

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

## Χωρική Αυτοσυσχέτιση

### Στόχοι κεφαλαίου

1. Η Χωρική Αυτοσυσχέτιση και η σημαντικότητα της στα γεωγραφικά προβλήματα
2. Ολικές και Τοπικές τεχνικές χωρικής αυτοσυσχέτισης
3. Ανίχνευση χωρικών συναθροίσεων υψηλών τιμών (hot spots) και χαμηλών τιμών (cols spots)

### 5.1. Βασικοί ορισμοί

#### 5.1.1. Χωρική αυτοσυσχέτιση

**Χωρική αυτοσυσχέτιση** είναι η συσχέτιση μεταξύ των τιμών μιας μεταβλητής που οφείλεται αυστηρά στην εγγύτητα των τιμών αυτών στο γεωγραφικό χώρο, εισάγοντας μια απόκλιση από την υπόθεση ανεξάρτητων παρατηρήσεων της κλασικής στατιστικής.

*Ο πρώτος νόμος της Γεωγραφίας: Toblers Law (1970)*

*«Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things»  
«Όλα τα πράγματα συνδέονται μεταξύ τους αλλά τα κοντινά συνδέονται περισσότερο απ' ότι τα μακρινά».*

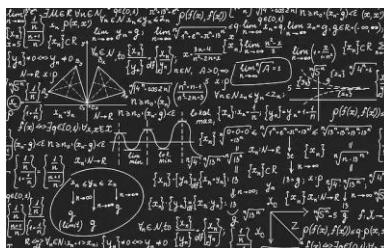
#### Γιατί χρησιμοποιείται:

Προσδιορισμός των σχέσεων ανάμεσα στις τιμές μιας μεταβλητής γειτονικών τοποθεσιών και της αναζήτησης προτύπων στο χώρο.

### Χωρική αυτοσυσχέτιση και Κλασική στατιστική

Παρόμοια σκεπτικά, αλλά η στατιστική συσχέτιση στην κλασική στατιστική αναφέρεται σε δύο διακριτές μεταβλητές χωρίς αναφορά στην τοποθεσία, ενώ στη χωρική αυτοσυσχέτιση γίνεται αναφορά στην τιμή μιας ατομικής μεταβλητής σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία σε σχέση με τις τιμές της ίδιας μεταβλητής σε γειτονικές περιοχές.

### Ας θυμηθούμε λίγο τι σημαίνει Συσχέτιση



Στη μελέτη ενός κοινωνικού προβλήματος, μίας φυσικής διαδικασίας ή ενός φαινομένου συχνά καλούμαστε να προσδιορίσουμε τη σχέση μεταξύ δύο (ή και περισσότερων) μεταβλητών π.χ μας ενδιαφέρει να δούμε πως η επιφανειακή θερμοκρασία μία δομημένης περιοχής σχετίζεται από τη βλάστηση.

Με βάση το παραπάνω παράδειγμα, μπορούμε να υποθέσουμε ότι η επιφανειακή θερμοκρασία επηρεάζεται/σχετίζεται από/με τη βλάστηση ... **όσο περισσότερη βλάστηση έχω... τόσο μικρότερη θα είναι η επιφανειακή θερμοκρασία...**

Συσχέτιση (μπορεί να) υπάρχει, όμως είναι μόνο η βλάστηση που επηρεάζει τη θερμοκρασία στον αστικό ιστό..?

Με άλλα λόγια η δεν μπορούμε να εξάγουμε εύκολα το συμπέρασμα ότι υπάρχει και μία σχέση αιτίας – αιτιατού!!

### Δείκτες συσχέτισης

Για τη εύρεση της σχέσης δύο (ή και περισσότερων) μεταβλητών υπάρχουν δείκτες, που υπολογίζουν κάποιο συντελεστή που προσδιορίζει το είδος (+ ή -) και το βαθμός της συσχέτισης των μεταβλητών.

Ένας απλός τρόπος για να αποκτήσουμε μια πρώτη ιδέα για το αν και πώς δυο μεταβλητές συσχετίζονται, είναι να κατασκευάσουμε το διάγραμμα διασποράς (*Scatter Diagram*)

```
install.packages("Ictools")
```

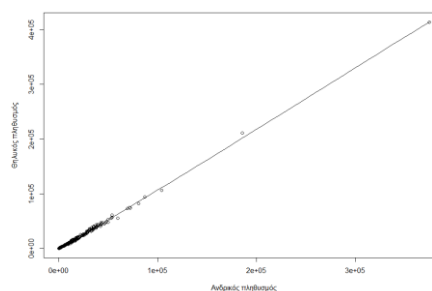
```
library(Ictools)
```

```
data(GR.Municipalities)
```

```
mydata<-GR.Municipalities
```

```
names(mydata)
```

```
scatter.smooth(mydata$PopM01, mydata$PopF01)
```



### Συντελεστής Γραμμικής Συσχέτισης του Pearson

Ο δειγματικός συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Pearson συμβολίζεται με  $r$

Κώδικας

```
cor(mydata$UnemrM01, mydata$UnemrF01, method="pearson")
```

```
0.6915893
```

Ο συντελεστή γραμμικής συσχέτισης  $r$  δίνει ένα μέτρο του μεγέθους της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. Το εύρος των τιμών που μπορεί να πάρεις είναι από -1 έως 1 [-1, 1]

Αν  $r = \pm 1$  υπάρχει **τέλεια γραμμική** συσχέτιση.

Αν  $-0,3 \leq r < 0,3$  **δεν υπάρχει γραμμική** συσχέτιση. Αυτό, όμως, δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει άλλου είδους συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Αν  $-0,5 < r \leq -0,3$  ή  $0,3 \leq r < 0,5$  υπάρχει **ασθενής γραμμική** συσχέτιση.

Αν  $-0,7 < r \leq -0,5$  ή  $0,5 \leq r < 0,7$  υπάρχει **μέση γραμμική** συσχέτιση.

Αν  $-0,8 < r \leq -0,7$  ή  $0,7 \leq r < 0,8$  υπάρχει **ισχυρή γραμμική** συσχέτιση.

Αν  $-1 < r \leq -0,8$  ή  $0,8 \leq r < 1$  υπάρχει **πολύ ισχυρή γραμμική** συσχέτιση.

Θετικές τιμές του  $r$  δεν δηλώνουν κατ' ανάγκη και υψηλότερο βαθμό συσχέτισης απ' ότι αν ήταν αρνητικές!!!

Ο βαθμός γραμμικής συσχέτισης καθορίζεται από την απόλυτη τιμή του  $r$  και όχι από το πρόσημό του. Το τελευταίο καθορίζει μόνο το είδος της σχέσης (αν είναι θετική ή αρνητική)...

