

**Διερεύνηση των Αξιών Ακινήτων στη Μητροπολιτική Περιοχή
της Αθήνας: Εφαρμογή Σύγχρονων Μεθόδων Χωρικής
Ανάλυσης**

Μαριάνθη Στάμου



Διδακτορική Διατριβή

Αθήνα, 2016

Επιβλέπων Καθηγητής

Αναστάσιος Καραγάνης

*Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Παντείου
Πανεπιστημίου*

Εξεταστική Επιτροπή

Αθανάσιος Παπαδασκαλόπουλος

Καθηγητής του Τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Παντείου Πανεπιστημίου

Αναστάσιος Τασόπουλος

Καθηγητής του Τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Παντείου Πανεπιστημίου

Μαρί Νοέλ Ντυκέν

*Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής
Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας*

Αντώνης Ροβολής

Μέλος τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής

*Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Παντείου
Πανεπιστημίου*

Πασχάλης Αρβανιτίδης

Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Άγγελος Μιμής

Μέλος τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής

*Επίκουρος Καθηγητής, του Τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Παντείου
Πανεπιστημίου*

Πρόλογος

Η παρούσα διδακτορική διατριβή έχει τίτλο «Διερεύνηση των Αξιών Ακινήτων στη Μητροπολιτική Περιοχή της Αθήνας: Εφαρμογή Σύγχρονων Μεθόδων Χωρικής Ανάλυσης» και εκπονήθηκε στο Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, του Παντείου Πανεπιστημίου Αθηνών κατά την περίοδο 2011-2016. Η ανάπτυξη και η υποστήριξη της διατριβής έγινε στις 6 Ιουνίου 2016, ενώπιον της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα, επίκουρο καθηγητή κ. Αναστάσιο Καραγάνη, για όλη τη συνεργασία μας. Χωρίς το δικό του κόπο και ενδιαφέρον η εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής δε θα ήταν εφικτή. Τον ευχαριστώ θερμά για την καθοδήγηση του και ταυτόχρονα για την αμέριστη ελευθερία και εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και για την καίρια συμβολή του στην απόφασή μου να εκπονήσω διδακτορική διατριβή στο επιστημονικό αντικείμενο της Χωρικής Οικονομετρίας.

Ευχαριστώ θερμά τον επίκουρο καθηγητή κ. Άγγελο Μιμή, μέλος της Τριμελούς Επιτροπής, για τη σταθερή παρουσία του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής μου. Τον ευχαριστώ για το συνεχές ενδιαφέρον και τη βοήθεια που μου προσέφερε, καθώς και για την καθοριστική συμβολή του στην εξοικείωση μου με τα λογισμικά πακέτα και τις γλώσσες προγραμματισμού.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Αντώνη Ροβολή, μέλος της Τριμελούς Επιτροπής, για τις διορθώσεις του και τις εύστοχες παρατηρήσεις του. Με την εμπειρία του και τη σχολαστικότητά του συνέβαλε καθοριστικά στη βελτίωση της διατριβής.

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή κ. Αθανάσιο Παπαδασκαλόπουλο, τον καθηγητή κ. Αναστάσιο Τασόπουλο, την αναπληρώτρια καθηγήτρια κα. Μαρί Νοέλ Ντυκέν και τον επίκουρο καθηγητή κ. Πασχάλη Αρβαντιδίδη για τη συμμετοχή τους στην Επταμελή Εξεταστική Επιτροπή, για την προσεκτική τους ματιά στη διατριβή και τις γόνιμες παρατηρήσεις τους.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω επίσης σε όλα μέλη ΔΕΠ του Τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Παντείου Πανεπιστημίου για τη στήριξη και την παροχή κάθε δυνατής βοήθειας που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διδακτορικής διατριβής, ιδίως ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Κωσταντίνο Μπίθα και τον καθηγητή κ. Ιωάννη Ψυχάρη. Επιπλέον ευχαριστώ ιδιαίτερος τον καθηγητή κ. Κλάιβ Ρίτσαρντσον, τον επίκουρο καθηγητή κ. Γρηγόρη Σιουρούνη και τον επίκουρο καθηγητή κ. Σταύρο Ντεγιαννάκη για τις ιδιαίτερα χρήσιμες παρατηρήσεις τους.

Ευχαριστώ θερμά την επίκουρη καθηγήτρια κα. Κάτια Φωτεινοπούλου για την πολύτιμη συμπαράσταση και υποστήριξη της. Θα ήθελα επίσης να μνημονεύσω έναν από τους καλύτερους καθηγητές που είχα τον Ζαχαρία Δεμαθά, ήταν μεγάλη τύχη για μένα να τον γνωρίσω.

Επιπλέον, ευχαριστώ ιδιαιτέρως τη φίλη και συνάδελφο γεωγράφο Ευτυχία Ρούση, Δρ. Κλιματολογίας και την κα. Χριστίνα Αναγνωστοπούλου, επίκουρη καθηγήτρια του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ, για την καρποφόρα συνεργασία μας.

Δε θα μπορούσα να μην εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου που βρίσκεται πάντα δίπλα μου, υλικά και ηθικά, και που με στήριξε σε αυτή τη μακροχρόνια προσπάθεια. Τέλος, ευχαριστώ όλους τους φίλους μου που επίσης στάθηκαν κοντά μου κατά τη διάρκεια όλων αυτών των ετών.

Μαριάνθη Στάμου, 2016

Περίληψη

Στόχος της διατριβής είναι η διερεύνηση των αξιών των στεγαστικών ακινήτων του Λεκανοπέδιου Αττικής και η οριοθέτηση τοπικών αγορών στην υπό μελέτη αγορά κατοικίας. Ο στόχος αυτός προσεγγίστηκε στο πλαίσιο της θεωρίας των ηδονικών τιμών και μέσω των μεθόδων της χωρικής ανάλυσης και των υποδειγμάτων της χωρικής οικονομετρίας.

Στο πρώτο μέρος της διατριβής παρουσιάζεται η γενική θεωρία των ηδονικών τιμών, η οποία αποτελεί το θεωρητικό πλαίσιο για να μελετηθεί ο τρόπος που διαμορφώνονται οι αξίες των ακινήτων. Στην αγορά ακινήτων η ζήτηση και κατά ακολουθία οι τιμές δεν κινούνται ομοιόμορφα σε όλους τους τύπους ακινήτων και σε όλες τις γεωγραφικές διαμερίσεις και τοπικές αγορές της. Για το λόγο αυτό, παρουσιάζεται η έννοια των τοπικών αγορών και η σημασία της οριοθέτησής τους στην εκτίμηση των ηδονικών υποδειγμάτων.

Στο επόμενο μέρος γίνεται μια εκτενής παρουσίαση των μεθοδολογικών ζητημάτων που σχετίζονται με την επίδραση της δομής του χώρου. Και αυτό διότι το φαινόμενο που μελετάται στη διατριβή είναι ένα οικονομικό φαινόμενο που εξελίσσεται στο χώρο. Οι μετρήσεις για τις τιμές και για τα χαρακτηριστικά των ακινήτων, λαμβάνονται μέσα από μια συγκεκριμένη δομή του χώρου. Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε είναι το πώς θα βγάλουμε την επίδραση της δομής του χώρου έτσι ώστε να μελετήσουμε το οικονομικό φαινόμενο που μας ενδιαφέρει, δηλαδή τις αξίες των ακινήτων και τους παράγοντες που τις διαμορφώνουν. Έτσι, αναλύονται οι χωρικές επιδράσεις στις οποίες οφείλεται η συστηματική μεταβολή των τιμών και των χαρακτηριστικών των ακινήτων στο χώρο. Επίσης καταγράφονται και συζητούνται τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας και ακολουθεί η παρουσίαση των μεθόδων εκτίμησής τους, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις μήτρες χωρικών σταθμίσεων με τις οποίες περιγράφεται η δομή του χώρου. Και τέλος στο πλαίσιο του θεωρητικού και μεθοδολογικού τμήματος της διδακτορικής διατριβής παρουσιάζεται η τεχνική της ανάλυσης συστάδων με βάση την προσέγγιση που διατυπώθηκε από τον Silverman γι' αυτήν, και στην οποία βασίστηκε ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την οριοθέτηση των τοπικών αγορών ακινήτων στην υπό μελέτη περιοχή.

Η ανάλυση βασίστηκε σε 32992 στεγαστικά ακίνητα από διαδικτυακές αγγελίες, η συλλογή των οποίων έγινε το Σεπτέμβριο του 2013. Τα χωρικά υποδείγματα που χρησιμοποιούνται για την οικονομετρική ανάλυση και την ενσωμάτωση των χωρικών επιδράσεων είναι το υπόδειγμα χωρικής υστέρησης (SAR), το υπόδειγμα χωρικού σφάλματος (SEM), το γενικό χωρικό υπόδειγμα (SAC) και το χωρικό υπόδειγμα Durbin (SDM). Μελετώνται δεκατρείς τρόποι κατασκευής της μήτρας χωρικών σταθμίσεων βασιζόμενοι στην απόσταση και στη γειτνίαση. Οι δεκατρείς εξειδικεύσεις της μήτρας χωρικών σταθμίσεων, με την οποία απεικονίζονται οι χωρικές επιδράσεις, εφαρμόζονται στα τέσσερα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας και κατά συνέπεια διεξάγονται πενήντα δυο εξειδικεύσεις. Τα στατιστικά κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο των υποδειγμάτων και τη συγκριτική ανάλυση των πενήντα δυο εξειδικεύσεων είναι ο συντελεστής προσδιορισμού, η διακύμανση των καταλοίπων, η τιμή της λογαριθμοποιημένης πιθανοφάνειας, το κριτήριο πληροφοριών Akaike και ο συντελεστής

χωρικής αυτοσυσχέτισης του Moran. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το γενικό χωρικό υπόδειγμα (SAC) με εξειδίκευση τη μήτρα χωρικών σταθμίσεων τα 15-πλησιέστερα ακίνητα είναι το καταλληλότερο ηδονικό υπόδειγμα.

Το χωρικό υπόδειγμα SAC που χρησιμοποιήθηκε ελέγχθηκε ως προς την προγνωστική του ακρίβεια και υπολογίστηκαν οι πρώτοι παραγωγοί προκειμένου να υπολογιστεί η επίδραση της κάθε μεταβλητής στη διαμόρφωση της τιμής του ακινήτου (MWTP). Τα αποτελέσματα του μη χωρικού υποδείγματος OLS, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για να προσδιοριστεί η εξειδίκευση του υποδείγματος των ηδονικών τιμών των ακινήτων της Αθήνας και στη συνέχεια να γίνουν: ο έλεγχος κανονικότητας του διαταρακτικού όρου, οι έλεγχοι ορθής εξειδίκευσης και οι έλεγχοι χωρικών επιδράσεων, συγκρίθηκαν με αυτά του SAC υποδείγματος. Η σύγκριση έγινε ως προς την προγνωστική τους ακρίβεια, ως προς τις τιμές των συντελεστών και ως προς τις τιμές των τυπικών σφαλμάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι προβλέψεις του χωρικού υποδείγματος SAC είναι πιο ακριβείς από αυτές του OLS υποδείγματος. Επίσης, τα MWTP διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των δυο υποδειγμάτων, και πιο συγκεκριμένα το OLS υπόδειγμα κυρίως υπερεκτίμα τις επιδράσεις των μεταβλητών. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι τιμές των τυπικών σφαλμάτων των συντελεστών, μειώνονται σημαντικά στο χωρικό υπόδειγμα. Αυτό έχει ως αποτελέσματα, στο SAC υπόδειγμα τα διαστήματα εμπιστοσύνης να είναι μικρότερα, γεγονός που εξασφαλίζει μεγαλύτερη ακρίβεια στις εκτιμήσεις των συντελεστών του υποδείγματος.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τα ευρήματα της διατριβής, υπάρχουν έντεκα παράγοντες οι οποίοι διαμορφώνουν τις αξίες των ακινήτων και συμβάλλουν σημαντικά στη χωρική διακύμανση τους. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι εξής: το μέγεθος του ακινήτου, η διαθεσιμότητα κλιματιστικού, οι μεταβλητές του πρώτου, δευτέρου, τρίτου, τέταρτου και πέμπτου ή μεγαλύτερου ορόφου, θεά στη θάλασσα, η ηλικία του ακινήτου, το αν το ακίνητο βρίσκεται στο υπόγειο και η απουσία ανελκυστήρα στην πολυκατοικία που βρίσκεται το προς πώληση ακίνητο. Επιπλέον, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των τιμών που εκτιμούνται από το υπόδειγμα και αυτές των αγγελιών, παρατηρούνται στις ακριβές περιοχές της Αθήνας καθώς και ότι ακραίες εκτιμήσεις παρατηρούνται σε ακίνητα που βρίσκονται στα άκρα της περιοχής μελέτης.

Όσον αφορά το πρότυπο της χωρικής συγκέντρωσης των προβλεπόμενων τιμών αυτό διαφοροποιείται στην περιοχή μελέτης, και σύμφωνα με τα αποτελέσματα της χωρικής παρεμβολής η αγορά ακινήτων της Αθήνας κατακερματίζεται σε τέσσερις τοπικές αγορές.

Τέλος, η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για την οριοθέτηση τοπικών αγορών με βάση την τιμή της σχετικής συχνότητας του κάθε ακινήτου ανέδειξε τέσσερις διαφορετικές διαμερίσεις της ενιαίας αγοράς ακινήτων της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας. Ωστόσο από τα στατιστικά κριτήρια που εφαρμοστήκαν ανέδειξαν ως το καταλληλότερο πλήθος των ομάδων τις εκατόν ογδόντα τοπικές αγορές. Επιπλέον, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα όρια των 180 γειτονιών που δημιουργούνται προσεγγίζουν σε πολύ καλό βαθμό με τις περιοχές που παρατηρείται αλλαγή του χωρικού προτύπου των τιμών των ακινήτων.

Abstract

The aim of this study is the analysis of the prices of real estate in the metropolitan area of Athens and the definition of submarkets in the real estate market under study. This aim is approached with the use of the theory of hedonic prices, spatial analysis methods and spatial econometrics.

In the first part of the dissertation, the general theory of hedonic prices is presented, which gives the theoretical background to study the way real estate prices are defined. In the real estate market, demand and, consequently, prices, do not behave homogeneously in every type of property, geographical area, or submarket. For this reason, I present the term of submarkets and the importance of their definition, for the estimation of hedonic models.

In the next part, there is an analytical presentation of methodological issues regarding the effect of the spatial structure, since the phenomenon studied in this dissertation is an economical one, evolving in space. The measurements of the prices and the property characteristics are defined in a particular spatial structure. The problem that we address is how to remove the effect of the spatial structure in order to examine the economic phenomenon of our interest, which is the real estate prices and the factors defining them. Therefore, we analyze the spatial effects that lead the systematic change of the prices and the real estate characteristics. Furthermore, spatial econometric models are discussed and their estimation methods are presented, with a special focus on spatial weight matrices, with which the spatial structure can be described. Last, in the context of the theoretical and methodological part of the dissertation, Cluster Analysis is presented, according to Silverman's approach, on which the algorithm that was used to define the submarkets in the study area was based.

The analysis is based on 32992 real estate from web classified ads, the collection of which was realized on September 2013. The spatial models used for the econometric analysis and the inclusion of spatial effects are the spatial autoregressive model (SAR), the spatial error model (SEM), the spatial general model (SAC) and the spatial Durbin model (SDM). 13 ways of spatial weight matrices construction are studied, based on distance and neighborhood. The 13 ways are applied on 4 models of spatial econometrics and 52 specializations are realized. The statistical criteria used for the control of the models and the comparison of the specializations are the model fit, the variance of the residuals, the log likelihood, the Akaike information criterion and Moran's test. According to the results, the SAC with 15-nearest real estate units is the most suitable hedonic model.

The SAC model was tested regarding its predictive accuracy and the first derivatives were calculated in order to measure the effect of each variable on the definition of the marginal implicit price. The results of the non-spatial OLS were used to define the specification of the hedonic prices model of the Athens real estate properties. Then we apply statistical tests for the normality of the disturbance term, for the model specification and for spatial effects, as well. Then, I compare the non-spatial OLS results, with those of SAC. The

comparison was done regarding the predictive accuracy, the values of the factors and the values of standard errors. According to the results, the predictions of SAC are more accurate than the OLS ones. Also, the MWTP differ significantly between the two models and in particular, OLS mainly overestimates the effects of the variables. It is important that the standard errors are significantly reduced in the spatial model. As a result, in the SAC model the confidence interval are smaller and this way there is higher accuracy in the estimation of the model factors.

As a conclusion, according to the findings of this dissertation, there are 11 factors that form the real estate prices and they contribute significantly to their spatial variation. These factors are: the size, the air-condition availability, the first, second, third, fourth and fifth or higher floor, the sea view, the age, being in the basement and the lack of a lift. Also, the results have shown that the most significant differences between prices that are estimated by the model and the prices in the ads, are found in the most expensive areas of Athens and also that the extreme estimation are noticed in real estate on the edge of the study area.

Regarding the model of spatial concentration of the predicted values, this is different in the study area, according to the results obtained by spatial interpolation, the Athens area is divided in 4 submarkets.

Finally, the methodology that was developed for the definitions of submarkets according to the value of relative frequency of the real estate gave 4 submarkets of the metropolitan Athens area. Though, the statistical criteria used have shown that the most suitable number of submarkets is 180. Furthermore, according to the results, the borders of the 180 neighborhoods, approach very well the areas where a difference of the spatial model is observed.

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Πινάκων.....	xiv
Ευρετήριο Διαγραμμάτων.....	xvii
Ευρετήριο Σχημάτων.....	xviii
Ευρετήριο Χαρτών.....	xx
Ευρετήριο Συντομογραφιών.....	xxiii
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Αντικείμενο και Στόχος της Διατριβής.....	1
1.2 Ερευνητικά Ερωτήματα.....	2
1.3 Συμβολή της Διατριβής.....	3
1.4 Δομή της Διατριβής.....	4
Κεφάλαιο 2 Θεωρητικό Πλαίσιο.....	9
2.1 Θεωρία των Ηδονικών Τιμών.....	10
2.1.1 Οικονομετρική Εξειδίκευση της Θεωρίας των Ηδονικών Τιμών.....	17
2.1.2 Μεταβλητές Εκτίμησης των Ηδονικών Τιμών των Ακινήτων.....	18
2.2 Τοπικές Αγορές Ακινήτων.....	21
2.2.1 Η Έννοια της Γειτονιάς και των Τοπικών Αγορών Ακινήτων.....	22
2.2.2 Γιατί είναι Αναγκαίος ο Καθορισμός των Τοπικών Αγορών.....	25
Κεφάλαιο 3 Επισκόπηση Βιβλιογραφίας.....	27
3.1 Ηδονικές Τιμές στην Αγορά Ακινήτων.....	28
3.2 Οικονομετρικά Ηδονικά Υποδείγματα Ακινήτων και Χωρικές Επιδράσεις.....	29
3.3 Ηδονικά Χωρικά Οικονομετρικά Υποδείγματα Ακινήτων.....	31
3.4 Άλλες Προσεγγίσεις Εκτίμησης των Ηδονικών Υποδειγμάτων Ακινήτων.....	33
3.5 Μέθοδοι Οριοθέτησης Τοπικών Αγορών.....	35
Κεφάλαιο 4 Μεθοδολογία.....	39
4.1 Χωρικές Επιδράσεις.....	40
4.1.1 Επιδράσεις Πρώτου Βαθμού– Χωρική Ετερογένεια.....	41
4.1.2 Επιδράσεις Δευτέρου Βαθμού– Χωρική Αυτοσυσχέτιση.....	42
4.2 Χωρικά Οικονομετρικά Υποδείγματα.....	46
4.2.1 Γενικό Χωρικό Υπόδειγμα.....	50
4.2.2 Υπόδειγμα Χωρικής Αυτοσυσχέτισης Πρώτου Βαθμού.....	51
4.2.3 Υπόδειγμα Χωρικής Υστέρησης.....	52
4.2.4 Υπόδειγμα Χωρικού Σφάλματος.....	56
4.2.5 Χωρικό Υπόδειγμα Durbin.....	58
4.3 Μέθοδοι Εκτίμησης: Κλασικές – Στοχαστικές Μέθοδοι.....	59

4.3.1 Μέθοδος Ελάχιστων Τετράγωνων και η Ακαταλληλότητά της στα Υποδείγματα της Χωρικής Οικονομετρίας	61
4.3.2 Μέθοδος Μέγιστης Πιθανοφάνειας.....	63
4.3.3 Μέθοδος Ροπών	66
4.4 Μήτρες Χωρικών Σταθμίσεων	68
4.4.1 Ορισμός της Μήτρας Χωρικών Σταθμίσεων.....	68
4.4.2 Τρόποι Κατασκευής της Μήτρας Χωρικών Σταθμίσεων.....	69
4.4.3 Τρόποι Επιλογής της Μήτρας Χωρικών Σταθμίσεων	78
4.5 Άλλες Μέθοδοι-Προσεγγίσεις.....	79
4.5.1 Μέθοδος Επέκτασης του Casseti	79
4.5.2 Γεωγραφικά Σταθμισμένη Παλινδρόμηση	80
4.5.3 Χωρική Ποσοσημοριακή Παλινδρόμηση	82
4.5.4 Υπόδειγμα των Φαινομενικά μη Συνδεδεμένων Παλινδρομήσεων.....	83
4.5.5 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα	84
4.5.6 Μέθοδος Kriging	86
4.6 Το Πρόβλημα της Ζωνοποίησης	87
4.6.1 Η Ιεραρχική Ανάλυση Συστάδων με βάση τον Silverman.....	90
4.6.2 Περιγραφή της Μεθοδολογίας που διατυπώνεται για την Οριοθέτηση Τοπικών Αγορών Ακινήτων	92
Κεφάλαιο 5 Δεδομένα.....	95
5.1 Πηγές Δεδομένων.....	96
5.2 Περιγραφή Βάσης Δεδομένων	97
5.3 Επεξεργασία Βάσης Δεδομένων	103
5.4 Κατασκευή Μεταβλητών και Παραδοχές	104
5.5 Χωρική Κατανομή του Δείγματος και Περιοχή Μελέτης.....	107
5.6 Διάρθρωση Δείγματος Ακινήτων ανά Χαρακτηριστικό	110
5.7 Διερευνητική Ανάλυση Δεδομένων	115
Κεφάλαιο 6 Αποτελέσματα	119
6.1 Εκτίμηση Υποδείγματος με τη Μέθοδο των Ελάχιστων Τετραγώνων	120
6.1.1 Εξειδίκευση Υποδείγματος.....	120
6.1.2 Έλεγχος Κανονικότητας του Διαταρακτικού Όρου	123
6.1.3 Έλεγχοι Ορθής Εξειδίκευσης	125
6.1.4 Έλεγχοι Χωρικών Επιδράσεων	127
6.2 Επιλογή Χωρικού Οικονομετρικού Υποδείγματος και της Μήτρας W	128
6.2.1 Περιγραφή της Μήτρας Χωρικών Σταθμίσεων	133
6.3 Αποτελέσματα Χωρικού Υποδείγματος SAC	136
6.4 Προγνωστική Ακρίβεια Υποδείγματος	142
6.5 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Χωρικού και μη Χωρικού Υποδείγματος	146

6.6 Απεικόνιση των Αποτελεσμάτων του Χωρικού Υποδείγματος	149
6.7 Οριοθέτηση Τοπικών Αγορών Ακινήτων.....	151
6.7.1 Οριοθέτηση Τοπικών Αγορών Ακινήτων με Βάση τη Μέθοδο της Χωρικής Παρεμβολής	151
6.7.2 Οριοθέτηση Τοπικών Αγορών Ακινήτων με Βάση την Εμπειρική Κατανομή και την Ιεραρχική Ανάλυση Συστάδων με Περιορισμό τη Γειτνίαση	156
Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα	171
Βιβλιογραφία.....	177
Παράρτημα Α	
Παράδειγμα Υπολογισμού Χωρό-χρονικής Μήτρας Σταθμίσεων	197
Παράρτημα Β	
Περιγραφή του AZP Αλγορίθμου του Openshaw	201
Παράρτημα Γ	
Κατηγοριοποίηση και Συμβολισμός Μεταβλητών.....	203
Παράρτημα Δ	
Χωρική Κατανομή Τύπου Στεγαστικών Ακινήτων και Στοιχεία για το Πλήθος κάθε Κατηγορίας.....	205
Παράρτημα Ε	
Κώδικας στην R για τον Υπολογισμό του Συντελεστή Moran I.....	207

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 5.1. Διάρθρωση δείγματος ακινήτων ανά χαρακτηριστικό	110
Πίνακας 6.1. Αποτελέσματα εκτίμησης με τη μέθοδο OLS (εξίσωση 6.2).....	121
Πίνακας 6.2. Στατιστικά μέτρα και ροπές διαταρακτικού όρου (εξίσωση 6.2)	124
Πίνακας 6.3. Αποτελέσματα κριτηρίου VIF (εξίσωση 6.2)	126
Πίνακας 6.4. Αποτελέσματα συντελεστή Moran I	127
Πίνακας 6.5. Αποτελέσματα κριτηρίων πολλαπλασιαστή Lagrange.....	129
Πίνακας 6.6. Σύνοψη βιβλιογραφίας σχετικής με την επιλογή χωρικού υποδείγματος και μήτρας W	130
Πίνακας 6.7. Σύγκριση χωρικών υποδειγμάτων και διαφορετικών εξειδικεύσεων της μήτρας W	132
Πίνακας 6.8. Περιγραφικά μέτρα της μήτρας χωρικών σταθμίσεων με βάση τα 15- πλησιέστερα ακίνητα	133
Πίνακας 6.9. Αποτελέσματα SAC υποδείγματος (εξίσωση 6.3).....	136
Πίνακας 6.10. Αποτελέσματα SAC υποδείγματος (εξίσωση 6.4).....	137
Πίνακας 6.11. Οριακή προθυμία πληρωμής για τις μεταβλητές της ηδονικής εξίσωσης των ακινήτων της Αθηνάς	142
Πίνακας 6.12. Δείκτες προγνωστικής ακρίβειας SAC και OLS υποδειγμάτων.....	144
Πίνακας 6.13. Ακίνητα με ακραίες αποκλίσεις μεταξύ ζητούμενης και εκτιμημένης τιμής	146
Πίνακας 6.14. Σύγκριση αποτελεσμάτων OLS και SAC υποδειγμάτων	147
Πίνακας 6.15. Σύγκριση MWTP των SAC και OLS υποδειγμάτων	148
Πίνακας 6.16. Πλήθος τοπικών αγορών και ακινήτων σε κάθε προτεινομένη διαμέριση της ενιαίας αγοράς κατοικίας	160
Πίνακας 6.17. Αποτελέσματα F- κριτηρίου Beale	166

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2.1. Ισορροπία του καταναλωτή στην αγορά διαφοροποιημένων αγαθών	13
Διάγραμμα 2.2. Ισορροπία του παραγωγού στην αγορά διαφοροποιημένων αγαθών.....	14
Διάγραμμα 2.3. Κατάσταση ισορροπίας στην αγορά διαφοροποιημένων αγαθών	16
Διάγραμμα 5.1. Κατανομή πιθανότητας της τιμής ανά τετραγωνικό των ακινήτων του δείγματος	112
Διάγραμμα 5.2. Κατανομή πιθανότητας της επιφάνειας των ακινήτων του δείγματος ..	113
Διάγραμμα 5.3. Κατανομή πιθανότητας της ηλικίας των ακινήτων του δείγματος	114
Διάγραμμα 6.1. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του διαταρακτικού όρου.....	124
Διάγραμμα 6.2. Κατανομή ακινήτων του δείγματος ανά αριθμό γειτονικών ακινήτων	134
Διάγραμμα 6.3. Kernel density δείγματος ακινήτων (gaussian, $h=0.4$).....	157

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 4.1. Διασύνδεση των διαφορετικών χωρικών υποδειγμάτων	49
Σχήμα 4.2. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείγματος SAC.....	51
Σχήμα 4.3. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείγματος FAR.....	52
Σχήμα 4.4. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείγματος SAR.....	53
Σχήμα 4.5. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείγματος SEM	57
Σχήμα 4.6. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείγματος SDM.....	59
Σχήμα 4.6. Μαθηματική απεικόνιση της μήτρας W	69
Σχήμα 4.7. Rook γειτνίαση.....	71
Σχήμα 4.8. Bishop γειτνίαση.....	72
Σχήμα 4.9. Queen γειτνίαση.....	72
Σχήμα 4.10. Γειτνίαση με βάση τους κ-πλησιέστερους γείτονες.....	73
Σχήμα 4.11. Γειτνίαση με βάση την αντίστροφη απόσταση	73
Σχήμα 4.12. Γειτνίαση με βάση τη σταθερή απόσταση	74
Σχήμα 4.13. Γειτνίαση με βάση την τριγωνοποίηση Delaunay.....	74
Σχήμα 4.14. MLP δίκτυο με αρχιτεκτονική 9-5-1.....	85
Σχήμα 4.16 Ανάλυση συστάδων με βάση την εμπειρική κατανομή των δεδομένων.....	90
Σχήμα 5.1 Χωρική πυκνότητα δείγματος ακινήτων στην υπό μελέτη περιοχή	109
Σχήμα 6.1. Διαδικασία επιλογής μεταξύ SAR και SEM υποδείγματος με τη χρήση των κριτηρίων LM	128
Σχήμα 6.2. Συνδέσεις κάθε ακινήτου με τα γειτονικά του	135

Ευρετήριο Χαρτών

Χάρτης 5.1. Χωρική κατανομή ακινήτων του δείγματος στην περιφέρεια Αττικής.....	107
Χάρτης 5.2. Χωρική κατανομή ακινήτων του δείγματος στην υπό μελέτη περιοχή.....	108
Χάρτης 5.3. Χωρική κατανομή της ηλικίας των ακινήτων	115
Χάρτης 5.4. Χωρική κατανομή της διαθεσιμότητας του χώρου στάθμευσης.....	116
Χάρτης 5.5. Χωρική κατανομή της ύπαρξης αυτόνομης θέρμανσης.....	117
Χάρτης 6.1. Χωροθέτηση ακινήτων με ακραίες τιμές εκτίμησης.....	145
Χάρτης 6.2. Αποτελέσματα SAC υποδείγματος	150
Χάρτης 6.3. Χωρική παρεμβολή των εκτιμημένων τιμών με βάση τη μέθοδο IDW	152
Χάρτης 6.4. Τοπική αγορά 1 και 2 με βάση τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW	153
Χάρτης 6.5. Τοπική αγορά 3 με βάση τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW	153
Χάρτης 6.6. Τοπική αγορά 4 με βάση τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW	154
Χάρτης 6.7. Πολύγωνα Νομοί – τοπικές αγορές επίπεδο 0	158
Χάρτης 6.8. Ακίνητα σε κάθε επίπεδο ιεραρχίας – σε κάθε προτεινόμενη διαμέριση της αγοράς κατοικίας της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας.....	161
Χάρτης 6.9. Τοπικές αγορές επίπεδο 1.....	162
Χάρτης 6.10. Τοπικές αγορές επίπεδο 2.....	162
Χάρτης 6.11. Τοπικές αγορές επίπεδο 3.....	162
Χάρτης 6.12. Τοπικές αγορές επίπεδο 4.....	162
Χάρτης 6.13. Όρια των 180 τοπικών αγορών και χωρική παρεμβολή των εκτιμημένων τιμών	167
Χάρτης 6.14. Όρια των 180 τοπικών αγορών και διοικητικά όρια των δήμων της υπομελέτη περιοχής.....	168
Χάρτης 6.15. Δήμοι Παλαιού Φαλήρου και Νεα Σμύρνης και όρια τοπικών αγορών ...	169

Ευρετήριο Συντομογραφιών

Οι παρακάτω επεξηγήσεις παρατίθενται για λόγους σαφήνειας καθώς και για τη διευκόλυνση του αναγνώστη που δεν είναι εξοικειωμένος με τις συντομογραφίες και τους ειδικούς όρους που χρησιμοποιούνται στη διδακτορική διατριβή.

AIC	Akaike information criterion	Κριτήριο πληροφοριών του Akaike
ANN	Artificial neural network	Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα
BIC	Bayesian information criterion	Μπεϋεσιανό κριτήριο πληροφοριών
BLUE	Best linear unbiased estimator	Άριστος γραμμικός αμερόληπτος εκτιμητής
CAMA	Computer assisted mass appraisal	Αυτοματοποιημένες μέθοδοι εκτίμησης ακινήτων
CBD	Central business district	Κεντρική επιχειρηματική περιοχή μιας πόλης
CN	Condition number	Δείκτης καταστάσεως
DGP	Data generating processes	Γενεσιουργός διαδικασία δημιουργίας των παρατηρήσεων
FAR	First order spatial autoregressive model	Χωρικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτης τάξης
FGLS	Feasible generalized least squares method	Μέθοδος των εφικτών γενικευμένων ελαχίστων τετράγωνων
GIS	Geographic information systems	Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών
GLS	Generalized least squares method	Γενικευμένη μέθοδος ελαχίστων τετράγωνων
GNS	General nesting spatial model	Γενικό αλληλοκαληπτόμενο χωρικό υπόδειγμα
GWR	Geographically weighted regression	Γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση
i.i.d	Independent and identically distributed random variables	Ανεξάρτητες μεταβλητές με την ίδια κατανομή

IDW	Inverse distance weighting	Μέθοδος της αντίστροφης σταθμισμένης απόστασης
IV	Instrumental variables method	Μέθοδος των βοηθητικών μεταβλητών
JB	Jarque-Bera statistic	Στατιστική Jarque-Bera
KS	Kolmogorov–Smirnov test	Κριτήριο Kolmogorov–Smirnov
LISA	Local indicators of spatial association	Τοπικοί δείκτες χωρικού συσχετισμού
LM	Lagrange multiplier tests	Κριτήρια του πολλαπλασιαστή Lagrange
log-lik	Log likelihood	Λογαριθμοποιημένη πιθανοφάνεια
MAUP	Modifiable areal unit problem	Πρόβλημα των μεταβαλλόμενων χωρικών μονάδων
MIP	Marginal implicit price	Η τιμή που είναι πρόθυμος να καταβάλει ο αγοραστής για μια επιπλέον μονάδα
ML	Maximum likelihood	Μέγιστη πιθανοφάνεια
MLR	Multiple linear regression model	Υπόδειγμα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης
MOM	Method of moments	Μέθοδος των ροπών
MWTP	Marginal willingness to pay	Οριακή τιμή που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο αγοραστής για την απόκτηση της ποσότητας ενός χαρακτηριστικού
OLS	Ordinary least square method	Μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων
p.d.f	Probability density function	Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας
PCA	Principal component analysis	Ανάλυση κύριων συνιστωσών
QR	Quantile regression	Ποσοσημοριακή παλινδρόμηση
SAC	General spatial autoregressive model	Γενικό χωρικό αυτοπαλινδρόμο υπόδειγμα
SAR	Spatial lag model	Υπόδειγμα χωρικής υστέρησης

SDEM	Spatial Durbin error model	Χωρικό υπόδειγμα σφάλματος Durbin
SDM	Spatial Durbin model	Χωρικό υπόδειγμα Durbin
SEM	Spatial error model	Υπόδειγμα χωρικού σφάλματος
SLX	Spatial lag of X	Υπόδειγμα χωρικής υστέρησης των X
SOM	Self organizing maps-	Αυτόοργανώμενοι χάρτες
SSE	Sum of squared errors	Άθροισμα των τετράγωνων των σφαλμάτων
VIF	Variance inflation factor	Συντελεστής διόγκωσης της διακύμανσης
W	Spatial weight matrix	Μήτρα χωρικών σταθμίσεων

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και Στόχος της Διατριβής

Αντικείμενο της διδακτορικής διατριβής αποτελεί η χωρική οικονομετρική ανάλυση των αξιών των στεγαστικών ακινήτων του Λεκανοπέδιου Αττικής και η οριοθέτηση τοπικών αγορών στην υπομελέτη αγορά κατοικίας.

Κύριος στόχος της διατριβής είναι να αναπτύξει τη μεθοδολογία για τη μελέτη των τιμών των ακινήτων μέσω των μεθόδων της χωρικής ανάλυσης και των μεθόδων της χωρικής οικονομετρίας. Η μεθοδολογία που διατυπώνεται βασίζεται στη θεωρία των ηδονικών τιμών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ποιοτικών προσαρμοσμένων δεικτών ακινήτων, για αυτοματοποιημένες μαζικές επανεκτιμήσεις, για να εξηγηθούν οι διαφοροποιήσεις των τιμών των κατοικιών στο χώρο και για να προσδιοριστούν οι παράγοντες που επιδρούν και διαμορφώνουν τις τιμές των ακινήτων. Επιπλέον, αναπτύσσεται και παρουσιάζεται μια τεχνική για την οριοθέτηση τοπικών αγορών στις αγορές κατοικίας. Η τεχνική αυτή εντάσσεται στο γεωγραφικό πρόβλημα της ζωνοποίησης που αφορά πολλούς τομείς, όπως για παράδειγμα τον καθορισμό ζωνών κλίματος, την επιδημιολογική ανάλυση, τον καθορισμό εκλογικών περιοχών κ.ά. Τα προβλήματα στα οποία αναφέρεται ενδέχεται να διαφέρουν ως προς τους τύπους των δεδομένων (αριθμητικά ή κατηγορηματικά δεδομένα) καθώς και ως προς τους περιορισμούς που επιβάλλονται (π.χ. ελάχιστο πληθυσμό μέσα στις ζώνες). Ωστόσο, το κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι αφορούν τη διαδικασία ομαδοποίησης ενός μεγάλου αριθμού χωρικών αντικειμένων (ακίνητα στην παρούσα εφαρμογή) σε ένα μικρότερο υποσύνολο αυτών, τα οποία είναι εσωτερικά ομοιογενή (δηλαδή η διακύμανση των τιμών εντός των ομάδων είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη από τη διακύμανση μεταξύ των ομάδων) και καταλαμβάνουν γειτονικές περιοχές στο χώρο. Συνεπώς η τεχνική που αναπτύσσεται μπορεί να έχει εφαρμογή σε μια σειρά προβλημάτων σαν αυτών που αναφέρθηκαν παραπάνω.

1.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Κύριο ερευνητικό ερώτημα της διδακτορικής διατριβής αποτελεί η επιλογή του κατάλληλου χωρικού οικονομετρικού υποδείγματος για τη διερεύνηση των τιμών των στεγαστικών ακινήτων. Έτσι η διδακτορική διατριβή διερευνά ποιο από τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας είναι το καταλληλότερο και αναπτύσσει τα κριτήρια επιλογής του. Για να απαντηθεί το ερώτημα αυτό ήταν απαραίτητη η εξέταση των θεωρητικών, μεθοδολογικών και εμπειρικών ζητημάτων που σχετίζονται με τη θεωρία των ηδονικών τιμών, των μεθοδολογιών της χωρικής ανάλυσης, της χωρικής οικονομετρίας καθώς και η επισκόπηση των εμπειρικών εφαρμογών που απαντώνται στην αρθρογραφία και σχετίζονται με τα θέματα που εξετάζονται στη διατριβή.

Πέρα όμως από το παραπάνω ερευνητικό ερώτημα καθορίστηκαν και μελετήθηκαν μια σειρά από *επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα*. Τα επιμέρους αυτά ερευνητικά ερωτήματα αρχικά αφορούσαν την περιγραφική διερευνητική ανάλυση των δεδομένων και στη συνέχεια αφενός τα οικονομετρικά μεθοδολογικά ζητήματα και αφετέρου την αγορά ακινήτων της Αθήνας. Αναλυτικότερα, τα επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν και απαντήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι τα εξής:

- Ποια είναι η χωρική κατανομή και ποια η χωρική πυκνότητα του δείγματος των ακινήτων στην υπό μελέτη περιοχή; Παρουσιάζονται χωρικές ασυνέχειες στον αστικό ιστό και σε ποιες περιοχές; Υπάρχουν περιοχές όπου η προσφορά στεγαστικών ακινήτων παρουσιάζει υψηλή συγκέντρωση;
- Ποια είναι η διάρθρωση του δείγματος των ακινήτων ανά χαρακτηριστικό;
- Παρουσιάζουν χωρικές συγκεντρώσεις τα χαρακτηριστικά των ακινήτων στην υπομελέτη περιοχή;
- Ποια είναι η εξειδίκευση του υποδείγματος των ηδονικών τιμών των στεγαστικών ακινήτων της Αθήνας; Ποιες είναι δηλαδή οι μεταβλητές που θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο υπόδειγμα και ποια είναι η συναρτησιακή μορφή (μαθηματική διατύπωση) του υποδείγματος;
- Ποια είναι τα κριτήρια επιλογής και διατύπωσης της κατάλληλης οικονομετρικής εξειδίκευσης;
- Υπάρχουν χωρικές επιδράσεις; Οι τιμές του οικονομικού φαινομένου που εξετάζεται εμφανίζουν συστηματική διαφοροποίηση στο χώρο και κατ' επέκταση θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση των τιμών των διαμερισμάτων της Αθήνας τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας;
- Ποια είναι τα κριτήρια επιλογής χωρικού οικονομετρικού υποδείγματος; Και συνακολούθως ποιο χωρικό υπόδειγμα πρέπει να χρησιμοποιηθεί;
- Ποια είναι η μαθηματική απεικόνιση του χώρου και συνακολούθως ποιος τρόπος υπολογισμού της μήτρας χωρικών σταθμίσεων που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί;

- Κατά πόσο τα αποτελέσματα των χωρικών υποδειγμάτων είναι ευαίσθητα στις εξειδικεύσεις της μήτρας χωρικών σταθμίσεων;
- Ποια είναι η προγνωστική ακρίβεια του υποδείγματος; Παρατηρείται στις ακραίες εκτιμήσεις κάποιο χωρικό πρότυπο;
- Ποια είναι η επίδραση της κάθε μεταβλητής στη διαμόρφωση της τιμής του ακινήτου; Με άλλα λόγια, ποια είναι η οριακή τιμή που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο αγοραστής για την απόκτηση μιας επιπλέον μονάδας του χαρακτηριστικού που περιγράφει η μεταβλητή;
- Η κλασική παλινδρόμηση δίνει ψευδή (spurious) αποτελέσματα ή όχι; Σε τι βαθμό διαφέρουν τα αποτελέσματα μεταξύ των κλασικών οικονομετρικών υποδειγμάτων και των χωρικών υποδειγμάτων; Αναλυτικότερα μελετήθηκαν οι διαφορές ως προς τους συντελεστές, τα τυπικά σφάλματα, τα οικονομετρικά μετρά αξιολόγησης των υποδειγμάτων, την προγνωστική ακρίβεια των υποδειγμάτων και τέλος διερευνήθηκε ο βαθμός που υποεκτιμούνται ή υπερεκτιμούνται οι τιμές που είναι πρόθυμος να καταβάλει ο αγοραστής για μια επιπλέον μονάδα (marginal implicit price-MIP) του χαρακτηριστικού που περιγράφει η μεταβλητή στο οικονομετρικό υπόδειγμα.
- Ποιες είναι οι χωρικές συγκεντρώσεις των εκτιμημένων τιμών στους δήμους της Αττικής; Υπάρχουν περιοχές στις οποίες οι τιμές των ακινήτων χαρακτηρίζονται ως υψηλές και περιοχές στις οποίες οι τιμές χαρακτηρίζονται ως χαμηλές αντίστοιχα;
- Ποιες είναι οι τοπικές αγορές στεγαστικών ακινήτων της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας με βάση τη μέθοδο της χωρικής παρεμβολής και ποιες με βάση τον αλγόριθμο που καταστρώθηκε;

1.3 Συμβολή της Διατριβής

Με την παρούσα διατριβή επιχειρείται η διατύπωση ενός μεθοδολογικού πλαισίου επανεκτίμησης στεγαστικών ακινήτων, προσδιορισμού των παραγόντων που διαμορφώνουν την αξία τους και οριοθέτηση των τοπικών αγορών κατοικίας στην υπομελέτη περιοχή. Τα σημεία συμβολής της διατριβής είναι τα εξής:

- I. Χρήση των υποδειγμάτων της χωρικής οικονομετρίας για την κατασκευή κατάλληλων υποδειγμάτων που μπορούν να περιγράψουν τα χαρακτηριστικά των τιμών των ακινήτων της Ελληνικής κτηματαγοράς.
- II. Διατύπωση κριτηρίων επιλογής εναλλακτικών χωρικών υποδειγμάτων που αριστοποιούν εξωγενείς οικονομικούς περιορισμούς σε εναλλακτικές απεικονίσεις του χώρου.

- III. Προσδιορισμός και αξιολόγηση των παραγόντων που διαμορφώνουν τις αξίες των ακινήτων στην αγορά κατοικίας της Αθήνας.
- IV. Προσδιορισμός τοπικών αγορών στην υπό μελέτη αγορά κατοικίας.

Εκτιμάται ότι η επίτευξη των στόχων της διατριβής:

- Συνεισφέρει στην ολοκληρωμένη διαχείριση του χαρτοφυλακίου ακινήτων, λαμβάνοντας υπόψη τις επιδράσεις του παράγοντα χώρου.
- Συμβάλει στην ολοκληρωμένη οικονομετρική ανάλυση, στην εμβάθυνση και πληρέστερη κατανόηση των εφαρμογών και της συμβολής της χωρικής οικονομετρίας στη μελέτη των οικονομικών φαινομένων.
- Επισημαίνει τα προβλήματα και τους περιορισμούς των χωρικών υποδειγμάτων στην εκτίμηση των στεγαστικών ακινήτων.
- Αναδεικνύει τους παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση των τιμών των στεγαστικών ακινήτων της Αθήνας.
- Προτείνει μια μεθοδολογία διαμέρισης της αγοράς ακινήτων, προσδιορισμού δηλαδή των επιμέρους αγορών της, δίνοντας παράλληλα την δυνατότητα μελλοντικά η αγορά των ακινήτων της Αθήνας να μελετηθεί στις επιμέρους αγορές της.

