



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μέθοδοι Αποσύζευξης Γεωτρητικών Δειγμάτων Κατά την Εκτίμηση Ορυκτών Πόρων

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΑΡΑΝΑΤΣΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΠΑΓΕΡΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΚΟΖΑΝΗ 2016

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| 1. Εισαγωγή..... | 4 |
| 2. Η Αποσύζευξη στη Συνολική Εκτίμηση Ορυκτών Πόρων | 5 |
| 2.1 Συνολικές Εκτιμήσεις | 5 |
| 2.2 Πολυγωνική Αποσύζευξη..... | 6 |
| 2.3 Αποσύζευξη Πυρήνων | 9 |
| 2.4 Σύγκριση των μεθόδων αποσύζευξης | 11 |
| 2.5 Αποσύζευξη Τρισδιάστατων Δεδομένων | 15 |
| 3. Βάρη Χωρικής Αποσύζευξης..... | 17 |
| 3.1 Εισαγωγή..... | 17 |
| 3.2 Καθοριστικοί Παράγοντες | 19 |
| 3.3 Μέτρο του μη πλεονασμού | 20 |
| 3.4 Χωρική Αποσύζευξη..... | 22 |
| 3.5 Σετ Δεδομένων GSLIB..... | 23 |
| 3.6 Συμπεράσματα..... | 33 |
| 4. Αποσύζευξη και Διόρθωση Συστηματικών Λαθών..... | 35 |
| 4.1 Περίληψη | 35 |
| 4.2 Εισαγωγή..... | 35 |
| 4.3 Μη αντιπροσωπευτική Δειγματοληψία | 36 |
| 4.4 Συμβατική Στατιστική | 38 |
| 4.5 Αποσύζευξη..... | 38 |
| 5. Πολυγωνική Αποσύζευξη..... | 41 |
| 5.1 Ευαισθησία πολυγωνικής αποσύζευξης στα όρια | 42 |
| 5.2 Προσέγγιση πολυγωνικής αποσύζευξης | 42 |
| 5.3 Πολυγωνική αποσύζευξη και ανισοτροπία | 42 |
| 6. Αποσύζευξη Πυρήνων | 44 |

| | |
|--|----|
| 6.1 Αποσύζευξη Πυρήνων και Μέγεθος Πυρήνων..... | 45 |
| 6.2 Η αποσύζευξη πυρήνων με την ελαχιστοποίηση και μεγιστοποίηση μεγεθών πυρήνα προειδοποίησης | 46 |
| 6.3 Αποσύζευξη Πυρήνων και Μετατοπίσεις Προέλευσης..... | 48 |
| 6.4 Αποσύζευξη πυρήνων με πολλαπλές μεταβλητές | 48 |
| 6.5 Αποσύζευξη βαρών με τη μέθοδο Kriging..... | 50 |
| 6.5.1 Μειονεκτήματα της αποσύζευξης βάρους Kriging..... | 53 |
| 6.5.2 Αποσύζευξη βάρους Kriging και Αρνητικά Βάρη..... | 54 |
| 6.6 Αποσύζευξη και Ανισοτροπία | 54 |
| 6.7 Αποσύζευξη και Όρια..... | 54 |
| 6.8 Αποσύζευξη εντός τύπων πετρώματων | 57 |
| 6.9 Πολυγωνική αποσύζευξη εντός τύπων πετρώματος | 59 |
| 7. Debiasing..... | 60 |
| 7.1 Εισαγωγή..... | 60 |
| 7.2 Παράδειγμα Debiasing..... | 63 |
| 7.3 Debiasing από Ποιοτικά Δεδομένα | 66 |
| 7.4 Μοντελοποίηση τάσης για το Debiasing | 69 |
| 7.5 Συμπεράσματα..... | 71 |
| Βιβλιογραφία | 72 |

1. Εισαγωγή

2. Η Αποσύζευξη στη Συνολική Εκτίμηση Ορυκτών Πόρων

2.1 Συνολικές Εκτιμήσεις

Όταν υπολογίζουμε στατιστικά στοιχεία δειγμάτων παρατηρούμε ότι ο αφελής μέσος του δείγματος είναι μια πολύ κακή εκτίμηση του εξαντλητικού μέσου. Περαιτέρω ανάλυση αποκάλυψε ότι η στρατηγική δειγματοληψίας προκαλεί στα δείγματα να τοποθετούνται κατά προτίμηση σε περιοχές με υψηλές τιμές V. Για παράδειγμα, περισσότερα από 125 από τα 470 δείγματα, εμπίπτουν εντός του εύρους ανωμαλίας Wassuk. Ενώ είναι πιθανό αυτά τα δείγματα να δίνουν καλές πληροφορίες στον εξαντλητικό μέσο εντός της ανωμαλίας, δεν είναι αντιπροσωπευτικά της υπόλοιπης περιοχής. Δυστυχώς, στην υπόλοιπη περιοχή δεν υπάρχει τόση πυκνή δειγματοληψία όσο στο εύρος ανωμαλίας Wassuk. Για να αποκτήσουμε μία καλή εκτίμηση του εξαντλητικού μέσου, θα πρέπει να βρούμε κάποιο τρόπο κατανομής βαρών των δειγμάτων μεμονωμένα ώστε οι συζεύξεις να μην έχουν αθέμιτη επιρροή στην εκτίμηση μας.

Αν χρησιμοποιήσουμε μόνο τα 195 δείγματα από την αρχική καμπάνια, η μέση τιμή του δείγματος είναι πολύ πιο κοντά στην πραγματική εξαντλητική τιμή σε σχέση με όταν λαμβάνουμε υπόψη και τα δείγματα της δεύτερης και τρίτης καμπάνιας. Ένας σταθμισμένος γραμμικός συνδυασμός που αναθέτει ίσα βάρη στις πρώτες 195 τιμές δειγμάτων και καθόλου βάρος στις τελευταίες 275, μας δίνει καλύτερη εκτίμηση της συνολικής μέσης από αυτό που λαμβάνει υπόψη και τα 470 δείγματα εξίσου.

Αυτή η μέθοδος, που δεν δίνει βάρος στις συζεύξεις δειγμάτων έχει δύο μειονεκτήματα. Πρώτον, αγνοεί εντελώς χρήσιμες πληροφορίες. Οι μετρήσεις των 275 συζευγμένων δειγμάτων δεν πρέπει να απορριφθούν, αντ' αυτού θα πρέπει να βρούμε κάποιο τρόπο για να μετριάσουμε την επιρροή τους. Δεύτερον, δεν είναι πάντα εφικτό να προσδιοριστούν τα δείγματα ως εκείνα που πρέπει να διατηρηθούν ή να απορριφθούν. Χάρη στο σετ δεδομένων του Walker Lake, είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε της τρεις καμπάνιες δειγματοληψίας. Στην πράξη, ενδέχεται να μην είμαστε σε θέση να βρούμε ένα φυσικό υποσύνολο των δειγμάτων που καλύπτει πλήρως την περιοχή σε ψευδοκανονικό πλέγμα.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε δύο μεθόδους αποσύζευξης που γενικά εφαρμόζονται σε κάθε σύνολο δεδομένων δειγμάτων. Στις δύο αυτές μεθόδους χρησιμοποιούμε ένα σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό όλων των διαθέσιμων τιμών δειγμάτων για την εκτίμηση του εξαντλητικού μέσου. Με την ανάθεση διαφορετικών βαρών στα διαθέσιμα δείγματα, μπορούμε να κάνουμε μία αποτελεσματική αποσύζευξη των δεδομένων. Η πρώτη μέθοδος, που ονομάζεται πολυγωνική μέθοδος, αναθέτει ένα πολύγωνο επιρροής σε κάθε δείγμα. Οι περιοχές αυτών των πολυγώνων τότε χρησιμοποιούνται ως βάρη αποσύζευξης. Η δεύτερη μέθοδος, που ονομάζεται μέθοδος αποσύζευξης πυρήνων, χρησιμοποιεί την έννοια του κινούμενου παραθύρου για να υπολογίσει πόσα δείγματα εμπίπτουν σε συγκεκριμένες περιοχές ή πυρήνες. Το βάρος αποσύζευξης που έχει ανατεθεί σε ένα δείγμα είναι αντιστρόφως ανάλογο με τον αριθμό άλλων δειγμάτων που εμπίπτουν εντός του ίδιου πυρήνα. Ακολουθώντας μία λεπτομερή περιγραφή για το πως αυτές οι 2 μέθοδοι εφαρμόζονται, θα δούμε πώς και οι 2 μέθοδοι εκτελούνται στο σετ δεδομένων Walker Lake.

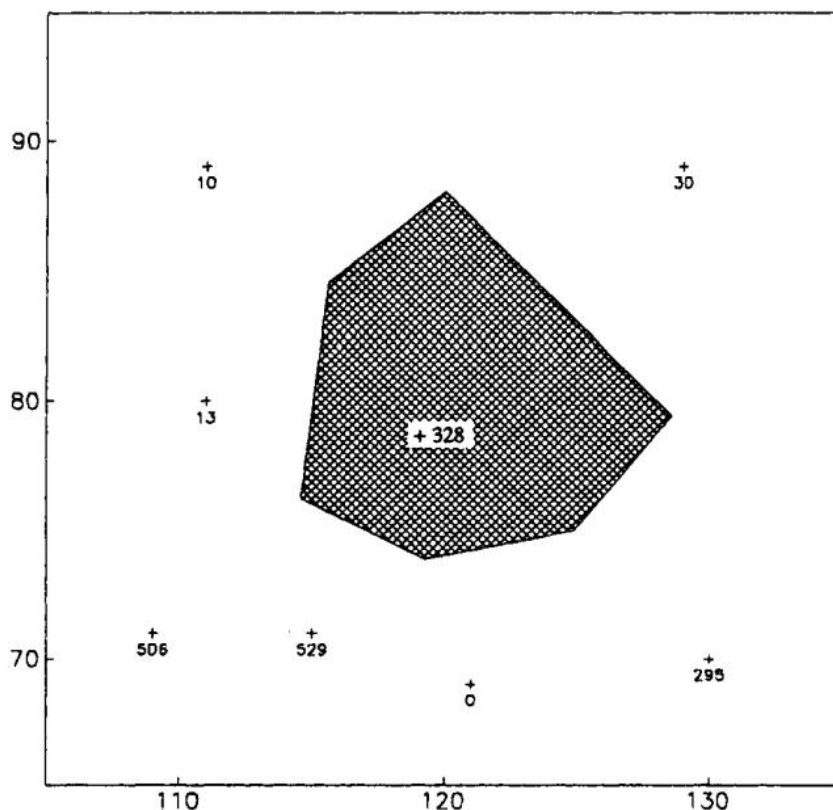
2.2 Πολυγωνική Αποσύζευξη

Κάθε δείγμα στο σύνολο των δεδομένων μας διαθέτει ένα πολύγωνο επιρροής, εντός του οποίου είναι πιο κοντά από κάθε άλλο δείγμα. Το σχήμα 2.1 δείχνει τις θέσεις κάποιων αυθαίρετων δειγμάτων. Η σκιασμένη περιοχή δείχνει το πολύγωνο της επιρροής για το δείγμα των 328 ppm που βρίσκεται κοντά στο κέντρο αυτής της περιοχής. Οποιοδήποτε σημείο εντός της σκιασμένης περιοχής είναι πιο κοντά στο δείγμα των 328 ppm παρά με οποιοδήποτε άλλο.

Το Σχήμα 2.2 δείχνει πως τα όρια του πολυγώνου της επιρροής ορίζονται αποκλειστικά. Η μεσοκάθετος ενός ευθύγραμμου τμήματος, είναι μία γραμμή στην οποία τα σημεία ισαπέχουν από κάθε άκρο του ευθύγραμμου τμήματος, τα σημεία σε κάθε πλευρά της μεσοκαθέτου πρέπει να είναι πιο κοντά στο ένα η στο άλλο άκρο. Οι μεσοκάθετοι μεταξύ ενός δείγματος και των γειτονικών του, αποτελούν τα όρια του πολυγώνου επιρροής.

Ειδική μεταχείριση απαιτούν τα άκρα της συνολικής περιοχής. Ένα δείγμα που βρίσκεται κοντά στην άκρη της περιοχής ενδιαφέροντος δεν μπορεί να περιβάλλεται

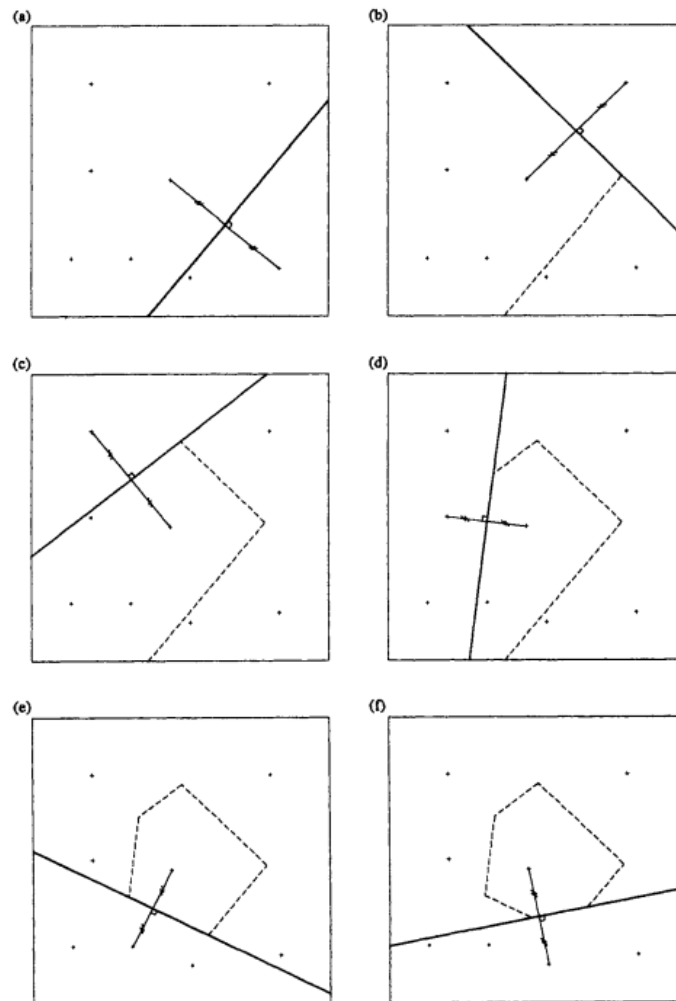
πλήρως από άλλα δείγματα και οι μεσοκάθετοι εντός των γειτονικών δειγμάτων δε μπορεί να σχηματίσουν κλειστό πολύγωνο. Το σχήμα 2.3α δείχνει ένα παράδειγμα όπου οι μεσοκάθετοι μεταξύ του δείγματος των 85 ppm και των τριών γειτονικών δειγμάτων του δεν σχηματίζουν μία κλειστή περιοχή.



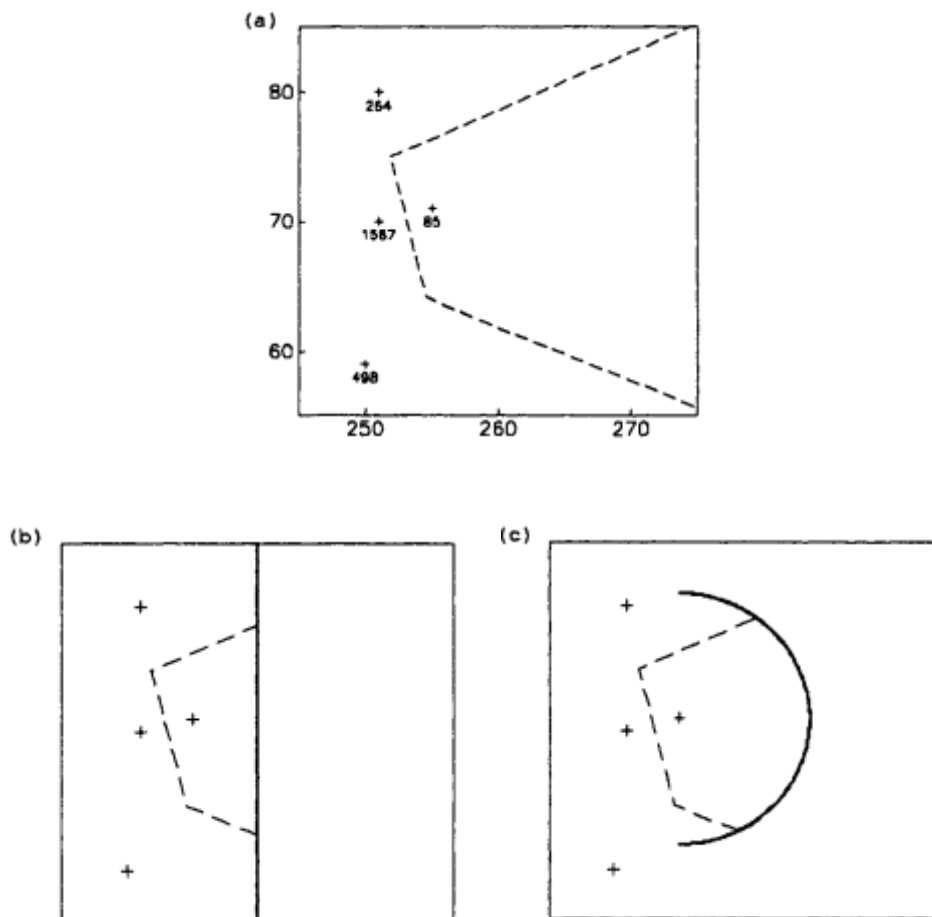
Σχήμα 2.1: Ένα παράδειγμα που δείχνει το πολύγωνο επιρροής ενός δείγματος.

Μια λύση είναι να επιλεγεί ένα φυσικό όριο, όπως ένα όριο πάκτωσης ή μία γεωλογική επαφή, για να χρησιμεύσει ως ένα όριο για το σύνολο της περιοχής. Στη συνέχεια αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το κλείσιμο των ορίων των πολυγώνων. Στο σχήμα 10.3b χρησιμοποιούμε τα ορθογώνια όρια του χάρτη της περιοχής ως φυσικό όριο της περιοχής ενδιαφέροντος. Μια εναλλακτική λύση, σε περιπτώσεις όπου ένα φυσικό όριο δεν καθορίζεται εύκολα, είναι να περιοριστεί η απόσταση από ένα δείγμα σε οποιοδήποτε άκρο του πολυγώνου επιρροής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κλείσιμο του πολυγώνου με το τόξο ενός κύκλου. Στο Σχήμα 2.3 βλέπουμε πως το πολύγωνο της επιρροής έχει κλείσει εφόσον δεν έχει τη δυνατότητα να επεκταθεί περισσότερο από 10m από το δείγμα των 85 ppm.

Με τη χρήση των περιοχών αυτών των πολυγώνων επιρροής ως βάρη στο σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό μας, έχουμε ολοκληρώσει την αποσύζευξη που χρειαζόμαστε. Συζευγμένα δείγματα θα τείνουν να παίρνουν μικρά βάρη που αντιστοιχούν στα μικρά πολύγωνα επιρροής τους. Από την άλλη πλευρά, τα δείγματα με μεγάλα πολύγωνα επιρροής μπορούν να θεωρηθούν ως αντιπροσωπευτικά μιας μεγάλης περιοχής και ως εκ τούτου λαμβάνουν μεγαλύτερα βάρη.



Σχήμα 2.2: Κατασκευή ενός πολυγώνου επιρροής χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των κάθετων διχοτόμων. Τα σχήματα (a) έως (f) δείχνουν τα βήματα στην κατασκευή μιας περιοχής εντός της οποίας το κεντρικό δείγμα είναι πιο κοντά από οποιοδήποτε άλλο δείγμα.

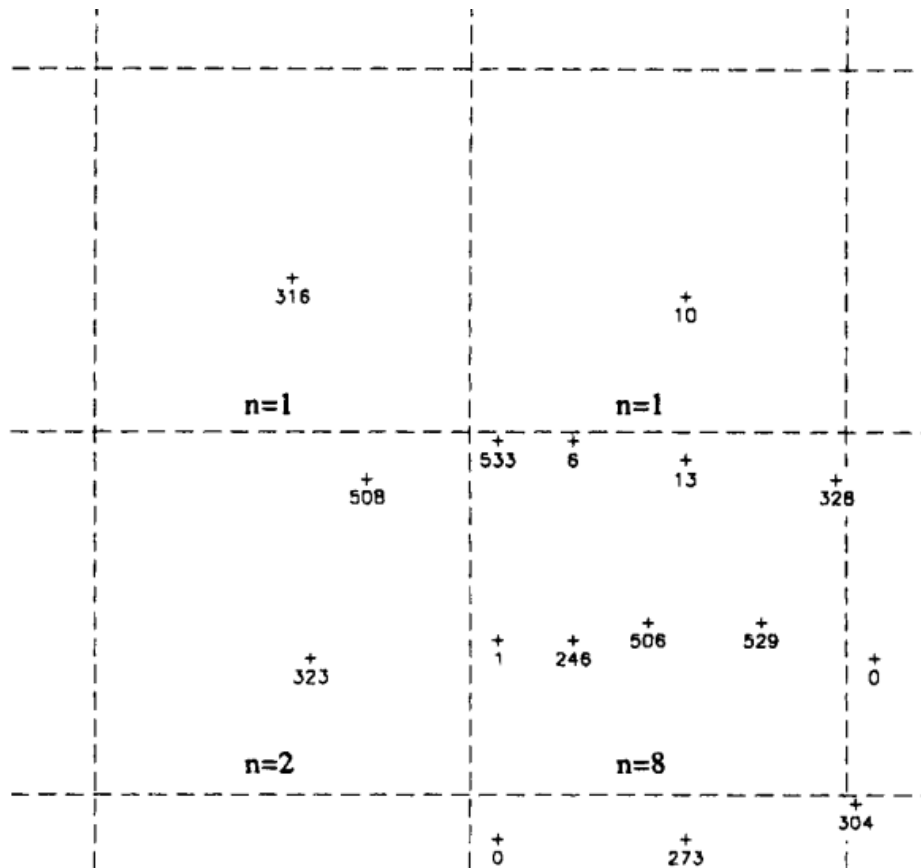


Σχήμα 2.3: Ο ορισμός του πολυγώνου στα σύνορα της συνολικής έκτασης.

Το (a) δείχνει ένα πολύγωνο που δε μπορεί να κλείσει με τη μέθοδο κάθετων διχοτόμων μεταξύ των σημείων των δεδομένων. Εναλλακτικά μπορεί να κλείσει το πολύγωνο με ένα φυσικό όριο, όπως το όριο πάκτωσης (b) ή περιορίζοντας την απόσταση από το ένα δείγμα στην άκρη ενός πολυγώνου, όπως φαίνεται στο (c).

2.3 Αποσύζευξη Πυρήνων

Στην προσέγγιση της αποσύζευξης πυρήνων, ολόκληρη η περιοχή χωρίζεται σε ορθογώνιες περιοχές που ονομάζονται πυρήνες. Κάθε δείγμα λαμβάνει ένα βάρος αντιστρόφως ανάλογο με τον αριθμό των δειγμάτων που εμπίπτουν στον ίδιο πυρήνα. Με τη μέθοδο αυτή τα συζευγμένα δείγματα θα λαμβάνουν γενικά χαμηλότερα βάρη, επειδή οι πυρήνες στους οποίους βρίσκονται θα περιέχουν επίσης διάφορα άλλα δείγματα.



Σχήμα 2.4.: Ένα παράδειγμα αποσύζευξης πυρήνων.

Το Σχήμα 2.4 δείχνει ένα πλέγμα πυρήνων που επιβάλλονται σε ένα αριθμό συζευγμένων δειγμάτων, οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τα όρια των πυρήνων $20 \times 20 \text{ m}^2$. Κάθε ένας από τους 2 βορειότερους πυρήνες περιέχει μόνο ένα δείγμα, έτσι και τα δύο αυτά δείγματα λαμβάνουν βάρος 1. Ο νοτιοδυτικός πυρήνας περιέχει δύο δείγματα, τα οποία λαμβάνουν βάρος $1/2$. Ο νοτιοανατολικός πυρήνας περιέχει οκτώ δείγματα, καθένα από τα οποία λαμβάνει βάρος $1/8$.

Δεδομένου ότι όλα τα δείγματα μέσα σε ένα συγκεκριμένο πυρήνα λαμβάνουν ίσα βάρη και όλοι οι πυρήνες λαμβάνουν συνολικό βάρος 1, η μέθοδος αποσύζευξης πυρήνων μπορεί να θεωρηθεί ως μία διαδικασία δύο σταδίων. Πρώτον, χρησιμοποιούμε τα δείγματα μας για να υπολογίσουμε τη μέση τιμή εντός των κινούμενων παραθύρων, έπειτα παίρνουμε αυτά τα κινούμενα παράθυρα και τα χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό της μέσης τιμής της ολικής περιοχής.

Η εκτίμηση που παίρνουμε από τη μέθοδο αποσύζευξης πυρήνων θα εξαρτηθεί από το μέγεθος των πυρήνων που επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε. Εάν οι πυρήνες είναι πολύ μικροί, τότε το κάθε δείγμα θα πέσει σε δικό του πυρήνα και έτσι όλα τα δείγματα θα λάβουν ίσα βάρη μονάδας. Αν οι πυρήνες είναι τόσο μεγάλοι

όσο ολόκληρη η συνολική περιοχή τότε όλα τα δείγματα θα βρεθούν στον ίδιο πυρήνα και θα λάβουν και πάλι ίσα βάρη. Ένα κατάλληλο μέσο πρέπει να βρεθεί κάπου μεταξύ των δύο αυτών άκρων.

Αν υπάρχει ένα υποκείμενο ψευδοκανονικό πλέγμα, τότε η απόσταση αυτού του πλέγματος, συνήθως παρέχει ένα καλό μέγεθος πυρήνων. Στο παράδειγμα της λίμνης Walker, το πλέγμα δειγματοληψίας από το πρώτο πρόγραμμα δείχνει ότι οι πυρήνες $20 \times 20 \text{ m}^2$ είναι επαρκείς για να αποσυζεύξουν τα δεδομένα μας. Σε περίπτωση που το σχέδιο δειγματοληψίας δεν υποδηλώνει ένα φυσικό μέγεθος πυρήνα, ένας κοινός τρόπος καταπολέμησης του προβλήματος είναι να δοκιμάσουμε διάφορα μεγέθη πυρήνων και να διαλέξουμε αυτό που μας δίνει τη χαμηλότερη εκτίμηση του συνολικού μέσου. Η καταλληλότητα του εξαρτάται από το αν η σύζευξη δειγματοληψίας είναι αποκλειστική σε περιοχές με υψηλές τιμές. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι οποίες είναι κοινές στην πράξη, είναι αναμενόμενο πως η σύζευξη των δειγμάτων θα αυξήσει την εκτίμηση του μέσου, άρα η επιλογή του μεγέθους πυρήνα που μας δίνει την χαμηλότερη εκτίμηση είναι δικαιολογημένη.