Δηλ. η τιμή  $r = -0.9$  δείχνει ισχυρότερη γραμμική συσχέτιση από την τιμή  $r = 0.7$ , ενώ οι τιμές  $r = -0.5$  και

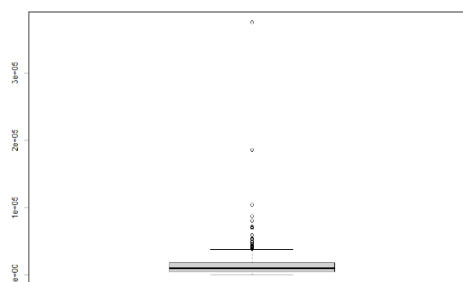
$r = 0.5$  δείχνουν τον ίδιο.

### Συντελεστής Γραμμικής Συσχέτισης του Spearman

Όταν οι μεταβλητές είναι τακτικής κλίμακας χρησιμοποιείται ο μη παραμετρικός συντελεστής συσχέτισης Spearman

- Έχει παρόμοιες ιδιότητες με αυτόν του Pearson
- Χρησιμοποιείται συχνά όταν έχουμε ποιοτικά διατάξιμα χαρακτηριστικά (ή απαντήσεις στην κλίμακα 1-2-3-4-5 – καθόλου, λίγο, μέτρια, πολύ, πάρα πολύ)

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα ποσοτικά, κυρίως σε περιπτώσεις που δεν έχουμε συμμετρικές κατανομές



```
cor(mydata$UnemrM01, mydata$UnemrF01, method="spearman")
```

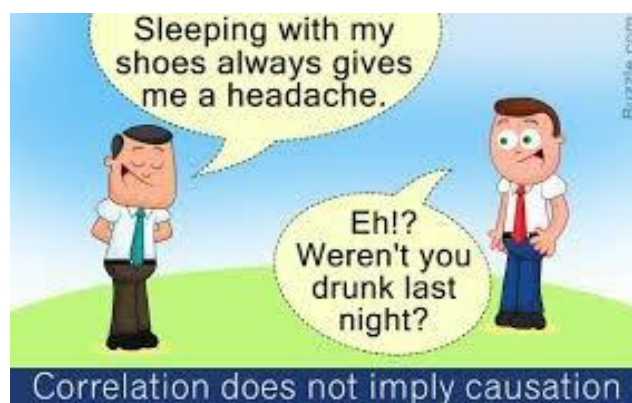
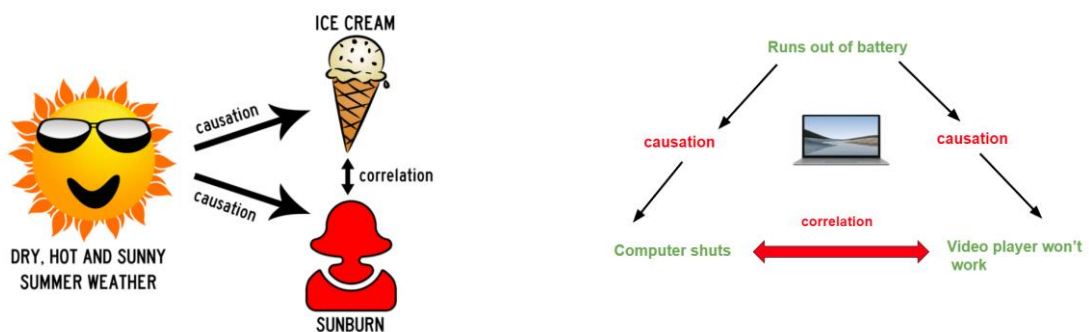
**0.7363215**

## Τι σημαίνει όμως «το είδος της σχέσης..?»

### Συσχέτιση δε σημαίνει αιτιότητα

Όταν σε μια μη πειραματική έρευνα (δειγματοληψία) δύο μεταβλητές X και Y βρίσκονται συσχετισμένες αυτό σημαίνει μόνο ότι οι μεταβλητές αυτές συνδέονται με κάποια σχέση. Δε συνεπάγεται, κατ' ανάγκη, αιτιότητα. Οι δύο μεταβλητές μπορεί βεβαία να συνδέονται με σχέση αιτιότητας, μπορεί όμως, όχι.

- ❑ Παρατηρήθηκε ότι το ύψος των μαθητών ενός σχολείου, ηλικίας 6 έως 13 ετών, έχει ισχυρή θετική γραμμική συσχέτιση με την αντιληπτική ικανότητα των μαθητών. Προφανώς η αντιληπτική ικανότητα των μαθητών δεν επηρεάζεται από το ύψος τους. Απλώς τόσο η πνευματική όσο και η φυσική ανάπτυξη των μικρών μαθητών επηρεάζονται παράλληλα από άλλους παράγοντες.
- ❑ Παρατηρήθηκε ότι οι πωλήσεις ταχύπλοων στο Sidney είχαν, για μια μακρά περίοδο, ισχυρή θετική συσχέτιση με τις πωλήσεις έγχρωμων τηλεοράσεων στη Melbourne. Προφανώς, τόσο οι πωλήσεις ταχύπλοων όσο και οι πωλήσεις έγχρωμων τηλεοράσεων ήταν συνάρτηση γενικότερων ευνοϊκών οικονομικών παραγόντων.



## Στατιστική σημαντικότητα

Στατιστική σημαντικότητα (ή ένα στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα) επιτυγχάνεται όταν το  $p$ -value είναι μικρότερο από το επίπεδο σημαντικότητας. Ως θέμα της ορθής επιστημονικής μεθόδου-πρακτικής, ένα επίπεδο σημαντικότητας επιλέγεται πριν τη συλλογή δεδομένων και συνήθως βρίσκεται στο 0,05 (5%). Άλλα επίπεδα σημαντικότητας (π.χ., 0,01) δύνανται να βρουν εφαρμογή, ανάλογα με τον τομέα μελέτης.

Η στατιστική σημαντικότητα είναι θεμελιώδης για την δοκιμή στατιστικής υπόθεσης. Σε κάθε πείραμα ή παρατήρηση που περιλαμβάνει τη σύνταξη ενός δείγματος από έναν πληθυσμό, υπάρχει πάντα η πιθανότητα ότι ένα παρατηρούμενο αποτέλεσμα θα συνέβαινε λόγω σφάλματος δειγματοληψίας μόνο. Αλλά αν η  $p$ -τιμή είναι μικρότερη από το επίπεδο σημαντικότητας (π.χ.,  $p < 0,05$ ), τότε ο ερευνητής μπορεί να συμπεράνει ότι η παρατηρούμενη επίδραση αντανακλά στην πραγματικότητα τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού και όχι μόνο δειγματοληπτικό σφάλμα. Ένας ερευνητής μπορεί στη συνέχεια να αναφέρει ότι το αποτέλεσμα επιτυγχάνει στατιστική σημαντικότητα!

Η σημερινή έννοια της στατιστικής σημαντικότητας ξεκίνησε με τον Ronald Fisher, όταν αναπτύχθηκαν δοκιμές στατιστικών υποθέσεων με βάση  $p$ -value στις αρχές του 20ου αιώνα. Ήταν οι Jerzy Neyman και Egon Pearson οι οποίοι αργότερα συνέστησαν το επίπεδο σημαντικότητας να οριστεί εκ των προτέρων, πριν από κάθε συλλογή δεδομένων.

