



**ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

*Εμπειρική Ανάλυση των αγορών ακινήτων: Μελέτη Περίπτωσης*

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΡΟΒΟΛΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ**

**ΜΟΥΣΤΑΚΑ ΚΥΡΙΑΚΗ**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει την σημασία του χώρου στην εκτίμηση των ακινήτων και δη των κατοικιών αλλά και την επίδοση δυο χωρικών υποδειγμάτων και της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης στην εκτίμηση των τιμών των ακινήτων. Για την εμπειρική ανάλυση αξιοποιούνται οι μέθοδοι χωρικής στατιστικής και οικονομετρίας αλλά και οι τεχνικές δυνατότητες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Στα πλαίσια της προτεινόμενης βιβλιογραφίας υπολογίστηκε η ηδονική συνάρτηση της αξίας των κατοικιών, γεγονός που σχετίζεται άμεσα με το ζήτημα της χωρική αυτοσυσχέτισης. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του υποδείγματος χωρικού σφάλματος, χωρικής υστέρησης και της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης. Η συγκριτική διερεύνηση των μοντέλων που προέκυψαν αφορούν κατοικίες στην περιοχή της Πάτρας.

*Λέξεις κλειδιά: Χωρική Οικονομετρία, Χωρικές Επιδράσεις, Αγορά Ακινήτων, Γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).*

## **Ευχαριστίες**

Η εργασία αυτή δεν θα μπορούσε να έχει πραγματοποιηθεί χωρίς τη συμβολή του επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Α. Ροβολή, η οποία ήταν καθοριστική σε όλα τα στάδια της παρούσας εργασίας καθώς και του κ. Αγγελου Μιμή, Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, τον οποίο θέλω να ευχαριστήσω τόσο για την παροχή των δεδομένων της έρευνας όσο και για την βοήθεια του στην χαρτογράφηση τους.

*Αφιερωμένη στον Κώστα,  
για την αμέριστη συμπαράσταση, αγάπη  
και υποστήριξή του.*

## Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή.....	8
Κεφάλαιο 1	
Αγορά Ακινήτων	
1.1 Ορισμός ακινήτου.....	10
1.2 Οι αγορές ακινήτων.....	10
1.3 Η έννοια της συναλλαγής της ακίνητης περιουσίας.....	11
1.4 Οικονομική Ανάλυση της Αγοράς Ακινήτων.....	12
Κεφάλαιο 2	
Κατοικία	
2.1. Η Κατοικία και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα.....	15
2.2. Ζήτηση της κατοικίας.....	18
2.3 Οι δημογραφικοί παράγοντες, η δομή των νοικοκυριών και η κατοικία στη Νότια Ευρώπη.....	20
Κεφάλαιο 3	
Χωρική ανάλυση δεδομένων	
3.1. Χωρικά δεδομένα.....	26
3.2 Τι είναι η <i>χωρική ανάλυση δεδομένων</i> (spatial data analysis);.....	28
Κεφάλαιο 4ο	
Χωρική στατιστική	
4.1 Χωρική στατιστική.....	31
4.2 Χωρικές επιδράσεις.....	33
4.3 Δείκτες γενικής σχέσης.....	36
4.4 Δείκτες τοπικής σχέσης.....	39

## Κεφάλαιο 5°

### Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

5.1 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.....	43
---	----

## Κεφάλαιο 6°

### Γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση

6.1. Η εξίσωση.....	46
---------------------	----

6.2 Η επιλογή βαρών.....	50
--------------------------	----

6.3 Υπολογισμός εύρους ζώνης (bandwidth).....	55
---	----

## Κεφάλαιο 7

### Χωρική Οικονομετρία

7.1. Χωρική Οικονομετρία- Έννοιες.....	60
--	----

7.2 Η θεωρία της Οικονομετρίας στην αγορά ακινήτων.....	61
---	----

7.3 Χωρική μοντελοποίηση .....	63
--------------------------------	----

7.4. Χωρικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (Spatial Autoregressive Model - SAR).....	
--	--

7.5 Μοντέλο χωρικού σφάλματος (Spatial Error Model - SEM).....	66
--	----

## Κεφάλαιο 8

### Εμπειρική Ανάλυση

8.1 Το δείγμα.....	68
--------------------	----

8.2 Περιγραφή δεδομένων.....	70
------------------------------	----

8.3 Έλεγχος συσχετίσεων και πολυσυγγραμικότητας.....	73
--	----

8.4 Αποτελέσματα μοντελοποίησης.....	77
--------------------------------------	----

8.5 Χωρικά μοντέλα παλινδρόμησης.....	78
---------------------------------------	----

8.6 Γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση.....	81
--	----

Συμπερασματα .....	85
Βιβλιογραφία.....	87

*"Δεν θα σταματήσω ποτέ να το επαναλαμβάνω: δεν υπάρχει τίποτα έξω από τον εαυτό σου... Αυτό που αποκαλείς πραγματικότητα είναι η υλοποίηση, η αντανάκλαση των ονείρων σου ή των εφιαλτών σου..."*

*"Πρέπει να μάθεις έναν νέο τρόπο να ονειρεύεσαι, όπου η δύναμη της θέλησης να έχει τον έλεγχο, η δύναμη της αγάπης να δημιουργεί, η δύναμη της βεβαιότητας να νικά!!!!!!"*

**Έλιο Ντ' Άννα – Η Σχολή των Θεών**



## Εισαγωγή

Σεπτέμβρης του 2008 και δυσάρεστες μνήμες από την οικονομική κατάρρευση του 1929 ξυπνούν από τη χειμερία νάρκη 79 ετών. Στα πρωτοσέλιδα των εφημερίδων φιγουράρουν λεζάντες που περιγράφουν με τον πιο σκληρό τρόπο την κατάρρευση των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων της Lehman Brothers και Wachovia Bank . Η κυριότερη αιτία του ξεσπάσματος της κρίσης είναι η φούσκα στην αγορά ακινήτων.

Η πρώτη δεκαετία του 21ου αιώνα υπήρξε μάρτυρας μιας παγκόσμιας φρενίτιδας κατασκευών που οδήγησε σε μια τρελή κούρσα ανόδου στις τιμές των ακινήτων έως το 2006, αλλά και μιας απότομης πτώσης των τιμών αυτών που κλυδώνισε ολόκληρη την παγκόσμια οικονομία. Μετά το 2006 και ιδιαίτερα το 2008 η αγορά των ακινήτων γνώρισε πολύ μεγάλο πλήγμα καθώς υπήρξε κατάρρευση των τιμών των ακινήτων έως και 60% σε πολλές χώρες του κόσμου.

Οι «μετασεισμικές δονήσεις» που προκάλεσε η φούσκα στην αγορά ακινήτων, όπως έμεινε γνωστή, παρέσυρε σε μια πτωτική πορεία και τις χρηματιστηριακές αγορές και οδήγησε την παγκόσμια οικονομία στα πρόθυρα μιας μεγάλης ύφεσης. Λίγα χρόνια αργότερα στις αρχές του 2015 η ύφεση και η κατάρρευση του χρηματοπιστωτικού συστήματος έχει αφήσει ανεξίτηλα σημάδια στις χώρες του

Ευρωπαϊκού Νότου, που αγωνίζονται να βγουν από τον κυκεώνα της κρίσης χρέους, που διογκώθηκε με τη μεγάλη κρίση του 2008.

Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι η αγορά ακινήτων αποτέλεσε καταλυτικό παράγοντα στην κατάρρευση των αγορών των ενυπόθηκων δανείων, στην αποδόμηση του όπως αποδείχθηκε σαθρού χρηματοπιστωτικού συστήματος και στην εξάπλωση μιας παγκόσμιας ύφεσης, που ακόμη και τώρα έχει αφήσει ανεξίτηλα σημάδια σε πολλές χώρες του κόσμου. Παρόλα αυτά η οικονομική επιστήμη έχει ασχοληθεί πολύ λίγο και παράλληλα έχει να δείξει μικρό έργο σχετικά με την ανάλυση των αγορών των ακινήτων, που από τι φαίνεται φέρει σημαντική θέση στην εξέλιξη του οικονομικού συστήματος.

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### Αγορές ακινήτων

#### 1.1 Ορισμός ακινήτου

Κατά τον Ζεντέλη (2001) ως ακίνητο ορίζεται το « *ιδεατό ή πραγματικό τμήμα του χώρου, που τεκμηριώνει αυτοτελές ή εξ αδιαιρέτου ιδιοκτησιακό δικαίωμα. Έτσι το ακίνητο είναι ένα περιουσιακό στοιχείο που απεικονίζει το συμβατό δικαίωμα της ιδιοκτησίας*». Επιπλέον είναι ένα διαρκές αγαθό, το οποίο αποτελείται από τη γη, το έδαφος και τα συστατικά του μέρη (κτίσματα κλπ.), που δεν έχουν απεριόριστο χρόνο ζωής.

Το ακίνητο στην πραγματικότητα εμπεριέχει όλους τους συντελεστές παραγωγής, δηλαδή το έδαφος, την εργασία, το κεφάλαιο και την επιχειρηματικότητα, επομένως ο οικονομικός ορισμός του μπορεί να εκφραστεί από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Ακίνητο} = \text{Έδαφος} + \text{Εργασία} + \text{Κεφάλαιο} + \text{Επιχειρηματικότητα}$$

#### 1.2 Οι αγορές ακινήτων

Η απελευθέρωση των αγορών και δη των χρηματιστηριακών που ξεκίνησε από τη δεκαετία του '70 δημιούργησε το έδαφος για αναζήτηση νέων επενδυτικών ευκαιριών, που δεν είχαν γεωγραφικά όρια. Έτσι μετά τη δεκαετία του 1990 η μεγάλη

οικονομική ανάπτυξη, που γνώρισε η Ασιατική Ήπειρος, οδήγησε σε ένα νέο «κυνήγι» για περισσότερο χρήμα και κέρδος.

Το ενδιαφέρον των επενδυτών εκείνη την περίοδο ήταν οι αγορές ακινήτων. Το ενδιαφέρον αυτό δεν περιορίστηκε μόνον στο Ασιατικό έδαφος αλλά σε όλον τον κόσμο. Αυτό σήμανε την απαρχή της δημιουργίας ενός μεγάλου δικτύου που αποτελούνταν από κατασκευαστικές και επενδυτικές εταιρείες, χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς, και μια πληθώρα άλλων εμπορικών επιχειρήσεων, που έδωσαν μια μεγάλη ώθηση στην αστική ανάπτυξη.

Η συναλλαγή των ακινήτων όπως είναι φυσικό γίνεται μέσω των μηχανισμών της αγοράς, όπως συμβαίνει με όλα τα άλλα αγαθά. Οι κάτοχοι τίτλων ιδιοκτησίας προσφέρουν τα ακίνητά τους σε αγοραστές που είναι διαθεμένοι να πληρώσουν ένα ισοδύναμο αντίτιμο για την απόκτησή τους (Seabrooke and How 2004). Όσον αφορά την ακίνητη περιουσία η συναλλαγή περιγράφει το γεγονός κατά το οποίο λαμβάνει χώρα η μεταβίβαση ή εκχώρηση των τίτλων ιδιοκτησίας (Seabrooke and How 2004, σελ.5). Διαφέρει όμως η έννοια της συναλλαγής ακίνητης περιουσίας σε σύγκριση με αυτήν των άλλων αγαθών;

Για να δώσουμε μια απάντηση σε αυτό το ερώτημα αρκεί να δούμε πώς η μικροοικονομική θεωρεία αναλύει το φαινόμενο της συναλλαγής ή ανταλλαγής αγαθών που λαμβάνει χώρα στο οικονομικό σύστημα.

### **1.3 Η έννοια της συναλλαγής της ακίνητης περιουσίας**

Η μικροοικονομική θεωρεία αντιμετωπίζει την αγορά ως έναν χώρο στον οποίο οι πωλητές προσφέρουν τα αγαθά ή τις υπηρεσίες τους στους αγοραστές, που είναι διατεθειμένοι να τα αγοράσουν σε μια συγκεκριμένη τιμή, η οποία εξισώνει την προσφορά και τη ζήτηση του αγαθού αυτού. Δηλαδή αναλύει τις συναλλαγές ορισμένων αγαθών στην τελική επιτυχία τους έκβαση, αντιμετωπίζοντάς τες δηλαδή επιδερμικά, χωρίς όμως να εισχωρεί βαθύτερα στην μελέτη και καταγραφή της

διαδικασίας που λαμβάνει χώρα προκειμένου να επιτευχθεί μια οικονομική συνδιαλλαγή. Από μικροοικονομικής σκοπιάς η μελέτη παρόμοιων αγορών ομοιογενών αγαθών δημιουργεί ένα συμπεριφοριστικό πλαίσιο που κάτω από κάποιες προϋποθέσεις κάνει εφικτή την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των αγορών στο μέλλον (Seabrooke and How, σελ.5).

Μολονότι η μελέτη του αποτελέσματος μιας συναλλαγής ομοιογενών αγαθών μπορεί να μας δώσει ιδιαίτερα σημαντικά στοιχεία για την συμπεριφορά του αγοραστή και του πωλητή, από την άλλη η συμβολή της είναι λιγότερο σημαντική όταν έχουμε να κάνουμε με την ακίνητη περιουσία. Στη δεύτερη περίπτωση αποκομίζουμε πιο αξιόλογα συμπεράσματα όταν μελετούμε τη διαδικασία που διέπει μια συναλλαγή. Άλλωστε όπως λέει ο Commons «η ψυχολογία της συναλλαγής είναι η ψυχολογία της διαπραγμάτευσης», στη διάρκεια της οποίας κάθε μέλος «μπορεί να επηρεάσει τον άλλον σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό» (Commons 1931, σελ 655).

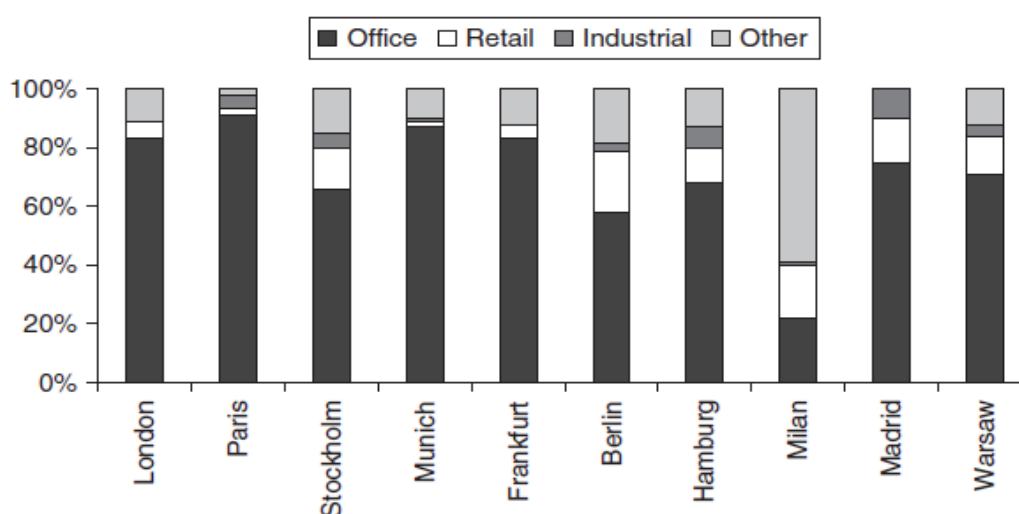
Αυτό είναι πολύ σημαντικό αν αναλογιστούμε ότι οι διαπραγματεύσεις στην αγορά ακινήτων (σε αντίθεση με άλλα αγαθά) μπορεί να διαρκέσουν πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα επιδρώντας έτσι αρνητικά ή θετικά στους όρους σύμφωνα με τους οποίους διεξάγεται η συνδιαλλαγή, ενώ το γεγονός της ετερογένειας που παρουσιάζουν τα ακίνητα ( η οποία θα αναλυθεί εκτενέστερα στη συνέχεια) κάνουν τις συνδιαλλαγές πιο πολύπλοκες απ' ό τι τα ομοιογενή αγαθά. Έτσι η μεγάλη αβεβαιότητα που προκύπτει από τις συναλλαγές ακινήτων μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένες τακτικές και επενδυτικές επιλογές (Seabrooke and How 2004, σελ.6) .

#### **1.4.Οικονομική Ανάλυση της Αγοράς Ακινήτων**

Η οικονομική ανάλυση της αγοράς της ακίνητης περιουσίας εστιάζει συνήθως ένα συγκεκριμένο είδος του ακινήτου εμβαθύνοντας και δίνοντας μια χωρική διάσταση στην ανάλυση η οποία επικεντρώνεται σε ανάλυση της αγοράς ακινήτων σε μια συγκεκριμένη πόλη ή χώρα. (Lambiri and Rovolis).

Από την πλευρά της οικονομικής επιστήμης υπήρχε ανέκαθεν το ενδιαφέρον της μελέτης των αγορών ακινήτων και την επίδραση τους στο κοινωνικό και οικονομικό γίνεσθαι. Για λόγους λοιπόν, διευκόλυνσης στην οικονομική ανάλυσή τα ακίνητα ταξινομούνται σε 2 κυρίως κατηγορίες: στις κατοικίες και στα εμπορικά ακίνητα. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει διάφορα περιουσιακά στοιχεία όπως ιδιωτικά ακίνητα, γραφεία, ξενοδοχεία και βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Την κυρίαρχη θέση στην αγορά των εμπορικών ακινήτων την κατέχουν τα γραφεία τα οποία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αξία αλλά και συχνότητα συναλλαγών σε σχέση με τα υπόλοιπα ακίνητα της κατηγορίας αυτής, όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί. Οι σπουδαιότεροι λόγοι που κάνουν τα γραφεία τα πιο δημοφιλέστερα ακίνητα στην κατηγορία αυτή είναι αφενός η υψηλή ρευστότητά τους και αφετέρου η εύκολη διαχείρισή τους (Suárez 2006, σελ 55).



Σχήμα 1.1 Δέκα κορυφαίες ευρωπαϊκές πόλεις, επενδύσεις ανά τομέα, 2006 (ποσοστά επί του συνόλου).

Πηγή: European Real Estate Markets (2006).

Σύμφωνα με τους Arnott και McMillen η αγορά των εμπορικών ακινήτων αποτελεί αντικείμενο μελέτης και ανάλυσης της οικονομικής των επιχειρήσεων, ενώ από την άλλη πλευρά η αγορά της κατοικίας αποτελεί αντικείμενο των δημοσίων οικονομικών έχοντας στο πεδίο του ενδιαφέροντος τους την κατοικία ως εργαλείο για την δημοσιονομική, κοινωνική και μακροοικονομική προοπτική μιας χώρας αλλά και σε

μικρότερο βαθμό για την αστική ανάπτυξη των πόλεων (Arnott and McMillen 2006, σελ 142).

Από τα παραπάνω φαίνεται η μεγάλη σημασία της κατοικίας σε όλους τους τομείς της οικονομικής και κοινωνικής ζωής μιας χώρας. Στα επόμενα κεφάλαιο γίνεται εκτενέστερη αναφορά στην κατοικία και συγκεκριμένα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα, αλλά και στο μοτίβο της κατοικίας στη Νότια Ευρώπη όπως έχει αναπτυχθεί μετά το τέλος του Β παγκοσμίου πολέμου.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

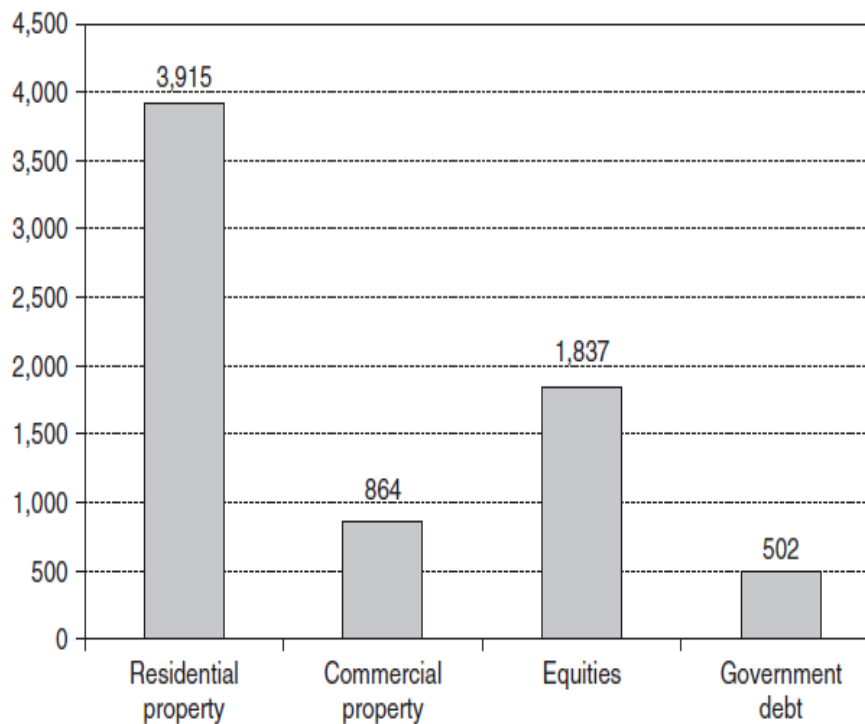
### Κατοικία

#### 2.1 Η Κατοικία και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα

Η κατοικία, ετυμολογικά προέρχεται από τη λέξη κατοικώ (κατά+ οίκος) και πιο συγκεκριμένα από τη λέξη οικία ( η οποία με τη σειρά της προέρχεται ετυμολογικά από τη λέξη οίκος), που σημαίνει το κτίριο το κτίσμα, μέσα στο οποίο διαμένει κάποιος. Η κατοικία, εκτός από ένα κοινωνικό αγαθό το οποίο συμβάλλει σημαντικά σε όλους τους οικονομικούς τομείς και μάλιστα σε πολύ μεγάλο βαθμό. Η ευεργετική της επίδραση εκτείνεται από τον κλάδο των κατασκευών, τον τομέα της απασχόλησης, των χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών έως και τον τομέα των επενδύσεων, ενώ παράλληλα αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της αναπτυξιακής πορείας μιας χώρας. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2007 υπήρχαν πάνω από 224 εκατομμύρια κατοικίες. Στο σχήμα 1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η αγορά ακινήτων του Ηνωμένου Βασιλείου. Όπως φαίνεται τα ακίνητα που ανήκουν στην κατηγορία της κατοικίας έχουν ξεκάθαρη υπεροχή σε σύγκριση με τα υπόλοιπα περιουσιακά στοιχεία.

Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα του τομέα των κατοικιών και της ακίνητης περιουσίας στην οικονομική ζωή μιας χώρας και όχι μόνο. Στο βιβλίο *A Companion to Urban Economics* (2006) τίθεται έναν πολύ ενδιαφέρον ερώτημα “Γιατί η κατοικία να διαχωρίζεται από τα άλλα αγαθά και να εξετάζεται σαν ειδικής κατηγορίας αγαθό”.





Σχήμα 1. Μέγεθος των επενδυτικών αγορών του Ηνωμένου Βασιλείου, 2006 (σε δισεκατομμύρια λίρες)

Πηγή: *European Real Estate Markets*, José Luis Suárez.

Η απάντηση δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη αν το σκεφτεί κανείς. Ο διαχωρισμός της κατοικίας και γενικά των ακινήτων από τα υπόλοιπα αγαθά της οικονομικής ζωής, είναι εύλογος διότι αυτή η κατηγορία αγαθών έχουν κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τα κάνουν μοναδικά. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των κατοικιών όπως και όλων των ακινήτων είναι ότι παρουσιάζουν μεγάλη ετερογένεια. Οι κατοικίες διαφέρουν ως προς τα τετραγωνικά, το είδος, τον αριθμό και το μέγεθος των δωματίων, και τους υπόλοιπους χώρους που δύναται να περιλαμβάνουν, όπως θέση παρκινγκ, κήπος κλπ., ενώ παράλληλα σημαντικό ρόλο διαφοροποίησης παίζει η τοποθεσία στην οποία βρίσκονται εγκατεστημένα, η οποία προσδίδει σε κάθε κατοικία διαφορετική οικονομική και κοινωνική υπόσταση.

Επιπροσθέτως ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των κατοικιών συγκεκριμένα και των ακινήτων γενικότερα είναι ότι εκτός από τη φυσική τους

διάσταση περιλαμβάνουν και τη νομική διάσταση, που κάνει αυτή την κατηγορία των αγαθών να ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα αγαθά στην οικονομία. Όταν μιλάμε για νομική διάσταση βεβαίως εννοούμε τα δικαιώματα ιδιοκτησίας, και αν θέλουμε να είμαστε πιο σαφείς όταν μιλάμε για ανάλυση της αγοράς ακινήτων και δη της κατοικίας επί της ουσίας *«αναφερόμαστε στην ανάλυση των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας ή εκμετάλλευσης και όχι στη γη και το έδαφος»* (Lambiri and Rovolis 2014, σελ. 127).

*«Ο όρος «δικαιώματα ιδιοκτησίας» στη βιβλιογραφία των θεσμικών οικονομικών ορίζεται με αναφορά στην ικανότητα ενός ατόμου να χρησιμοποιεί πολύτιμους πόρους. Και σε αυτό το παράδειγμα, η ικανότητα ερμηνεύεται ως η λειτουργία του συστήματος ή της δομής των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας σε μια συγκεκριμένη κοινωνία»...* *«και όπως συμβαίνει με όλες τις θεσμικές ρυθμίσεις τα δικαιώματα ιδιοκτησίας δεν είναι σταθερά αλλά υπόκεινται σε αλλαγές»* (Kent 2004 σελ.73-74). Αυτό το γεγονός προσδίδει στις συναλλαγές των ακινήτων γενικά και των κατοικιών ειδικότερα μια ιδιαίτερη και πολύπλοκη διάσταση αν αναλογιστούμε το γεγονός ότι οι μεταβιβάσεις των τίτλων είναι χρονοβόρες και συνήθως γίνονται σε μεταγενέστερο χρόνο της συμφωνίας, που σημαίνει ότι πολλές θεσμικές ρυθμίσεις να μπορεί αλλάξουν ή να ακυρωθούν.

Η κατοικία εκτός από ένα κοινωνικό αγαθό και μια βασική ανάγκη για την επιβίωση του ανθρώπου είναι ένα εξαιρετικά ακριβό αγαθό με μεγάλη διάρκεια ζωής. Το κόστος και η ποιότητα της κατοικίας είναι σε πλήρη εναρμόνιση με την οικονομική επιφάνεια και την κοινωνική ζωή των ιδιοκτητών ή των ενοικιαστών του. Επιπλέον η μεγάλη διάρκεια ζωής του σε σχέση με άλλα αγαθά δίνει μια άλλη ιδιομορφία σε αυτή την κατηγορία ιδιοκτησίας που τα καθιστά ξεχωριστά. Αυτό σημαίνει ότι με την πάροδο του χρόνου η οικονομική ζωή μιας κατοικίας μειώνεται γεγονός που δημιουργεί την ανάγκη συντήρησης της και κατ' επέκταση την αύξηση του κόστους σε ένα ήδη επιβαρυσμένο και ακριβό αγαθό (Lambiri and Rovolis 2014, σελ. 128).

