



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΣΠ



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΣΠ – 323Ε

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ
© Copyright Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος

Χωρική Ανάλυση



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- ΓΣΠ και χωρική ανάλυση
- χωρικά δεδομένα
- ανάλυση χωρικών δεδομένων:
Μερικά παραδείγματα



ΓΣΠ και χωρική ανάλυση

Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΓΣΠ)

ΓΣΠ σαν σύνολο εργαλείων

- **Burrough:** "σύνολο εργαλείων για, συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση κατά βούληση, μετασχηματισμό και παρουσίαση χωρικών δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο για ένα ιδιαίτερο σύνολο σκοπών "
- GIS, ΓΣΠ (= συστήματα)

■ GIS ως επιστήμη (η "νέα" Γεωγραφία)

- **Goodchild:** Γεωγραφική επιστήμη των πληροφοριών
 - γενεσιουργικές επιστημονικές ερωτήσεις σχετικά με γεωγραφικά δεδομένα
 - κεντρικός ρόλος της χωρικής ανάλυσης
- Επιστήμη της Γεωγραφικής Πληροφορίας



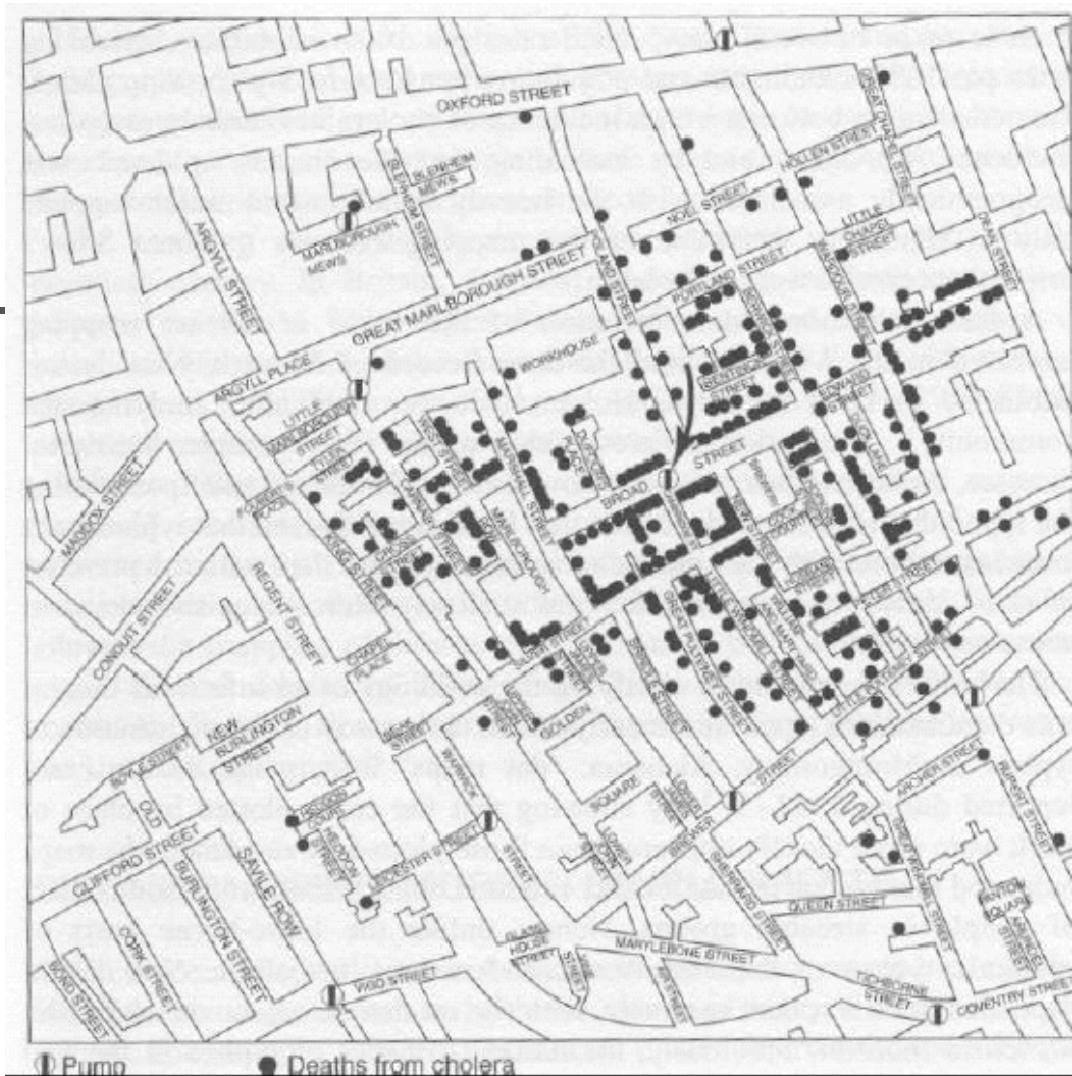
Λειτουργίες GIS

- **πολλές διαφορετικές ταξονομίες**
- **Anselin - Getis 92 (και άλλοι)**
 - τέσσερα ευρέα σύνολα λειτουργιών
 1. εισαγωγή
 2. αποθήκευση
 3. ανάλυση
 4. παραγωγή



Τι είναι χωρική ανάλυση

- **από τα δεδομένα στις πληροφορίες**
 - πέρα από τη χαρτογράφηση: προστιθέμενη αξία
 - μετασχηματισμοί, χειρισμοί και εφαρμογή των αναλυτικών μεθόδων σε χωρικά (γεωγραφικά) δεδομένα
- **έλλειψη σταθερότητας ως προς την τοποθεσία (μεταβλητότητα λόγω θέσης)**
 - αναλύσεις όπου η έκβαση αλλάζει όταν οι θέσεις των υπό μελέτη αντικειμένων αλλάζει
 - μεσαίο κέντρο (median), συστάδες (συσσωρεύσεις clusters), χωρική αυτοσυσχέτιση (autocorrelation)
 - όπου υπάρχουν σχετικές εφαρμογές



Χωρική ανάλυση θανάτων χολέρας στο Λονδίνο

Κατηγορίες χωρικής ανάλυσης



➤ διαφορετικές ταξονομίες

■ έξι κατηγορίες (Longley και λοιποί 2001)

1. ερωτήσεις και αιτιολογία
2. μετρήσεις
3. μετασχηματισμοί
4. περιγραφικές περιλήψεις
5. βελτιστοποίηση
6. Δοκιμή (τεστ) υπόθεσης

■ άλλοι

1. αναλυτική χαρτογραφία (Tobler)
2. χαρτογραφική προτυποποίηση (Tomlin)

Συνιστώσες χωρικής ανάλυσης



- **διερευνητική χωρική ανάλυση δεδομένων**
 - Εντοπισμός προτύπων ενδιαφέροντος
- **απεικόνιση (οπτικοποίηση)**
 - Απεικόνιση προτύπων ενδιαφέροντος
- **χωρική μοντελοποίηση, παλινδρόμηση**
 - Εξήγηση προτύπων ενδιαφέροντος



Εφαρμογή της χωρικής ανάλυσης

- **πέρα από το GIS**
- **αναλυτική λειτουργικότητα δεν είναι μέρος του τυπικού εμπορικού GIS**
- **η εξερεύνηση απαιτεί διαλογική προσέγγιση**
- **η χωρική μοντελοποίηση απαιτεί εξειδικευμένες στατιστικές μεθόδους**
 - ρητή επεξεργασία της χωρικής αυτοσυσχέτισης
 - Χώρος-χρόνος δεν είναι χώρος + χρόνος



Χωρικά Δεδομένα



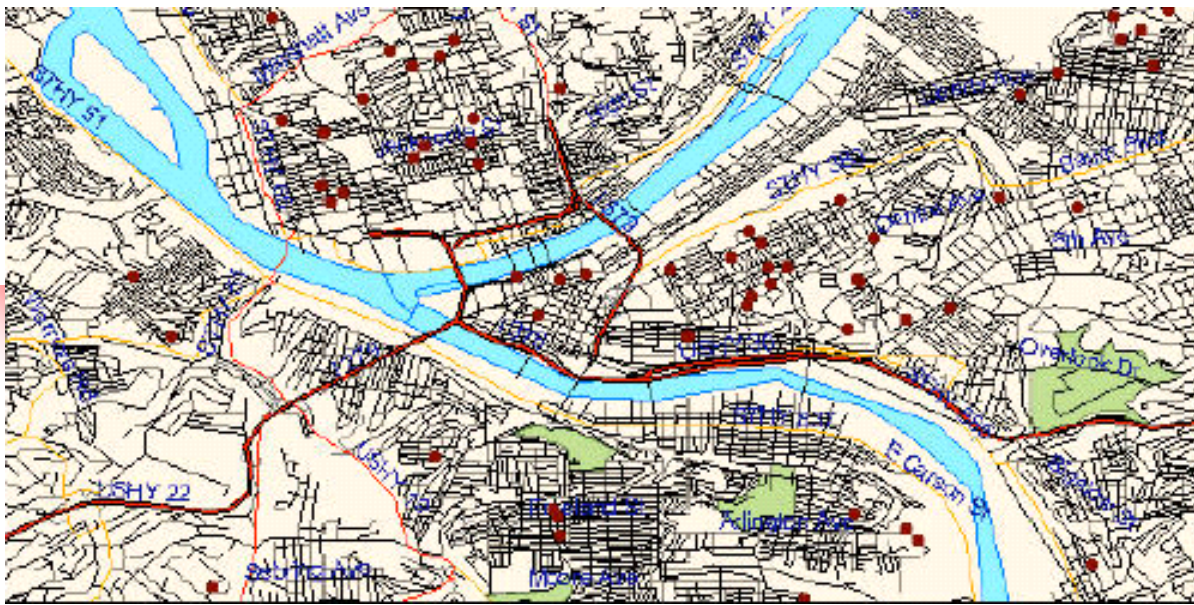
Τι είναι ξεχωριστό σχετικά με τα Χωρικά δεδομένα

- **Τοποθεσία, Τοποθεσία, Τοποθεσία**
 - Το «**που**»; Έχει σημασία
- **η εξάρτηση είναι κανόνας**
 - χωρική αλληλεπίδραση, γειτνίαση, εξωτερικές επιδράσεις, πιτσιλίσματα, αντιγραφή-αποκοπή
- **πρώτος νόμος της γεωγραφίας (Tobler)**
 - Όλα εξαρτώνται από όλα τα άλλα, αλλά αυτά που είναι πιο κοντά έχουν περισσότερη εξάρτηση

Φύση των χωρικών δεδομένων

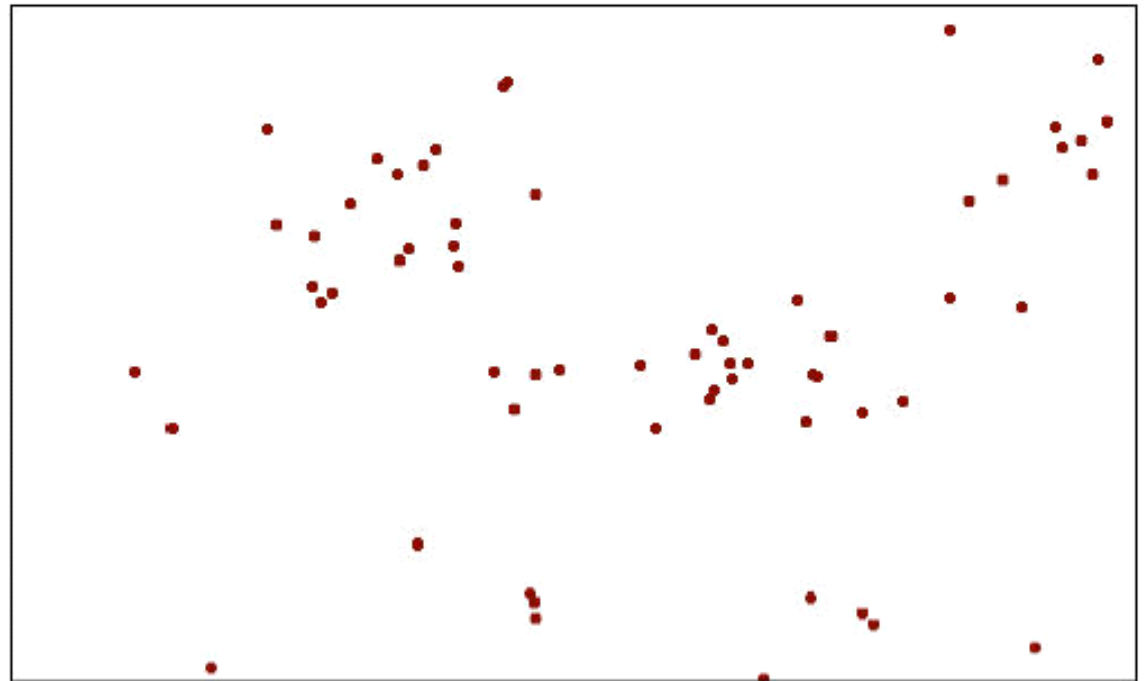


- **Χωρική αναφορά δεδομένων**
 - «Γεωαναφορά»
 - δεδομένα "ιδιοτήτων" που συνδέονται με τοποθεσία
 - Το «που»; Έχει σημασία
- **παράδειγμα: Χωρικά αντικείμενα**
 - σημεία: x, y συντεταγμένες
 - πόλεις, καταστήματα, εγκλήματα, ατυχήματα
 - γραμμές: τόξα, *από* κόμβο, *σε* κόμβο
 - οδικό δίκτυο, γραμμές μεταφοράς
 - πολύγωνα: σειρά συνδεδεμένων τόξων
 - κράτη, νομοί, μονάδες απογραφής

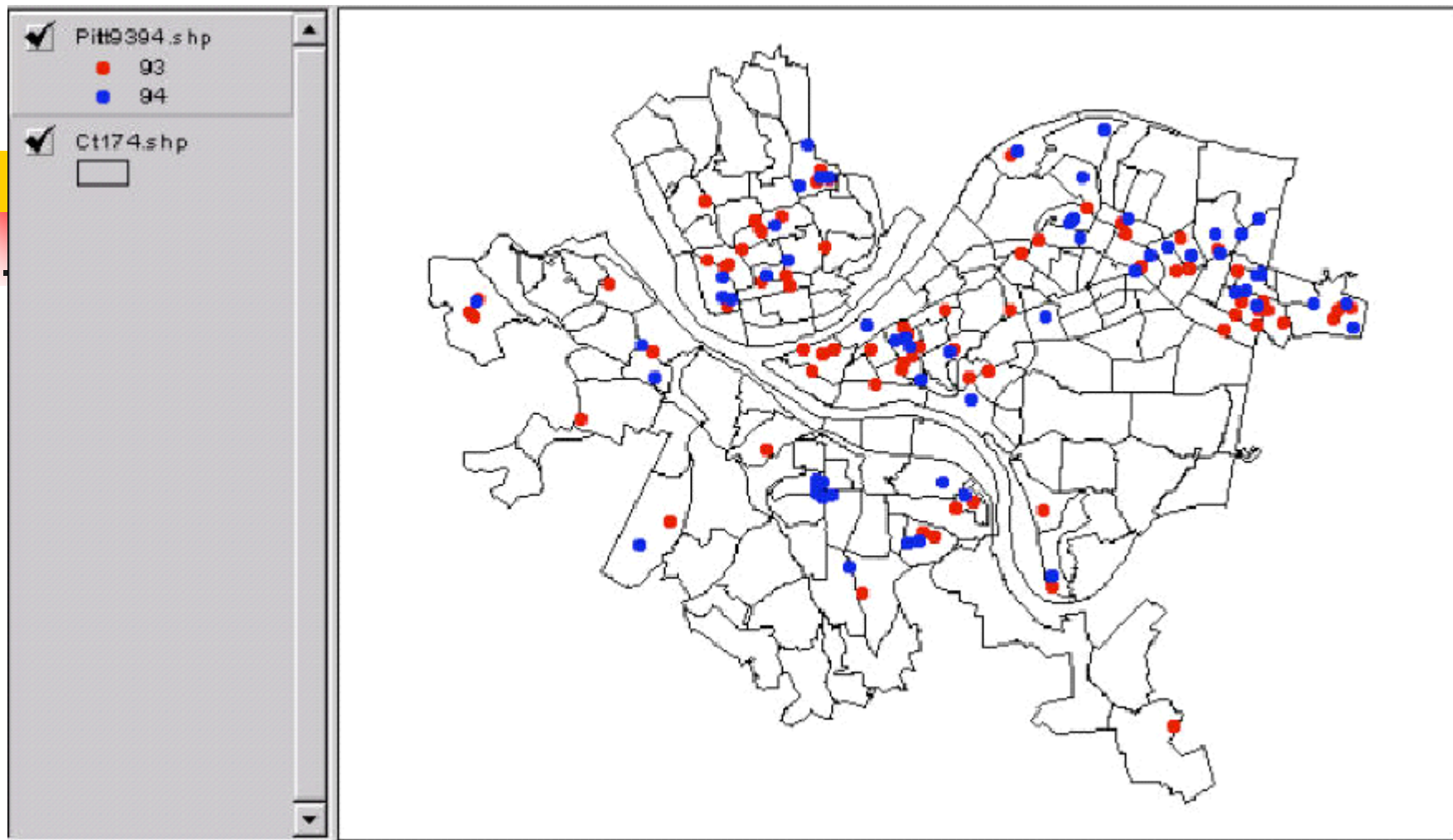


σημεία στη
γεωγραφική
πλοκή

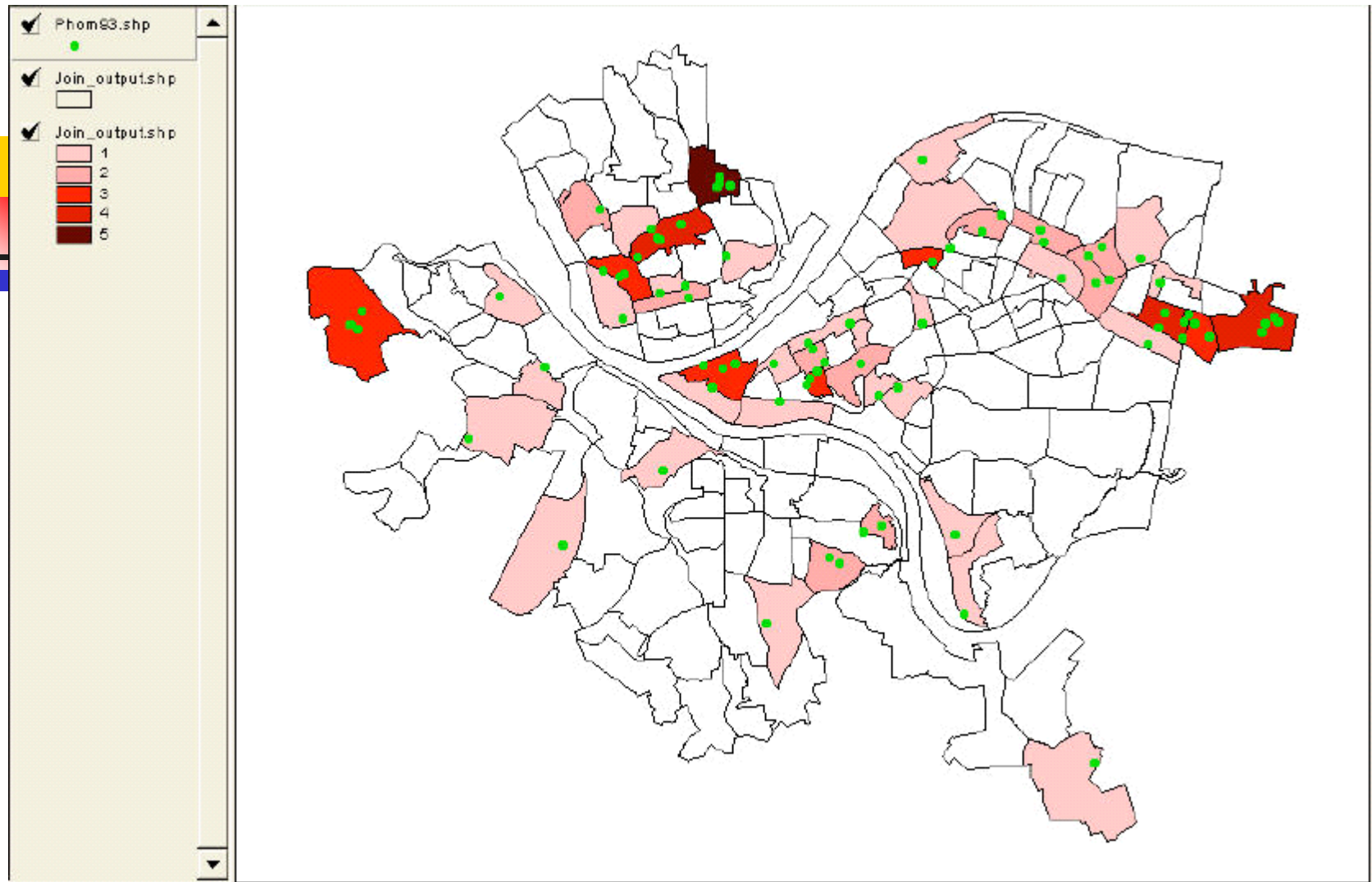
πρότυπα σημείων
μέσα σε
ομοιόμορφο
επίπεδο



Χωρικά
αντικείμενα

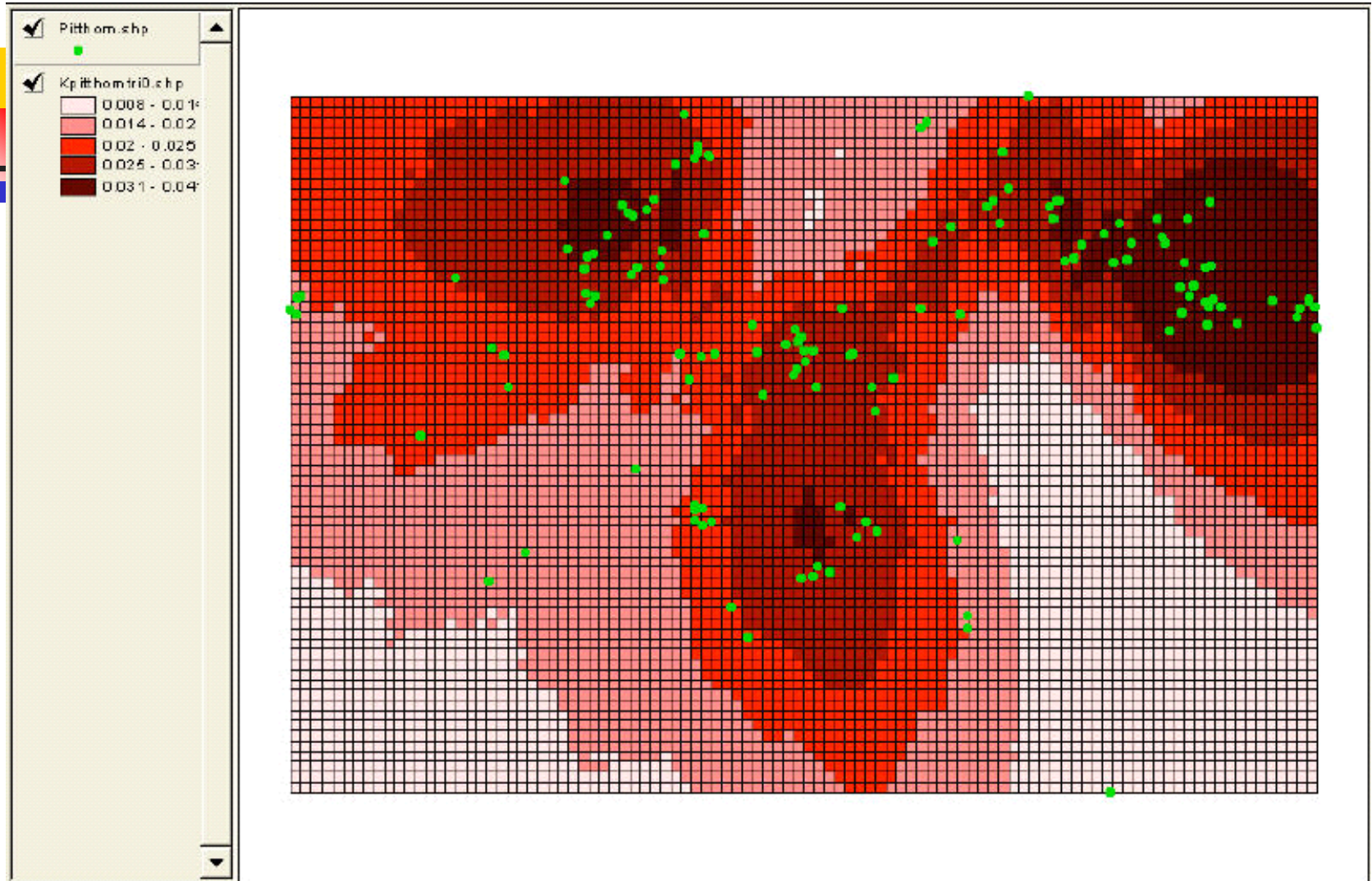


Πίτσμπουργκ 93-94 θέσεις ανθρωποκτονιών ως σημεία στις μονάδες απογραφής, αριθμήσεις γεγονότων



Αριθμήσεις ανθρωποκτονιών σε μονάδες επιφάνειας

Συνεχής ή διακριτή αντιπροσώπηση



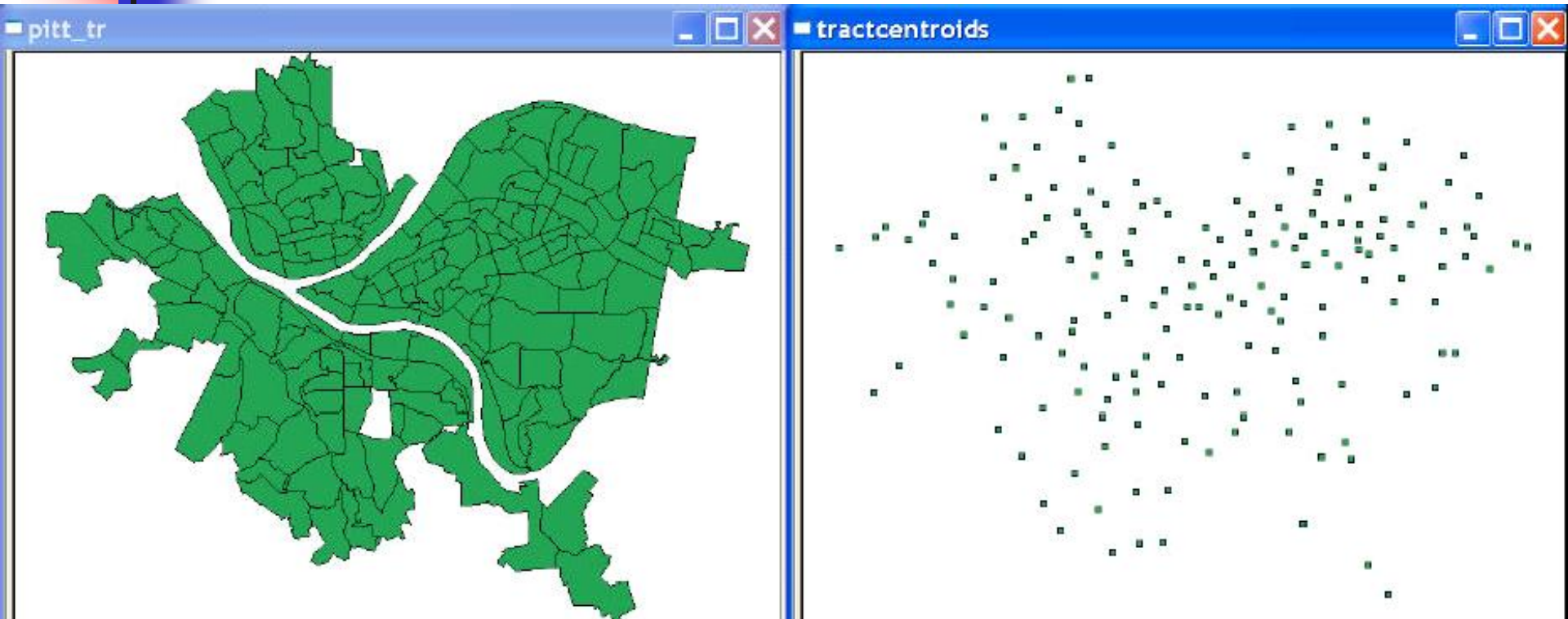
Πυρήνες επιφανειών πυκνότητας για σημεία ανθρωποκτονιών ως πλέγμα

Αντιπροσώπηση χωρικών αντικειμένων

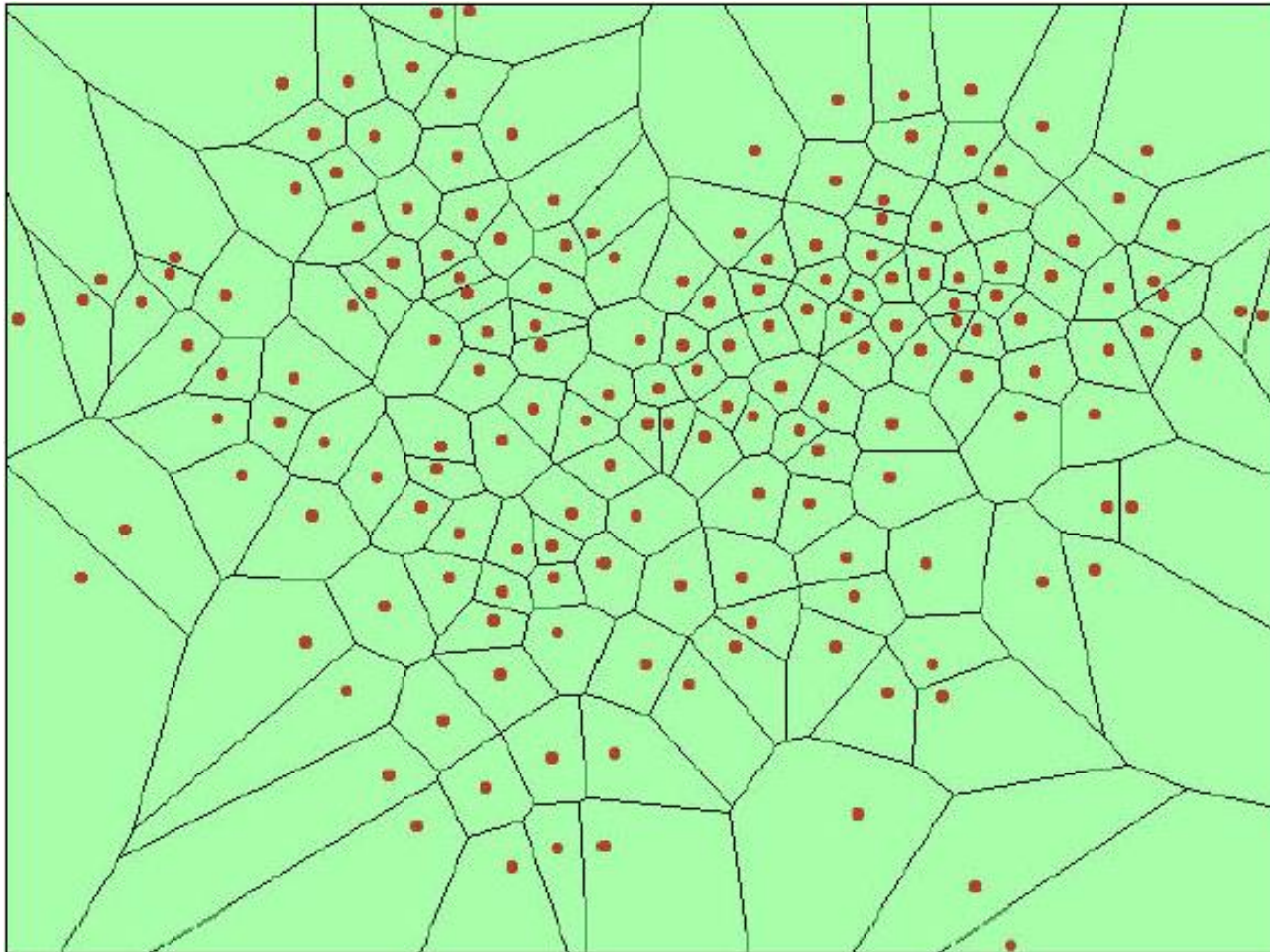


- **τα αντικείμενα είναι διακριτά**
- **πολύγωνα**
 - μονάδες επιφάνειας που αντιπροσωπεύονται από κλειστή οριογραμμή
 - πολύγωνο προς σημείο: κέντρο βάρους
- **σημεία**
 - θέσεις που αντιπροσωπεύονται από συντεταγμένες
 - σημείο προς πολύγωνο: Ψηφιοποίηση (tessellation)

Έκταση με πολύγωνα σε έκταση με σημεία κέντρου βάρους



Έκταση σημείων κέντρου βάρους σε πολύγωνα Thiessen



Τύποι χωρικών δεδομένων - σημεία

➤ σημεία

■ σημεία ως γεγονότα

- εγκλήματα (διευθύνσεις), ατυχήματα (θέσεις)
- Ανάλυση προτύπων σημείου

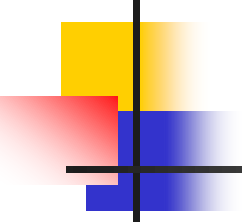
■ σημεία ως δειγματολήπτες από μια επιφάνεια

- παρακολούθηση ατμοσφαιρικής ποιότητας, πωλήσεις σπιτιών
- Γεωστατιστική

■ σημεία ως αντικείμενα

- Κέντρα βάρους επιφάνειας νομών
- Ανάλυση στοιχείων δικτυωτού πλέγματος (raster)

Τύποι χωρικών δεδομένων - επιφάνειες

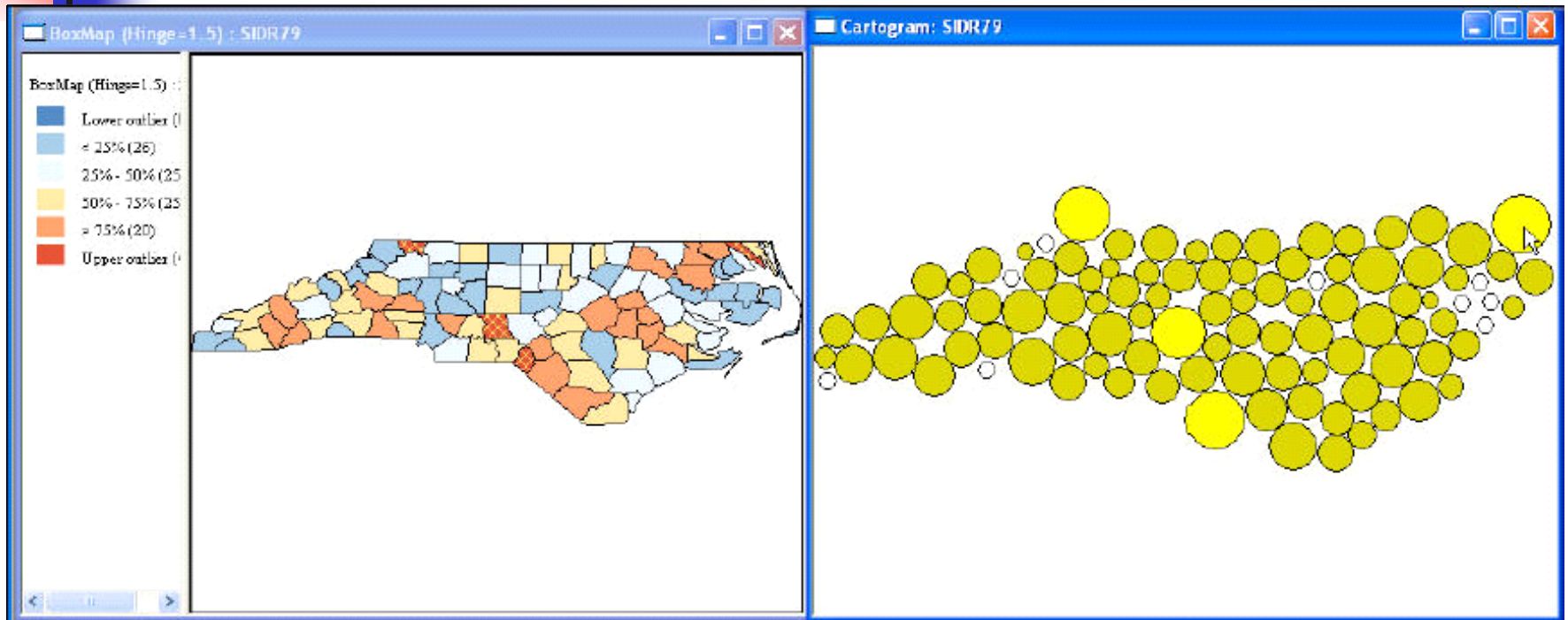
- 
- **Επιφάνειες** (επιφανειακές μονάδες)
 - **σύνολα γεγονότων**
 - εγκλήματα ανά έκταση απογραφής
 - Εκτενείς χωρικές μεταβλητές
 - **περιλήψεις**
 - μέση αξία σπιτιών, πυκνότητα
 - ελλοχεύουσα ετερογένεια = οικολογική πλάνη
 - μεταβλητές με ένταση στο χώρο

Χωρική ανάλυση δεδομένων



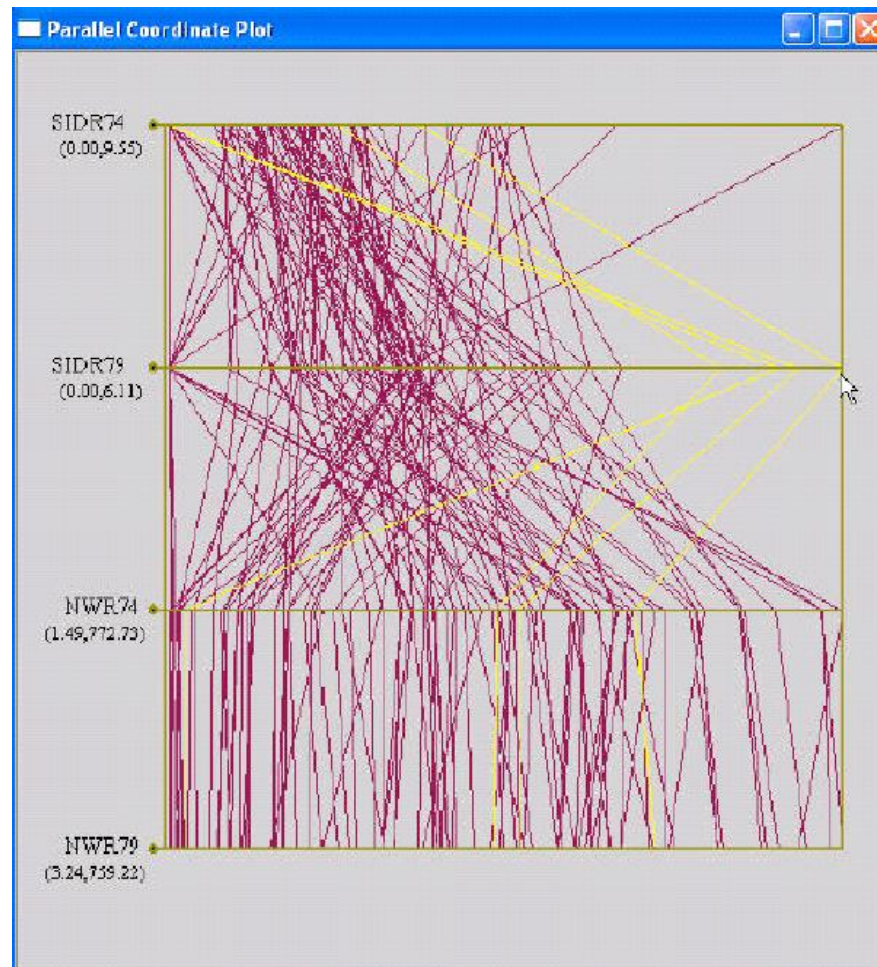
Μερικά παραδείγματα

Χαρτόγραμμα στο GeoDa



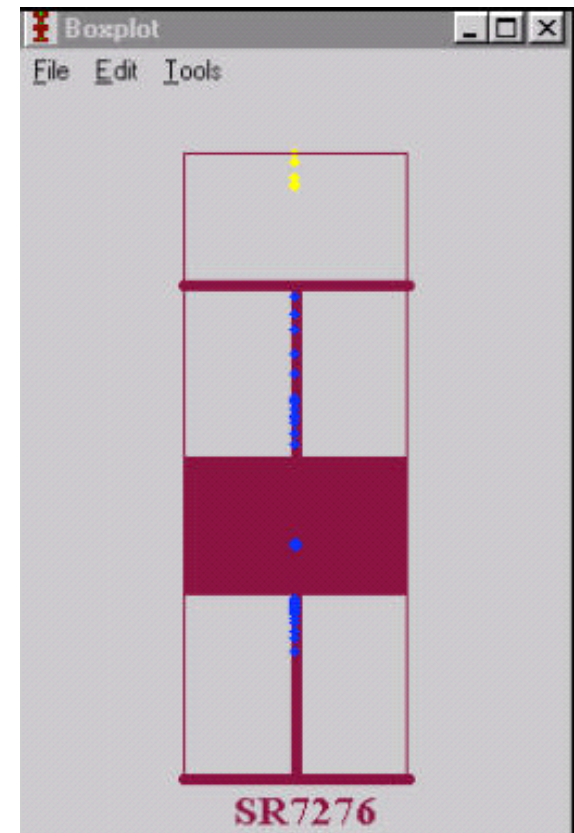
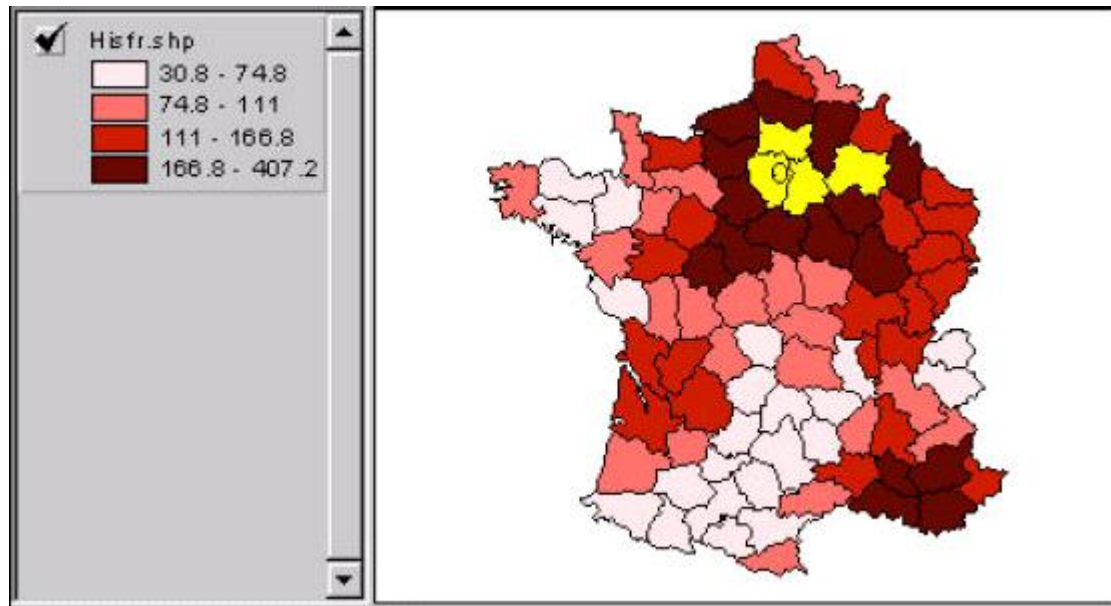
Ποσοστά SIDS (79) στους Νομούς της Βόρειας Καρολίνας

Σχέδιο παράλληλων συντεταγμένων



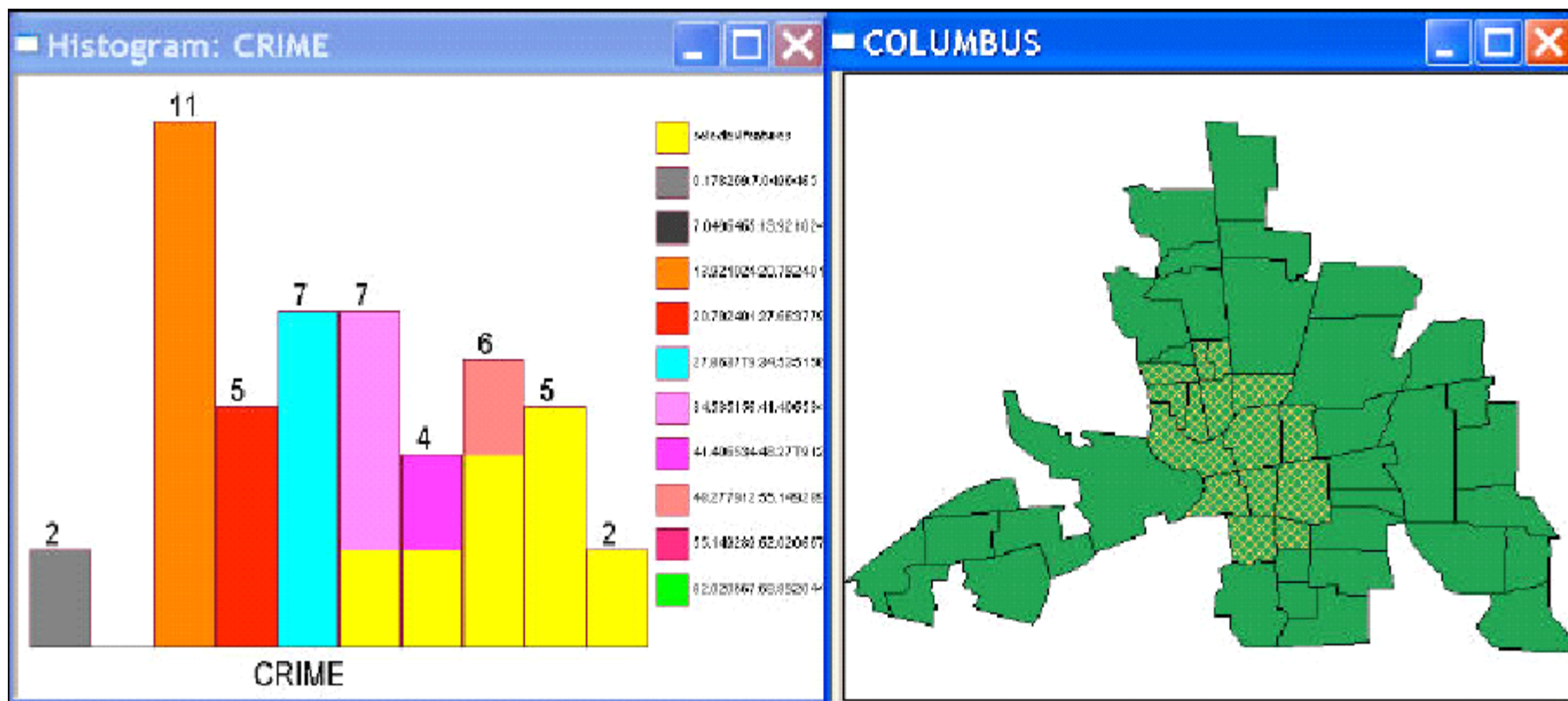
Χάρτης Κιβωτίου

➤ χάρτης τεταρτημορίου με outliers που τονίζονται



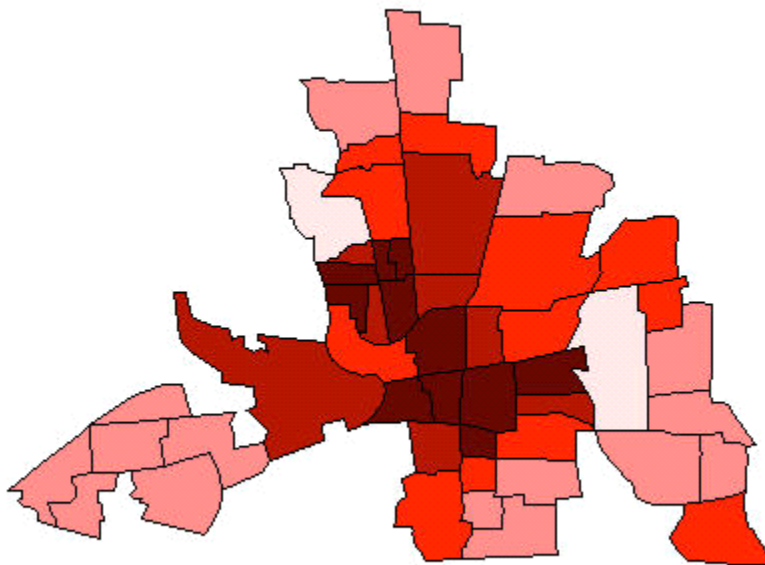
ποσοστά αυτοκτονίας στη Γαλλία (Durkheim 1897)

Περιφερειακό Ιστογράμμο

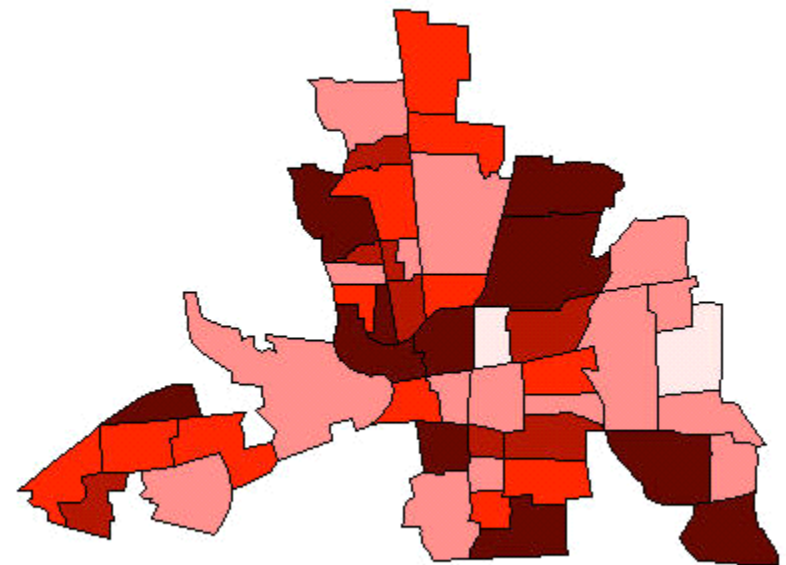


Χωρική αυτοσυσχέτιση

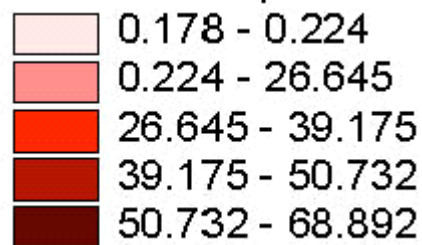
Παρατηρηθείσα (αριστερά) και τυχαία (δεξιά)
κατανομή εγκληματικότητας στο Columbus



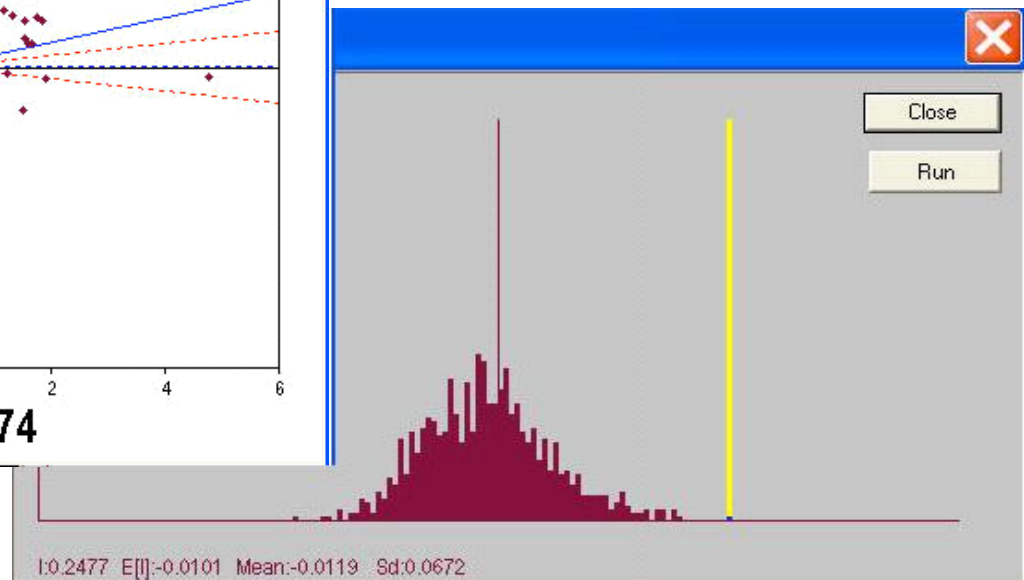
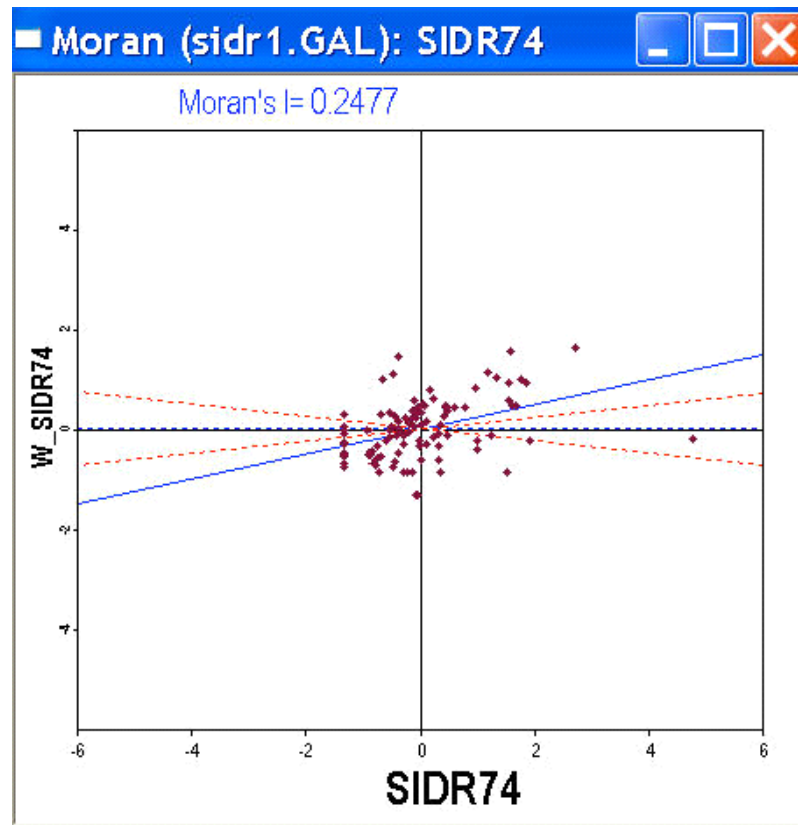
Moran's I = 0.486



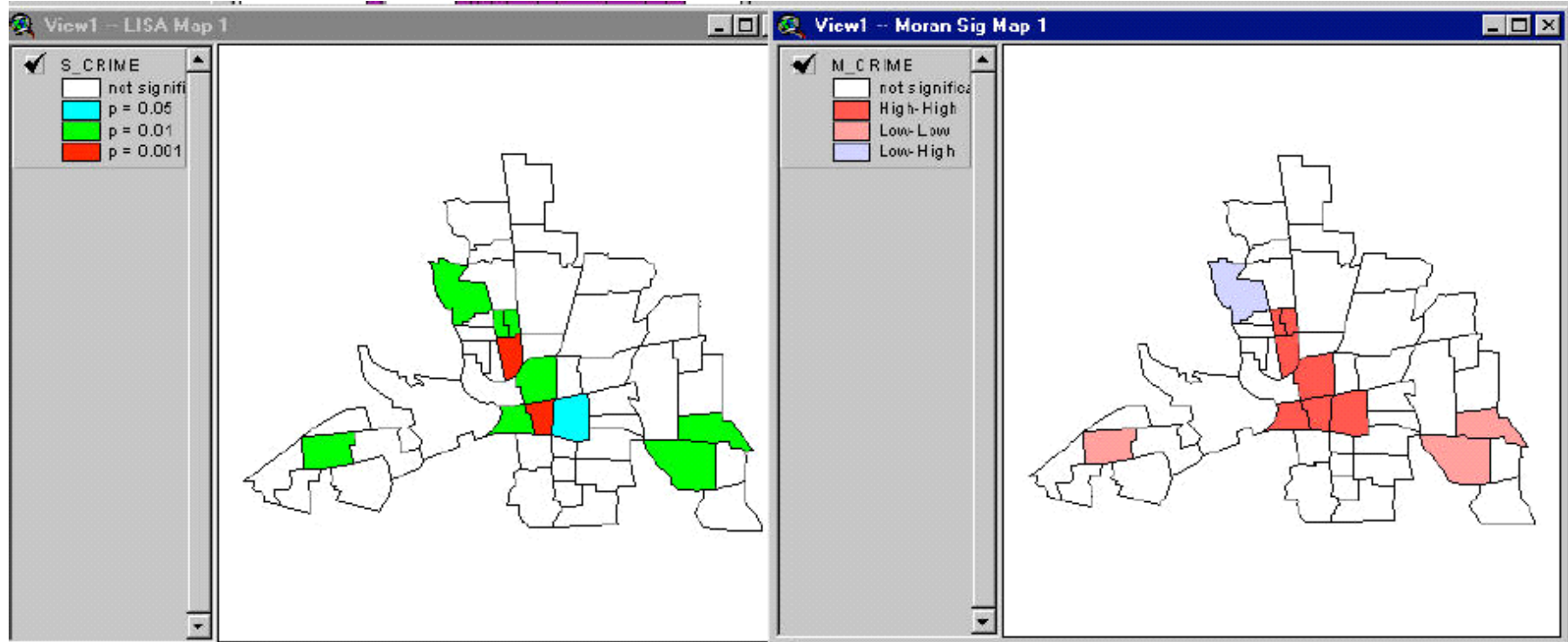
Moran's I = -0.003



Moran Scatterplot και τυχαιοποίηση

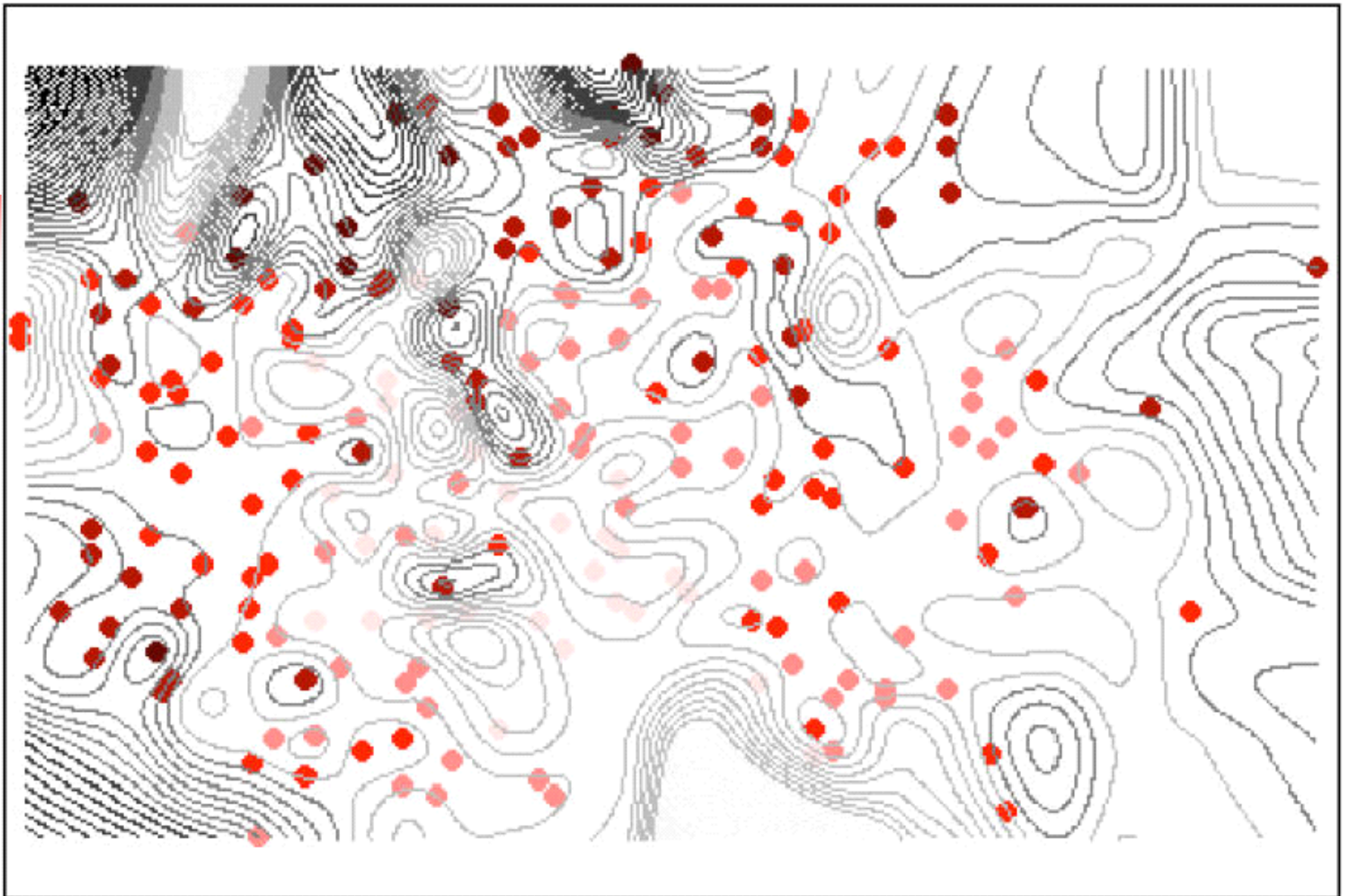


Χάρτες συστάδων (Cluster) LISA

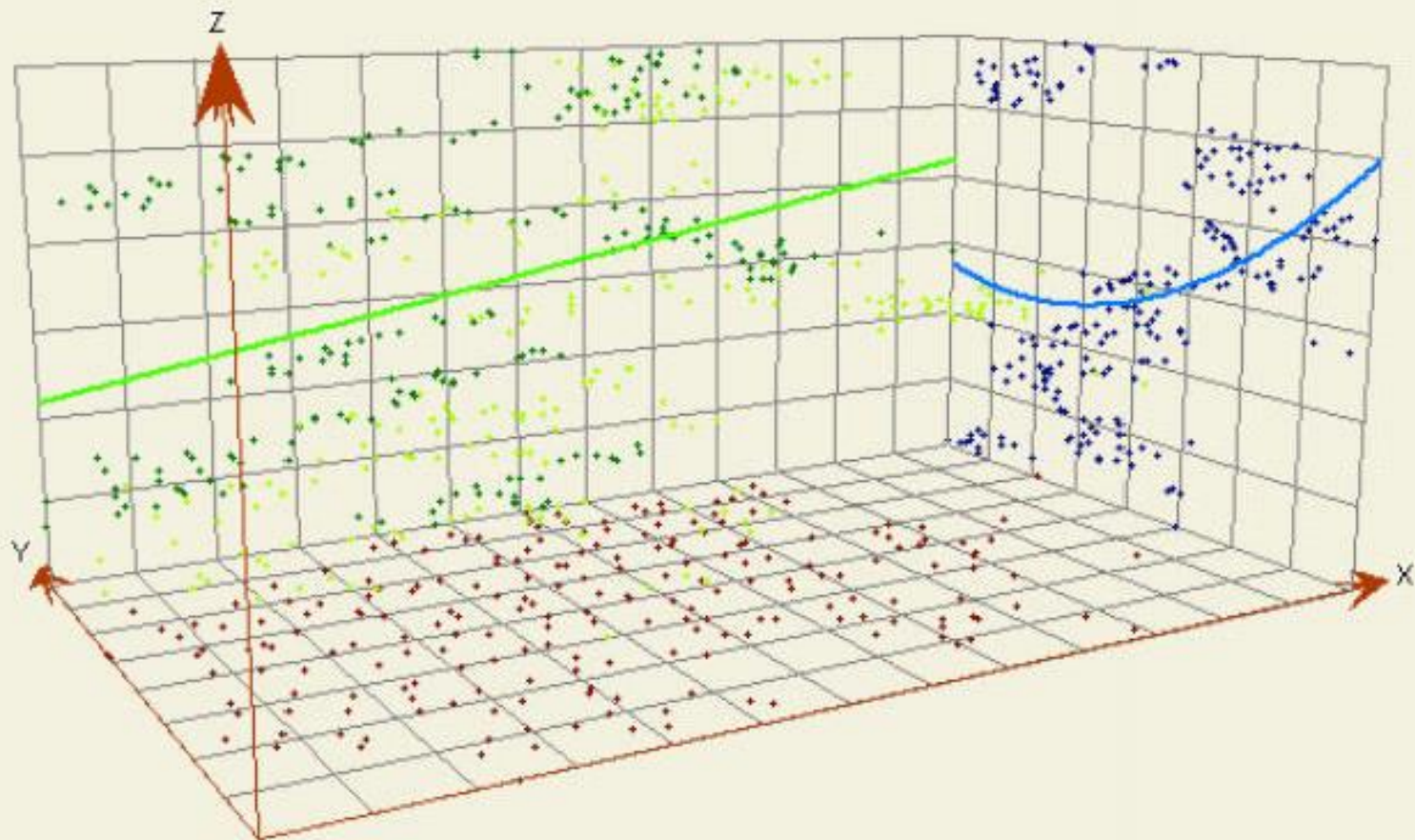


θέσεις με σημαντική
τοπική στατιστική Moran

Σημαντική LISA που
ταξινομείται από τύπους
τοπικής συνάφειας



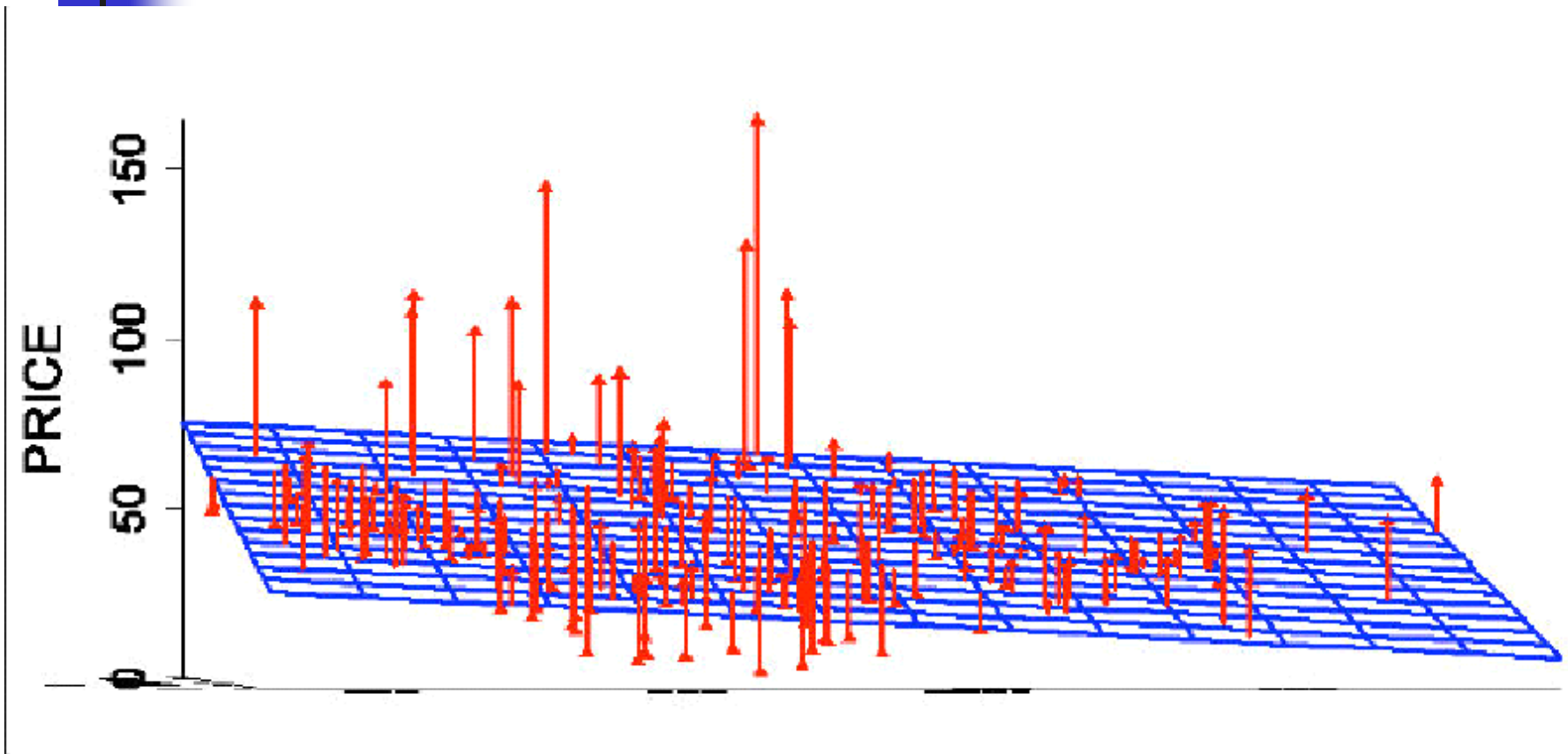
Τιμές πώλησης κατοικιών, Βαλτιμόρης MD(1980), σημεία δειγμάτων (σκοτεινότερα είναι υψηλότερες) και ισογραμμές