Values of $p$	Inference
$p > 0.10$	No evidence against the null hypothesis.
$0.05 < p < 0.10$	Weak evidence against the null hypothesis
$0.01 < p < 0.05$	Moderate evidence against the null hypothesis
$0.05 < p < 0.001$	Good evidence against null hypothesis.
$0.001 < p < 0.01$	Strong evidence against the null hypothesis
$p < 0.001$	Very strong evidence against the null hypothesis

### names (mydata)

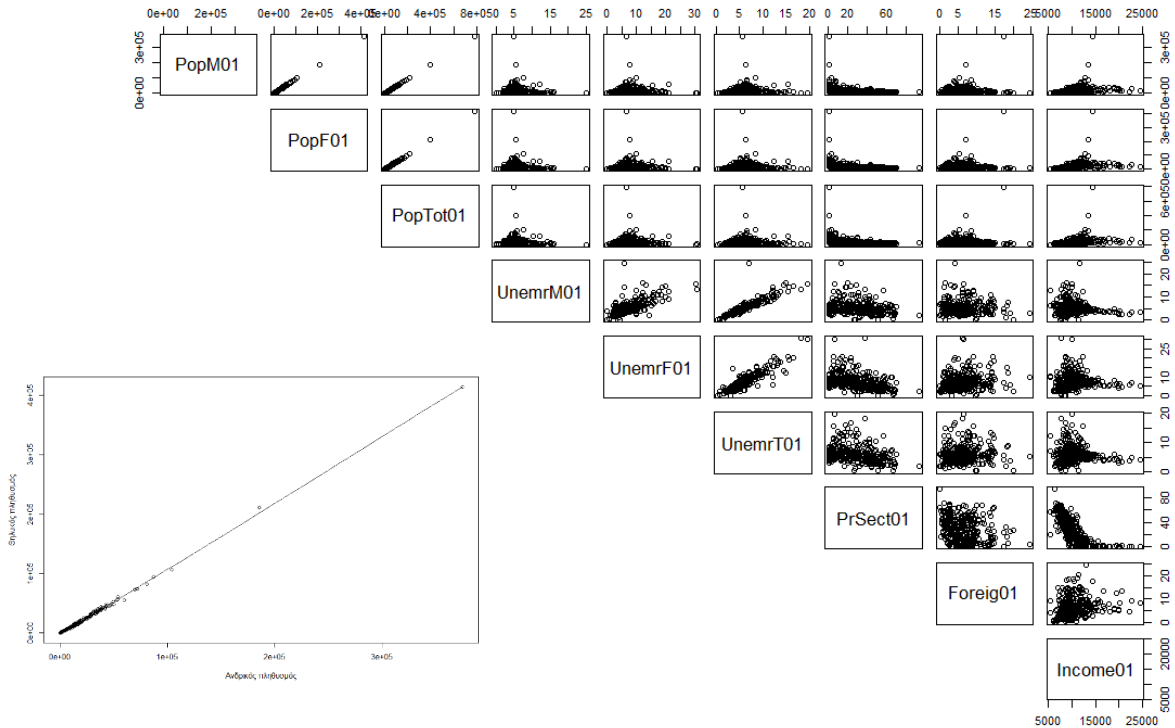
```
[1] "OBJECTID" "X" "Y" "Name" "CodeELSTAT" "PopM01" "PopF01"  
[8] "PopTot01" "UnemrM01" "UnemrF01" "UnemrT01" "PrSect01" "Foreig01"  
"Income01"
```

### myt <- mydata[, 6:14]

### names (myt)

```
"PopM01" "PopF01" "PopTot01" "UnemrM01" "UnemrF01" "UnemrT01" "PrSect01"  
"Foreig01" "Income01"
```

pairs (myt, lower.panel = NULL)



```
mytable <- as.data.frame (myt)
```

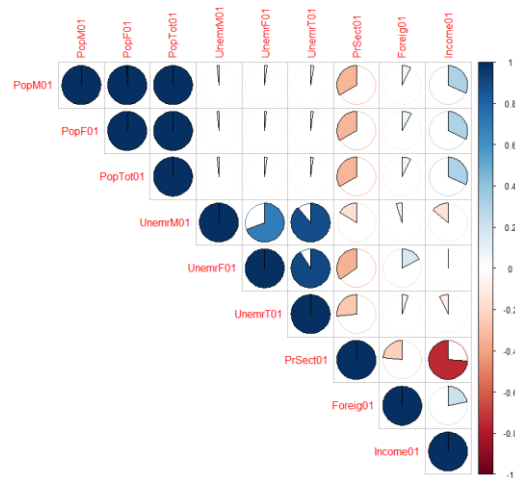
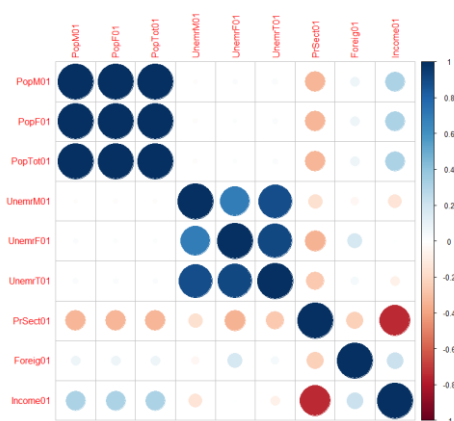
```
mytable
```

```
install.packages("corrplot")
```

```
library(corrplot)
```

```
corrplot(cor(mytable))
```

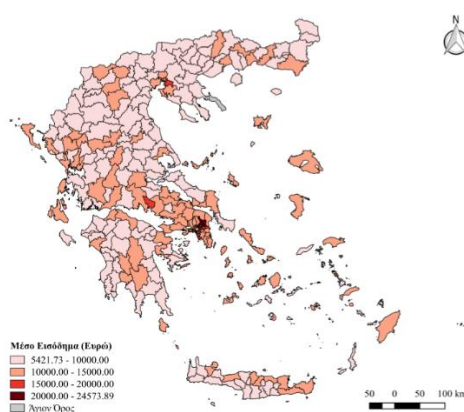
```
corrplot(cor(mytable), method= "pie", type= "upper")
```



## Διερευνητική Ανάλυση Χωρικών Δεδομένων

Η απλή οπτικοποίηση επιτρέπει την παρατήρηση χωρικών προτύπων, ενδεχομένως όμως αυτά να είναι δύσκολο να παρατηρηθούν στα μεγάλα αστικά κέντρα όπου οι δήμοι είναι μικρές γεωγραφικές οντότητες και δε διακρίνονται καθαρά στο χάρτη. Μέσω του υπολογισμού κατάλληλων δεικτών μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τις χωρικές διακυμάνσεις μεταξύ γειτονικών γεωγραφικών περιοχών, ώστε να εντοπιστούν χωρικές εστίες γειτονικών περιοχών με παρόμοια υψηλή ή χαμηλή τιμή μία μεταβλητής.