Σε μια τέτοια κατηγορία αγαθών με τόσες πολλές ιδιαιτερότητες και ετερογένειες η γνώση και η πληροφόρηση της αγοράς αποκτά πολύ σημαντική δύναμη και αναδεικνύεται ως ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα για τους συναλλασσόμενους. Βέβαια εδώ πρέπει να πούμε ότι η γνώση της αγοράς είναι πολλές φορές ιδιωτική δεν είναι ευρέως διαθέσιμη και κατ' επέκταση πολύ ακριβή

για να μην αναφέρουμε ότι πολλές φορές είναι αδύνατο να αποκτηθεί (Ball 2006, σελ 13-14). Το γεγονός αυτό συνεπικουρούμενο με τα άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της κατοικίας ειδικότερα αλλά και των ακινήτων γενικότερα οδηγούν στην εδραίωση της αντίληψης ότι η αγορά των ακινήτων χαρακτηρίζεται από μεγάλο βαθμό αναποτελεσματικότητας (Lambiri and Ronolis 2014, σελ. 128).

## 2.2. Ζήτηση της κατοικίας

Μολονότι η συντριπτική πλειοψηφία των ανθρώπων στη δύση ζουν σε κατάλληλες κατοικίες υπάρχουν εκατομμύρια άνθρωποι στον κόσμο που δεν απολαμβάνουν της ίδιας τύχης και μεταχείρισης. Τα νούμερα είναι συγκλονιστικά. Το Κέντρο των Ηνωμένων Εθνών για τους Ανθρώπινους Οικισμούς εκτιμά ότι πάνω από ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι ζουν σε άθλιες και ανεπαρκείς συνθήκες με τον αριθμό αυτό να μεγαλώνει στα 3 δισεκατομμύρια έως το 2050 την στιγμή, που στις αναπτυσσόμενες χώρες κατά την πρώτη δεκαετία του 21ου αιώνα οι οικιστικές μονάδες που απαιτούνταν για τις ανάγκες των πληθυσμών και των νοικοκυριών ξεπερνούσαν τα 21 εκατομμύρια ετησίως (Un Habitat 2005). *Το ερώτημα που γεννάται είναι ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τη ζήτηση κατοικίας σε μια χώρα;*

Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν τη ζήτηση κατοικίας σε μια χώρα είναι οι δημογραφικοί παράγοντες και ο αριθμός των νοικοκυριών. Οι δημογραφικοί παράγοντες αναφέρονται κυρίως σε δύο συνιστώσες, που είναι α) ο πληθυσμός της χώρας και β) η ροή μεταναστών. Η οικονομική έκφραση αυτής της σχέσης όπως αποτυπώνεται πιο κάτω αφορά τη μακροχρόνια ζήτηση κατοικίας.

$$Hd = \{(Pop, MG), HR\} \quad 2.2.1$$

όπου Pop το πληθυσμιακό μέγεθος, MG ο αριθμός μεταναστών, και HR οι μεταβολές των νοικοκυριών.

Οι πληροφορίες που αντλούμε από αυτήν τη σχέση είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την άσκηση πολιτικής για την κατοικία σε μια χώρα. Διότι δεν «εκμαιεύονται» μόνον πληροφορίες για το κατά πόσο είναι δυνατή και σε ποιο βαθμό η αύξηση της ζήτησης της κατοικίας λόγω της αύξησης των παραπάνω μεταβλητών, αλλά και το είδος της κατοικίας που καλύπτουν οι συγκεκριμένες ανάγκες των νοικοκυριών, η ηλικία του πληθυσμού και το είδος των μεταναστών που εισρέουν σε μια χώρα. Στην επόμενη ενότητα θα αναφερθούμε στο πώς οι μεταβλητές αυτές δηλαδή οι δημογραφικοί παράγοντες και ο αριθμός των νοικοκυριών επηρέασαν τη ζήτηση κατοικίας στην Νότια Ευρώπη.

Από την άλλη πλευρά οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη βραχυχρόνια ζήτηση κατοικίας, η οποία δίδεται από τη σχέση

$$H^d = f(Y, PH, PC, r, Cr, W, T) \quad 2.2.2$$

είναι οι διακυμάνσεις των πραγματικών εισοδημάτων και των επιτοκίων (όπου  $Y$  το εισόδημα,  $PH$  οι τιμές των κατοικιών,  $PC$  οι τιμές άλλων αγαθών,  $r$  τα επιτόκια στεγαστικών δανείων,  $Cr$  η πιστωτική διαθεσιμότητα,  $W$  ο πλούτος,  $T$  η φορολογία στέγασης). Ένα από τα σημαίνοντα θέματα που αφορούν τη συνάρτηση ζήτησης κατοικίας είναι πόσο ευαίσθητη είναι η εν λόγω ζήτηση στις μεταβολές του εισοδήματος. Το πρόβλημα που συναντάται εδώ αφορά τη χρήση διαφορετικών μέτρων για τον υπολογισμό της εισοδηματικής ελαστικότητας, τα οποία επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο το αποτέλεσμα. Ένας λόγος προβληματισμού αφορά το γεγονός ότι η εισοδηματική ελαστικότητα είναι υψηλότερη όταν χρησιμοποιείται ως μέτρο υπολογισμού το αναμενόμενο εισόδημα, από ότι όταν χρησιμοποιείται ως μέτρο το τρέχον εισόδημα. Μάλιστα κατά τον Mayo (1980) ύστερα από ένα ευρύ φάσμα αναλύσεων διαφορετικών βάσεων δεδομένων και μεθοδολογιών, η αναμενόμενη εισοδηματική ελαστικότητα ζήτησης για στέγαση υπολογίζεται να είναι αφενός αρκετά μεγαλύτερη από την τρέχουσα εισοδηματική ελαστικότητα και αφετέρου αρκετά κάτω από την μονάδα κατά μέσο όρο.

Επιπλέον, παρόμοιες αυξήσεις στις ελαστικότητες παρατηρήθηκαν με τη διαδικασία ομαδοποίησης σε αντιδιαστολή με τη χρήση μεμονωμένων δεδομένων. Για παράδειγμα οι Polinsky και Ellwood (1979) αναφέρουν ότι οι εισοδηματικές

ελαστικότητες που εκτιμήθηκαν από την ομαδοποίηση των παρατηρήσεων στην ανάλυσή τους είναι 46-75% υψηλότερες από εκείνες που προέρχονται από μεμονωμένα μετρούμενα εισοδήματα. Στην «καλύτερη» εξίσωση, η αναμενόμενη (μόνιμη) εισοδηματική ελαστικότητα είναι πολύ κοντά στο + 1. Σε ανάλογη μελέτη της ζήτησης κατοικίας ο Mayo (1981) υποδηλώνει ότι οι περισσότερες αμερικανικές εκτιμήσεις δείχνουν ότι η εισοδηματική ελαστικότητα είναι μεγαλύτερη από το 1 όταν χρησιμοποιούνται ομαδοποιημένα συγκεντρωτικά στοιχεία και μικρότερη από το 1 όταν χρησιμοποιούνται επιμέρους στοιχεία.

Τέλος, οι εισοδηματικές ελαστικότητες διαφέρουν σημαντικά ανάμεσα στις μισθωμένες και στις ιδιωτικές κατοικίες (Meen 2001). Η εκτίμηση της εισοδηματικής ελαστικότητας είναι ένα κεντρικό ζήτημα στις μελέτες των κατοικιών, δεδομένου ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο όσον αφορά τις δύο αστικές δομές και τις πολιτικές στέγασης. Ενδεικτικά, ο Meen υπογραμμίζει τη σημασία της μελέτης των εισοδηματικών ελαστικοτήτων, επισημαίνοντας ότι όταν εκτιμάται εισοδηματική ελαστικότητα μεγαλύτερη από το 1 μπορεί να σημαίνει ότι οι αυξήσεις των εισοδημάτων θα οδηγήσει τα νοικοκυριά να μετεγκατασταθούν μακριά από το κέντρο της πόλης, δηλαδή στα προάστια. (Lambiri and Rovolis 2014, σελ. 137)

### **2.3 Οι δημογραφικοί παράγοντες, η δομή των νοικοκυριών και η κατοικία στη Νότια Ευρώπη**

Μετά το τέλος του Β' Παγκόσμιου Πολέμου και συγκεκριμένα κατά την περίοδο 1945-1970, πραγματοποιήθηκε μια χωρίς προηγούμενο αύξηση του ρυθμού μεγέθυνσης των ανεπτυγμένων χωρών. Οι χώρες της Δυτικής Ευρώπης, η Ιαπωνία και οι ΗΠΑ, έγιναν πρωταγωνιστές στο οικονομικό θαύμα της εποχής. Το άνοιγμα των αγορών και το φαινόμενο της παγκοσμιοποίησης έδωσαν μια τεράστια ώθηση

στην οικονομική ανάπτυξη η οποία θα λέγαμε ότι ενθάρρυνε ή / και ενισχύθηκε από την αστική ανάπτυξη.

Η ανάπτυξη των πόλεων που επιτεύχθηκε στη Βόρεια Ευρώπη την περίοδο αναφοράς μας ήταν τελείως διαφορετική από εκείνη της Νότιας Ευρώπης. Ο λόγος είναι ότι αστικοποίηση που συντελέστηκε στο Βορά ήταν βαθιά συνδεδεμένη με την εκβιομηχάνιση των χωρών αυτών και επομένως οι πόλεις που δημιουργήθηκαν ή αναγεννήθηκαν από τις στάχτες του Β παγκόσμιου πολέμου είχαν ως στόχο να καλύψουν τις ανάγκες ενός εξειδικευμένου εργατικού πληθυσμού που δραστηριοποιούνταν σε ένα πολλά υποσχόμενο βιομηχανικό περιβάλλον. Προκειμένου να καλυφθούν αυτές οι ανάγκες ήταν αναγκαίο και επιβεβλημένο, ιδίως από τις συνθήκες πίεσης για τη μείωση του εργατικού κόστους, το κράτος να διαδραματίσει ενεργό ρόλο στην παροχή κοινωνικών υπηρεσιών στον τομέα της κατοικίας. Αυτός ήταν άλλωστε και ο λόγος όπου η αστική ανάπτυξη στην Βόρεια Ευρώπη επιτελέστηκε πιο γρήγορα από ότι συνέβη με τις χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου.

Το φαινόμενο της αστικοποίησης στο Νότιο Ευρωπαϊκό τόξο βασίστηκε πιο πολύ στην εσωτερική ροή μετανάστευσης ανθρώπων από τις αγροτικές περιοχές στις πόλεις, γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα την μετατροπή της οικονομίας από αγροτική σε αυτή των υπηρεσιών. Εδώ πρέπει να πούμε ότι το γεγονός του χαμηλού βαθμού εκβιομηχάνισης των Νότιων Χωρών αλλά και του μικρού ποσοστού του αστικού πληθυσμού επιβράδυνε την αστικοποίηση, με μια μόνο εξαίρεση την Βόρεια Ιταλία. Επιπλέον σε αυτές τις χώρες ο κλάδος της κατοικίας δεν αποτέλεσε προτεραιότητα στην δημόσια ατζέντα και ο λόγος αφενός είναι ότι στις περισσότερες χώρες του Νότου οι κατοικίες δεν επλήγησαν από τις καταστροφικές συνέπειες του Β παγκόσμιου Πολέμου και αφετέρου το οικονομικό τους αποτύπωμα δεν συνδέονταν με την εκβιομηχάνιση, όπου εκεί δόθηκε η προτεραιότητα των μεταπολεμικών κυβερνήσεων για την παροχή κρατικής στέγασης (Allen et al. 2004, σελ. 18-20).

Αυτό το μοντέλο αστικής ανάπτυξης που περιγράφηκε παραπάνω έχει άμεση σχέση με τα δημογραφικές τάσεις και τις δομές της οικογένειας, οι οποίες είχαν μεγάλο αντίκτυπο, άλλοτε άμεσο και άλλοτε έμμεσο στην κατοικία της Νότιας Ευρώπης.

➤ *Δημογραφικές τάσεις.* Ο πιο σπουδαίος παράγοντας, που άσκησε σημαντική επίδραση στην κατοικία στον Νότο από την πλευρά του δημογραφικού παράγοντα είναι η μετανάστευση που συντελέστηκε μετά το τέλος της δεκαετίας του 1970, όπου ο Ευρωπαϊκός Νότος σταμάτησε να παρέχει μετανάστες σε άλλες χώρες και άρχισε να δέχεται ροή μεταναστών από χώρες όπως η Νότια Αμερική, η Αφρική και η Ανατολική Ευρώπη. Και αυτή η ροή μετανάστευσης αν και όχι πολύ μεγάλη σε αριθμό έπαιξε σημαντικό ρόλο στον τομέα της κατοικίας και στη διαμόρφωση προτύπων. Σε αντιδιαστολή με το κύμα μεταναστών που συντελέστηκε στις δεκαετίες 1950 και 1960 στην Δυτική Ευρώπη, τούτη εδώ η μεταναστευτική ροή δεν υπήρξε αποτέλεσμα της αναζήτησης εργασίας, αλλά φυσικό επακόλουθο σημαντικών πολιτικών και οικονομικών αλλαγών άλλων χωρών. Για αυτό το λόγο, η μετοίκηση των νέων πληθυσμών στο Νότο, δεν ακολουθήθηκε από οργανωμένη παροχή κοινωνικών υπηρεσιών στον τομέα της κατοικίας. Επιπροσθέτως οι μετανάστες έχουν να αντιμετωπίσουν την νοοτροπία της ιδιοκατοίκησης στις χώρες της Νότιας Ευρώπης κάτι που δεν μπορούσε να ταιριάζει με την οικονομική κατάστασή τους. Επιπλέον το γεγονός ότι όπως αναφέραμε η παροχή κατοικίας από το κράτος ήταν μάλλον ανύπαρκτη αναγκάστηκαν να ενοικιάσουν σπίτια τα οποία πολλές φορές, αν όχι σε όλες τις περιπτώσεις, ήταν ακατάλληλα για κατοίκηση, χωρίς παράθυρα, υπόγεια κλπ. Καθώς όμως ο μεταναστευτικός πληθυσμός αυξανόταν υπήρχε ολοένα και μεγαλύτερη πίεση για διαχωρισμό γης και αγοράς κατοικίας.

Ένας άλλος δημογραφικός παράγοντας, που έπαιξε ιδιάζοντα ρόλο στην διαμόρφωση των προτύπων κατοικίας στη Νότια Ευρώπη είναι ο αυξανόμενος ρυθμός υπογεννητικότητας, οποίος είτε προήλθε από τις εκάστοτε οικονομικές συνθήκες που αποτελούσαν εμπόδιο στην ανάπτυξη μεγάλων οικογενειών, είτε από τον πιο απαιτητικό ρόλο της γυναίκας μετά την ένταξη της στην αγορά εργασίας. Η μείωση των γεννήσεων οδήγησε και οδηγεί στην γήρανση του πληθυσμού που εκτός από τις επιπτώσεις του σε άλλους τομείς της οικονομικής και κοινωνική ζωής, επηρεάζει ιδιαίτερα την πληθυσμιακή δομή και την σύνθεση των νοικοκυριών και ως εκ τούτου τις πολιτικές γης και κατοικίας (διαφορετική δομή σπιτιών, μικρότεροι χώροι, λιγότερα δωμάτια κλπ για το μέλλον), διαμορφώνοντας νέα δεδομένα στην κατοικία για τους

λαούς της Νότιας Ευρώπης. Έτσι λοιπόν οι δημογραφικές τάσεις είναι άμεσα σχετιζόμενες με την κατοικία διότι είναι αυτές που καθορίζουν τις ανάγκες για συγκεκριμένα είδη σπιτιών για το μέλλον αλλά και το κατάλληλο μέγεθος του αποθέματος κατοικιών (Allen et al. 2004, σελ. 18-20).

➤ *Οικογενειακές Δομές.* Σύμφωνα τους Allen et al., στο βιβλίο τους «*Housing and Welfare Systems in Southern Europe*», οι χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου χαρακτηρίζονται από κάποια ιδιαίτερα γνωρίσματα τα οποία τις ξεχωρίζουν από τις Βορειότερες χώρες της Ηπείρου. Ένα από αυτά είναι ο μεγάλος βαθμός ιδιοκτησίας της πρώτης κατοικίας και η μεταβίβαση της σε μέλη της ίδιας οικογένειας. Μάλιστα όπως διαφαίνεται και στον πίνακα 2.1. οι χώρες του Νότου όχι μόνο παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό ιδιοκατοίκησης σε σχέση με τις χώρες του Βορά αλλά ταυτόχρονα παρουσιάζουν και τα χαμηλότερα ποσοστά ιδιωτικής και κοινωνικής μίσθωσης. Αυτό συμβαίνει κυρίως διότι θεωρείται ότι είναι μέρος της πολιτιστικής κουλτούρας των λαών που βρίσκονται στα νότια της Γηραιάς Ηπείρου. Βέβαια αν κάποιος λάβει υπόψη του το γεγονός ότι τη δεκαετία του 1950 το ποσοστό ιδιοκατοίκησης ήταν μικρότερο από 50% ίσως να διαπιστώνει κάποια κενά στο το επιχείρημα αυτό. Από την άλλη μπορεί να υποστηριχθεί ότι ο υψηλός βαθμός ιδιοκατοίκησης είναι απόρροια της έλλειψης πολιτικών στέγασης όπως διαφαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, που χαρακτηρίζουν τις χώρες αυτές σε αντίθεση με τις χώρες του Βορά. Και έτσι με αυτή την λογική η ιδιοκατοίκηση στις Μεσογειακές Χώρες μπορεί να είναι αποτέλεσμα και όχι αιτία των πολιτικών που ασκήθηκαν ιδίως μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο.

Επιπλέον ένα άλλο χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί τους Βόρειους από τους Νότιους Ευρωπαίους και που επηρεάζει τη διαμόρφωση των κατοικιών κρύβεται στην «φύση» των δομών της οικογένειας. Ο πυρήνας της οικογένειας, που απαρτίζεται από ένα ζευγάρι με ένα ή δύο παιδιά εξακολουθεί είναι ένα κυρίαρχο μοτίβο στην κοινωνία των Μεσογειακών λαών, όπως διαφαίνεται άλλωστε και από τον πίνακα 2.2. όπου οι χώρες του Νότου υπερτερούν από τον μέσο όρο των υπόλοιπων ευρωπαϊκών χωρών σε σχέση με την ιδιοκατοίκηση, γεγονός που οδηγεί σε διαφορετικά πρότυπα



κατοικίας. Για παράδειγμα στις μεσογειακές χώρες τα σπίτια είναι περισσότερο τετραγωνικών με πολλά

Πίνακας 2.1 Κατοχή Στέγασης (Housing Tenure), Ευρωπαϊκή Ένωση, 2000

Country	Owner occupied	Social rented	Private rented	Other
Spain (98)	82	1	10	7
Greece (90)	78	0	22	0
Italy (98)	69	5	11	15
Portugal (98)	64	3	25	8
Ireland (98)	78	9	16	3
Belgium (00)	74	7	16	3
Luxembourg (95)	70	3	27	0
United Kingdom (01)	69	22	9	0
Finland (97)	60	14	16	10
Austria (98)	56	21	20	3
France (96)	54	17	21	8
Netherlands (00)	53	36	11	0
Denmark (00)	51	19	26	4
Germany (98)	43	7	50	0
Sweden (90)	41	27	13	19

Πηγή: *Housing and Welfare Systems in Southern Europe*, σελ16

δωμάτια, έτσι ώστε ανταποκρίνονται στις ανάγκες των τριμελών ή τετραμελών οικογενειών, ενώ αντιθέτως τα σπίτια τύπου γκαρσονιέρας είναι λιγότερα.

Πίνακας 2.2 νοικοκυριά οικογενειών ως ποσοστό όλων των νοικοκυριών, Νότια Ευρώπη και EU12,1995

Country	Family households as % of all households
Portugal	83.7
Spain	83.1
Greece	78.8
Italy	76.3
EU12	70.3

Πηγή: *Housing and Welfare Systems in Southern Europe*,σελ 42.

Εν κατακλείδι το σύστημα κατοικίας όπως αυτό διαμορφώθηκε σε όλες τις χώρες της Νότιας Ευρώπης δεν προήλθε ως αποτέλεσμα των κοινών αστικών προτύπων μεταξύ των χωρών ή εξαιτίας των παρόμοιων διαδικασιών παραγωγής κατοικίας, αλλά στην σχετική απουσία της άμεσης κρατικής παρέμβασης στη λύση του προβλήματος της κατοικίας των Νότιων χωρών, όπως αυτό δημιουργήθηκε λόγω της έξαρσης των φαινομένων της εκβιομηχανισής και της αστικοποίησης κατά την μεταπολεμική περίοδο. Ένα κοινό χαρακτηριστικό των χωρών αυτών είναι ο ενεργός ρόλος που έπαιξε η οικογένεια στην κοινωνική ανασυγκρότηση των χωρών αυτών, ελλείψει της κρατικής πρωτοβουλίας. Σήμερα με την κρίση να πλήττει όλες τις χώρες του Νότου, δεν λείπουν οι φωνές που υποστηρίζουν ότι η αιτία της πρωτοφανούς και δυσμενούς οικονομικής κατάστασης, ειδικά σε σχέση με τις αγορές ακινήτων, είναι τα υψηλά ποσοστά ιδιοκατοίκησης, που ήταν είτε η αιτία είτε το αποτέλεσμα των πολιτικών που ακολουθήθηκαν την κρίσιμη περίοδο της μεταπολεμικής περιόδου.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### Χωρική ανάλυση δεδομένων

#### 3.1. Χωρικά δεδομένα

Ο χώρος ως γνωστό παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην περιφερειακή επιστήμη και την αστική οικονομική και αυτό γιατί όλα τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα εμπεριέχουν μια χωρική και χρονική διάσταση. Ως εκ τούτου τα εργαλεία και οι μέθοδοι τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των δεδομένων του χώρου έχουν σημαίνων ρόλο στην επιστημονική βιβλιογραφία. Τι είναι όμως τα χωρικά δεδομένα; Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε ότι «τα χωρικά δεδομένα προσδιορίζουν τις γεωμετρικές ιδιότητες» μιας δραστηριότητας που λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια της γης... «(ακριβής θέση, διαστάσεις και σχήμα) και έχουν άμεση σχέση με τον εντοπισμό της (συντεταγμένες) που παίρνουν τη μορφή:

- *προβολικών συντεταγμένων x,y*
- *γεωγραφικών συντεταγμένων φ,λ*» (Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλάκης Ν., σελ 7).

Γενικότερα θα λέγαμε ότι η διαφορά των χωρικών δεδομένων από τα άλλα μη χωρικά δεδομένα έγκειται σε αυτό που επεξηγεί ο ορισμός τους, δηλαδή στην ενσωμάτωση και την αναπαράσταση της έννοιας του χώρου. Κατά τον Anselin (1990) αυτό που κάνει τα χωρικά δεδομένα να χρίζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης σε σχέση με τα άλλα κλασικά δεδομένα είναι ότι οι χωρικές επιδράσεις περιπλέκουν οποιαδήποτε απλή κατανόηση των χωρικών δεδομένων. Και αυτές οι χωρικές επιδράσεις έχουν δύο αλληλένδετες έννοιες. Η πρώτη αναφέρεται στον πρώτο νόμο της Γεωγραφίας του Tobler σύμφωνα με τον οποίον όλα τα αντικείμενα στο χώρο έχουν σχέση μεταξύ τους αλλά τα πιο κοντινά σχετίζονται περισσότερο από τα πιο μακρινά (Tobler 1970). Αυτό απλά σημαίνει ότι θα περιμένουμε ισχυρότερες σχέσεις εντός και μεταξύ των μεταβλητών που επιλέγονται δειγματοληπτικά σε χώρους, που

είναι γεωγραφικά κοντά ο ένας στον άλλον παρά μακριά. Η δεύτερη έννοια όμως, που είναι η πιο προβληματική, έγκειται στο γεγονός ότι παρόλο το μέγεθος και τη διαμόρφωση των χωρικών μονάδων είναι δυνατόν να βρούμε σχέσεις μέσα ή μεταξύ των μεταβλητών, που οφείλονται τόσο στη φύση των χωρικών μονάδων όσο στη φύση των μεταβλητών που ερευνώνται.

Εδώ θα πρέπει να πούμε ότι ο νόμος του Tobler δεν υπονοεί ότι το ενδιαφέρον της Γεωγραφίας και της ανάλυσης των χωρικών δεδομένων εστιάζεται μόνον στα αντικείμενα που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση στο χώρο, αλλά τα τελευταία αποτελούν την αφετηρία για την διεξαγωγή της γεωγραφικής ανάλυσης και διερεύνησης των δεδομένων.

Για να μπορεί όμως να ερμηνευθεί τι είναι «κοντά» και τι είναι «μακριά» σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο έρευνας τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της γης θα πρέπει να αναπαριστώνται στο χώρο με τη μορφή σημείων, γραμμών και περιοχών (Anselin 1988, σελ 2).

Άλλωστε όπως αναφέρει ο Watts στο βιβλίο του “Small Worlds” τα φαινόμενα του μικρόκοσμου, που διαδραματίζονται στα κοινωνικά και άλλα δίκτυα αποκαλύπτουν ότι το κοντά με το μακριά μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθούν εκτεταμένες διασυνδέσεις στα χωρικά συστήματα (Watts 1999).

Πριν μπούμε πιο βαθιά στο πεδίο της χωρικής ανάλυσης, που αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας πολλών επιστημών, κρίνεται αναγκαίο να αναφερθούμε στους τύπους των χωρικών δεδομένων προκειμένου να διεισδύσουμε ακόμη περισσότερο στην αναπαράσταση των γεγονότων στο χώρο.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι πλέον πιο αποτελεσματικοί τρόποι για να περιγράψουμε και να απεικονίσουμε τα φαινόμενα αλλά και τα γεγονότα που διαδραματίζονται στην επιφάνεια της γης βασίζονται στις εξής παραδοχές: *«πρώτον, στην αντίληψη ότι ο χώρος καλύπτεται από διακεκριμένες οντότητες και δεύτερον, ότι η διαφοροποίηση ενός γεωγραφικού χαρακτηριστικού που μας ενδιαφέρει μεταβάλλεται ομαλά και συνεχώς στο χώρο»* (Κωτσόπουλος Κ., Ανδρουλάκης Ν., σελ 15).

