20.4	110	◆	0.10 in
1500	4500	21.0	113	●	0.08 in
4500	56000	19.5	105	★	0.11 in

OK Close Apply

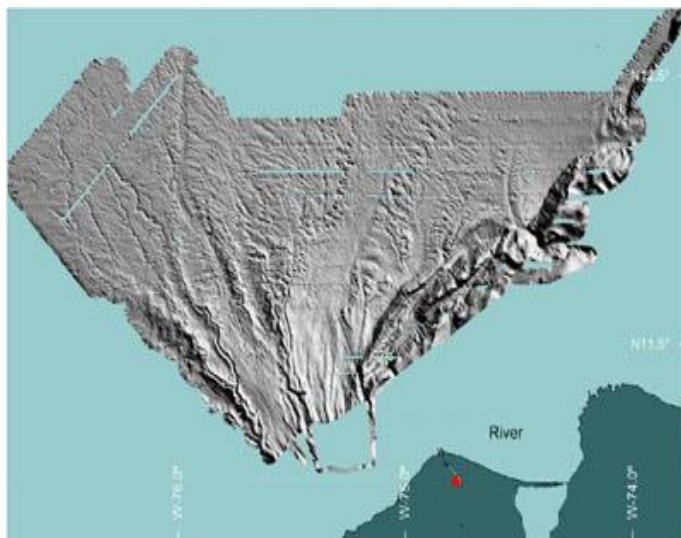
ImageMap

Οι Χάρτες εικόνας raster είναι οι εικόνες που βασίζονται σε αρχεία στο δίκτυο. Οι Χάρτες εικόνας αποδίδουν χρώματα που βασίζονται στις Z τιμές από ένα αρχείο. Οι περιοχές Κενό στο χάρτη εικόνας εμφανίζονται ως ξεχωριστό χρώμα ή ως ένα διαφανές. Αν συμπληρώσετε τα κενά Pixels, μπορεί να δημιουργηθεί μια καλή εικόνα.



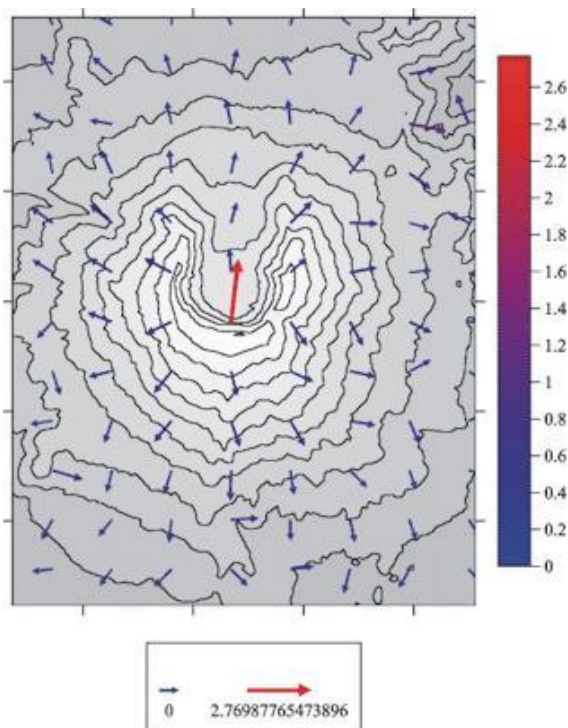
ShadedReliefMap

Οι χάρτες αυτοί είναι οι εικόνες raster που βασίζονται σε αρχεία στο δίκτυο. Οι χάρτες αυτοί διαθέτουν χρώματα με βάση τον προσανατολισμό και την κλίση σε σχέση με μια πηγή φωτός. Το Surfer καθορίζει τον προσανατολισμό της κάθε κυψελίδας και υπολογίζει την ανάκλαση ενός σημείου πηγής φωτός στην επιφάνεια του δικτύου. Η φωτεινή πηγή μπορεί να θεωρηθεί ως ο ήλιος που λάμπει σε τοπογραφική επιφάνεια.



VectorMap

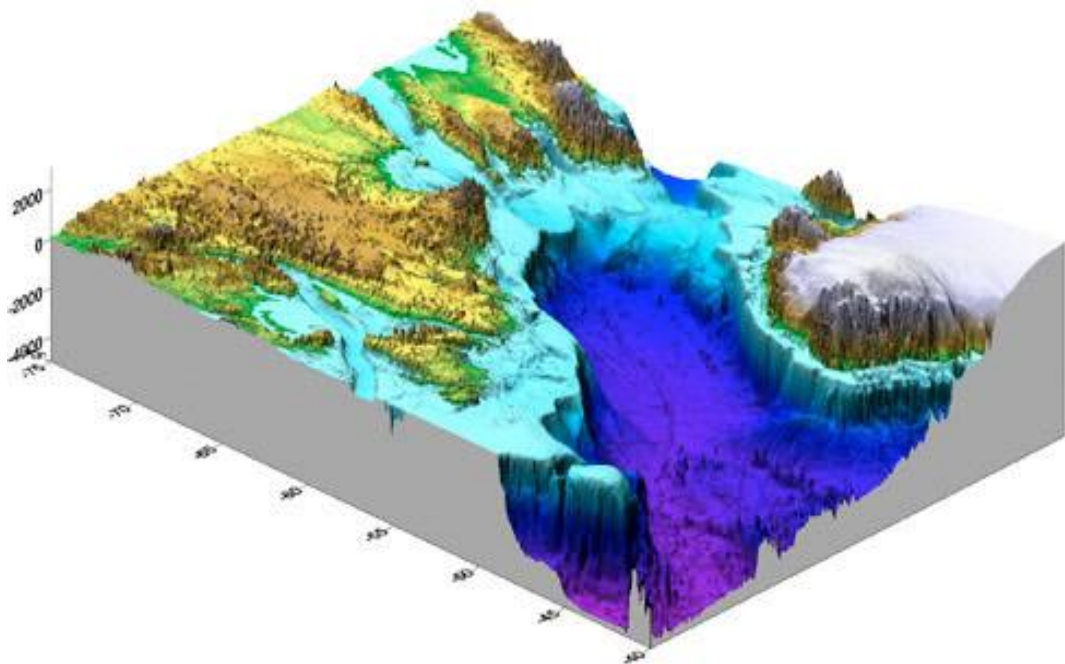
Σε αυτούς τους χάρτες φαίνεται η κατεύθυνση και το μέγεθος των δεδομένων που χρησιμοποιούν ατομικά προσανατολισμένα βέλη. Για παράδειγμα, σε κάθε κόμβο του πλέγματος στον χάρτη, το βέλος δείχνει προς την κατεύθυνση της απότομης καθόδου ("κατηφόρα") και το μήκος του βέλους είναι ανάλογο με το μέγεθος της κλίσης. Οι Vector χάρτες μπορούν να δημιουργηθούν, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες σε ένα αρχείο του δικτύου (δηλαδή αριθμητικά υπολογίζεται κλίση) ή σε δύο διαφορετικά αρχεία στο δίκτυο (δηλαδή κάθε δίκτυο δίνει μια συνιστώσα των φορέων του).





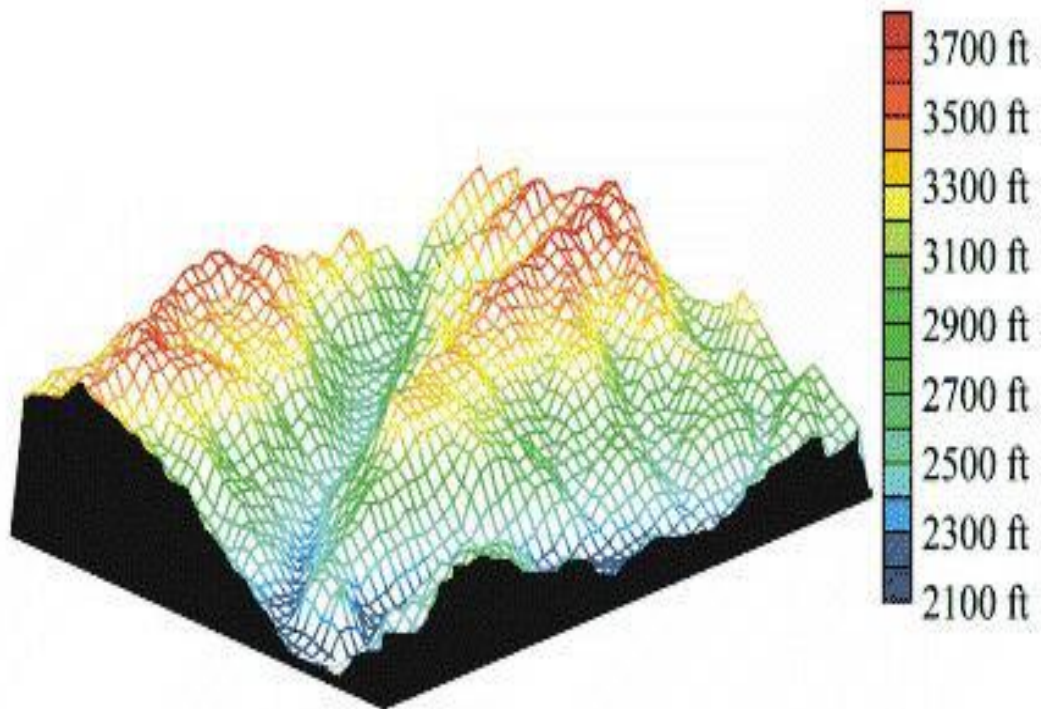
3DSurfaceMap

Οι 3D χάρτες επιφάνειας είναι χρωματικές τρισδιάστατες αναπαραστάσεις ενός αρχείου. Τα χρώματα, ο φωτισμός, οι επικαλύψεις μπορούν να κάνουν να μεταβληθεί μια επιφάνεια. Πολλαπλοί 3D χάρτες επιφάνειας μπορεί να είναι πολυεπίπεδοι, για να δημιουργηθεί ένα διάγραμμα μπλοκ.

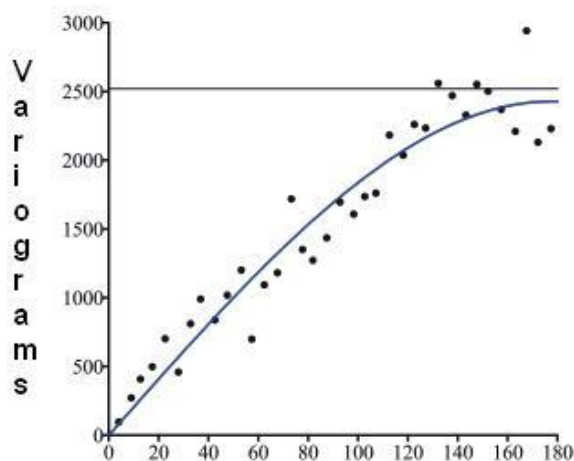


3D Wireframe Χάρτης

Οι 3D χάρτες wireframe είναι οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις ενός αρχείου. Οι χάρτες αυτοί δημιουργούνται από τη σύνδεση αξιών Z κατά μήκος των γραμμών σταθερής X και Y.



3. Βαριογραφία στο Surfer 9



3.1 Εισαγωγή στα Βαριογράμματα

Το Surfer περιλαμβάνει ένα εκτενές υποσύστημα μοντελοποίησης βαριογράμματος. Αυτή η δυνατότητα προστέθηκε στο Surfer ως ένα ολοκληρωμένο εργαλείο ανάλυσης δεδομένων. Ο πρωταρχικός σκοπός του υποσυστήματος μοντελοποίησης του βαριογράμματος είναι να σας βοηθήσει να επιλέξετε το κατάλληλο μοντέλο βαριογράμματος (variogram), όταν γίνεται πλεγματοποίηση (gridding) με Kriging αλγόριθμο. Η βαριογραμμική μοντελοποίηση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ποσοτική αξιολόγηση των χωρικών συνεχειών των δεδομένων, ακόμη και όταν ο Kriging αλγόριθμος δεν εφαρμόζεται.

Τα βαριογράμματα του Surfer προορίζονται για τους ειδικευμένους χρήστες που πρέπει να μάθουν τα μοντέλα των βαριογραμμάτων. Ο αρχάριος χρήστης μπορεί να βρει χρήσιμες τις ακόλουθες αναφορές: Cressie (1991), Isaac's Srivastava (1989), Kitanidis (1997) και Pannatier (1996). Ανατρέξτε στο Προτεινόμενο Υλικό για τα πλήρη στοιχεία για το καθένα από τα βιβλία αυτά. Αν δεν καταλαβαίνετε τα Βαριογράμματα ή αν δεν είστε σίγουροι για το ποιο μοντέλο πρέπει να εφαρμοστεί, χρησιμοποιήστε την προεπιλογή του Surfer, που είναι το γραμμικό βαριόγραμμα με το Kriging.

Η βαριογραμμική μοντελοποίηση δεν είναι μια εύκολη ή απλή αποστολή. Η ανάπτυξη ενός κατάλληλου μοντέλου για τα δεδομένα που απαιτούνται για την κατανόηση και την

εφαρμογή των προηγμένων στατιστικών εννοιών και εργαλείων: αυτή είναι η επιστήμη της μοντελοποίησης του βαριογράμματος. Επιπλέον, η ανάπτυξη του κατάλληλου μοντέλου βαριογράμματος, για ένα σύνολο δεδομένων απαιτεί την γνώση του για τα τεχνάσματα και τις παγίδες και τις προσεγγίσεις που είναι εγγενείς στην τοποθέτηση ενός θεωρητικού μοντέλου με πραγματικά δεδομένα του κόσμου: αυτό είναι η τέχνη του μοντέλου βαριογράμματος. Η επιδεξιότητα με την επιστήμη και την τέχνη είναι τόσο αναγκαία για την επιτυχία.

Η ανάπτυξη ενός κατάλληλου μοντέλου βαριογράμματος απαιτεί πολλές σωστές αποφάσεις. Οι αποφάσεις αυτές μπορούν να ληφθούν σωστά μόνο με μία ιδιαίτερη γνώση των δεδομένων στο χέρι και την αρμόδια κατανόηση της γένεσης δεδομένων (δηλ. των σχετικών διαδικασιών κατά τις οποίες αντλούνται τα δεδομένα). Ο κυρίαρχος κανόνας, όταν γίνεται μοντελοποίηση βαριογράμματος, είναι να γνωρίζουμε τα δεδομένα.

Τα βαριογράμματα είναι ένα μέτρο του ρυθμού αλλαγής των πραγμάτων σε σχέση με το μέσο όρο. Η βασική αρχή είναι ότι, κατά μέσο όρο, δύο παρατηρήσεις πιο κοντά μεταξύ τους μοιάζουν περισσότερο από δύο παρατηρήσεις με μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους. Εξαιτίας των σχετικών διαδικασιών των δεδομένων, συχνά προτιμούνται οι κατευθύνσεις, στις οποίες οι τιμές μπορεί να αλλάξουν πιο γρήγορα σε μία κατεύθυνση από ό,τι σε άλλη. Ως εκ τούτου, τα βαριογράμματα είναι συνάρτηση της πορείας.

Επίσης, τα βαριογράμματα είναι μια τρισδιάστατη λειτουργία. Υπάρχουν δύο ανεξάρτητες μεταβλητές (η q κατεύθυνση, η η απόσταση διαχωρισμού) και μία εξαρτημένη μεταβλητή (η αξία **βαριογράμματος** g (q, η)). Όταν το βαριόγραμμα καθορίζεται για Kriging, δίνουμε το εύρος και το φαινόμενο κόκκου, αλλά επίσης πρέπει να καθορίσουμε την ανισοτροπία για τις πληροφορίες. Το πλέγμα βαριογράμματος είναι ο τρόπος με τον οποίο οι πληροφορίες αυτές είναι οργανωμένες μέσα στο πρόγραμμα.

Τα βαριογράμματα (XY) είναι μια ακτινική «φέτα» (σαν ένα κομμάτι της πίτας) από το δίκτυο βαριογράμματος, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως μια «χοάνη» σε σχήμα επιφάνειας. Αυτό είναι απαραίτητο, επειδή είναι δύσκολο να προσδιορίσει την τρισδιάστατη επιφάνεια, πόσο μάλλον να προσπαθήσουμε να ταιριάζει με τρισδιάστατη λειτουργία (μοντέλο) σε αυτό. Με τη λήψη φέτας είναι δυνατό να συνεργαστεί και να εξαχθεί με την πειραματική κατεύθυνση βαριογράμματος σε μια γνώριμη μορφή όπως η XY.

Να θυμάστε ότι μια συγκεκριμένη κατεύθυνση πειραματικού βαριογράμματος συνδέεται με μια κατεύθυνση. Το απόλυτο πρότυπο βαριογράμματος πρέπει να ισχύει για όλες

τις κατευθύνσεις. Κατά την τοποθέτηση του μοντέλου, ο χρήστης ξεκινά με πολλές φέτες, αλλά σε τελική ανάλυση πρέπει να ενσωματώσει τις φέτες σε ένα τελικό 3D μοντέλο.

3.2 Μαθηματικός Ορισμός Βαριογράμματος

Ο μαθηματικός ορισμός του Βαριογράμματος είναι:

$$\gamma(\Delta x, \Delta y) = \frac{1}{2} \varepsilon \left[\left(Z(x + \Delta x, y + \Delta y) - Z(x, y) \right)^2 \right]$$

όπου $Z(x, y)$ είναι η τιμή της μεταβλητής του ενδιαφέροντος στη θέση (x, y) , και ε είναι η στατιστική του φορέα προσδοκίας. Σημειώστε ότι τα βαριογράμματα είναι μια λειτουργία του διαχωρισμού μεταξύ των σημείων $(\Delta x, \Delta y)$, αλλά δεν είναι και σε συνάρτηση με την συγκεκριμένη τοποθεσία (x, y) . Αυτός ο μαθηματικός ορισμός είναι χρήσιμος, αλλά δεν είναι εύκολο να εφαρμοστεί, για να παρατηρούνται τιμές.