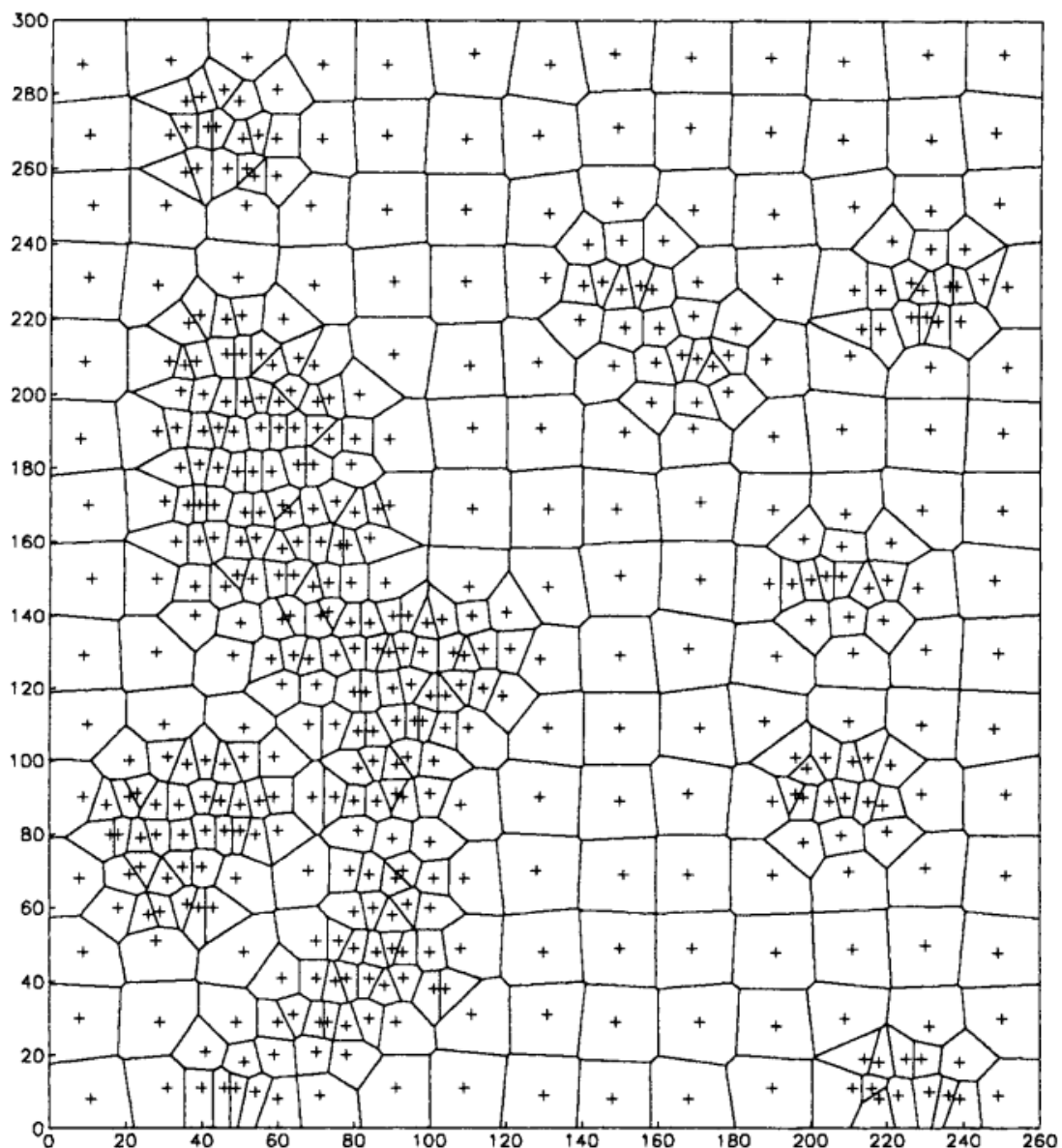
2.4 Σύγκριση των μεθόδων αποσύζευξης

Αφού συζητήσαμε για το πώς εφαρμόζονται οι δύο μέθοδοι αποσύζευξης, μπορούμε τώρα να δοκιμάσουμε και τις δύο στο σετ δεδομένων των δειγμάτων από τη Walker Lake. Θα εκτιμήσουμε το συνολικό μέσο V χρησιμοποιώντας τα 470 δείγματα V . Από την περιγραφή μας σχετικά με τα εξαντλητικά δεδομένα γνωρίζουμε ότι η πραγματική αξία είναι 278 ppm. Αν και η μελέτη της περίπτωσης εδώ στοχεύει μόνο στην εκτίμηση του συνολικού μέσου, θα δούμε αργότερα ότι τα βάρη αποσύζευξης που υπολογίζουμε εδώ μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς.

Τα πολύγωνα επιρροής για το σύνολο δεδομένων του δείγματος από τη Walker Lake φαίνονται στο Σχήμα 2.5. Σε αυτό το σχήμα έχουμε επιλέξει να χρησιμοποιήσουμε τα ορθογώνια όρια του χάρτη της περιοχής για να κλείσουν τα συνοριακά πολύγωνα.

Για τη μέθοδο της αποσύζευξης πυρήνων θα πρέπει να επιλέξουμε το κατάλληλο μέγεθος των πυρήνων. Επειδή χρησιμοποιούμε πολυγωνικούς πυρήνες μπορούμε να μεταβάλλουμε τόσο το πλάτος Ανατολής - Δύσης όσο και το ύψος

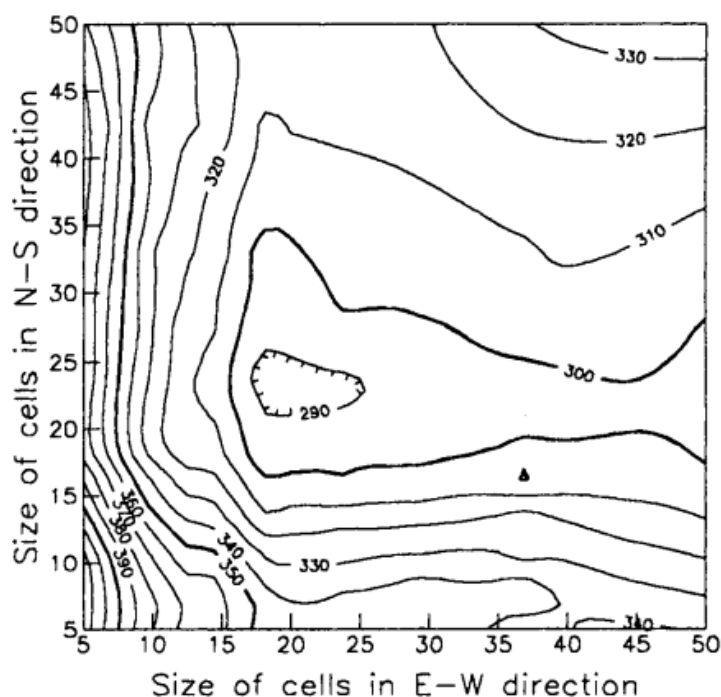
Βορρά - Νότου των πυρήνων μας. Στο Σχήμα 10.6 έχουμε βάλει περίγραμμα στους συνολικούς μέσους που πήραμε χρησιμοποιώντας διαφορετικά μεγέθη πυρήνων. Το ελάχιστον σε αυτό το χάρτη εμφανίζεται για ένα πυρήνα του οποίου η διάσταση Ανατολής - Δύσης είναι 20m και η διάσταση Βορρά - Νότου είναι 23.08m. Η στάση μας σχετικά με την επιλογή αυτού του ελάχιστου αντί όλων των άλλων πιθανών είναι δικαιολογημένη αφού όλα τα συζευγμένα δείγματα μας εντοπίζονται σε περιοχές με υψηλές τιμές V. Το μέγεθος πυρήνα 20x23 m² σχεδόν συμπίπτει με την απόσταση του ψευδοκανονικού πλέγματος από την πρώτη εκστρατεία δειγματοληψία.



Σχήμα 2.5: Χάρτης πολυγώνων επιρροής για τα 470 V δείγματα δεδομένων

Για τα πρώτα 20 δείγματα, ο Πίνακας 2.1 δίνει λεπτομέρειες του υπολογισμού των βαρών για την πολυγωνική μέθοδο και για τη μέθοδο αποσύζευξης πυρήνων χρησιμοποιώντας ένα μέγεθος πυρήνα $20 \times 23 \text{ m}^2$. Ο εκτιμημένος μέσος θα είναι ένας σταθμισμένος γραμμικός συνδυασμός των 470 τιμών δείγματος:

$$\text{Estimated Global Mean} = \frac{\sum_{i=1}^{470} w_i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^{470} w_i}$$



Σχήμα 2.6: Χάρτης ισοϋψών καμπυλών που δείχνει τη σχέση μεταξύ του συνολικού μέσου αποσύζευξης και το μέγεθος πυρήνα αποσύζευξης. Από αυτόν τον χάρτη φαίνεται ότι ένας πυρήνας μεγέθους 20m Ανατολής-Δύσης και 23m Βορρά-Νότου αποδίδει το χαμηλότερο συνολικό μέσο.

Αυτή είναι η ίδια με τη γενική εξίσωση που παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, με τον παρονομαστή να ενεργεί ως παράγοντας που τυποποιεί τα βάρη έτσι ώστε να έχουν άθροισμα 1. Για την πολυγωνική προσέγγιση, το $\sum w_i = 78.000$ δεδομένου ότι η συνολική έκταση του χάρτη είναι 78.000 m^2 , ενώ για την προσέγγιση

αποσύζευξης πυρήνων, το $\Sigma w_i = 169$ δεδομένου ότι η συνολική έκταση καλύπτεται από 169 πυρήνες των $20 \times 23 \text{ m}^2$.

Χρησιμοποιώντας τις περιοχές των πολυγώνων επιρροής ως βάρη αποσύζευξης έχουμε μία εκτίμηση των 276,8 ppm. Χρησιμοποιώντας τα βάρη από την μέθοδο αποσύζευξης πυρήνων με μέγεθος πυρήνα $20 \times 23 \text{ m}^2$ έχουμε μία εκτίμηση των 288 ppm.

Για τα σύνολα δεδομένων δείγματος που έχουν ένα υποκείμενο ψευδοκανονικό πλέγμα στο οποίο υπάρχει συζευγμένη δειγματοληψία μόνο εντός περιοχών με υψηλές ή χαμηλές τιμές, η μέθοδος αποσύζευξης πυρήνων αποδίδει συνήθως καλά. Η εκτίμηση των 288 ppm που λήφθηκε από αυτή τη μέθοδο είναι αρκετά κοντά στην πραγματική αξία των 276,9 ppm.

| No. | X | Y | V | POLYGONS | | CELLS | |
|-----|----|-----|-----|-----------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | | | | Area of Polygon | $\frac{w_i}{\Sigma w_i}$ | Number of Samples in Same Cell | $\frac{w_i}{\Sigma w_i}$ |
| 1 | 11 | 8 | 0 | 399 | 0.0051 | 1 | 0.0059 |
| 2 | 8 | 30 | 0 | 370 | 0.0047 | 1 | 0.0059 |
| 3 | 9 | 48 | 224 | 319 | 0.0041 | 3 | 0.0020 |
| 4 | 8 | 68 | 434 | 249 | 0.0032 | 3 | 0.0020 |
| 5 | 9 | 90 | 412 | 236 | 0.0030 | 4 | 0.0013 |
| 6 | 10 | 110 | 587 | 343 | 0.0044 | 1 | 0.0015 |
| 7 | 9 | 129 | 192 | 372 | 0.0048 | 1 | 0.0059 |
| 8 | 11 | 150 | 31 | 398 | 0.0051 | 1 | 0.0059 |
| 9 | 10 | 170 | 389 | 382 | 0.0049 | 1 | 0.0059 |
| 10 | 8 | 188 | 175 | 350 | 0.0045 | 1 | 0.0059 |
| 11 | 9 | 209 | 188 | 424 | 0.0054 | 1 | 0.0059 |
| 12 | 10 | 231 | 82 | 390 | 0.0050 | 2 | 0.0030 |
| 13 | 11 | 250 | 81 | 389 | 0.0050 | 2 | 0.0030 |
| 14 | 10 | 269 | 124 | 392 | 0.0050 | 1 | 0.0059 |
| 15 | 8 | 288 | 188 | 417 | 0.0053 | 1 | 0.0059 |
| 16 | 31 | 11 | 29 | 279 | 0.0036 | 1 | 0.0059 |
| 17 | 29 | 29 | 78 | 375 | 0.0048 | 1 | 0.0059 |
| 18 | 28 | 51 | 292 | 264 | 0.0034 | 6 | 0.0010 |
| 19 | 31 | 68 | 895 | 58 | 0.0007 | 6 | 0.0010 |
| 20 | 28 | 88 | 703 | 57 | 0.0007 | 10 | 0.0006 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

Πίνακας 2.1: Βάρη αποσύζευξης για τα πρώτα 20 δείγματα του σετ δεδομένων.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, η πολυγωνική μέθοδος αποδίδει εξαιρετικά καλά. Ωστόσο θα πρέπει να μην υπερβάλουμε για την εκτίμηση των 276,8 ppm. Αυτή η αξιοσημείωτη ακρίβεια είναι μία ιδιαιτερότητα του συνόλου δεδομένων Walker Lake και δεν πρέπει να περιμένουμε παρόμοια τύχη σε όλες τις περιπτώσεις. Η πολυγωνική μέθοδος έχει το πλεονέκτημα έναντι της μεθόδου αποσύζευξης πυρήνων σχετικά με την παραγωγή ενός μοναδικού εκτιμητή. Σε περιπτώσεις όπου η δειγματοληψία δεν δικαιολογεί την επιλογή μας σχετικά με την ελάχιστη εκτίμηση από τους διάφορους συζευγμένους πυρήνες, η επιλογή του κατάλληλου μεγέθους των πυρήνων γίνεται περίεργη.

Μία ενδιαφέρουσα μελέτη που ρίχνει περισσότερο φως σε αυτές τις δύο μεθόδους είναι η εκτίμηση του συνολικού μέσου U. Χρησιμοποιώντας τα 275 δείγματα U μπορούμε να επαναλάβουμε τον υπολογισμό των βαρών αποσύζευξης και για τις δύο μεθόδους. Σε αυτήν την περίπτωση η πραγματική τιμή είναι 226 ppm. Η πολυγωνική εκτίμηση είναι 338 ppm, ενώ η ελάχιστη εκτίμηση συζευγμένου πυρήνα είναι 473 ppm. Σε αυτό το παράδειγμα και οι δύο μέθοδοι τα πηγαίνουν καλά, επειδή υπάρχουν μεγάλα τμήματα του χάρτη της περιοχής με προτιμώμενες χαμηλές τιμές που δεν έχουν δείγματα U. Καμία από αυτές τις μεθόδους δε μπορεί να ελπίζει να αντικαταστήσει τα πραγματικά δείγματα, αυτό που μπορούν να κάνουν είναι η έξυπνη χρήση των διαθέσιμων δειγμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αυτή την περίπτωση, όταν δεν υπάρχει υποκείμενο ψευδοκανονικό πλέγμα που καλύπτει την περιοχή, η προσέγγιση της αποσύζευξη πυρήνων παράγει μία αισθητά φτωχότερη εκτίμηση από την πολυγωνική προσέγγιση.

2.5 Αποσύζευξη Τρισδιάστατων Δεδομένων

Οι μέθοδοι που έχουμε παρουσιάσει εδώ λειτουργούν καλά με δισδιάστατα σύνολα δεδομένων. Για την αποσύζευξη τρισδιάστατων σετ δεδομένων, υπάρχουν αρκετές πιθανές προσαρμογές αυτών των εργαλείων.

Εάν τα δεδομένα είναι σε στρώσεις, τότε μπορεί κάποιος να είναι σε θέση να διαχωρίσει τα δεδομένα σε επιμέρους μπλοκ και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει μία δισδιάστατη μέθοδο αποσύζευξης σε κάθε στρώμα. Εάν το σύνολο δεδομένων δεν μπορεί να μειωθεί εύκολα σε αρκετά σύνολα δισδιάστατων δεδομένων, τότε

είναι δυνατή η χρήση της τρισδιάστατης εκδοχής κάποιας από τις μεθόδους που συζητούνται εδώ.

Για την προσέγγιση αποσύζευξης πυρήνων, οι πυρήνες γίνονται ορθογώνια τεμάχια των οποίων το πλάτος, το ύψος και το βάθος πρέπει να επιλεγεί από εμάς. Εάν οι κατάλληλες διαστάσεις των εν λόγω τμημάτων δεν είναι προφανείς από τη διαθέσιμη δειγματοληψία, μπορούμε ακόμα να πειραματιστούμε με διάφορες διαστάσεις μπλοκ σε μία προσπάθεια να βρεθεί αυτό που ελαχιστοποιεί (ή μεγιστοποιεί) την εκτίμηση του συνολικού μέσου. Στις τρεις διαστάσεις, όμως, αυτή η διαδικασία είναι πιο επίπονη και λιγότερο δύσκολη να απεικονιστεί.

Το ανάλογο της τρισδιάστατης πολυγωνικής προσέγγισης αποτελείται από την διαίρεση του χώρου σε πολύεδρα εντός των οποίων το κεντρικό δείγμα είναι πιο κοντά από οποιοδήποτε άλλο δείγμα. Ο όγκος κάθε πολύεδρου μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί ως βάρος αποσύζευξης για το κεντρικό δείγμα. Μία εναλλακτική προσέγγιση, η οποία είναι ευκολότερο να εφαρμοστεί αν και συνήθως πιο ακριβή υπολογιστικά, είναι να διακριτοποιήσουμε τον όγκο σε πολλά σημεία και να αποδοθεί σε κάθε δείγμα ένα βάρος αποσύζευξης που θα είναι ανάλογο με τον αριθμό των σημείων που είναι πιο κοντά στο εν λόγω δείγμα παρά σε οποιοδήποτε άλλο.

Μία τελική εναλλακτική, σχετικά με της οποίας την τρισδιάστατη έκδοση, δεν συζητήσαμε ακόμη, είναι η χρήση των συνολικών βαρών kriging ως βάρη αποσύζευξης. Αυτά τα βάρη μπορούν να ληφθούν από τη συσσώρευση των τοπικών βαρών kriging. Σε περίπτωση που μπορεί να επιλεγεί ένα καλό μοντέλο βαριογράμματος, η τελική αυτή εναλλακτική λύση έχει το πλεονέκτημα πως αντιπροσωπεύει το πρότυπο της χωρικής συνέχειας του φαινομένου.

3. Βάρη Χωρικής Αποσύζευξης

3.1 Εισαγωγή

Λόγω της αυτοσυσχέτισης και της χωρικής συγκέντρωσης που δημιουργούν τον πλεονασμό, όλα τα δεδομένα εντός συγκεκριμένου συνόλου δεδομένων δεν έχουν το ίδιο στατιστικό βάρος για την εκτίμηση των συνολικών στατιστικών όπως ο μέσος όρος, η διακύμανση ή η ποσόστωση της κατανομής των πληθυσμών. Η χωρική συγκέντρωση μπορεί να εμφανιστεί όταν η απόσταση μεταξύ δύο θέσεων δεδομένων είναι μικρότερη από τη μεγαλύτερη σειρά συσχέτισης που χαρακτηρίζει τη χωρική συνοχή του συνόλου των δεδομένων των δειγμάτων. Σε μια τέτοια περίπτωση, οι τιμές των δεδομένων σε αυτές τις δύο θέσεις είναι μερικώς πλεονάζουσες και ο βαθμός πλεονασμού είναι συνάρτηση της χωρικής συνοχής. Στα πλαίσια των χωρικών τυχαίων συναρτήσεων (Matheron,1971), οποιοσδήποτε τιμές δεδομένων, θεωρούνται ως αποτέλεσμα μιας περιφερειοποιημένης τυχαίας μεταβλητής (μια σε κάθε θέση δεδομένων) ενώ η χωρική συνοχή είναι συνώνυμη του συσχετισμού μεταξύ των περιφερειοποιημένων τυχαίων μεταβλητών. Αυτό το πλαίσιο υιοθετείται από τα συμφραζόμενα. Επιπλέον, υποθέτουμε ότι εκπληρώνεται η στασιμότητα της δεύτερης τάξης, η μονοπαραγωγντική στασιμότητα και η εργοδικότητα.

Ένα μέτρο πλεονασμού (ή της μη έλλειψης) πρέπει να συνδεθεί με οποιαδήποτε περιφερειοποιημένη τυχαία μεταβλητή $Z(u_a)$, και επομένως και στο αποτέλεσμα του $z(u_a)$ (ορισμένο στη θέση u_a). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στη βιομηχανία ορυκτών όπου στις περιοχές υψηλών αξιών τείνει να υπάρχει υπερδειγματοληψία για εμφανείς οικονομικούς λόγους. Τα δεδομένα πρέπει να είναι στατιστικά αποσυζευγμένα (ζυγισμένα) πριν χρησιμοποιηθούν προς αξιολόγηση οποιασδήποτε γενικότερης στατιστικής αντιπροσώπευσης ολόκληρης της περιοχής (που δεν περιορίζεται στους τομείς των υψηλών αξιών).

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα οποιασδήποτε διαδικασίας αποσύζευξης είναι ότι πρέπει να λάβει υπόψη τη συγκεκριμένη χωρική συνοχή του σετ δεδομένων. Με την ελλείψει της χωρικής συνοχής (λευκός θόρυβος) δεν υπάρχει και πλεονασμός στα δεδομένα ανεξάρτητα από τη γεωμετρία της δειγματοληψίας. Χωρίς τη χωρική συνοχή, τα δεδομένα δεν χρειάζονται αποσύζευξη ακόμα κι αν η

γεωμετρία της δειγματοληψίας παρουσιάζει συστάδες. Η ιδανική αυτή κατάσταση της χωρικής ανεξαρτησίας, ο ακρογωνιαίος λίθος των κλασικών στατιστικών, αντιμετωπίζεται σπάνια, αν ποτέ, στις γήινες επιστήμες. Παραδοσιακά τεχνικές αποσύζευξης όπως τα πολύγωνα επιρροής ή η αποσύζευξη πυρήνων (Joumel, 1983 Isaaks και Srivastava, 1989, κεφ. 10 Deutsch, 1989) και η βασισμένη στην εντροπία μέθοδος (Schofield, 1992) δεν αποτελούν συγκεκριμένο χωρικό μέτρο συνοχής. Οι Deutsch (1989), Isaaks και Srivastava (1989, σελ. 510) επίσης πρότειναν ένα γενικευμένο kriging της μέσης τιμής των πεδίων, έπειτα κάθε δεδομένο βάρος kriging χρησιμοποιείται ως βάρος αποσύζευξης. Αυτή η προσέγγιση έχει υπολογιστικούς περιορισμούς και δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλα σύνολα δεδομένων. Επιπλέον, πρέπει να καθοριστεί ένα σχετικά αυθαίρετο πλέγμα kriging ζητώντας μια σκιαγράφιση των ορίων του πεδίου μελέτης. Ένας τέτοιος καθορισμός των ορίων είναι προαπαιτούμενο για την πολυγωνική προσέγγιση. Προκειμένου να υπερνικηθούν οι υπολογιστικοί περιορισμοί του συνολικού kriging, οι Crozel και David (1983) έχουν προτείνει την προσέγγιση των συνολικών βαρών kriging με το άθροισμα των βαρών από τα τοπικά συστήματα kriging. Κατόπιν, αυτά τα κατά προσέγγιση συνολικά βάρη kriging χρησιμοποιούνται ως βάρη αποσύζευξης (βλέπε Deutsch, 1989). Σημειώνεται ότι τα βάρη kriging μπορεί να είναι αρνητικά οπότε και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάρη αποσύζευξης, επειδή μπορεί να αποδώσουν μια μη μονοτονική σωρευτική λειτουργία πυκνότητας για τα δεδομένα αποσύζευξης. Παρακάτω προτείνεται ένας αλγόριθμος, παρόμοιος με αυτόν του kriging, αλλά που μας δίνει μόνο τα θετικά βάρη και δεν απαιτεί τον προγενέστερο καθορισμό πλέγματος ούτε της συνολικής γειτονικής περιοχής.

Ο βαθμός του μη πλεονασμού που συνδέεται με τα δεδομένα a και dnr (ua), ορίζεται ως η αναλογία του καθοριστικού παράγοντα του πίνακα πλεονασμού θέσης $N \times N$ ως προς τη θέση δεδομένων στον πίνακα πλεονασμού (π.χ. συνδιακύμανση ή συσχετισμός) στον καθοριστικό παράγοντα του πίνακα πλεονασμού $(N - 1) \times (N - 1)$ αποκλείοντας τη θέση των δεδομένων ua . Όντας μία διακύμανση kriging, το μέτρο του μη πλεονασμού εξαρτάται τόσο από τη γεωμετρία της δειγματοληψίας όσο και από τη διατήρηση του μέτρου χωρικής συνέχειας. Αυτή η εναλλακτική αποσύζευξη απεικονίζεται με τη χρήση του συνόλου δεδομένων GSLIB στη βάση δεδομένων

cluster.dat και συγκρίνεται με την τεχνική αποσύζευξης κελιών που προτείνεται από τους Journel (1983) και Deutsch (1989).

3.2 Καθοριστικοί Παράγοντες

Από εδώ και στο εξής θεωρούμε όλους του πίνακες συμμετρικούς και (ημι)θετικά καθορισμένους. Ο καθοριστικός παράγοντας του C_N , με διαστάσεις $N \times N$ συμβολίζεται ως $|C_N|$ και μοντελοποιεί τον πλεονασμό μεταξύ των μεταβλητών N περιγράφοντας ένα δεδομένο στοχαστικό σύστημα (ή σύνολο δεδομένων).

Σε αυτή την εργασία οι μεταβλητές N θα πρέπει να νοηθούν ως περιφериοποιημένες τυχαίες μεταβλητές, μία σε κάθε θέση των δεδομένων. Τα παρακάτω είναι σχετικές ιδιότητες των καθοριστικών αυτών πινάκων, τα οποία δίδονται σε κάθε βιβλίο γραμμικής άλγεβρας.

(1) $|C_N| \geq 0$, για (ημι)θετική οριστικότητα

(2) $|C_N| = 0$, αν μία γραμμή (στήλη) του C_N μπορεί να αφαιρεθεί από ένα γραμμικό συνδυασμό των άλλων γραμμών (στήλες). Έτσι, μία από τις μεταβλητές N είναι σε τέλεια γραμμική σχέση με μερικές από τις άλλες (πλήρης πλεονασμός).