1.4 Δομή της Διατριβής

Σε συνέπεια με τα παραπάνω, η διάρθρωση της διδακτορικής διατριβής είναι η εξής:

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάστηκε το αντικείμενο, ο σκοπός, τα ερευνητικά ερωτήματα και η διάρθρωση της διατριβής.

Στο κεφάλαιο δυο, παρουσιάζεται η γενική θεωρία των ηδονικών τιμών, η οποία αποτελεί το θεωρητικό πλαίσιο για να μελετηθεί ο τρόπος που διαμορφώνονται οι αξίες των ακινήτων. Στο πλαίσιο της προσέγγισης αυτής κάθε κατοικία θεωρείται ως ένα σύνολο συγκεκριμένων και διακριτών χαρακτηριστικών. Το σύνολο των συγκεκριμένων, διακριτών αλλά συνδεδεμένων μεταξύ τους χαρακτηριστικών, διαμορφώνουν την τελική της αξία. Η αξία της κατοικίας είναι η απεικόνιση των χαρακτηριστικών της, στις αγοραίες τιμές και εκτιμάται παλινδρομώντας την τιμή στα χαρακτηριστικά. Έτσι, η θεώρηση αυτή επιτρέπει τη χρήση των οικονομετρικών υποδειγμάτων. Για το σκοπό αυτό, στη συνέχεια, αναλύεται η οικονομετρική εξειδίκευση της θεωρίας των ηδονικών τιμών και ακολουθεί, η παρουσίαση των χαρακτηριστικών των ακινήτων τα οποία αποτελούν και τις ανεξάρτητες μεταβλητές των οικονομετρικών υποδειγμάτων. Ωστόσο, για τις μεταβλητές που συνθέτουν τα ηδονικά υποδείγματα ακινήτων και τη συναρτησιακή τους μορφή δεν υπάρχει μια αυστηρή

θεωρητική βάση. Η εξειδίκευσή τους στηρίζεται σε μια γενική κατηγοριοποίηση και στην εμπειρική ανάλυση των ηδονικών υποδειγμάτων ακινήτων που απαντώνται στη βιβλιογραφία. Επιπλέον, στην αγορά ακινήτων η ζήτηση και κατά ακολουθία οι τιμές δεν κινούνται ομοιόμορφα σε όλους τους τύπους ακινήτων και σε όλες τις γεωγραφικές διαμερίσεις και τοπικές αγορές της αγοράς. Για το λόγο αυτό, στη δεύτερη ενότητα, παρουσιάζεται η έννοια της γειτονιάς και των τοπικών αγορών και τέλος παρουσιάζεται η σημασία της οριοθέτησης των τοπικών αγορών στην εκτίμηση των ηδονικών υποδειγμάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τα ζητήματα που εξετάζονται στην παρούσα διατριβή. Η μελέτη των τιμών των ακινήτων γίνεται στο πλαίσιο της θεωρίας των ηδονικών τιμών. Έτσι, στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται οι εργασίες που σχετίζονται με τη χρήση της θεωρίας των ηδονικών τιμών στην αγορά ακινήτων. Ωστόσο, έχουμε ένα οικονομικό φαινόμενο που εξελίσσεται στο χώρο και επηρεάζεται από αυτόν. Η επίδραση του χώρου μετράται/εκφράζεται από τη χωρική εξάρτηση και τη χωρική αυτοσυσχέτιση. Με άλλα λόγια, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχουμε μια συστηματική διαφοροποίηση των τιμών των ακινήτων στο χώρο. Έτσι, στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται έρευνες που αναλύουν τα προβλήματα που δημιουργούν οι χωρικές επιδράσεις στην εκτίμηση των ηδονικών τιμών των ακινήτων και καθιστούν απαραίτητη τη χρήση των υποδειγμάτων της χωρικής οικονομετρίας. Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται κάποια από τα σημαντικότερα άρθρα σε σχέση με τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας και την εκτίμηση των τιμών των ακινήτων. Ωστόσο, για την αντιμετώπιση των χωρικών επιδράσεων, πέρα από τις τεχνικές των χωρικών υποδειγμάτων χρησιμοποιούνται και άλλες μέθοδοι. Για το λόγο αυτό, στην τέταρτη ενότητα παρουσιάζονται έρευνες που χρησιμοποιούν για την ανάλυση της αγοράς ακινήτων: τη μέθοδο επέκτασης του Casetti, τη γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση, την Ποσοσημοριακή παλινδρόμηση, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και τις τεχνικές της γεωστατιστικής. Τέλος, στην πέμπτη ενότητα παρουσιάζονται οι μέθοδοι οριοθέτησης των τοπικών αγορών ακινήτων που απαντώνται στην αρθρογραφία.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται μια συνοπτική επισκόπηση των μεθοδολογικών ζητημάτων που σχετίζονται με την επίδραση της δομής του χώρου. Το φαινόμενο που μελετάται στην διατριβή είναι ένα οικονομικό φαινόμενο που εξελίσσεται στο χώρο. Οι μετρήσεις για τις τιμές και για τα χαρακτηριστικά των ακινήτων, λαμβάνονται μέσα από μια συγκεκριμένη δομή του χώρου. Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε είναι το πώς θα βγάλουμε την επίδραση της δομής του χώρου έτσι ώστε να μελετήσουμε το οικονομικό φαινόμενο που μας ενδιαφέρει, δηλαδή τις αξίες των ακινήτων και τους παράγοντες που τις διαμορφώνουν. Το κεφάλαιο ξεκινάει από τις χωρικές επιδράσεις στις οποίες οφείλεται η συστηματική μεταβολή των τιμών και των χαρακτηριστικών των ακινήτων στο χώρο. Στην ίδια ενότητα παρουσιάζονται τα χωρικά στατιστικά μέτρα που χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση των επιδράσεων αυτών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας και ακολουθεί η παρουσίαση των μεθόδων εκτίμησής τους. Επίσης, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις μήτρες χωρικών σταθμίσεων με τις οποίες περιγράφεται η δομή του χώρου. Ακολουθεί η παρουσίαση των μη οικονομετρικών προσεγγίσεων που

χρησιμοποιούνται στην ανάλυση των τιμών των ακινήτων. Στην τελευταία ενότητα του κεφαλαίου παρουσιάζεται η τεχνική της ανάλυσης συστάδων, και η προσέγγιση που διατυπώθηκε από τον Silverman γι' αυτήν. Το κεφάλαιο κλείνει με την παρουσίαση του αλγορίθμου που βασίζεται στην ανάλυση συστάδων του Silverman και χρησιμοποιήθηκε για την οριοθέτηση των τοπικών αγορών ακινήτων.

Το πέμπτο κεφάλαιο είναι αυτό των δεδομένων, όπου παρουσιάζεται η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για τη χωρική οικονομετρική ανάλυση της αξίας των ακινήτων της Αθήνας και για την οριοθέτηση τοπικών αγορών σε αυτήν. Η διαθεσιμότητα των στοιχείων για τις αξίες των στεγαστικών και των εμπορικών ακινήτων, καθώς και για τις πληροφορίες που αφορούν τα χαρακτηριστικά τους και τη θέση τους στο χώρο είναι ιδιαίτερα περιορισμένη στην Ελλάδα. Έτσι, στην πρώτη ενότητα συζητούνται τα προβλήματα της διαθεσιμότητας των στοιχείων καθώς και οι πηγές δεδομένων που υπάρχουν. Στο πλαίσιο της διατριβής, η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε προέρχεται από διαδικτυακές αγγελίες, στη δεύτερη ενότητα, γίνεται εκτενής περιγραφή της βάσης. Στην τρίτη ενότητα παρατίθεται αναλυτικά η διαδικασία της επεξεργασία που έγινε σε αυτή. Για την εφαρμογή των χωρικών ηδονικών υποδειγμάτων είναι απαραίτητη η διαθεσιμότητα ποιοτικών και ποσοτικών μεταβλητών, για το λόγο αυτό, στην τέταρτη ενότητα περιγράφεται ο τρόπος κατασκευής των ποιοτικών και ποσοτικών μεταβλητών και οι παραδοχές που έγιναν. Στην πέμπτη και έκτη ενότητα παρουσιάζονται τα περιγραφικά μέτρα των μεταβλητών και η υπό μελέτη περιοχή στην οποία γίνεται η εμπειρική εφαρμογή. Τέλος, στην έβδομη ενότητα γίνεται διερευνητική ανάλυση των δεδομένων. Αναλυτικότερα, κατασκευάστηκαν χάρτες στιγμών (dot map), οι οποίοι αναδεικνύουν τις χωρικές συγκεντρώσεις κάποιων εκ των βασικών χαρακτηριστικών των στεγαστικών ακινήτων.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των οικονομετρικών μεθόδων στα 11343 διαμερίσματα της βάσης δεδομένων καθώς και η οριοθέτηση των τοπικών αγορών κατοικίας της Αθήνας. Αναλυτικότερα, στην πρώτη ενότητα, διενεργείται η εκτίμηση του υποδείγματος με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων, προκειμένου να προσδιοριστεί η εξειδίκευση του ηδονικού υποδείγματος ακινήτων της Αθήνας και να διεξαχθούν: έλεγχος κανονικότητας του διαταρακτικού όρου, οι έλεγχοι ορθής εξειδίκευσης και οι έλεγχοι χωρικών επιδράσεων. Επόμενο στάδιο της ανάλυσης, το οποίο διενεργείται στη δεύτερη ενότητα, αποτέλεσε η επιλογή του κατάλληλου χωρικού οικονομετρικού υποδείγματος και η επιλογή και παρουσίαση της μήτρας χωρικών σταθμίσεων που χρησιμοποιήθηκε. Στην τρίτη ενότητα, γίνεται η εκτίμηση και οι οικονομετρικοί έλεγχοι του γενικού χωρικού υποδείγματος, το οποίο ήταν το καταλληλότερο χωρικό υπόδειγμα με βάση τη συγκριτική ανάλυση που διεξήχθη στην προηγούμενη ενότητα, και υπολογίζονται οι οριακές τιμές που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο αγοραστής για την απόκτηση της συγκεκριμένης ποσότητας κάθε χαρακτηριστικού της ηδονικής εξίσωσης. Στην τέταρτη ενότητα διενεργούνται οι προγνωστικοί έλεγχοι ακρίβειας του υποδείγματος. Στην πέμπτη ενότητα διεξάγεται η σύγκριση μεταξύ του χωρικού και του μη χωρικού υποδείγματος. Στην έκτη ενότητα, γίνεται χωρική απεικόνιση των εκτιμηθέντων τιμών στην περιοχή μελέτης. Τέλος, στην έβδομη

ενότητα παρουσιάζονται οι τοπικές αγορές κατοικίας της Αθήνας. Συγκεκριμένα, στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της χωρικής παρεμβολής των εκτιμημένων τιμών του γενικού χωρικού υποδείγματος και στη δεύτερη υποενότητα τα αποτελέσματα του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε, βασιζόμενος στην εμπειρική κατανομή των εκτιμηθέντων τιμών του δείγματος και την ιεραρχική ανάλυση συστάδων με περιορισμό τη γειννίαση.

Στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα γενικά συμπεράσματα της διατριβής και σκιαγραφούνται οι προοπτικές για περαιτέρω έρευνα.

Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό Πλαίσιο

Η οικονομική θεωρία για να μελετηθεί ο τρόπος που διαμορφώνονται οι αξίες των ακινήτων είναι η θεωρία των ηδονικών τιμών. Για το λόγο αυτό, στην πρώτη ενότητα του κεφαλαίου, παρουσιάζεται η γενική θεωρία των ηδονικών τιμών. Στο πλαίσιο της προσέγγισης αυτής κάθε κατοικία θεωρείται ως ένα σύνολο συγκεκριμένων και διακριτών χαρακτηριστικών. Το σύνολο των συγκεκριμένων, διακριτών αλλά συνδεδεμένων μεταξύ τους χαρακτηριστικών, διαμορφώνουν την τελική της αξία. Η αξία της κατοικίας είναι η απεικόνιση των χαρακτηριστικών της, στις αγοραίες τιμές και εκτιμάται παλινδρομώντας την τιμή στα χαρακτηριστικά. Έτσι, η θεώρηση αυτή επιτρέπει τη χρήση των οικονομετρικών υποδειγμάτων. Για το σκοπό αυτό, στη συνέχεια, αναλύεται η οικονομετρική εξειδίκευση της θεωρίας των ηδονικών τιμών και ακολουθεί, η παρουσίαση των χαρακτηριστικών των ακινήτων τα οποία αποτελούν και τις ανεξάρτητες μεταβλητές των οικονομετρικών υποδειγμάτων. Ωστόσο, για τις μεταβλητές και τη συναρτησιακή μορφή που συνθέτουν τα ηδονικά υποδείγματα ακινήτων δεν υπάρχει μια αυστηρή θεωρητική βάση. Η εξειδίκευσή τους στηρίζεται σε μια γενική κατηγοριοποίηση και στην εμπειρική ανάλυση των ηδονικών υποδειγμάτων ακινήτων που απαντώνται στη βιβλιογραφία. Επιπλέον, στην αγορά ακινήτων η ζήτηση και κατά ακολουθία οι τιμές δεν κινούνται ομοιόμορφα σε όλους τους τύπους ακινήτων και σε όλες τις γεωγραφικές διαμερίσεις και τοπικές αγορές της αγοράς. Για το λόγο αυτό, στη δεύτερη ενότητα, παρουσιάζεται η έννοια της γειτονιάς και των τοπικών αγορών και τέλος παρουσιάζεται η σημασία της οριοθέτησης των τοπικών αγορών στην εκτίμηση των ηδονικών υποδειγμάτων.

2.1 Θεωρία των Ηδονικών Τιμών

Η θεωρία των ηδονικών τιμών αφορά την αγορά διαφοροποιημένων προϊόντων, βασίζεται δηλαδή στην ετερογένεια των αγαθών και περιγράφει τον τρόπο τιμολόγησης τους. Συνεπώς, βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της είναι το αγαθό να μην είναι ομοιογενές, να αποτελείται δηλαδή από κάποια επιμέρους χαρακτηριστικά. Ο Waugh (1928) είναι ο πρώτος που αναφέρεται σε αυτά τα επιμέρους χαρακτηριστικά μέσω της έννοιας της «ποιότητας» των χαρακτηριστικών ενός αγαθού. Πιο συγκεκριμένα, υποστήριξε ότι το προϊόν έχει κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν την τιμή του. Η εισαγωγή του όρου «ηδονικές τιμές» έγινε περίπου μια δεκαετία αργότερα από τον Court (1939). Ωστόσο, οι ηδονικές προσεγγίσεις άρχισαν να χρησιμοποιούνται εκτενέστερα μετά από τις εργασίες του Griliches (1961, 1971) (για περαιτέρω ανάλυση βλέπε Schultze και Mackie, 2002 και Triplett, 2004). Η θεωρητική θεμελίωσή τους συνδέθηκε με το άρθρο «*Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition*» του Rosen (1974), ο οποίος βασίστηκε στη θεωρία του καταναλωτή για ετερογενή αγαθά που είχε αναπτυχθεί από τον Lancaster το 1966.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, βασική υπόθεση της θεωρίας των ηδονικών τιμών είναι ότι το αγαθό που εξετάζεται διαθέτει κάποια χαρακτηριστικά, που συνδυάζονται και σχηματίζουν «δέσμες» χαρακτηριστικών (Rosen, 1974). Από τις δέσμες αυτές, αντλούν χρησιμότητα οι καταναλωτές και με βάση τη χρησιμότητα αυτή, διαμορφώνονται οι τιμές των χαρακτηριστικών του αγαθού και κατ' επέκταση και η τελική τιμή του. Οι Lancaster και Rosen, επιχειρούν μέσα από τις προσεγγίσεις που ανέπτυξαν να εκτιμήσουν τις τιμές των χαρακτηριστικών κάθε αγαθού βασιζόμενοι στη σχέση μεταξύ των τιμών που παρατηρήθηκαν στην αγορά αυτών των προϊόντων και τον αριθμό (ή την ποσότητα) των χαρακτηριστικών που σχετίζονται με αυτά τα προϊόντα. Οι Ridker και Henning (1968) ήταν οι πρώτοι που εφάρμοσαν την προσέγγιση των ηδονικών τιμών στην αγορά ακινήτων. Ωστόσο στη μελέτη του Freeman (1979) γίνεται η πρώτη θεωρητική αιτιολόγηση για την εφαρμογή αυτής της τεχνικής στην αγορά κατοικίας.

Όσον αφορά τώρα τη βασική αρχή στην οποία στηρίζεται η εφαρμογή των ηδονικών υποδειγμάτων, την ετερογένεια των τιμών των αγαθών, αυτή η ανομοιομορφία προκαλείται από την ποιότητα του τελικού προϊόντος και από το σύνολο των χαρακτηριστικών που το περιγράφουν (Sheppard, 1999). Στη βασική προσέγγισή τους, τα ηδονικά υποδείγματα, υιοθετούν τη λογική ότι η τελική τιμή του προϊόντος διαφοροποιείται τόσο χωρικά όσο και χρονικά, όμως τα επιμέρους τμήματα που το απαρτίζουν, χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη (σε σχέση με τη συνολική τελική τιμή του προϊόντος) ομοιογένεια την οποία επιχειρούν να προσδιορίσουν και να τιμολογήσουν. Μεθοδολογικά, ένα ηδονικό υπόδειγμα προσδιορίζει την αξία των επιμέρους χαρακτηριστικών ενός αγαθού. Με άλλα λόγια, κάθε αγαθό συντίθεται από ένα σύνολο συστατικών τα οποία διαμορφώνουν την τελική του αξία. Αν γνωρίζουμε αυτά τα επί μέρους χαρακτηριστικά μπορούμε να υπολογίσουμε την τελική τιμή του αγαθού. Η τελική τιμή του προϊόντος υπολογίζεται παλινδρομώντας την τιμή στα χαρακτηριστικά του.

Εστιάζοντας την ανάλυση στην αγορά ακινήτων, η προσέγγιση των ηδονικών τιμών θεωρεί πως τα ακίνητα, ενώ είναι ετερογενή αγαθά, συντίθενται από ομοιογενή χαρακτηριστικά που διαφέρουν από ακίνητο σε ακίνητο μόνο ως προς την ποσότητα. Για παράδειγμα, το χαρακτηριστικό μέγεθος (εμβαδόν του ακινήτου), ποιοτικά είναι το ίδιο σε όλα τα ακίνητα, ποσοτικά όμως κάθε σπίτι έχει συγκεκριμένο μέγεθος σε τετραγωνικά μέτρα. Έτσι, η συνολική δέσμη των χαρακτηριστικών, δηλαδή το ακίνητο, δεν έχει κοινή τιμή, παρά το γεγονός ότι τα συστατικά του μέρη έχουν την ίδια τιμή. Λόγου χάριν, το τετραγωνικό ανά περιοχή στοιχίζει το ίδιο, η ύπαρξη αποθήκης το ίδιο κλπ.. Η απεικόνιση όλων αυτών των χαρακτηριστικών είναι ένα διάνυσμα τιμών με τις ποσότητες κάθε χαρακτηριστικού (Sheppard, 1999). Πιο συγκεκριμένα, οι ηδονικές τεχνικές αποσκοπούν στο να προσδιορίσουν το πώς από τα χαρακτηριστικά των ακινήτων μπορούν να διαμορφωθούν οι τιμές πώλησης ή ενοικιάσής τους (Lake κ.ά., 2000). Σύμφωνα με τον Sheppard (1999), ένα ακίνητο περιγράφεται από k ιδιότητες – χαρακτηριστικά που απεικονίζονται στο διάνυσμα:

$$Z = (z_1, z_2, \dots, z_k) \quad (2.1)$$

όπου z_i ($i = 1$ έως k) απεικονίζει το μέγεθος (την ποσότητα) κάθε ενός από τα k χαρακτηριστικά που περιγράφουν το ακίνητο. Έτσι, στο διάνυσμα αυτό που είναι η αριθμητική έκφραση των ιδιοτήτων του ακινήτου, απεικονίζονται οι τιμές κάθε χαρακτηριστικού i που διαμορφώνονται από τη ζήτηση των καταναλωτών (αγοραστών των ακινήτων) και από την προσφορά των παραγωγών (κατασκευαστών των ακινήτων).

Συνεπώς, στην περίπτωση της αγορά κατοικίας, η προσέγγιση των ηδονικών τιμών αποτελεί τη μεθοδολογία για την ανάλυση της δομής των τιμών των συστατικών στοιχείων των ακινήτων η οποία αποτελεί ουσιαστικά και την εκτίμηση της συνάρτησης των ηδονικών τιμών. Η ανάλυση της ζήτησης γίνεται χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές, εκτιμώντας ένα σύστημα ζήτησης στο οποίο τα χαρακτηριστικά αντιμετωπίζονται ως αγαθά. Γίνεται, δηλαδή, η άρρητη υπόθεση πως στην αγορά υπάρχει διαθέσιμη μια γκάμα δεσμών χαρακτηριστικών (ακινήτων), με τέτοιο τρόπο ώστε οι καταναλωτές να μπορούν να επιλέξουν οποιοδήποτε δέσμη χαρακτηριστικών επιθυμούν, περιοριζόμενοι μόνο από τα εισοδήματά τους και την τιμή της δέσμης στην οποία καταλήγουν. Έτσι, ένα οποιοδήποτε ακίνητο περιγράφεται από τις ιδιότητες ή τα χαρακτηριστικά της δομής του. Η αποτύπωση των χαρακτηριστικών είναι ένα σύνολο τιμών, δηλαδή ένας κατάλογος διαφορετικών ποσοτήτων του κάθε χαρακτηριστικού του ακινήτου.

Οι συναρτήσεις των ηδονικών τιμών χρησιμεύουν για την εκτίμηση των τιμών ισορροπίας σε μορφές αγοράς ατελούς ανταγωνισμού, όπως είναι και η αγορά ακινήτων. Τούτο διότι το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της αγοράς είναι η μοναδικότητα του κάθε ακινήτου, παράλληλα όμως με την ύπαρξη άλλων διαφορετικών ακινήτων που μπορούν να το υποκαταστήσουν. Σύμφωνα με τον Sheppard (1999), η προσέγγιση των ηδονικών τιμών στην αγορά ακινήτων βασίζεται στις ακόλουθες δυο υποθέσεις:

- ❖ Κάθε καταναλωτής μπορεί να απολαμβάνει χρησιμότητα από ένα διαφορετικό χαρακτηριστικό, υπό την έννοια ότι κάθε καταναλωτής μπορεί να απολαύσει μια ποσότητα του χαρακτηριστικού που έχει ενσωματωθεί σε ένα συγκεκριμένο ακίνητο.
- ❖ Κάθε καταναλωτής μπορεί να πληρώσει διαφορετικό ποσό για το χαρακτηριστικό, έτσι ώστε να μπορεί να υπάρξει ένα εύρος-ποικιλία τιμών το οποίο, γενικά, εξαρτάται από την ποσότητα του χαρακτηριστικού.

Με αλλά λόγια, σύμφωνα με τις δυο παραπάνω υποθέσεις κάθε καταναλωτής (αγοραστής) μπορεί να αποκτήσει ένα ακίνητο με ιδιότητες που απεικονίζονται στο διάνυσμα Z . Επιπλέον, κάθε καταναλωτής πληρώνει διαφορετικό ποσό για κάθε διαφορετικό ακίνητο, με αποτέλεσμα να υπάρχει ποικιλία τιμών στην αγορά ακινήτων, η οποία εξαρτάται από το διάνυσμα Z που απεικονίζει αριθμητικά το κάθε διακριτό ακίνητο.

Κατά τον Rosen (1974), ο αγοραστής ενός ετερογενούς αγαθού, όπως είναι και τα ακίνητα, αποφασίζει με βάση τη μεγιστοποίηση της χρησιμότητας του. Ο τυπικός αγοραστής εξάγει χρησιμότητα από το ακίνητο που απεικονίζεται στο διάνυσμα Z με k διαφορετικά χαρακτηριστικά και από την κατανάλωση ενός σύνθετου αγαθού Y που περιλαμβάνει όλες τις υπόλοιπες ανάγκες του. Επιπροσθέτως, ο αγοραστής έχει σταθερό εισόδημα M και αντιμετωπίζει μια συνάρτηση τιμής $P(Z)$, η οποία είναι ο γεωμετρικός τόπος των σημείων του χώρου (P, Z) που συνδέουν την τιμή των ακινήτων με το διάνυσμα Z . Συνοπτικά η τιμή του ακινήτου P προσδιορίζεται από την παράσταση:

$$P = P(Z) = P(z_1, z_2, \dots, z_k) \quad (2.2)$$

Σύμφωνα με τον Rosen (1974), οι προτιμήσεις των καταναλωτών απεικονίζονται στη συνάρτηση χρησιμότητας:

$$u = u(Z, M, \alpha) \quad (2.3)$$

όπου το α είναι ένα διάνυσμα παρατηρούμενων και λανθανουσών παραμέτρων οι οποίες χαρακτηρίζουν τις προτιμήσεις των καταναλωτών (Rosen, 1974). Θεωρείται ακόμη πως οι αγοραστές χαρακτηρίζονται πλήρως από το εισόδημα M και το διάνυσμα α με κατανομή που περιγράφεται από τη συνδυασμένη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $f(\alpha, M)$ (Rosen, 1974).

Η συνάρτηση ζήτησης για τα ακίνητα προκύπτει από τη μεγιστοποίηση της συνάρτησης χρησιμότητας (2.3) υπό τον περιορισμό του εισοδήματος. Ακολουθώντας την ανάλυση του Sheppard (1999), ο καταναλωτής επιλέγει μεταξύ ενός ακινήτου με χαρακτηριστικά Z και του σύνθετου αγαθού Y , δηλαδή όλων των υπόλοιπων αγαθών, για να επιλύσει τη σχέση:

$$\max_{Z, Y} u(Z, M, \alpha) \text{ με τον περιορισμό } M = P(Z) + Y \quad (2.4)$$

Οι όροι μεγιστοποίησης πρώτης τάξης κατά Lagrange απαιτούν:

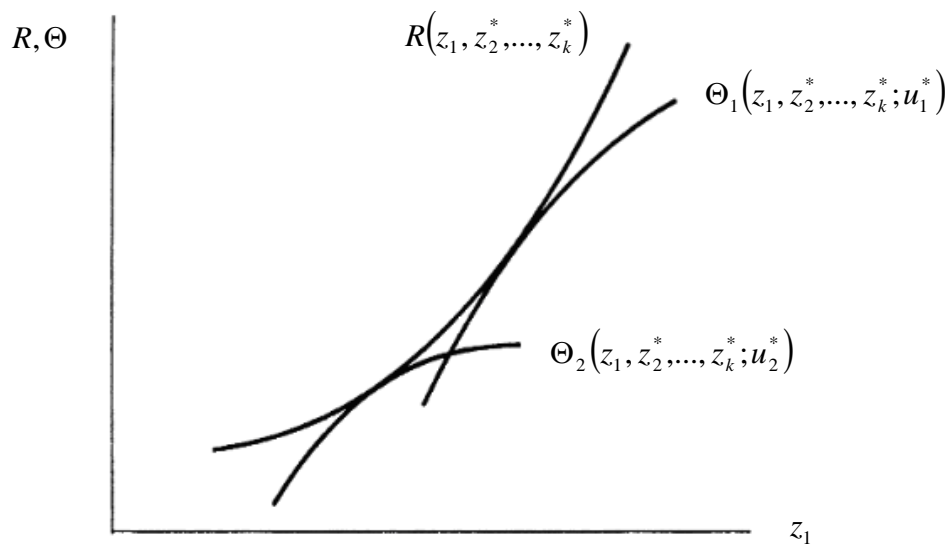
$$\frac{\partial u}{\partial Z_i} \bigg/ \frac{\partial u}{\partial Y} = \frac{\partial P}{\partial Z_i} \quad \text{ή αλλιώς} \quad \frac{u_i}{u_Y} = P_i \quad \forall i \quad (2.5)$$

Η παράγωγος P_i αναφέρεται συνήθως ως ηδονική τιμή του χαρακτηριστικού i και η συνάρτηση $P(Z)$ ως συνάρτηση ηδονικής τιμής.

Το χρηματικό ποσό που είναι διατεθειμένος να καταβάλει ο αγοραστής για τις διαφορές ποσότητες του Z , σε δεδομένο επίπεδο χρησιμότητας (u) και σε δεδομένο επίπεδο εισοδήματος (M) δίνεται από τη συνάρτηση τιμών $\Theta(z; u, M)$, ενώ η ελάχιστη τιμή που μπορεί να καταβάλει είναι $R(z)$ (Rosen, 1974).

Η χρησιμότητα μεγιστοποιείται όταν $\Theta(z^*; u^*, M) = R(z^*)$ και $\Theta_{z_i}(z^*; u^*, M) = R_i(z^*)$, όπου $i = 1, 2, \dots, k$, z^* και u^* οι άριστες ποσότητες και Θ_{z_i} το οριακό πηλίκο υποκατάστασης μεταξύ του z_i και του χρήματος (Rosen, 1974), δηλαδή το Θ_{z_i} είναι η τιμή που είναι πρόθυμος (marginal price) να καταβάλει ο καταναλωτής για μια επιπλέον μονάδα του χαρακτηριστικού z_i . Η άριστη θέση προκύπτει από το σημείο επαφής των $\Theta(z; u^*, M)$ και $R(z)$ (Rosen, 1974). Η γραφική παράσταση της ισορροπίας του καταναλωτή (αγοραστή του ακινήτου) αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 2.1. Από την επισκόπηση του διαγράμματος προκύπτει ότι ο καταναλωτής με καμπύλη αδιαφορίας Θ_2 προτιμά την αγορά ενός ακινήτου με μεγαλύτερη ποσότητα του χαρακτηριστικού z_1 .

Διάγραμμα 2.1. Ισορροπία του καταναλωτή στην αγορά διαφοροποιημένων αγαθών



Πηγή: Με βάση τον Rosen, 1974.

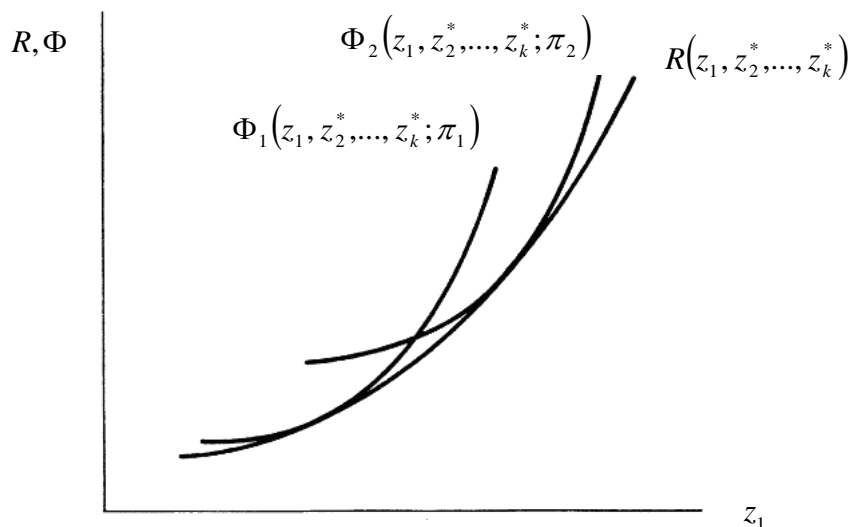
Πέρα όμως από τη ζήτηση η οποία καθορίζεται από τους καταναλωτές, στην αγορά ακινήτων υπάρχει και η προσφορά από τους παραγωγούς (κατασκευαστές ακινήτων). Αυτοί χαρακτηρίζονται από συναρτήσεις κόστους $C(Z, N, \gamma)$ οι οποίες εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά Z των ακινήτων που προσφέρονται, τον αριθμό N τέτοιων ακινήτων και ένα διάνυσμα γ των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν κάθε κατασκευαστή (Rosen, 1974). Σύμφωνα με τη θεωρία παραγωγού το κέρδος του δίνεται από τη συνάρτηση:

$$\pi = P(Z) \cdot N - C(Z, N, \gamma) \quad (2.6)$$

με $P(Z) = \Phi(Z_1, Z_2, \dots, Z_k; \pi, \beta)$ και όπου π το κέρδος που τείνει στο μηδέν διότι πρόκειται για πλήρως ανταγωνιστική αγορά, Z τα χαρακτηριστικά του ακινήτου και β οι παράγοντες που μεταβάλλουν τις συνθήκες κόστους μεταξύ των κατασκευαστών (Rosen, 1974). Η $\Phi(Z_1, Z_2, \dots, Z_k; \pi, \beta)$ είναι η συνάρτηση προσφοράς χαρακτηριστικών και δείχνει τις τιμές που επιθυμεί να έχει ο κατασκευαστής για τα διάφορα ακίνητα, με συγκεκριμένο κέρδος όταν οι ποσότητες από κάθε ακίνητο είναι αποτέλεσμα αριστοποίησης.

Η γραφική παράσταση της ισορροπίας του παραγωγού (κατασκευαστή) (για ένα χαρακτηριστικό) παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 2.2. Η συνάρτηση προσφοράς Φ_1 του πρώτου κατασκευαστή είναι πιο κατάλληλη για την προσφορά μικρότερων ποσοτήτων του χαρακτηριστικού z_1 , ενώ η συνάρτηση προσφοράς Φ_2 του κατασκευαστή έχει συγκριτικό πλεονέκτημα στην προσφορά μεγαλύτερων ποσοτήτων του ίδιου χαρακτηριστικού.

Διάγραμμα 2.2. Ισορροπία του παραγωγού στην αγορά διαφοροποιημένων αγαθών



Πηγή: Με βάση τον Rosen, 1974.

Ακολουθώντας την παρουσίαση του Sheppard (1999), κάθε ένας από τους κατασκευαστές θεωρείται πως αντιμετωπίζει τη συνάρτηση τιμής $P(Z)$ ως δοσμένη και έχει αριστοποιητική συμπεριφορά που περιγράφεται από την σχέση:

$$\max_{Z,N} P(Z) \cdot N - C(Z, N, \gamma) \quad (2.7)$$

με τους όρους μεγιστοποίησης πρώτης τάξης να απαιτούν:

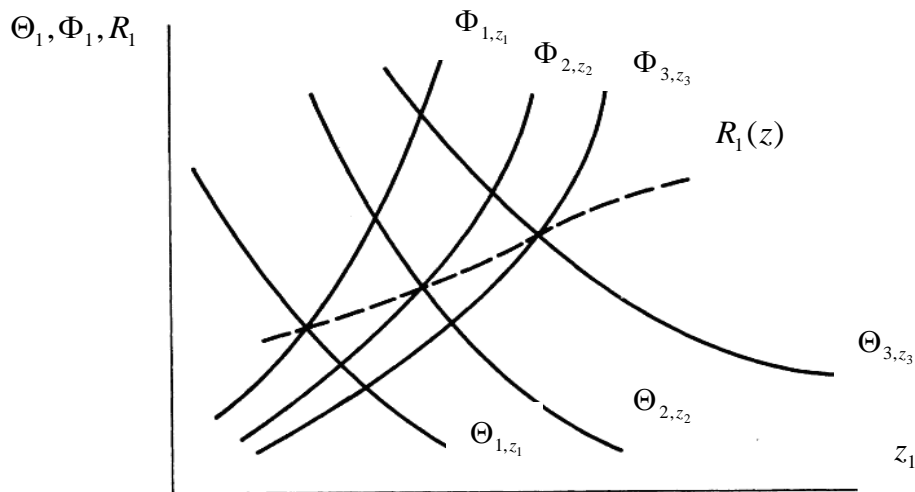
$$\begin{aligned} P_i &= C_i \quad \forall i \\ P(Z) &= C_N \end{aligned} \quad (2.8)$$

Επίσης, κάθε κατασκευαστής εξισώνει το οριακό κόστος κάθε χαρακτηριστικού με την ηδονική του τιμή και πωλεί ακίνητα μέχρις ότου το οριακό κόστος της κατασκευής ενός επιπλέον ακινήτου (που περιγράφεται από το διάνυσμα των χαρακτηριστικών Z) να γίνει ίσο με την αξία του ακινήτου $P(Z)$. Επιπλέον, γίνεται η υπόθεση ότι στην αγορά υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός πωλητών ακινήτων. Οι κατασκευαστές των υφιστάμενων ακινήτων στο υπόδειγμα είναι ο τύπος κατασκευαστή με $N=1$ ακίνητο στην κατοχή του και με συνάρτηση κόστους $C(\cdot)$ τέτοια ώστε να προσδιορίζεται από τα έξοδα κατασκευής του ακινήτου.

Η ισορροπία στην αγορά ακινήτων απαιτεί η συνάρτηση ηδονικής τιμής $P(Z)$ να εξισώνει την προσφορά με τη ζήτηση για κάθε τύπο ακινήτου Z . Η ισορροπία αυτή, είναι ο γεωμετρικός τόπος των σημείων που εφάπτονται οι καμπύλες οριακού κόστους C_i με τις παραγώγους των καμπυλών προσφοράς θ_i (Sheppard, 1999). Η κατάσταση ισορροπίας αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 2.3. Στα σημεία όπου τέμνονται οι συναρτήσεις προσφοράς και ζήτησης σχηματίζεται η συνάρτηση ισορροπίας στην αγορά (market clearing implicit price function) $R(Z)$. Αναλυτικότερα, στο Διάγραμμα 2.3 απεικονίζονται οι παράγωγοι των συναρτήσεων των τιμών που είναι διατεθειμένοι να καταβάλλουν οι καταναλωτές ($\Theta_{1,z_1}, \Theta_{2,z_2}, \Theta_{3,z_3}$) για το χαρακτηριστικό z_1 που αποτελούν τις τιμές επιφύλαξης (reservation prices¹) με σταθερό δείκτη χρησιμότητας μεταξύ των καταναλωτών. Το οριακό κόστος του χαρακτηριστικού z_1 για τον καταναλωτή είναι $R_1(z)$ και η άριστη ποσότητα ορίζεται από το σημείο που το οριακό κόστος είναι ίσο με την αντίστοιχη οριακή τιμή που πρέπει να καταβάλει. Τα Φ είναι αντίστοιχα οι τιμές επιφύλαξης (reservation supply prices) για το ίδιο χαρακτηριστικό z_1 και τη συνάρτηση $R_1(z)$ οριακού εσόδου κάθε παραγωγού (ιδιόκτητή-κατασκευαστή) για το z χαρακτηριστικό.

¹ Στη Μικροοικονομική θεωρία η τιμή επιφύλαξης (reservation ή reserve price) είναι η μέγιστη τιμή που ένας αγοραστής είναι πρόθυμος να αγοράσει ένα αγαθό ή μια υπηρεσία, ή η ελάχιστη τιμή που ένας πωλητής είναι πρόθυμος να πωλήσει ένα αγαθό ή μια υπηρεσία.

Διάγραμμα 2.3. Κατάσταση ισορροπίας στην αγορά διαφοροποιημένων αγαθών



Πηγή: Με βάση τον Rosen, 1974.

Η ισορροπία στην αγορά περιγράφεται από τη γραμμή $R_1(z)$. Ακολουθώντας την ανάλυση του Rosen (1974), προκύπτει το παρακάτω σύστημα εξισώσεων που αφορά τη ζήτηση και την προσφορά.

$$R_i(Z) = F_i(Z_1, Z_2, \dots, Y_1) \text{ για τη ζήτηση} \quad (2.9)$$

$$R_i(Z) = G_i(Z_1, Z_2, \dots, Y_1) \text{ για την προσφορά} \quad (2.10)$$

Όπου R_i και Z είναι η από κοινού εξαρτημένες μεταβλητές και Y_1, Y_2 οι εξωγενείς μεταβλητές μετατόπισης της ζήτησης και της προσφοράς αντίστοιχα, οι οποίες αναφέρονται σε ατομικούς παράγοντες που υπεισέρχονται στις αποφάσεις των καταναλωτών και των παραγωγών, αντίστοιχα.

Έτσι, αντί να γίνονται υποθέσεις για τις συναρτησιακές μορφές των υποκείμενων συμπεριφορικών συναρτήσεων χρησιμότητας και κόστους και από αυτές να προκύπτει η συνάρτηση της ηδονικής τιμής ακολουθείται αντίστροφη διαδικασία (Sheppard, 1999). Από τα δεδομένα της αγοράς εξειδικεύονται συναρτήσεις ηδονικών τιμών (όπου σύμφωνα με τα προηγούμενα απεικονίζουν τα σημεία στα οποία ισορροπεί η αγορά) από τις οποίες ανακτώνται οι συναρτήσεις ζήτησης.

Συνοψίζοντας, η ανάλυση του Rosen (1974) έχει δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται η εκτίμηση της οριακής τιμής (marginal prices) των χαρακτηριστικών του αγαθού. Στο δεύτερο στάδιο προσδιορίζεται η καμπύλη της αντίστροφης ζήτησης ή η οριακή προθυμία των καταναλωτών να πληρώσουν για την άντληση χρησιμότητας από την

κατανάλωση των χαρακτηριστικών του αγαθού. Ο Rosen (1974) υποθέτει ότι η τιμή της ζήτησης ή η προθυμία των καταναλωτών να πληρώσουν για ένα χαρακτηριστικό του ετερογενούς αγαθού είναι συνάρτηση του επιπέδου χρησιμότητας, του εισοδήματος καθώς και άλλων μεταβλητών που καθορίζουν τις προτιμήσεις τους. Η ανάλυσή του καταλήγει στο ότι η αντίστροφη συνάρτηση ζήτησης, η οποία λαμβάνει υπόψη τις αλλαγές στο εισόδημα και τα επίπεδα χρησιμότητας, μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας τις οριακές τιμές των χαρακτηριστικών του αγαθού.

Τέλος, τα ακίνητα από οικονομική άποψη μπορούν να θεωρηθούν είτε ως διαρκές καταναλωτικό αγαθό, όταν είναι κατοικίες, είτε ως κεφαλαιουχικό αγαθό, όταν είναι βιομηχανικά ή εμπορικά κτίρια, ή ως επενδυτικό αγαθό, όταν αποτελούν τμήμα των παγίων των εταιριών επενδύσεων ακίνητης περιουσίας. Σύμφωνα με τους O'Sullivan και Gibb (2003), τα ακίνητα αποτελούν ένα σύνθετο αγαθό (εμπόρευμα) λόγω των εξής χαρακτηριστικών τους: της χωρικής υπόστασης τους (spatial immobility), της αντοχής / διάρκειας τους (durability) και της ετερογένειας τους (heterogeneity). Ωστόσο, η αγορά στέγασης διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά μιας κανονικής αγοράς προϊόντος, δηλαδή αποτελείται από αγοραστές και πωλητές οι οποίοι αλληλοεπιδρούν και καθορίζουν τις τιμές των αγαθών (Gallet, 2002).

2.1.1 Οικονομετρική Εξειδίκευση της Θεωρίας των Ηδονικών Τιμών

Η οικονομετρική εξειδίκευση της ηδονικής συνάρτησης βασίζεται στον Blomquist (1989), ο οποίος εξετάζει τις γενικές ιδιότητες που εμφανίζουν οι μορφές ζήτησης οι οποίες εξάγονται από μια αυστηρά κυρτή παραγωγίσμη συνάρτηση χρησιμότητας που υπόκειται σε ένα μη γραμμικό εισοδηματικό περιορισμό με γενική μορφή $M \geq P(Z, \beta)$, όπου β το διάνυσμα των παραμέτρων της συνάρτησης των ηδονικών τιμών. Ο Blomquist (1989) υποθέτει πως η συνάρτηση P είναι γνησίως αύξουσα ως προς το διάνυσμα Z , είναι παραγωγίσμη και είναι τέτοια που να υπάρχει μια μοναδική λύση στο πρόβλημα αριστοποίησης που αντιμετωπίζει το νοικοκυριό. Αυτό ισχύει μόνο αν η συνάρτηση P είναι κυρτή. Έστω λοιπόν ότι η συνάρτηση $Z_i(M, \beta, \alpha)$ αντιπροσωπεύει την ηδονική ζήτηση για το χαρακτηριστικό i του ακινήτου, δηλαδή το i συνθετικό στοιχείο της λύσης του προβλήματος, τότε:

$$\max_{Z, Y} u(Z, Y, \alpha) \text{ με τον περιορισμό } M \geq P(Z, \beta) + Y \quad (2.11)$$

Για ένα σταθερό επίπεδο εισοδήματος και σε μια συγκεκριμένη αγορά όπως περιγράφεται από τη συνάρτηση ηδονικών τιμών (M^*, β^*) , η επιλογή του νοικοκυριού είναι $Z_i(M^*, \beta^*, \alpha)$ και προσδιορίζει τη ζήτηση $Z_i^L(\hat{M}, p)$ ως προς το i χαρακτηριστικό:

$$\max_{Z,Y} u(Z, Y, \alpha) \text{ με τον περιορισμό } \hat{M} \geq p_i' Z + Y \quad (2.12)$$

όπου $p_i = \frac{\partial P(Z_i(M^*, \beta^*, \alpha), \beta^*)}{\partial Z_i}$ αντιπροσωπεύει την οριακή τιμή (marginal price) μιας μονάδας του χαρακτηριστικού ή την ηδονική τιμή της (marginal implicit ή hedonic price) και $M = \sum_{i=1}^J p_i \cdot \hat{Z}_i(M^*, \beta^*, \alpha)$ η αξία του ακινήτου.