Τιμές πωλήσεων σπιτιών στη Βαλτιμόρη
Χωρική ανάλυση τάσης

Γραμμική χωρική τάση

Τιμές σπιτιών στη Βαλτιμόρη

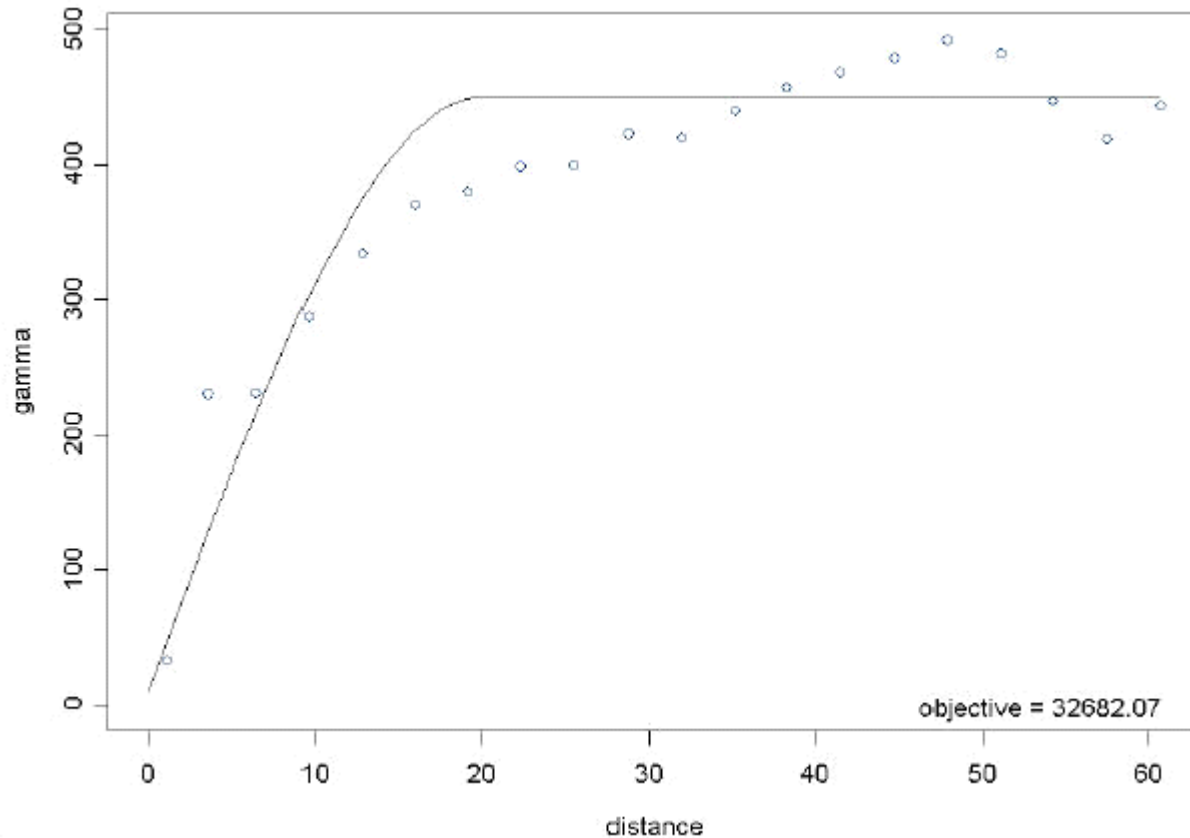


$$P = -166.02 - 0.148 X + 0.634 Y$$

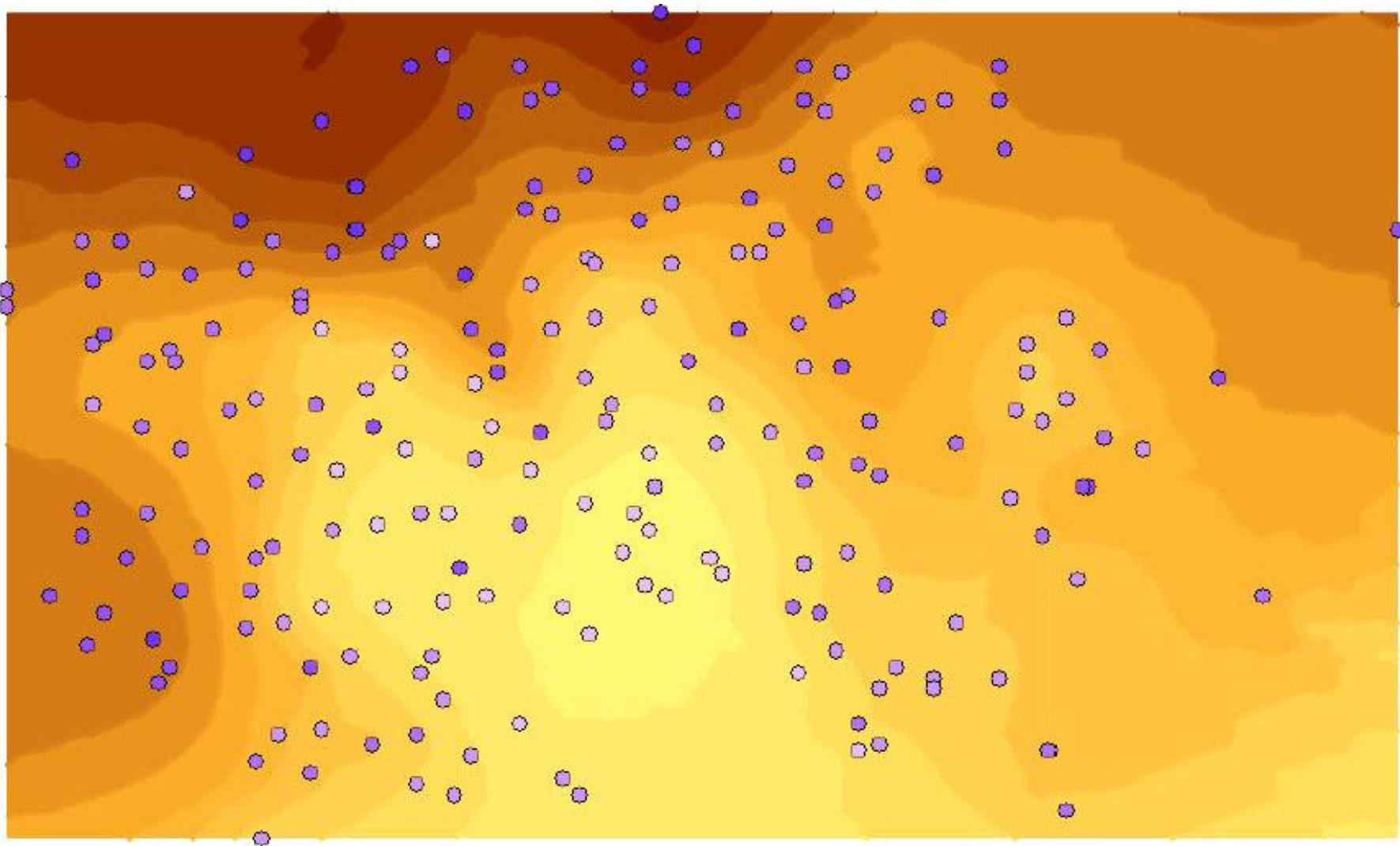
$$R^2 = 0.27$$

Εγκατεστημένο σφαιρικό Βαριόγραμμα

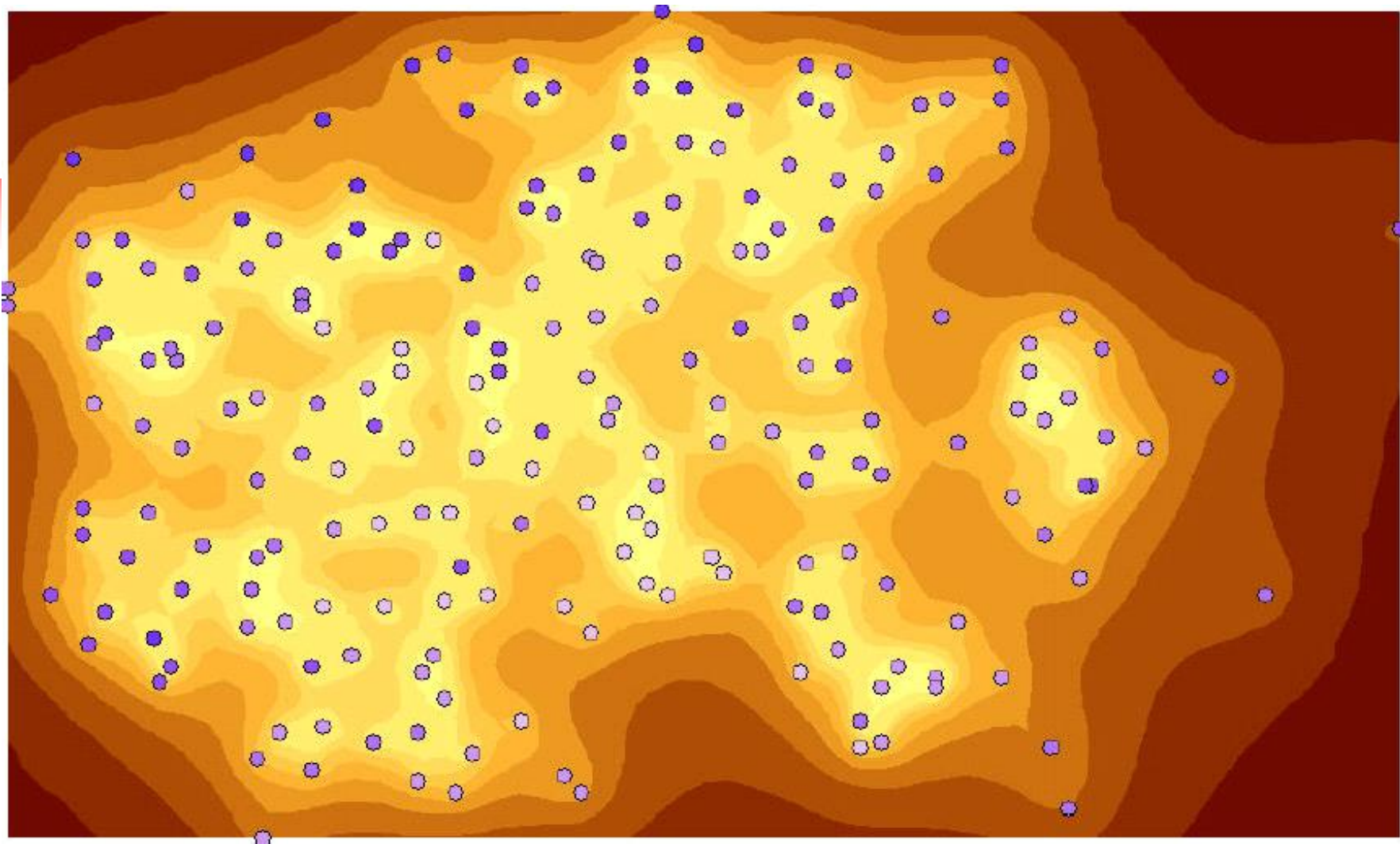
Υπόλοιπα επιφάνειας τάσης της Βαλτιμόρης



range = 20, sill = 440, nugget = 10



Χάρτης Προβλεπόμενης αξίας



Τυπικά σφάλματα της χωρικής παρεμβολής



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση Μοντέλα Δεδομένων

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Έννοιες προτύπων (μοντέλων) δεδομένων
- Πρότυπα δεδομένων GIS
- Τοπολογία

Έννοιες μοντέλων δεδομένων





Πρότυπα δεδομένων GIS

- **Διακριτοποίηση της γεωγραφικής πραγματικότητας Απαιτούμενη από τη φύση των Συσκευών υπολογισμού (Goodchild)**
 - ράστερ (πλέγμα) σε αντιπαράθεση με το διάλυσμα(πολύγωνο)
 - Θεώρηση πεδίων (περιοχές, τμήματα) σε αντιπαράθεση με
 - Θεώρηση αντικειμένων (αντικείμενα σε ένα επίπεδο)
- **Μοντέλο δεδομένων υπονοεί τη χωρική δειγματοληψία και τα χωρικά λάθη**



Ορισμοί

➤ **Πρότυπο δεδομένων**

- σύνολο κατασκευασμάτων για την περιγραφή και την αντιπροσώπευση επιλεγμένων απόψεων του πραγματικού κόσμου σε έναν υπολογιστή (Longley και λοιποί)

➤ **Μοντελοποίηση δεδομένων**

- Προέρχεται από την τεχνολογία λογισμικού, βάσεις δεδομένων
- διαδικασία για να κινηθούμε από την περιγραφή του προβλήματος προς τη λύση του προβλήματος
- αυξανόμενο επίπεδο ιδιομορφίας
 1. εννοιολογικά = πεδίο σε αντιπαράθεση με το αντικείμενο
 2. λογικά = ράστερ σε αντιπαράθεση με το διάνυσμα
 3. φυσικά (ψηφιακά) = συγκεκριμένες δομές δεδομένων (αρχεία)



Χωρικά αντικείμενα (οντότητες)

➤ Προσδιορισμός

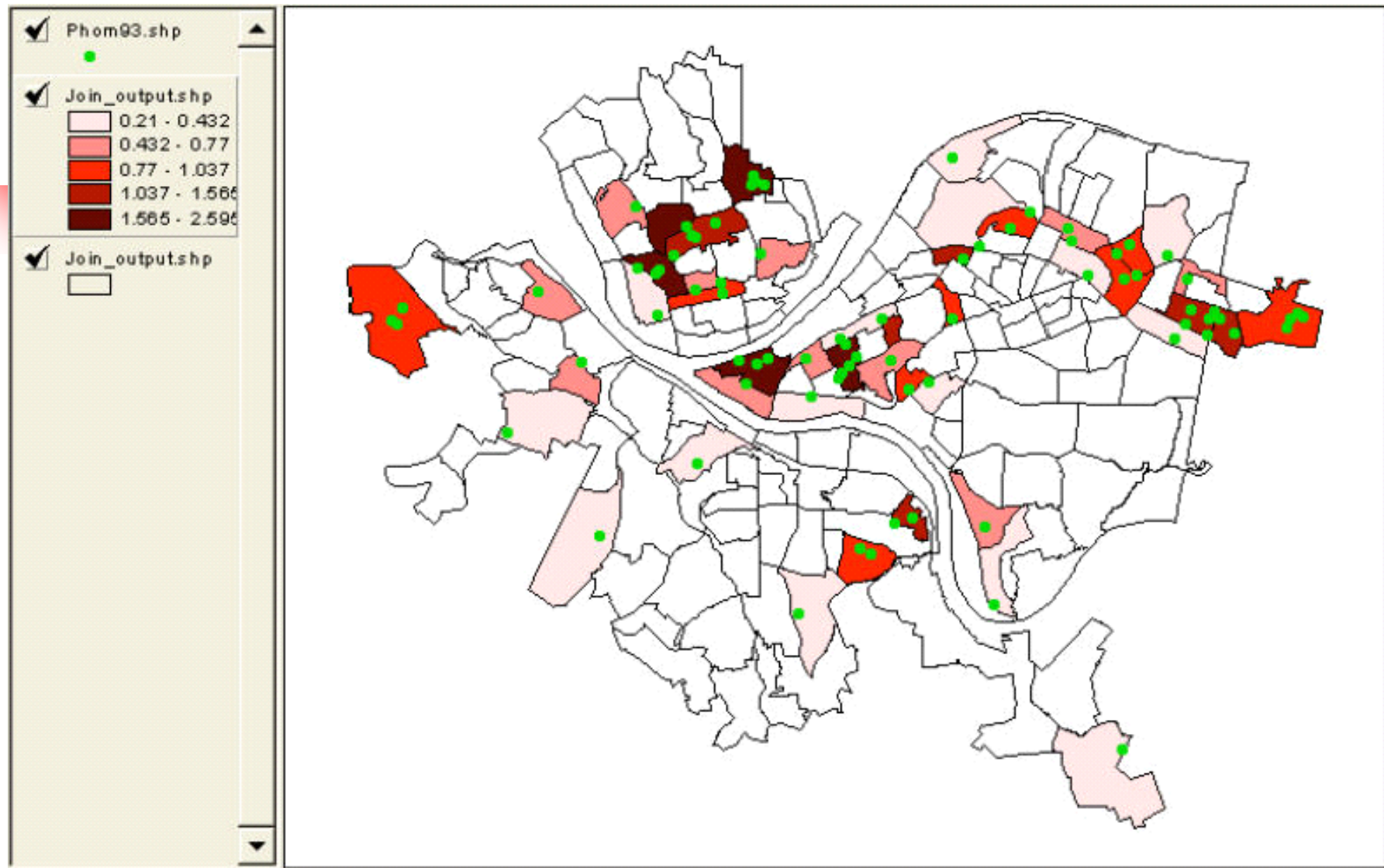
- συλλογές διακριτών αντικειμένων με χωρική αναφορά

➤ Απεικόνιση (παρουσίαση, οπτικοποίηση)

- διακριτές οντότητες

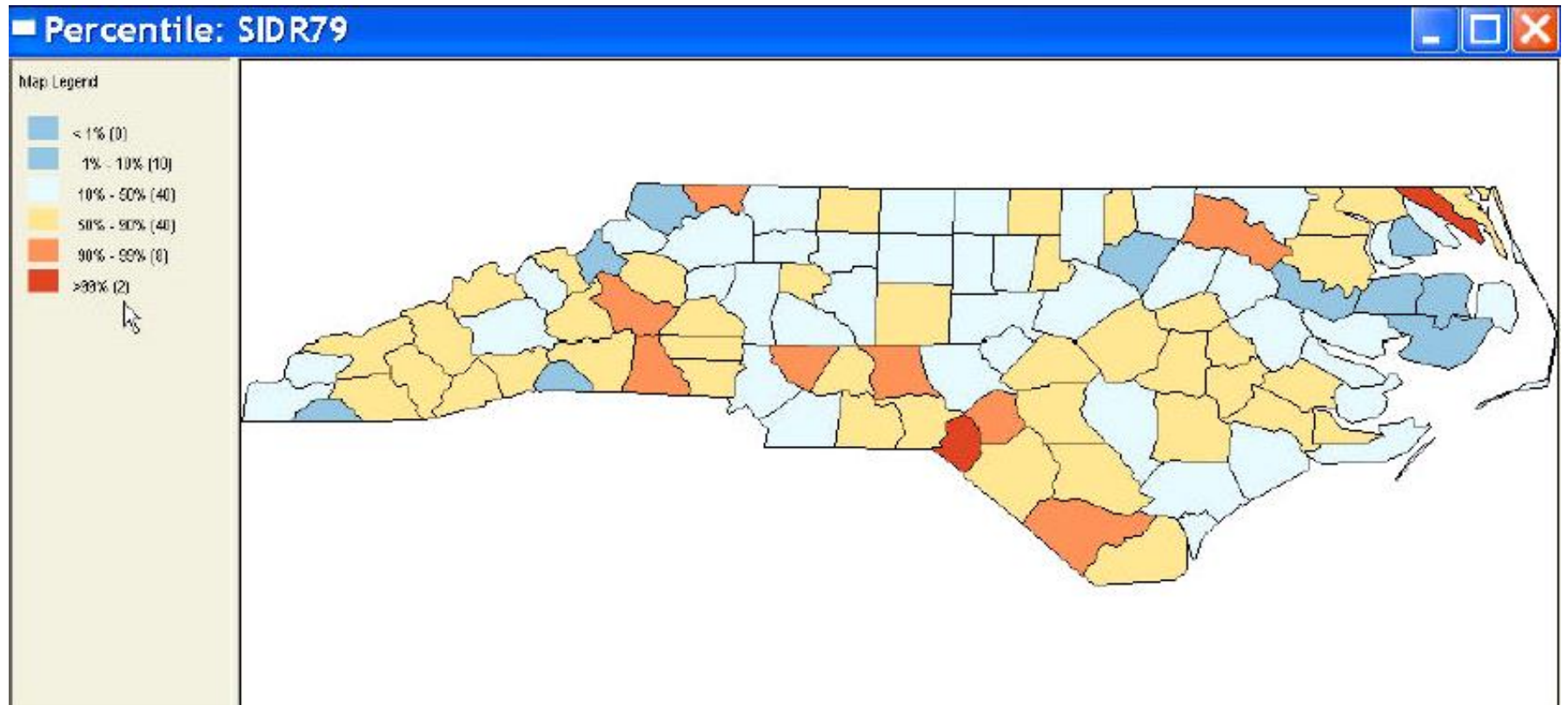
➤ Εφαρμογή

- διανυσματικό πρότυπο (σημείο, γραμμή, πολύγωνο)

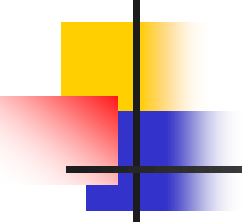


Pittsburgh 93 ανθρωποκτονίες ως ποσοστά τεμαχίων γης

Νομοί (counties) σαν αντικείμενα



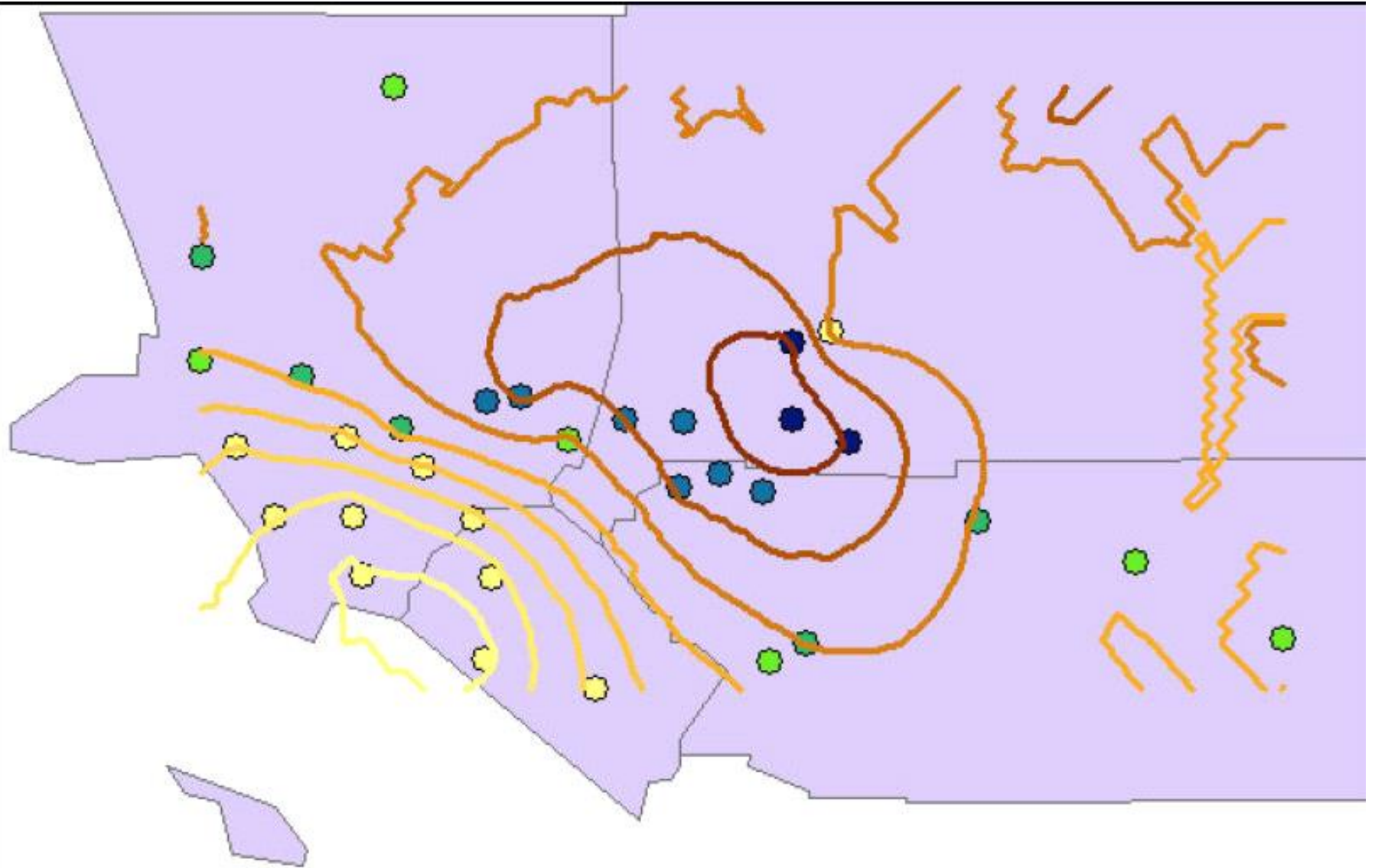
Χωρικά αντικείμενα - ανάλυση δεδομένων

- 
- **Ανάλυση στοιχείων δικτυωτού πλέγματος**
 - διακριτά χωρικά αντικείμενα: σημεία, εκτάσεις
 - κανένα δείγμα, αλλά υπερπληθυσμός
 - χωρική αυτοσυσχέτιση
 - **Σημεία ως αντικείμενα**
 - Διακριτές οντότητες που χαρακτηρίζονται ως σημεία
 - Κέντρα βάρους νομών
 - ΚΑΜΙΑ παρεμβολή
 - **Εκτάσεις ως αντικείμενα**
 - Διακριτές γειτονικές οντότητες που καταλαμβάνουν όλο το χώρο
 - αρχεία ορίων νομών

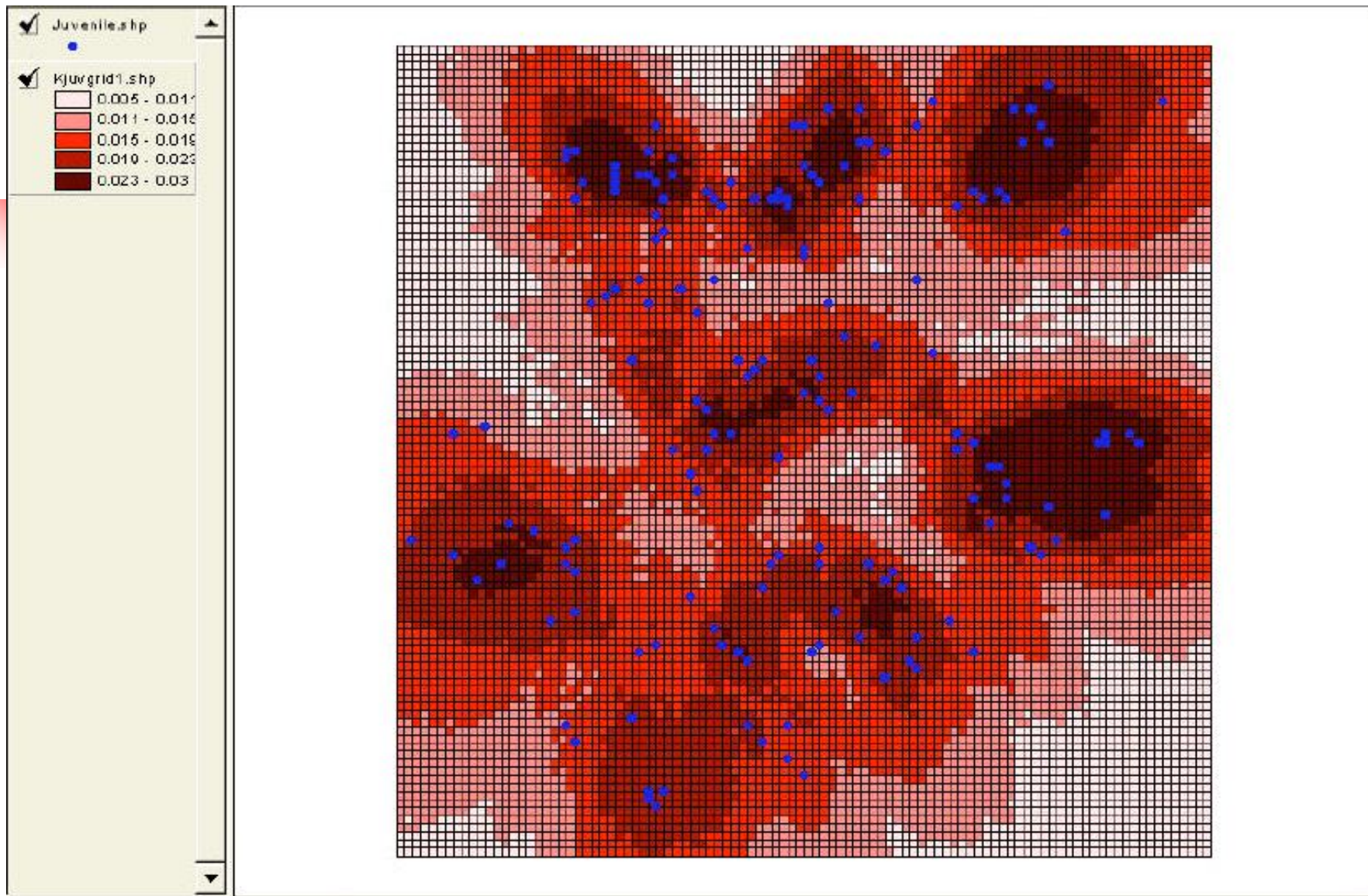


Χωρικά πεδία

- **Προσδιορισμός**
 - συλλογές χωρικών κατανομών
 - χωρική λειτουργία πεδίων
 - μαθηματική συνάρτηση από ένα χωρικό πλαίσιο (πλέγμα) σε μια περιοχή ιδιοτήτων (δηλ., περιοχή των μεταβλητών)
 - μια τιμή για κάθε τοποθεσία ή συνεχής συνάρτηση
- **Απεικόνιση**
 - επιφάνειες, ισογραμμές (η συνάρτηση είναι το πεδίο)
- **Εφαρμογή**
 - πρότυπο ράστερ (πλέγματα, ψηφιδωτά)



**Ποιότητα αέρα (όζον) στη λεκάνη του Λος Άντζελες
Ισογραμμές από την παρεμβολή σφαιρικού
βαριογράμματος**



**Επιφάνεια πυκνότητας τριγωνικών πυρήνων
Θέσεις ανήλικων εγκληματιών στο Cardiff**



Χωρικά πεδία - ανάλυση δεδομένων

➤ Γεωστατιστική Ανάλυση

- μοντέλα για συνεχείς επιφάνειες
- γεωστατιστική

➤ Σημεία ως σημεία δειγματοληψιών

- Δεδομένα σε θέσεις σημείων χρησιμοποιούνται για να διαμορφώσουν ολόκληρη την επιφάνεια

➤ Εστίαση στη χωρική παρεμβολή

- Παίρνουμε δεδομένα για τις θέσεις που δεν έχουν γίνει παρατηρήσεις



Μοντέλα δεδομένων ΓΣΠ

Εξέλιξη των Μοντέλων Δεδομένων ΓΣΠ



➤ **CAD/Εικόνα**

- προ-GIS

➤ **Γεωσχεσιακή** (επικάλυψη)

- Πλεγματικό Μοντέλο δεδομένων ράστερ
- διανυσματικό Μοντέλο δεδομένων

➤ **Αντικειμενοστραφές πρότυπο δεδομένων**

- geodatabase

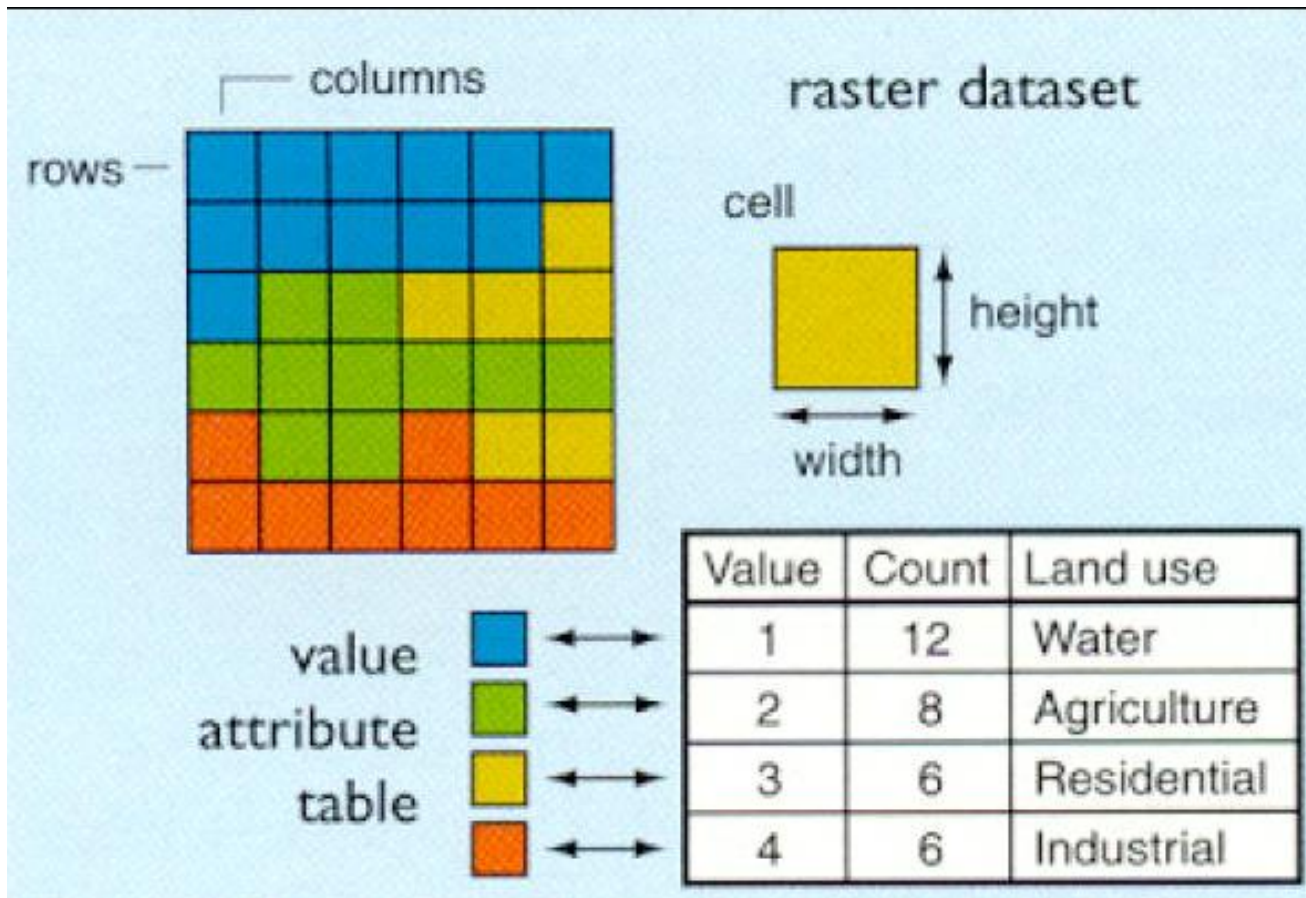
CAD/Εικόνα μοντέλο δεδομένων



- **Γεωμετρία μόνο**
 - CAD: σημεία, γραμμές, πολύγωνα
 - Εικόνα: εικονοκύτταρα
- **Καμία ιδιότητα**
- **Καμία τοπολογία**
- **Βελτιστοποιημένο για σχέδιο/αντιπροσώπηση**
 - συμπίεση εικόνας (GIF, JPEG)

Ράστερ Μοντέλο Δεδομένων

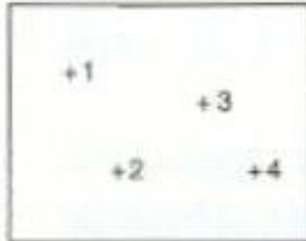
Κελιά ράστερ συνοδευόμενα από ιδιότητες



Πηγή: Zeller (1999)

Διανυσματικό Μοντέλο δεδομένων

Points

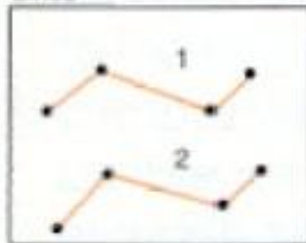


Point number

(x,y) coordinates

1	(2,4)
2	(3,2)
3	(5,3)
4	(6,2)

Lines

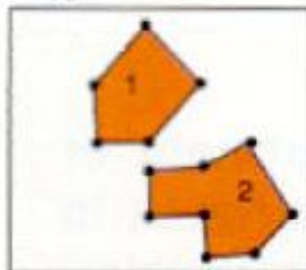


Line number

(x,y) coordinates

1	(1,5) (3,6) (6,5) (7,6)
2	(1,1) (3,3) (6,2) (7,3)

Polygons



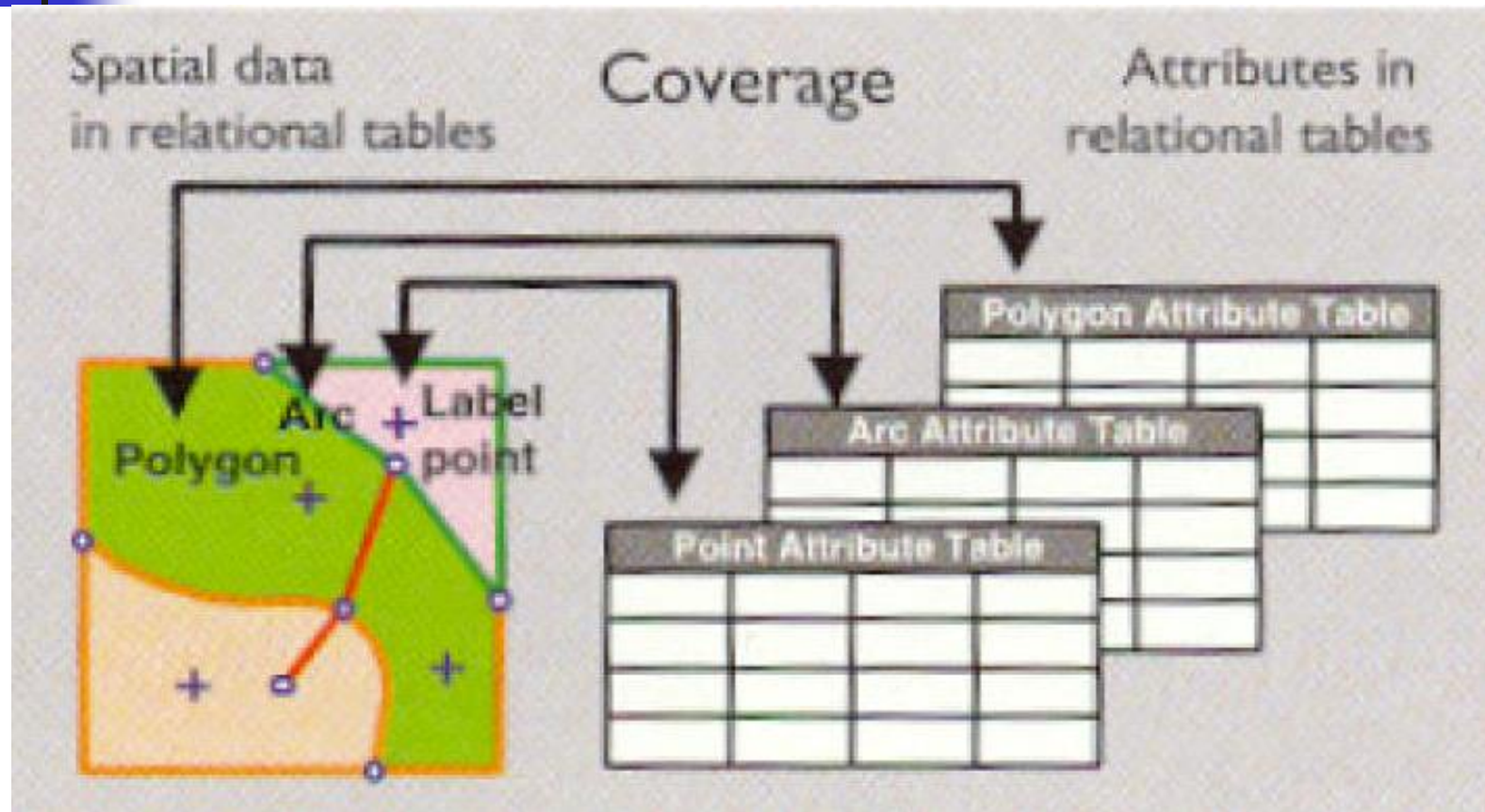
Polygon number

(x,y) coordinates

1	(2,4) (2,5) (3,6) (4,5) (3,4) (2,4)
2	(3,2) (3,3) (4,3) (5,4) (6,2) (5,1) (4,1) (4,2) (3,2)

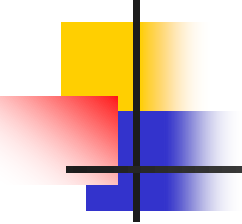
χαρακτηριστικά, οι συντεταγμένες τους και η τακτοποίησή τους (τοπολογία)

Γεωσχεσιακό Μοντέλο Δεδομένων



Πηγή: Zeller (1999)

Αντικειμενοστραφές Μοντέλο Δεδομένων

- 
- **Περιορισμοί του γεωσχεσιακού προτύπου**
 - πάρα πολύ γεωμετρο-κεντρικό
 - διαχωρισμός κατάστασης από τη συμπεριφορά
 - **Γεωγραφικά αντικείμενα**
 - **γεωμετρία**
 - σημείο, γραμμή, πολύγωνο
 - **ιδιότητες**
 - θέση, έκταση
 - **μέθοδοι**
 - δημιουργήστε, σύρετε, συγχωνεύστε



Τοπολογία

Τοπολογία στις χωρικές βάσεις δεδομένων



➤ Χαρακτηριστικά χαρτών

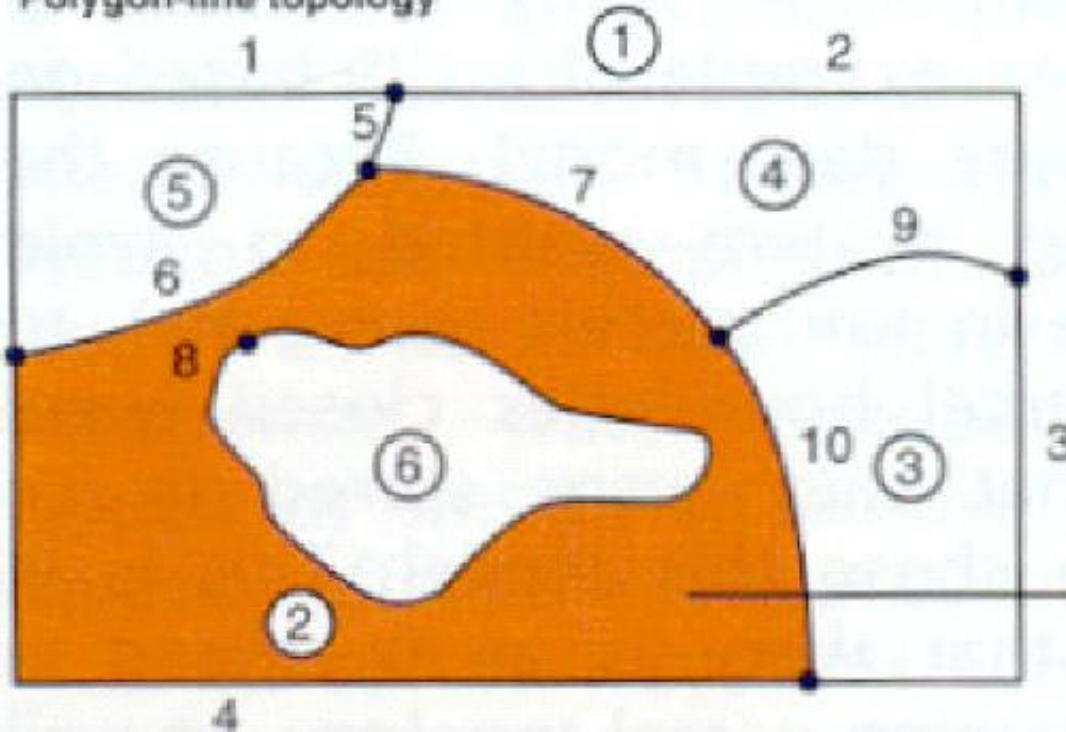
- Σημεία: Ταυτότητα; x, y συντεταγμένες
- γραμμές = τόξα: ταυτότητα τόξου, από την ταυτότητα σημείου, στην ταυτότητα σημείου
- πολύγωνα: ταυτότητα πολυγώνου, ταυτότητες τόξων

■ Τοπολογία

- συνδετικότητα: τόξο-κόμβος
- καθορισμός έκτασης: πολύγωνο-τόξο
- γειτνίαση: αριστερά-δεξιά

Προσδιορισμός έκτασης

Polygon-line topology



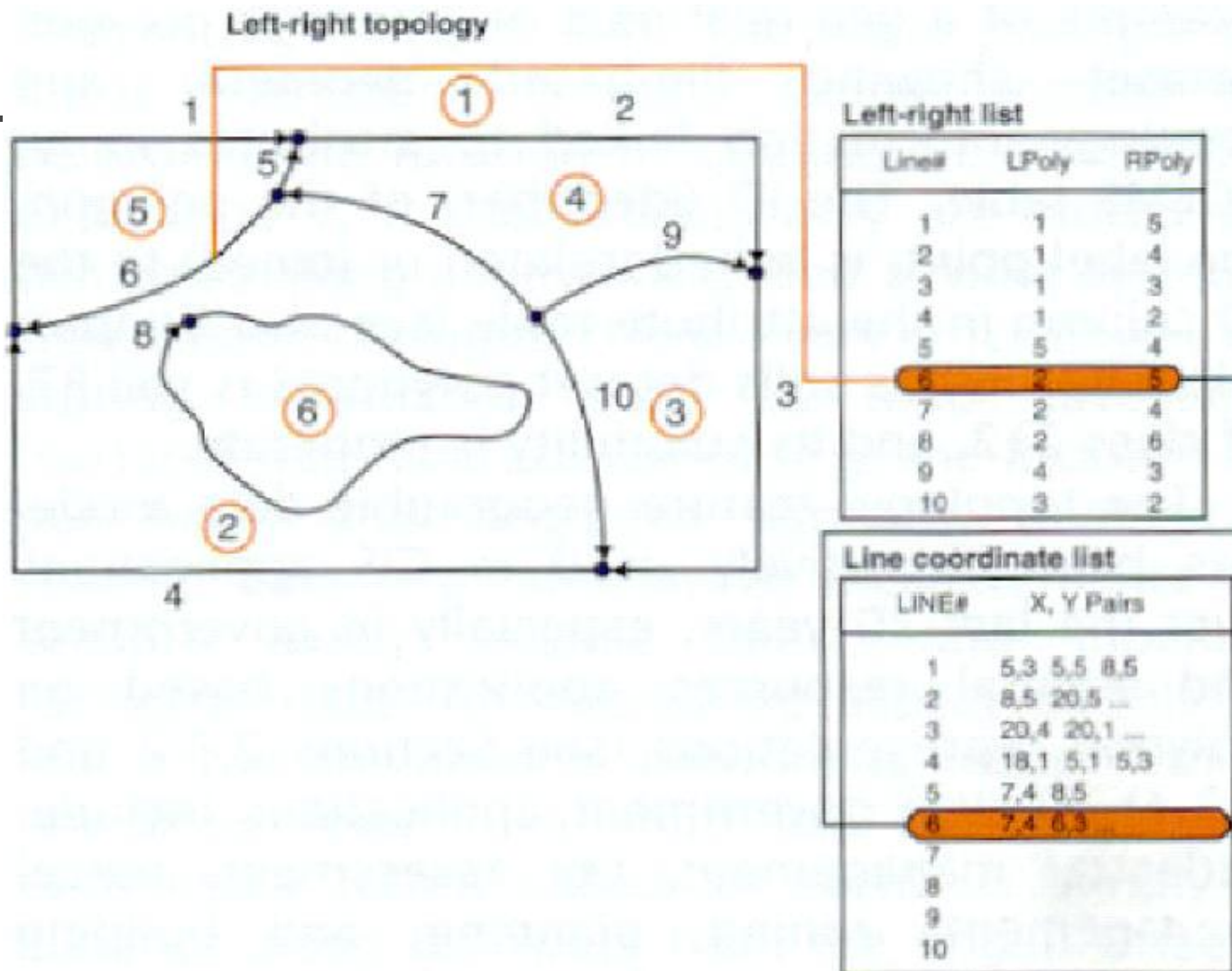
Polygon-line list

POLY	LINE
2	4,5,7,10,9
3	3,10,9
4	7,5,2,9
5	1,5,8
6	8

Line coordinate list

LINE	(x, y) coordinates
1	(5,3) (5,5) (8,5)
2	(8,5) (20,5) ...
3	(20,4) (20,1) ...
4	(18,1) (5,1) (5,3)
5	(7,4) (8,5)
6	(7,4) (6,3) ...
7	
8	
9	
10	

Γειτνίαση



Πηγή: Longley et al (2001)

Τοπολογία στη χωρική ανάλυση δεδομένων



➤ Χωρικά βάρη

- Να εκφρασθεί σαφώς η σχέση "γειτνίασης"
 - συνάφεια
- απαιτεί τοπολογία

➤ Τοπολογία στην πράξη

- ArcInfo: ενσωματωμένος (clean and build)
- ArcView: καμία τοπολογία
- ArcGIS: τοπολογία στην πορεία (8.3)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Παραδοσιακή Χωρική Ανάλυση Παραδείγματα

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Ταίριασμα διευθύνσεων
- Χωρική παρεμβολή



Ταίριασμα διευθύνσεων



Γεωαναφορά (Geocoding)

➤ Πρόβλημα

- διαθέσιμες διευθύνσεις σε περιγραφική μορφή
 - 101 Κεντρική οδός, Ουρμπάνα IL 61801
- καμία γεωγραφία
 - απαιτεί τα όρια πολυγώνων ή τις συντεταγμένες σημείων

➤ Λύση

- διεύθυνση αντιστοιχιών στη βάση δεδομένων των τμημάτων οδών
 - τμήματα γραμμών, από-
 - Αρχεία TIGER ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗΣ απογραφής: σειρά και τοπολογία διευθύνσεων
- ορίστε τη θέση lat-lon από την παρεμβολή
 - εάν καμία δεν υπάρχει ακριβής αντιστοιχία, τότε δεν παρεμβάλλει στο τμήμα γραμμών



Ταίριασμα διευθύνσεων

- **Εντόπισε τις διευθύνσεις στο γεωγραφικό χώρο**
 - βάση δεδομένων με τον κατάλογο διευθύνσεων
 - επικάλυψη με το δίκτυο οδών, ταχυδρομικοί κώδικες
- **αυτόματο ταίριασμα**
 - τυποποιήστε τις διευθύνσεις
 - ψάξτε τη χωρική βάση δεδομένων
 - συνήθως λιγότερο απ' το τέλειο ταίριασμα
 - χειρωνακτικός συντονισμός

StreetMap: Geocode Addresses

Reference Theme:

Address Table:

Address Fields:

Address:

City:

State:

ZIP:

Optional:

Display Field:

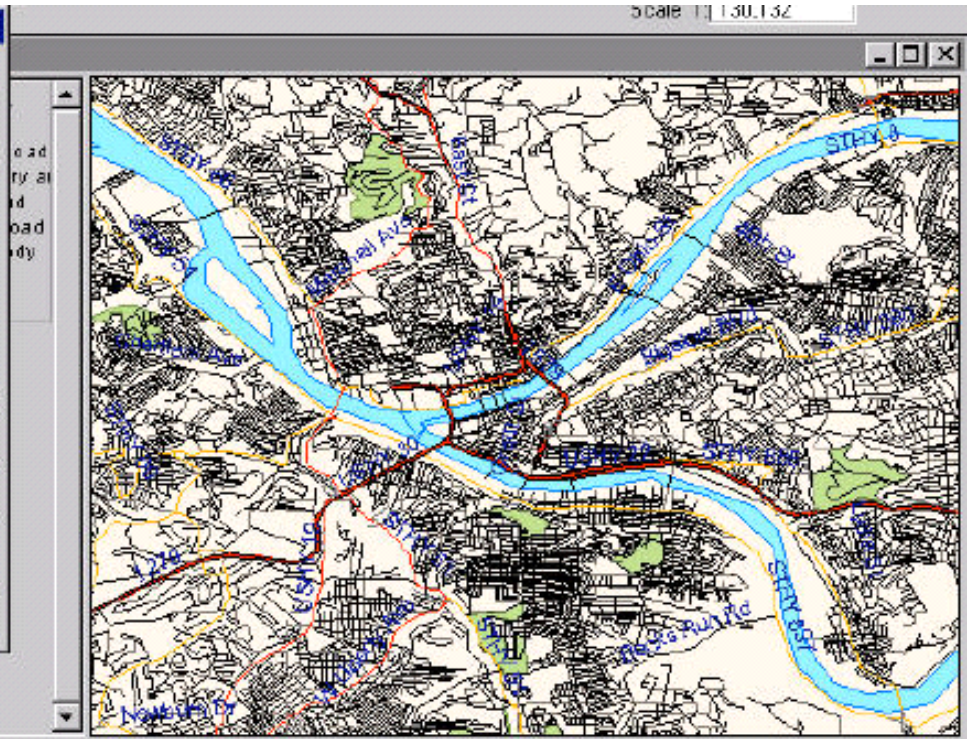
Offset Distance: ft

Alias Table:

Geocoded Theme:

Preferences...

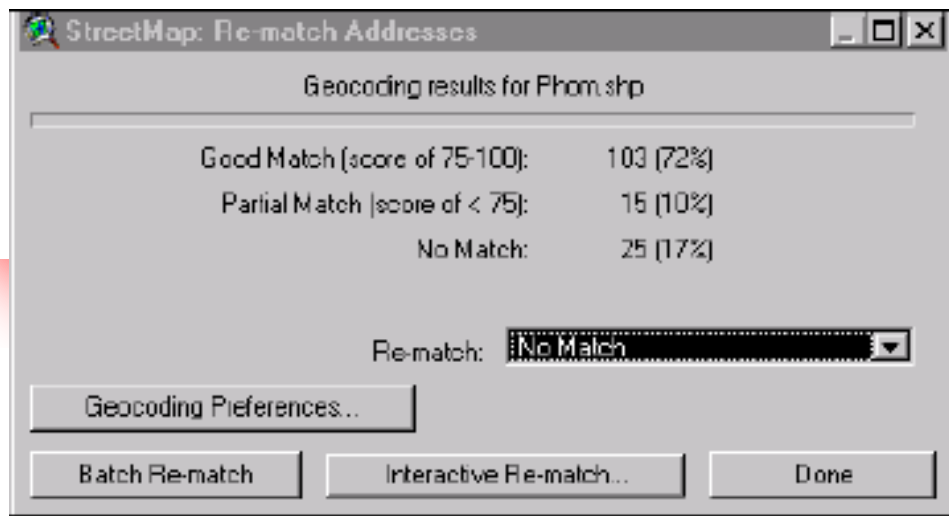
Batch Match Interactive Match... Cancel



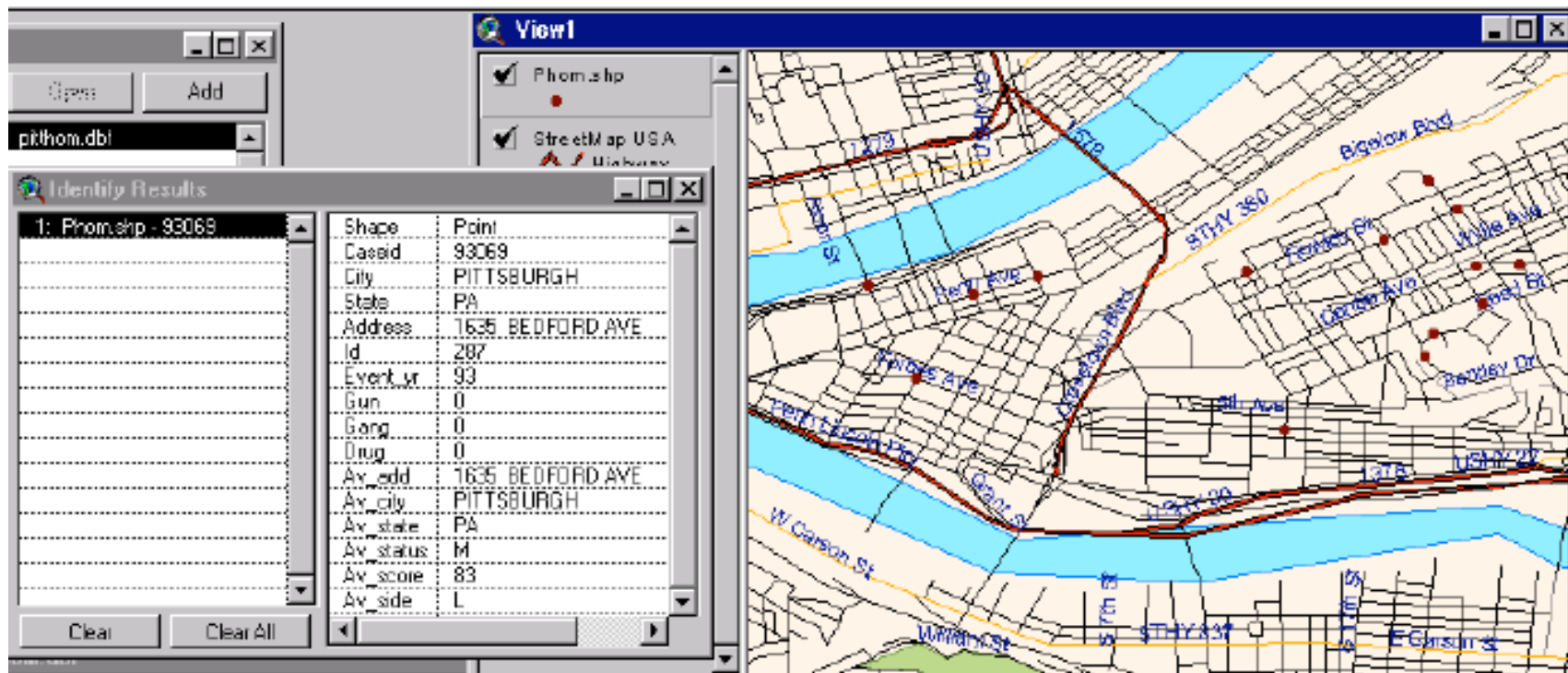
pithom.dbf

Caseid	City	State	Address	
93002	PITTSBURGH	PA	7904 INGLENOOK PLACE	790
93003	PITTSBURGH	PA	1203 N Lang Avenue	120
93004	PITTSBURGH	PA	5100 Columbo Street	520
93005	PITTSBURGH	PA	17 Pride Street	17
93006	PITTSBURGH	PA	34 Elmore Street	334
93007	PITTSBURGH	PA	MCCANDLESS ST	525
93008	PITTSBURGH	PA	900 PENN AVE	900
93009	PITTSBURGH	PA	5338 Mossfield Street	533
93010	PITTSBURGH	PA	2809 Bedford Avenue	280
93011	PITTSBURGH	PA	371 Penfoit Street	371
93012	PITTSBURGH	PA	3245 Arlington Avenue	324
93013	PITTSBURGH	PA	1210 Calhoun Avenue	121

Παράδειγμα γεωαναφοράς που χρησιμοποιεί τα αρχεία οδών Streetmaps της ESRI (γραμμές) και βάση δεδομένων με τις διευθύνσεις των θέσεων ανθρωποκτονιών (Pittsburgh)



Λιγότερο από την τέλεια αντιστοιχία



Σημεία (διευθύνσεις) που τοποθετούνται στο χάρτη οδών



Χωρική παρεμβολή

Χωρική παρεμβολή (interpolation)

➤ Ολοκλήρωση δεδομένων

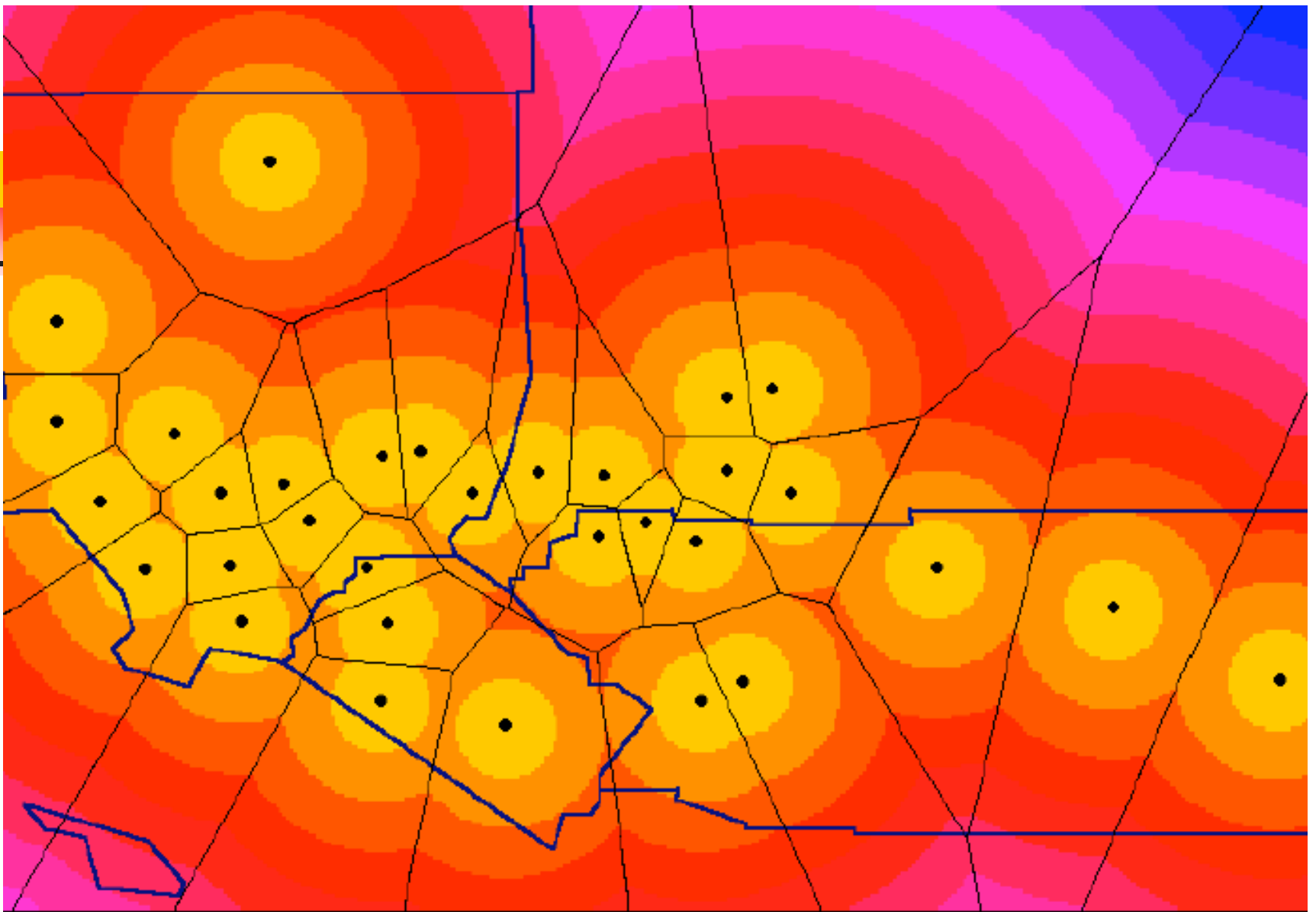
- συγχώνευσε σύνολα δεδομένων που είναι χωρικά ασυμβίβαστα
 - Μετρήσεις στοιχείων οικιών με τα στοιχεία μονάδων απογραφής

➤ Πρόβλεψη τιμών για τις θέσεις που δεν έγιναν μετρήσεις

- χρησιμοποίησε πληροφορίες για (τα χωρικά) πρότυπα σε ένα σύνολο με τοποθεσίες/κλίμακα
- για να προβλέψει τιμές σε διαφορετικές τοποθεσίες/κλίμακα

➤ Παρεμβολή και παρέκταση (extrapolation)

- παρέκταση: έξω από το διάστημα των τιμών που μετρήθηκαν



Θέσεις των οργάνων μέτρησης ποιότητας αέρα, πολύγωνα Thiessen και παρεμβολή IDW από το όργανο ελέγχου, λεκάνη LA

Αλλαγή του προβλήματος υποστήριξης (Change of Support Problem COSP)

➤ COSP

- στατιστική προσέγγιση

➤ Υποστήριξη

- στη στατιστική ορολογία = σειρά τιμών που μια τυχαία μεταβλητή μπορεί να πάρει
 - Παράδειγμα: Κανονική τυχαία μεταβλητή από $-\infty$ μέχρι $+\infty$
- χωρική υποστήριξη = μέγεθος, όγκος της μεταβλητής και μέγεθος, μορφή, γεωμετρία, χωρικός προσανατολισμός της μέτρησης "περιοχή"
 - Παράδειγμα: σημείο, έκταση



Παρεμβολή των χωρικών αντικειμένων

➤ Σημείο με σημείο

- από τα παρατηρηθέντα σημεία στα απαραίτητα σημεία
 - π.χ. σταθμοί ελέγχου στις θέσεις σπιτιών

➤ Σημείο με έκταση

- από τα παρατηρηθέντα σημεία στις εκτατικές μονάδες
 - π.χ. από τους σταθμούς ελέγχου στις εκτατικές μονάδες απογραφής

➤ Έκταση με έκταση

- από ένα σύνολο παρατηρηθεισών εκτάσεων σε ένα διαφορετικό (επικαλυπτόμενο) σύνολο εκτάσεων = εκτατική παρεμβολή
 - π.χ. από τους νομούς στις ζώνες διαχείρισης υδάτων



Τύποι παρεμβολών

➤ Από τη δομή δεδομένων

- πεδία
 - παρεμβολή επιφανειών
- αντικείμενα
 - όχι παρεμβολή, αλλά δημιουργία μιας αντιπροσώπευσης πεδίου από διακριτά αντικείμενα
 - εκτίμηση πυκνότητας = πόσα αντικείμενα/έκταση

➤ Από τον τύπο μεταβλητής

- εκτενής στο χώρο
 - αρίθμηση, X παράδειγμα: μέγεθος πληθυσμών εκτάσεων
- εντατική στο χώρο
 - ανά τοπική μονάδα έκτασης: X/A παράδειγμα: πυκνότητα πληθυσμών εκτάσεων