(3) $|C_N| \leq \sigma^{2N}$, όπου το σ^2 είναι η μέγιστη διαγώνια αξία της C_N . Αν η C_N μοντελοποιηθεί από μία σταθερή συνάρτηση συνδιασποράς, το σ^2 είναι η σταθερή διασπορά, το ίδιο συμβαίνει για κάθε μεταβλητή. Η ισότητα επιτυγχάνεται για την περίπτωση ενός διαγώνιου πίνακα με το σ^2 ως είσοδο που στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει πλεονασμός. Για ένα τυποποιημένο πίνακα πλεονασμού,

$\sigma^2 = 1$, άρα $|C_N| \leq 1$.

(4)

$$\begin{vmatrix} \sigma^2 & \mathbf{0}' \\ \mathbf{c} & C_N \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C_N & \mathbf{c}' \\ \mathbf{0} & \sigma^2 \end{vmatrix} = \sigma^2 |C_N|.$$

όπου το $\mathbf{0}$ είναι ένα διάνυσμα N μηδενικών και το \mathbf{c} ένα διάνυσμα πλεονασμού (π.χ. συνδιακύμανση ή συσχέτιση).

(5) $|C_N^{-1}| = 1/|C_N|$

(6) Η ορίζουσα ενός προϊόντος των πινάκων είναι το προϊόν των καθοριστικών παραγόντων τους.

3.3 Μέτρο του μη πλεονασμού

Σκεφτείτε μία τυχαία συνάρτηση $Z(u)$ με δειγματοληψία N θέσεων u_α , όπου οι τιμές των δεδομένων είναι $z(u_\alpha)$, $\alpha = 1, \dots, N$. Η τυχαία συνάρτηση είναι δεύτερης τάξης σταθερή με τη μονάδα διακύμανσης, $\sigma^2 = 1$ και το διάγραμμα συσχέτισης $\rho(h)$. Ο πίνακας συσχέτισης $C_N = [\rho(h_{\alpha,\beta})]_{N \times N}$, μοντελοποιεί τα δεδομένα θέσης προς τα δεδομένα πλεονασμού τοποθεσίας. Ο βαθμός του μη πλεονασμού της τυχαίας μεταβλητής στη θέση u_α ορίζεται ως εξής:

$$dnr(\mathbf{u}_\alpha) = \frac{|C_N|}{|C_{N-1}|} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \mathbf{c}'_\alpha \\ \mathbf{c}_\alpha & C_{N-1} \end{vmatrix}}{|C_{N-1}|} \quad (1)$$

όπου C_N είναι ο πίνακας συσχέτισης δεδομένων τοποθεσίας προς τα δεδομένα τοποθεσίας, ο C_{N-1} είναι ο πίνακας συσχέτισης δεδομένων τοποθεσίας προς τα δεδομένα τοποθεσίας εξαιρουμένης της τυχαίας μεταβλητής $Z(u_\alpha)$ στην τοποθεσία u_α και \mathbf{c}_α είναι το διάνυσμα συσχέτισης μεταξύ της τυχαίας μεταβλητής $Z(u_\alpha)$ και των $(N - 1)$ υπόλοιπων τυχαίων μεταβλητών. Ο βαθμός της μη πλεονασματικότητας, όπως ορίζεται στο (1), μετράει τις σχετικές μεταβολές (αυξήσεις) του πλεονασμού κατά την προσθήκη της τυχαίας μεταβλητής $Z(u_\alpha)$ στις άλλες $(N - 1)$ τυχαίες μεταβλητές.

Όσο ο πίνακας πλεονασμού μοντελοποιείται από μία θετική και συγκεκριμένη συνάρτηση, τότε μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πίνακας βαθμωτών γινομένων. Στη συνέχεια, το θεώρημα προβολής μπορεί να εφαρμοστεί και η ελάχιστη τετραγωνισμένη απόσταση, από οποιοδήποτε διάνυσμα α , στον υποχώρο που εκτείνεται από τα άλλα διανύσματα, μπορεί να υπολογισθεί όπως στην Εξίσωση (1). Όπως φαίνεται από τον Journel (1977), όταν ο πίνακας των βαθμωτών γινομένων είναι ένας πίνακας συνδιακύμανσης, η ελάχιστη απόσταση τετραγώνου είναι η απλή διακύμανση kriging. Η επίδειξη των παραπάνω ως ακολουθεί:

Έστω A και B είναι:

$$\mathbf{A} = \mathbf{C}_N = \begin{bmatrix} 1 & \mathbf{c}'_\alpha \\ \mathbf{c}_\alpha & \mathbf{C}_{N-1} \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 & \mathbf{0}' \\ \mathbf{0} & \mathbf{C}_{N-1}^{-1} \end{bmatrix}$$

και το παράγωγο τους:

$$\mathbf{B} \cdot \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & \mathbf{c}'_\alpha \\ (\mathbf{C}_{N-1}^{-1} \cdot \mathbf{c}_\alpha) & \mathbf{I}_{N-1} \end{bmatrix}$$

Τώρα σκεφτείτε ένα άλλο πίνακα:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 1 & \mathbf{0}' \\ (-\mathbf{C}_{N-1}^{-1} \cdot \mathbf{c}_\alpha) & \mathbf{I}_{N-1} \end{bmatrix}$$

τέτοιο ώστε $|\mathbf{M}| = 1$, ως εκ τούτου:

$$|\mathbf{B} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{M}| = |\mathbf{B} \cdot \mathbf{A}|$$

επειδή:

$$\mathbf{B} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{M} = \begin{bmatrix} (1 - \mathbf{c}'_\alpha \cdot \mathbf{C}_{N-1}^{-1} \cdot \mathbf{c}_\alpha) & \mathbf{c}'_\alpha \\ \mathbf{0} & \mathbf{I}_{N-1} \end{bmatrix}$$

έπειτα,

$$|\mathbf{B} \cdot \mathbf{A}| = |\mathbf{B} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{M}| = 1 \left| 1 - \mathbf{c}'_\alpha \cdot \mathbf{C}_{N-1}^{-1} \cdot \mathbf{c}_\alpha \right|$$

Άρα,

$$dnr(\mathbf{u}_\alpha) = \frac{|\mathbf{A}|}{|\mathbf{C}_{N-1}|} = |\mathbf{B} \cdot \mathbf{A}| = 1 - \mathbf{c}'_\alpha \cdot \mathbf{C}_{N-1}^{-1} \cdot \mathbf{c}_\alpha = \sigma_{SK}^2(\mathbf{u}_\alpha) \quad (2)$$

το οποίο είναι γνωστό πως είναι η απλή διακύμανση kriging κατά την εκτίμηση της αξίας στη θέση u_a από ένα γραμμικό συνδυασμό των

$(N - 1)$ άλλων δεδομένων. Ο βαθμός του μη πλεονασμού είναι η διασταυρωμένη επικύρωση της διακύμανσης kriging. Ο ορισμός (1) είναι ευρύτερος από τον ορισμό της διακύμανσης kriging (2) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο εν λόγω μέτρο οποιαδήποτε ομοιότητα (πλεονασμός) επαληθεύοντας τα αξιώματα του βαθμωτού προϊόντος. Ο Journel (1988) πρότεινε πολλά τέτοια εναλλακτικά μέτρα χωρικής συνέχειας, κάποια από τα οποία είναι πιο ισχυρά σε σχέση με τις ακραίες τιμές και την σύζευξη δεδομένων παρά με τον παραδοσιακό εκτιμητή συμμεταβλητότητας (βαριόγραμμα).

Στη συγκεκριμένη περίπτωση της μη χωρικής συσχέτισης, το CN συνεχίζει στον πίνακα ταυτότητας, $c_a = 0$, άρα $d_{nr}(u_a) = 1$ για κάθε θέση δεδομένου u_a . Αν η τυχαία μεταβλητή $Z(u_a)$ είναι απολύτως περιττή με κάποιες άλλες, τότε $|A| = |CN| = 0$ και ο βαθμός του μη πλεονασμού είναι μηδέν.

3.4 Χωρική Αποσύζευξη

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, τα βάρη χωρικής αποσύζευξης πρέπει να αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένη χωρική συνέχεια που παρατηρείται στο σύνολο των δεδομένων του δείγματος. Ο προσδιορισμός του βαθμού του μη πλεονασμού (1) απαιτεί μία συνάρτηση συσχέτισης, $\rho(h)$, ισχυρή σε σχέση με την σύζευξη των δεδομένων. Η χωρική συνέχεια διαμορφώνεται συνήθως από το βαριόγραμμα δείγματος. Η χρήση του εκτιμητή βαριογράμματος αποσύζευξης θα πρέπει να γίνεται κατά τον χειρισμό χωρικά συζευγμένων συνόλων δεδομένων. Το πρόβλημα προκύπτει όταν τα βαριογράμματα υπολογίζονται από δεδομένα, καθώς τα δεδομένα αποσύζευξης χρειάζονται βαριόγραμμα. Αυτό το πρόβλημα φαίνεται ατέρμονο. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, προτείνεται η χρήση ενός μέτρου χωρικής συνέχειας, ισχυρό έναντι της σύζευξης δεδομένων ή να εφαρμοστεί ένας μετασχηματισμός δεδομένων που μειώνει την επίπτωση της σύζευξης στον υπολογισμό του βαριογράμματος, ή ένας συνδυασμός και των δύο. Παραδείγματα

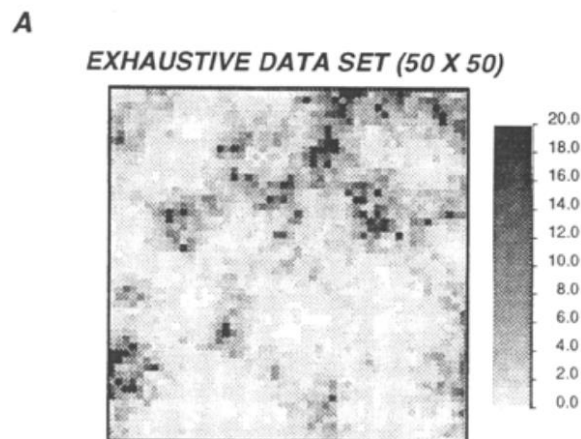
εκτιμητών βαριογραμμάτων ισχυρά σε σχέση με τις ακραίες τιμές και την σύζευξη των δεδομένων έχουν προταθεί από τους David (1977), Cressie και Hawkins (1980), Alfaro (1984), Armstrong (1984), Cressie (1984), Dowd (1984), Omre (1984), Isaaks και Srivastava (1988) και Journel (1988). Εδώ το προτεινόμενο μέτρο βασίζεται στο διάγραμμα συσχέτισης των ενιαίων βαθμολογιών των συζευγμένων τιμών δεδομένων. Ο ομοιόμορφος μετασχηματισμός επαναπροσδιορίζει σε μικρότερη κλίμακα τις τιμές δεδομένων στο διάστημα $[0, 1]$, η οποία μειώνει τις μεγάλες διακυμάνσεις που βλέπουμε σε πολλά παραδοσιακά βαριογράμματα δείγματος. Το διάγραμμα συσχέτισης (βαριόγραμμα) των ενιαίων βαθμολογιών επαναπροσδιορίζεται για να έχει μονάδα διακύμανσης. Επειδή η ομοιόμορφη μετατροπή διατηρεί την κατάταξη μετατροπής και διατηρεί τα κύρια χαρακτηριστικά της αρχικής χωρικής συνέχειας.

Μία σημαντική πτυχή της εφαρμογής σχετίζεται με το μέγεθος του παραθύρου αναζήτησης με κέντρο στη θέση u_a , όταν υπολογίζονται οι πίνακες συσχέτισης C_N και C_{N-1} . Με άλλα λόγια, πόσο μεγάλο θα έπρεπε να είναι το N ; Στην ιδανική περίπτωση, το N πρέπει να είναι ο συνολικός αριθμός των διαθέσιμων δεδομένων. Ωστόσο, όταν ο αριθμός αυτός είναι πολύ μεγάλος (π.χ., $N > 100$), ο υπολογισμός των $|C_{N-1}|$ και $|C_N|$ μπορεί να επηρεαστεί από την αριθμητική αστάθεια. Χρησιμοποιώντας κινούμενα γειτονικά δεδομένα όπως στο συνηθισμένο kriging, το N περιορίζεται στα $n(u_a)$ δεδομένα που εμφανίζονται εντός ενός παραθύρου με επίκεντρο στο u_a με (κατευθυντική) ακτίνα ίση με τα μεγαλύτερα (κατευθυντικά) μήκη συσχέτισης του μοντέλου συσχέτισης που χρησιμοποιήθηκε. Πράγματι, η τυχαία μεταβλητή (και τα αποτελέσματα της) στη θέση δεδομένων u_a έχουν μηδενικό πλεονασμό (συσχέτιση) με οποιαδήποτε τυχαία μεταβλητή (ή τοποθεσία δεδομένων) έξω από το παράθυρο συσχετισμού. Εάν δεν υπάρξουν άλλα στοιχεία εντός του παραθύρου συσχέτισης, $n(u_a) = 0$, τότε το δεδομένο a λαμβάνει τον πλήρη βαθμό του μη πλεονασμού (βάρος αποσύζευξης ίσο με 1).

3.5 Σετ Δεδομένων GSLIB

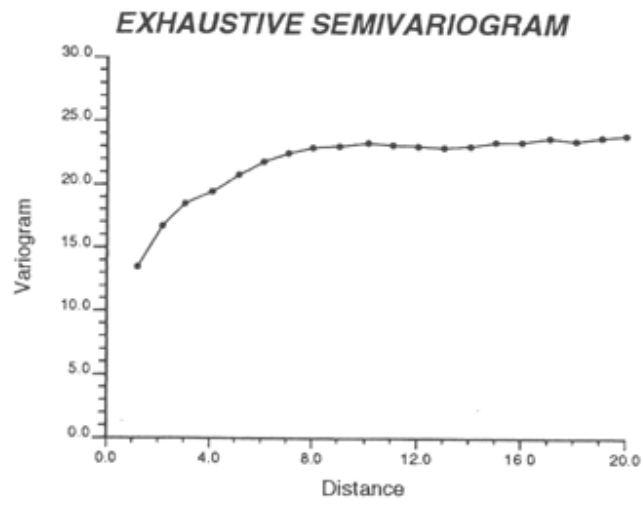
Το Σχήμα 3.1 παρουσιάζει την εξαντλητική εικόνα (50×50 πλέγμα), από την οποία λήφθηκαν τα GSLIB δεδομένα δείγματος cluster.dat. Το σχήμα 3.2 δείχνει το εξαντλητικό κατευθυντικό πειραματικό βαριόγραμμα. Το εξαντλητικό ιστόγραμμα

παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.3. Το Σχήμα 3.4 δείχνει το χάρτη τοποθεσιών για δεδομένα του συζευγμένου συνόλου δεδομένων δειγμάτων (από το Σχήμα 3.1). Το Σχήμα 3.5 δείχνει το αντίστοιχο πανκατευθυντικό βαριόγραμμα δείγματος και η Εικόνα 3.6 παρουσιάζει το ιστόγραμμα δείγματος. Σημειώνεται η επίπτωση στις καθολικές στατιστικές (ιστόγραμμα και βαριόγραμμα) της προτίμησης δειγματοληψίας στις ζώνες υψηλής ποιότητας. Τα συζευγμένα δεδομένα είναι αποτέλεσμα δειγματοληψίας δύο βημάτων: ένα πρώτο σετ 97 δεδομένων χρησιμοποιείται σε ψευδοκανονικό πλέγμα 5×5 , έπειτα ένα δεύτερο σετ 43 δεδομένων χρησιμοποιείται σε περιοχές που ανιχνεύτηκαν ως περιοχές υψηλής αξίας από το πρώτο στάδιο της δειγματοληψίας. Το Σχήμα 3.7 συγκρίνει το εξαντλητικό βαριόγραμμα, το παραδοσιακό βαριόγραμμα δείγματος των συζευγμένων δεδομένων και το βαριόγραμμα δείγματος των ίδιων ομοιόμορφα βαθμολογημένων συζευγμένων δεδομένων, όλα τα βαριόγραμμα είναι τυποποιημένα σε μία μονάδα διακύμανσης (κατώφλι). Το βαριόγραμμα δείγματος ομοιόμορφων βαθμολογιών αντανακλά την υποκείμενη χωρική συνέχεια που φαίνεται στο εξαντλητικό πειραματικό βαριόγραμμα, ενώ το παραδοσιακό βαριόγραμμα δείγματος δεν αποκαλύπτει οποιαδήποτε δομή.



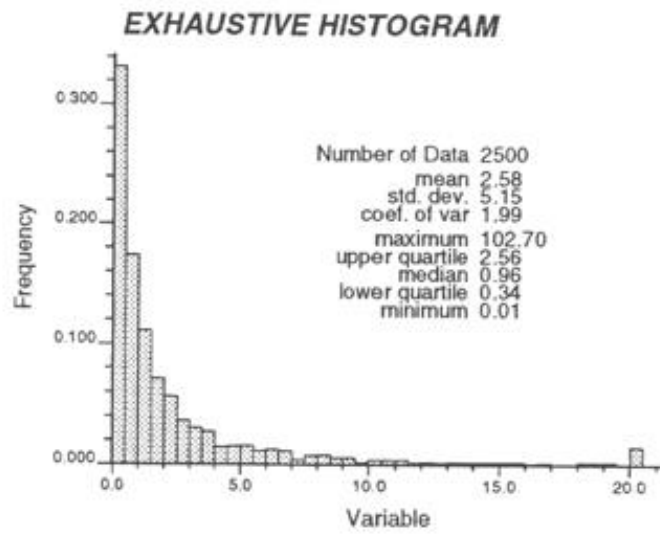
Σχήμα 3.1. Χάρτης Αναφοράς.

B



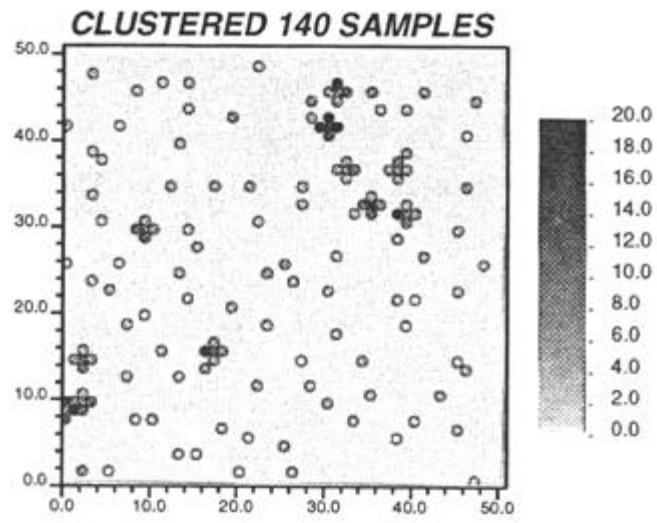
Σχήμα 3.2.
Εξαντλητικό βαριόγραμμα

C



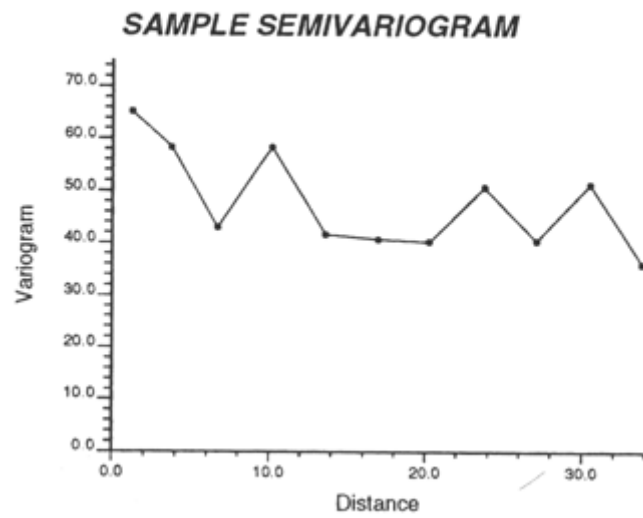
Σχήμα 3.3.
Εξαντλητικό ιστόγραμμα του σετ δεδομένων GSLIB.

A



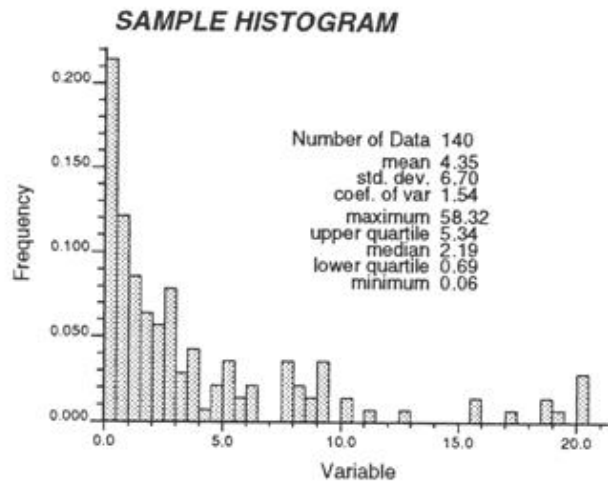
Σχήμα 3.4.
Χάρτης Τοποθεσιών.

B



Σχήμα 3.5.
Βαριόγραμμα Δείγματος.

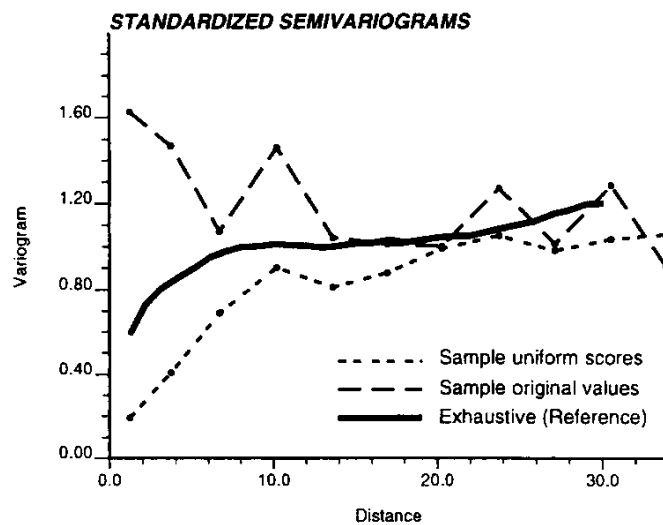
C



Σχήμα 3.6.

Ιστόγραμμα για 140 χωρικά συζευγμένων δεδομένων.

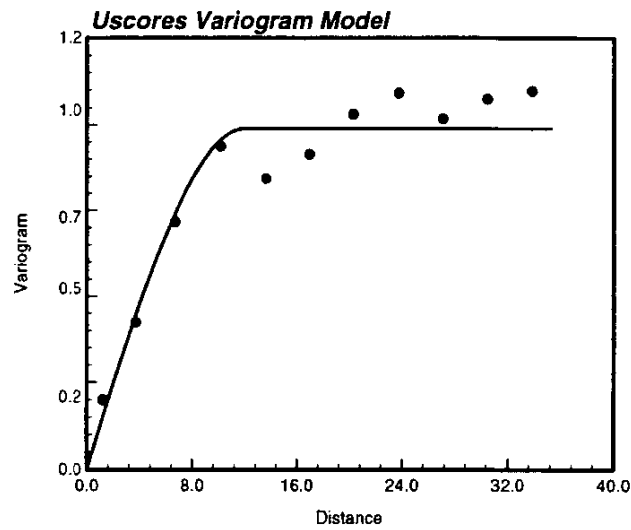
A



Σχήμα 3.7.

Σύγκριση εξαντλητικού βαριογράμματος (αναφοράς) (συνεχής γραμμή), βαριογράμματος δείγματος, υπολογισμένο στις αρχικές τιμές 140 δεδομένων (εμικήκης διακεκομμένη γραμμή) και βαριογράμματος δείγματος υπολογισμένο σε ομοιόμορφες βαθμολογίες από 140 τιμές δεδομένων (σύντομες διακεκομμένες). Όλα τα βαριογράμματα είναι τυποποιημένα σε μονάδα κατωφλιού.

B

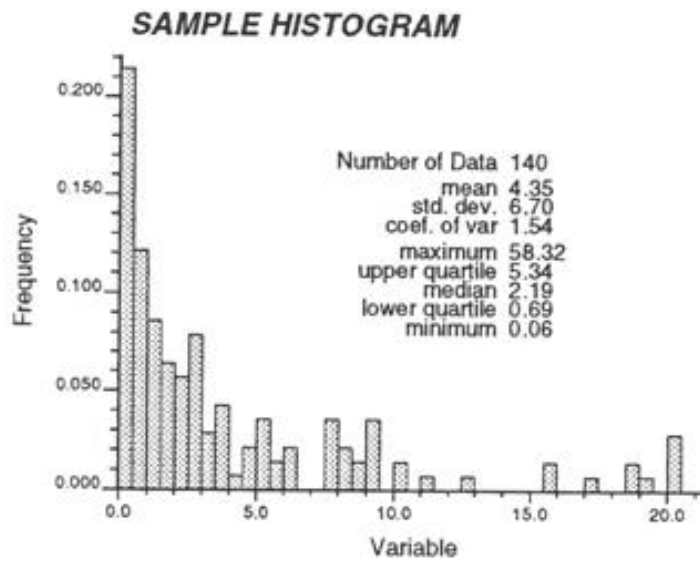


Σχήμα 3.8.

Βαριόγραμμα μοντελοποίησης δείγματος ομοιόμορφων βαθμολογιών χρησιμοποιώντας σφαιρικού σχεδιασμού με εύρος 10 μονάδων και μηδενικής επίδρασης κόκκου.

Το πειραματικό βαριόγραμμα που υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις ομοιόμορφες βαθμολογίες εμφανίζεται ισχυρό σε σχέση με τη σύζευξη των δεδομένων. Ένα τυποποιημένο σφαιρικό βαριόγραμμα με εύρος 10 μονάδων και μηδενικό φαινόμενο κόκκου χρησιμοποιήθηκε για τη μοντελοποίηση της χωρικής συνέχειας από το ομοιόμορφο βαθμολογικό βαριόγραμμα δείγματος (Σχήμα 3.8). Το Σχήμα 3.9 συγκρίνει το αποσυζευγμένο ιστόγραμμα που λαμβάνεται με την προτεινόμενη προσέγγιση και με αυτή που λαμβάνεται από το πρόγραμμα Declus του GSLIB (Deutsch και Journel, 1992, p. 207).