Σκεφτείτε ένα σύνολο n παρατηρηθέντων δεδομένων: $((x_1, y_1, Z_1), (x_2, y_2, Z_2), \dots (x_n, y_n, Z_n))$, όπου (x_i, y_i) είναι η θέση της i παρατήρησης και Z_i είναι η σχετική παρατηρούμενη τιμή. Υπάρχουν $n(n-1)/2$ μοναδικά ζευγάρια των παρατηρήσεων. Για κάθε ένα από αυτά τα ζεύγη μπορούμε να υπολογίσουμε το σχετικό φορέα διαχωρισμού:

$$(\Delta x_{i,j}, \Delta y_{i,j}) = (x_i - x_j, y_i - y_j)$$

Όταν θέλουμε να συμπεράνουμε τα βαριογράμματα για ένα συγκεκριμένο φορέα διαχωρισμού $(\Delta x, \Delta y)$, θα χρησιμοποιήσουμε όλα τα ζεύγη δεδομένων και τον διαχωρισμό του φορέα που είναι περίπου ίσος με αυτό το διαχωρισμό:

$$(\Delta x_{i,j}, \Delta y_{i,j}) \approx (\Delta x, \Delta y)$$

Ας πούμε $S(\Delta x, \Delta y)$ είναι το σύνολο όλων αυτών των ζευγαριών:

$$S(\Delta x, \Delta y) = \{ (i,j) \mid (\Delta x_{i,j}, \Delta y_{i,j}) \approx (\Delta x, \Delta y) \}$$

Επιπλέον, ας πούμε ότι $N(\Delta x, \Delta y)$ ισούται με τον αριθμό των ζευγών στην $S(\Delta x, \Delta y)$. Να συναχθεί το βαριογράμμα που παρατηρήθηκε από τα στοιχεία που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια στη φόρμουλα του πειραματικού βαριογράμματος.

Δηλαδή, το πειραματικό βαριογράμμα για ένα συγκεκριμένο φορέα διαχωρισμού υπολογίζεται από τον μέσο όρο του μισού της διαφοράς του τετραγώνου της z τιμής για όλα τα ζεύγη των παρατηρήσεων που χωρίζονται περίπου από το φορέα.

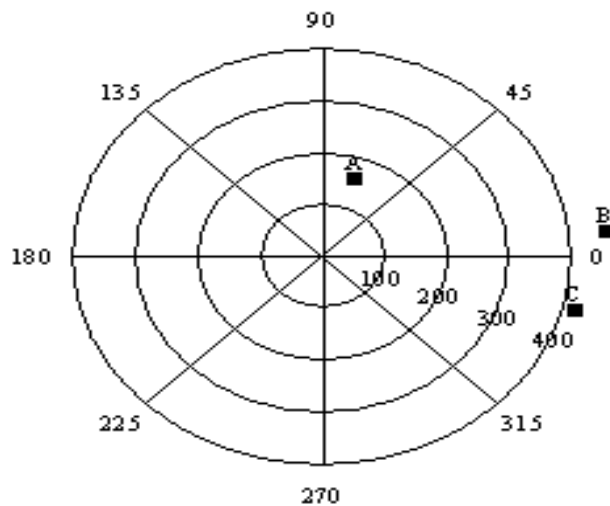
3.3 Πλέγμα Βαριογράμματος

Οι χρήστες που είναι εξοικειωμένοι με GeoEAS ή VarioWin θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι και με τα αρχεία σύγκρισης ζεύγους [. PCF]. Το Surfer χρησιμοποιεί ένα πλέγμα βαριογράμματος ως θεμελιώδες εσωτερικής αναπαράστασης των δεδομένων, αντί για ένα αρχείο σύγκρισης ζεύγους. Το αρχείο σύγκρισης μπορεί να είναι εξαιρετικά μεγάλο για μετρίου μεγέθους σειρές δεδομένων. Για παράδειγμα, 5000 παρατηρήσεις δημιουργούν $N(N-1) / 2$ ζεύγη (12.497.500). Κάθε ζεύγος απαιτεί 16 bytes των πληροφοριών για ένα αρχείο σύγκρισης ζεύγους. Έτσι, αρχείο σύγκρισης ζεύγους 5000 παρατηρήσεων θα λάβει περίπου 191 megabytes μνήμης για την εξαγωγή απλώς των πληροφοριών σύγκρισης ζεύγους. Ο χρόνος για να διαβάσετε την έρευνα μέσω αυτού του μεγάλου αρχείου, καθιστά αδύνατη την προσέγγιση αυτή για πολλούς χρήστες Surfer.

Με την υπολογιστική ταχύτητα και την αποθήκευση που έχει αποκτηθεί από τη χρήση της προσέγγισης του βαριογράμματος, δηλαδή μόλις το πλέγμα βαριογράμματος είναι χτισμένο, κάθε πειραματικό βαριόγραμμα μπορεί να υπολογιστεί ακαριαία. Αυτό είναι ανεξάρτητο από τον αριθμό των παρατηρήσεων. Ωστόσο, η δυνατότητα να διενεργεί επεξεργασία των βαριογραμμάτων ανά ζεύγος έχει χαθεί, χρησιμοποιώντας την προσέγγιση βαριογράμματος δικτύου στο Surfer.

Σε αντίθεση με τα πλέγματα που χρησιμοποιούνται αλλού στο Surfer, τα οποία είναι ορθογώνια πλέγματα, τα πλέγματα βαριογράμματος είναι πολικά και δεν μπορούν να εξεταστούν στο Surfer, αλλά χρησιμοποιούνται μόνο στο πλαίσιο του υπολογισμού του βαριογράμματος. Η πρώτη συντονίζει σε ένα πλέγμα βαριογράμματος και συνδέεται με την πολική γωνία και η δεύτερη σχετίζεται με την ακτινική απόσταση έξω από την καταγωγή.

Ας εξετάσουμε το ακόλουθο πλέγμα variogram:



Πολικό πλέγμα βαριογράμματος για τρία ζεύγη (Α, Β, και Γ) σημείων παρατήρησης, που δείχνει τις γωνίες διαχωρισμού και τις αποστάσεις διαχωρισμού.

Υπάρχουν οκτώ γωνιακά τμήματα: (0ΤΑ, 45ΤΑ, 90ΤΑ, 135ΤΑ, 180ΤΑ, 225ΤΑ, 270ΤΑ, 315ΤΑ) ακτινωτά και τέσσερα τμήματα: (100, 200, 300, 400). Έτσι, υπάρχουν 32 μεμονωμένα κύτταρα σε αυτό το πλέγμα βαριογράμματος. Οι χρήστες που είστε εξοικειωμένοι με VarioWin θα παρατηρήσετε τις ομοιότητες μεταξύ του πλέγματος βαριογράμματος του Surfer και της «επιφάνειας βαριογράμματος» στο VarioWin 2.2. Στο Surfer, μόνο το πάνω μισό του δικτύου χρησιμοποιείται.

Εξετάστε τις ακόλουθες τρεις θέσεις παρατήρησης: ((50,50), (100, 200), και (500,100)). Υπάρχουν τρεις παρατηρήσεις, οπότε υπάρχουν $3 * (3-1) / 2 = 3$ ζεύγη. Τα ζευγάρια είναι:

A (50,50), (100,200)
 B (50,50), (500,100)
 Γ (100,200) (500,100)

Κάθε ζεύγος τοποθετείται σε ένα συγκεκριμένο κελί του δικτύου βαριογράμματος με βάση το διαχωρισμό απόστασης και τη γωνία διαχωρισμού μεταξύ των δύο τοποθεσιών παρατήρησης. Η απόσταση διαχωρισμού είναι:

Η γωνία διαχωρισμού είναι:

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω εξισώσεις, η γωνία διαχωρισμού για το πρώτο ζεύγος των παρατηρήσεων ((50,50), (100,200)) είναι 71,57 βαθμοί και η απόσταση διαχωρισμού είναι 158,11. Αυτό το ζεύγος τοποθετείται στο κελί που οριοθετείται από τον κύκλο 100 για το εσωτερικό, τον κύκλο 200 για το εξωτερικό, τη 45TA γραμμή για την κατεύθυνση προς τα δεξιά και την 90TA γραμμή για την κατεύθυνση αριστερόστροφα. Η θέση αυτού του ζεύγους στο δίκτυο variogram εμφανίζεται στην προηγούμενη σελίδα ως σημείο A.

Ζεύγος	Διαχωρισμός γωνιάς	Διαχωρισμός απόστασης
A	71.57	158.11
B	6.34	452.77
C	-14.04	412.31

Ο διαχωρισμός της γωνίας και της απόστασης διαχωρισμού για κάθε ζεύγος υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την προηγούμενη εξίσωση.

Δεδομένου ότι η απόσταση διαχωρισμού των ζευγών B και Γ είναι μεγαλύτερη από την ακτίνα του μεγαλύτερου κύκλου (400), τα ζεύγη εμπίπτουν εκτός του δικτύου βαριογράμματος. Τα ζεύγη B και Γ δεν περιλαμβάνονται στο δίκτυο βαριογράμματος και, ως εκ τούτου, δεν περιλαμβάνονται στο βαριόγραμμα. Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω εξισώσεις, κάθε ζεύγος πρέπει να βρίσκεται σε μία από τις κυψελίδες του βαριογράμματος ή να απορρίπτεται, εάν η απόσταση διαχωρισμού είναι πολύ μεγάλη.

Για ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων θα μπορούσαν να υπάρχουν εκατομμύρια ζεύγη (ή περισσότερα) και το σχετικό αρχείο σύγκρισης τους ζεύγος θα είναι πολύ μεγάλο. Από την άλλη πλευρά, με το δίκτυο στο παραπάνω παράδειγμα, υπάρχουν μόνο 32 κυψελίδες, ανεξαρτήτως του αριθμού των ζευγών που περιέχονται σε μια συγκεκριμένη κυψέλη δικτύου. Εδώ έγκειται το υπολογιστικό εξοικονόμησης της προσέγγισης του δικτύου βαριογράμματος. Δεν είναι απαραίτητο ότι κάθε ζεύγος είναι αποθηκευμένο σε μια κυψελίδα βαριογράμματος. Κάθε

βαριόγραμμα πλέγματος είναι μόνο ένα μικρό σύνολο των συνοπτικών στατιστικών στοιχείων, που αντιπροσωπεύουν το σύνολο των ζευγών που περιέχονται σε αυτό το κελί.

3.4 Βαριογράμματα και Kriging

Ο Kriging αλγόριθμος περιλαμβάνει **τέσσερα** βασικά στοιχεία:

1. Κατά τον υπολογισμό του βάρους της παρεμβολής, ο αλγόριθμος θεωρεί ότι είναι η απόσταση μεταξύ του σημείου παρεμβολής και των θέσεων των δεδομένων. Ο αλγόριθμος θεωρεί ότι είναι η απόσταση μεταξύ των δεδομένων. Αυτό επιτρέπει το άθροισμα.

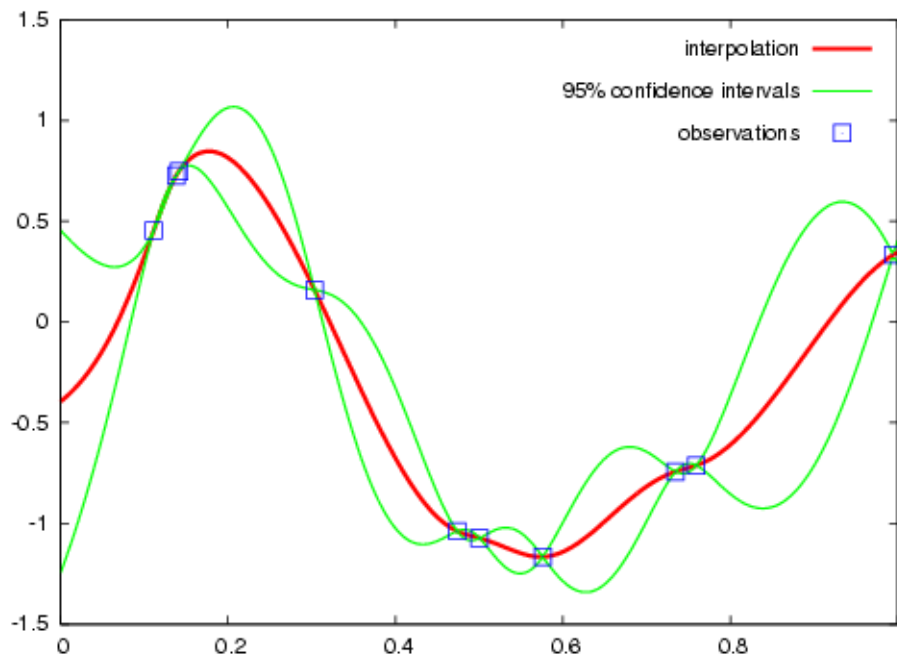
2. Κατά τον υπολογισμό του βάρους της παρεμβολής, ο αλγόριθμος θεωρεί ότι είναι εγγενής η κλίμακα του μήκους των δεδομένων. Για παράδειγμα, η μορφολογία του εδάφους στο Κάνσας διαφέρει λιγότερο σε διάστημα απ' ό,τι η τοπογραφία στο κεντρικό Κολοράντο. Σκεφτείτε ότι και στις δύο παρατηρήθηκαν αυξήσεις, δηλαδή χωρίζονται από πέντε χιλιόμετρα. Στο Κάνσας θα ήταν λογικό να υποθέσουμε μια γραμμική διακύμανση μεταξύ των δύο αυτών παρατηρήσεων, ενώ στο Κολοράντο μια τέτοια υπόθεση γραμμικής μεταβολής θα ήταν ρεαλιστική. Ο αλγόριθμος προσαρμόζει τα βάρη της παρεμβολής αναλόγως.

3. Κατά τον υπολογισμό του βάρους της παρεμβολής, ο αλγόριθμος θεωρεί την εγγενή αξιοπιστία των δεδομένων. Εάν οι μετρήσεις των δεδομένων είναι υπερβολικά ακριβείς, η παρεμβολή της επιφάνειας περνά μέσα από κάθε παρατηρούμενη τιμή. Εάν οι μετρήσεις δεδομένων είναι ύποπτες, η παρεμβολή της επιφάνειας δεν μπορεί να περάσει από μια παρατηρούμενη τιμή, ειδικά αν μια συγκεκριμένη τιμή βρίσκεται σε πλήρη διαφωνία με τις γειτονικές τιμές. Αυτό είναι ένα ζήτημα των δεδομένων επαναληψιμότητας.

4. Τα φυσικά φαινόμενα που δημιουργούνται από φυσικές διεργασίες. Συχνά, αυτές οι φυσικές διεργασίες προτιμούν κατευθύνσεις. Για παράδειγμα, στις εκβολές του ποταμού το τραχύ υλικό το διευθετεί ταχύτερα ο ποταμός, ενώ το λεπτό υλικό παίρνει περισσότερο χρόνο, για να εγκατασταθεί. Έτσι, το ένα είναι πιο κοντά στην ακτογραμμή με τα χονδρομερισμένα ιζήματα, ενώ το άλλο βρίσκεται πιο μακριά από την ακτή και τα ιζήματα. Κατά τον υπολογισμό του βάρους της παρεμβολής, ο αλγόριθμος ενσωματώνει αυτή τη φυσική ανισοτροπία. Όταν υπάρχει παρεμβολή σε ένα σημείο, μια παρατήρηση 100 μέτρα μακριά, αλλά σε διεύθυνση παράλληλη με την ακτογραμμή, είναι πιο πιθανό να είναι παρόμοια με την τιμή στο σημείο παρεμβολής από ό,τι είναι σε ίση απόσταση παρατήρησης σε διεύθυνση κάθετη προς την

ακτογραμμή.

Τα στοιχεία δύο, τρία, και τέσσερα ενσωματώνουν όλες τις περιπτώσεις σχετικά με την υποκείμενη διαδικασία από την οποία ελήφθησαν οι παρατηρήσεις. Η κλίμακα μήκους της επαναληψιμότητας των δεδομένων και της ανισοτροπίας δεν είναι συνάρτηση των θέσεων δεδομένων. Αυτές εισέρχονται στον Kriging αλγόριθμο μέσω του βαριογράμματος. Η κλίμακα μήκους δίνεται από το φάσμα βαριογράμματος (ή κλίση), ενώ η επαναληψιμότητα των δεδομένων καθορίζεται από το αποτέλεσμα του φαινομένου κόκκου και της ανισοτροπίας δίνεται από την ανισοτροπία.



Παράδειγμα της μονοδιάστατης παρεμβολής δεδομένων από Kriging. Η Kriging παρεμβολή είναι στο κόκκινο.

3.4.1 NuggetEffect

Το φαινόμενο κόκκου χρησιμοποιείται, όταν υπάρχουν πιθανά λάθη στη συλλογή των δεδομένων σας. Από το φαινόμενο κόκκου υπονοούνται τα βαριογράμματα που παράγουν τα δεδομένα σας. Ο ορισμός ενός φαινομένου κόκκου προκαλεί το Kriging να γίνει παράγοντας μεγαλύτερης εξομάλυνσης, που σημαίνει λιγότερη εμπιστοσύνη σε επιμέρους σημεία δεδομένων σε σχέση με τη συνολική τάση των δεδομένων. Όσο μεγαλύτερο είναι το φαινόμενο κόκκου, τόσο ομαλότερο είναι το δίκτυο που προκύπτει. Οι μονάδες του είναι οι μονάδες των παρατηρήσεων στο τετράγωνο. Το φαινόμενο κόκκου αποτελείται από δύο στοιχεία:

$$\text{NuggetEffect} = \text{Σφάλμα Μεταβλητότητας} + \text{Micro διασπορά}.$$

Σφάλμα Διακύμανσης

Το σφάλμα Μεταβλητότητας είναι ένα μέτρο της άμεσης επανάληψης των μετρήσεων δεδομένων. Εάν περνάτε μια παρατήρηση σε ένα σημείο, η δεύτερη μέτρηση θα είναι στο ακριβές σημείο, ώστε να είναι ακριβώς η ίδια με την πρώτη μέτρηση. Το σφάλμα αξίας μεταβλητότητας λαμβάνει υπόψη αυτές τις αποκλίσεις στη μέτρηση. Ένα μη μηδενικό σφάλμα διακύμανσης σημαίνει ότι μια συγκεκριμένη παρατηρούμενη τιμή δεν είναι απαραίτητα η ακριβής αξία της θέσης. Κατά συνέπεια, με το Kriging τείνει να είναι πιο ομαλή η επιφάνεια: δεν είναι μια τέλεια εξαγωγή αποτελέσματος.