Ως εκ τούτου τα χωρικά δεδομένα διακρίνονται σε

- Δεδομένα από οντότητες (ή αντικείμενα). Σε αυτήν την κατηγορία τα δεδομένα αναφέρονται σε ένα σημείο ή σε μια περιοχή που βρίσκεται στο γεωγραφικό χώρο ( η οποία ορίζεται με ένα σύνολο συντεταγμένων). Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου των χωρικών δεδομένων μπορεί να είναι τα σημεία καταστημάτων λιανικής πώλησης μιας πόλης, οι διοικητικές περιφέρειες των πόλεων, δρόμοι, σπίτια κλπ. Τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων μπορεί να είναι συνεχή ή διακριτά, ποσοτικά ή ποιοτικά(Haining 1986, σελ 2).
- Δεδομένα συνεχούς πεδίου. Τα δεδομένα που καταγράφονται έχουν ληφθεί από ένα σύνολο σταθερών (ή δεδομένων) θέσεων σε ένα συνεχές πεδίο. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται στα χαρακτηριστικά του εδάφους, η ρύπανση του αέρα, το βάθος χιονιού ή τα επίπεδα βροχόπτωσης. Με άλλα λόγια τα δεδομένα αυτά προκύπτουν από φαινόμενα που μεταβάλλονται συνεχώς στον χώρο, επαληθεύοντας την δεύτερη θεώρηση του συνεχούς πεδίου, κατά την οποία ο πραγματικός κόσμος *«αναπαριστάται με ένα πεπερασμένο αριθμό μεταβλητών, για κάθε μια από τις οποίες προσδιορίζεται η τιμή της σε κάθε πιθανή θέση»* (Longley et al. 2005, σελ138).

### **3.2 Τι είναι η χωρική ανάλυση δεδομένων (spatial data analysis);**

Η *Χωρική Ανάλυση* η οποία αποτελεί έναν από τους ερευνητικούς τομείς της επιστήμης της Γεωγραφίας έχει τις ρίζες της στη δεκαετία του 1950. Χρησιμοποιείται ευρέως στα Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και στην πραγματικότητα αποτελεί ένα σύνολο μεθόδων και τεχνικών με κύριο στόχο τη μελέτη των χωρικών κατανομών, που σχετίζονται με κάθε τιμή των εκάστοτε δεδομένων. Με λίγα λόγια αναζητά την ύπαρξη και την ερμηνεία χωρικών προτύπων των φαινομένων, που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της γης. Στα πλαίσια αυτό η χωρική ανάλυση συνδέεται με τον έλεγχο υποθέσεων, τη δημιουργία μοντέλων, που δύναται να περιγράψουν τις χωρικές σχέσεις ή χωρικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των περιπτώσεων ενώ κρίνεται απαραίτητη η συμβολή τεχνικών από τον κλάδο των

μαθηματικών και της στατικής, οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στην γεωγραφική ανάλυση (Haining 2004,σελ 4).

Οι εφαρμογές της χωρικής ανάλυσης εστιάζονται στη μελέτη, όπως έχουμε αναφέρει, της ανθρώπινης δραστηριότητας στο χώρο αλλά και των φυσικών φαινομένων. Για παράδειγμα πεδίο μελέτης των οικονομικών αλλά και κοινωνικών επιστημών αποτελεί η χωρική κατανομή, οι χωρικές ανισότητες και η χωρική διακύμανση παραγόντων που επηρεάζουν ζητήματα σχετικά με την αγορά εργασίας (ανεργία και εισόδημα), τον πληθυσμό (γήρανση, εσωτερική μετανάστευση), τις δημόσιες υπηρεσίες (υγεία, εκπαίδευση), το εμπόριο (κοινωνικοοικονομικό προφίλ περιοχών) και το περιβάλλον (ανακύκλωση, κλιματικές συνθήκες).

Κατά τον Anselin η ανάλυση των χωρικών δεδομένων θα πρέπει να έχει δύο αντίθετες προσεγγίσεις (Anselin 1986b, Haining 1986) Η πρώτη την οποία ο Anselin περιγράφει ως *προσέγγιση με γνώμονα τα δεδομένα*, εστιάζει στις πληροφορίες οι οποίες εξάγονται από τα δεδομένα και μόνον, χωρίς να υπάρχει καμία αναφορά στο θεωρητικό πλαίσιο. Με άλλα λόγια με αυτόν τρόπο προσπαθεί, όπως χαρακτηριστικά αναφέρει στο άρθρο του "*What is special about spatial data? Alternative perspectives on spatial data analysis*" να αφήσει τα δεδομένα να μιλήσουν από μόνα τους με στόχο να εκμαιεύσει πληροφορίες αναφορικά με το χωρικό πρότυπο, τη χωρική δομή και τη χωρική αλληλεπίδραση, χωρίς τους περιορισμούς του προσχεδιασμένου θεωρητικού πλαισίου (Anselin 1988 σελ 4).

Στην πραγματικότητα αυτού του είδους η προσέγγιση εμπίπτει στην κατηγορία της «διερευνητικής ανάλυσης των δεδομένων" (EDA) που διατυπώθηκε από τους Tukey (1977) και Mosteller και Tukey (1977), στην οποία θα αναφερθούμε πιο κάτω. Η «φιλοσοφία» της EDA είναι παρόμοια με αυτήν που διέπει την ανάλυση χρονοσειρών και τις αυτοπαλίνδρομες διαδικασίες (π.χ., Doan κ.ά., 1984 και η κριτική Cooley και LeRoy, 1985).

Η δεύτερη προσέγγιση, η οποία ο Anselin την ονόμασε *μοντέλο ανάλυσης με γνώμονα το θεωρητικό υπόβαθρο*, έχει ως αφετηρία, όπως εύκολα κάποιος μπορεί να αντιληφθεί την οικοδόμηση ενός θεωρητικού υποστρώματος, και στη συνέχεια γίνεται η προσέγγιση των δεδομένων, δηλαδή υπάρχει μια συστηματική διερεύνηση των χωρικών σχέσεων. Το εν λόγω θεωρητικό υπόβαθρο μπορεί να είναι χωρικό (π.χ., μια διαδικασία χωρικής ή ένα μοντέλο χωρικής αλληλεπίδρασης, όπως αναφέρεται

στον Haining 1978, 1984) ή σε μεγάλο βαθμό χωρικό (π.χ., ένα πολυ-περιφερειακό οικονομικό μοντέλο, όπως αναφέρεται στον Folmer 1986), αλλά το κυριότερο χαρακτηριστικό είναι ότι η εκτίμηση του ή βαθμονόμηση πραγματοποιείται με τη βοήθεια των χωρικών δεδομένων. Οι ιδιότητες των εν λόγω δεδομένων, δηλαδή χωρική εξάρτηση και χωρική ετερογένεια, που θα αναλύσουμε στην συνέχεια απαιτούν την εφαρμογή εξειδικευμένων στατιστικών και τεχνικών ανεξάρτητα από τη φύση της θεωρίας στο μοντέλο.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Χωρική στατιστική

#### 4.1 Χωρική στατιστική

Αδιαμφισβήτητα ο κλάδος της χωρικής στατιστικής έχει γνωρίσει μεγάλη πρόοδο τα τελευταία χρόνια. Για να μπορέσουμε να τα κατανοήσουμε βαθύτερα τα θέματα με τα οποία ο κλάδος αυτός των φυσικών επιστημών καταπιάνεται είναι ίσως απαραίτητο να δούμε την ετυμολογική της ερμηνεία. Η Χωρική στατιστική με απλά λόγια περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνικών για την περιγραφή και μοντελοποίηση χωρικών δεδομένων ή κατά τον Cressie (1993) οντοτήτων που έχουν χωρικό περιεχόμενο (Oliver 2010, σελ.319). Με διάφορες μεθόδους έχει ως στόχο την αξιολόγηση χωρικών προτύπων, διανομών, τάσεων, και γενικά των διαδικασιών και των σχέσεων που προκύπτουν. *Παράλληλα σε αντίθεση με τις παραδοσιακές (μη χωρικές) στατιστικές τεχνικές, οι τεχνικές της χωρικής στατιστικής στην πραγματικότητα χρησιμοποιούν το χώρο, το εμβαδόν, το μήκος, την εγγύτητα, τον προσανατολισμό, και τις χωρικές σχέσεις – απευθείας στα μαθηματικά τους* (Scott and Janikas 2010, σελ 27).

Αν θέλει κάποιος να αναζητήσει την απαρχή της θεωρίας ή της σχολής της σκέψης της χωρικής στατιστικής, θα πρέπει να τρέξει πίσω στο χρόνο και στη δεκαετία του 1960 έως το 1980, όταν οι Cliff και Ord στα βιβλία και στα επιστημονικά άρθρα τους θέτουν τις βάσεις του νέου κλάδου της στατιστικής. Το πεδίο της έρευνας της χωρικής στατιστικής είναι προσανατολισμένο σε θέματα που αφορούν αφενός τη διάσταση του χώρου των διαφόρων φαινομένων και αφετέρου τα πρότυπα των περιοχών, ενώ ο συνδυασμός και των δυο αποτελούν τα θεμελιώδη στοιχεία αυτής. Αυτό που είναι κρίσιμο, είναι ότι αυτά τα σημεία, γραμμές και



περιοχές αντιπροσωπεύουν τον πραγματικό κόσμο των φαινομένων (Fischer and Getis 2010, σελ.4).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την χωρική στατιστική ανάλυση δεδομένων διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Μέθοδοι που έχουν σχέση με την οπτική παρουσίαση ή χαρτογράφηση των δεδομένων
- Μέθοδοι διερευνητικής ανάλυσης των δεδομένων (EDA) καθώς και
- Μέθοδοι ανάπτυξης στατιστικών μοντέλων ανάλυσης.

#### *α) Οπτική παρουσίαση ή χαρτογράφηση δεδομένων*

Η πρώτη μέθοδος (data visualization) αφορά τα πρώτα βήματα που πρέπει να γίνονται προκειμένου να είναι δυνατός ο έλεγχος των δεδομένων. Με τη βοήθεια των χαρτών ή των διαγραμμάτων δίνεται η δυνατότητα στους αναλυτές να «ξεδιπλώσουν» τις υποθέσεις τους και να προχωρήσουν στην μελέτη των φαινομένων. Τα τελευταία χρόνια, με τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, έχουν δημιουργηθεί διάφορα λογισμικά πακέτα, που έχουν ως κύριο στόχο την δυναμική απεικόνιση των δεδομένων. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών GIS, στα οποία θα γίνει εκτενέστερη αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιούνται ευρέως για τη δημιουργία χαρτών οπτικοποιώντας τα δεδομένα και θέτοντας τις βάσεις για την βαθύτερη μελέτη των χωρικών προτύπων των πραγματικών φαινομένων που συντελούνται.

#### *β) Μέθοδοι διερευνητικής ανάλυσης δεδομένων*

Σύμφωνα με τον Tukey (1977) η διερευνητική ανάλυση δεδομένων βασίζεται σε μεθόδους για την ταχεία παραγωγή ανάλυση και απεικόνιση μιας σειράς δεδομένων, προκειμένου να αποκαλυφθούν οι σχέσεις και να είναι δυνατή η περαιτέρω βελτίωση του γνωστικού μοντέλου (Tukey 1977, Jacquez 2010, σελ 116).

Ο Good (1983) ορίζει την διερευνητική ανάλυση δεδομένων (EDA) ως ένα σύνολο τεχνικών με κύριο στόχο την σύνοψη των χαρακτηριστικών των δεδομένων (περιγραφικά στατιστικά στοιχεία), ενώ παράλληλα οι τεχνικές αυτές βοηθούν στην ανίχνευση προτύπων, την αναγνώριση ασυνήθιστων ή ενδιαφερόντων

χαρακτηριστικών των δεδομένων, την ανίχνευση σφαλμάτων, την διατύπωση υποθέσεων που προκύπτουν από τη φύση των δεδομένων (Haning 1986, σελ 181).

Το σύνολο των τεχνικών που χρησιμοποιούνται αφορούν την οπτικοποίηση των δεδομένων και περιλαμβάνουν διαγράμματα, γραφήματα αλλά και αριθμητικά στοιχεία (Tukey 1977, Hoaglin et al., 1983, 1985).

#### *γ) Μέθοδοι ανάπτυξης στατιστικών μοντέλων ανάλυσης*

Η ανάπτυξη στατιστικών υποδειγμάτων, αφορά τη συστηματική διερεύνηση της δομής των χωρικών σχέσεων και θα λέγαμε ότι ευθυγραμμίζεται περισσότερο με την κλασσική οικονομετρία λόγω του ότι δίνεται έμφαση στον έλεγχο υποθέσεων, στην εκτίμηση και στην πρόβλεψη των τιμών των παραμέτρων των υποδειγμάτων.

## **4.2 Χωρικές επιδράσεις**

Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα των θεμάτων με τα οποία ασχολείται ο κλάδος της χωρικής στατιστικής είναι ότι τα δεδομένα, που αναλύονται, εκφράζονται με μεταβλητές, που εμπεριέχουν χωρική διάσταση. Και φυσικά τέτοιου είδους παρατηρήσεις έχουν έλλειψη ανεξαρτησίας κάτι που τις διαφοροποιεί από εκείνες της απλής στατιστικής. Για παράδειγμα η τιμή ενός ακινήτου είναι συγκρίσιμη με τα γειτονικά του καθώς υπάρχει μια συστηματική μεταβολή των τιμών των ακινήτων στο χώρο. Το φαινόμενο αυτό λέγεται *χωρική σχέση* (spatial association) και αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα στην ανάλυση χωρικών δεδομένων.

Η κατανόηση της χωρικής υπόστασης μιας μεταβλητής παρουσιάζει ενδιαφέρον από την πλευρά της διερεύνησης του φαινομένου που αντιπροσωπεύει, διότι τα δεδομένα, που εμπεριέχουν χωρική διάσταση στατιστικώς έχουν λιγότερους βαθμούς ελευθερίας από εκείνα που δεν εμπεριέχουν. Η έλλειψη της ανεξαρτησίας των παρατηρήσεων στον χώρο, πέρα από σημαντική πρόκληση για τους αναλυτές, είναι δυνατόν να δημιουργήσει ιδιαίτερος σημαντικά προβλήματα όταν τα χωρικά

δεδομένα χρησιμοποιούνται σε μεθόδους της κλασικής στατιστικής (Anselin and Griffith 1992), και ο λόγος βεβαίως οφείλεται στην ύπαρξη χωρικών επιδράσεων (spatial effects). Τα φαινόμενα που καλείται να αντιμετωπίσει η χωρική στατιστική είναι η *χωρική εξάρτηση* (spatial dependence) και η *χωρική ετερογένεια* (spatial heterogeneity).

Η χωρική εξάρτηση στην πραγματικότητα αναφέρεται στη σχέση μεταξύ των χωρικά προσανατολισμένων δεδομένων, τη φύση των μεταβλητών που μελετούνται και το μέγεθος, το σχήμα και τη διαμόρφωση των χωρικών μονάδων.

Για παράδειγμα όσο μικρότερη είναι η χωρική μονάδα, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα οι ενότητες, που γειτνιάζουν με την ίδια να είναι χωρικά εξαρτημένες. Από την άλλη πλευρά το σχήμα και το μέγεθος έχει ιδιαίτερη ανάλυση, μιας και αν οι χωρικές οντότητες είναι μακριές και στενές, τότε οι πιθανότητες της χωρικής εξάρτησης με κοντινές μονάδες θα είναι μεγαλύτερες από ό, τι αν οι μονάδες ήταν πιο συμπαγείς.

Από την άλλη πλευρά η χωρική ετερογένεια συμβαίνει όταν υπάρχει έλλειψη χωρικής ομοιομορφίας, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα του γεγονότος ότι κάθε σημείο στο χώρο είναι διαφορετικό, είτε ως φυσικό επακόλουθο της ύπαρξης του φαινομένου της χωρικής εξάρτησης ή και των σχέσεων μεταξύ των υπό μελέτη μεταβλητών. Μια δομή εξάρτησης, που είναι συνεπής σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης, στερείται ομοιογένειας. Κατά μία έννοια, τότε, χωρική ετερογένεια μπορεί να θεωρηθεί ως μια ειδική περίπτωση της χωρικής εξάρτησης. Η ετερογένεια ιδίως σε ό,τι αφορά τις αναλύσεις της περιφερειακής επιστήμης και όχι μόνον, θα πρέπει να λαμβάνεται πολύ σοβαρά υπόψη, διότι υπάρχει ο εν δυνάμει κίνδυνος να οδηγήσει σε μεροληπτική εκτίμηση των παραμέτρων, αλλά και σε παραπλανητικά επίπεδα σημαντικότητας, θέτοντας σε αχαρτογράφητα ύδατα την επίτευξη της καλύτερης δυνατής πρόβλεψης (Paez and Scott 2005, σελ.57).

Όπως διαπιστώνουν οι Griffith και Layne (1999) όσο αφορά τα διάφορα θέματα, που προκύπτουν από τη φύση των χωρικών δεδομένων, η ετερογένεια είναι δυνητικά η πιο «επιβλαβής» επίδραση (σελ. 71-73). Πολλοί συγγραφείς κάνουν διάκριση μεταξύ μοντέλων χωρικής εξάρτησης και εκείνων της χωρικής ετερογένειας. Τυπικά, τα χωρικά μοντέλα εξάρτησης υπολογίζουν παραμέτρους για κάθε μεταβλητή, ενώ τα μοντέλα της χωρικής ετερογένειας εκτιμούν πίνακα  $n \times n$

παραμέτρων. Η μέθοδος επέκτασης Casetti (Casetti 1997), και Geographically Weighted Regression GWR (Fotheringham κ.ά. 2002) επεξηγούν την προσέγγιση αυτή.

Στην πραγματικότητα τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά όσο φαίνονται, καθώς δεν είναι εύκολο να θέσεις μια διαχωριστική γραμμή μεταξύ των μοντέλων χωρικής εξάρτησης και ομοιογένειας. Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι έχουμε ένα γραμμικό μοντέλο (4.2.1) με τις παραμέτρους σε μορφή πίνακα όπως διαφαίνονται στις εξισώσεις από (4.2.2) έως (4.2.4).

$$E(y) = X_1 \beta_1 + X_2 \beta_2 + \dots + X_k \beta_k \quad (4.2.1)$$

$$E(y) = \theta^{(1)} X_1 + \theta^{(2)} X_2 + \dots + \theta^{(k)} X_k \quad (4.2.2)$$

$$B_{ii}^{(r)} = \beta_r \quad r = 1, \dots, k, \quad i = 1, \dots, n \quad (4.2.3)$$

$$\theta^k = B^r \quad (4.2.4)$$

Στο κλασικό μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, όπως είναι γνωστό, η επίδραση από την αλλαγή της επεξηγηματικής μεταβλητής είναι ίδια για όλες τις παρατηρήσεις και η αλλαγή της επεξηγηματικής μεταβλητής σε μια παρατήρηση δεν επηρεάζει τις υπόλοιπες. Τι συμβαίνει όμως όταν οι παρατηρήσεις εμπεριέχουν χωρικές πληροφορίες; Τι θα συμβεί αν δώσουμε γεωμετρικά φθίνουσα βάρη για τις τιμές των παραμέτρων που γειτνιάζουν, όπως φαίνεται στην εξίσωση (4.2.5). Δεδομένης της φόρμουλα για την επέκταση της άπειρης σειράς, οδηγούμαστε στην εξίσωση (4.2.6). Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι η μήτρα των παραμέτρων, που προκύπτει από αυτή τη διαδικασία, ισούται με τη μήτρα των επιπτώσεων ( $S_r(W)$ ), όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Όπως και πριν, μπορούμε να προβάλλουμε την αναμενόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής ως άθροισμα των επιπτώσεων από όλες τις επεξηγηματικές μεταβλητές, βλ. εξίσωση (4.2.7).

$$\theta^{(r)} = \ln B^{(r)} + \rho W B^{(r)} + \rho^2 W^2 B^{(r)} + \dots \quad (4.2.5)$$

$$\theta^{(r)} = (In - \rho W)^{-1} B^{(r)} = S_r(W) \quad (4.2.6)$$

$$E(y) = S_1(W) X_1 + S_2(W) X_2 + \dots + S_k(W) X_k \quad (4.2.7)$$

Για να συνοψίσουμε, η χωρική εξάρτηση της εξαρτημένης μεταβλητής μπορεί να συνεπάγεται μια μορφή χωρικής ετερογένειας, οι επιπτώσεις της οποίας μετρούν την ετερογένεια σε όλες τις παρατηρήσεις. Δηλαδή η χωρική αυτοσυσχέτιση και η χωρική ετερογένεια μπορεί να είναι “παρατηρησιακά” ισοδύναμες (Anselin, 1999). Τα μοντέλα σφάλματος, ωστόσο, δεν έχουν ως αποτέλεσμα ετερογενείς επιπτώσεις σε όλο χώρο. Ως εκ τούτου, η παραδοσιακή διάκριση ανάμεσα στην χωρική ετερογένεια και στην χωρική εξάρτηση έχει νόημα στην περίπτωση των μοντέλων σφάλματος, αλλά στην περίπτωση των αυτοπαλίνδρομων υποδειγμάτων μπορεί να είναι παραπλανητική (LeSage and Pace 2010, σελ. 374).

### 4.3 Δείκτες γενικής σχέσης

Όπως είναι ευρέως γνωστό η χωρική ανάλυση δεδομένων είναι η στατιστική μελέτη των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα πάνω στην επιφάνεια της γης. Ως εκ τούτου, όπως έχουμε ήδη αναφερθεί, η τοποθεσία, η απόσταση, η χωρική διάταξη και η αλληλεπίδραση των φαινομένων αυτών, αποτελούν το κέντρο του ενδιαφέροντος των αναλυτών που ασχολούνται με την μελέτη χωρικών δεδομένων.

Ο πρωταρχικής σημασίας ρόλος της τοποθεσίας στην πραγματικότητα είναι αυτός που οδηγεί, όπως προαναφέραμε, στην χωρική εξάρτηση και στην χωρική ετερογένεια. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει τεράστια πρόοδος στον κλάδο της χωρικής στατιστικής και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να εντοπίζουν αυτές τις επιδράσεις της χωρικής σχέσεις έχουν βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό. Κατά τον Anselin (1996) η διερευνητική στατιστική χωρική ανάλυση (ESDA) θα πρέπει να εστιάζεται αποκλειστικά και μόνον σε αυτό τον σκοπό στην διερεύνηση της χωρικής πλευράς των δεδομένων σε όρους χωρικής εξάρτησης και ετερογένειας. Δηλαδή αυτές οι τεχνικές θα πρέπει να είναι έχουν ως κύριο μέλημά τους να περιγράφουν τη χωρική μεταβλητότητα των φαινομένων, να αναγνωρίζουν τα διάφορα πρότυπα των

χωρικών σχέσεων (για παράδειγμα τις χωρικές ομαδοποιήσεις), να προτείνουν διαφορετικά χωρικά συστήματα ή άλλες μορφές χωρικής αστάθειας, και να εντοπίζουν «άτυπες» παρατηρήσεις (Anselin 1996). Γενικώς θα λέγαμε ότι όλοι οι υπάρχοντες δείκτες της χωρικής μεταβλητότητας, η οποία εκφράζει τις μεταβολές των δεδομένων που συμβαίνουν στο χώρο ή της χωρικής σχέσης θα πρέπει να είναι μέρος της ESDA.

Ποιοι είναι όμως οι δείκτες της χωρικής σχέσης; Δείκτες αυτής αποτελούν ο καθολικός δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης “Moran’s I” και οι τοπικοί δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης “Local Indications of Spatial Autocorrelation” (LISA) και “Getis – Ord G”. Σε αυτό το σημείο πριν μπούμε σε μια βαθύτερη ανάλυση των δεικτών αυτών είναι επιτακτική η ανάγκη να εξηγήσουμε τι εννοούμε με τον όρο χωρική αυτοσυσχέτιση. Η χωρική αυτοσυσχέτιση εκφράζει τη σχέση μεταξύ της τιμής μιας τυχαίας μεταβλητής στη θέση  $i$  και της τιμής της ίδιας μεταβλητής στις «γειτονικές θέσεις»  $j$ . Αυτή η σχέση είναι γνωστή και ως ο Νόμος της Γεωγραφίας του Tobler, όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενη ενότητα.

Ο γενικός δείκτης της χωρικής αυτοσυσχέτισης είναι στην πραγματικότητα η πρώτου βαθμού επίδραση της συμπεριφοράς των χωρικών φαινομένων. Επιδράσεις πρώτου βαθμού αναφέρονται στη γενικευμένη τάση (global trend) στο χώρο της υπό μελέτη μεταβλητής (Κανάρογλου και DeLuca 2001). Όπως επισημαίνουν οι Κουτσόπουλος και Ανδρουλάκης (2012) στο βιβλίο “Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου” οι επιδράσεις πρώτου βαθμού σχετίζονται με τη μεταβλητότητα στη μέση τιμή της υπό εξέταση χωρικής διαδικασίας και εκπροσωπούν γενικευμένες ή μεγάλης κλίμακας τάσεις. Δηλαδή, οι επιδράσεις πρώτου βαθμού προσδιορίζουν τις διαφοροποιήσεις στη μέση τιμή μιας χωρικής μεταβλητής. Ο πιο γνωστός καθολικός δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης είναι όπως αναφέραμε ο Moran’s I, ο οποίος είναι η μετάφραση της (μη χωρικής) συσχέτισης (Pearson και Spearman συντελεστές συσχέτισης) στον χώρο και ο τύπος δίδεται από τη σχέση:

$$I = \left[ \frac{n}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right] \times \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \right]$$

Ο αριθμητής του 2<sup>ου</sup> κλάσματος είναι ένας όρος συνδιασποράς. Εάν το  $y_i$  και το  $y_j$  είναι μεγαλύτερα ή μικρότερα από τον μέσο τότε το γινόμενο είναι θετικό. Ενώ τα υπόλοιπα μέρη στον τύπο υπάρχουν για να κανονικοποιούν το αποτέλεσμα, δηλαδή ο αριθμός των περιοχών  $n$ , ο αριθμός των γειτνιάσεων (παρονομαστής 2ου κλάσματος), το εύρος των τιμών του  $y$  (παρονομαστής 1ου κλάσματος). Η γειτνίαση αποδίδεται από τον πίνακα βαρών ( $W$ ), οποίος μας δείχνει ότι όταν δύο παρατηρήσεις είναι σε μια κοντινή απόσταση  $d$  τότε ισχύει  $W_{ij}=1$ , ενώ όταν ισχύει το αντίθετο τότε  $W_{ij}=0$

Αν το αποτέλεσμα του δείκτη είναι θετικό, τότε τα δεδομένα έχουν θετική αυτοσυσχέτιση και κατά συνέπεια τα περισσότερα γειτονικά πολύγωνα θα έχουν τιμές είτε μεγαλύτερες είτε μικρότερες από τον μέσο  $y$ . Τώρα από την άλλη πλευρά αν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό, τότε έχουμε αρνητική αυτοσυσχέτιση και τα περισσότερα γειτονικά πολύγωνα θα έχουν μικρότερες και μεγαλύτερες τιμές από τον μέσο  $y$ . Στο σημείο αυτό θα πρέπει να πούμε ότι οι τιμές του δείκτη δεν είναι αυστηρά στο διάστημα  $[-1, 1]$ . Γενικά τιμές μεγαλύτερες του 0.3 ή < μικρότερες του -0.3 θεωρούνται είτε θετικά είτε αρνητικά αυτοσυσχετιζόμενες.