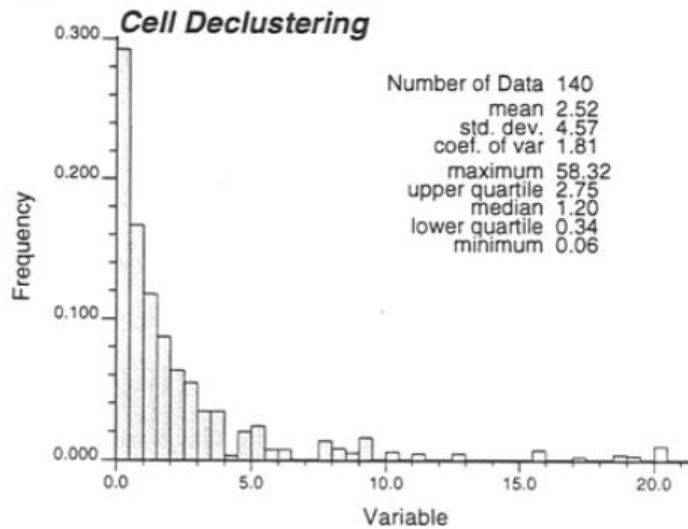
C



Σχήμα 3.9.

Αποσυζευγμένο ιστόγραμμα δείγματος που λήφθηκε με τη χρήση της προτεινόμενης προσέγγισης και του παραθύρου τοπικής συσχέτισης.

B



Σχήμα 3.10.

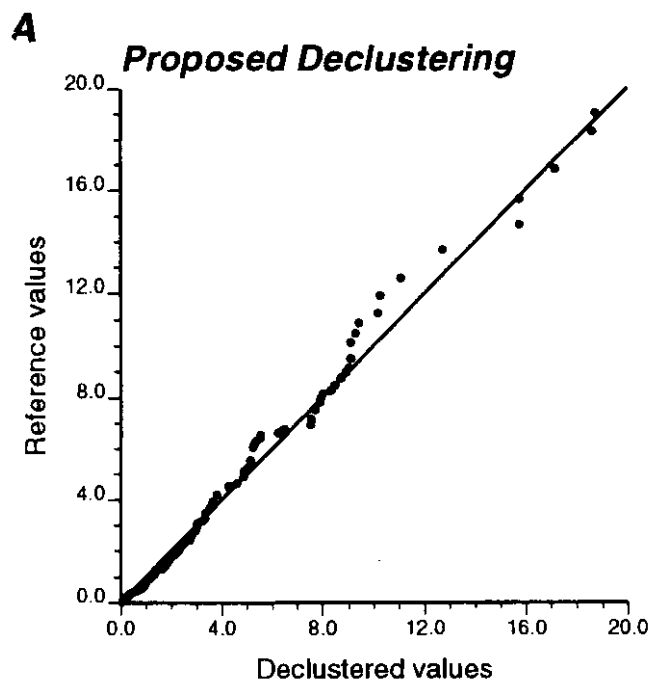
Αποσυζευγμένο ιστόγραμμα δείγματος που λήφθηκε με τη χρήση της τεχνικής αποσύζευξης κελιών.

Το πρόγραμμα Declus εφαρμόζει την τεχνική αποσύζευξης πυρήνων που προτάθηκε αρχικά από τον Journel (1983). Σε σύγκριση με τις στατιστικές αναφορές του Σχήματος 3.1 και οι δύο τεχνικές παράγουν καλά αποτελέσματα,

με την προτεινόμενη προσέγγιση να παρέχει ελαφρώς πιο ακριβή μέσο και τυπική απόκλιση. Αυτό επιβεβαιώνεται από το ιστόγραμμα συχνοτήτων του Σχήματος 3.11, η προτεινόμενη προσέγγιση παρέχει ακριβέστερες εκτιμήσεις των υψηλότερων συχνοτήτων αναφοράς (το σημαντικότερο σε πολλές εφαρμογές). Το παράθυρο αναζήτησης που χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί ο πίνακας $C_{n(\mu\alpha)}$ περιέχει κατά μέσο όρο 17 τιμές δεδομένων.

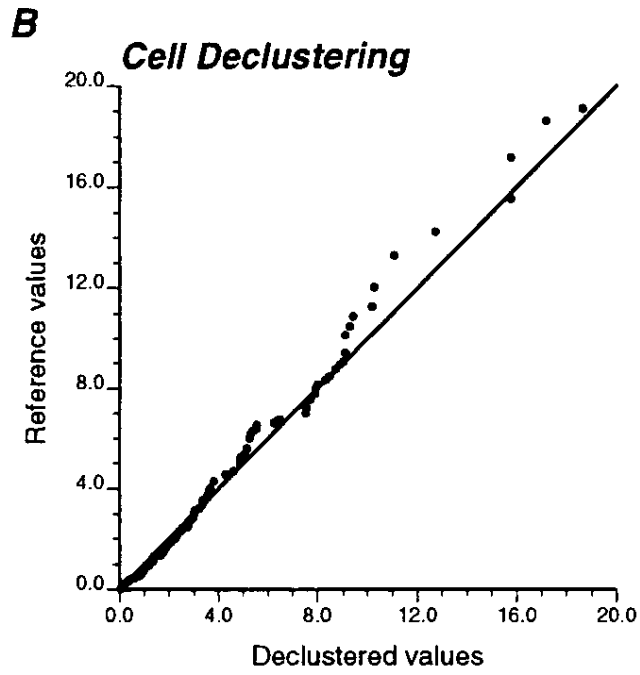
Σχήμα 11.

Ιστογράμματα συχνοτήτων συγκρίνοντας την εξαντλητική διανομή (αναφοράς) με τη διανομή δειγμάτων.



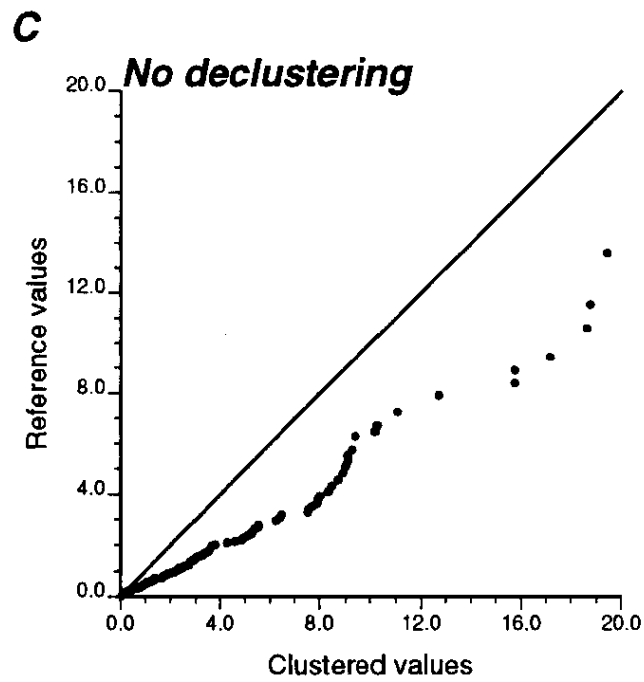
Σχήμα 3.12.

Διορθωμένο με τον προτεινόμενο βαθμό του μη πλεονασμού.



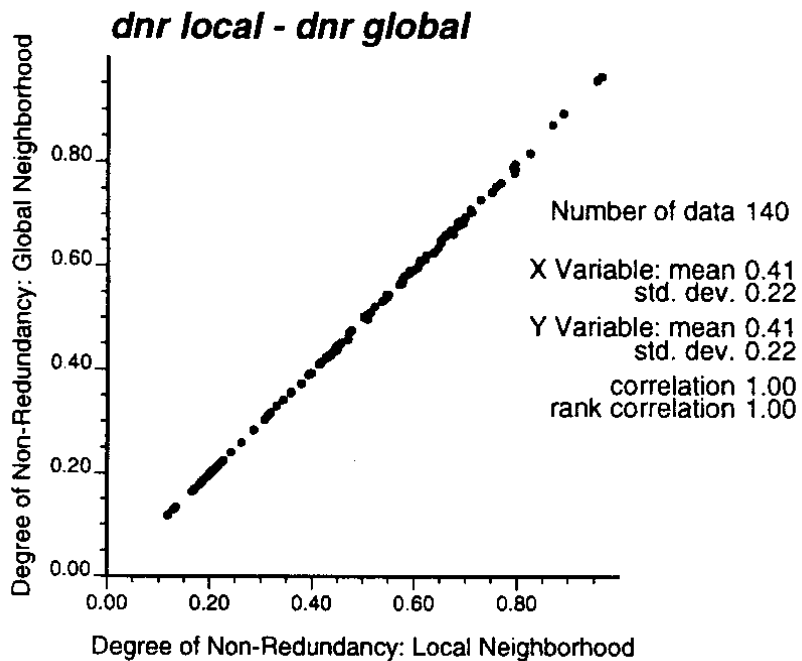
Σχήμα 3.12.

Διορθωμένο με την προσέγγιση αποσύζευξης κελιών.



Σχήμα 3.13.

Χωρίς διόρθωση



Σχήμα 3.14.

Διασταβρούμενο ιστόγραμμα μεταξύ των βαθμών του μη πλεονασμού που υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας το παράθυρο τοπικής συσχέτισης και χρησιμοποιώντας την παγκόσμια γειτονιά.

Για να εκτιμήσουμε την ευαισθησία της προτεινόμενης προσέγγισης προς το μέγεθος της γειτονικής τοποθεσίας αναζήτησης, το οποίο είναι κατά τον αριθμό των δεδομένων $n(\mathbf{u}_\alpha)$ που διατηρούνται για την κατασκευή των πινάκων συσχέτισης $\mathbf{C}_{n(\mathbf{u}_\alpha)}$ και $\mathbf{C}_{n(\mathbf{u}_\alpha)-1}$, οι βαθμοί του μη πλεονασμού, $dnr(\mathbf{u}_\alpha)$, υπολογίστηκαν εκ νέου λαμβάνοντας υπόψιν μία συνολική γειτονιά, $n(\mathbf{u}_\alpha) = N = 140$. Το Σχήμα 3.14 παρουσιάζει το διάγραμμα διασποράς μεταξύ των βαθμών του μη πλεονασμού που υπολογίζεται χρησιμοποιώντας ένα κινούμενο παράθυρο συσχετισμού ενάντια στη χρήση μιας παγκόσμιας γειτονιάς. Για όλους τους πρακτικούς σκοπούς, οι τιμές είναι ίδιες.

Το άθροισμα των 140 βαθμών του μη πλεονασμού που αντιστοιχούν στα 140 συζευγμένα δεδομένα είναι ίσο με 57.8, το γεγονός αυτό δείχνει ότι τα 140 συζευγμένα δεδομένα παρέχουν τις ίδιες πληροφορίες για τις καθολικές

στατιστικές όπως τα 58 δεδομένα του μη πλεονασμού, δηλαδή 58 δεδομένα με ενδιάμεση απόσταση μεγαλύτερη από 10 μονάδες (εύρος συσχέτισης).

3.6 Συμπεράσματα

Το προτεινόμενο βάρος αποσύζευξης ορίζεται ως ο λόγος των καθοριστικών παραγόντων των πινάκων συσχέτισης, ο ένας συμπεριλαμβανομένης και ο άλλος μη συμπεριλαμβανομένης της ανά περιφέρεια τυχαίας μεταβλητής στη συγκεκριμένη τοποθεσία δεδομένων. Το βάρος αυτό μετρά την αύξηση του παγκόσμιου πλεονασμού κατά την προσθήκη της ανά περιφέρειας τυχαίας μεταβλητής που εμπλέκεται με τις άλλες ανά περιφέρεια τυχαίες μεταβλητές σε θέσεις δεδομένων που λαμβάνουν χώρα εντός του παραθύρου συσχετισμού και επικεντρώνονται στη θέση που συμβαίνει η αποσύζευξη. Όταν οι πίνακες πλεονασμού είναι και πίνακες συνδιακύμανσης, αυτά τα βάρη αποσύζευξης είναι ισοδύναμα με την διασταυρωμένη επικύρωση απλής διακύμανσης kriging. Παρόμοια με την διακύμανση kriging, η προτεινόμενη τεχνική αποσύζευξης αντιπροσωπεύει τη γεωμετρία της δειγματοληψίας και της χωρικής συνέχειας του συνόλου δεδομένων. Η πειραματική συνδιασπορά (ή βαριόγραμμα) των ομοιόμορφων βαθμολογιών των αρχικών τιμών, αναδιαβαθμισμένη σε μία μονάδα κατωφλιού (sill), φαίνεται να είναι ένα ανθεκτικό μέτρο συσχέτισης σε σχέση με τη σύζευξη των δεδομένων. Για το σύνολο δεδομένων cluster.dat GSLIB, τα αποτελέσματα της προτεινόμενης προσέγγισης φαίνονται ελαφρώς καλύτερα από ό,τι εκείνα που λαμβάνονται με την παραδοσιακή τεχνική της αποσύζευξης πυρήνων. Και οι δύο προσεγγίσεις θα πρέπει να συγκρίνονται σε περισσότερες μελέτες περιπτώσεων πριν την κατάρτιση γενικών συμπερασμάτων. Ένα σαφές πλεονέκτημα της προτεινόμενης προσέγγισης υπέρ της τεχνικής αποσύζευξης πυρήνων, είναι ότι δεν απαιτεί να γνωρίζει εκ των προτέρων αν βρίσκονται συζεύξεις σε περιοχές υψηλής ή χαμηλής σημασίας. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι τα βάρη αποσύζευξης βρίσκονται στο διάστημα $[0, 1]$, που τα καθιστά εύκολο να ερμηνευθούν, 0 για πλήρη πλεονασμό και 1 για πλήρη μη πλεονασμό. Ο κύριος περιορισμός της προτεινόμενης προσέγγισης σχετίζεται με την ανάγκη για ένα προγενέστερο εκτιμητή βαριογράμματος, στιβαρό σε σχέση με την σύζευξη των δεδομένων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το βαριόγραμμα μπορεί να είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Ωστόσο, στη γεωστατιστική βιβλιογραφία έχουν προταθεί

πολλά και ισχυρά μέτρα της χωρικής συνέχειας. Χρησιμοποιώντας τα μέτρα αυτά, σε συνδυασμό με μία κατάταξη διατήρησης μετατροπής μπορεί να φανεί χρήσιμο για το χαρακτηρισμό της χωρικής συνέχειας χωρικά συζευγμένων δεδομένων. Πρέπει να γίνει ειδική ανάληψη της φροντίδας της σχετικής αναλογίας του φαινομένου κόκκου όταν γίνεται μοντελοποίηση της χωρικής συνέχειας. Όντας παρόμοιο με την διακύμανση kriging, ο προτεινόμενος βαθμός του μη πλεονασμού είναι ευαίσθητος στην παραπάνω παράμετρο.

4. Αποσύζευξη και Διόρθωση Συστηματικών Λαθών

4.1 Περίληψη

Οι στρατηγικές αποφάσεις ενός project βασίζονται στις κατανομές των συνολικών μεταβλητών, για παράδειγμα, οι συνολικοί απολήψιμοι πόροι ή ο όγκος ανακτώμενου πετρελαίου. Αυτές οι συνολικές κατανομές μεταβλητών είναι πολύ ευαίσθητες σε αναλογίες τύπου πετρωμάτων και των ιστογραμμάτων των συνεχών μεταβλητών. Σημαντική είναι η αντιπροσωπευτικότητα της εισαγωγής ενός στατιστικού σημείου σε όλα τα χωρικά μοντέλα.

Η διαδικασία συναρμολόγησης αντιπροσωπευτικού στατιστικού σημείου περιπλέκεται από τις συζεύξεις δειγμάτων και από τη χωρική προδιάθεση στις τοποθεσίες των δεδομένων. Η επεξήγηση παρέχεται στην πηγή της μη αντιπροσωπευτικής δειγματοληψίας και στην ανάγκη για αποσύζευξη και αντιπροσωπευτικότητα.

4.2 Εισαγωγή

Για τη δημιουργία ρεαλιστικών γεωστατιστικών μοντέλων χρειάζεται μεγάλη υπολογιστική προσπάθεια. Τα θετικά αυτών των μοντέλων κρίνονται από την δυνατότητα τους να αναπαράγουν εισαγωγές ενός στατιστικού στοιχείου και δομές συνέχειας. Γεωστατιστικές τεχνικές αναπαράγουν υποχρεωτικά, αναλογίες λιθογραφιών όψεως και το ιστόγραμμα ιδιοτήτων πετροφυσικών ερευνών. (Gringarten et al., pg. 1, 2000). Υπάρχει πολύ μικρή εγγενής αποσύζευξη ή αντιπροσωπευτικότητα μέσα στις γεωστατιστικές προσομοιώσεις αλγορίθμων. Η γεωστατιστική προσομοίωση πάντα σταθμίζει τη κατανομή των εισακτέων δεδομένων. Η γκαουσιανή προσομοίωση ειδικότερα εξασφαλίζει ότι η κατανομή των εισακτέων δεδομένων αναπαράγεται στο περίπου. Η συγκεντρωμένη δειγματοληψία που διαστρεβλώνει τις αναλογίες μέσα σε ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους ή η χωρική μη αντιπροσωπευτική δειγματοληψία πόλωσης που δεν χαρακτηρίζει το πλήρες φάσμα της κατανομής στα εισακτέα δεδομένα, πρέπει να αντιμετωπίζεται ρητά.

Η σημασία των αντιπροσωπευτικών δεδομένων εισόδου κατανομής πρέπει να αξιολογείται σε σχέση με την ευαισθησία της μεταβλητής απόκρισης σε

συζευγμένα ή μη αντιπροσωπευτικά στατιστικά δεδομένα εισόδου. Τα προσομοιωμένα μοντέλα είναι μόνο ένα ενδιάμεσο αποτέλεσμα. Οι αποφάσεις διαχείρισης εστιάζουν στο αποτέλεσμα μετά την εφαρμογή μιας συνάρτησης μεταφοράς.

Συνήθως εφαρμόζονται μέθοδοι αποσύζευξης με αυτοματοποιημένο τρόπο. Αυτή η εργασία ασχολείται με τις ιδιότητες μιας ποικιλίας αλγόριθμων αποσύζευξης και μεθόδων βελτίωσης της εφαρμογής τους. Αντιμετωπίζονται προβλήματα που βρίσκουμε όταν εργαζόμαστε με ανισοτροπία μέσα σε λιθογραφικές όψεις και με πολλαπλές μεταβλητές. Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε την εφαρμοσιμότητα και τα όρια των αλγόριθμων αποσύζευξης, εφόσον εφαρμόζοντας τους τυφλά μπορεί να μας δώσει χειρότερα αποτελέσματα από ότι θα μας έδιναν αφελή στατιστικά στοιχεία.

Η αποσύζευξη είναι αναποτελεσματική σε περιπτώσεις όπως η χωρική πόλωση. Εργαλεία αποσύζευξης όπως η μοντελοποίηση τάσης για την αντιπροσωπευτικότητα και η αντιπροσωπευτικότητα από ποιοτικά δεδομένα θα πρέπει τεθούν σε συνήθης πρακτικές με σκοπό τη βελτίωση της εξαγωγής συμπερασμάτων ενός στατιστικού σημείου.

4.3 Μη αντιπροσωπευτική Δειγματοληψία

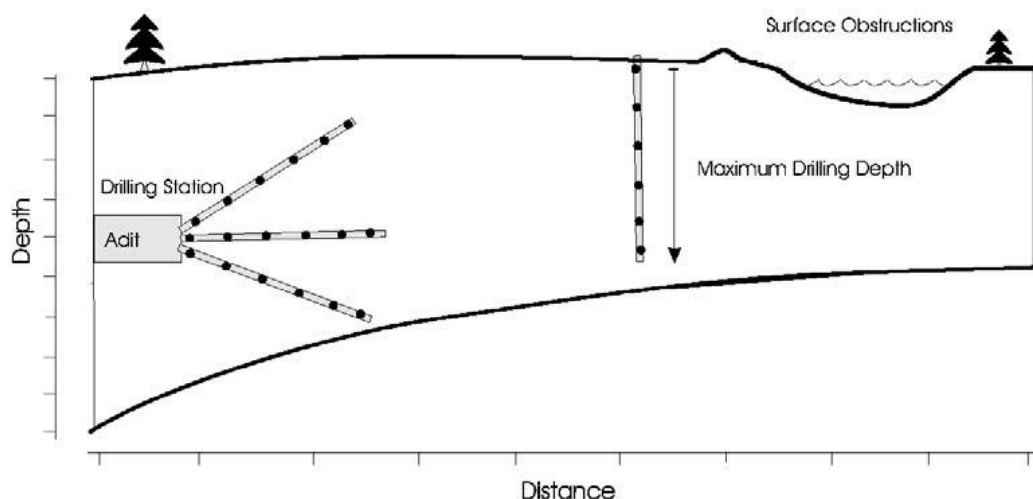
Είναι φυσικό τα χωρικά δεδομένα να συλλέγονται με έναν μη αντιπροσωπευτικό τρόπο. Σκόπιμη είναι η προνομιακή δειγματοληψία σε περιοχές ενδιαφέροντος η οποία διευκολύνεται από τη γεωλογική προαίσθηση, αναλογικά δεδομένα και προηγούμενες δειγματοληψίες. Η πρακτική της συλλογής συζευγμάτων ή χωρικά προκατειλημμένων δειγμάτων ενθαρρύνεται από την τεχνικούς και οικονομικούς περιορισμούς, όπως οι μελλοντικοί στόχοι παραγωγής, προσβασιμότητα και τα κόστη των εργαστηριακών εργασιών.

Το κόστος της αβεβαιότητας δεν παντού το ίδιο εντός της περιοχής ενδιαφέροντος. Για παράδειγμα, το κόστος της αβεβαιότητας σε μία περιοχή υψηλής ποιότητας είναι πολύ υψηλότερο από το κόστος της αβεβαιότητας εντός σαφώς άχρηστων υλικών. Η Καλή οριοθέτηση και ένα υψηλό επίπεδο βεβαιότητας εντός των

υλικών άριστης ποιότητας επιτρέπει την ακριβή εκτίμηση αποθεμάτων και τον βέλτιστο σχεδιασμό εξόρυξης.

Οι μελλοντικοί στόχοι παραγωγής μπορούν επίσης να ενθαρρύνουν χωρικά προκατειλημμένη δειγματοληψία ή συζευγμένη δειγματοληψία. Η αρχή της εξόρυξης από της περιοχές υψηλής ποιότητας είναι συχνή πρακτική. Σε αυτήν την περίπτωση είναι σκόπιμο να οριοθετηθούν και να χαρακτηριστούν οι περιοχές υψηλής ποιότητας.

Πρακτικά θέματα της προσβασιμότητας μπορούν επίσης να προκαλέσουν χωρικά προκατειλημμένη δειγματοληψία. Για παράδειγμα, το βάθος διάτρησης ή οι διαθέσιμοι σταθμοί γεωτρήσεων μπορεί να περιορίσουν την επιλογή δειγμάτων. Με την παρουσία της κατακόρυφης τάσης, το περιορισμένο βάθος διάτρησης μπορεί να οδηγήσει σε ένα υποσύνολο της υποκείμενης κατανομής και να μην δεχθεί δειγματοληψία. Τα πιθανά σενάρια των οποίων η προσβασιμότητα θα είναι προβληματική, είναι πολλά (βλ. Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1 – Μερικά παραδείγματα των περιορισμών στην προσβασιμότητα απεικονίζονται σε διατομή.

Η μη αντιπροσωπευτικότητα μπορεί επίσης να εισαχθεί στο στάδιο δοκιμής. Για παράδειγμα, όταν γίνεται αφαίρεση τμημάτων του πυρήνα με σκοπό την μέτρηση

της διαπερατότητας, είναι απίθανο, το ένα τμήμα του σχιστόλιθου να υποβληθεί σε ακριβές δοκιμές. Ομοίως, άγονοι βράχοι μπορεί να μην σταλούν για αναλύσεις.

4.4 Συμβατική Στατιστική

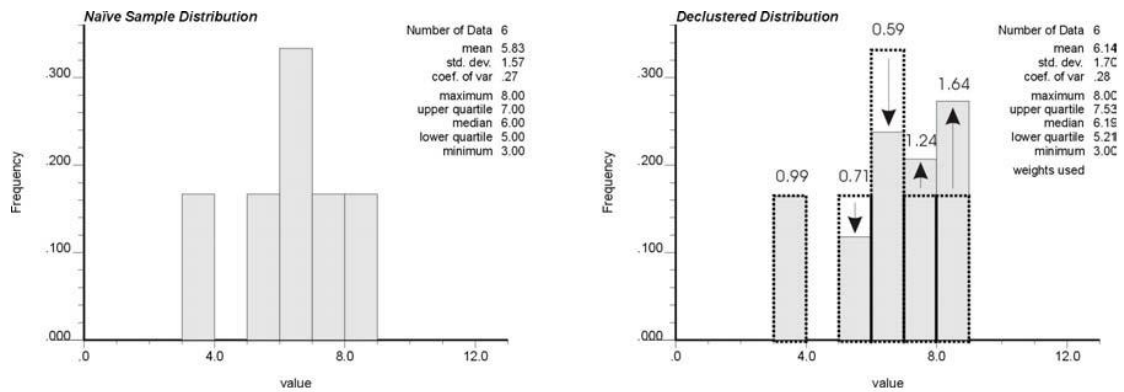
Οι συμβατικές στατιστικές δεν παρέχουν λογικές λύσεις για το πρόβλημα της ανέγερσης αντιπροσωπευτικών χωρικών κατανομών. Ένα απλό τυχαίο δείγμα από τον πληθυσμό των ενδιαφερόντων θα ήταν αντιπροσωπευτικό, αλλά ακατάλληλο στις περισσότερες περιπτώσεις. Ένα δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό όταν κάθε μονάδα του πληθυσμού έχει την ίδια πιθανότητα να υποβληθεί σε δειγματοληψία. Με τις συμβατικές στατιστικές αυτό επιτυγχάνεται με την αποφυγή υποκειμενικής δειγματοληψίας ή ευκαιριακής δειγματοληψίας. Όπως εξηγείται ανωτέρω, υπάρχουν πολλοί λόγοι πως τα γεωλογικά δείγματα συλλέγονται με προκατειλημμένους τρόπους.

Η τακτική ή η τυχαία στρωματοποιημένη δειγματοληψία μπορεί να είναι σε θέση να παρέχει μια καλή προσέγγιση μιας αντιπροσωπευτικής κατανομής. Όπως προαναφέρθηκε, η δειγματοληψία σε ένα κανονικό πλέγμα είναι μία σπάνια πρακτική για τους ίδιους οικονομικούς λόγους και λόγους προσβασιμότητας. Τα κανονικά πλέγματα δειγματοληψίας μπορούν να εφαρμοστούν σε προκαταρκτικές έρευνες πόρων. Αυτές οι εκστρατείες δειγματοληψίας είναι συχνά επαυξημένες από τις μη συστηματικές παρεμβαλλόμενες γεωτρήσεις. Μία προσέγγιση θα ήταν να εξαιρεθούν τα συζευγμένα δείγματα πλήρωσης με σκοπό την οικοδόμηση κατανομών. Αν και αυτό θα συμφωνούσε περισσότερο με τη συμβατική στατιστική θεωρία, το πέταγμα ακριβών πληροφοριών δεν είναι θεμιτό (Isaaks και Srivastava, σελ. 237-238, 1997).