Μικρο Διακύμανση

Η Μικρο μεταβλητότητα είναι ένα μέτρο της μεταβολής που εμφανίζεται σε αποστάσεις διαχωρισμού της μικρότερης απόστασης από το τυπικό δείγμα της κοντινότερης απόστασης. Για παράδειγμα, σκεφτείτε ένα σύνθετο βαριογράμμα, όπου και τα δύο μοντέλα είναι σφαιρικά. Το φάσμα ενός εκ των δομών είναι 100 μέτρα, ενώ το φάσμα της δεύτερης δομής είναι 5 μέτρα. Αν η πλησιέστερη απόσταση του δείγματός μας ήταν 10 μέτρα, δεν θα ήμασταν σε θέση να δούμε τη δεύτερη δομή. Το Micro διακύμανση σας επιτρέπει να καθορίσετε την διακύμανση της δομής μιας μικρότερη κλίμακας. Εάν δεν γνωρίζετε τη μικρότερη διακύμανση, αφήστε τη ρύθμιση στο 0,0.

3.4.2 Ανισοτροπία

Τα φυσικά φαινόμενα είναι τα φαινόμενα που δημιουργούνται από φυσικές διεργασίες. Συχνά, αυτές οι φυσικές διεργασίες προτιμούν κατευθύνσεις, όπως το παράδειγμα στις εκβολές του ποταμού, όπου το τραχύ υλικό το διευθετεί ταχύτερα ο ποταμός, ενώ το λεπτό υλικό παίρνει περισσότερο χρόνο για να εγκατασταθεί. Έτσι, το ένα είναι πιο κοντά στην ακτογραμμή με τα χονδρομερισμένα ιζήματα, ενώ το άλλο βρίσκεται πιο μακριά από την ακτή και τα ιζήματα. Όταν υπάρχει παρεμβολή σε ένα σημείο, μια παρατήρηση 100 μέτρα μακριά, αλλά σε διεύθυνση παράλληλη με την ακτογραμμή, είναι πιο πιθανό να είναι παρόμοια με την τιμή στο σημείο παρεμβολής από ό,τι είναι σε ίση απόσταση παρατήρησης σε διεύθυνση κάθετη προς την ακτογραμμή. Η ανισοτροπία λαμβάνει υπόψη αυτές τις τάσεις στα δεδομένα κατά τη διαδικασία πλεγματοποίησης.

Συνήθως, δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στα σημεία που βρίσκονται πιο κοντά στον κόμβο του πλέγματος από ό,τι στα σημεία που είναι μακρύτερα. Αν, όπως στο παραπάνω παράδειγμα, τα σημεία σε μια κατεύθυνση έχουν περισσότερες ομοιότητες από ό,τι τα σημεία σε μια άλλη, είναι επωφελές να δώσουμε στα στοιχεία μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, με περισσότερο βάρος στον καθορισμό της αξίας ενός κόμβου στο πλέγμα.

Η σχετική στάθμιση καθορίζεται από την αναλογία της ανισοτροπίας. Η φυσική διεργασία που παράγει τα δεδομένα, καθώς και το δείγμα της απόστασης μεταξύ των στοιχείων είναι σημαντικά στην απόφαση της ανισοτροπίας ή στο να μην επαναφέρετε τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις ανισοτροπίας. Η Ανισοτροπία είναι επίσης χρήσιμη, όταν τα σύνολα των δεδομένων χρησιμοποιούν διαφορετικές μονάδες σε X και Y διαστάσεις.

Λόγος

Ο λόγος είναι το εύρος που χωρίζεται από το μέγιστο και ελάχιστο εύρος. Μια αναλογία ανισοτροπίας τουλάχιστον δύο (2) θεωρείται ήπια, ενώ μια αναλογία ανισοτροπίας μεγαλύτερη από τέσσερα (4) θεωρείται σοβαρή. Συνήθως, όταν η αναλογία ανισοτροπίας είναι μεγαλύτερη από τρεις (3), το αποτέλεσμα είναι σαφώς ορατό με χάρτες βάσης. Εάν δεν υπάρχει ένας καλός λόγος, για να χρησιμοποιήσετε μια αναλογία ανισοτροπίας, θα πρέπει να αποδεχθείτε την προεπιλεγμένη τιμή του 1,0.

Γωνία

Η γωνία είναι ο προτιμώμενος προσανατολισμός (κατεύθυνση) του μείζονος άξονα σε μοίρες.

Έλλειψη

Στην πιο γενική περίπτωση, η ανισοτροπία μπορεί να απεικονιστεί ως μια έλλειψη. Η έλλειψη καθορίζεται από το μήκος των δύο ορθογώνιων αξόνων του και από μια γωνία προσανατολισμού. Στο Surfer είναι το μήκος των αξόνων που ονομάζεται ακτίνα 1 και ακτίνα 2. Η γωνία του προσανατολισμού ορίζεται ως η αριστερά γωνία μεταξύ του θετικού άξονα X και της ακτίνας 1. Από την έλλειψη αυτή, που ορίζεται με αυτό τον τρόπο, μια έλλειψη μπορεί να ορίζεται με περισσότερες από μία σειρές παραμέτρων.

Στις περισσότερες μεθόδους πλεγματοποίησης στο Surfer, η σχέση με το μήκος των αξόνων είναι πιο σημαντική από το πραγματικό μήκος των αξόνων. Οι σχετικές διάρκειες είναι αυτές που εκφράζονται ως ποσοστό στην ομάδα ανισοτροπίας. Ο δείκτης ορίζεται ως μια ακτίνα 1 και διαιρείται με την ακτίνα 2. Χρησιμοποιώντας το παραπάνω παράδειγμα, τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 2 και 0,5. Ο λόγος 2 σημαίνει ότι η ακτίνα 1 είναι δύο φορές όσο η ακτίνα 2. Η

γωνία προς τα αριστερά είναι η γωνία μεταξύ του θετικού άξονα X και του Radius 1. Αυτό σημαίνει ότι:

Ratio = 2 , Angle = 0
είναι το ίδιο όπως η έλλειψη
Ratio = 0.5, Angle = 90

Η μικρή εικόνα στην ομάδα ανισοτροπίας εμφανίζει ένα γραφικό από την έλλειψη που θα βοηθήσει στην περιγραφή της έλλειψης.

Παράδειγμα 1: Σημειωνοντας το προφίλ μια πλημμύρας κατά μήκος ενός ποταμού

Για παράδειγμα, όταν σύνολα δεδομένων, που χρησιμοποιούν ριζικά διαφορετικές μονάδες σε X και Y κατευθύνσεις, θεωρούν ότι συνωμοτούν σε ένα προφίλ πλημμύρας κατά μήκος ενός ποταμού. Η X είναι οι συντεταγμένες θέσεις, μετρούμενη σε μίλια κατά μήκος του καναλιού του ποταμού. Η Y συντεταγμένες είναι η ώρα που μετράται σε ημέρες. Οι τιμές Z είναι το βάθος του ποταμού ως συνάρτηση της θέσης και του χρόνου. Είναι σαφές ότι στην περίπτωση αυτή οι X και Y συντεταγμένες δεν θα πρέπει να αποτυπώνονται σε μια κοινή κλίμακα, διότι η μία είναι η απόσταση και η άλλη η στιγμή. Μία μονάδα X δεν ισοδυναμεί με μία μονάδα του Y. Αν και το αποτέλεσμα του χάρτη μπορεί να εμφανίζεται με αλλαγές στην κλιμάκωση, μπορεί να είναι απαραίτητο, ώστε να εφαρμοστεί η ανισοτροπία.

Παράδειγμα 2: Ισοθερμικός χάρτης. Μέση ημερήσια θερμοκρασία

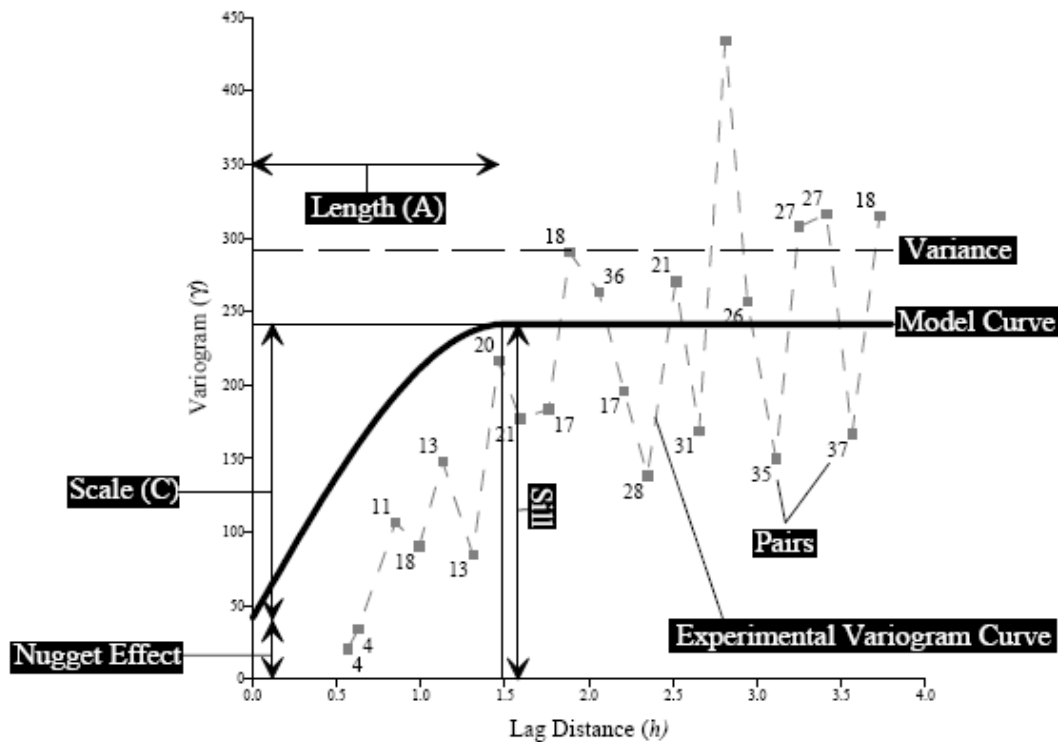
Ένα άλλο παράδειγμα της ανισοτροπίας είναι ότι μπορεί να απασχοληθεί με έναν ισοθερμικό χάρτη (χάρτης με περίγραμμα) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας πάνω από την άνω μέσο-δυτική γραμμή. Αν και οι X και οι Y συντεταγμένες (easting και northing) μετρώνται χρησιμοποιώντας τις ίδιες μονάδες, κατά μήκος της ανατολικής-δυτικής γραμμής (γραμμές X), η θερμοκρασία τείνει να είναι πολύ παρόμοια. Κατά μήκος Βορρά-Νότου γραμμής (γραμμές Y) η θερμοκρασία τείνει να αλλάξει πιο γρήγορα (να πάρει ψυχρότερες τιμές). Όταν είναι τα πλεγματοποιημένα δεδομένα, θα ήταν επωφελής, για να δοθεί περισσότερο βάρος στα δεδομένα κατά μήκος του άξονα Ανατολής-Δύσης από ό,τι κατά μήκος του άξονα Βορρά-Νότου. Όταν υπάρχει παρεμβολή ενός κόμβου στο πλέγμα, πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στις παρατηρήσεις που βρίσκονται ανατολικά προς τα δυτικά από εκείνες που βρίσκονται σε ισοδύναμη απόσταση στην βόρεια-νότια κατεύθυνση.

Παράδειγμα 3: Ωκεανογραφική έρευνα. Προσδιορισμός της θερμοκρασίας νερού σε διάφορα βάθη

Ένα τελευταίο παράδειγμα ανισοτροπίας είναι η ωκεανογραφική έρευνα για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας των υδάτων σε διαφορετικά βάθη. Έστω ότι τα δεδομένα που συλλέγονται είναι σε κάθε 1000 μέτρα κατά μήκος της γραμμής έρευνας και οι θερμοκρασίες που λαμβάνονται σε κάθε 10 μέτρα σε βάθος, σε κάθε θέση του δείγματος. Με αυτά τα δεδομένα που καθορίζονται, να εξεταστεί το πρόβλημα για την δημιουργία ενός αρχείου. Κατά τον υπολογισμό του βάρους που εκχωρεί στα σημεία δεδομένων, ξέρουμε ότι τα σημεία που είναι πιο κοντά στα δεδομένα περνούν μεγαλύτερο βάρος από τα σημεία που είναι πιο μακριά. Η θερμοκρασία σε 10 μέτρα βάθος σε ένα σημείο είναι παρόμοια με ένα δείγμα σε 10 μέτρα βάθος σε άλλη θέση, αν και οι θέσεις του δείγματος είναι χιλιάδες μέτρα μακρύτερα. Οι θερμοκρασίες μπορεί να διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό με το βάθος, αλλά δεν είναι τόσο διαφορετικές μεταξύ των τοποθεσιών του δείγματος.

3.5 Μοντέλα Βαριογράμματος

Το μοντέλο βαριογράμματος διευκρινίζει μαθηματικά τη χωρική μεταβλητότητα της παύσης των δεδομένων και το αρχείο που προκύπτει στο δίκτυο. Τα βάρη και η παρεμβολή, τα οποία εφαρμόζονται στα σημεία δεδομένων κατά τη διάρκεια των υπολογισμών του κόμβου του δικτύου, είναι οι άμεσες λειτουργίες του μοντέλου βαριογράμματος.



NuggetEffect

Το φαινόμενο κόκκου ποσοτικοποιεί τη δειγματοληψία και τους πειραματισμούς για τα λάθη και τις βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις στην κλίμακα (π.χ. μεταβολές στο χώρο που συμβαίνουν σε απόσταση πιο κοντά από την απόσταση του δείγματος).

Scale

Η κλίμακα (Γ) είναι η κατακόρυφη κλίμακα για τη δομημένη συνιστώσα του βαριογράμματος. Κάθε στοιχείο ενός μοντέλου βαριογράμματος έχει τη δική της κλίμακα.

Sill

Το Sill είναι η συνολική κάθετη κλίμακα των βαριογράμματος (φαινόμενο κόκκου + Άθροισμα όλων των στοιχείων της Κλίμακας). Η Γραμμική, η Λογαριθμική και τα μοντέλα βαριογράμματος δεν έχουν Sill.

Length

Το μήκος είναι το οριζόντιο φάσμα των βαριογράμματος. (Ορισμένα μοντέλα βαριογράμματος δεν έχουν μια παράμετρο μήκους, π.χ. το γραμμικό μοντέλο έχει μια κλίση αντ' αυτού)

Variance

Η διακύμανση είναι η μέση απόκλιση του τετράγωνου κάθε αξίας από τη μέση τιμή. Η Διακύμανση υποδεικνύεται από την οριζόντια διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα που φαίνεται παραπάνω.

Pairs

Τα Ζεύγη αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή των βαριογράμματος για την ομάδα των ζευγών που χωρίζονται από μια συγκεκριμένη απόσταση (πλάτος lag). Ο αριθμός δίπλα στα σύμβολα δείχνει τον αριθμό των ζευγών σε κάθε απόσταση υστέρησης.

ModelCurve

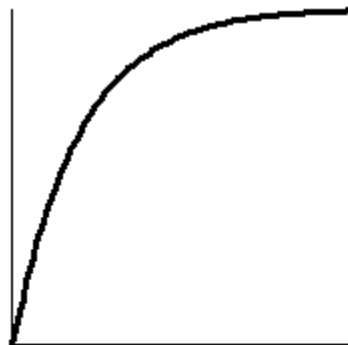
Το μοντέλο καμπυλης δείχνει το σχήμα του μοντέλου βαριογράμματος.

ExperimentalCurve

Η πειραματική καμπυλη εμφανίζει τις ομάδες των ζευγαριών των βαριογράμματος σε απόσταση διαχωρισμού σε σχέση με τα εκτιμώμενα βαριογράμματα.