Όσον αφορά τη συναρτησιακή μορφή των ηδονικών εξισώσεων, η θεωρία των ηδονικών τιμών δεν την προσδιορίζει (Halvorsen και Pollakowski, 1981; Cropper κ.ά., 1988). Ωστόσο, στα υποδείγματα των τιμών των ακινήτων συχνά χρησιμοποιείται η ημιλογαριθμική (semilog ή loglinear) μορφή (DiPasquale και Wheaton, 1996; Wilhelmsson, 2002; Malpezzi, 2003; Sirmans κ.ά., 2005). Η ημιλογαριθμική μορφή έχει το πλεονέκτημα ότι οι συντελεστές των χαρακτηριστικών μπορούν εύκολα να ερμηνευθούν ως η ποσοστιαία μεταβολή της τιμής (Löchl και Axhausen, 2010). Επιπλέον, η ημιλογαριθμική μορφή βοηθά να ελαχιστοποιηθεί το πρόβλημα της ετεροσκεδαστικότητας και αμβλύνει τις επιπτώσεις της μη γραμμικής σχέσης μεταξύ της τιμής των ακινήτων και των ερμηνευτικών μεταβλητών (Malpezzi, 2003).

2.1.2 Μεταβλητές Εκτίμησης των Ηδονικών Τιμών των Ακινήτων

Όπως υποστηρίζει ο Dubin (1988), τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την τιμή των ακινήτων και κατ' επέκταση οι ανεξάρτητες μεταβλητές των οικονομετρικών υποδειγμάτων, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- στις μεταβλητές θέσης,
- στις μεταβλητές που αφορούν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ακινήτου και
- στις μεταβλητές της γειτονιάς.

Επομένως, η γενική εξίσωση των ηδονικών τιμών των ακινήτων μπορεί να παρασταθεί ως εξής:

$$P = f(L, S, N) + \varepsilon \quad (2.13)$$

όπου P το διάνυσμα των τιμών των ακινήτων, L οι μεταβλητές θέσης, S οι μεταβλητές που αφορούν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ακινήτου, N οι μεταβλητές της γειτονιάς και ε το διάνυσμα των τυχαίων όρων σφάλματος.

Οι μεταβλητές θέσης αναφέρονται στα χαρακτηριστικά που περιγράφουν τη γεωγραφική θέση - την τοποθεσία του ακινήτου. Οι μεταβλητές αυτές αποτελούν κάποια

μορφή μέτρου της προσβασιμότητας (Follain και Jimenez, 1985; Orford, 1988). Κατά την παραδοσιακή προσέγγιση της τοποθεσίας, η προσβασιμότητα μετράται σε σχέση με την πρόσβαση στην κεντρική επιχειρηματική περιοχή (Central Business District -CBD) μιας πόλης. Η προσβασιμότητα, σε οποιαδήποτε μορφή κι αν έχει μετρηθεί, έχει επίδραση στις τιμές των ακινήτων (Ridker και Henning, 1968; Palmquist, 1992; McMillan, κ.ά., 1992). Για παράδειγμα, η προσβασιμότητα στα μέσα μαζικής μεταφοράς επιδρά σημαντικά στην τιμή των ακινήτων και συνδέεται με την εύκολη μετακίνηση κυρίως προς και από την εργασία, μετρείται με το χρόνο ή με το κόστος της μετακίνησης ή με την ευκολία και τη διαθεσιμότητα των διαφόρων τρόπων μεταφοράς (So, κ.ά., 1996; Adair, κ.ά., 2000). Αναλυτικότερα, έχει βρεθεί ότι η επίδραση των σταθμών των μέσων μαζικής μεταφοράς στις τιμές των κατοικιών είναι θετική (So, κ.ά. 1996). Επιπροσθέτως, πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι οι αγοραστές προτιμούν τις περιοχές κοντά ή με θέα τη θάλασσα, τις λίμνες, το βουνό κ.ά. και είναι πρόθυμοι να πληρώσουν παραπάνω για τα ακίνητα που βρίσκονται σε αυτές τις τοποθεσίες (Darling, 1973; Plattner και Campbell, 1978; Gillard, 1981; Cassel και Mendelsohn, 1985; Rodriguez και Sirmans, 1994; Mok κ.ά., 1995). Για παράδειγμα, οι So κ.ά. (1996) βρήκαν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της θέας και του ορόφου του ακινήτου, δηλαδή, διαμερίσματα στους μεγάλους ορόφους συνήθως έχουν υψηλότερη τιμή σε σύγκριση με αυτά των χαμηλότερων επιπέδων λόγω της θέας που προσφέρουν.

Περνώντας τώρα στις μεταβλητές που αφορούν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ακινήτου σε αυτές ανήκουν για παράδειγμα, το μέγεθος του ακινήτου, ο αριθμός των δωματίων, η ηλικία του ακινήτου κ.ά.. Όπως επεσήμανε ο Ball (1973), αν ένα ακίνητο έχει καλύτερα ποιοτικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά από τα άλλα ακίνητα, αυτό αντανακλάται στην τιμή του. Ωστόσο, τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά που προτιμώνται από τους αγοραστές μπορεί να μην είναι πάντα ταυτόσημα. Ο Kohlhase (1991) βρήκε ότι η σημασία των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των ακινήτων αλλάζει με την πάροδο του χρόνου και ποικίλει μεταξύ των χωρών. Η αρθρογραφία δείχνει ότι ο αριθμός των υποδωματίων (Li και Brown, 1980; Fletcher, κ.ά., 2000), ο αριθμός των μπάνιων (Linneman, 1980; Garrod και Willis, 1992) και το εμβαδόν του ακινήτου (Rodriguez και Sirmans, 1994; Carroll, κ.ά., 1996) σχετίζονται θετικά με την τιμή πώλησης των ακινήτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι αγοραστές είναι πρόθυμοι να πληρώσουν περισσότερο για περισσότερο χώρο. Από την άλλη μεριά, η ηλικία του ακινήτου σχετίζεται αρνητικά με τις τιμές των ακινήτων (Kain και Quigley, 1970; Straszheim, 1975; Rodriguez και Sirmans, 1994; Clark και Herrin, 2000). Για παράδειγμα, οι Kain και Quigley (1970) έδειξαν ότι τα νεόδμητα ακίνητα πωλούνται κατά \$3.150 περισσότερο από ένα πανομοιότυπο ακίνητο 25 ετών. Από την άλλη μεριά, οι Li και Brown (1980), διαπίστωσαν την αντίθετη επίδραση της ηλικίας σε ορισμένα κτίρια, κάτι το οποίο οφείλεται στην ιστορική σημασία των κτιρίων αυτών. Άλλες μεταβλητές που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία είναι η ύπαρξη θέσης στάθμευσης, το αίθριο, το σύστημα θέρμανσης νερού, το τζάκι και το σύστημα θέρμανσης-ψύξης του αέρα (Li και Brown, 1980; Michaels και Smith, 1990; Garrod και Willis, 1992; Forrest κ.ά., 1996; Efthymiou και Antoniou, 2013), οι οποίες έχει βρεθεί από τις εμπειρικές

μελέτες ότι συνδέονται σημαντικά με την τιμή του ακινήτου και επιδρούν θετικά στη διαμόρφωση της αξίας του.

Τέλος, οι μεταβλητές της γειτονιάς, μετρούν τις επιπτώσεις της γειτονιάς στην τιμή του ακινήτου και αφορούν την ενσωμάτωση ενός συνόλου χαρακτηριστικών που σχετίζονται με κοινωνικό-οικονομικά και φυσικά χαρακτηριστικά της γειτονιάς του (Can, 1992). Για παράδειγμα, οι μεταβλητές που συνήθως χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι το τοπικό ποσοστό εγκληματικότητας, το ποσοστό μεταναστών, τα επίπεδα ρύπανσης ή τα επίπεδα θορύβου. Ο Goodman (1989) υποστήριξε ότι, ενώ τα χαρακτηριστικά της γειτονιάς δεν μπορούν να αποτιμηθούν ρητά στην αγορά, θα μπορούσαν να αποτιμηθούν έμμεσα μέσω της ηδονικής τιμολόγησης συγκρίνοντας σπίτια σε διαφορετικές γειτονιές. Η Can (1998) υποστηρίζει ότι α) η προσβασιμότητα, β) το περιβάλλον, γ) τα κοινωνικά, οικονομικά και δημογραφικά στοιχεία και δ) η παροχή δημόσιων υποδομών αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν τις γειτονιές και οδηγούν στη διαμόρφωση θετικών και αρνητικών εξωτερικοτήτων που με τη σειρά τους επιδρούν στην τελική αξία των ακινήτων. Με βάση την κατάταξη της Can, στη συνέχεια θα παρουσιαστούν ορισμένες από τις μεταβλητές που απαντώνται στην αρθρογραφία για κάθε μια από τις τέσσερις κατηγορίες των μεταβλητών της γειτονιάς που καθόρισε.

Ξεκινώντας από την προσβασιμότητα, για παράδειγμα η εγγύτητα σε αεροδρόμιο μπορεί να έχει είτε θετική είτε αρνητική επίδραση στη διαμόρφωση της αξίας των ακινήτων. Οι Tomkins κ.ά. (1998), διαπίστωσαν ότι τα οφέλη από την εύκολη πρόσβαση στο αεροδρόμιο και στις συναφείς υποδομές μεταφορών του αεροδρομίου αντισταθμίζουν το επιπλέον κόστος αγοράς των ακινήτων σε περιοχές πλησίον των αεροδρομίων. Αντίθετα, οι Espey και Lopez (2000) διαπίστωσαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση μεταξύ του θορύβου των αεροδρομίων και των τιμών των ακινήτων. Επιπλέον, η εγγύτητα σε εμπορικά συγκροτήματα ασκεί θετική επιρροή επί της αξίας των γύρω κατοικιών (Sigral, 1994; Des Rosiers, κ.ά., 1996).

Περνώντας τώρα στην κατηγορία περιβάλλον, ο Chattopadhyay (1999) διαπίστωσε ότι οι κάτοικοι στο Σικάγο ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν για τη μείωση του επιπέδου της ρύπανσης των αιωρούμενων σωματιδίων και του διοξειδίου του θείου. Όσον αφορά την ποιότητα του νερού, οι Leggett και Bockstael (2000) έδειξαν ότι η ποιότητα του νερού έχει σημαντική επίδραση στις αξίες των ακινήτων. Τέλος, η παρουσία αστικών χωρών πρασίνου επιδρά θετικά στη διαμόρφωση των ακινήτων (Tyrvainen, 1997).

Για την κατηγορία των κοινωνικό-οικονομικών μεταβλητών, οι Richardson κ.ά. (1974) διαπίστωσαν ότι η κοινωνική τάξη της γειτονιάς έχει «αντίκτυπο» στις αξίες των ακινήτων. Επίσης, οι Daniels κ.ά., (1967) έδειξαν ότι οι έγχρωμοι αγοραστές πληρώνουν υψηλότερες τιμές για να αγοράσουν ένα σπίτι σε γειτονιές λευκών. Οι Kain και Quigley (1970) έδειξαν ότι τα νοικοκυριά με υψηλότερο εισόδημα προτιμούν να ζουν σε περιοχές που βρίσκονται πιο μακριά από το CBD της πόλης.

Τέλος, οι υπηρεσίες της τοπικής αυτοδιοίκησης, για παράδειγμα η ποιότητα των δημόσιων σχολείων, έχουν μεγάλη επίδραση στις τιμές των κατοικιών (Clauret και Neill,

2000). Όσον αφορά τα νοσοκομεία, οι Huh και Kwak (1997) έδειξαν ότι αυτά παρουσιάζουν σημαντική θετική επίδραση στις τιμές των ακινήτων. Επιπλέον, οι τόποι λατρείας, όπως εκκλησίες, ενισχύουν την αξία των ακινήτων της περιοχής στην οποία βρίσκονται (Carroll κ.ά., 1996), καθώς και οι ψυχαγωγικές και αθλητικές εγκαταστάσεις επιδρούν θετικά στη διαμόρφωση των ακινήτων (Mok, κ.ά., 1995; Tse και Love, 2000).

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι η επίδραση των μεταβλητών θέσης και γειτονιάς είναι αυτή που δημιουργεί τη συστηματική διαφοροποίηση των τιμών των ακινήτων στο χώρο, και αυτό με τη σειρά του οδηγεί στην παρουσία τοπικών αγορών και κατακερματισμό της αγοράς ακινήτων (Can, 1992). Στην πράξη όμως, οι μεταβλητές τόσο της θέσης όσο και της γειτονιάς, δεν είναι εύκολο να μετρηθούν και κατ' επέκταση να συμπεριληφθούν στα υποδείγματα εκτίμησης των τιμών των ακινήτων. Προκειμένου να ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματά της επίδρασής τους και συνεπώς η χωρική ετερογένεια των τιμών, είναι απαραίτητη η χρήση των χωρικών οικονομετρικών υποδειγμάτων, τα οποία μέσω της μήτρας χωρικών σταθμίσεων έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνεται υπόψη η σημασία του χώρου στη διαμόρφωση των τιμών των ακινήτων (βλέπε Κεφαλαίο 4).

Κλείνοντας, θα πρέπει να τονιστεί ότι τόσο οι μεταβλητές των χαρακτηριστικών, όσο και οι μεταβλητές της θέσης και της γειτονιάς δεν εξαντλούνται στις παραπάνω. Καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την προς ανάλυση αγορά ακινήτων και συνδέονται με τις ιδιαιτερότητες της καθεμίας. Τα εμπειρικά αποτελέσματα της επίδρασης των μεταβλητών που παρουσιάστηκαν παραπάνω ισχύουν για τις συγκεκριμένες μελέτες, ωστόσο, σε άλλες χώρες ή εντός της ίδιας χώρας σε άλλες αγορές της ή σε διαφορετικές χρονικές περιόδους τα αποτελέσματα αυτά θα μπορούσαν να είναι διαφορετικά. Τέλος, σε πολλές περιπτώσεις, στη βιβλιογραφία, οι μεταβλητές θέσης και γειτονιάς ομαδοποιούνται μαζί (Can, 1992 Haider και Miler, 2000 Rosiers κ.ά., 2011). Κάτι το οποίο γίνεται αντιληπτό και από την παραπάνω ανάλυση διότι πολλές από τις μεταβλητές της γειτονιάς θα μπορούσαν να θεωρηθούν και μεταβλητές που περιγράφουν τη γεωγραφική θέση - την τοποθεσία του ακινήτου, δηλαδή να ανήκουν στις μεταβλητές θέσης και το αντίστροφο. Όπως επισημαίνεται και στην εισαγωγή του παρόντος κεφαλαίου, για τις μεταβλητές που συνθέτουν τα ηδονικά υποδείγματα ακινήτων δεν υπάρχει μια αυστηρή θεωρητική βάση. Για τη χρήση τους στηρίζομαστε στη γενική κατηγοριοποίηση του Dubin (1988) και στις εμπειρικές αναλύσεις των ηδονικών υποδειγμάτων ακινήτων που απαντάται στη βιβλιογραφία καθώς και στα διαθέσιμα στοιχεία και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της υπό μελέτη αγοράς.

2.2 Τοπικές Αγορές Ακινήτων

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η έννοια της γειτονιάς και των τοπικών αγορών και ακολουθεί η παρουσίαση της σημασίας της οριοθέτησης των τοπικών αγορών στην ανάλυση και μελέτη της αγοράς κατοικίας.

2.2.1 Η Έννοια της Γειτονιάς και των Τοπικών Αγορών Ακινήτων

Στα οικονομικά της ακίνητης περιουσίας, οι γειτονιές μπορούν να οριστούν ως ξεχωριστές χωρικές μονάδες (περιοχές) οι οποίες περιλαμβάνουν ακίνητα αλλά και νοικοκυριά με ίδια χαρακτηριστικά (Can, 1998). Τυπικά, τα νοικοκυριά εντός των ορίων μιας γειτονιάς παρουσιάζουν όμοια κοινωνικά, οικονομικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά. Οι ομοιότητες των ακινήτων από την άλλη πλευρά μπορεί να αφορούν για παράδειγμα το ιδιοκτησιακό καθεστώς (ιδιοκτήτες, ενοικιαστές), το είδος των ακινήτων (διαμερίσματα, μονοκατοικίες, μεζονέτες), την ποιότητα κατασκευής των κτιρίων κ.ά. Ο βαθμός της ομοιότητας επί του αστικού χώρου (τόσο μεταξύ των κατοίκων όσο και των ακινήτων) ποικίλει με αποτέλεσμα να δημιουργούνται γειτονιές με διαφορετικό βαθμό ομοιογένειας (Can, 1998). Από τα παραπάνω μπορεί να θεωρηθεί ότι κάθε γειτονιά ακινήτων συντίθεται από δεδομένες καταστάσεις και συγκεκριμένα πρότυπα χωρικής οργάνωσης. Στην πραγματικότητα, όμως, δρουν δυναμικές διαδικασίες και τάσεις που μεταβάλλουν το χαρακτήρα και τη δομή τους στο χρόνο.

Ο Goodman (1998), υποστηρίζει ότι η γειτονιά πρέπει να θεωρείται ως μια από τις σημαντικότερες μεταβλητές για τον καθορισμό της αξίας ενός ακινήτου. Και συγκεκριμένα αναφέρει ότι:

“Πιθανόν επειδή η γειτονιά είναι δύσκολο να καθοριστεί, και ακόμη πιο δύσκολο να μοντελοποιηθεί, οι οικονομολόγοι συχνά ισχυρίζονται ότι οι επιδράσεις της δεν είναι σημαντικές. Σε αυτή την περίπτωση, οι εθνικές και φυλετικές ομάδες οι οποίες ζουν σε κάποιες περιοχές δεν επηρεάζουν το χαρακτήρα της εν λόγω περιοχής. Επιπλέον, η υπόθεση αυτή συνεπάγεται ότι οι μεσίτες, οι αγοραστές, και γενικά οι εμπλεκόμενοι στην αγορά ακινήτων λανθασμένα αναφέρουν ότι η θέση του ακινήτου είναι σημαντική. Είναι λοιπόν απαραίτητο να εξετάσουμε τόσο τη μοντελοποίηση όσο και τις εμπειρικές υποθέσεις της γειτονιάς ως κομμάτι της αγοράς ακινήτων. (Goodman, 1998).”

Οι τιμές των ακινήτων παρουσιάζουν υψηλό βαθμό διαφοροποίησης στον αστικό χώρο. Οι χωρικές εξωτερικότητες, που σχετίζονται με τη δομή της γειτονιάς, επιδρούν επιπροσθέτως είτε θετικά είτε αρνητικά στη διαμόρφωση της τελικής αξίας του ακινήτου. Υπάρχουν, δηλαδή, διαφορές στις προς πωλήσεις (ή ενοικιάσεις) τιμές με συγκρίσιμα ακίνητα (συγκρίσιμα θεωρούνται γειτονικά ακίνητα με όμοια κατασκευαστικά και τεχνικά χαρακτηριστικά, για παράδειγμα, ίδιο έτος κατασκευής, ίδια τετραγωνικά, ίδιος όροφος κτλ.) στην ίδια περιοχή.

Η Can (1998), όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, υποστηρίζει ότι α) η προσβασιμότητα, β) το περιβάλλον, γ) τα κοινωνικά, οικονομικά και δημογραφικά στοιχεία και δ) η παροχή δημόσιων υποδομών² αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες, οι

² Αναλυτικότερα, η προσβασιμότητα συνδέεται με τη γεωγραφική θέση της γειτονιάς στον αστικό ιστό. Γενικά, αυτό που ενδιαφέρει ιδιαίτερα τους κατοίκους μιας περιοχής είναι κυρίως η πρόσβαση

οποίοι καθορίζουν τις γειτονιές και οδηγούν στη διαμόρφωση θετικών και αρνητικών εξωτερικοτήτων που με τη σειρά τους επιδρούν στην τελική αξία των ακινήτων.

Στο ίδιο πλαίσιο, ο Galster (2001) θεωρεί ότι μια γειτονιά είναι μια δέσμη ιδιοτήτων με χωρική διάσταση που περιέχει συμπλέγματα κατοικιών, μερικές φορές σε συνδυασμό και με άλλες χρήσεις γης. Σύμφωνα με τον Galster (2001), κάθε γειτονιά περιγράφεται από τα εξής χαρακτηριστικά: τα δομικά/ κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των σπιτιών, τις υποδομές, τα δημογραφικά στοιχεία των κατοίκων, την κοινωνικό-οικονομική κατάσταση των κατοίκων, τους φόρους και τις δημόσιες υπηρεσίες, από συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς παράγοντες, από χαρακτηριστικά προσβασιμότητας και από πολιτικά χαρακτηριστικά.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι είτε οι παράγοντες όπως αναφέρονται από την Can (1998) είτε τα χαρακτηριστικά όπως τα αναφέρει ο Galster (2001) που διαμορφώνουν την κάθε γειτονιά έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην αγορά ακινήτων διότι οδηγούν στη συστηματική χωρική διαφοροποίηση της κατανομής των τιμών των ακινήτων στον αστικό χώρο.

Περνώντας τώρα στην έννοια των τοπικών αγορών ακινήτων, στην αγορά ακινήτων η ζήτηση και κατά ακολουθία οι τιμές δεν κινούνται ομοιόμορφα σε όλους τους τύπους ακινήτων και σε όλες τις γεωγραφικές διαμερίσεις (τοπικές αγορές) της αγοράς ακινήτων (Leishman και Watkins, 2002). Σύμφωνα με τους Adair κ.ά. (1996), η αγορά στέγασης μπορεί να οριστεί ως ένα σύνολο επιμέρους διακριτών αγορών που απορρέουν από τα διαρθρωτικά και τοπικά χαρακτηριστικά, την ανελαστική ζήτηση και τη βραχυχρόνια προσφορά κατοικιών σε μια δεδομένη περίοδο. Έτσι, κάθε αγορά κατοικίας αποτελείται από ένα σύνολο επιμέρους αγορών. Οι επιμέρους αυτές αγορές, στην πιο απλή προσέγγιση τους ορίζονται με βάση κάποια γεωγραφικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα τον

στην εργασία και στα μέσα μαζικής μεταφοράς (Can, 1998). Με την προσβασιμότητα στην εργασία να αποτελεί τις περισσότερες φορές καθοριστικό παράγοντα επιλογής του τόπου κατοικίας. Η ικανοποιητική συγκοινωνιακή σύνδεση της περιοχής, από την άλλη μεριά, συνεπάγεται μείωση του κόστους και του χρόνου μετακίνησης. Για παράδειγμα, η εύκολη πρόσβαση στα μέσα μαζικής μεταφοράς (και ιδιαίτερα στο μετρό) αποτελεί μια θετική εξωτερικότητα για την αξία των ακινήτων. Ως περιβάλλον μιας γειτονιάς μπορεί να θεωρηθεί η ποιότητα της κατασκευής των κτιρίων, οι αρχιτεκτονικές τεχνολογίες, η διαθεσιμότητα ελεύθερων χώρων πρασίνου, η ύπαρξη κοινωνικών εξυπηρετήσεων (περίθαλψης, εκπαίδευσης κτλ.), η διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης, η ύπαρξη ιστορικών και πολιτιστικών κτιρίων, η ρυμοτομία της περιοχής, η πυκνότητα δόμησης κ.ά. Μη ελκυστικές γειτονιές, όσον αφορά το περιβάλλον, θεωρούνται για παράδειγμα, περιοχές με εγγύτητα σε λεωφόρους ταχείας κυκλοφορίας και σε χώρους τοποθέτησης απορριμμάτων. Η κοινωνικοοικονομική και δημογραφική δομή της κάθε περιοχής αποτελεί άλλη μια πηγή χωρικών εξωτερικοτήτων οι οποίες επιδρούν στη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών της κάθε γειτονιάς. Σύμφωνα με την Can, η ύπαρξη μεταναστών και η αυξημένη εγκληματικότητα αποτελούν αρνητικές εξωτερικότητες, ενώ το υψηλό εισόδημα των κατοίκων, η κοινωνική δικτύωση, το ενδιαφέρον για την περιοχή και η διεκδίκηση παροχών αποτελούν θετικές εξωτερικότητες. Σε μια αστική περιοχή υπάρχει χωρική διαφοροποίηση στο είδος, στο επίπεδο και στην ποιότητα των δημόσιων υποδομών. Τα δημόσια σχολεία και η προστασία από την εγκληματικότητα αποτελούν τις σημαντικότερες παροχές δημόσιων αγαθών, η ποιότητα των οποίων έχει σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιδράσεις (Can, 1998). Άλλα δημόσια αγαθά είναι για παράδειγμα, η ύπαρξη παιδικών σταθμών και αθλητικών κέντρων.

ταχυδρομικό κωδικό ή με βάση τα τεχνικά/κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των κατοικιών όπως για παράδειγμα την ηλικία των ακινήτων ή τον τύπο του ακινήτου (εκτενέστερη ανάλυση για τον τρόπο καθορισμού τους γίνεται στο Κεφάλαιο 3 στην υποενότητα 3.5).

Ο Galster (2001), βασιζόμενος στην έννοια της στενής υποκατάστασης των σπιτιών εντός ενός τμήματος της αγοράς ακινήτων, σημειώνει ότι σε κάθε τοπική αγορά συναντώνται τα ακόλουθα:

- ακίνητα με παρόμοια δομικά/ κατασκευαστικά χαρακτηριστικά λόγω των οικονομικών κλίμακας του κλάδου των κατασκευών,
- προθυμία των αγοραστών να πληρώσουν παραπάνω για την ομοιογένεια και
- δεδομένου ότι χωρικά χαρακτηριστικά συμβάλουν στην ποιότητα της κατοικίας, κοντινές κατοικίες θα μοιράζονται πολλά κοινά χαρακτηριστικά και κατά συνέπεια θα τείνουν να κατηγοριοποιούνται στην ίδια τοπική αγορά, όπως αυτή ορίζεται με βάση την ποιότητα.

Ο ορισμός των τοπικών αγορών σε κάθε αγορά στηρίζεται στις έννοιες της υποκατάστασης και της ισορροπίας. Υποκατάστατα είναι τα ζεύγη των αγαθών ή υπηρεσιών που έχουν την ιδιότητα η αύξηση στην τιμή του ενός οδηγεί σε αύξηση της ζήτησης για το άλλο. Ζεύγη αγαθών ή υπηρεσιών με παρόμοια χαρακτηριστικά είναι πιο πιθανό να είναι στενά υποκατάστατα από ζεύγη με ανόμοια χαρακτηριστικά. Στο σημείο ισορροπίας, οι τιμές των χαρακτηριστικών θεωρείται ότι εξισώνονται για όλα τα υποκατάστατα αγαθά. Έτσι, οι τιμές είναι συνεπείς εντός των επιμέρους αγορών, διότι περιέχουν αγαθά τα οποία είναι στενά υποκατάστατα. Ωστόσο, στις τοπικές αγορές ακινήτων είναι πιθανό δυο διαφορετικές κατοικίες που περιγράφονται από την ίδια ηδονική εξίσωση να μην είναι υποκατάστατα. Αυτό συμβαίνει διότι η ηδονική μέθοδος επικεντρώνεται στις τιμές των χαρακτηριστικών παρά στην ύπαρξη ή την ποσότητα των εν λόγω χαρακτηριστικών.

Η χωρική υπόσταση³ των ακινήτων είναι το χαρακτηριστικό εκείνο που επιτρέπει τη σύνδεση των τοπικών αγορών με τις γειτονιές. Ο Borst (2007) υποστηρίζει ότι η θεωρητική βάση για την ύπαρξη των γειτονιών απορρέει από την ύπαρξη των επιμέρους τοπικών αγορών ακινήτων. Σύμφωνα με τον Borst (2007), η επίδραση της θέσης με την αξία των ακινήτων είναι σχετικά σταθερή μέσα σε κάθε γειτονιά και αυτό οφείλεται στο ότι οι γειτονιές και η ποιότητα στέγασης στις επιμέρους αγορές έχουν μια αμοιβαία αιτιώδη σύνδεση μεταξύ τους (Rothenberg κ.ά., 1991). Η ποιότητα της γειτονιάς συνδέεται με χαρακτηριστικά της αγοράς που ορίζεται από αυτή. Από την άλλη πλευρά, οι αλλαγές σε μια γειτονιά που μπορούν να προκληθούν από εξωγενείς παράγοντες, όπως για παράδειγμα από την κατασκευή ενός εμπορικού κέντρου ή από μια νέα πηγή ρύπανσης ή θορύβου επηρεάζει άμεσα και την εν λόγω υπό αγορά ακινήτων (στο βιβλίο των Rothenberg κ.ά. (1991) παρέχεται μια πλήρης ανάλυση που καθιερώνει τη σύνδεση των δυο).

³ Τα ακίνητα αναγείρονται σε συγκεκριμένους μεγέθους εκτάσεις γης που βρίσκονται σε συγκεκριμένες τοποθεσίες.

Κλείνοντας την ενότητα αυτή είναι απαραίτητο να τονιστεί ότι στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής ως γειτονιά ή τοπική αγορά εννοείται το τμήμα του γεωγραφικού χώρου, τα χαρακτηριστικά του οποίου στο εσωτερικό του είναι πολύ ομοιογενή ενώ τα ίδια χαρακτηριστικά διαφέρουν σημαντικά στις άλλες γεωγραφικές ενότητες. Τα χαρακτηριστικά αυτά στην περίπτωση των τοπικών αγορών ακινήτων αφορούν τις τιμές των κατοικιών καθώς και ως προς ένα βαθμό και τις μεταβλητές που καθορίζουν την τιμή τους.

2.2.2 Γιατί είναι Αναγκαίος ο Καθορισμός των Τοπικών Αγορών

Οι αυτοματοποιημένες μέθοδοι εκτίμησης ακινήτων (computer assisted mass appraisal-CAMA), που βασίζονται σε οικονομετρικά υποδείγματα, εφαρμόζονται εδώ και αρκετά χρόνια για τη μαζική εκτίμηση των ενυπόθηκων δανείων (Hamilton, 1998; Mark και Goldberg, 1988; Pace και Gilley; 1989). Τα υποδείγματα αυτά, περιγράφουν την αγορά ακινήτων, επιτρέπουν γρήγορη, οικονομικά αποδοτική και στατιστικά ελεγμένη αποτίμηση ενός ακινήτου ή ενός χαρτοφυλακίου ακινήτων και χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες (όπως στις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο, τον Καναδά, την Ολλανδία και την Ελβετία). Τα υποδείγματα παλινδρόμησης που χρησιμοποιούνται πρέπει να παρέχουν εκτιμήσεις τιμών που να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερες. Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να εξεταστεί κατά πόσο μια δεδομένη αγορά ακινήτων θα πρέπει να μελετάται στο σύνολό της ή αν η αγορά θα πρέπει να θεωρείται ως ένα σύνολο από επιμέρους αγορές (τοπικές αγορές).

Ο στόχος δεν είναι κατ' ανάγκη να καθοριστούν σχετικά ομοιογενείς επιμέρους αγορές που αποτελούνται από κατοικίες υποκατάστατα, αλλά η ακριβέστερη εκτίμηση των τιμών ακινήτων. Διότι οι δύο αυτοί στόχοι, στην πραγματικότητα, είναι σε σύγκρουση. Για παράδειγμα, καθώς η αγορά είναι κατακερματισμένη σε όλο και μικρότερες και πιο ομοιογενείς τοπικές αγορές, οι ηδονικές τιμές εκτιμώνται με λιγότερη ακρίβεια λόγω της αντίστροφης σχέσης μεταξύ του μεγέθους του δείγματος και των τυπικών σφαλμάτων. Επίσης, καθώς η αγορά είναι κατακερματισμένη σε πιο ομοιογενείς επιμέρους αγορές, η μεταβλητότητα των χαρακτηριστικών των ακινήτων θα μειώνεται και κατά συνέπεια, ορισμένες μεταβλητές δε θα είναι στατιστικά σημαντικές και συνεπώς δεν θα πρέπει να συμπεριληφθούν στην ηδονική εξίσωση. Έτσι, εάν οι εν λόγω εξισώσεις βασίζονται σε χαρακτηριστικά που έχουν μεγαλύτερη μεταβλητότητα και όχι σε χαρακτηριστικά στα οποία βασίζεται η συναλλαγή, οι εκτιμήσεις θα είναι ανακριβείς.

Δίνοντας έμφαση στην αναγκαιότητα τμηματοποίησης της αγοράς στέγασης, οι Goodman και Thibodeau (2007), αναφέρουν ότι η ορθή τμηματοποίηση της, είναι πιθανόν να αυξήσει την προβλεπόμενη ακρίβεια των οικονομετρικών υποδειγμάτων και να επιτρέψει στους ερευνητές την καλύτερη μοντελοποίηση της χωρικής και χρονικής διακύμανσης των τιμών. Επίσης, επισημαίνουν ότι ο ακριβής καθορισμός των επιμέρους αγορών μειώνει τον κίνδυνο που συνδέεται με τη χρηματοδότηση και την ιδιοκτησία για τους δανειστές και τους επενδυτές αντίστοιχα. Οι Bourassa κ.ά. (2003), κατέληξαν και αυτοί στο συμπέρασμα ότι οι

προβλέψεις των τιμών είναι πιο ακριβείς όταν βασίζονται στην τμηματοποίηση της αγοράς κατοικιών. Τέλος, οι έννοιες της χωρικής εξάρτησης και των επιμέρους αγορών είναι στενά συνδεδεμένες. Ως εκ τούτου, ο έλεγχος για την ύπαρξη τοπικών αγορών και ο καθορισμός τους μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τις εκτιμήσεις. Ο έλεγχος για την ύπαρξη τοπικών αγορών βασίζεται, συνήθως, στα τυπικά σφάλματα, στο F κριτήριο και στην προγνωστική ακρίβεια των υποδειγμάτων (Goodman και Thibodeau, 2003; Bourassa κ.ά., 2010). Όσον αφορά τις μεθόδους καθορισμού τους, αυτές περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση ψευδομεταβλητών στα υποδείγματα, τη χρήση της ανάλυσης συστάδων κ.ά. (βλέπε υποενότητα 3.5). Η προσέγγιση για την ανάλυση της κατάτμησης της αγοράς κατοικίας περιλαμβάνει την εκτίμηση των ηδονικών εξισώσεων στις επιμέρους αγορές και, στη συνέχεια, τον έλεγχο για τη δομική σταθερότητα των εξισώσεων αυτών (Rothenberg κ.ά., 1991).

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να επισημανθεί ότι οι γειτονιές σε κάθε αγορά ακινήτων δεν μπορούν να θεωρηθούν σταθερές καθώς και ότι ο καθορισμός τους μπορεί να έχει και αρνητικά αποτελέσματα στις εκτιμήσεις των τιμών των ακινήτων. Αυτό επισημαίνεται από πολλούς συγγραφείς, όπως για παράδειγμα από τους Walsh και Stenehjem (1975), Wissel και Sauter (1982), Connor (1982), Connor και Eichenbaum (1988), Connor (2002), Ward κ.ά. (1999), Figueroa (1999), Ward κ.ά. (2002), οι λόγοι για του οποίους παρατηρούνται τα παραπάνω συνοψίζονται στα εξής:

- η οριοθέτηση τους γίνεται με υποκειμενικό τρόπο,
- η διαδικασία βασίζεται κάθε φορά σε ένα δείγμα ακινήτων από τη συγκεκριμένη αγορά, έτσι με ένα άλλο δείγμα η ίδια διαδικασία καθορισμού των γειτονιών μπορεί να δώσει άλλα αποτελέσματα (η διαδικασία δεν είναι επαναλαμβανόμενη),
- οι γειτονιές μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου,
- τα αποτελέσματα είναι ευαίσθητα στα όρια,
- ο καθορισμός τους οδηγεί σε υποδείγματα με μειωμένο σύνολο παρατηρήσεων,
- οι γειτονιές σπανίως οριοθετούνται από διακριτά χωρικά όρια, στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχουν επικαλύψεις.

Κεφάλαιο 3

Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

Σκοπός του κεφαλαίου είναι η επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τα ζητήματα που εξετάζονται στη διατριβή. Η μελέτη των τιμών των ακινήτων γίνεται στο πλαίσιο της θεωρίας των ηδονικών τιμών. Έτσι, στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται οι εργασίες που σχετίζονται με την εφαρμογή της θεωρίας των ηδονικών τιμών στην αγορά ακινήτων. Ωστόσο, έχουμε ένα οικονομικό φαινόμενο που εξελίσσεται στο χώρο και επηρεάζεται από αυτόν. Η επίδραση του χώρου μετράται/εκφράζεται από τη χωρική εξάρτηση και τη χωρική αυτοσυσχέτιση. Με άλλα λόγια, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχουμε μια συστηματική διαφοροποίηση των τιμών των ακινήτων στο χώρο. Έτσι, στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται έρευνες που αναλύουν τα προβλήματα που δημιουργούν οι χωρικές επιδράσεις στην εκτίμηση των ηδονικών τιμών των ακινήτων και καθιστούν απαραίτητη τη χρήση των υποδειγμάτων της χωρικής οικονομετρίας. Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται κάποια από τα σημαντικότερα άρθρα σε σχέση με τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας και την εκτίμηση των τιμών των ακινήτων. Ωστόσο, για την αντιμετώπιση των χωρικών επιδράσεων, πέρα από τις τεχνικές των χωρικών υποδειγμάτων χρησιμοποιούνται και άλλες μέθοδοι. Για το λόγο αυτό, στην τέταρτη ενότητα παρουσιάζονται έρευνες που χρησιμοποιούν για την ανάλυση της αγοράς ακινήτων: τη μέθοδο επέκτασης του Casetti, τη γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση, την Ποσοσημοριακή παλινδρόμηση, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και τις τεχνικές της γεωστατιστικής. Τέλος, στην πέμπτη ενότητα παρουσιάζονται οι μέθοδοι οριοθέτησης των τοπικών αγορών ακινήτων που απαντώνται στην αρθρογραφία.

3.1 Ηδονικές Τιμές στην Αγορά Ακινήτων

Ένα ηδονικό υπόδειγμα θέτει την τιμή του προϊόντος ως διάνυση των χαρακτηριστικών του και η ηδονική εξίσωση είναι μια εξίσωση που καθορίζεται από την αλληλεπίδραση της προσφοράς και της ζήτησης (βλέπε Κεφάλαιο 2). Τα ηδονικά υποδείγματα, μεταξύ άλλων, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ποιοτικών προσαρμοσμένων δεικτών τιμών (quality-adjusted price indexes) για διαφοροποιημένα προϊόντα. Η πλειονότητα των προϊόντων αυτών είναι προϊόντα που υπόκεινται σε ταχείες τεχνολογικές αλλαγές, όπως για παράδειγμα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές (βλέπε π.χ. Dulberger, 1989 και Berndt κ.ά. 1995).

Η αγορά στέγασης είναι μια περίπτωση αγοράς διαφοροποιημένου προϊόντος, υπό την έννοια ότι κάθε ακίνητο είναι διαφορετικό. Ακόμη και αν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά δυο ακινήτων είναι ίδια, τα ακίνητα θα διαφέρουν ως προς τη γεωγραφική τους θέση. Αυτό το χαρακτηριστικό της αγοράς στέγασης επιτρέπει τη χρήση της τεχνικής των ηδονικών τιμών (βλέπε Κεφαλαίο 2).

Στο πλαίσιο της αγοράς ακινήτων, η ηδονική μέθοδος χρησιμοποιείται, εκτός από την κατασκευή ποιοτικών προσαρμοσμένων δεικτών τιμών, για μια σειρά από ζητήματα. Πιο συγκεκριμένα, όπως επισημαίνει ο Hill (2013), η χρήση της τεχνικής των ηδονικών τιμών στην αγορά ακινήτων δίνει τη δυνατότητα:

- Πρώτον, της κατασκευής ποιοτικών προσαρμοσμένων δεικτών των τιμών των κατοικιών (βλέπε π.χ. Triplett, 2004; Acadametrics, 2009; Dorsey κ.ά., 2010).
- Δεύτερον, των αυτοματοποιημένων μαζικών επανεκτιμήσεων των τιμών των ακινήτων (βλέπε π.χ. Clapp, 2003; Mooya, 2011).
- Τρίτον, να εξηγηθούν οι διαφοροποιήσεις των τιμών των κατοικιών και να προσδιοριστεί η επίδραση των χαρακτηριστικών στις τιμές τους (βλέπε π.χ. Coulson, 2008).
- Τέταρτον, για τη μελέτη της ζήτησης για τις μη εμπορεύσιμες υπηρεσίες (βλέπε π.χ. Day κ.ά., 2007; Carruthers και Clark, 2010).
- Πέμπτον, την κατάτμηση της αγοράς, δηλαδή τον καθορισμό υποαγορών (βλέπε π.χ. Bourassa κ.ά., 2003; Lipscomb και Farmer, 2005; Tu κ.ά., 2007).
- Έκτον, την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των κυβερνητικών πολιτικών και την υποβολή φόρων (βλέπε π.χ. Seko και Sumita, 2007; Burge, 2011).

Οι πρώτες εφαρμογές της ηδονικής θεωρίας στην αγορά κατοικίας έγιναν με στόχο να εξηγηθεί η διαφοροποίηση των τιμών ακινήτων και να προσδιοριστούν οι επιδράσεις των χαρακτηριστικών τους στις τιμές τους. Μια από τις πρώτες μελέτες ήταν των Ridker και Henning (1968), οι οποίοι επικεντρώθηκαν στην επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη διαμόρφωση της τιμής των ακινήτων. Ουσιαστικά η έρευνα στον τομέα της αγοράς ακινήτων άρχισε τη δεκαετία του 1970. Κάποιες από τις αξιοσημείωτες αρχικές συνεισφορές μεταξύ άλλων, είναι του Oates (1969), των Kain και Quigley (1970), των Berry και Bednarz

(1975), του Gillingham (1975), του Chinloy (1977), του Ferri (1977), του Maclellan (1977) και του Goodman (1978).

Οι πρώτες αυτές μελέτες είχαν πρόσβαση σε περιορισμένα σύνολα δεδομένων και είχαν επίσης να αντιμετωπίσουν και τα προβλήματα με την υπολογιστική ισχύ. Η δημιουργία μεγάλων συνόλων δεδομένων, η αυξανόμενη υπολογιστική ισχύς, η διάχυση της τεχνολογίας αρχικά των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Geographic Information Systems-GIS) (τα οποία έδωσαν τη δυνατότητα της χρήσης ενός κατάλληλου λογισμικού περιβάλλοντος για την ενσωμάτωση μεταβλητών που αφορούν τα χαρακτηριστικά της θέσης και της γειτονιάς του ακινήτου) και στη συνέχεια και άλλων λογισμικών όπως το GeoDA, της R και της Matlab, καθώς και η αυξανόμενη αναγνώριση της οικονομικής σημασίας του τομέα της στέγασης, είχαν ως αποτέλεσμα το πεδίο της εφαρμογής των ηδονικών τιμών στην αγορά κατοικίας να αποτελέσει μια πολύ σημαντική περιοχή έρευνας μέχρι και σήμερα.

Στην παρούσα διατριβή η θεωρία των ηδονικών τιμών χρησιμοποιείται για να εξηγηθούν και να μελετηθούν οι διαφοροποιήσεις των τιμών των κατοικιών στο χώρο, για να προσδιοριστεί το είδος και ο βαθμός της επίδρασης των χαρακτηριστικών στη διαμόρφωση των τιμών των ακινήτων καθώς και για τον καθορισμό υποαγορών. Ωστόσο, τα χωρικά οικονομετρικά υποδείγματα που εφαρμόζονται στην αγορά κατοικίας της Αθήνας, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για τα έξι ζητήματα που αναφέρει ο Hill.

3.2 Οικονομετρικά Ηδονικά Υποδείγματα Ακινήτων και Χωρικές Επιδράσεις

Τις περισσότερες φορές, η θεωρία των ηδονικών τιμών στην αγορά ακινήτων εφαρμόζεται με τη χρήση της ανάλυσης παλινδρόμησης. Ωστόσο, τα παραδοσιακά ηδονικά υποδείγματα παλινδρόμησης δε λαμβάνουν υπόψη τη χωρική διάσταση των τιμών των κατοικιών. Αν οι τιμές των κατοικιών συσχετίζονται στο χώρο, είτε στα επίπεδα των τιμών τους, είτε στα επίπεδα των καταλοίπων τους, τότε η απλή παλινδρόμηση μπορεί να δώσει ψευδή (spurious) αποτελέσματα (Wang, 2006). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η τιμή που είναι πρόθυμος να καταβάλει ο αγοραστής για μια επιπλέον μονάδα (marginal implicit price-MIP) του χαρακτηριστικού που περιγράφει η μεταβλητή στο οικονομετρικό υπόδειγμα και εκτιμάται από αυτό, να μην είναι σωστή. Αν για παράδειγμα μελετάμε την εξωτερικότητα ενός χώρου υγειονομικής ταφής, η τιμή που εκτιμάται μπορεί να οφείλεται στη χωρική συσχέτιση των τιμών των κατοικιών, και όχι στον πραγματικό αντίκτυπο του χώρου υγειονομικής ταφής. Η χωρική αυτή συσχέτιση οφείλεται στις χωρικές επιδράσεις, οι οποίες μπορούν να ληφθούν υπόψη με τη χρήση των υποδειγμάτων της χωρικής οικονομετρίας (Pace κ.ά, 1998; Dubin κ.ά, 1999). Σύμφωνα με τον Hill (2013), σε ένα ηδονικό υπόδειγμα ακινήτων η χωρική εξάρτηση οφείλεται συνήθως στην παράληψη μεταβλητών που αφορούν τα χαρακτηριστικά της γειτονιάς του.