4.5 Αποσύζευξη

Η αποσύζευξη είναι τεκμηριωμένη και εφαρμόζεται ευρέως. Υπάρχουν διαφόρων τύπων μέθοδοι αποσύζευξης, όπως η αποσύζευξη πυρήνων, η πολυγωνική αποσύζευξη και αποσύζευξη βάρους kriging. Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στην στάθμιση των δεδομένων του δείγματος, ώστε να υπολογίσουν την χωρική αντιπροσωπευτικότητα. Το σχήμα 4.2 δείχνει την επίδραση της στάθμισης του

ιστογράμματος. Σημειώνεται ότι η στάθμιση δεν αλλάζει τις τιμές, αλλάζει μόνον η επιρροή του κάθε δείγματος.

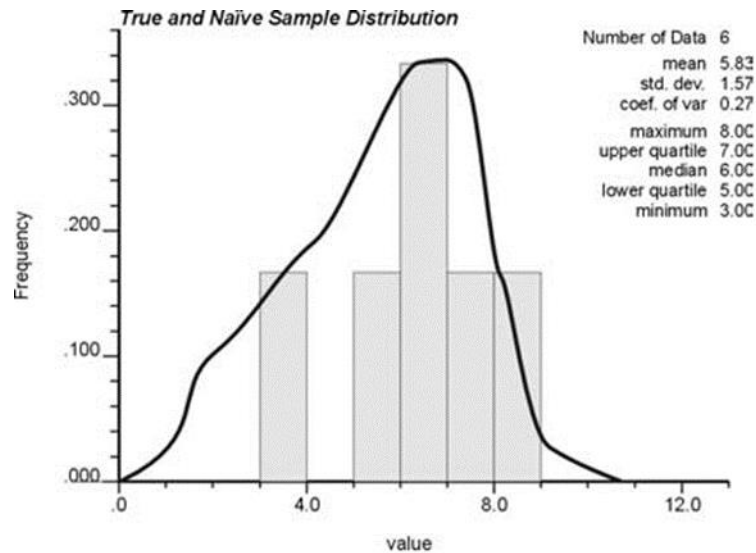


Σχήμα 4.2 – Η επίδραση της στάθμισης σε μία κατανομή. Στη δεξιά μεριά η αφελής κατανομή (διακεκομμένη γραμμή) είναι επάνω στην αποσυζευγμένη κατανομή με τα βάρη που αναφέρονται.

Υπάρχουν δύο σημαντικές υποθέσεις σε όλες τις τεχνικές αποσύζευξης: 1) Έχει γίνει δειγματοληψία σε ολόκληρη την εμβέλεια της αληθινής κατανομής ή τα δεδομένα δεν είναι χωρικά προκατειλημμένα. 2) Η φύση της σύζευξης είναι κατανοητή. Η αποσύζευξη δε μπορεί να εκτελεστεί καλά χωρίς αυτές τις υποθέσεις. Η πρώτη υπόθεση απαιτείται, δεδομένου ότι η στάθμιση ρυθμίζει μόνο την επιρροή του κάθε δείγματος πάνω στη κατανομή και δεν αλλάζει την πραγματική τιμή του δείγματος. Το σχήμα 4.3 δείχνει ένα παράδειγμα όπου η αποσύζευξη δε θα μπορούσε να λειτουργήσει καθώς δεν υπάρχουν χαμηλά δείγματα στα οποία θα μπορούσε να δοθεί περισσότερο βάρος.

Η δεύτερη υπόθεση είναι πως η φύση του συμπλέγματος είναι κατανοητή. Εάν τα δεδομένα δεν έχουν χωρική συσχέτιση τότε δεν υπάρχει λόγος να εφαρμοστεί η αποσύζευξη. Κάθε δείγμα, ανεξάρτητα από τη θέση του, θα είναι μία "κλήρωση" από την βασική κατανομή. Χωρίς κάποια κατανόηση της χωρικής φύσης των δεδομένων, η αποσύζευξη μπορεί να εφαρμοστεί λαθεμένα.

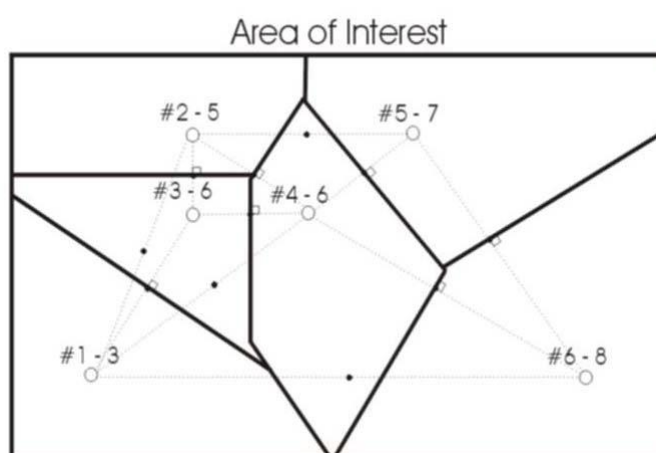
Υπάρχει ποικιλία μεθόδων για τον υπολογισμό των βαρών αποσύζευξης. Η πολυγωνική αποσύζευξη, αποσύζευξη πυρήνων και αποσύζευξη βάρους kriging θα συζητηθούν.



Σχήμα 4.3. Ένα παράδειγμα υποκείμενης κατανομής (έντονη γραμμή) και κατανομής δείγματος (ιστόγραμμα). Δεν έχει ληφθεί δειγματοληψία για ολόκληρο το εύρος της πραγματικής κατανομής.

5. Πολυγωνική Αποσύζευξη

Η πολυγωνική αποσύζευξη εφαρμόζεται συνήθως σε άλλους επιστημονικούς κλάδους, όπως η υδρολογία, για την διόρθωση συμπλεγμάτων σε χωρικά δεδομένα. Η μέθοδος είναι ευέλικτη και απλή. Η τεχνική πολυγωνικής αποσύζευξης βασίζεται στην κατασκευή των πολυγώνων επιρροής για κάθε ένα από τα δεδομένα του δείγματος. Αυτά τα πολύγωνα επιρροής περιγράφονται από όλα τα μεσοδιαστήματα μεταξύ γειτονικών δεδομένων δειγμάτων. Απλό παράδειγμα δεδομένων με πολύγωνα επιρροής φαίνεται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 – Πολύγωνο επιρροής

Για κάθε πολύγωνο επιρροής υπολογίζεται η περιοχή και το βάρος που αποδίδεται σε κάθε δείγμα που υπολογίζεται ως το ποσοστό της περιοχής του πολυγώνου σε ολόκληρη την περιοχή ενδιαφέροντος (όπως και με το άθροισμα όλων των περιοχών των πολυγώνων).

$$w'_j = \frac{area_j}{\sum_{j=1}^n area_j} \cdot n$$

Όπου n είναι ο αριθμός των δεδομένων.

5.1 Ευαισθησία πολυγωνικής αποσύζευξης στα όρια

Η περιοχή που συνδέεται με τα περιφερειακά δείγματα είναι πολύ ευαίσθητη στις οριακές τοποθεσίες. Αν το όριο βρίσκεται μακριά από τα δεδομένα, τότε τα περιφερειακά δείγματα θα λάβουν μεγάλα ποσά βάρους, αφού η περιοχή των πολυγώνων επιρροής τους αυξάνει.

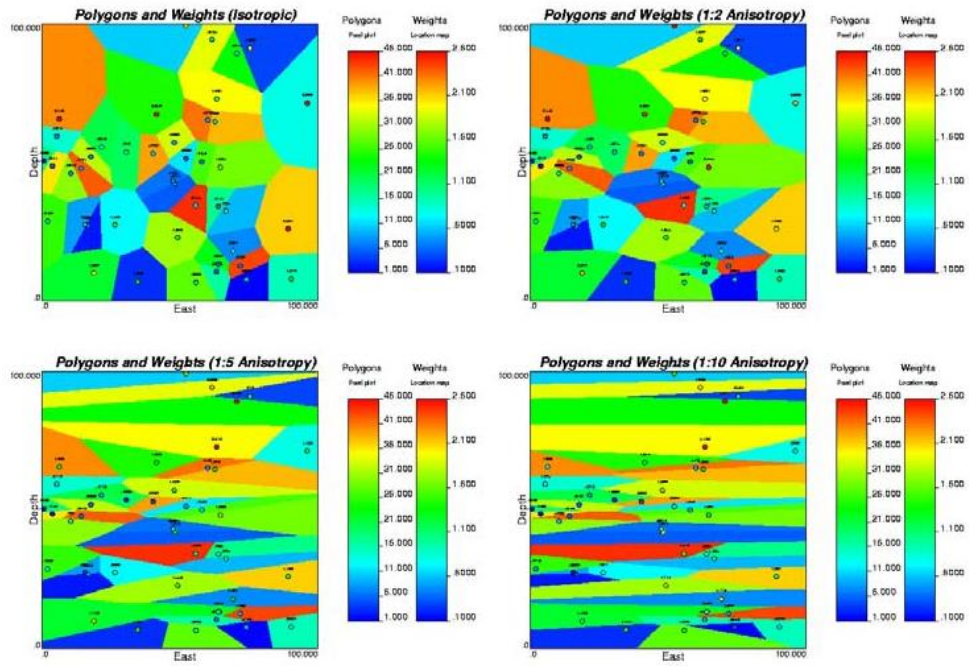
Σε γενικές γραμμές αυτή η μεγάλη ευαισθησία στα όρια εκλαμβάνεται ως αδυναμία στην πολυγωνική αποσύζευξη. Μία κοινή τεχνική είναι απλά να εφαρμοστεί το όριο της περιοχής ενδιαφέροντος. Αυτό μπορεί να ορίζεται από την γεωλογία, τις πακτώσεις κ.λπ. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να εξαρτάται σημαντικά από τη σύνθεση του προβλήματος. Η δεύτερη τεχνική είναι η εκχώρηση μιας μέγιστης απόστασης επιρροής στα δείγματα.

5.2 Προσέγγιση πολυγωνικής αποσύζευξης

Η εφαρμογή της πολυγωνικής αποσύζευξης σε ένα τρισδιάστατο σύνολο δεδομένων απαιτεί τον υπολογισμό πολύπλοκων στερεών, ορίων και όγκων, κάτι το οποίο είναι υπολογιστικά ακριβό. Μία κοντινή προσέγγιση μπορεί να είναι ταχέως υπολογιζόμενη με διακριτοποίηση της περιοχής του ενδιαφέροντος σε ένα λεπτό πλέγμα και αναθέτοντας κάθε κόμβο στα πλησιέστερα δεδομένα.

5.3 Πολυγωνική αποσύζευξη και ανισοτροπία

Κατευθυντικά βάρη μπορούν να εφαρμοστούν στον αλγόριθμο της πολυγωνικής αποσύζευξης προκειμένου να λογοδοτήσουν για την ανισοτροπία. Αυτό επιδεικνύεται στο Σχήμα 5.2 για αναλογίες ανισοτροπίας της τάξεως του 1:1, 2:1, 5:1 και 10:1.



Σχήμα 5.2 – Η επίδραση της ανιστροπίας στα πολύγωνα επιρροής. Η οριζόντια απόσταση σταθμίστηκε με παράγοντες 1, 2, 5, και 10.

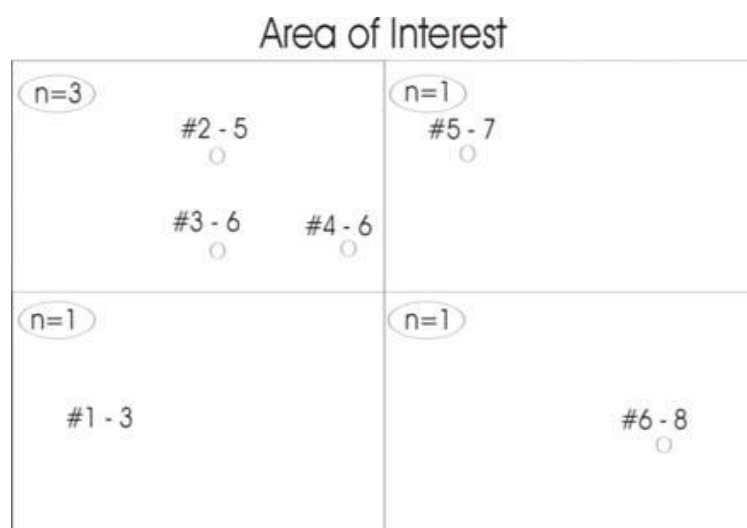
6. Αποσύζευξη Πυρήνων

Η τεχνική αποσύζευξης πυρήνων είναι η πιο συχνά εφαρμοζόμενη μέθοδος στη Γεωστατιστική. Είναι ανευαίσθητη στις περιοχές των ορίων και για το λόγο αυτό θεωρείται πιο ισχυρή από την πολυγωνική αποσύζευξη. Ένας αλγόριθμος αποσύζευξης πυρήνων, ο DECLUS είναι καθιερωμένος στο GSLIB.

Η αποσύζευξη πυρήνων εφαρμόζει τα ακόλουθα βήματα:

- Για κάθε μετατόπιση προέλευσης:
 1. επικάλυψη ενός κανονικού πλέγματος πάνω από τα δεδομένα
 2. εκχώρηση ενός ενδιάμεσου βάρους αντίστροφο του αριθμού των δεδομένων στον πυρήνα
 3. ομοιομορφοποίηση των βαρών διαιρώντας με τον αριθμό των πυρήνων που έχουν δεδομένα
 4. μετατόπιση του πλέγματος
- μέσος όρος που προκύπτει από τα βάρη πάνω από κάθε μετατόπιση προέλευση

Η μέθοδος φαίνεται στο Σχήμα 6.1 για μία μετατόπιση προέλευσης.



Σχήμα 6.1 - Ένα απλό παράδειγμα της τεχνικής αποσύζευξης πυρήνων.

Για ένα δεδομένο πυρήνα το βάρος του κάθε δείγματος υπολογίζεται ως εξής,

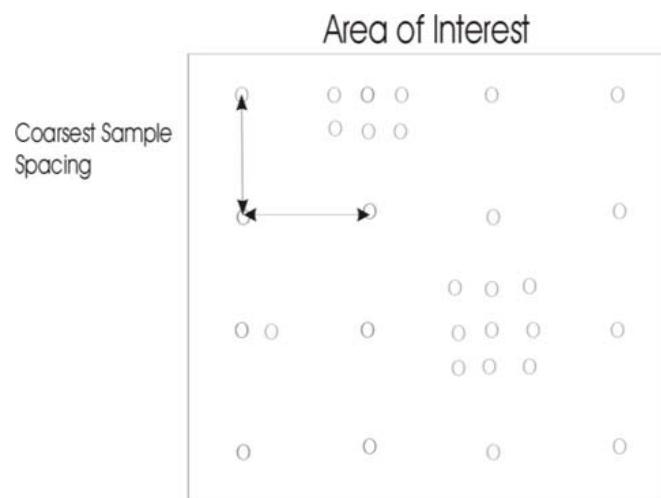
$$w'_j = \frac{1}{\frac{n_i}{\text{number of cells with data}}} \cdot n$$

όπου n_i είναι ο αριθμός των δειγμάτων στον πυρήνα στον οποίο βρίσκεται το δείγμα j και N είναι ο συνολικός αριθμός των πυρήνων με δείγματα.

6.1 Αποσύζευξη Πυρήνων και Μέγεθος Πυρήνων

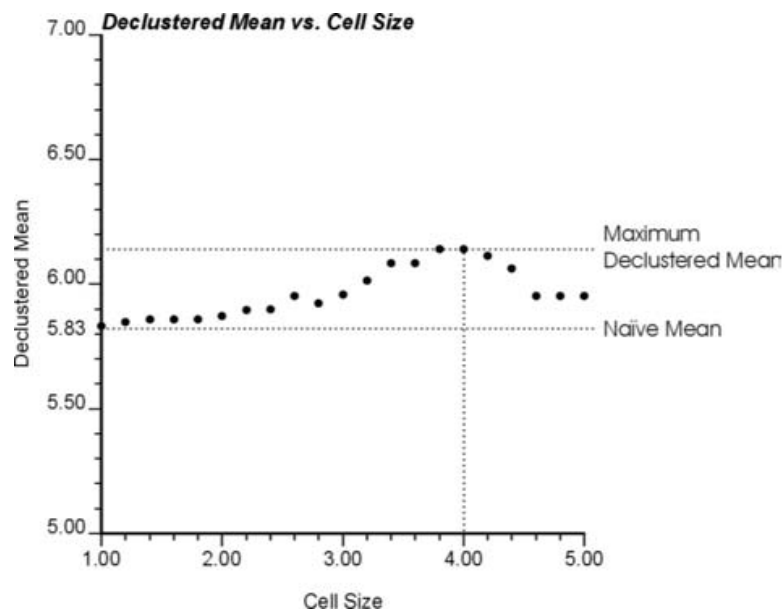
Τα βάρη που ανατίθενται από την αποσύζευξη πυρήνων είναι ευαίσθητα στο μέγεθος του πυρήνα. Αν σαν μέγεθος πυρήνα έχει οριστεί πολύ μικρή τιμή τότε κάθε δείγμα καταλαμβάνει το δικό πυρήνα και το αποτέλεσμα αυτού είναι η ίση κατανομή βάρους η την αφελή κατανομή των δειγμάτων. Αν σαν μέγεθος πυρήνα έχει οριστεί πολύ μεγάλη τιμή τότε όλα τα δείγματα βρίσκονται στον ίδιο πυρήνα και το αποτέλεσμα είναι και πάλι ίση κατανομή βάρους. Ένα συγκεκριμένο μέγεθος πυρήνα θα φέρει και μοναδικά αποτελέσματα σε ένα σύνολο βαρών.

Το ερώτημα είναι, "ποιο μέγεθος πυρήνα προσδιορίζει καλύτερα τα βάρη;". Αν υπάρχει χονδροειδές πλέγμα με επιπλέον δειγματοληψία πλήρωσης τότε η χονδροειδέστερη απόσταση δείγματος είναι το καλύτερο μέγεθος πυρήνα. (βλ. Σχήμα 6.2).



Σχήμα 7 – Εκχώρηση βέλτιστου μεγέθους πυρήνα

Αν δεν είναι παρούσα αυτή η ρύθμιση τότε μία συνήθης διαδικασία είναι να ανατεθεί το μέγεθος πυρήνα, που μεγιστοποιεί η ελαχιστοποιεί το αποσυζευγμένο μέσο. Αυτό επιδεικνύεται στο Σχήμα 6.3. Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται όταν τα δείγματα είναι ξεκάθαρα συγκεντρωμένα σε χαμηλές η υψηλές τιμές (ανάθεση του μεγέθους πυρήνα που καθιστά μέγιστη ή ελάχιστη, μέση αποσύζευξη, αντίστοιχα). Τα αποτελέσματα είναι ακριβή μόνο όταν υπάρχει ξεκάθαρο ελάχιστο η μέγιστο. Δεν πρέπει να εκχωρηθεί τυφλά η ελάχιστη η μέγιστη τιμή μεγέθους πυρήνα. Αυτό φαίνεται στην επόμενη ενότητα που μια τέτοια εκχώρηση μπορεί να οδηγεί σε χειρότερα αποτελέσματα από την αφελή κατανομή στην αναμενόμενη τιμή.



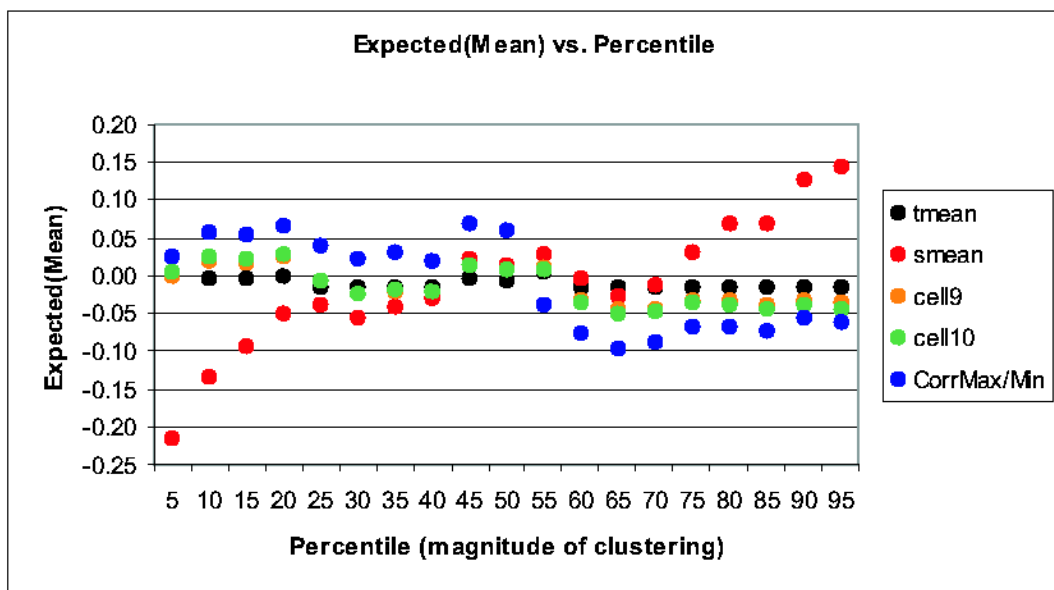
Σχήμα 6.3 – Η σχέση μεταξύ του αποσυζευγμένου μέσου και του μεγέθους πυρήνα για το απλό σύνολο δεδομένων.

6.2 Η αποσύζευξη πυρήνων με την ελαχιστοποίηση και μεγιστοποίηση μεγεθών πυρήνα προειδοποίησης

Ένας μεγάλος αριθμός των εκτελέσεων διεξήχθησαν για να προσδιοριστεί εάν το αναμενόμενο όσον αφορά το ελάχιστο ή το μέγιστο αποτέλεσμα είναι αποδεκτό για ένα αποσυζευγμένο μέσο. 101 υλοποιήσεις παρήχθησαν από διαδοχική γκαουσιανή προσομοίωση ενός χώρου 50×50 . Το εύρος συνεχής διάρκειας επιλέχθηκε ως μικρό (εύρος 10) σε σχέση με το μέγεθος, έτσι ώστε η μέση υλοποίηση και η διακύμανση

ήταν σταθερά κοντά στο 0.0 και 1.0 αντίστοιχα. Διαδοχική δειγματοληψία λήφθηκε στις 10 μονάδες απόστασης και στη συνέχεια ελήφθησαν δείγματα πλήρωσης γύρω από μία συγκεκριμένη τιμή δεδομένων εκατοστημορίου. Με την αλλαγή του ειδικού εκατοστημορίου άλλαξε το επίπεδο της ομαδοποίησης.

Η αναμενόμενη πραγματική μέση τιμή, μέση τιμή δείγματος, 9 μέγεθος πυρήνα, 10 μέγεθος πυρήνα και ελάχιστο ή μέγιστο μέγεθος πυρήνα συγκρίθηκαν για κάθε εκατοστημόριο (βλ. σχήμα 6.4). Για υποθέσεις με το εκατοστημόριο κοντά στη διάμεσο (μικρού μεγέθους αποσύζευξης), η εφαρμογή της ελαχιστοποίησης ή μεγιστοποίησης του μεγέθους των πυρήνων οδήγησε σε χειρότερα αποτελέσματα από ό,τι το αφελές μέσο δείγμα. Η εφαρμογή της πιο χονδροειδούς κανονικής απόστασης δείγματος είχε ως αποτέλεσμα το καλύτερο μέσο αποσύζευξης στους αναμενόμενους όρους, με την συστηματική εφαρμογή του μέγεθος των πυρήνων με \min / \max μέσου αποσύζευξης και ότι η γνώση του κατάλληλου μεγέθους των πυρήνων παρέχει καλύτερα αποτελέσματα σε αναμενόμενους όρους.



Σχήμα 6.4 – Ένα διάγραμμα που δείχνει το αναμενόμενο πραγματικό δείγμα και το μέσο αποσύζευξης (για το μέγεθος πυρήνα 9, 10 και ελάχιστο ή μέγιστο), έναντι του εκατοστημορίου της σύζευξης. Η συνεπής εφαρμογή της πιο χονδροειδούς απόστασης δείγματος ως μέγεθος πυρήνα έχει ως αποτέλεσμα έναν αποσυζευγμένο μέσο πιο κοντά στον πραγματικό μέσο όπως αναμένεται.

6.3 Αποσύζευξη Πυρήνων και Μετατοπίσεις Προέλευσης

Τα βάρη αποσύζευξης δειγμάτων είναι επίσης ευαίσθητα στην προέλευση του πλέγματος. Για να καταργηθεί αυτή η ευαισθησία η διαδικασία επαναλαμβάνεται με ένα καθορισμένο αριθμό των αντισταθμιστικών οφελών προέλευσης και τα αποτελέσματα ισοσταθμίζονται.

Η εφαρμογή των αντισταθμιστικών οφελών προέλευσης έχει τις ακόλουθες πρακτικές επιπτώσεις:

- 1) Εξομαλύνει βήματα που θα συμβούν στο αποσυζευγμένο μέσο και στη σχέση του με το μέγεθος των πυρήνων.
- 2) Κάνει τα μεγάλα μεγέθη πυρήνων ($> \frac{1}{2}$ μέγεθος σετ δεδομένων) αναξιόπιστα.

Οι επιδράσεις αυτές αποδεικνύονται από μία άσκηση. Η αποσύζευξη πυρήνων εφαρμόστηκε σε απλό σύνολο δεδομένων με μία απλή ποικιλία από μετατοπίσεις προελεύσεων. Το Σχήμα 6.5 δείχνει το αποτέλεσμα εξομάλυνσης της εφαρμογής των μετατοπίσεων προέλευσης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μετατοπίσεων τόσο πιο ομαλή είναι η σχέση μεταξύ της μέσης αποσύζευξης και του μεγέθους πυρήνα. Επίσης, μπορεί να φανεί ότι οι μετατοπίσεις προκαλούν αναξιοπιστία στα αποτελέσματα όταν εφαρμόζονται σε μεγάλα μεγέθη πυρήνων. Οι διαστάσεις του σετ των δεδομένων είναι 10×5 (μονάδες). Θα πρέπει να αναμένεται ότι σε ένα μέγεθος πυρήνα 10 προκύπτει ότι η μέση αποσύζευξη θα είναι ίση με τον αφελη μέσο. Αυτό δεν συμβαίνει με τις μετατοπίσεις. Η αιτία επιδεικνύεται στο Σχήμα 6.6.