Συνιστώσες μοντέλων βαριογραμμάτων

Τα συστατικά του βαριογραμμικού μοντέλου που διατίθεται στο Surfer είναι:



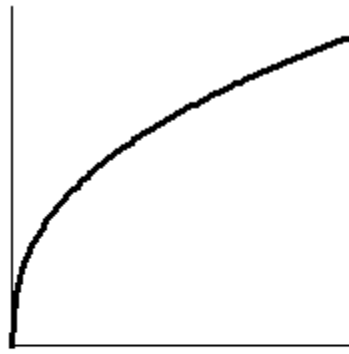
Exponential Model
Cressie (1991, p. 61)

$$\gamma(h) = C[1 - e^{-h}]$$

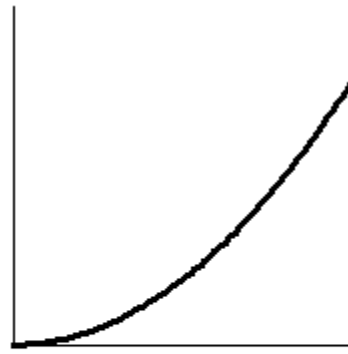


Gaussian Model
Pannatier (1996, p. 50)

$$\gamma(h) = C[1 - e^{-h^2}]$$



$$0 < h < 1$$



$$1 < h < 2$$

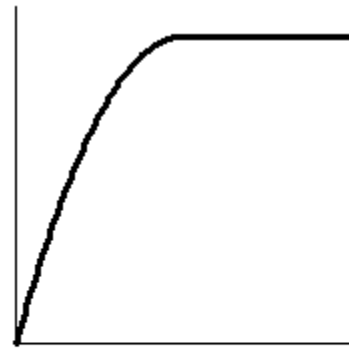
Power Models

Pannatier (1996, p. 51)

$$\gamma(h) = C|h^n|$$

where $0 < n < 2$

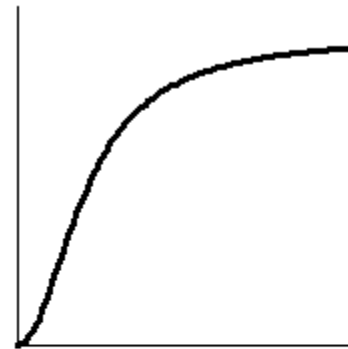
when $n=1$ it is a Linear Model



Quadratic Model

Alfaro (1980, p. 31)

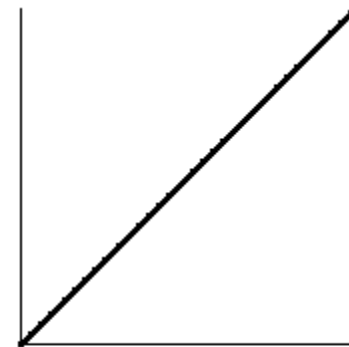
$$\gamma(h) = \begin{cases} C[2h - h^2] & h < 1 \\ C & h \geq 1 \end{cases}$$



Rational Quadratic Model

Cressie (1991, p. 61)

$$\gamma(h) = C \left[\frac{h^2}{1 + h^2} \right]$$

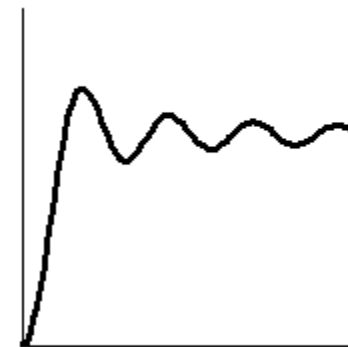


Linear Model

Kitanidis (1997, p. 61)

$$\gamma(h) = C(h)$$

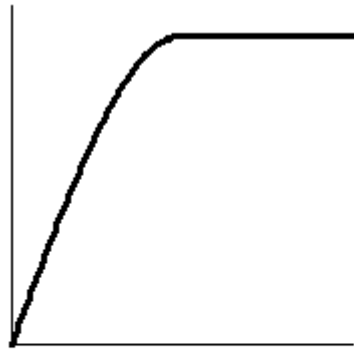
The Linear Model is a special case of the Power Model where the power is equal to one



Wave (Hole Effect) Model

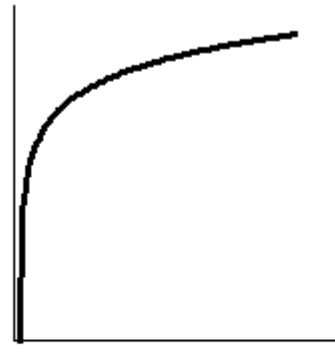
Cressie (1991, p. 62)

$$\gamma(h) = C \left[1 - \frac{\sin h}{h} \right]$$



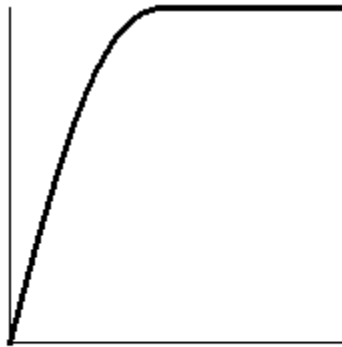
Spherical Model
Pannatier (1996, p. 48)

$$r(h) = \begin{cases} C[1.5h - 0.5h^3] & h < 1 \\ C & h \geq 1 \end{cases}$$



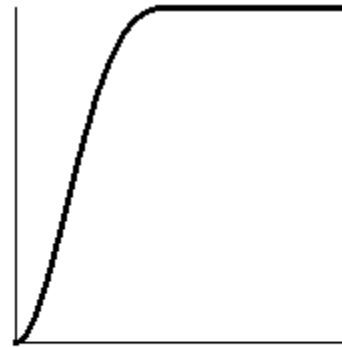
Logarithmic Model
Kitaridis (1997, p. 61)

$$r(h) = C[\log_e(h)] \quad h > 0$$



Pentaspherical Model
Olea (1999, p. 79)

$$r(h) = C(1.875h - 1.25h^3 + 0.375h^5)$$



Cubic Model
Olea (1999, p. 79)

$$r(h) = C(7h^2 - 8.75h^3 + 3.5h^5 - 0.75h^7)$$

4. Παράδειγμα Βαριογραφίας

Το **βαριόγραμμα** χαρακτηρίζει την χωρική συνέχεια ή την βαρύτητα ενός συνόλου δεδομένων. Συνήθως, μονοδιάστατα στατιστικά στοιχεία για δύο δεδομένα μπορεί να είναι σχεδόν ίδια, αλλά η χωρική συνέχεια μπορεί να διαφέρει λίγο. Ανατρέξτε στην δεύτερη ενότητα για μερική αιτιολόγηση του βαριογράμματος.

Η **βαριογραφική ανάλυση** από το **πειραματικό βαριόγραμμα** υπολογίζεται από τα δεδομένα και το μοντέλο του βαριογράμματος που έχει τοποθετηθεί στα δεδομένα. Το πειραματικό βαριόγραμμα υπολογίζεται από το μέσο όρο της διαφοράς των τετραγώνων των z τιμών σε όλα τα ζεύγη των παρατηρήσεων στις καθορισμένες αποστάσεις και κατευθύνσεις και απεικονίζεται ως διάγραμμα δύο διαστάσεων. Ανατρέξτε στη ενότητα τρία για λεπτομέρειες των μαθηματικών τύπων που χρησιμοποιούνται, για να υπολογιστεί το πειραματικό βαριόγραμμα.

Το μοντέλο του βαριογράμματος έχει επιλεγεί από ένα σύνολο μαθηματικών συναρτήσεων, που περιγράφουν τις χωρικές σχέσεις. Το κατάλληλο μοντέλο έχει επιλεγεί, για να ταιριάζει από ένα σχήμα καμπύλης πειραματικού βαριογράμματος σε ένα σχήμα καμπύλης μαθηματικής συνάρτησης.

Για το γραφικό μοντέλο βαριογράμματος ανατρέξτε στον Οδηγό χρήσης του **Surfer** στη Βοήθεια για γραφικές παραστάσεις, που απεικονίζονται σχήματα καμπύλης για κάθε λειτουργία, για να υπολογιστεί η γεωμετρική ανισοτροπία (μεταβλητή χωρική συνέχεια σε διαφορετική κατεύθυνση). Διαχωρίζουμε το πειραματικό και το μοντέλο βαριογράμματος, ώστε να μπορούν να υπολογίζονται για διαφορετικές κατευθύνσεις στο σύνολο δεδομένων.

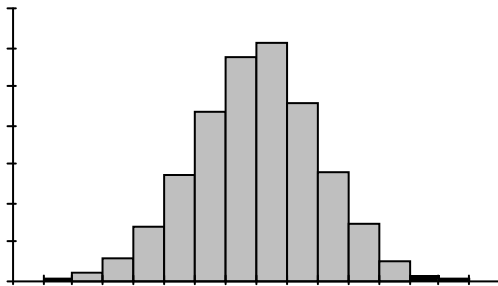
4.1 Τι Αντιπροσωπεύουντα Βαριογράμματα

Εξετάζουμε δύο σύνθετα σύνολα δεδομένων. Θα τα ονομάσουμε **A** και **B**. Μερικά κοινά περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα δύο σύνολα δεδομένων δίνονται στον πίνακα 1.1.

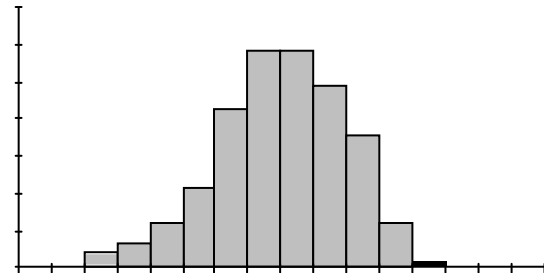
	A	B
Count	15251	15251
Average	100.00	100.00
Standard Deviation	20.00	20.00
Median	100.35	100.92
10 Percentile	73.89	73.95
90 Percentile	125.61	124.72

Πίνακας 1.1 Μερικά κοινά περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα δύο σύνολα δεδομένων.

Τα ιστογράμματα για τα δύο αυτά σύνολα δεδομένων δίνονται στα σχήματα 1.1 και 1.2. Σύμφωνα με αυτό το στοιχείο, τα δύο σύνολα δεδομένων είναι σχεδόν όμοια:



Σχήμα 1.1 Τα δεδομένα της κατηγορίας A

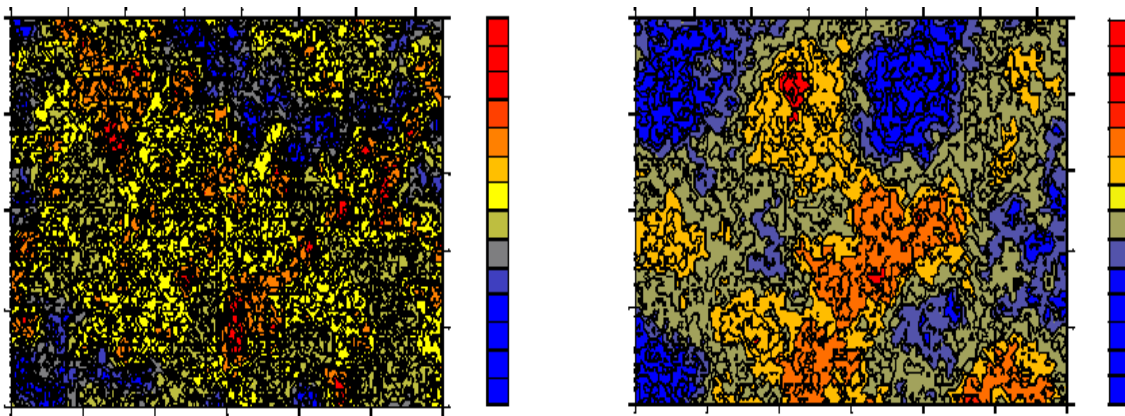


Σχήμα 1.2 Τα δεδομένα της κατηγορίας B

Ωστόσο, αυτά τα δύο σύνολα δεδομένων είναι σημαντικά διαφορετικά με τρόπους που δεν συλλαμβάνονται από τα κοινά περιγραφικά στατιστικά και ιστογράμματα. Όπως

φαίνεται από τη σύγκριση των περιγραμμάτων(βλέπε σχήματα 1.3 και 1.4), τα δεδομένα του **A** είναι σκληρότερα από τα δεδομένα του **B**. Σημειώστε ότι δεν μπορούμε να πούμε πως τα δεδομένα **A** είναι «πιο μεταβλητά» από το σύνολο των στοιχείων **B**, δεδομένου ότι οι τυπικές αποκλίσεις για τα δύο σύνολα δεδομένων είναι ίδιες, όπως είναι τα μεγέθη τους.

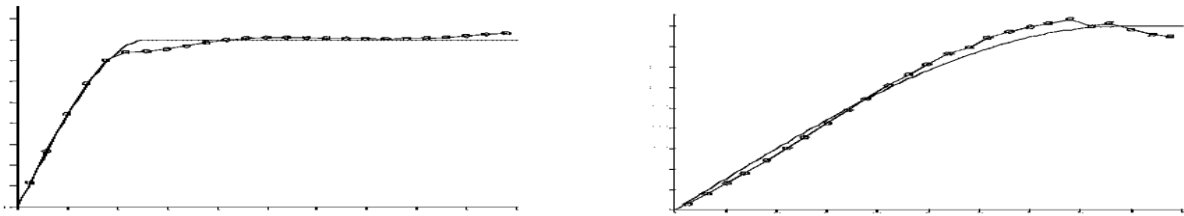
Η εμφανής οπτική διαφορά μεταξύ αυτών των δύο είναι η **ύψη** και όχι η μεταβλητότητα.



Ειδικότερα, τα δεδομένα του **A** αλλάζουν πιο γρήγορα στο χώρο απ ό,τι τα δεδομένα του **B**. Οι συνεχείς υψηλές ζώνες (*κόκκινα σημεία*) και οι συνεχείς χαμηλές ζώνες (*μπλε σημεία*) είναι κατά μέσο όρο μικρότερες για τα δεδομένα του **A** από ό,τι για τα δεδομένα του **B**. Τέτοιες διαφορές μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο σχεδιασμό του δείγματος, το χαρακτηρισμό χώρου και γενικά στην πρόβλεψή τους.

Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι η κοινή περιγραφική στατιστική και τα ιστογράμματα αδυνατούν να το αναγνωρίσουν, πόσο μάλλον να ποσοτικοποιήσουν την διαφορετική υφή μεταξύ αυτών των δύο δεδομένων. Η κοινή περιγραφική στατιστική και τα ιστογράμματα δεν ενσωματώνουν τις θέσεις των χωρικών δεδομένων μέσα στον υπολογισμό τους.

Το βαριόγραμμα είναι μια ποσοτική περιγραφική στατιστική, που μπορεί γραφικά να αναπαραστήσει με έναν τρόπο που χαρακτηρίζει τη χωρική συνέχεια (δηλαδή, τραχύτητα) ενός συνόλου δεδομένων. Τα βαριογράμματα για αυτά τα δύο σύνολα δεδομένων παρουσιάζονται στα σχήματα 1.5 και 1.6. Η διαφορά στην αρχική κλίση των βαριογραμμάτων για αυτά τα δύο σύνολα δεδομένων παρουσιάζεται στα σχήματα 1.5 και 1.6. Η διαφορά στην αρχική κλίση των καμπυλών είναι εμφανής.



4.2 Τι είναι το Βαριόγραμμα

Ο μαθηματικός ορισμός του βαριογράμματος είναι:

$$\gamma(\Delta x, \Delta y) = \frac{1}{2} \mathcal{E} \left[\left(Z(x + \Delta x, y + \Delta y) - Z(x, y) \right)^2 \right]$$

όπου $Z(x, y)$ είναι η τιμή της μεταβλητής ενδιαφέροντος στη θέση (x, y) , και $\mathcal{E}[\]$ ο προσδοκώμενος χειριστής. Σημειώστε ότι το βαριόγραμμα είναι μια λειτουργία του διαχωρισμού μεταξύ των $(\Delta x, \Delta y)$ και όχι σε συνάρτηση με την συγκεκριμένη θέση (x, y) . Αυτός ο μαθηματικός ορισμός είναι χρήσιμος, αλλά δεν είναι εύκολο να παρατηρούνται οι τιμές.

Εξετάστε ένα σύνολο n στοιχείων παρατήρησης: $\{(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_n, y_n, z_n)\}$, όπου (x_i, y_i) είναι η τοποθεσία της παρατήρησης i και Z_i η παρατηρούμενη τιμή. Υπάρχουν $n(n-1)/2$ μοναδικά ζεύγη των παρατηρήσεων. Για κάθε ένα από αυτά τα ζευγάρια μπορούμε να υπολογίσουμε το σχετικό φορέα διαχωρισμού:

$$(\Delta x_{i,j}, \Delta y_{i,j}) = (x_i - x_j, y_i - y_j) \quad (3.2)$$

Όταν θέλουμε να συμπεράνουμε το βαριόγραμμα για ένα συγκεκριμένο διάνυσμα διαχωρισμού $(\Delta x, \Delta y)$, θα χρησιμοποιήσουμε όλα τα ζεύγη δεδομένων, όπου το διάνυσμα θα είναι περίπου ίσο με το διάνυσμα διαχωρισμού.

$$(\Delta x_{i,j}, \Delta y_{i,j}) \approx (\Delta x, \Delta y) \quad (3.3)$$

Έστω το S είναι το σύνολο όλων αυτών των ζευγαριών.

$$S(\Delta x, \Delta y) = \{(i, j) \mid (\Delta x_{i,j}, \Delta y_{i,j}) \approx (\Delta x, \Delta y)\} \quad (3.4)$$

Επιπλέον, έστω $N(\Delta x, \Delta y)$ είναι ίσο με τον αριθμό των ζευγαριών στο $S(\Delta x, \Delta y)$. Για να συμπεράνουμε το βαριόγραμμα των δεδομένων που παρατηρήθηκαν, θα χρησιμοποιήσουμε έναν τύπο για το πειραματικό βαριόγραμμα:

$$\hat{\gamma}(\Delta x, \Delta y) = \frac{1}{2N(\Delta x, \Delta y)} \sum_{(i,j) \in S(\Delta x, \Delta y)} (z_i - z_j)^2 \quad (3.5)$$

Αυτό είναι το πειραματικό βαριόγραμμα, όπου για ένα συγκεκριμένο διάνυσμα διαχωρισμού που μας ενδιαφέρει υπολογίζεται από το μέσο όρο του μισού της διαφοράς

των τετραγώνων των z τιμών σε όλα τα ζεύγη των παρατηρήσεων χωριστά, από αυτό το διάγραμμα.

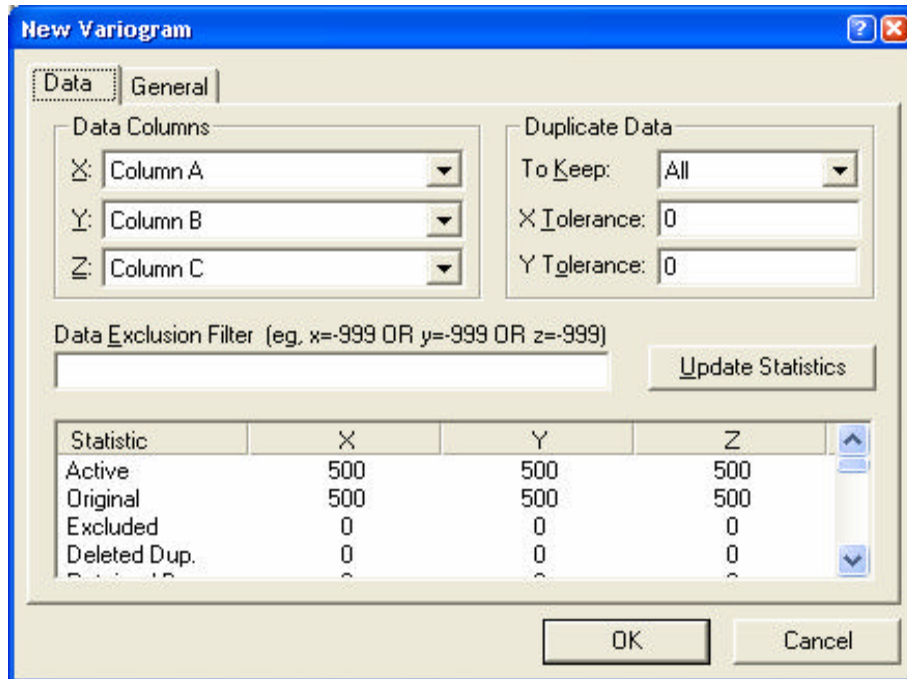
4.3 Πλέγμα Βαριογράμματος

Εάν υπάρχουν n παρατηρούμενα δεδομένα, τότε θα υπάρχουν και $n(n - 1)/2$ μοναδικά ζευγάρια παρατήρησης. Ακόμη κι ένα σύνολο δεδομένων μετρίου μεγέθους δημιουργεί ένα πολύ μεγάλο αριθμό ζευγαριών. Για παράδειγμα: αν $n = 500$, $n(n - 1) / 2 = 124.745$ ζεύγη.