Η τοποθεσία λοιπόν, όπως σημειώνει και η Osland (2006) αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη διαμόρφωση των τιμών των κατοικιών. Ωστόσο, όπως επισημαίνουν οι Kim κ.ά. (2003), η μοντελοποίηση του χώρου δεν ήταν τόσο διαδεδομένη στις εμπειρικές έρευνες της αγοράς ακινήτων. Οι χωρικές επιδράσεις, η χωρική εξάρτηση και η χωρική ετερογένεια δηλαδή, είναι φαινόμενα που οφείλονται στην ανομοιομορφία του χώρου. Τις τελευταίες δεκαετίες ένα πλήθος μεθόδων της χωρικής οικονομετρίας έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας του χώρου (βλέπε Κεφάλαιο 4, υποενότητα 4.2).

Σημείο εκκίνησης της διαδικασίας ανάλυσης των τιμών των ακινήτων αποτελεί ο έλεγχος χωρικών επιδράσεων στα κατάλοιπα του οικονομετρικού υποδείγματος που εκτιμάται (Osland, 2010). Συχνά ο έλεγχος δείχνει την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των τιμών, αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι παραδοχές της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων (ordinary least squares method-OLS) να μην ικανοποιούνται. Σύμφωνα με τους Fotheringham κ.ά. (2002), όταν διενεργείται ο έλεγχος για την ύπαρξη χωρικών επιδράσεων στις εκτιμώμενες παραμέτρους, είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα επιβεβαιωθεί. Το τί προκαλεί το αποτέλεσμα της συσχέτισης είναι δύσκολο να εξηγηθεί και μπορεί να οφείλεται στη μη ορθή εξειδίκευση (misspecifications) του υποδείγματος (Osland, 2010). Μπορεί για παράδειγμα να είναι αποτέλεσμα του κακώς προσδιορισμένου υποδείγματος, όσον αφορά την συναρτησιακή μορφή ή όσον αφορά μεταβλητές που δεν έχουν συμπεριληφθεί στην εξειδίκευσή του. Ο McMillen (2003), σε μια μελέτη προσομοίωσης έδειξε ότι η χωρική συσχέτιση των τιμών των κατοικιών προκαλείται από τις μεταβλητές που δεν έχουν συμπεριληφθεί στο υπόδειγμα, όπως η απόσταση από το κέντρο της πόλης κ.ά. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, οι χωρικές επιδράσεις σχετίζονται με τη ψευδή (spurious) ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Όπως επισημαίνει η Osland (2010), το πρόβλημα των χωρικών επιδράσεων είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν μελετώνται μεγάλες στεγαστικές αγορές, όταν δηλαδή η αγορά μελετάται ως σύνολο χωρίς να γίνεται διάκριση σε επί μέρους υποαγορές. Το πρόβλημα από την παράληψη κάποιων χωρικών μεταβλητών σε μικρές αγορές δεν είναι τόσο σημαντικό διότι οι περιοχές αυτές θα είναι πιο ομοιογενείς σε σύγκριση με μια ενιαία αστική περιοχή. Για τους λόγους αυτούς, τα ηδονικά υποδείγματα των τιμών των κατοικιών θα πρέπει να ελέγχονται για την ύπαρξη χωρικών επιδράσεων.

Από τους πρώτους που ασχολήθηκαν με τις χωρικές επιδράσεις στην εκτίμηση των τιμών των ακινήτων είναι ο Goodman (1978) και οι Li και Brown (1980), οι οποίοι εξέτασαν τις χωρικές επιδράσεις στην κλίμακα της γειτονιάς. Βασιζόμενοι πάνω στις εργασίες αυτές, ο Dubin (1988) και η Can και ο Megbolugbe (1997), μεταξύ πολλών άλλων, μελέτησαν τις επιδράσεις της χωρικής εξάρτησης στην αγορά ακινήτων. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές του 1990, η χωρική οικονομετρία εδραιώθηκε σε άλλους κλάδους και τα υποδείγματα της θεωρήθηκαν κατάλληλα για την αποτίμηση των τιμών των ακινήτων (Goodchild, 2004; Cohen και Coughlin, 2008).

Οι Brasington και Haurin (2006), βρήκαν ότι η επίδραση του σχολείου στις τιμές των κατοικιών είναι μεγαλύτερη όταν χρησιμοποιείται το χωρικό υπόδειγμα SAR⁴ σε σύγκριση με την επίδραση που προκύπτει όταν χρησιμοποιείται το MLR⁵ υπόδειγμα. Οι Cohen και Coughlin (2008), σε μια μελέτη σχετικά με τις επιπτώσεις του θορύβου των αεροδρομίων στις τιμές των κατοικιών στην Ατλάντα, συγκρίνουν τα SAR, SEM⁶ και MLR υποδείγματα. Θεωρούν ότι οι συντελεστές που εκτιμώνται για τον θόρυβο των αερολιμένων δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των τριών υποδειγμάτων, ωστόσο τα αποτελέσματα είναι στατιστικά διαφορετικά. Ο Kuethe (2012), χρησιμοποιεί το SEM υπόδειγμα για να εξετάσει τις επιπτώσεις της ποικιλομορφίας των χρήσεων γης και του κατακερματισμού της χρήσης γης στις τιμές των κατοικιών στο Milwaukee των ΗΠΑ. Το αρχικό υπόδειγμα MLR δείχνει ότι οι χρήσεις γης έχουν θετική επίδραση στις τιμές των κατοικιών, ενώ η επίδραση του κατακερματισμού των χρήσεων γης δεν είναι στατιστικά σημαντικά στη διαμόρφωσή τους. Με τη χρήση όμως του SEM υποδείματος οι χρήσεις γης δεν έχουν καμία επίδραση και τα υψηλά επίπεδα κατακερματισμού της γης σχετίζονται με την αύξηση των τιμών των κατοικιών. Σε μια άλλη μελέτη σχετικά με το επίπεδο διαβίωσης των ανθρώπων και των χαρακτηριστικών των κατοικιών, οι Koschinsky κ.ά. (2012) έδειξαν ότι οι εκτιμήσεις του MLR υποδείματος είναι αρκετά διαφορετικές από εκείνες που προκύπτουν από τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας. Η μελέτη τους δείχνει ότι αν δεν λαμβάνεται υπόψη η χωρική εξάρτηση μεταξύ των παρατηρήσεων (των τιμών των κατοικιών) και χρησιμοποιούνται MLR υποδείγματα κατά την αποτίμηση των ακινήτων τα αποτελέσματα είναι διαφορετικά και στατιστικά σημαντικά. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι η χρήση του SAR ή του SEM υποδείματος αλλάζει σημαντικά τα αποτελέσματα αρκετών μεταβλητών.

Οι παραπάνω εργασίες, καθώς και πολλές άλλες που έχουν γίνει, δείχνουν ότι οι χωρικές επιπτώσεις δεν θα πρέπει να αγνοούνται στις μελέτες τιμολόγησης της ακίνητης περιουσίας. Ακόμη και αν υπάρχουν περιπτώσεις όπου δεν αλλάζουν κατά σημαντικό βαθμό οι τιμές των MIP στα χωρικά υποδείγματα σε σχέση με τα MLR υποδείγματα, η χρήση τους εξασφαλίζει πιο ακριβή αποτελέσματα.

3.3 Ηδονικά Χωρικά Οικονομετρικά Υποδείγματα Ακινήτων

Πριν την παρουσίαση των εφαρμογών των χωρικών υποδειγμάτων που απαντώνται στην αρθρογραφία για την εκτίμηση των ακινήτων, θα πρέπει να επισημανθεί ότι από τα διαθέσιμα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας, τα υποδείγματα SAR και SEM έχουν το μεγαλύτερο αριθμό εμπειρικών εφαρμογών (Ibeas, κ.ά., 2012). Επιπλέον, η αρθρογραφία

⁴ Υπόδειγμα χωρικής υστέρησης (Spatial Lag Model-SAR).

⁵ Υπόδειγμα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Multiple Linear Regression model –MLR).

⁶ Υπόδειγμα χωρικού σφάλματος (Spatial Error Model-SEM).

είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη και για το λόγο αυτό ακολουθεί ενδεικτική παρουσίαση μερικών από των μελετών που έχουν γίνει.

Ο Wilhelmsson (2002), χρησιμοποιώντας δεδομένα της αγοράς ακινήτων της Στοκχόλμης, εφάρμοσε το υπόδειγμα χωρικής υστέρησης (SAR) και το υπόδειγμα χωρικού σφάλματος (SEM) και τα σύγκρινε τόσο μεταξύ τους όσο και με το παραδοσιακό υπόδειγμα παλινδρόμησης MLP. Τα αποτελέσματά του έδειξαν ότι το υπόδειγμα χωρικού σφάλματος είναι το καταλληλότερο υπόδειγμα για την τιμολόγηση των ακινήτων της υπό ανάλυση αγοράς κατοικίας.

Οι Armstrong και Rodríguez (2006), χρησιμοποίησαν το SAR υπόδειγμα για να εξετάσουν την αύξηση των αξιών των ακινήτων μετά την έναρξη του προαστιακού σιδηροδρόμου στη Μασαχουσέτη των ΗΠΑ. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση των τιμών έως 10% στα ακίνητα που βρίσκονται κοντά στους σταθμούς καθώς και σημαντική αρνητική μεταβολή στην αξία των ακινήτων που βρίσκονται κοντά στις γραμμές του σιδηροδρόμου.

Οι Löchl και Axhausen (2010), σύγκριναν τα MLR, SEM και SDM⁷ υποδείγματα. Οι συγγραφείς επέλεξαν το SEM υπόδειγμα, διότι στο SDM υπόδειγμα έναν μεγάλο αριθμός μεταβλητών δεν ήταν στατιστικά σημαντικός.

Η Osland (2010), χρησιμοποιώντας στοιχεία για τις τιμές ακινήτων της Νορβηγίας, έκανε μια συγκριτική ανάλυση των χωρικών υποδειγμάτων (SAR, SEM, SDM) και του MLR υποδείγματος. Τα αποτελέσματά της έδειξαν ότι με βάση τις τιμές του Moran's I, του AIC και του LM κριτηρίου το καταλληλότερο υπόδειγμα ήταν το SDM.

Ο Gerkman (2012), χρησιμοποιώντας στοιχεία ακινήτων από το Ελσίνκι της Φινλανδίας, σύγκρινε τα MLR, SEM και SDM υποδείγματα. Τα αποτελέσματά του έδειξαν ότι το χωρικό υπόδειγμα Durbin δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Οι Efthymiou και Antoniou (2013), εξέτασαν τις επιδράσεις των υποδομών των μέσων μαζικής μεταφοράς στη διαμόρφωση των τιμών των ακινήτων της Αθήνας. Σύγκριναν το MLP υπόδειγμα με τα χωρικά SAC, SAR, SEM και SDM υποδείγματα χρησιμοποιώντας ως κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου το δείκτη Moran's I και το κριτήριο AIC. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι το SEM υπόδειγμα είναι αυτό που συλλαμβάνει καλύτερα τις χωρικές επιδράσεις των τιμών των ακινήτων.

Κλείνοντας, θα πρέπει να σημειωθεί ότι την τελευταία δεκαετία, η χωρική οικονομετρία έχει εδραιωθεί στην αποτίμηση των τιμών των ακινήτων. Ωστόσο, ένα βασικό ερώτημα που κυριαρχεί στο πεδίο της χωρικής οικονομετρίας μέχρι και σήμερα είναι το πώς καθορίζεται η μήτρα χωρικών σταθμίσεων.

⁷ Χωρικό υπόδειγμα Durbin (Spatial Durbin Model-SDM).

3.4 Άλλες Προσεγγίσεις Εκτίμησης των Ήδονικών Υποδειγμάτων Ακινήτων

Για την αντιμετώπιση των χωρικών επιδράσεων στην εκτίμηση των τιμών των ακινήτων, πέρα από τις τεχνικές των χωρικών αυτοπαλινδρομων υποδειγμάτων, χρησιμοποιούνται και άλλες μέθοδοι όπως: η μέθοδος επέκτασης του Casetti, η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση (Geographically Weighted Regression–GWR), η Ποσοσημοριακή παλινδρόμηση (Quantile Regression-QR), τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Network-ANN) και οι τεχνικές της γεωστατιστικής.⁸

Τα χωρικά οικονομετρικά υποδείγματα που συζητήθηκαν παραπάνω προσπαθούν να συλλάβουν τη χωρική εξάρτηση των κοντινών στο χώρο παρατηρήσεων (Krause και Bitter, 2012). Ωστόσο αναπτύχθηκε και ένα άλλο σύνολο τεχνικών μοντελοποίησης, οι οποίες επιδίωξαν να εξετάσουν αν οι σχέσεις τόσο μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών όσο και της εξαρτημένης μεταβλητής ποικίλλουν στο χώρο. Η πρώτη τέτοια τεχνική είναι η μέθοδος επέκτασης που αναπτύχθηκε από τον Casetti (1972) και αργότερα χρησιμοποιήθηκε από την Can (1990). Πιο πρόσφατα, η πιο διαδεδομένη τεχνική για την αντιμετώπιση της χωρικής ετερογένειας στις εκτιμήσεις των συντελεστών είναι η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση, όπως διαμορφώθηκε από τους Fotheringham, Charlton και Brunsdon το 2002. Οι Paez, κ.ά (2008), οι οποίοι χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της GWR τόσο για την εκτίμηση όσο και για την πρόβλεψη των τιμών των ακινήτων, έδειξαν ότι η GWR δίνει καλύτερες προβλέψεις σε σύγκριση με το MLP υπόδειγμα και από ένα κινούμενο παράθυρο με τη μέθοδο Kriging. Αντίθετα, η Osland (2010) διαπίστωσε ότι, τα προγνωστικά αποτελέσματα της GWR δεν διαφέρουν σημαντικά από το MLP υπόδειγμα. Το υπόδειγμα της GWR ανήκει στα μοντέλα τοπικής παλινδρόμησης και δε χρησιμοποιείται μόνο για το σκοπό της πρόβλεψης των τιμών (Krause και Bitter, 2012). Για παράδειγμα, οι Du και Mulley (2006) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της GWR για να εξετάσουν τη χωρική ετερογένεια μεταξύ των τιμών και της πρόσβασης στα μέσα μαζικής μεταφοράς στην Αγγλία. Σε αρκετές εμπειρικές εργασίες, η χρήση των τοπικών υποδειγμάτων παλινδρόμησης (GWR), δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τα MLP υποδείγματα. Ωστόσο, όπως επισημαίνουν οι Wheeler και Tiefelsdorf (2005), οι τοπικές παράμετροι που παράγονται από το υπόδειγμα της GWR είναι πολύ πιθανόν να παρουσιάζουν πολυσυγγραμμικότητα, και προτείνουν κάποιους διαγνωστικούς ελέγχους για τη μέτρησή της. Σε μια πρόσφατη εργασία, οι Paez, κ.ά. (2011), εκτέλεσαν μια σειρά προσομοιώσεων για να ελέγξουν τις στατιστικές ιδιότητες της GWR. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι ενώ στην πραγματικότητα δεν υπάρχει χωρική ετερογένεια, τα υποδείγματα της GWR παρουσιάζουν υψηλότερο ποσοστό ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων, και επισήμαναν ότι σε μικρά σύνολα δεδομένων (για μέγεθος δείγματος μικρότερο από 160), η χρήση της GWR μπορεί να έχει σοβαρά προβλήματα. Περαιτέρω, προτείνουν ότι οι ερευνητές πρέπει να είναι προσεκτικοί στη χρήση των μεθόδων τοπικής παλινδρόμησης, όπως η GWR. Εν ολίγοις, η

⁸ Η παρουσίαση των μεθόδων: επέκτασης του Casetti, γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση, ποσοσημοριακής παλινδρόμησης, των τεχνητών νευρωνικών δικτύων και της γεωστατιστικής μεθόδου Kriging γίνεται στο Κεφάλαιο 4, στην υποενότητα 4.6.

GWR και οι άλλες τοπικές τεχνικές παλινδρόμησης είναι εξαιρετικά καλές για τη μέτρηση της χωρικής ετερογένειας των χαρακτηριστικών των ακινήτων και των τιμών, ωστόσο, απαιτείται περισσότερη έρευνα σχετικά με τις στατιστικές επαγωγικές ιδιότητες των εν λόγω υποδειγμάτων.

Περνώντας τώρα στην ποσοσιμοριακή παλινδρόμηση, οι Zietz κ.ά. (2008) εφαρμόζουν τη χωρική ποσοσιμοριακή παλινδρόμηση σε δεδομένα της Utah, των ΗΠΑ. Παρατηρούν ότι ορισμένα χαρακτηριστικά των ακινήτων αποτιμώνται με διαφορετικό τρόπο σε όλη τη δεσμευμένη κατανομή των τιμών σε σχέση με τη χωρική QR. Για περισσότερες εφαρμογές της χωρικής QR στην αγορά ακινήτων βλέπε Jim και Chen (2009), Cho (2011), Liao και Wang (2012), Fesselmeyer κ.ά. (2013). Οι παραπάνω μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι τιμές των χαρακτηριστικών των ακινήτων παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στα διαφορετικά σημεία της κατανομής των τιμών των ακινήτων, κάτι το οποίο οφείλεται στις ποσοστημόριακες επιπτώσεις.

Η προσέγγιση των τεχνητών νευρωνικών δικτύων στην αγορά ακινήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την πρόβλεψη τιμών εκτός του δείγματος όσο και για την εκτίμηση ή την επανεκτίμησή τους. Η εφαρμογή των ANN στην αποτίμηση ακινήτων συναντάται σε αρκετά άρθρα από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Η πλειονότητα των πρώτων αυτών μελετών επικεντρώθηκε στη σύγκριση της επίδοσης των ANN σε σχέση με το MLR υπόδειγμα. Για παράδειγμα, οι Tay και Ho (1992), σύγκριναν την επίδοση του ANN με το παραδοσιακό υπόδειγμα παλινδρόμησης. Η μελέτη τους έδειξε ότι το νευρωνικό δίκτυο δίνει καλύτερης ακριβείας αποτελέσματα. Στα ίδια αποτελέσματα οδηγήθηκαν και οι Do και Grudnitski (1992). Αναλυτικότερα, η μελέτη τους έδειξε ότι το μέσο απόλυτο σφάλμα ήταν σημαντικά χαμηλότερο στο νευρωνικό δίκτυο σε σχέση με αυτό της γραμμικής παλινδρόμησης. Ο Kathmann (1993), παρουσίασε μια μέθοδο για τη μαζική επανεκτίμηση των ακινήτων η οποία βασίζεται αποκλειστικά στη χρήση των ANN. Η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ανάλυση της αγοράς με τη χρήση των νευρωνικών δικτύων παρέχει καλύτερα αποτελέσματα από άλλες μεθόδους ανάλυσης της αγοράς. Επίσης, οι μελέτες από τους Collins (1994), Tsukuda και Baba (1994) και Huang κ.ά. (1994) έδειξαν ότι η τεχνική των ANN είναι καλύτερη της τεχνικής της πολλαπλής παλινδρόμησης για την εκτίμηση των τιμών των ακινήτων. Παρ' όλα αυτά, υπάρχει και ένας αριθμός από μελέτες που επισημαίνουν κάποια μειονεκτήματα της τεχνικής. Για παράδειγμα οι Worzala κ.ά. (1995), εφάρμοσαν την τεχνική των ANN και το MLP υπόδειγμα, σύγκριναν τις επιδόσεις των δύο μεθόδων στην εκτίμηση των τιμών πώλησης των κατοικιών και επισημαίνουν ότι η τεχνική των ANN λειτουργεί ως «μαύρο κουτί» καθώς και ότι δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε ομοιογενή δεδομένα. Ομοίως, οι McGreal κ.ά. (1998), Lenk κ.ά. (1997), Rossini (1997) και James και Lam (1996) επισημαίνουν τα ίδια προβλήματα. Παρά τους ενδοιασμούς που αναφέρονται στην αρθρογραφία, αρκετές μελέτες έδειξαν τις δυνατότητες των ANN στο πλαίσιο της μαζικής επανεκτίμησης των ακινήτων (Nguyen και Cripps, 2001; Wu κ.ά., 2001; Limsombunchai κ.ά., 2004; Peterson και Flanagan, 2009; Lin και Mohan, 2011). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι το σημαντικότερο μειονέκτημα της τεχνικής των ANN

είναι ότι δεν μπορούν να υπολογιστούν τα MIP των χαρακτηριστικών των ακινήτων. Ωστόσο, γίνεται προσπάθεια για τη βελτίωση της τεχνικής.

Τέλος, όσον αφορά τις μεθόδους της γεωστατικής, ο Dubin (1998) χρησιμοποίησε τη μέθοδο kriging για να βελτιώσει την ακρίβεια της μέγιστης πιθανότητας πρόβλεψης των τιμών των σπιτιών της Βαλτιμόρης. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος kriging είναι καλύτερη από την MLP μέθοδο. Ομοίως, οι Basu και Thibodeau (1998) διερευνούν την αποτελεσματικότητα και την απόδοση του kriging σε σχέση με ένα γενικευμένο υπόδειγμα ελαχίστων τετραγώνων (generalized least squares-GLS) και με ένα MLP υπόδειγμα σε δεδομένα ακινήτων του Τέξας. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι το GLS υπόδειγμα οδηγεί σε μικρότερα σφάλματα πρόβλεψης, όταν η διαμέριση των υποαγορών είναι τέτοια ώστε τα κατάλοιπα του MLP υποδείγματος να μην είναι χωρικά αυτοσυσχετιζόμενα. Σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες, οι Páez κ.ά. (2008) εστιάζουν στη σύγκριση του kriging με την GWR μέθοδο. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι το kriging δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια πρόβλεψης. Αντίθετα, οι Harris κ.ά. (2010) προτείνουν τη μέθοδο της GWR ως εναλλακτική λύση χωρικής πρόβλεψης λόγω των μικρότερων σφαλμάτων πρόβλεψης της σε σύγκριση με τις παραδοσιακές kriging τεχνικές.

3.5 Μέθοδοι Οριοθέτησης Τοπικών Αγορών

Στην αρθρογραφία των ηδονικών τιμών των ακινήτων, η αναγκαιότητα κατάτμησής της αγοράς έχει επισημανθεί από τη δεκαετία του 70 (Morton, 1976), και θεωρείται ως μια τεχνική η οποία βελτιώνει την προγνωστική ακρίβεια των υποδειγμάτων. Εντούτοις, όπως επισημαίνει και ο Des Rosier (1991), στη βιβλιογραφία δεν έχει καθοριστεί το βέλτιστο επίπεδο της κατάτμησης της αγοράς ούτε τα κριτήρια για τον καθορισμό των επιμέρους αγορών. Ο Watkins (2001), σημειώνει ότι η μελέτη των επιμέρους αγορών, υπόκειται σε μια σειρά από ορισμούς και εμπειρικές αναλύσεις διαφορετικών δοκιμών για την κατάτμηση της.

Σύμφωνα με τον Borst (2007), δύο είναι οι γενικές προσεγγίσεις για τον κατακερματισμό της αγοράς ακινήτων και την οριοθέτηση τους: η χωρική και η αχωρική προσέγγιση.

Στην εργασία των Jenkins κ.ά., (1998) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η μεθοδολογία των αυτόοργανώμενων χαρτών (Self Organizing Maps-SOM⁹ ή Kohonen

⁹ Οι αυτοοργανούμενοι χάρτες (Self Organizing Maps-SOM or Kohonen maps) είναι ένα είδος ANN, στο οποίο χρησιμοποιείται «μη εποπτευόμενη» εκπαίδευση (unsupervised learning). Η «μη εποπτευόμενη» εκπαίδευση αποτελεί τη μέθοδο κατά την οποία το δίκτυο ANN ρυθμίζεται μόνο του ώστε να γίνουν οι κατάλληλες διορθώσεις. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχουν πρότυπα, όπως στην εποπτευόμενη (supervised) εκπαίδευση, όπου αυτά συγκρίνονται με τις τιμές που παράγονται από το ANN. Τα παράγωγα των SOM είναι χάρτες δύο διαστάσεων που παρουσιάζουν διακριτά τα δεδομένα εισόδου. Σημαντική διαφορά και βελτίωση των SOM συγκριτικά με άλλες μορφές ANN είναι ότι χρησιμοποιούν συναρτήσεις γειτνίασης (neighborhood function) για να διατηρήσουν τις τοπολογικές

χαρτών) στο πεδίο της αγοράς ακινήτων με σκοπό τη δημιουργία μιας μεθοδολογίας για τη βελτίωση της ακριβείας των ηδονικών υποδειγμάτων. Η κατάτμηση της αγοράς, με τη χρήση της μεθόδου των SOM έχει χρησιμοποιηθεί μεταξύ άλλων και από τους Lewis κ.ά, (2001) και Kauko (2003).

Οι Gonzalez και Formoso (2006) και Gonzalez (2008) χρησιμοποιούν έναν ασαφή κανόνα με βάση την τεχνική των νευρωνικών δικτύων και την τεχνική των γενετικών αλγορίθμων.

Στην εργασία των Goodman και Thibodeau (1998) οι υποαγορές ορίζονται ως επιμέρους γεωγραφικές περιοχές, όπου η τιμή των κατοικιών είναι σταθερή (ανά μονάδα επιφάνειας) και στις οποίες κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των κατοικιών είναι διαθέσιμα σε αυτές. Εισάγουν την έννοια της ιεραρχικής γραμμικής μοντελοποίησης, σύμφωνα με την οποία οι κατασκευαστικές μεταβλητές και οι μεταβλητές θέσης και γειτονιάς αλληλοεπιδρούν στις επιμέρους αγορές και επηρεάζουν τις τιμές των κατοικιών. Τέλος, οι Goodman και Thibodeau (2003) τονίζουν τη σημασία της γειτνίασης για τον καθορισμό των επιμέρους αγορών.

Οι Borst και McCluskey (2008) για την κατάτμηση της αγοράς ακινήτων χρησιμοποίησαν τη γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση (GWR), η οποία δημιουργεί μια ηδονική εξίσωση για κάθε ακίνητο. Η τιμή του καλαθιού της αγοράς (market basket value) υπολογίζεται για κάθε παρατήρηση από την εκτιμώμενη τιμή του υποδείγματος και από τη μέση τιμή των ακινήτων σε όλη την περιοχή μελέτης. Σε ένα πρώτο στάδιο, τα ακίνητα με παρόμοιες τιμές καλαθιού αγοράς είναι υποψήφια για να μουν στην ίδια υποαγορά. Σε δεύτερο και τελικό στάδιο, οι υποαγορές προσδιορίζονται από τη διαίρεση του συνόλου των τιμών του καλαθιού της αγοράς με βάση την Jenks βελτιστοποίηση ή με βάση την καλή προσαρμογή της διακύμανσης (goodness of variance fit) (Smith, 1986). Τέλος, κάθε υποαγορά μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα χωρικά τμήματα.

Μια άλλη προσέγγιση καθορισμού των υποαγορών στην αγορά ακινήτων είναι ένας συνδυασμός της παραγοντικής ανάλυσης (factor analysis) ή της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (principal component analysis - PCA) και της ανάλυσης διασποράς. Ο αριθμός των παραγόντων ή κυρίες συνιστώσες που προκύπτουν αντίστοιχα, χρησιμοποιούνται για την ομαδοποίηση και κατ' επέκταση για τον καθορισμό των επιμέρους αγορών. Βασιζόμενοι στην προσέγγιση αυτή, ο Dale-Johnson (1982) χρησιμοποιεί την Q-Factor ανάλυση και ο Bourassa κ.ά. (1999, 2003) χρησιμοποιούν την PCA ανάλυση για την χωρική κατάτμηση της αγοράς ακινήτων. Στο ίδιο πλαίσιο, οι Bolster κ.ά. (2007), εξετάζουν τις επιρροές της γειτονιάς στο εισόδημα των νοικοκυριών χρησιμοποιώντας στοιχεία για μια περίοδο δέκα ετών από την βρετανική έρευνα Πάνελ Νοικοκυριών και κατασκευάζουν ένα σύνθετο δείκτη των χαρακτηριστικών του χώρου με τη χρήση της PCA.

ιδιότητες των δεδομένων. Οι SOM προσδιορίστηκαν από τον Kohonen και για το λόγο αυτό πολλές φορές αναφέρονται και με το όνομά του ως χάρτες Kohonen (Kohonen, 1982).

Σύμφωνα με τον Dietz (2002), η έννοια της γειτονιάς και κατ' επέκταση και των υποαγορών μπορεί να γίνει αντιληπτή μόνο ως μια κοινωνική αλληλεπίδραση η οποία επηρεάζει τη συμπεριφορά και τις κοινωνικοοικονομικές σχέσεις του ατόμου. Από την σκοπιά αυτή ο Dietz αναφέρει ότι η γεωγραφική έννοια της γειτονιάς μπορεί να οριστεί αυθαίρετα.

Όπως σημειώνει ο Borst (2007), συχνά στα ηδονικά υποδείγματα οι υποαγορές αντιπροσωπεύονται με ψευδομεταβλητές. Μελέτες στις οποίες ο ορισμός των υποαγορών γίνεται με βάση υφιστάμενα γεωγραφικά όρια (για παράδειγμα χρησιμοποιούνται οι απογραφικοί τομείς ή τα όρια των διοικητικών ενοτήτων) είναι των Clapp και Wang (2006) και Gourieroux και Laferrere (2009).

Οι Bourassa κ.ά. (1999), προτείνουν ο ορισμός των υποαγορών να γίνεται με την ανάλυση συστάδων. Η μεταβλητή που χρησιμοποιούν για την ομαδοποίηση των ακινήτων είναι οι τιμές των καταλοίπων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν τα τετράγωνα των καταλοίπων από την ηδονική παλινδρόμηση και ορίζουν τις επιμέρους αγορές με βάση την K-means ομαδοποίηση. Ο στόχος της ομαδοποίησης είναι να προσδιοριστεί η δομή των υποαγορών με την αντικειμενική οργάνωση των δεδομένων σε ομοιογενείς ομάδες, όπου η ομοιότητα μέσα σε κάθε ομάδα να ελαχιστοποιείται και μεταξύ των ομάδων να μεγιστοποιείται. Στο ίδιο πλαίσιο ο Wilhelmsson (2004), εφαρμόζει την ανάλυση συστάδων στις θετικές και στις αρνητικές τιμές των καταλοίπων που προκύπτουν από τα OLS υποδείγματα. Η ομαδοποίηση γίνεται με τη μέθοδο Ward, στο πλαίσιο της οποίας η ανάλυση αρχίζει με κάθε παρατήρηση ως αρχική συστάδα και σε κάθε βήμα ενώνει δύο συστάδες, μέχρι τη δημιουργία του προκαθορισμένου αριθμού ομάδων. Ο Wilhelmsson καταλήγει στη διαπίστωση ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ομάδων τόσο καλύτερη είναι η ικανότητα πρόβλεψης των υποδειγμάτων που εφαρμόζονται μετά σε αυτές.

Ο Palm (1976) και οι Michaels και Smith (1990) για τον καθορισμό των επιμέρους αγορών χρησιμοποιούν την οριοθέτηση των κτηματομεσιτών. Επιπλέον, υπάρχουν αρκετές μελέτες στις οποίες οι επιμέρους αγορές καθορίζονται με τη χρήση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των κατοικιών. Για παράδειγμα, οι Schnare και Struyk (1976) χρησιμοποιούν τον αριθμό των δωματίων, ο Bajic (1985) το εμβαδόν του ακινήτου και οι Adair κ.ά. (1996) και οι Allen κ.ά. (1995) το είδος της κατοικίας (μονοκατοικία, διαμέρισμα).

Τέλος, μια ακόμα έρευνα στην οποία αξίζει να γίνει αναφορά είναι του Krynovokov (2013), ο οποίος για την οριοθέτηση των υποαγορών βασίζεται και αυτός στην ανάλυση συστάδων, ωστόσο η διάφορα με τις προηγούμενες μελέτες έγκειται στο γεγονός ότι επιχειρεί μέσω της χρήσης των πολύγωνων Voronoi να οριοθετήσει τις επιμέρους αγορές και να εξαντλήσει το συνεχές γεωγραφικό χώρο της υπό μελέτη αγοράς. Παρόμοια μεθοδολογία για την οριοθέτηση τοπικών αγορών ακολούθησε και η Στάμου (2010) στη μελέτη της σχετικά με την αγορά ακινήτων της Αττικής.

Κεφάλαιο 4

Μεθοδολογία

Το φαινόμενο που μελετάται στη διατριβή είναι ένα οικονομικό φαινόμενο που εξελίσσεται στο χώρο. Οι μετρήσεις για τις τιμές των ακινήτων λαμβάνονται μέσα από μια συγκεκριμένη δομή του χώρου. Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε είναι το πώς θα βγάλουμε την επίδραση της δομής του χώρου έτσι ώστε να μελετήσουμε το οικονομικό φαινόμενο που μας ενδιαφέρει, δηλαδή τις αξίες των ακινήτων και τους παράγοντες που τις διαμορφώνουν. Για το λόγο αυτό, σε αυτό το κεφάλαιο, γίνεται μια συνοπτική επισκόπηση των μεθοδολογικών ζητημάτων που σχετίζονται με την επίδραση της δομής του χώρου, ξεκινώντας από τις χωρικές επιδράσεις στις οποίες οφείλεται η συστηματική μεταβολή των τιμών των ακινήτων στο χώρο. Στην ίδια ενότητα παρουσιάζονται τα χωρικά στατιστικά μέτρα που χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση των επιδράσεων αυτών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας και ακολουθεί η παρουσίαση των μεθόδων εκτίμησής τους. Επίσης, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις μήτρες χωρικών σταθμίσεων με τις οποίες περιγράφεται η δομή του χώρου. Ακολουθεί η παρουσίαση των μη οικονομετρικών προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση των τιμών των ακινήτων. Στην τελευταία ενότητα του κεφαλαίου παρουσιάζεται το πρόβλημα της ζωνοποίησης που αφορά τη συνένωση/συνάθροιση/ομαδοποίηση χωρικών αντικειμένων σε υποσύνολο, τα οποία είναι εσωτερικά ομοιογενή (δηλαδή η διακύμανση των τιμών εντός των ομάδων είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη από τη διακύμανση μεταξύ των ομάδων) και καταλαμβάνουν γειτονικές περιοχές στο χώρο. Από τις προσεγγίσεις που έχουν προταθεί στην αρθρογραφία, χρησιμοποιείται η προσέγγιση που βασίζεται στην ιεραρχική ομαδοποίηση. Η οριοθέτηση των τοπικών αγορών βασίζεται στην προσέγγιση που διατυπώθηκε από τον Silverman (1986). Για το λόγο αυτό, παρουσιάζεται η τεχνική της ανάλυσης συστάδων με βάση την εμπειρική κακόνομη των δεδομένων που προτάθηκε από τον Silverman. Το κεφάλαιο κλείνει με την παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την οριοθέτηση των τοπικών αγορών ακινήτων της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας.

4.1 Χωρικές Επιδράσεις

Κοινό χαρακτηριστικό των προβλημάτων της χωρικής στατιστικής και της χωρικής οικονομετρίας είναι ότι τα προς ανάλυση δεδομένα αποτελούνται από μεταβλητές που οι παρατηρήσεις τους εμφανίζονται στο χώρο (διαστρωματικά δεδομένα). Οι παρατηρήσεις αυτές δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, όπως απαιτεί η κλασική στατιστική και η κλασική οικονομετρία. Η εξάρτηση αυτή των χωρικών δεδομένων δύσκολα μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, αλλά σίγουρα μπορεί να αποδοθεί στη γεωγραφική γειτνίαση, που έχει ως αποτέλεσμα τη συστηματική μεταβολή του αντίστοιχου φαινομένου στο χώρο που είναι γνωστή ως χωρική συνάφεια (spatial association) ή χωρική διάχυση (spatial spillover).

Η κατανόηση της χωρικής οργάνωσης μιας μεταβλητής είναι απαραίτητη για τη διερεύνηση του φαινομένου που αντιπροσωπεύει. Για το λόγο αυτό, η χωρική στατιστική παρέχει εργαλεία που μας επιτρέπουν να περιγράψουμε και να διαγνώσουμε τη χωρική οργάνωση των μεταβλητών. Η έλλειψη της ανεξαρτησίας των παρατηρήσεων στο χώρο μπορεί να δημιουργήσει σημαντικά τεχνικά προβλήματα όταν τα χωρικά δεδομένα χρησιμοποιούνται σε μεθόδους της κλασικής οικονομετρίας (Anselin και Griffith, 1992). Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, αν για παράδειγμα οι τιμές των κατοικιών συσχετίζονται στο χώρο, είτε στα επίπεδα των τιμών τους, είτε στα επίπεδα των καταλοίπων τους, τότε η απλή παλινδρόμηση μπορεί να δώσει ψευδή (spurious) αποτελέσματα (Wang, 2006) με συνέπεια τα MWP που εκτιμώνται για κάθε μεταβλητή να μην είναι σωστά. Το χαρακτηριστικό ή η ιδιαιτερότητα αυτή των χωρικών δεδομένων είναι γνωστή σαν χωρικές επιδράσεις (spatial effects). Οι χωρικές επιδράσεις χωρίζονται στις επιδράσεις πρώτου βαθμού (first order) που είναι η χωρική ετερογένεια/ανομοιογένεια (spatial heterogeneity) και στις επιδράσεις δευτέρου βαθμού (second order) που είναι η χωρική εξάρτηση (spatial dependence).

Με άλλα λόγια, η συμπεριφορά των χωρικών φαινομένων είναι αποτέλεσμα των επιπτώσεων δυο διαδικασιών/επιδράσεων που είναι γνωστές ως πρώτου βαθμού και δευτέρου βαθμού. Στις εμπειρικές εφαρμογές της χωρικής οικονομετρίας, οι επιδράσεις πρώτου βαθμού, η χωρική ετερογένεια δηλαδή, μελετάται ως χωρική ετεροσκεδαστικότητα, ενώ οι επιδράσεις δευτέρου βαθμού, η χωρική εξάρτηση δηλαδή, μελετάται ως χωρική αυτοσυσχέτιση κατά αναλογία με την κλασική οικονομετρία (Anselin, 1988). Έτσι, τα χωρικά δεδομένα, χαρακτηρίζονται από δύο βασικά χαρακτηριστικά: τη χωρική αυτοσυσχέτιση/εξάρτηση και τη χωρική ετερογένεια (Anselin, 1988). Η Can (1990) δίνει την ακόλουθη εξήγηση για τα δύο αυτά χαρακτηριστικά:

“Η χωρική εξάρτηση αναφέρεται στην πιθανή εμφάνιση της αλληλεξάρτησης μεταξύ των παρατηρήσεων που βρίσκονται στο γεωγραφικό χώρο, και η εμφάνισή της παραβιάζει την παραδοχή των μη συσχετιζόμενων όρων σφάλματος (...). Η χωρική ετερογένεια (...) αναφέρεται στη συστηματική μεταβολή της συμπεριφοράς του φαινομένου στο χώρο, και συνήθως οδηγεί σε μη ομοσκεδαστικούς όρους σφάλματος” (Can, 1990: σελ. 256).

4.1.1 Επιδράσεις Πρώτου Βαθμού– Χωρική Ετερογένεια

Οι χωρικές επιδράσεις πρώτου βαθμού αφορούν τη χωρική ετερογένεια, η οποία οφείλεται στην έλλειψη σταθερής συμπεριφοράς των τιμών των μεταβλητών στο χώρο (Anselin, 1988). Ειδικότερα, όπως επισημαίνει ο Anselin (1988), αυτό υπονοεί ότι οι συναρτησιακές σχέσεις και οι παράμετροι των υποδειγμάτων μεταβάλλονται με τη θέση και δεν είναι σταθεροί σε όλη την περιοχή μελέτης. Το πρόβλημα της ετερογένειας (επιδράσεις πρώτου βαθμού) συνήθως συνυπάρχει με εκείνο της εξάρτησης (επιδράσεις δευτέρου βαθμού) και ο διαχωρισμός τους είναι αρκετά δύσκολος.

Σύμφωνα με τους O'Sullivan και Unwin (2010), οι επιδράσεις πρώτου βαθμού αναφέρονται στον αριθμό των γεγονότων ανά μονάδα επιφάνειας και στη διερεύνηση της γενικευμένης τάσης (global trend) στο χώρο της υπό μελέτη μεταβλητής. 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. Οι μέθοδοι, που έχουν αναπτυχθεί προς την κατεύθυνση αυτή, οδηγούν στην εξομάλυνση (smoothing) των τιμών μιας χωρικής μεταβλητής y (Kanakoglou και DeLuca, 2001). Στην προκειμένη περίπτωση y είναι ένα διάνυσμα-στήλη με διάσταση $N \times 1$ και περιλαμβάνει N στοιχεία, ένα για κάθε γεωγραφική μονάδα. Μία από τις απλούστερες μεθόδους εξομάλυνσης είναι ο υπολογισμός του διανύσματος Wy ¹⁰, ο οποίος για έναν τυποποιημένο πίνακα χωρικών σταθμίσεων W μας δίνει ένα άλλο διάνυσμα-στήλη με διάσταση $N \times 1$, που περιέχει τις «εξομαλυμένες» τιμές του y . Ουσιαστικά κατά τη διαδικασία αυτή για μια οποιαδήποτε γεωγραφική μονάδα i υπολογίζεται ο αριθμητικός μέσος των τιμών που αντιστοιχούν στο πολύγωνο αυτό καθώς και στα γειτονικά του πολύγωνα¹¹ και προσάπτεται το αποτέλεσμα στο πολύγωνο i . Το διάνυσμα Wy εκφράζει τη συνεισφορά του γεωγραφικού συστήματος στη διαμόρφωση της τιμής της μεταβλητής σε κάθε επιμέρους γεωγραφική μονάδα.

Μεταξύ των σημαντικότερων μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τη μέτρησή τους είναι: η μέθοδος υπολογισμού πυρήνα¹², οι μέθοδοι που βασίζονται στην απόσταση μεταξύ των γεγονότων (όπως η K και G συναρτήσεις), καθώς και η χρήση των απλών στατιστικών μέτρων κεντρικής τάσης και θέσης.

¹⁰ Το διάνυσμα wy είναι η σχέση $\sum_j w_{ij}(y_j - \bar{y})$ και αναφέρεται και ως χωρική υστέρηση (spatial lag)

της εξεταζόμενης μεταβλητής. Ο κάθε όρος του διανύσματος είναι η επίδραση του γεωγραφικού συστήματος στη θέση i .

¹¹ Ο ορισμός των γειτονικών πολυγώνων αποφασίζεται από τον τρόπο που ορίζεται η μήτρα χωρικών σταθμίσεων W .

¹² Μία πιο εύχρηστη και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος διερεύνησης 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 και Gatrell, 1995).

4.1.2 Επιδράσεις Δευτέρου Βαθμού– Χωρική Αυτοσυσχέτιση

Από τις χωρικές επιδράσεις η πιο συνήθης μορφή είναι η χωρική εξάρτηση ή χωρική αυτοσυσχέτιση (Cliff και Ord 1973). Τεχνικά, η χωρική αυτοσυσχέτιση είναι η έλλειψη ανεξαρτησίας που συνήθως απαντάται στα διαστρωματικά στοιχεία. Η ανεξαρτησία αυτή βρίσκεται στον πυρήνα του πρώτου νόμου της Γεωγραφίας (Tobler, 1979). Σύμφωνα με αυτόν, στο χώρο υπάρχει μια κανονικότητα/τακτικότητα (regularity), η οποία χαρακτηρίζει τις χωρικές σχέσεις και εξασθενεί με την απόσταση. Με άλλα λόγια, ο πρώτος νόμος της Γεωγραφίας επισημαίνει ότι όλες οι γεωγραφικές μονάδες συσχετίζονται μεταξύ τους, περισσότερο όμως συσχετίζονται αυτές που βρίσκονται πλησιέστερα η μία με την άλλη.

Οι ιδιότητες δευτέρου βαθμού αναφέρονται στη δομή του χωρικού προτύπου και περιγράφουν πώς η δομή της χωρικής εξάρτησης μεταβάλλεται/ διαφοροποιείται στο χώρο (O'Sullivan και Unwin, 2010). Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση των 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 μεταξύ των τιμών των χωρικών μονάδων. Γίνεται, λοιπόν, σαφές ότι οι τεχνικές αυτές εστιάζουν στη χωρική συσχέτιση, που είναι γνωστή σαν χωρική αυτοσυσχέτιση, και όχι στη συνδιασπορά, αφού επικεντρώνονται στη σχέση μεταξύ των τιμών της ίδιας μεταβλητής που παρατηρούνται σε διαφορετικές θέσεις.

Για την αξιολόγηση της χωρικής αυτοσυσχέτισης ο σημαντικότερος δείκτης είναι ο Moran I^{13} . Για έναν τυποποιημένο κατά γραμμές πίνακα χωρικών σταθμίσεων W ο συντελεστής Moran υπολογίζεται ως εξής:

$$I = \frac{y'Wy}{y'y} \quad (4.1)$$

Σύμφωνα με τους Kanaroglou και DeLuca (2001), 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.

Τα ακριβή όρια του συντελεστή Moran I υπολογίζονται από τον τύπο $|I| \leq \frac{n}{S_0} \left[\frac{\text{Var}(Wy)}{\text{Var}(y)} \right]^{1/2}$ (Cliff και Ord, 1981). Συνεπώς, τα ακριβή όρια εξαρτώνται από τις τιμές της μεταβλητής y και από τον πίνακα χωρικών σταθμίσεων W δηλαδή από τον ορισμό της χωρικής γειννίας. Θετικές τιμές του δείκτη υποδεικνύουν θετική χωρική αυτοσυσχέτιση (positive autocorrelation) και αντιστοίχως αρνητικές τιμές καταδεικνύουν

¹³ Ο δεύτερος πιο σημαντικός δείκτης είναι ο Geary C . Η διαφορά μεταξύ του δείκτη Moran και Geary έγκειται στο ότι ο συντελεστής Moran δομείται ως Pearson product-moment (γινόμενο ροπών) εκτιμητής και πιο συγκεκριμένα ως συνδιασπορά $(y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})$, ενώ ο συντελεστής Geary βασίζεται στο τετράγωνο της διαφοράς $(y_i - y_j)^2$. Επομένως, οι εφαρμογές των δυο δεικτών παράγουν παρόμοια αποτελέσματα. (Cliff και Ord, 1981).