Γενικά, ο συντελεστής είναι θετικός όταν κοντινές περιοχές ή σημεία τείνουν να είναι παρόμοια σε χαρακτηριστικά, αρνητικός όταν τείνουν να είναι ανόμοια, και περίπου μηδέν όταν οι τιμές των γνωρισμάτων διοργανώνονται τυχαία και ανεξάρτητα στο χώρο (Goodchild, 1986).

Μία πιο εύχρηστη και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος εξερεύνησης επιδράσεων πρώτου βαθμού είναι και η Μέθοδος Υπολογισμού Πυρήνος (Kernel Estimation). Πρόκειται για ένα είδος σταθμικού αριθμητικού μέσου, όπου τα βάρη είναι συναρτήσεις του αντιστρόφου της απόστασης των γεωμετρικών μέσων των πολυγώνων από το πολύγωνο ενδιαφέροντος (Bailey and Gatrell, 1995).

#### 4.4 Δείκτες τοπικής σχέσης

Μετά τον γενικό δείκτη της χωρικής αυτοσυσχέτισης, που αποτελεί την πρώτη βαθμού επίδραση της συμπεριφοράς των χωρικών δεδομένων, σειρά έχει να δούμε τι

συμβαίνει σε τοπικό επίπεδο, δηλαδή τι συμβαίνει στο χώρο της υπό εξέταση μεταβλητής. Αυτό που μελετάται σε αυτήν την περίπτωση, δηλαδή στον δεύτερο βαθμό επίδρασης των χωρικών δεδομένων, είναι η τάση για αποκλίσεις στις τιμές της υπό εξέτασης μεταβλητής από τη μέση τιμή σε γειτονικές θέσεις και εκπροσωπούν τοπικές ή μικρής κλίμακας επιπτώσεις (Κουτσόπουλος 2002, σελ. 318).

Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση επιδράσεων δευτέρου βαθμού έχουν ως σκοπό να μετρήσουν την εξάρτηση των τιμών μιας μεταβλητής στο χώρο. Χρησιμοποιούνται, δηλαδή, τεχνικές οι οποίες εξετάζουν αποκλειστικά τη χωρική εξάρτηση ή τη χωρική αυτοσυσχέτιση μεταξύ των τιμών των χωρικών μονάδων και όχι την συνδιασπορά (όπως συμβαίνει με το γενικευμένο ή υπέρ τοπικό μοντέλο), αφού επικεντρώνονται στη σχέση μεταξύ των τιμών της ίδιας μεταβλητής που παρατηρούνται σε διαφορετικές θέσεις.

Έτσι λοιπόν, οι τοπικοί δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης (LISA) κατά τον Anselin (1995) είναι κάθε στατιστικό στοιχείο που πληροί τις ακόλουθες δύο προϋποθέσεις:

- *Πρώτον, ο τοπικός δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης LISA για κάθε παρατήρηση παρέχει μια ένδειξη της έκτασης της σημαντικής χωρικής ομαδοποίησης όμοιων τιμών γύρω από την παρατήρηση και*
- *Δεύτερον, το άθροισμα των LISAs για όλες τις παρατηρήσεις είναι ανάλογο προς ένα παγκόσμιο δείκτη χωρικής συσχέτισης (Anselin 1995, σελ.94).*

Πιο συγκεκριμένα, σε γενική μορφή ο Anselin εκφράζει έναν τοπικό δείκτη χωρικής αυτοσυσχέτισης LISA για μια μεταβλητή  $Y_i$ , η οποία παρατηρείται σε μια θέση  $i$ , ως ένα στατιστικό στοιχείο  $L_i$  έτσι ώστε να ισχύει:

$$L_i = f(y_i, y_{J_i}) \quad (4.4.1)$$

που  $f$  είναι μια συνάρτηση (συμπεριλαμβανομένων ενδεχομένως πρόσθετων παραμέτρων) και οι  $y_{J_i}$  είναι οι τιμές που παρατηρούνται στην περιοχή  $J_i$  του  $i$ .

Οι τιμές  $Y$ , που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι οι αρχικές (ακατέργαστες) παρατηρήσεις.

Για την αξιολόγηση της χωρικής αυτόσυσχετισης ο σημαντικότερος δείκτης είναι ο Moran I. Για έναν τυποποιημένο κατά γραμμές πίνακα εγγύτητας  $W$  ο συντελεστής Moran υπολογίζεται από την έκφραση:



$$I = \frac{y'Wy}{y'y} \quad (4.4.2)$$

Συμφωνά με τον Κανάρογλου, ο δείκτης είναι μία έκφραση της γραμμικής συνδιακύμανσης μεταξύ των τιμών μιας μεταβλητής  $y$  και της μεταβλητής  $Wy$ , που δημιουργείται από τους σταθμικούς μέσους των γειτονικών τιμών για κάθε πολύγωνο.

Ο συντελεστής Moran  $I$  παίρνει γενικώς τιμές στο διάστημα  $[-1, +1]$ . Υπάρχουν επίσης μαθηματικοί τύποι που επιτρέπουν τον υπολογισμό ανώτατου και κατώτατου ορίου. Τα ακριβή όρια εξαρτώνται από τις τιμές της μεταβλητής  $y$  και από τον πίνακα  $W$ . (Wong και Lee 2005, σελ. 371). Θετικές τιμές του δείκτη υποδεικνύουν θετική χωρική αυτοσυσχέτιση (positive autocorrelation) και αντιστοίχως αρνητικές τιμές καταδεικνύουν αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση (negative autocorrelation). Η ύπαρξη θετικής αυτοσυσχέτισης, που είναι και πιο συνήθης περίπτωση, υποδηλώνει ότι όμοιες τιμές της μεταβλητής παρουσιάζουν συγκέντρωση στο χώρο. Ο χώρος μοιάζει με πεδιάδα που έχει μικρούς λόφους εάν ο συντελεστής κατά απόλυτη τιμή είναι μεγάλος και σχετικά μεγαλύτερους λόφους αν είναι μικρός.

Αντίθετα, αρνητική αυτοσυσχέτιση υποδηλώνει ότι μεγάλες τιμές της μεταβλητής συνορεύουν με μικρές τιμές ή ότι χαμηλές τιμές της μεταβλητής πλαισιώνονται από σχετικά υψηλότερες τιμές. Ο χώρος μοιάζει με ορεινό όγκο με απότομες πλαγιές αν ο συντελεστής κατά απόλυτη τιμή είναι μεγάλος και με σχετικά ομαλές πλαγιές αν είναι μικρός.

Γενικότερα ένα πρόβλημα όπως η ύπαρξη χωρικής αυτοσυσχέτισης επιλύεται ανάλογα με την οπτική γωνία που ο ένας παρατηρητής. Για παράδειγμα το φαινόμενο αυτό δημιουργεί αναμφίβολα μεγάλο πονοκέφαλο για έναν στατιστικολόγο, καθώς η ύπαρξη του παραβιάζει τη βασική αρχή της παλινδρόμησης, ότι δηλαδή τα σφάλματα προέρχονται από παρατηρήσεις, που έχουν προκύψει με τυχαίο τρόπο, και οι οποίες είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Έτσι είναι απόλυτα φυσιολογικό ένας στατιστικός αναλυτής να επιθυμεί να το αποβάλλει από το μοντέλο του αφού το θεωρεί μεγάλο εμπόδιο για την ανάλυση. Από την άλλη πλευρά όταν ο αναλυτής αποζητά να ερμηνεύσει χωρικές σχέσεις και συμπεριφορές, θεωρεί τη χωρική αυτοσυσχέτιση ως ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι της ανάλυσης και προς αυτήν την πλευρά κινείται για την ερμηνεία της.

Επιπλέον είδαμε ότι γίνεται ένας διαχωρισμός μεταξύ των μεθόδων της γενικής και τοπικής κλίμακας στην ανάλυση των φαινομένων. Ο διαχωρισμός αυτός έγκειται ακριβώς στο διαφορετικό της φύσης των φαινομένων. Δηλαδή όπως είδαμε και όπως έχουμε επισημάνει αρκετές φορές, διαφορετικά αντιμετωπίζεται ένα γεγονός που έχει χωρική διάσταση και διαφορετικά ένα που έχει μη χωρική διάσταση. Ακόμη και να αντιμετωπιζόταν με τον ίδιο τρόπο, τότε τα αποτελέσματα θα ήταν τουλάχιστον παραπλανητικά, αφού όπως έχουμε ήδη πει δεν λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή των συντελεστών στο χώρο, που είναι εκείνη η οποία πηγαίνει σε άλλο επίπεδο την ανάλυση. Είναι εκείνη η οποία οδηγεί την ανάλυση από τη μελέτη των φαινομένων στην κατανόηση των χωρικών σχέσεων που τα προκαλούν. Δηλαδή με λίγα λόγια η ανάλυση σε τοπικό επίπεδο δεν είναι τίποτα περισσότερο από μια εστίαση, σε επιμέρους υποπεριοχές του πεδίου μελέτης.

<i>Γενική Κλίμακα</i>	<i>Τοπική κλίμακα</i>
Συνήθως έχει μια τιμή	Έχει περισσότερες από μια τιμές
Δεν μεταβάλλεται στο χώρο	Μεταβάλλεται στον χώρο
Υπερτονίζει τις ομοιότητες στον χώρο	Υπερτονίζει τις διαφορές στο χώρο
Αδυναμία χαρτογράφησης αποτελεσμάτων	Χαρτογράφηση αποτελεσμάτων
Χρησιμοποιείται στην καταγραφή ομοιοτήτων	Χρησιμοποιείται στην καταγραφή εξαιρέσεων (hot spots)
Μη χωρική ή περιορισμένα χωρική	Χωρική

*Πίνακας: Διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών στατιστικής ανάλυσης τοπικής και γενικής κλίμακας. Fotheringham et all (2000).*

Ο παραπάνω πίνακας περιγράφει με σαφήνεια τη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών της στατιστικής ανάλυσης τοπικής και γενικής κλίμακας. Το κλειδί για την ανάλυση σε γενικό επίπεδο είναι η ύπαρξη μιας τιμής. Μια τιμή σημαίνει όχι μόνο απουσία διαφοροποιήσεων στο χώρο, αλλά αντιθέτως εστίαση στην ανάδειξη ομοιοτήτων από τη μια πλευρά και από την άλλη και αδυναμία αναπαράστασης των αποτελεσμάτων σε χάρτη, όπως είναι λογικό, αφού δεν μπορεί να χαρτογραφηθεί μια και μόνο τιμή. Από την άλλη πλευρά η τοπική κλίμακα αποτελεί την «μικροσκοπική» ανάλυση της περιοχής ενδιαφέροντος, και μας δίνει όχι μια αλλά περισσότερες από

μια τιμές, αφού οι μεταβλητές αλλάζουν ανάλογα τη γεωγραφική τους θέση, επιπλέον εμβαθύνει στις διαφοροποιήσεις στο χώρο, ανοίγοντας τον δρόμο για την ανάδειξη εξαιρέσεων και θερμών σημείων, ενώ η δυνατότητα χαρτογράφησης μας δίνει την δυνατότητα για την ανακάλυψη και περαιτέρω ανάλυση χωρικών μοτίβων και τάσεων.

\

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

# Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

### 5.1 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να προσεγγίσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα μια δυναμική και συνάμα συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία, που αδιαμφισβήτητα έχει προσφέρει πολλές υπηρεσίες σε διάφορους τομείς των επιστημών. Ο λόγος βεβαίως για τα GIS, που το ακρωνύμιό τους σημαίνει Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Informational Systems). Τι είναι όμως τα ΓΠΣ (GIS); Γενικά θα λέγαμε ότι τα συστήματα GIS έχουν ως κύριο μέλημα την κατανόηση και την απεικόνιση των πραγματικών γεγονότων.

Ενώ αν θέλουμε να επιχειρήσουμε έναν πιο τεχνικό ορισμό θα λέγαμε ότι “*οι βασικές δραστηριότητες των συστημάτων GIS είναι η χαρτογράφηση, η μέτρηση, η παρακολούθηση, η μοντελοποίηση και η διαχείριση*” (Longley, Goodchild, Maguire και Rhind 2010, σελ. 85) της πληροφορίας, η οποία μετά από εμπειριστατωμένη ανάλυση πολύ συχνά μας αποκαλύπτει τάσεις, πρότυπα αλλά και χωρικές σχέσεις.

Πιο συγκεκριμένα όμως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών σύμφωνα με τον Κουτσόπουλο είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών μηχανημάτων, λογισμικών συστημάτων, χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού με κύριο στόχο την συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση κάθε μορφή πληροφορίας, όπου με τον όρο πληροφορία εννοούμε τις διάφορες παρατηρήσεις για τα χωρικά κατανεμημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα, που καθορίζονται στον χώρο ως σημεία, γραμμές ή επιφάνειες ( Σχήμα 5.1 ( Κουτσόπουλος, Ανδρουλάκης 2010).

Το λογισμικό αυτό και οι εφαρμογές του σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών μελετών μετατρέπουν την τεχνολογία αυτή σε ένα δυνατό εταίρο της χωρικής

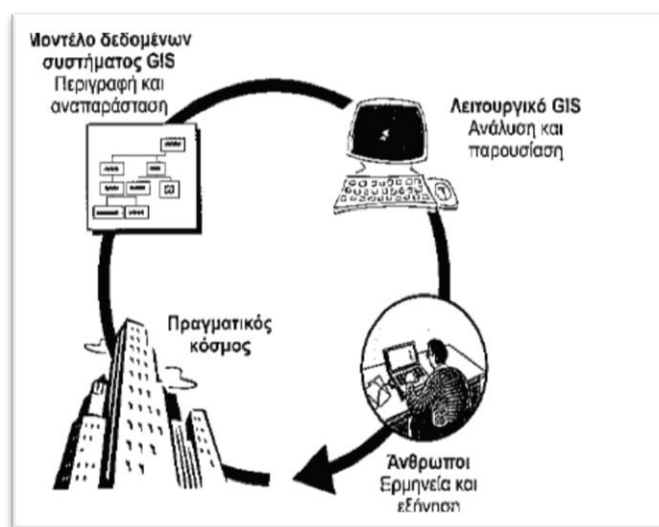
μελέτης φαινομένων. Χαρακτηριστικά οι Maantay και Ziegler (2006) αναφέρουν ότι τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για τον πολεοδομικό σχεδιασμό (Maantay και Ziegler 2006), ενώ η συμβολή τους επεκτείνεται και σε άλλους χώρους, όπως της δημόσιας υγείας (Cromley και McLafferty 2002), της επιβολής του νόμου (Chainey και Ratcliffe 2005), της οικολογίας (Johnston 1998), των μεταφορών (Thill 2000), της ανάλυσης των δημογραφικών στοιχείων (Peters and MacDonald 2004), της διαχείρισης των πόρων (Pettit et al. 2008), καθώς και σε αναρίθμητες βιομηχανικές δραστηριότητες

Έτσι λοιπόν τα Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών παρέχουν όχι μόνον τα μέσα για την ανάπτυξη γεωγραφικά προσδιορισμένων εφαρμογών, αλλά την ίδια στιγμή παρέχουν ένα ιδανικό περιβάλλον για τη διεξαγωγή της χωρικής έρευνας, που τελικά θα βοηθήσει στην ανάπτυξη των εν λόγω εφαρμογών.

- Πρώτον, επιτρέπει στον ερευνητή να οργανώσει, να απεικονίσει και να αναλύσει τα δεδομένα σε μορφή χάρτη. Η οπτικοποίηση του γεωγραφικών δεδομένων εξοικειώνει τον ερευνητή με τον τομέα της έρευνας και του υποκείμενου χωροταξικού πλαισίου.
- Δεύτερον, τα γεωγραφικά συστήματα παρέχουν το μέσο για την ενσωμάτωση πολλαπλών γεωγραφικών δεδομένων, που χρησιμοποιούνται συνήθως στην έρευνα για την ακίνητη περιουσία και την αγορά στεγαστικών δανείων.
- Τρίτον, GIS παρέχει αναλυτική υποστήριξη για την χωρική ανάλυση των δεδομένων, παρέχοντας σαφείς πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη χωρικών σχέσεων. Το γεγονός ότι το GIS έχει την ικανότητα να προσφέρει λειτουργικότητα σε όλους αυτούς τους τομείς μαζί, το κάνει να θεωρείται ένα πολύ ισχυρό αναλυτικό εργαλείο για την χωρική ανάλυση των δεδομένων και την μοντελοποίηση.

Επιπλέον για να έρθουμε πίσω στα δικά μας, η θεαματική ανάπτυξη της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), επέτρεψε μια πολύ πιο ρεαλιστική και λεπτομερή μέτρηση και αντιπροσώπευση των χαρακτηριστικών της αστικής οικονομικής γεωγραφίας, που σχετίζονται με την ανάλυση της αγοράς ακινήτων.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα δεν επιτρέπουν μόνο τη συλλογή και την ενσωμάτωση των μεγάλων βάσεων δεδομένων, που χρησιμοποιούνται στο μάρκετινγκ των ακινήτων (π.χ., η υπηρεσία GeoData των Περιβαλλοντικών Συστημάτων Ερευνών Ινστιτούτο [ESRI] και η National Association of Realtors ["GeoData Product Will Transform Home buying" 1995]), αλλά επεκτείνονται με ιδιαίτερη μαεστρία και στα σύνορα των αναλυτικών μορφών μελετών που μπορεί να πραγματοποιούνται σε ένα ρεαλιστικό περιβάλλον (π.χ., η αξιολόγηση της ποιότητας των κατοικιών, Can 1992b, και η μελέτη των υπο-εξυπηρετούμενων αγορών ενυπόθηκων δανείων, Can και Megbolugbe 1996). Η τρέχουσα εξέλιξη της τεχνολογίας επιτρέπει την εφαρμογή εξελιγμένων τεχνικών χωρικής στατιστικής σε συνδυασμό με ένα λειτουργικό περιβάλλον GIS, που έχει ως στόχο να στηρίζει την ανάλυση της πολιτικής καθώς και τη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων, όπως απεικονίζεται στις μελέτες των Anselin και Can (1995) και Can και Megbolugbe (1997).



Σχήμα 5.1. Ο ρόλος του μοντέλου δεδομένων σε ένα σύστημα GIS.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

### Γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση

#### 6.1. Η εξίσωση

Ένας από τους κύριους στόχους της χωρικής ανάλυσης είναι να προσδιορίσει τη φύση των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των μεταβλητών. Συνήθως αυτό γίνεται με τον υπολογισμό στατιστικών στοιχείων ή την εκτίμηση των παραμέτρων από τις παρατηρήσεις, που λαμβάνονται από διαφορετικές χωρικές μονάδες σε όλη την περιοχή μελέτης. Τα στατιστικά στοιχεία που προκύπτουν ή οι παράμετροι εκτίμησης θεωρούνται ότι είναι σταθερά στο χώρο αν και αυτό θα μπορούσε να είναι μια πολύ αμφισβητήσιμη υπόθεση σε πολλές περιπτώσεις, ενώ παράλληλα είναι λογικό να υποθέσουμε ότι ενδέχεται να υπάρχουν ενδογενείς διαφορές στις σχέσεις στο χώρο. Σε κάθε περίπτωση, θα ήταν χρήσιμο να υπάρχει ένα μέσο για την περιγραφή και τη χαρτογράφηση τέτοιων χωρικών διαφοροποιήσεων ως διερευνητικό εργαλείο για την περαιτέρω κατανόηση και ανάλυση των υπό εξέταση σχέσεων και τη δη των προβλημάτων της χωρικής αυτοσυσχέτισης και της χωρικής μη στασιμότητας.

Ενώ διάφορες τεχνικές υπάρχουν ήδη για το σκοπό αυτό, η πιο διαδεδομένη μέθοδος είναι η GWR (Γεωγραφικά Σταθμισμένη Παλινδρόμηση), η οποία αποτελεί την εξέλιξη της μεθόδου επέκτασης του Casetti (1972), είναι μια από τις πιο σύγχρονες μεθόδους παλινδρόμησης, που επιτρέπει την εκτίμηση τοπικών υποδειγμάτων (Fotheringham et al., 2002). Όπως εξηγείται από τους Fotheringham κ.ά. (1998): "...στη βαθμονόμηση (*calibration*) του μοντέλου GWR υποτίθεται ότι τα παρατηρηθέντα στοιχεία πλησίον του σημείου  $i$  (με συντεταγμένες  $(u_i, v_i)$ ) έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην εκτίμηση του  $ak(u_i, v_i)s$  από στοιχεία που βρίσκονται μακρύτερα από το  $i$ .... Στη μέθοδο GWR μια παρατήρηση είναι σταθμισμένη σύμφωνα με την εγγύτητά της στο σημείο  $i$  έτσι ώστε η στάθμιση μιας παρατήρησης να μην είναι

πλέον σταθερή στη βαθμονόμηση αλλά να διακυμαίνεται σύμφωνα με το  $i$ . Τα στοιχεία των παρατηρήσεων κοντά στο  $i$  έχουν μεγαλύτερο βάρος από τα στοιχεία των παρατηρήσεων που είναι μακρύτερα... Η διακύμανση των βαρών με το  $i$  διακρίνει τη GWR από την παραδοσιακή μέθοδο σταθμισμένων ελαχίστων τετραγώνων όπου ο πίνακας στάθμισης είναι σταθερός. Χαρακτηριστικά, τα βάρη ορίζονται ως οι συνεχείς συναρτήσεις της απόστασης. Η βασική ιδέα της GWR είναι ότι οι παράμετροι μπορούν να εκτιμηθούν σε οποιοδήποτε σημείο της περιοχής μελέτης, δεδομένης μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μιας σειράς από μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών, των οποίων η θέση των δεδομένων είναι γνωστή. Δηλαδή η GWR, η οποία είναι η παραλλαγή της γραμμικής παλινδρόμησης, αυτό που προσφέρει στην ανάλυση είναι οι παρατηρήσεις που λαμβάνονται υπόψη στη διαμόρφωση του υποδείγματος να σταθμίζονται με βάση το γεωγραφικό τους βάρος και έτσι όπως αναφέραμε πιο πάνω η ανάλυση να γίνεται σε τοπικό επίπεδο σε αντίθεση με την κλασική γραμμική παλινδρόμηση όπου η ανάλυση γίνεται σε υπερτοπικό επίπεδο.

Λαμβάνοντας υπόψη τη θεωρία του Tobler αναφορικά με την εγγύτητα και την ομοιότητα των παρατηρήσεων στο χώρο, θα μπορούσαμε να αναμένουμε ότι αν θέλουμε να εκτιμήσουμε τις παραμέτρους ενός μοντέλου σε μια θέση έστω  $u_2$ , τότε οι παρατηρήσεις, που είναι πιο κοντά σε αυτή τη θέση, θα πρέπει να έχουν μεγαλύτερο βάρος στην εκτίμηση των παρατηρήσεων από ότι αυτές που βρίσκονται μακρύτερα του σημείου.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα σύνολο δεδομένων που αποτελούνται από μια εξαρτημένη μεταβλητή  $y$  και ένα σετ ανεξάρτητων μεταβλητών  $x_k$ , και ότι για κάθε μια από τις  $n$  παρατηρήσεις των δεδομένων είναι διαθέσιμη η μέτρηση της θέσης τους σε ένα κατάλληλο σύστημα συντεταγμένων. Η εξίσωση για μια τυπική έκδοση GWR του μοντέλου παλινδρόμησης OLS θα είναι:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (6.1.1)$$

Όπου  $(u_i, v_i)$  οι συντεταγμένες του σημείου  $i$  στο χώρο και  $\beta_k(u_i, v_i)$  είναι οι παράμετροι του μοντέλου παλινδρόμησης που εκφράζονται συναρτήσεις των χωρικών θέσεων των παρατηρήσεων στο σημείο  $i$ . Δηλαδή, η παραπάνω συνάρτηση GWR



αναγνωρίζει την πιθανή ύπαρξη χωρικών μεταβολών στις σχέσεις και να παρέχει έναν τρόπο με τον οποίο μπορούν να μετρηθούν.

Επιπλέον πρέπει να αναφέρουμε στο σημείο αυτό, ότι η γεωγραφική τοποθεσία  $u$ , όπως περιγράφεται στις εξισώσεις, δεν είναι απαραίτητο να είναι η θέση ενός σημειακού δεδομένου. Οι τοπικοί εκτιμητές μπορεί να προκύπτουν από οποιοδήποτε σημείο του χώρου ανεξάρτητα από το γεγονός αν πρόκειται για ένα σημείο των οποίων τα δεδομένα έχουν παρατηρηθεί, και αυτό είναι το γεγονός που προσδίδει μια σημαντική χρησιμότητα της GWR. (Fotheringham et al. 2002).

Όπως έχουν τα πράγματα όμως, φαίνεται ότι υπάρχουν προβλήματα στην βαθμονόμηση της εξίσωσης μιας και υπάρχουν περισσότεροι άγνωστοι σε σχέση με τις μεταβλητές. Αυτό όμως είναι ένα συχνό φαινόμενο στην βιβλιογραφία καθώς πολλά παρόμοια μοντέλα έχουν προταθεί και έχουν αναφερθεί στους Rosenberg (1973), Sørjotvoll (1977), και Hastie Tibshirani (1990) και Loader (1999). Η προσέγγιση όμως που ακολουθούν οι Fotheringham, Brunson και Martin Charlton, την οποία την δανείζονται από τους Hastie Tibshirani (1990) και Loader (1999), έχει να κάνει με το γεγονός ότι δεν θεωρούν τους συντελεστές τυχαίους ή στοχαστικούς, αλλά το ακριβώς αντίθετο θεωρούν ότι είναι ντετερμινιστικές απόρροιας ορισμένων άλλων μεταβλητών, και δη της γεωγραφικής θέσης στο χώρο (Fotheringham, Brunson και Charlton 2002, σελ. 52).