Μέθοδοι παρεμβολής

■ Από την εμβέλεια

- καθολική: χρησιμοποιήστε όλα τα σημεία
- τοπική: χρησιμοποίησε περιορισμένο σύνολο (τοπικό) μετρηθέντων σημείων

■ Από το ταίριασμα

- ακριβώς: τα μετρηθέντα σημεία προβλέπονται ακριβώς
- προσεγγιστικά: ακόμη και τα μετρηθέντα σημεία προβλέπονται με σφάλμα

■ Από το μοντέλο

- προσδιοριστικό: μαθηματικό μοντέλο
- στοχαστικό: πιθανολογικό μοντέλο (τυχαία μεταβλητή)



Παρεμβολή Σημείου από Σημείο

➤ Πρόβλημα:

- Δεδομένα που μετρούνται σε σημεία, κάνουν πρόβλεψη για άλλα σημεία
 - π.χ. εκτιμούμενη αξία σπιτιών

➤ Τεχνικές:

- Στάθμιση του αντίστροφου της απόστασης
- Πολύγωνα Thiessen
- Επιφάνεια τάσης
- μοντέλα παλινδρόμησης
- Καμπυλόγραμμες (Splines)
- Kriging

Στάθμιση του αντίστροφου της απόστασης (IDW)

➤ **Νόμος του Tobler**

- στο χώρο, όλα συσχετίζονται με όλα τα άλλα, αλλά τα εγγύτερα περισσότερο
- Χρησιμοποίησε την εξασθένιση της απόστασης

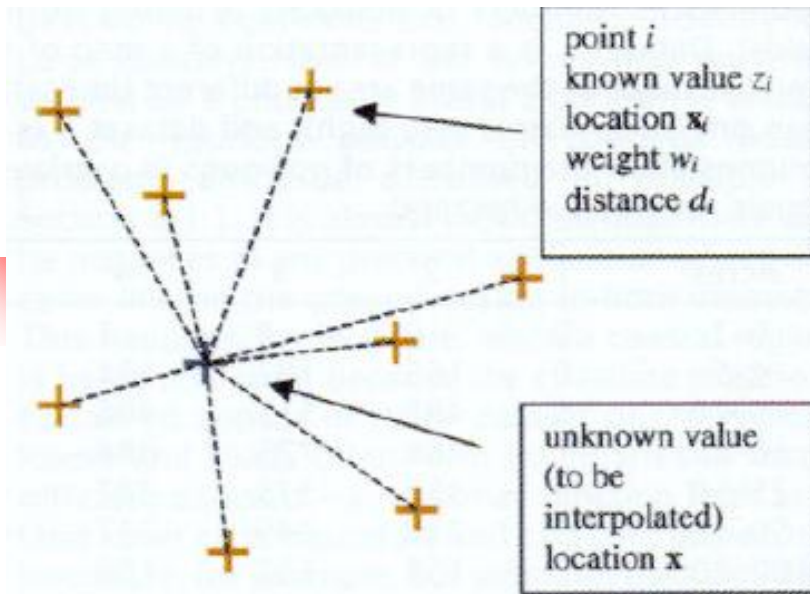
➤ **IDW**

- $z_x = \sum_i \lambda_i z_i$ with $\sum_i \lambda_i = 1$ or $z_x = \sum_i w_i z_i / \sum_i w_i$
- $W_i =$ βάρος
 - αντίστροφη λειτουργία απόστασης: $w_i = 1/d_{ix}^2$

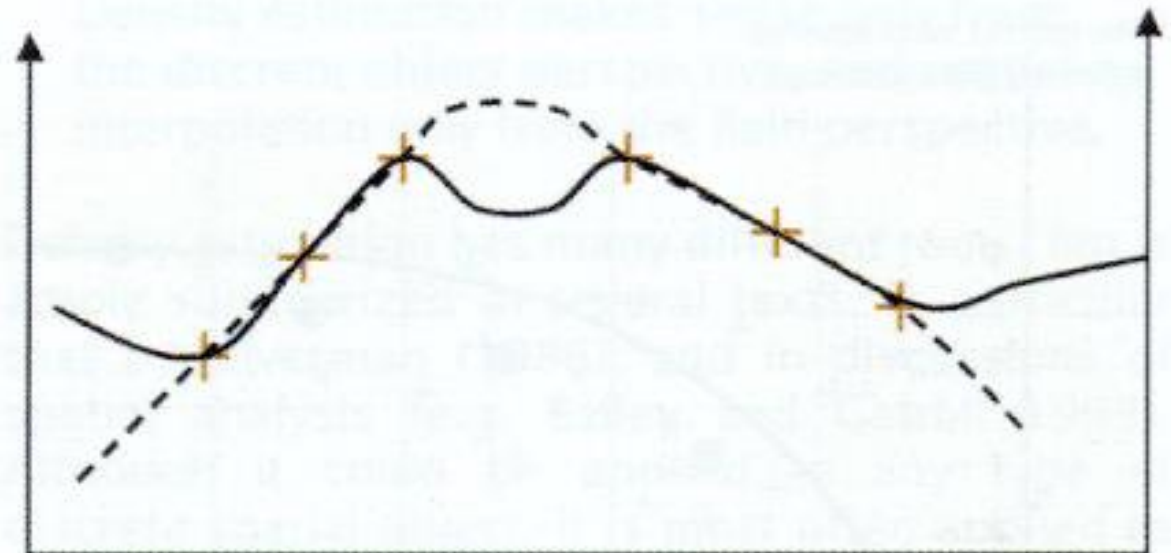
➤ **Ιδιότητες**

- τοπικές, ακριβείς, προσδιοριστέες
- οι τιμές με παρεμβολή είναι πάντα μέσα στα όρια

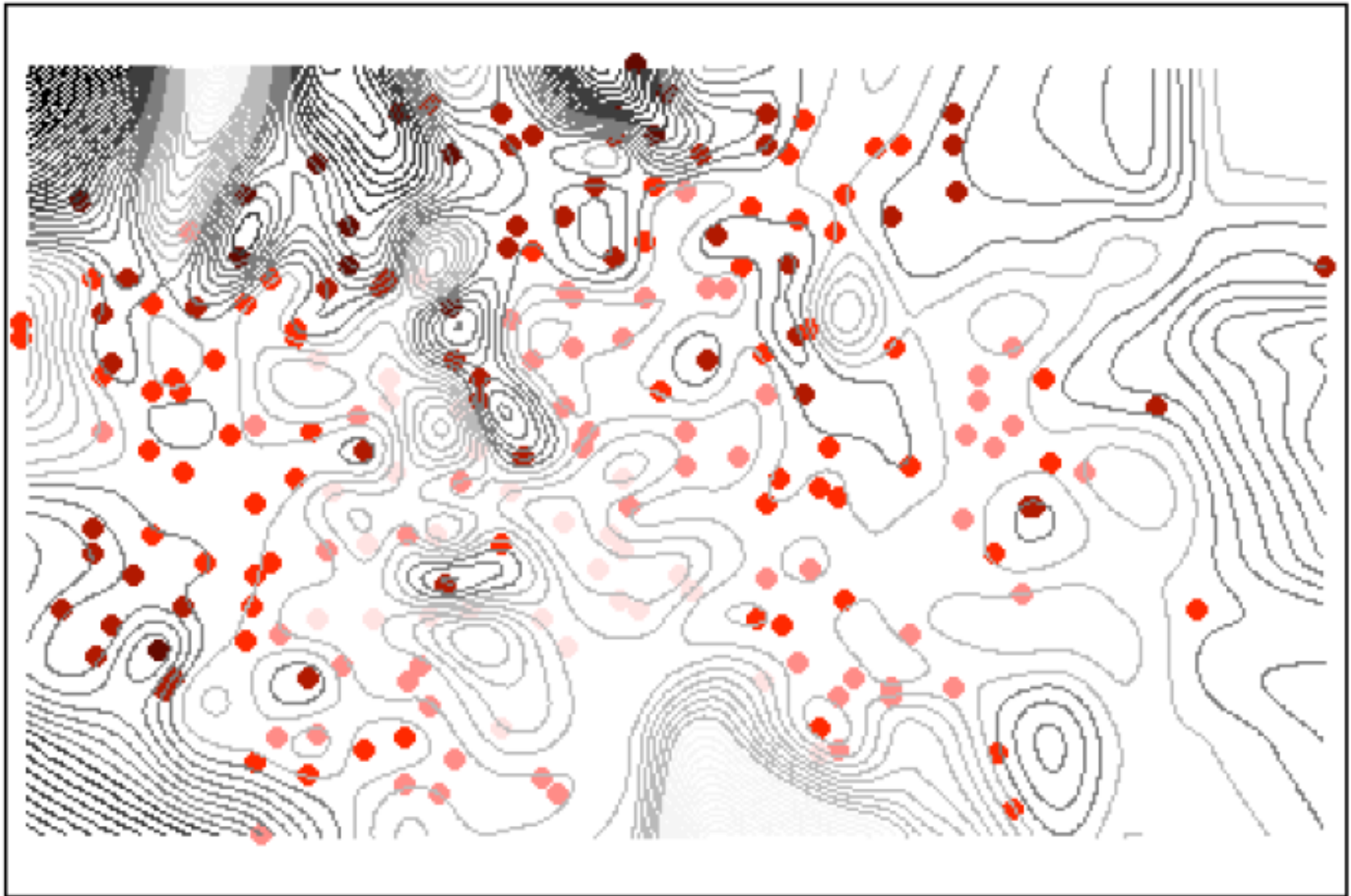
Στάθμιση του αντίστροφου της απόστασης



πιθανό
πρόβλημα:
Δεν
προβλέπονται
εκτιμήσεις εκτός
διαστήματος



Πηγή: Longley και λοιποί (2001)



**Τιμή πωλήσεων Κατοικιών, MD της Βαλτιμόρης (1980)
σημεία δειγμάτων (σκοτεινότερα είναι υψηλότερες) και ισογραμμές IDW**

Ψηφιοποίηση

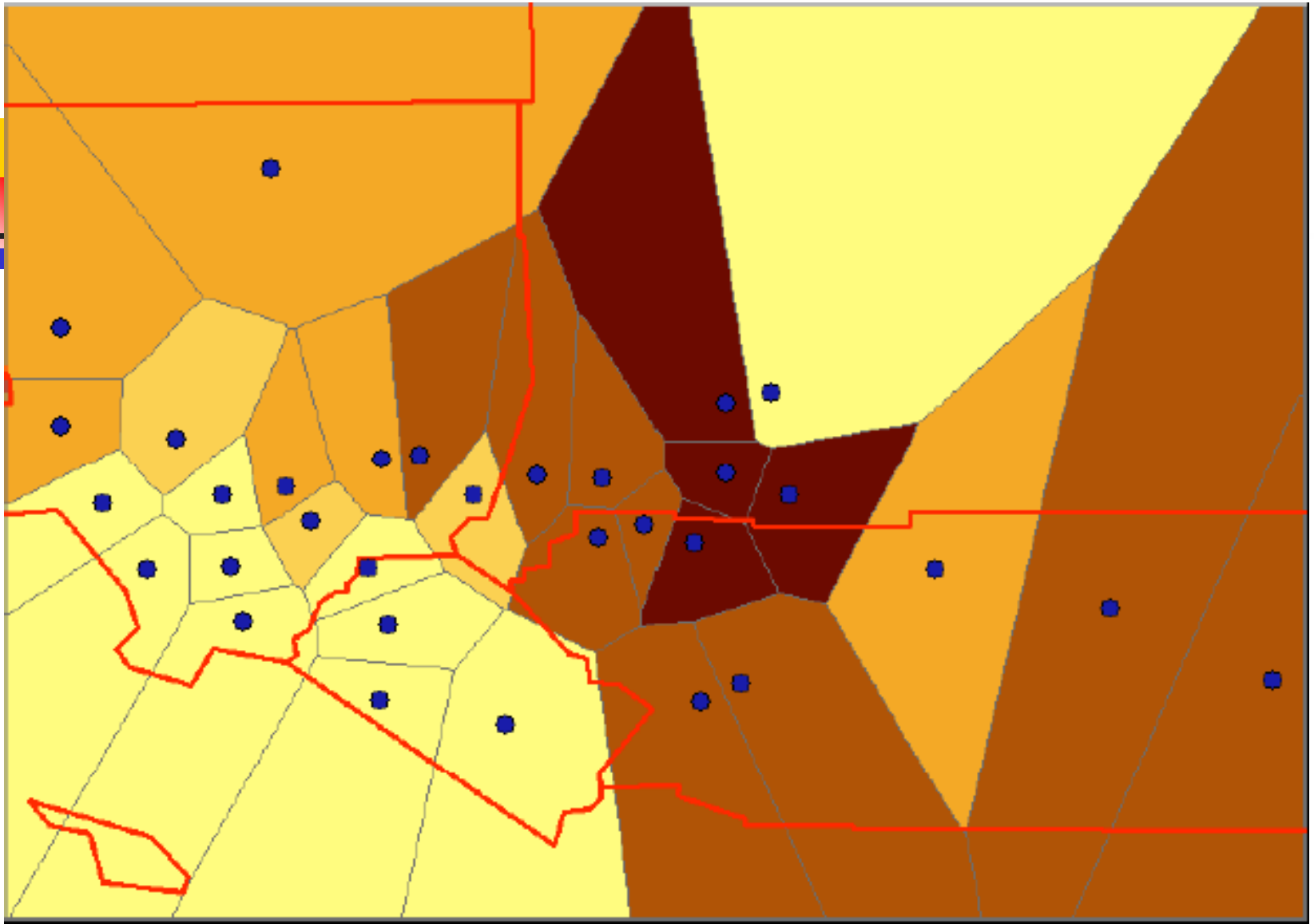


➤ Πολύγωνα Thiessen

- συλλογή όλων των σημείων σε ένα επίπεδο που είναι εγγύτερα το κεντρικό σημείο απ' ό,τι σε οποιοδήποτε άλλο σημείο
- έννοια του ελάχιστου κόστους μεταφοράς όπως αυτό καθορίζεται από τους νόμους της αγοράς
- Σε όλα τα σημεία του πολύγωνου ορίζεται η ίδια αξία όπως στο κεντρικό σημείο

➤ Ιδιότητες

- τοπικές, ακριβείς, προσδιοριστέες
- οι τιμές παρεμβολής υποτιμούν την ετερογένεια



Παρεμβολή πολυγώνων Thiessen - όζον λεκάνης LA



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση

Βασικά περί χαρτών

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Γεωαπεικόνιση
- Χωροπληθικός Χάρτης
- Απεικόνιση ακραίων τιμών (Outliers)
- Ειδικοί χάρτες



Γεωπεικόνιση



Πέρα από τη χαρτογράφηση

➤ **Ο Χάρτης**

- "μια συλλογή χωρικά καθορισμένων αντικειμένων" (Monmonier)

➤ **Γεωαπεικόνιση**

- συνδυασμός χάρτη και επιστημονικής απεικόνισης μέθοδοι (πληροφορική)
- εκμετάλλευση της ανθρώπινης ικανότητας αναγνώρισης προτύπου

➤ **Πώς να λέτε ψέματα με τους χάρτες**

- πολλά σχεδιαστικά ζητήματα
- η ανθρώπινη αντίληψη μπορεί να εξαπατηθεί



Ανακάλυψη γνώσης

- **Συμπερασματική προσέγγιση**
 - υπόθεση πρώτα, τα δεδομένα αργότερα
- **Επαγωγική προσέγγιση**
 - Τα δεδομένα πρώτα, υπόθεση αργότερα
- **Απαγωγική Προσέγγιση**
 - πρότυπο που ανακαλύπτεται μαζί με μια υπόθεση που το εξηγεί
 - αλληλεπίδραση μεταξύ του εργαλείου εξερεύνησης των δεδομένων και του ανθρώπου
 - οπτικό – αναδυόμενη αντίληψη



Χωροληθικός Χάρτης



Χωροληθικός Χάρτης

➤ **Ιστογράμμα αντίστοιχο χάρτη**

- τιμές/ιδιότητες για δακρυτές χωρικές μονάδες
- «Χωρο» από το χώρο (περιοχή)

➤ **Πρακτικά ζητήματα**

- επιλογή των διαστημάτων
 - η βαθμίδα δείχνει: ίσο διάστημα, φυσικά σπασίματα
 - στατιστικά κριτήρια: ίσα μέρη (quantiles), τυπική απόκλιση
- επιλογή των χρωμάτων
 - σημαντική για την αντίληψη προτύπων
- παραπλανητικός ρόλος της έκτασης
 - οι μεγαλύτερες περιοχές "φαίνονται" σημαντικότερες



Λεζάντες

➤ Τύποι λεζάντων

■ Διαδοχική

- Διαταγμένα δεδομένα, από χαμηλά σε υψηλά

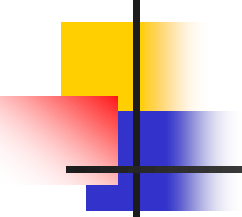
■ Απόκλινοια

- Ίση έμφαση στη μεσαία σειρά και στα δύο άκρα

■ Ποιοτική

- Οι κατηγορίες δεδομένων, υπογραμμίζουν τη διαφορά

Ζυμωτής χρωμάτων www.colorbrewer.org



The screenshot displays the ColorBrewer 2.0 web application interface. The main map shows a 5-class diverging RYB color palette applied to a map of the United States, with colors ranging from red on the left to blue on the right, passing through yellow and green in the center. Major cities like Lincoln, Kansas City, Indianapolis, Chicago, Dallas, Memphis, Atlanta, and Jacksonville are labeled. The interface is divided into three steps: Step 1 (number of classes: 5), Step 2 (legend type: diverging), and Step 3 (mini legends). A color selection tool is visible on the left, and a bottom control bar includes options for map zoom, map borders, city symbols, and road network color.

This material is based upon work supported by the National Science Foundation under Grant No. 0083461, 0083460, 0083461



Στατιστικοί χωροληθικοί χάρτες

➤ **Quantile χάρτης**

- κάθε κατηγορία είναι ένα ποιοτικό στοιχείο (quantile)
 - π.χ. τεταρτημόριο = 4 κατηγορίες, 0-25%, 25-50%, 50-75% και 75-100%
 - κάθε κατηγορία έχει τον ίδιο αριθμό παρατηρήσεων
- συνήθη παραδείγματα: τεταρτημόριο, quintile (5)

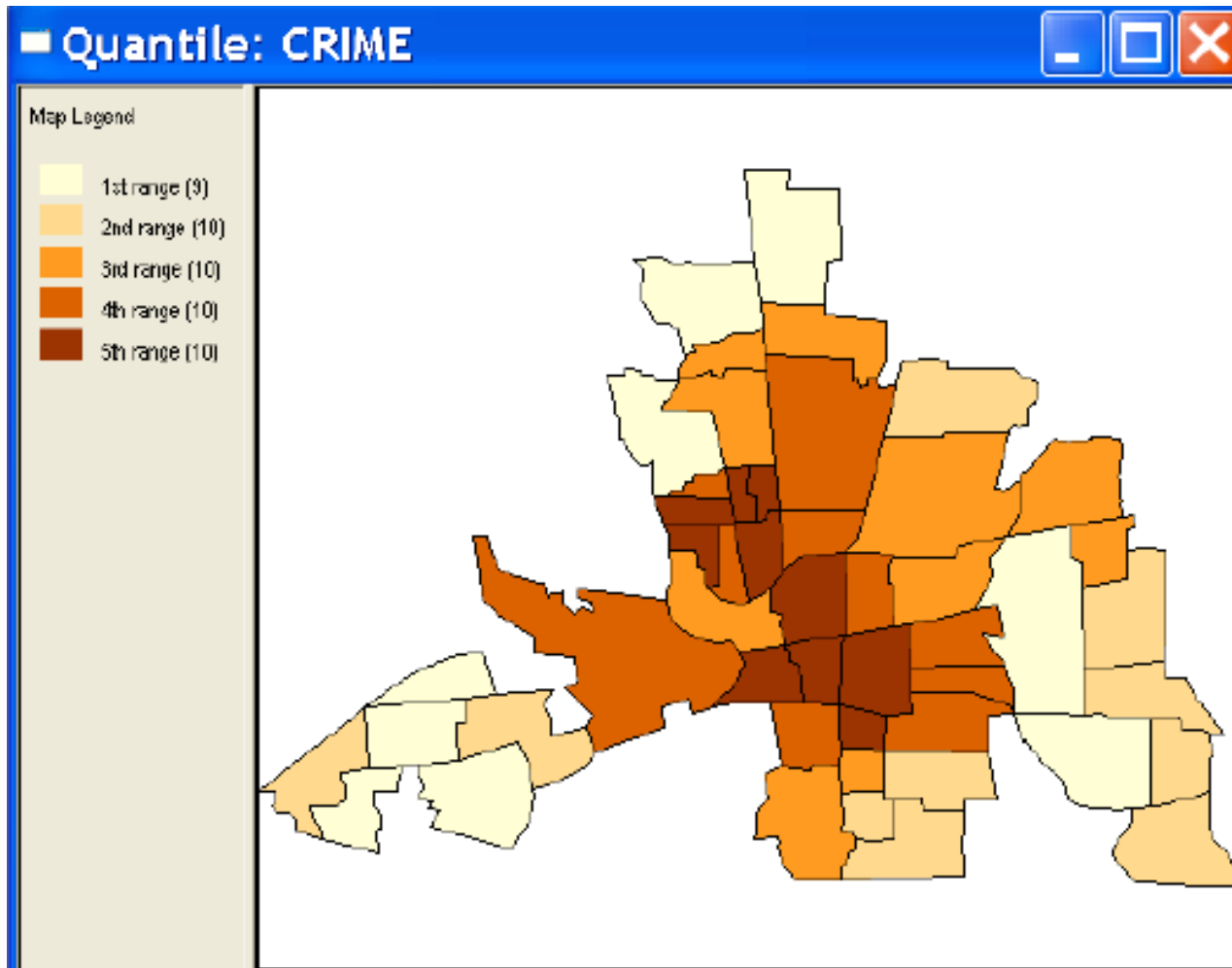
➤ **Χάρτης τυπικής απόκλισης**

- κάθε κατηγορία είναι μία μονάδα τυπικής απόκλισης

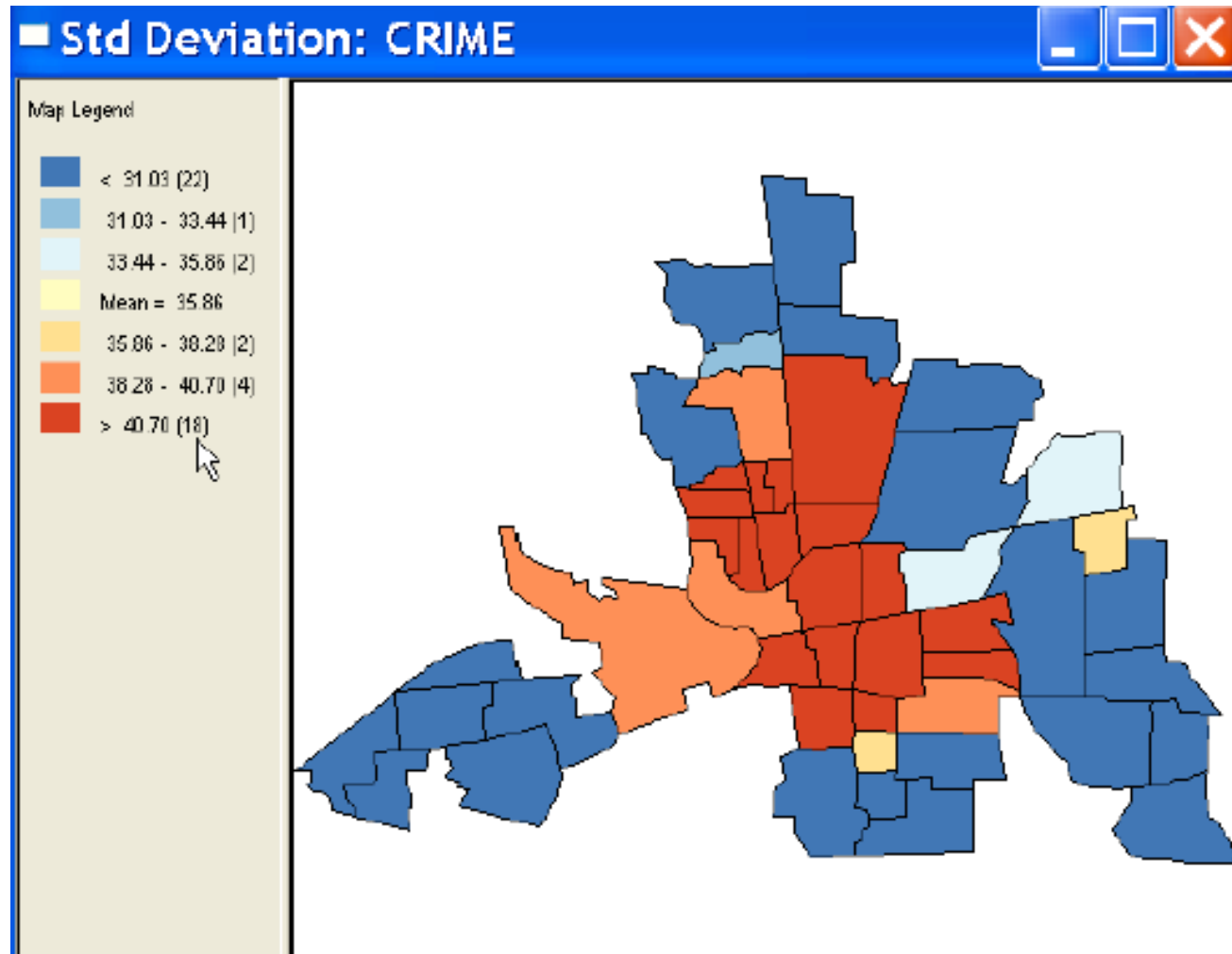
$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

- ο αριθμός παρατηρήσεων ανά κατηγορία εξαρτάται από την κατανομή των δεδομένων

Χάρτης με ποιοτικά στοιχεία (Quintile)



Χάρτης τυπικής απόκλισης





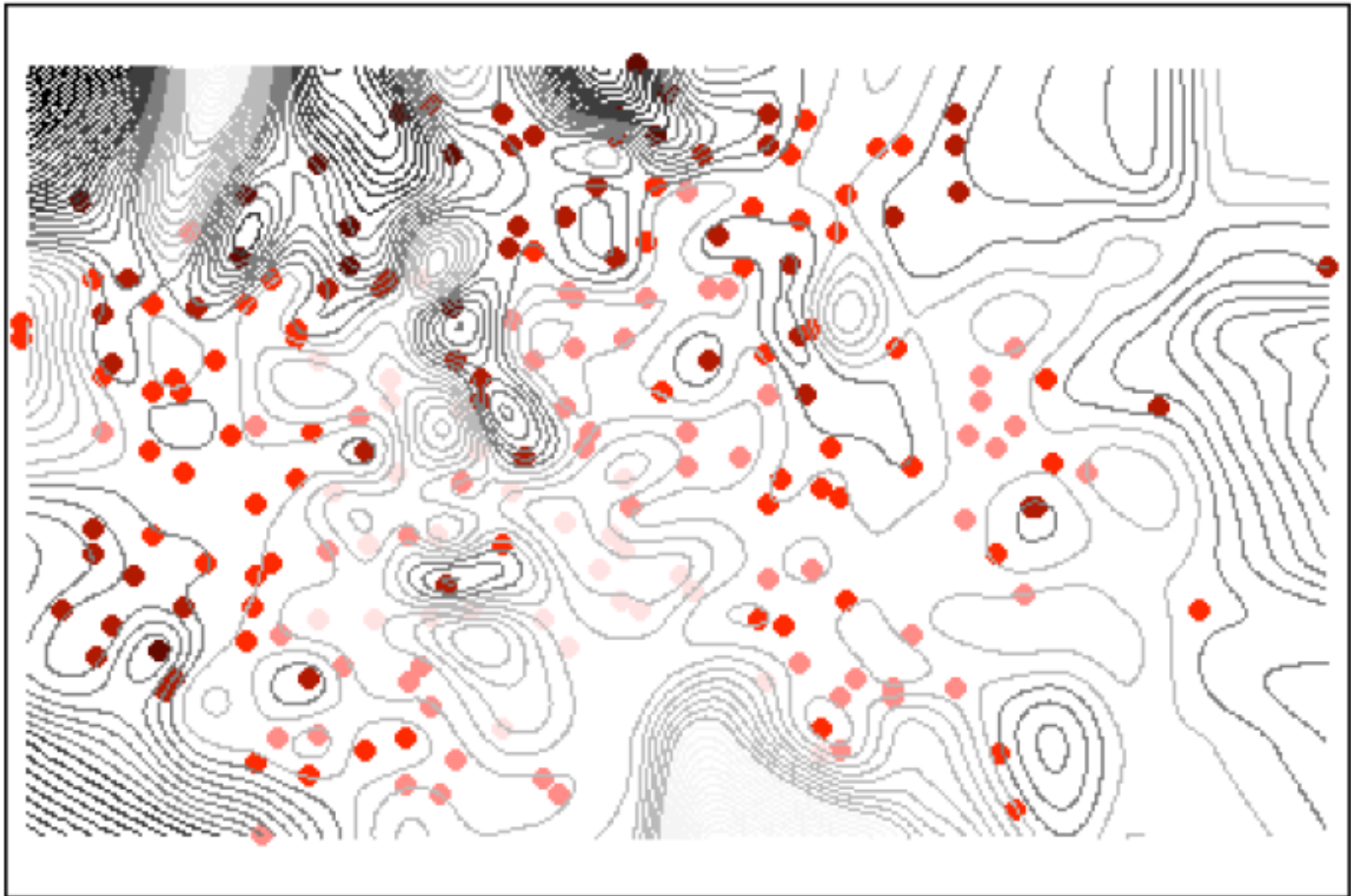
Χάρτες με ισοπληθείς

- **Αντίστοιχο χαρτών της πλοκής πυκνότητας**

- τιμές/ιδιότητες για συνεχή πεδία
- γραμμές ίσης τιμής, ισοϋψείς γραμμές
- τρισδιάστατη σχεδίαση επιφάνειας

- **Πρακτικά ζητήματα**

- επιλογή των διαστημάτων (ισοδιάσταση)
- χωρική παρεμβολή
 - δόμησε "παρατηρήσεις" για τις θέσεις που δεν υπάρχουν παρατηρήσεις
 - στατιστικό πρόβλημα = χωρική πρόβλεψη



**Τιμές πωλήσεων κατοικιών, MD της Βαλτιμόρης (1980)
σημεία δειγμάτων (στα σκοτεινότερα είναι υψηλότερες) και ισογραμμές**

Απεικόνιση ακραίων τιμών (Outliers)

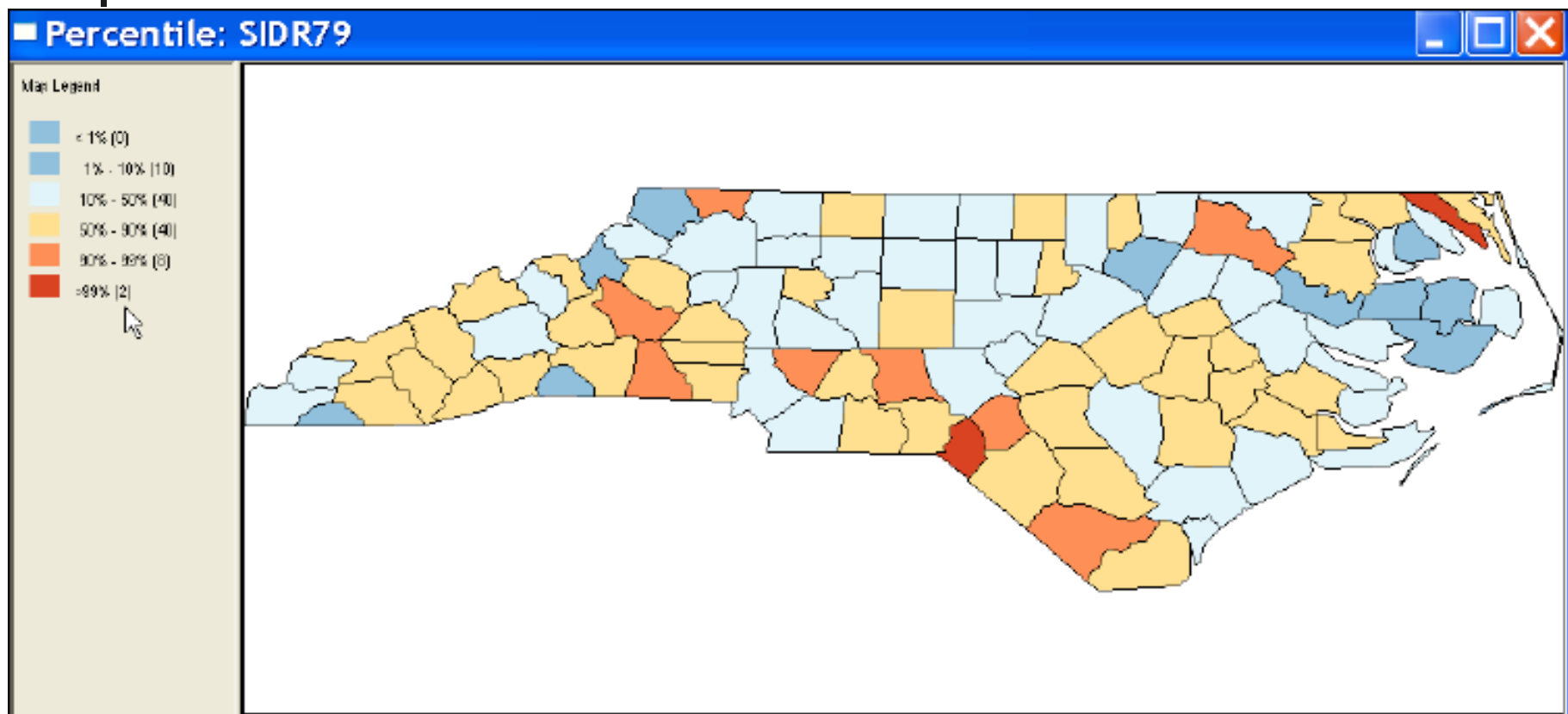




Απεικόνιση ακραίων τιμών

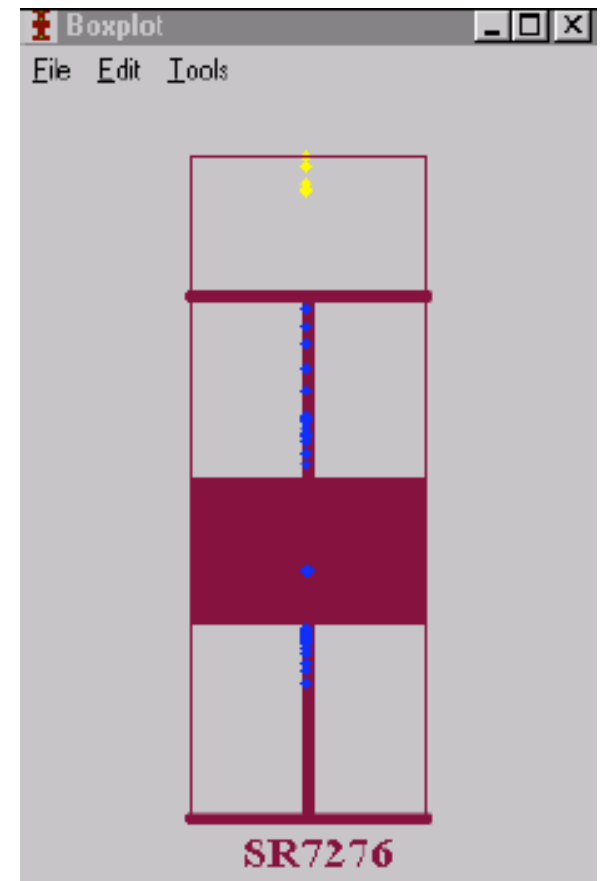
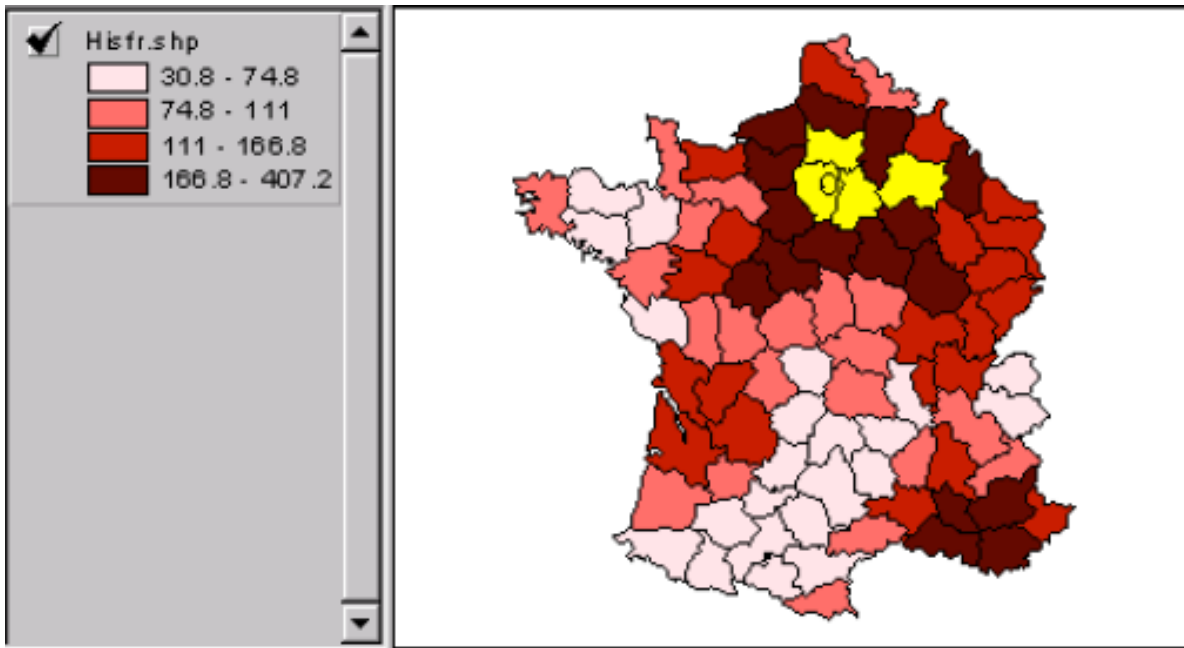
- **Χάρτης εκατοστημορίου (Percentile Map)**
 - ειδική περίπτωση του χάρτη quantile (100)
 - υπογραμμίστε τις υψηλότερες και χαμηλότερες τιμές
 - μόνο έξι κατηγορίες
 - 0-1, 1-10, 10-50, 50-90, 90-99, 99-100
- **Χάρτης κιβωτίων**
 - ειδική περίπτωση του χάρτη τεταρτημορίου (4)
 - τονίζονται οι ακραίες τιμές (outliers)
 - οι ακραίες τιμές προστίθενται ως πρόσθετες κατηγορίες
 - έξι κατηγορίες αντί τεσσάρων
 - αμφότερα μέγεθος και θέση

Χάρτης εκατοστημορίου



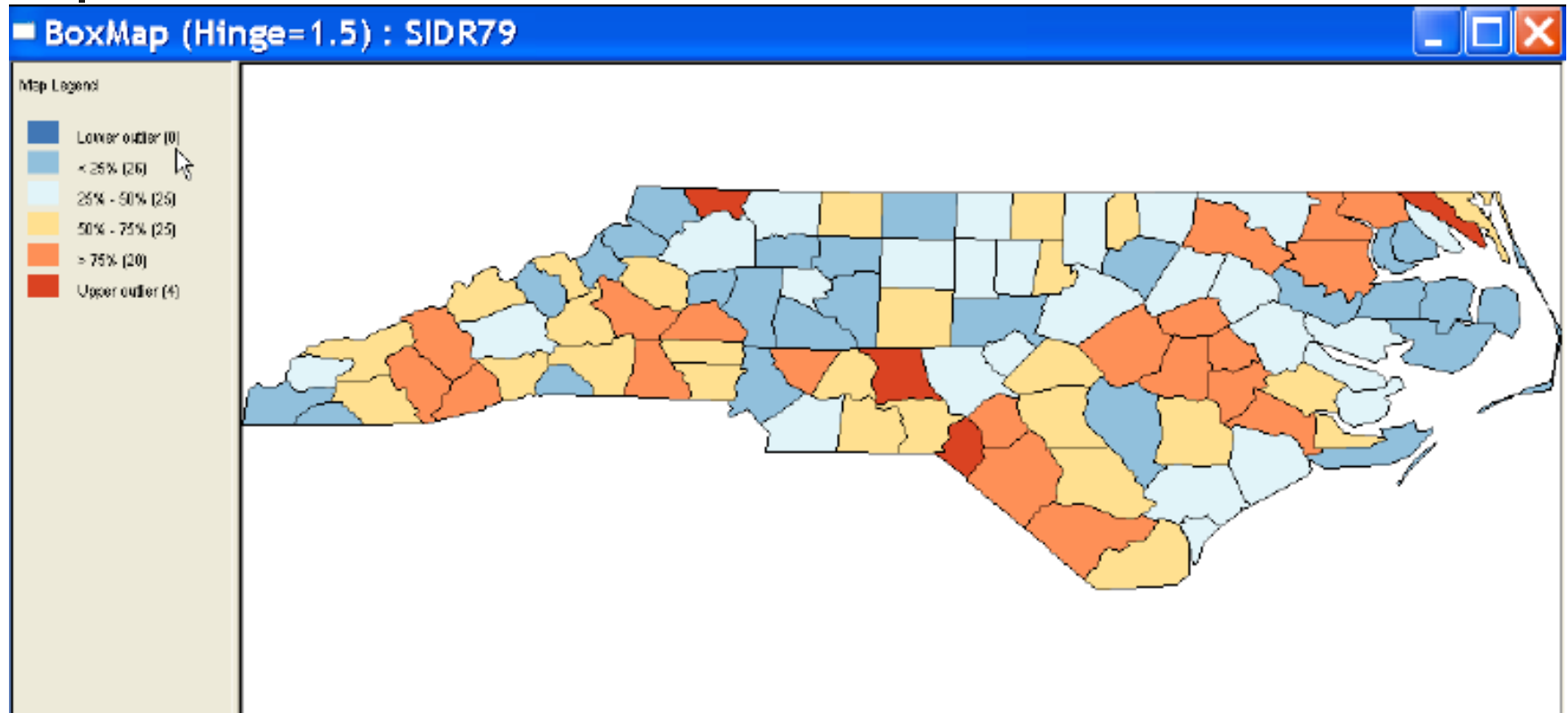
Χάρτης και σχέδιο κιβωτίου

Χάρτης τεταρτημορίου με ακραίες τιμές που τονίζονται



Ποσοστά αυτοκτονίας στη Γαλλία (Durkheim 1897)

Χάρτης κιβωτίων των NC SIDS





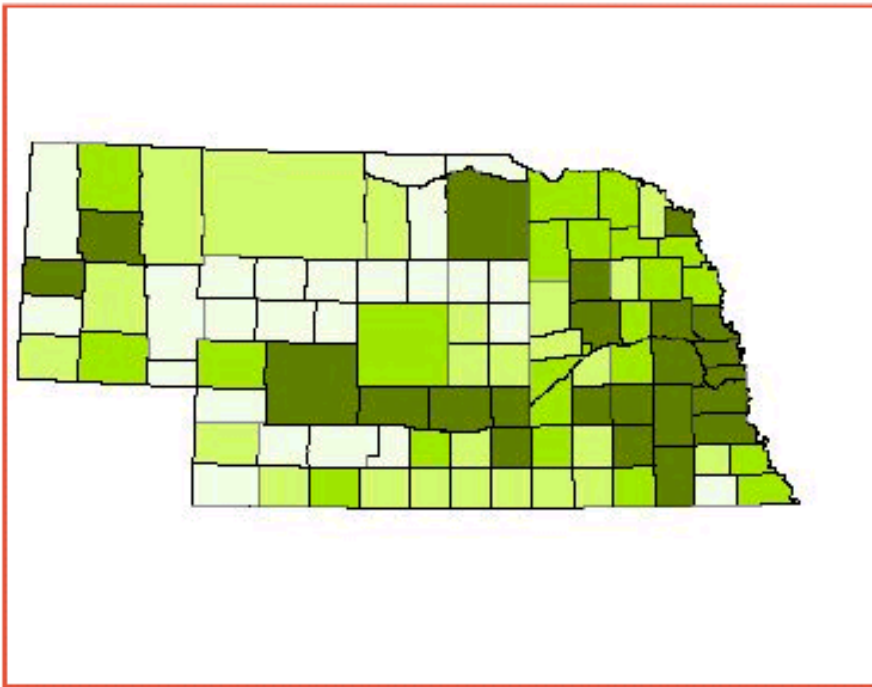
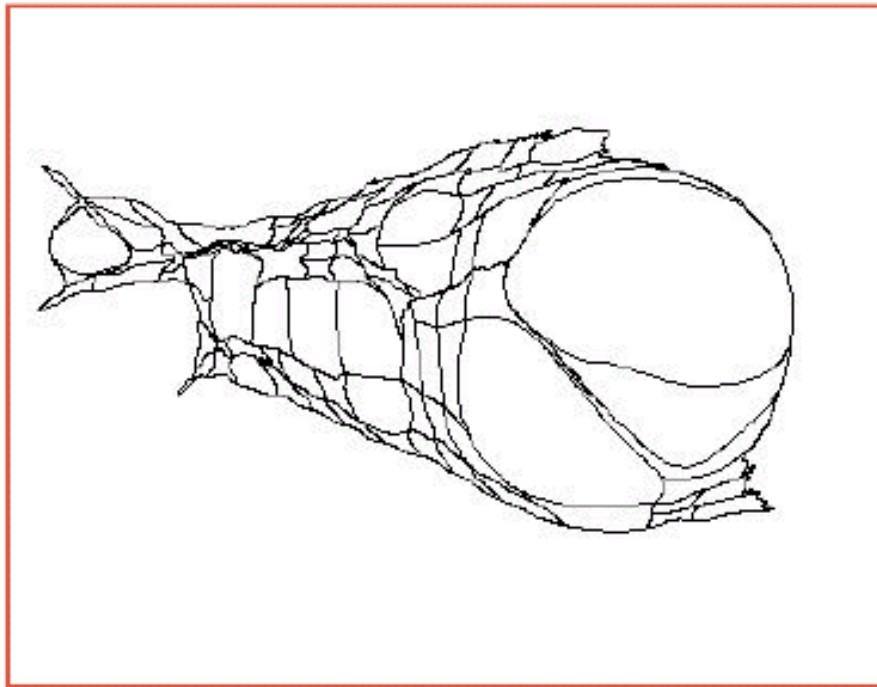
Ειδικοί Χάρτες

Χαρτόγραμμα

- **Παραπλανητική επίδραση της περιοχής**
 - οι μεγάλες εκτατικές μονάδες εφιστούν την προσοχή
- **Χάρτες συμβόλων**
 - σύμβολα (μπάρες, κύκλοι) που τοποθετούνται πάνω στις πραγματικές περιοχές
- **Χαρτόγραμμα**
 - αλλάξτε το σχεδιάγραμμα για να απεικονίσετε μέγεθη εκτός από την έκταση
 - μέγεθος πληθυσμών, μεταβλητό μέγεθος
 - Σεβασμός στην τοπολογία (χωρική ρύθμιση)
 - παρακείμενα χαρτογράμματα
 - Προσπάθεια να ταιριάξετε με το σχεδιάγραμμα των γειτόνων της περιοχής
 - κυκλικά χαρτογράμματα
 - χάρτες με μεταβλητή επιφάνεια κύκλου

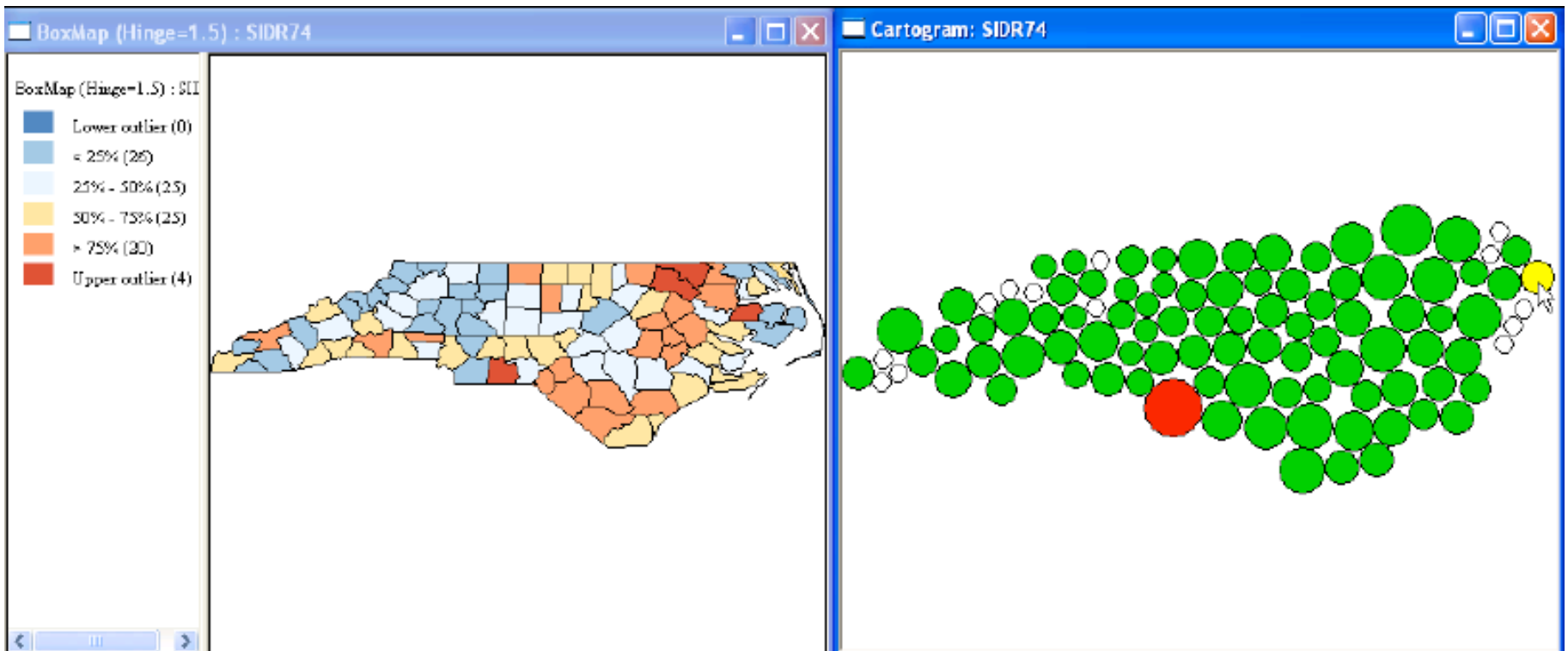
Χαρτόγραμμα με συνάφεια

1999



Πληθυσμός νομών της Νεμπράσκας -
<http://www.bbr.unl.edu/cartograms/pop.html>

Κυκλικό Χαρτόγραμμα





Κινηματογραφικός Χάρτης

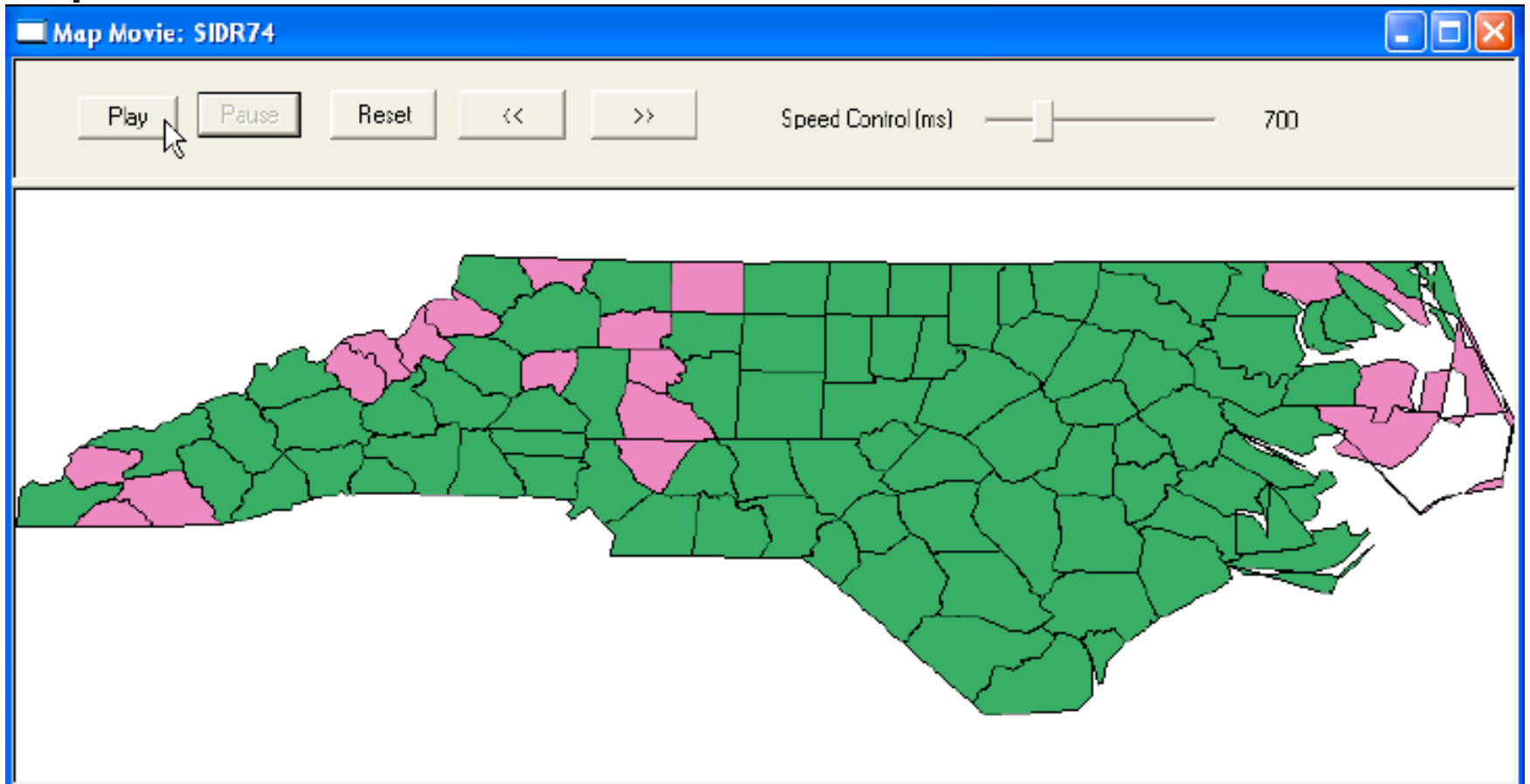
➤ Κινούμενα σχέδια

- θέσεις που τονίζονται στη συνέχεια
- από τη χαμηλή τιμή στην υψηλή τιμή
- συσσωρευτικός ή μονός

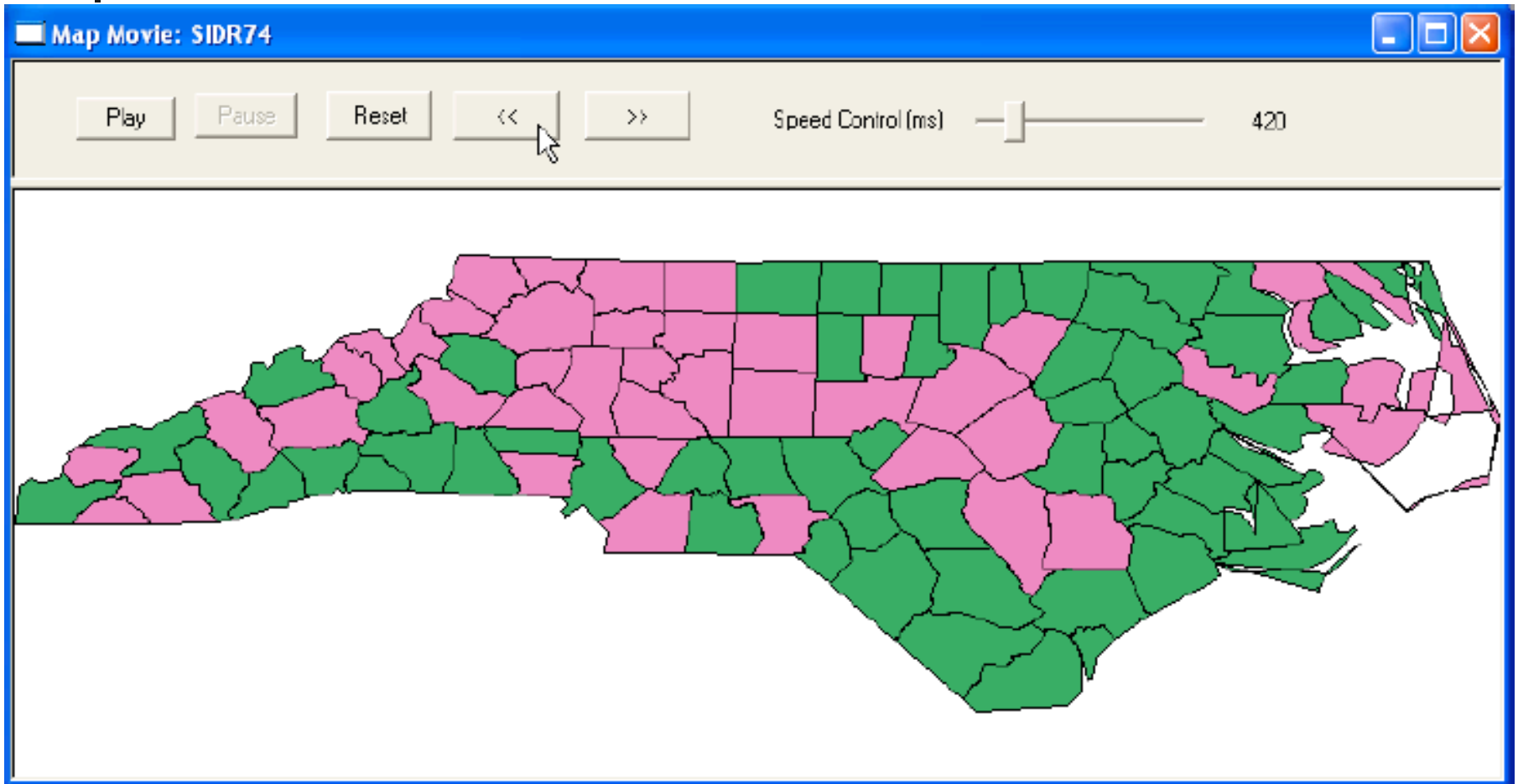
➤ Ψάχνοντας για πρότυπο

- χωρική ετερογένεια
- Ανατολή-Δύση, βορράς-νότος, έξω-μέσα

Κινηματογραφικός Χάρτης (1)



Κινηματογραφικός Χάρτης (2)





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση EDA και ESDA

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Έννοιες
- Στατιστικές γραφικές παραστάσεις
- Διασύνδεση και βούρτσισμα
- Στατιστικοί χάρτες



Έννοιες



EDA (Exploratory Data Analysis)

Διερευνητική Ανάλυση Δεδομένων

➤ **EDA**

- Ανακαλύψτε ενδεχόμενα εξηγήσιμα πρότυπα (Good)

➤ **Απεικόνιση δεδομένων (Buja)**

- άποψη = γραφική αντιπροσώπευση ή/και περίληψη
- Διαλογικός χειρισμός άποψης
 - συγκέντρωση των μεμονωμένων απόψεων
 - σύνδεση των πολλαπλάσιων απόψεων
 - τακτοποίηση πολλών απόψεων

➤ **Κανένας ρόλος για τη ρητή επεξεργασία του χώρου στο παραδοσιακό EDA**



ESDA Διερευνητική ανάλυση χωρικών δεδομένων

- **EDA +**
- **Περιγράψτε τις χωρικές κατανομές**
 - χωρικές τάσεις, χωρικοί μέσοι όροι
- **Αναγνωρίστε τις άτυπες παρατηρήσεις**
 - Χωρικές ακραίες τιμές - outliers
- **Ανακαλύψτε πρότυπα της χωρικής ενότητας**
 - χωρικές συστάδες - clusters
- **Προτείνετε χωρικά συστήματα**
 - χωρικά μη-στάσιμα

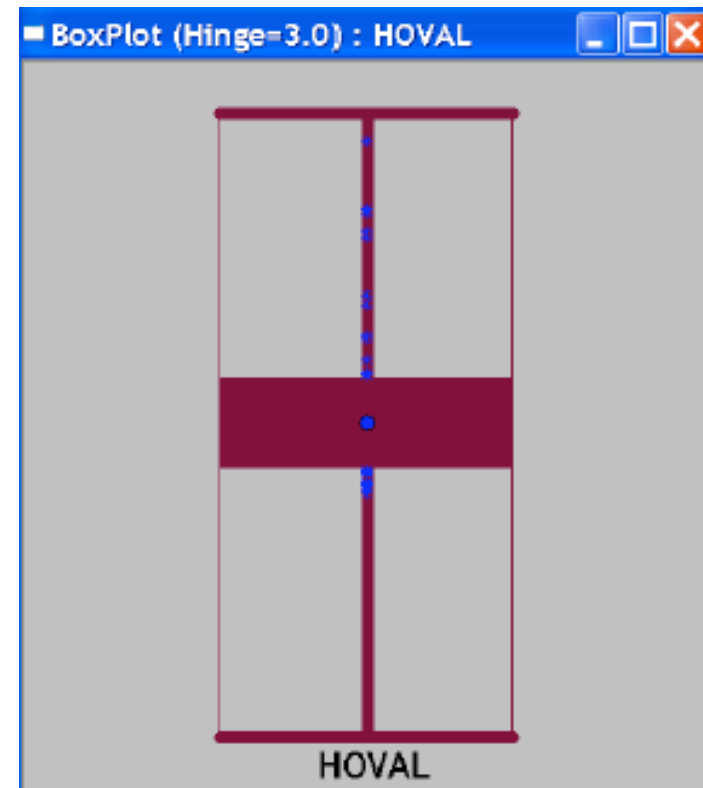
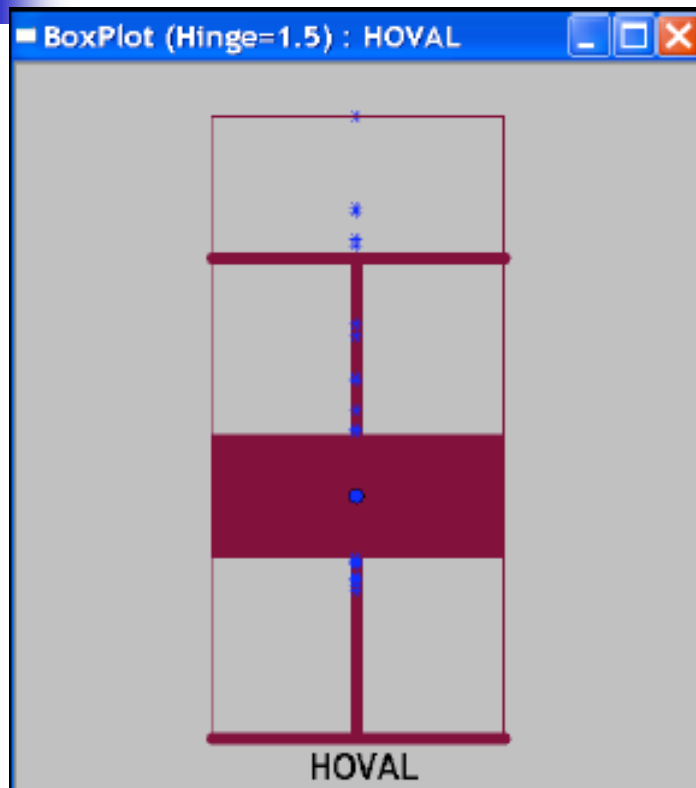
Εργαλεία ESDA (εκτατικά δεδομένα)

- **Απεικόνιση τις χωρικών κατανομών**
 - επαύξηση των πληροφοριών του χάρτη με επίσημες στατιστικές γραφικές παραστάσεις ή ανάγλυφα γραφικά
- **Δυναμικά γραφικά**
 - διασύνδεση και βούρτσισμα σε στατιστικά διαγράμματα και χάρτες
- **Απεικόνιση της χωρικής αυτοσυσχέτισης**
 - γραφική αντιπροσώπευση του μεγέθους και της σημασίας της καθολικής και της τοπικής μέτρησης της χωρικής αυτοσυσχέτισης



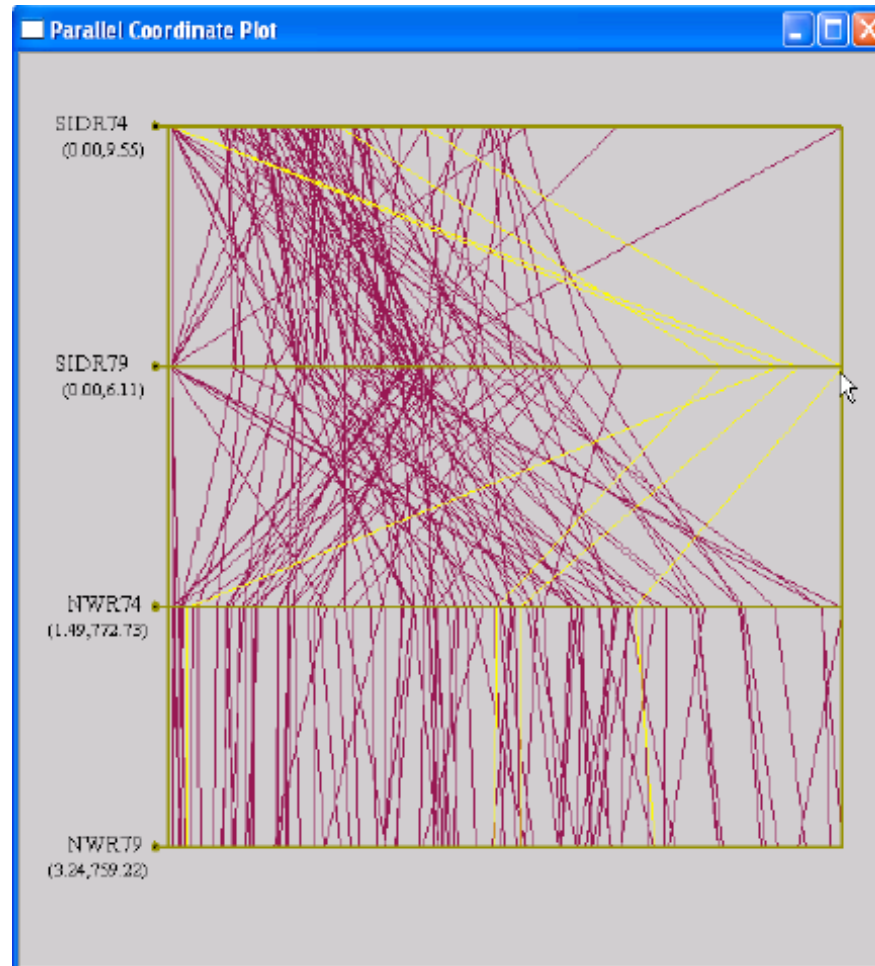
Στατιστικά γραφικά

Ακραίες τιμές (Outliers) σε ένα διάγραμμα κιβωτίου (Box Plot)