**Μέσω του υπολογισμού κατάλληλων δεικτών** μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τις χωρικές διακυμάνσεις μεταξύ γειτονικών γεωγραφικών περιοχών, ώστε να εντοπιστούν χωρικές εστίες γειτονικών περιοχών με παρόμοια υψηλή ή χαμηλή τιμή μία μεταβλητής.



## Χωρική Αυτοσυσχέτιση

**Χωρική αυτοσυσχέτιση** είναι η συσχέτιση μεταξύ των τιμών μιας μεταβλητής που οφείλεται αυστηρά στην εγγύτητα των τιμών αυτών στο γεωγραφικό χώρο, εισάγοντας μια απόκλιση από την υπόθεση ανεξάρτητων παρατηρήσεων της κλασικής στατιστικής. **Γιατί χρησιμοποιείται:** Προσδιορισμός των σχέσεων ανάμεσα στις τιμές μιας μεταβλητής γειτονικών τοποθεσιών και της αναζήτησης προτύπων στο χώρο.

### Γιατί είναι εξαιρετικά σημαντική στις γεωγραφικές μελέτες;

Η ιδιότητα της χωρικής αυτοσυσχέτισης βρίσκεται στο επίκεντρο της ανάλυσης των γεωγραφικών φαινομένων, δεδομένου ότι αναζητούμε χωρικά πρότυπα (*spatial patterns*) και τις διαδικασίες που τα προκαλούν. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα δείγματα τα οποία λαμβάνονται από χωρικά δεδομένα δεν είναι στην πραγματικότητα τυχαία, όπως υποθέτει η κλασική στατιστική ανάλυση.

Εάν δεν υπήρχε αυτοσυσχέτιση, η γεωγραφική ανάλυση θα είχε ελάχιστη σημασία. Π.χ. αν η διαμόρφωση μας ήταν τυχαία, περισσότεροι άνθρωποι θα ζούσαν στην Ανταρκτική ή σε υψόμετρα πάνω από 3.000 μέτρα.

Η αυτοσυσχέτιση είναι κοινό φαινόμενο στις γεωγραφικές αναλύσεις, αλλά δεν σημαίνει πως συμβαίνει σε όλη την περιοχή μελέτης, που ονομάζεται **Ολική Αυτοσυσχέτιση**. Πολλές φορές είναι εμφανίζεται σε υπο-περιοχές και ονομάζεται **Τοπική Αυτοσυσχέτιση**.

## Δείκτες Χωρικής Αυτοσυσχέτισης

### Δείκτες Ολικής Χωρικής Αυτοσυσχέτισης

#### Ολικός Δείκτης Moran's I (Global Moran's I)

Ο ολικός δείκτης Moran's I είναι ένας από τους παλαιότερους και πιο κοινούς δείκτες που χρησιμοποιούνται για να εξετάσουν την ύπαρξη χωρικής αυτοσυσχέτισης σε χωρικά δεδομένα μίας μεταβλητής.

Ο μαθηματικός τύπος που χρησιμοποιείται σήμερα για τον υπολογισμό του δείκτη είναι:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j w_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

$n$  είναι ο αριθμός των χωρικών παρατηρήσεων,  $w_{ij}$  τα βάρη που ορίζονται με βάση τη χωρική εγγύτητα των παρατηρήσεων

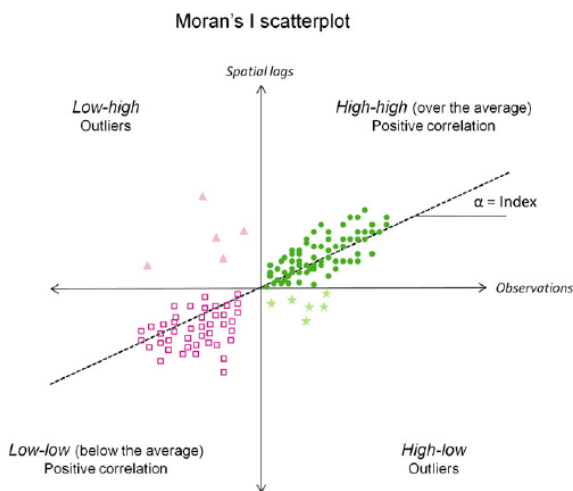
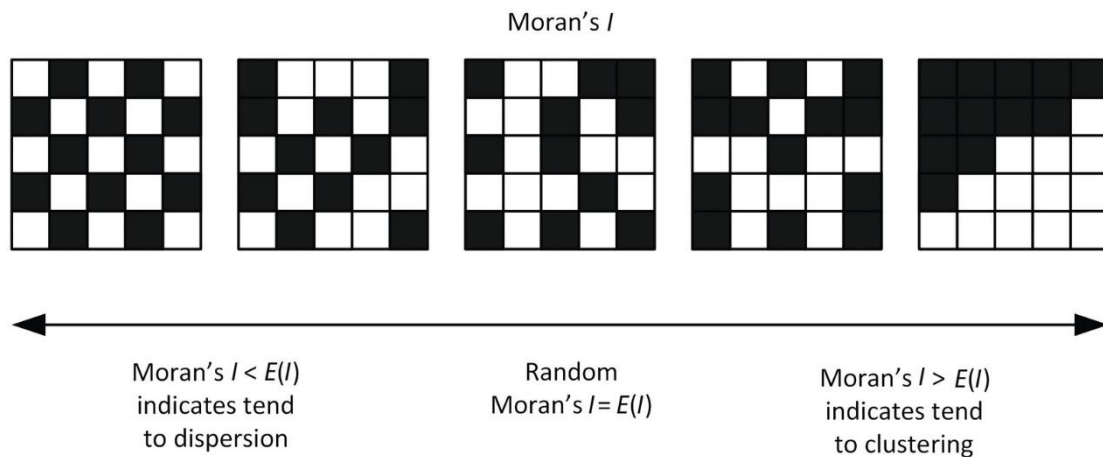
Ο ολικός δείκτης Moran's I κυμαίνεται από  $-1$  ως  $+1$  και η ερμηνεία του είναι παρόμοια με αυτή του συντελεστή συσχέτισης, δηλαδή:

- ✓ Τιμές κοντά στο  $+1$  υποδηλώνουν ισχυρή θετική χωρική αυτοσυσχέτιση (αναμένονται χωρικά πρότυπα στα οποία γειτονικές παρατηρήσεις τείνουν να έχουν παρόμοια υψηλές ή χαμηλές τιμές μιας μεταβλητής)
- ✓ Τιμές κοντά στο  $-1$  υποδηλώνουν ισχυρή αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση (π.χ. υψηλές τιμές μιας μεταβλητής τείνουν να βρίσκονται κοντά σε χαμηλές τιμές)
- ✓ Τιμές κοντά στο  $0$  υποδηλώνουν απουσία χωρικής αυτοσυσχέτισης και επομένως χωρικών προτύπων.