Επιπλέον υποστηρίζουν ότι η διαδικασία εκτίμησης της GWR μπορεί να θεωρηθεί ως ένα αντιστάθμισμα μεταξύ μεροληψίας και τυπικού σφάλματος. Υποθέτοντας ότι οι παράμετροι παρουσιάζουν κάποιο βαθμό χωρικής συνοχής, τότε οι τιμές κοντά στο εκτιμώμενο σημείο θα πρέπει να έχουν σχετικά παρόμοια μεγέθη. Έτσι, οι παράμετροι  $\beta_{k(u_i, v_i)}$  υπολογίζονται για κάθε σημείο  $i$  με το συνηθισμένο τρόπο ( που ακολουθείται και στην κλασική παλινδρόμηση), ενώ για κάθε επόμενο σημείο ακολουθείται η ίδια διαδικασία με τη χρήση ενός νέου υποσυνόλου που γειτνιάζει με το σημείο  $i$ . Ο αριθμός των παλινδρομήσεων που ακολουθούνται είναι ίσος με τον αριθμό των σημείων στο χώρο.

Επιπλέον θα πρέπει να αναφερθεί ότι όσο πιο μεγάλο είναι το δείγμα των σημείων που βρίσκονται σε γειτνίαση με την θέση ενδιαφέροντος, τόσο πιο μικρά θα είναι τα τυπικά σφάλματα των συντελεστών αυξάνοντας όμως την πιθανότητα της μη αμεροληψίας των συντελεστών. Προκειμένου να μειωθεί η επέκταση του φαινομένου

και να μπορεί να γίνει εφικτός ο έλεγχος αυτού, δίνονται επιπλέον βάρη στα σημεία του δείγματος, που γειτνιάζουν με τη θέση  $i$ , για τον λόγο που εξηγήσαμε πιο πάνω. Για αυτόν τον λόγο είναι σκόπιμη η χρήση της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Έτσι όπως προκύπτει ο εκτιμητής για το μοντέλο αυτό είναι ένας εκτιμητής WLS (σταθμισμένων ελαχίστων τετράγωνων) με τη διαφορά ότι τα βάρη εξαρτώνται από την τοποθεσία  $i$  και απεικονίζουν την εγγύτητα του κάθε σημειακού δεδομένου στη θέση  $i$ , με τα σημεία που βρίσκονται πιο κοντά στην τοποθεσία  $i$  να έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην εκτίμηση των παραμέτρων. Ο εκτιμητής λαμβάνει τη μορφή:

$$\hat{\beta}_{(i)} = (X^T W_{(i)} X)^{-1} X^T W_{(i)} y \quad (6.1.2)$$

Όπου  $W_{(i)}$  είναι η τετραγωνική μήτρα των βαρών για τη γεωγραφική θέση  $i$ , ενώ όπου  $X^T W_{(i)} X$  είναι η γεωγραφικά σταθμισμένη μήτρα διακύμανσης-συνδιακύμανσης (variance-covariance) και  $y$  είναι το διάνυσμα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής. Ο πίνακας  $W_{(i)}$  όπως φαίνεται παρακάτω είναι ένας διαγώνιος πίνακας με κύριο χαρακτηριστικό ότι τα στοιχεία της διαγώνιου του αντικατοπτρίζουν τα σταθμισμένα βάρη της παλινδρόμησης.

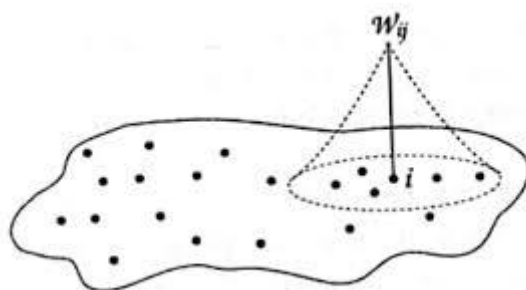
Επαναλαμβάνουμε ότι ο πίνακας βαρών δεν είναι σταθερός για κάθε σημείο της παλινδρόμησης και άλλωστε αυτό είναι το χαρακτηριστικό, που διαφοροποιεί την μέθοδο αυτή από τη συνήθη παλινδρόμηση με βάρη (Fotheringham και Charlton 1997, σελ 1907-1908).

$$W_{(i)} = \begin{bmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \vdots & \vdots & w_{in} \end{bmatrix} \quad (6.1.3)$$

Η απόδοση βαρών υπολογίζονται από ένα σύστημα στάθμισης που είναι επίσης γνωστή ως πυρήνας (kernel).

## 6.2 Η επιλογή βαρών

Ένα θέμα ιδιαίτερης σημασίας, που πρέπει να εξεταστεί είναι η επιλογή βαρών. Εάν σχεδιάζουμε έναν κύκλο ακτίνας  $r$  γύρω από συγκεκριμένο  $u_i, v_i$  και υπολογίσουμε ένα μοντέλο παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας μόνο τις παρατηρήσεις που βρίσκονται μέσα στον κύκλο, τότε το  $\beta_j$ , που θα παραχθεί μπορεί να θεωρηθεί ως εκτίμηση των συσχετίσεων των παρατηρήσεων μέσα και γύρω από το  $u_i, v_i$ . Με λίγα λόγια πρόκειται δηλαδή για εκτιμήσεις του  $\beta_{ij}$ . Υπολογίζοντας το  $\beta_{ij}$  για κάθε  $u_i, v_i$  υπολογίζεται ένα σύνολο εκτιμήσεων των χωρικά διαφοροποιημένων παραμέτρων (Brunsdon, 1998).



**Εικόνα 6.2.1.** Σχηματική παράσταση του σχήματος πυρήνα και του εύρους (Fotheringham et al. 2000)

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στον τρόπο που θα επιλεγεί για τον προσδιορισμό της ακτίνας  $r$ . Όπως φαίνεται και από το σχήμα όσο πιο μεγάλη είναι η ακτίνα τότε τα στοιχεία που θα συνεισφέρουν στην εκτίμηση του  $\beta_{ij}$  θα καλύπτουν σχεδόν όλη την περιοχή μελέτης, ενώ από την άλλη πλευρά όσο πιο μικρή είναι η ακτίνα τότε οι εκτιμήσεις  $\beta_{ij}$ , που θα προκύψουν θα έχουν μεγάλο τυπικό σφάλμα.

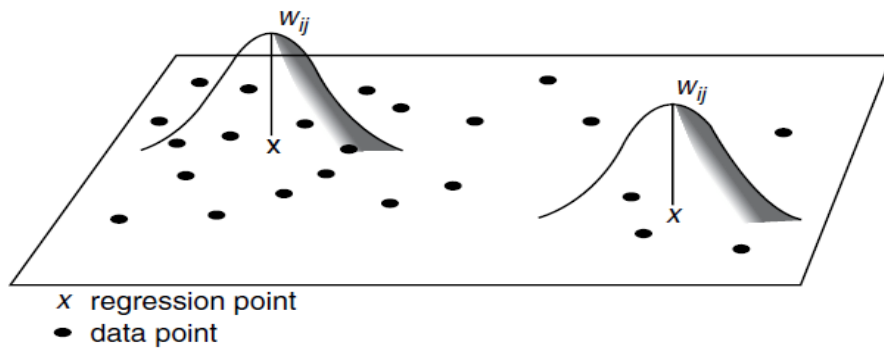
Υπάρχουν δύο τρόποι που προτείνονται για την απόδοση των βαρών. Ο πρώτος γίνεται μέσω μιας συνάρτησης σταθερών πυρήνων (*fixed spatial kernels*) σχήμα 6.2.2, ενώ ο δεύτερος μέσω μιας συνάρτησης προσαρμοσμένων πυρήνων (*adaptive spatial kernels*) σχήμα 6.2.3. Όσον αφορά τη συνάρτηση σταθερών πυρήνων το κύριο χαρακτηριστικό της είναι ότι το εύρος ζώνης  $h$  (bandwidth) για κάθε σημείο  $i$ , (το οποίο μετρά την απόσταση μεταξύ του σημείου παλινδρόμησης και του κοντινότερου γείτονα) είναι σταθερό σε όλη την περιοχή μελέτης.

Ο πιο συχνός τρόπος σταθερής στάθμισης είναι με τη χρήση της συνάρτησης Gauss και έχει ως εξής:

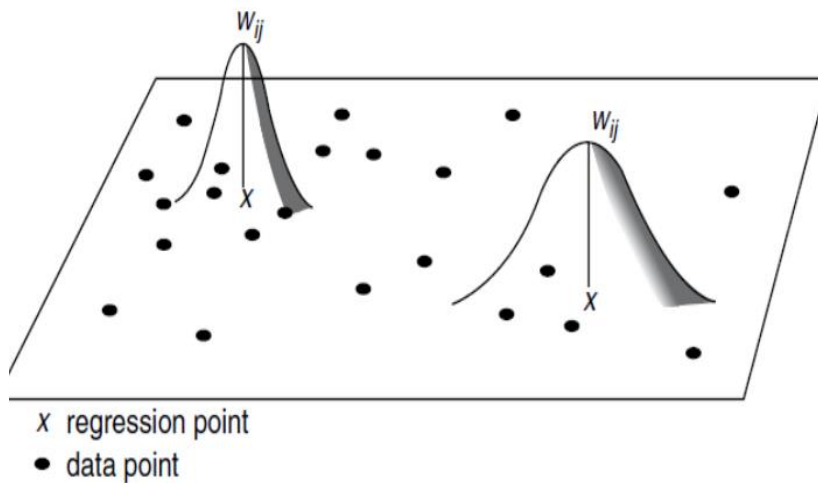
$$w_{ij} \exp\left[-1/2\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right] \quad 6.2.2$$

Όπου θα ισχύει

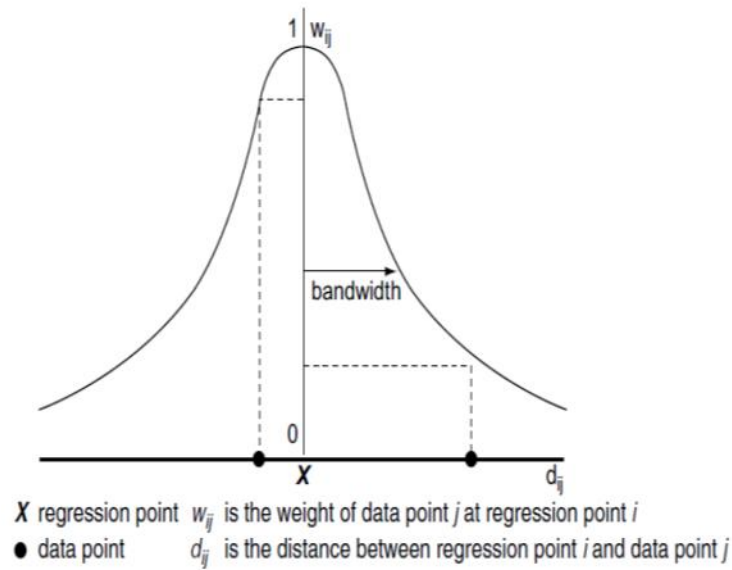
$$w_{ik} = \begin{cases} 1 & d_{ik} < h \\ 0 & d_{ik} > h \end{cases} \quad 6.2.3$$



**Σχήμα 6.2.3** Γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση με τη χρήση σταθερών πυρήνων (fixed kernels) (Fotheringham et al. 2002).



**Σχήμα 6.2.4** Γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση με τη χρήση προσαρμοσμένων πυρήνων (adaptive kernels) (Fotheringham et al. 2002)



**Σχήμα 6.2.5.** Χωρικός πυρήνας ( *Spatial kernel*) (Fotheringham et al. 2002)

Ένα πιθανό πρόβλημα που μπορεί να προκύψει κατά την εφαρμογή της GWR με τη χρήση σταθερών πυρήνων είναι όταν τα στοιχεία είναι αραιά. Σε αυτήν την περίπτωση η εκτίμηση των τοπικών μοντέλων θα γίνεται με λίγα σημεία, γεγονός που οδηγεί σε εκτίμηση παραμέτρων με πολύ μεγάλα σφάλματα. Ενώ σε ακραίες περιπτώσεις, η εκτίμηση των μερικών παραμέτρων μπορεί να είναι αδύνατη λόγω ανεπαρκούς διακύμανσης σε μικρά δείγματα (Fotheringham et al. 2002). Γενικώς θα λέγαμε ότι η χρήση σταθερών πυρήνων προκαλεί πολλών ειδών αμφισβητήσεων, διότι είναι αναμενόμενο, περιοχές με μεγάλη πυκνότητα δεδομένων να απαιτούν τη χρήση πυρήνων με μικρότερο εύρος ζώνης και περιοχές με μικρότερη συγκέντρωση στοιχείων να καλύπτονται με πυρήνες μεγαλύτερου εύρους (Herrmann et al.). Κατά συνέπεια, για τη εξάλειψη αυτών των προβλημάτων, είναι αναγκαίο οι χωρικοί πυρήνες να μπορούν να προσαρμόζονται στις μεταβολές των πυκνοτήτων των δεδομένων, έτσι ώστε οι πυρήνες να έχουν μεγαλύτερο εύρος ζώνης όπου τα δεδομένα είναι αραιά και μικρότερα εύρη ζώνης, όπου τα στοιχεία είναι πυκνά, όπως διαφαίνεται και στο σχήμα 6.2.4. ο τρόπος υπολογισμού των βαρών με τη χρήση των μεταβαλλόμενων πυρήνων είναι ο ακόλουθος.

Κάθε παρατήρηση  $k$  για συγκεκριμένη περιοχή  $u_i, v_i$  σταθμίζεται με βάρος  $w_{ik}$  έτσι ώστε (Brunsdon, 1998):

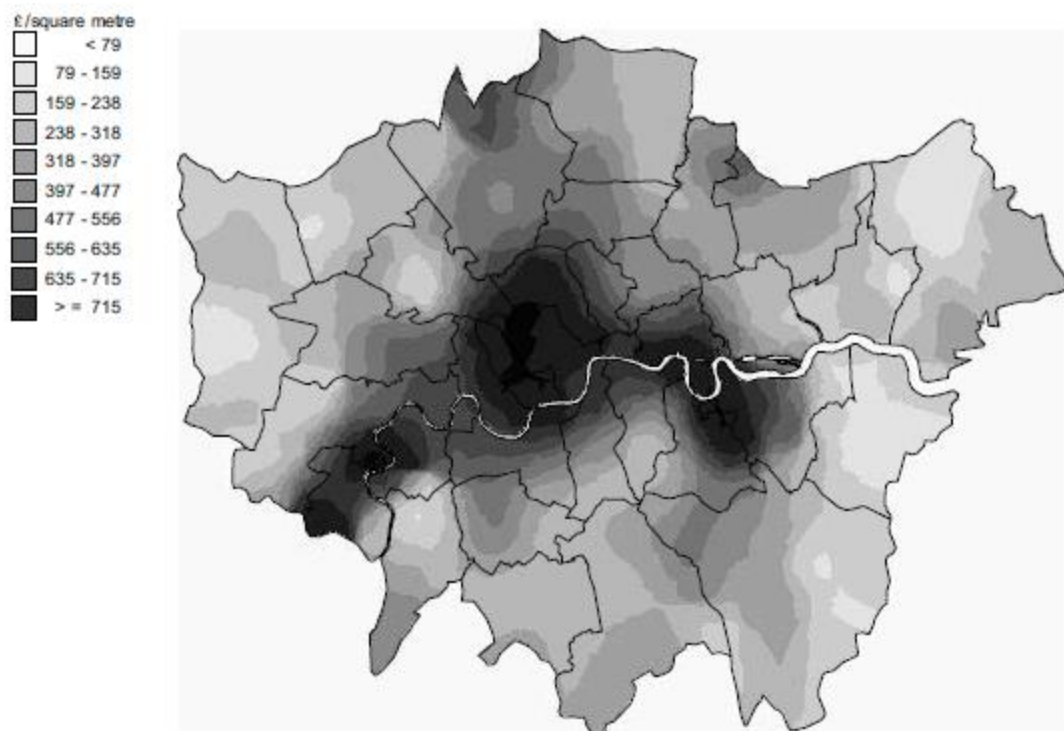
$$w_{ik} = \begin{cases} \left\{ \left\{ 1 - \left( \frac{d_{ik}}{h} \right)^2 \right\}^2 \right. & \text{αν } d_{ik} < h \\ 0 & \text{αν } d_{ik} > h \end{cases} \quad 6.2.6$$

Όπου

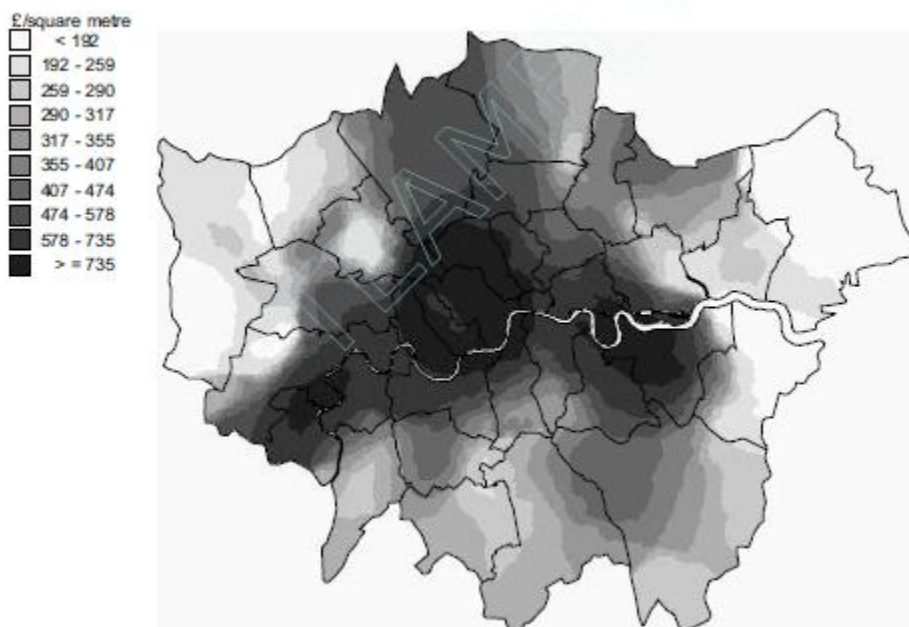
- $w_{ij}$  είναι το βάρος για κάθε σημείο  $i$  στο οποίο γίνεται μια τοπική παλινδρόμηση στο σημείο  $j$ ,
- $d_{ij}$  είναι η απόσταση μεταξύ  $i$  και  $j$ , και
- $h_i$  είναι η απόσταση του  $N$ -οστού κοντινότερου γείτονα του  $i$  από το σημείο  $i$  ( $h_i = d_{iN}$ )

Έτσι με αυτό τον τρόπο αποδίδονται βάρη για όλα τα σημεία τα οποία βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από τη  $h$ . Ενώ παράλληλα, όπως διαφαίνεται από την παραπάνω συνάρτηση, σημεία τα οποία βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση το βάρος τους μηδενίζεται.

Για να γίνει αντιληπτή η διαφορά από τη χρήση σταθερών ή μεταβλητών χωρικών πυρήνων στην γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση αρκεί μια ματιά στους παρακάτω χάρτες οι οποίες απεικονίζουν τις τιμές κατοικιών στο Λονδίνο.



**Σχήμα 6.2.5.** Τιμές των διαμερισμάτων του Λονδίνου με τη χρήση τη μεθόδου της Γεωγραφικά Σταθμισμένης Παλινδρόμησης με σταθερούς χωρικούς πυρήνες. (Fotheringham et al. 2002)



**Σχήμα 6.2.6.** Τιμές των διαμερισμάτων του Λονδίνου με τη χρήση τη μεθόδου της Γεωγραφικά Σταθμισμένης Παλινδρόμησης με προσαρμοσμένους χωρικούς πυρήνες . (Fotheringham et al. 2002)

Όπως είναι φανερό με τη χρήση προσαρμοσμένων πυρήνων τα αποτελέσματα όπως αποτυπώνονται στο σχήμα 6.2.6 είναι ελαφρώς πιο ομαλά (slightly smoother) από ότι με τη χρήση των σταθερών πυρήνων, ενώ ανταποκρίνονται πιο πολύ στην πραγματικότητα. Αυτό είναι απόλυτα αναμενόμενο, όπως αναφέραμε και πιο πάνω, διότι με τους σταθερούς χωρικούς πυρήνες υπάρχει η περίπτωση η εκτίμηση των τοπικών μοντέλων να γίνει με λίγα σημεία με αποτέλεσμα η προκύπτουσα κατανομή των τοπικών εκτιμήσεων να παρουσιάζουν μεγαλύτερη διακύμανση.

### 6.3 Υπολογισμός εύρους ζώνης (*bandwidth*)

Όπως είδαμε και προηγουμένως η επιλογή του τρόπου υπολογισμού ή απόδοσης βαρών δεν είναι προκαθορισμένη αλλά εξαρτάται από τη γεωγραφική κατανομή των δεδομένων. Επιπλέον ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα στην γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση είναι η επιλογή του εύρους ζώνης. Σημαντικό είναι ότι η συνάρτηση πυρήνα εξαρτάται από μια γενικά άγνωστη σταθερά  $h$  η οποία ονομάζεται εύρος ζώνης του πυρήνα. Ο υπολογισμός του εύρους (*kernel bandwidth*) εφόσον δεν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία (ανάλογα με την υπό εξέταση περίπτωση) βασίζεται στη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων:

$$h = \sum_i \{y_i - \check{y}_i(h)\}^2 \quad 6.3.1$$

όπου  $\check{y}_i(h)$  είναι η προβλεπόμενη τιμή του  $y_i$  που υπολογίζεται σε μια γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση εφόσον για κάθε παρατήρηση  $i$  η εκτίμηση του  $y_i$  γίνεται με την αφαίρεση της  $i$ -οστής τιμή (για την αποφυγή σημαντικών στατιστικών σφαλμάτων). (Brunsdon, 1998).

Μια άλλη μέθοδος που προτιμάται στην βιβλιογραφία περισσότερο και η οποία έχει προταθεί για την τοπική παλινδρόμηση από τον Cleveland (1979) και για την εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα από τον Bowman (1984) είναι η τεχνική Cross-Validation, η οποία δίδεται από την κάτωθι σχέση (Fotheringham et al. 2002) :

$$CV = \sum_i^n [y_i - \hat{y}_{y \neq i}(b)] \quad 6.3.2$$

Η CV είναι μια συνάρτηση του εύρους ζώνης  $\beta$  (μια παράμετρος που καθορίζει ένα μέγεθος γειτονιάς), όπου  $\hat{y}_{y \neq i}(b)$  είναι η εκτιμηθείσα τιμή του  $y$ , με τις παρατηρήσεις για το σημείο  $i$  να μην συμπεριλαμβάνονται στους υπολογισμούς. Αυτή είναι και η ειδοποιός διαφορά της μεθόδους αυτής με την παραπάνω μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, όπως αντικατοπτρίζεται από την σχέση 6.3.1. Γενικά, το CV μπορεί να θεωρηθεί ως μια συνεχής συνάρτηση του εύρους ζώνης. Όταν το  $n$  είναι μεγάλο, ένα δείγμα του εύρους ζώνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσεγγίσει το σχήμα του CV έναντι της καμπύλης εύρους ζώνης και να βρεθεί το βέλτιστο μέγεθος της γειτονιάς. (Farber και Paez 2007).



Οι Farber και Paez (2007) στο άρθρο τους «*A systematic investigation of cross-validation in GWR model estimation: empirical analysis and Monte Carlo simulations*» αναφέρουν ότι τα κίνητρο για την χρήση της τεχνικής Cross-Validation βασίζεται στην ύπαρξη ενός βέλτιστου μεγέθους γειτνίασης. Η ελαχιστοποίηση του CV θα πρέπει να εξάγει ένα βέλτιστο εύρος ζώνης, και μάλιστα εκείνο που θα λειτουργεί μέσω της χωρικής διαδικασίας που το διαμόρφωσε. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί το βάσιμο αυτής της υπόθεσης, εφόσον το σκορ του CV είναι μια συναρτησιακή τιμή, η οποία εξαρτάται από το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων, τα οποία σχετίζονται με την εκτίμηση  $\hat{y}_{y \neq i}(b)$  σε κάθε σημείο του συνόλου των δεδομένων, και κάθε σημείο συμβάλλει με μια μοναδική τιμή προς το μέγεθος του CV.

Οι Farber και Paez στο παραπάνω άρθρο τους περιγράφουν μια μέθοδο εξερεύνησης των μεγεθών της CV αναφορικά με τις συνεισφορές των μεμονωμένων παρατηρήσεων. Χρησιμοποιώντας τρία σύνολα χωρικών δεδομένων μελέτησαν τις επιπτώσεις που μπορεί να έχουν οι επιμέρους παρατηρήσεις στην επιλογή του εύρους ζώνης και δείχνουν ότι η εκτίμηση του υποδείγματος είναι ευαίσθητη στην επιλογή του εύρους ζώνης τόσο από πλευράς προσαρμοστικότητας όσο και εκτίμησης του συντελεστή. Επιπλέον, η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την διερεύνηση των συνεισφορών των παρατηρήσεων στο μέγεθος της CV προτείνει μια σειρά τροποποιήσεων, χρησιμοποιώντας εμπειρικά παραδείγματα και Monte Carlo προσομοιώσεις.

Ειδικότερα προτείνουν μια τροποποιημένη εκδοχή των μεγεθών της CV, η οποία βοηθά στη μείωση της κυριαρχίας ορισμένων παρατηρήσεων για τον προσδιορισμό του μεγέθους της εγγύτητας. Το μέγεθος της CV σε αυτήν την περίπτωση βασίζεται σε μια αποσύνθεση των υπολογισμών *διασταυρούμενης επικύρωσης*. Μια μερική βαθμολογία για κάθε  $i$  παρατήρηση υπολογίζεται και μετατρέπεται σε μια τιμή μεταξύ 0 και 1 ως εξής: (Paez, Farber, και Wheeler 2011).

$$CVSi(s) = \frac{(y_i - \hat{y}_{y \neq i}(s))^2}{\sum_s (y_i - \hat{y}_{y \neq i}(s))^2} \quad 6.3.3$$

και το τελικό σκορ είναι  $CVS = \sum_i CVSi(s) \quad 6.3.4$

Η κανονικοποίηση της βαθμολογίας με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζει ότι όλες οι παρατηρήσεις ασκούν το ίδιο επίπεδο της επιρροής στο μέγεθος εύρους ζώνης και έτσι με αυτόν τον τρόπο η επιλογή του εύρους ζώνης δεν είναι επηρεάζεται από τις λίγες παρατηρήσεις με ασυνήθιστα μεγάλα σφάλματα (Farber και Paez, 2007). Ενώ παράλληλα οι εκτιμήσεις συντελεστών με εύρος ζώνης, που επιλέγεται με την παραπάνω διαδικασία, τείνουν να εμφανίζουν πιο συμπαγείς κατανομές (δηλαδή, λιγότερη ακραία μεταβλητότητα).