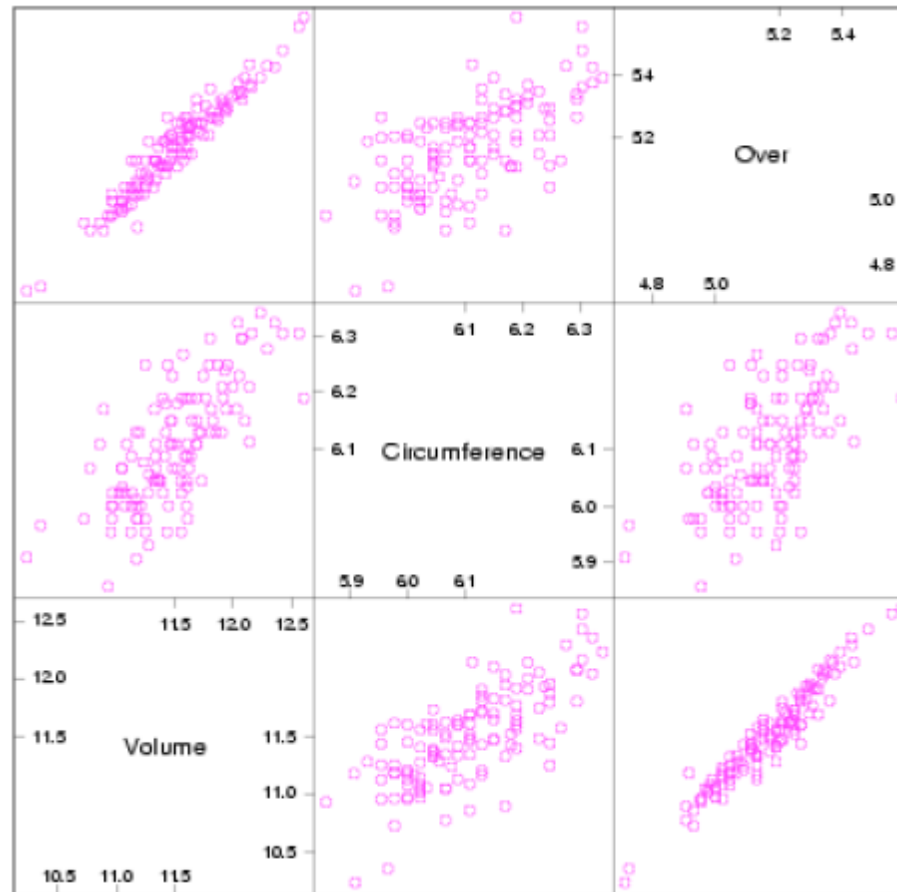


Ακραία τιμή = έξω από το "φράκτη"
Θέση φράκτη = $Q3 + 1.5$ φορές IQR inter-quartile range 75%-25%)

Διάγραμμα Παράλληλων συντεταγμένων (PCP)

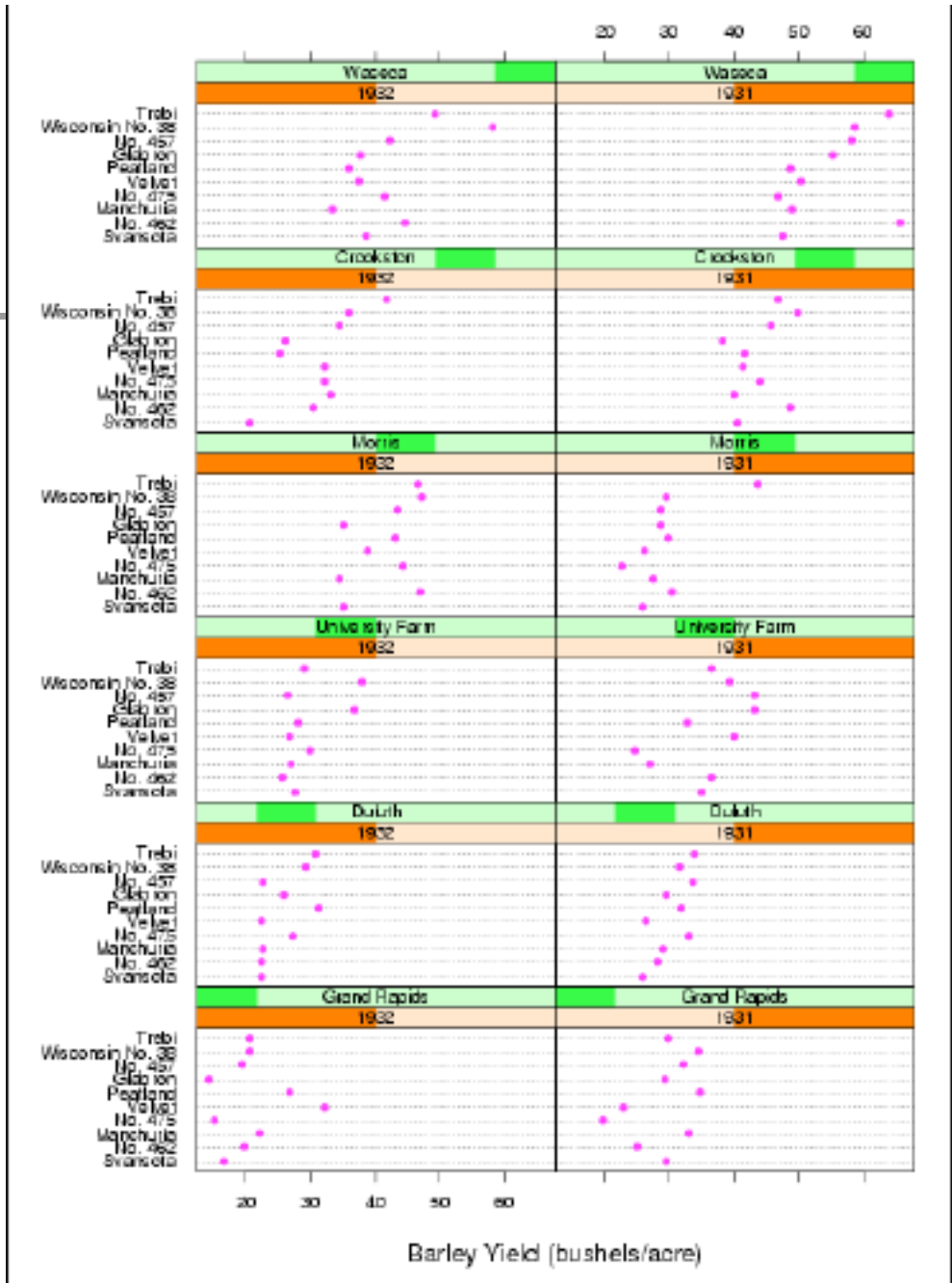


Πίνακας διαγραμμάτων διάσπορας

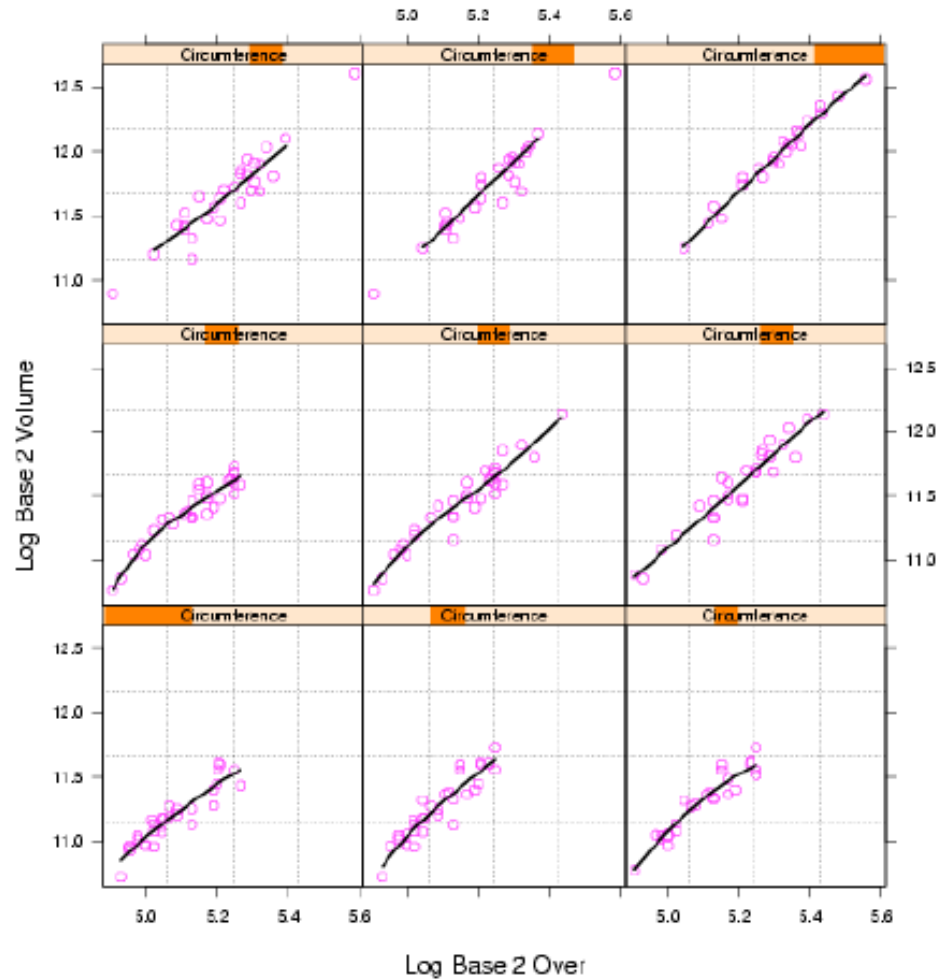


Πίνακας διαγραμμάτων διάσπορας δυαδικών λογαριθμικών δεδομένων haystack

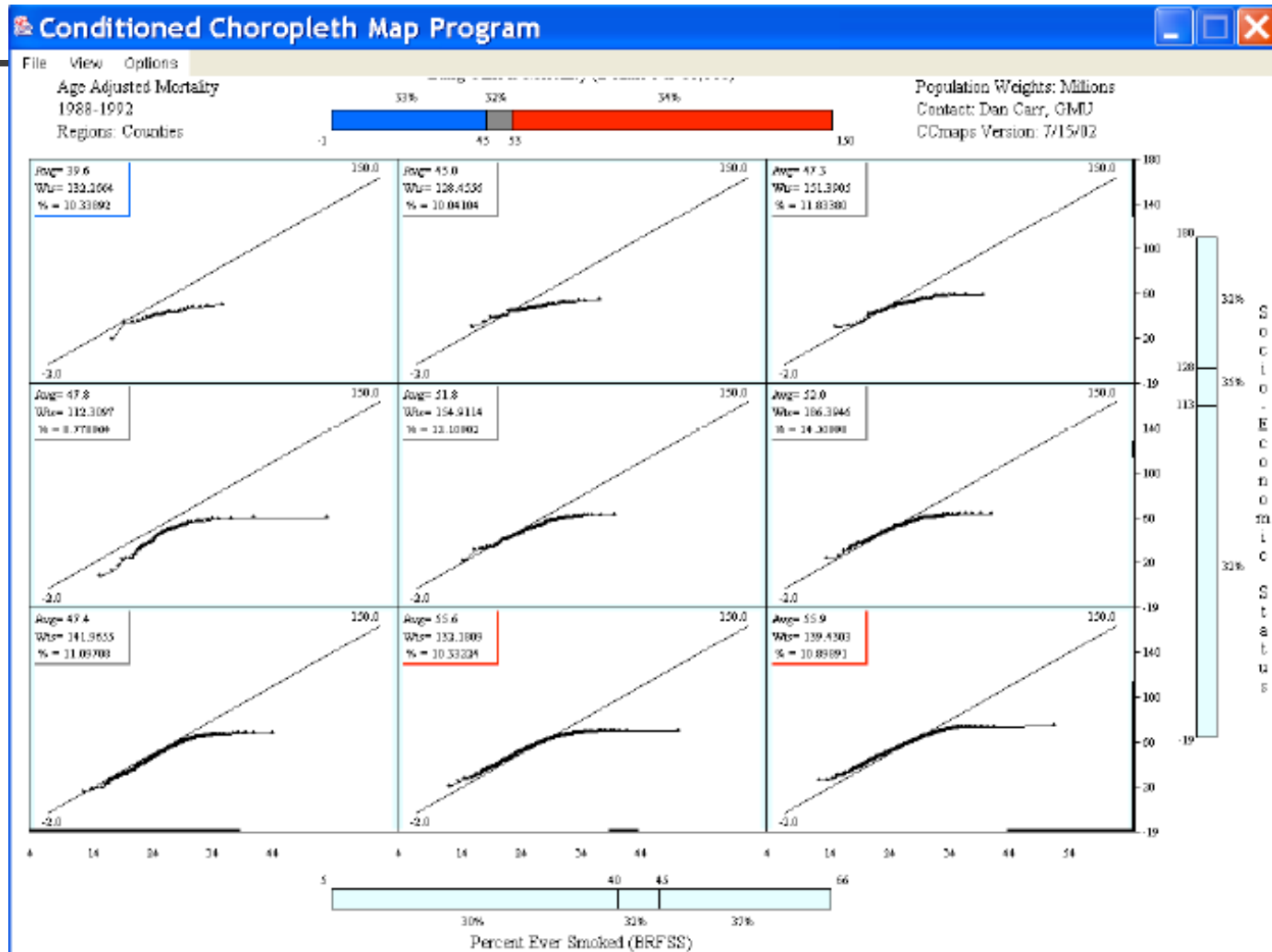
Καφασωτή παρουσίαση διαγράμματος με συνθήκες



Σχέδιο διασποράς με συνθήκες



Σχέδιο QQ με συνθήκες



Διασύνδεση και Βούρτσισμα





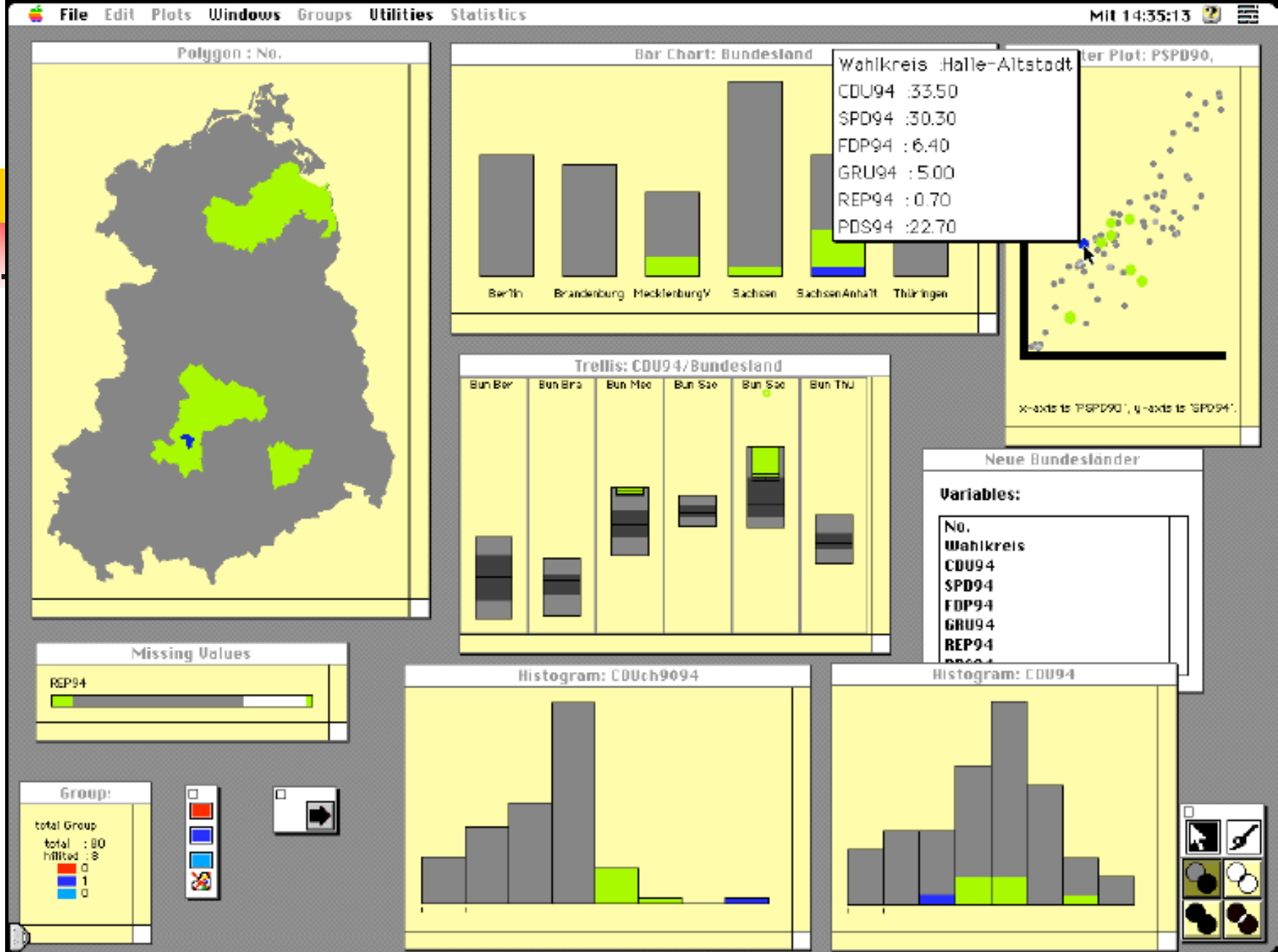
Διασύνδεση

➤ Απόψεις

- διαφορετικές "απόψεις" δεδομένων
 - Στατιστικά γραφήματα: ιστόγραμμα, διάγραμμα κιβωτίου, διάγραμμα διασποράς
 - χάρτης
 - Πίνακας (κατάλογος)

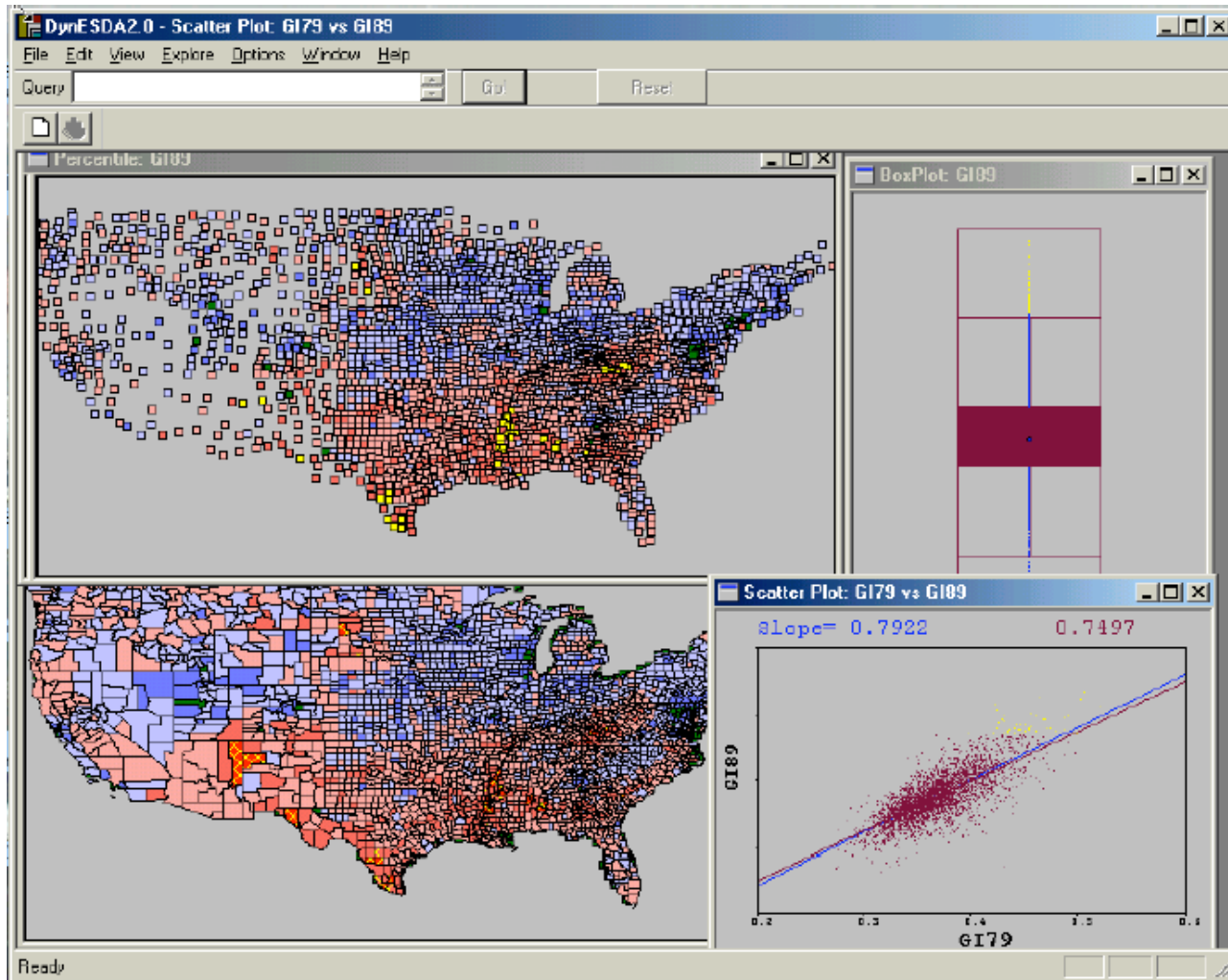
➤ Δυναμική σύνδεση

- όψεις που διασυνδέονται δυναμικά
 - χτυπήστε σε μια όψη και θα παρατηρήσετε να τονίζονται τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά (σημεία, περιοχές) στις υπόλοιπες όψεις

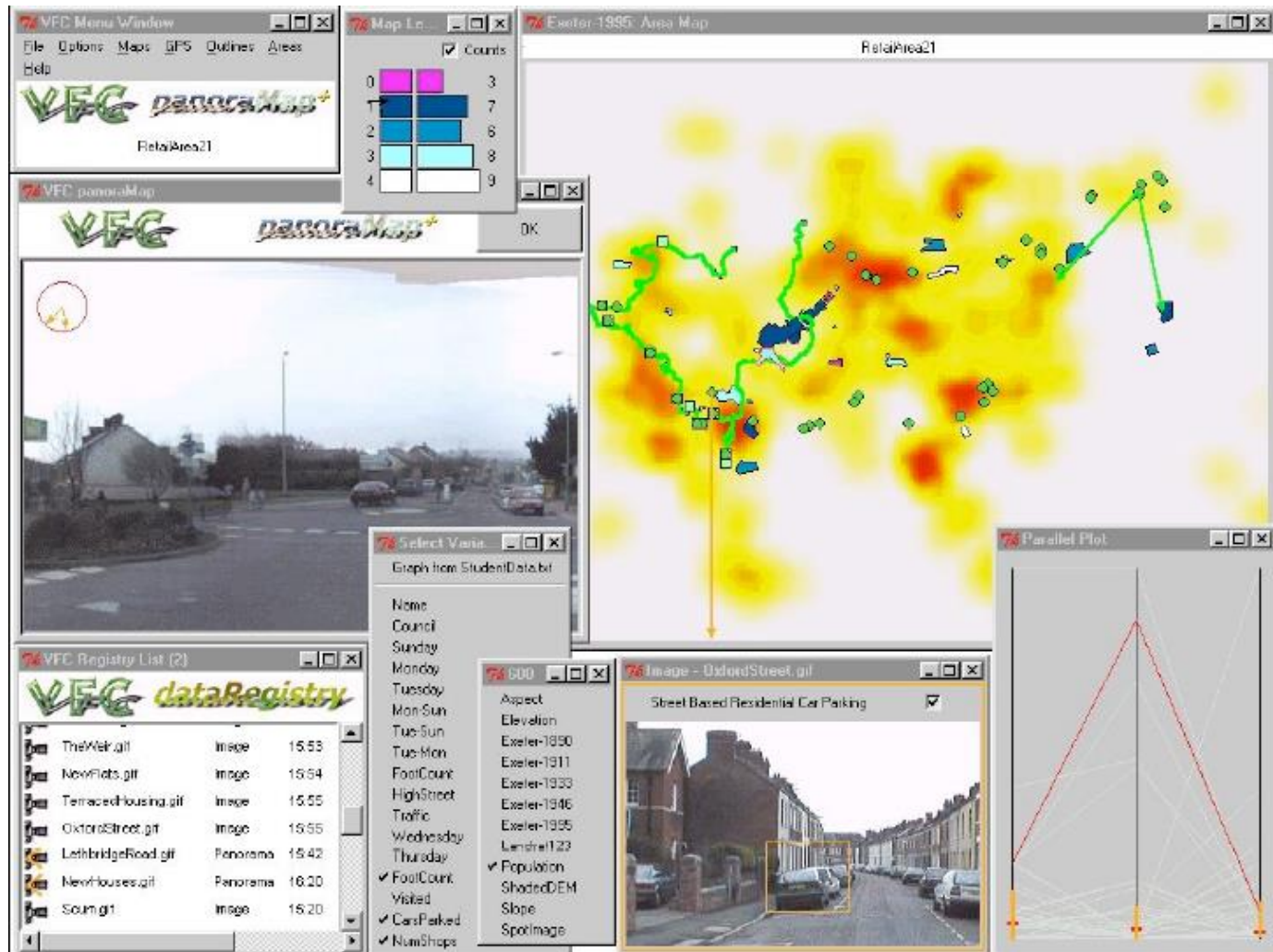


Διασύνδεση όψεων – Τα ίδια χαρακτηριστικά τονίζονται σε όλα τα διαγράμματα

Διασύνδεση σημειακών και πολυγωνικών χαρτών



Δυναμική διασύνδεση και πανοραμικός χάρτης με πολυμέσα





Βούρτσισμα

➤ Βούρτσισμα

- κινούμενη "βούρτσα" πάνω από το χάρτη ή το γράφημα τονίζει όλες τις παρατηρήσεις που ταιριάζουν σε όλα τα άλλα στατιστικά γραφήματα και αντίστροφα

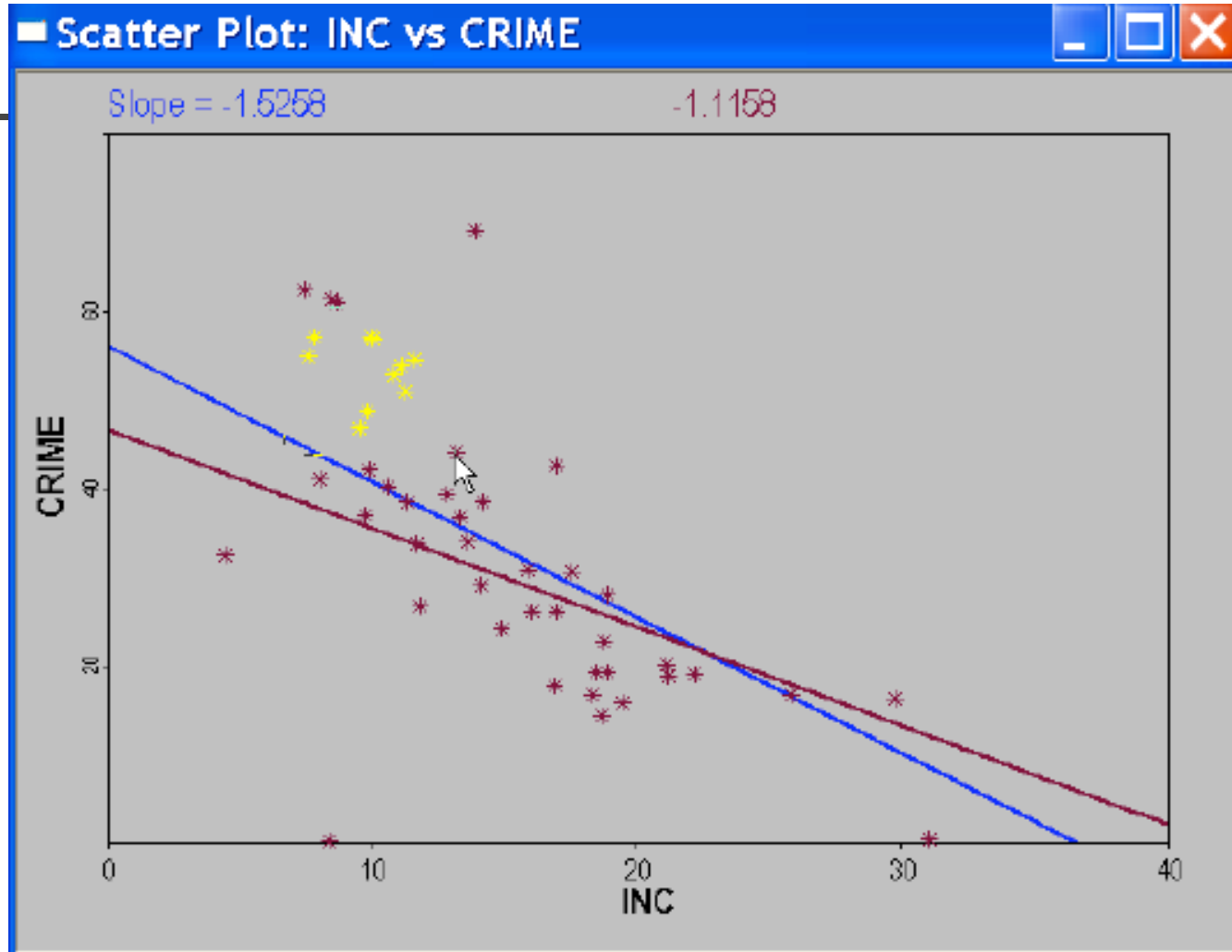
➤ Βούρτσισμα διαγραμμάτων διασποράς

- υπολογίζει εκ νέου την κλίση της γραμμής παλινδρόμησης αφαιρώντας τα σημεία εντός της βούρτσας

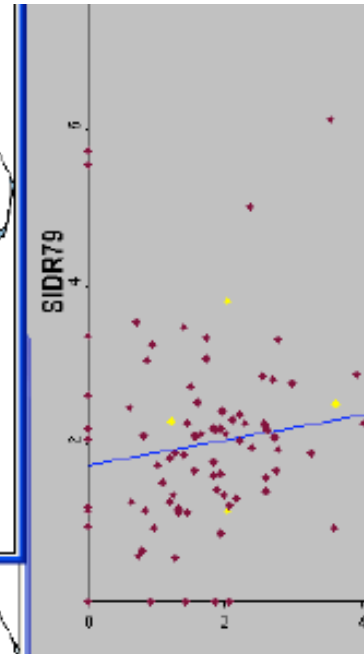
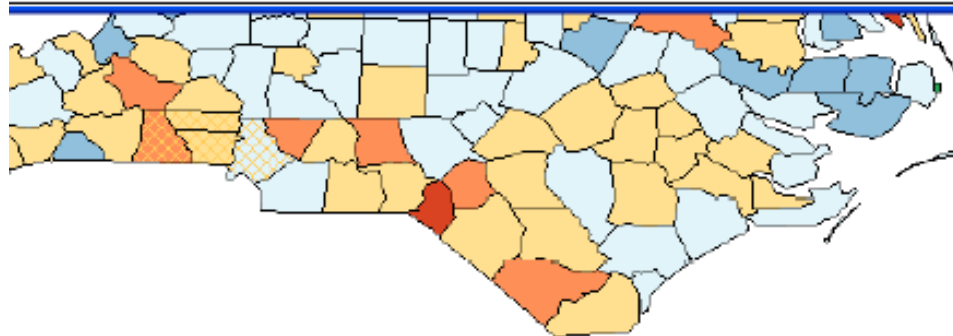
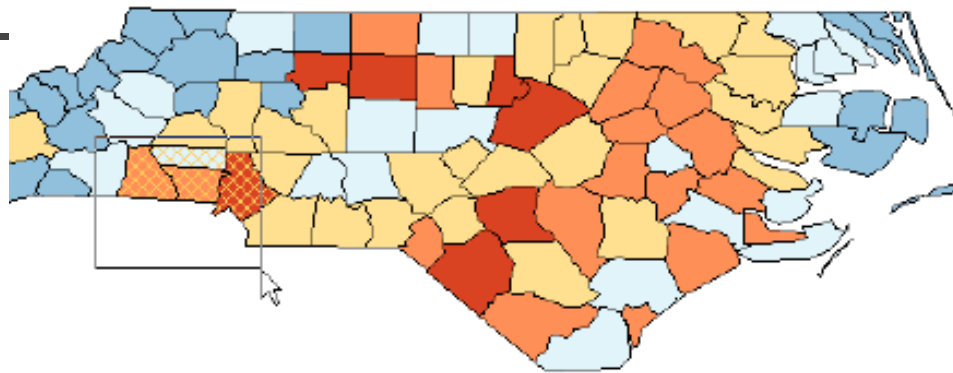
➤ Γεωγραφικό βούρτσισμα

- ταυτόχρονη επιλογή σε πολλαπλούς χάρτες

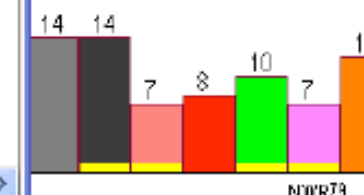
Επιλογή στο διάγραμμα διασποράς



Βούρτσισμα χάρτη στο GeoDa



Histogram: NWR79





Στατιστικοί Χάρτες

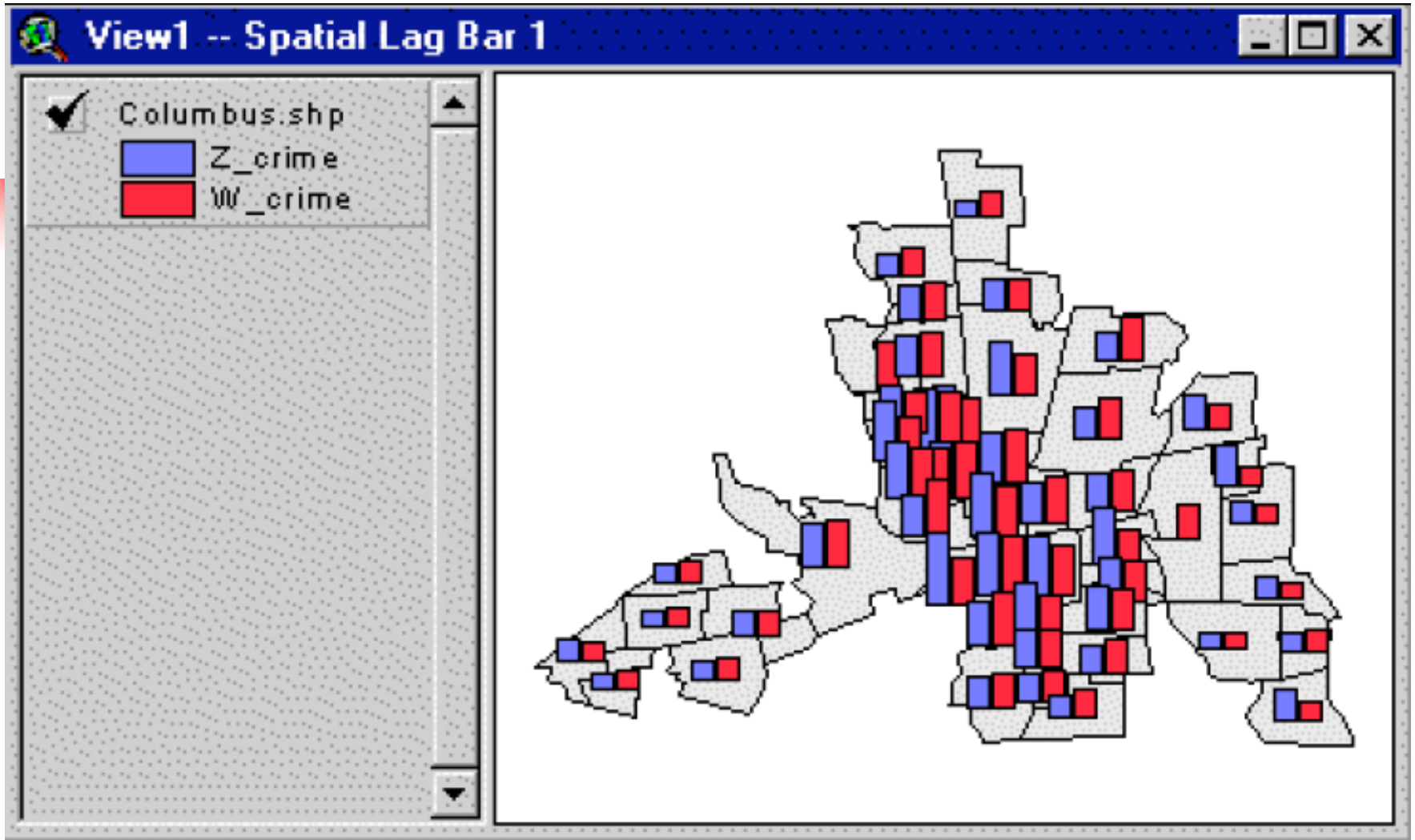
Απεικονίζοντας χωρικές κατανομές

➤ **Εξειδικευμένο EDA**

- εικονίδια και γλυπτά θέσεις που ταιριάζουν
- Ειδική περίπτωση χαρτών με σύμβολα

➤ **Περιφερειακά διαγράμματα**

- χωρική ετερογένεια
- διαφορετικές κατανομές σε χωρικά υποσύνολα
- περιφερειακό ιστόγραμμα, περιφερειακό διάγραμμα κιβωτίου



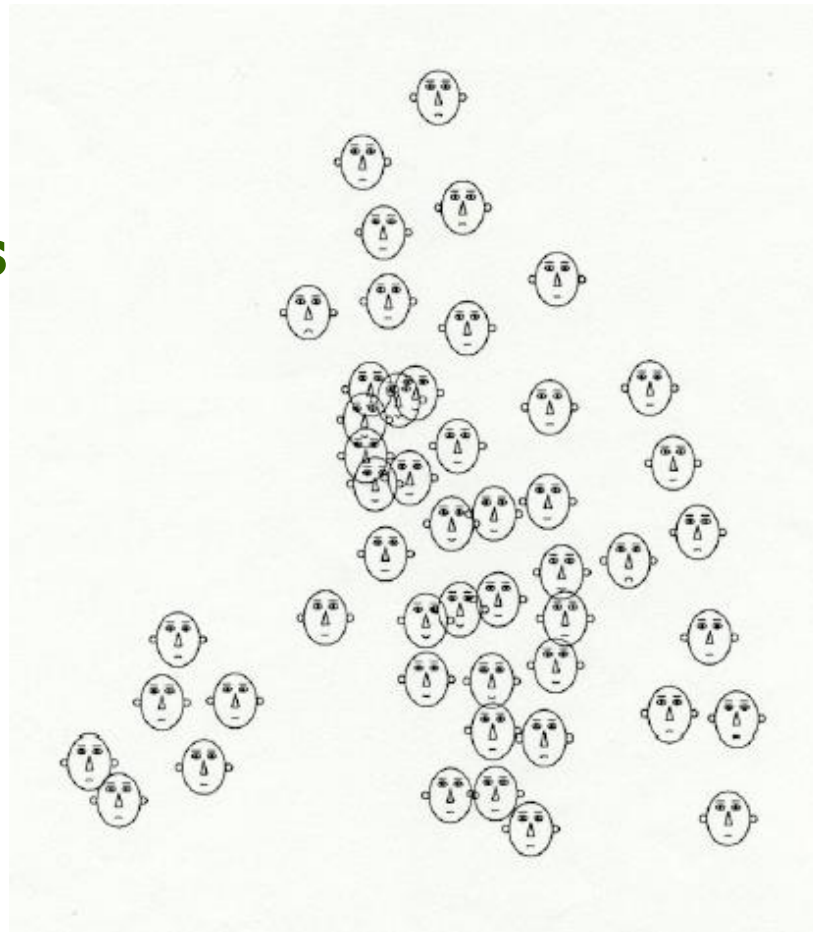
spatial lag bar chart

blue = crime at i , red = spatial lag, average crime for neighbors

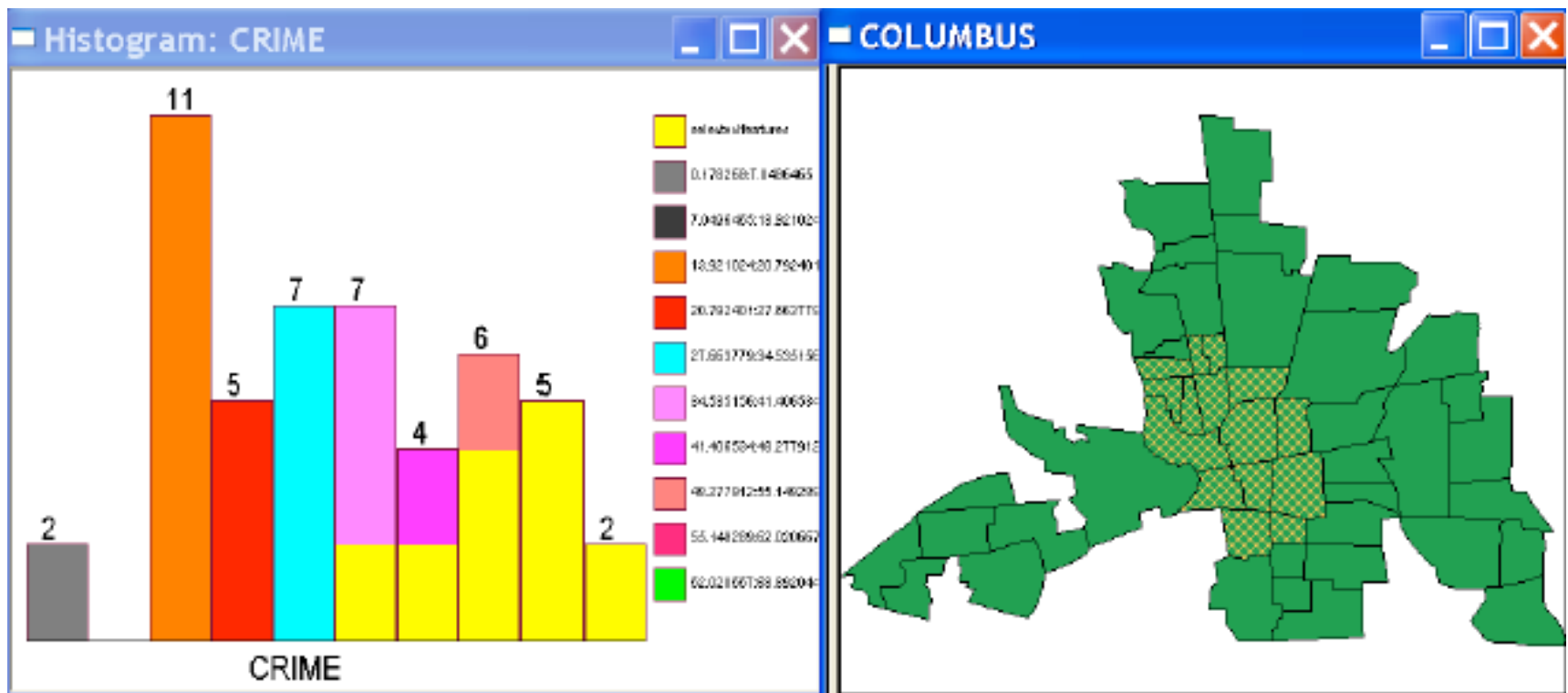
Εξειδικευμένο EDA

Spatial Chernoff Faces

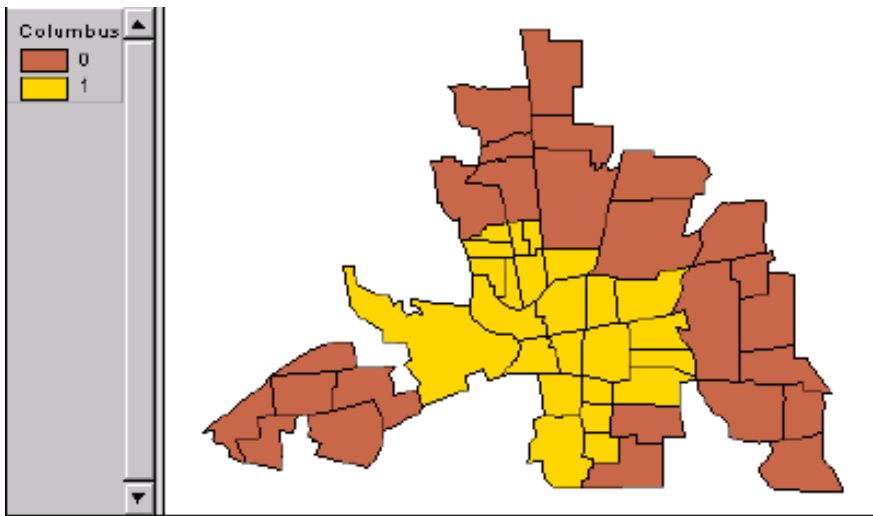
the burglar's view
of crime clusters
In Columbus



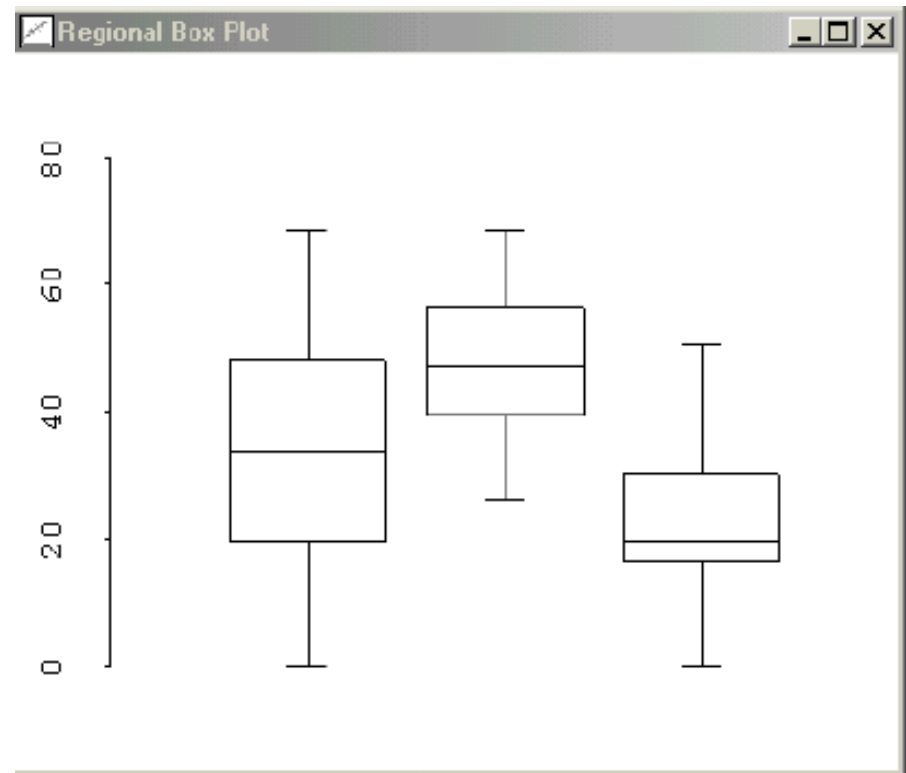
Περιφερειακό Ιστόγραμμα



Περιφερειακό διάγραμμα κυβωτίου



Columbus crime: core vs periphery



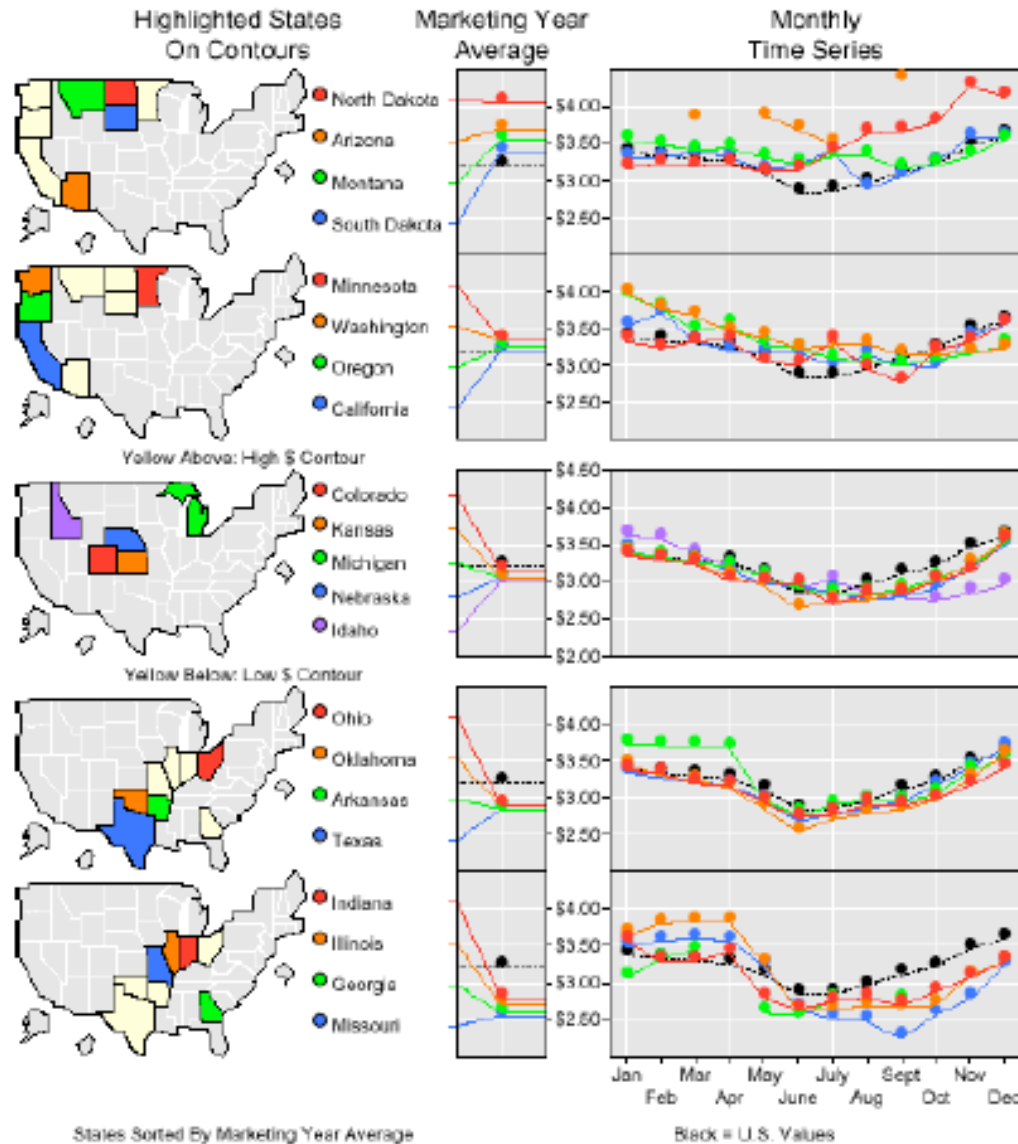


Μικροχάρτες (Carr)

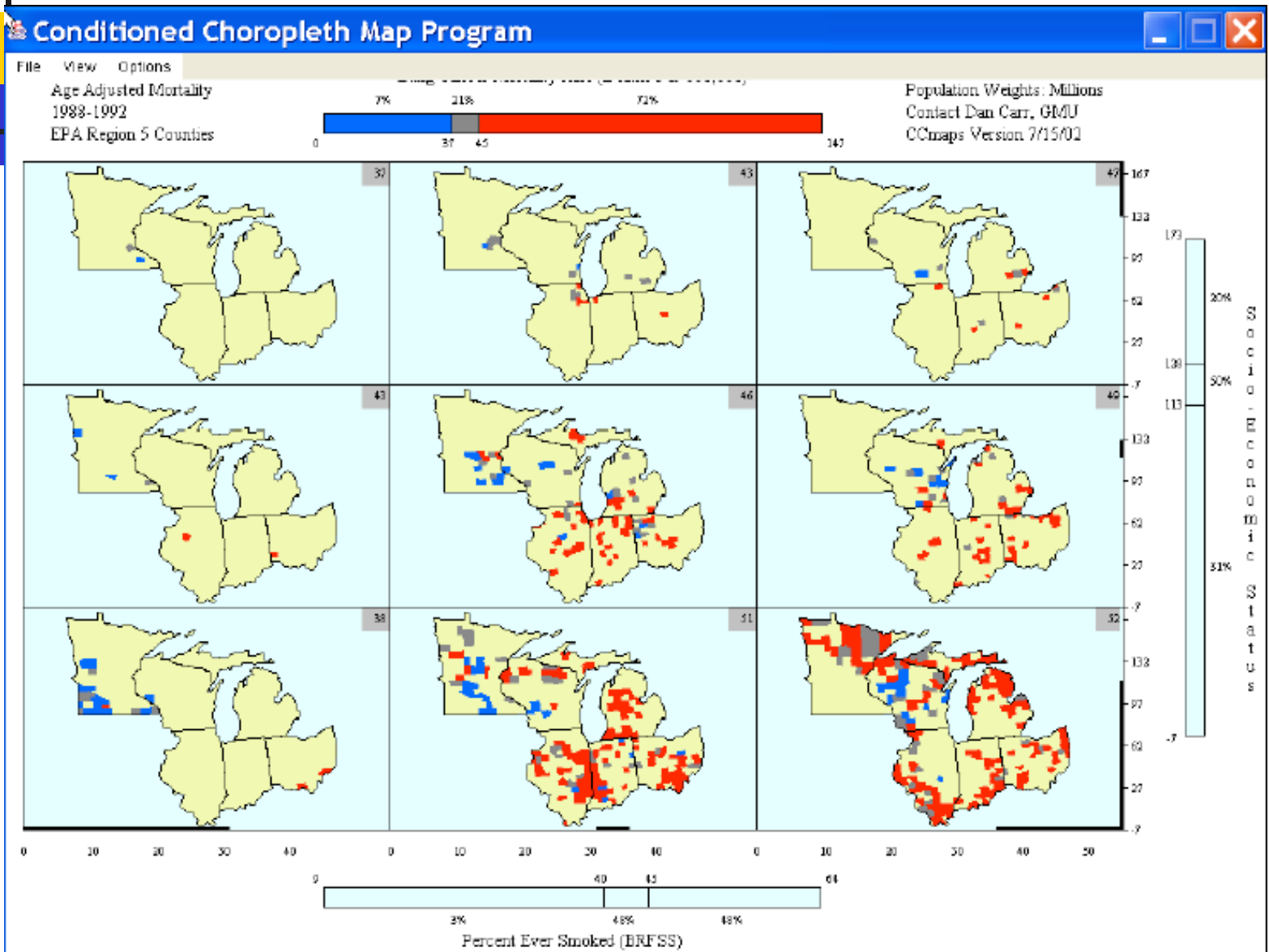
- **Διασυνδεδεμένα σχέδια μικροχαρτών - Linked Micromap (LM) διαγράμματα**
 - ένας μικροχάρτης για κάθε quantile
 - μικροχάρτες διασυνδεδεμένοι με άλλα στατιστικά γραφήματα
- **Χωροπληθικοί χάρτες με συνθήκες Conditioned Choropleth (CC)**
 - χωροπληθικοί χάρτες από εξαρτώμενη μεταβλητή
 - Πίνακας μικροχαρτών
 - συνθήκες κατά μήκος δύο διαστάσεων

Wheat Prices Received By State: 1993 Dollars Per Bushel

Διασυνδεδεμένα διαγράμματα μικροχαρτών



Χωροπληθικός χάρτης με συνθήκες





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση

Χάρτες ποσοτού και εξομοίωση

Rate Maps and Smoothing

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- χαρτογράφηση Ποσοστών
- Κίνδυνος και υπερβολικός κίνδυνος
- Εμπειρική εξομοίωση Bayes
- Χωρική εξομοίωση



Χαρτογράφηση Ποσοστών



Γεγονότα

➤ Τοποθεσίες

- μεμονωμένα σημεία
 - ανάλυση προτύπων σημείου
- Εκτατικά σύνολα
 - αριθμήσεις των γεγονότων
 - ποσοστό = $\# \text{ γεγονότων} / \# \text{ πληθυσμού σε κίνδυνο}$
 - το ακατέργαστο ποσοστό είναι εκτίμηση ML "του κινδύνου"

➤ Επιφάνεια πιθανότητας ή επιφάνεια κινδύνου

- Η πιθανότητα ότι το γεγονός θα συμβεί σε οποιαδήποτε δεδομένη θέση, σε οποιαδήποτε δεδομένη έκταση

RATE SMOOTHING



Select Variables

Event Variable

- BIR74
- SID74
- NWBIR74
- BIR79
- SID79**
- NWBIR79
- SIDR74
- SIDR79

Base Variable

- CRESS_ID
- BIR74
- SID74
- NWBIR74
- BIR79**
- SID79
- NWBIR79
- SIDR74

Set the variables as default

Select variables from file (*.shp)

C:\SPACEMAN\DynESDA\wkdata\SIDS.SHP



Select

Map Themes

Percentile Map

Percentile Map

Quantile Map

Box Map (Hinges = 1.5)

Box Map (Hinges = 3.0)

OK

Cancel

**Το
Γεγονός
και η
Βάση**



Εκτίμηση πυρήνα

- **Δημιουργία μιας συνεχούς επιφάνειας για διακριτά Γεγονότα**
 - **τυπική εφαρμογή** = επιφάνεια πυκνότητας σημείου
 - π.χ. η θέση των ανθρωποκτονιών παράγει μια επιφάνεια εγκλήματος
 - **σταθμισμένος μέσος όρος** των τιμών γύρω από τα σημεία
 - τοποθετήστε ένα πλέγμα πάνω από τα δεδομένα
 - κεντρώστε "τον πυρήνα" σε κάθε σημείο του πλέγματος και υπολογίστε το μέσο όρο των σημείων μέσα στον πυρήνα
 - παράμετροι πυρήνων (εύρος ζώνης, κλίση, κ.λπ.....)
 - **διαφορετικοί πυρήνες**
 - απλός μέσος όρος, αντίστροφη απόσταση, γκαουσιανή

Εκτίμηση πυρήνα – Επιφάνεια πυκνότητας

(A)



(B)



Σημεία Δεδομένων

Εξομάλυνση πυρήνα

Κίνδυνος και υπερβολικός κίνδυνος





Προβλήματα με τα ποσοστά

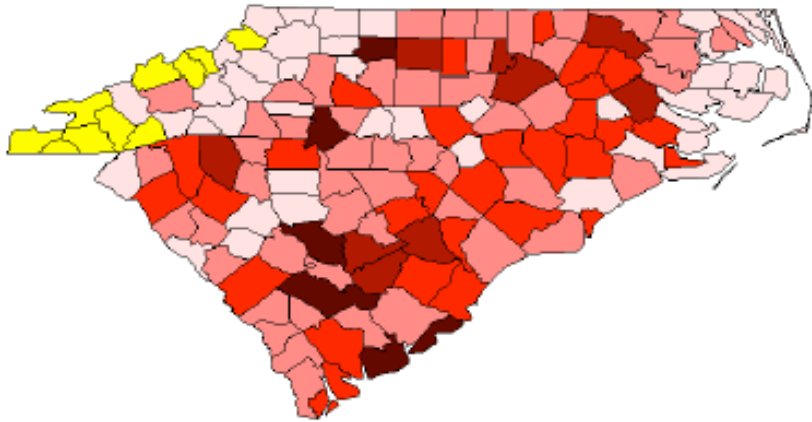
➤ Κίνδυνος

- ποσοστό ως εκτίμηση του ελλοχεύοντος κινδύνου
 - αναμενόμενα γεγονότα = κίνδυνος \times πληθυσμός σε κίνδυνο

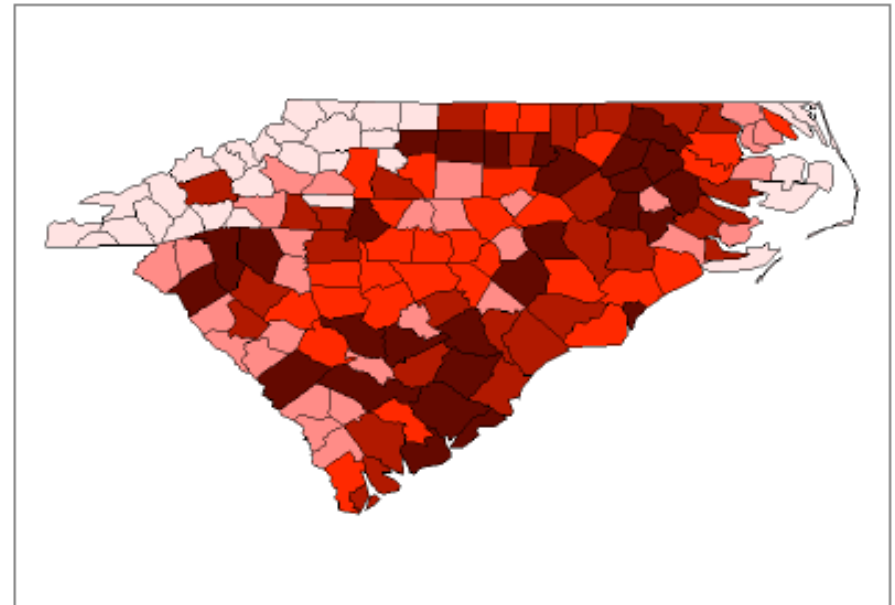
➤ Ζητήματα

- εγγενής ετερογένεια
 - η διασπορά εξαρτάται από το μέσο όρο
 - η διασπορά εξαρτάται από τη βάση
- αστάθεια διασποράς
 - Πλαστές ακραίες τιμές (outliers)

Γεγονότα και αναμενόμενα γεγονότα



← number of strokes for 65+ African-American males, NC and SC (yellow = zero)



expected # strokes using average risk for state, not average of county risks →
(risk = total deaths / pop at risk)



Αναμενόμενα γεγονότα

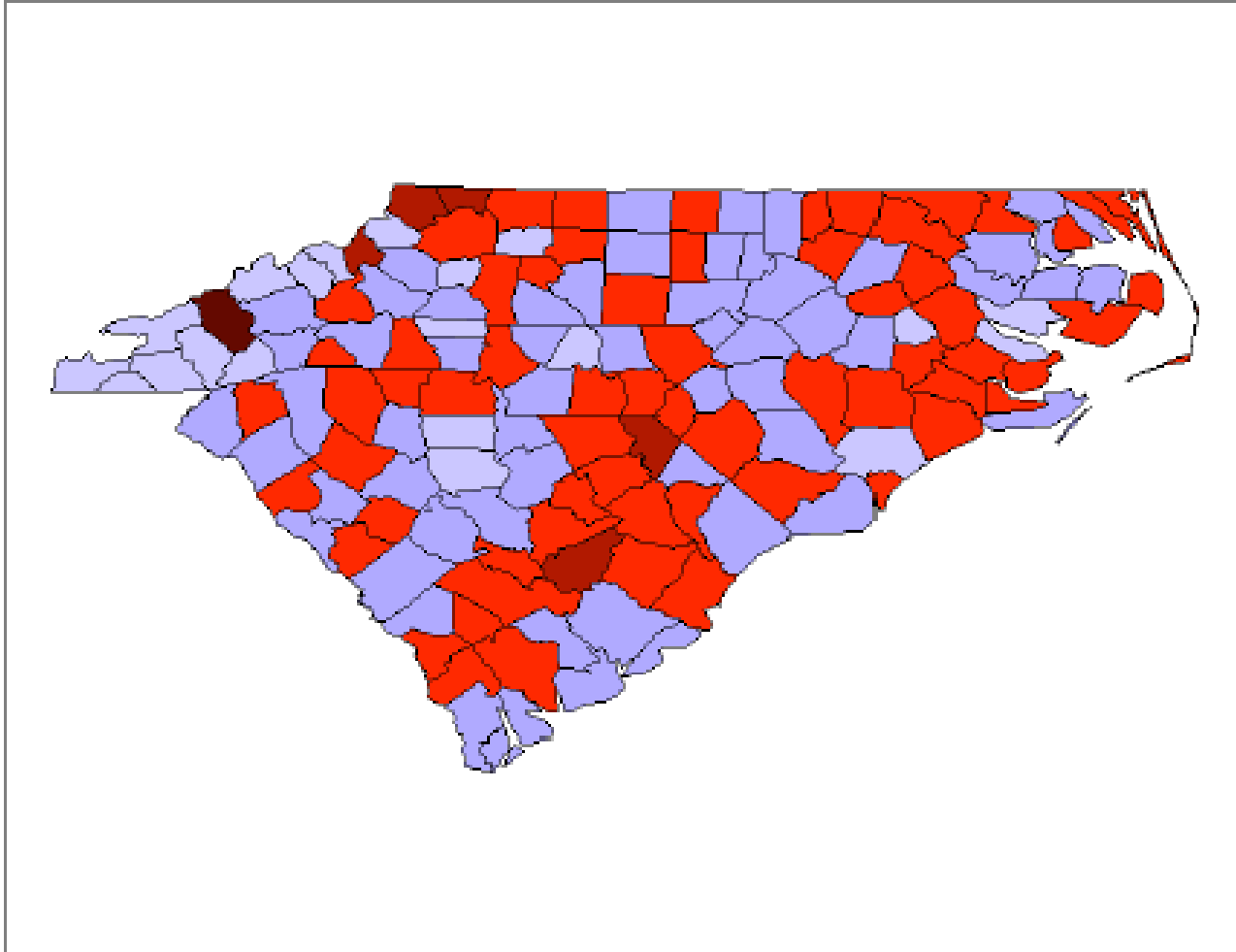
- **Αριθμός γεγονότων εάν εφαρμόζεται ο μέσος κίνδυνος**
 - **έλεγχος για τη δομή ηλικίας/φύλων του πληθυσμού σε κίνδυνο**
 - διαφορετικά ποσοστά για τις διαφορετικές ομάδες ηλικίας
 - **εφαρμόστε τον εκτιμημένο κίνδυνο, σαν προγενέστερο**
 - εκτιμημένος κίνδυνος = μέσος όρος για πληθυσμό αναφοράς
 - **αναμενόμενα γεγονότα = $\sum_k r_k \cdot p_k$ για τις k ομάδες**
 - r_k κίνδυνος για την ομάδα k
 - p_k πληθυσμός στην ομάδα k



Σχετικός κίνδυνος

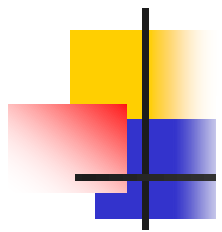
- **Συγκρίνετε παρατηρηθέντα με αναμενόμενο**
 - παρατηρηθείς = αριθμός γεγονότων
 - αναμενόμενος = αριθμός γεγονότων εάν μέσος όρος κινδύνου εφαρμόζεται στον πληθυσμό
- **Σχετικός κίνδυνος**
 - λόγος παρατηρηθέντων γεγονότων δια αναμενόμενων γεγονότων
 - > 1 : υψηλότερος (υπερβολικός) κίνδυνος
 - < 1 : χαμηλότερος κίνδυνος
 - SMR = standardized mortality ratio τυποποιημένη αναλογία θνησιμότητας
 - Χρησιμοποίησε ηλικία /συγκεκριμένα ποσοστά γένους