Ο χειρισμός ενός τόσο μεγάλου αριθμού ζευγαριών μπορεί να καταναλώσει χρόνο ακόμη και σε έναν γρήγορο υπολογιστή. Το **Surfer** όμως προϋπολογίζει όλα τα ζευγάρια και βάζει όλες τις προαπαιτούμενες εντολές και διαφορές στο πλέγμα του βαριογράμματος.

(Σημείωση: ένα πλέγμα βαριογράμματος δεν είναι στην ίδια μορφή με το πλέγμα, που χρησιμοποιείται για την δημιουργία ενός χάρτη).

Για να δημιουργήσετε ένα νέο βαριόγραμμα, επιλέξτε **Grid|Variogram | New menu command Variogram**, καθορίστε το όνομα του αρχείου δεδομένων στο ανοιχτό παράθυρο διαλόγου και κάντε κλικ στο κουμπί **άνοιγμα**. Καθορίστε τις **X**, **Y**, και **Z** στήλες, τις ρυθμίσεις διπλοτύπων δεδομένων, τον αποκλεισμό φίλτρου (αν υπάρχει) και επανεξετάστε τα στατιστικά δεδομένα.

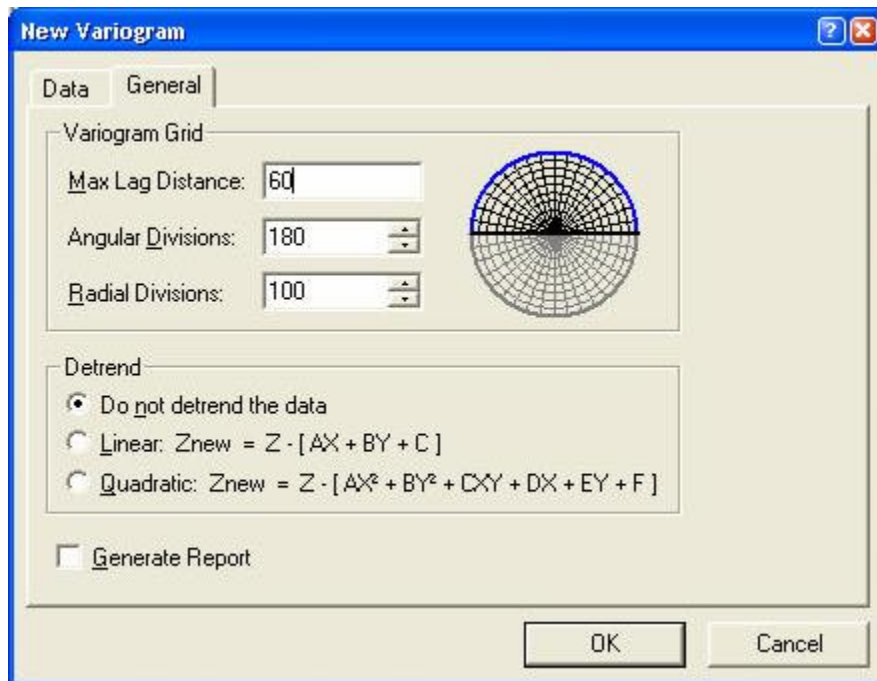


Σχήμα 4.1 Διάλεξε το **Grid | Variogram | NewVariogram** μενού, για να εμφανιστεί η καρτέλα του κουτιού διαλόγου **Data** του **Νέου βαριογράμματος**

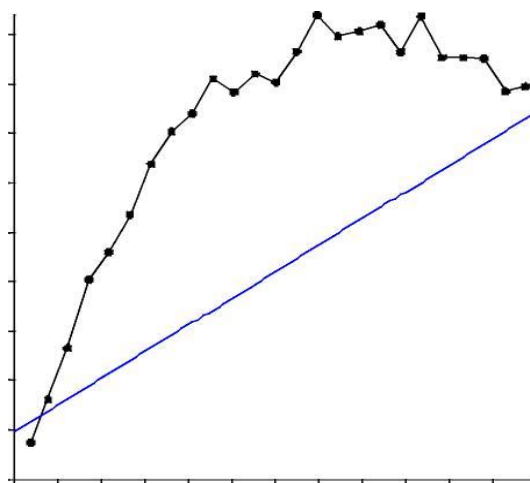
Κάνε κλικ στην καρτέλα **General**,για να δείτε το πλέγμα του βαριογράμματος και τις επιλογές **Detrending**. Η μέγιστη απόσταση στρώματος **MaxLagDistance** είναι η μέγιστη διαχωριστική απόσταση που υπολογίζεται κάνοντας το μοντέλο του βαριογράμματος. Από την προεπιλογή αυτό είναι περίπου το 1/3 της διαγώνιας προέκτασης του παρατηρούμενου δεδομένου του γωνιακού τμήματος **AngularDivisions** στην κλίμακα 180 και τα ακτινικά τμήματα **Radial divisions** στην κλίμακα των 100 είναι επαρκή σχεδόν για κάθε ρύθμιση.

Η **Detrend** επιλογή προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα για τον χειρισμό των δεδομένων του **kriging**. Τυπικά,η καταλληλότερη εντολή είναι να μην κάνουμε **detrend** τα δεδομένα. Ωστόσο,εάν ξέρετε κάποιο δυνατό trend που υπάρχει στα δεδομένα, θα πρέπει να εξετάσετε την γραμμική **Linear detrend**. Διαλέξτε την επιλογή **Generate report**,για να δημιουργήσετε μια λίστα από τις ρυθμίσεις

φιλτραρίσματος δεδομένων **filter data settings** και τα στατιστικά δεδομένα **Data statistics**.



Σχήμα 4.2 Κάντε κλικ στην καρτέλα **επιλογή** από το κουτί του διαλόγου του **νέου βαριογράμματος**, για να εμφανιστεί το πλέγμα του βαριογράμματος, η αναφορά και η *detrend* επιλογή.



Σχήμα 4.3 Τα αποτελέσματα του βαριογράμματος με προεπιλογή τις ρυθμίσεις αυτού χρησιμοποιώντας απλά δεδομένα σε μορφή *.xls*

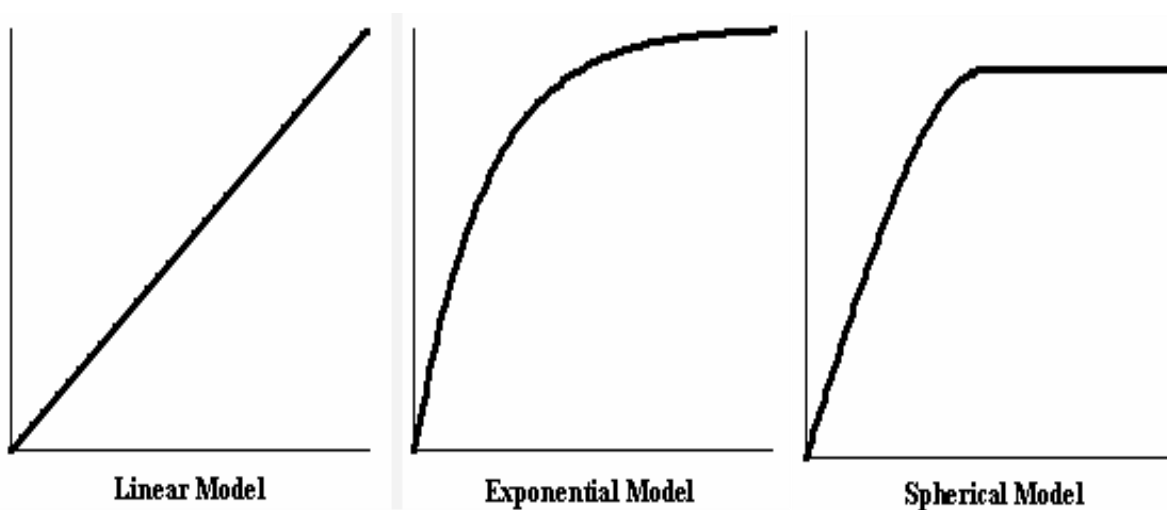
Χωρίς να αλλάξετε κάποιες από τις ρυθμίσεις, πατήστε **OK**. Θα εμφανιστεί το σχήμα 4.3. Η μαύρη γραμμή με τις τελείες είναι το κατευθυνόμενο πειραματικό βαριόγραμμα και η μπλε γραμμή είναι το πρώτο πέρασμα, *παρόλο* που είναι «φτωχή» σε ένα εξοπλισμένο βαριογραμμικό μοντέλο.

4.4 Μοντελοποίηση Βαριογράμματος

Από προεπιλογή, αυτό το πρώτο σημείο είναι το κατευθυνόμενο βαριόγραμμα (η κατευθυνόμενη ανοχή θα είναι 90 μοίρες). Διάλεξε τον τύπο μοντέλου **sill** και το **φαινόμενο κόκκου** βασισμένο πάνω στο κατευθυνόμενο βαριόγραμμα.

4.4.1 Επιλογή Μοντέλου Βαριογράμματος

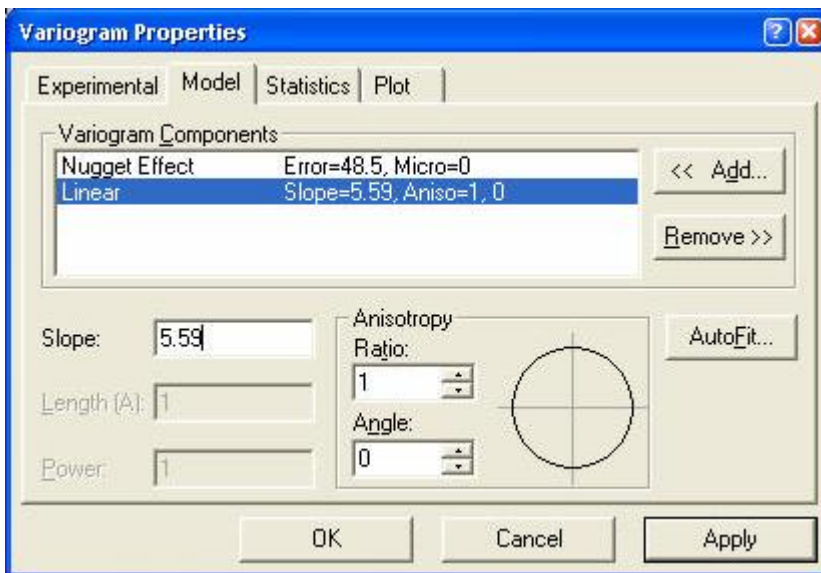
Υπάρχουν ενδεχομένως πολύ τύποι-μοντέλα βαριογράμματος. Το **Surfer** επιτρέπει την κατασκευή χιλιάδων τύπων βαριογράμματος, επιλέγοντας συνδυασμούς από δέκα διαθέσιμους κατασκευαστικούς τύπους. Όταν συνδυάζεται με το **φαινόμενο κόκκου**, ένα από τα τρία μοντέλα είναι επαρκή για τα περισσότερα δεδομένα. Αυτά είναι τα **γραμμικά**, τα **εκθετικά** και τα **σφαιρικά** μοντέλα. Παραδείγματα αυτών των τριών μοντέλων δίνονται παρακάτω, στο σχήμα 5.1:



Σχήμα 4.4 Το πρώτο είναι ένα γραμμικό μοντέλο, το δεύτερο είναι εκθετικό και το τρίτο είναι σφαιρικό

Εάν το πειραματικό βαριόγραμμα δεν ανεβαίνει προς τα πάνω, τότε το γραμμικό μοντέλο είναι το κυρίως κατάλληλο. Εάν το πειραματικό βαριόγραμμα πηγαίνει προς τα επάνω, άλλα ζορίζεται, για να πάει, τότε πρέπει να επανεξεταστεί. Εάν το πειραματικό βαριόγραμμα ξεκινάει ευθεία, στην συνέχεια κατεβαίνει απότομα και μετά το ξανανεβαίνει, τότε το σφαιρικό μοντέλο είναι ως πρώτη επιλογή το καλύτερο.

Για τα δεδομένα στο **ExampleDataSetC.xls** εμφανίζεται ένα σφαιρικό μοντέλο, κατάλληλο (θα μπορούσε να δοκιμαστεί κι ένα εκθετικό μοντέλο).κάντε διπλό κλικ στο βαριόγραμμα κι επιλέξτε την καρτέλα **model**.



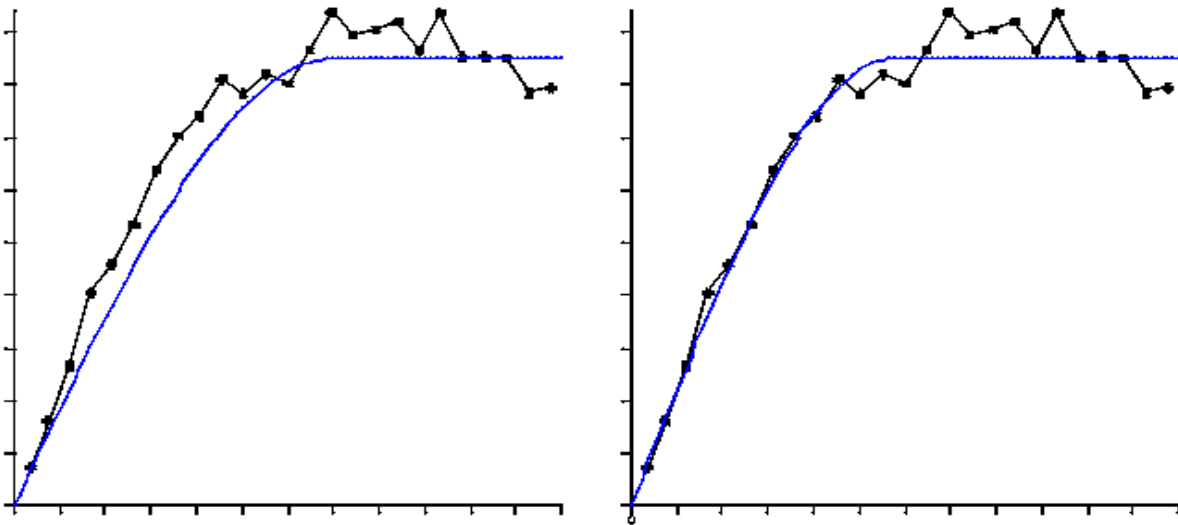
Σχήμα 4.5 Η καρτέλα του **μοντέλου** από τις ρυθμίσεις του βαριογράμματος

Πατήστε το κουμπί **Remove** δύο φορές, για να αφαιρέσετε το ακατάλληλο προγραμματισμένο (**default**)μοντέλο. Στην συνέχεια, πατήστε το κουμπί **Add**, διαλέξτε το σφαιρικό μοντέλο και πατήστε **OK**.

4.4.2 Επιλογή Κλίμακας και Εύρους Μοντέλου

Πρέπει τώρα να θέσουμε τις παραμέτρους της κλίμακας και του εύρους (A), χρησιμοποιώντας μια επαναληπτική προσέγγιση (π.χ. *έλεγε και τσέκαρε*). Η κλίμακα είναι το ύψος στον γ άξονα, κατά την οποία το βαριόγραμμα τελειώνει. Με ένα απλό κοίταγμα στο βαριόγραμμα, οι τιμές μεταξύ 400 και 450 δείχνουν λογικές: εισάγετε την τιμή 425. Το μήκος (A) για ένα σφαιρικό μοντέλο είναι η απόσταση του στρώματος, όπου το βαριόγραμμα τελειώνει. Πάλι, οι τιμές στο 30 και 40 στο βαριόγραμμα δείχνουν λογικές: εισάγετε την τιμή 35. Πατήστε το κουμπί **Apply** και το νέο βαριόγραμμα θα σχεδιαστεί.

Δεν είναι η πρώτη λάθος εικασία, αλλά μετά από την εξέταση της επανασχεδιασμένης καμπύλης φαίνεται ότι το μήκος(A) είναι λίγο πιο μεγάλο, αφού το μοντέλο (μπλε γραμμή) βρίσκεται στα δεξιά του πειραματικού βαριογράμματος (μαύρη γραμμή και οι κουκίδες). Επαναφέρετε το μήκος(A) στο 30 και πατήστε το κουμπί **Apply**. Όπως βλέπουμε, είναι ακόμη μεγάλο, γι' αυτό δοκιμάζουμε την τιμή 29 για το μήκος(A). Αυτή είναι μια καλά ταιριασμένη τιμή για το βαριόγραμμα.



Σχήμα 4.6 Βαριογραμμικό μοντέλο με τις αρχικές του παραδοχές.

Αριστερά: Η κλίμακα:425,Μήκος(A):35 Δεξιά: Η κλίμακα:425, Μήκος(A):29

4.4.3 Επιλογή Φαινόμενου Κόκκου (nuggeteffect)

Εάν το πειραματικό βαριόγραμμα εμφανίζεται να έχει τομές διάφορες του μηδενός στον κάθετο άξονα, τότε το μοντέλο μπορεί να χρειάζεται την κατηγορία του **φαινόμενο κόκκου**. Η διακύμανση της $\Delta(z)$ στην *κοντινή περιοχή στατιστικής Nearest Neighbor Statistics*, στον τομέα της βαριογραμμικής πλεγματικής αναφοράς μπορεί να προσφέρει ποσοτικά μια ανώτερη δέσμευση για το **φαινόμενο κόκκου**, που ισχύει για τις περισσότερες περιπτώσεις.