Μια άλλη παρόμοια μέθοδος είναι εκείνη που βασίζεται στο κριτήριο πληροφοριών του Akaike (*Akaike Information Criterion- AIC*). Το κριτήριο πληροφοριών του Akaike, που αποτελεί ένα αντιστάθμισμα μεταξύ της καλής προσαρμογής και των βαθμών ελευθερίας ενός στατιστικού μοντέλου, δηλαδή στην ουσία αποτελεί ένα μέτρο ελέγχου προσαρμοστικότητας του υποδείγματος, διατυπώθηκε το 1971 από τον Hirotosucu Akaike. Σύμφωνα με τον Hurvich et al. (1998) ο τύπος που αποτελεί έκφραση της πολυπλοκότητας και της ακρίβειας του μοντέλου δίδεται από την ακόλουθη σχέση:

$$AIC_c = 2n \log_e(\hat{\sigma}) + n \log_e(2\pi) + n \left\{ \frac{n + \text{tr}(S)}{n - 2 - \text{tr}(S)} \nu \right. \quad 6.3.5$$

όπου  $n$  το μέγεθος του δείγματος,  $\hat{\sigma}$  η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση του σφάλματος, και  $\text{tr}(S)$  συμβολίζει το ίχνος του πίνακα  $S$  (hat matrix). Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής σε σύγκριση με την Cross-validation είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε γραμμικά όσο και σε μη γραμμικά μοντέλα, γεγονός που την καθιστά πιο εύχρηστη στην στατιστική ανάλυση. Επιπλέον αποτελεί ένα μέτρο, το οποίο χρησιμοποιείται για να συγκρίνει μοντέλα της Γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης με μοντέλα απλής παλινδρόμησης (όσων αφορά την καλύτερη προσαρμογή τους), λαμβάνοντας υπόψη το ζήτημα των διαφορετικών βαθμών ελευθερίας, που υφίσταται στα δυο διαφορετικά αυτά μοντέλα.

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>

# Χωρική Οικονομετρία

### 7.1. Χωρική Οικονομετρία- Έννοιες

Έχουν περάσει περίπου 35 χρόνια από τότε που ο Paelinck και ο Klaassen (1979) δημοσίευσαν ένα μικρό τόμο με τον τίτλο «Χωρική οικονομετρία», η οποία αδιαμφισβήτητα ήταν η πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια, που περιγράφει το πεδίο της χωρικής οικονομετρίας και της διακριτής μεθοδολογία της. Αυτό το βιβλίο κατά τον Anselin αποτελεί την αφετηρία, την απαρχή της χωρικής οικονομετρίας. Ποιος όμως ο ορισμός και το πεδίο εφαρμογής της; Ο Anselin στο βιβλίο του *Thirty Years Of Spatial Econometrics* αναφέρει τρεις απόψεις, που διατυπώθηκαν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, ξεκινώντας με την αρχική συζήτηση του Paelinck και Klaassen (1979) και την επεξεργασία της στους Ancot κ.ά. (1990) (βλέπε επίσης Paelinck 1982), ακολουθούμενη από το δικό του ορισμό που δίνεται στο Anselin (1988c), αλλά και στην πιο πρόσφατη έκδοση στο Anselin (2006).

Οι Paelinck και Klaassen (1979, σελ 5-11) δεν ορίζουν ευθέως την χωρική οικονομετρία, αλλά εστιάζονται στον καθορισμό πέντε σημαντικών αρχών για την καθοδήγηση και την χάραξη των χωρικών οικονομετρικών μοντέλων. Οι πέντε «κανόνες» αποτελούνται από:

- (α) το ρόλο της χωρικής αλληλεξάρτησης
- (β) την ασυμμετρία στις χωρικές σχέσεις
- (γ) τη σημασία των επεξηγηματικών συντελεστών που βρίσκονται σε άλλους χώρους ('space-distant explanatory factors')

(δ) τη διαφοροποίηση μεταξύ της εκ των υστέρων και εκ των προτέρων αλληλεπίδρασης και

(ε) τη ρητή μοντελοποίηση του χώρου (τοπολογία) στα χωρικά μοντέλα.

Ο Anselin (1988c) στη συνέχεια, προσεγγίζει την χωρική οικονομετρία από την οπτική γωνία της περιφερειακής επιστήμης με εστίαση στον καθορισμό προτύπων στο χώρο, αν και υπάρχει μια σαφής μετατόπιση στην έμφαση της εκτίμησης και των μεθόδων δοκιμών. Συγκεκριμένα, αναφέρει ότι η χωρική οικονομετρία ορίζεται ως «η συλλογή τεχνικών που ασχολούνται με τις ιδιαιτερότητες, που προκαλούνται από το χώρο, στην στατιστική ανάλυση των μοντέλων της περιφερειακής επιστήμης».

Τέλος, στον Anselin (2006, σελ. 902), το περιοριστικό πλαίσιο των αστικών και περιφερειακών μοντέλων της περιφερειακής επιστήμης απομακρύνεται και ο καθορισμός της χωρικής οικονομετρίας τοποθετείται ξεκάθαρα στο πλαίσιο της μεθοδολογικής εργαλειοθήκης της εφαρμοσμένης οικονομετρίας... *«Οι μεταβλητές που σχετίζονται με την τοποθεσία, την απόσταση και διάταξη (τοπολογία) αντιμετωπίζονται ρητά στην προδιαγραφή του μοντέλου που περιλαμβάνει την εκτίμηση, τον διαγνωστικό έλεγχο και την πρόβλεψη»*. Δηλαδή, το πεδίο εφαρμογής της σύγχρονης οικονομετρικής μεθοδολογίας προσδιορίζεται από τέσσερις διαστάσεις: την προδιαγραφή του μοντέλου, την εκτίμηση, τη δοκιμή και τη χωρική πρόβλεψη.

## **7.2 Η θεωρία της Οικονομετρίας στην αγορά ακινήτων**

Η ανάλυση της παλινδρόμησης έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στα οικονομικά της αγοράς ακινήτων τα τελευταία 30 χρόνια, και συγκεκριμένα στην εκτίμηση και αποτίμηση των ακινήτων, την εκτίμηση του ηδονικού μοντέλου και την κατασκευή του δείκτη τιμών της ποιότητας. Η τεχνική εκτίμησης που χρησιμοποιούνταν ευρέως ήταν η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων (OLS) (Bjorklund et al., 2001). Ωστόσο,

για να είναι μια OLS ακριβής (δηλ αμερόληπτη, αποδοτική και συνεπής) πρέπει να γίνει ένας αριθμός υποθέσεων.

Συγκεκριμένα η παραδοχή για την ύπαρξη: α) εξωγενών ανεξάρτητων μεταβλητών, β) σταθερής διακύμανσης σε όλα το δείγμα, γ) μη συσχέτισης των ανεξαρτήτων μεταβλητών και δ) η έννοια του σφάλματος στην περίπτωση των ακινήτων δεν είναι εύκολη υπόθεση μόνον, αλλά προβληματική είτε αφορά αντιπροσωπευτικό δείγμα είτε ομαδοποιημένα σύνολα δεδομένων.

Η Χωρική οικονομετρία αντιπροσωπεύει ρητά την επίδραση του χώρου στην αγορά ακινήτων, των αστικών και περιφερειακών μοντέλων. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει σε προηγούμενη ενότητα υπάρχουν δύο τύποι χωρικής επίδρασης, η χωρική εξάρτηση και η χωρική ετερογένεια. Η χωρική εξάρτηση προκύπτει από: (α) την ύπαρξη του φαινομένου της διάχυσης των επιπτώσεων, όπως είναι για παράδειγμα ο αντίκτυπος της τιμής μιας κατοικίας στην τιμή των γειτονικών της, (β) την χωρική συσχέτιση των μεταβλητών, που έχουν παραλειφθεί και (γ) την μέτρηση του σφάλματος ή τη μη εξειδίκευση της μορφής του μοντέλου. Επισημώς, η χωρική εξάρτηση σημαίνει ότι μια παρατήρηση σε μία θέση εξαρτάται από άλλες παρατηρήσεις σε άλλες θέσεις. Φέρει δηλαδή στενή ομοιότητα με τη (χρονικά) σειριακή εξάρτηση (De Graaff et al., 2001).

Από την άλλη πλευρά η Χωρική ετερογένεια, μπορεί να προκύπτει από την άποψη της χωρικής ετεροσκεδαστικότητας ή των χωρικά διαφοροποιούμενων παραμέτρων, δηλαδή στην ουσία αναφέρεται σε μια διακύμανση σε σχέση με το χώρο όπως αναφέρει ο Le Sage (Le Sage, 1998).

Γενικά, οι χωρικές επιδράσεις δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με τα μέσα και τις τεχνικές της κλασσικής οικονομετρίας. Σύμφωνα με τον Anselin (1999), η χωρική ετερογένεια είναι η δομική αστάθεια στο υπόδειγμα εξ αιτίας των μη σταθερών διακυμάνσεων των όρων σφάλματος (ετεροσκεδαστικότητα) ή των συντελεστών των υποδειγμάτων που προκαλείται από τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνεται υπόψη ο παράγων χώρος, δηλαδή ο τρόπος κατασκευής της μήτρας χωρικών σταθμίσεων. Ο λόγος που προκαλεί την αστάθεια είναι η χωρική δηλαδή η γεωγραφική «δομή», με την έννοια ότι η θέση των παρατηρήσεων είναι κρίσιμος παράγοντας στην εκτίμηση των παραμέτρων των υποδειγμάτων.

Στα διαστρωματικά στοιχεία η χωρική αυτοσυσχέτιση και η χωρική ετερογένεια μπορεί να είναι παρατηρησιακά ισοδύναμες (Anselin, 1999). Παραδείγματος χάριν, μία ομάδα γειτονικών χωρικών παρατηρήσεων (π.χ. γειτονικά ακίνητα δηλαδή ακίνητα που ανήκουν στην ίδια υποαγορά) με μεγάλες τιμές μπορεί να ερμηνευτεί είτε ως χωρική ετερογένεια (δηλαδή ετεροσκεδαστικότητα κατά ομάδες) είτε ως χωρική αυτοσυσχέτιση (δηλαδή η τιμή της μεταβλητής σε ένα σημείο της περιοχής μελέτης εξαρτάται από την τιμή σε γειτονικό σημείο, με άλλα λόγια υπάρχει στοχαστική συσχέτιση). Αυτό προϋποθέτει ότι και οι δυο όψεις του προβλήματος (ετεροσκεδαστικότητα και αυτοσυσχέτιση) πρέπει να είναι εξειδικευμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η ταυτοποίηση των παραμέτρων του μοντέλου, και ότι η μια όψη δεν μπορεί ποτέ να εκτιμηθεί ξέχωρα από την άλλη.

Όσων αφορά την εκτέλεση των χωρικών μοντέλων κατά τον Durin (1998) υπάρχουν δύο προσεγγίσεις. Η πρώτη προσέγγιση βασίζεται σε μια υπόθεση για τη χωρική διαδικασία και κατ' επέκταση μια υπόθεση αναφορικά με τη χωρική μήτρα βάρους. Η δεύτερη προσέγγιση δεν βασίζεται σε κάποια συγκεκριμένη ή ειδική μήτρα βάρους, αλλά σε μια υπόθεση σχετικά με τη λειτουργική μορφή της μήτρας συν-διακύμανσης (δηλαδή βασίζεται σε γεωστατιστικά μοντέλα). Όσο αφορά την περίπτωση της ακίνητης περιουσίας η πρώτη προσέγγιση όχι μόνον έχει χρησιμοποιηθεί στη βιβλιογραφία των ακινήτων αλλά οι Pace κ.ά.. (1998b) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη για την ανάλυση της αγοράς ακινήτων καθώς περιγράφει την διαφορετική συμπεριφορά μιας μεταβλητής στα διαφορετικά σημεία του χώρου (Anselin, 1988).

### **7.3 Χωρική μοντελοποίηση**

Ο Anselin στο βιβλίο του (Anselin, 1988) παρέχει μια σχεδόν ολοκληρωμένη παρουσίαση της χωρικής μοντελοποίησης. Η ανάλυσή μας ξεκινά από το γενικό ηδονικό μοντέλο. Πριν όμως μπούμε σε λεπτομέρειες είναι κρίσιμο να αναφερθούμε στο εννοιολογικό και θεωρητικό υπόβαθρο του μοντέλου αυτού.

Γενικά ο όρος και κατ' επέκταση η θεωρία των ηδονικών μοντέλων συστήθηκε από τον Rosen (1974), οποίος βασίστηκε στη θεωρία του Lancaster, σύμφωνα με την οποία ένα αγαθό αποκτά την ιδιαίτερη χρηστικότητα του από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του και τις ιδιότητές του. Ο Rosen στην πραγματικότητα επέκτεινε τη θεωρία αυτή στην αγορά ακινήτων και ανέπτυξε τη θεωρία των ηδονικών μοντέλων. Βέβαια αν θέλουμε να είμαστε πιο ακριβείς ο πρωτοπόρος της ηδονικής ανάλυσης κατά μια έννοια είναι ο Waugh (1929) οποίος μίλησε για πρώτη φορά για την έννοια της ποιότητας και πώς αυτή μπορεί να επηρεάσει την τιμή ενός αγαθού. Ενώ ο όρος «ηδονικός» έχει τις ρίζες του 10 χρόνια πιο μετά από τον Court (1939) στην ανάλυσή του για τις τιμές και τη ζήτηση των αγαθών (Grilliches, 1961, 1971).

Θα ξεκινήσουμε τη συζήτησή μας με τον γενικό ηδονικές πρότυπο. Είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο στο οποίο η εξαρτημένη μεταβλητή ισούται με την τιμή και οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι τα χαρακτηριστικά της στέγασης, οι δείκτες της γειτονιάς και χρονικοί δείκτες, εάν το αντιπροσωπευτικό δείγμα περιλαμβάνει και χρονοσειρές. Η ηδονική εξίσωση της τιμής λαμβάνει τη μορφή:

$$y = x\beta + e$$

όπου το  $Y$  είναι ένα  $1 \times n$  διάνυσμα των παρατηρήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής,  $\beta$  είναι  $k \times 1$  διάνυσμα των παραμέτρων που συνδέονται με εξωγενείς ερμηνευτικές μεταβλητές ( $X$ ), οι οποίες αντιπροσωπεύουν μια  $n \times k$  μήτρα. Ο στοχαστική όρος  $e$  αναφέρεται στο υποτιθέμενο γεγονός της σταθερής διακύμανσης και κανονικής κατανομής. Εάν η ηδονική εξίσωση υπολογίζεται σε λογαριθμική μορφή όλες οι συντελεστές θα ερμηνεύονται με την μορφή ελαστικότητας. Δηλαδή η εκτιμώμενη παράμετρος (για παράδειγμα το διάνυσμα  $\beta$ ) μπορεί να ερμηνεύεται ως την επιθυμία των καταναλωτών να πληρώσουν για ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό του ακινήτου.

Υπάρχουν μια σειρά από άρθρα που συγκρίνουν το παραδοσιακό μοντέλο παλινδρόμησης με τα ηδονικά μοντέλα, στα οποία έχει ενσωματωθεί ο παράγοντας του χώρου. Το άρθρο των Basu και Thibodeau (1998), είναι μια εμπειρική ανάλυση στην οποία χρησιμοποιήθηκε ένα ημι-λογαριθμικό ηδονικό μοντέλο εκτίμησης κατοικιών και μια σφαιρική συνάρτηση αυτοσυσχέτισης. Σε αυτό που κατέληξαν είναι ότι σε ορισμένες επιμέρους αγορές, τα κατάλοιπα είναι χωρικά

αυτοσυσχετιζόμενα κατά μήκος της υποαγοράς και σε ορισμένες άλλες υπο-αγορές τα κατάλοιπα που παρουσιάζουν χωρική αυτοσυσχέτιση αφορούν ακίνητα τα οποία είναι σε απόσταση 1200 μέτρα μεταξύ τους.

Ο Brasington (1999) αναλύει την επίδραση της ποιότητας των δημόσιων σχολείων στις αξίες των ακινήτων χρησιμοποιώντας τόσο το παραδοσιακό ηδονικό μοντέλο όσο και ένα μοντέλο που περιλαμβάνει την ποσοτικοποίηση του χώρου για την διόρθωση της χωρικής συσχέτισης. Αυτό που παρατήρησε είναι ότι η χρήση ενός χωρικού μοντέλου παλινδρόμησης βελτιώνει την συνολική προσαρμογή του μοντέλου και η εκτιμώμενη χωρική παράμετρος είναι υψηλά στατιστικά σημαντική. Ενώ, η ποιότητα των δημόσιων σχολείων φαίνεται να επηρεάζει περισσότερο τις τιμές των κατοικιών όταν συμπεριλαμβάνονται στην ανάλυση οι χωρικές επιδράσεις.

Ο Can και ο Megbolugbe (1997) στο άρθρο τους Spatial Dependence and House Price Index Construction ερευνούν όπως διαφαίνεται από τον τίτλο τον ρόλο που παίζει η χωρική εξάρτηση στην κατασκευή ενός δείκτη τιμών των κατοικιών. Ξεκινούν χρησιμοποιώντας ένα τυπικό ηδονικό μοντέλο που εκφράζει τον δείκτη-τιμών κατοικιών και το συγκρίνουν με ένα ηδονικό χωρικό μοντέλο. Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η ο χώρος και ως εκ τούτου οι χωρικές επιδράσεις όχι μόνο παίζουν σημαντικό ρόλο για την ρεαλιστική εκτίμηση των παραμέτρων σε ένα ηδονικό μοντέλο κατοικιών αλλά προσφέρουν μεγάλη βοήθεια στην ποιοτική εξαγωγή αποτελεσμάτων, μέσω της μείωσης των τυπικών σφαλμάτων.

Από τα παραπάνω γίνεται εμφανής η αναγκαιότητα ενσωμάτωσης των χωρικών επιδράσεων στα παραδοσιακά οικονομετρικά μοντέλα. Όπως και στα τυπικά οικονομετρικά μοντέλα έτσι και τα χωρικά η ταξινόμηση είναι ως εξής: Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα υποδείγματα μιας εξίσωσης, στην δεύτερη κατηγορία τα συστήματα ταυτόχρονων αλλά φαινομενικά μη συσχετιζόμενων εξισώσεων και τέλος στην τρίτη κατηγορία ανήκουν τα συστήματα εξισώσεων.

Στη συνέχεια αναφέρονται τα υποδείγματα μιας εξίσωσης και συγκεκριμένα το χωρικό αυτοπαλινδρόμο υπόδειγμα (Spatial Autoregressive Model - SAR) και το μοντέλο χωρικού σφάλματος (Spatial Error Model - SEM).



#### 7.4. Χωρικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (*Spatial Autoregressive Model - SAR*)

Το χωρικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα θα μπορούσε να περιγραφεί ως μια επέκταση της κλασσικής γραμμικής παλινδρόμησης, σύμφωνα με την οποία η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής  $y$  αποτελεί συνάρτηση όχι μόνο των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X$ , αλλά και των γειτονικών τιμών της  $y$ . Σύμφωνα με τον Anselin (1988), η συνάρτηση του υποδείγματος περιγράφεται από την σχέση:

$$y = \rho W y + x\beta + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2/n)$$

όπου  $y$  η εξαρτημένη μεταβλητή,  $\rho$  ο συντελεστής χωρικής υστέρησης,  $W$  η μήτρα χωρικών σταθμίσεων,  $X$  το διάνυσμα των ανεξάρτητων μεταβλητών,  $\beta$  το διάνυσμα των αγνώστων παραμέτρων της παλινδρόμησης και  $\varepsilon$  το διάνυσμα των κατάλοιπων, τα οποία κατανέμονται ανεξάρτητα και πανομοιότυπα με μέσο όρο ίσο με το 0 και διακύμανση  $\sigma^2$ .

Αυτό το μοντέλο είναι πανομοιότυπο με το υπόδειγμα OLS όσον αφορά τη σύνδεση μεταξύ  $E(y)$  την αναμενόμενη τιμή του  $y$  και τις μεταβλητές  $x$ , αλλά διαφέρει στο μοντέλο για την κατανομή των υπολοίπων. Στην περίπτωση της SAR τα κατάλοιπα δεν είναι ανεξάρτητα αλλά αντιθέτως εμφανίζουν χωρική συσχέτιση. Ουσιαστικά, το SAR εξακολουθεί να παρέχει ένα γενικό μοντέλο πρόβλεψης.

#### 7.5 Μοντέλο χωρικού σφάλματος (*Spatial Error Model - SEM*)

Στο μοντέλο χωρικού σφάλματος η χωρική εξάρτηση ενσωματώνεται μόνον μέσα από τους όρους σφάλματος και έχει την κάτωθι μορφή σύμφωνα με τον Anselin (1988):

$$y = X\beta + u$$

$$u = \lambda Wu +$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2, I_n)$$

όπου  $y$  ένα  $n \times 1$  διάνυσμα εξαρτημένων μεταβλητών,  $X$  μια  $n \times k$  μήτρα δεδομένων που περιέχει επεξηγηματικές μεταβλητές,  $W$  η γνωστή χωρική μήτρα βάρους και η παράμετρος  $\lambda$  είναι ο συντελεστής των χωρικά συσχετιζόμενων σφαλμάτων.

## *Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>*

### **Εμπειρική Ανάλυση**

#### **8.1 Το δείγμα**

Στα κεφάλαια που προηγήθηκαν έγινε μια προσπάθεια εμβάθυνσης στο θεωρητικό υπόβαθρο που αφορά στην ανάλυση των ηδονικών μοντέλων, όμως κυρίως αναλύθηκε η ιδιαιτερότητα των χωρικών δεδομένων, λόγω της χωρικής τους διάστασης και η σημασία τους για την ρεαλιστική εκτίμηση και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Μελέτη περίπτωσης της εν λόγω διπλωματικής εργασίας είναι η πόλη της Πάτρας, η οποία είναι το μεγαλύτερο οικονομικό, εμπορικό και πολιτιστικό κέντρο της Πελοποννήσου και της δυτικής Ελλάδας. Ένα κεντρικό χαρακτηριστικό της αστικής γεωγραφίας της Πάτρας είναι η διαίρεσή της στην Άνω και Κάτω πόλη (τα δύο αυτά διαμερίσματα της πόλης συνδέονται μεταξύ τους με σκάλες). Αυτό είναι αποτέλεσμα μιας αλληλεπίδρασης ανάμεσα στη φυσική γεωγραφία της περιοχής και του μοντέλου ανθρώπινης κατοίκησης. Η Κάτω πόλη, η οποία περιλαμβάνει τον αστικό πυρήνα του 19ου αιώνα και το λιμάνι, βρίσκεται δίπλα στη θάλασσα, ενώ η Άνω πόλη καλύπτει την περιοχή των παλαιότερων οικισμών, γύρω από το φρούριο, Η περιοχή μελέτης αφορά ένα δείγμα 1536 κατοικιών.

Η δημιουργία του συγκεκριμένου μοντέλου έχει ως στόχο την ανάλυση της συναρτησιακής σχέσης της τιμής των ακινήτων σε σχέση με ένα σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών. Η ηδονική τιμή μιας κατοικίας όπως έχει ήδη αναφερθεί προσδιορίζεται

από ένα σύνολο ιδιαίτερων χαρακτηριστικών, που σχετίζονται με την ηλικία του ακινήτου, τον αριθμό δωματίων, το πάρκινγκ, τζάκι κλπ. Παρά το γεγονός ότι η χρήση της μεθόδου χρονολογείται από τις αρχές του 1900, η σύγχρονη εποχή της ξεκίνησε όπως έχουμε αναφέρει, όταν ο Sherwin Rosen (1974) ανέλυσε το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθόδου. Ο Rosen διαπιστώνει ότι ο αριθμός των δωματίων σε ένα σπίτι προσφέρει αξία στην κατοικία, αλλά ένα σπίτι είναι μια δέσμη χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένου του αριθμού των δωματίων. Δηλαδή η τελική αξία ενός ακινήτου υπολογίζεται από την ανάλυση της παλινδρόμησης της τιμής του και των χαρακτηριστικών του [Rosen, σελ. 34 (1974)].

Αυτό μπορεί να αποδοθεί συναρτησιακά με τον εξής τρόπο.

$$P = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Όπου P, η τιμή της κατοικίας (του ακινήτου) και  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  το σύνολο των χαρακτηριστικών που προσδιορίζουν αυτήν την τιμή.

Όπως γίνεται αντιληπτό από την επισκόπηση του Πίνακα 8 ο όροφος, η ύπαρξη τζακιού, παρκινγκ, κοινοχρήστων και πόρτας ασφαλείας περιγράφονται με τη χρήση ψευδομεταβλητών.

**Πίνακας 8.** Περιγραφή και Ορισμός των Μεταβλητών

Μεταβλητές	Περιγραφή	Ορισμός
Ποσοτικές		
y	Αξία ακινήτου	y= price
$x_1$	Εμβαδόν ακινήτου σε τετραγωνικά	$x_1$ = area (tetragonika)
$x_2$	Παλαιότητα κατασκευής	$x_2$ =(age)=2015 - etos_kataskevis
Ποιοτικές		
$f_0$	Το ακίνητο βρίσκεται στο ισόγειο	$f_0$ =1 (σωστό), 0 (λάθος)
$f_1$	Το ακίνητο βρίσκεται στον 1ο όροφο	$f_1$ = 1 (σωστό), 0 (λάθος)
$f_2$	Το ακίνητο βρίσκεται στον 2ο όροφο	$f_2$ = 1 (σωστό), 0 (λάθος)
$f_3$	Το ακίνητο βρίσκεται στον 3ο όροφο	$f_3$ = 1 (σωστό), 0 (λάθος)
$f_4$	Το ακίνητο βρίσκεται στον 4ο όροφο	$f_4$ = 1 (σωστό), 0 (λάθος)

$f_{5p}$	Το ακίνητο βρίσκεται στον 5ο όροφο ή σε μεγαλύτερο όροφο	$f_{5p}= 1$ (σωστό), 0 (λάθος)
fr	Το ακίνητο διαθέτει τζάκι	fr =(tzaki_1) = 1 (σωστό), 0 (λάθος)
k	Το ακίνητο έχει κοινόχρηστα	k =(koinoxri) = 1 (σωστό), 0 (λάθος)
p	Το ακίνητο διαθέτει parking	p= (parking_1) =1 (σωστό), 0 (λάθος)
ds	Το ακίνητο διαθέτει πόρτα ασφαλείας	ds=( doorsec_1) =1 (σωστό), 0 (λάθος)

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν 2 ποσοτικές και 10 ποιοτικές ερμηνευτικές μεταβλητές και η ανάλυσή τους βασίζεται στους κανόνες της απλής παλινδρόμησης αφού πρώτα η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής τροποποιήθηκε με βάση τον φυσικό της λογάριθμο.