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. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί ότι χωρική εξάρτηση υπάρχει πάντα ακόμη και αν η τιμή του συντελεστή είναι μηδέν. Σε αυτήν την περίπτωση έχει επιλεγεί εσφαλμένη απεικόνιση του χώρου με τη μήτρα W και φυσικά δεν αναιρείται ο πρώτος νόμος της Γεωγραφίας του Tobler (Anselin, 1988).

Εκείνο, βέβαια, που μας ενδιαφέρει για μία χωρική μεταβλητή είναι να εξετάσουμε αν υπάρχει αυτοσυσχέτιση. Να ελέγξουμε, δηλαδή, με τη βοήθεια επαγωγικής στατιστικής την υπόθεση ότι ο δείκτης Moran I είναι σημαντικά διαφορετικός από το μηδέν. Στη βιβλιογραφία απαντώνται δύο εναλλακτικοί τρόποι ελέγχου. Ο ένας κάνει χρήση της μεθόδου Monte Carlo, ενώ ο άλλος καταφεύγει στη θεωρητική δειγματοληπτική κατανομή του Moran I . Η πρώτη μέθοδος μπορεί να περιγραφεί ως εξής: έστω N τιμές της μεταβλητής y που κατανέμονται στα N πολύγωνα, οι ίδιες τιμές θα μπορούσαν να είναι κατανεμημένες διαφορετικά στο χώρο. Όλες οι δυνατές μεταθέσεις των N τιμών στα N πολύγωνα είναι $N!$. Αν για κάθε μία από τις μεταθέσεις αυτές υπολογίσουμε τον δείκτη Moran I , τότε μπορούμε να δημιουργήσουμε μια εμπειρική κατανομή του. Στη συνέχεια, συγκρίνουμε την τιμή του Moran I , που αντιστοιχεί στις τιμές της μεταβλητής, με την κατανομή.

Η δεύτερη μέθοδος, βασίζεται στον κλασικό στατιστικό έλεγχο. Συγκεκριμένα, έχειδειχθεί ότι η θεωρητική δειγματοληπτική κατανομή του Moran I είναι κατά προσέγγιση κανονική. Σύμφωνα με τους Cliff και Ord (1981), η αναμενόμενη τιμή της κατανομής αυτής είναι η εξής:

$$E(I) = \frac{-1}{N-1} \quad (4.2)$$

Είναι προφανές ότι για μεγάλες τιμές του N η μέση τιμή τείνει στο μηδέν. Υπάρχει επίσης ο μαθηματικός τύπος της διασποράς της κατανομής, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

$$\sigma_1^2 = \frac{N^2(N-1)S_1 - N(N-1)S_2 - 2S_0^2}{(N+1)(N-1)^2 S_0^2} \quad (4.3)$$

όπου:

$$S_0 = \sum_{i \neq j} w_{ij}$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i \neq j} \sum (w_{ij} + w_{ji})^2$$

$$S_2 = \sum_{i \neq j} \left(\sum_{i=1}^N w_{ij} + \sum_{j=1}^N w_{ji} \right)^2$$

Για τον έλεγχο της υπόθεσης της ύπαρξης αυτοσυσχέτισης της εκτιμηθείσας τιμής του Moran I, αρκεί να υπολογίσουμε την τιμή:

$$z_1 = \frac{I - E(I)}{\sigma_1} \quad (4.4)$$

η οποία συγκρίνεται με την τιμή $z_{\alpha/2}$ για επίπεδο εμπιστοσύνης $(100 - \alpha)\%$ από τους πίνακες της τυποποιημένης κανονικής κατανομής.

Ο συντελεστής Moran I αφορά όλη την υπό μελέτη περιοχή, πρόκειται δηλαδή για ένα γενικευμένο δείκτη, ο οποίος συνοψίζει ένα μεγάλο αριθμό από πιθανά διαφορετικές χωρικές σχέσεις που υπάρχουν μέσα σε ένα μεγάλο σύνολο στοιχείων. Η χρησιμοποίηση του δείκτη Moran I (ή Geary C) προϋποθέτει σταθερότητα της διακύμανσης στο χώρο (Kanakoglou και DeLuca, 2001). Αυτό όμως δεν συμβαίνει για τις περισσότερες μεταβλητές. Οι τοπικοί δείκτες χωρικού συσχετισμού (Local Indicators of Spatial Association-LISA) παρέχουν μια προσέγγιση που δεν απαιτεί αυτή την υπόθεση. Αυτές οι στατιστικές μέθοδοι είναι κατάλληλες για να προσδιορίσουν «θερμά σημεία» (hot spots) στα δεδομένα και να καθορίσουν περιοχές τοπικής αστάθειας (Kanakoglou και DeLuca, 2001).

Εκτός των μεθόδων LISA, έχουν προταθεί και άλλοι τρόποι ανάλυσης της τοπικής αυτοσυσχέτισης. Μια από τις μεθόδους αυτές στηρίζεται στη συσχέτιση μεταξύ των y και Wy . Πιο συγκεκριμένα, ενδιαφέρον παρουσιάζει η απλή γραμμική παλινδρόμηση, με εξαρτημένη μεταβλητή το διάνυσμα Wy και ανεξάρτητη το διάνυσμα y , όπου το διάνυσμα y είναι εκφρασμένο σε αποκλίσεις από το μέσο του. Η κλίση της ευθείας, που προσαρμόζεται σε μια τέτοια παλινδρόμηση, είναι ο δείκτης Moran I. Τα σημεία που βρίσκονται στο πρώτο τεταρτημόριο του διαγράμματος αντιστοιχούν σε υψηλές τιμές του y και του Wy . Αυτό σημαίνει ότι για τέτοια σημεία υψηλές τιμές περιβάλλονται από υψηλές γειτονικές τιμές, δηλαδή η υποπεριοχή γύρω από τέτοια σημεία χαρακτηρίζεται από τοπική θετική αυτοσυσχέτιση. Επίσης, σημεία του τρίτου τεταρτημρίου χαρακτηρίζονται από χαμηλές τιμές που περιβάλλονται από χαμηλές τιμές, όπου επίσης καταδεικνύουν θετική τοπική αυτοσυσχέτιση. Αντίθετα, το δεύτερο τεταρτημόριο χαρακτηρίζεται από χαμηλές τιμές που περιβάλλονται από υψηλές τιμές, ενώ το τέταρτο τεταρτημύριο χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές που περιβάλλονται από χαμηλές τιμές, κάτι το οποίο καταδεικνύει αρνητική τοπική αυτοσυσχέτιση.

Από τα παραπάνω, γίνεται σαφές ότι το ζήτημα των χωρικών επιδράσεων δεν μπορεί να αντιμετωπισθεί αποτελεσματικά με τις μεθόδους της κλασικής οικονομετρίας. Οι μέθοδοι της δεν μπορούν να εξετάσουν αποτελεσματικά την πολυδιάστατη φύση της χωρικής

εξάρτησης και της χωρικής ετερογένειας, δηλαδή της δομικής αστάθειας στα υποδείγματα, εξ αιτίας των μη σταθερών διακυμάνσεων των όρων σφάλματος (ετεροσκεδαστικότητα) ή των συντελεστών των μοντέλων και για αυτό απαιτείται το μεθοδολογικό πλαίσιο της χωρικής οικονομετρίας.

Όπως, θα δούμε στις παρακάτω υποενότητες τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας βασίζονται σε κάποιες υποθέσεις όσον αφορά τη χωρική διάχυση (ή χωρική εξάρτηση). Πιο συγκεκριμένα, διαφορετικές υποθέσεις για τη χωρική σχέση (χωρική εξάρτηση και χωρική ετερογένεια) μεταξύ των δεδομένων οδηγούν σε διαφορετικά χωρικά υποδείγματα. Σύμφωνα με τους Partridge κ.ά. (2012), μεταξύ αυτών των θεωρητικών υποθέσεων και των εμπειρικών εφαρμογών της χωρικής οικονομετρίας πολύ συχνά δεν υπάρχει σύνδεση. Για το λόγο αυτό, σε ειδικό αφιέρωμα για την χωρική οικονομετρία του περιοδικού *Regional Science* το 2012, δημοσιεύτηκαν τρία άρθρα που έχουν ως στόχο να επισημάνουν τα προβλήματα της χωρικής οικονομετρίας και να θέσουν ένα πλαίσιο σύμφωνα με το οποίο θα πρέπει να εφαρμόζεται. Πιο συγκεκριμένα, η κριτική αυτών των άρθρων αφορά κυρίως τη σύνδεση της θεωρίας με τις εφαρμογές της χωρικής οικονομετρίας. Η παρούσα διδακτορική διατριβή λαμβάνει υπόψη την κριτική αυτή και μέσω της μεθοδολογίας που ακολουθείται και κινείται στο να λάβει υπόψη τις αδυναμίες αυτές.

Το πρώτο εκ των τριών άρθρων είναι των Gibbons και Overman (2012), οι οποίοι ισχυρίζονται ότι η ταυτοποίηση (identification) των χωρικών σχέσεων μεταξύ των παρατηρήσεων είναι σχεδόν αδύνατη με τη χρήση της χωρικής οικονομετρίας. Υποστηρίζουν ότι υπάρχει στενή αναλογία μεταξύ του προβλήματος της χωρικής οικονομετρίας και του προβλήματος αντανάκλασης που διατυπώθηκε από τον Manski¹⁴ (1993). Επίσης, επισημαίνουν ότι η μήτρα χωρικών σταθμίσεων μπορεί και η ίδια να είναι ενδογενής. Επιπλέον, υποστηρίζουν ότι οι ερευνητές που εξετάζουν τη χωρική διάχυση πρέπει να χρησιμοποιούν μια ανοιγμένη μορφή (reduced form), όπως αυτή της εξίσωσης (4.18), η οποία προσδιορίζει καλύτερα τη σχέση αιτιότητας (αν βέβαια και αυτή μπορεί να μην έχει κατασκευαστική ερμηνεία). Τέλος, επισημαίνουν ότι είναι καλύτερα οι εμπειρικές εφαρμογές να χρησιμοποιούν γεωγραφικά, διοικητικά ή ιστορικά στοιχεία για τον προσδιορισμό της αιτιώδους σχέσης.

Το δεύτερο άρθρο είναι του McMillen (2012), ο οποίος ξεκινάει και αυτός την κριτική του όπως και οι Gibbons και Overman (2012) από το σημείο ότι η χωρική οικονομετρία στηρίζεται σε πολύ περιοριστικές υποθέσεις και η αναγνώριση των σχέσεων που προκαλεί η χωρική διάχυση είναι πολύ δύσκολη. Ειδικότερα, όσον αφορά το υπόδειγμα χωρικής υστέρησης και το υπόδειγμα χωρικών σφαλμάτων, ο McMillen αναφέρει ότι τα υποδείγματα αυτά στην πραγματικότητα το μόνο που παρέχουν είναι έναν τρόπο ελέγχου των χωρικών σχέσεων μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής ή των κατάλοιπων του υποδείγματος,

¹⁴ Το πρόβλημα αντανάκλασης προκύπτει όταν ένας ερευνητής που παρατηρεί την κατανομή μιας συμπεριφοράς σε έναν πληθυσμό προσπαθεί να διαγνώσει αν η μέση συμπεριφορά σε μια ομάδα επηρεάζει τη συμπεριφορά των μονάδων που αποτελούν την ομάδα αυτή (Manski 1993).

αντίστοιχα. Τόνισε, επίσης, ότι τα δυο αυτά υποδείγματα αποτελούν ένα είδος χωρικής εξομάλυνσης, η οποία θα μπορούσε να επιτευχθεί με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια με μη παραμετρικές προσεγγίσεις, όπως αυτές των τοπικών σταθμισμένων παλινδρομήσεων ή της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης.

Το τρίτο άρθρο είναι των Corrado και Fingleton (2012), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι ένα από τα μειονεκτήματα της χωρικής οικονομετρίας είναι ότι δεν δίνει αρκετή έμφαση στη θεωρία, ούτε και στη διαμόρφωση ενός εννοιολογικού πλαισίου για την κατανόηση των χωρικών επιδράσεων. Εκτός από το επιχείρημα που διατυπώνουν ότι η θεωρία θα πρέπει να αντανακλά καλύτερα την πραγματική φύση της χωρικής διάχυσης, ισχυρίζονται ότι δεν έχει βρεθεί ακόμη τρόπος να ενσωματωθεί η οικονομική θεωρία στην κατασκευή της μήτρας χωρικών σταθμίσεων. Τέλος, ένα ακόμη κύριο σημείο της ανάλυσής τους είναι η ενσωμάτωση πολλαπλών επιπέδων ή ιεραρχικών προσεγγίσεων για την καλύτερη ταυτοποίηση των χωρικών επιδράσεων.

4.2 Χωρικά Οικονομετρικά Υποδείγματα

Τα χωρικά οικονομετρικά ή χωρικά αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα, ανάλογα με την εξειδίκευση των χωρικών αλληλεπιδράσεων που χρησιμοποιούν, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Ο διαχωρισμός τους πρωτοδιατυπώθηκε από τον Brook το 1964. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα υπό συνθήκη αυτοπαλίνδρομα (conditional autoregression) υποδείγματα, τα οποία βασίζονται σε υπό συνθήκη κατανομές του υπό μελέτη φαινομένου, ενώ η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα ταυτόχρονα αυτοπαλίνδρομα (simultaneous autoregression) υποδείγματα τα οποία βασίζονται στην ταυτόχρονη εξέταση των εξισώσεων όλων των χωρικών μονάδων. Και οι δύο κατηγορίες υποδειγμάτων παρουσιάζονται με τη μορφή αυτοπαλίνδρομων σχημάτων, όπου η τιμή της μεταβλητής που αναπαριστά το υπό εξέταση φαινόμενο σε μία γεωγραφική μονάδα συσχετίζεται με τις τιμές των γειτονικών γεωγραφικών μονάδων (Cliff και Ord, 1981; Anselin, 1988).

Τα υποδείγματα των ταυτόχρονων εξισώσεων μελετήθηκαν από τον Whittle το 1954, ο οποίος χρησιμοποίησε κανονικό πλέγμα (regular grid), τα κελιά του οποίου περιέγραφαν τυχαία πεδία που στατιστικά αναπαραστάθηκαν από μία στοχαστική εξίσωση διαφοράς των συντεταγμένων του πλέγματος ως εξής:

$$\sum_s \sum_t \alpha_{m-s, n-t} \cdot y_{j+s, k+t} = \varepsilon_{j, k} \quad (4.5)$$

όπου $j, k = \dots, -1, 0, 1, \dots$, οι χωρικοί δείκτες ως προς το κάθε φορά κελί αναφοράς, y η μεταβλητή που περιγράφει το υπό εξέταση φαινόμενο, α οι παράμετροι που περιγράφουν το γεωγραφικό σύστημα και ε η ανεξάρτητη και τυχαία κατανομημένη μεταβλητή των καταλοίπων. Σε όρους μητρών το υπόδειγμα αυτό είναι ισοδύναμο με το χωρικό

αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτης τάξης (First Order Spatial Autoregressive Model-FAR) που αναλύεται στην υποενότητα 4.3.1 και είναι το εξής:

$$Y = \rho WY + \varepsilon, \text{ και με αναδιάταξη των όρων του υποδείγματος} \quad (4.6)$$

$$(I - \rho W)Y = \varepsilon \quad (4.7)$$

όπου Y είναι το διάνυσμα της μεταβλητής που περιγράφει το υπό εξέταση φαινόμενο, ε το διάνυσμα του τυχαίου όρου και W η μήτρα χωρικών σταθμίσεων. Η αντιστοιχία των όρων στα δύο υποδείγματα είναι προφανής για τα Y και ε , ενώ το α στο υπόδειγμα του Whittle αντιστοιχεί στους όρους της μήτρας $(I - \rho W)$. Όπως επισημαίνει ο Anselin (1988), η εκτίμηση του εν λόγω υποδείγματος περιλαμβάνει την εξειδίκευση της από κοινού κατανομής όλων των εξισώσεων για όλες τις γεωγραφικές μονάδες και απαιτείται μη γραμμική αριστοποίηση.

Το υπό συνθήκη υπόδειγμα του Besag (1974), ως εναλλακτική λύση στο υπόδειγμα του Whittle, αποτελείται από μία γραμμική σχέση ανάμεσα στην υπό συνθήκη αναμενόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής και των τιμών της στο υπόλοιπο χωρικό σύστημα. Συγκεκριμένα:

$$E[y_i | y_j, \forall j \in S, j \neq i] = \rho W y \quad (4.8)$$

όπου S αναπαριστά το σύνολο των γεωγραφικών μονάδων και κατά συνέπεια το γεωγραφικό σύστημα¹⁵ και W είναι ένα σύστημα κωδικογράφησης¹⁶ για την ποσοτική αναπαράσταση του γεωγραφικού συστήματος. Η υπό συνθήκη εξειδίκευση του υποδείγματος επιτρέπει την εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων με την κατάλληλη κωδικοποίηση του γεωγραφικού συστήματος, δηλαδή της μήτρας W (Anselin, 1988). Η κωδικοποίηση αυτή στην ουσία είναι η απαλοιφή παρατηρήσεων, δηλαδή γεωγραφικών μονάδων, με τέτοιο τρόπο ώστε οι εναπομείνουσες παρατηρήσεις να είναι μεταξύ τους ανεξάρτητες, δηλαδή όχι γειτονικές. Αυτή η προσέγγιση συναντά πολλές δυσκολίες σε εμπειρικές εφαρμογές που αναλύουν γεωγραφικά συστήματα (περιοχές μελέτης) με μικρό αριθμό μονάδων (παρατηρήσεων). Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι ο ακριβής τρόπος κωδικοποίησης του γεωγραφικού συστήματος, η εξειδίκευση δηλαδή της μήτρας χωρικών σταθμίσεων, επειδή το γεωγραφικό σύστημα μπορεί να κωδικοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους. Με άλλα λόγια, μπορεί να κατασκευασθούν με την ίδια θεωρητική υπόθεση απεικόνισης του χώρου διαφορετικές μήτρες W , οπότε από τα ίδια δεδομένα προκύπτουν διαφορετικές εκτιμήσεις.

¹⁵ Το γεωγραφικό σύστημα αναφέρεται στην υπό μελέτη περιοχή που έχει αναπαρασταθεί με ένα κανονικό πλέγμα σε κάθε κελί του οποίου βρίσκεται μια παρατήρηση της τυχαίας μεταβλητής Y που εξετάζεται.

¹⁶ Το σύστημα κωδικογράφησης αναφέρεται στην απεικόνιση των σχέσεων γειννίας, δηλαδή στην μήτρα χωρικών σταθμίσεων.

Το ενδιαφέρον σημείο της υπό συνθήκη προσέγγισης είναι ότι προσπαθεί να παρακάμψει τα προβλήματα που σχετίζονται με την εξειδίκευση της μήτρας χωρικών σταθμίσεων (Haining, 1986). Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ευκολότερο να εξειδικευθούν τα χωρικά υποδείγματα με τη μορφή των υποδειγμάτων ταυτόχρονων εξισώσεων. Άλλωστε προσεγγίζουν περισσότερο την τυπική οικονομετρική προσέγγιση, ενώ η δυσκολία κατασκευής της μήτρας χωρικών σταθμίσεων δεν υφίσταται στις μέρες μας με τη χρήση των GIS και των στατιστικών και οικονομετρικών λογισμικών.

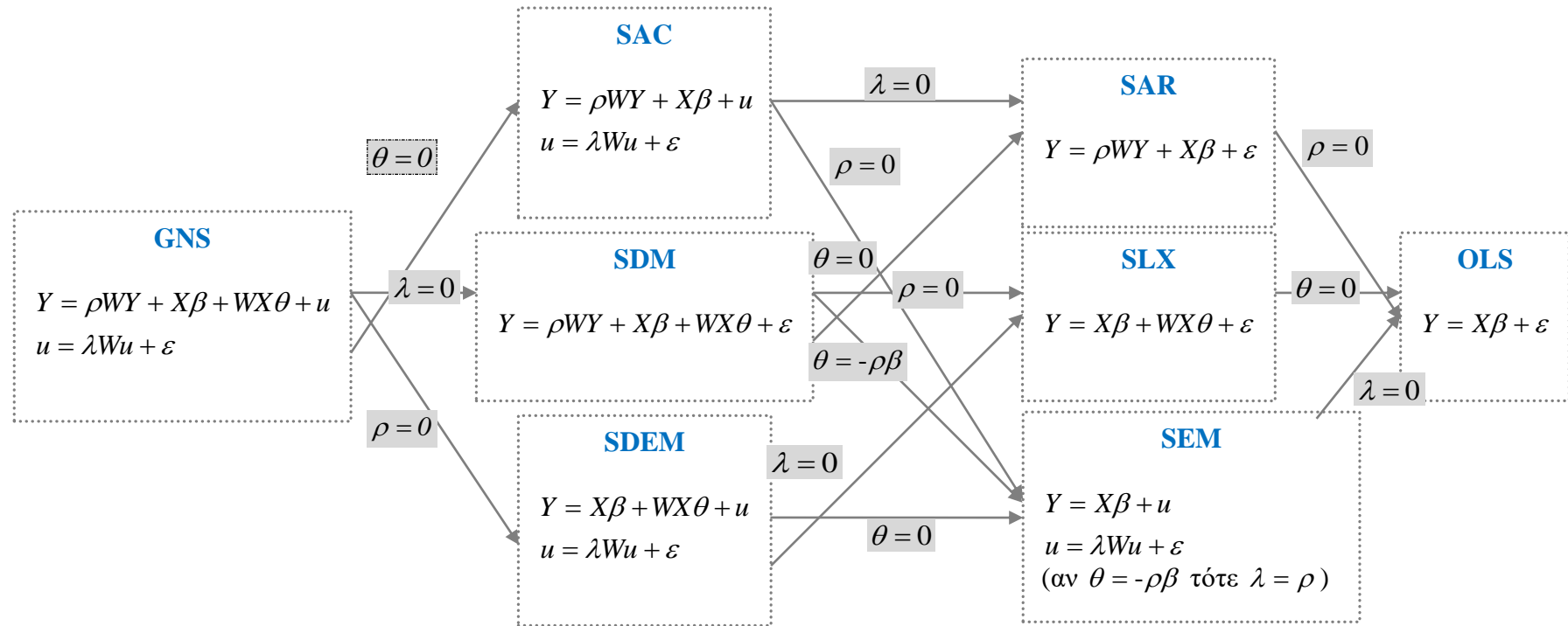
Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιήθηκαν τα ταυτόχρονα αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα, η παρουσίαση των οποίων θα γίνει με βάση το υπόδειγμα γραμμικής παλινδρόμησης της κλασσικής οικονομετρίας, όπου η χωρική εξάρτηση μπορεί να ενσωματωθεί με δύο ξεχωριστούς τρόπους: είτε ως πρόσθετη ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μορφή της εξαρτημένης μεταβλητής με χωρική υστέρηση Wy είτε στη μήτρα των διαταρακτικών όρων της παλινδρόμησης (με $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) \neq 0$) (Anselin, 1999). Η ταυτόχρονη χρήση των δυο τρόπων ενσωμάτωσης της χωρικής εξάρτησης αποτελεί το γενικό χωρικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (general spatial autoregressive model), που συμβολίζεται στη βιβλιογραφία ως SAC (LeSage και Pace, 2009). Με τη χρήση της άλγεβρας μητρών το υπόδειγμα SAC περιγράφεται από την ακόλουθη συναρτησιακή σχέση:

$$\begin{aligned} y &= \rho W_1 y + X\beta + u & (4.9) \\ u &= \lambda W_2 + \varepsilon \\ \varepsilon &\sim N(0, \sigma^2 I_n) \end{aligned}$$

όπου y το διάνυσμα της εξαρτημένης μεταβλητής με διάσταση $n \times 1$, X η μήτρα $n \times k$ των ανεξάρτητων μεταβλητών, W_1 και W_2 οι μήτρες $n \times n$ των χωρικών σταθμίσεων¹⁷, u και ε τα διανύσματα $n \times 1$ των κατάλοιπων και όπου ρ , β και λ οι παράμετροι του υποδείγματος.

Από τη γενική μορφή της εξίσωσης (4.9), θέτοντας διαφορετικούς περιορισμούς καθώς και κάνοντας κάποιες υποθέσεις για τον τρόπο ενσωμάτωσης των χωρικών επιδράσεων στα υποδείγματα, μπορούν να παραχθούν ειδικότερες εξισώσεις παλινδρόμησης (Anselin, 1988, LeSage, 1999). Οι εξισώσεις αυτές αποτελούν υποπεριπτώσεις υποδειγμάτων που ανήκουν στα ταυτόχρονα υποδείγματα χωρικής αυτοσυσχέτισης. Στην ουσία, κάθε εξίσωση καθορίζει μια διαφορετική χωρική διαδικασία σύμφωνα με την οποία δημιουργούνται οι παρατηρήσεις (data generating processes -DGP) (Wang, 2006). Με άλλα λόγια, διαφορετικές υποθέσεις για τη χωρική σχέση (χωρική εξάρτηση και χωρική ετερογένεια) μεταξύ των δεδομένων οδηγούν σε διαφορετικά χωρικά υποδείγματα.

¹⁷ Οι μήτρες W_1 και W_2 μπορεί να είναι ίσες, ωστόσο στην περίπτωση αυτή, στις εμπειρικές εφαρμογές δημιουργούνται δυσκολίες στον έλεγχο της ταυτοποίησης (identification) του υποδείγματος (LeSage, 1999).



Σχήμα 4.1. Διασύνδεση των διαφορετικών χωρικών υποδειγμάτων

Πηγή: Με βάση τους Halleck Vega και Elhorst, 2012.

Τέλος, σύμφωνα με τους Halleck Vega και Elhorst (2012) τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας μπορούν να προκύψουν, πέρα από το υπόδειγμα SAC που περιγράφουν οι Anselin (1988) και LeSage (1999), και από την εξίσωση (4.10) η οποία περιγράφει το γενικό αλληλοκαλυπτόμενο χωρικό υπόδειγμα (general nested spatial model-GNS) το οποίο περιλαμβάνει όλους τους τύπους των χωρικών επιδράσεων. Τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας που αναφέρονται σε λιγότερες επιδράσεις μπορεί να προκύπτουν από την επιβολή περιορισμών σε μία ή περισσότερες από τις παραμέτρους του GNS υποδείγματος (βλέπε Σχήμα 4.1). Με τη χρήση της άλγεβρας μητρών το υπόδειγμα GNS περιγράφεται από την ακόλουθη συναρτησιακή σχέση:

$$Y = \rho WY + X\beta + WX\theta + u \quad (4.10)$$

$$u = \lambda Wu + \varepsilon$$

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

όπου WY υποδηλώνει τις ενδογενείς επιδράσεις της αλληλεπίδρασης μεταξύ των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής, WX τα εξωγενή αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών, Wu τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των καταλοίπων του υποδείγματος, W η μήτρα $n \times n$ των χωρικών σταθμίσεων, u και ε τα διανύσματα $n \times 1$ των κατάλοιπων και όπου ρ , β , θ και λ οι παράμετροι του υποδείγματος.

4.2.1 Γενικό Χωρικό Υπόδειγμα

Το γενικό υπόδειγμα χωρικής αυτοσυσχέτισης, όπως παρουσιάστηκε και στην προηγούμενη ενότητα, έχει τη μορφή της εξίσωσης (4.11) και συμπεριλαμβάνει τη χωρική εξάρτηση και ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή και ως προς το διαταρακτικό όρο.

$$y = \rho W_1 y + X\beta + u \quad (4.11)$$

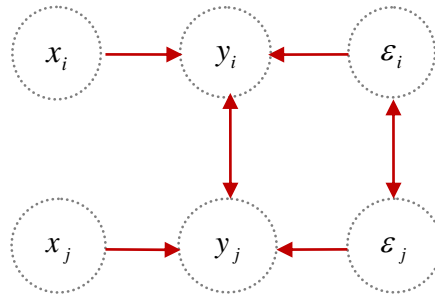
$$u = \lambda W_2 u + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

Όπου y το διάνυσμα των εξαρτημένων μεταβλητών, X η μήτρα $n \times k$ των ανεξάρτητων μεταβλητών, W_1 και W_2 οι μήτρες $n \times n$ χωρικών σταθμίσεων, ρ η παράμετρος χωρικής αυτοσυσχέτισης, β το διάνυσμα των παραμέτρων των ανεξάρτητων μεταβλητών, λ η παράμετρος χωρικού σφάλματος και ε το διάνυσμα $n \times 1$ των καταλοίπων τα οποία κατανέμονται ανεξάρτητα και πανομοιότυπα με μέσο το 0 και διακύμανση σ^2 . Οι μήτρες W_1 και W_2 μπορεί να είναι ίσες, ωστόσο στην περίπτωση αυτή,

στις εμπειρικές εφαρμογές δημιουργούνται δυσκολίες στον έλεγχο της ταυτοποίησης (identification) του υποδείγματος (LeSage, 1999).

Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται η βασική αρχή λειτουργίας του γενικού χωρικού αυτοπαλίνδρομου μοντέλου.



Σχήμα 4.2. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείγματος SAC

Στην περίπτωση των ακινήτων, το υπόδειγμα SAC επιτρέπει μέσω των υστερήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις των τιμών των κοντινών ακινήτων, ισχύει δηλαδή η ανάλυση που γίνεται για το SAR υπόδειγμα (βλέπε υποενότητα 4.3.3) και μέσω της χωρικής εξάρτησης και ως προς το διαταρακτικό όρο να λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις των γειτονικών κατάλοιπων ισχύει δηλαδή κατά αντιστοιχία η ανάλυση που γίνεται για το SEM υπόδειγμα (βλέπε υποενότητα 4.3.4).

4.2.2 Υπόδειγμα Χωρικής Αυτοσυσχέτισης Πρώτου Βαθμού

Από το γενικό υπόδειγμα χωρικής αυτοσυσχέτισης (4.11) για $\beta = 0$ και $W_2 = 0$ προκύπτει το υπόδειγμα χωρικής αυτοσυσχέτισης πρώτου βαθμού (First Order Spatial Autoregressive Model-FAR). Το υπόδειγμα FAR εκφράζει τη μεταβλητότητα της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής ως γραμμικό συνδυασμό των τιμών των γειτονικών παρατηρήσεων υπό τη συνθήκη της απουσίας άλλων ερμηνευτικών μεταβλητών. Η εξίσωση που το περιγράφει είναι η εξής:

$$y = \rho W y + \varepsilon \quad (4.12)$$

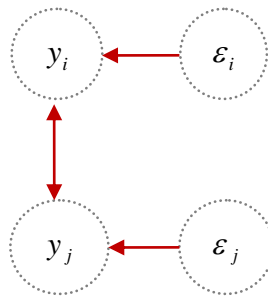
$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

όπου y το διάνυσμα $n \times 1$ των εξαρτημένων μεταβλητών εκφρασμένο ως απόκλιση από τον μέσο όρο έτσι ώστε να μην συμπεριληφθεί στο υπόδειγμα ο σταθερός όρος (LeSage, 1999), W η μήτρα $n \times n$ χωρικών σταθμίσεων, ρ ο συντελεστής χωρικής αυτοσυσχέτισης και ε

το διάνυσμα $n \times 1$ των καταλοίπων τα οποία κατανομονται ταυτόσημα και ανεξάρτητα με μέσο το 0 και σταθερή διακύμανση σ^2 . Στην περίπτωση όπου η εξαρτημένη μεταβλητή δεν εκφράζεται ως απόκλιση του μέσου στην εξίσωση 4.12 εισάγουμε τον σταθερό όρο α με I_n το μοναδιαίο διάνυσμα $n \times 1$ και το υπόδειγμα γίνεται:

$$\begin{aligned}
 y &= \alpha I_n + \rho W y + \varepsilon \Leftrightarrow \\
 (I_n - \rho W) y &= \alpha I_n + \varepsilon \Leftrightarrow \\
 y &= (I_n - \rho W)^{-1} I_n \alpha + (I_n - \rho W)^{-1} \varepsilon \\
 \varepsilon &\sim N(0, \sigma^2 I_n)
 \end{aligned} \tag{4.13}$$

Στο Σχήμα 4.3, περιγράφεται η βασική αρχή του FAR υποδείγματος, όπου η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής στο σημείο i επηρεάζεται και επηρεάζει την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής στο σημείο j .



Σχήμα 4.3. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείγματος FAR

Το υπόδειγμα FAR χρησιμοποιείται συνήθως για τον έλεγχο χωρικής αυτοσυσχέτισης (LeSage, 1999), όπου η κλίση της ευθείας, που προσαρμόζεται σε μια τέτοια παλινδρόμηση είναι ο δείκτης Moran I (βλέπε ενότητα 4.2.2).

4.2.3 Υπόδειγμα Χωρικής Υστέρησης

Το υπόδειγμα χωρικής υστέρησης (Spatial Lag Model-SAR) γνωστό και ως χωρικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (Spatial Autoregressive Model) προκύπτει θέτοντας στην εξίσωση 4.11 $W_2 = 0$. Αν το προσεγγίσουμε από την πλευρά της κλασσικής οικονομετρίας, στην ουσία εισάγουμε στην εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης μια πρόσθετη

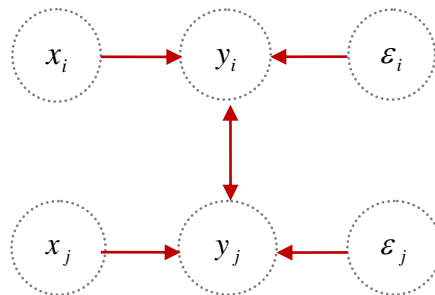
ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μορφή της εξαρτημένης μεταβλητής με χωρική υστέρηση Wy ¹⁸. Σε όρους άλγεβρας μητρών το υπόδειγμα χωρικής υστέρησης έχει τη μορφή :

$$y = \rho Wy + X\beta + \varepsilon \quad (4.14)$$

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

όπου y το διάνυσμα $n \times 1$ των εξαρτημένων μεταβλητών, X η μήτρα $n \times k$ των ανεξάρτητων μεταβλητών και W η μήτρα $n \times n$ χωρικών σταθμίσεων. Η παράμετρος ρ είναι ο συντελεστής της εξαρτημένης μεταβλητής χωρικής υστέρησης, Wy , β η παράμετρος που ερμηνεύει τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής y από την επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών και ε το διάνυσμα $n \times 1$ των καταλοίπων τα οποία κατανέμονται ανεξάρτητα και πανομοιότυπα με μέσο όρο ίσο με το 0 και διακύμανση σ^2 .

Στο Σχήμα 4.4 παρουσιάζεται η βασική αρχή λειτουργίας του υποδείματος χωρικής υστέρησης, όπου η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής στο σημείο i επηρεάζεται εκτός από τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών και από την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής στο σημείο j .



Σχήμα 4.4. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείματος SAR

Πριν περάσουμε στην ερμηνεία του SAR υποδείματος για την περίπτωση της εφαρμογής του στην εκτίμηση των τιμών των ακινήτων, στο πλαίσιο του παρόντος διδακτορικού θα παρουσιαστεί αναλυτικά ο τρόπος επίλυσης της αντιστροφής μήτρας

¹⁸ Τα χωρικά βάρη θα μπορούσαν επίσης να εφαρμοστούν σε όλα ή σε μερικά από τα X της παλινδρόμησης του υποδείματος. Σύμφωνα με τους LeSage και Pace (2009) το υπόδειγμα αυτό αναφέρεται ως υπόδειγμα χωρικής υστέρησης των X (spatial lag of X - SLX) και η εξίσωση του περιγράφεται από την σχέση:

$$y = X\beta + WX\gamma + \varepsilon$$

Το υπόδειγμα αυτό συνεπάγεται ότι η αξία ενός σπιτιού εξαρτάται εκτός από τα δικά του χαρακτηριστικά και από τα χαρακτηριστικά των γειτόνων του. Η παράμετρος γ αντιπροσωπεύει την επίδραση αυτή των χαρακτηριστικών αυτών στην τιμή του.

$(I_n - \rho W)^{-1}$, ο τρόπος υπολογισμού των οριακών επιδράσεων κάθε μεταβλητής και θα παρουσιαστεί η μήτρα διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων του υποδείγματος.

Μπορούμε να ξαναγράψουμε το υπόδειγμα χωρικής υστέρησης (4.12) επιλύοντας ως προς y και ως εξής:

$$y = (I_n - \rho W)^{-1} X\beta + (I_n - \rho W)^{-1} \varepsilon \quad (4.15)$$

Συνεπώς το υπόδειγμα αυτό είναι μη γραμμικό ως προς τους συντελεστές (ρ και β). Όπως προκύπτει από την εξίσωση (4.15), $E(y) = (I_n - \rho W)^{-1} X\beta$ (διότι $E(\varepsilon) = 0$ και εξ υποθέσεως η μήτρα X δεν είναι στοχαστική¹⁹, άρα συμπεριφέρεται ως σταθερή ποσότητα). Η αντίστροφη μήτρα $(I_n - \rho W)^{-1}$ είναι πλήρους βαθμού (full matrix) και όχι τριγωνική (not triangular), έτσι όπως και στην περίπτωση χρονοσειρών η εξάρτηση έχει μόνο μια κατεύθυνση. Όταν $|\rho| < 1$, αυτό συνεπάγεται μια άπειρη σειρά, την Leontief επέκταση, με τη συμμετοχή των ερμηνευτικών μεταβλητών και του όρου των σφαλμάτων σε όλες τις θέσεις. Σύμφωνα με τους Kelejian και Prucha (1998), η επέκταση Leontief είναι η εξής:

$$(I - \rho W)^{-1} = I + \rho W + \rho^2 W^2 + \rho^3 W^3 + \dots \quad (4.16)$$

Αντικαθιστώντας την σχέση 4.16 στην σχέση 4.15 έχουμε:

$$\begin{aligned} y &= (I + \rho W + \rho^2 W^2 + \rho^3 W^3 + \dots) X\beta + (I + \rho W + \rho^2 W^2 + \rho^3 W^3 + \dots) \varepsilon \Leftrightarrow \\ y &= X\beta + \rho W X\beta + \rho^2 W^2 X\beta + \dots + \varepsilon + \rho W \varepsilon + \rho^2 W^2 \varepsilon \dots \end{aligned} \quad (4.17)$$

Έτσι η εξίσωση 4.17 επιτρέπει τον καθορισμό δύο αποτελεσμάτων: ενός πολλαπλασιαστικού αποτελέσματος (multiplier effect) που επηρεάζει τις ερμηνευτικές μεταβλητές και ένα αποτέλεσμα χωρικής διάχυσης (diffusion effect) που επηρεάζει τους όρους σφάλματος. Σε σχέση με τις ερμηνευτικές μεταβλητές, αυτή η έκφραση σημαίνει ότι μέσω του ανάστροφου χωρικού μετασχηματισμού $(I_n - \rho W)^{-1}$ κατά μέσο όρο, η τιμή του Y σε μία θέση i , δεν είναι μόνο συνάρτηση των τιμών των ερμηνευτικών μεταβλητών που σχετίζονται με αυτήν τη θέση, αλλά και των ερμηνευτικών μεταβλητών που σχετίζονται με όλες τις άλλες θέσεις (γειτονικές ή όχι²⁰). Αυτή η χωρική σχέση αναφέρεται ως

¹⁹ Οι τιμές της θεωρούνται ως προκαθορισμένες (predetermined) (ή σταθερές σε επαναλαμβανόμενα δείγματα παρατηρήσεων, δηλαδή, μη τυχαίες μεταβλητές).

²⁰ Για την κατανόηση της γενικευμένης αυτής επιρροής, δηλαδή όχι μόνο της επίδρασης των γειτονικών ακολούθι η παρακάτω ανάλυση. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η αντίστροφη μήτρα $(I_n - \rho W)^{-1}$ μπορεί να εκφραστεί ως μια άπειρη ακολουθία (Leontief επέκταση) όπως παρουσιάζεται στην σχέση 4.16. Το γινόμενο της με την μήτρα X εκφράζει ένα γραμμικό συνδυασμό των ερμηνευτικών μεταβλητών με τις γειτονικές περιοχές. Το γινόμενο $W^2 X$ δημιουργεί ένα γραμμικό συνδυασμό με τους γείτονες δεύτερης τάξης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα διαγώνια στοιχεία της μήτρας W^2 δεν είναι μηδέν. Για παράδειγμα, αν σε ένα ακίνητο A γίνουν κάποιες αλλαγές στα

πολλαπλασιαστικό (multiplier effect) (Gallo, 2013). Από την άλλη πλευρά, σε σχέση με τον όρο σφάλματος, η έκφραση αυτή σημαίνει ότι μια τυχαία αλλαγή σε μια θέση i επηρεάζει όχι μόνο την τιμή του Y σε αυτήν τη θέση, αλλά και έχει αντίκτυπο στις τιμές των Y σε όλες τις άλλες θέσεις μέσω του ίδιου ανάστροφου χωρικού μετασχηματισμού. Το αποτέλεσμα αυτό αναφέρεται ως αποτέλεσμα διάχυσης (diffusion effect). Και τα δύο αυτά αποτελέσματα είναι γενικευμένα, με την έννοια ότι όλες οι θέσεις στο σύστημα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (Anselin, 2003).

Από την εξίσωση 4.16 συνεπάγεται ότι $E[(Wy)_i, \varepsilon_i] = E\left[\left\{(I_n - \rho W)^{-1} \varepsilon\right\}_i, \varepsilon_i\right] \neq 0$.

Όπως θα δούμε και αναλυτικότερα στην ενότητα 4.4.1, η χωρική υστέρηση είναι πάντα ενδογενής και ανεξάρτητη από τις ιδιότητες του ε , έτσι η εκτίμηση του υποδείγματος (4.14 ή 4.15) δεν μπορεί να γίνει με την μέθοδο OLS, αλλά μονό με τη χρήση της μεθόδου της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood-ML), της μεθόδου των βοηθητικών μεταβλητών (instrumental variables-IV), ή της Bayesian μεθόδου.

Μια ακόμη συνέπεια του πολλαπλασιαστικού αποτελέσματος είναι ότι θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ερμηνεία των εκτιμήσεων των συντελεστών (LeSage και Pace, 2013). Η επίδραση της οριακής μεταβολής της μεταβλητής X_k στη μέση τιμή της Y δεν είναι ισοδύναμη με το συντελεστή της X_k όπως στο υπόδειγμα της κλασικής παλινδρόμησης. Αντίθετα, προκύπτει από την εξίσωση:

$$\frac{\partial E(y_i)}{\partial X_{jk}} = S_k(W)_{ij} \quad (4.18)$$

όπου X_{jk} είναι η τιμή της μεταβλητής X_k στην θέση j και $S_k(W)_{ij}$ είναι το στοιχείο ij^{th} της μήτρας $(I_n + \rho W)^{-1} \beta_k$. Συνεπώς, η επίδραση της μεταβολής των ερμηνευτικών μεταβλητών είναι διαφορετική για κάθε παρατήρηση. Όσον αφορά τη μήτρα διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων των y προκύπτει ως εξής:

$$\begin{aligned} E(yy') &= E\left[\left(I_n - \rho W\right)^{-1} \varepsilon \varepsilon' \left(I_n - \rho W'\right)^{-1}\right] \Leftrightarrow \\ E(yy') &= \left(I_n - \rho W\right)^{-1} E(\varepsilon \varepsilon') \left(I_n - \rho W'\right)^{-1} \Leftrightarrow \\ E(yy') &= \sigma^2 \left(I_n + \rho W\right)^{-1} \left(I_n - \rho W'\right)^{-1} \end{aligned} \quad (4.19)$$

Το SAR υπόδειγμα χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις όπου ο στόχος της έρευνας είναι η αποτίμηση και η ανάλυση της ισχύος της χωρικής αλληλεξάρτησης (Anselin, 1999;

κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του σπιτιού (στην μήτρα X δηλαδή), αυτές οι αλλαγές θα έχουν επίδραση επί της αξίας του γειτονικού ακίνητου B (και στο ακίνητο A φυσικά). Έτσι, με τη χρήση του SAR υποδείγματος η μεταβολή της αξίας του γειτονικού ακινήτου μέσω του όρου Wy που περιλαμβάνεται στο υπόδειγμα θα επηρεάσει την αξία του γειτονικού ακινήτου. Το ίδιο ισχύει και $W^3 X$ που αντανακλά ένα γραμμικό συνδυασμό των γειτόνων με τους γείτονες, των γειτονικών τους, και ούτω καθεξής για τις επόμενες ανώτερες δυνάμεις.

Pace και LeSage, 2009), δηλαδή της αλληλεπίδρασης των γεωγραφικών περιοχών μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι η χωρική εξάρτηση είναι αυθύπαρκτη και ενσωματώνεται κατευθείαν στο υπόδειγμα.