Χρησιμοποιείται κυρίως για εναέρια δεδομένα, μαζί με δεδομένα αναλογίας ή διαστήματος (*interval data*).

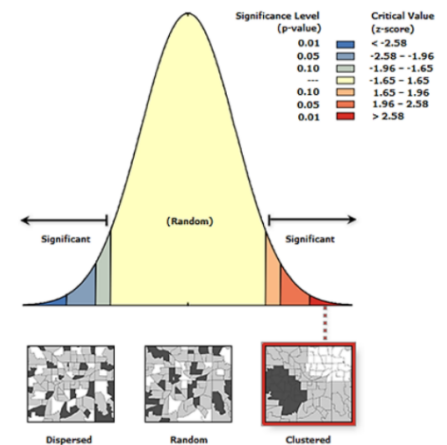
Αξίζει να σημειωθεί ότι γενικά τα χωρικά δεδομένα τείνουν να έχουν θετική χωρική αυτοσυσχέτιση - ως απόρροια του πρώτου νόμου της γεωγραφίας- ενώ η αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση είναι σπάνια.





- **Significant positive  $I$**  – positive autocorrelation
- **Significant negative  $I$**  – negative autocorrelation

### Moran's $I$ , Z-score



### Geary's C Index

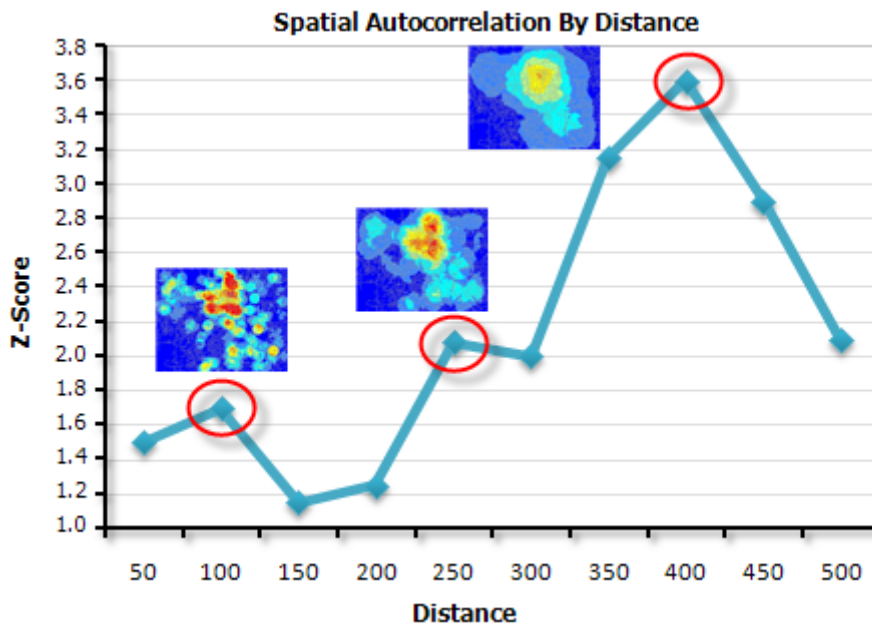
Υπολογίζει την αυτοσυσχέτιση σε τιμές από 0 ως 2, όπου η τιμή 1 είναι χωρίς χωρικό πρότυπο. Είναι πολύ ευαίσθητος σε διαφορές σε κοντινές γειτονίες και ο Moran's  $I$  έχει καλύτερη απόδοση.

### General Gettis -Ord G statistic

Αυτός ο δείκτης ανιχνεύει συναθροίσεις χαμηλών (cold spots) και υψηλών (hot spots) τιμών και είναι ένας δείκτης για τη χωρική σχέση. Αλλά όταν συνυπάρχουν συστάδες υψηλών και χαμηλών τιμών, τείνει να ισορροπεί ανάμεσα τους. Και σε αυτή την περίπτωση ο Moran's  $I$  έχει καλύτερη απόδοση.

### Σταδιακή Χωρική Αυτοσυσχέτιση (*Incremental Spatial Autocorrelation*)

Είναι μια μέθοδος με βάση τον Ολικό Moran's  $I$  για να ερευνηθεί η παρουσία της χωρικής αυτοσυσχέτισης σε ένα εύρος αποστάσεων. Σε κάθε απόσταση, υπολογίζεται ο Ολικός Moran's  $I$ , ο Αναμενόμενος  $I$ , η διακύμανση, ένα z-score και το p-value και δημιουργείται ένα διάγραμμα με τα z-scores με την αυξανόμενη απόσταση.



Οι κορυφές του z-score δείχνουν τις αποστάσεις που συμβαίνει ένα φαινόμενο συνάθροισης. Το υψηλότερο σκορ είναι στις θέσεις με την ισχυρότερη συνάθροιση. Η απόσταση της πρώτης κορυφής χρησιμοποιείται συχνά ως την κατάλληλη κλίμακα για τις τοπικές χωρικές αναλύσεις.

## Τοπική Χωρική Αυτοσυσχέριση (*Local Spatial Autocorrelation*)

### Τοπικός δείκτης Moran's I

Ο Anselin (1995) προτείνει τη χωρική αποδόμηση των ολικών δεικτών χωρικής αυτοσυσχέτισης και τον ορισμό τοπικών δεικτών χωρικής σχέσης (*local indicators of spatial association – LISA*) όπως ο τοπικός δείκτης του Moran I. Ο τοπικός δείκτης I<sub>i</sub> μιας μεταβλητής X, με τιμές x<sub>i</sub> για κάθε χωρική οντότητα i και μέσο x ορίζεται ως εξής (Anselin 1995):

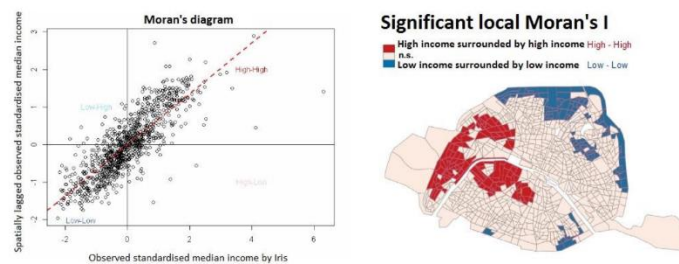
$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{m_2} \sum_{j=1}^k w_{ij} (x_j - \bar{x}), j \neq i$$

Η ερμηνεία του τοπικού δείκτη Moran I<sub>i</sub> είναι ουσιαστικά η ίδια με αυτή του ολικού δείκτη I

Με βάση το συνδυασμό των προσήμων των τιμών των ζευγών αυτών και το επίπεδο σημαντικότητας των τοπικών δεικτών Moran's I, είναι δυνατή η δημιουργία του χάρτη χωρικών προτύπων. Πρόκειται για ένα θεματικό χάρτη όπου κάθε χωρική οντότητα έχει ταξινομηθεί σε μία από τις παρακάτω πέντε κατηγορίες:

- ✓ High – High: αφορά σε χωρικές οντότητες με υψηλή τιμή που συνορεύουν με οντότητες με επίσης υψηλές τιμές της υπό μελέτη μεταβλητής
- ✓ Low – Low: αφορά σε χωρικές οντότητες με χαμηλή τιμή που συνορεύουν με οντότητες με επίσης χαμηλές τιμές της υπό μελέτη μεταβλητής
- ✓ Low – High: αφορά σε χωρικές οντότητες με χαμηλή τιμή που συνορεύουν με οντότητες με υψηλές τιμές της υπό μελέτη μεταβλητής
- ✓ High – Low: αφορά σε χωρικές οντότητες με υψηλή τιμή που συνορεύουν με οντότητες με χαμηλές τιμές της υπό μελέτη μεταβλητής
- ✓ Μη στατιστικά σημαντικό τοπικό δείκτη Moran's I

Χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί αν μια ποσοτική μεταβλητή συναθροίζεται σε υψηλές και χαμηλές συστάδες, καθώς και στο να ανιχνευθούν χωρικά κατάλοιπα. Με βάση την αναμενόμενη τιμή, ένα p-value και ένα z-score, αναλύεται αν ισχύει η μηδενική υπόθεση της μη χωρικής αυτοσυσχέτισης.



### Getis-Ord ( $G_i$ ) και $G_i^*$ (Hot Spot Analysis)

Αποτελούν μια ομάδα στατιστικών για να προσδιορίζουν στατιστικά σημαντικά συστάδες υψηλών τιμών (hot spots) και συστάδες χαμηλών τιμών (cold spots). Ονομάζεται και ως hot spot analysis.

Το  $G_i - I - star$  χρησιμοποιείται πιο ευρέως από το  $G_i$ . Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιούνται κυρίως πολυγωνικά αρχεία. Για σημειακά αρχεία, αυτό που είναι σημαντικό είναι η μελέτη της έντασης των αντικειμένων από την κάθε ατομική τιμή, οπότε προσδιορίζεται η ύπαρξη συστάδων hot spots ή cold spots. Η συνάθροιση τιμών μπορεί να γίνει στα αντίστοιχα πολύγωνα είτε με spatial join και υπολογισμός του αριθμού των σημείων, είτε με Grid, είτε με Fishnet και μετά με spatial join.

### Βελτιστοποιημένη ανάλυση Hot Spot

Διαδικασία για τη βέλτιστη επιλογή του δείκτη  $G_i - I - star$ , μέσα από μια αυτοματοποιημένη διαδικασία για να διασφαλιστούν τα βέλτιστα αποτελέσματα.

# Εφαρμογές

## 1. Υπολογισμός Ολικής Χωρικής Αυτοσυσχέτισης

Φορτώνουμε το αρχείο με τις μελισσοκομικές καταγραφές

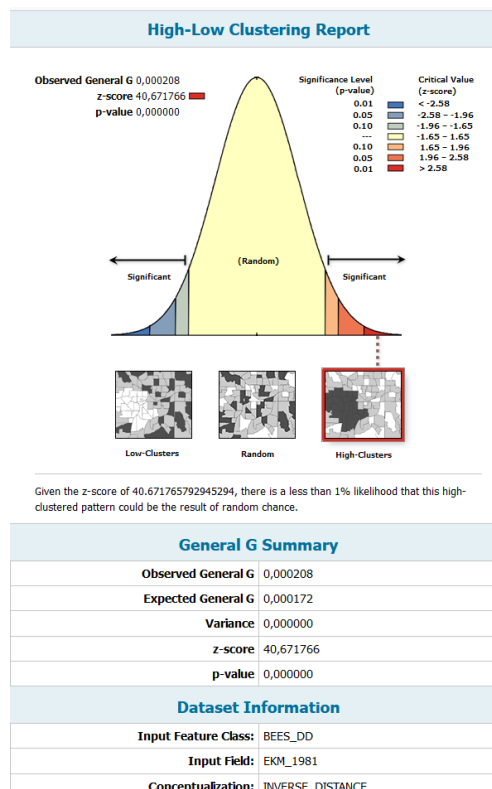
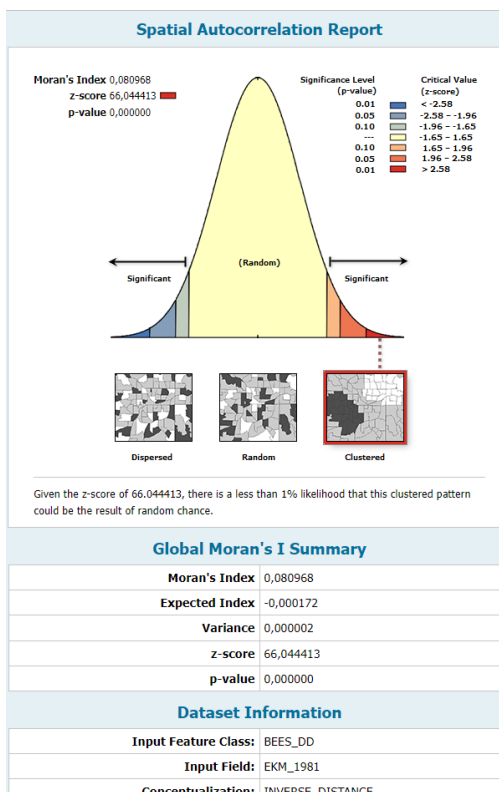
Υπολογίζουμε το Global Moran's I και General Gettis -Ord G statistic

με βάση τις ρυθμίσεις:

Conceptualization of Special Relationships = Inverse Distance και  $IV^2$

Distance = Euclidian

Standardization = Row (διαδικασία για προσαρμογή των χωρικών βαρών στην κλίμακα 0 και 1)