Δηλαδή για την κατασκευή του οικονομετρικού υποδείγματος χρησιμοποιήθηκε διακριτή εξειδίκευση ημιλογαριθμικής μορφής:

$$gln(y_1) = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}) + \varepsilon_1$$

Όπου  $gln(y_1)$  μετασχηματισμός του νεπέριου λογάριθμου της εξαρτημένης μεταβλητής και  $f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni})$  πολυμεταβλητή πολυωνυμική συνάρτηση των ανεξάρτητων μεταβλητών του πίνακα.

Για το σύνολο των αναλύσεων γίνεται η χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS, του πακέτου ARCGIS10.2, GEODA και GWR.

## 8.2 Περιγραφή δεδομένων

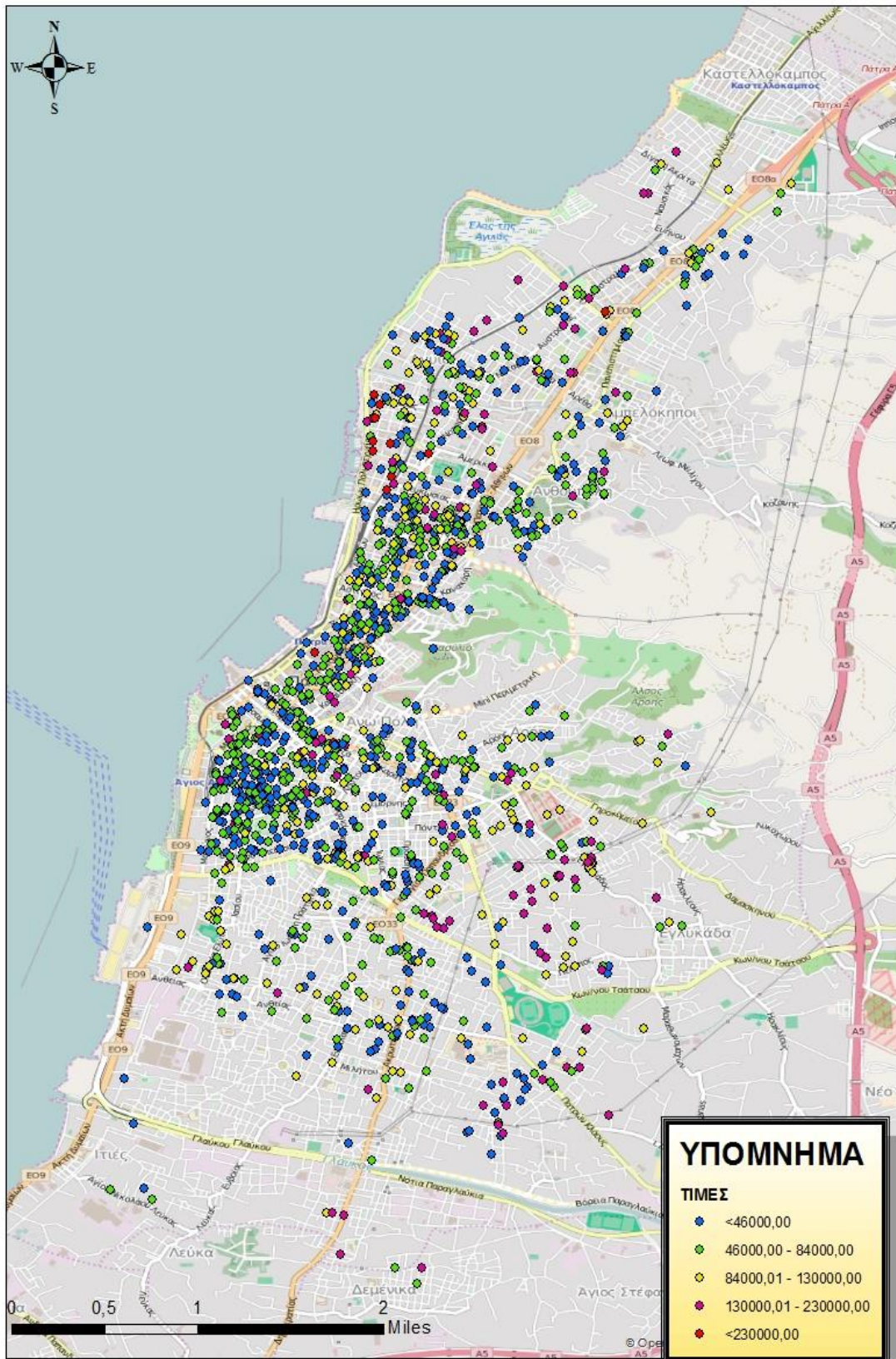
Μετά την επιλογή των μεταβλητών το επόμενο βήμα της εμπειρικής ανάλυσης είναι το υπολογιστικό κομμάτι, το οποίο περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της εξίσωσης παλινδρόμησης, την ανάλυση του μοντέλου με τη χρήση οικονομετρικών υποδειγμάτων και τη χρήση της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τα περιγραφικά στοιχεία των δεδομένων, την ελάχιστη και μέγιστη τιμή, τη μέση τιμή και τη διακύμανση, πριν την τροποποίηση της

εξαρτημένης μεταβλητής. Ο χάρτης που ακολουθεί αποτυπώνει τις τιμές των ακινήτων με διαμόρφωση των τιμών σε πέντε κατηγορίες. Όπως γίνεται αντιληπτό οι υψηλότερες αξίες βρίσκονται πολύ κοντά στην παραλία, αλλά και νοτιοδυτικά της Πάτρας, ενώ μια καλύτερη ματιά στο χάρτη μας δίνει ένα ενδιαφέρον στοιχείο, ότι κατοικίες με παρόμοιες τιμές γειτνιάζουν, γεγονός που καταδεικνύει ίσως την ύπαρξη χωρικής αυτοσυσχέτισης, ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που συναντώνται στην ανάλυση των χωρικών δεδομένων. η ύπαρξη της χωρικής αυτοσυσχέτισης ωστόσο θα εξετασθεί στη συνέχεια με ειδικές αναλύσεις.

	N	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Price (y)	1536	10000	500000	73134,08	50077,667
Area (x1)	1536	22	206	70,97	31,034
Age (x2)	1536	1	85	21,65	14,890
f0	1536	0	1	,07	,247
f1	1536	0	1	,32	,465
f2	1536	0	1	,21	,409
f3	1536	0	1	,14	,345
f4	1536	0	1	,11	,312
f5p	1536	0	1	,16	,367
tzaki_1 (fr)	1536	0	1	,18	,388
parking_1 (p)	1536	0	1	,21	,409
Koinoxri (k)	1536	0	1	,05	,214
doorsec_1 (ds)	1536	0	1	,40	,489
Valid N (listwise)	1536				

Πίνακας 8.1.1. Περιγραφικά στοιχεία μεταβλητών.

# ΧΑΡΤΗΣ 1. ΤΙΜΕΣ ΑΚΙΝΗΤΩΝ



### 8.3. Έλεγχος συσχετίσεων και πολυσυγγραμμικότητας

Όπως είπαμε προηγουμένως το μοντέλο που απεικονίζει καλύτερα την σχέση εξαρτημένης τιμής και ερευνητικών μεταβλητών είναι εκείνο κατά το οποίο η εξαρτημένη μεταβλητή έχει μετατραπεί με βάση το φυσικό της λογάριθμο, έτσι ώστε η σχέση μεταξύ των μεταβλητών να είναι όσον το δυνατόν πιο γραμμική, προκειμένου να αποδοθεί καλύτερα από μια γραμμική εξίσωση παλινδρόμησης.

Πριν όμως προχωρήσουμε στον υπολογισμό της εξίσωσης παλινδρόμησης με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, κρίνεται αναγκαίο να γίνει έλεγχος συσχετίσεων και πολυσυγγραμμικότητας μεταξύ των μεταβλητών. Είναι γνωστό από τη θεωρία ότι μεταβλητές που παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό συσχέτισης θα ήταν σκόπιμο να αποκλειστούν από την γραμμική εξίσωση.

Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει τον έλεγχο συσχετίσεων των μεταβλητών, που υπολογίστηκε με τη χρήση του λογισμικού SPSS 10.2. Όπως φαίνεται στον πίνακα η μεταβλητή που έχει τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή την  $\ln price$  είναι η μεταβλητή που εκφράζει τα τετραγωνικά με συντελεστή Pearson  $r = 0.757$  ( $p = 0.000$ ) και τη μικρότερη συσχέτιση η μεταβλητή  $f3$  που εκφράζει τον 3ο όροφο με  $r = 0.067$  ( $p = 0.09$ ) καθώς και η μεταβλητή  $f5p$  που εκφράζει τον όροφο που είναι ίσος ή μεγαλύτερος από τον 5<sup>ο</sup> όροφο με  $r = -0.055$  ( $p = 0.033$ ). Ενώ σε ότι αφορά τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών δεν υπάρχει υπέρβαση του ορίου 0,8 από κανένα ζεύγος των ερευνητικών μεταβλητών, η οποία θα σήμαινε όπως ήδη έχει αναφερθεί στον αποκλεισμό των μεταβλητών αυτών από το μοντέλο.

Από την άλλη πλευρά για τον έλεγχο της πολυσυγγραμμικότητας θα χρησιμοποιήσουμε τον VIF έλεγχο, που ερμηνεύεται ως ο παράγοντας διόγκωσης της διασποράς (Variance Inflation Factory). Σύμφωνα με τη θεωρία ο παράγοντας αυτός καταδεικνύει μεγάλα προβλήματα στη δομή του μοντέλου όταν η τιμή του είναι μεγαλύτερη από το 10 (Myers R., 1990).



Correlations

		area	age	f0	f1	f2	f3	f4	f5p	tzaki_1	parking_1	koinoxri	doorsec_1	Inprice
area	Pearson Correlation	1	,065	-,071	-,076	,014	,055	,028	,053	,389	,271	-,021	,033	,757
	Sig. (2-tailed)		,011	,006	,003	,571	,032	,272	,039	,000	,000	,408	,202	,000
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
age	Pearson Correlation	,065	1	,162	-,145	-,076	,007	-,034	,182	-,385	-,432	,084	-,637	-,414
	Sig. (2-tailed)	,011		,000	,000	,003	,790	,183	,000	,000	,000	,001	,000	,000
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
f0	Pearson Correlation	-,071	,162	1	-,179	-,137	-,106	-,092	-,116	-,105	-,086	,138	-,149	-,178
	Sig. (2-tailed)	,006	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,000	,000	,000
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
f1	Pearson Correlation	-,076	-,145	-,179	1	-,351	-,271	-,238	-,297	-,027	,031	,044	,087	-,004
	Sig. (2-tailed)	,003	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,290	,230	,087	,001	,875
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
f2	Pearson Correlation	,014	-,076	-,137	-,351	1	-,207	-,182	-,227	,037	,027	-,027	,027	,055
	Sig. (2-tailed)	,571	,003	,000	,000		,000	,000	,000	,152	,299	,286	,286	,030
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
f3	Pearson Correlation	,055	,007	-,106	-,271	-,207	1	-,140	-,175	,043	,027	-,072	,023	,067
	Sig. (2-tailed)	,032	,790	,000	,000	,000		,000	,000	,094	,289	,005	,358	,009
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
f4	Pearson Correlation	,028	-,034	-,092	-,238	-,182	-,140	1	-,153	,037	,047	-,059	,066	,064
	Sig. (2-tailed)	,272	,183	,000	,000	,000	,000		,000	,144	,065	,020	,010	,012
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
f5p	Pearson Correlation	,053	,182	-,116	-,297	-,227	-,175	-,153	1	-,008	-,076	,001	-,119	-,055
	Sig. (2-tailed)	,039	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,765	,003	,974	,000	,033
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
tzaki_1	Pearson Correlation	,389	-,385	-,105	-,027	,037	,043	,037	-,008	1	,441	,026	,304	,543
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,290	,152	,094	,144	,765		,000	,309	,000	,000
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
parking_1	Pearson Correlation	,271	-,432	-,086	,031	,027	,027	,047	-,076	,441	1	-,050	,347	,483
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,001	,230	,299	,289	,065	,003	,000		,049	,000	,000
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
koinoxri	Pearson Correlation	-,021	,084	,138	,044	-,027	-,072	-,059	,001	,026	-,050	1	-,095	-,100
	Sig. (2-tailed)	,408	,001	,000	,087	,286	,005	,020	,974	,309	,049		,000	,000
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
doorsec_1	Pearson Correlation	,033	-,637	-,149	,087	,027	,023	,066	-,119	,304	,347	-,095	1	,363
	Sig. (2-tailed)	,202	,000	,000	,001	,286	,358	,010	,000	,000	,000	,000		,000
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536
Inprice	Pearson Correlation	,757	-,414	-,178	-,004	,055	,067	,064	-,055	,543	,483	-,100	,363	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,875	,030	,009	,012	,033	,000	,000	,000	,000	
	N	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536	1536

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Στοιχεία κ επιβεβαιώνεται με 95% (3 σφάλμα)

Στοιχεία κ επιβεβαιώνεται με 99% (3 σφάλμα)

Πίνακας 8.2.1. Πίνακας συσχετίσεων

από	επί	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236

Όπως φαίνεται όμως στον παρακάτω πίνακα οι τιμές των μεταβλητών δεν υπερβαίνουν κατά πολύ την τιμή 1, με εξαίρεση την ηλικία του ακινήτου που ο παράγοντας διάγκωσης της διασποράς είναι 2,152. Αυτό σημαίνει ότι οι μεταβλητές του μοντέλου, δεν παρουσιάζουν πρόβλημα πολυσυγγραμικότητας. Επιπλέον βλέπουμε ότι το λογισμικό που χρησιμοποιήσαμε για την μέτρηση της πολυσυγγραμικότητας (το SPSS) εξαιρεί μια μεταβλητή η οποία όπως φαίνεται δεν ασκεί ιδιαίτερη επιρροή στο μοντέλο και αυτή είναι η μεταβλητή, που εκφράζει τον 1<sup>ο</sup> όροφο.

		Τιμή ανοχής	VIF
	area	,749	1,336
	age	,465	2,152
	f0	,842	1,188
	f2	,753	1,327
	f3	,790	1,266
	f4	,823	1,215
	f5p	,746	1,340
	tzaki_1	,638	1,569
	parking_1	,686	1,458
	koinoxri	,957	1,045
	doorsec_1	,579	1,726
Εξαρτημένη μεταβλητή: lnprice			

Πίνακας 8.2.2. Τιμές ανοχής και VIF.

Excluded Variables <sup>a</sup>			
Model	Beta In	Collinearity Statistics	
		VIF	Minimum Tolerance
1	f1	. <sup>b</sup>	,000

a. Dependent Variable: lnprice

b. Predictors in the Model: (Constant), doorsec\_1, f3, area, koinoxri, f4, f0, f5p, parking\_1, f2, tzaki\_1, age

#### 8.4. Αποτελέσματα μοντελοποίησης

Όπως προείπαμε ένα από τα πρώτα βήματα της ανάλυσης είναι η εκτίμηση της παλινδρόμησης με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Με αυτό τον τρόπο κατασκευάστηκε ένα στατιστικό μοντέλο που ερμηνεύει τη διακύμανση της τιμής των ακινήτων κατά 80%. Στον πίνακα που ακολουθεί τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης.

##### 8.3.1 Αποτέλεσμα παλινδρόμησης με τη μέθοδο OLS.

Μεταβλητές	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t-Statistic	Πιθανότητα
Intercept	10,194944	0,025836	394,603424	0,000000*
AREA	0,015110	0,000272	55,529946	0,000000*
AGE	-0,015402	0,000709	-21,723959	0,000000*
F0	-0,106458	0,030411	-3,500680	0,000493*
TZAKI_1	0,114818	0,023493	4,887349	0,000002*
PARKING_1	0,120260	0,021549	5,580709	0,000000*
KOINOXRI	-0,125274	0,034724	-3,607762	0,000333*
DOORSEC_1	0,073441	0,019603	3,746395	0,000198*

Dependent Variable:	LNPRICE	AICc) [d]:	529,043510
Number of Observations:	1536	Adjusted R-Squared [d]:	0,802712
Multiple R-Squared [d]:	0,803612	Prob(>F), (7,1528) deg of freedom:	0,000000*
Joint F-Statistic [e]:	893,216882	Prob(>chi-squared), :	0,000000*
Joint Wald Statistic [e]:	5729,109897	Prob(>chi-squared), (7):	0,000000*
Koenker (BP) Statistic [f]:	77,285900	Prob(>chi-squared), (2):	0,000000*
Jarque-Bera Statistic [g]:	50,241910		

Επομένως η συναρτησιακή σχέση της τιμής των ακινήτων και των χαρακτηριστικών του διαμορφώνεται ως εξής:

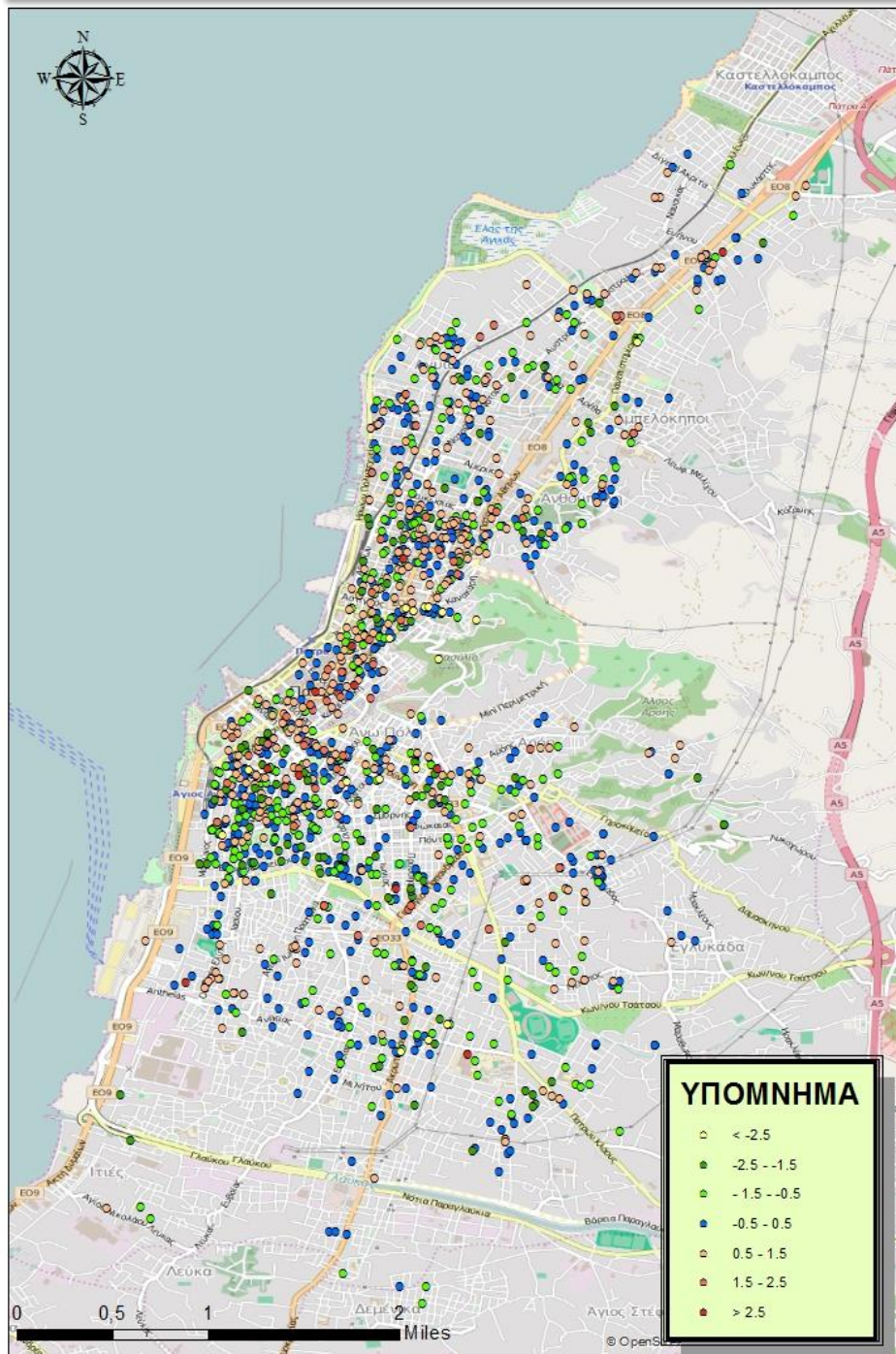
$$y = 10,194944 + 0,015110x_1 - 0,015402x_2 - 0,106458f_0 + 0,114818f_r + 0,120260p - 0,125274k + 0,073441ds$$

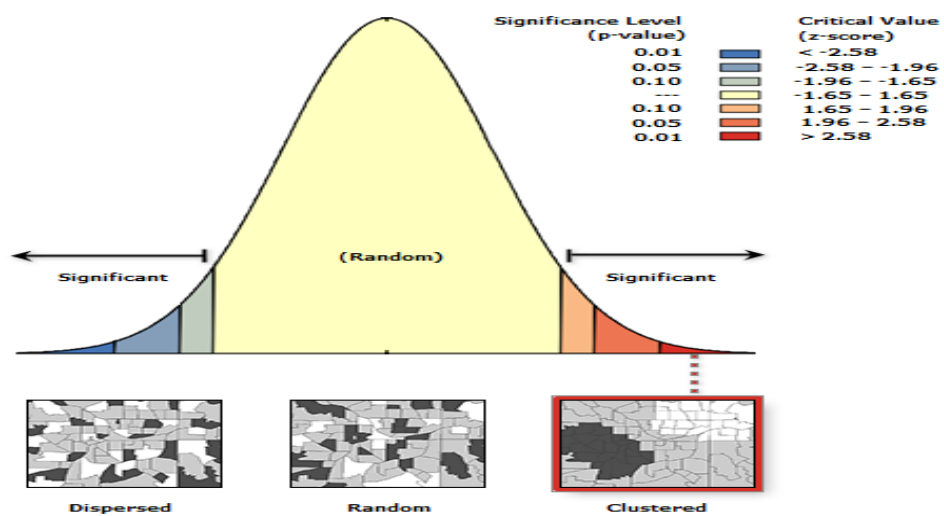
όπου  $y$  η τιμή των ακινήτων λογαριθμικά εκφρασμένη,  $x_1$  τα τετραγωνικά μέτρα,  $x_2$  η παλαιότητα του ακινήτου,  $f_0$  ισόγειο,  $f_r$  τζάκι,  $p$  πάρκινγκ,  $k$  κοινόχρηστα,  $ds$  πόρτα ασφαλείας.

Το ηδονικό υπόδειγμα που προέκυψε εκφράζει τη σχέση της τιμής του ακινήτου σε σχέση με επτά χαρακτηριστικά του. Όπως ήταν αναμενόμενο οι ερμηνευτικές μεταβλητές που έχουν αρνητικό πρόσημο είναι εκείνες που εκφράζουν την παλαιότητα του ακινήτου, ότι το ακίνητο βρίσκεται στο ισόγειο και την ύπαρξη κοινοχρήστων. Ενώ θετικά επηρεάζουν το μοντέλο οι μεταβλητές που εκφράζουν τα τετραγωνικά του ακινήτου, την ύπαρξη τζακιού, την ύπαρξη παρκινγκ και την ύπαρξη πόρτας ασφαλείας. Την μεγαλύτερη συνεισφορά στο μοντέλο την παρουσιάζει η παράμετρος  $area$  (τετραγωνικά)  $t = 55,529946$ ,  $p < .001$ , ενώ την μικρότερη η παράμετρος όροφος  $f_0$   $t = 3,500680$ .

Επόμενο βήμα στην ανάλυση μας είναι ο έλεγχος για την ύπαρξη χωρικής αυτοσυσχέτισης κάτι που έχουμε ήδη υποψιαστεί από τον χάρτη των υπολοίπων της παλινδρόμησης όπως παρουσιάζονται στον χάρτη 2. Ο χάρτης των υπολοίπων υποδηλώνει την ύπαρξη ενός μοτίβου, με ζώνες αρνητικών τιμών να εκτείνονται κυρίως κεντρικά και νότια της πόλης, αλλά και βορειοανατολικά εκεί όπου οι τιμές των ακινήτων είναι ιδιαίτερα χαμηλές κάτι το οποίο απεικονίζει ξεκάθαρα ο χάρτης 1. Για να διερευνήσουμε την ύπαρξη της χωρικής αυτοσυσχέτισης θα χρησιμοποιήσουμε το δείκτη Moran's I. Η τιμή του δείκτη ισούται με 0,394766 ( $z$ -score = 26.166380,  $p < .0001$ ), γεγονός που επιβεβαιώνει την ύπαρξη θετικής χωρικής αυτοσυσχέτισης στις τιμές των καταλοίπων. Αυτό σημαίνει ότι ακίνητα με υψηλές τιμές γειτνιάζουν με ακίνητα με επίσης υψηλές τιμές, και το αντίστροφο. Η ύπαρξη χωρικής αυτοσυσχέτισης μας οδηγεί να εμβαθύνουμε την ανάλυσή μας με την εφαρμογή των χωρικών οικονομετρικών υποδειγμάτων που αναλύσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, έτσι ώστε να επιτευχθεί η ενσωμάτωση των χωρικών επιδράσεων στο μοντέλο. Για το λόγο αυτό στην επόμενη ενότητα θα ασχοληθούμε με τα υποδείγματα χωρικής υστέρησης (SLM) και χωρικού σφάλματος (SEM).

## ΧΑΡΤΗΣ 2. ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ





<b>Moran's Index:</b>	0,394766
<b>Expected Index:</b>	-0,000651
<b>Variance:</b>	0,000228
<b>z-score:</b>	26,166380
<b>p-value:</b>	0,000000

Εικόνα 8.1. Αποτελέσματα του Δείκτη Moran με τη χρήση ARCGIS.