Χάρτης Υπερβολικού Κινδύνου - Συγκοπές



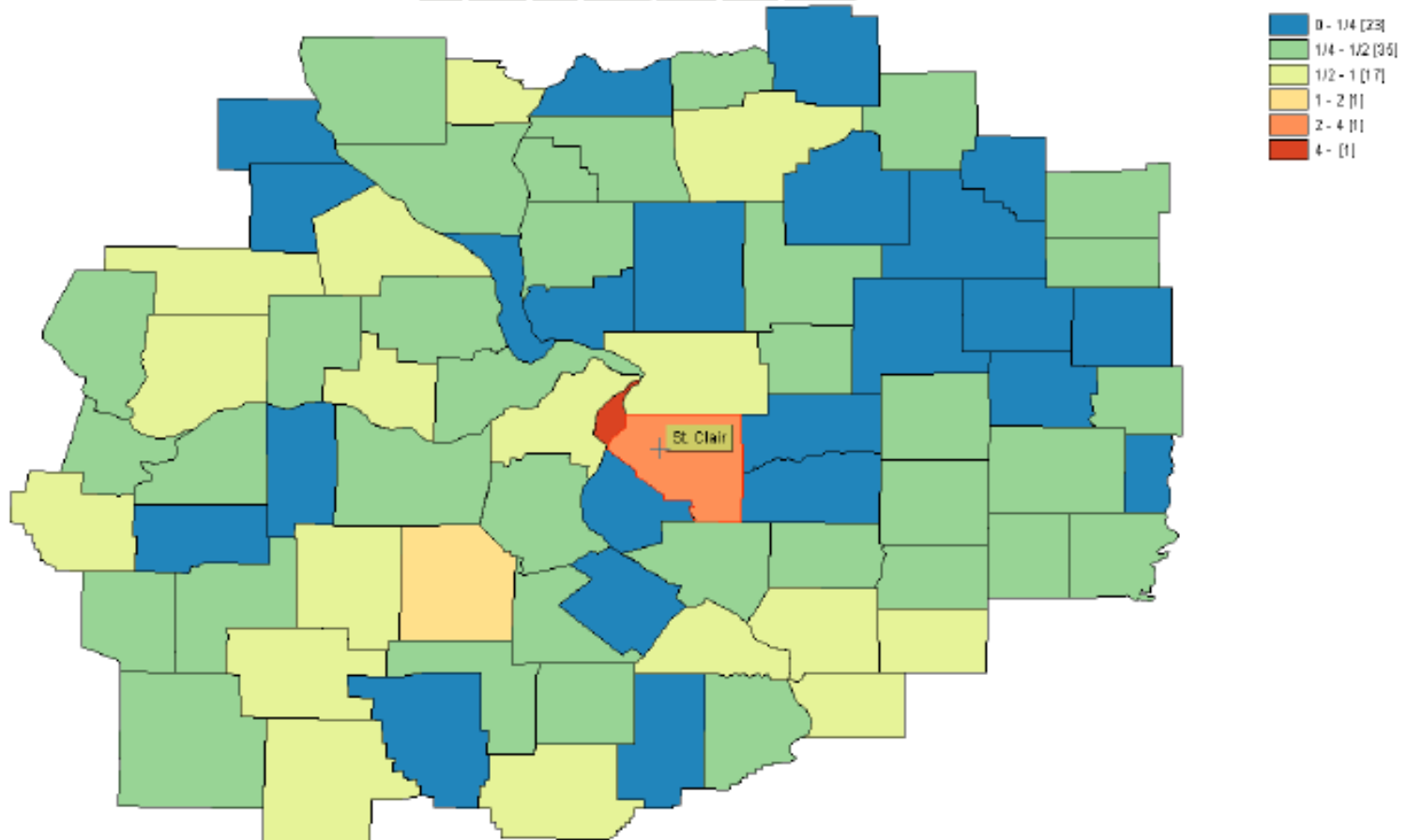
ratio of observed stroke deaths over expected, blue < 1 red > 1
(darkest > 3)

Υπερβολικός κίνδυνος ανθρωποκτονιών στο ST Louis



StLouis Ring Homicide Atlas

Full Zoom Pan Subset Reset Matrix Smooth Spatial Rate



Εμπειρική εξομοίωση του Bayes



Ασάθεια διασποράς στα ποσοστά

- **Ποσοστά ως δυωνυμική r.v.** (τυχαίας μεταβλητής)
 - x/P : x αρίθμηση, P πληθυσμός σε κίνδυνο
 - $E[x/P] = \pi$
 - $\text{Var}[x/P] = \pi(1 - \pi)/P$ με το π ως άγνωστο
- **Άγνωστος μέσος όρος στη διασπορά**
 - Μη τυπική υπόθεση
- **Η διασπορά εξαρτάται αντίστροφα από τη βάση P**
 - οι μικρότερες εκτάσεις έχουν τη μεγαλύτερη διασπορά
 - παράδειγμα: $\pi = 0.1$ $P_1 = 500$ $P_2 = 100,000$
 - $SD_1 = 0.013$ $SD_2 = 0.0009$



Συρρίκνωση

➤ Αρχή

- χρησιμοποίησε "προγενέστερες" πληροφορίες για το άγνωστο μ_1 για την ομαλοποίηση (συρρίκνωση) εκτίμηση του ποσοστού $r_i = x_i/p_i$
- η συρρίκνωση είναι αντίστροφη λειτουργία της διασποράς
 - μικρότερη διασπορά δίνει μεγαλύτερο βάρος στο παρατηρηθέν ποσοστό
 - μεγαλύτερη διασπορά δίνει μεγαλύτερο βάρος στο προγενέστερο
- προγενέστερο θ_i με μέσο γ_i και διασπορά φ_i



Εκτίμηση του Bayes

➤ αρχή του Bayes

- συνδυάστε προγενέστερη κατανομή με πληροφορίες που παρέχονται από τα δεδομένα

➤ Εμπειρικό Bayes (EB)

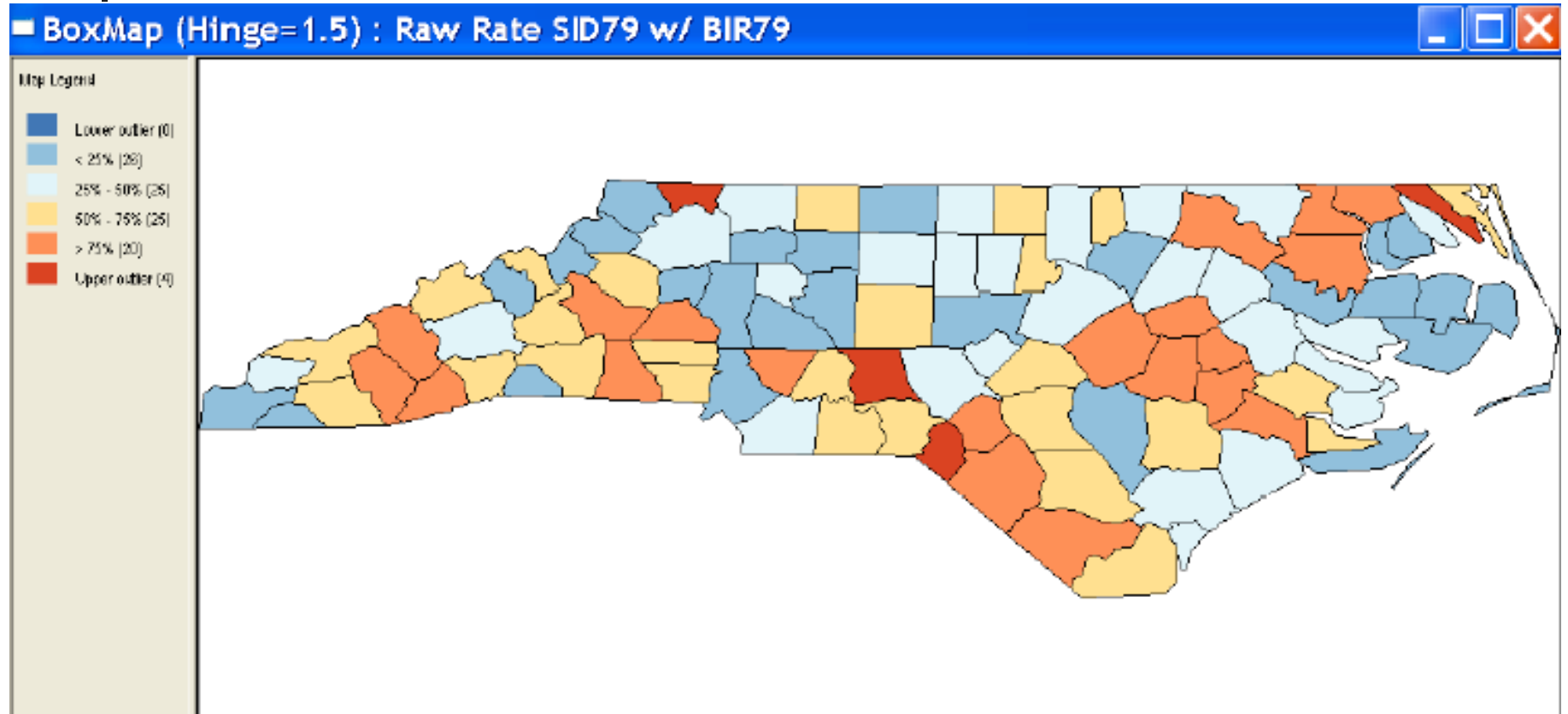
- προγενέστερη γνώση προέρχεται από τα δεδομένα
- $\text{est } \pi_i = w_i r_i + (1 - w_i) \theta_i$
 - είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος του r και προγενέστερος
- $w_i = \phi_i / [\phi_i + (\theta_i / P_i)]$
 - για μεγάλα P το βάρος W είναι 1 (κανένα βάρος δεν δίνεται προγενέστερα)



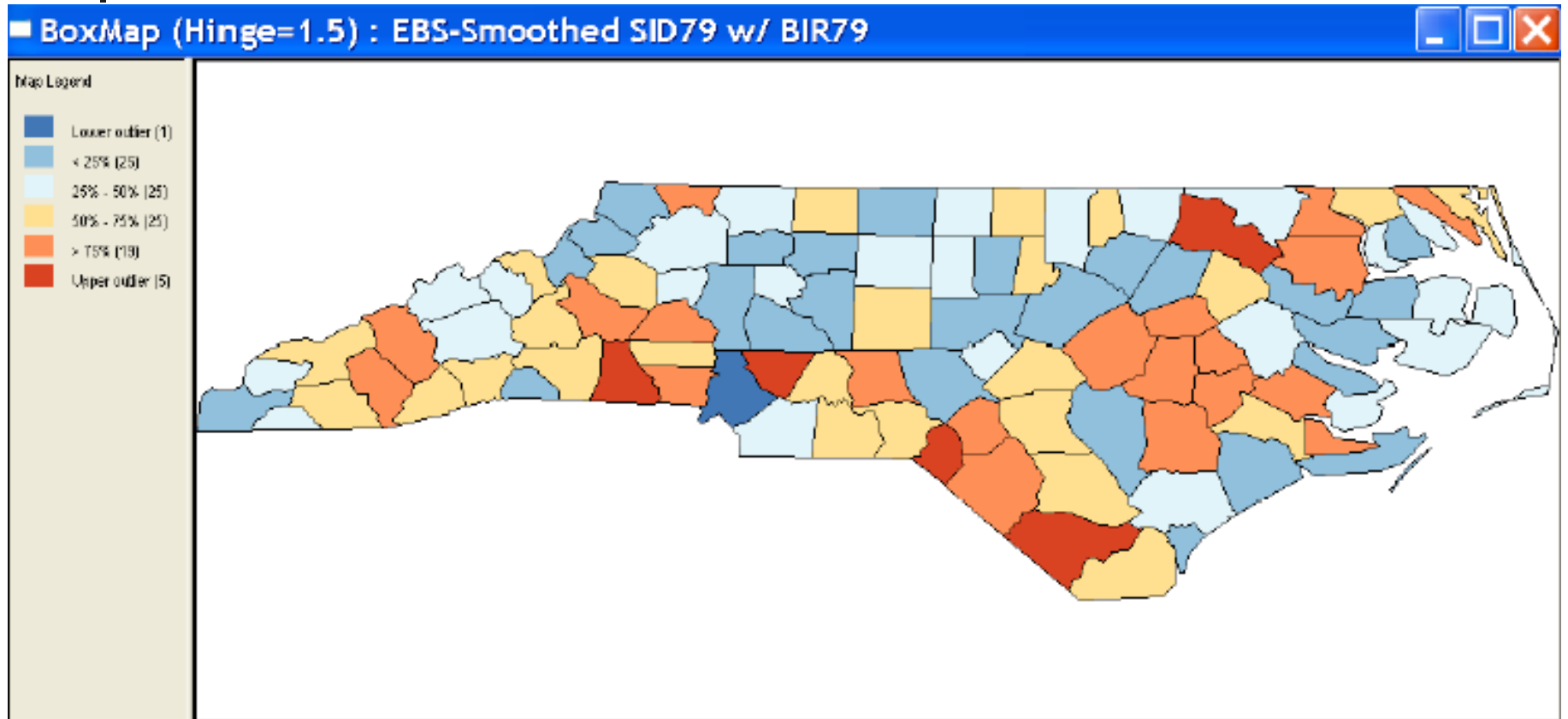
Μετασχηματισμός ΕΒ

- **Εκτίμησε το μέσο όρο (θ) και τη διασπορά (φ)**
- **Μέθοδος των ροπών**
 - γενικός μέσος όρος θ
 - $\theta = \sum_i x_i / \sum_i P_i$
 - $P_{av} = \sum_i P_i / R$ ($R = \#$ περιοχών)
 - γενική διασπορά φ
 - $\varphi = \{ [\sum_i P_i (r_i - \theta)^2] / [\sum_i P_i] \} - (\theta / P_{av})$

Χάρτης Ακατέργαστου Ποσοστού



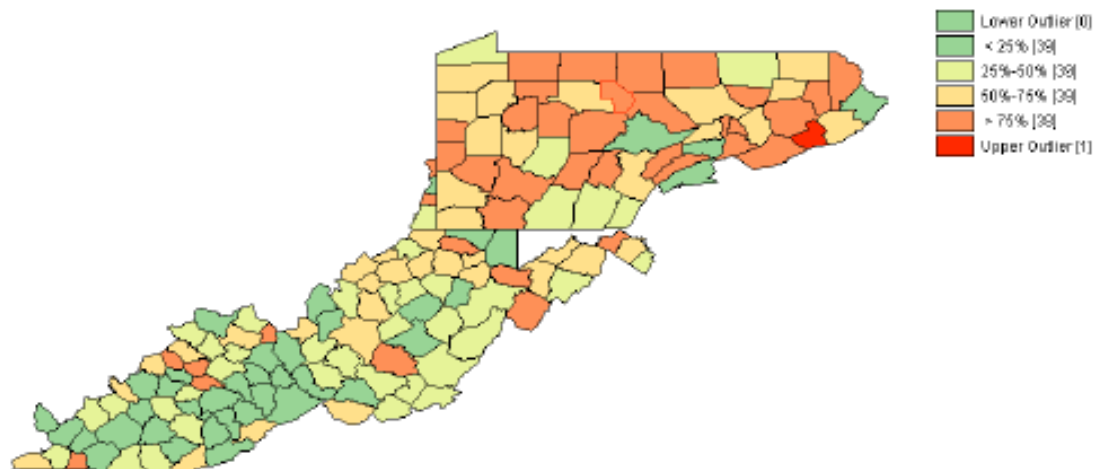
Χάρτης ΕΒ Εξομάλυνσης



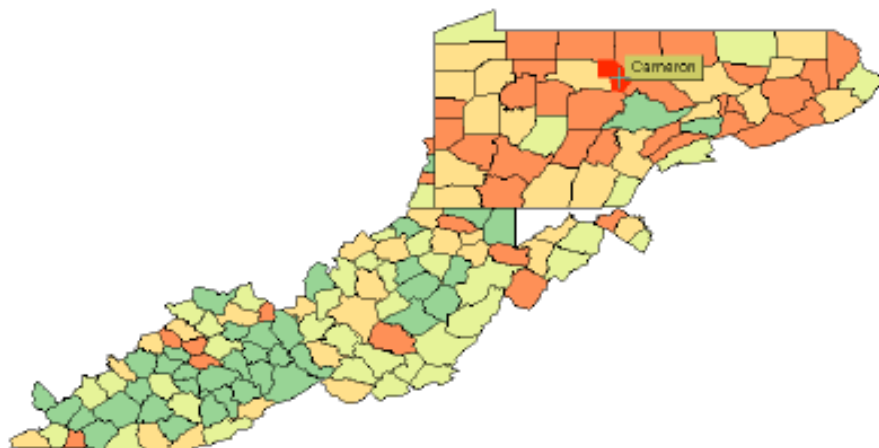
Ποσοστά ΕΒ και ακατέργαστα ποσοστά

Appalachian Cancer Network

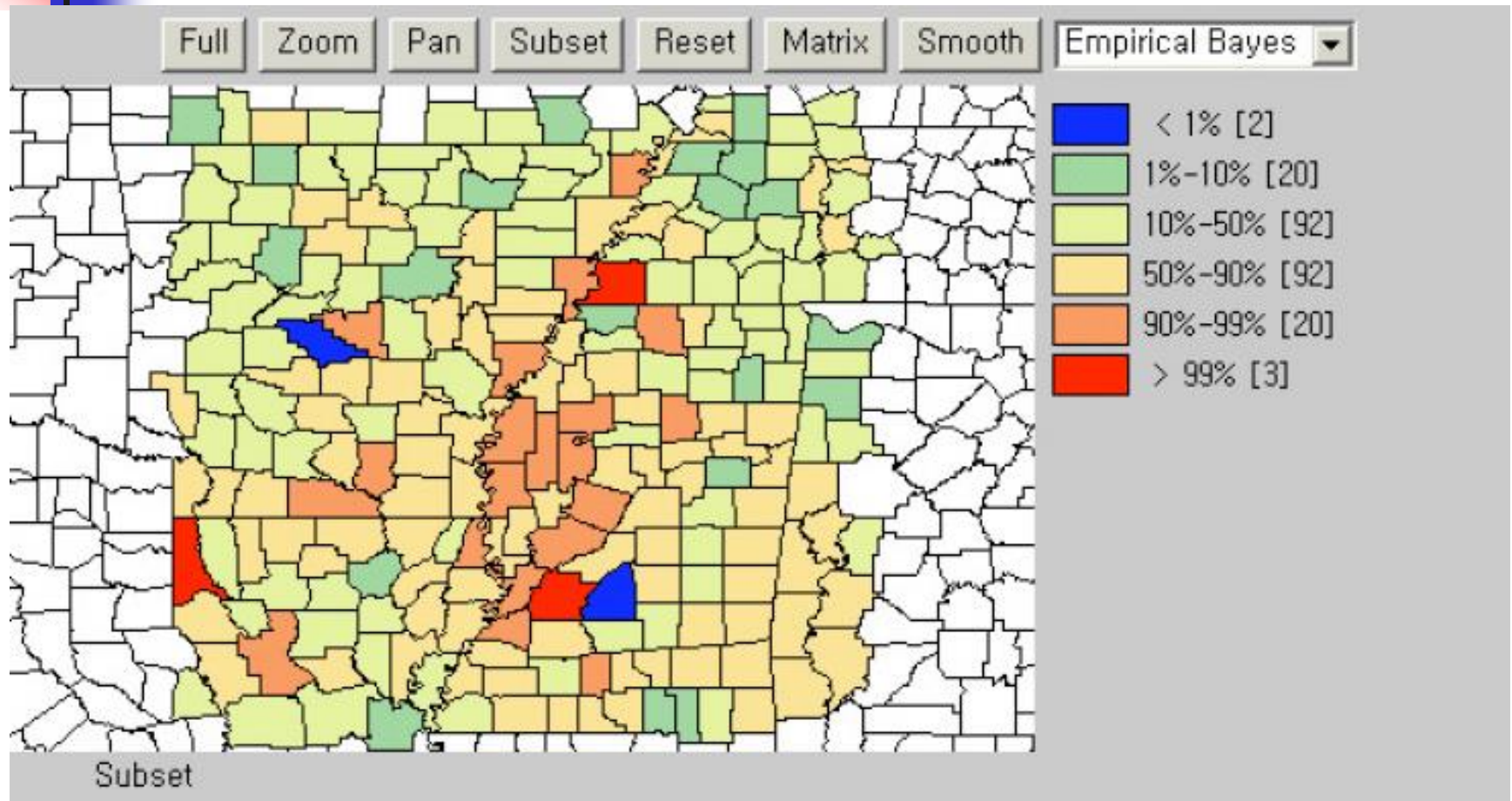
Full Zoom Pan Subset Reset Matrix Smooth Empirical Bayes ▾



EVENT: COLON BASE: POPULATION BoxMap Zoom



Τοπική ΕΒ Εξομάλυνση





Χωρική Εξομάλυνση



Χωρική Εξομάλυνση Παραθύρου

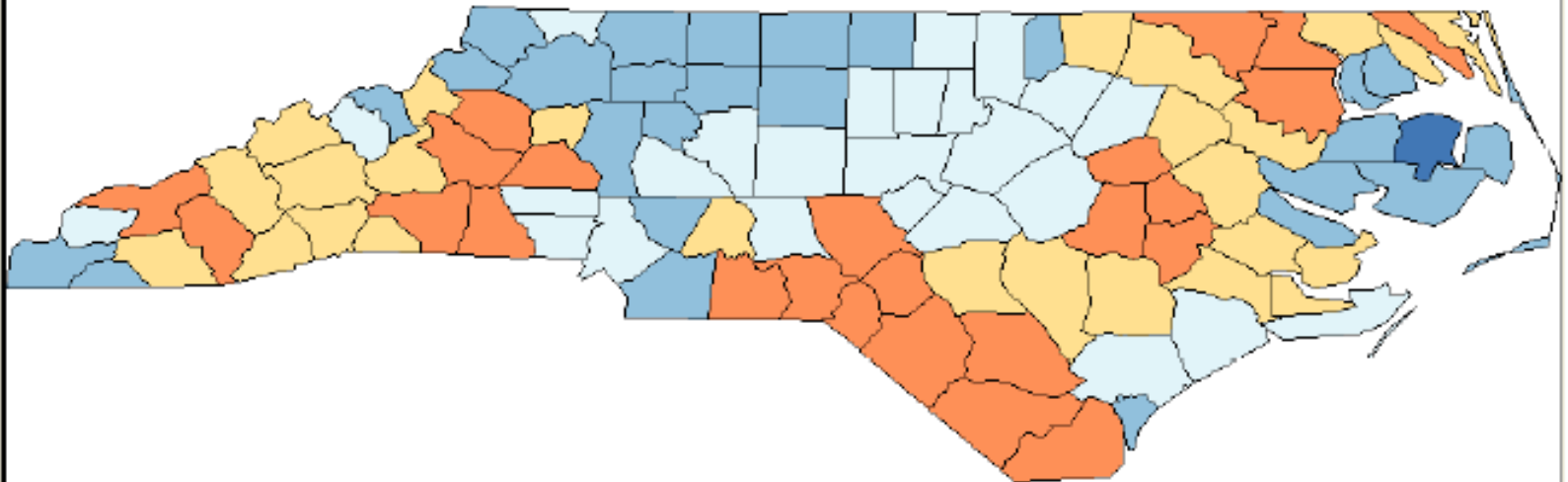
- **Αντικαταστήστε το ακατέργαστο ποσοστό από το μέσο όρο παραθύρου**
 - **καθορίστε τους γείτονες "αναφοράς" S_i**
 - χρησιμοποιήστε το παράθυρο γύρω από την περιοχή
 - **χωρικός μέσος όρος παραθύρου**
 - $\sum_j x_j / \sum_j P_j =$ μέσος όρος για το παράθυρο
 - εξομαλύνει έξω και δημιουργεί αντίθεση μέσα τα δεδομένα
 - Λιγότερες ακραίες τιμές - outliers
 - **Τονίζει ευρύτερες χωρικές τάσεις**
 - τα ψηλά και τα χαμηλά σημεία

Εξομαλυντής Χωρικού Ποσοστού

BoxMap (Hinge=1.5) : SRS-Smoothed SID79 w/ BIR79

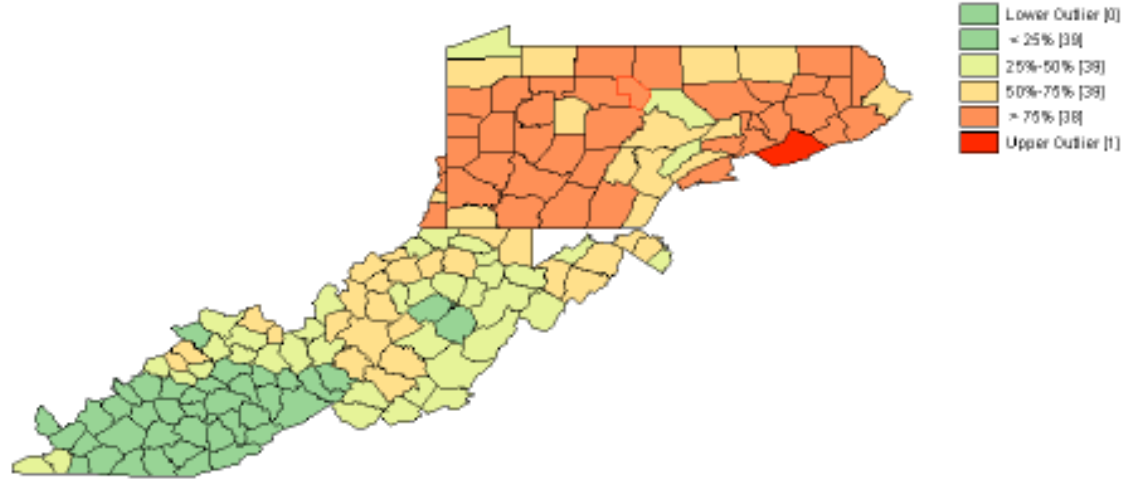
Map Legend

- Lower outlier (1)
- < 25% (25)
- 25% - 50% (25)
- 50% - 75% (25)
- > 75% (24)
- Upper outlier (0)

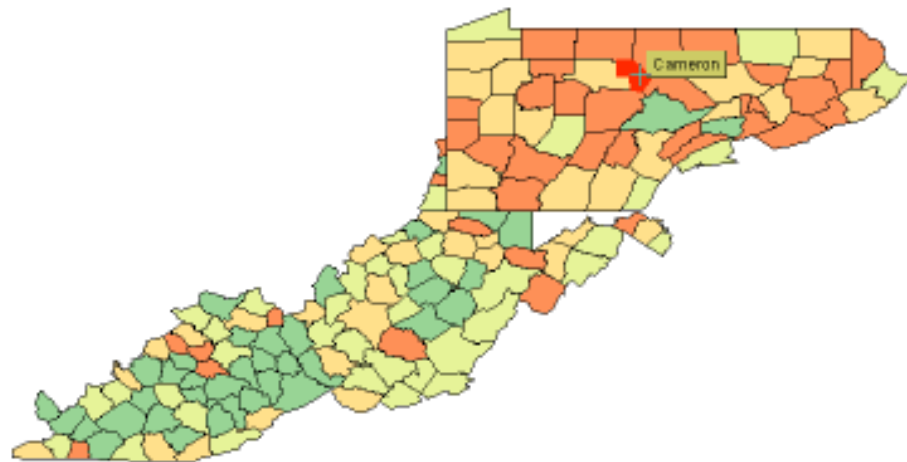


Appalachian Cancer Network

Full Zoom Pan Subset Reset Make Smooth Spatial Rate



EVENT: COLON BASE: POPULATION Box Map Zoom



Εξομάλυνση Χωρικού Ποσοστού



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση

Χωρική αυτοσυσχέτιση (1)

Βασικές έννοιες

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Ορολογία
- Μηδενική και εναλλακτική υπόθεση
- Χωρικά τεστ αυτοσυσχέτισης



Ορολογία



Έννοιες

- **Χωρική εξάρτηση**
 - ιδιότητα της κοινής (πολλών μεταβλητών) συνάρτησης πυκνότητας
 - δύσκολος ή αδύνατος να ελέγξει στην πράξη
- **Χωρική αυτοσυσχέτιση**
 - ροπή μιας κοινής (πολλών μεταβλητών) πυκνότητας
 - μπορεί να υπολογιστεί / να δοκιμασθεί
 - Συντελεστής αυτοσυσχέτισης, αυτοσυνδιασπορά
- **Χωρική συγγένεια (Association)**
 - συνήθως όπως η χωρική αυτοσυσχέτιση



Χωρικοί Τύποι δεδομένων και Αυτοσυσχέτιση

➤ Πρότυπα σημείου

- ενδιαφέρον για την απουσία της χωρικής τυχαίας τοποθεσίας
 - Συστάδες (clusters), διασπορά

➤ Συνεχείς επιφάνειες (Γεωστατιστική)

- ενδιαφέρον για τη διαμόρφωση της χωρικής συνδιακύμανσης μεταξύ των ζευγαριών των παρατηρήσεων καθώς αυτή αλλάζει με την απόσταση
 - χωρική πρόβλεψη, kriging



Χωρικοί τύποι δεδομένων και αυτοσυσχέτιση (2)

- **Δεδομένα μωσαϊκού πλέγματος**
 - **διακριτές εκτατικές μονάδες**
 - νομοί, τεμάχια απογραφής
 - **ή σημεία που αντιπροσωπεύουν εκτατικές μονάδες**
 - Κέντρα βάρους των νομών
 - **ενδιαφέρον για την απουσία των τυχαίων χωρικών ιδιοτήτων**
 - ομοιότητα μεταξύ "των γειτόνων"



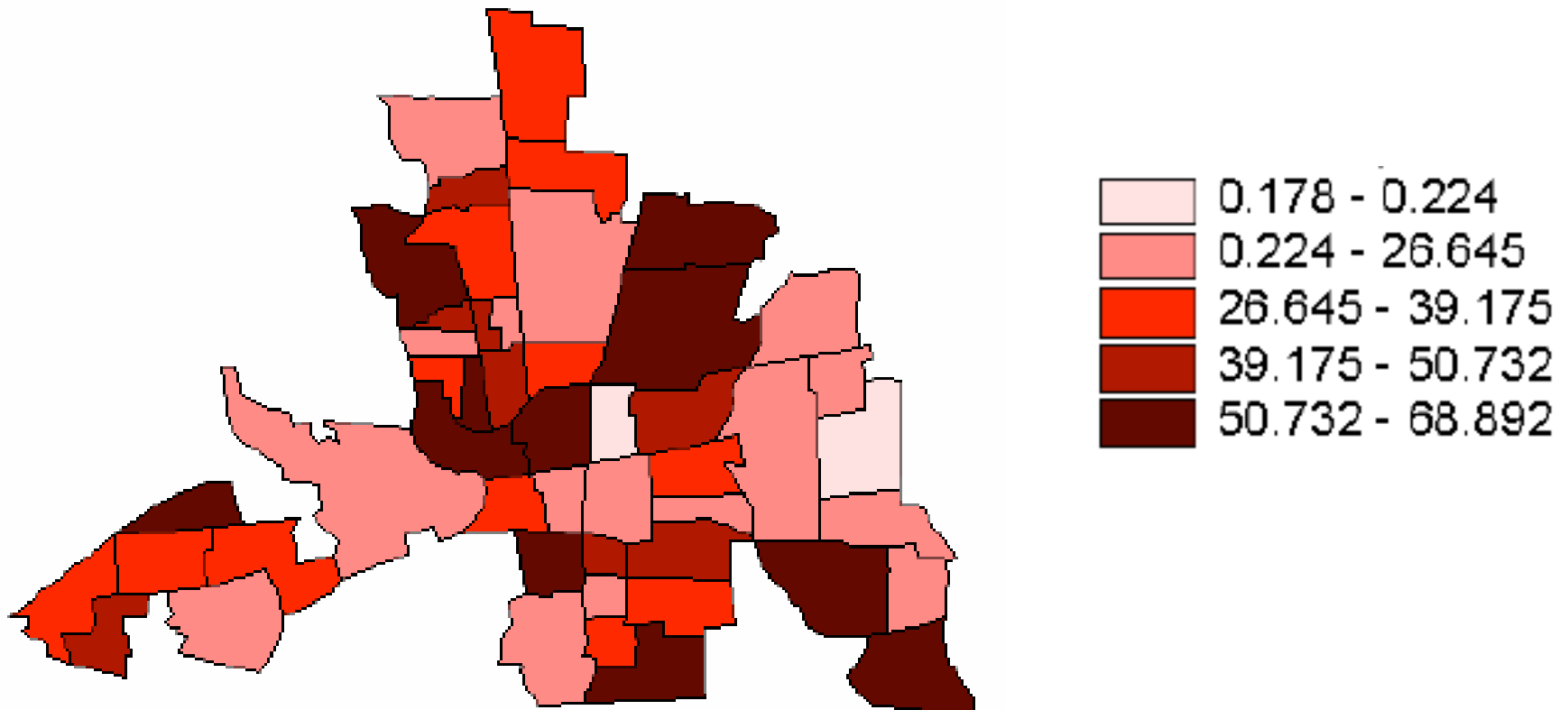
Μηδενική και εναλλακτική υπόθεση



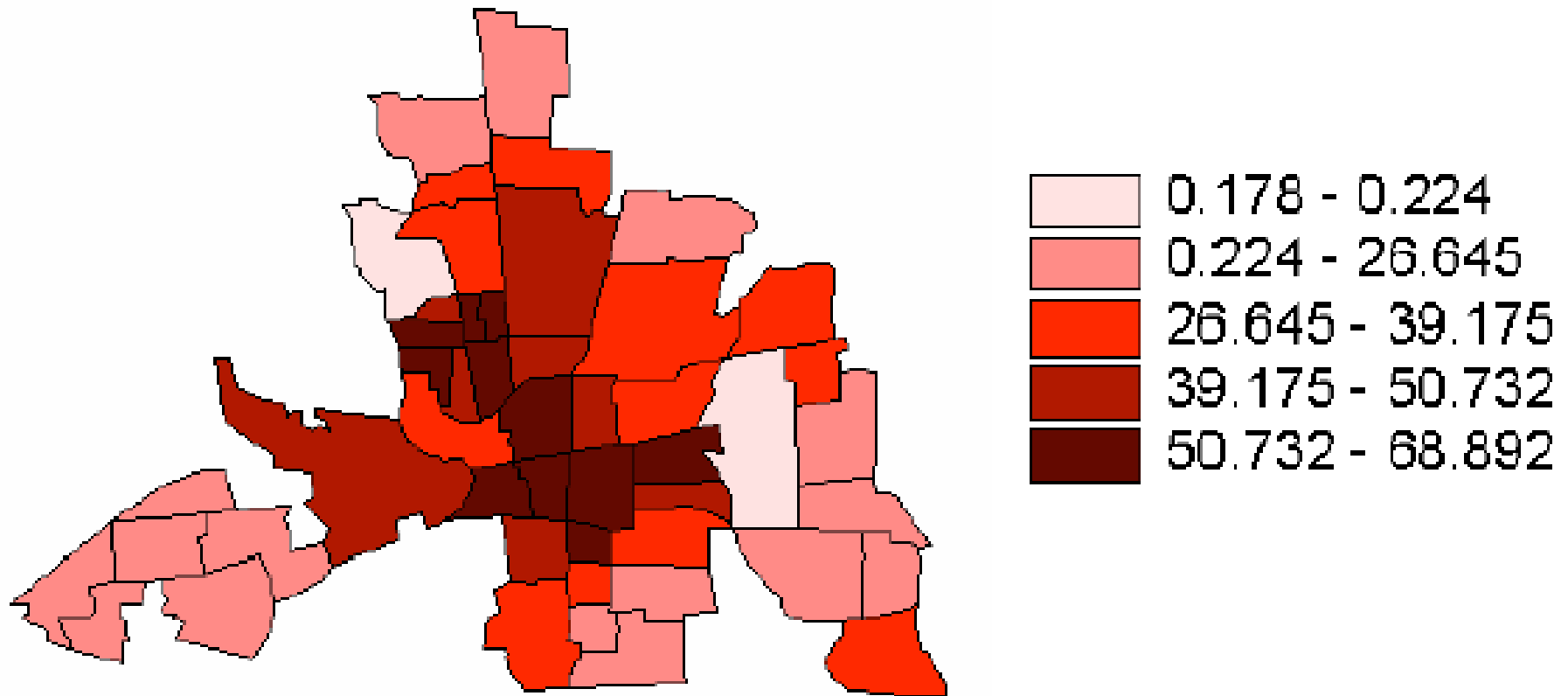
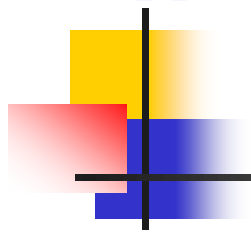
Χωρικά το τυχαίο

- **Μηδενική υπόθεση: Κανένας χωρικός αυτοσυσχετισμός**
 - Χωρικά το τυχαίο
 - οι τιμές που παρατηρούνται σε μια θέση δεν εξαρτώνται από τις τιμές που παρατηρούνται στις γειτονικές θέσεις
 - το παρατηρηθέν χωρικό πρότυπο των τιμών είναι εξίσου πιθανό όπως οποιοδήποτε άλλο χωρικό πρότυπο
 - οι θέσεις των τιμών μπορεί να αλλάξουν χωρίς να επηρεαστεί η πληροφορία που περιέχεται στα δεδομένα

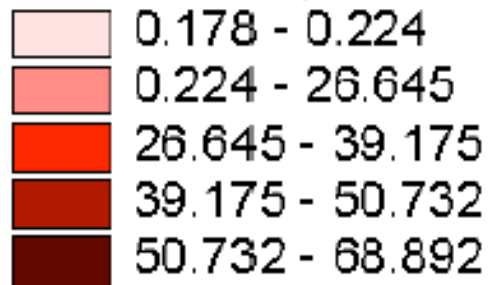
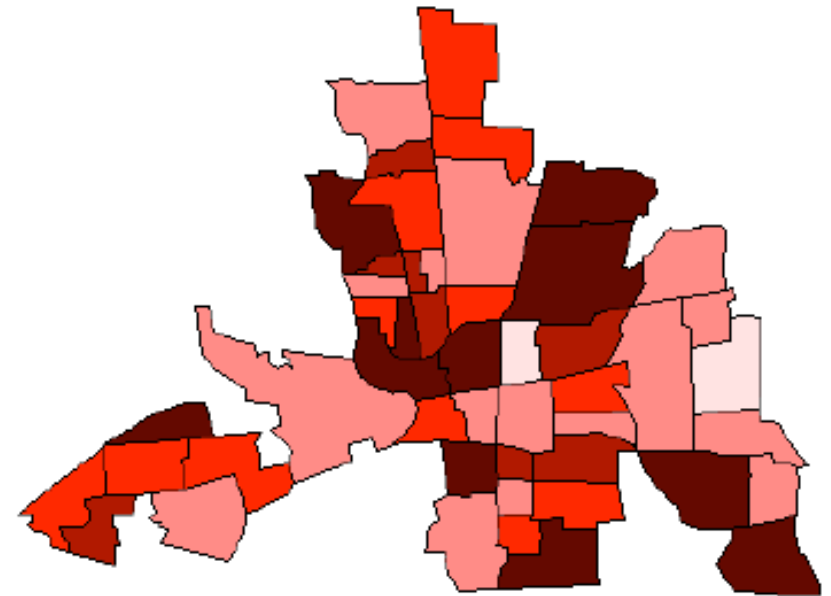
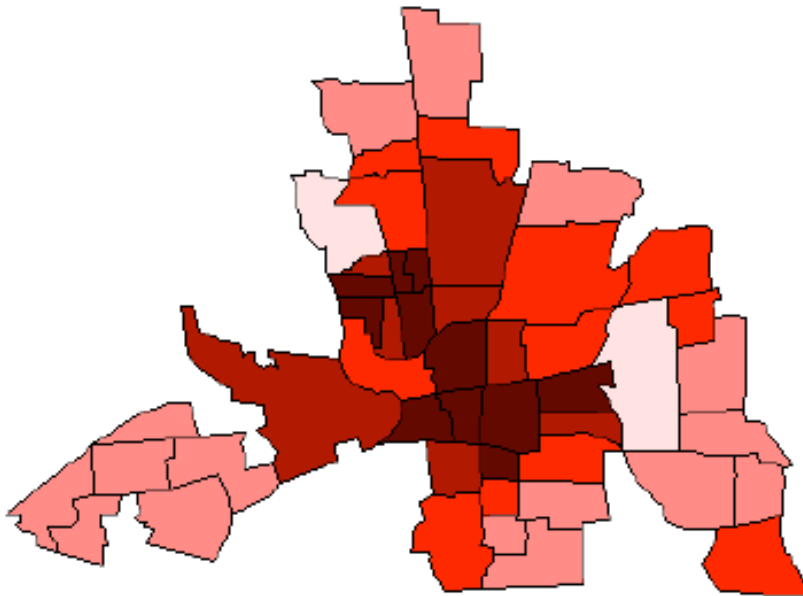
Τυχαίος ή συγκεντρωμένος; (Clustered)



Τυχαίος ή συγκεντρωμένος; (Clustered)



Παρατηρηθείσα (αριστερά) και τυχαιοποιημένη (δεξιά)



Randomization
polyid 1 became 14
polyid 2 became 20
polyid 3 became 48



Εναλλακτικές υποθέσεις χωρικής αυτοσυσχέτισης - SA

➤ **Θετική χωρική αυτοσυσχέτιση**

- συνήθως οι τιμές τείνουν να συγκεντρωθούν στο διάστημα (cluster)
- οι γείτονες είναι παρόμοιοι
- συμβατότητα με τη διάχυση
 - αλλά όχι απαραίτητα διάχυση

➤ **Αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση**

- οι γείτονες είναι ανόμοιοι
- Πρότυπο τσεκαρισμένου πίνακα (checkerboard pattern)

Αυτοσυσχέτιση και διάχυση (Diffusion)



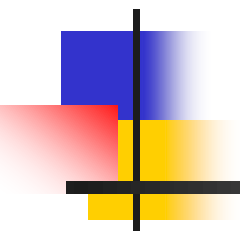
- **Θετική χωρική αυτοσυσχέτιση Δεν υπονοεί διάχυση**
 - η διάχυση τείνει να παραγάγει θετική χωρική αυτοσυσχέτιση, αλλά το αντίστροφο δεν είναι απαραίτητο
 - η χωρική τυχαιότητα δεν είναι συμβατή με τη διάχυση / μεταδοτικότητα
- **Φαινόμενη μεταδοτικότητα (Contagion)**
 - η συστάδα (cluster) είναι το αποτέλεσμα της χωρικής ετερογένειας



Αληθινή σε αντίθεση με τη φαινόμενη μεταδοτικότητα

- **Διάκριση αληθινής από φαινόμενη μεταδοτικότητα**
 - Αδύνατος ο εντοπισμός καταπλάτος χωρίς συμπληρωματικές πληροφορίες
 - πρόσθετες πληροφορίες: χρονική έκταση, θεωρία, προηγούμενη γνώση
- **Η μεταδοτικότητα είναι δυναμική**
 - ανάλυση χώρου - χρόνου

Χωρικά ΤΕΣΤ αυτοσυσχέτισης

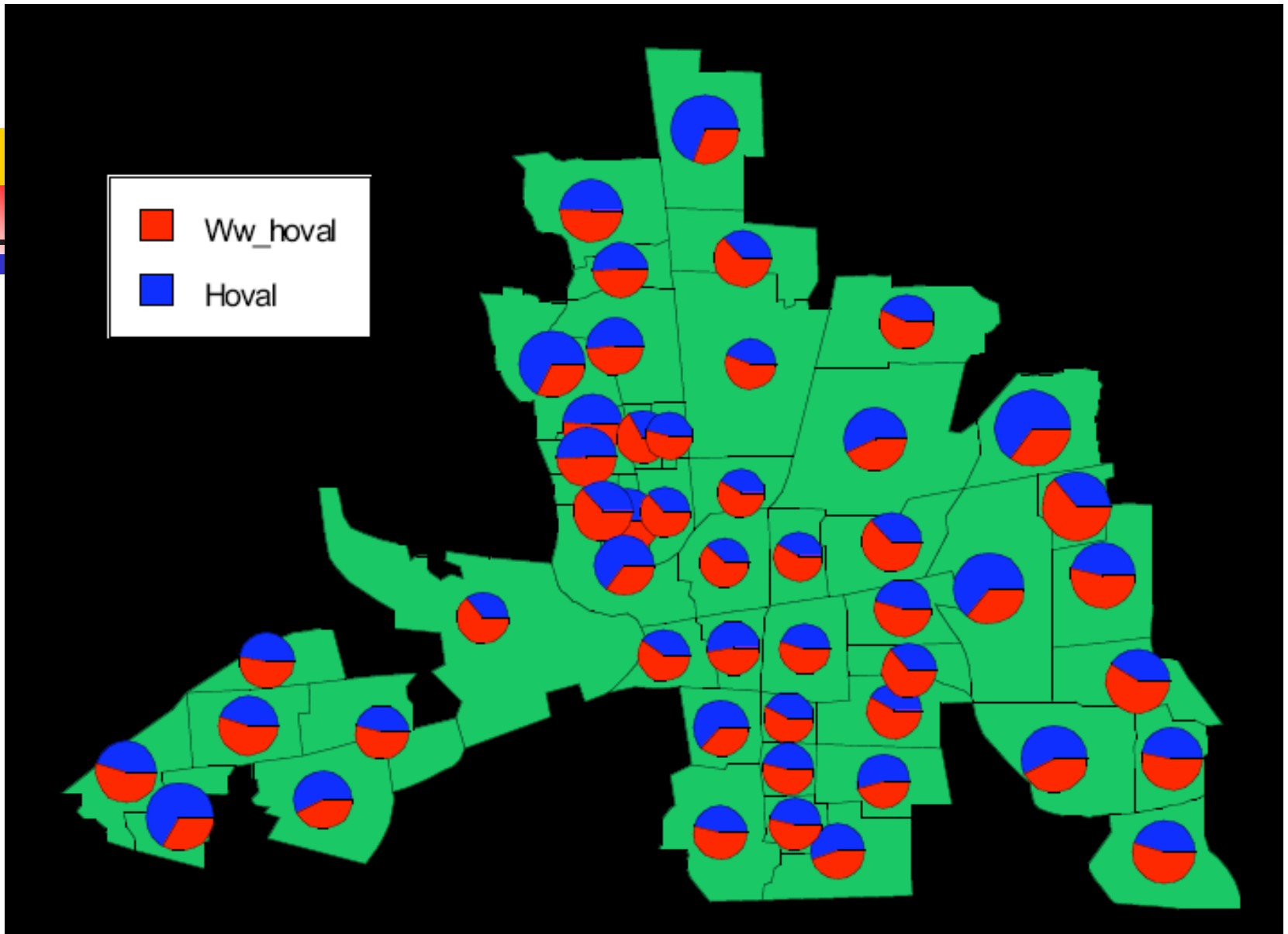


Στατιστική Χωρικής Αυτοσυσχέτισης

- **Επίσημο τεστ αντιστοιχίας ανάμεσα στην ομοιότητα λόγω τοποθεσίας και στην ομοιότητα λόγω τιμής (ιδιότητας)**
- **ομοιότητα ως προς την τοποθεσία**
 - χωρικά βάρη W
- **Τύποι ομοιότητας λόγω τιμής (ιδιότητας)**
 - Εσωτερικό γινόμενο: $x_i \cdot x_j$
 - τετραγωνισμένη διαφορά: $(x_i - x_j)^2$
 - απόλυτη διαφορά: $|x_i - x_j|$

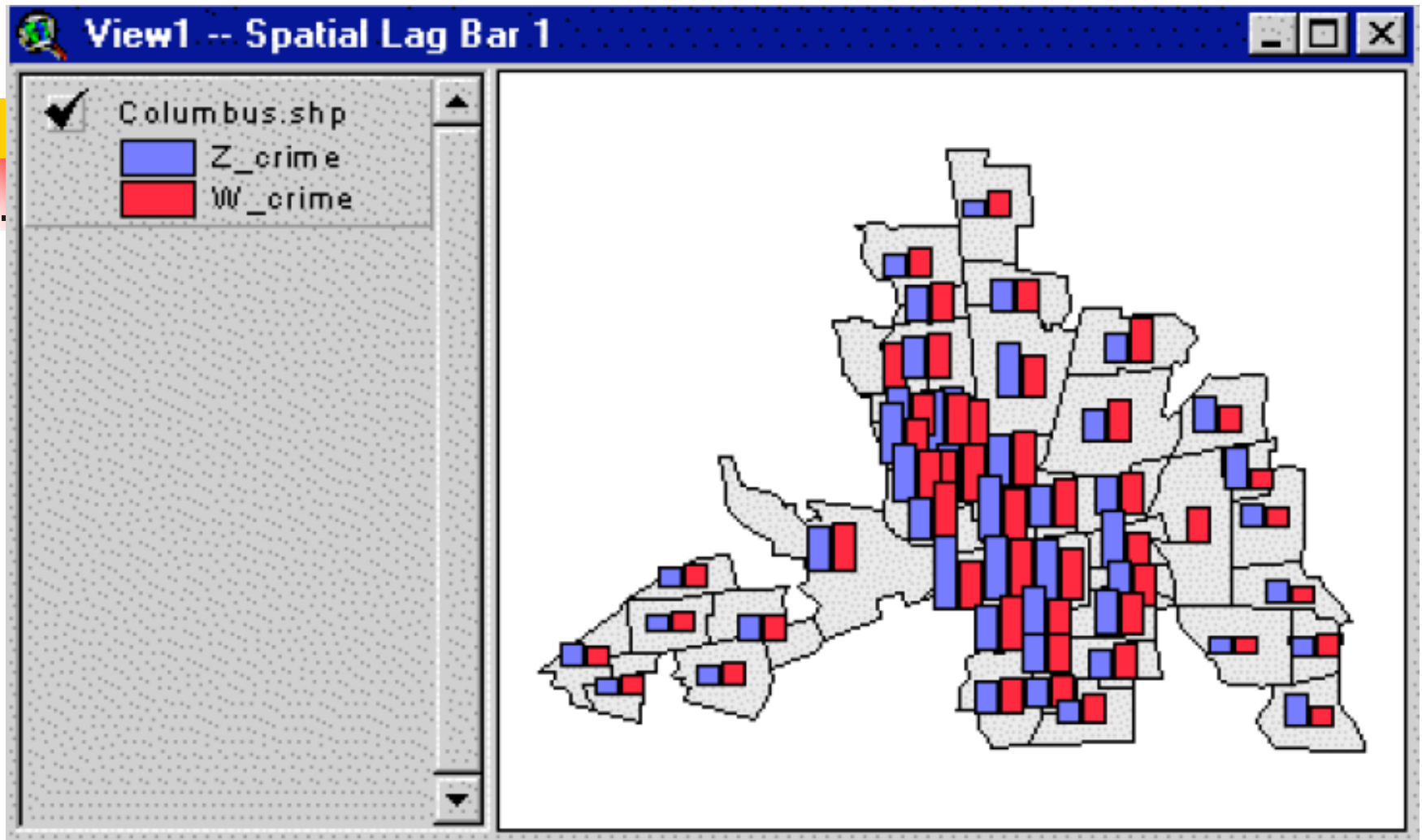
Διάγραμμα Χωρικής Σταδιακής Υστέρησης (Εξασθένηση με Απόσταση - Lag)

- **Χωρική απεικόνιση υστέρησης**
 - Η τιμή στο σημείο i σύγκρινα με το σταθμισμένο μέσο όρο από τους γείτονες: x_i σχετικά με το $(Wx)_i$
 - παρόμοιες τιμές = θετικό SA
 - ανόμοιες τιμές = αρνητικό SA
- **διάγραμμα πίτας Χωρικής υστέρησης**
 - x_i και $(Wx)_i$ ως ποσοστά "της πίτας"
 - μόνο για $x > 0$
- **διάγραμμα μπάρας Χωρικής υστέρησης**
 - x_i και $(Wx)_i$ ως μπάρες



spatial lag pie chart

blue = housing value in i, red = average housing value for neighbors



spatial lag bar chart

blue = crime at i , red = spatial lag, average crime for neighbors



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση

Χωρική Αυτοσυσχέτιση (2)

Χωρικά Βάρη

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Έννοιες
- Βάρη συνάφειας
- Άλλα χωρικά βάρη
- Τελεστής Χωρικού Lag (Εξασθένηση με Απόσταση)

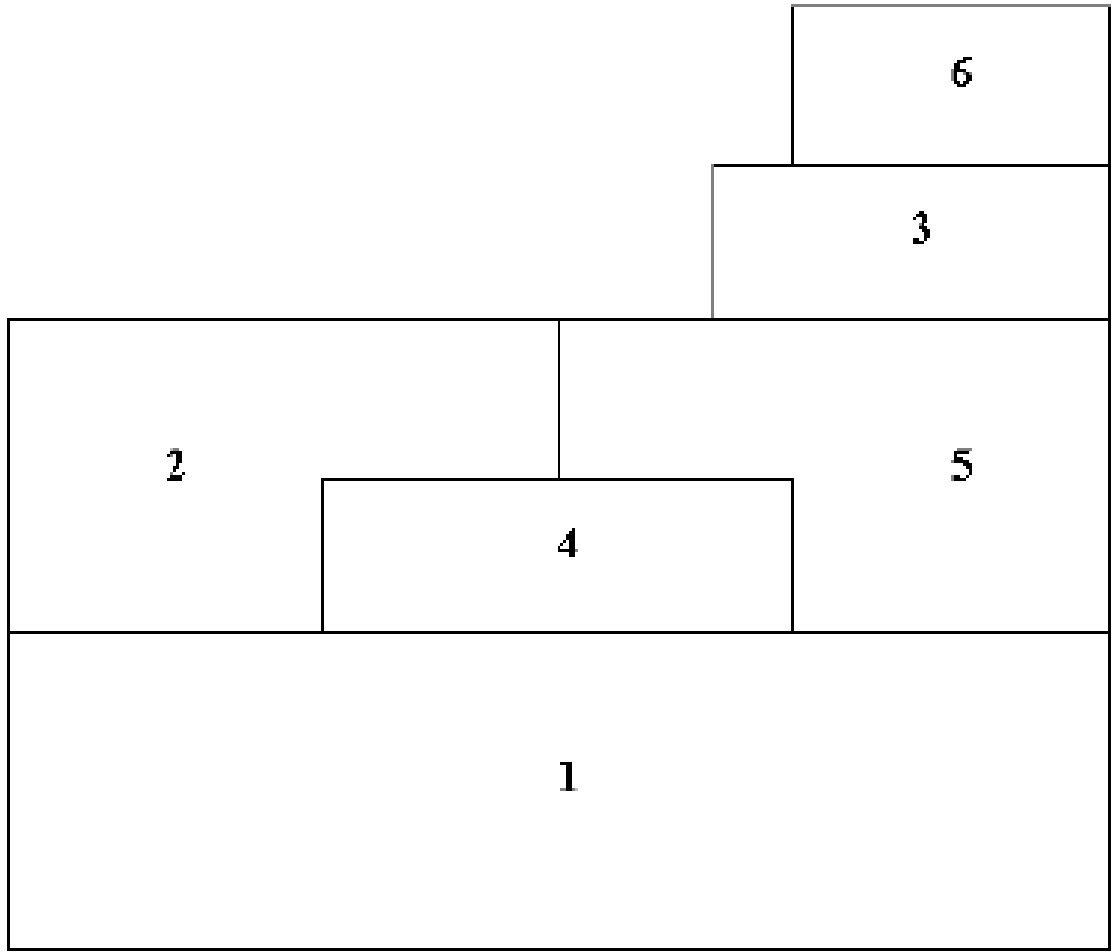
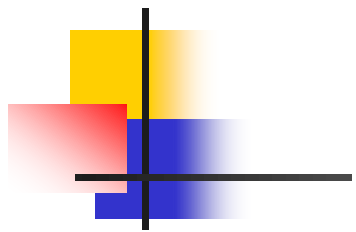


Έννοιες

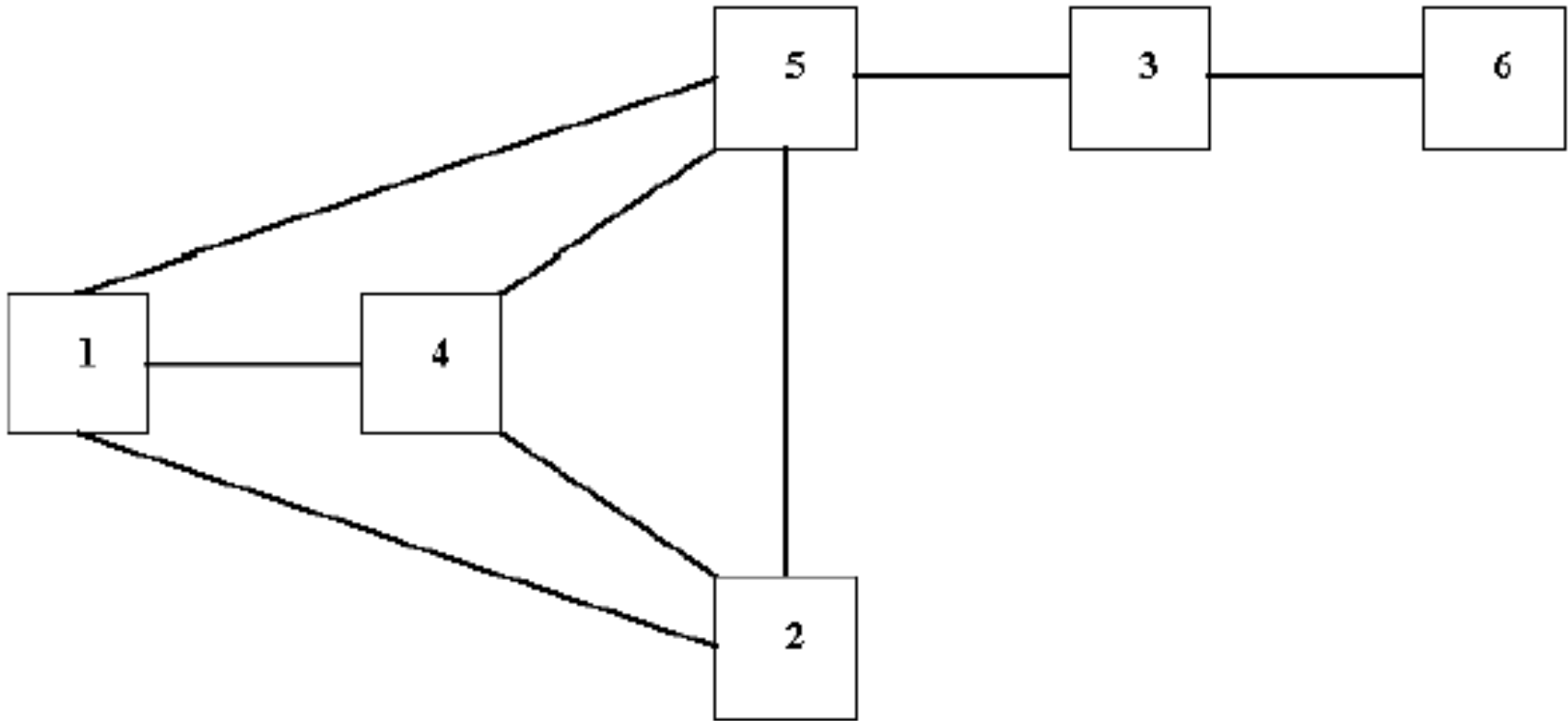


Γιατί χωρικά βάρη;

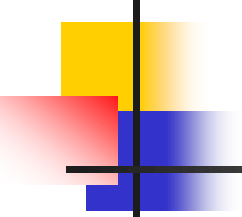
- **Χωρικός συσχετισμός**
 - $\text{Cov}[y_i, y_h] \neq 0$, for $i \neq h$
- **Δομή του συσχετισμού**
 - ποιο i, h αλληλεπιδρά;
 - N παρατηρήσεις για να γίνει εκτίμηση $N(N-1)/2$ αλληλεπιδράσεων
 - Να επιβάλετε τη δομή απατώντας στο ερώτημα ποιοι είναι "γείτονες" για κάθε τοποθεσία



Example: N=6
contiguity = common boundary



contiguity as a graph
link between nodes = contiguity



0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0

First Order Contiguity Matrix



Πίνακας Χωρικών Βαρών

➤ Ορισμός

- Θετικός πίνακας W μεγέθους $N \times N$, και με στοιχεία w_{ij}

➤ Απλούστερη μορφή: Δυαδική συνάφεια

- $w_{ij} = 1$ για το i και το j "γείτονες" (π.χ. $d_{ij} <$ κρίσιμη απόσταση)
- $w_{ij} = 0$ ειδάλλως, $w_{ii} = 0$ εξ ορισμού

➤ Κανονικοποίηση των γραμμών i του πίνακα

- υπολογισμός του μέσου όρου των γειτονικών τιμών
- $w^s_{ij} = w_{ij} / \sum_j w_{ij}$ έτσι ώστε $\sum_j W^s_{ij} = 1$
- συγκρίσιμες χωρικές παράμετροι



Πώς να κατασκευάσετε βάρη

➤ **Συνάφεια**

- κοινό όριο

➤ **Απόσταση**

- ζώνη απόστασης
- Κ- βαθμού εγγύτεροι γείτονες

➤ **Γενικά**

- κοινωνική απόσταση
- σύνθετες συναρτήσεις εξασθένησης της απόστασης



Βάρη συνάφειας



Κανονικό – πλέγμα συνάφειας

➤ Κανονικό πλέγμα

■ Βασιλιάς

- 2, 4, 6, 8

■ επίσκοπος

- 1, 3, 7, 9

■ βασίλισσα

- 2, 4, 6, 8, 1, 3, 7, 9

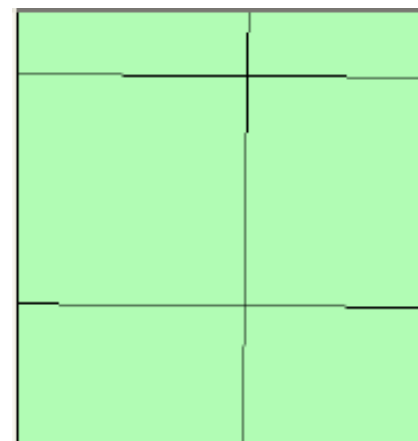
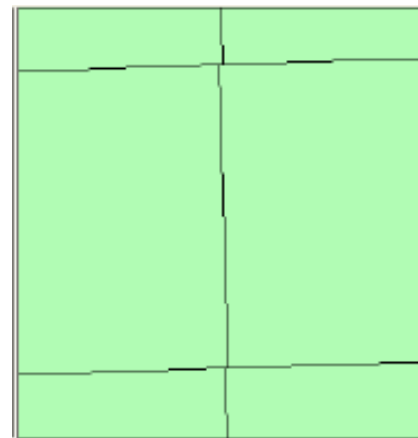
1	2	3
4	5	6
7	8	9

Κανονικά πολύγωνα πλέγματος



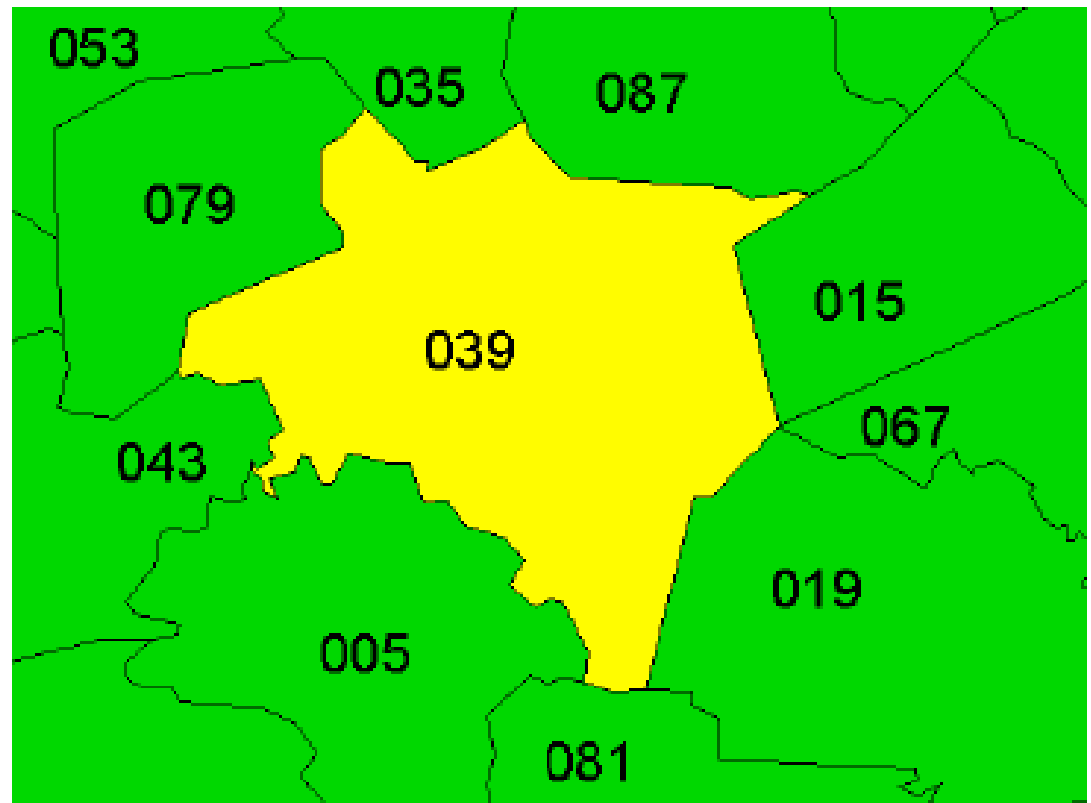
Συνάφεια και ακρίβεια GIS

- Το κανονικό "πλέγμα" στην πάνω εικόνα πραγματικά οδηγεί σε λάθος συμπέρασμα στις πάνω γωνίες
- Το πλέγμα στην κάτω εικόνα έχει την κατάλληλη συνάφεια



Ακανόνιστες – μονάδες συνάφειας

- **Ακανόνιστες μονάδες**
 - κοινό σύνορο
 - Βασιλιάς
- **κοινή κορυφή**
 - 039 και 067
 - βασίλισσα



Βάρη συνάφειας στο GeoDa

CREATING WEIGHTS

Input File (*.shp)

Save output as

Select an ID variable for the weights file

CONTIGUITY WEIGHT

Rook Contiguity The order of contiguity

Queen Contiguity

DISTANCE WEIGHT

Select distance metric

Variable for x coordinate

Variable for y coordinate

Threshold Distance

Cutoff point

k-Nearest Neighbors The number of neighbors

Create Reset Done Cancel

CREATING WEIGHTS

Input File (*.shp)

Save output as

Select an ID variable for the weights file

CONTIGUITY WEIGHT

Rook Contiguity The order of contiguity

Queen Contiguity



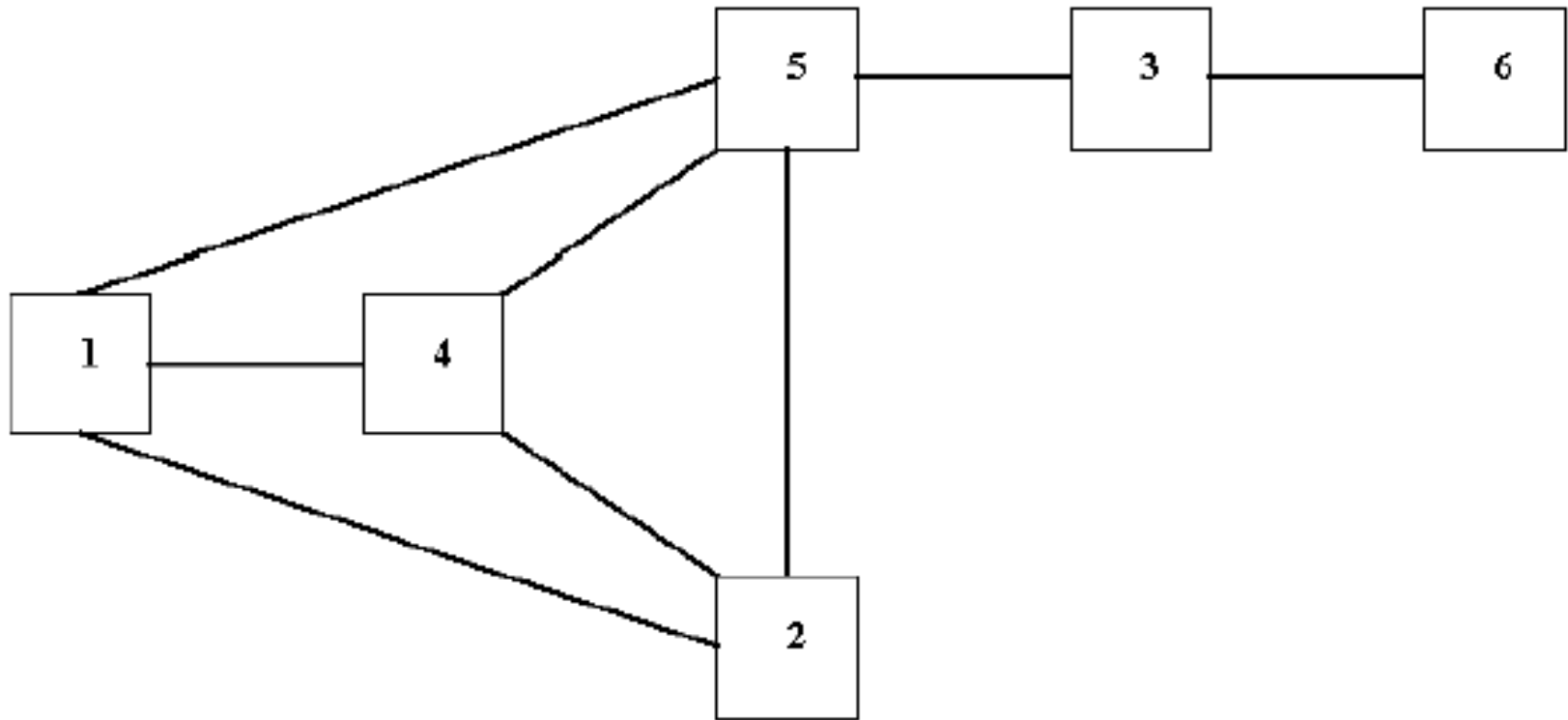
Υψηλότερη διάταξη συνάφειας

➤ **Αυτοεπαναλαμβανόμενος ορισμός**

- j παρακείμενα στο i διάταξης p :
 j πρώτου βαθμού παρακείμενα στο k
 k παρακείμενα στο i της διάταξης $p - 1$
- i και j δεν είναι ήδη παρακείμενα σε χαμηλότερη διάταξη

➤ **Πίνακας Χωρικών Βαρών**

- αντιπροσώπευση του δικτύου ή του γραφήματος

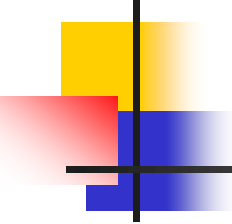


contiguity as a graph
link between nodes = contiguity



Κυκλικότητα και πλεονασμός μέσα σε μεγαλύτερα διαταγμένα βάρη

- **Τροφοδότηση του πίνακα βαρών**
 - τυποποιημένη προσέγγιση άκυρη για τη συνάφεια
- **Αφαίρεση της κυκλικότητας και του πλεονασμού**
 - αραιό δίκτυο αντιπροσώπευσης βαρών
 - τροποποιημένος αλγόριθμος Dijkstra για να προσδιορίσει τον αριθμό βημάτων μεταξύ των κοντινότερων γειτόνων (Anselin και Smirnov)
- **αριθμός βημάτων = διάταξη συνάφειας**

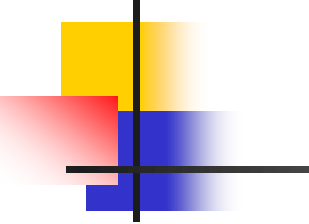


0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0

First Order Contiguity Matrix

3	2	1	2	2	0
2	3	1	2	2	0
1	1	2	1	0	0
2	2	1	3	2	0
2	2	0	2	4	1
0	0	0	0	1	1

Second Power of First Order Contiguity



0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0

Correct Second Order Contiguity Matrix

-1	1	2	1	1	3
1	-1	2	1	1	3
2	2	-1	2	1	1
1	1	2	-1	1	3
1	1	1	1	-1	2
3	3	1	3	2	-1

Matrix Constructed by Bottom-Up Algorithm



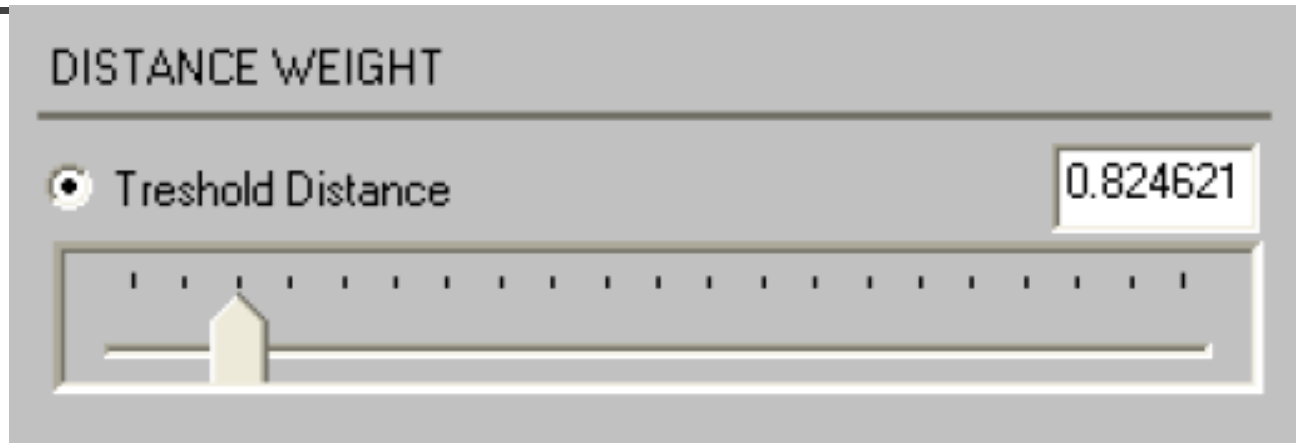
Άλλα χωρικά βάρη



Βάρη Βασισμένα στην Απόσταση

- **Ζώνη απόστασης**
 - $w_{ij} = 1$ για $d_{ij} <$ απόστασης αποκοπής
- **Κ-βάρη των εγγύτερων γειτόνων**
 - κ-γείτονες, ανεξάρτητα από την πραγματική απόσταση
 - χώρος «αναδιπλώσεων»

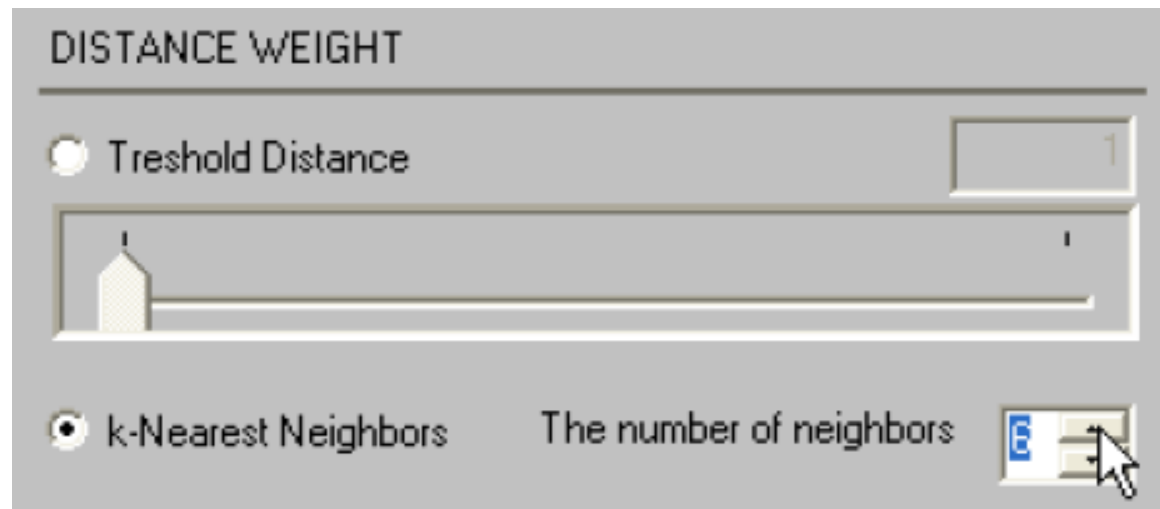
Βάρη Βασισμένα στην Απόσταση



DISTANCE WEIGHT

Threshold Distance 0.824621

A slider control with a yellow house icon on the left and a horizontal line with tick marks. The slider is positioned at approximately 15% of the total range.