Στην περίπτωση των ακινήτων, το υπόδειγμα SAR επιτρέπει μέσω των υστερήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις των τιμών των πωλήσεων ή των ενοικιάσεων των κοντινών ακινήτων. Αυτές οι υστερήσεις επιχειρούν να συλλάβουν τη χωρική εξάρτηση στην αγορά ακινήτων, ή με άλλα λόγια, τον αντίκτυπο των γύρω πωλήσεων (ή ενοικιάσεων) στις τρέχουσες τιμές των κατοικιών. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι οι τιμές που ζητούνται για τα σπίτια σε μια αγορά είναι συχνά το άμεσο «προϊόν» των κοντινών τιμών των κατοικιών (Brasington και Hite, 2005) και ότι οι τιμές που εκτιμώνται με σκοπό τη χρηματοδότηση του δάνειου για την αγορά μιας κατοικίας βασίζονται σε συγκρίσιμες κοντινές πωλήσεις (Koschinsky κ.ά. 2012), αναμένεται ότι η χωρική εξάρτηση θα παίζει σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση των τιμών των ακινήτων. Έτσι, αν πιστεύουμε ότι η τιμή πώλησης ενός σπιτιού στην περιοχή λειτουργεί ως κάτι που καθοδηγεί τις τιμές πώλησης των γειτονικών σπιτιών, τότε η χωρική εξάρτηση των τιμών μπορεί να μοντελοποιηθεί άμεσα μέσω ενός όρου χωρικής υστέρησης της εξαρτημένης μεταβλητής στο ηδονικό υπόδειγμα τιμολόγησης ακινήτων. Το SAR υπόδειγμα βασίζεται στην υπόθεση ότι αν ένα σπίτι περιβάλλεται από ακριβά σπίτια κοστίζει περισσότερο από ότι αν το ίδιο σπίτι περιβάλλεται από φθηνά σπίτια. Καθώς και ότι, οι γειτονικές τιμές των κατοικιών ενεργούν ως επεξηγηματική μεταβλητή της τιμής του σπιτιού σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Ωστόσο, οι Bell και Bockstael (2000) επισημαίνουν ότι το υπόδειγμα SAR είναι κατάλληλο να περιγράψει τις τιμές των ακινήτων μόνο όταν η τιμή πώλησης επιδρά άμεσα στις τιμές πώλησης των γειτονικών. Επιπλέον, επισημαίνουν ότι η σχέση αυτή μπορεί να επηρεάσει μεταγενέστερες πωλήσεις, και όχι το αντίστροφο. Αυτή είναι μια σημαντική παρατήρηση για τη χωρική εξάρτηση (συσχέτιση) των τιμών των κατοικιών και μπορεί να είναι έγκυρη μόνο εάν αυτό οφείλεται σε ένα φαινόμενο που οι τιμές συμπαρασύρουν η μία την άλλη (spillover effect). Αν η εξωτερικότητα των τιμών είναι ο κύριος λόγος της χωρικής συσχέτισης, τότε η τιμή που θα πωληθεί ένα σπίτι θα επηρεάσει τις τιμές των γειτονικών κατοικιών.

4.2.4 Υπόδειγμα Χωρικού Σφάλματος

Όταν η χωρική εξάρτηση ενσωματώνεται στη μήτρα των διαταρακτικών όρων το μοντέλο καλείται υπόδειγμα χωρικού σφάλματος (Spatial Error Model-SEM), προκύπτει από το γενικό υπόδειγμα χωρικής αυτοσυσχέτισης (4.11) αν τεθεί $W_1 = 0$ και έχει τη μορφή:

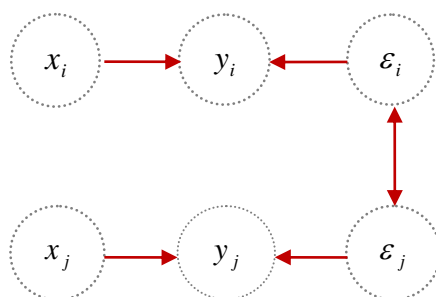
$$y = X\beta + u \quad (4.20)$$

$$u = \lambda Wu + \varepsilon$$

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

όπου y το διάνυσμα $n \times 1$ των εξαρτημένων μεταβλητών, X η μήτρα $n \times k$ των ανεξάρτητων μεταβλητών και W η μήτρα $n \times n$ χωρικών σταθμίσεων. Η παράμετρος λ είναι ο συντελεστής του χωρικά συσχετιζόμενου σφάλματος, η παράμετρος β ερμηνεύει τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής y από την επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών και ε το διάνυσμα $n \times 1$ των καταλοίπων τα οποία κατανομούνται ανεξάρτητα και πανομοιότυπα με μέσο το 0 και διακύμανση σ^2 .

Στην εξίσωση του υποδείγματος χωρικού σφάλματος δεν εισάγουμε νέα μεταβλητή στο σύστημα, όπως στο υπόδειγμα χωρικής υστέρησης, αντιθέτως θεωρούμε ότι υπάρχει στο σύστημα μία μεταβλητή, η οποία έχει χωρικό χαρακτήρα και αποτελεί τμήμα του εν γένει σφάλματος της παλινδρόμησης. Δηλαδή, θεωρούμε ότι ένα τμήμα του σφάλματος έχει χαρακτηριστικά χωρικής αυτοσυσχέτισης. Όπως παρουσιάζεται και στο Σχήμα 4.5 η τιμή της μεταβλητής καθορίζεται από την τιμή των γειτονικών τιμών των όρων σφάλματος.



Σχήμα 4.5. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείγματος SEM

Η εξειδίκευση του χωρικού σφάλματος είναι κατάλληλη όταν μελετάται η διαδικασία προσαρμογής των παρατηρήσεων εξ αιτίας της χωρικής αυτοσυσχέτισης, είτε αυτή οφείλεται στη χωρική φύση του μοντέλου, είτε στο ότι οι παρατηρήσεις συλλέγονται χωρικά (Anselin, 1999). Σύμφωνα με τον Wang (2006), συνήθως στην πράξη, το κίνητρο για την εφαρμογή ενός χωρικού οικονομετρικού υποδείγματος δεν είναι η θεωρία, αλλά οι «ιδιαιτερότητες» των διαθέσιμων χωρικών δεδομένων. Στο πλαίσιο αυτό, το SEM υπόδειγμα θεωρεί ότι τα αποτελέσματα των γειτονικών καταλοίπων σχετίζονται μεταξύ τους λόγω μη παρατηρούμενων συνιστωσών που είναι χωρικά συσχετιζόμενες. Η χωρική συσχέτιση μεταξύ των σφαλμάτων της παλινδρόμησης μπορεί να προκληθεί από δύο πηγές: πρώτον, από την παράληψη χωρικών συσχετιζόμενων μεταβλητών και δεύτερον, από σφάλματα στη διαδικασία μέτρησης ή λόγω λανθασμένης εξειδίκευσης (misspecification) (Wang, 2006).

Περνώντας τώρα στην αγορά ακινήτων, η τοποθεσία του σπιτιού επηρεάζει την τιμή του, επιπλέον, σπίτια σε κοντινή απόσταση θα πρέπει να επηρεάζονται από τους ίδιους παράγοντες όσον αφορά την τοποθεσία. Εάν παραλειφθούν μεταβλητές χωρική συσχετιζόμενες, η επίδρασή τους θα είναι στα σφάλματα της παλινδρόμησης, για παράδειγμα, έστω ότι υπάρχουν σπίτια που βρίσκονται κοντά σε ένα αεροδρόμιο και ο παράγοντας αυτός δεν συμπεριλαμβάνεται στην ηδονική εξίσωση. Για τα σπίτια του δείγματος που επηρεάζονται από αυτόν τον παράγοντα θέσης, τα σφάλματα αυτών των παρατηρήσεων θα συσχετίζονται όταν αυτός ο παράγοντας παραλείπεται από την εξειδίκευση του υποδείγματος.

4.2.5 Χωρικό Υπόδειγμα Durbin

Το υπόδειγμα 4.21 είναι γνωστό ως χωρικό υπόδειγμα του Durbin (Spatial Durbin Model-SDM) και είναι ανάλογο με τη μέθοδο που διατύπωσε ο Durbin για τα υποδείγματα που εμφανίζουν αυτοσυσχέτιση στις χρονοσειρές. Προκύπτει από το γενικό υπόδειγμα (4.11) όταν $W_2 = 0$ και προσθέτοντας στην εξειδίκευση το γινόμενο WX . Με τον τρόπο αυτό το υπόδειγμα SDM περιλαμβάνει εκτός από τη μεταβλητή της χωρικής υστέρησης της εξαρτημένης μεταβλητής και ένα επιπρόσθετο όρο χωρικής υστέρησης ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές²¹.

$$y = \rho Wy + X\beta_1 + WX\beta_2 + \varepsilon \quad (4.21)$$

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

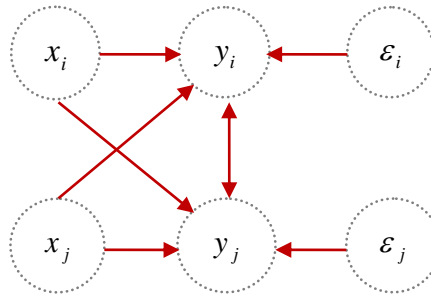
όπου y το διάνυσμα $n \times 1$ της εξαρτημένης μεταβλητής, X η μήτρα $n \times k$ με τις ανεξάρτητες μεταβλητές, W η μήτρα χωρικών σταθμίσεων, β_1 το διάνυσμα με τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών, ρ ο συντελεστής χωρικής αυτοσυσχέτισης, το γινόμενο WX αντιπροσωπεύει την επιπρόσθετη μεταβλητή οποία αφορά την χωρική υστέρηση των ανεξάρτητων μεταβλητών με β_2 το διάνυσμα των παραμέτρων και ε το διάνυσμα $n \times 1$ των καταλοίπων τα οποία κατανέμονται ανεξάρτητα και πανομοιότυπα με μέσο το 0 και διακύμανση σ^2 .

Η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής στο σημείο i επηρεάζεται από τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών, από την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής στο σημείο j καθώς

²¹ Παραλλαγή του SDM υποδείγματος είναι το χωρικό υπόδειγμα σφαλμάτων Durbin (spatial Durbin error model-SDEM), το οποίο δεν περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση μεταξύ των τιμών των y περιλαμβάνει όμως τη χωρική αλληλοσυσχέτιση των όρων των σφαλμάτων του (για περαιτέρω ανάλυση βλέπε Elhorst, 2014).

και από τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών που αφορούν την παρατήρηση j (Σχήμα 4.6).

Σύμφωνα με τον LeSage (1999) τα χωρικά υποδείγματα Durbin σε πολλές εφαρμογές εμφανίζουν σοβαρά προβλήματα συγγραμικότητας λόγω της εισαγωγής της μήτρας XWX των ανεξάρτητων μεταβλητών.



Σχήμα 4.6. Βασική αρχή λειτουργίας του υποδείματος SDM

4.3 Μέθοδοι Εκτίμησης: Κλασικές – Στοχαστικές Μέθοδοι

Σκοπός των χωρικών οικονομετρικών υποδειγμάτων, όπως άλλωστε και των υποδειγμάτων της κλασικής οικονομετρίας, είναι η εκτίμηση, μέσω του δείγματος, των αγνώστων τιμών των παραμέτρων. Ακολουθώντας με τη στατιστική επαγωγή γενικεύονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις εκτιμήσεις των παραμέτρων του δείγματος. Η στατιστική επαγωγή βασίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχει κάποια κατανομή πιθανότητας όλων των δυνατών παρατηρήσεων της υπό εξέταση μεταβλητής και από αυτή έχουμε ένα δείγμα N παρατηρήσεων (Maddala, 1989). Η κατανομή αυτή χαρακτηρίζεται από ορισμένες τιμές κρίσιμων παραμέτρων που αφορούν κυρίως τις τέσσερις πρώτες ροπές του πληθυσμού (μέσο όρο, διακύμανση, κύρτωση, συμμετρία). Με τη χρήση της στατιστικής επαγωγής, όπως αναφέρει ο Wooldridge (2003), από ένα δείγμα N παρατηρήσεων υπολογίζονται τα στατιστικά στοιχεία του δείγματος και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις άγνωστες παραμέτρους της κατανομής του πληθυσμού.

Με άλλα λόγια, η στατιστική επαγωγή χρησιμοποιεί τις παρατηρήσεις του δείγματος για να φτάσει σε συμπεράσματα για τον πληθυσμό από τον οποίο προέρχονται οι παρατηρήσεις του δείγματος ή αλλιώς για να περιγραφεί η άγνωστη διαδικασία που παράγει τα δεδομένα. Αυτή η διαδικασία μπορεί να προσεγγιστεί με την κατανομή πυκνότητας, η οποία περιγράφεται από τις άγνωστες παραμέτρους του πληθυσμού. Για παράδειγμα, για την

κανονική κατανομή οι άγνωστες παράμετροι είναι ο μέσος όρος και η διακύμανση και χρειαζόμαστε εκτίμηση για αυτές τις τιμές.

Αναλυτικότερα, έστω μια τυχαία μεταβλητή Y με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (probability density function - p.d.f) $f(y|\theta)$, όπου θ η παράμετρος που θέλουμε να εκτιμήσουμε και έστω (y_1, y_2, \dots, y_T) τυχαίο δείγμα μεγέθους N από τον πληθυσμό. Η συνάρτηση $\hat{\theta} = h(y_1, y_2, \dots, y_T)$ ονομάζεται *εκτιμητής* και η συγκεκριμένη τιμή για την πραγμάτωση του συγκεκριμένου δείγματος, *εκτίμηση* (Maddala, 1989; Spanos, 2000). Ένας εκτιμητής μπορεί να θεωρηθεί ως ένας κανόνας ή μια στρατηγική η οποία εφαρμόζεται στα δεδομένα του δείγματος προκειμένου να εκτιμηθεί η τιμή της άγνωστης παραμέτρου του πληθυσμού (Greene, 2000). Οι εκτιμητές είναι τυχαίες μεταβλητές διότι υπολογίζονται ως συνάρτηση των παρατηρήσεων του δείγματος οι οποίες είναι τυχαίες μεταβλητές (Spanos, 2000). Η εκτίμηση της άγνωστης παραμέτρου του πληθυσμού μπορεί να είναι σημειακή (point estimation) ή να εκτιμάται ένα διάστημα (interval estimation) μέσα στο οποίο θα περιλαμβάνεται η άγνωστη τιμή της παραμέτρου με δεδομένη πιθανότητα (Greene, 2000).

Έτσι, ο εκτιμητής ή η εκτιμήτρια είναι ο τρόπος ή η μέθοδος χρησιμοποίησης των παρατηρήσεων του δείγματος για τον υπολογισμό της τιμής της παραμέτρου, ενώ, η εκτίμηση είναι η στατιστική που υπολογίζεται από το δείγμα και μπορεί να δίνει μοναδική τιμή στην παράμετρο θ (σημειακή εκτίμηση) ή το διάστημα στο οποίο περιέχεται η πραγματική τιμή της παραμέτρου (εκτίμηση διαστήματος). Επιπλέον, η τιμή της εκτίμησης θα διαφέρει από δείγμα σε δείγμα, και αυτό διότι μια σημειακή εκτιμήτρια δεν μας παρέχει καμιά πληροφορία σχετικά με το περιθώριο λάθους. Η λογική πίσω από την εκτίμηση διαστήματος είναι ότι χρησιμοποιούμε τα στατιστικά στοιχεία για την κατασκευή ενός διαστήματος μέσα στο οποίο θα περιλαμβάνεται, σύμφωνα με κάποιο επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης, η αληθής τιμή της παραμέτρου.

Οι εκτιμητές που μπορούν να υπολογιστούν για τις παραμέτρους ενός πληθυσμού είναι όσες μπορεί να είναι και οι συναρτήσεις των τιμών του δείγματος, δηλαδή άπειροι. Επιπλέον, μερικές εκτιμήτριες μπορεί να είναι καλύτερες από κάποιες άλλες. Η εύρεση της καλύτερης ή της καταλληλότερης γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά τους ή τις επιθυμητές ιδιότητές τους (όπως συχνά αναφέρονται στη βιβλιογραφία).

Πιο συγκεκριμένα, η επιλογή της μεθόδου καθορισμού της εκτιμήτριας μίας ή περισσότερων παραμέτρων ενός πληθυσμού εξαρτάται από τις ιδιότητες που είναι επιθυμητό να έχει η συγκεκριμένη εκτιμήτρια στο υπό εξέταση πρόβλημα. Συνήθως απαιτείται οι εκτιμήτριες να είναι άριστες, δηλαδή αμερόληπτες και αποτελεσματικές. Οι επιθυμητές ιδιότητες κατηγοριοποιούνται στις ιδιότητες πεπερασμένων ή μικρών δειγμάτων (finite or small ή exact sample ή repeated sampling properties), οι οποίες περιλαμβάνουν την αμεροληψία και την αποτελεσματικότητα και στις ασυμπτωτικές ιδιότητες ή ιδιότητες μεγάλων δειγμάτων (asymptotic ή large properties), των οποίων οι πιο σημαντικές είναι η συνέπεια, η ασυμπτωτική αμεροληψία και η ασυμπτωτική αποτελεσματικότητα. Οι ιδιότητες

μικρών δειγμάτων αναφέρονται στην κατανομή δειγματοληψίας των εκτιμητών ανεξάρτητα του μεγέθους του δείγματος, ακόμη και σε δείγματα με μικρό μέγεθος (Judge κ.ά., 1988). Ενώ οι ασυμπτωτικές ιδιότητες αναφέρονται στις ιδιότητες της κατανομής δειγματοληψίας του εκτιμητή όταν το μέγεθος του δείγματος τείνει στο άπειρο (Judge κ.ά., 1988).

Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν είναι δυνατόν να βρεθεί ένας εκτιμητής που να έχει τις επιθυμητές ιδιότητες των μικρών δειγμάτων (Maddala, 1989). Και αυτό διότι μια ή και οι δυο ιδιότητες (αμεροληψία και αποτελεσματικότητα) των αρίστων εκτιμητριών σε πεπερασμένα δείγματα μπορεί να μην μπορούν να υπολογιστούν ή να μην υπάρχουν τέτοιοι εκτιμητές. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ελέγχουμε τις επιθυμητές ιδιότητες των μεγάλων δειγμάτων (ασυμπτωτικές ιδιότητες). Έτσι, αντικαθιστούμε τις αναμενόμενες τιμές με το όριο και συγκρίνουμε τις εκτιμήτριες με βάση τα χαρακτηριστικά που προκύπτουν όταν το μέγεθος του δείγματος γίνεται πολύ μεγάλο και αγγίζει τα όρια του πληθυσμού.

Έχοντας παρουσιάσει τις επιθυμητές ιδιότητες των εκτιμητών, το επόμενο πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί αφορά την συνάρτηση εκτίμησης που παράγει τους εκτιμητές των χωρικών οικονομετρικών υποδειγμάτων. Οι εκτιμητές, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δεν περιλαμβάνουν στις συναρτήσεις τους άγνωστες παραμέτρους και ο κάθε εκτιμητής μπορεί να υπολογιστεί με διάφορους τρόπους. Οι τρόποι αυτοί αναφέρονται στη μέθοδο εκτίμησης, τη συνάρτηση δηλαδή που χρησιμοποιείται. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία, η οποία θα αναλυθεί στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, αναφέρεται στις κλασικές - στοχαστικές μεθόδους και περιλαμβάνει τη μέθοδο των ροπών, τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας και τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων και η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στην Μπεϋζιανή μέθοδο.

Όπως αναφέρει ο Maddalla (1989), η κλασική επαγωγή (classical inference) βασίζεται στα ακόλουθα: α) οι παρατηρήσεις του δείγματος αποτελούν τη μόνη πληροφορία που έχουμε και β) η ερμηνεία και η εκτίμηση των διαφορετικών διαδικασιών για την επαγωγή βασίζεται στη μακροχρόνια συμπεριφορά κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Ενώ στην Μπεϋζιανή επαγωγή συνδυάζονται οι πληροφορίες του δείγματος με a priori πληροφορίες (Maddalla, 1989).

4.3.1 Μέθοδος Ελάχιστων Τετραγώνων και η Ακαταλληλότητά της στα Υποδείγματα της Χωρικής Οικονομετρίας

Η μέθοδος των ελάχιστων τετραγώνων (ordinary least squares method -OLS), όπως προκύπτει και από το όνομά της, χρησιμοποιεί ως κριτήριο καθορισμού των εκτιμητριών, την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετραγώνων των καταλοίπων, της διαφοράς δηλαδή των παρατηρηθεισών τιμών από τις προβλεπόμενες τιμές. Σε αντίθεση με τη μέθοδο των ροπών και με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας για τη χρήση της μεθόδου των

ελαχίστων τετραγώνων δεν απαιτείται η διατύπωση υποθέσεων για την κατανομή της τυχαίας μεταβλητής που εξετάζεται (Judge κ.ά., 1988).

Ωστόσο, η εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετράγωνων δεν είναι κατάλληλη για την εκτίμηση των συντελεστών των χωρικών αυτοπαλίνδρομων υποδειγμάτων διότι οι εκτιμητές που προκύπτουν είναι μεροληπτικοί και ασυνεπείς (Anselin, 1988; LeSage, 1999).

Πιο συγκεκριμένα για το απλό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτου βαθμού (FAR):

$$y = \rho W y + \varepsilon \quad (4.22)$$

Η εκτίμηση της παραμέτρου ρ που προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων υπολογίζεται από την έκφραση:

$$\hat{\rho} = (y' W' W y)^{-1} y' W' y \quad (4.23)$$

αντικαθιστώντας το y με τη σχέση στο πληθυσμό (4.22) προκύπτει:

$$\begin{aligned} \hat{\rho} &= (y' W' W y)^{-1} y' W' (\rho W y + \varepsilon) \Leftrightarrow \\ \hat{\rho} &= \rho (y' W' W y)^{-1} y' W' W y + (y' W' W y)^{-1} y' W' \varepsilon \Leftrightarrow \\ \hat{\rho} &= \rho + (y' W' W y)^{-1} y' W' \varepsilon \end{aligned} \quad (4.24)$$

διότι $(y' W' W y)^{-1} y' W' W y$ ισούται με την μοναδιαία μήτρα. Για να είναι ο εκτιμητής $\hat{\rho}$ της παραμέτρου του πληθυσμού ρ αμερόληπτος θα πρέπει η αναμενόμενη τιμή του να είναι ίση με την παράμετρο.

$$\begin{aligned} E(\hat{\rho}) &= E\left(\rho + (y' W' W y)^{-1} y' W' \varepsilon\right) \Leftrightarrow \\ E(\hat{\rho}) &= E(\rho) + E\left((y' W' W y)^{-1} y' W' \varepsilon\right) \Leftrightarrow \\ E(\hat{\rho}) &= \rho + E\left((y' W' W y)^{-1} y' W' \varepsilon\right) \end{aligned} \quad (4.25)$$

Όπως γίνεται φανερό από την σχέση 4.25 η αναμενόμενη τιμή δεν ισούται με την τιμή ρ διότι όρος $E\left((y' W' W y)^{-1} y' W' \varepsilon\right)$ δεν μηδενίζεται. Αναλυτικότερα, όπως και στην περίπτωση των χρονοσειρών, αυτό οφείλεται στην πολύπλοκη στοχαστική φύση του αντίστροφου όρου, ο οποίος περιέχει στοιχεία τα οποία είναι συνάρτηση του y (και ως εκ τούτου και του ε). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο όρος αυτός να μην είναι ασυσχέτιστος με τα ε . Επιπλέον, ενώ στις χρονοσειρές $E(y' W' \varepsilon) = 0$, εάν δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων (serial residual correlation), αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση που οι παρατηρήσεις εμφανίζονται στο χώρο. Διότι, στο χωρικό υπόδειγμα

$$E(y' W' \varepsilon) = E\left\{ \left[W(I - \rho W)^{-1} \varepsilon \right]' \varepsilon \right\} \text{ είναι ίσο με το μηδέν μόνο για } \rho = 0.$$

Περνώντας τώρα, στις ασυμπτωτικές ιδιότητες, σύμφωνα με τον Anselin (1988), η συνέπεια του εκτιμητή του χωρικού αυτοπαλινδρομού υποδείγματος πρώτου βαθμού που προκύπτει από τα ελάχιστα τετράγωνα καθορίζεται από τις ακόλουθες δυο συνθήκες:

$$\text{plim}N^{-1}(y'W'Wy) = Q, \quad \text{πεπερασμένη και μη ιδιάζουσα μήτρα} \quad (4.26)$$

$$\text{plim}N^{-1}(y'W'\varepsilon) = 0 \quad (4.27)$$

με την αντικατάσταση του y' με:

$$\begin{aligned} y &= (I - \rho W)\varepsilon \Leftrightarrow \\ y' &= \varepsilon'(I - \rho W)^{-1} \end{aligned} \quad (4.28)$$

η σχέση 4.27 μετασχηματίζεται σε:

$$\text{plim}N^{-1}(y'W'\varepsilon) = \text{plim}N^{-1}\varepsilon'W(I - \rho W)^{-1}\varepsilon \quad (4.29)$$

Ενώ η πρώτη συνθήκη (4.26) ικανοποιείται με τους κατάλληλους περιορισμούς για την τιμή της παραμέτρου ρ και για τη δομή της μήτρας χωρικών σταθμίσεων, η δεύτερη συνθήκη (4.29) δεν μηδενίζεται (Anselin, 1988). Η παράσταση 4.29 είναι ίση με το μηδέν μόνο όταν το ρ είναι ίσο με το μηδέν και δεν υπάρχει χωρική εξάρτηση στις τιμές του δείγματος (Anselin, 1988; LeSage, 1999).

4.3.2 Μέθοδος Μέγιστης Πιθανοφάνειας

Η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood method - ML) του Fisher βασίζεται στην υπόθεση ότι οι παρατηρήσεις του δείγματος που έχουμε είναι πιο πιθανό να σχετίζονται με την ίδια κατανομή. Όπως επισημαίνουν οι Ashenfelter κ.ά. (2003) ξεκινάμε με την υπόθεση ότι οι παρατηρήσεις που έχουμε προέρχονται από πληθυσμό του οποίου τα δεδομένα ακολουθούν την ίδια κατανομή με άγνωστες παραμέτρους θ , και για να υπολογίσουμε τους εκτιμητές του διανύσματος θ μεγιστοποιούμε τη συνάρτηση πιθανοφάνειας των παρατηρήσεων του δείγματος που έχουμε.

Έστω (y_1, y_2, \dots, y_T) τυχαίο δείγμα μεγέθους N από πληθυσμό με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $f(y|\theta)$. Λόγω της υπόθεσης περί τυχαίας δειγματοληψίας, η συνδυασμένη κατανομή του (y_1, y_2, \dots, y_T) είναι το γινόμενο των πυκνοτήτων: $f(y, \theta)f(y, \theta)\dots f(y, \theta)$ και η συνάρτηση πιθανότητας ή πιθανοφάνεια του δείγματος ορίζεται ως εξής: $L(\theta, y_1, y_2, \dots, y_T) = f(y_1, \theta)f(y_2, \theta)\dots f(y_T, \theta)$ (Wooldrige, 2003). Με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας επιλέγεται εκείνη η τιμή της άγνωστης παραμέτρου, για την οποία η συνάρτηση πιθανοφάνειας του δείγματος είναι μέγιστη (Judge κ.ά., 1988). Αυτό σημαίνει ότι η μέγιστη πιθανοφάνειας εκτίμηση της τιμής της παραμέτρου είναι αυτή

που θα έδινε το δεδομένο δείγμα συχνότερα από κάθε άλλη εκτίμηση καθώς και ότι από όλες τις πιθανές τιμές των εκτιμητών της παραμέτρου θ πρέπει να επιλέγει η τιμή που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση πιθανοφάνειας του δείγματος και η τιμή του εκτιμητή εξαρτάται από το τυχαίο δείγμα.

Όπως επισημαίνει ο Wooldrige (2003), οι εκτιμητές που προκύπτουν από τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας συνήθως είναι συνεπείς και μερικές φορές αμερόληπτοι, ωστόσο η ευρεία χρήση της έγκειται στο γεγονός ότι οι εκτιμητές είναι ασυμπτωτικά αποτελεσματικοί και επιπλέον ο εκτιμητής που προκύπτει είναι μερικές φορές ο ελάχιστος αμερόληπτος εκτιμητής της διακύμανσης.

Περνώντας τώρα στην εφαρμογή της μεθόδου της μέγιστης πιθανοφάνειας στην εκτίμηση των χωρικών αυτοπαλινδρομών υποδειγμάτων στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής εργασίας θα παρουσιαστεί η διαδικασία εκτίμησης του χωρικού υποδείγματος υστερήσεων SAR. Σύμφωνα με τον Anselin (1999), το σημείο εκκίνησης για την εκτίμηση του υποδείγματος υστερήσεων SAR είναι η υπόθεση ότι οι όροι σφάλματος ε στην εξίσωση 4.13 κατανέμονται κανονικά. Επομένως, η από κοινού πιθανοφάνεια προκύπτει από την πολυμεταβλητή κανονική κατανομή της y . Αντίθετα, όμως, από ότι συμβαίνει με το υπόδειγμα της κλασσικής παλινδρόμησης, η από κοινού λογαριθμοποιημένη πιθανοφάνεια της χωρικής παλινδρόμησης δεν είναι ίση με το άθροισμα των λογαριθμοποιημένων πιθανοφανειών που αντιστοιχούν στην κάθε μια παρατήρηση ξεχωριστά (Anselin, 1999). Αυτό όπως επισημαίνει ο Anselin (1999) οφείλεται στην αμφίδρομη φύση της χωρικής εξάρτησης μεταξύ δυο οποιοδήποτε χωρικών μονάδων που με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ενός Ιακωβιανού όρου που είναι η οριζούσα της μήτρας $N \times N$ των χωρικών μονάδων δηλαδή ο τελεστής χωρικής υστέρησης $|I - \rho W|$.

Η μορφή που έχει η συνάρτηση πιθανοφάνειας για το γενικό χωρικό υπόδειγμα (SAC) και σύμφωνα με τους συμβολισμούς που χρησιμοποιεί ο Anselin (1988) είναι η εξής:

$$\ln L = -\left(\frac{N}{2}\right) \ln \pi - \left(\frac{1}{2}\right) \ln |\Omega| + \ln |A| + \ln |B| - \left(\frac{1}{2}\right) (Ay - X\beta)' B' \Omega^{-1} B (Ay - X\beta) \quad (4.30)$$

όπου οι μήτρες A και B συμβολίζουν τις μήτρες $I - \rho W$ και $I - \lambda W$ που προκύπτουν από τις λύσεις των εξισώσεων χωρικής αυτοπαλινδρόμησης και κινητού μέσου όρου αντίστοιχα ως προς y και ε . Επίσης, όπου Ω η μήτρα διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων.

Η συγκεντρωμένη λογαριθμοποιημένη συνάρτηση πιθανοφάνειας (concentrated log likelihood function) για το χωρικό υπόδειγμα υστερήσεων SAR προκύπτει θέτοντας τους περιορισμούς $\lambda = 0$ (με αποτέλεσμα η μήτρα B να εξισώνεται με την μοναδιαία μήτρα) και $\Omega = \sigma^2 I$. Αντικαθιστώντας την μήτρα A με την ίση της $(I - \rho W)$ η συνάρτηση 4.30 μετασχηματίζεται στην ακόλουθη συνάρτηση:

$$\begin{aligned} \ln L = & -\left(\frac{N}{2}\right)\ln(2\pi) - \left(\frac{N}{2}\right)\ln \sigma^2 + \ln|I - \rho W| \\ & - \left(\frac{1}{2\sigma^2}\right) (y - \rho Wy - X\beta)' (y - \rho W\beta - X\beta) \end{aligned} \quad (4.31)$$

Εφαρμόζοντας τις συνθήκες μεγιστοποίησης πρώτης τάξης ο εκτιμητής του διανύσματος β είναι ο εξής:

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_{ML} &= (X'X)^{-1} X'y - \rho(X'X)^{-1} X'Wy \Leftrightarrow \\ \hat{\beta}_{ML} &= \beta_0 - \rho\beta_L \end{aligned} \quad (4.32)$$

Οι όροι του αθροίσματος της σχέσης 4.32 αποτελούν τους εκτιμητές για το διάνυσμα β που προκύπτουν από δυο βοηθητικές παλινδρόμησης (Anselin, 1988). Αναλυτικότερα, ο όρος β_0 προκύπτει από την βοηθητική παλινδρόμηση που έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή την y και ανεξάρτητες τις X , ενώ ο όρος β_L από την παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή την Wy και ανεξάρτητες τις X . Συνεπώς, ο εκτιμητής μέγιστης πιθανοφάνειας του διανύσματος β είναι συνάρτηση των συντελεστών των βοηθητικών παλινδρομήσεων (που δεν είναι συνάρτηση άλλων παραμέτρων και κατά τα γνωστά υπολογίζονται από τις τιμές του δείγματος) καθώς και του συντελεστή χωρικής αυτοσυσχέτισης ρ τον οποίο δεν μπορούμε να υπολογίσουμε αναλυτικά (Anselin, 1988).

Ενώ, ο εκτιμητής μέγιστης πιθανοφάνειας της διακύμανσης υπολογίζεται από την ακόλουθη παράσταση:

$$\hat{\sigma}_{ML}^2 = \left(\frac{1}{N}\right) (e_0 - \rho e_L)' (e_0 - \rho e_L) \quad (4.33)$$

όπου $e_0 = y - X\beta_0$ και $e_L = y - X\beta_L$ τα κατάλοιπα των βοηθητικών παλινδρομήσεων. Όπως και στην περίπτωση της εκτίμησης του συντελεστή β , η εκτιμήτρια της διακύμανσης προκύπτει εύκολα από την στιγμή που θα καθοριστεί τιμή για τον συντελεστή χωρικής αυτοσυσχέτισης.

Η εκτίμηση για το συντελεστή χωρικής αυτοσυσχέτισης γίνεται αντικαθιστώντας τις τιμές των συντελεστών παλινδρόμησης (4.32) και της διακύμανσης (4.33), που είναι συναρτήσεις του, στη συνάρτηση πιθανοφάνειας (4.31) και στην συνέχεια επιλύοντας ως προς το ρ . Το πρόβλημα που υπάρχει όμως, είναι ότι η συνάρτηση αυτή δεν είναι γραμμική ως προς το ρ και συνεπώς δεν μπορεί να προκύψει αναλυτική λύση, το πρόβλημα επιλύεται με την εφαρμογή αριθμητικών αλγορίθμων εύρεσης των ακρότατων της συνάρτησης, όπως οι μέθοδοι κατάβασης δυναμικού (gradient descent) ή η Davidon Fletcher Powell (DFP) ή η Gauss Newton μέθοδος (Fletcher, 1987).

Τα βήματα της διαδικασίας εκτίμησης του υποδείγματος SAR έτσι όπως έχουν καθοριστεί από τον Anselin (1988) είναι τα εξής:

Βήμα 1: Εφαρμόζεται η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων στο υπόδειγμα:
 $y = X\beta_0 + \varepsilon_0$.

Βήμα 2: Εφαρμόζεται η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων στο υπόδειγμα:
 $Wy = X\beta_L + \varepsilon_L$.

Βήμα 3: Υπολογίζονται τα κατάλοιπα ε_0 και ε_L .

Βήμα 4: Με γνωστά τα ε_0 και ε_L υπολογίζεται το ρ που μεγιστοποιεί την λογαριθμοποιημένη συνάρτηση πιθανοφάνειας (4.31).

Βήμα 5: Με γνωστό το ρ υπολογίζεται το διάνυσμα των παραμέτρων $\beta = \beta_0 - \rho\beta_L$ και η διακύμανση $\hat{\sigma}^2 = \left(\frac{1}{N}\right)(e_0 - \rho e_L)'(e_0 - \rho e_L)$.

4.3.3 Μέθοδος Ροπών

Η μέθοδος των ροπών²² (method of moments-MOM) αποτελεί μια τεχνική εκτίμησης σύμφωνα με την οποία οι άγνωστες παράμετροι εκτιμώνται από την εξίσωση των ροπών του πληθυσμού (οι οποίες αποτελούν συναρτήσεις των άγνωστων παραμέτρων) με τις αντίστοιχες ροπές του δείγματος (Kmenta, 1971; Mátyás, 1999). Οπότε έχουμε τόσες εξισώσεις όσες και οι άγνωστες παράμετροι της κατανομής του πληθυσμού που θέλουμε να εκτιμήσουμε. Το σύστημα των εξισώσεων αυτών επιλυόμενο ως προς τις άγνωστες παραμέτρους δίνει τις εκτιμήτριές τους οι οποίες καλούνται και ροποεκτιμήτριες.

Πιο αναλυτικά και ακολουθώντας τους Judge κ.ά. (1988) και Mátyás (1999), έστω Y_1, Y_2, \dots, Y_n τυχαίο δείγμα από πληθυσμό με συνάρτηση (πυκνότητας) πιθανότητας $f(y|\theta)$, όπου $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$ το διάνυσμα των άγνωστων παραμέτρων της κατανομής. Έστω επίσης, μ'_r η ροπή τάξεως r του πληθυσμού περί το μηδέν της κατανομής η οποία είναι εκφρασμένη ως συνάρτηση των αγνώστων παραμέτρων και υπολογίζεται ως εξής:

$$\mu'_r = \mu'_r(\theta) = E[Y^r] = \begin{cases} \sum_x y^r f(y; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k), & \text{αν } Y \text{ διακριτή} \\ \int y^r f(y; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) dy, & \text{αν } Y \text{ συνεχής} \end{cases} \quad (4.34)$$

και $\hat{\mu}'_r$ η ροπή τάξεως r του δείγματος η οποία υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

²² Διατυπώθηκε από τον Pearson το 1985 (Spanos, 2000).

$$\hat{\mu}'_r = \sum_{i=1}^r Y_i^r / T, \quad r = 1, \dots, K \quad (4.35)$$

Εξισώνοντας τη ροπή του δείγματος με τη ροπή του πληθυσμού $\hat{\mu}'_r = \mu'_r(\theta)$ και επιλύοντας το σύστημα των K εξισώσεων προς τις άγνωστες παραμέτρους προκύπτει το διάνυσμα $\hat{\theta}$ το οποίο μας δίνει τις εκτιμήτριες με τη μέθοδο των ροπών.

Όσον αφορά τις ιδιότητες των εκτιμητών έχει αποδειχτεί ότι η μέθοδος των ροπών οδηγεί σε εκτιμητές συνεπείς (Greene, 2000; Ashenfelter κ.ά., 2003) και ασυμπτωτικά κανονικούς (Kmenta, 1971). Ωστόσο, οι εκτιμήτριες που αφορούν τις άγνωστες παραμέτρους του πληθυσμού δεν είναι μοναδικές (Judge κ.ά., 1988). Για παράδειγμα, ως εκτιμητήρια της μέσης τιμής ενός πληθυσμού χρησιμοποιούμε συνήθως το δειγματικό αριθμητικό μέσο, ωστόσο δεν είναι η μοναδική εκτιμητήρια διότι υπάρχουν και άλλες στατιστικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν (όπως για παράδειγμα ο γεωμετρικός μέσος και η διάμεσος). Επιπλέον, η μέθοδος είναι δύσκολο να εφαρμοστεί σε περίπλοκα προβλήματα (Kmenta, 1971; Judge κ.ά., 1988) και εφαρμόζεται μόνο στην περίπτωση που οι ροπές του πληθυσμού υπάρχουν (Kmenta, 1971; Judge κ.ά., 1988).

Περνώντας τώρα στην εφαρμογή της μεθόδου στην εκτίμηση των παραμέτρων των χωρικών υποδειγμάτων, στο πλαίσιο, της παρούσας διατριβής θα παρουσιαστεί ο τρόπος υπολογισμού των εκτιμητών του υποδείγματος χωρικού σφάλματος (SEM). Αναλυτικότερα, οι Kelejian and Prucha (1999) πρότειναν ένα σύστημα τριών εξισώσεων για τον υπολογισμό των εκτιμητών του SEM. Συγκεκριμένα, υπό την προϋπόθεση ότι τα κατάλοιπα στην εξίσωση του διαταρακτικού όρου του υποδείγματος είναι ανεξάρτητα και έχουν την ίδια κατανομή (independent and identically distributed- i.i.d) το σύστημα των εξισώσεων είναι το εξής:

$$\begin{aligned} E\left[u'u/N\right] &= \sigma^2 \\ E\left[u'W'Wu/N\right] &= \sigma^2 \left(1/N\right) r(W'W) \\ E\left[u'Wu/N\right] &= 0 \end{aligned} \quad (4.36)$$

Αντικαθιστώντας όπου u με $e - \lambda We$ (με e το διάνυσμα των καταλοίπων που προκύπτουν από τα ελάχιστα τετράγωνα) προκύπτει ένα σύστημα τριών εξισώσεων με τρεις άγνωστες παραμέτρους λ , λ^2 και σ^2 . Οι Kelejian and Prucha (1999), πρότειναν τη χρήση της μεθόδου των μη γραμμικών ελαχίστων τετράγωνων για τον υπολογισμό του συνεπή εκτιμητή λ με την μέθοδο των ροπών τον οποίο στη συνέχεια χρησιμοποίησαν για τον υπολογισμό του συνεπή εκτιμητή για την παράμετρο β χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των εφικτών γενικευμένων ελαχίστων τετράγωνων (Feasible Generalized Least Squares-FGLS).

4.4 Μήτρες Χωρικών Σταθμίσεων

Όπως έγινε φανερό από την παραπάνω ανάλυση, η μήτρα χωρικών σταθμίσεων χρησιμοποιείται ευρέως στη χωρική στατιστική για τη διερεύνηση των χωρικών επιδράσεων, στην εφαρμογή δηλαδή των μεθόδων οι οποίες εξετάζουν τόσο τη χωρική αυτοσυσχέτιση, όσο και τη χωρική εξάρτηση μεταξύ των τιμών των χωρικών παρατηρήσεων. Επιπλέον, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι όλων των υποδειγμάτων της χωρικής οικονομετρίας. Κατά συνέπεια, η ανάλυση των χωρικών δεδομένων αρχίζει με τη δημιουργία της μήτρας χωρικών σταθμίσεων (spatial weight matrix) ή μήτρας εγγύτητας (proximity matrix), η οποία συμβολίζεται στη βιβλιογραφία ως W . Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται ο ορισμός της, οι τρόποι κατασκευής της και τα κριτήρια επιλογής της.

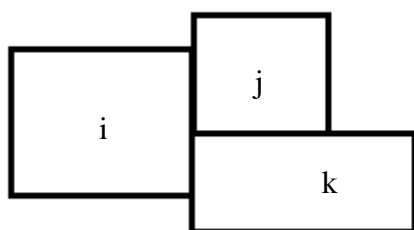
4.4.1 Ορισμός της Μήτρας Χωρικών Σταθμίσεων

Σύμφωνα με τον Anselin (1988), η μήτρα χωρικών σταθμίσεων W εκφράζει τη χωρική εξάρτηση μεταξύ των παρατηρήσεων. Ο Wang (2006), επισημαίνει ότι η μήτρα W είναι η έμμεση αντιπροσώπευση της δομής της συνδιακύμανσης μεταξύ των χωρικών οντοτήτων. Συνεπώς, η μήτρα W χρησιμοποιείται για να συσχετίσει μια παρατήρηση σε μια τοποθεσία με τις παρατηρήσεις σε άλλες χωρικές μονάδες, καθορίζοντας με αυτό τον τρόπο τις γειτονικές για κάθε παρατήρηση. Θεωρείται δηλαδή πως στο χώρο συντελείται μία «χωρική στοχαστική ανέλιξη» που οι συγκεκριμένες πραγματοποιήσεις της είναι οι τιμές των μεταβλητών που παρατηρούνται στις διάφορες γεωγραφικές μονάδες. Απ' αυτή την οπτική, η χωρική αλληλεπίδραση είναι ανάλογη της χρονικής αυτοσυσχέτισης. Συγκεκριμένα, χωρική αλληλεπίδραση μίας τυχαίας γεωγραφικής μονάδας είναι οι επίδραση που ασκεί σε ένα δεδομένο σύνολο άλλων γειτονικών γεωγραφικών μονάδων και επιδράσεις που δέχεται από αυτό. Η συνολική χωρική αλληλεπίδραση για όλες τις γεωγραφικές μονάδες, δηλαδή η μήτρα διακυμάνσεων συνδιακυμάνσεων, υπολογίζεται κατά αναλογία με τις χρονολογικές σειρές με την υιοθέτηση διαφόρων υποθέσεων για την συγκεκριμένη συναρτησιακή μορφή της χωρικής στοχαστικής ανέλιξης. Αυτή η ανέλιξη απαιτεί την τυπική έκφραση της δομής γειννίας για κάθε γεωγραφική μονάδα (τοπολογία ή χωρική τακτοποίηση των στοιχείων, δηλαδή την εύρεση των γειτονικών περιοχών). Αυτό σημαίνει πως η χωρική μήτρα στάθμισης W έχει πάντα συγκεκριμένη μορφή, που είναι συνήθως καθορισμένη εκ των προτέρων.

Μαθηματικά πρόκειται για έναν πίνακα, σκοπός του οποίου είναι να απεικονίσει/συλλάβει τις σχέσεις των γεωγραφικών μονάδων στο χώρο. Αν η υπό μελέτη περιοχή περιέχει N παρατηρήσεις τότε η μήτρα W , είναι μια τετραγωνική μήτρα με διάσταση $N \times N$. Όπως θα δούμε στην επόμενη υποενότητα, υπάρχουν διάφοροι τρόποι ορισμού του πίνακα W . Ο τρόπος καθορισμού των σχέσεων των χωρικών παρατηρήσεων εξαρτάται αφενός από τα δεδομένα και αφετέρου από τη φύση του υπό μελέτη προβλήματος.