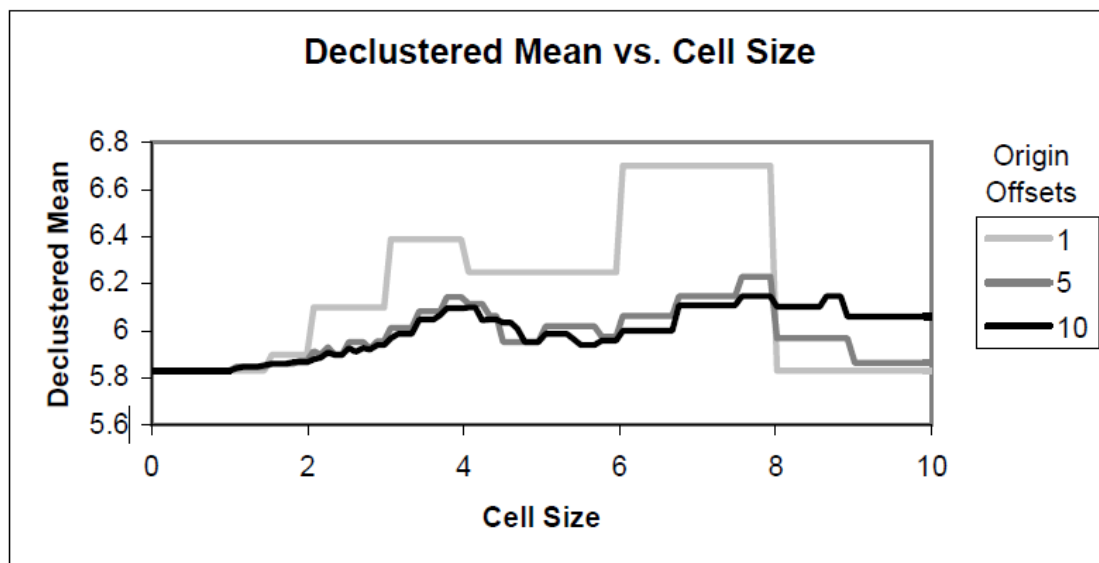
Αυτό ενισχύει τον κανόνα του αντίχειρα:

Υπολογίστε τη μέση αποσύζευξη για μέγεθος πυρήνα από 5% έως 50% του μεγέθους της περιοχής ενδιαφέροντος και εφαρμόστε τον ελάχιστο αριθμό των μετατοπίσεων που απαιτούνται για να πάρετε μία αρκετά συνεχή σχέση (περίπου 5 συνήθως αρκεί).

6.4 Αποσύζευξη πυρήνων με πολλαπλές μεταβλητές

Η συνήθης πρακτική είναι η εφαρμογή της αποσύζευξης πυρήνων στην πρωταρχική μεταβλητή και η εφαρμογή αυτών των βαρών σε όλες τις άλλες συντοποθετημένες μεταβλητές. Αυτή η πρακτική είναι ενστικτώδης καθώς η αποσύζευξη θα πρέπει να

σχετίζεται μόνο με τις τοποθεσίες των δεδομένων και όχι με τις αξίες τους. Εάν το μέγεθος πυρήνα επιλεγεί με βάση τη σχέση της μέσης τιμής αποσυζευξης και του μεγέθους πυρήνα, αυτή η πρακτική μπορεί να αμφισβητηθεί δεδομένου ότι η μέση τιμή αποσυζευξης εξαρτάται από τις τιμές των δεδομένων. Η μεγιστοποίηση ή η ελαχιστοποίηση του μεγέθους των πυρήνων θα είναι η ίδια για κάθε μεταβλητή;



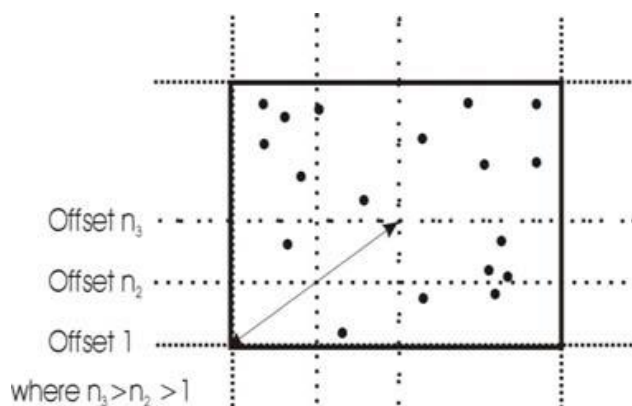
Σχήμα 6.5 – Η σχέση του αποσυζευγμένου μέσου ενάντια στο μέγεθος πυρήνα με διάφορες μετατοπίσεις προέλευσης. Σημειώστε ότι οι μετατοπίσεις εξομαλύνουν τα βήματα στον αποσυζευγμένο μέσο και τη σχέση του μεγέθους πυρήνα. Επίσης με τις μετατοπίσεις προέλευσης ο αποσυζευγμένος μέσος δεν προσεγγίζει την αφελής μέση τιμή δείγματος όσο το μέγεθος πυρήνα μεγαλώνει.

Για να διερευνήσουμε το θέμα αυτό δημιουργείται ένα εξαντλητικό σύνολο δεδομένων με τρεις συντοποθετιμένες και συσχετιζόμενες τυπικές κανονικές μεταβλητές. Ο πίνακας 6.1 παρακάτω απαριθμεί τις ιδιότητες της κάθε μεταβλητής.

| | Variogram Range | Correlation to Var. 1 |
|-------------------|------------------------|------------------------------|
| Variable 1 | 10 | - |
| Variable 2 | 20 | 0.7 |
| Variable 3 | 5 | -0.8 |

Πίνακας 1 - Ιδιότητες των τριών συσχετισμένων μεταβλητών.

Δείγματα (50) καταρτίστηκαν από τα εξαντλητικά σύνολα δεδομένων και τα βαριογράμματα δείγματος αλλά ελέγχθηκαν και οι συσχετίσεις (βλ. Σχήμα 6.7). Το σύστημα δειγματοληψίας βασίστηκε σε χοντρό πλέγμα (20 απόσταση μονάδας) με κάποιες συζεύξεις πλήρωσης και τυχαία δείγματα. Οι σχέσεις της μέσης τιμής αποσύζευξης ενάντια στα μεγέθη πυρήνων δείχνονται στο Σχήμα 6.8.

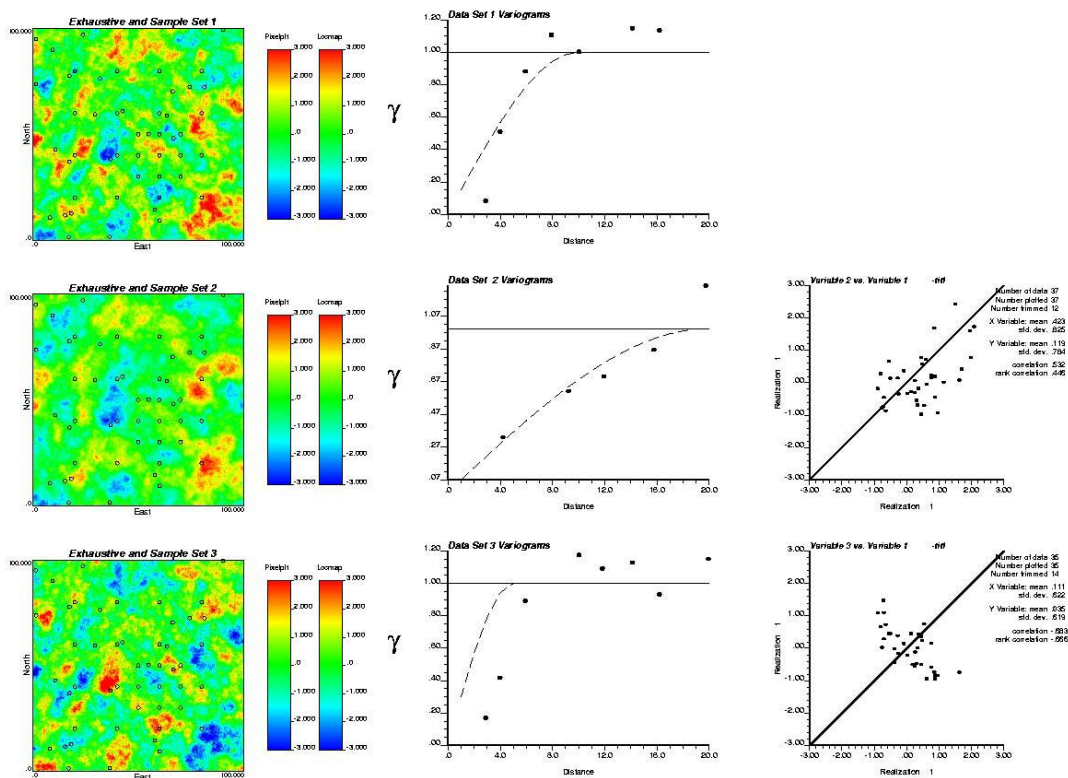


Σχήμα 6.6 – Η επίδραση των μετατοπίσεων με μεγάλα μεγέθη πυρήνων. Εάν η προέλευση μετατοπιστεί τα δεδομένα μπορεί μην παραμείνουν εντός ενός πυρήνα, αντ’ αυτού τα δεδομένα χωρίζονται σε 4 πυρήνες. Έτσι, ο αποσυζευγμένος μέσος δεν είναι η αφελής μέση τιμή του δείγματος.

Για τις τρεις μεταβλητές υπάρχει σαφές μέγιστο ή ελάχιστο στο ίδιο μέγεθος πυρήνα. Αυτό συνέβη παρά τα διαφορετικά βαριογράμματα και τις συσχετίσεις. Αυτή η άσκηση έχει υποστηρίξει την τρέχουσα πρακτική της εφαρμογής της ίδιας αποσύζευξης βαρών σε όλες τις συντοποθετιμένες μεταβλητές.

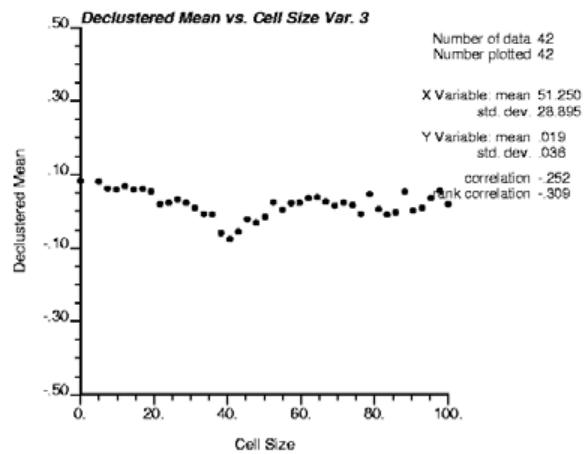
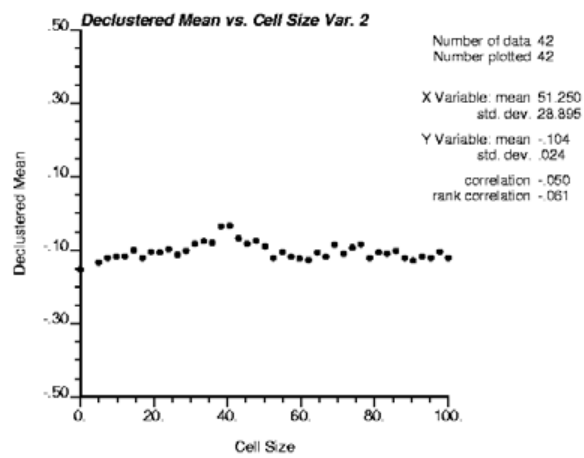
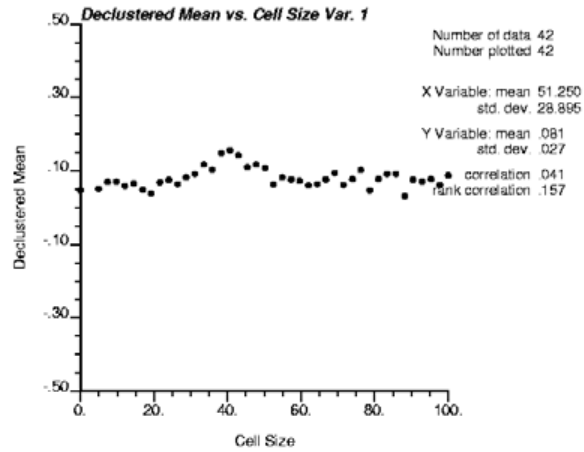
6.5 Αποσύζευξη βαρών με τη μέθοδο Kriging

Μια άλλη τεχνική που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό αποσύζευξης βαρών είναι η εκτέλεση του Kriging στην περιοχή ενδιαφέροντος και η συνόψιση των βαρών που εφαρμόζονται σε κάθε προϋποθετούμενα δεδομένα και στη συνέχεια η τυποποίηση των ποσών αυτών. Αυτό είναι ανάλογο για να εμποδίσει το kriging την περιοχή ενδιαφέροντος.



Σχήμα 6.7 – Στο Σχήμα φαίνονται, για κάθε σύνολο δεδομένων, τα σύνολα εξαντλητικών δεδομένων με τα δείγματα που αναφέρονται, το μοντέλο βαριογράμματος και το πειραματικό βαριογράμμα των δειγμάτων αλλά και το διάγραμμα διασποράς των δειγμάτων με τις μεταβλητές δειγμάτων.

Αυτή η τεχνική είναι παρόμοια με την πολυγωνική αποσύζευξη καθώς είναι ευαίσθητη στα όρια. Επιπλέον, αυτή η μέθοδος είναι ευαίσθητη και στις παραμέτρους αναζήτησης. Αυτή η μέθοδος ενσωματώνει επίσης πληροφορίες σχετικά με τη χωρική συνέχεια του πληθυσμού μέσω του βαριογράμματος. Δεδομένου ότι το βάρος αποσύζευξης kriging είναι μία διακριτή μέθοδος προσέγγισης, η προσέγγιση βελτιώνεται όσο αυξάνεται η ανάλυση του πλέγματος kriging.

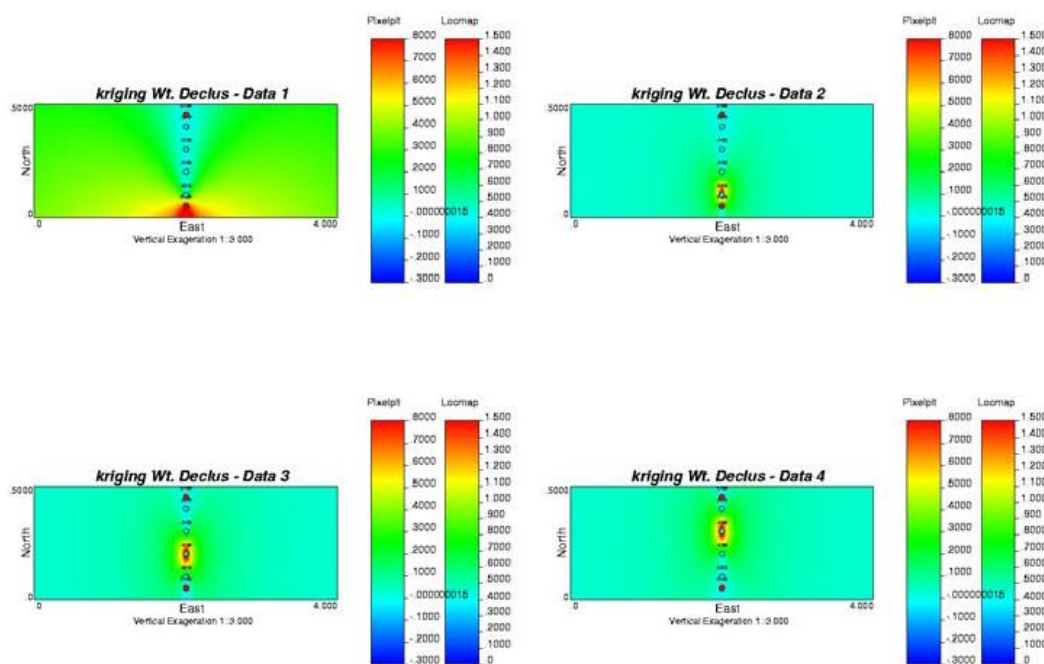


Σχήμα 6.8 – Το αποσυζευγμένο μέσο έναντι του μεγέθους πυρήνα για τις τρεις μεταβλητές.

6.5.1 Μειονεκτήματα της αποσύζευξης βάρους Kriging

Σε γενικές γραμμές, αυτή η προσέγγιση είναι πολύ περισσότερο εντατική υπολογιστικά από την πολυγωνική αποσύζευξη και την αποσύζευξη πυρήνων. Επίσης, μπορεί να υπάρχουν τεχνουργήματα στα βάρη λόγω της επίδρασης της συμβολοσειράς. Η επίδραση της χορδής απεικονίζεται στο Σχήμα 6.9.

Τα υπό την προϋπόθεση δεδομένα στις εκτάσεις της συμβολοσειράς αποκτούν μεγαλύτερα βάρη. Για τα περιφερειακά δεδομένα η στάθμιση είναι μεγαλύτερη, ακόμη και σε θέσεις πολύ πιο κοντά σε άλλα δεδομένα. Αυτό προκαλείται από την σιωπηρή παραδοχή του kriging πως η περιοχή ενδιαφέροντος είναι ενταγμένη σε ένα άπειρο τομέα.



Σχήμα 6.9 – Βλέπουμε μία σειρά δεδομένων, με βάρη από τη μέθοδο αποσύζευξης βαρών kriging, πάνω στους χάρτες των βαρών που αποδίδονται σε κάθε δεδομένο όλων των θέσεων. Το φαινόμενο χορδής προκαλεί τα εξωτερικά δεδομένα να αποκτήσουν μεγαλύτερο βάρος (βλέπε χάρτες για τα δεδομένα 1 και 6.).

6.5.2 Αποσύζευξη βάρους Kriging και Αρνητικά Βάρη

Κατά τον υπολογισμό του ποσού των βαρών είναι σκόπιμο να συμπεριληφθούν αρνητικά βάρη. Είναι πιθανό ότι αυτό θα οδηγήσει σε αρνητικά βάρη αποσύζευξης. Ένας τρόπος με τον οποίο θα υλοποιηθεί αυτό θα ήταν εάν τα υπό προϋπόθεση δεδομένα είναι εκτός της περιοχής ενδιαφέροντος που έχει προβληθεί. Σε γενικές γραμμές τα υπό προϋπόθεση δεδομένα είναι εντός της περιοχής επιρροής και τα αρνητικά βάρη αποσύζευξης δεν πρέπει να υπάρχουν.

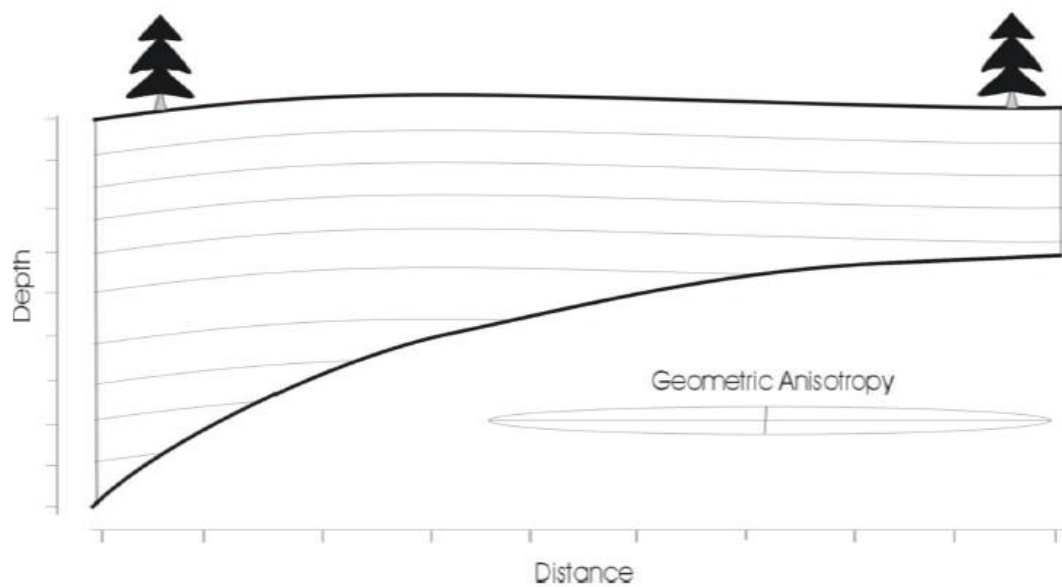
6.6 Αποσύζευξη και Ανισοτροπία

Τα βάρη πυρήνων, πολυγώνων ή του kriging μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να αντιπροσωπεύουν ανισοτροπία στα δεδομένα. Μια αναλογία μπορεί να εφαρμοστεί στους πυρήνες, το μέτρο απόστασης μπορεί να υπολογιστεί σε πολυγωνική αποσύζευξη και ανισοτροπικά βαριογράμματα μπορούν να εφαρμοστούν στην αποσύζευξη βάρους kriging.

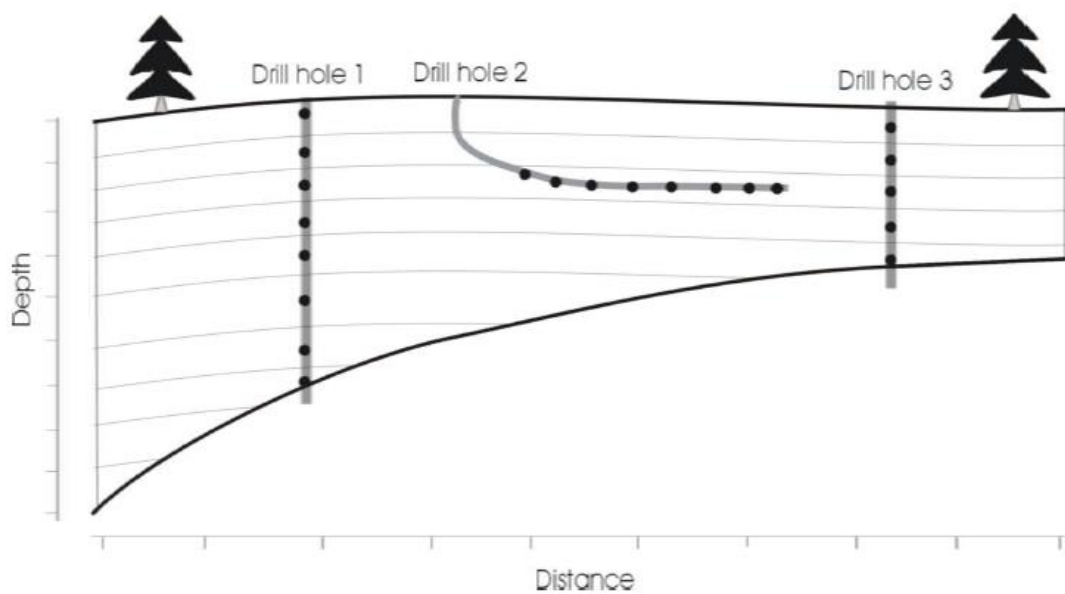
Ένα παράδειγμα διατομής φαίνεται στο Σχήμα 6.10. Υπάρχει μεγάλη οριζόντια προς κάθετη αναλογία της συνέχειας. Πηγές με απλές τοποθεσίες προστίθεται στη διατομή (βλέπε Σχήμα 6.11). Η Ισοτροπική αποσύζευξη θα αναθέσει παρόμοια βάρη στα δείγματα και των τριών γεωτρήσεων, αφού όλα τους είναι σχεδόν ισαπέχοντα. Ωστόσο, η γνώση μας για την χωρική συνέχεια μας λέει ότι τα δείγματα στη δεύτερη γεώτρηση είναι περισσότερο πλεονασματικά. Επίσης, αν δεν να λάβουμε υπόψη την ανισοτροπία του δείγματος Α στο Σχήμα 6.12, τα δείγματα θα λάβουν μεγαλύτερο βάρος. Αν λαμβάναμε υπόψη τα υψηλά επίπεδα της ανισοτροπίας αυτό δεν θα ήταν σωστό. Οι περιπτώσεις αυτές μπορούν να αντιμετωπιστούν εφαρμόζοντας την ανισοτροπία με τη μέθοδο αποσύζευξης.

6.7 Αποσύζευξη και Όρια

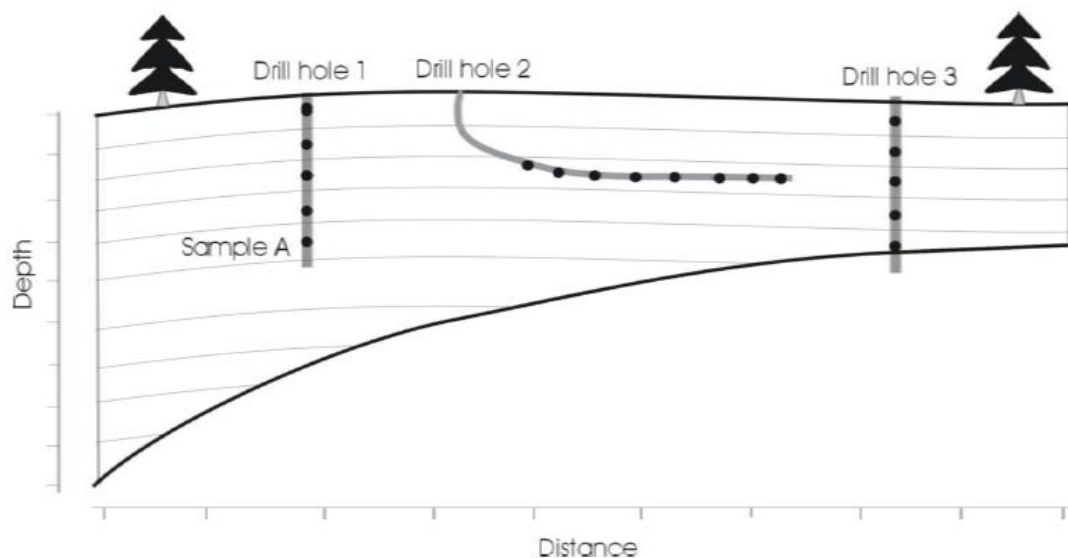
Η τεχνικών των πυρήνων είναι μοναδική στο ότι αγνοεί το όριο. Αυτή είναι μια ένδειξη της δύναμης της, καθώς αυτό καταλήγει σε πιο ισχυρή εκχώρηση αποτελεσμάτων βαρών αποσύζευξης. Ενώ αυτό είναι αλήθεια, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ορισμένα παθολογικά προβλήματα.



Σχήμα 6.10 – Ένα παράδειγμα διατομής με ισχυρή ανισοτροπία.