DISTANCE WEIGHT

Threshold Distance 1

k-Nearest Neighbors The number of neighbors

A slider control with a yellow house icon on the left and a horizontal line with tick marks. The slider is positioned at approximately 15% of the total range.

Γενικά χωρικά βάρη

➤ Βάρη διάταξης γκρεμού

- w_{ij} για να απεικονίσει τη δυνατότητα χωρικής αλληλεπίδρασης μεταξύ του i και j
- $w_{ij} = [d_{ij}]^{-a} \cdot [b_{ij}]^b$
 - με
 - d_{ij} ως απόσταση μεταξύ του i και του j
 - b_{ij} ως μερίδιο του κοινού ορίου μεταξύ του i και j στην περίμετρο του i

Γενικά χωρικά βάρη (συνεχεια)

- **Τα βάρη μπορούν να περιέχουν παραμέτρους**
 - βάρη αντίστροφης απόστασης
 - $w_{ij} = 1/d_{ij}^a$
 - Υπολογίζεται από δεδομένα ή προεπιλέγεται
 - στην πράξη: δεύτερη δύναμη (μοντέλο βαρύτητας)
 - προσδιορισμός προβλημάτων σε μη γραμμικά βάρη
 - η αλληλεπίδραση είναι πολλαπλασιαστική:
 $\rho \cdot w_{ij} = \rho (1/d_{ij}^a)$
- **παράμετροι ρ και a δεν προσδιορίζονται χωριστά**



Γενικά χωρικά βάρη (συνεχεια)

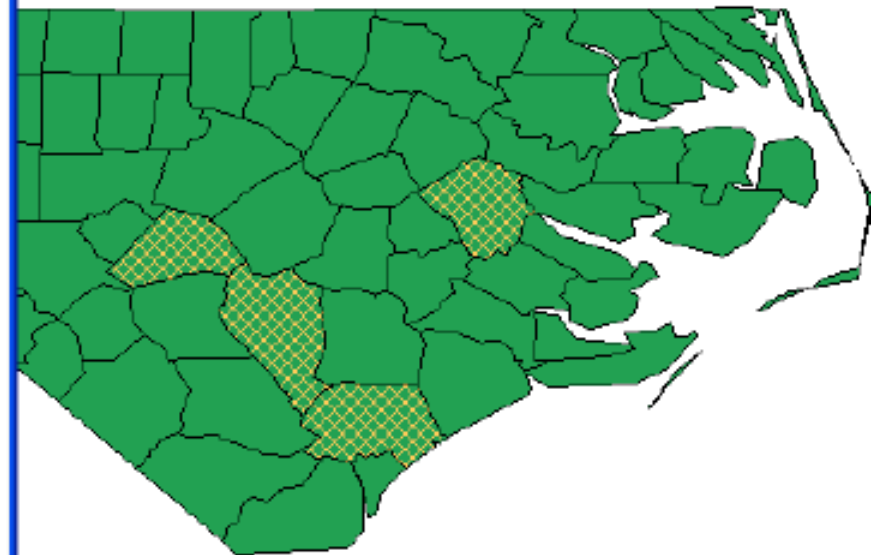
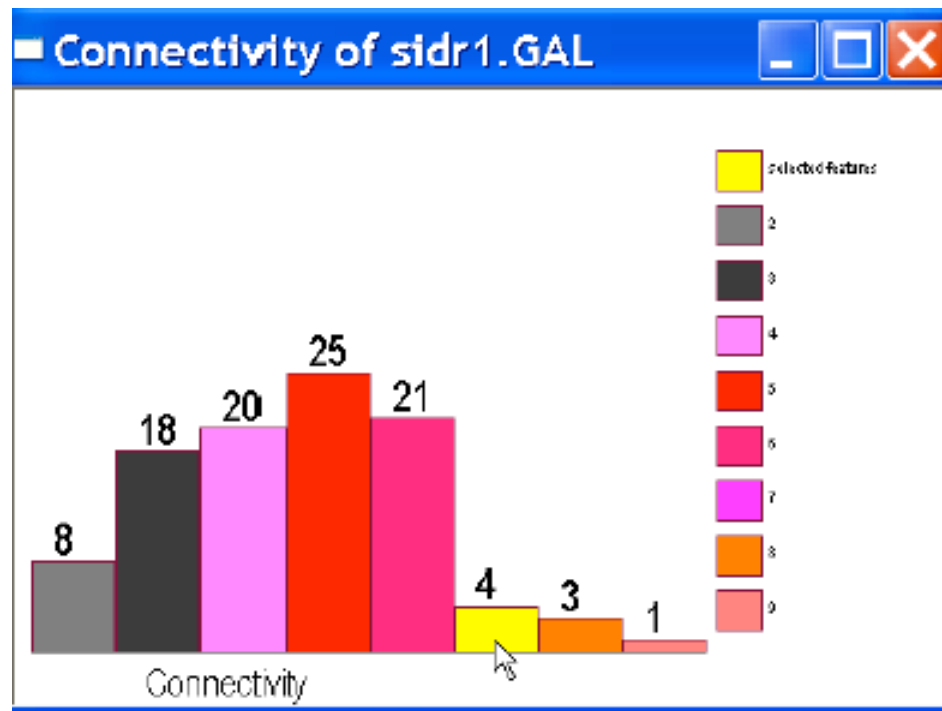
- **Οικονομικά βάρη (περίπτωση)**
 - δομή μπλοκ, επίδραση κατάστασης
 - $w_{ij} = 1$ για όλα τα i, j "στο μπλοκ"
 - οικονομική απόσταση $|r_i - r_j|$
 - οικονομικό βάρος $= 1/|r_i - r_j|$
 - Π. χ., $r =$ συνολική απασχόληση



Χαρακτηριστικά χωρικών βαρών

- **Μετρήσεις της γενικής συνεκτικότητας**
 - Ποσοστό μη μηδενικών βαρών (σποραδικότητα)
 - μέσο βάρος
 - μέσος αριθμός διασυνδέσεων
 - Κύριες ιδιοτιμές - eigenvalues
- **Μετρήσεις με εξειδίκευση στη τοποθεσία**
 - οι περισσότερο / λιγότερο συνδεδεμένες παρατηρήσεις
 - αποσυνδεδεμένες παρατηρήσεις = νησιά

NC νομοί με 4 γείτονες



Τελεστής Χωρικού Lag (Εξασθένηση με Απόσταση)





Χωρική μετατόπιση

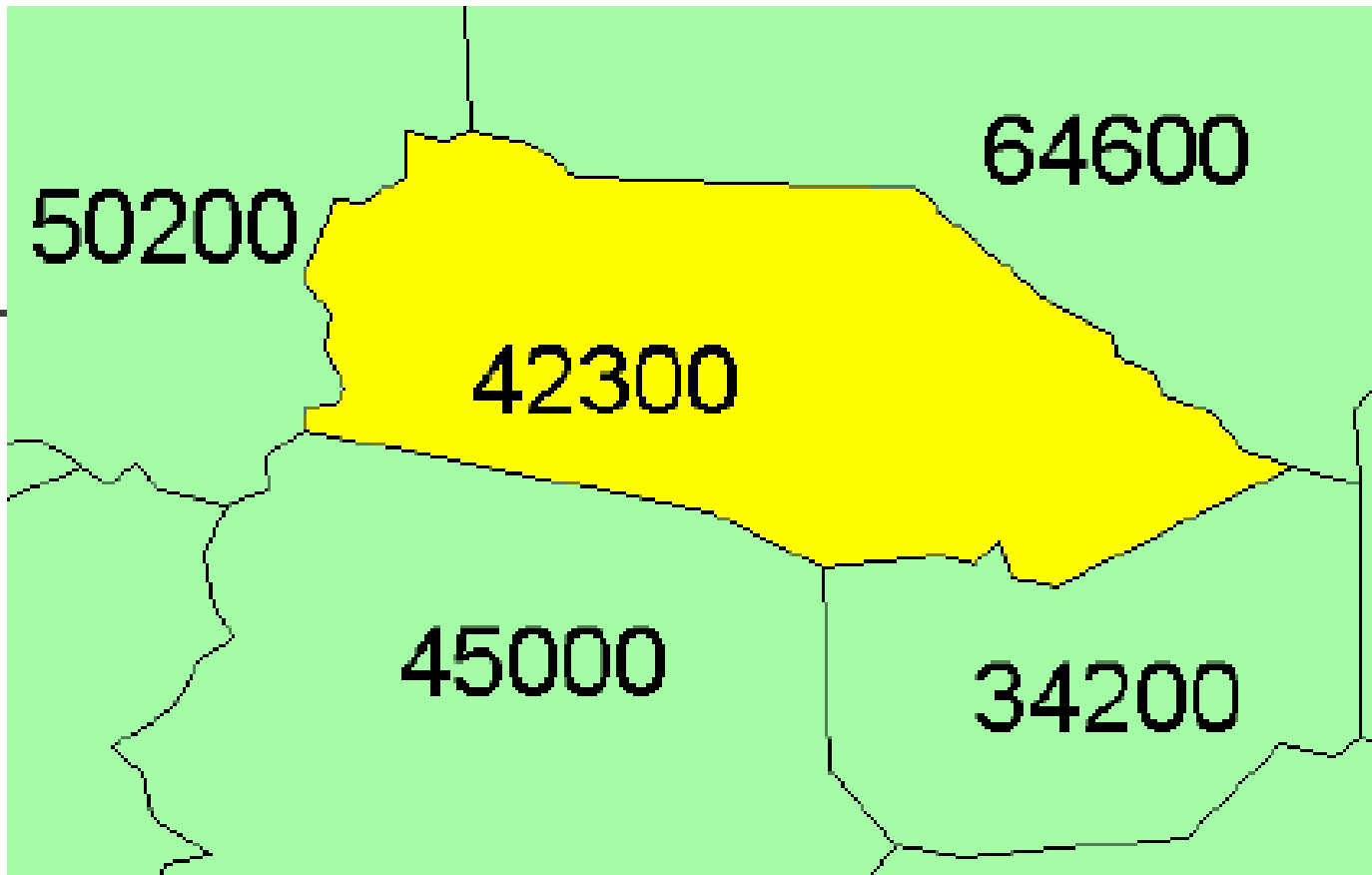
- **Καμία άμεση αντιστοιχία στη χρονοσειρά του τελεστή μετατόπισης**
 - χρονοσειρά: $L_k = y_{t-k}$
 - χωρική σειρά: ποιο h μετατοπίζεται από το "k" από τη θέση i ;
 - στο κανονικό δικτυωτό πλέγμα: ανατολή, δύση, ο Βορράς, νότος
 - $(i-1, j)$ $(i+1, j)$ $(i, j-1)$ $(i, j+1)$
 - αυθαίρετο για το ακανόνιστο δικτυωτό πλέγμα
 - διαφορετικός αριθμός γειτόνων κατά την παρατήρηση



Τελεστής Χωρικού Lag (Εξασθένιση με Απόσταση)

➤ Κατανεμημένο Lag

- Βάρη κανονικοποιημένα ανά σειρά $\sum_j w_{ij} = 1$
- το χωρικό lag είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος των γειτονικών τιμών
 - $\sum_j w_{ij} \cdot y_j$, για κάθε i
 - διανυσματικό Wy
 - το χωρικό lag δεν περιέχει y_i
- το χωρικό lag είναι ένας ομαλοποιητής
 - όχι ένας μέσος όρος παραθύρου



value $y_i = \$42,300$

4 neighbors

values for neighbors: \$50,200,
\$64,600, \$45,000, \$34,200

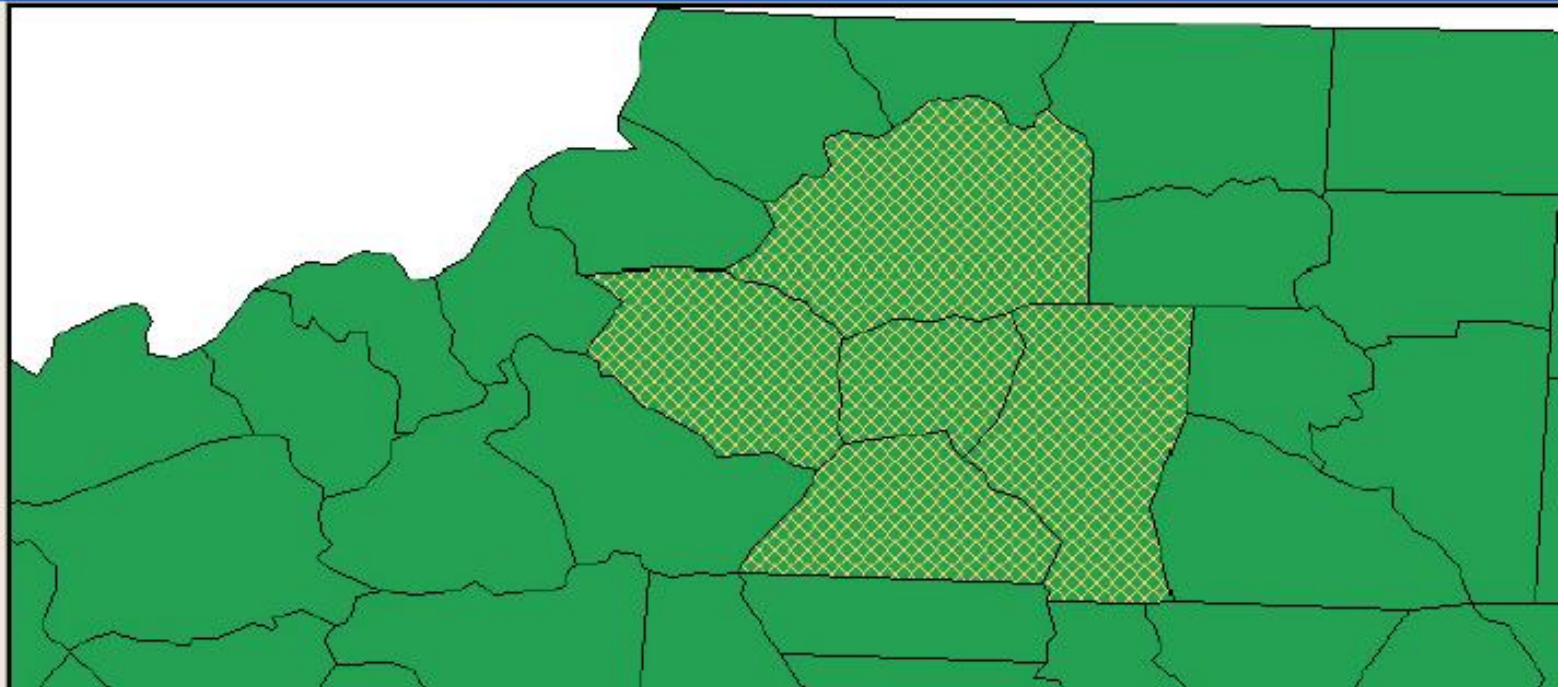
spatial lag = $(1/4)\$50,200 +$
 $(1/4)\$64,600 + (1/4)\$45,000 +$
 $(1/4)\$34,200 = \$48,500$

Table : SIDS

	CNTY_	CNTY_ID	NAME	STATE_NAME	STATE_FIPS	CNTY_FIPS	FIPS
52	1986	1986	Catawba	North Carolina	37	035	37035
39	1947	1947	Iredell	North Carolina	37	097	37097
41	1950	1950	Alexander	North Carolina	37	003	37003
34	1932	1932	Caldwell	North Carolina	37	027	37027
18	1874	1874	Wilkes	North Carolina	37	193	37193

SIDS

Map Legend





Χωρικά Lags στον πίνακα GeoDa

SIDR74	SIDR79	NWR74	NWR79	W_SIDR74
0.868961	3.050995	137.295794	132.790934	1.527684
0.966417	0.925926	276.395265	241.666667	1.198714
0.000000	1.188354	96.024006	89.126560	1.192336
1.662510	2.118145	85.619285	84.725818	0.715943
1.271456	1.879195	63.572791	59.597315	0.832222
-----	-----	-----	-----	-----



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση

Χωρική αυτοσυσχέτιση (3)

καθολική χωρική αυτοσυσχέτιση

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Αρχές
- Στατιστική αρίθμησης κοινών ορίων (Join Count Statistic)
- Moran's I
- Moran Scatterplot
- Διμεταβλητή/χώρου-χρόνου επέκταση
- Geary's c



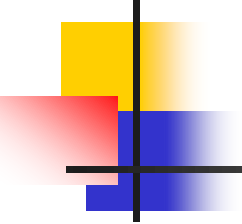
Αρχές

Στατιστική γενικού εσωτερικού γινομένου

■ Συνδυασμένη ανάλυση δεδομένων

- N αντικείμενα $S = \{ o_1, o_2, \dots, o_N \}$
- μετρήσεις "ομοιότητας" μεταξύ των αντικειμένων
 - πίνακας συσχετισμού, πίνακας απόστασης
- είναι οι ενδείξεις σημαντικά διαφορετικές;
- σχέση μεταξύ δύο εγγυτήτων
πίνακες $A = \{ a_{ij} \}$ και $B = \{ b_{ij} \}$
- στατιστική γάμα $\Gamma_{AB} = \sum_i \sum_j a_{ij} b_{ij}$

Δείκτης γάμα χωρικής Αυτοσυσχέτισης

- 
- Αντιστοιχία μεταξύ της ομοιότητας τοποθεσίας και της ομοιότητας της τιμής
 - ομοιότητα τοποθεσίας: W
 - ομοιότητα τιμής: A
 - $\Gamma = \sum_i \sum_j w_{ij} \cdot a_{ij}$
 - Τύποι σχέσεων τιμής
 - Εσωτερικό γονόμενο: $x_i \cdot x_j$
 - Διαφορά στο τετράγωνο: $(x_i - x_j)^2$
 - απόλυτη διαφορά: $|x_i - x_j|$



Στρατηγική τυχαιοποίησης

- **Εμπειρική συνάρτηση κατανομής**
 - ανακατέψτε (permutation) την τακτοποίηση των αντικειμένων
 - συνδέστε τις τιμές με τις τοποθεσίες
 - συνδέστε τις τοποθεσίες με τιμές
 - Επαναυπολογίστε το A και Γ_{AW}
 - συγκρίνετε το μετρηθέν Γ με την κατανομή Γ_{AW}
- **Ψευδο-σημαντικότητα**
 - $p = (T + 1) / (M + 1)$
 - M : αριθμός μεταθέσεων (permutation) T : πόσες φορές $\Gamma_{AW} \geq \Gamma$

Κατανομή αναφοράς

Randomization

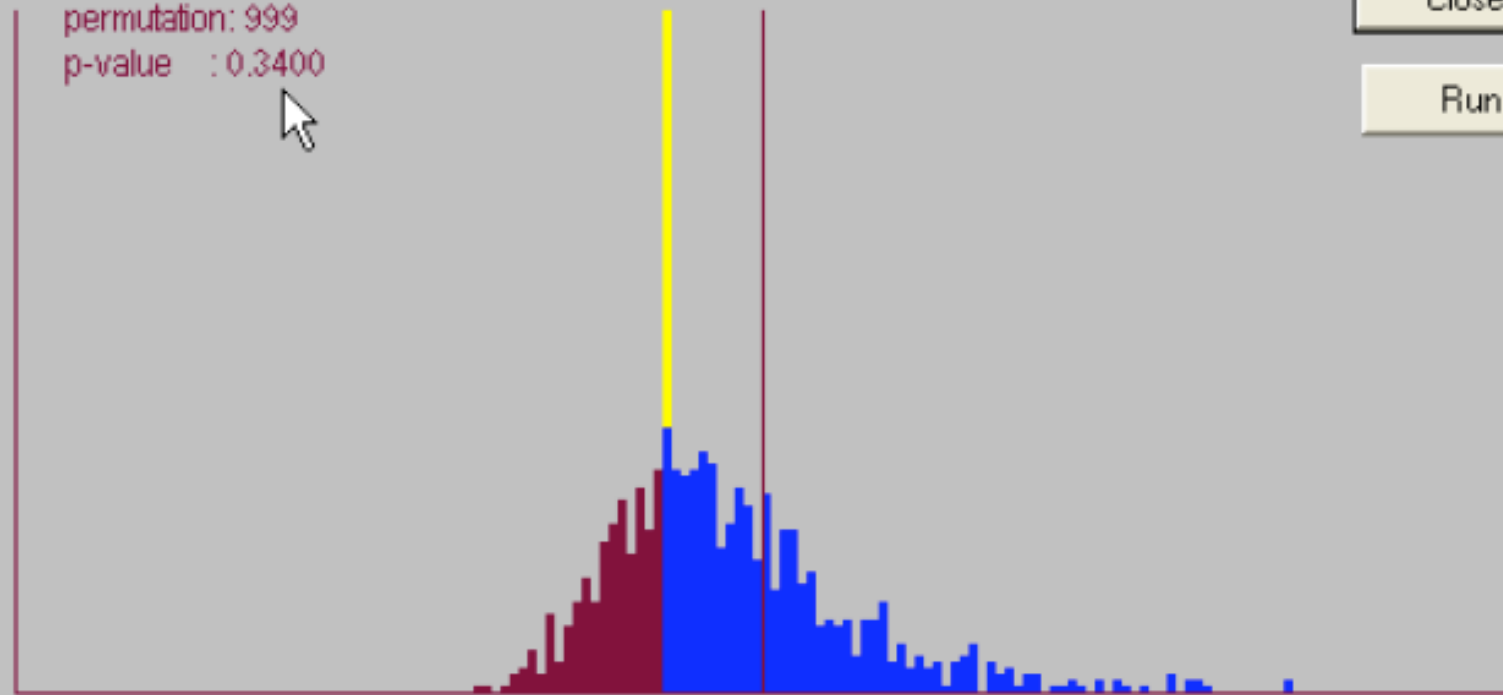


permutation: 999
p-value : 0.3400



Close

Run



I:-0.0618 E[I]:-0.0208 Mean:-0.0215 Sd:0.0809



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τυχαιοποίησης

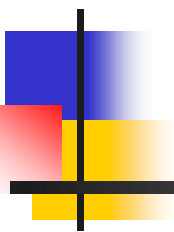
➤ Πλεονεκτήματα

- Μη παραμετρική
 - καμία υπόθεση σχετικά με κατανομή
- εύκολη στον υπολογισμό
- εύκολη στην ερμηνεία

➤ Μειονεκτήματα

- Εξαρτάται από το δείγμα
 - καμία γενίκευση στον πληθυσμό
- Η ακρίβεια της ψευδο-σημαντικότητας αυθαίρετη
 - $1/(99+1)$ παράγει 0,01, $1/(999+1)$ παράγει 0.001,
- ευαίσθητη στην γεννήτρια τυχαίων αριθμών

Στατιστική αρίθμησης κοινών ορίων (Join Count Statistic)





Στατιστικές αρίθμησης κοινών ορίων

➤ Δυαδικά δεδομένα

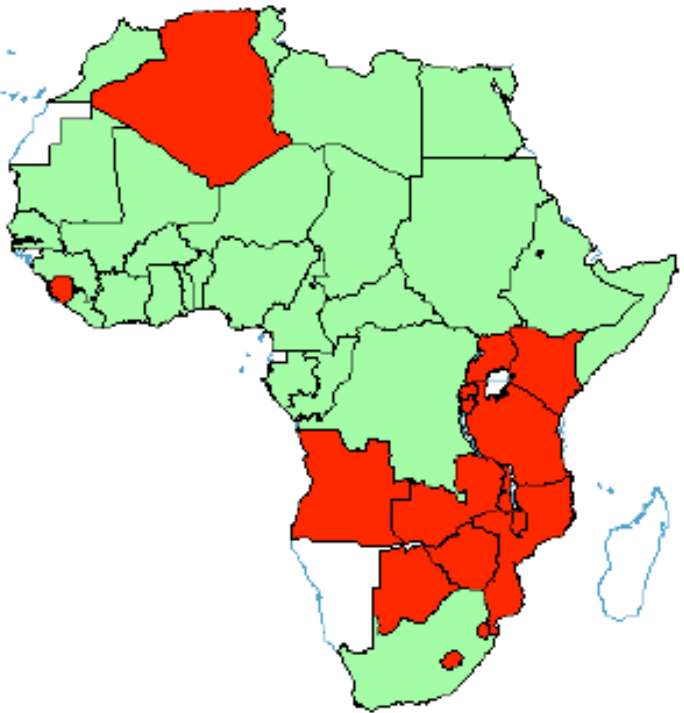
➤ Ταίριαξε τιμή-τοποθεσία

- αρίθμησε τα κοινά όρια των οποίων η τιμή ταιριάζει στο χώρο με τους γείτονες
- $x_i = 1$ ή 0 , B(μαύρο) ή W(άσπρο)

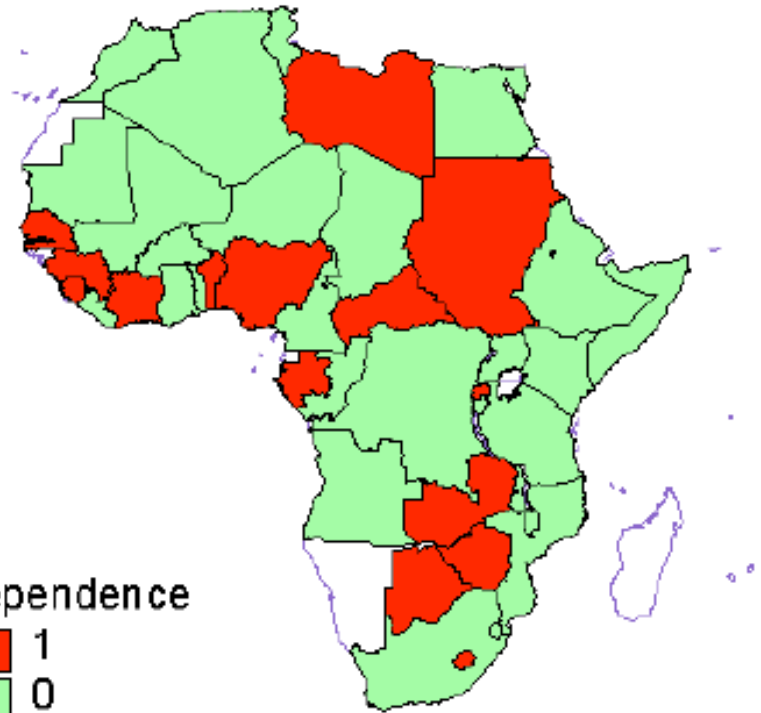
➤ Τύποι κοινών ορίων

- BB 1—1 $x_i \cdot x_j$
- WW 0—0 $(1-x_i)(1-x_j)$
- BW 1—0 $(x_i - x_j)^2$
 - τρεις τύποι εξαντλούν το δείγμα

Παρατηρηθείσα (αριστερά) και τυχαιοποιημένη (δεξιά) κατανομή για την αφρικανική ανεξαρτησία 60



BB = 18



BB = 9

Independence





Κλασική Στατιστική αρίθμησης κοινών ορίων

➤ Στατιστικές

- BB: $(1/2) \sum_i \sum_j w_{ij} \cdot x_i \cdot x_j$
- WW: $(1/2) \sum_i \sum_j w_{ij} \cdot (1 - x_i) \cdot (1 - x_j)$
- BW: $(1/2) \sum_i \sum_j w_{ij} \cdot (x_i - x_j)^2$
- $BB + WW + BW = (1/2) S_0$
 $= (1/2) \sum_i \sum_j w_{ij}$

➤ Βάρη

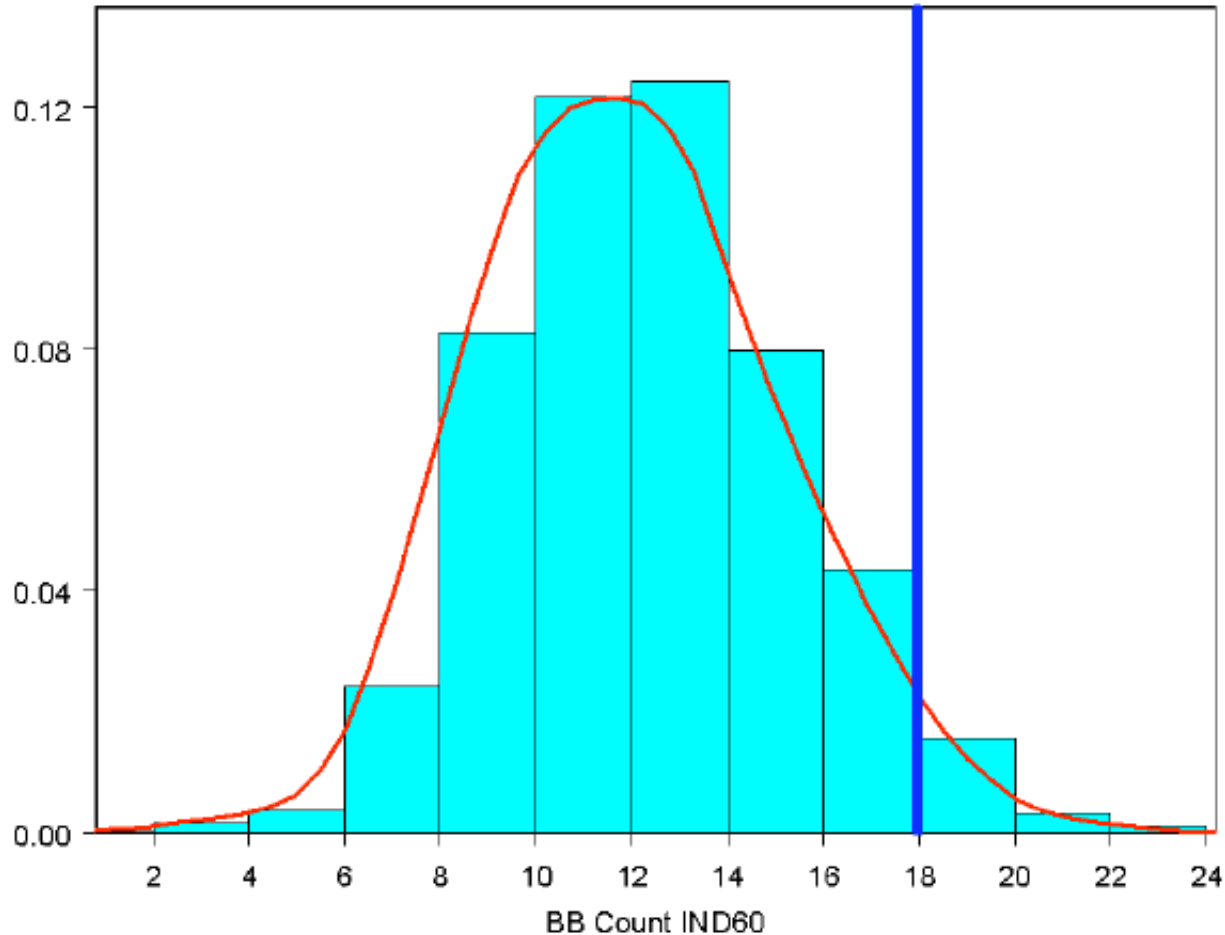
- $w_{ij} = 1$ ή 0 (δυναδικός, συμμετρικός)



Συμπέρασμα (inference) για την αρίθμηση κοινών ορίων

- **Χρησιμοποίησε τη Θεωρία δειγματοληψίας**
 - διώνυμική με ή χωρίς αντικατάσταση
 - ελεύθερη και μη-ελεύθερη δειγματοληψία
- **Τυχαιοποίηση / ανακάτωμα**
 - υπολογίστε τη κατανομή αναφοράς
 - αξιολογήστε την "ακραία" τιμή
 - ψευδο-σημαντικότητα

Reference distribution for BB Count (999 permutations)



$$P[BB \geq 18] = 0.04$$



Moran's I



Moran's I

➤ Moran's I Στατιστική Χωρικής Αυτοσυσχέτιση

- στατιστική εσωτερικού γινομένου

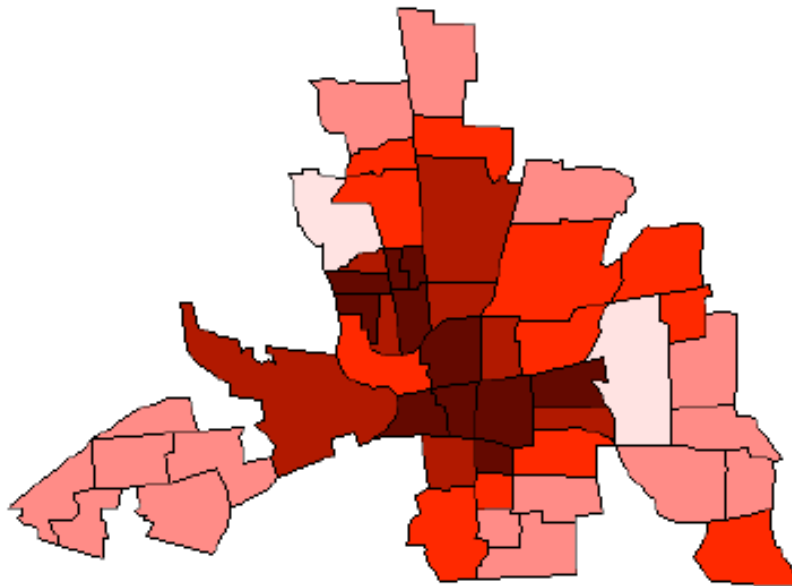
$$I = (N/S_0) \sum_i \sum_j w_{ij} \cdot z_i \cdot z_j / \sum_i z_i^2$$

- με το $z_i = x_i - \mu$ και $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$

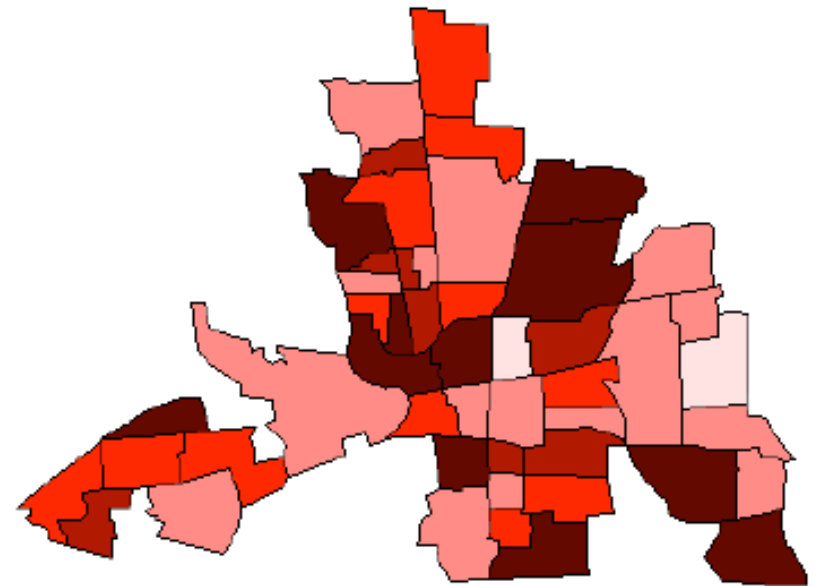
■ Συμπέρασμα (inference)

- κανονική κατανομή
- τυχαιοποίηση
- Ανακάτωμα (permutation)

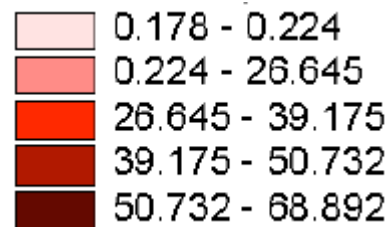
Observed (left) and randomized (right) distribution for Columbus Crime



Moran's I = 0.486



Moran's I = -0.003



Κατανομή αναφοράς (ΕΓΚΛΗΜΑ)

Randomization



permutation: 999
p-value : 0.0010

Close

Run

I:0.5002 E[|]:-0.0208 Mean:-0.0208 Sd:0.0944

Κατανομή αναφοράς (ΑΝΟΙΚΤΗ)

Randomization

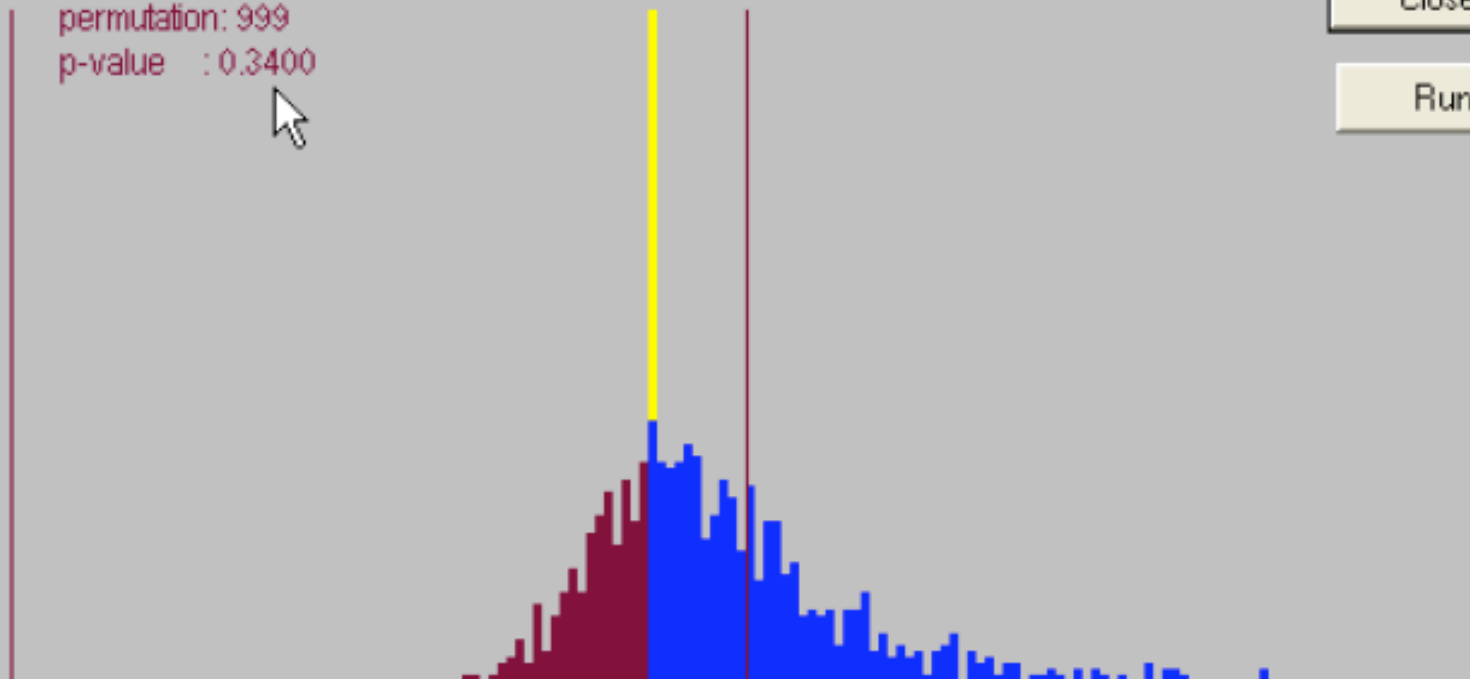


permutation: 999
p-value : 0.3400



Close

Run



I:-0.0618 E[|]:-0.0208 Mean:-0.0215 Sd:0.0809



Ερμηνεία του Moran's I

➤ Θετική χωρική αυτοσυσχέτιση

- $I > -1/(n - 1)$, ή $z > 0$
- χωρική συσσώρευση υψηλών ή/και χαμηλών τιμών
 - καμία διάκριση μεταξύ υψηλών ή χαμηλών

➤ Αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση

- $I < -1/(n - 1)$, ή $z < 0$
- Πρότυπο checkerboard, "ανταγωνισμός"



Moran's I για ποσοστά (Rates)

■ Αστάθεια διασποράς

- παραβιάζει την παραδοχή σταθερότητας
- πλαστός χωρικός συσχετισμός

➤ ΕΒ διευθέτηση (Assuncao - Reis)

- τυποποιήστε κάθε ποσοστό
 - $z_i = (r_i - R/P) / SE$
- χρησιμοποιήσε τυποποιημένο ποσοστό

Χωρικό (Lag) διάγραμμα συσχετισμού



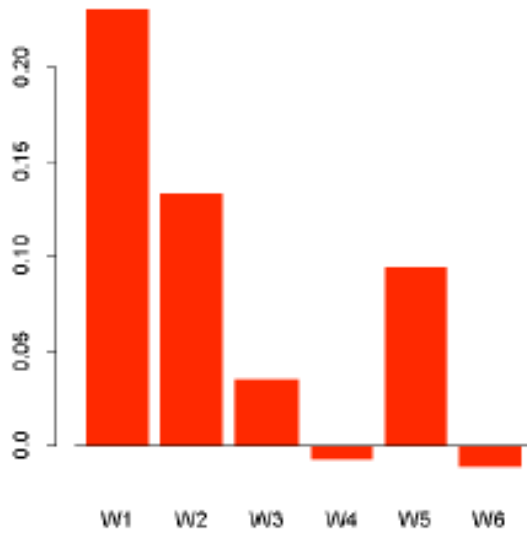
➤ **Οπτικοποίηση**

- στατιστικές χωρικής αυτοσυσχέτισης για αυξανουσες διατάξεις συνάφειας
- χρησιμοποίησε z-τιμές

➤ **Ερμηνεία**

- αναγνώριση χωρικής διαδικασίας
- έκταση της σχέσης
 - πιθανή ένδειξη λάθους εκτίμησης χωρικών βαρών ή/και μη σταθερότητας

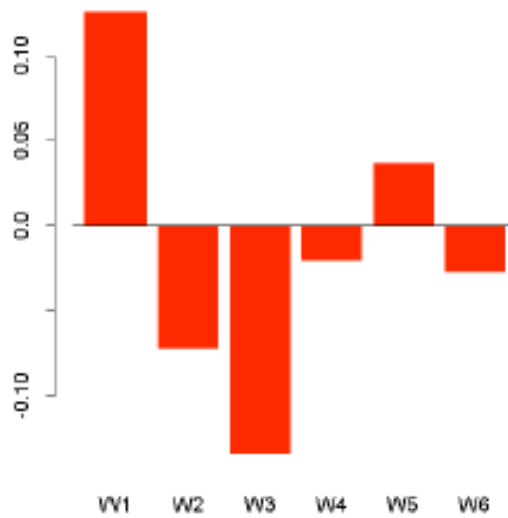
SIDS 74-78



SIDS 74-78



SIDS 79-84



SIDS 79-84



Moran's I by W

z-value by W



Moran Scatterplot



Moran Scatterplot

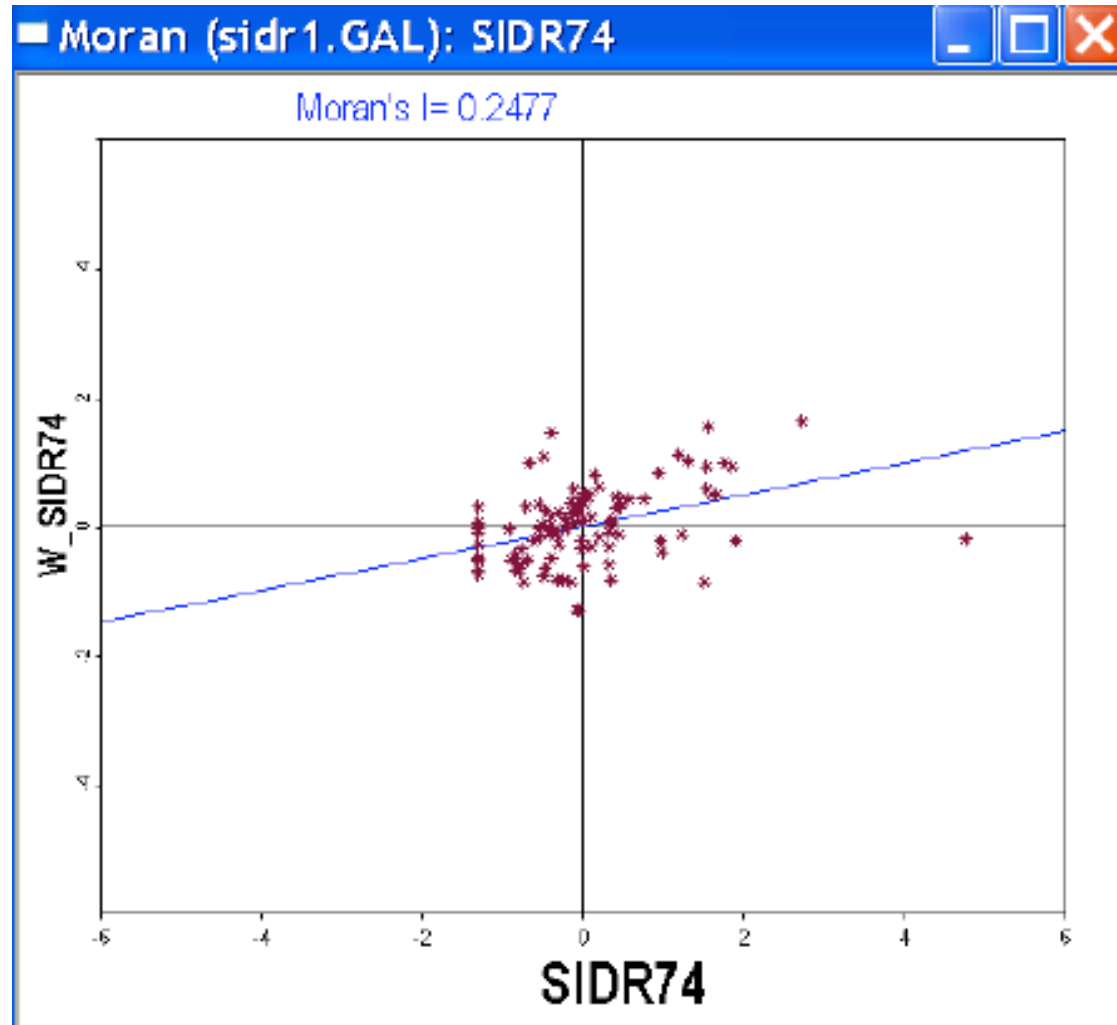
➤ Γραμμική χωρική αυτοσυσχέτιση

- γραμμική ένωση μεταξύ της αξίας στο i και σταθμισμένος μέσος όρος των γειτόνων:
 $\sum_j w_{ij} y_j$ ως προς y_i , ή Wy ως προς y
- τέσσερα τεταρτημόρια
 - Αύξηση-αύξηση, μείωση-μείωση = χωρικές συστάδες
 - Αύξηση-μείωση, μείωση-αύξηση = χωρικά outliers

➤ Moran's I

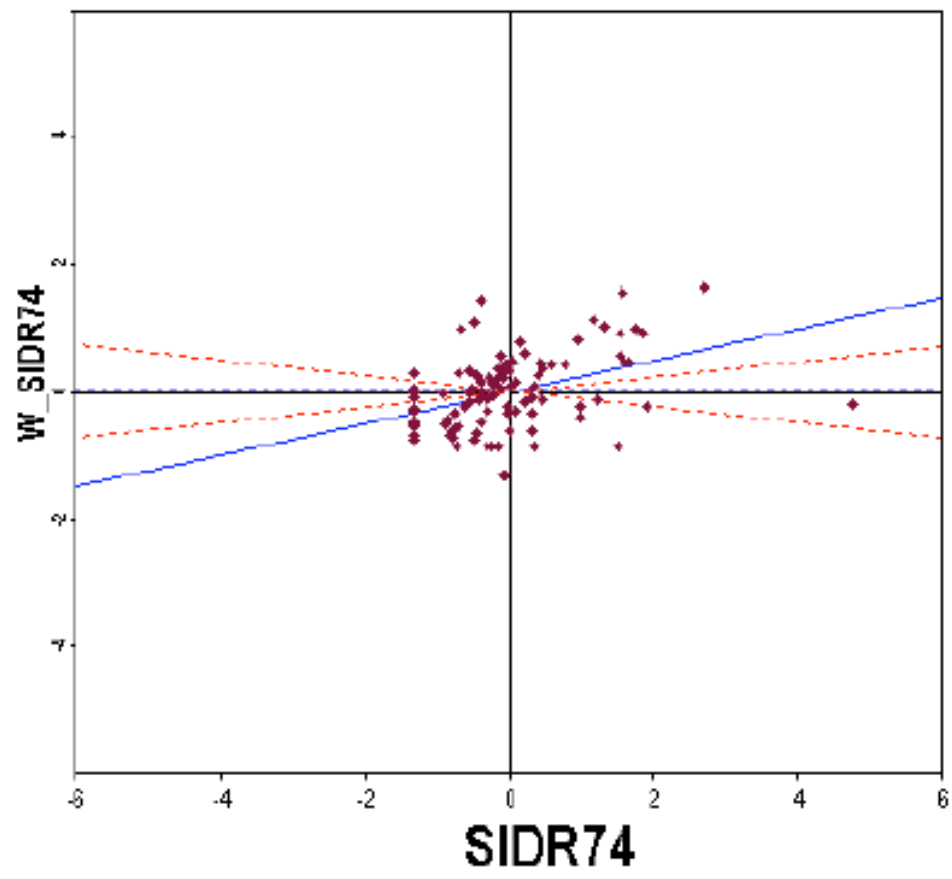
- κλίση του εξομαλυντή του γραμμικού scatterplot
- $I = z'Wz / z'z$

Moran Scatterplot

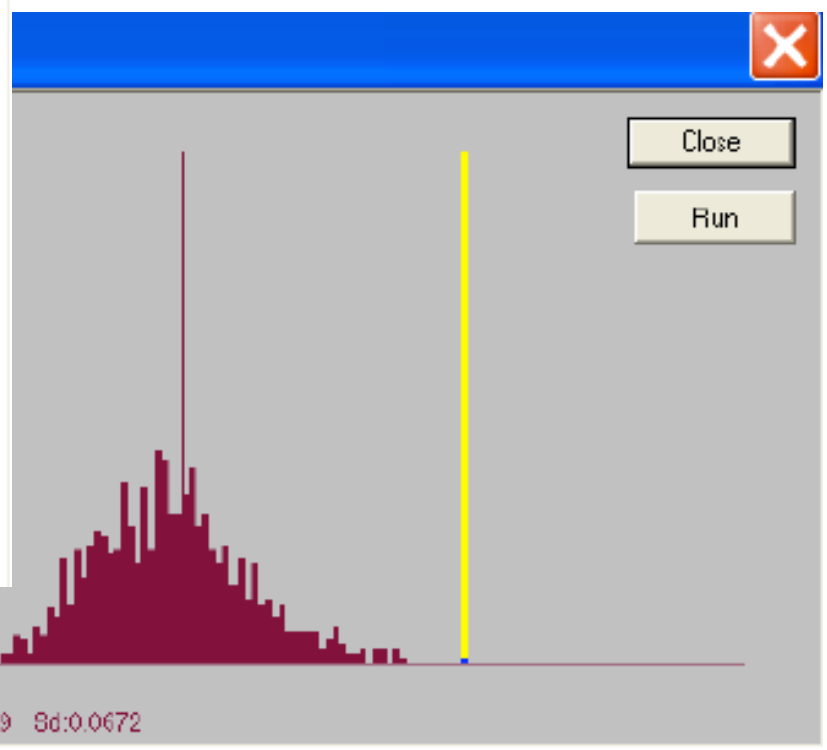


Moran (sldr1.GAL): SIDR74

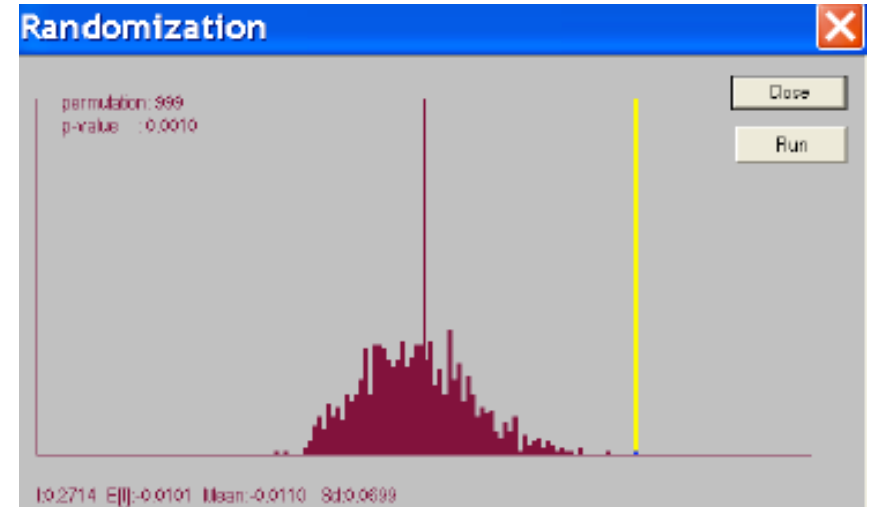
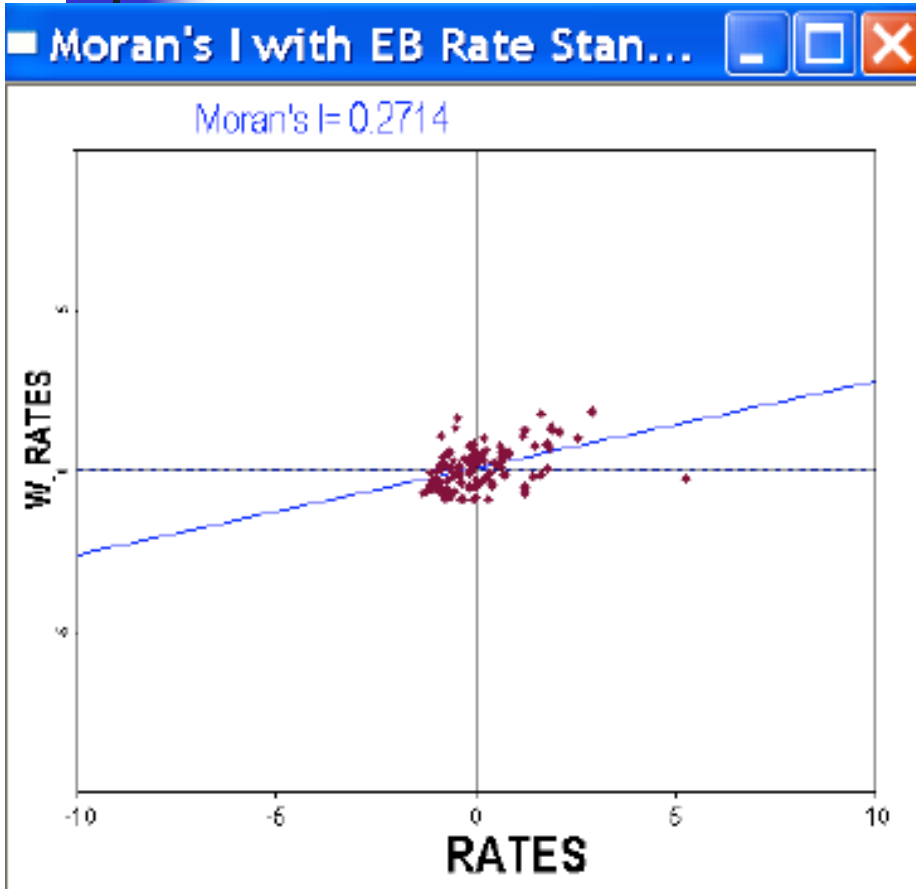
Moran's I = 0.2477



Φάκελος σημαντικότητας



ΕΒ Διευθετημένο Moran Scatterplot

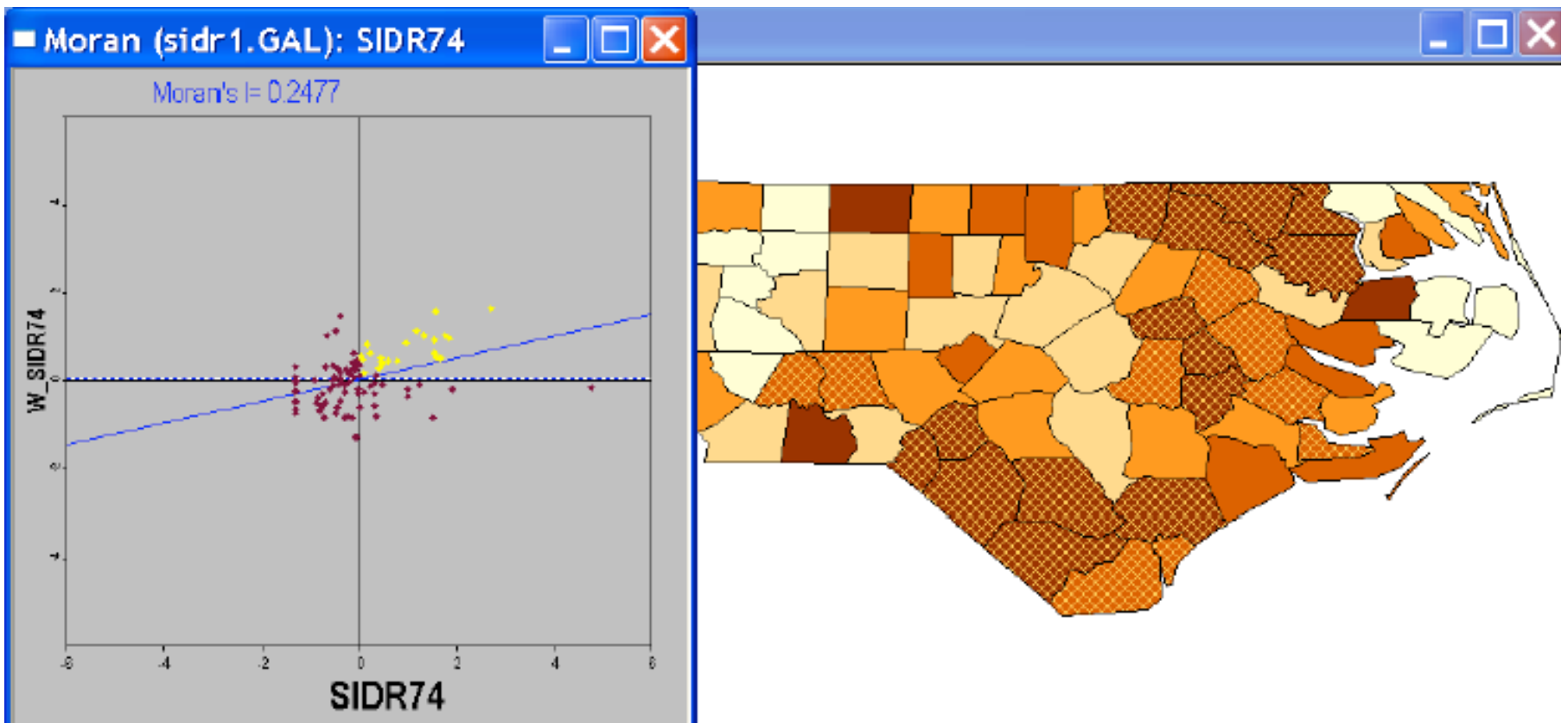




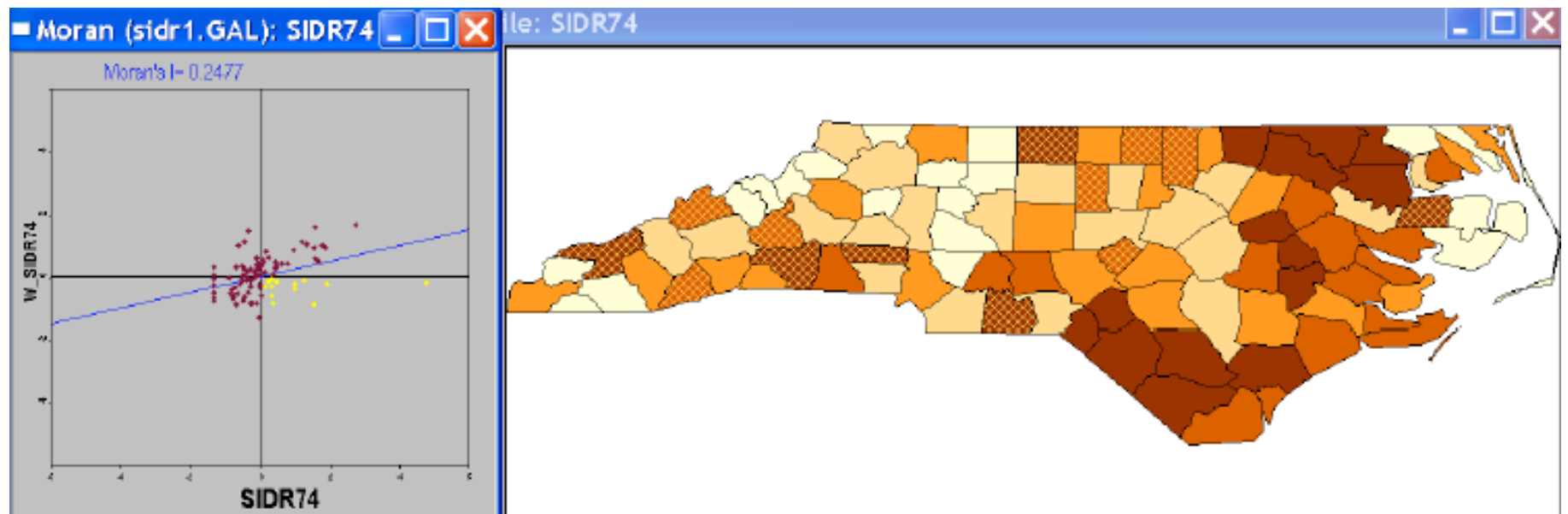
Χρήση του Moran Scatterplot

- **Ταξινόμηση της χωρικής Αυτοσυσχέτισης**
- **Τοπική μη σταθερότητα**
 - outliers
 - σημεία υψηλής δράσης
 - ευαισθησία στις τιμές των ορίων
- **Καθεστῶτα**
 - διαφορετικές κλίσεις σε υποσύνολα δεδομένων