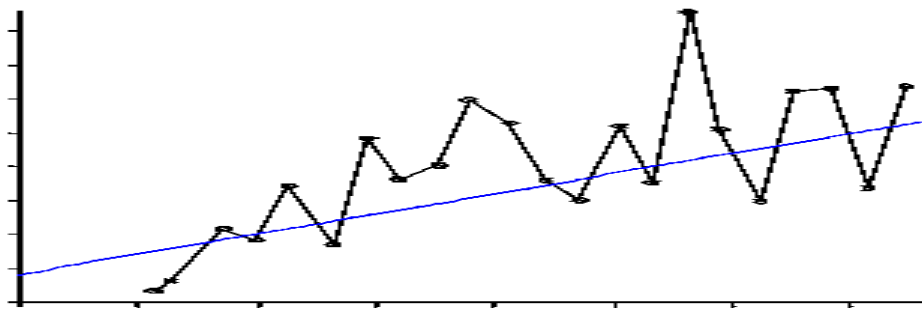
Στο **Surfer** το **φαινόμενο κόκκου** είναι χωρισμένο σε δύο υποκατηγορίες: την **διακύμανση του σφάλματος** και την **μικροδιακύμανση**. Και οι δύο αυτές κατηγορίες είναι θετικές και το άθροισμα αυτών των δύο πρέπει να είναι διάφορο του μηδενός.

Η **διακύμανση του σφάλματος** μετράει την αναγνωρισιμότητα των παρατηρήσεων. Αυτό περιλαμβάνει και τα **δειγματοληπτικά**, αλλά και τα **αναλυτικά**

σφάλματα. Η **διακύμανση του σφάλματος** είναι καλύτερα να επιλέγεται υπολογίζοντας τις διαφορές της διακύμανσης μεταξύ διπλών δειγμάτων.

Η **μικροδιακύμανση** είναι υποκατάστατο για το άγνωστο βαριόγραμμα σε αποστάσεις διαχωρισμού μικρότερες από ό,τι το τυπικό δείγμα απόστασης. Η **μικροδιακύμανση** είναι καλύτερα να επιλέγεται παίρνοντας την διάφορα μεταξύ της φαινομενικής διαφοράς του μηδενός του πειραματικού βαριογράμματος και της **διακύμανσης του σφάλματος**.

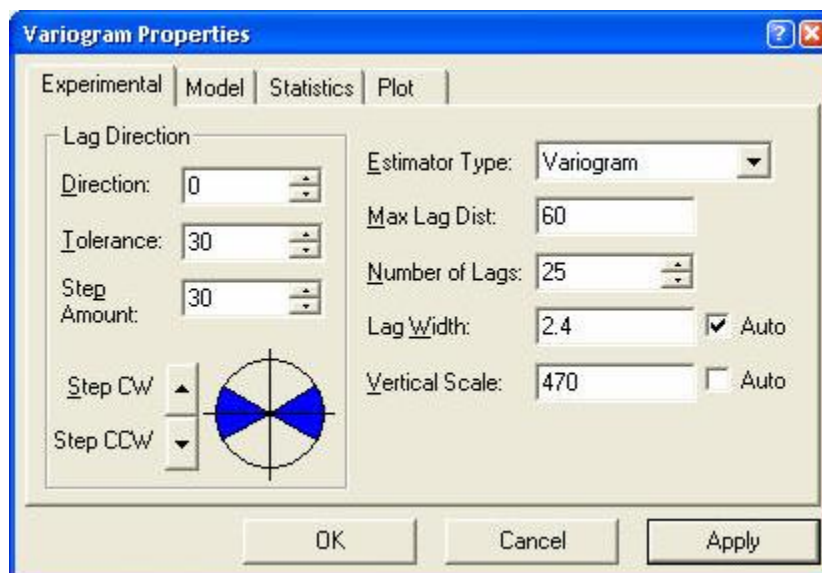
Το μοντέλο για το παράδειγμά μας φαίνεται να τέμνει τον κάθετο άξονα στο 0, οπότε δεν θα εφαρμοστεί το **φαινόμενο κόκκου**.



4.5 Μοντελοποίηση Ανισοτροπίας

Συχνά, το πειραματικό βαριόγραμμα δείχνει διαφορετικές κλίμακες μήκους σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Αυτό ονομάζεται **γεωμετρική ανισοτροπία**. Για ένα γραμμικό μοντέλο βαριογράμματος αυτό θα εμφανιστεί ως μια διαφορετική κλίση προς διαφορετικές κατευθύνσεις, ενώ ένα σφαιρικό μοντέλο εκδηλώνει την γεωμετρική ανισοτροπία ως διαφορετική παράμετρο του Μήκους (A) σε διαφορετικές κατευθύνσεις.

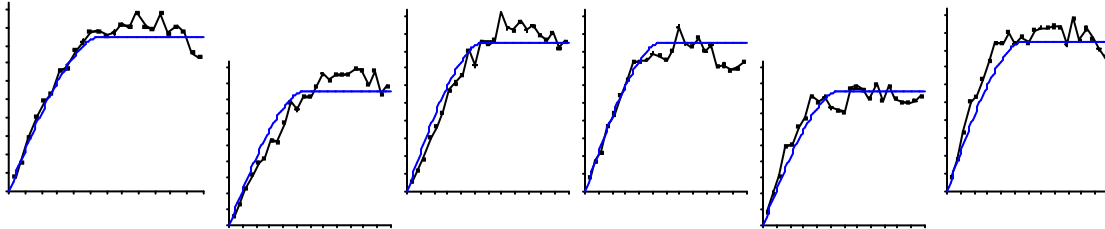
Για να ερευνήσετε την βαριογραμμική ανισοτροπία, επιλέξτε την καρτέλα **Variogram /Properties / Experimental**. Το κατευθυντικό πειραματικό βαριόγραμμα υπολογίζει την συμπεριφορά όλων των κατευθύνσεων. Για να κοιτάξετε σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις, αλλάξτε τις παραμέτρους της κατεύθυνσης **Direction** και της ανοχής **Tolerance** και ξεκινήστε ρυθμίζοντας την παράμετρο *Tolerance* στις 30 μοίρες. Προσέξτε πόσο μικρό είναι το κυκλικό διάγραμμα στην **lag direction**, μέρος του φύλλου που τώρα δείχνει τον μπλε τομέα με κέντρο του τις 0 μοίρες,(αριστερά του πίνακα)με *γωνιακή ανοχή angular tolerance* συν-πλην 30 μοίρες.



Σχήμα 4.8 Αλλάξτε την επιλογή **tolerance** στις 30 μοίρες στην καρτέλα **Experimental**, που βρίσκεται στις βαριογραμμικές ρυθμίσεις (**Variogram Properties**)

Σύρετε το πλαίσιο διαλόγου στο πλάι, για να κάνει το πεδίο βαριογράμματος ορατό. Για γρήγορη σάρωση όλων των κατευθύνσεων πατήστε το κουμπί **StepCCW**. Πατήστε το μια φορά και το πεδίο είναι τώρα εφαρμόζόμενο για μια κατεύθυνση της τάξεως των 30 μοιρών. Πατήστε το ξανά και έχετε επιλέξει 60 βαθμούς. Πατήστε το ξανά και ξανά και παρατηρήστε πώς το μικρό κυκλικό διάγραμμα σας βοηθά να παρακολουθείτε την τρέχουσα κατεύθυνση.

Σαρώστε όλες τις κατευθύνσεις μερικές φορές. Παρατηρήστε πώς η κλίμακα του κάθετου άξονα αλλάζει. Για να διορθώσετε την κάθετη κλίμακα του πεδίου, θέστε τον κατακόρυφο άξονα στο 515 και πατήστε το πλήκτρο **Apply**.



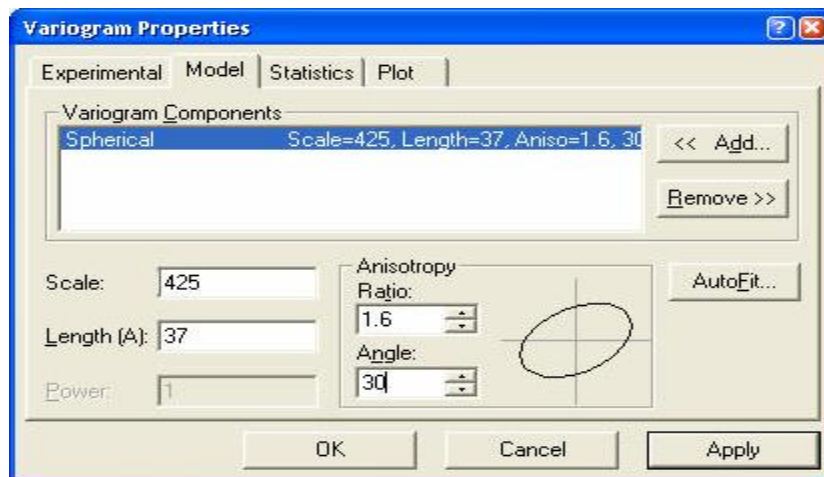
Σχήμα 4.9 Κατευθυνόμενα βαριογράμματα με την ανοχή (Tolerance) εφαρμοζόμενη στις 30 μοίρες. Από τα αριστερά προς τα δεξιά: Κατεύθυνση=0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°.

Αλλάξτε το **StepAmount** στους 15 βαθμούς και σαρώστε όλες τις κατευθύνσεις κάποιες φορές. Μπορείτε να κρατήσετε το **StepCCW** κουμπί κάτω παρατεταμένα, για να παράγει ένα συνεχόμενο σάρωμα. Φαίνεται ότι για τις κατευθύνσεις μεταξύ 90 και 180 μοιρών το πανκατευθυντικό μοντέλο είναι συνεχώς στα δεξιά του αυξανόμενου τμήματος του πειραματικού βαριογράμματος. Αντιθέτως, το πανκατευθυντικό μοντέλο είναι συνεχώς στα αριστερά του αυξανόμενου τμήματος του πειραματικού βαριογράμματος εφαρμοζόμενο για τις κατευθύνσεις μεταξύ 0 και 90 μοιρών. Αυτή είναι καθαρή περίπτωση της γεωμετρικής ανισοτροπίας.

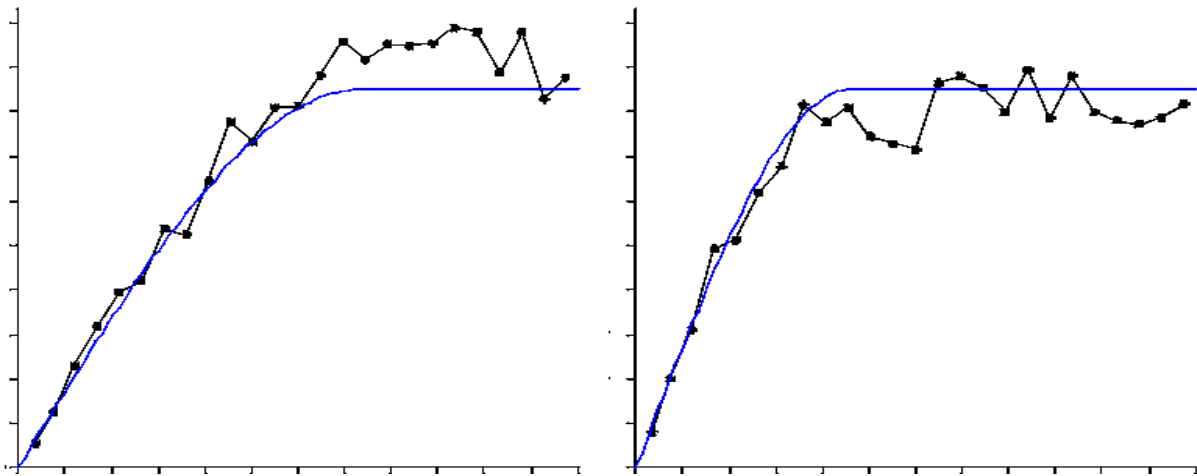
Πατώντας το κουμπί **StepCCW**, πηγαίνετε στην κατεύθυνση στην οποία το φαινομενικό μήκος και η κλίμακα του πειραματικού βαριογράμματος μεγιστοποιείται: ας πούμε, στις 30 μοίρες. Πηγαίνετε στην καρτέλα του μοντέλου και αλλάξτε την παράμετρο του μήκους (A), για να ταιριάζει καλύτερα στο κατευθυντικό βαριόγραμμα. Η τιμή του 40 είναι πολύ μεγάλη, το 30 είναι πολύ μικρό και το 37 φαίνεται να ταιριάζει αρκετά καλά.

Αλλάξτε τη γωνία ανισοτροπίας στις 30 μοίρες και πατήστε **Apply** (το πεδίο δεν θα πρέπει να αλλάξει σε αυτό το σημείο).

Κάντε κλικ στην καρτέλα **Experimental** και αλλάξτε την κατεύθυνση στις 120 μοίρες (αυτό είναι ορθογώνιο προς την κατεύθυνση του μέγιστου μήκους, $120=30+90$). Κάντε κλικ στην καρτέλα του μοντέλου. Αλλάξτε μόνο την αναλογία ανισοτροπίας, για να ταιριάξει το βαριογραμμικό μοντέλο στο παροντικό κατευθυντικό πειραματικό βαριόγραμμα. (Όπως μπορείτε να αλλάξετε τη ρύθμιση, πατήστε το κουμπί **Apply**, για να δείτε το ενημερωμένο πεδίο.) Η αναλογική τιμή του 1,6 φαίνεται να είναι καλά ταιριασμένη.



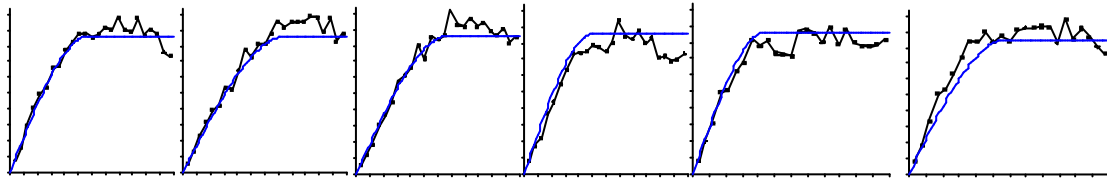
Σχήμα 4.10 Αλλάξτε τις ρυθμίσεις του βαριογραμμικού μοντέλο, για να προσθέσετε την ανισοτροπία.



Σχήμα 4.11 Κατευθυνόμενα βαριογράμματα με τις ρυθμίσεις ανισotropίας
 Αριστερά: Κατεύθυνση=30°, Δεξιά: Κατεύθυνση=120° τιμή ανισotropίας= 1,6 Γωνία=30.°

Για να πάρετε μια τελική οπτική επαλήθευση του μοντέλου σας, κάντε κλικ στην καρτέλα **Experimental** και κάντε κλικ και κρατήστε πατημένο το κουμπί **StepCCW**. Παρατηρήστε πώς το μοντέλο βαριογράμματος μιμείται την αλλαγή του σχήματος του πειραματικού βαριογράμματος. Μπορείτε να ρυθμίσετε τις παραμέτρους του μοντέλου, ώστε να ταιριάζει καλύτερα το μοντέλο για το πειραματικό βαριόγραμμα, αλλά μην το υπέρ-μοντελοποιήσετε: ένα ή δύο σημαντικά ψηφία είναι όλα αυτά που μπορούμε να ελπίζουμε.

Κάντε κλικ στο κουμπί **AutoFit**, για να βελτιώσετε το μοντέλο μετά την επιλογή των κατάλληλων αρχικών παραμέτρων. Κάντε κλικ στο **OK**, για να αποδεχτείτε τις προεπιλογές, και το **AutoFit** επιστρέφει στην αναλογία της ανισotropίας του 1,75 και Γωνία 38,49°.



Σχήμα 4.12 Κατευθυντικά πεδία βαριογράμματος με αναλογία ανισοτροπίας=1,75 και γωνία=38,49°. Από αριστερά προς δεξιά: Κατεύθυνση=0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°.

4.6 Εμπειρικοί Κανόνες

Γνωρίστε τα δεδομένα σας! Πριν υπολογίσετε το πειραματικό βαριόγραμμα, υπολογίστε κανονικά τις μη χωρικές στατιστικές. Χρησιμοποιήστε την αναφορά του βαριογράμματος, για να εμφανίσετε τα ελάχιστα δεδομένα, τα μέγιστα, τα μεσαία, την μέση τιμή, την τυπική απόκλιση, την διακύμανση και την ασυμμετρία. Δημιουργήστε ένα **postmap** χάρτη ή έναν **classedpostmap**(χάρτη θέσης) στο **Surfer**, για να εμφανιστεί ένα πεδίο διασποράς. Χρησιμοποιήστε το **Grapher**, για να δημιουργήσετε ιστογράμματα και αθροιστικά πεδία συχνότητας.

Να μην κάνετε ένα μοντέλο πολύπλοκο. Το πιο απλό μοντέλο που αναπαράγει τα σημαντικά χαρακτηριστικά του πειραματικού βαριογράμματος είναι το καλύτερο μοντέλο.

Σε περίπτωση αμφιβολίας, χρησιμοποιήστε το μοντέλο προεπιλογής του βαριογράμματος για πλεγματοποίηση. Ένα απλό γραμμικό μοντέλο βαριογράμματος δημιουργεί συνήθως ένα αποδεκτό πλέγμα. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την αρχική ανάλυση των δεδομένων. Να θυμάστε, ωστόσο, ότι η **Kriging** τυπική απόκλιση πλέγματος που δημιουργείται χρησιμοποιώντας το προεπιλεγμένο βαριόγραμμα είναι χωρίς νόημα.

Αν δεν υπάρχει σαφής και ξεκάθαρη φυσική αιτιολογία, μην χρησιμοποιήσετε μια ανισοτροπία αναλογίας μεγαλύτερη από 3 προς 1. Εάν η πειραματική προεπιλογή εμφανίζεται να υποστηρίζει μια ανισοτροπία της τάξεως μεγαλύτερης από 3 προς 1 και δεν υπάρχει ξεκάθαρη η φυσική δικαιολογία για μια τέτοια σοβαρή ανισοτροπία, μπορεί

να υπάρξει μια τάση στα δεδομένα. Εξετάστε τα **detrending** δεδομένα πριν από τη διενέργεια ανάλυσης του βαριογράμματός σας.