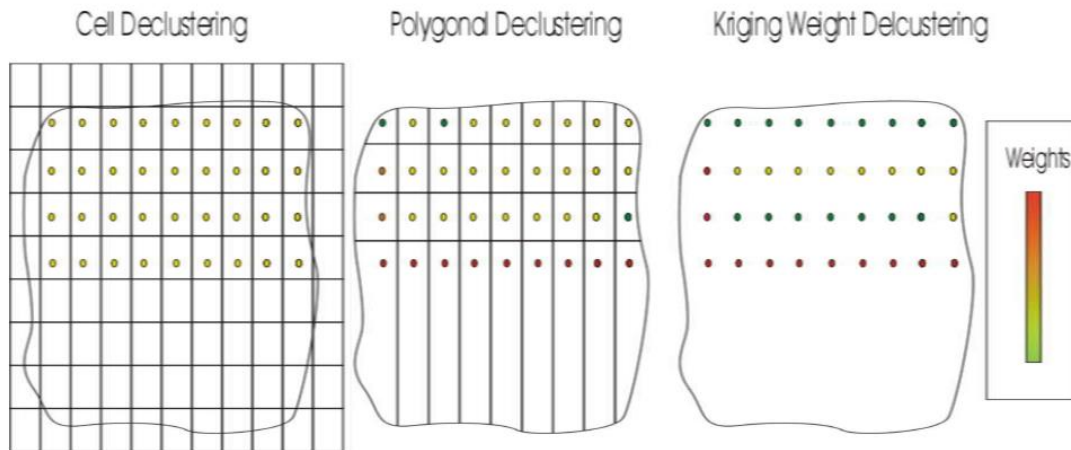
Σχήμα 6.11 – Ένα παράδειγμα διατομής με πηγές και με τις θέσεις των δειγμάτων.



Σχήμα 6.12 – Ένα παράδειγμα διατομής με πηγές και με τις θέσεις των δειγμάτων (Βλέπε Α).

Μπορεί να μην είναι λογικό να αγνοηθεί το όριο στην ανάθεση βαρών στο σύνολο του παραδείγματος συνόλου δεδομένων (βλέπε Σχήμα 6.13). Σαφώς αν και τα δεδομένα είναι ισαπέχοντα, δεν είναι και εξίσου αντιπροσωπευτικά της περιοχής ενδιαφέροντος. Το Σχήμα 6.13 απεικονίζει τις διαφορές ανάμεσα στην αποσύζευξη πυρήνα, πολυγώνου και βάρους kriging στην ανάθεση αποσύζευξης βαρών.

Η αποσύζευξη πυρήνα εκχωρεί ίσα βάρη στα δεδομένα καθώς δεν λαμβάνει υπόψη το όριο, ενώ τα πολυγωνικά και τα βάρη αποσύζευξης kriging λαμβάνουν υπόψη την τοποθεσία του ορίου. Επίσης η αποσύζευξη βάρους kriging, σε αυτή την περίπτωση, δείχνει κάποια γραφικά είδωλα λόγω της διαλογής. Σημειώστε ότι τα δεδομένα της δεύτερης σειράς από το τέλος λαμβάνουν λιγότερο βάρος λόγω της διαλογής.



Σχήμα 6.13 – Μία απεικόνιση της διαφορά στις αναθέσεις βαρών που οφείλεται σε ένα όριο για τους πυρήνες, τα πολύγωνα και την αποσύζευξη βάρους kriging. Η αποσύζευξη πυρήνων θα ανέθετε ίσα βάρη στα δεδομένα, ενώ η πολυγωνική θα ανέθετε μεγαλύτερα βάρη στα δεδομένα κοντά στην περιοχή που δεν έγινε δειγματοληψία. Η αποσύζευξη βάρους kriging, θα οδηγούσε σε ανάθεση βαρών παρόμοια με την πολυγωνική, αλλά υπόκεινται στον προληπτικό έλεγχο και στην επίδραση φαινομένου χορδής.

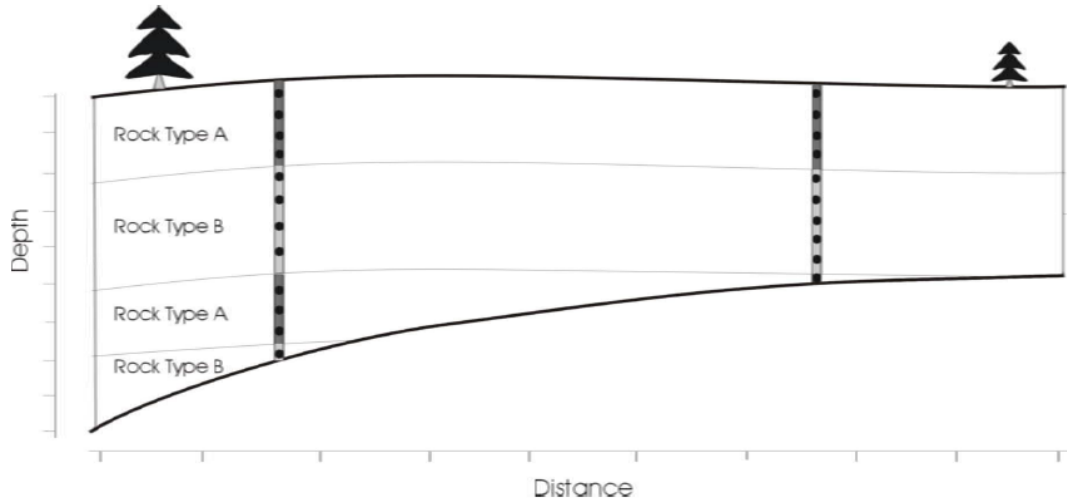
6.8 Αποσύζευξη εντός τύπων πετρώματων

Μια κοινή διαδικασία είναι να μοντελοποιηθούν οι ιδιότητες του κάθε τύπου πετρώματος ξεχωριστά και έπειτα να προσομοιωθούν οι συνεχείς μεταβλητές (όπως αυτή του βαθμού) εντός του κάθε τύπου πετρώματος. Ένα απλό παράδειγμα απεικονίζεται στο Σχήμα 6.14. Αυτή η διατομή δείχνει δύο ξεχωριστούς πίνακες που εμπεριέχουν δείγματα από δύο ολοκληρωμένες γεωτρήσεις.

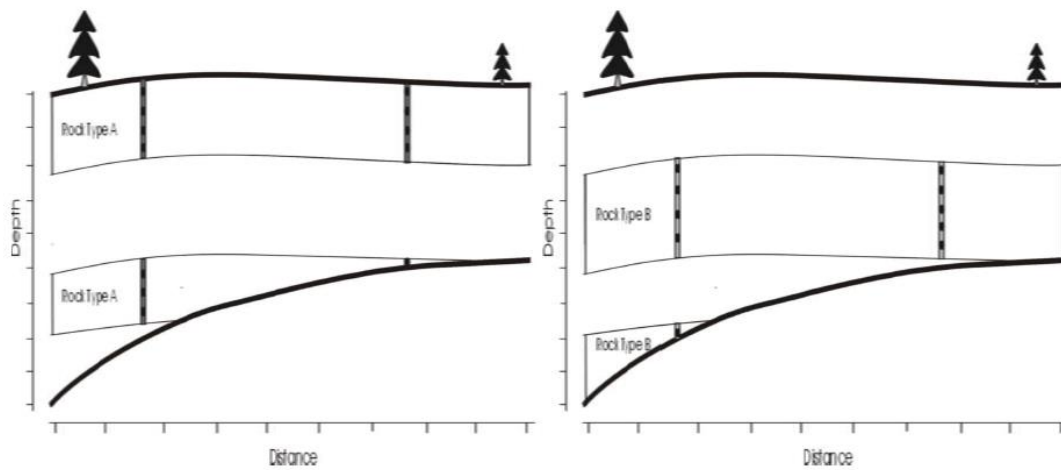
Υπό αυτές τις συνθήκες οι απεικονιζόμενες κατανομές κάθε τύπου πετρώματος θα κατασκευαστούν με τον διαχωρισμό της περιοχής ενδιαφέροντος σε ξεχωριστές κατανομές τύπων πετρωμάτων. Το Σχήμα 6.15 απεικονίζει το διαχωρισμό της περιοχής ενδιαφέροντος σε ξεχωριστούς τύπους πετρωμάτων.

Υπό αυτές τις συνθήκες το όριο είναι πολύ σημαντικό. Αυτό θα αποκλείσει την εφαρμογή της αποσύζευξης πυρήνων. Όταν υπάρχουν συμβολοσειρές δεδομένων όπως δείχνει το Σχήμα 20 τότε η μέθοδος αποσύζευξης βαρών kriging πάσχει από την αυξανόμενη επίδραση της συμβολοσειράς. Σε αυτό το παράδειγμα τα δεδομένα

πλησιέστερα στα στρώματα επαφής θα λάβουν δυσανάλογο βάρος. Η Πολυγωνική αποσύζευξη είναι μία καλή μέθοδος προς εφαρμογή καθώς απαιτείται ευαισθησία στο όριο και η μέθοδος πολυγώνων θα πάσχιζε από τυχόν τεχνουργήματα.



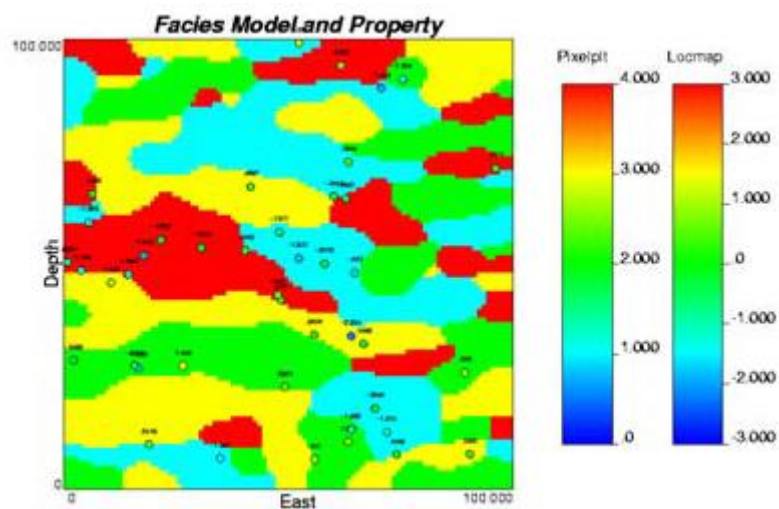
Σχήμα 6.14 – Ένα παράδειγμα μοντέλου τύπου πετρωμάτων.



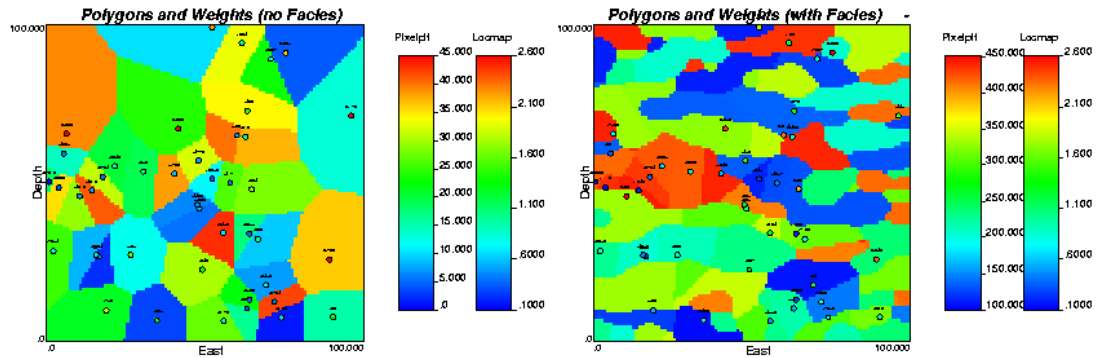
Σχήμα 6.15 – Ένα παράδειγμα μοντέλου χωρισμένο με βάση τους διαφορετικούς τύπους πετρωμάτων.

6.9 Πολυγωνική αποσύζευξη εντός τύπων πετρώματος

Για την απεικόνιση της εφαρμογής της πολυγωνικής αποσύζευξης με ένα μοντέλο πετρώματος, φτιάχτηκε ένα συνθετικό παράδειγμα. Κατασκευάστηκε ένα τυχαίο δισδιάστατο σύνολο δεδομένων με ομοιόμορφη κατανομή στους άξονες x και y και κανονικές γκαουσιανές ιδιότητες. Το μοντέλο πετρωμάτων κατασκευάστηκε από την εξομάλυνση μιας άνευ όρων διαδοχικής προσομοίωσης δεικτών με 4 κατηγορίες (βλ. Σχήμα 6.16). Στη συνέχεια εφαρμόστηκε συμβατική αποσύζευξη πυρήνων στα δεδομένα που ανεξάρτητα από το είδος πετρώματος (βλ δεξιά του Σχήματος 6.17 και αριστερά για τον χάρτη αποσυζευγμένων βαρών και πολυγώνων επιρροής). Λαμβάνοντας υπόψη τους τύπους πετρωμάτων βελτιώνουμε σημαντικά τα αποσυζευγμένα βάρη. Όταν δεν υπάρχουν δείγματα για όλο το φάσμα της κατανομής τότε είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν τεχνικές debiasing.



Σχήμα 6.16 – Ένα παράδειγμα σετ δεδομένων και μοντέλου φάσεων.



Σχήμα 6.17 – Πολυγωνική αποσύζευξη βαρών και πολύγωνα ,με ή χωρίς φάσεις.

7. Debiasing

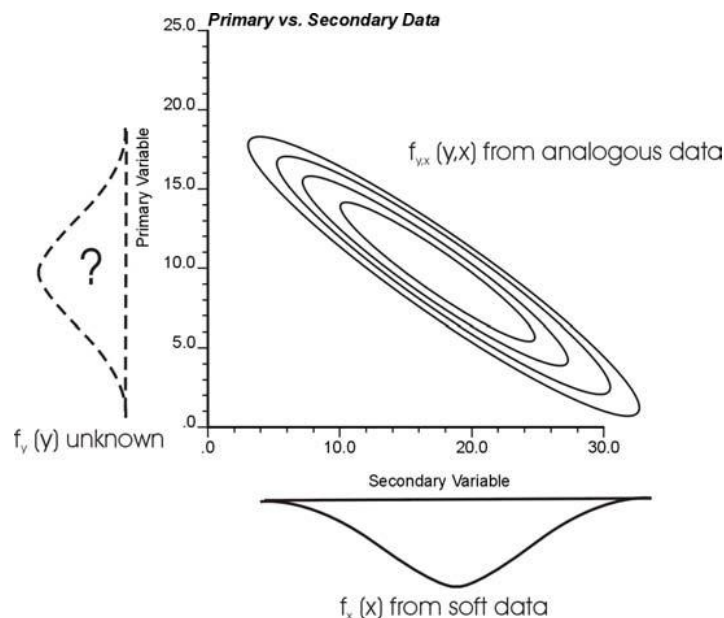
7.1 Εισαγωγή

Υπάρχουν δύο μεθοδολογίες που μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να διορθώσουμε τα προκατειλημμένα δείγματα. Η πρώτη μέθοδος, "μοντελοποίηση τάσης debiasing", χωρίζει τη μεταβλητή σε μια τάση και ένα υπόλοιπο. Η δεύτερη προσέγγιση, "debiasing από τα ποιοτικά στοιχεία", διορθώνει τη κατανομή με μία αντιπροσωπευτική δευτεροβάθμια σχέση, κατανομής στοιχείων και βαθμολόγησης στην αρχική μεταβλητή ενδιαφέροντος.

Παρουσία μιας σαφούς και επίμονης τάσης, η μοντελοποίηση τάσης μπορεί να εφαρμοστεί για να εξασφαλιστεί ότι αναπαράγεται σωστή κατανομή. Η διαμόρφωση τάσης είναι καθιερωμένη από τους Goonaerts (pg. 126, 1997) και Deutsch, pg. 182, 2001). Τα βήματα είναι τα ακόλουθα: (1) αφαίρεση ενός κατάλληλου μοντέλου τάσης, (2) στοχαστικά υπολοιπόμενα μοντέλα και (3) αντικατάσταση της τάσης *a posteriori*. Τα προκύπτοντα μοντέλα αναπαράγουν την τάση. Ένα πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι το βήμα προσομοίωσης μπορεί να απλοποιηθεί δεδομένου ότι η συνπροσωμοίωση δεν είναι απαραίτητη. Ενώ αυτή η τεχνική συχνά από-προκαταληπτεί την κατανομή, δεν υπάρχει κανένας άμεσος έλεγχος της προκύπτουσας κατανομής. Το αποτέλεσμα πρέπει να ελεγχθεί. Πρέπει επίσης να ληφθεί προσοχή για να χτιστεί ένα κατάλληλο πρότυπο τάσης. Αυτό απαιτεί ότι ο μέσος όρος των υπολοίπων είναι κοντά στο 0.0 και ο συσχετισμός μεταξύ της τάσης και του υπολοίπου είναι επίσης κοντά στο 0.0.

Μία άλλη τεχνική είναι να χρησιμοποιηθούν εμπειρικά δεδομένα που είναι

αντιπροσωπευτικά ολόκληρης της περιοχής ενδιαφέροντος και η κατανόηση της σχέσης μεταξύ των αρχικών και εμπειρικών δευτερευόντων στοιχείων ώστε να διορθώσει την αρχική κατανομή (Deutschetal., 1999). Κατόπιν, αυτή η διορθωμένη κατανομή εφαρμόζεται ως κατανομή αναφοράς στην επόμενη προσομοίωση της αρχικής μεταβλητής. Η ελλοχεύουσα σχέση μεταξύ των αρχικών και των δευτερευόντων στοιχείων μπορεί να αξιολογηθεί από τη γεωλογική μοντελοποίηση ή τη φυσική της ρύθμιση. Αυτή η σχέση δεν μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα λόγω μιας έλλειψης στοιχείων, εντούτοις, μια σχέση μεταξύ των δευτερευόντων και των αρχικών δεδομένων $\hat{f}_{x,y}(x,y)$ πρέπει να τεκμαρθεί για το debiasing (βλέπε Σχήμα 7.1).



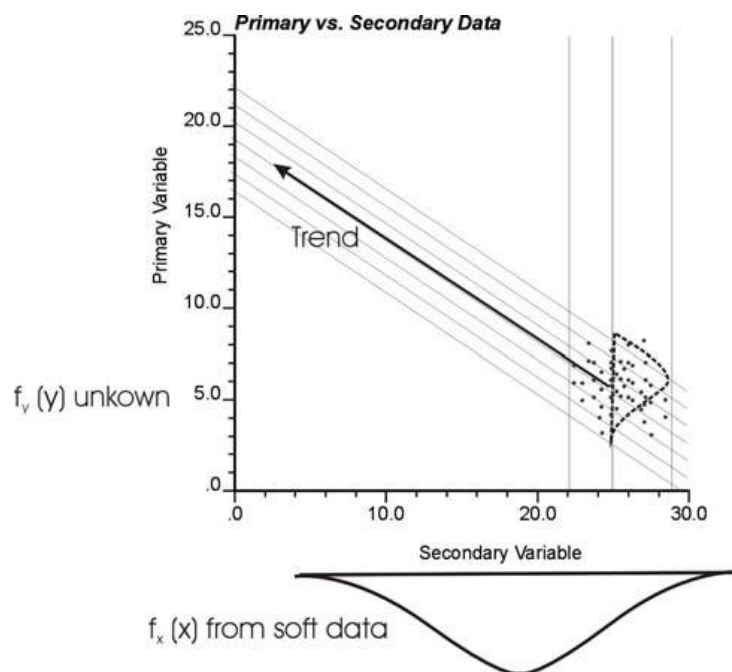
Σχήμα 7.1 – Η διμεταβλητή κατανομή βαθμονόμησης, $\hat{f}_{x,y}(x,y)$ και η γνωστή οριακή κατανομή των ευαίσθητων μεταβλητών δεδομένων, $f_{x,y}(x,y)$

Η κατασκευή της διμεταβλητής βαθμολόγησης είναι το δύσκολο συστατικό του debiasing. Υπάρχουν ποικίλες τεχνικές για αυτήν την κατασκευή αυτής της κατανομής. Παραδείγματος χάριν, το πρόγραμμα SDDECLUS από τον Deutsch στηρίζεται στο χρήστη που υποβάλλει τα ζευγάρια δεδομένων που περιγράφουν τη

διμεταβλητή σχέση. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει τη μέγιστη ευελιξία, δεδομένου ότι δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στη μορφή της διμεταβλητής βαθμολόγησης. Για κάθε ταξινομημένο κατά ζεύγος αρχικό στοιχείο ένα βάρος ορίζεται βασισμένο στη δευτερεύων κατανομή.

Μια άλλη μέθοδος είναι να υπολογιστεί μια σειρά υπό όρους κατανομών του αρχικού λαμβάνοντας υπόψη τα δευτερεύοντα στοιχεία $f_{\text{primary}|\text{secondary}}$ πέρα από τη σειρά την παραθήμενη δευτερεύουσα αξία. Αυτό μπορεί να προεκταθεί πέρα από τη σειρά όλων των δευτερευόντων δεδομένων από μία τάση. Αυτό διευκρινίζεται στο Σχήμα 7.2. Η αρχική κατανομή υπολογίζεται έπειτα με την κλιμάκωση της διμεταβλητής βαθμολόγησης από τη δευτερεύουσα κατανομή. Η παραπάνω διμεταβλητή βαθμολόγηση απεικονίζεται στο Σχήμα 7.2. Αυτή είναι μια ιδιαίτερη προσέγγιση της λύσης της δευτερεύουσας κατανομής όπως εκφράζεται στην Εξίσωση 1.

$$f_y(y) = \int_x f_{y|x}(y|x) \cdot f_x(x) dx \quad (1)$$



Σχήμα 7.2 – Βαθμονόμηση από την διμεταβλητή τάση. Τα σημεία δείχνουν τα γνωστά πρωτογενή και δευτερογενή δεδομένα. Το βέλος δείχνει μία γραμμική διμεταβλητή τάση. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν περιγράμματα πιθανοτήτων.

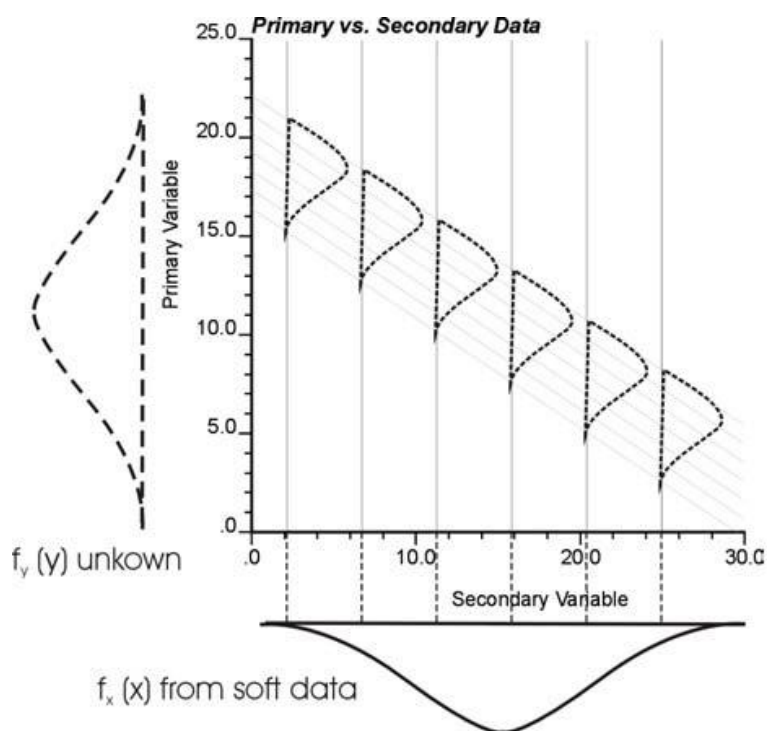
Η μέθοδος τάσης διορθώνει έμμεσα τη σφαιρική κατανομή. Αυτό οδηγεί σε μοντέλα με ακριβή αναπαραγωγή τάσης και τον έμμεσο έλεγχο κατανομής. Η ποιοτική μέθοδος εστιάζει άμεσα στο να διορθώσει τη σφαιρική κατανομή και να διατηρήσει τη συνέπεια με την εφαρμογή των δευτερευόντων δεδομένων ως παραθεμένα δεδομένα στην προσομοίωση. Το αποτέλεσμα είναι άμεσος έλεγχος της αναπαραγμένης κατανομής και έμμεσος έλεγχος της αναπαραγωγής τάσης.

Οι δύο τεχνικές διαφέρουν επίσης στις πληροφορίες που είναι ενσωματωμένες στο αριθμητικό πρότυπο. Στην πρώτη μέθοδο η προσομοίωση αυξάνεται από τις πληροφορίες σχετικά με τη χωρική συμπεριφορά της αρχικής μεταβλητής. Η δεύτερη μέθοδος στηρίζεται στις πληροφορίες σχετικά με ένα αντιπροσωπευτικότερο δευτερεύον στοιχείο και τη σχέση μεταξύ των αρχικών και δευτερευόντων στοιχείων. Η διαθέσιμη πληροφορία μπορεί να περιορίσει τη δυνατότητα να εφαρμοστεί κάποια από τις 2 μεθόδους. Η μέθοδος που επιλέγεται έχει επιπτώσεις στο προκύπτον μοντέλο αβεβαιότητας. Κάθε μέθοδος θα μειώσει, ενδεχομένως, τη γενική πρότυπη αβεβαιότητα. Αυτό είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι κάθε επιλογή περιλαμβάνει την προσθήκη της βελτίωσης στο αριθμητικό πρότυπο.

7.2 Παράδειγμα Debiasing

Έχουμε ένα ρεαλιστικό σύνολο δεδομένων βασισμένο σε μία δισδιάστατη πολυμεταλλική "κόκκινη" φλέβα. Το σύνολο δειγμάτων αυτής της φλέβας αποκτήθηκε με διάτρηση. Μερικά στοιχεία αφαιρέθηκαν για τον έλεγχο και την επεξήγηση της μεθόδου. Χάριν της σύγκρισης, κατασκευάστηκε μία προσέγγιση της κατανομής του αληθινού χρυσού με την εφαρμογή πολυγωνικής αποσύζευξης στο πλήρες "κόκκινο" σύνολο δεδομένων (δείτε το Σχήμα 7.3). Στο πλήρες σύνολο δεδομένων ολόκληρη η περιοχή ενδιαφέροντος είναι καλά σκιαγραφημένη (δείτε αριστερά του σχήματος 7.4 για το χάρτη θέσης του πλήρους συνόλου δεδομένων) και η πολυγωνική αποσύζευξη μας δίνει αποτελέσματα μιας λογικής κατανομής. Δεδομένου ότι η αληθινή ελλοχεύουσα κατανομή δεν είναι διαθέσιμη, θα

υποθέσουμε πως η κατανομή αυτή είναι καλή προσέγγιση της ελλοχεύουσας κατανομής.