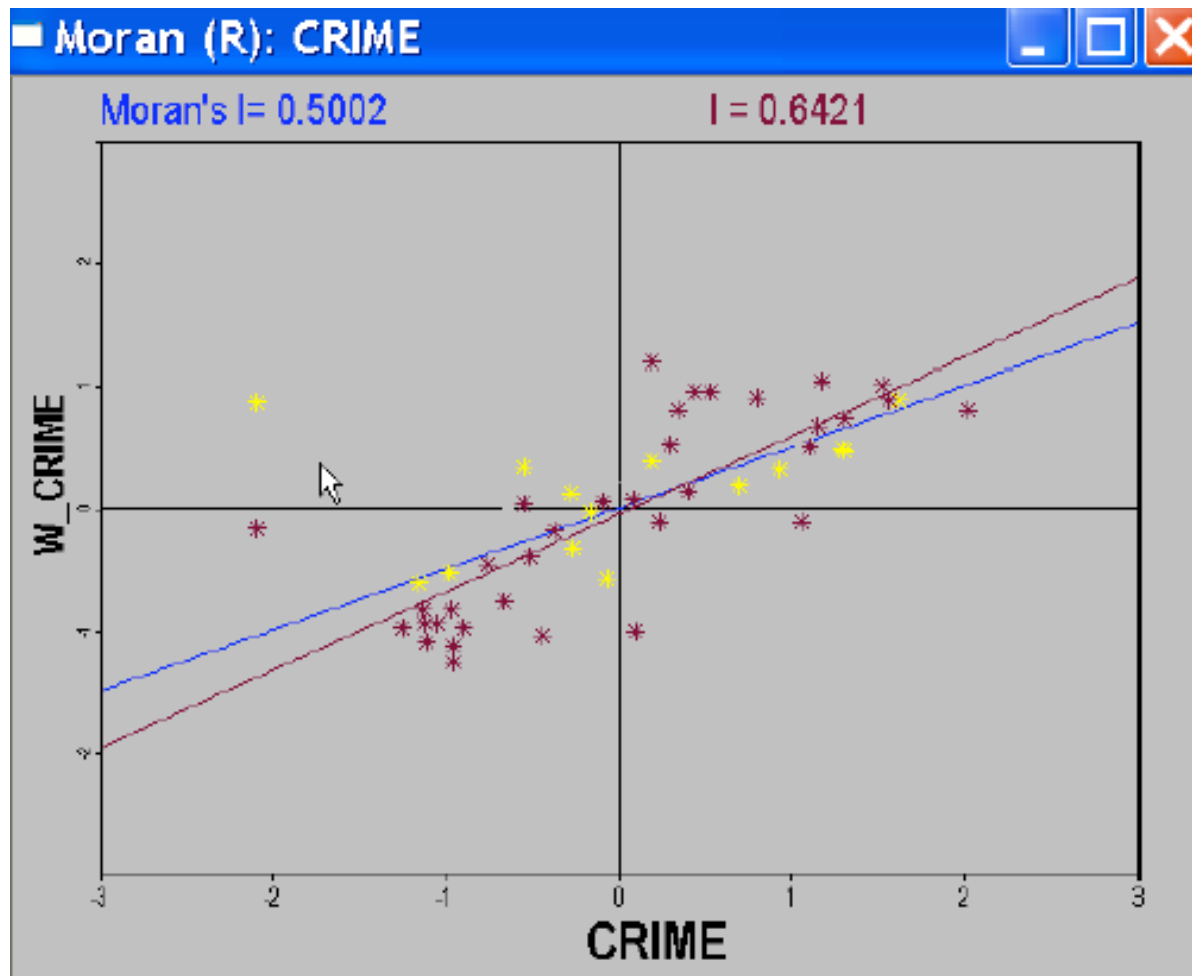
Χωρικές συστάδες



Χωρικά outliers



Moran Scatterplot - καθεστῶτα



Διμεταβλητή/χώρου-χρόνου

*

Επεκτάσεις του Moran Scatterplot

➤ Γενικευμένο Moran Scatterplot

- Κλίση παλινδρόμησης Wz_2 στο z_1
 - και οι δύο μεταβλητές κανονικοποιούνται
 - = απεικόνιση της στατιστικής Moran πολλών μεταβλητών (Wartenberg)

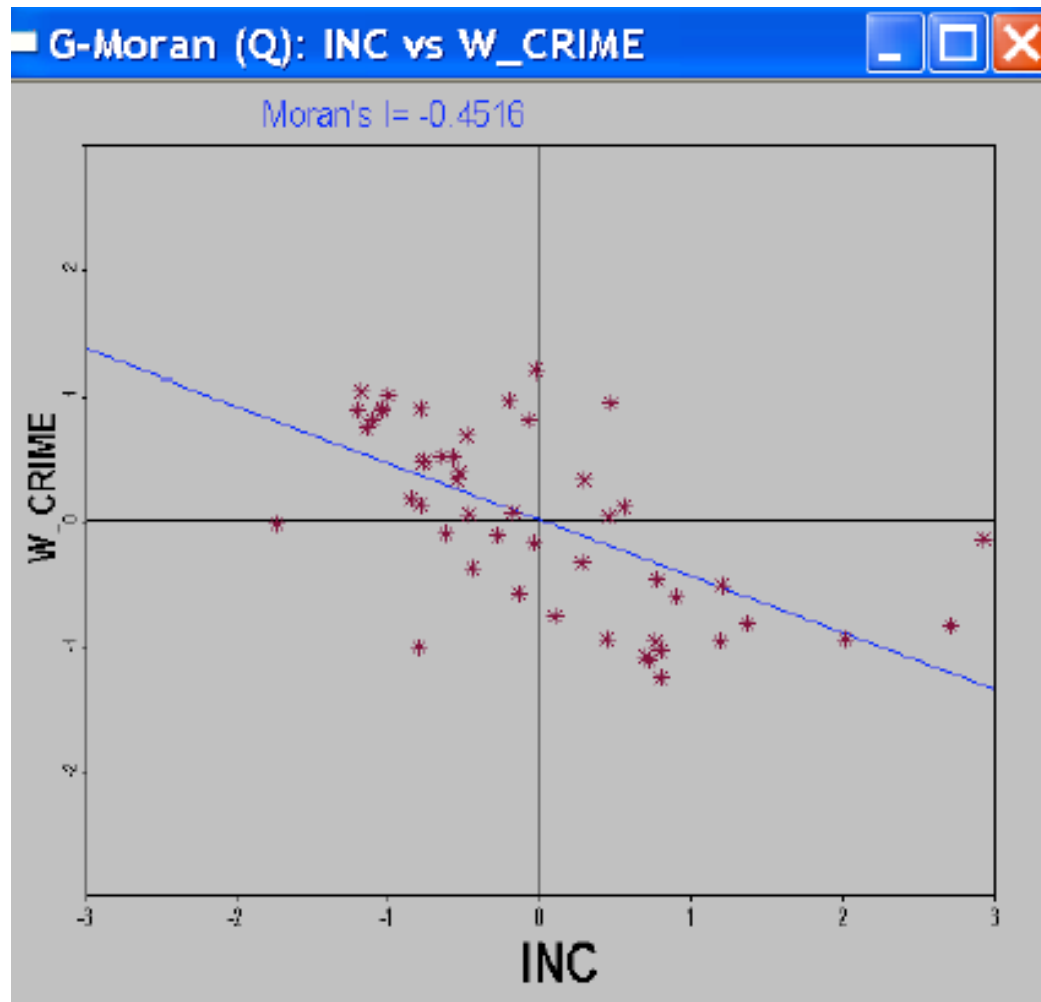
➤ Τεστ σημαντικότητας

- μετάθεση
- φάκελος μετάθεσης (2,5% και 97,5% από μετάθεση κατανομής αναφοράς)

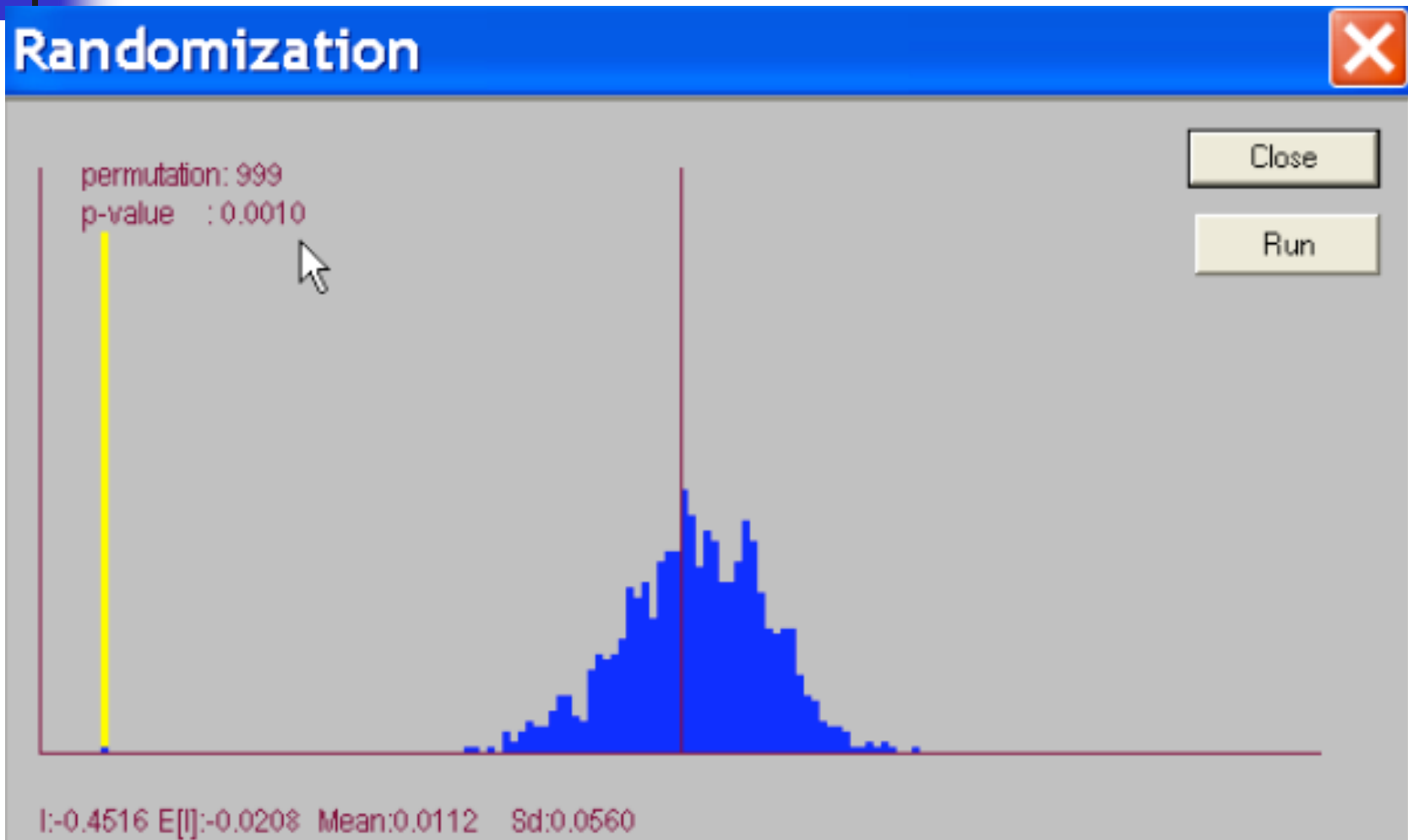
➤ Τέσσερις τύποι προσεταιρισμού

- Αύξηση-αύξηση, μείωση-μείωση Αύξηση-μείωση, μείωση-αύξηση

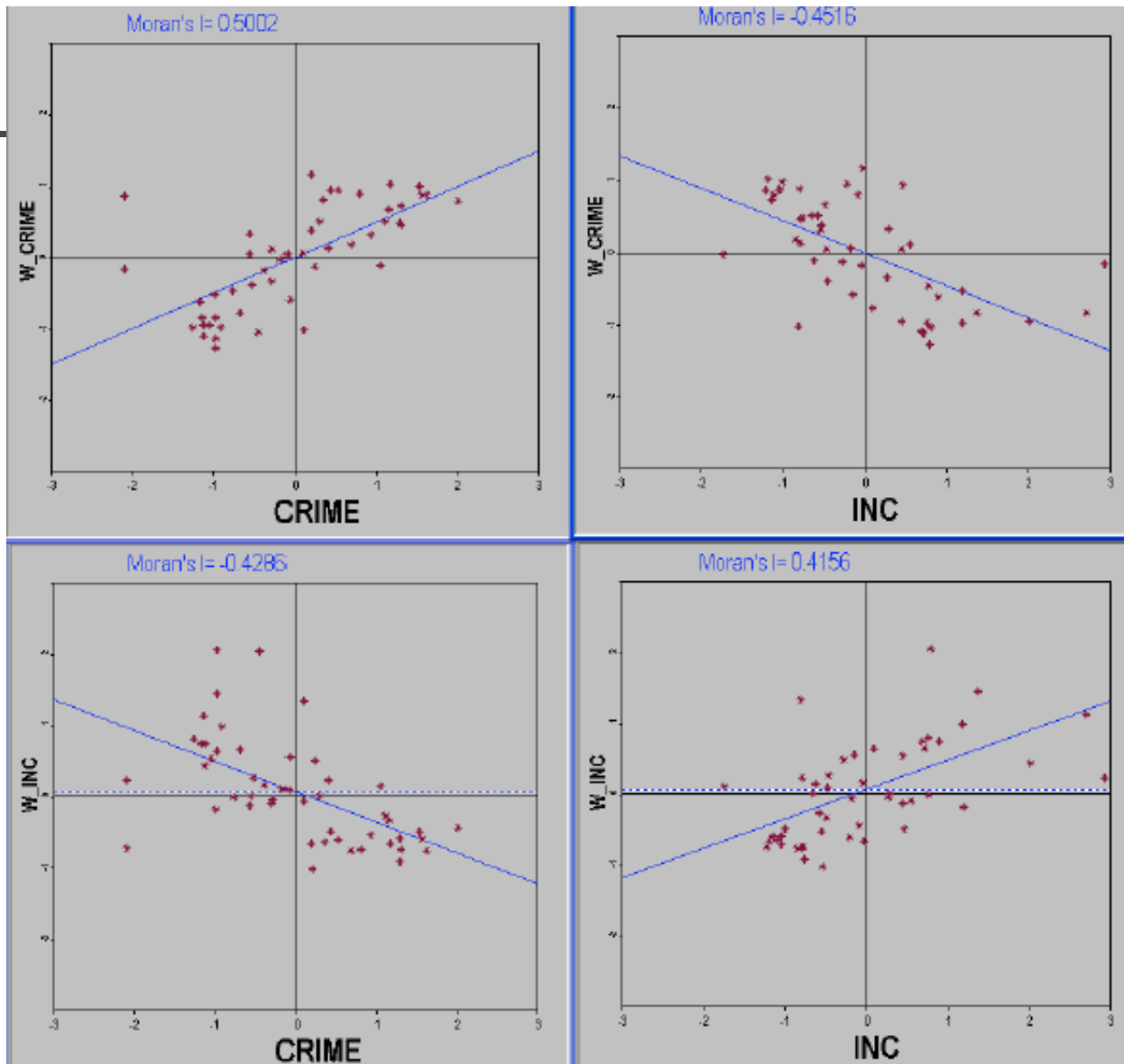
Διμεταβλητό Moran



Κατανομή αναφοράς στο διμεταβλητό Moran



Πίνακας του Scatterplot Moran

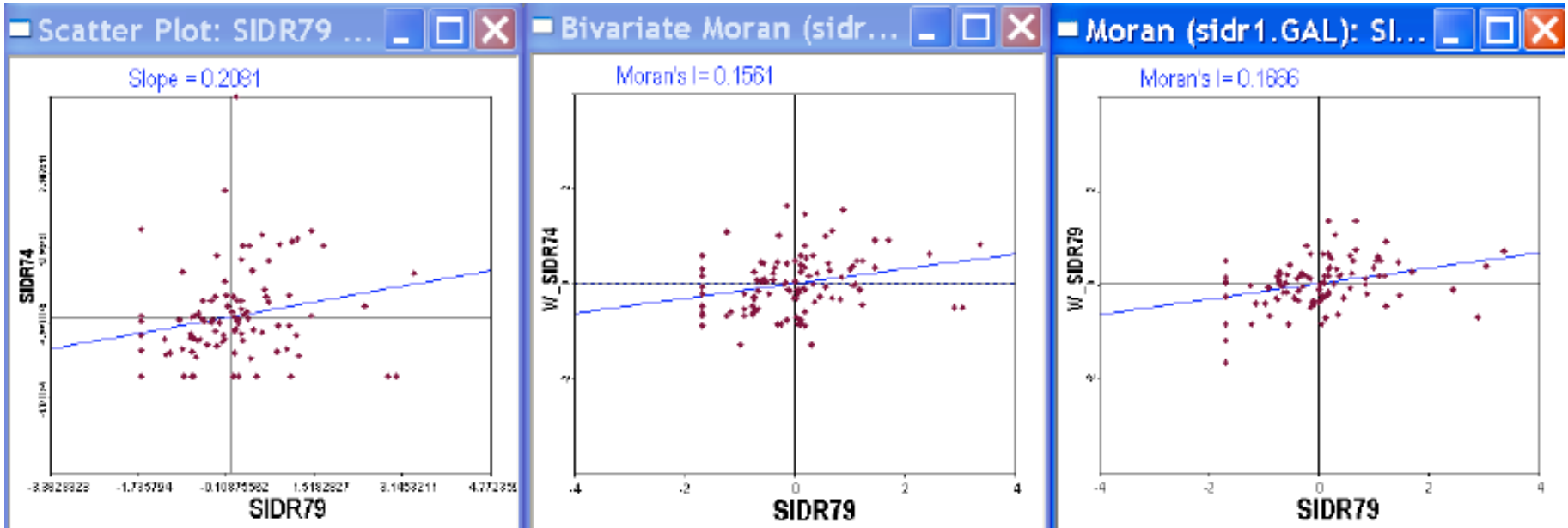




Προσεταιρισμός χώρου-χρόνου

- **Σειριακή αυτοσυσχέτιση**
 - z στο i,t με z στο $i,t+1$
 - πρότυπο scatterplot
- **Χωρική αυτοσυσχέτιση**
 - z στο i,t με z στο j,t
 - z στο $i, t+1$ με z στο $j,t+1$
 - Moran scatterplot
- **Συσχετισμός Χώρου-Χρόνου**
 - z στο i,t με z στο $j,t+1$
 - διμεταβλητό Moran scatterplot

Scatterplots Χώρου-Χρόνου





Στατιστική c του Geary



Χωρική Στατιστική αυτοσυσχέτισης c του Geary

➤ Η c του Geary

- διαφορές εις το τετράγωνο

- $c = (N-1) \cdot \sum_i \sum_j w_{ij} \cdot (x_i - x_j)^2 / 2(S_0) \cdot \sum_i z_i^2$
με το $z_i = x_i - \mu$ και $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$

■ Συμπερασματοποίηση

- κανονική κατανομή

- τυχαιοποίηση

- μεταλλαγή (permutation)



Ροπές του c του Geary

➤ Κανονική προσέγγιση

- $E[c] = 1$
 - δεν εξαρτάται από το W ή το Y , ούτε από το μέγεθος δειγμάτων
- $Var[c] = [(2S_1 + S_2) (n - 1) - 4S_0^2] / [2(n+1)S_0^2]$
 - η κανονική προσέγγιση δεν εξαρτάται από τη r.v., ενώ η τυχαιοποιημένη προσέγγιση εξαρτάται.

➤ Συμπερασματοποίηση

- $z = \{ c - E[c] \} / SD[c]$
- κανονική προσέγγιση



Ερμηνεία του c του Geary

➤ Θετική χωρική αυτοσυσχέτιση

- $c < 1$, ή $z < 0$
- χωρική συσσώρευση υψηλών ή / και χαμηλών τιμών
 - καμία διάκριση μεταξύ υψηλών ή χαμηλών
 - αντίθετο πρόσημο από Moran's I

➤ Αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση

- $c > 1$, ή $z > 0$
- Πρότυπο checkerboard, "ανταγωνισμός"



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση

Χωρική αυτοσυσχέτιση (4)

τοπική χωρική αυτοσυσχέτιση

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Έννοιες
- Τοπικό Moran
- Στατιστικές G



Έννοιες



Τοπική και σφαιρική ανάλυση

➤ Σφαιρική

- μια στατιστική για να συνοψίσει το πρότυπο
- Συσσώρευση (clustering)
- ομοιογένεια

➤ Τοπική

- θέση-συγκεκριμένες στατιστικές
- συστάδες (clusters)
- ετερογένεια



Ο ορισμός LISA –Local Index Spatial Autocorrelation (Anselin 1995)

- **LISA ικανοποιεί δύο απαιτήσεις**
 - δείχνει τη σημαντική χωρική συσσώρευση για κάθε θέση
 - Το άθροισμα LISA είναι ανάλογο προς έναν σφαιρικό δείκτη χωρικής σχέσης
- **Τύποι του LISA είναι σφαιρικές στατιστικές όπως**
 - τοπικό Moran, τοπικό Geary, τοπικό Γάμμα



Χρήση του LISA

- **Προσδιορίστε τα σημεία που ξεχωρίζουν**
 - σημαντικές τοπικές συστάδες (clusters) ελλείπει σφαιρικής αυτοσυσχέτισης
 - μερικές περιπλοκές παρουσία σφαιρικής αυτοσυσχέτισης (πρόσθετη ετερογένεια)
 - σημαντικοί τοπικοί outliers
 - υψηλές τιμές που περιβάλλονται από χαμηλές και αντίστροφα
- **Δείξτε την τοπική αστάθεια**
 - τοπικές αποκλίσεις από το σφαιρικό πρότυπο της χωρικής αυτοσυσχέτισης



Τοπικό Moran



Τοπικό Moran

➤ Τοπική στατιστική Moran

- $I_i = (z_i / m_2) \sum_j w_{ij} \cdot z_j$
- $\sum_i I_i = N \cdot I$

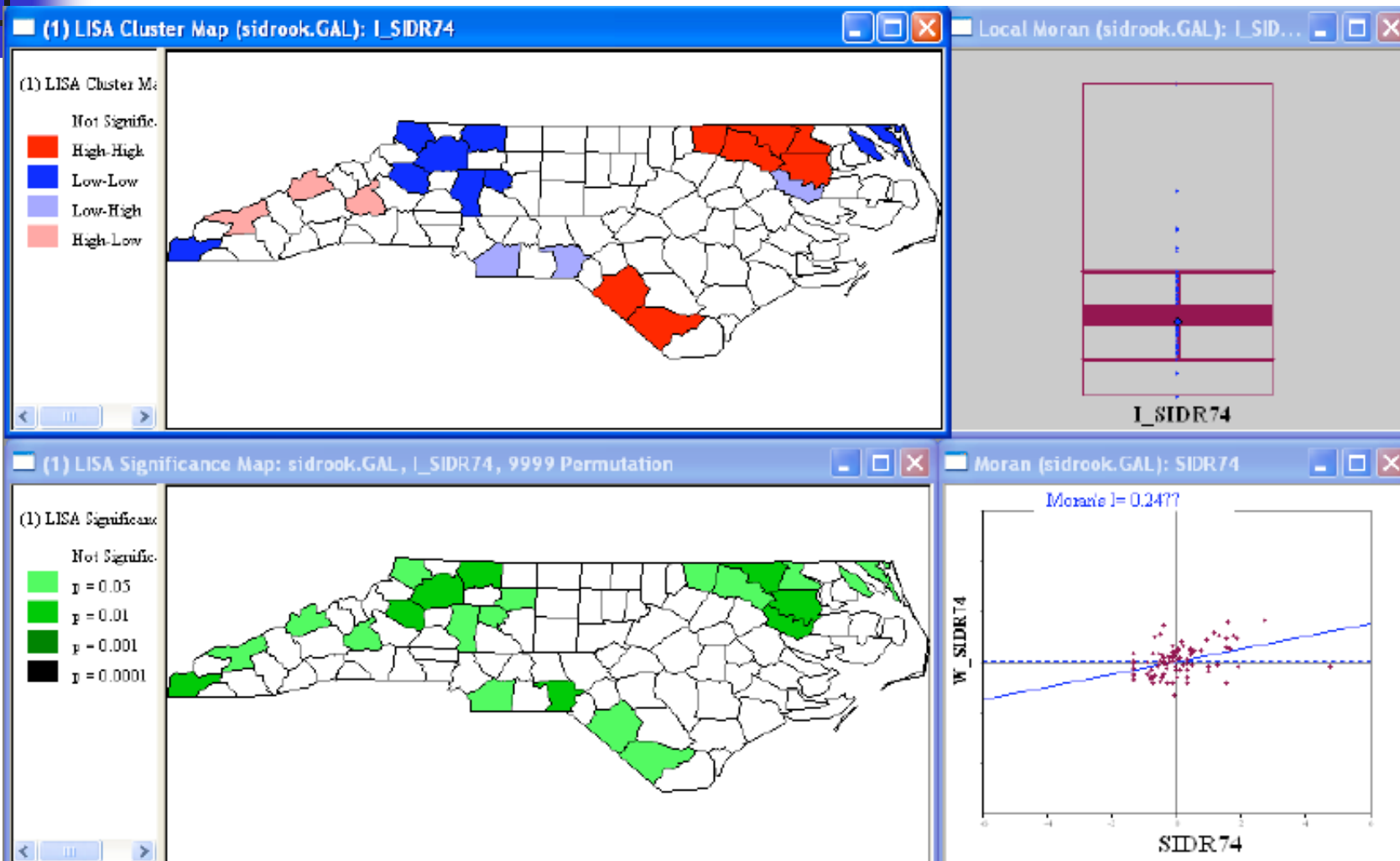
➤ Συμπέρασμα

- υπόθεση τυχαιοποίησης
- Μεταλλαγή (permutation) υπό όρους
- τοπική εξάρτηση ή ετερογένεια;

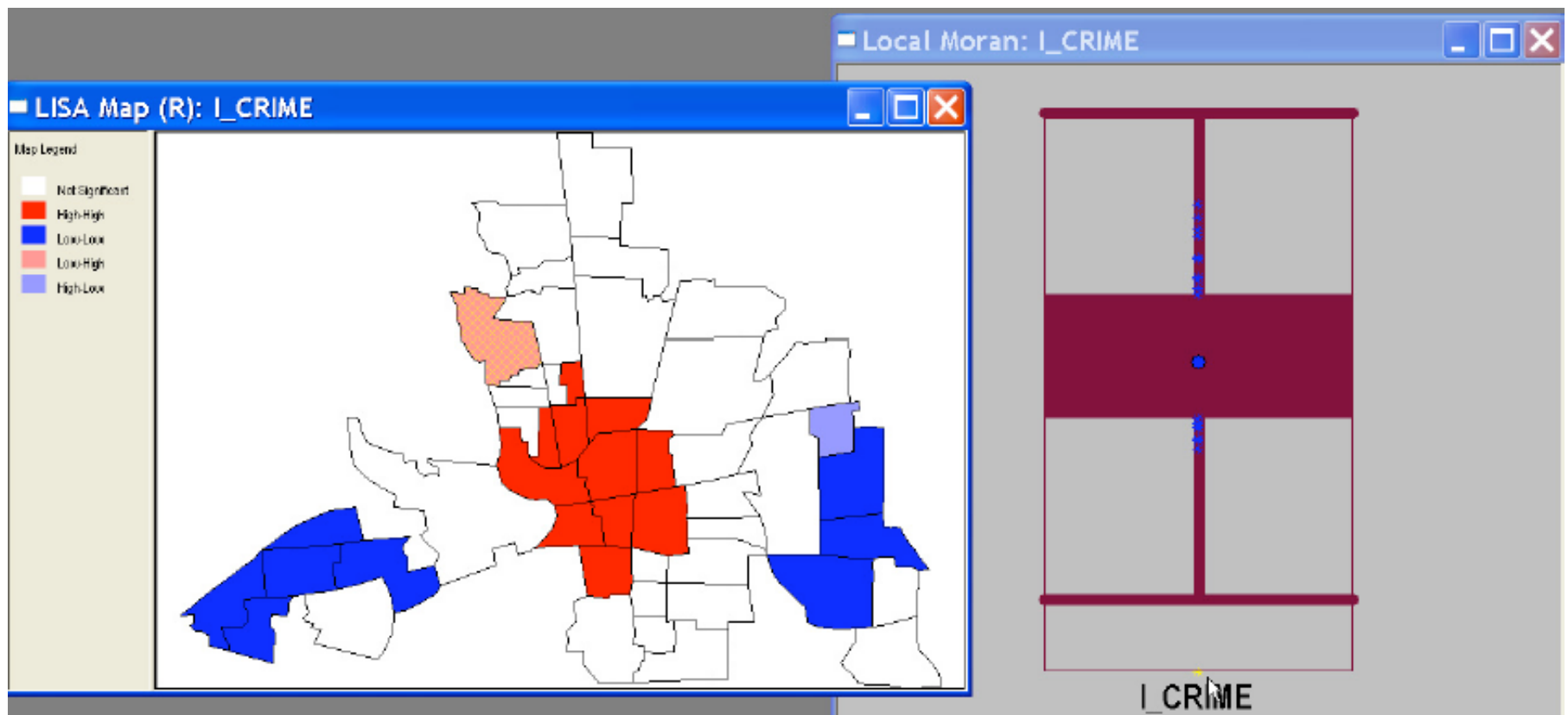
➤ Απεικόνιση

- Χάρτης LISA και χάρτης σημαντικότητας Moran

XAPTEΣ LISA



Outliers σε τοπικό Moran





Ερμηνεία και περιορισμοί

- **Το σημαντικότερο**
 - αξιολόγηση της έλλειψης χωρικής τυχαιότητας
 - προτείνει τη "σημαντική" χωρική δομή
- **Σχέση Πολλών μεταβλητών**
 - η χωρική αυτοσυσχέτιση μιας μεταβλητής μπορεί να προκύψει από
 - Σχέση πολλών μεταβλητών
 - Μη ταίριασμα της κλίμακας
 - ανάγκη ελέγχου σε άλλες μεταβλητές = χωρική παλινδρόμηση
- **Συστάδες LISA και καυτά σημεία (clusters, hot spots)**
 - προτείνετε ενδιαφέρουσες θέσεις
 - μην εξηγήσετε



Γενικευμένο LISA

➤ Γενίκευση τοπικού Moran

- $z_{1i} \times \sum_j w_{ij} z_{2j}$
 - z_1 και z_2 διαφορετικές μεταβλητές
 - ίδια μεταβλητή σε διαφορετικούς χρόνους

➤ Συμπερασματοποίηση

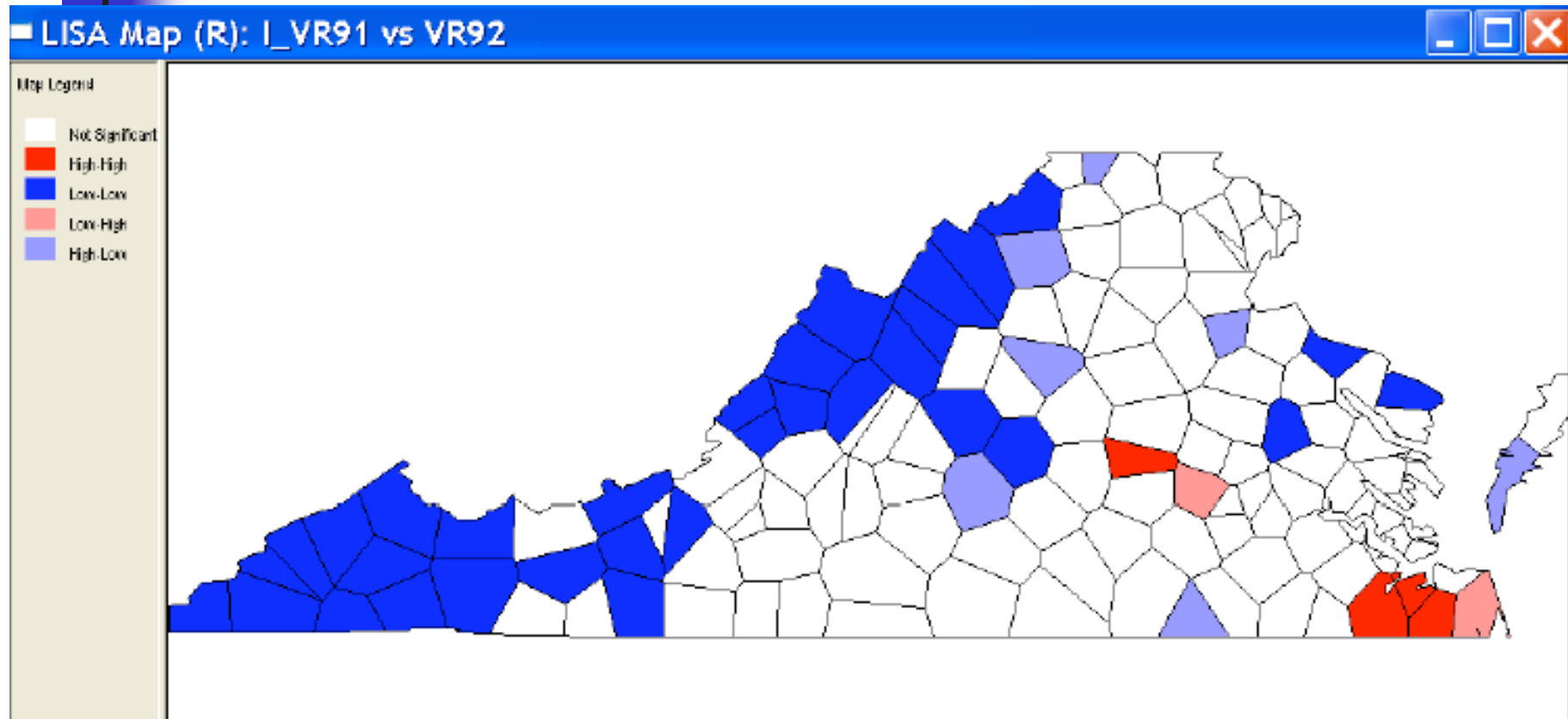
- Αρχική υπόθεση
 - τυχαία εκχώρηση μεταξύ της τιμής z_1 στο i , t και τις "γειτονικές" τιμές z_2



Πρότυπα χώρου-χρόνου

- **συστάδα χώρου-χρόνου = μεταδοτικότητα**
 - Υψηλές (επάνω από το μέσο όρο) τιμές σε μια θέση περιβαλλόμενες από υψηλές τιμές σε διαφορετικό χρόνο
 - Συγκρίνετε με τις υψηλές-υψηλές τιμές στον ίδιο χρόνο
 - Παρόμοια αλλά με χαμηλές-χαμηλές τιμές
- **outlier στο χώρο-χρόνο = αλλαγή**
 - Υψηλός (επάνω από το μέσο όρο) που περιβάλλεται από χαμηλό (κάτω από το μέσο όρο) σε διαφορετικό χρόνο
 - Παρόμοια αλλά με χαμηλό-υψηλό
- **Σημαντικότητα βασισμένη στη μεταλλαγή (permutation)**

Χάρτες LISA χώρου-χρόνου





ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ G



Στατιστικές απόστασης για Τοπική χωρική εξάρτηση

➤ **Getis-Ord G_i και G_i^***

- μια στατιστική για κάθε θέση
- συνάφεια ως ζώνες απόστασης, $w_{ij}(d)$

➤ **Στατιστική G_i**

- δεν περιλαμβάνει την παρατήρηση i
- $G_i = \frac{\sum_j w_{ij}(d) \cdot y_j}{\sum_j y_j}$

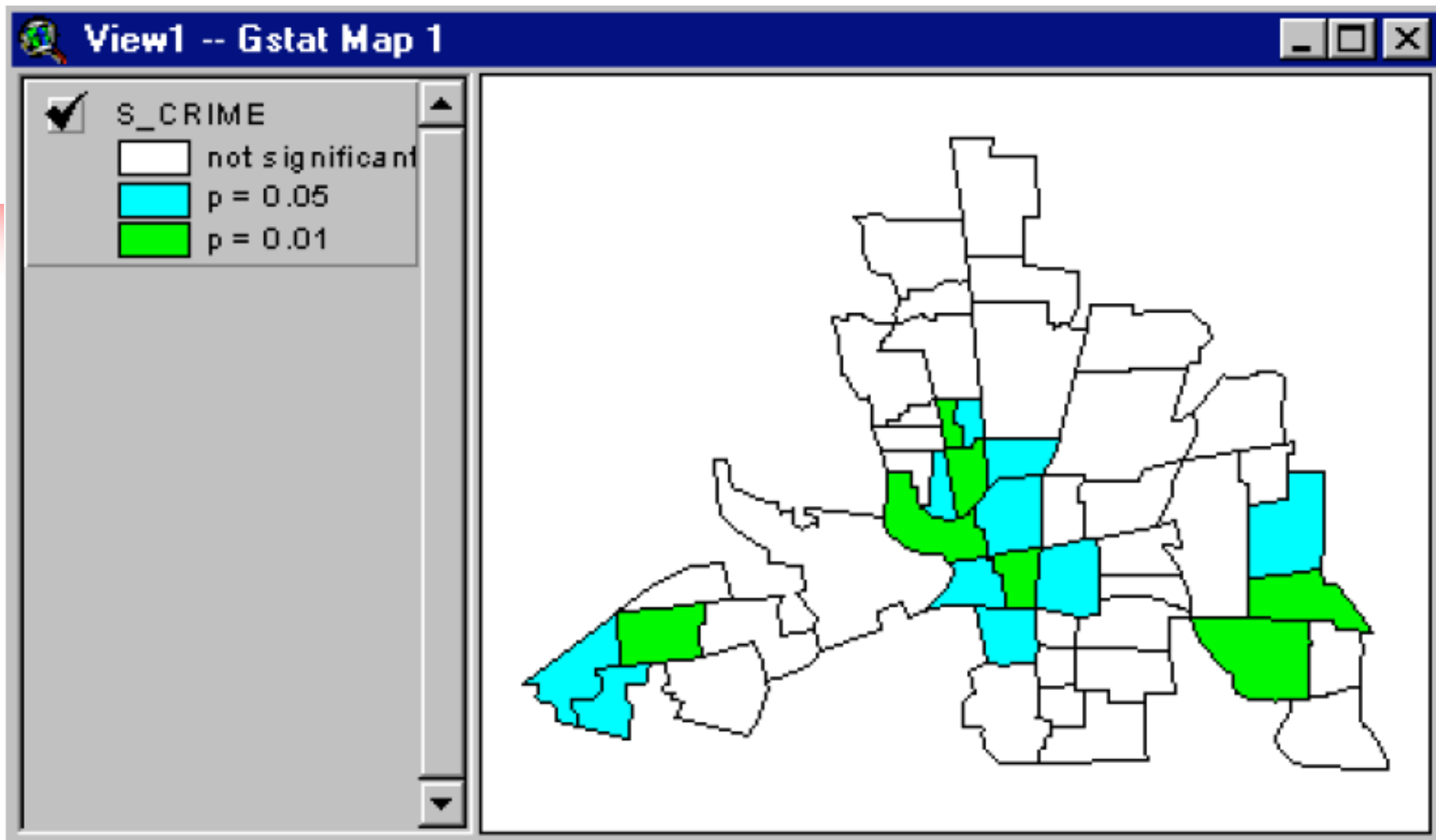
■ **Στατιστική G_i^***

- περιλαμβάνει την παρατήρηση i στο άθροισμα



Ερμηνεία των στατιστικών G_i

- **Τοπική χωρική σχέση**
 - θετική: συστάδες με υψηλές τιμές
 - Αρνητική: συστάδες με χαμηλές τιμές
- **Συμπερασματοποίηση**
 - τυχαιοποίηση
 - μεταλλαγή (permutation)
- **Απεικόνιση**
 - χάρτης θέσεων με σημαντικό G_i ή G_i^*



Columbus crime, locations with significant G_i^*



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση

Ανάλυση Βαριογράμματος

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Προοπτική της γεωστατιστικής
- Variogram και correlogram
- Μοντελοποίηση του Variogram



Προοπτική της γεωστατιστικής



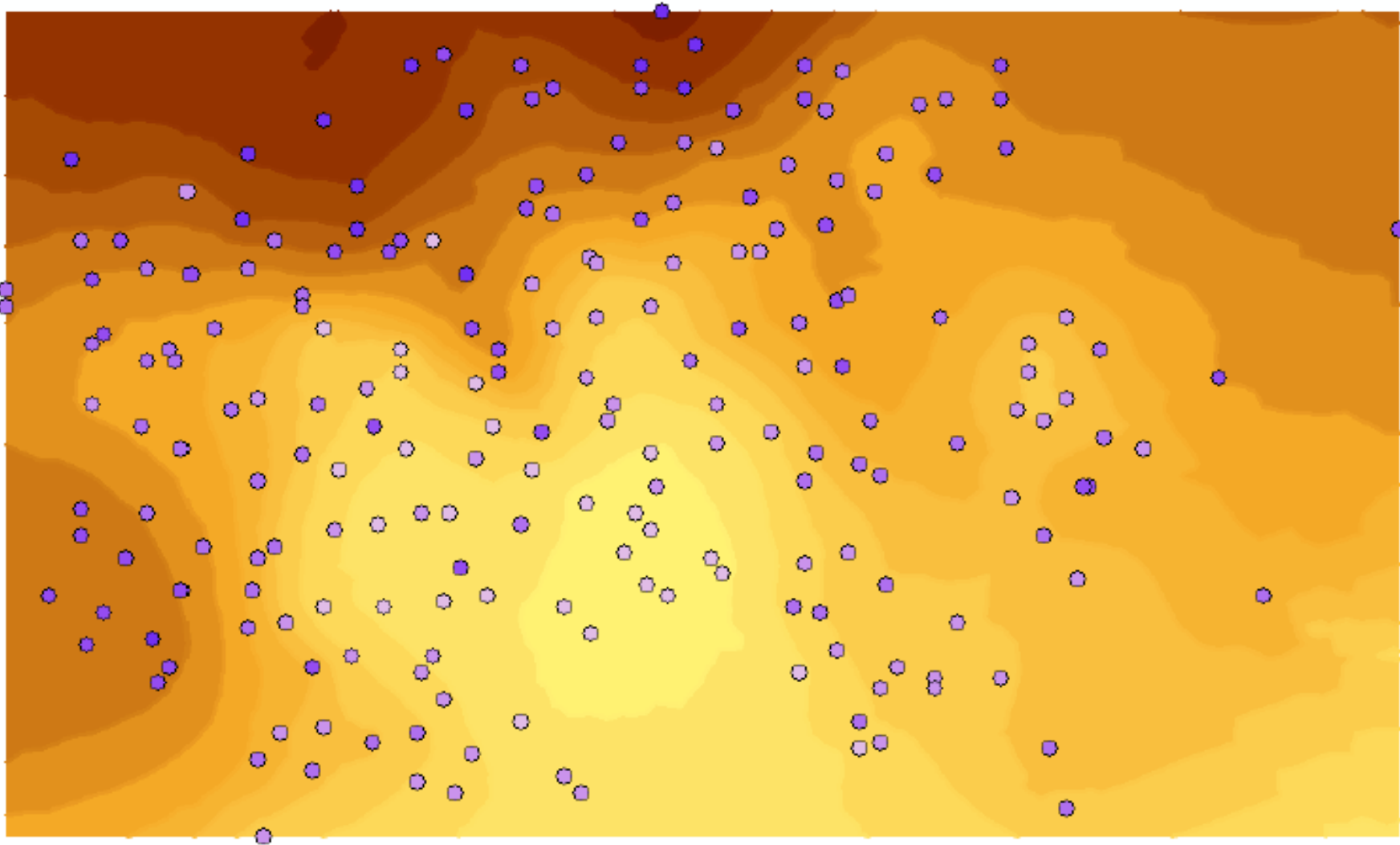
Γεωστατιστική Προοπτική

➤ Συνεχής χωρικός δείκτης

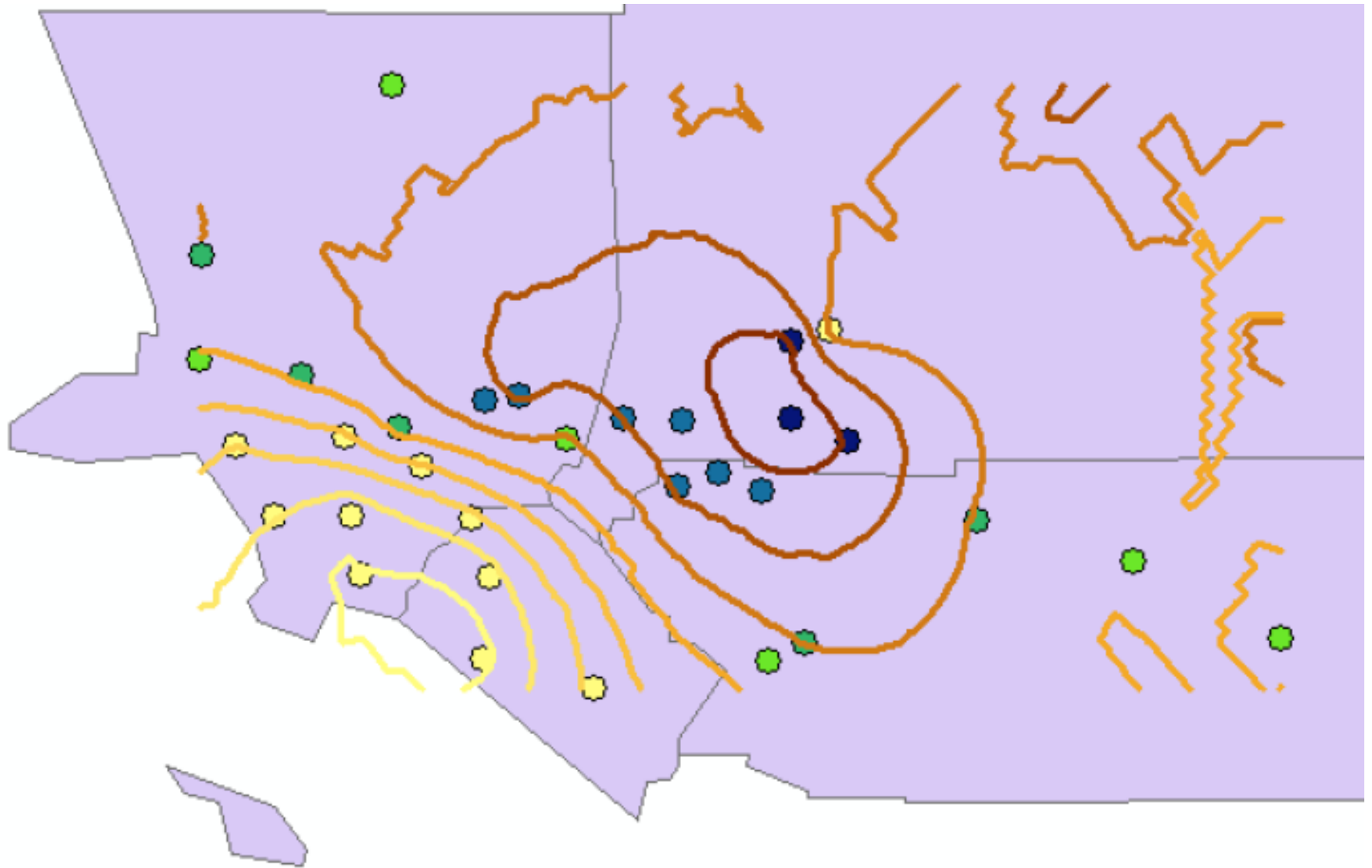
- $\{ Z(s): s \in D \}$
 - το s είναι χωρικός δείκτης
 - συνεχής στο R^d
- δείγμα χωρικών τοποθεσιών
 - s_1, s_2, \dots, s_N = τοποθεσίες
 - $Z(s_1), Z(s_2), \dots, Z(s_N)$ = τυχαία μεταβλητή τοποθεσιών

➤ Τυχαίο Χωρικό Πεδίο

- μοντέλο για μια συνεχή χωρική διαδικασία
- Μοντέλο δεδομένων πεδίου (field)



**Residential Sales Price, Baltimore MD (1980)
sample points (darker is higher) and contours**

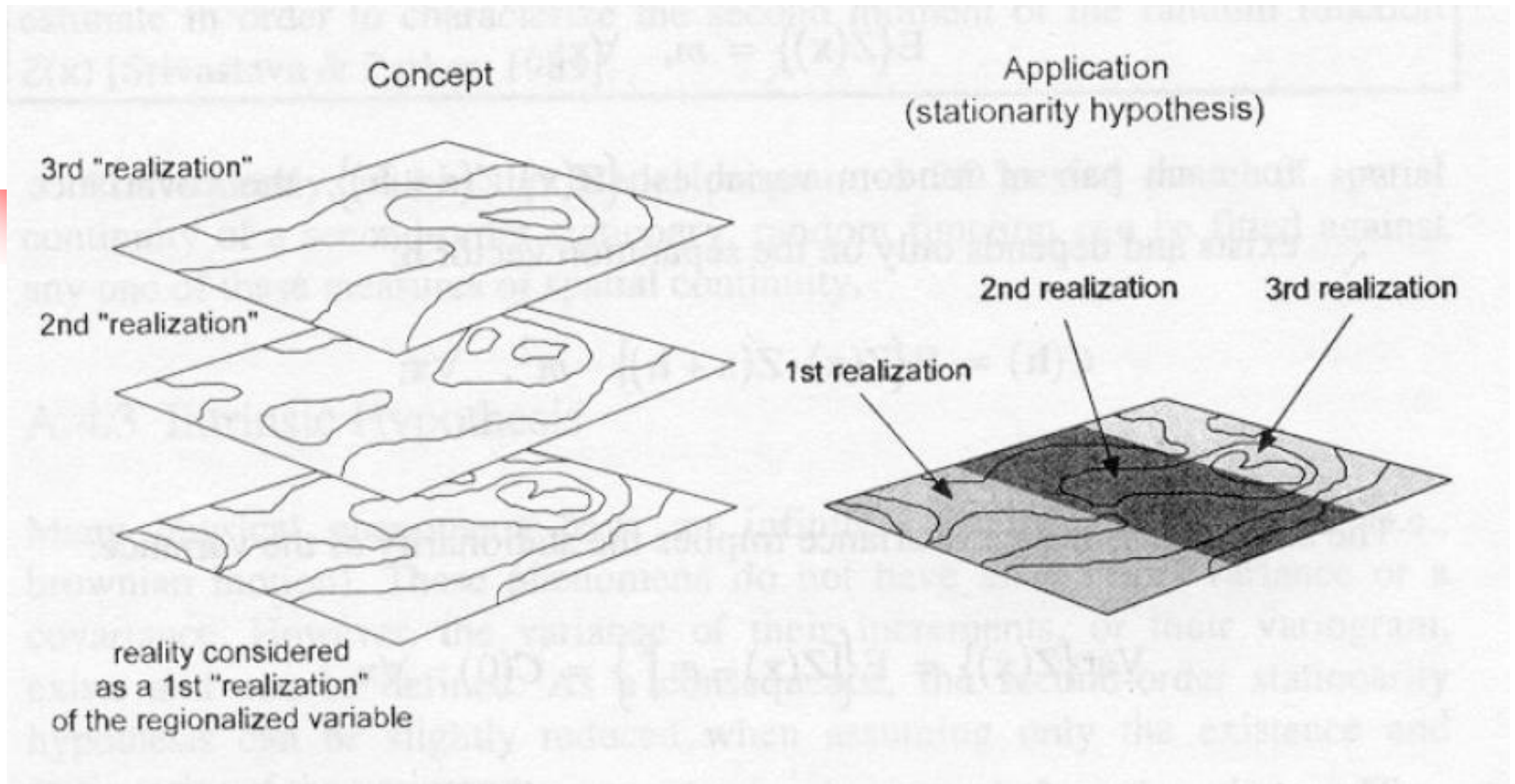


**Air Quality (Ozone) in Los Angeles Basin
Contours from Spherical Variogram Interpolation**



Εννοιολογικό πλαίσιο

- **Ισορροπία = σταθερότητα (stationarity)**
 - στοχαστική διαδικασία
 - μη πολλαπλές πραγματοποιήσεις, αλλά μονή πραγματοποίηση (realization)
 - ο χάρτης αποτελείται από μονά σημειακά δεδομένα
- **η έννοια της σταθερότητας έπρεπε να σχετίζεται το δείγμα (= μονή παρατήρηση) του πληθυσμού**
 - Αν και υπάρχει μόνο ένα σημείο δεδομένων, πράξε σαν να υπάρχουν πολλαπλές παρατηρήσεις



Implications of Spatial Stationarity (source Y. Pannatier, Variowin)



Συνθήκες ροπής

➤ Συνθήκες στη μεταβλητότητα

- ergodicity
 - Ο μέσος όρος μονής παρατήρησης ίδιος με αυτόν των πολλαπλών παρατηρήσεων
 - εάν παρατηρείτε έναν ή πολλούς χάρτες, η πληροφορία είναι η ίδια
- πρέπει να υπάρχουν ροπές
 - καμία διασπορά στο άπειρο
- οι ροπές πρέπει να είναι "κανονικές" στο χώρο
 - Περιορισμοί: στην ετερογένεια, στη διάταξη εξάρτησης



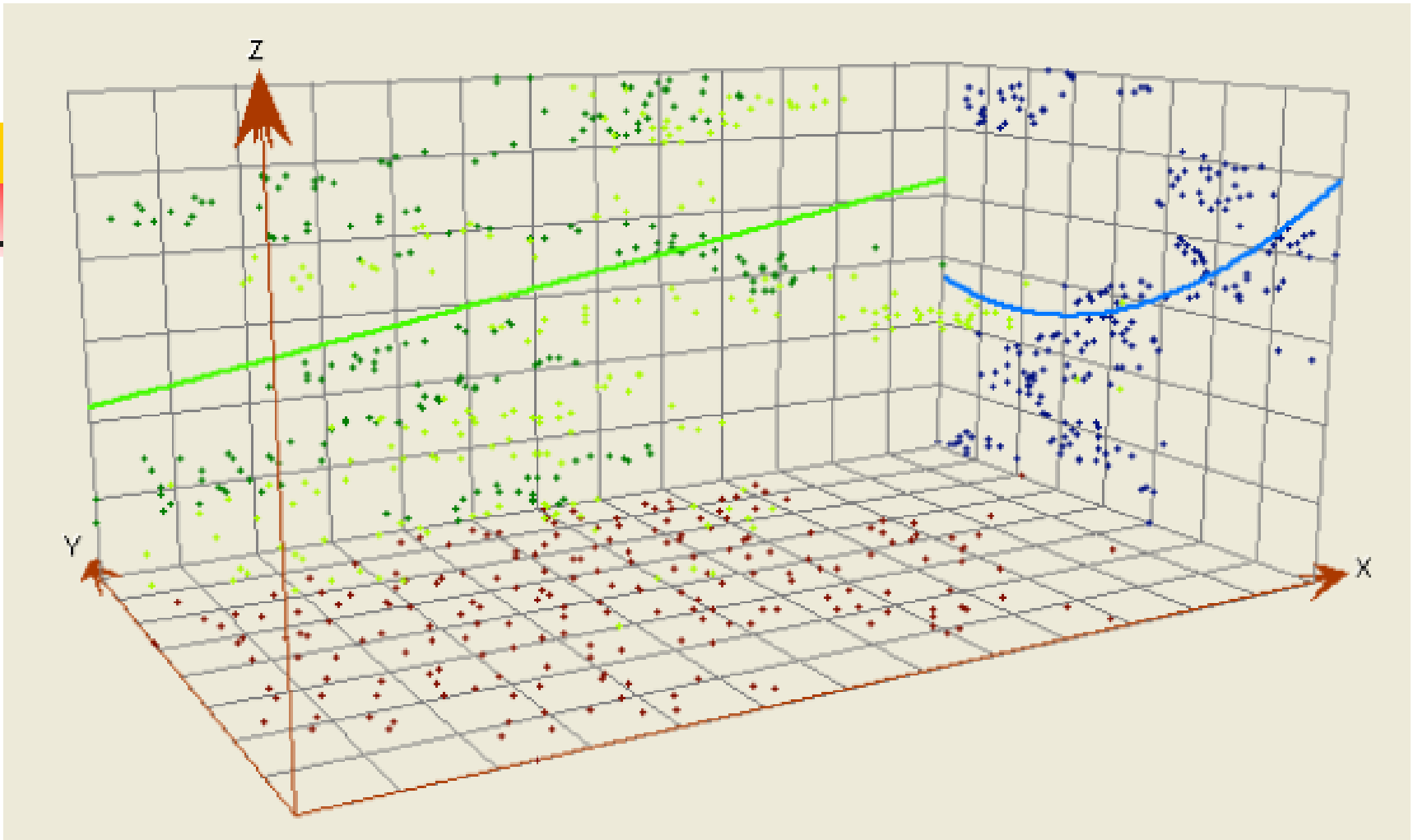
Χωρική σταθερότητα

➤ Αποκλειστική σταθερότητα

- σταθερότητα της συνάρτησης κοινής πυκνότητας πιθανότητας κάτω από τη χωρική μετατόπιση ("translation")
 - $\{ z(x_1), \dots, z(x_k) \}$ και $\{ z(x_{1+h}), \dots, z(x_{k+h}) \}$
 - πληροφορίες για τη δραστηριότητα είναι ίδιες οπουδήποτε και αν λαμβάνονται

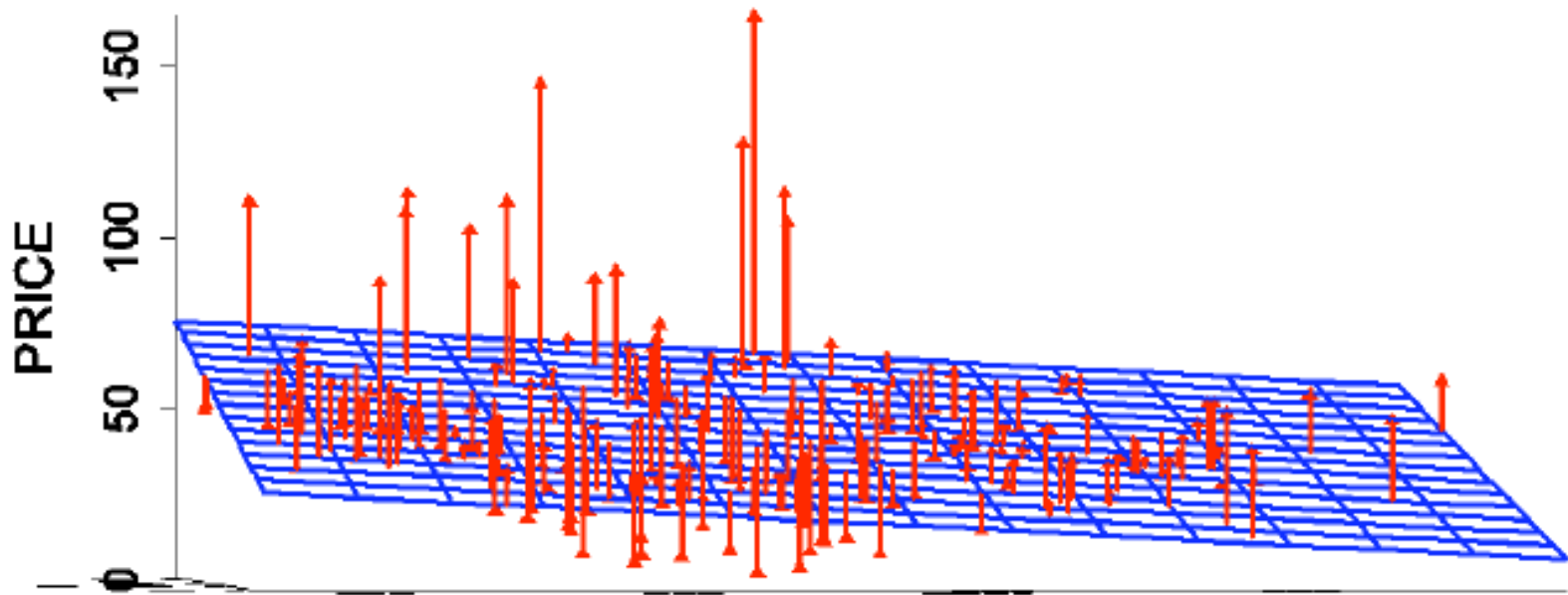
➤ Σταθερότητα ροπής

- Ροπές σταθερές όταν υπάρχει μετατόπιση
 - σταθερός μέσος όρος και σταθερή διασπορά
 - η συνδιακύμανση είναι συνάρτηση μόνο του χωρικού διαχωρισμού h



Baltimore House Sales Prices Spatial Trend Analysis

Linear Spatial Trend Baltimore House Prices



$$P = -166.02 - 0.148 X + 0.634 Y$$

$$R^2 = 0.27$$

Variogram and Correlogram



Βαριόγραμμα - Variogram

➤ Εγγενής υπόθεση

- καμία χωρική τάση
 - εάν υπάρχει κάποια τάση, την πετάμε έξω
 - τα υπόλοιπα δεν έχουν καμία τάση από την κατασκευή (μέσος όρος = 0)
- σταθερή διασπορά
- διασπορά των πρώτων διαφορών είναι συνάρτηση μόνο της μετατόπισης
 - $\text{Var} \{ Z[s+h] - Z[s] \}$
 - πώς η μεταβλητότητα της διαφοράς αλλάζει με το h



Ημιβαριόγραμμα

➤ Γενική λειτουργία βαριογράμματος

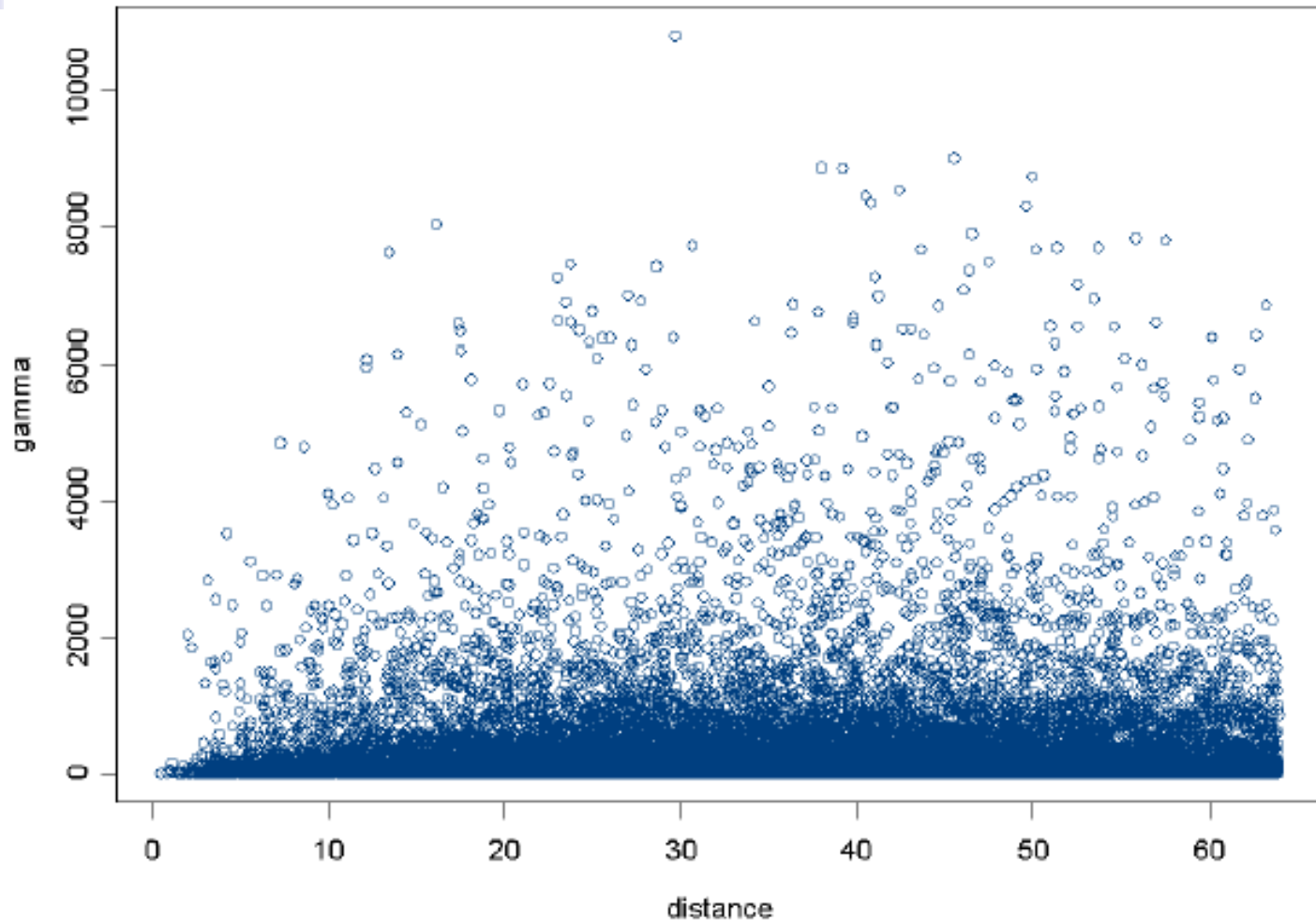
- $2\gamma(h) = \text{Var} [Z(s+h) - Z(s)]$
 - σημειώστε τον παράγοντα 2, ως εκ τούτου η $\gamma(h)$ είναι 1/2 του βαριογράμματος εξ' ου και ημιβαριόγραμμα