Τις περισσότερες φορές, ο τρόπος κατασκευής της βασίζεται σε προϋπάρχουσα γνώση ή σε υποκειμενικές πεποιθήσεις σχετικά με τη δομή του χώρου. Αν ο τρόπος κατασκευής της προσεγγίζει την πραγματικότητα, τη δομή δηλαδή του χώρου, τότε περιγράφει τη χωρική εξάρτηση μεταξύ των παρατηρήσεων.

Η μήτρα W είναι μια μη αρνητικά ορισμένη μήτρα που καθορίζει το σύνολο των γειτονικών παρατηρήσεων για κάθε παρατήρηση του δείγματος. Τα στοιχεία της μήτρας (w_{ij}) δείχνουν τη σχέση μεταξύ των παρατηρήσεων i (γραμμή) και j (στήλη), θεωρώντας εξ ορισμού τα διαγώνια στοιχεία $w_{ij} = 0$ έτσι ώστε κάθε παρατήρηση να μη θεωρείται ότι γειτονεύει με τον εαυτό της. Έτσι κάθε στοιχείο της W αντιπροσωπεύει το αν οι δύο παρατηρήσεις είναι χωρικά συσχετιζόμενες ή όχι και σε πολλές περιπτώσεις πόσο ισχυρή είναι αυτή η σχέση. Στο Σχήμα 4.6 παρουσιάζεται η μαθηματική απεικόνιση της μήτρας W για ένα παράδειγμα τριών γεωγραφικών παρατηρήσεων, που αντιστοιχούν σε πολύγωνα.



$$W = \begin{bmatrix} 0 & w_{ij} & w_{ik} \\ w_{ji} & 0 & w_{jk} \\ w_{ki} & w_{kj} & 0 \end{bmatrix}$$

Γεωγραφικές μονάδες

Μήτρα χωρικών σταθμίσεων

Σχήμα 4.6. Μαθηματική απεικόνιση της μήτρας W

4.4.2 Τρόποι Κατασκευής της Μήτρας Χωρικών Σταθμίσεων

Η αρθρογραφία σχετικά με τον τρόπο κατασκευής των μητρών χωρικών σταθμίσεων είναι αρκετά εκτεταμένη. Οι Stakhovych και Bijmolt (2008) υποστηρίζουν ότι υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για την κατασκευή τους:

- (i) ο εξωγενής,
- (ii) ο ενδογενής και
- (iii) ο τρόπος της εκτίμησης.

Ο πρώτος τρόπος βασίζεται κυρίως στις γεωγραφικές σχέσεις των χωρικών παρατηρήσεων. Παραδείγματα μητρών W που χρησιμοποιούν αυτήν την προσέγγιση είναι οι μήτρες που ορίζονται με βάση την απόσταση, με βάση το κοινό σύνορο και τους κ-πλησιέστερους γείτονες (βλέπε: Cliff και Ord, 1981; Anselin, 1988; Anselin και Bera; 1998). Επίσης σε αυτή την προσέγγιση συμπεριλαμβάνονται μήτρες που η κατασκευή τους βασίζεται σε κοινωνικά δίκτυα και στην οικονομική απόσταση (βλέπε: Case κ.ά., 1993; Conley και Ligon, 2002; Leenders, 2002). Ο δεύτερος τρόπος αφορά τον προσδιορισμό της W από τα δεδομένα. Στο πλαίσιο αυτής της προσέγγισης ανήκει η προσέγγιση των Getis και Aldstadt (2004) οι οποίοι πρότειναν μια W η οποία βασίζεται στην απόσταση πέρα από την οποία υπάρχει μια σημαντική αλλαγή στη χωρική αυτοσυσχέτιση. Οι Aldstadt και Getis (2006) ανέπτυξαν έναν αλγόριθμο που κατασκευάζει τη μήτρα χωρικών σταθμίσεων από το διαχωρισμό των δεδομένων σε χωρικές ομάδες. Τέλος, η τρίτη προσέγγιση είναι να εκτιμηθεί η μήτρα χωρικών σταθμίσεων, όπου λόγω του μεγάλου πλήθους των στοιχείων που πρέπει να εκτιμηθούν σε σύγκριση με τον αριθμό των παρατηρήσεων, θα πρέπει να επιβληθούν ορισμένοι περιορισμοί. Για παράδειγμα, οι Bhattacharjee και Jensen-Butler (2006) πρότειναν μια μη παραμετρική προσέγγιση για την εκτίμηση της W με βάση την ιδιότητα της συνεπείας των εκτιμητών των χωρικών οικονομετρικών υποδειγμάτων. Συχνά ο περιορισμός που χρησιμοποιείται είναι η μήτρα W να είναι συμμετρική, περιορισμός ο οποίος ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις δεν αντιπροσωπεύει τις πραγματικές χωρικές σχέσεις. Έχουν ακόμη προταθεί τρόποι κατασκευής με τη βοήθεια διαρθρωτικών εξισώσεων με λανθάνουσες (latent) μεταβλητές στα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας (Folmer και Oud, 2008).

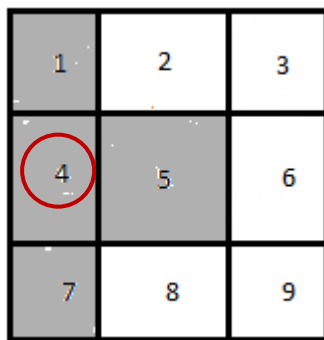
Ο Getis (2009) διατύπωσε και αυτός τρεις βασικές κατηγορίες κατασκευής των W :

- (i) το θεωρητικό,
- (ii) τον τοπολογικό και
- (iii) τον εμπειρικό τρόπο.

Σύμφωνα με τη θεωρητική άποψη, η μήτρα W είναι εξωγενώς καθορισμένη σε κάθε σύστημα και βασίζεται σε μια θεωρητική αιτιολόγηση της δομής της. Συνήθως αυτή η δομή καθορίζεται από την απόσταση. Η τοπολογική άποψη προέκυψε από την ανάγκη οι μήτρες W να συλλαμβάνουν και το σχήμα και το μέγεθος των χωρικών μονάδων. Για παράδειγμα, θα πρέπει οι σχέσεις γειτνίασης να εκπροσωπούνται με διαφορετικό τρόπο για μια μεγάλη γεωγραφική μονάδα από ότι για μια μικρή. Στην περίπτωση αυτή, η μήτρα W μπορεί να κατασκευάζεται με το μήκος της πλευράς ή με το ποσοστό του κοινού συνόρου ως προς την περίμετρο. Τέλος, η εμπειρική προσέγγιση συνεπάγεται ότι η χωρική εξάρτηση μπορεί να ανιχνευθεί από τις υπό μελέτη μεταβλητές. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα τοπικό σημείο αυτοσυσχέτισης και από αυτό να προσδιοριστεί το ακριβές επίπεδο της χωρικής συσχέτισης των παρατηρήσεων που περιβάλλουν κάθε δεδομένη παρατήρηση, και στη συνέχεια από αυτή τη σχέση να δημιουργηθεί η μήτρα W .

Βασιζόμενοι στην κατάταξη των Getis και Aldstadt (2002) και εμπλουτίζοντας την με τους υπόλοιπους τρόπους που απαντώνται στην αρθρογραφία, οι τρόποι κατασκευής των μητρών W είναι οι εξής:

Γειτνίαση με βάση τη χωρική συνέχεια (spatially contiguous neighbours). Δυο χωρικές μονάδες θεωρούνται γειτονικές όταν έχουν κοινό όριο. Τα αντίστοιχα στοιχεία της μήτρας W παίρνουν την τιμή 1. Ωστόσο ο προσδιορισμός της χωρικής συνέχειας δεν είναι μοναδικός. Η έννοια του κοινού ορίου μπορεί να αποδοθεί με πολλούς τρόπους. Συγκεκριμένα μπορεί να παίρνει τη μορφή της κοινής πλευράς (rook contiguity) των δυο μονάδων, ή να παίρνει τη μορφή της κοινής κορυφής (bishop contiguity) των δυο μονάδων, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο συνδυασμός των δυο (queen contiguity). Δηλαδή, δυο γεωγραφικές μονάδες θεωρείται ότι γειτνιάζουν είτε αν έχουν κοινή ακμή, είτε κοινή κορυφή. Οι μήτρες W που προκύπτουν από την γειτνίαση με βάση τη χωρική συνέχεια είναι συμμετρικές. Ωστόσο αυτός ο τρόπος κατασκευής έχει το μειονέκτημα ότι μπορεί να υπάρχουν στην περιοχή μελέτης πολύγωνα «νησιά» (islands), πολύγωνα δηλαδή που δεν συνορεύουν με κανένα άλλο πολύγωνο. Στα Σχήματα 4.7, 4.8 και 4.9 παρουσιάζονται οι τρεις τρόποι ορισμού της γειτνίασης με βάση τη χωρική συνέχεια, σε παράδειγμα χωρισμού της υπό μελέτη περιοχής σε 9 χωρικές μονάδες.



Γεωγραφικές μονάδες

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Μήτρα χωρικών σταθμίσεων

Σχήμα 4.7. Rook γειτνίαση

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Γεωγραφικές μονάδες

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Μήτρα χωρικών σταθμίσεων

Σχήμα 4.8. Bishop γειτνίαση

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Γεωγραφικές μονάδες

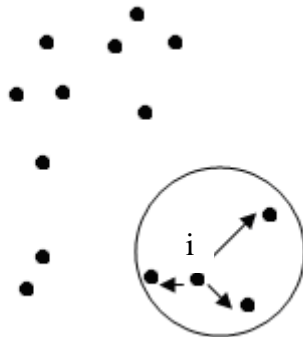
$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Μήτρα χωρικών σταθμίσεων

Σχήμα 4.9. Queen γειτνίαση

Γειτνίαση με βάση τους κ-πλησιέστερους γείτονες (k-nearest neighbours). Οι γείτονες κάθε σημείου προκύπτουν από τον ορισμό ενός αριθμού κ-πλησιέστερων σημείων (για παράδειγμα στο Σχήμα 4.10 ο αριθμός των γειτονικών για το σημείο i έχει οριστεί να είναι τα 3-πλησιέστερα σημεία). Η γειτνίαση με βάση τους κ-πλησιέστερους γείτονες μπορεί να χρησιμοποιηθεί και όταν οι γεωγραφικές μονάδες εμφανίζονται σε πολύγωνα, χρησιμοποιώντας τα κέντρα βάρους των πολύγωνων ως σημεία για τον υπολογισμό της απόστασης. Οι μήτρες χωρικών σταθμίσεων που προκύπτουν με αυτό τον ορισμό δεν είναι συμμετρικές. Ο ορισμός της μήτρας W με βάση τους κ-πλησιέστερους γείτονες αποτελεί μια λύση στο πρόβλημα των πολύγωνων «νησιών» διότι αναγκαστικά κάθε γεωγραφική

μονάδα έχει τον ίδιο αριθμό γειτόνων, κάτι το οποίο ωστόσο θα πρέπει να έχει θεωρητική ερμηνεία σε κάθε δεδομένη εμπειρική εφαρμογή.



$$w_{ij} = \begin{cases} 1, j \in N_k(i) \\ 0, \text{σε κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

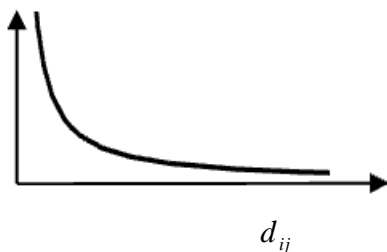
Γεωγραφικές μονάδες

Μήτρα χωρικών σταθμίσεων

Σχήμα 4.10. Γειτνίαση με βάση τους κ-πλησιέστερους γείτονες

Γειτνίαση με βάση το αντίστροφο της ευκλείδειας απόστασης (inverse distance).

Η μήτρα W υπολογίζεται με βάση το αντίστροφο της ευκλείδειας απόστασης (d_{ij}) μεταξύ της παρατήρησης i και της παρατήρησης j . Σε πολλές περιπτώσεις η αντίστροφη συνάρτηση της απόστασης που χρησιμοποιείται υψώνεται σε κάποια δύναμη a , η οποία αποτελεί μια παράμετρο-ποινή που επιβάλλεται για την απόσταση (Lloyd, 2010). Η τιμή της παραμέτρου a καθορίζει την κλίση της καμπύλης που παράγει τα βάρη. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της παραμέτρου a τόσο λιγότερο απότομη είναι η συνάρτηση της απόστασης, με αποτέλεσμα να επιτρέπει τον καθορισμό των γειτονικών σε μεγαλύτερη ακτίνα επιρροής. Το βάρος που δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο «σβήνει» καθώς απομακρυνόμαστε από το σημείο με αποτέλεσμα από κάποια ακτίνα και μετά το βάρος να είναι σχεδόν μηδενικό. Πέρα της Ευκλείδειας απόστασης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι ειδικές αποστάσεις Manhattan και Minkowski.



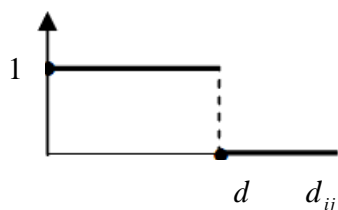
$$w_{ij} = d_{ij}^{-\alpha}$$

Συνάρτηση της απόστασης

Υπολογισμός βαρών της μήτρας χωρικών σταθμίσεων

Σχήμα 4.11. Γειτνίαση με βάση την αντίστροφη απόσταση

Γειτνίαση με βάση μια σταθερή απόσταση (fixed distance). Με βάση την Ευκλείδεια απόσταση ή κάποια αρνητική εκθετική συνάρτηση απόστασης d_{ij} , όπως ορίστηκε παραπάνω, καθορίζεται μια ακτίνα επιρροής για κάθε παρατήρηση i από την οποία προκύπτουν και οι γειτονικές της παρατηρήσεις με βάση ένα άνω φράγμα (ή κρίσιμη απόσταση) d πέρα του οποίου δεν θεωρείται ότι υπάρχει σχέση γειτνίασης (Σχήμα 4.12).



$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & 0 \leq d_{ij} \leq d \\ 0, & d_{ij} > d \end{cases}$$

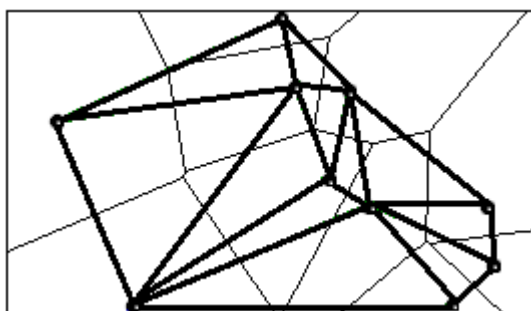
Συνάρτηση της απόστασης

Υπολογισμός βαρών της μήτρας χωρικών σταθμίσεων

Σχήμα 4.12. Γειτνίαση με βάση τη σταθερή απόσταση

Γειτνίαση με βάση το μήκος του κοινού συνόρου (lengths of shared borders divided by the perimeter). Στην προσέγγιση αυτή, εφόσον δυο χωρικές μονάδες έχουν κοινό όριο, θεωρούνται ως γειτονικές και τα αντίστοιχα σημεία της μήτρας W υπολογίζονται με βάση το μήκος του κοινού συνόρου τους, διαιρεμένο συνήθως ως προς την περίμετρο. Στο ίδιο πνεύμα ο Dacey (1968) πρότεινε βάρη που παίρνουν υπόψη και την επιφάνεια της κάθε χωρικής μονάδας.

Τριγωνοποίηση Delaunay. Για τον ορισμό της γειτνίασης με βάση την τριγωνοποίηση Delaunay, από τα κέντρα βάρους των χωρικών μονάδων κατασκευάζονται τα πολύγωνα Voronoi, οι ακμές των οποίων καθορίζουν τα γειτονικά πολύγωνα (Σχήμα 4.13).



Γεωγραφικές μονάδες και πολύγωνα Voronoi

Σχήμα 4.13. Γειτνίαση με βάση την τριγωνοποίηση Delaunay

Οι τρόποι κατασκευής της μήτρας W που παρουσιάστηκαν παραπάνω αναφέρονται στην αρθρογραφία ως «παραδοσιακοί» τρόποι καθορισμού της γειννίαςης μεταξύ των χωρικών παρατηρήσεων. Ωστόσο στην πρόσφατη αρθρογραφία έχουν διατυπωθεί και οι εξής μέθοδοι:

- **Γειννίαση με βάση bandwidth distance decay** (για εκτενέστερη ανάλυση βλέπε Fotheringham, κ.ά., 1996).
- **Gaussian distance decline** (για εκτενέστερη ανάλυση βλέπε LeSage, 2003).
- **«Tri-cube» distance decline function** (για εκτενέστερη ανάλυση βλέπε McMillen και McDonald, 2003).
- **Spatial filtering approach** (για εκτενέστερη ανάλυση βλέπε Griffith, 1996; Getis and Griffith, 2002).
- **Endogenous distance cut-offs** (για εκτενέστερη ανάλυση βλέπε Getis και Aldstadt, 2004).
- **Χωροχρονικές προσεγγίσεις (spatial-temporal approach)**. Στην προσέγγιση αυτή, η μήτρα W κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να ενσωματώνει τόσο τη χωρική αλληλεπίδραση όσο και τη χρονική αυτοσυσχέτιση. Συγκεκριμένα, η χωρική αλληλεπίδραση σε κάθε γεωγραφική μονάδα ορίζεται με κάποιον από τους τρόπους που ορίστηκαν πιο πάνω, ωστόσο για να θεωρηθούν γειτονικές δυο χωρικές μονάδες προϋπόθεση είναι να αναφέρονται στην ίδια χρονική περίοδο. Με τη χρήση της προσέγγισης αυτής, λαμβάνονται υπόψη ταυτόχρονα οι χωρικές (χωρική αυτοσυσχέτιση και χωρική ετεροσκεδαστικότητα) καθώς και οι χρονικές επιδράσεις που υπάρχουν στα διαστρωματικά δεδομένα που συλλέγονται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους (spatial pool data over time) (Pace κ.ά., 1998; Dubé και Legros, 2012). Στο Παράρτημα Α, γίνεται εκτενής περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθείται για την κατασκευή μιας χώρο –χρονικών μητρώων στάθμισης με βάση τους Dubé και Legros (2012).

Τέλος, θα πρέπει να γίνει και μια αναφορά σε κάποιες μεθόδους που δεν χρησιμοποιούνται και τόσο στην εφαρμοσμένη ερευνά τις εξής:

- **Modelling spatial dependence directly - implied W** (για εκτενέστερη ανάλυση βλέπε Burridge και Gordon, 1981).
- **Γειννίαση με βάση τις πραγματικές ροές (actual flows)**. Αν τα δεδομένα περιλαμβάνουν κάποιες μεταβλητές που περιγράφουν ροές, η έννοια της εξάρτησης μπορεί να επεκταθεί έτσι ώστε να συμπεριλάβει τις έμμεσες ή μεταβατικές σχέσεις εξάρτησης που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ των χωρικών μονάδων. Εφόσον δηλαδή υπάρχουν ροές/ανταλλαγές ανάμεσα στις χωρικές μονάδες, στην περίπτωση αυτή σε ένα σύνολο N χωρικών μονάδων, δυο

χωρικές μονάδες i και j θεωρούνται γειτονικές όταν υπάρχουν πραγματικές ροές μεταξύ τους.

- **Γειτνίαση με βάση την «οικονομική» ή την «κοινωνική» απόσταση («economic» ή «social» distance).** Η έννοια της εξάρτησης των γεωγραφικών δεδομένων καθορίζεται με βάση την τιμή μιας οικονομικής ή κοινωνικής μεταβλητής.
- **Γειτνίαση με την χρήση μοντέλων βαρύτητας (gravity models).**

Οι βασικοί τρόποι κατασκευής που απαντώνται στην αρθρογραφία είναι οι παραπάνω. Συχνά γίνεται εμπλουτισμός των προσεγγίσεων αυτών με την υποβολή περιορισμών που καταλήγουν σε πολύπλοκες συναρτήσεις που ορίζουν τη γειτνίαση. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η γειτνίαση με βάση τους κ-πλησιέστερους γείτονες στην οποία μπορεί να προστεθεί ο περιορισμός ενός άνω φράγματος, πέρα από το οποίο να μη θεωρούνται γειτονικές δυο χωρικές μονάδες και κατά συνέπεια σε αυτή την περίπτωση να υπολογίζονται λιγότεροι από κ-γείτονες.

Σε πολλές περιπτώσεις υπολογισμού των χωρικών δεικτών και της εκτίμησής υποδειγμάτων χωρικής παλινδρόμησης είναι αναγκαίο η μήτρα χωρικών W να μετασχηματιστεί. Ο συνηθέστερος μετασχηματισμός είναι η τυποποίηση κατά γραμμές (row standardized). Η τυποποίηση αυτή γίνεται διαιρώντας τα στοιχεία μιας γραμμής με το άθροισμά τους έτσι ώστε το άθροισμα κάθε γραμμής να είναι ίσο με τη μονάδα. Κάθε στοιχείο (w_{ij}') του τυποποιημένου πίνακα υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$w_{ij}' = \frac{w_{ij}}{\sum_{i=1}^N w_{ij}} \quad (4.37)$$

Ο παραπάνω μετασχηματισμός αναδεικνύει τη σχετική σημασία που έχουν για την κάθε φορά εξεταζόμενη γεωγραφική μονάδα οι γεωγραφικές μονάδες που θεωρείται ότι γειτνιάζουν με αυτήν. Παραλλαγή αυτού του μετασχηματισμού είναι η διαίρεση με το συνολικό άθροισμα του πίνακα:

$$w_{ij}' = \frac{w_{ij}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}} \quad (4.38)$$

με τον παραπάνω μετασχηματισμό αναδεικνύεται η επίδραση των σχέσεων γειτνίασης ολόκληρου του γεωγραφικού συστήματος στην κάθε φορά εξεταζόμενη μονάδα. Στη βιβλιογραφία πιο συχνά απαντώνται οι παραπάνω δυο μετασχηματισμοί, υπάρχει βέβαια η δυνατότητα κατασκευής πολλών τέτοιων, με ιδιαίτερη ερμηνεία η οποία βασίζεται στον τρόπο κατασκευής τους.

Έως τώρα η μήτρα W έχει οριστεί να είναι πρώτου βαθμού, ωστόσο υπάρχει η δυνατότητα συναγωγής μεταβατικών σχέσεων εξάρτησης με την ύψωση της μήτρας χωρικών σταθμίσεων σε δυνάμεις. Η ύψωση της μήτρας W στη δεύτερη δύναμη δίνει τις γειτνιάσεις δευτέρου βαθμού (second order), η ύψωσή της στην τρίτη δύναμη δίνει τις γειτνιάσεις τρίτου βαθμού κ.ο.κ.. Με τους όρους γειτνίαση δευτέρου βαθμού, γειτνίαση τρίτου βαθμού κλπ. νοείται ο αριθμός των μεταβατικών σταδίων που απαιτούνται έτσι ώστε δυο χωρικές μονάδες που δεν είναι γειτονικές να γειτονέψουν ή με άλλα λόγια πόσες χωρικές μονάδες πρέπει κάποιος να διασχίσει, ώστε να μεταβεί από μια χωρική μονάδα σε μια άλλη κ-γειτνίασης με την πρώτη.

Οι Cliff και Ord (1969), επισήμαναν ότι με την κατασκευή της μήτρας χωρικών σταθμίσεων, ο ερευνητής μπορεί να αναδείξει εκείνα τα χαρακτηριστικά μιας περιοχής μελέτης, τα οποία πιστεύει ότι είναι πιο σημαντικά. Ο ορισμός των στοιχείων της μήτρας W αποτελεί πολύπλοκο μεθοδολογικό πρόβλημα της χωρικής ανάλυσης, διότι ο ορισμός τους είναι αυθαίρετος και ταυτόχρονα είναι καθοριστικός στα αποτελέσματα και στους στατιστικούς ελέγχους της χωρικής οικονομετρίας και της χωρικής στατιστικής αντίστοιχα.

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή για την επίλυση του προβλήματος του ορισμού της μεθόδου της μήτρας χωρικών σταθμίσεων, επιλέγονται εκ των παραπάνω τρόπων η γειτνίαση με βάση τους κ-πλησιέστερους γείτονες και η γειτνίαση με βάση μια σταθερή απόσταση. Οι τεχνικές αυτές προσεγγίζουν καλύτερα τη φύση του υπό μελέτη προβλήματος. Δεδομένου ότι κάποιες από τις παραπάνω μεθόδους θέτουν κάποιους περιορισμούς στην ανάλυση είτε αυτοί αφορούν περισσότερες πληροφορίες για τα δεδομένα είτε αναφέρονται σε χωρικές οντότητες πολυγώνων και όχι σημείων. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι δυο αυτές τεχνικές απαντώνται πιο συχνά στην αρθρογραφία του τομέα ακίνητης περιουσίας (βλέπε μεταξύ άλλων: Efthymiou και Antoniou, 2013; Dubé και Legros, 2013; Mathur, 2013; Gerkman, 2012; Kuethe, 2012; Ibeas κ.ά., 2012; Osland, 2010; Baumont, 2009; Wilhelmsson, 2002).

Σύμφωνα δε, με τις βασικές κατηγορίες κατασκευής των μητρών χωρικών σταθμίσεων, που διατυπώθηκαν από τους Stakhovych και Bijmolt (2008) (εξωγενής, ενδογενής και τρόπος της εκτίμησης) και τον Getis (2009) (θεωρητικός, τυπολογικός και εμπειρικός τρόπος), οι δυο τεχνικές που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν ανήκουν στον εξωγενή τρόπο και στο θεωρητικό τρόπο αντίστοιχα. Στην παρούσα διατριβή έχουμε ένα γραμμικό υπόδειγμα, μια συνάρτηση δηλαδή που καθορίζει την τιμή των ακινήτων και η όποια εφαρμόζεται στο χώρο. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι έχει καθοριστεί εκ των προτέρων η θεωρία και το αναλυτικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται είναι να εκτιμηθεί με δεδομένη τη δομή του χώρου η συνάρτηση των ηδονικών τιμών. Από την περιγραφή του ενδογενή, του εμπειρικού και του τρόπου της εκτίμησης²³ της μήτρας χωρικών σταθμίσεων γίνεται

²³ Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο τοπολογικός τρόπος αναφέρεται σε χωρικές οντότητες που εμφανίζονται σε πολύγωνα και δεν αφορά σημειακά δεδομένα, για το λόγο αυτό δεν συγκρίνεται με τον θεωρητικό τρόπο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διατριβή.

κατανοητό ότι στο πλαίσιο των προσεγγίσεων αυτών οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται δεν προσδιορίζουν από πριν τη δομή του χώρου. Με αλλά λόγια, βασίζονται στην προσέγγιση ότι τα «δεδομένα οδηγούν» (data driven) και η μήτρα W αντιμετωπίζεται ως τυχαία μεταβλητή. Ωστόσο, δίχως να αμφισβητείται η χρησιμότητα της προσέγγισης αυτής υιοθετεί η προσέγγιση της εκ των προτέρων γνωστής δομής του χώρου.

4.4.3 Τρόποι Επιλογής της Μήτρας Χωρικών Σταθμίσεων

Ήδη από τη δεκαετία του 1960 Dacey (1965), στην αρθρογραφία επισημαίνεται ότι οι διαφορετικοί τρόποι κατασκευής της μήτρας W επηρεάζουν τα αποτελέσματα της χωρικής ανάλυσης, τόσο της χωρικής στατιστικής (τους δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης, τα μέτρα χωρικής συγκέντρωσης και διασποράς, τα αποτελέσματα της ανάλυσης θερμών σημείων, την χωρική ομαδοποίηση των δεδομένων), όσο και της χωρικής οικονομετρίας (εκτιμητές και οικονομετρικούς ελέγχους).

Ο Griffith (1996) διατύπωσε πέντε κανόνες που πρέπει να τηρούνται για την εξειδίκευση των μητρών χωρικών σταθμίσεων, τους εξής:

- (i) «Είναι καλύτερα να θέτουμε κάποια λογική γεωγραφική μήτρα βαρών από το να θεωρούμε ότι υπάρχει ανεξαρτησία μεταξύ των χωρικών δεδομένων».
- (ii) «Είναι καλύτερο να χρησιμοποιείται ως επιφάνεια διαχωρισμού των δεδομένων κανονικό πλέγμα ή κανονικά εξάγωνα». Ο Griffith επισημαίνει ότι όταν θέλουμε να πάμε από σημειακά δεδομένα σε δεδομένα πολυγώνων είναι καλύτερο να χρησιμοποιούμε κανονικά πλέγματα τετράγωνων ή εξάγωνων.
- (iii) «Θα πρέπει το μέγεθος του δείγματος να είναι μεγαλύτερο από 60». Κάτι το οποίο επισημαίνουν και οι Getis και Aldstadt (2004), σημειώνοντας ότι απαιτούνται αρκετά μεγάλα δείγματα, κυρίως λόγω του άνισου μεγέθους των χωρικών ενοτήτων.
- (iv) «Τα χωρικά υποδείγματα με μικρότερη τάξη (low-order) θα πρέπει να προτιμώνται από της ανώτερης τάξης (higher-order)». Θα πρέπει δηλαδή να αποφεύγονται οι πολύπλοκες εξειδικεύσεις.
- (v) «Σε γενικές γραμμές είναι καλύτερα να χρησιμοποιούνται απλοί τρόποι κατασκευής της W ακόμη και με λιγότερες κατά μέσο όρο γειτονικές παρατηρήσεις για κάθε παρατήρηση παρά υπερεξειδικευμένοι τρόποι (με επιπλέον γείτονες)». Οι Florax και Rey (1995) επιβεβαίωσαν τον ισχυρισμό αυτό επισημαίνοντας ότι ένα από τα θεμελιώδη προβλήματα στην εφαρμοσμένη χωρική οικονομετρία είναι η επιλογή της σωστά εξειδικευμένης μήτρας χωρικών σταθμίσεων.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, το ζήτημα του τρόπου επιλογής της μήτρας W , είναι πολύ σημαντικό διότι οι διαφορετικοί τρόποι ορισμού της, οδηγούν σε διαφορετικά στατιστικά και οικονομετρικά αποτελέσματα. Η αρθρογραφία με τους τρόπους επιλογής της μήτρας χωρικών σταθμίσεων είναι ιδιαίτερα εκτενής.

Για παράδειγμα, ο Kooijman (1976) πρότεινε η επιλογή της μήτρας W να γίνεται με βάση τη μεγιστοποίηση του συντελεστή του Moran I. Στο πλαίσιο της ίδιας λογικής ο Openshaw (1977), επέλεξε τη μήτρα W με βάση την καλύτερη επίδοση του χωρικού αυτοπαλίνδρομου οικονομετρικού υποδείγματος SAR. Οι Boots και Dufournaud (1994) δημιούργησαν μια δυαδική μήτρα (0=μη γειτονικά, 1=γειτονικά) μέσω μιας τεχνικής γραμμικού προγραμματισμού που μεγιστοποιεί ή ελαχιστοποιεί τη χωρική αυτοσυσχέτιση. Ο Bartels (1979) επισημαίνει ότι θα πρέπει να υπάρχει και ένα θεωρητικό πλαίσιο που να δικαιολογεί τον τρόπο κατασκευής των μητρών W . Οι Florax και de Graaff (2003) προτείνουν ότι ένας δείκτης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει το κατά πόσο η μήτρα W δεν είναι καλή, μπορεί να είναι ο δείκτης πυκνότητας της μήτρας (ποσοστό των μηδενικών στοιχείων της), μήτρες δηλαδή με πολύ χαμηλό δείκτη πυκνότητας να θεωρούνται καλές.

4.5 Άλλες Μέθοδοι-Προσεγγίσεις

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται εν συντομία κάποιες από τις μεθόδους χωρικής ανάλυσης που δεν ανήκουν στα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας, ωστόσο λαμβάνουν υπόψη και αυτές τις χωρικές επιδράσεις και προσπαθούν να διορθώσουν τα προβλήματα που δημιουργούν.

4.5.1 Μέθοδος Επέκτασης του Casetti

Η μέθοδος επέκτασης (expansion method) η οποία διατυπώθηκε από τον Casetti (1972), αποτελεί ένα εναλλακτικό πλαίσιο για την κατανόηση της δυναμικής των χωρικών δεδομένων. Ο Casetti επισήμανε ότι τα μοντέλα, και πιο συγκεκριμένα οι μεταβλητές τους, προσδιορίζονται από μια συνάρτηση που εκφράζει την αλληλεπίδραση μεταξύ των όρων του υποδείγματος και η οποία ποικίλλει στο χώρο και στην πάροδο του χρόνου. Η μέθοδος επέκτασης επιτρέπει τη δημιουργία του «τελικού» (terminal) υποδείγματος από το «αρχικό», το οποίο λαμβάνει υπόψη τη χωρική διακύμανση (Casetti, 1972). Το τελικό αποτέλεσμα της διαδικασίας της μεθόδου επέκτασης λαμβάνει υπόψη τις γειτονικές σχέσεις των μεταβλητών (Casetti, 1972) και βασίζεται στην αρχή ότι τα δεδομένα παρουσιάζουν χωρική μη στασιμότητα (spatial nonstationarity) (Fotheringham, 1997).

Ο Casetti για να αποδείξει τη θεωρητική βάση της προσέγγισής του βασίστηκε στη διαδικασία διάχυσης (drift) και την έθεσε ως μια συνάρτηση του χρόνου και της πυκνότητας του πληθυσμού (Casetti, 1997). Η μέθοδος επέκτασης λαμβάνει υπόψη τη διαδικασία της διάχυσης μέσω μιας πολλαπλασιαστικής διαδικασίας που οδηγεί σε απλές γραμμικές επεκτάσεις. Ξεκινώντας από μια απλή γραμμική έκφραση (4.39) το υπόδειγμα επέκτασης του Casetti μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση των δύο γραμμικών συναρτήσεων των παραμέτρων του υποδείγματος (4.40, 4.41) με αποτέλεσμα την αναθεωρημένη μορφή του υποδείγματος ή τελικό υπόδειγμα όπως αναφέρεται από τον Casetti (4.36). Αναλυτικότερα, έστω το υπόδειγμα:

$$Y = a + \beta X \quad (4.39)$$

όπου Y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή, a ο σταθερός όρος του υποδείγματος και β η παράμετρος της μεταβλητής X . Οι συντελεστές του υποδείγματος δίνονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$a = a + aS \quad (4.40)$$

$$\beta = \beta + \beta S \quad (4.41)$$

όπου S ²⁴ μία παράμετρος οι τιμές της οποίας μεταβάλλονται στο χώρο. Αντικαθιστώντας, τις σχέσεις (4.40) και (4.41) στην αρχική εξίσωση (4.39) προκύπτει το υπόδειγμα (4.42) που περιγράφει τη μέθοδο επέκτασης του Casetti.

$$Y = a + aS + \beta S + \beta X S \quad (4.42)$$

Η μέθοδος Casetti δίνει τη δυνατότητα να λαμβάνεται υπόψη η γεωγραφία των δεδομένων, δηλαδή οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταβλητών στο χώρο. Αυτή είναι και η σημαντική συμβολή της μεθόδου, να συλλαμβάνει τη χωρική ετερογένεια επιτρέποντας τη διακύμανσή της, έτσι ώστε συστάδες από γειτονικές παρατηρήσεις να λαμβάνουν παρόμοιες τιμές παραμέτρων.

4.5.2 Γεωγραφικά Σταθμισμένη Παλινδρόμηση

Η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση (Geographically Weighted Regression – GWR) επεκτείνει το παραδοσιακό πλαίσιο παλινδρόμησης επιτρέποντας την εκτίμηση τοπικών

²⁴ Για παράδειγμα ο LeSage (1999), παρουσιάζει το μοντέλο επέκτασης υποθέτοντας την προσέγγιση ότι οι παράμετροι μεταβάλλονται σε συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους. Αυτό επιτυγχάνεται κατασκευάζοντας τη μεταβλητή S ως ένα πίνακα με τις συντεταγμένες τις κάθε παρατηρήσεις.

(local) έναντι ολικών (global) παραμέτρων (Fotheringham και Brunson, 1999) και αποτελεί εξέλιξη της μεθόδου επέκτασης του Casetti (1972), όπως εξηγείται από τους Fotheringham κ.ά. (1998). Η διαφορά της GWR από την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση έγκειται στο γεγονός ότι στη GWR οι παρατηρήσεις οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη διαμόρφωση του υποδείγματος σταθμίζονται με βάρος τη γεωγραφική θέση. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Fotheringham και Brunson (1999) η βαθμονόμηση (calibration) του μοντέλου της GWR βασίζεται στον πρώτο νόμο της Γεωγραφίας του Tobler, σύμφωνα με τον οποίο οι παρατηρήσεις πλησίον του σημείου i (με συντεταγμένες (u_i, v_i)) έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην εκτίμηση του συντελεστή $\beta(u_i, v_i)$ από τις παρατηρήσεις 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 σταθερή στη βαθμονόμηση αλλά να προσδιορίζεται σύμφωνα με το i . Τα στοιχεία των παρατηρήσεων κοντά στο i έχουν μεγαλύτερο βάρος από τα στοιχεία των παρατηρήσεων που είναι μακρύτερα. Η διαφοροποίηση των βαρών για κάθε παρατήρηση i διακρίνει τη μέθοδο της GWR από την παραδοσιακή μέθοδο σταθμισμένων ελαχίστων τετραγώνων όπου ο πίνακας στάθμισης είναι σταθερός και τα βάρη ορίζονται ως συνεχείς συναρτήσεις της απόστασης (Fotheringham and Brunson, 1999).

Σύμφωνα με τους Fotheringham κ.ά. (2002) ο εκτιμητής των συντελεστών του υποδείγματος, σε όρους μητρών, υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\beta(u_i, v_i) = (X'W(u_i, v_i)X)^{-1} X'W(u_i, v_i)y \quad (4.43)$$

όπου $W(u_i, v_i)$ είναι ένας πίνακας ξεχωριστών βαρών για κάθε σημείο (u_i, v_i) τέτοιος ώστε οι παρατηρήσεις κοντά στο (u_i, v_i) να έχουν μεγαλύτερο βάρος από τις παρατηρήσεις που βρίσκονται μακρύτερα. Ο πίνακας βαρών είναι ένας διαγώνιος πίνακας και έχει την εξής μορφή:

$$W(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} w_{i1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & w_{i3} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & w_{in} \end{bmatrix} \quad (4.44)$$

όπου in είναι το βάρος των τιμών των μεταβλητών στο σημείο n που συμπεριλαμβάνεται στην εκτίμηση των τοπικών παραμέτρων για το σημείο i . Τα παραπάνω βάρη υπολογίζονται από μια συνάρτηση η οποία συνήθως βασίζεται στη συνάρτηση Gauss.

Ο προσδιορισμός της ακτίνας της περιοχής γύρω από τη θέση (u_i, v_i) ή του σημείου παλινδρόμησης, που ονομάζεται πυρήνας (kernel), έχει καθοριστικό ρολό. Αναλυτικότερα, αν η ακτίνα είναι πολύ μεγάλη, τότε οι παρατηρήσεις που συμπεριλαμβάνονται στην

εκτίμηση των συντελεστών θα καλύπτουν σχεδόν όλη την περιοχή μελέτης. Ενώ, αν είναι πολύ μικρή, τότε οι τιμές τους θα παρουσιάζουν προβλήματα με του βαθμούς ελευθερίας ή προβλήματα πολυσυγγραμικότητας. Για τον υπολογισμό του μοντέλου, θεωρείται ότι κάθε παρατήρηση n σταθμίζεται με ένα βάρος w_{in} , ο υπολογισμός του οποίου σύμφωνα με τους Fotheringham κ.ά. (2002) μπορεί να γίνει με δύο τρόπους στάθμισης. Ο πρώτος τρόπος στάθμισης είναι αμετάβλητος (fixed kernel type), δηλαδή αφορά ένα σταθερό εύρος ζώνης. Ο δεύτερος τρόπος στάθμισης είναι προσαρμόσιμος (adaptive kernel type), δηλαδή χρησιμοποιεί ένα σταθερό αριθμό γειτονικών σημείων, με άλλα λόγια σε κάθε τοπική παλινδρόμηση συμμετέχει ένας ορισμένος αριθμός κοντινών γειτόνων.

4.5.3 Χωρική Ποσοσημοριακή Παλινδρόμηση

Η Ποσοσημοριακή παλινδρόμηση (Quantile Regression - QR) βασίζεται σε σημεία που λαμβάνονται σε τακτά διαστήματα από την αθροιστική συνάρτηση κατανομής (accumulated distribution function) της στοχαστικής μεταβλητής που εξετάζεται (Koenker και Bassett, 1978; Buchinsky, 1997). Τα διαστήματα υποδηλώνουν ουσιαστικά υπό - ομάδες του δείγματος. Η Ποσοσημοριακή ανάλυση προσθέτει πολύτιμες πληροφορίες για την ερμηνεία του φαινομένου, πιο συγκεκριμένα βοηθά στη μελέτη της συμπεριφοράς της εξαρτημένης μεταβλητής σε υψηλότερα/χαμηλότερα επίπεδα των τιμών της. Η Ποσοσημοριακή παλινδρόμηση δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην παρουσία των ακραίων τιμών (όπως είναι η μέθοδος των OLS) και επιτρέπει την ανάλυση των αλλαγών σε διάφορα σημεία της κατανομής (Buchinsky, 1997). Ο Buchinsky συνοψίζει τη σημασία της Ποσοσημοριακής ανάλυσης στο εξής: «δεν είναι αρκετό να διερευνηθούν οι αλλαγές στη μέση τιμή, όταν η κατανομή του φαινομένου δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή». Ο Wooldridge (2003) συνιστά την QR, όταν το δείγμα είναι ετερογενές. Σε αντίθεση με την κλασική παλινδρόμηση, η Ποσοσημοριακή παλινδρόμηση δεν περιορίζεται στην επεξήγηση της μέσης τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής σε οποιοδήποτε σημείο της κατανομής της. Με άλλα λόγια, η QR αναλύει την ομοιότητα ή ανομοιότητα των συντελεστών της παλινδρόμησης σε διαφορετικά σημεία της κατανομής της εξαρτημένης μεταβλητής,

Περνώντας τώρα στη χωρική ποσοσημοριακή παλινδρόμηση (Spatial Quantile Regression-SQR) στην αρθρογραφία υπάρχουν δυο διαφορετικές προσεγγίσεις. Η πρώτη βασίζεται στον Kostov (2009) και η δεύτερη στους Reich κ.ά. (2011). Το μοντέλο του Kostov (2009) είναι πλήρως παραμετρικό και χαρακτηρίζεται από ενδογένεια. Η χωρική συσχέτιση ενσωματώνεται στο υπόδειγμα μέσω της προσθήκης της ευρέως χρησιμοποιούμενης στη χωρική οικονομετρία, μεταβλητής χωρικής υστέρησης Wy . Από την άλλη μεριά, οι Reich κ.ά. (2011) πρότειναν ένα εντελώς διαφορετικό μοντέλο που ονομάζεται επίσης SQR. Στο μοντέλο τους χρησιμοποιούν το πολυώνυμο Bernstein για τους

συντελεστές του υποδείγματος και αποτελεί ένα υπόδειγμα ενδιάμεσο των μη παραμετρικά (Bayesian) και παραμετρικών προσεγγίσεων.

4.5.4 Υπόδειγμα των Φαινομενικά μη Συνδεδεμένων Παλινδρομήσεων

Το υπόδειγμα των φαινομενικά μη συνδεδεμένων παλινδρομήσεων (Seemingly Unrelated Regression-SUR), αναφέρεται στην περίπτωση που υπάρχει σύγχρονη συσχέτιση (contemporaneous correlation) ανάμεσα στους διαταρακτικούς όρους δύο ή περισσότερων παλινδρομήσεων (Ruud, 2000). Με άλλα λόγια, οι διαταρακτικοί όροι των διαφορετικών εξισώσεων μπορεί να αντανακλούν κάποιο κοινό παράγοντα, που είτε δεν είναι μετρήσιμος, είτε παραλείπεται με αποτέλεσμα να συσχετίζονται μεταξύ τους. Στην περίπτωση αυτή σύμφωνα με την αρθρογραφία είναι πιθανόν να είναι καλύτερα να εκτιμώνται οι εξισώσεις από κοινού παρά κάθε μια ξεχωριστά διότι οι εκτιμητές που προκύπτουν είναι περισσότερο αποτελεσματικοί (Hayashi, 2000, Mittelhammer, κ.ά., 2000).

Το υπόδειγμα SUR έχει επεκταθεί και στην περίπτωση των χωρικών υποδειγμάτων (Anselin, 1988). Ο Anselin (1988) παρουσιάζει το χωρικό υπόδειγμα SUR ενσωματώνοντας τη συσχέτιση στο χώρο και στο χρόνο στις εξισώσεις χρησιμοποιώντας τα υποδείγματα SAR και SEM. Η επίλυση των χωρικών υποδειγμάτων SUR γίνεται με τη GMM μέθοδο (Fingleton, 2008) και με τη ML μέθοδο (Wang και Kockelman, 2007).