### 8.5 Χωρικά μοντέλα παλινδρόμησης

Στο πρότυπο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, η χωρική εξάρτηση μπορεί να ενσωματωθεί με δύο διακριτούς τρόπους: ως πρόσθετος συντελεστής παλινδρόμησης με τη μορφή μιας εξαρτημένης μεταβλητής με χωρική υστέρηση ( $Wy$ ), ή με τη δομή σφάλματος. Η πρώτη περίπτωση αναφέρεται στο μοντέλο χωρικής υστέρησης, το οποίο είναι κατάλληλο όταν το επίκεντρο του ενδιαφέροντος είναι η εκτίμηση της ύπαρξης και της δυναμικής της χωρικής αλληλεπίδρασης. Ουσιαστικά, εισάγει στην εξίσωση παλινδρόμησης μία νέα μεταβλητή, ως ένα τελεστή χωρικής υστέρησης. Το μοντέλο αυτό είναι ανάλογο του μοντέλου ανάλυσης χρονολογικών σειρών, εξ' ου και ο όρος lag που σημαίνει κυρίως χρονολογική καθυστέρηση.

Γενικά ένα μοντέλο χωρικής υστέρησης ή μεικτό μοντέλο χωρικής αυτοπαλινδρόμησης εκφράζεται ως:

$$y = \rho Wy + x\beta + \varepsilon$$

όπου  $y$  η εξαρτημένη μεταβλητή,  $x$  το διάνυσμα των ανεξάρτητων μεταβλητών,  $\beta$  το διάνυσμα των αγνώστων παραμέτρων της παλινδρόμησης,  $\rho$  συντελεστής χωρικής αυτοπαλινδρόμησης,  $\varepsilon$  ένα διάνυσμα με όρους σφάλματος και  $Wy$  εξαρτημένη μεταβλητή με χωρική υστέρηση (Anselin, 1999, σελ. 11).

Το παραπάνω χωρικό υπόδειγμα όπως και το μοντέλο χωρικού σφάλματος εκτιμήθηκαν με τις ίδιες μήτρες γειτνίασης και με τη χρήση του προγράμματος Geoda. Παρακάτω γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων των εν λόγω χωρικών οικονομετρικών μεθόδων.

Πινάκας 8.4.1. Αποτελέσματα Spatial Lag υποδείγματος

Μεταβλητή	Συντελεστής	Std.Error	z-value	Pr (>z)
W_lnprice	0.1165007	0.03370394	3.456592	0.00055
CONSTANT	8.910517	0.3724216	23.92589	0.00000
area	0.01506929	0.0002707998	55.64737	0.00000
age	-0.01493593	0.0007218716	-20.69056	0.00000
f0	-0.1117112	0.03028947	-3.688122	0.00023
tzaki_1	0.1037442	0.02359608	4.396672	0.00001
parking_1	0.1126502	0.02150948	5.237235	0.00000
koinoxri	-0.123223	0.03449984	-3.571699	0.00035
doorsec_1	0.07487424	0.01947668	3.844301	0.00012
Breusch-Pagan	103.0588			0.00000
Likelihood Ratio	11.2304			0.00080
R-squared	: 0.805122			
Akaike info criterion	: 517.695			
Sigma-square	: 0.081028			
Schwarz criterion	: 565.728			
S.E of regression	: 0.284654			

Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι η χαμηλή πιθανότητα στο Breusch-Pagan test δείχνει ότι εξακολουθεί να υπάρχει Ετεροσκεδαστικότητα στο μοντέλο, μετά την εισαγωγή του όρου χωρικής υστέρησης. Επομένως, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι αν και η εισαγωγή του όρου χωρικής υστέρησης βελτίωσε το μοντέλο δεν



κατάφερε να διώξει από το μοντέλο τις χωρικές επιδράσεις. Ενδιαφέρον έχει να δούμε τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του υποδείγματος χωρικού σφάλματος (Spatial Error Model).

Πινάκας 8.4.2 Αποτελέσματα Spatial Error υποδείγματος

Μεταβλητή	Συντελεστής	Std.Error	z-value	Pr (>z)
CONSTANT	10.19635	0.02976655	342.544	0.00000
area	0.01514446	0.0002665271	56.82147	0.00000
age	-0.01575143	0.0007424989	-21.21407	0.00000
f0	-0.09404934	0.02986183	-3.149483	0.00164
tzaki_1	0.1153659	0.02331399	4.948355	0.00000
parking_1	0.1103881	0.02116618	5.215305	0.00000
koinoxri	-0.1045639	0.03544757	-2.949818	0.00318
doorsec_1	0.08313766	0.0193135	4.30464	0.00002
LAMBDA	0.5561202	0.05916519	9.39945	0.00000
Breusch-Pagan	103.5539			0.00000
Likelihood	65.8355			0.00000

R-squared : 0.814115  
 Akaike info criterion : 461.09  
 Sigma-square : 0.0772889  
 S.E of regression : 0.278009  
 Schwarz criterion : 503.786

Συγκρίνοντας τα δύο υποδείγματα παρατηρούμε ότι υπάρχει αρχικά μιας σαφής βελτίωση του μοντέλου και στα δύο, από την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, που δοκιμάσαμε σε πρώτο επίπεδο, όπου και εντοπίσαμε την ύπαρξη του φαινομένου της χωρικής αυτοσυσχέτισης. Από τη στιγμή που η χωρική αλληλεπίδραση συμπεριλήφθη στο μοντέλο η επίδοση του είναι σχεδόν βέβαια. Αν θέλουμε να επιλέξουμε τώρα ανάμεσα στο μοντέλο χωρικής υστέρησης και στο μοντέλο χωρικού σφάλματος, θα πρέπει να αναζητήσουμε την απάντηση στους δείκτες R-squared και AIC. Στην περίπτωση μας όπως φαίνονται και από τους παραπάνω πίνακες το μοντέλο χωρικού σφάλματος φαίνεται να έχει υψηλότερο R-squared και χαμηλότερο AIC απ' ό τι το μοντέλο χωρικής υστέρησης, γεγονός που από στατιστικής πλευράς δικαιολογεί την υιοθέτηση του μοντέλου αυτού. Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε ένα βήμα πιο κάτω με τη χρήση μεθόδων τοπικής κλίμακας.

### **8.6. Γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση**

Όπως αναφέραμε ιδιαίτερα αναλυτικά στο 6ο κεφάλαιο η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση είναι μια εν δυνάμει παραλλαγή της κλασικής γραμμικής παλινδρόμησης, η οποία αυτό που προσφέρει στην ανάλυση είναι το γεγονός ότι οι παρατηρήσεις, που λαμβάνονται υπόψη στη διαμόρφωση του υποδείγματος σταθμίζονται με βάση το γεωγραφικό τους βάρος και έτσι η ανάλυση γίνεται σε τοπικό επίπεδο σε αντίθεση με την κλασική γραμμική παλινδρόμηση όπου η ανάλυση γίνεται σε υπερτοπικό επίπεδο. Για την ανάλυση του μοντέλου γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό GWR.4. Οι μεταβλητές παραμένουν ίδιες ενώ αυτό που διαφοροποιείται είναι η εξίσωση η οποία είναι της μορφής

$$y = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (8.5.1)$$

Όπου  $y$  η  $\ln price$ , και  $\beta_k$  το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών με  $k$  παραμέτρους που στην περίπτωση μας είναι  $k=7$ . Τα αποτελέσματα της γεωγραφικά σταθμισμένης

παλινδρόμησης όπως έχουμε αναφέρει πιο αναλυτικά στο αντίστοιχο κεφάλαιο είναι ευαίσθητα στην επιλογή του εύρους ζώνης. Οι διαδικασίες στάθμισης, που καθορίζουν ένα ευρύ εύρος θα παράγουν αποτελέσματα που είναι παρόμοια με ένα «παγκόσμιο» (global) μοντέλο. Αντίθετα, αν το εύρος ζώνης είναι στενό μόνο σημεία που είναι σε κοντινή απόσταση θα εξετασθούν, γεγονός που θα οδηγήσει σε υψηλές διακυμάνσεις των εκτιμητών (Fotheringham et al. 2000).

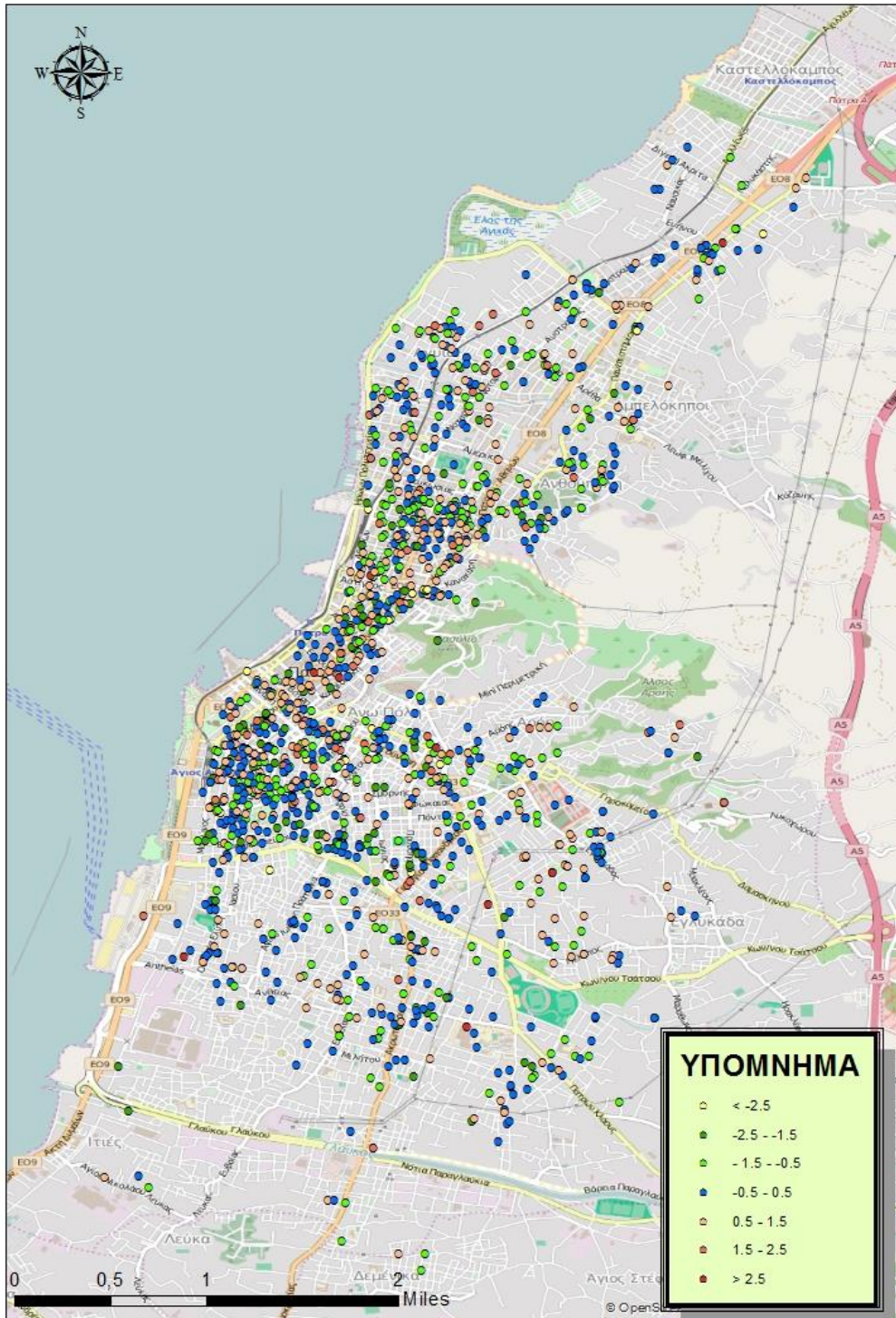
Για το λόγο αυτό επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε προσαρμοσμένους χωρικούς πυρήνες που επιτρέπουν το εύρος ζώνης να διαφέρει ανάλογα με την πυκνότητα των τιμών των σπιτιών γύρω από κάθε σημείο παλινδρόμησης, έτσι με αυτόν τον τρόπο γίνεται εφικτό να συμπεριληφθούν μικρότερες περιοχές, όπου τα δεδομένα είναι πλούσια και μεγαλύτερες περιοχές όπου τα δεδομένα είναι αραιά.

Ο τρόπος επιλογής του καταλληλότερου αριθμού σημείων παλινδρόμησης έγινε με το κριτήριο Akaike. Το εύρος που αυτόματα επιλέχθηκε από το σύστημα που και που ελαχιστοποιεί το AIC είναι  $b=250.41$  και αυτό σημαίνει ότι το μέγεθος της γειτονιάς για κάθε σημείο παλινδρόμησης περιλαμβάνει 250 περίπου γειτονικά του σημεία. Όπως φαίνεται από τον πίνακα που ακολουθεί, οι μεταβλητές με την μέθοδο της Γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης δεν έχουν μια σταθερή τιμή σε μια περιοχή αλλά εμφανίζουν διαφοροποίηση στο χώρο. Για παράδειγμα ο συντελεστής που περιγράφει την ύπαρξη τζακιού στο ολικό μοντέλο είχε θετική επίδραση στην τιμή του ακινήτου, ενώ στο τοπικό μοντέλο βλέπουμε ότι παρουσιάζει μεταβαλλόμενες τιμές που είναι και θετικές και αρνητικές. Γενικά θα λέγαμε ότι η απεικόνιση των κανονικοποιημένων καταλοίπων βοηθά στο να έχουμε μια εικόνα για τον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται στο χώρο οι υψηλές και οι χαμηλές τιμές τους και βέβαια κατά πόσον χαρακτηρίζονται από χωρική αυτοσυσχέτιση.

Πίνακας 8.5.1. Αποτελέσματα GWR

Μεταβλητή	Ελάχιστη	Μέγιστη	Εύρος
Intercept	9,741354	10,490704	0,749350
area	0,012837	0,021127	0,008290
age	-0,027038	-0,007720	0,019318
f0	-0,451173	0,277783	0,728955
tzaki_1	-0,170587	0,314371	0,484958
parking_1	-0,308210	0,272639	0,580848
koinoxri	-0,588342	0,320008	0,908350
doorsec_1	-0,214292	0,374273	0,588566

### ΧΑΡΤΗΣ 3. ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ



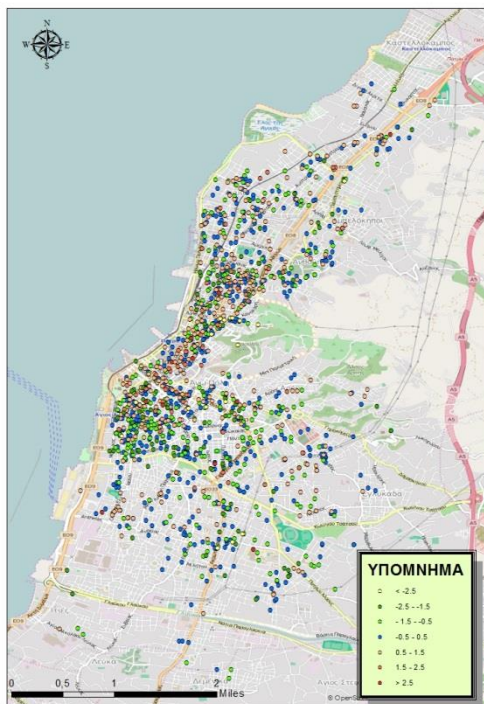
Η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση σύμφωνα με τη θεωρεία οδηγεί σε μείωση της χωρικής αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων σε σύγκριση με την γραμμική μέθοδο. Ο χάρτης που παρατίθεται παραπάνω ικανοποιεί αυτήν την συνθήκη καθώς παρουσιάζει βελτίωση μεν, μικρή δε, σε σύγκριση με τον χάρτη 2 (των καταλοίπων της απλής γραμμικής παλινδρόμησης), ενώ ο δείκτης Moran παρουσιάζεται αρκετά βελτιωμένος σε σύγκριση με την απλή γραμμική παλινδρόμηση αφού παίρνει την τιμή  $I=0,049107$  ( $z\text{-score}=3,293075$ ,  $p=0,000991$ ). Στην συνέχεια παρουσιάζεται η σύγκριση των μεθόδων που χρησιμοποιήσαμε έως τώρα, της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων (OLS), της μεθόδου χωρικής εξάρτησης, χωρικού σφάλματος και τέλος της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης.

Πίνακας 8.5.2. Σύγκριση αποτελεσμάτων

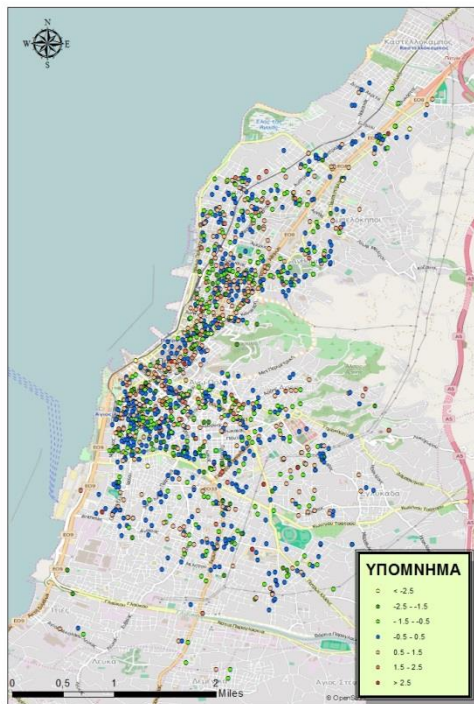
Δείκτες	Αποτελέσματα ατα ols	Αποτελέσματα SLM	Αποτελέσματα SEM	Αποτελέσματα α GWR
Αριθμός παρατηρήσεων	1536	1536	1536	1536
Αριθμός ανεξάρτητων μεταβλητών	7	7	7	7
AIC	529,04	517.695	461.09	388,906149
Συντελεστής προσδιορισμού	0,803612	0.805122	0.814115	0,847515

Μια ματιά στον πίνακα αρκεί για να δούμε ότι από την πρώτη μέθοδο που χρησιμοποιήσαμε σαν πρώτο βήμα στην ανάλυσή μας έως και την τελευταία υπάρχει μια βαθμιαία βελτίωση του υποδείγματος. Σύμφωνα με τις πληροφορίες που αντλούμε από την τιμή του κριτηρίου Akaike, αλλά και από τον συντελεστή προσδιορισμού, είναι φανερό η υπεροχή της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης έναντι των υπολοίπων μεθόδων.

ΧΑΡΤΗΣ 2. ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΑΠΛΗΣ  
ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣ



ΧΑΡΤΗΣ 3. ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ  
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ



Εικόνα 8.2. Σύγκριση χαρτών γραμμικής και γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης

### Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάλυση της αγοράς κατοικίας και η εμπειρική ανάλυση στην περιοχή της Πάτρας με την κατασκευή ενός ηδονικού μοντέλου, που περιλαμβάνει τα δομικά χαρακτηριστικά μιας κατοικίας. Η ανάλυση και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν έγιναν με βάση τις επιταγές που επιτάσσει το θεωρητικό πλαίσιο και φυσικά η βιβλιογραφική εμπειρία. Αρχικά εκτιμήθηκε το

γενικό μοντέλο παλινδρόμησης, με τη χρήση της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων, που ενώ αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο πρόβλεψης παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα σημαντικό ελάττωμα, και αυτό δεν είναι άλλο από την αδυναμία του να μελετήσει χωρικά δεδομένα, δηλαδή να συμπεριλάβει στην ανάλυση τον χώρο που αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα. Το πρόβλημα αυτό ξεπεράστηκε με τη χρήση των οικονομετρικών μεθόδων, που είδαμε παραπάνω και αφορούν τις μεθόδους Χωρικής υστέρησης και Χωρικού σφάλματος και οι οποίες βελτίωσαν αρκετά την προσαρμοστικότητα του υποδείγματος. Η μέθοδος όμως που ξεχώρισε στην απόδοση του μοντέλου είναι η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση, η οποία στην ουσία μας δίνει την δυνατότητα να περάσουμε από το γενικό επίπεδο, που οι συντελεστές είναι σταθεροί στον χώρο, στο τοπικό επίπεδο όπου οι μεταβλητές είναι μεταβαλλόμενοι ενσωματώνοντας την σημασία του χώρου στην ερμηνεία τους.

Γενικά θα λέγαμε ότι αποδείχτηκε ότι οι μεταβλητές, που επηρεάζουν την τιμή ενός ακινήτου μεταβάλλονται στο χώρο, ενώ παράλληλα όπως διαφαίνεται και από την ανάλυση τα τοπικά μοντέλα παλινδρόμησης είναι σε θέση να αναδείξουν πιο αποτελεσματικά την ύπαρξη διακύμανσης των συσχετίσεων και να δώσουν μια πιο ξεκάθαρη και λεπτομερέστατη ανάλυση των χωρικών δεδομένων. Όπως φαίνεται από τον σχετικό πίνακα αποτελεσμάτων η Γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση εξηγεί τη διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής κατά 85% έναντι 80% του ολικού μοντέλου και δείχνει την ξεκάθαρη υπεροχή της. Σε ένα επόμενο στάδιο το αρχικό μοντέλο παλινδρόμησης θα μπορούσε να επανακαθοριστεί εμπεριέχοντας την γνώση από το μοντέλο της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης, με την εισαγωγή επιπλέον μεταβλητών που δεν συμπεριλήφθησαν στο αρχικό μοντέλο, όπως περιβαλλοντικοί οικονομικοί και κοινωνικοί παράγοντες, αποστάσεις από το εμπορικό κέντρο κοκ, παρέχοντας έτσι μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση του θέματος.

## Βιβλιογραφία

Allen Judith, Barlow James, Jesus Leal, Thomas Maloutas. *Housing and Welfare*.

Anselin Luc. (2009) *Thirty years of spatial econometrics*

Anselin, Luc, and Bruton Center. "Spatial Econometrics." (1999).

Anselin Luc, *What is special about spatial data. Alternative perspectives on spatial data analysis*.

*Anselin's Paper and Research Directions." Journal of Regional Science, 26, 793-798.*

Anselin, L. και Griffith D. A., (1988) *Do Spatial Effects Really Matter in Regression Analysis?* Papers of the Regional Science Association Vol. 65, pp. 11-34

Anselin L. and Getis Arthur. Chapter 3. *Spatial Statistical Analysis and Geographic Information Systems*.

Arnott J. Richard , McMillen P. Daniel. (2006). *A Companion to Urban Economics*. Wiley-Blackwell

Ball Michael. (2006). *Markets & Institutions in Real Estate & Construction*. Blackwell Publishing Ltd.

Bailey, T. C. και Gatrell A. C. (1995) *Interactive Spatial Data Analysis*. Longman Group Limited.

Bowman A W (1984). *An alternative method of cross-validation for the smoothing of density estimates*. Biometrika 71: 353–60.

Can A. Megbolugbe I. (1997). *Spatial Dependence and House Price Index Construction*. Journal of Real Estate Finance and Economics, 14: 203–222



Commons R. John. (1931). *Institutional Economics*" *American Economic Review*, vol. 21 (1931), pp.648-657.

Cooley, T. and S. LeRoy, (1985). *A theoretical Macro-Econometrics: A Critique*. *Journal of Monetary Economics*, 16, 283-308.

Doan, T., R. Litterman, and C. Sims, (1984). *Forecasting and Conditional Projection Using Realistic Prior Distributions*. *Econometric Reviews*, 3, 1-100 (with discussion).

Farber και Paez. 2007A systematic investigation of cross-validation in GWR model estimation: empirical analysis and Monte Carlo simulations.

Farber Paez,, και Wheeler. 2011Simulation-based study of geographically weighted regression as a method for investigating spatially varying relationships

Fischer Manfred M. and Getis Arthur. *Handbook of Applied Spatial Analysis*.

Fotheringham, A.S. και Brunson C. (1999) *Local Forms of Spatial Analysis*, *Geographical Analysis*.

Fotheringham A. S., Brunson C., Charlton M., (2002). *Geographically Weighted Regression the analysis of spatially varying relationships*. John Wiley & Sons, LTD.

Fotheringham A S, Charlton M E (1997) σελ 1907-1908). *Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis*.

Fotheringham και Brunson, 1999: 348-349) Fotheringham,A.S. και Brunson C. (1999) "Local Forms of Spatial Analysis", *Geographical Analysis*.

Geoffrey M. Jacquez. *Space-Time Intelligence System Software for the Analysis of Complex Systems*.

Goodchild F.Michael . *Spatial autocorrelation*

*Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition*  
*Journal of Political Economy*, Vol. 82, No. 1 (Jan. - Feb., 1974), pp. 34-55

Haining R. *Spatial Data Analysis Theory and Practic*. Cambridge, United Kingdom

Haining, Robert, 1986. *"Spatial Models and Regional Science: A Comment on*

Kent Paul (2004). *An Institutional Analysis of the Subject Matter of Real Estate Transactions*. Blackwell Publishing Ltd

Lambiri Dionysia and Rovolis Antonios. 2014. "Real Estate and Housing Markets" in Handbook of Regional Science, eds. M. Fischer and P. Nijkamp, Springer, Berlin.

Lancaster J.Kelvin . *New Approach to Consumer Theory*. Journal of Political Economy Vol. 74, No. 2 (Apr., 1966), pp. 132-157.

LeSage P. James and Pace R. Kelley. *Spatial Econometrics*. Handbook of Applied Spatial Analysis.

Longley, Goodchild, Maguire και Rhind. (2010) *Συστήματα και Επιστήμη Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)*.

Mosteller, F. and J.W. Tukey, (1977). *Data Analysis and Regression*. Reading, Mass: Addison-Wesley.

Myers R. (1990). *Classical and modern regression with application* (2<sup>nd</sup> edition), Boston.

Oliver A. Margaret *The Variogram and Kriging*. Handbook of Applied Spatial Analysis

Paez Antonio and Scott. Darren M. *Spatial statistics for urban analysis: A review of techniques with examples*.

Seabrooke William and Hwee Hebe Hong How. (2004). *International Real Estate. An institutional approach*. Blackwell Publishing Ltd  
Scott Lauren M. Janikas and Mark V. *Spatial Statistics in ArcGIS*. Handbook of Applied Spatial Analysis.

Scott M. Lauren and Janikas V. Mark *Spatial Statistics in ArcGIS*.

Suárez José Luis. (2006). *European Real Estate Markets*

Tobler, W. R. 1970. *A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic Geography* 46: 234–40.

Tukey JW (1977). *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley, Reading [MA]

Watts, D. J. 1999. *Small worlds*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Waugh (1929). *Quality as a determinant of vegetable prices: A statistical study of quality factors influencing vegetable prices in the Boston wholesale market*. Columbia University Press, New York

Ζεντέλης Π. (2001). «*Real estate. Αξία. Εκτιμήσεις. Ανάπτυξη. Επενδύσεις. Διαχείριση*». Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλάκης Ν. (2012) *Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Κανάρογλου, Π. και DeLuca, P., (2001) *Σημειώσεις Χωρικής Στατιστικής, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου*.