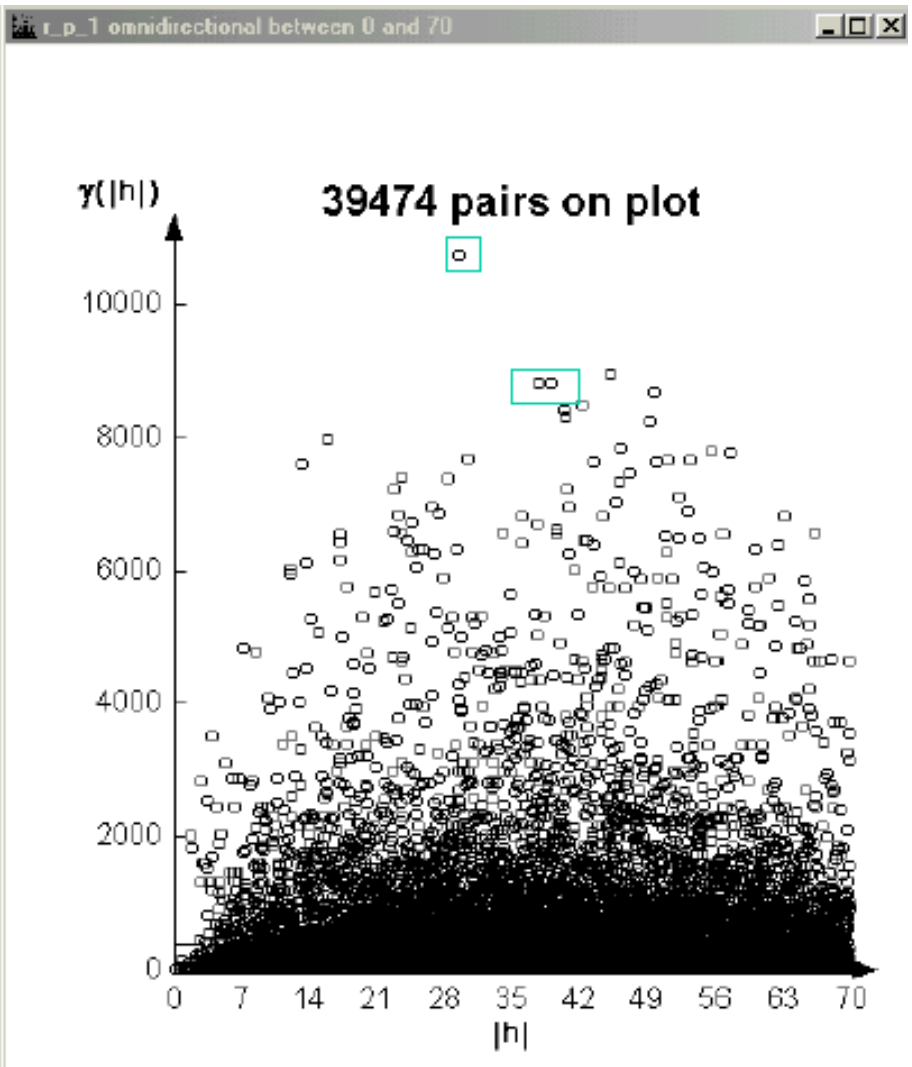
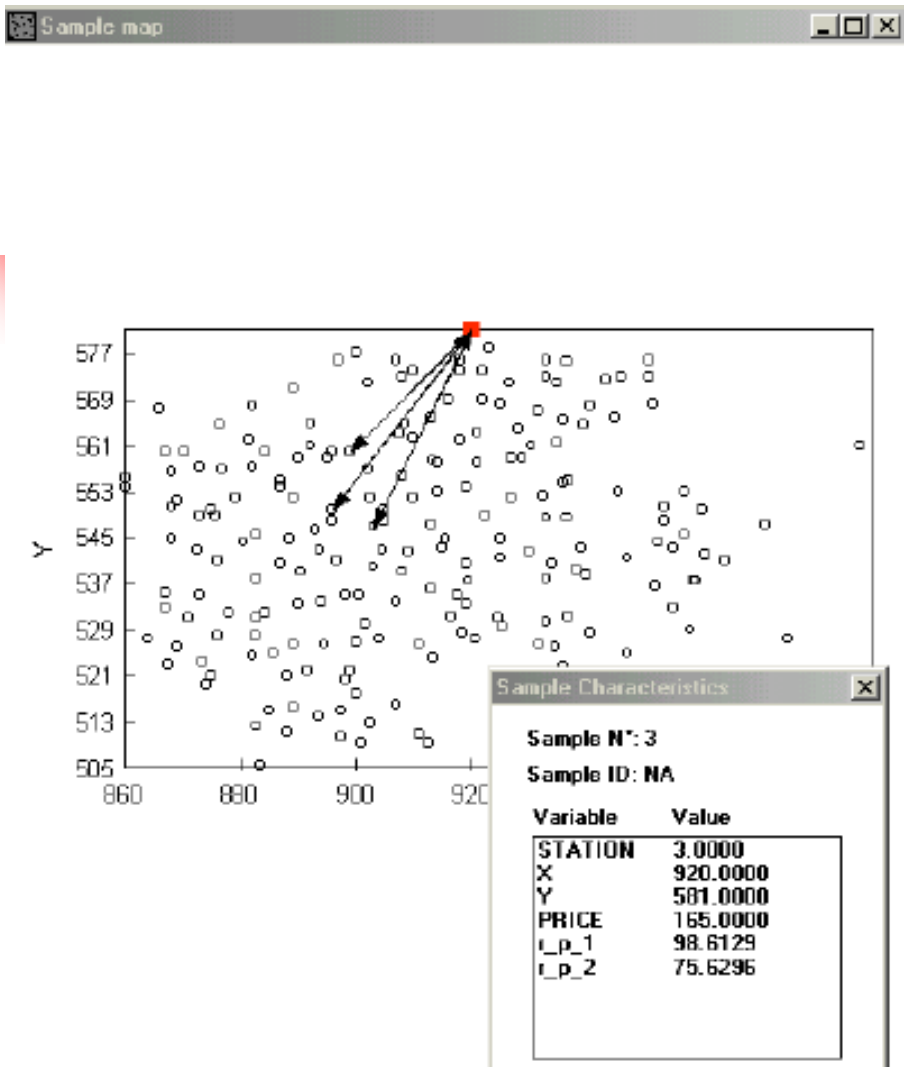
➤ Κανονική περίπτωση

- για την εγγενή υπόθεση, $E[Z(s+h)] = E[Z(s)]$
 - σταθερός μέσος όρος, ως εκ τούτου $E[Z(s+h) - Z(s)] = 0$
 - $\text{Var}[Z(s+h) - Z(s)] = E\{[Z(s+h) - Z(s)] - E[Z(s+h) - Z(s)]\}^2$
- $2\gamma(h) = E [Z(s+h) - Z(s)]^2$
 - μέσος όρος των διαφορών εις το τετράγωνο

(Semi)Variogram Cloud Plot

(residuals of Baltimore trend surface)





Brushing a Variogram Cloud Plot identification of potential outliers



Υπολογισμός βαριογράμματος

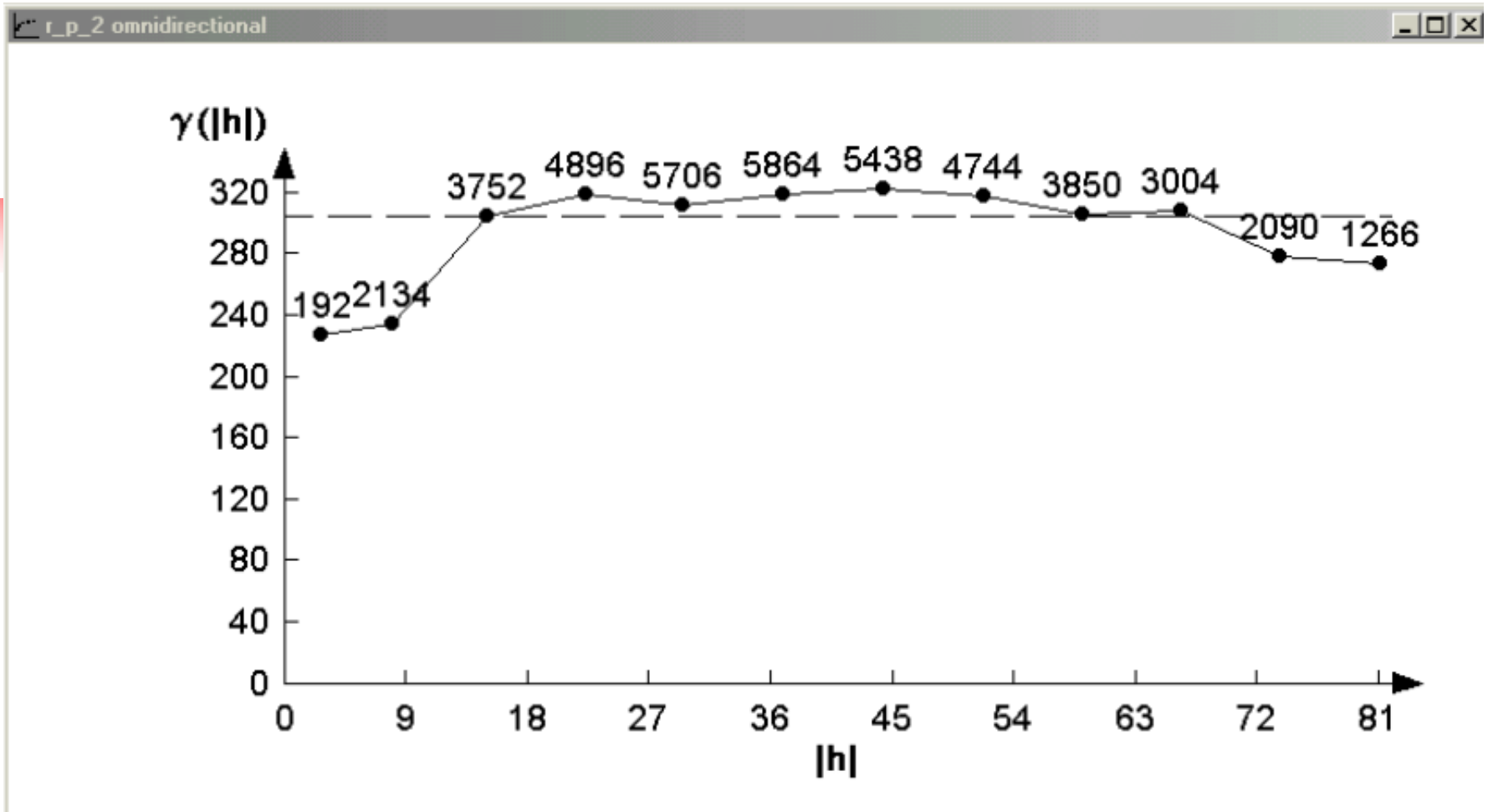
➤ Μέθοδος των ροπών

➤ $2\gamma(h) = \{ 1 / | N(h) | \} \times \sum_{N(h)} [Z(s+h)-Z(s)]^2$

- μέσος όρος των τετραγωνισμένων διαφορών με βάση την απόσταση διαχωρισμού
 - h : απόσταση διαχωρισμού
 - $N(h)$: αριθμός ζευγαριών για απόσταση διαχωρισμού h

➤ Εμπειρικές μέθοδοι

- τουλάχιστον 30 ζευγάρια σε κάθε σύνολο υπολογισμών
- $h < D / 2$ (D είναι η μέγιστη απόσταση)
 - απόσταση αξιοπιστίας



Variogram for residuals from second order trend surface



Covariogram - Συνβαριόγραμμα

- **Σταθερότητα Δεύτερου Βαθμού**
 - συνδιακύμανση "κανονική" στο χώρο
 - παραδοχές ισχυρότερες απ' ό,τι για (ημι)βαριόγραμμα
 - καθορίστε την κανονικότητα για ροπές δευτέρου βαθμού
- **Covariogram**
 - $C(h) = \text{Cov} [Z(s+h), Z(s)]$
 - συνδιακύμανση ως συνάρτηση "της απόστασης" h
 - $C(0) = \text{Var} [Z(s)]$
 - σε μηδενική απόσταση, συνδιακύμανση = διασπορά της διαδικασίας



Correlogram - Συσχετόγραμμα

➤ Correlogram

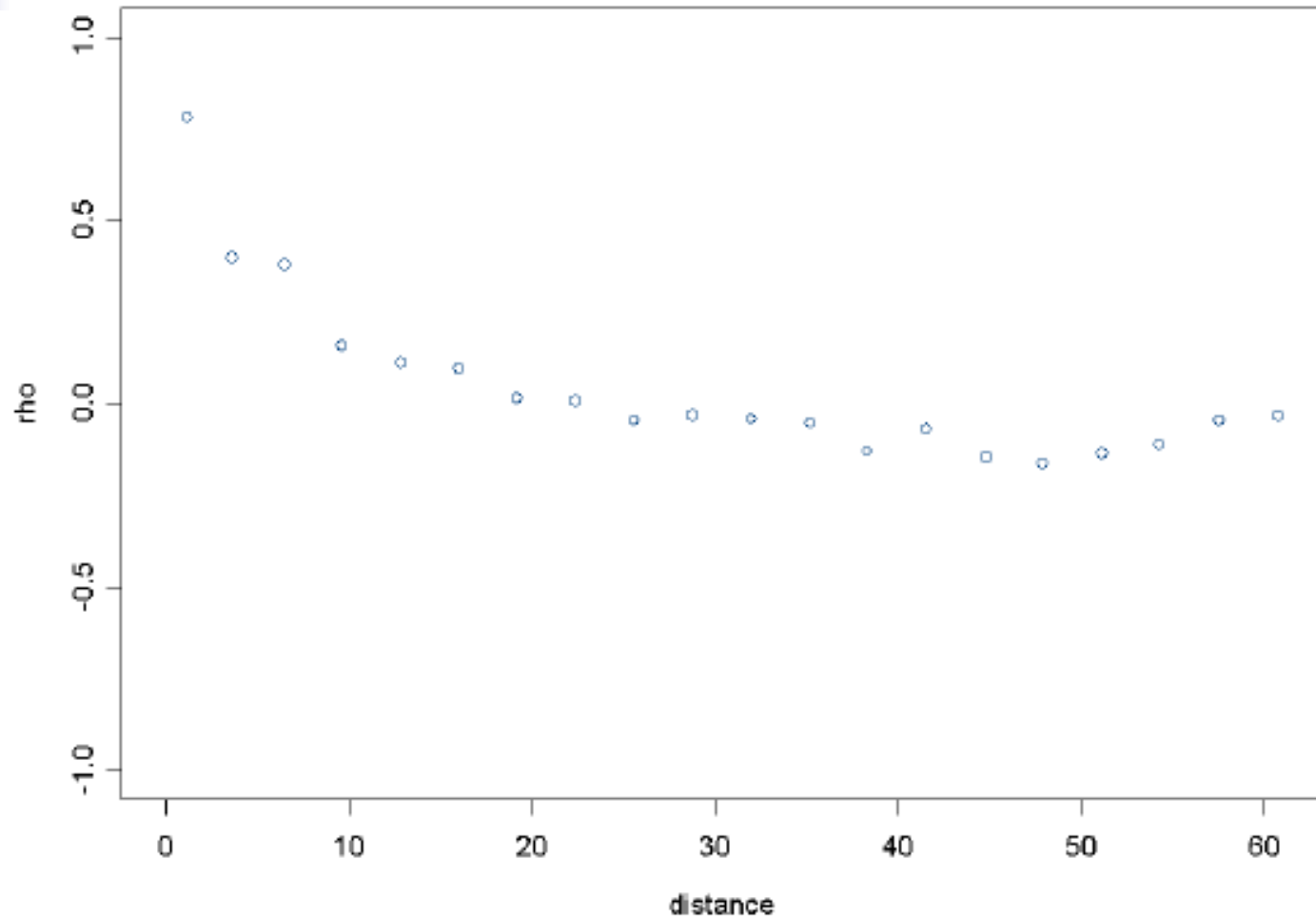
- $\rho(h) = C(h) / C(0)$
- έννοια της συνάρτησης "αυτοσυσχέτισης"
- covariogram $C(h)$ που κανονικοποιείται από τη διαφορά $C(0)$

➤ Ημι- Variogram και correlogram

- $2\gamma(h) = E \{ [Z(s+h) - Z(s)]^2 \} = 2 E \{Z(s)\}^2 - 2 E \{Z(s+h) \cdot Z(s)\}$
- $\gamma(h) = C(0) - C(h)$
- Το correlogram ελαττώνει με την απόσταση
- Το semivariogram αυξάνει με την απόσταση

Correlogram

(Baltimore trend surface residuals)





Μοντελοποίηση Βαριογραμμάτων



Range και Sill (σειρά και φλέβα)

➤ Η Συμπεριφορά του ορίου

- $\gamma(h) = C(0) - C(h)$
- όταν $h \rightarrow \infty$, $C(h) \rightarrow 0$ ή $\gamma(h) \rightarrow C(0)$
 - όριο στο range (σειρά) της εξάρτησης

➤ Sill (φλέβα)

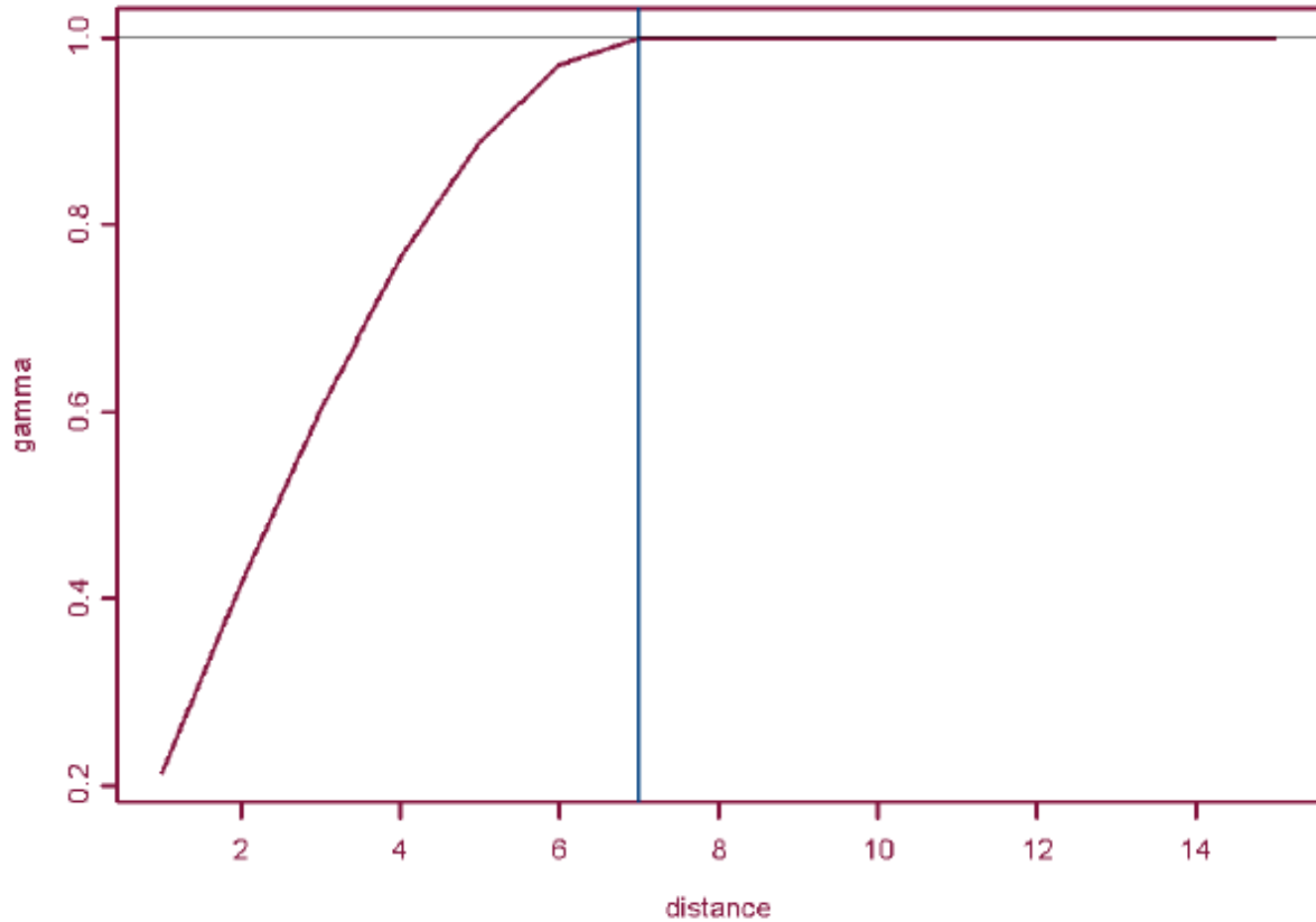
- Το $C(0)$ είναι Sill (φλέβα) = $\text{Var}[Z(s)]$

➤ Range (διάστημα)

- h s.t. $\gamma(h) = C(0)$ είναι range (σειρά)
 - Χρησιμοποίησε το διάστημα στη χωρική δειγματοληψία
 - η range (διάστημα) είναι απόσταση πέρα από την οποία δεν υπάρχει καμία χωρική αυτοσυσχέτιση

Theoretical Spherical Variogram

sill = 1



range = 7



Επίδραση του Nugget (ψήγμα)

- **Συμπεριφορά κοντά στο $h = 0$**
 - $\gamma(h) \rightarrow c_0 > 0$ καθώς $h \rightarrow 0$
 - μη πιθανό από μαθηματική άποψη
 - $\gamma(0) = 0$ εξ ορισμού
- **Ερμηνεία της επίδρασης του Nugget (ψηγμάτων)**
 - λάθος μέτρησης για $h < h_{\min}$
 - προβλήματα κλίμακας



Έγκυρα μοντέλα Βαριογράμματος

- **Συνθήκες ροπής**
 - $C(\bullet)$ θετικό και προσδιοριστέο για κάθε h
 - $\gamma(\bullet)$ αρνητικό και προσδιοριστέο για κάθε h
- **Ισοτροπικά μοντέλα βαριογράμματος**
 - $\gamma(h, \theta) = 0$ για $h = 0$
 - $\gamma(h, \theta)$ ίδιο σε όλες τις κατευθύνσεις
- **Μη-ισοτροπικά μοντέλα**
 - κατεύθυνσης
 - διαφορετικό βαριόγραμμα σε διαφορετικές κατευθύνσεις

Παραδείγματα των μοντέλων βαριογράμματος

➤ Σφαιρικά

- $\gamma(h, \theta) = c_0 + c_s \{1.5h/a - 0.5(h/a)^3\}$
για $0 < h \leq a$

$$= c_0 + c_s \quad \text{για } h \geq a$$

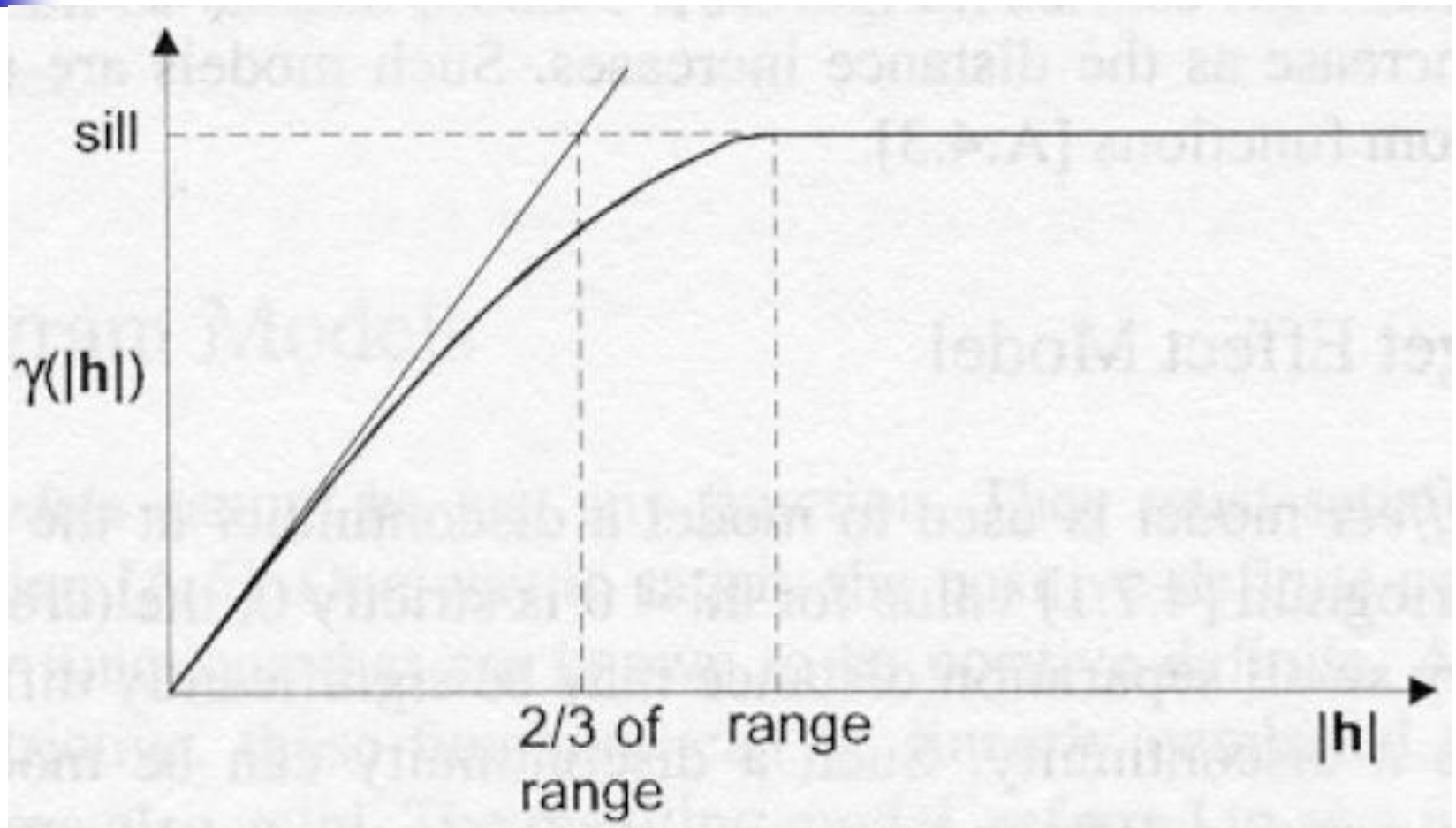
- c_0 = nugget effect, $c_0 + c_s$ = sill, a = range

➤ Εκθετικά

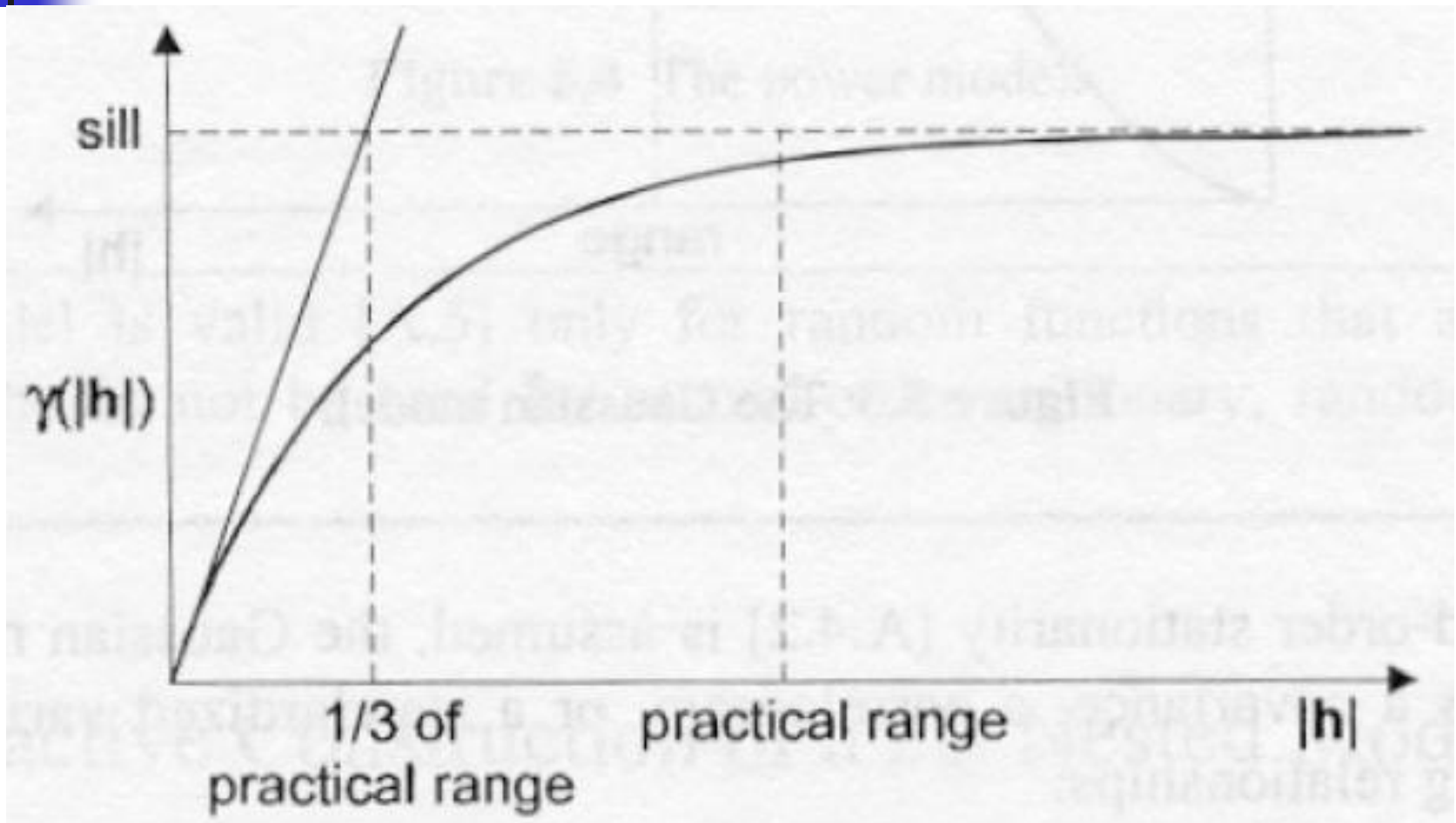
- $\gamma(h, \theta) = c_0 + c_s \{1 - e^{-(3h/a)}\}$

- το a είναι "πρακτικό διάστημα" το 95% του ασυμπτωτικού διαστήματος (range)

Spherical Variogram



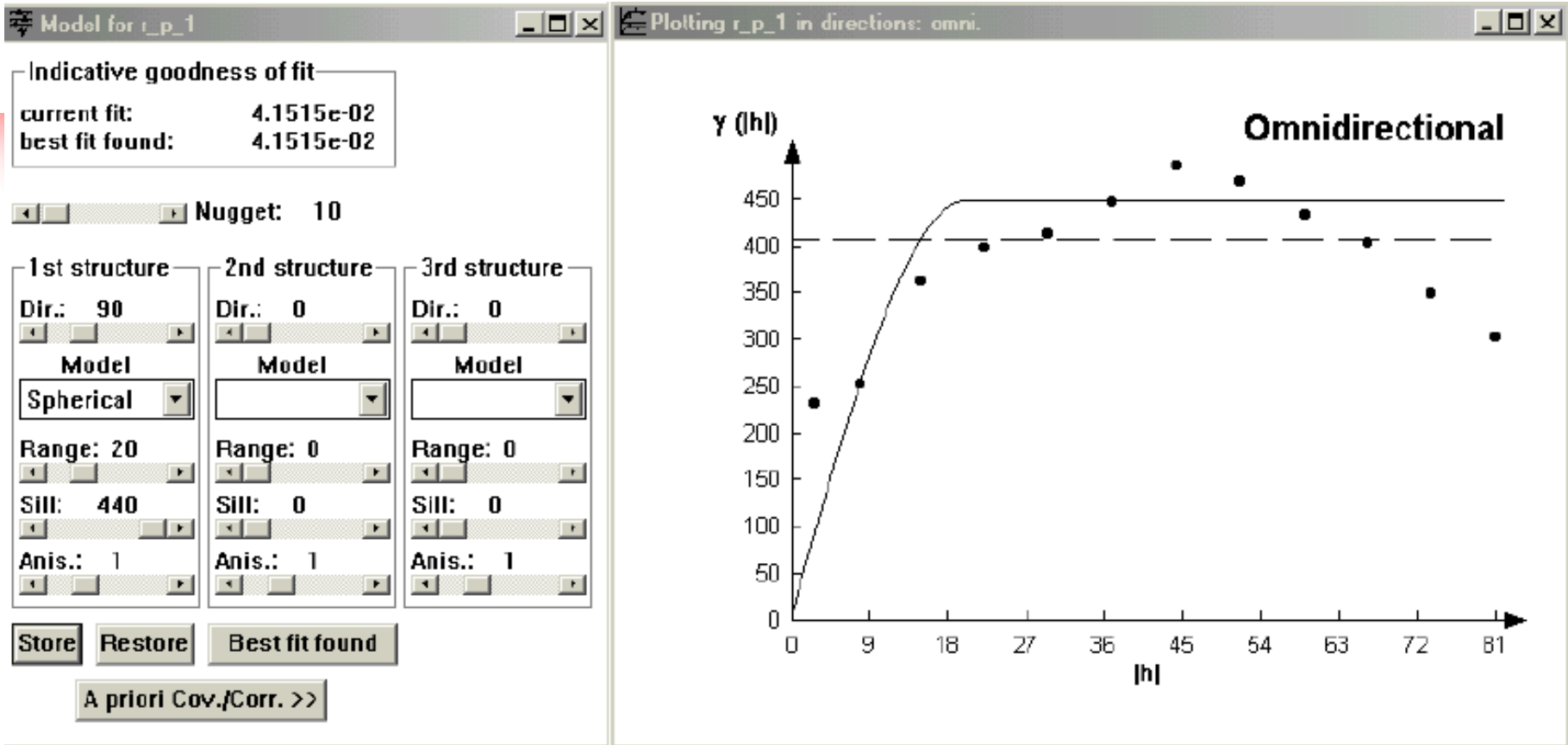
Exponential Variogram



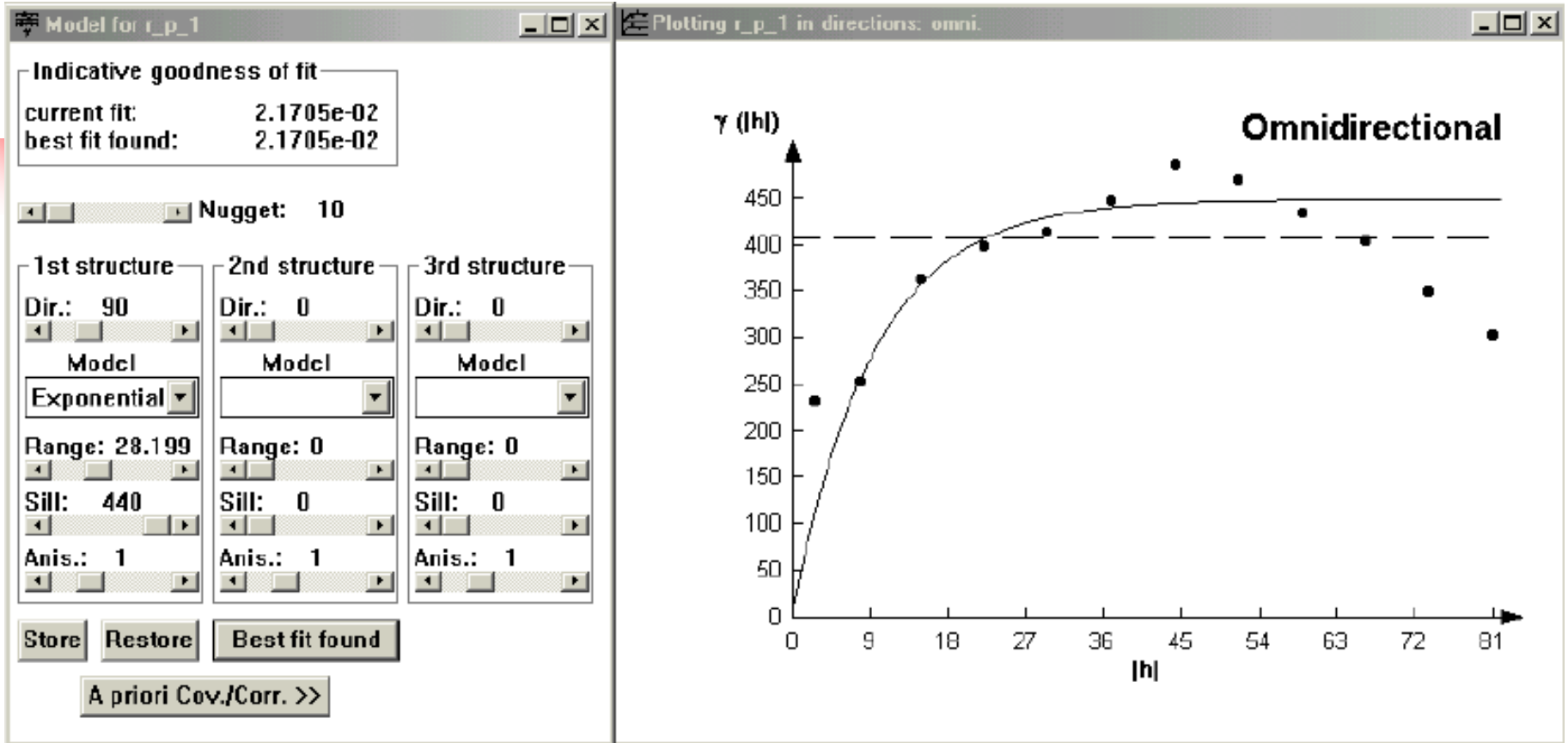


Ταίριασμα ενός μοντέλου Βαριογράμματος

- **Εκτίμηση Παραμέτρων**
 - από το εμπειρικό βαριόγραμμα
 - χρήση μεθόδων
 - μη γραμμικό με ελάχιστα τετράγωνα
 - Σταθμισμένα ελάχιστα τετράγωνα
 - "βολβός του ματιού" (eyeball)
- **Οι παράμετροι πρέπει να ικανοποιούν συνθήκες**
 - διάστημα ορισμού παραμέτρων



Fit of Spherical Variogram Model to Baltimore Residuals



Fit of Exponential Variogram Model to Baltimore Residuals



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ



Χωρική Ανάλυση Kriging

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ



GIS και χωρική ανάλυση

Το υλικό για τις σημειώσεις αυτές πάρθηκε από το :

Εργαστήριο Χωρικής ανάλυσης
Τμήμα Γεωργικής και καταναλωτικής οικονομίας
Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Ουρμπάνα-Σαμπαίν
<http://sal.agecon.uiuc.edu>

- © 1999-2003 Luc Anselin



Περίληψη

- Αρχές
- Μοντέλα Kriging
- Χωρική παρεμβολή



Αρχές



Χωρική πρόβλεψη

- **Μοντέλο χωρικής μεταβλητότητας**
 - τάση μεγάλης κλίμακας + τάση μικρής κλίμακας αυτοσυσχέτιση
 - $Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s)$
- **Προβλεφτής (Predictor)**
 - Μοντέλο για τάση μεγάλης κλίμακας για άγνωστες θέσεις
 - χρησιμοποίησε χωρική δομή στα υπόλοιπα για να γίνει βελτίωση της πρόβλεψης



Kriging

➤ Αρχή

- λάβετε τον καλύτερο γραμμικό αμερόληπτο προβλεφτή, BLUP
- λάβετε υπόψη τη δομή της συνδιακύμανσης σαν συνάρτηση της απόστασης

➤ Ο Καλύτερος προβλεφτής (Predictor)

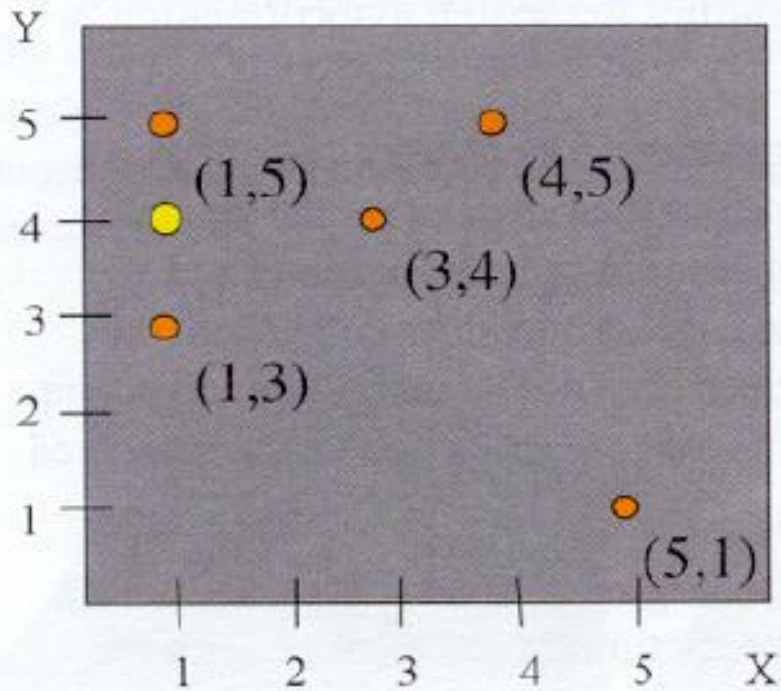
- αμερόληπτος: $E[y^p - Y] = 0$ ή κανένα συστηματικό σφάλμα
- ελάχιστη διασπορά ανάμεσα στο γραμμικό αμερόληπτο
- μερικοί μη γραμμικοί προβλεφτές θα μπορούσαν να είναι καλύτεροι



Χρήση της συνδιακύμανσης

➤ Συνδιακύμανση μια συνάρτηση της απόστασης

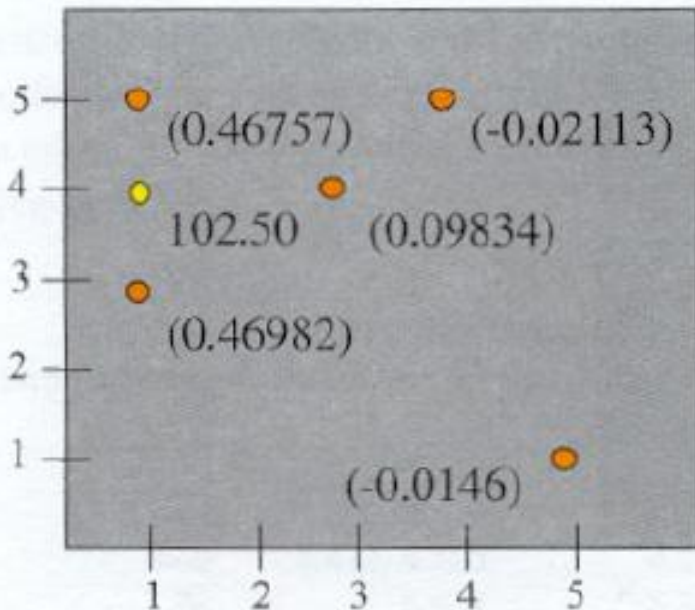
- προβλέψτε για τις νέες θέσεις s με βάση την απόσταση μεταξύ των ζευγαριών
 - συνδιακύμανση μεταξύ νέου και παρατηρηθέντος
 - Χρησιμοποιεί την απόσταση μεταξύ s και όλων των s_i
 - συνδιακύμανση μεταξύ παρατηρηθέντων
 - Χρησιμοποιεί την απόσταση μεταξύ όλων των s_i, s_j
- $y^p(s) = \sum_i \lambda_i(s) \gamma(s_i)$
 - γραμμικός προβλεφτής στο Y
 - τα βάρη λ πρέπει να παρθούν



Values:

at (1,5) observe = 100
 at (3,4) observe = 105
 at (1,3) observe = 105
 at (4,5) observe = 100
 at (5,1) observe = 115

Observed Values at s_i



Values:

(1,5) = 100
 (3,4) = 105
 (1,3) = 105
 (4,5) = 100
 (5,1) = 115

Predicted Values for s_0

Kriging as a Linear Interpolator (Source: ESRI 2001)



Kriging Βάρη

➤ Βέλτιστα βάρη

- ως λύση μιας διαδικασίας βελτιστοποίησης
- αμερόληπτα και ελάχιστο μέσο τετραγωνικό σφάλμα

➤ Απλό Kriging (αγνοήστε το μέσο όρο)

- $\lambda(s) = C^{-1}c(s)$
 - C είναι ο πίνακας συνδιακύμανσης για όλα τα i, j
 - στην πράξη, χρησιμοποίησε ένα κινούμενο παράθυρο με αντίστοιχες διαστάσεις (διαστατικότητα)
 - $c(s)$ είναι η συνδιακύμανση μεταξύ του s και του s_j ως συνάρτηση της απόστασης μεταξύ του s και του s_j από το μοντέλο βαριόγραμμα



Προβλεφτής Kriging

➤ Προβλεφθείσα τιμή

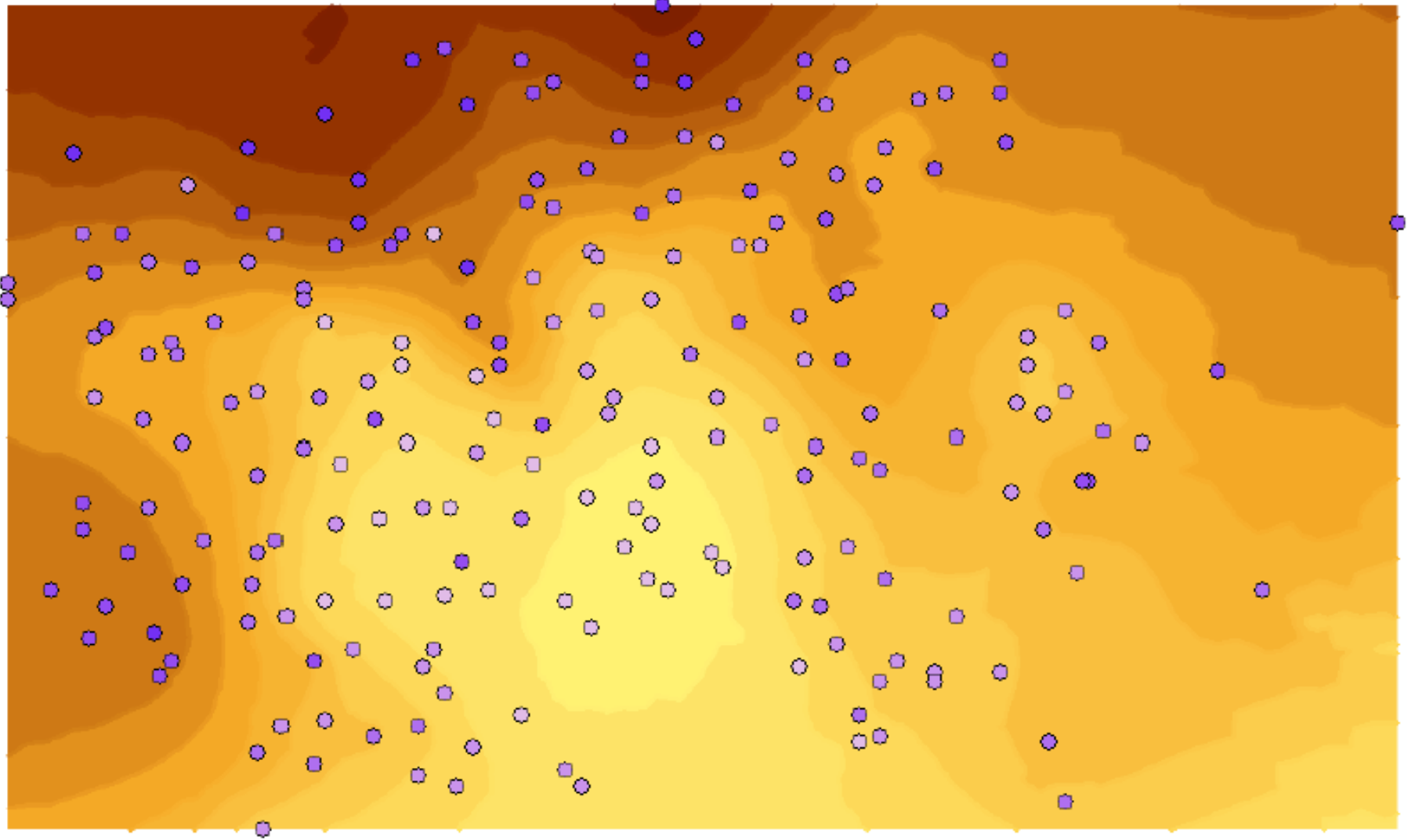
- παρόμοια με τη λύση ελαχίστων τετραγώνων
- $y^p(s) = c^T(s)C^{-1}y$
 - με το c , y ως διανύσματα, C πίνακας

➤ Διασπορά Kriging

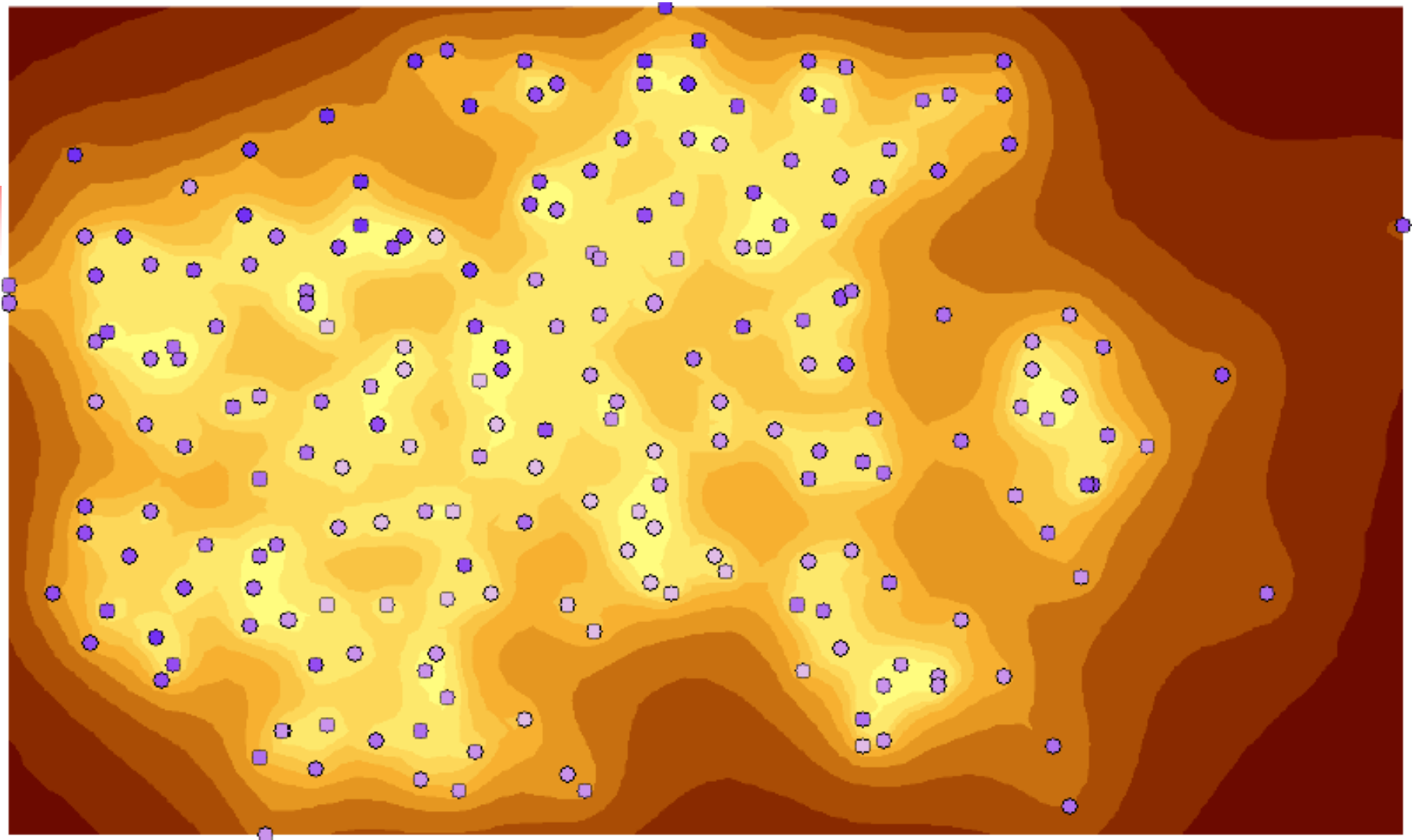
- αβεβαιότητα της παρεμβαλλόμενης τιμής
- $\sigma_p^2 = \sigma^2 - c^T(s)C^{-1}c(s)$
 - σ^2 είναι διασπορά της διαδικασίας $c(h=0)$

■ Πρακτικές εκτιμήσεις

- Λαμβάνεται υπόψη η αβεβαιότητα στην εκτίμηση του C
- αφαιρέστε την τάση (εκτίμηση)



Predicted Value Map



Standard Errors of Spatial Interpolation



Μοντέλα Kriging



Μοντέλα Kriging

- **Ταξινόμηση**
 - διαφορετικές διατυπώσεις για το $Z(s)$ και $\mu(s)$
- **απλό, συνηθισμένο, καθολικό Kriging**
 - μέσος όρος $\mu(s)$ γνωστός, σταθερός ή μεταβλητός
- **διαζευτικό, ενδεικτικό, πιθανότητας Kriging**
 - μετασχηματισμοί του $Z(s)$
 - Για τη μοντελοποίηση της επιρροής των ακρότατων κατωφλίων
- **Kriging μπλοκ**
 - τοπική συνάθροιση



Επίσημα μοντέλα Kriging

➤ **Απλό Kriging**

- $Z(s) = \mu + e(s)$
- μ γνωστό και σταθερό (καμία εκτίμηση)

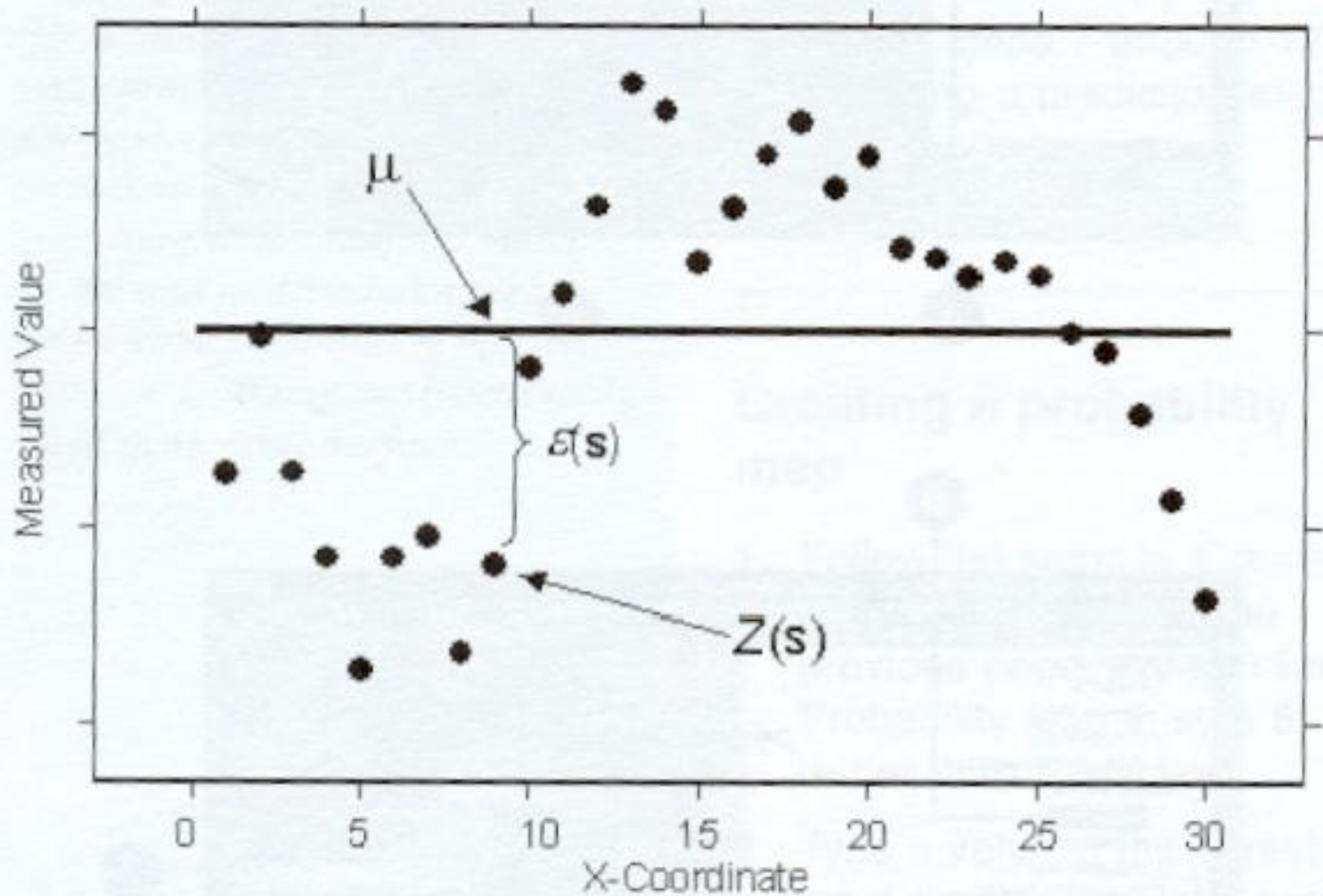
➤ **Συνηθισμένο Kriging**

- $Z(s) = \mu + e(s)$
- μ σταθερό αλλά όχι γνωστό (απαιτεί εκτίμηση)

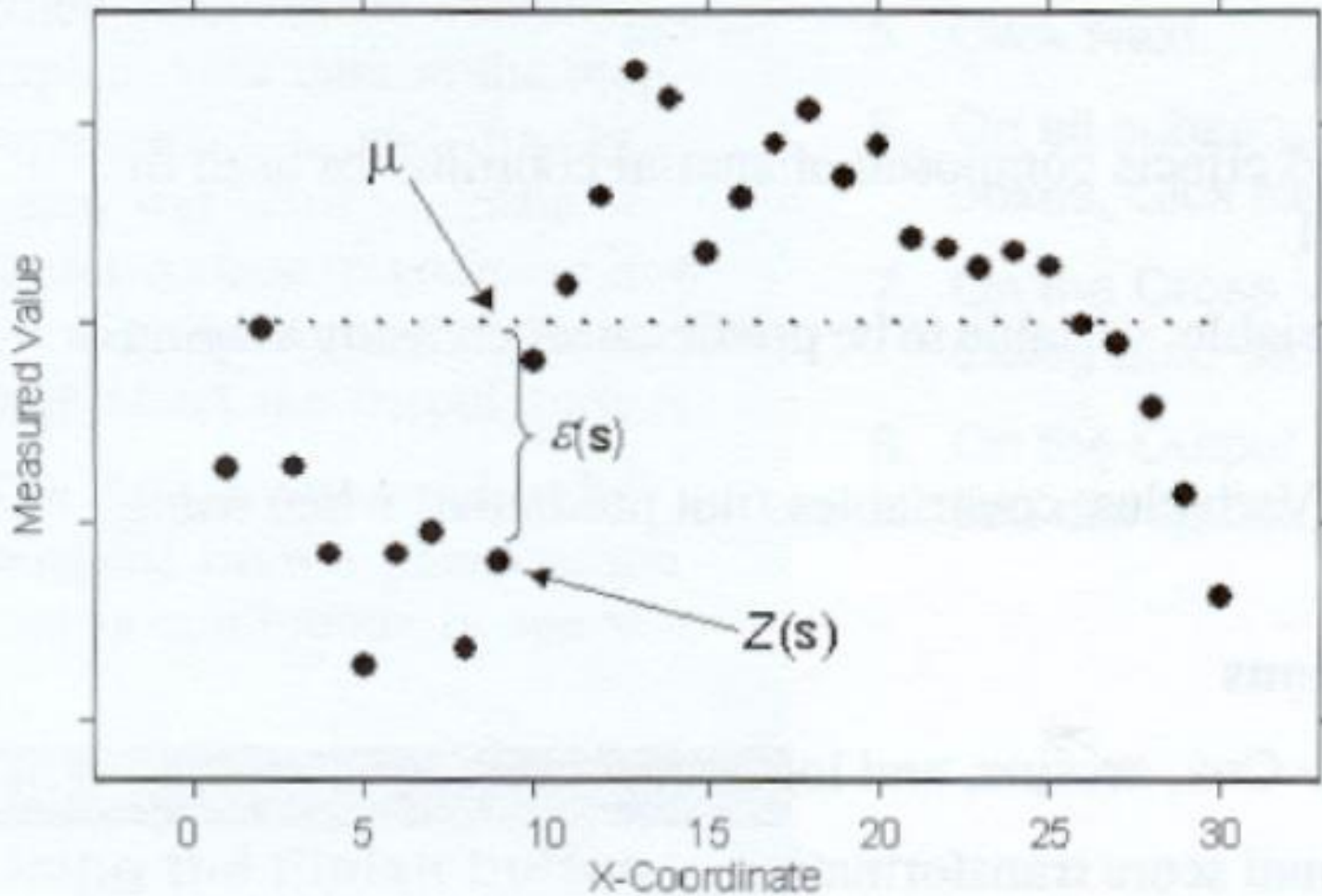
➤ **Καθολικό Kriging**

- $Z(s) = \mu(s) + e(s)$
- μ ποικίλλει: επιφάνεια τάσης, μοντέλο παλινδρόμησης
- απαιτεί εκτίμηση, βαριόγραμμα στα υπόλοιπα

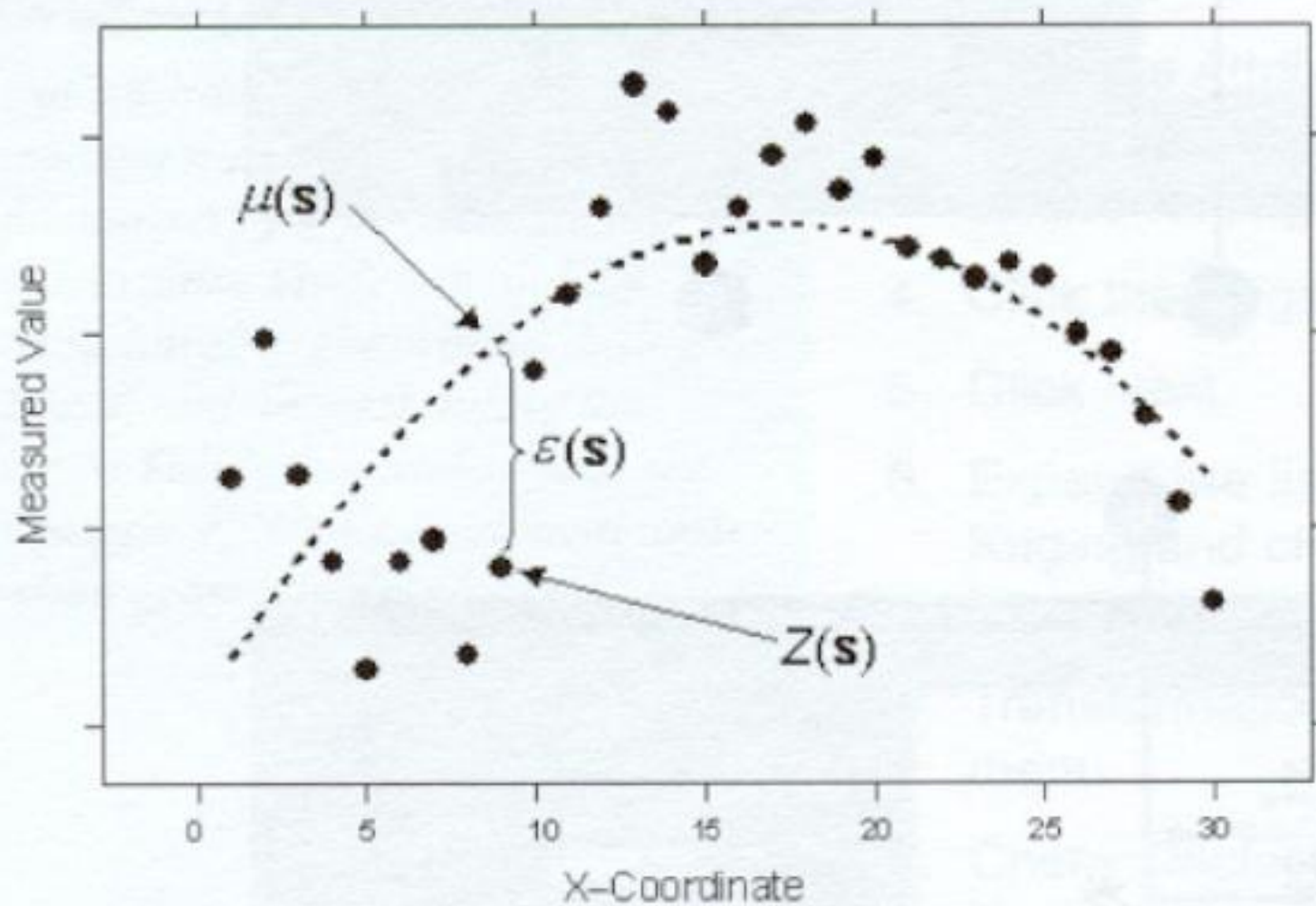
Simple Kriging



Ordinary Kriging



Universal Kriging



Χωρική παρεμβολή με Kriging Ένα παράδειγμα





Χωρική παρεμβολή

- Έχουμε 3 τοποθεσίες της Βαλτιμόρης
 - #67 $x=908.5$ $y=565.0$ $r=-4.44$ $p=53.5$
 - #69 $x=907.5$ $y=563.0$ $r=-3.82$ $p=53.0$
 - #65 $x=910.0$ $y=562.0$ $r=-8.14$ $p=48.0$
 - r =residual from trend surface, p =price
 - Trend: $p = -166.02 - 0.148 X + 0.634 Y$, $R^2 = 0.27$
- Προβλέψτε για $x=909$ $y=564$
 - πρόβλεψη επιφάνειας τάσης (μέσος όρος)
 - $p = -166.01 - 0.148 (909) + 0.634 (564) = 57.024$



Βήμα 1

- Υπολογίστε τις αποστάσεις μεταξύ των σημείων του δείγματος και μεταξύ του δείγματος και του σημείου πρόβλεψης

- $D(s_i, s_j) =$

0	2.236	3.354
	0	2.693
		0

- $D(s_0, s_i) =$

1.118	1.803	2.236
-------	-------	-------



Βήμα 3

➤ Υπολογίστε τα kriging βάρη

- $\lambda = c.C^{-1}$

- $\lambda = \begin{bmatrix} 0.888 & 0.825 & 0.788 \\ \times 2.743 & -1.793 & -0.491 \\ & 3.466 & -1.401 \\ & & 2.381 \end{bmatrix}$

- $\lambda = \begin{bmatrix} 0.569 & 0.163 & 0.284 \end{bmatrix}$

- (μερικά λάθη στρογγυλοποίησης, είναι αθροιστικά ~ 1.01)
- Π. χ. $0.888 \times 2.743 + 0.825 \times (-1.793) + 0.788 \times (-0.491) = 0.569$



Βήμα 4

➤ Προβλεφτής Kriging

- Προβλεφτής λάθους
- $e = 0.57x(-4.44) + 0.16x(-3.82) + 0.28x(-8.14) = -5.46$

➤ Προβλεφθείσα χωρική τιμή

- $p =$ πρόβλεψη επιφάνειας τάσης + υπόλοιπο Kriging
- $p = 57.02 - 5.46 = 51.6$

➤ Σχεδίασε Προβλεφθείσες τιμές στο χάρτη

- Ισουψείς ή χάρτης επιφάνειας των προβλεφθεισών τιμών



Βήμα 5

- **Σφάλμα πρόβλεψης**
 - **Διασπορά Kriging**
 - $C(0) - c'C^{-1}c = (1 - 0.864) \times 440 = 59.9$
 - **Τυπικό σφάλμα**
 - $\sqrt{59.9} = 7.7$
 - **Αβεβαιότητα**
 - υποθέτοντας κανονικότητα (1.96 περ. 95%)
 - $51.6 \pm 1.96 \times 7.7$



Βήμα 6

➤ Χάρτης από παρεμβολή

- επαναλάβετε την άσκηση Kriging σε ένα πλέγμα με σημεία χωρισμένα σε κανονικά διαστήματα
- απεικονίστε με τη βοήθεια του χάρτη πλέγματος, ισοϋψείς, τρισδιάστατους υψομετρικούς χάρτες, TIN, κ.λπ.
- αβεβαιότητα χαρτών, διαστήματα εμπιστοσύνης