Δοκιμάστε το μοντέλο και δείτε πώς δείχνουν τα αποτελέσματα σε έναν χάρτη περιγράμματος. Εάν έχετε υποψήφια ανταγωνιστικά βαριογραμμικά μοντέλα, δημιουργήστε έναν χάρτη περιγράμματος κι ένα πλέγμα χωριστά. Εάν δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές, επιλέξτε το πιο απλό μοντέλο.

Το εύρος του βαριογράμματος είναι συχνά κοντά στο μέσο μέγεθος των φυσικών ανωμαλιών στη χωρική διακύμανση των τιμών **Z**. Σε περίπτωση απουσίας ενός αξιόπιστου πειραματικού βαριογράμματος, **ο κανόνας του thumb** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραδοχή ενός εύρους βαριογραμμάτων.

Ένα πειραματικό βαριόγραμμα που κυμαίνεται γύρω από μια σταθερή τιμή δεν είναι λάθος βαριόγραμμα. Είναι μια ένδειξη ότι οι τιμές **Z** είναι ασυσχέτιστες στην κλίμακα της τυπικής απόστασης του δείγματος. Σε μια τέτοια περίπτωση, ένας χάρτης περιγράμματος, ανεξάρτητα από τη μέθοδο πλεγματοποίησης που χρησιμοποιείται, είναι ένας αναξιόπιστος τρόπος αναπαράστασης των δεδομένων και χρειάζονται περισσότερα δεδομένα δείγματος σε στενότερη απόσταση για τον λεπτομερή τοπικό χαρακτηρισμό.

Εάν οι ακόλουθες τρεις προϋποθέσεις ισχύσουν, τότε η διακύμανση του δείγματος θα είναι μια λογική προσέγγιση για το βαριόγραμμα:

1. Τα δεδομένα να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη την περιοχή ενδιαφέροντος, όπως εμφανίζονται σε έναν `postmap`.
2. Δεν υπάρχει σημαντική τάση στα δεδομένα σε όλη την περιοχή ενδιαφέροντος.
3. Η διάσταση του χώρου που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι περισσότερο από τρεις φορές του αποτελεσματικού εύρους του βαριογράμματος.

5. Συχνές Ερωτήσεις

Ερώτηση: Τι είναι ένα βαριόγραμμα;

Απάντηση: Ένα βαριόγραμμα είναι μια βάση στατιστικής, που περιγράφει ποσοτικά την βαρύτητα μιας επιφάνειας. Ένα βαριόγραμμα είναι μια λειτουργία του φορέα διαχωρισμού: αυτό περιλαμβάνει τόσο την απόσταση, όσο και την κατεύθυνση, ή αλλιώς τον x και τον y . Η λειτουργία του βαριογράμματος αποδίδει την διάφορα του μέσου όρου μεταξύ των σημείων που χωρίζονται από τον καθορισμένο φορέα (η διαφορετικότητα μετριέται με το τετράγωνο της διαφοράς των τιμών).

Ερώτηση: Ποια η διάφορα ενός βαριογράμματος κι ενός ημιβαριογράμματος;

Απάντηση: Η διάφορα απλά είναι ένας συντελεστής του 2. Το βαριόγραμμα αρχικά είχε οριστεί ως

$$2\gamma(\Delta x, \Delta y) = \mathcal{E} \left[\{Z(x + \Delta x, y + \Delta y) - Z(x, y)\}^2 \right]$$

όπου 2γ είχε δοθεί το όνομα **βαριόγραμμα**. Η λειτουργία του πραγματικού ενδιαφέροντος ήταν το γ , όπου του δόθηκε το όνομα **ημιβαριόγραμμα**, και αυτό γιατί είναι το μισό γ του βαριογράμματος. Από τότε η λειτουργία γ χρησιμοποιούταν στο **kriging**, το πρόθεμα «ημί» αποκόπηκε και η λειτουργία ονομάστηκε βαριόγραμμα, ενώ το ημιβαριόγραμμα απέμεινε μόνο στην γεωστατιστική λογοτεχνία.

Ερώτηση: Ποιες είναι οι μονάδες του πεδίου του βαριογράμματος:

Απάντηση: Έστω (X, Y) αναπαριστά τη θέση της μιας παρατήρησης, και ας υποθέσουμε ότι το Z αναπαριστά την σχετική παρατηρούμενη τιμή. Η τετμημένη του άξονα απόστασης στρώματος **lag distance axis** έχει τις ίδιες μονάδες με αυτές του X και του Y . Η τεταγμένη του άξονα του βαριογράμματος **Variogram axis** έχει τις μονάδες που ισούνται με τις μονάδες Z στο τετράγωνο (όπως και η διακύμανση της Z). Για παράδειγμα, υποθέτουμε ότι το X αναπαριστά την ανατολική απόσταση από ένα σημείο αναφοράς και μετράται σε [m], το Y την απόσταση βόρεια του σημείου αναφοράς και μετράται εξίσου σε [m] και το Z την ένταση της βροχής και μετράται σε [cm / hr]. Η τετμημένη στη συνέχεια έχει μονάδες [m] και η τεταγμένη έχει μονάδες [(cm/hr) ²].

Ερώτηση: Γιατί δεν μπορώ να προσδιορίσω το sill στις παραμέτρους του βαριογράμματος; Πώς είναι η κλίμακα που σχετίζεται με το sill;

Απάντηση: Το **sill** είναι η τιμή της τεταγμένης κατά της οποίας τα επίπεδα του βαριογράμματος είναι κλειστά. Ένα μοντέλο του βαριογράμματος μπορεί να αποτελείται από πολλά στοιχεία (π.χ. ένα σφαιρικό στοιχείο και ένα **φαινομενο κοκκου**). Ενώ επιμέρους στοιχεία μπορεί να ειπωθεί ότι έχουν ένα **sill**, η χρήση αυτή συχνά οδηγεί σε σύγχυση μεταξύ του **sill** του συνολικού μοντέλου και των διαφόρων **sills** των επιμέρους στοιχείων. Μια άλλη πηγή σύγχυσης είναι τα ορισμένα στοιχεία και τα μοντέλα τους, συμπεριλαμβανομένων αυτών των κατασκευαστικών στοιχείων που **δεν έχουν ένα sill** (π.χ. το γραμμικό μοντέλο).

Για να μειωθεί η σύγχυση, το **sill** ως λέξη χρησιμοποιείται, για να περιγράψει τη στασιμότητα του συνόλου του μοντέλου και όχι των επιμέρους στοιχείων. Όταν συζητάμε για την στασιμότητα του ενός μεμονωμένου στοιχείου, χρησιμοποιούμε τον όρο **κλίμακα**.

Ερώτηση:Τι κάνει η κατεύθυνση του βαριόγραμματος;Γιατί το βαριόγραμμα αλλάζει,όταν αλλάζω την κατεύθυνση;

Απάντηση: Αυτή η συμπεριφορά ονομάζεται **ανισοτροπία**. Το βαριόγραμμα μετρά την ανομοιοότητα ως συνάρτηση της απόστασης διαχωρισμού και της κατεύθυνσης. Σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα είναι δυνατό για τη μεταβλητή που παρουσιάζει ενδιαφέρον να αλλάξει πιο γρήγορα προς μία κατεύθυνση από ό,τι σε μια άλλη. Για παράδειγμα, η κατανομή του μεγέθους κόκκων αλλάζει πιο γρήγορα με διεύθυνση κάθετη προς την ακτή από ό,τι οριζόντια της ακτογραμμής. Ομοίως, σε ένα ξηρό κλίμα η επικράτηση ορισμένων ειδών φυτών αλλάζουν πιο γρήγορα από ένα που κινείται σε διεύθυνση κάθετη προς ένα ποτάμι απ' ό,τι από ένα που κινείται κατά μήκος του ποταμού. Δηλαδή, διαφορετική συμπεριφορά για διαφορετικές κατευθύνσεις. Η παράμετρος της κατεύθυνσης σας επιτρέπει να ερευνήσετε το βαριόγραμμα σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Έτσι, μπορείτε να αναγνωρίσετε και την ποσοτικοποίηση της ανισοτροπίας.

Ερώτηση: Χρησιμοποιούνται οι διάφορες κατευθύνσεις του βαριογράμματος, όταν γίνεται πλεγματοποίηση με το Surfer;

Απάντηση: Ναι. Η ανισοτροπία του βαριογράμματος είναι ξεκάθαρη κατά τον καθορισμό του βαριογράμματος, όταν γίνεται πλεγματοποίηση με τον **kriging** αλγόριθμο.

Ερώτηση: Έχει το Surfer πανκατευθυντικό πλεγματοποίηση αλγόριθμο, έτσι ώστε να μπορεί να αλλάξει κάτι περισσότερο από απλά την ανισοτροπία (διαφορετικά sills σε διαφορετικές κατευθύνσεις);

Απάντηση: Το μοντέλο βαριογράμματος περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες, για να περιγράψει τη συμπεριφορά του βαριογράμματος προς όλες τις κατευθύνσεις. Το σφαιρικό μοντέλο, για παράδειγμα, είναι μια χοάνη όπως η επιφάνεια. Το πεδίο του βαριογράμματος σχεδιάζεται σε μια ενιαία γραμμή, για να αναπαραστήσει το μοντέλο του βαριογράμματος, είναι μια κάθετη φέτα μέσα από το βαριογραμμικό μοντέλο.

Ο δείκτης ανισοτροπίας και η γωνία περιγράφουν τον δείκτη του μήκους(A) σε διαφορετικές κατευθύνσεις (γεωμετρική ανισοτροπία). Μερικές φορές το φαινομενικό πειραματικό sill του βαριογράμματος διαφέρει σε διαφορετικές κατευθύνσεις (διζωνική ανισοτροπία). Για παράδειγμα, ένα πειραματικό βαριόγραμμα φαίνεται να περιγράφεται επαρκώς με ένα σφαιρικό μοντέλο με Μήκος (A) 100 μέτρα. Όταν τα επίπεδα(sill) κλείνουν στο 2,0 στην δυτικοανατολική κατεύθυνση, η γωνία είναι 0 μοίρες ενώ, όταν τα επίπεδα κλείνουν στο 3,0 στην Βόρεια και Νότια κατεύθυνση, η γωνία είναι 90 μοίρες. Το **Surfer** μπορεί να αναπαραγάγει μια τέτοια συμπεριφορά χρησιμοποιώντας ένα ένθετο μοντέλο. Κάντε το πρώτο στοιχείο ένα ιστροπικό σφαιρικό μοντέλο με μήκος 100 και με κλίμακα το 2. Κάντε το δεύτερο στοιχείο να είναι ένα ανισότροπο μοντέλο με μήκος 100,

αναλογία 0:001, κατεύθυνση 90 και κλίμακα από το 1. Προσθέτοντας τα δύο στοιχεία σε ένα ενωτικό μοντέλο με ένα sill του 2 στην δυτικοαναλυτική κατεύθυνση και ένα sill από 3 στη Βόρεια και Νότια κατεύθυνση.

Ερώτηση: Γιατί κάποια κελιά είναι λευκά(κενά), όταν εξάγονται τα βαριογραμμικά δεδομένα;

Απάντηση: Ένα κελί είναι κενό (λευκό), όταν δεν υπάρχουν ζευγάρια δεδομένων, χωρίζοντας την επιβραδυντική κατεύθυνση διαστήματος και την γωνιακή ανοχή, που αναπαρίστανται από το κελί.

Ερώτηση: Πώς μπορώ να εκτελέσω kriging διασταυρωμένης επικύρωσης, jackknifing(αφήνοντας έξω ένα μοντέλο)και ανάλογα πράγματα;

Απάντηση: Η **Grid|Data** εντολή στο **Surfer** προσφέρει μια εκτενή σειρά διασταυρωμένης επικύρωσης (**CrossValidationReport**) εργαλείων. Ο Σταυρός έκθεσης επικύρωσης (χρησιμοποιώντας την μέθοδο **Kriging** πλεγματοποίησης) προσφέρει πολλά ποσοτικά μέτρα, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ένα καλό δείγμα στατιστικής για ένα βαριόγραμμα. Προτείνουμε τρία συγκεκριμένα στατιστικά στοιχεία ως τα πιο χρήσιμα: τη **διάμεση απόλυτη τιμή**, που είναι η απόκλιση του **crossvalidation**, την **τυπική απόκλιση** του **crossvalidation** και τη **συσχέτιση κατάταξης** μεταξύ των μετρήσεων και των εκτιμήσεων.

Ερώτηση: Πώς μπορώ να δημιουργήσω ένα πεδίο 3D επιφανειακού βαριογράμματος;

Απάντηση: Αυτή η επιλογή δεν είναι διαθέσιμη στο **Surfer**.

Ερώτηση: Το **Surfer** μπορεί να υπολογίσει την S^2 (την διακύμανση των δεδομένων) και πώς θα βρούμε αυτή την τιμή στα αποτελέσματα του προγράμματος;

Απάντηση: Το **Surfer** χρησιμοποιεί τον τύπο στην Βοήθεια και το Εγχειρίδιο για τον υπολογισμό της διακύμανσης του δείγματος στο πειραματικό βαριόγραμμα. Η τιμή αυτή αναφέρεται στην καρτέλα **Statistics**, στο παράθυρο διαλόγου των βαριογραμμάτων.

Ερώτηση: Γιατί δεν αλλάζει το πλέγμα, όταν χρησιμοποιείται ένα γραμμικό βαριόγραμμα με διαφορετικές τιμές κλίσης;

Απάντηση: Αυτό συμβαίνει, όταν δεν υπάρχει το **φαινόμενο κόκκου**. Αλλάζοντας την κλίση ενός γραμμικού βαριογράμματος, είναι ισοδύναμο με την αλλαγή μόνο της κλίμακας των παρατηρούμενων θέσεων. Έτσι, η αναλογία των τιμών του βαριογράμματος μεταξύ δύο οποιωνδήποτε ζευγαριών-σημείων παραμένει αμετάβλητη με την αλλαγή της κλίσης. Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ωστόσο, ότι η διακύμανση Kriging είναι ευαίσθητη στην κλίση, ακόμη και εάν τα βάρη παρεμβολής και η αξία παρεμβολής δεν είναι.

Ερώτηση: Πώς μπορώ να βρω πληροφορίες για την απόσταση μεταξύ των σημείων δεδομένων;

Απάντηση: Βάλτε σε ένα πεδίο τα δεδομένα σας ως ένα χάρτη (PostMap) (δείτε το μενού **Map|PostMap|NewPostMap**). Οι αναφορές του **Surfer** είναι κάποιες χρήσιμες ποσοτικά στατιστικές στην βαριογραμμική αναφορά και στο κάτω μέρος

του πίνακα από την καρτέλα **Statistics** του παραθύρου διαλόγου του βαριογράμματος. Για παράδειγμα, στην πλησιέστερη περιοχή **NearestNeighbor (NN)** οι τιμές για **ExampleDataSetC.xls** είναι:

Μέσος όρος απόστασης από την πλησιέστερη περιοχή: 2,90403

Ελάχιστη απόσταση από την πλησιέστερη περιοχή: 1

Μέγιστη απόσταση από την πλησιέστερη περιοχή: 9,48683

Gamma για την πλησιέστερη περιοχή: 64.735

Επιπλέον, το μενού **Grid|Data** με τη μέθοδο πλεγματοποίησης των **μετρήσεων δεδομένων** προσφέρει μια εκτενή σειρά από εργαλεία για τον χαρακτηρισμό της γεωμετρίας των δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει μια καταμετρημένη περιοχή, τα δεδομένα της πυκνότητας, την απόσταση από την πλησιέστερη περιοχή και άλλα.

Ερώτηση: Όταν χρησιμοποιείτε ένα εκθετικό μοντέλο βαριογράμματος, για να κάνετε Kriging, είναι το μήκος των παραμέτρων εισόδου (A) το μήκος συσχέτισης; (δηλαδή το μήκος κατά την οποία η αξία του βαριογράμματος φθάνει το 63 τοις εκατό από το sill) ή πρακτική τιμών (δηλαδή το μήκος στο οποίο η αξία του βαριογράμματος φθάνει το 95 τοις εκατό του sill);

Απάντηση: Διάφορα γεωστατιστικά πακέτα λογισμικού χρησιμοποιούν διάφορους ορισμούς για την παράμετρο μήκους ενός εκθετικού μοντέλου. Το **Surfer** καθορίζει το μήκος(A) παραμέτρων, όπως το μήκος συσχέτισης. Σχηματικά, το μήκος συσχέτισης αντιστοιχεί στην απόσταση υστέρησης, κατά την οποία η εφαιπτομένη της καμπύλης στην απόσταση υστέρησης στο μηδέν τέμνει το sill του εκθετικού μοντέλου. Το εκθετικό μοντέλο επιτυγχάνει περίπου 63 τοις εκατό του sill στην απόσταση υστέρησης (A). Σε απόσταση υστέρησης 3^A το εκθετικό μοντέλο φθάνει περίπου το 95 τοις εκατό του sill.

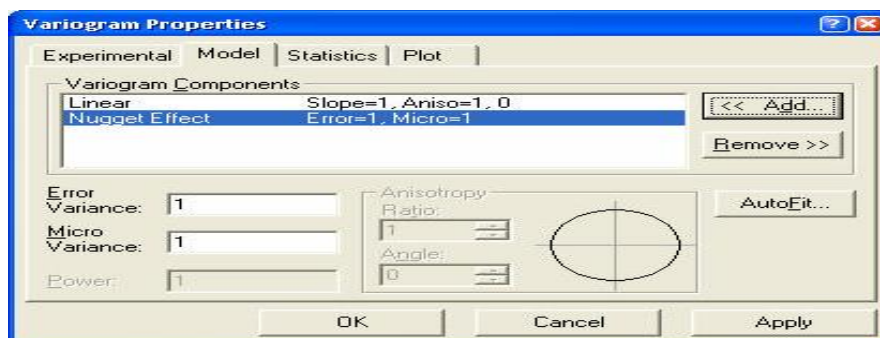
Ερώτηση: Κατά την εφαρμογή του μοντέλου Gaussian, φαίνεται να παίρνω μια αναντιστοιχία μεταξύ αυτού που βλέπω στο πεδίο του βαριογράμματος και του μήκους που αναφέρθηκε από το λογισμικό μετά από το AutoFit που έχει τελειώσει. Το μήκος κατά το οποίο το sill έχει φτάσει φαίνεται να είναι πολύ μεγαλύτερο από την αξία που αναφέρθηκε κάτω από την καρτέλα του μοντέλου, όταν το AutoFit έχει τελειώσει.