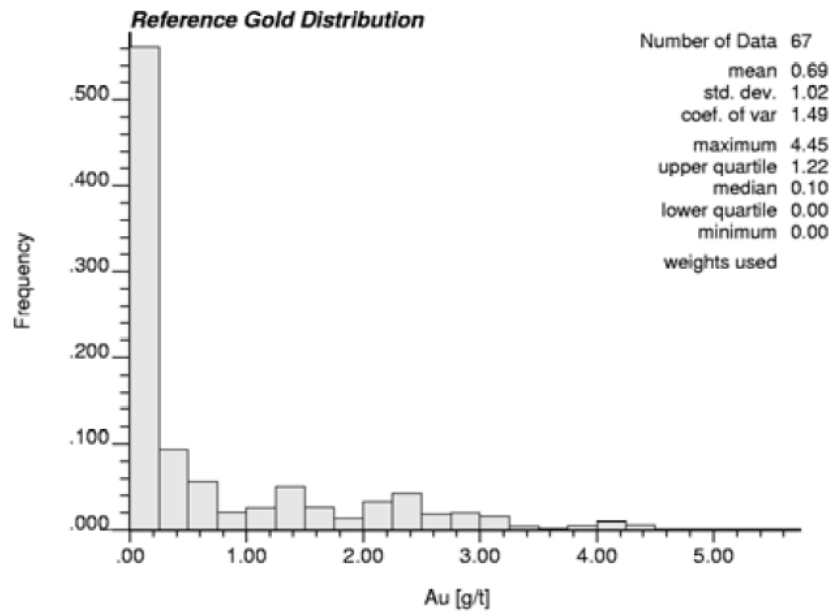


Σχήμα 7.3 – Μία απεικόνιση της αριθμητικής ολοκλήρωσης της υπό όρους κατανομής που κατά μήκος της υποδείχθηκε προηγουμένως γραμμική διμεταβλητή τάση.

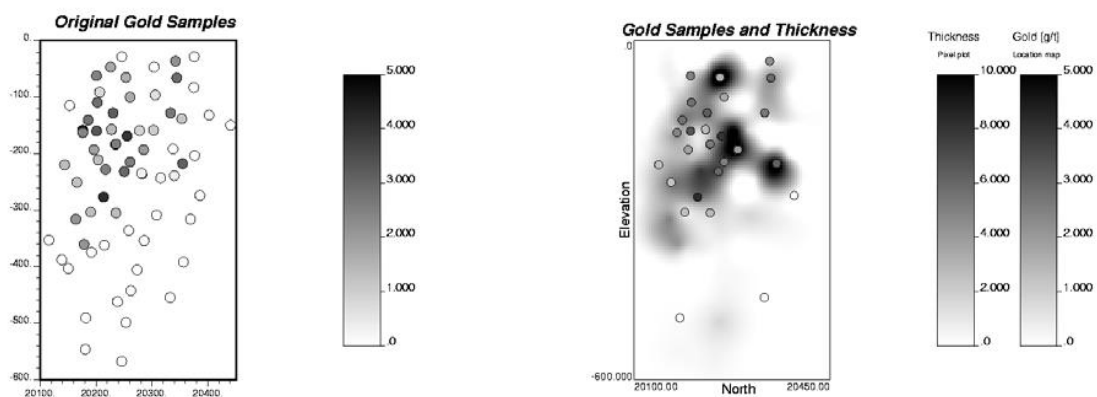
Υπάρχει σημαντικός θετικός συσχετισμός μεταξύ της ποιότητα χρυσού και του πάχους της φλέβας (συντελεστής συσχετισμού = 0.6), έτσι αποφασίστηκε να εφαρμοστεί ο χρυσός ως αρχική μεταβλητή και ένας χάρτης πάχους, λείου krig ως αντιπροσωπευτικό δευτερεύον στοιχείο, βλέπετε Σχήμα 7.5.

Στο μειωμένο σύνολο δεδομένων εφαρμόστηκε η πολυγωνική αποσύζευξη. Η τελική αποσυζευγμένη κατανομή και τα πολύγωνα νογοποι παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.6. Υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της ελλοχεύουσας μέσης ποιότητας χρυσού (0.69 g/t) και της αποσυζευγμένης μέσης ποιότητας χρυσού (1.25 g/t) ενώ οι κατανομές δεν έχουν την ίδια μορφή. Υπάρχουν πρόσθετες πληροφορίες που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στο συμπέρασμα της σωστής κατανομής, όπως το πάχος που έχει έναν σημαντικό συσχετισμό στην αρχική μεταβλητή, το χρυσό. Υπάρχει

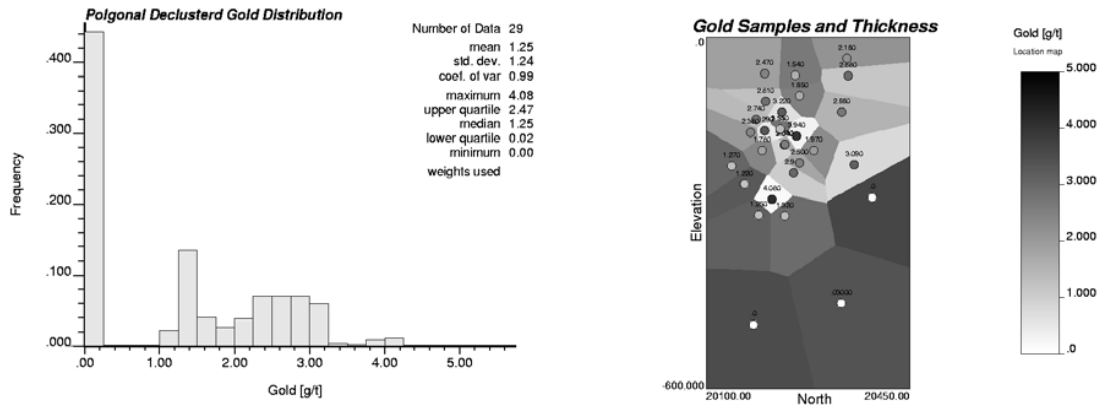
επίσης μια σαφής τάση στις ποιότητες χρυσού. Αυτές οι αναλογικές πληροφορίες βελτιώνουν την κατανομή.



Σχήμα 7.4 – Μία προσέγγιση της υποκείμενης κατανομής υπολογίζεται με την πολυγωνική αποσύζευξη του πλήρους “κόκκινου” σετ δεδομένων.



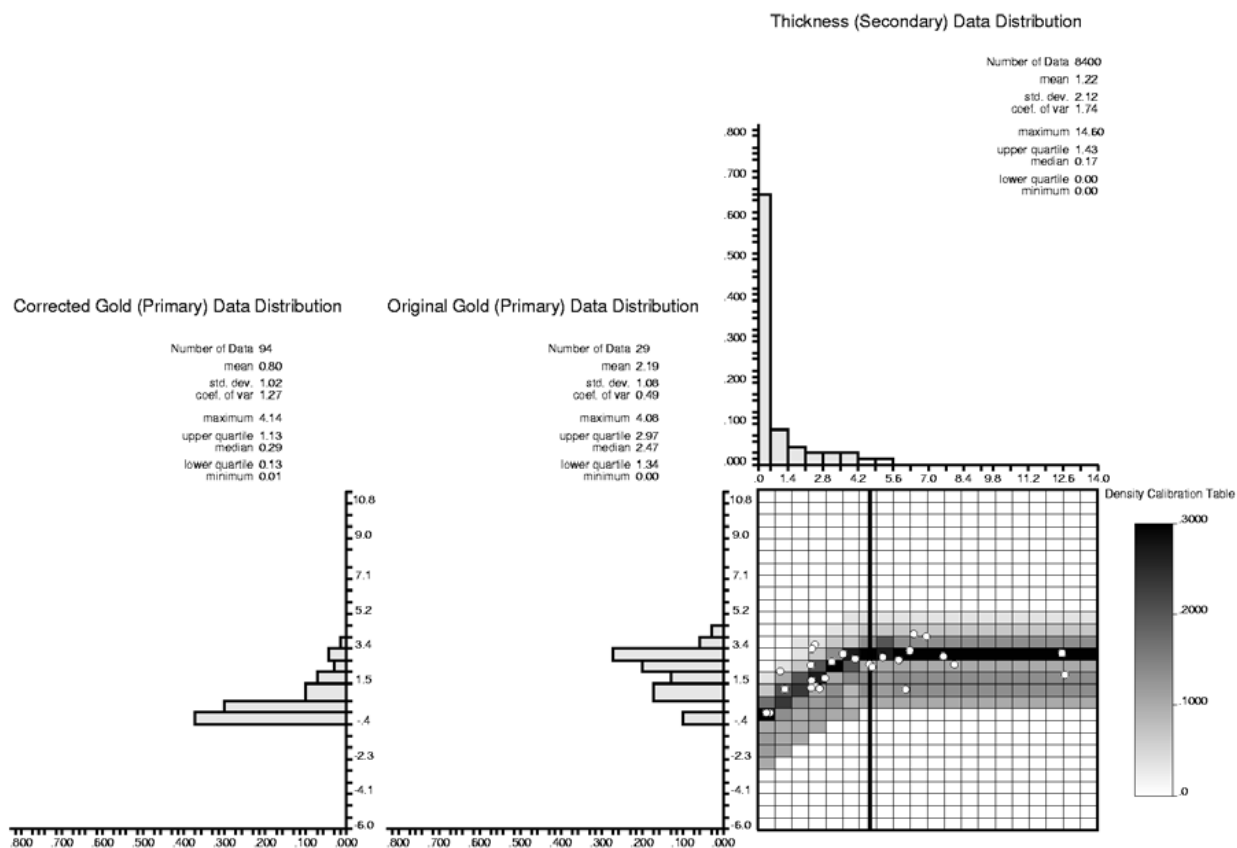
Σχήμα 7.5 – Η αρχική βάση δεδομένων red.dat (στα αριστερά) και η τροποποιημένη βάση δεδομένων με kriged χάρτη πάχους.



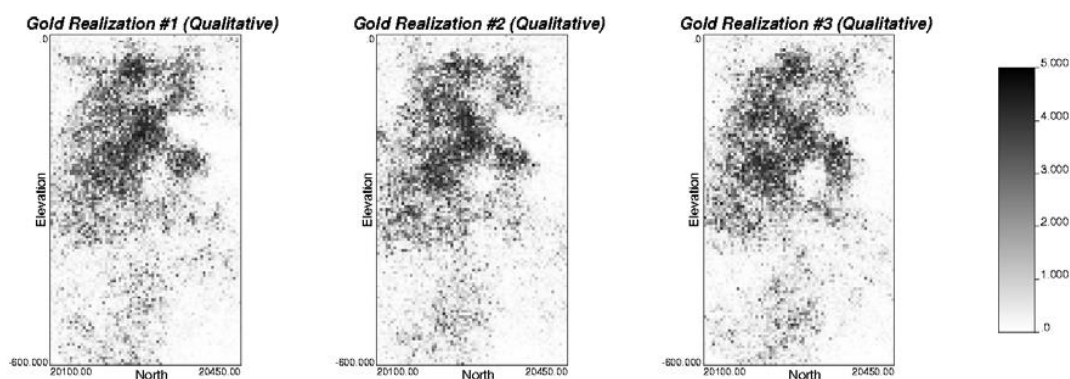
Σχήμα 7.6 – Η προκύπτουσα κατανομή από την πολυγωνική αποσύζευξη των τροποποιημένων δεδομένων στο σετ δεδομένων red.dat και ένας χάρτης τοποθεσιών του σετ δεδομένων, με τα αντίστοιχα πολύγωνα voursior.

7.3 Debiasing από Ποιοτικά Δεδομένα

Το debiasing από τα ποιοτικά δεδομένα με διμεταβλητή τάση εφαρμόστηκε για να διορθώσει τη κατανομή χρυσού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 29. Η διμεταβλητή τάση τέθηκε ως συνάρτηση δεύτερης τάξης με ένα γραμμικό τμήμα για τις ποιότητες χρυσού μεγαλύτερες από 5.0 g/t. Αυτός ο πίνακας βαθμολόγησης πυκνότητας σταθμίστηκε από τη δευτερεύουσα κατανομή πάχους και η προκύπτουσα διορθωμένη κατανομή χρυσού παρουσιάζεται στο αριστερό Σχήμα 7.7. Οποιαδήποτε κατ' εκτίμηση αρνητική ποιότητα τέθηκε στο μηδέν. Η διαδοχική γκαουσιανή προσομοίωση (SGSIM) εκτελέστηκε με debiased κατανομή ως την κατανομή αναφοράς και ο χάρτης πάχους ως παραθεμένο δευτερεύον στοιχείο. Ένας συντελεστής συσχετισμού 0.72 υπολογίστηκε από τον πίνακα βαθμολόγησης πυκνότητας στα δευτερεύοντα στοιχεία. Ένα πανκατευθυντικό βαριόγραμμα με μία επίδραση κόκκων 0.4 και μία ιστροπική σφαιρική δομή με μια σειρά 140 μονάδων χρησιμοποιήθηκε για να αντιπροσωπεύσει τη χωρική συνοχή του χρυσού. Δεν καταβλήθηκε καμία προσπάθεια για να υπολογιστεί και να μοντελοποιηθεί ένα πιο συγκεκριμένο μοντέλο βαριογράμματος καθώς το συμπέρασμα του βαριογράμματος δεν είναι θέμα αυτής της εργασίας. Τρεις πραγματοποιήσεις παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.8.

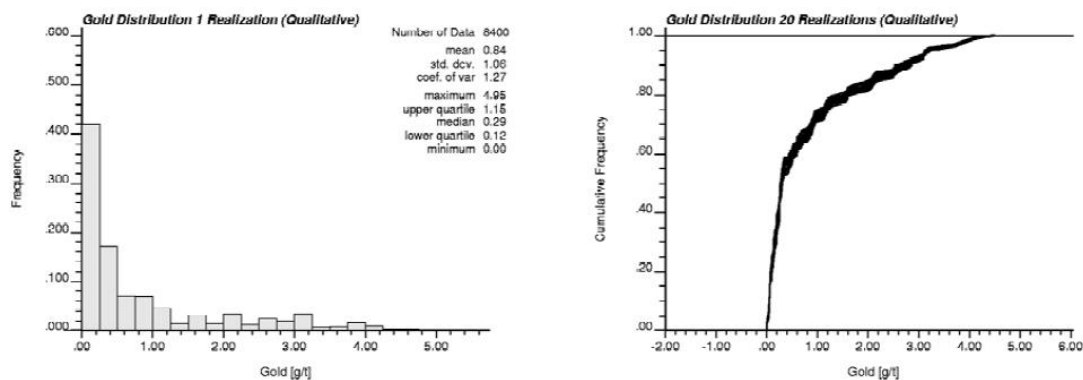


Σχήμα 7.7 - Ο πίνακας βαθμονόμησης πυκνότητας με συντοποθετημένα δεδομένα πάχους, η κατανομή πάχους, η αρχική κατανομή χρυσού και η διορθωμένη κατανομή χρυσού.

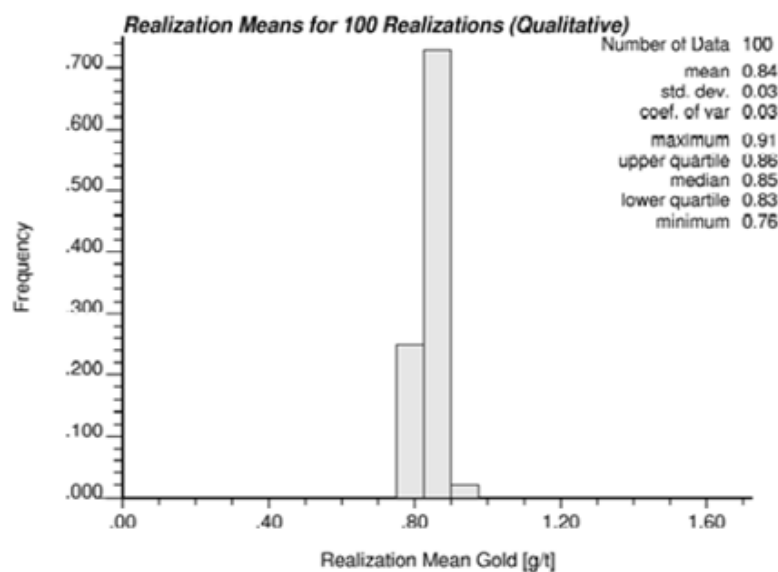


Σχήμα 7.8 – Τρεις πραγματοποιήσεις της ποιότητας χρυσού χρησιμοποιώντας την αποσυζευγμένη κατανομή και τα δεδομένα συντοποθετημένου πάχους.

Ο ισχυρός συσχετισμός μεταξύ των αρχικών δεδομένων και των παραθεμένων δευτερευόντων δεδομένων έχει οδηγήσει σε μια σαφή τάση στις πραγματοποιήσεις που προαναφέρθηκαν. Μερικά παραδείγματα προσομοιωμένων κατανομών παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.9 και η κατανομή των μέσων πραγματοποίησης για 100 πραγματοποιήσεις παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.10. Ο μέσος όρος των μέσων πραγματοποίησης είναι 0.84, το οποίο είναι υψηλότερο από το μέσο όρο της κατανομής αναφοράς. Εντούτοις, η προκύπτουσα κατανομή είναι πιο κοντά στην αληθινή κατανομή αναφοράς σε σχήμα αλλά και στατιστικά από τα αποτελέσματα αποσύζευξης.



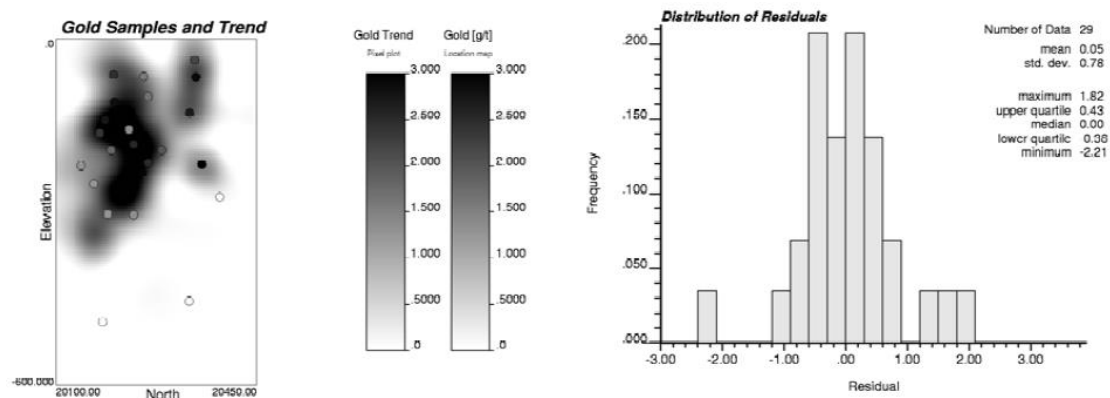
Σχήμα 7.9 – Το ιστόγραμμα μίας πραγματοποίησης και η αθροιστική κατανομή των 20 πραγματοποίησεων.



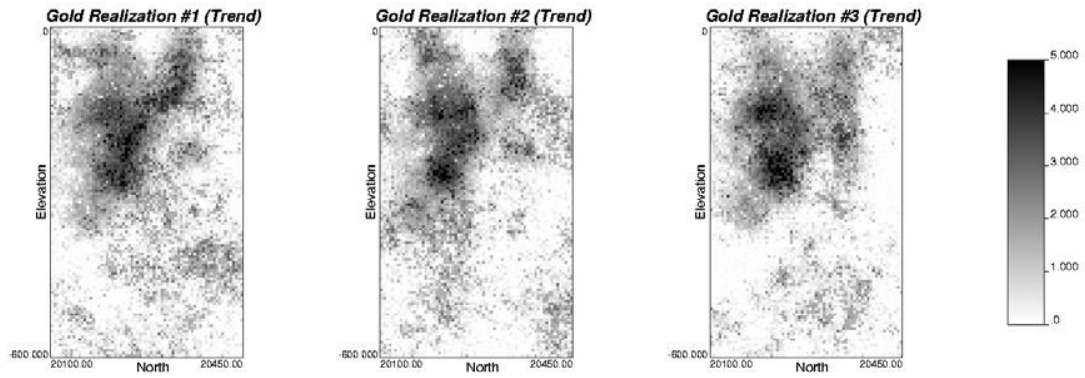
Σχήμα 7.10 – Το ιστόγραμμα της μέσης πραγματοποίησης για τις 100 πραγματοποιήσεις.

7.4 Μοντελοποίηση τάσης για το Debiasing

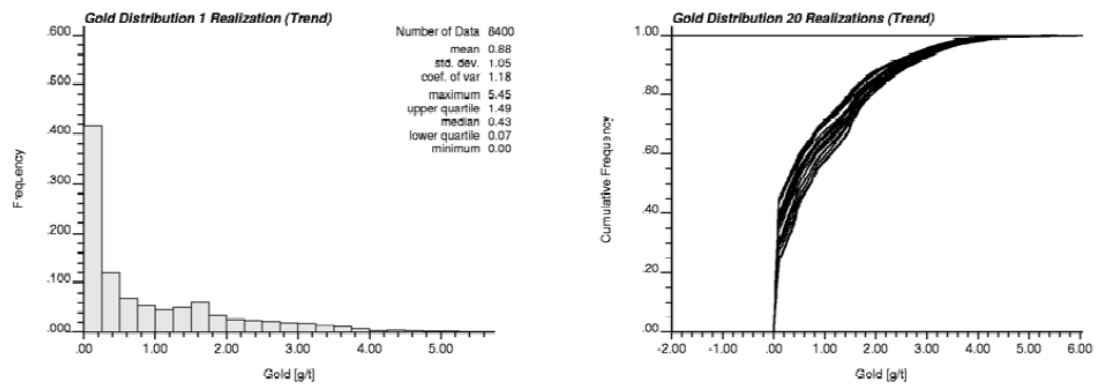
Εφαρμόστηκε επίσης μοντελοποίηση της τάσης για το debiasing. Κατασκευάστηκε ένα πρότυπο τάσης από έναν κινούμενο μέσο όρο των παραθύρων όλων των δειγμάτων χρυσού στο πλήρες σύνολο δεδομένων. Αυτό το πρότυπο κλιμακώθηκε έτσι ώστε ο μέσος όρος των υπολοίπων να είναι κοντά στο 0. Τα δείγματα χρυσού, η πρότυπη τάση χρυσού και η κατανομή των υπολοίπων παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.11. Η διαδοχική γκαουσιανή προσομοίωση εκτελέστηκε με τα υπόλοιπα και το μοντέλο τάσης προστέθηκε a posteriori. Οποιοσδήποτε αρνητικές εκτιμήσεις τέθηκαν 0. Τα τρία παραδείγματα υλοποίησης παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.12. Η τάση αναπαράγεται με συνέπεια σε κάθε υλοποίηση. Μερικές κατανομές υλοποίησης παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.13 και η κατανομή των μέσων υλοποίησης για 100 υλοποιήσεις παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.14. Ο μέσος όρος των μέσων υλοποίησης είναι 0.90. Οι προκύπτουσες κατανομές είναι πιο κοντινές στην κατά προσέγγιση αληθινή κατανομή σε σχήμα και στο μέσο από τα δεδομένα αποσύζευξης.



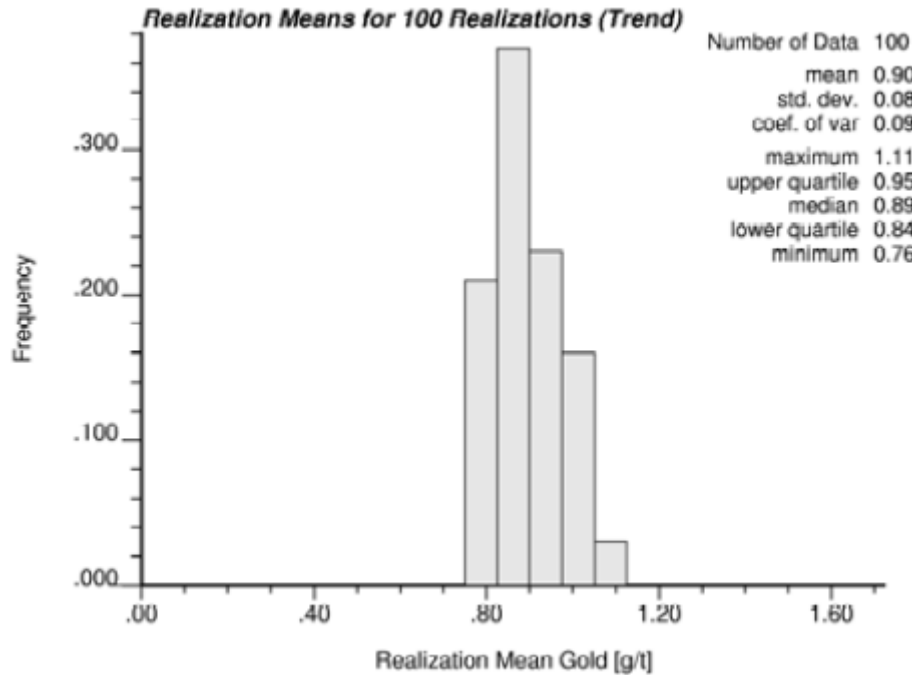
Σχήμα 7.12 – Το μειωμένο “κόκκινο” σετ δεδομένων με μία τάση χρυσού, και η κατανομή των αυτοχθόνων στις θέσεις δεδομένων.



Σχήμα 7.13 - Τρεις πραγματοποιήσεις της ποιότητας χρυσού που προκύπτουν από την προσθήκη των στοχαστικών αυτοχθόνων και ένα ντετερμινιστικό μοντέλο τάσης.



Σχήμα 7.14 – Το ιστόγραμμα μιας πραγματοποίησης και η αθροιστική κατανομή των 20 πραγματοποιήσεων.



Σχήμα 7.15 – Το ιστόγραμμα του μέσου πραγματοποίησης για 100 πραγματοποιήσεις.

7.5 Συμπεράσματα

Η μη αντιπροσωπευτική δειγματοληψία είναι αναπόφευκτη στις περισσότερες γεωλογικές συνθήκες. Οι τεχνικές αποσύζευξης χρησιμοποιούνται ευρέως και είναι γενικά αποτελεσματικές για τα μη αντιπροσωπευτικά δεδομένα. Είναι σημαντικό να γίνουν κατανοητές οι κατάλληλες μέθοδοι και οι τοποθετήσεις για την εφαρμογή της αποσύζευξης. Στις συνθήκες όπου στην ελλοχεύουσα κατανομή δεν έχει υπάρξει επαρκής δειγματοληψία, η αποσύζευξη μπορεί να μην είναι επαρκής και να απαιτείται debiasing. Το debiasing στηρίζεται στις αναλογικές πληροφορίες όπως μια τάση στην αρχική μεταβλητή ή σε καλή δειγματοληψία δευτερεύουσας μεταβλητής και βαθμολόγησης της. Δύο μέθοδοι debiasing, η διαμόρφωση τάσης για το debiasing και το debiasing από ποιοτικά δεδομένα καταδείχθηκαν με ένα σύνολο δεδομένων εξόρυξης.

Βιβλιογραφία