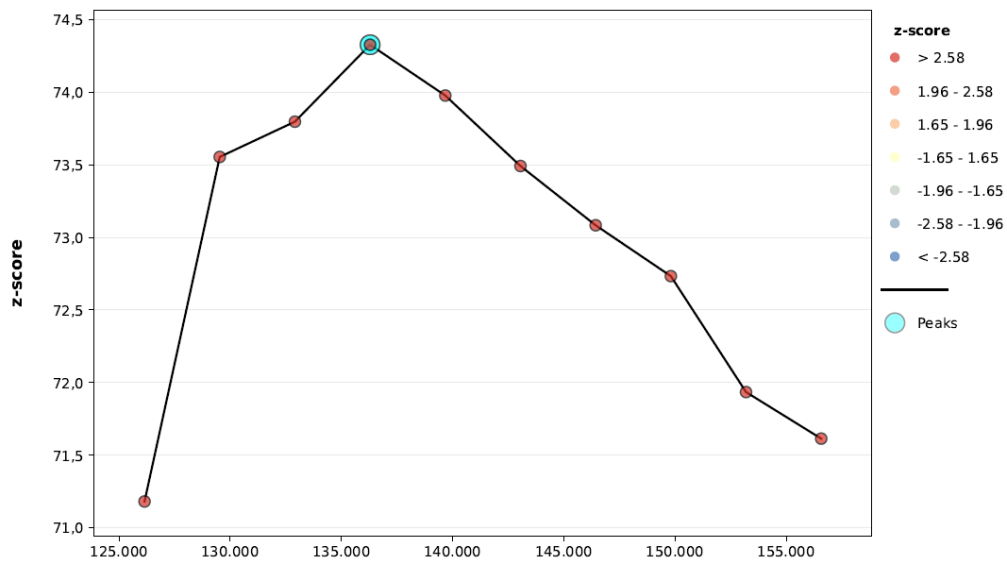


## 2. Σταδιακή Χωρική Αυτοσυσχέτιση (*Incremental Spatial Autocorrelation*)

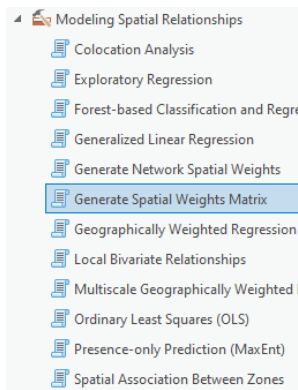
Global Moran's I Summary by Distance

Distance	Moran's Index	Expected Index	Variance	z-score	p-value
126146,00	0,050264	-0,000172	0,000001	71,182554	0,000000
129526,91	0,049633	-0,000172	0,000000	73,553462	0,000000
132907,83	0,048525	-0,000172	0,000000	73,796171	0,000000
136288,74	0,047744	-0,000172	0,000000	74,325594	0,000000
139669,66	0,046473	-0,000172	0,000000	73,976102	0,000000
143050,57	0,045204	-0,000172	0,000000	73,491021	0,000000
146431,48	0,044064	-0,000172	0,000000	73,083064	0,000000
149812,40	0,043003	-0,000172	0,000000	72,733287	0,000000
153193,31	0,041728	-0,000172	0,000000	71,935292	0,000000
156574,23	0,040750	-0,000172	0,000000	71,615026	0,000000

Spatial Autocorrelation by Distance



### 3. Spatial Weights Matrix



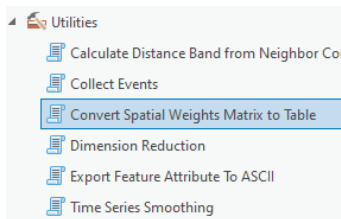
Εδώ χρησιμοποιούμε την απόσταση που έχουμε βρει από το προηγούμενο στάδιο, με το μεγαλύτερο z-score και την επιλογή Fixed-distance και 3 γείτονες

#### Spatial Weights Matrix Summary

Number of Features	5961
Percentage of Spatial Connectivity	21,41
Average Number of Neighbors	1276,02
Minimum Number of Neighbors	11
Maximum Number of Neighbors	2241

Distance measured in Meters

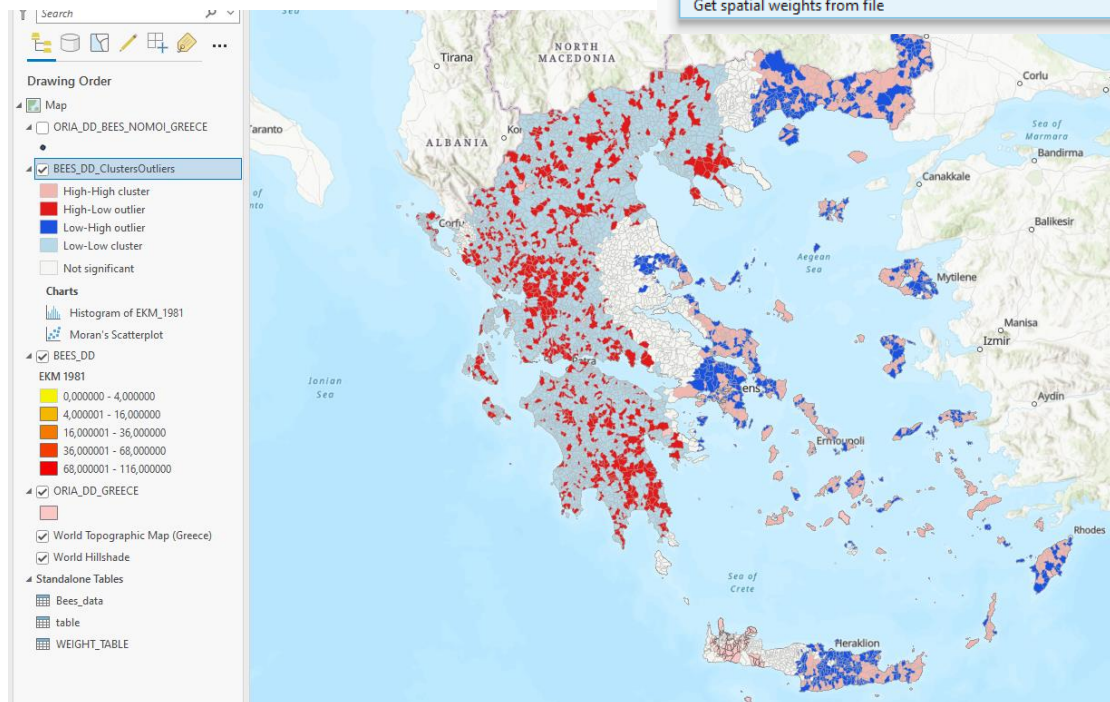
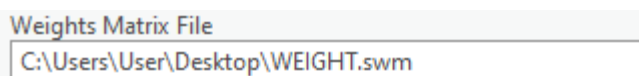
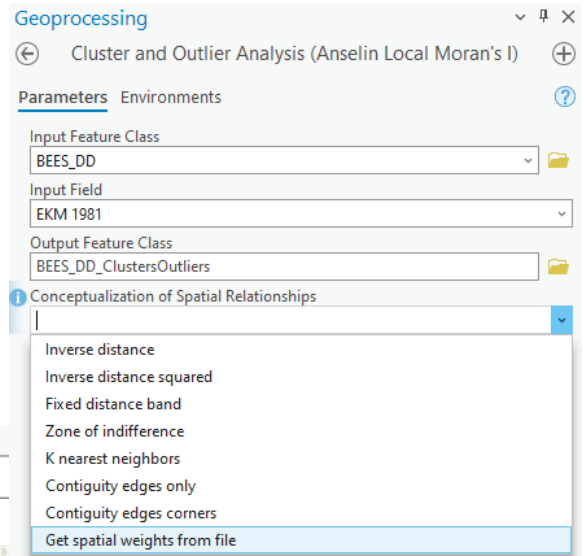
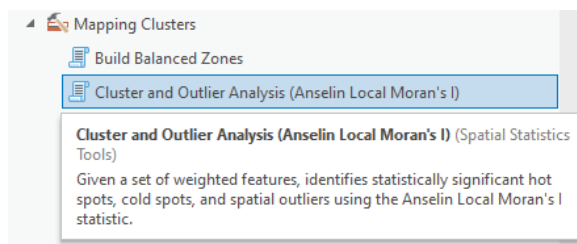
### 4. Convert Spatial Weights Matrix to Table