Απάντηση: Όπως και με το εκθετικό μοντέλο, διαφορετικά γεωστατιστικά πακέτα λογισμικού χρησιμοποιούν διάφορους ορισμούς για το μήκος(A), που είναι παράμετρος ενός μοντέλου **Gaussian**. Το **Surfer** καθορίζει το μήκος(A) ως παράμετρο του μήκους συσχέτισης. Σχηματικά, το μήκος συσχέτισης αντιστοιχεί στην απόσταση υστέρησης του σημείου καμπής της καμπύλης. Το μοντέλο **Gaussian** επιτυγχάνει περίπου το 63 τοις εκατό του sill σε απόσταση υστέρησης (A). Σε απόσταση υστέρησης 3A το μοντέλο Gaussian φτάνει περίπου το 99,99 τοις εκατό του sill.

Ερώτηση: Υπάρχει μια λειτουργία στη διαδικασία του βαριογράμματος στο νέο Surfer που μπορεί πραγματικά να μου πε ιτην ακριβή ακτίνα, το nugget και το sill;

Απάντηση: Για να δείτε το nugget, την ακτίνα και το sill, επιλέξτε την εντολή στο μενού **Grid | Variogram | New Variogram**. Καθορίστε το αρχείο δεδομένων, κάντε κλικ στο κουμπί **Άνοιγμα (Open)** και κλικ στο **OK**, για να χρησιμοποιήσετε τις προεπιλογές. Κάντε διπλό κλικ στο γράφημα του βαριογράμματος και κλικ

στην καρτέλα **Variogram Properties | Model**, για να δείτε το σφάλμα *Nugget*, την **μικροδιακύμανση** και τις παραμέτρους του προεπιλεγμένου γραμμικού μοντέλου **Κλίσης (Slope)** και ανισοτροπίας.



Σχήμα 8.1 Προβολή των βαριογραμμικών ιδιοτήτων της Κλίσης (*Slope*), του *nugget effect* και της ανισοτροπίας

Ερώτηση: Έχω προσπαθήσει να τοποθετήσω ένα σφαιρικό βαριόγραμμα χρησιμοποιώντας το **AutoFit** και όλες τις βασικές ρυθμίσεις. Η τοποθέτησή του είναι φτωχή. Μπορείτε να μου εξηγήσετε πώς το **Surfer** κάνει την τοποθέτηση; Πώς μπορώ να κάνω την κατάλληλη τοποθέτηση, χρησιμοποιώντας λειτουργία του σφαιρικού μοντέλου;

Απάντηση: Η λειτουργία απαιτεί λογικές αρχικές παραμέτρους, για να καταλήξουμε σε μια καλή τακτοποίηση. Εξετάστε το πεδίο του πειραματικού βαριογράμματος, την εκτίμηση του *Μήκους (A)* και την κλίμακα οπτικά. Αν είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η κλίμακα από το σύνολο των δεδομένων σας, χρησιμοποιήστε την διακύμανση Z , που αναφέρεται στην βαριογραμμική αναφορά και στην καρτέλα **Statistics** του παραθύρου διαλόγου **Variogram Properties**

Ερώτηση: Πώς μπορώ να βρω μια λίστα με τις μέσες αποστάσεις χωρισμού;

Απάντηση: Εξαγάγετε το βαριόγραμμα σε ένα αρχείο δεδομένων. Αυτό το αρχείο περιλαμβάνει τη μέση χρονική υστέρηση, το μισό του μέσου όρου της διακύμανσης και τον αριθμό των ζευγαριών στο εύρος.

Ερώτηση: Είναι δυνατόν να δημιουργήσετε ένα αρχείο πλέγματος από δύο διαφορετικές περιοχές, στις οποίες εφαρμόζονται διαφορετικά μοντέλα βαριογράμματος ;

Οι περιοχές που έχουν χωρικά διαφορετικές μορφολογίες;

Απάντηση: Εάν οι περιοχές ορίζονται από ορθογώνια, μπορείτε να είστε σε θέση να πλεγματοποιήσετε κάθε περιοχή με ένα ξεχωριστό μοντέλο. Μετατρέψτε το πλέγμα σε **XYZ** αρχείο δεδομένων, συγχωνεύστε τα αρχεία δεδομένων στο φύλλο εργασίας και ξαναπλεγματοποιήστε χρησιμοποιώντας την πλησιέστερη γειτονική μέθοδο, για να αποτραπεί περεταίρω παρεμβολή.

Ερώτηση: Πώς είναι η μετατόπιση που χρησιμοποιείται μέσα στον kriging αλγόριθμο; Θα έπρεπε η μοντελοποίηση να γίνει μετατρέποντας τα δεδομένα (δεδομένα της μειωμένης μετατόπισης) ή σε μη μετατρέπομενα δεδομένα; Το Kriging με την προηγούμενη αφαίρεση της τάσης είναι διαφορετικό από το Ολικό Kriging;

Απάντηση: Σας συνιστούμε, για να υπολογίσετε το μοντέλο βαριογράμματος του **detrend** δεδομένου πριν από την εφαρμογή της μετατόπισης και κατά τη διάρκεια του **Kriging**, πηγαίνετε στο βιβλίο του Κιτανίδη, 1997, σ.143, τμήμα 6.12

Ερώτηση: Δεν έχω βρει καμία διαδικασία στο Surfer που να μπορεί να με βοηθήσει, για να πει πόσο καλά είναι τα θεωρητικά μοντέλα βαριογράμματος που έχουν τοποθετηθεί στα πειραματικά δεδομένα του βαριογράμματός μου. Καταλαβαίνω ότι μπορώ να χρησιμοποιήσω AutoFit (αυτόματη προσαρμογή), αλλά θα ήθελα έναν ποσοτικό αριθμό, που να μετρά το καλό του ταιρίασμα

Απάντηση: Το καλύτερο μέτρο του «πόσο καλά» το θεωρητικό μοντέλο ταιριάζει με τα δεδομένα είναι να το δοκιμάσετε και να το δείτε. Πλεγματοποιήστε τα δεδομένα με το επιλεγμένο μοντέλο βαριογράμματος. Δημιουργήστε ένα χάρτη του περιγράμματος και επικαλύψτε τον χάρτη θέσης (**postmap**) του αρχείου δεδομένων. Κρίνετε την ποιότητα του μοντέλου εξετάζοντας τον χάρτη περιγράμματος (**countourmap**). Η αναφορά του εκθετικού σταυρού (**CrossValidationReport**) με τη χρήση της μεθόδου πλεγματοποίησης Kriging προσφέρει πολλά ποσοτικά μέτρα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καλοταιριασμένα στατιστικά στοιχεία για τα βαριογράμματα. Σας προτείνουμε τρία συγκεκριμένα στατιστικά στοιχεία ως τα πιο χρήσιμα: την **διάμεση απόλυτη τιμή**, που είναι η απόκλιση του **cross validation**, την **τυπική απόκλιση** του **cross validation**, και τη **συσχέτιση κατάταξης** μεταξύ των μετρήσεων και των εκτιμήσεων.

Ερώτηση: Έχω ορίσει το πλάτος Lag σε μια συγκεκριμένη τιμή. Γιατί τα σημεία που απεικονίζονται στο βαριογράμμα δεν είναι πολλαπλάσια αυτής της τιμής;

Απάντηση: Το πλάτος **Lag** καθορίζει το μέσο μιας σειράς, συν ή πλην το μισό του πλάτους υστέρησης. Το σημείο είναι σχεδιασμένο με βάση τη μέση απόσταση διαχωρισμού για όλα τα σημεία μέσα στο εύρος.

Ερώτηση: Μπορεί το Surfer να εισάγει ένα μοντέλο βαριογράμματος από το Variowin, το GeoEAS, το GSLIB ή άλλο λογισμικό;

Απάντηση: Το Surfer δεν έχει αυτή τη δυνατότητα. Υπόβαλε την αίτηση στο surferupport@goldensoftware.com με το όνομα του λογισμικού που θα ήθελες να στηρίξεις.

Ερώτηση: Έχω διαβάσει κάπου ότι η κλίμακα δεν πρέπει να υπερβαίνει την διαφορά. Είναι αλήθεια αυτό; Για τα δεδομένα ExampleDataSetC, η διακύμανση του Z είναι 405.371, αλλά μου συστήνετε την κλίμακα 425.

Απάντηση: Κάτω από ένα λογικό και συνήθως εφαρμόσιμο σύνολο υποθέσεων, το sill του βαριογράμματος πρέπει να είναι ίσο με τη διαφορά του υποκείμενου πληθυσμού. Ωστόσο, η διαφορά του δείγματος είναι συχνά ένα ακατάλληλο μέτρο της διαφοράς πληθυσμών (ο τυποποιημένος τύπος για τον υπολογισμό της διαφοράς υποθέτει το ανεξάρτητο δεδομένο, το οποίο δεν είναι έγκυρο στις περισσότερες γεωλογικές ρυθμίσεις). Έτσι, ένας κανόνας όπως "η κλίμακα δεν πρέπει να υπερβεί την διακύμανση", δεν είναι μια χρήσιμη γενίκευση. Το κρίσιμο αποτέλεσμα είναι:

$$\mathcal{E}[S^2] = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma(x_i - x_j, y_i - y_j)$$

Αυτό το αποτέλεσμα δηλώνει ότι η αναμενόμενη τιμή της διακύμανσης δείγματος S^2 είναι ίση με τη μέση τιμή του βαριογράμματος μεταξύ όλων των ζευγών n^2 των τιμών του δείγματος. Εάν οι τιμές δείγματος n κατανέμονται ομοιόμορφα πάνω από μια επιφανειακή έκταση πολλές φορές μεγαλύτερη από το εύρος του βαριογράμματος, τότε θα υπάρχουν πολύ περισσότερα ζευγάρια σε μεγάλες αποστάσεις διαχωρισμού και λιγότερα ζευγάρια σε μικρές αποστάσεις διαχωρισμού. Έτσι, η μέση τιμή του βαριογράμματος μεταξύ όλων των ζευγαριών θα είναι ο μέσος όρος των πολλών τιμών ίσος με τα sill και μερικές τιμές μικρότερες

από το sill. Σε αυτή την περίπτωση, η διακύμανση του δείγματος είναι μια λογική πρώτη εκτίμηση για το sill του βαριογράμματος.

6.Βιβλιογραφία

- Armstrong, M. [ed.], 1989, *Geostatistics*, volumes 1 and 2, Kluwer Academic Publishers, 1027pp. Armstrong, M., 1997, *Basic Linear Geostatistics*, Springer-Verlag, New York, ISBN: 3540618457, 220pp.
- Baafi, E. Y., 1997, *Geostatistics Wollongong '96—Quantitative Geology and Geostatistics*, Kluwer Academic Publishers, ISBN: 0792302044, 1333pp
- Bras, R., and Rodriguez-Iturbe, R., 1985, *Random Functions and Hydrology*, Addison-Wesley, 559pp.
- Chiles, J., and Delfiner, P., 1999, *Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty*, John Wiley and Sons, New York, ISBN: 0471083151, 695pp.
- Christakos, G., 2001, *Modern Spatiotemporal Geostatistics*, Oxford University Press; ISBN : 0195138953, 312pp.
- Clark, I., 1979, *Practical Geostatistics*, Applied Science Publishers, 129pp.
- Clark, I., and W. V. Harper, 2000, *Practical Geostatistics 2000*, Ecosse North America, LLC; ISBN: 0970331703, 442pp.
- Cressie, N., 1991, *Statistics for Spatial Data*, John Wiley and Sons, New York, 900pp.
- David, M., 1977, *Geostatistical Ore Reserve Estimation*, 2nd edition, Elsevier, 364pp.
- David, M., 1988, *Handbook of Applied Advanced Geostatistical Ore Reserve Estimation*, Elsevier, 216pp.
- Davis, J., 1973, *Statistics and Data Analysis in Geology*, Wiley, 550pp. de Marsily, G., 1986, *Quantitative Hydrogeology*, Academic Press, 440pp.
- Deutsch, Clayton, V., Journel, Andre G., 1992, *GSLIB- Geostatistical Software Library and User's Guide*, Oxford University Press, New York, 338pp
- Draper, N., and Smith, H., 1981, *Applied Regression Analysis*, second edition, Wiley- Interscience, 709pp.

- Dubrule, O. 1998, *Geostatistics in Petroleum Geology*, American Association of Petroleum Geologists; ISBN: 0891811877
- Gelhar, L. W., 1993, *Stochastic Subsurface Hydrology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 390 pp.
- Geostatistics*, 1980, McGraw-Hill, 168 pp.
- Gilbert, R. O., 1987, *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, Van Nostrand Reinhold Company, 320 pp.
- Gomez-Hernandez, J., A. Soares, and R. Froidevaux [eds.], *Geoenv II-- Geostatistics for Environmental Applications*, Kluwer Academic Publishers, 562 pp.
- Goovaerts, P. 1997, *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*, Oxford University Press, New York, 483 pp.
- Guarascio, M., David, M., and Huijbregts, C. [eds.], 1976, *Advanced Geostatistics in the Mineral Industry*, Reidel, 491 pp.
- Gy, P., 1979, *Sampling of Particulate Materials*, Elsevier, 431 pp.
- Houlding, S. W., 2000, *Practical Geostatistics-- Modeling and Spatial Analysis*, Springer-Verlag, New York, 160 pp.
- Hohn, M. E., 1998, *Geostatistics and Petroleum Geology*, 2nd edition, Kluwer Academic Publishers; ISBN: 041275780X, 238 pp.
- Isaaks, E. H., and Srivastava, R. M., 1989, *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York, 561 pp.
- Johnson, M. E., 1987, *Multivariate Statistical Simulation*, John Wiley and Sons, New York, 230 pp.
- Journel, A. G., and Huijbregts, C., 1978, *Mining Geostatistics*, Academic Press, 600 pp.
- Journel, A. G., 1988, *Geostatistics for the Environmental Sciences*, EPA Project Report, Project No. CR811893, EPA/EMSL, Las Vegas, Nevada

- Journel, A.G., 1989, *Fundamentals of Geostatistics in Five Lessons*, American Geophysical Union, Washington D.C.
- Kitanidis, P.K., 1997, *Introduction to Geostatistics: Applications in Hydrogeology*, ISBN 0-521-58747-6.
- Koch, G., and Link, R., 1971, *Statistical Analysis of Geological Data*, volumes I and II, Wiley, 375 pp. now available through Dover reprints.
- Krige, D., 1978, *Lognormal DeWijsian Geostatistics for Ore Evaluation*, South African I.M.M., 55 pp.
- Knudsen, H.P., 1988, *A Short Course on Geostatistical Ore Reserve Estimation*, Division of Mining and Minerals Engineering, Montana Tech
- Manoukian, E.B., 1986, *Modern Concepts and Theorems of Mathematical Statistics*, Springer-Verlag, 156 pp.
- Matheron, G., 1965, *Les Variables Regionalisees et leur Estimation*, Editions Masson, Paris. Matheron, G., and Armstrong, M. [eds.], 1987, *Geostatistical Case Studies*, Reidel, 248 pp.
- Monestiez, P., D.Allard, R.Froidevaux [eds.], 2001, *Geoenv III-- Geostatistics for Environmental Applications*, Kluwer Academic Publishers, ISBN: 0792371070, 555 pp.
- Olea, R., 1999, *Geostatistics for Engineers and Earth Scientists*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 303 pp.
- Pannatier, Y., 1996, *VARIOWIN: Software for Spatial Data Analysis in 2D*, Springer-Verlag, New York, 91 pp.
- Rendu, J., 1978, *An Introduction to Geostatistical Methods of Mineral Evaluation*, South African I.M.M., 100 pp.
- Ripley, B., 1981, *Spatial Statistics*, John Wiley and Sons, New York, 252 pp.

Rouhani, S., and M. Srivastava, 1997, *Geostatistics for Environmental and Geotechnical Applications*, ASTM Special Technical Publication 1283, American Society for Testing and Materials, ISBN: 0803124147

Rivoirard, J., J. Simmonds, K. G. Foote, P. Fernandes, and N. Bez [eds.], *Geostatistics for Estimating Fish Abundance*, Blackwell Science Inc; ISBN: 0632054441, 206 pp.

Soares, A. [ed.], 1992, *Geostatistics Troia '92*, volumes 1 and 2, Reidel, 1088 pp.

Soares, A., Gomez-Hernandez, J., and R. Froidevaux [eds.], *Geoenvl-- Geostatistics for Environmental Applications*, Kluwer Academic Publishers, ISBN: 0792345908, 516 pp

Thompson, S. K., 1992, *Sampling*, John Wiley and Sons, New York, 343 pp.

Verly, G., David, M., Journel, A. G., and Marachel, A. [eds.], 1984, *Geostatistics for Natural Resources Characterization*, volumes 1 and 2, Reidel, 1092 pp

Webster, R. and M. A. Oliver, 2001, *Geostatistics for Environmental Scientists*, John Wiley and Sons, Ltd., Chichester, England, 271 pp

Rivoirard, J., J. Simmonds, K. G. Foote, P. Fernandes, and N. Bez [eds.], *Geostatistics for Estimating Fish Abundance*, Blackwell Science Inc; ISBN: 0632054441, 206 pp.

Soares, A. [ed.], 1992, *Geostatistics Troia '92*, volumes 1 and 2, Reidel, 1088 pp.

Soares, A., Gomez-Hernandez, J., and R. Froidevaux [eds.], *Geoenvl-- Geostatistics for Environmental Applications*, Kluwer Academic Publishers, ISBN: 0792345908, 516 p.

Thompson, S. K., 1992, *Sampling*, John Wiley and Sons, New York, 343 pp.

Verly, G., David, M., Journel, A. G., and Marachel, A. [eds.], 1984, *Geostatistics for Natural Resources Characterization*, volumes 1 and 2, Reidel, 1092 pp.

Webster, R. and M. A. Oliver, 2001, *Geostatistics for Environmental Scientists*, John Wiley and

Sons, Ltd., Chichester, England, 271 pp.