	A	B	C	D
1	Field1	OBJECTID	NID	WEIGHT
2	0	5316	5310	0,00132802125
3	0	5316	5301	0,00132802125
4	0	5316	5317	0,00132802125
5	0	5316	5303	0,00132802125
6	0	5316	5314	0,00132802125
7	0	5316	5323	0,00132802125
8	0	5316	5300	0,00132802125
9	0	5316	5309	0,00132802125
10	0	5316	5294	0,00132802125
11	0	5316	5296	0,00132802125
12	0	5316	5293	0,00132802125
13	0	5316	5292	0,00132802125
14	0	5316	5283	0,00132802125
15	0	5316	5285	0,00132802125
16	0	5316	5279	0,00132802125
17	0	5316	5273	0,00132802125
18	0	5316	5274	0,00132802125
19	0	5316	5256	0,00132802125
20	0	5316	5259	0,00132802125
21	0	5316	5255	0,00132802125
22	0	5316	5275	0,00132802125

## 5. Cluster and Outlier Analysis

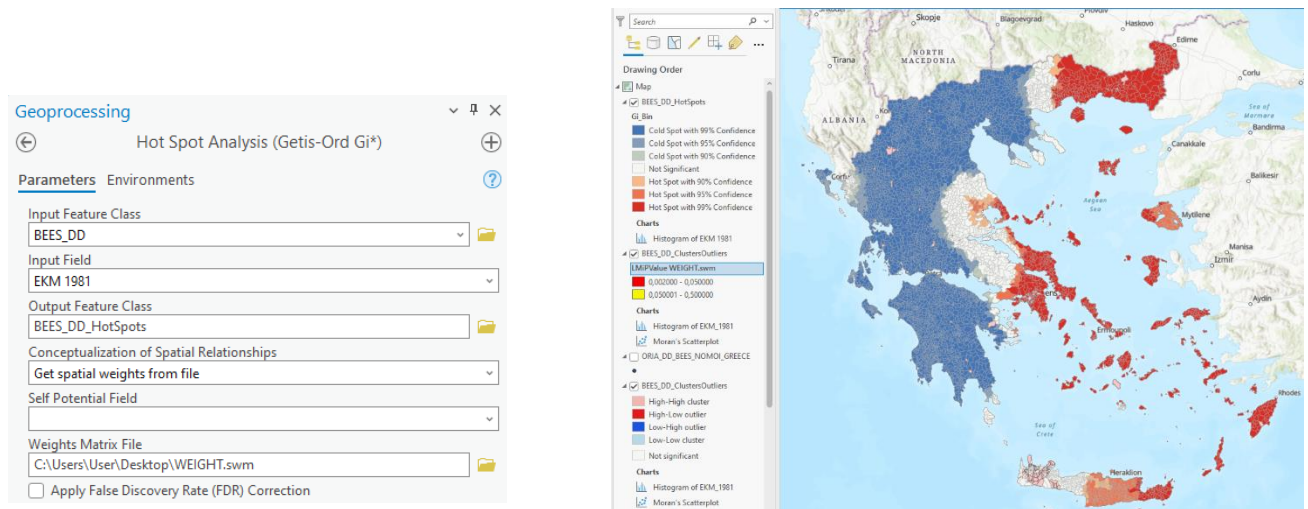
Υπολογισμός της τοπικής χωρικής αυτοσυσχέτισης για να προσδιοριστούν συστάδες και κατάλοιπα



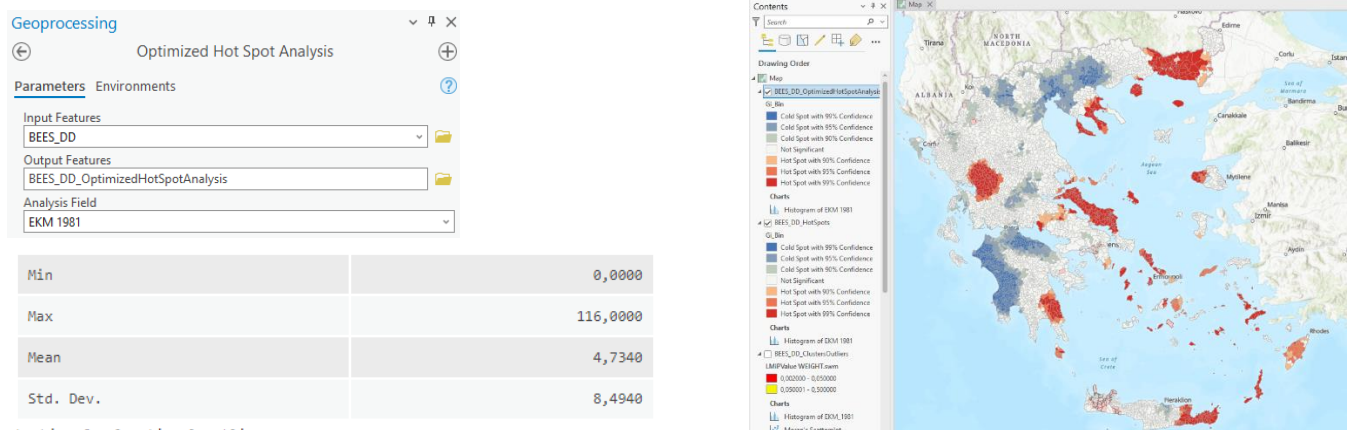
Αν ένα ΔΔ είχε πολλές εκμεταλλεύσεις (High value) και τα γειτονικά του λίγες (low values), τότε χαρακτηρίζεται ως HL. Αν το ανάποδο, τότε ως LH. Αν τα ΔΔ είχαν συναθροίσεις (clustered) τότε είχαμε τα HH και LL στατιστικά σημαντικά clusters. Επίσης στον πίνακα εμφανίζονται και οι τιμές των τοπικών Moran's I, των z-scores και p-values.

## 6. Hot Spot Analysis (Gi-I – star)

Υπολογισμός τοπικής χωρικής αυτοσυσχέτισης για τον προσδιορισμό hot – cold spots με χρήση του Gi-I – star.



## 7. Optimized Hot Analysis



Looking for locational outliers...

- There were 39 outlier locations; these will not be used to compute the optimal fixed distance band.

### Scale of Analysis

Looking for an optimal scale of analysis by assessing the intensity of clustering at increasing distances...

- The optimal fixed distance band is based on peak clustering found at 27555,2349 Meters

### Hot Spot Analysis

Finding statistically significant clusters of high and low EKM\_1981 values...

- There are 2445 output features statistically significant based on an FDR correction for multiple testing and spatial dependence.
- ,8% of features had less than 8 neighbors based on the distance band of 27555,2349 Meters