Για την παρουσίαση του χωρικού SUR υποδείγματος, θα θεωρήσουμε ότι έχουμε ένα μέγεθος δείγματος T και ένα σύνολο M εξισώσεων που εκφράζουν κάποιο κοινό χαρακτηριστικό των δεδομένων που ανήκουν σε αυτές (για παράδειγμα έστω ότι έχουμε ένα δείγμα T ακινήτων, τότε μπορούμε να θεωρήσουμε M εξισώσεις ανάλογα με τον τύπο του ακινήτου). Το σύνολο των M εξισώσεων γράφεται ως εξής:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & X_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & X_M \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_M \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_m \end{bmatrix} \quad (4.45)$$

όπου Y το διάνυσμα των ανεξάρτητων μεταβλητών $MT \times 1$, X η μήτρα των ανεξάρτητων μεταβλητών διαστάσεων $MT \times 2M$, β το διάνυσμα των διαστάσεων $2M \times 1$ και ε το διάνυσμα διαστάσεων $MT \times 1$ που ακολουθεί μια χωρική αυτοπαλινδρομη διαδικασία (SAR) (4.46) ή μια διαδικασία χωρικού σφάλματος (SEM) (4.47). Οι διαδικασίες αυτές περιγράφονται ως εξής:

$$e_i = \begin{cases} (I_M \otimes \rho_i W_{iT})e_i + u_i & (4.46) \\ (I_M \otimes \lambda_i W_{iT})u_i + u_i & (4.47) \end{cases}$$

όπου I μια μοναδιαία μήτρα διαστάσεων $M \times M$, W_{iT} η μήτρα χωρικών σταθμίσεων διαστάσεων $T \times NT$, ρ_i η παράμετρος χωρικής υστέρησης του υποδείγματος SAR και λ_i η παράμετρος του χωρικού σφάλματος SEM για την εξίσωση $i = 1, 2, \dots, M$.

4.5.5 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

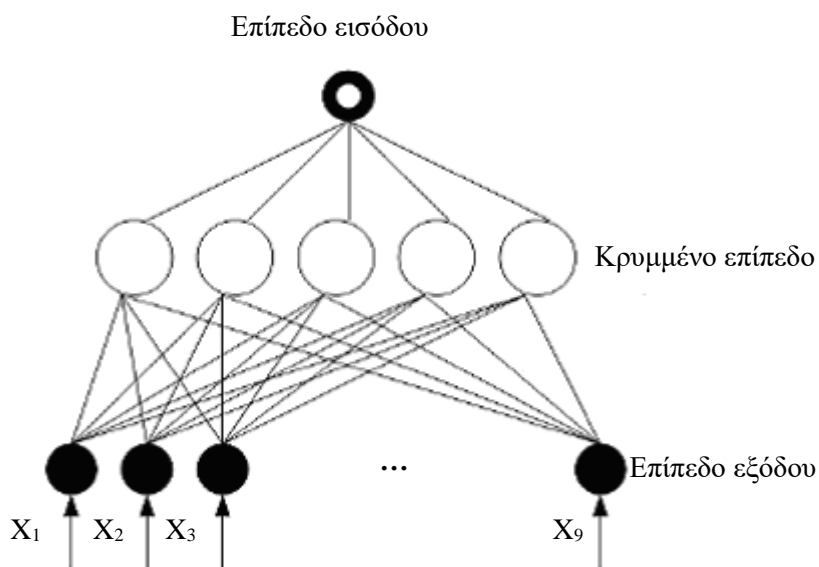
Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Network-ANN) είναι συστήματα που μιμούνται το ανθρώπινο νευρικό σύστημα (Haykin, 2008). Μεταξύ των άλλων εφαρμογών που έχουν, χρησιμοποιούνται στα οικονομικά (ανάλυση παλινδρόμησης, πρόβλεψη), στην ιατρική (βιο-πληροφορική, διάγνωση νόσων) και την τεχνολογία των πληροφοριών (αναγνώριση προτύπων, ασφάλεια) (Sharda, 1994; Zhang κ.ά., 1998).

Ένα νευρωνικό δίκτυο είναι μια συλλογή μονάδων που ονομάζονται νευρώνες (neurons) ή κόμβοι (nodes) που συνδέονται μεταξύ τους με ακμές, τις συνάψεις (synapses). Η συνδεσμολογία του δικτύου ελέγχεται μέσω των βαρών που βρίσκονται στις συνάψεις. Οι νευρώνες έχουν μία συγκεκριμένη διάταξη, που είναι κατανομημένη σε επίπεδα. Συνήθως τα επίπεδα τα οποία αποτελούν ένα νευρωνικό δίκτυο είναι τρία: το επίπεδο εισόδου (περιέχει τα δεδομένα, στην περίπτωση της παλινδρόμησης τις ανεξάρτητες μεταβλητές), το κρυμμένο επίπεδο (περιλαμβάνει τα βάρη τα οποία δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμα) και το επίπεδο εξόδου (που στην περίπτωση της παλινδρόμησης περιέχει την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής) (Selim, 2008). Τα δεδομένα εισέρχονται μέσω των νευρώνων στο επίπεδο εισόδου και στη συνέχεια μέσω των συνάψεων στα κρυμμένα επίπεδα, όπου τα δεδομένα πολλαπλασιάζονται επί το αντίστοιχο βάρος, υπολογίζεται το άθροισμα όλων των γινομένων και στη συνέχεια το άθροισμα αυτό μεταβιβάζεται με μία ειδική συνάρτηση μετασχηματισμού στο επίπεδο εξόδου. Τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να ταξινομηθούν με βάση την αρχιτεκτονική του δικτύου τους (feed forward, feedback ή competitive) ή με βάση τον τρόπο εκπαίδευσής τους (με επίβλεψη και χωρίς επίβλεψη).

Ένας πολύ γνωστός και ευρέως χρησιμοποιούμενος τύπος ANN είναι το πολυστρωματικό νευρωνικό δίκτυο (multilayer perceptron - MLP), πρόκειται για ένα δίκτυο feedforward που έχει εκπαιδευτεί με εποπτευόμενο τρόπο και αποτελεί δίκτυο πλήρους συνδεσμολογίας, όπου κάθε νευρώνας είναι συνδεδεμένος με το νευρώνα του προηγούμενου επιπέδου. Κατά τη διαδικασία εκπαίδευσης χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο μάθησης όπου το δίκτυο αλλάζει τις τιμές των βαρών διορθώνοντας αυτές ανάλογα με την τιμή του σφάλματος. Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι μετά από διαδοχικές αλλαγές των βαρών (ανακυκλώσεις διορθώσεων) να ελαχιστοποιηθεί το σφάλμα μεταξύ της επιθυμητής τιμής

εξόδου και της τρέχουσας τιμής εξόδου. Το MLP δίκτυο εκπαιδεύεται συνήθως με τη χρήση του αλγόριθμου μάθησης backpropagation. Κατά τη διαδικασία εφαρμογής του αλγορίθμου εκπαίδευσης backpropagation, το δίκτυο αλλάζει τις τιμές των βαρών διορθώνοντας αυτές ανάλογα με το σφάλμα που παίρνουμε. Ο σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι τελικά να ελαχιστοποιηθεί το σφάλμα μεταξύ της επιθυμητής εξόδου και της τρέχουσας τιμής της εξόδου μετά από διαδοχικές αλλαγές των βαρών (ανακυκλώσεις διορθώσεων). Το δίκτυο χρησιμοποιεί μια εξωτερική παράμετρο για την αλλαγή των βαρών η οποία είναι η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετράγωνων των σφαλμάτων (sum of squared errors - SSE). Η διαδικασία σταματά εάν οι απόλυτες μερικές παράγωγοι της συνάρτησης σφάλματος ως προς τα βάρη είναι μικρότερες από ένα δεδομένο κατώτατο όριο.

Στο Σχήμα 4.14 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ενός MLP δικτύου με αρχιτεκτονική 9-5-1, αποτελείται δηλαδή από εννέα νευρώνες στο επίπεδο εισόδου (ανεξάρτητες μεταβλητές), από πέντε νευρώνες στο κρυφό επίπεδο και ένα νευρώνα στο επίπεδο εξόδου (εξαρτημένη μεταβλητή).



Σχήμα 4.14. MLP δίκτυο με αρχιτεκτονική 9-5-1

Πηγή: Με βάση Mimitis, κ.ά. (2013).

4.5.6 Μέθοδος Kriging

Στην πρόσφατη αρθρογραφία πολλοί είναι αυτοί που υποστηρίζουν ότι η χωρική αυτοσυσχέτιση των δεδομένων μπορεί να συμπεριληφθεί είτε μέσω των μεθόδων της χωρικής οικονομετρίας είτε μέσω των μεθόδων της γεωστατιστικής (Chica-Olmo, 1995; Pace κ.ά., 1998; Dubin κ.ά., 1999; Tse, 2002; Case, κ.ά. 2004). Στην υποενοότητα αυτή παρουσιάζεται η τεχνική kriging η οποία ανήκει στις μεθόδους της γεωστατιστικής. Υπάρχουν πολλών ειδών Kriging, ενδεικτικά θα γίνει αναφορά στο κανονικό Kriging χρησιμοποιεί ένα μοντέλο τυχαίας συνάρτησης χωρικής συσχέτισης για τον υπολογισμό ενός γραμμικά σταθμισμένου συνδυασμού των παρατηρήσεων (μετρήσεων) στα σημεία δειγματοληψίας, προκειμένου να προσδιοριστούν οι τιμές τις υπό εξέταση μεταβλητής σε γειτονικές θέσεις (Lloyd, 2010). Βασιζόμενοι στον Cressie (1991) η τυχαία στοχαστική συνάρτηση είναι η εξής:

$$Z(s) = m(s) + u(s) \quad (4.48)$$

όπου $m(s)$ το ντετερμινιστικό κομμάτι το οποίο αντιπροσωπεύει τη γενικευμένη τάση στην περιοχή μελέτης και $u(s)$ η στοχαστική (τυχαία) συνιστώσα. Το ντετερμινιστικό κομμάτι αναφέρεται στις επιδράσεις πρώτου βαθμού και συγκεκριμένα στη μεταβλητότητα του μέσου όρου στην περιοχή μελέτης, υπολογίζεται δε από την αναμενόμενη τιμή της υπό μελέτη μεταβλητής σε όλη την περιοχή η οποία ουσιαστικά δεν εξαρτάται από τη συγκεκριμένη θέση s : $E\{Z(s)\} = m(s) \forall s$ (Lloyd, 2010). Το στοχαστικό τμήμα αφορά τις επιδράσεις δευτέρου βαθμού, ειδικότερα αναφέρεται στη χωρική εξάρτηση στη μεταβλητότητα που οφείλεται στις τοπικές διακυμάνσεις. Ο υπολογισμός της γίνεται με τη χρήση του διαγράμματος διασποράς ή βαριογράμματος που είναι η αναμενόμενη διάφορα τετραγώνων μεταξύ των ζευγών των παρατηρήσεων. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται από το διάγραμμα διασποράς, $\gamma(h)$ και εξαρτάται από την απόσταση και τη διεύθυνση της χωρικής υστέρησης h μεταξύ των παρατηρήσεων και όχι από τη θέση τους:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[\{Z(s) - Z(s+h)\}^2] \forall h \quad (\text{Lloyd, 2010}).$$

Σε όρους μητρών το υπόδειγμα (4.42) μπορεί να γράφει ως εξής:

$$z = Fb + u \quad (4.49)$$

όπου z μια μήτρα διάνυσμα διαστάσεων $N \times 1$, της τυχαίας μεταβλητής $Z(s)$, F η μήτρα διαστάσεων $N \times K$, b το διάνυσμα διαστάσεων $K \times 1$ το οποίο περιλαμβάνει τις άγνωστες παραμέτρους και u το διάνυσμα $N \times 1$ των καταλοίπων. Τα κατάλοιπα υπολογίζονται από το βαριογράμμα $u(h)$ όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Κατά τα γνωστά, όταν έχουμε χωρική αυτοσυσχέτιση, η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων δίνει εκτιμητές αναποτελεσματικούς. Στην περίπτωση αυτή, είναι καλύτερα να

χρησιμοποιηθεί ο εκτιμητής που προκύπτει από την γενικευμένη μέθοδο ελάχιστων τετράγωνων (generalized least squares - GLS) έτσι ώστε ο εκτιμητής του διανύσματος των παραμέτρων να είναι BLUE, να ισχύει δηλαδή το θεώρημα Gauss-Markov ²⁵. Ο GLS εκτιμητής του διανύσματος b υπολογίζεται από την εξής σχέση:

$$b = (F'V^{-1}F)^{-1}F'V^{-1}z \quad (4.50)$$

όπου V η μήτρα διακυμάνσεων - συνδιακυμάνσεων των καταλοίπων ο υπολογισμός των στοιχείων της οποίας γίνεται με τη χρήση του βαριογράμματος (Wackernagel, 2003).

4.6 Το Πρόβλημα της Ζωνοποίησης

Όπως αναφέρουν οι Mimis, κ.α., (2012), το πρόβλημα της ζωνοποίησης (zone design problem) αναφέρεται στη συνένωση/συνάθροιση k περιφερειών (region) σε n ζώνες, μέσω της βελτιστοποίησης μιας αντικειμενικής συνάρτησης και με προϋπόθεση τη διαφύλαξη της εσωτερικής σύνδεσης των ζωνών (Openshaw, 1977; Openshaw και Rao, 1995). Το πρόβλημα αυτό είναι επίσης γνωστό ως redistricting, ως περιφερειοποίηση και ως p-region πρόβλημα. Από την πλευρά της υπολογιστικής πολυπλοκότητας, ανήκει στην οικογένεια των nondeter-ministic πολυωνυμικού χρόνου δυσκολίας προβλημάτων (N-P hard) (Keane, 1975; Bacao, κ.ά., 2005).

Το πρόβλημα της ζωνοποίησης είναι ένα γεωγραφικό πρόβλημα που έχει εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς, όπως για παράδειγμα στον καθορισμό ζωνών κλίματος (Fovel και Fovell, 1993), στην επιδημιολογική ανάλυση (Haining, κ.ά., 1995) και στον καθορισμό εκλογικών περιοχών (Bacao, κ.ά., 2005). Τα προβλήματα στα οποία αναφέρεται ενδέχεται να διαφέρουν ως προς τους τύπους των δεδομένων (αριθμητικά ή κατηγορηματικά δεδομένα) καθώς και ως προς τους περιορισμούς που επιβάλλονται (π.χ. ελάχιστο πληθυσμό μέσα σε ζώνες) (Mimis, κ.α., 2012). Ωστόσο, το κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι αφορούν τη διαδικασία ομαδοποίησης ενός μεγάλου αριθμού χωρικών αντικειμένων σε ένα μικρότερο υποσύνολο αυτών, τα οποία είναι εσωτερικά ομοιογενή (δηλαδή η διακύμανση των τιμών εντός των ομάδων είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη από τη διακύμανση μεταξύ των ομάδων) και καταλαμβάνουν γειτονικές περιοχές στο χώρο. Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση του είναι οι εξής:

- Μέθοδοι γραμμικού και ακέραιου προγραμματισμού (Deque, κ.ά., 2007; Deque, κ.ά., 2011).

²⁵ Θεώρημα Gauss-Markov: Ο εκτιμητής του β που προκύπτει από τη μέθοδο των ελάχιστων τετράγωνων, δηλαδή ο $b = \beta + (X'X)^{-1}X'\varepsilon$, είναι γραμμικός, αμερόληπτος και έχει την ελάχιστη διακύμανση (άριστος) από κάθε άλλο γραμμικό και αμερόληπτο εκτιμητή του β . Δηλαδή το διάνυσμα b είναι άριστος γραμμικός αμερόληπτος εκτιμητής (Best Linear Unbiased Estimator-BLUE) του β .

- Ευρετικές μέθοδοι βελτιστοποίησης (Openshaw, 1977).
- Ιεραρχικές μέθοδοι ομαδοποίησης (Guo και Wong, 2011).

Στην πρώτη ομάδα μεθόδων, οι Duque κ.ά. (2007) και οι Duque κ.ά. (2011) θέτουν το πρόβλημα της ζωνοποίησης ως πρόβλημα ακέραιου προγραμματισμού και ενσωματώνουν τη γειτνίαση των περιφερειών ως περιορισμό για την εξεύρεση της καλύτερης λύσης. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή είναι υπολογιστικά δαπανηρή. Επομένως η χρήση της περιορίζεται σε μικρά σύνολα δεδομένων.

Στη δεύτερη ομάδα, οι ευρετικές μέθοδοι βελτιστοποίησης, βελτιστοποιούν μια συγκεκριμένη λειτουργία διατηρώντας παράλληλα τους περιορισμούς της γειτνίασης. Η πρώτη τεχνική που αναπτύχθηκε ήταν η Automatic Zoning Problem (AZP) μέθοδος από τον Openshaw (1977), η οποία ξεκινά με μια αρχική λύση και με τυχαίες προσθήκες γειτονικών περιοχών σε διάφορες ζώνες, καταλήγει στην καλύτερη λύση (στο Παράρτημα Β γίνεται εκτενής περιγραφή του AZP αλγορίθμου). Αυτή η προσέγγιση αργότερα βελτιώθηκε με την εφαρμογή της Tabu αναζήτησης και της Annealing προσομοίωσης, προκειμένου να αποφευχθούν τα τοπικά βέλτιστα (ZDES λογισμικό) (Openshaw και Rao, 1995). Σε μια πιο πρόσφατη προσέγγιση από τους Basao κ.ά. (2005), αναπτύχθηκε ένας γενετικός αλγόριθμος και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά του ZDES λογισμικού. Αυτοί μέθοδοι έχουν δύο περιορισμούς: πρώτον, είναι υπολογιστικά δαπανηρές και δεύτερον, σε κάθε τρέξιμο, στα ίδια δεδομένα, δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα (Mimis κ.α, 2012).

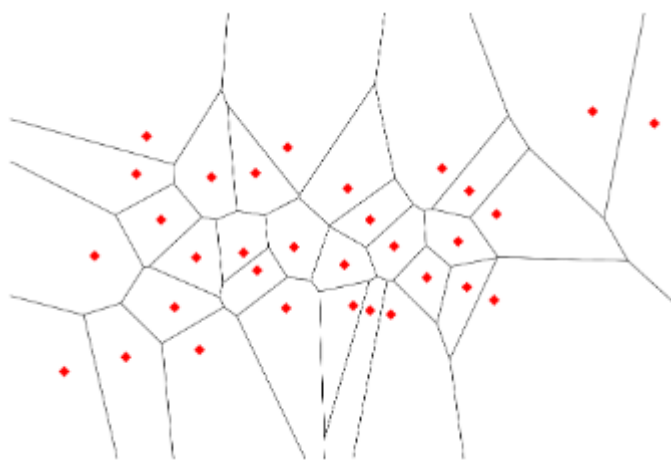
Η τρίτη προσέγγιση βασίζεται στην ιεραρχική ομαδοποίηση της ανάλυσης συστάδων και συνήθως πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Αρχικά εκτελείται μια ιεραρχική ομαδοποίηση για να δημιουργηθεί το δέντρογραμμα, και ακολουθείται μια μέθοδος βελτιστοποίησης προκειμένου να προσδιοριστεί το επίπεδο κοπής του δέντρογραμματος (Assuncao κ.ά., 2006; Guo 2008; Guo και Wand, 2011). Ένα κρίσιμο σημείο για τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται στην ιεραρχική ανάλυση είναι ο υπολογισμός της απόστασης της ομάδας που φτιάχνεται (είτε από συγχώνευση άλλων ομάδων είτε από συγχώνευση παρατηρήσεων). Υπάρχουν πολλά κριτήρια που καθορίζουν ποιες παρατηρήσεις ή ομάδες πρέπει να συνδυαστούν σε κάθε στάδιο, και διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο εκτιμούν τις αποστάσεις μεταξύ των ομάδων στα διαδοχικά στάδια. Οι πιο γνωστές μέθοδοι ομαδοποίησης αυτού του είδους είναι η ενιαία σύνδεση²⁶ (single linkage), η πλήρης-σύνδεση²⁷ (complete linkage) και η μέθοδος Ward.

²⁶ Ενιαία σύνδεση: Από τον πίνακα των αποστάσεων επιλέγεται η μικρότερη απόσταση και δημιουργείται η πρώτη ομάδα από τις παρατηρήσεις που αντιστοιχούν σε αυτή. Στη συνέχεια υπολογίζεται η απόσταση ανάμεσα στα μέλη της ομάδας και στις υπόλοιπες παρατηρήσεις και επιλέγεται η μικρότερη απόσταση. Επόμενο στάδιο αποτελεί η δημιουργία του νέου πίνακα αποστάσεων και ακολουθείται ξανά η ίδια διαδικασία έως ότου όλες οι παρατηρήσεις ενωθούν σε μια ομάδα.

²⁷ Πλήρης-σύνδεση: Τα στάδια του κριτηρίου αυτού είναι τα ίδια της διαδικασίας που ακολουθείται στην ενιαία σύνδεση, με τη διαφορά ότι η επιλέγεται η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των παρατηρήσεων.

Για προσδιορισμό των επιμέρους αγορών ακινήτων της Αττικής, η προσέγγιση που ακολουθείται εντάσσεται στην κατηγορία των ιεραρχικών μεθόδων ομαδοποίησης. Ως κριτήριο καθορισμού των ομάδων χρησιμοποιείται η προσέγγιση που παρουσιάστηκε από τον Silverman το 1986, η οποία βασίζεται στην εμπειρική κατανομή του δείγματος. Στην επομένη υποενότητα παρουσιάζεται η προσέγγιση που διατυπώθηκε από τον Silverman.

Επιπλέον, η μεθοδολογία που διατυπώνεται χρησιμοποιεί τα διαγράμματα Voronoi. Τα διαγράμματα (ή πολύγωνα) Voronoi (ή Thiessen πολύγωνα) χρησιμοποιούνται για το διαμερισμό του υπό μελέτη χώρου σύμφωνα με την απόσταση μεταξύ ενός δεδομένου συνόλου σημείων (Okabe A., κ.ά., 2000). Τα διαγράμματα Voronoi κατασκευάζονται με βάση τις μεσοκάθετους από κάθε σημείο. Για να γίνει κατανοητή η διαδικασία δημιουργίας του διαγράμματος Voronoi έστω δύο σημεία του επιπέδου και η μεσοκάθετος του ευθυγράμμου τμήματος η οποία χωρίζει το επίπεδο σε δύο τομείς. Σε κάθε τομέα βρίσκονται τα σημεία που βρίσκονται πλησιέστερα στο σημείο που ορίζεται από ένα από τα δύο αρχικά σημεία. Αν προσθέσουμε νέα σημεία στο επίπεδο και εφαρμόσουμε την ίδια αρχή χωρίζοντας τους τομείς σε υποτομείς, θα πάρουμε ένα σύνολο από κελιά τα οποία θα περιέχουν σημεία πλησιέστερα σε ένα σημείο από κάθε άλλο. Το σύνολο αυτών των κελιών θα είναι το διάγραμμα Voronoi (Σχήμα 4.15).



Σχήμα 4.15 Παράδειγμα διαγράμματος Voronoi 32 σημείων στο επίπεδο

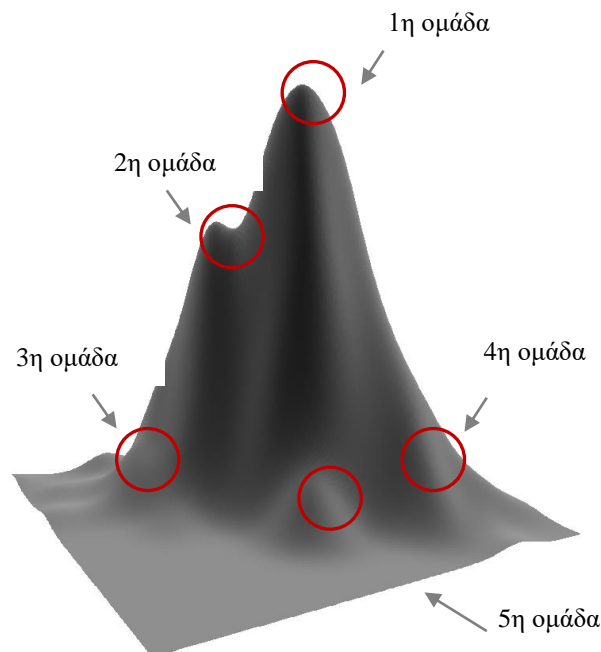
Στο πλαίσιο της διατριβής, αυτός ο μετασχηματισμός από τα σημεία σε πολύγωνα (δηλαδή η κατασκευή και χρήση των τα πολύγωνων Voronoi) έχει δύο πλεονεκτήματα: πρώτον, επιτρέπει την κάλυψη όλης της υπομελέτη περιοχής και δεύτερον, καθιστά δυνατή την εφαρμογή της γειννίας με βάση τη χωρική συνέχεια. Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι γίνεται η παραδοχή ότι εντός κάθε τομέα (πολύγωνου) η τιμή του ακινήτου είναι ίδια. Για το λόγο αυτό θα πρέπει η πυκνότητα των ακινήτων του δείγματος να είναι υψηλή, κάτι το οποίο στην παρούσα εφαρμογή ισχύει. Και επιπλέον, μιας και πρόκειται για μια αστική

περιοχή όπου η κατοικία δεν είναι η μοναδική χρήση γης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι χωρικές ασυνέχειες όπως για παράδειγμα στη συγκεκριμένη εφαρμογή αποτελεί η περιοχή του Ελαιώνα η οποία είναι μια βιομηχανική ζώνη μέσα στον αστικό ιστό του Λεκανοπέδιου και η περιοχή του πρώην αεροδρομίου του Ελληνικού. Ωστόσο το πρόβλημα αυτό δε μελετήθηκε και αποτελεί πεδίο για περαιτέρω έρευνα.

Συνοψίζοντας, θα πρέπει να τονιστεί ότι μέσω της κατασκευής των διαγραμμάτων Voronoi επιτυγχάνεται η χωρική οριοθέτηση των τοπικών αγορών ακινήτων. Ωστόσο, το πρόβλημα δεν ανάγεται άμεσα σε πρόβλημα συνένωσης/συνάθροισης πολύγωνων. Συγκεκριμένα, τα πολύγωνα Voronoi χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των σχέσεων γειτνίασης μεταξύ των ακινήτων καθώς και τον καθορισμό των σαφών ορίων των τοπικών αγορών ακινήτων που προκύπτουν σε κάθε στάδιο του αλγορίθμου (αναλυτικά η χρήση και σημασία των πολυγώνων Voronoi στην παρούσα εφαρμογή περιγράφεται στην υποενότητα 4.6.2).

4.6.1 Η Ιεραρχική Ανάλυση Συστάδων με βάση τον Silverman

Ο Silverman (1986) παρουσιάζει την ανάλυση συστάδων με βάση την εμπειρική κατανομή του πληθυσμού. Για την παρουσίαση της τεχνικής του Silverman, θεωρούμε ότι κάθε



Σχήμα 4.16 Ανάλυση συστάδων με βάση την εμπειρική κατανομή των δεδομένων

αντικείμενο (ακίνητο στην εν λόγω εφαρμογή) i , των υπό μελέτη δεδομένων, μπορεί να παρίσταται ως ένα σημείο X_i , στον d -διάστατο χώρο, το πλήθος των αντικειμένων είναι n και ισούται με το μέγεθος του δείγματος. Η βασική ιδέα του Silverman (1986) είναι ότι οι ομάδες στο σύνολο $\{X_1, \dots, X_n\}$ των παρατηρήσεων αντιστοιχούν στις κορυφές της επιφάνειας της εμπειρικής κατανομής πυκνότητας πιθανότητας που εκτιμάται από αυτά τα σημεία. Στο Σχήμα 4.16 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα πέντε ομάδων με βάση την εμπειρική κατανομή του συνόλου των $\{X_1, \dots, X_n\}$.

Σύμφωνα με τον Silverman στο πλαίσιο της ιεραρχικής ανάλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Πιο συγκεκριμένα, τα αντικείμενα θα ομαδοποιηθούν σε μια ιεραρχία με τον καθορισμό των σχέσεων «γονέα-παιδιού» μεταξύ τους. Γονέας είναι το ακίνητο που η τιμή της σχετικής του συχνότητας του είναι υψηλότερη στη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Έτσι από αυτές τις σχέσεις θα κατασκευαστεί ένα «οικογενειακό δέντρο». Τουλάχιστον ένα, και πιθανώς περισσότερα, από τα αντικείμενα δεν θα έχουν ένα γονέα.

Αναλυτικότερα, έστω \hat{f} μια εκτίμηση της πυκνότητας των X_1, \dots, X_n και έστω d_{ij} η Ευκλείδεια απόσταση²⁸ μεταξύ του X_i και X_j . Για κάθε αντικείμενο X_i καθορίζεται ένα κατώφλι t_i . Μεταξύ των αντικειμένων σε κοντινή απόσταση με το t_i του X_i επιλέγεται ως γονέας του X_i το αντικείμενο X_j που είναι πιο πάνω από το X_i . Με άλλα λόγια επιλέγεται το j που μεγιστοποιεί την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{\hat{f}(X_j) - \hat{f}(X_i)}{d_{ij}} \quad (4.51)$$

για κάθε αντικείμενο X_j για το οποίο:

$$d_{ij} \leq t_i \text{ και } \hat{f}(X_j) > \hat{f}(X_i) \quad (4.52)$$

αν κανένα σημείο X_j δεν ικανοποιεί τη σχέση (4.52) τότε το X_i δεν θα έχει κανένα γονέα και θα είναι κόμβος ρίζας ενός από τα οικογενειακά δέντρα.

²⁸ Στον αλγόριθμο έγινε αντικατάσταση της Ευκλείδειας απόστασης με τη σχέση γειτνίασης και αυτό αποτελεί μια διαφοροποίηση από την προσέγγιση του Silverman.

4.6.2 Περιγραφή της Μεθοδολογίας που διατυπώνεται για την Οριοθέτηση Τοπικών Αγορών Ακινήτων

Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται για την οριοθέτηση των τοπικών αγορών ακινήτων βασίζεται στα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας, σε στατιστικά κριτήρια και στις μεθόδους της χωρικής ανάλυσης. Τα στάδια που ακολουθήθηκαν για τη διατύπωση της μεθόδου και την κατάστρωση του αλγορίθμου είναι τα εξής:

Στάδιο 1: Εκτίμηση του χωρικού υποδείγματος της ηδονικής εξίσωσης των τιμών των ακινήτων.

Στάδιο 2: Υπολογισμός της εμπειρικής κατανομής των εκτιμημένων τιμών του δείγματος με τη μέθοδο Kernel.

Στάδιο 3: Κατασκευή πολυγώνων Voronoi (ως σημείο ελέγχου-τιμή που χαρακτηρίζει τα πολύγωνα καθώς και τιμή στην οποία εφαρμόστηκε το κριτήριο ομαδοποίησης των ακινήτων τίθεται η τιμή της σχετικής συχνότητας που προέκυψε από την εκτίμηση της εμπειρικής κατανομής). Τα πολύγωνα Voronoi δημιουργούνται γύρω από τα σημεία των μεμονωμένων παρατηρήσεων (ακινήτων).

Στάδιο 4: Κατασκευή της μήτρας γειτνίασης με βάση την rook γειτνίαση, ως γειτονικά πολύγωνα θεωρούνται εκείνα που έχουν κοινή πλευρά.

Στάδιο 5: Για κάθε ακίνητο X_i από το σύνολο των n ακινήτων X_1, X_2, \dots, X_n (επίπεδο 0), εντοπίζονται τα γειτονικά του ακίνητα X_1, X_2, \dots, X_k . Στη συνέχεια, υπολογίζεται για όλα τα γειτονικά ακίνητα του X_i η ακόλουθη σχέση:

$$\hat{f}(X_j) - \hat{f}(X_i) \quad (4.53)$$

όπου $\hat{f}(X)$ η τιμή της σχετικής συχνότητας της εμπειρικής κατανομής.

Επιλέγεται ως «γονέας» του X_i το ακίνητο X_j για το οποίο ισχύει η μέγιστη διαφορά:

$$\hat{f}(X_j) \geq \hat{f}(X_i) \quad (4.54)$$

αν κανένα ακίνητο από τα γειτονικά του X_i δεν ικανοποιεί τη σχέση (6.14) ή αν $\hat{f}(X_j) = \hat{f}(X_i)$ τότε το X_i θεωρείται «γονέας» και περνάει στο επόμενο

επίπεδο ιεραρχίας.

Στάδιο 6: Στη συνέχεια, καθορίζονται οι σχέσεις γειννίασης μεταξύ των γονέων του πρώτου επιπέδου και υπολογίζονται ξανά οι σχέσεις 4.53 και 4.54 έτσι ώστε να καθοριστούν οι γονείς του δευτέρου επιπέδου, του τρίτου επιπέδου, κ.ο.κ.

Στάδιο 7: Από τα ακίνητα (γονείς) κάθε επιπέδου ιεραρχίας κατασκευάστηκαν τα πολύγωνα Voronoi τα οποία αποτελούν και τις διαφορετικές διαμερίσεις σε γειτονιές (τοπικές αγορές) της Αθήνας.

Στάδιο 8: Για να εξεταστεί αν οι διαμερίσεις που προέκυψαν είναι στατιστικά σημαντικές κρίθηκε σκόπιμο να εφαρμοστεί η ανάλυση διακύμανσης (Analysis of Variance, ANOVA) με την οποία εφαρμόζεται ο στατιστικός έλεγχος υποθέσεων για τη σύγκριση των μέσων τιμών, κάθε επιπέδου ιεραρχίας.

Στάδιο 9: Για να επιλεγεί, να αναλυθεί και να προταθεί το καταλληλότερο επίπεδο ιεραρχίας εκ των παραπάνω που οδηγεί και στον τελικό αριθμό των τοπικών αγορών της αγοράς κατοικίας της Αθήνας, χρησιμοποιήθηκε ένα αντικειμενικό στατιστικό κριτήριο, το “F-τεστ”, όπως αυτό περιγράφεται από τον Beale (1969).

Κεφάλαιο 5

Δεδομένα

Η διαθεσιμότητα των στοιχείων για τις αξίες των στεγαστικών και των εμπορικών ακινήτων, καθώς και για τις πληροφορίες που αφορούν τα χαρακτηριστικά τους και τη θέση τους στο χώρο είναι ιδιαίτερα περιορισμένη στην Ελλάδα. Έτσι, στην πρώτη ενότητα του κεφαλαίου συζητούνται τα προβλήματα της διαθεσιμότητας των στοιχείων καθώς και οι πηγές δεδομένων που υπάρχουν. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε προέρχεται από διαδικτυακές αγγελίες, στη δεύτερη ενότητα, γίνεται εκτενής περιγραφή της βάσης. Στην τρίτη ενότητα παρατίθεται αναλυτικά η διαδικασία της επεξεργασίας που έγινε σε αυτή. Για την εφαρμογή των ηδονικών χωρικών υποδειγμάτων είναι απαραίτητη η διαθεσιμότητα ποιοτικών και ποσοτικών μεταβλητών, για το λόγο αυτό, στην τέταρτη ενότητα περιγράφεται ο τρόπος κατασκευής των ποιοτικών και ποσοτικών μεταβλητών και οι παραδοχές που έγιναν. Στην πέμπτη και έκτη ενότητα παρουσιάζεται η υπό μελέτη περιοχή στην οποία γίνεται η εμπειρική εφαρμογή και τα περιγραφικά μέτρα των μεταβλητών, αντίστοιχα. Τέλος, στην έβδομη ενότητα γίνεται διερευνητική ανάλυση των δεδομένων. Αναλυτικότερα, κατασκευάστηκαν χάρτες στιγμών (dot map), οι οποίοι αναδεικνύουν τις χωρικές συγκεντρώσεις κάποιων εκ των βασικών χαρακτηριστικών των στεγαστικών ακινήτων.

5.1 Πηγες Δεδομένων

Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία διαθέσιμα για τις αξίες των στεγαστικών και των εμπορικών ακινήτων, καθώς ούτε και πληροφορίες για τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Οι μόνες πηγες τέτοιων δεδομένων είναι οι ακόλουθες:

- Οι ανώνυμες εταιρείες επενδύσεων ακίνητης περιουσίας (ΑΕΕΑΠ), οι οποίες διαθέτουν στοιχεία επενδύσεων και απόδοσης χαρτοφυλακίων ακινήτων.
- Τα πιστωτικά ιδρύματα, τα οποία διαθέτουν στοιχεία μισθώσεων και αγοραπωλησιών ακινήτων, τα οποία υπάγονται σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες: (α) ανήκουν σε τρίτους και μισθώνονται από το πιστωτικό ίδρυμα για την κάλυψη των στεγαστικών αναγκών των υπηρεσιών του (κεντρικές υπηρεσίες, υποκαταστήματα, κ.ά.), (β) ανήκουν στην κυριότητα του πιστωτικού ιδρύματος και εκμισθώνονται από αυτό σε τρίτους ή ιδιοχρησιμοποιούνται για την κάλυψη των στεγαστικών του αναγκών ή είναι κενά και προορίζονται για εκμίσθωση ή πώληση, (γ) ακίνητα που βρίσκονταν στην κυριότητα του πιστωτικού ιδρύματος και πωλήθηκαν σε τρίτους και (δ) ακίνητα τα οποία αποτελούν αντικείμενο χρηματοδότησης ή εξασφάλιση χορηγούμενων δανείων.
- Οι ιδιωτικές εταιρίες συμβούλων ακινήτων, διαχείρισης χαρτοφυλακίων, ανάπτυξης ακινήτων και κτηματομεσιτικά γραφεία. Οι φορείς αυτοί διαθέτουν πρωτογενή στοιχεία μισθώσεων και αγοραπωλησιών ακινήτων.
- Οι ηλεκτρονικές και έντυπες αγγελίες με δημοσιευμένες τις τιμές ακινήτων προς πώληση ή προς ενοικίαση.

Μια από τις πρώτες προσπάθειες ενός μηχανισμού συγκέντρωσης δευτερογενών στοιχείων έγινε από την Τράπεζα της Ελλάδος το 2008 με την ίδρυση, στη Διεύθυνση Οικονομικών Μελετών, του Τμήματος Ανάλυσης Αγοράς Ακινήτων, μεταξύ των αντικειμένων του οποίου είναι η προσπάθεια συγκέντρωσης στοιχείων που αφορούν τα στεγαστικά και εμπορικά ακίνητα. Η συγκέντρωσή τους ξεκίνησε μετά από την έκδοση της Πράξης Διοικητή 2610/31.10.2008, με την οποία όλα τα πιστωτικά ιδρύματα που λειτουργούν στην Ελλάδα είναι υποχρεωμένα να υποβάλλουν στο Τμήμα Ανάλυσης Αγοράς Ακινήτων της Τράπεζας της Ελλάδος, σε μηνιαία βάση, αναλυτικά στοιχεία σχετικά με την αξία και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των στεγαστικών ακινήτων (διαμερίσματα, μονοκατοικίες, οικόπεδα κ.ά.), τα οποία αποτελούν αντικείμενο χρηματοδότησης ή μέσο εξασφάλισης χορηγούμενων δανείων. Τα στοιχεία που αναγγέλλονται από τις εμπορικές τράπεζες περιλαμβάνουν τις εκτιμήσεις των τραπεζών για την τρέχουσα εμπορική αξία όλων των ακινήτων, καθώς και πληροφορίες για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Ειδικότερα, τα στοιχεία αυτά αναφέρονται χωριστά σε κάθε εκτίμηση στεγαστικού ακινήτου και περιλαμβάνουν το είδος του ακινήτου (διαμέρισμα, μονοκατοικία κλπ.), τον ακριβή γεωγραφικό προσδιορισμό του (διεύθυνση, όροφος κλπ.), την παλαιότητα (έτος κατασκευής και έκδοσης της σχετικής άδειας οικοδομής), την περιγραφή και το εμβαδόν των κύριων και βοηθητικών του χώρων (αποθήκης, θέσεων στάθμευσης κλπ.) και τις αντίστοιχες εμπορικές αξίες των χώρων αυτών, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του (ποιότητα κατασκευής,

περιβάλλον χώρος κ.ά.), το κόστος κατασκευής και την αντικειμενική του αξία, καθώς και τα στοιχεία του δανείου για το οποίο το ακίνητο αποτελεί μοναδική εξασφάλιση. Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της Τράπεζας της Ελλάδος ο αριθμός των ακινήτων έχει προσεγγίσει τις 633899 χιλιάδες (66.9% διαμερίσματα, 19.3% μονοκατοικίες, 5.9% μεζονέτες, 5.8% οικόπεδα, 2.1% λοιπά) (Bank of Greece, 2014). Από την επεξεργασία των στοιχείων αυτών η Τράπεζα της Ελλάδος δημοσιεύει Δείκτες Τιμών Ακινήτων. Πιο συγκεκριμένα, από τον Δεκεμβρίου του 2009 δημοσιεύονται (έκδοση Δελτίων Τύπου) οι Δείκτες Τιμών Ακινήτων (συνολικά 16 δείκτες) σε τριμηνιαία βάση τόσο για το σύνολο της χώρας όσο και αναλυτικά για «νεόδμητα» και «παλαιά» στεγαστικά ακίνητα, αλλά και για επιμέρους γεωγραφικές περιοχές (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, άλλες μεγάλες πόλεις, λοιπές περιοχές).

Το Εθνικό Κτηματολόγιο δεν έχει ολοκληρωθεί, και από τις επίσημες ελληνικές αρχές τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία είναι σε δευτερογενή μορφή και μη επεξεργάσιμη για την εφαρμογή οικονομετρικών μεθόδων εκτίμησης. Αναλυτικότερα, το Υπουργείο Οικονομικών παρέχει μόνο σε έντυπη μορφή, πίνακες του μέσου όρου των τιμών των κατοικιών ανά τετραγωνικό μέτρο ανά ζώνη (περιγραφικά με τα ονόματα των γύρω δρόμων). Τέλος, η ΕΛΣΑΤ παρέχει σε επίπεδο οικοδομικού τετράγωνου τα στοιχεία από τις γενικές απογραφές κατοικιών που διεξάγονται κάθε δέκα χρόνια. Ωστόσο και αυτά τα στοιχεία είναι ακατάλληλα για τη χρήση των οικονομετρικών τεχνικών διότι καταγράφονται σε επίπεδο οικοδομικού τετράγωνου, θα μπορούσαν όμως να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μεταβλητών όπως για παράδειγμα η πυκνότητα του κάθε οικοδομικού τετράγωνου κ.ά.²⁹.

5.2 Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Για την εφαρμογή των χωρικών οικονομετρικών υποδειγμάτων είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας βάσης δεδομένων με καταγεγραμμένα σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό όλων των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του κάθε ακινήτου καθώς και η ακριβής θέση του στο χώρο. Μια τέτοια πηγή δεδομένων αποτελούν οι ηλεκτρονικές αγγελίες. Έτσι, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η βάση δεδομένων με τις τιμές στεγαστικών ακινήτων προς πώληση από τις διαδικτυακές αγγελίες. Η συλλογή των δεδομένων έγινε το Σεπτέμβριο του 2013 από το διαδίκτυο με τη χρήση της τεχνικής web crawling³⁰, από δημόσια διαθέσιμες real estate ιστοσελίδες. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι αρχικά η μελέτη και η

²⁹ Τα στοιχεία της τελευταίας απογραφής κτιρίων του 2011, δημοσιεύτηκαν τον Μάιο του 2015 με συνέπεια να μη μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διδακτορική διατριβή.

³⁰ Το crawler είναι ένα πρόγραμμα ανίχνευσης που επισκέπτεται τις ιστοσελίδες και διαβάζει τις πληροφορίες τους. Ο κώδικας αναπτύχθηκε από τον επίκουρο καθηγητή κ. Άγγελο Μιμή, και η βάση δεδομένων παραχωρήθηκε για τις ανάγκες του διδακτορικού.

εφαρμογή των θεωριών και των υποδειγμάτων που μελετώνται στην διατριβή έχει γίνει και σε στοιχεία που διατέθηκαν από ελληνικό πιστωτικό ίδρυμα³¹.

Μία από τις ιδιαιτερότητες της βάσης δεδομένων είναι ότι στο διαδίκτυο δεν «διαφημίζονται» όλες οι κατοικίες προς πώληση, το οποίο όμως δεν δημιουργεί πρόβλημα διότι χρειαζόμαστε δείγμα αυτών. Επιπλέον, στις αγγελίες μπορεί να υπάρχουν λάθη στα χαρακτηριστικά που καταχωρούνται και στις τιμές τους, για το λόγο αυτό γίνεται επεξεργασία της βάσης έτσι ώστε ακίνητα με εμφανή λάθη στις καταχωρήσεις να απομακρυνθούν από την βάση. Επίσης, η τελική τιμή της συνδιαλλαγής όταν πωληθεί το ακίνητο είναι συχνά διαφορετική από την τιμή της αγγελίας (Horowitz, 1992), οι καταχωρημένες τιμές αναφέρονται στις ζητούμενες τιμές (asking prices), οι οποίες συνήθως είναι υψηλότερες από τις πραγματικές αγοραίες αξίες. Ωστόσο, οι τιμές της βάσης δεδομένων παραμένουν μια καλή προσέγγιση των ζητούμενων τιμών. Ο Lyons (2013) χρησιμοποιώντας στοιχεία για την αγορά στέγασης του Δουβλίνου, διαπίστωσε ότι αυτές οι δύο τιμές (ζητούμενη τιμή και πραγματική τιμή της συνδιαλλαγής) συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό στο χώρο και το χρόνο.

Το μέγεθος του αρχικού δείγματος περιλαμβάνει 32992 στεγαστικά ακίνητα για κάθε ένα εκ των οποίων είναι καταγεγραμμένα τα χαρακτηριστικά που παρατίθενται ακολούθως. Πέρα από την παρουσίαση των χαρακτηριστικών, καταγράφονται και οι τιμές³² που παίρνει το κάθε χαρακτηριστικό καθώς και η συχνότητα εμφάνισης της κάθε τιμής. Έτσι ώστε, αφενός να ευνοείται η καλύτερη κατανόηση στο τι ακριβώς περιγράφει το χαρακτηριστικό και αφετέρου να καθίσταται πιο σαφής η επεξεργασία της βάσης και ο τρόπος της κατασκευής των μεταβλητών, στάδια τα οποία περιγράφονται αναλυτικά στις επόμενες δυο υποενότητες. Τα χαρακτηριστικά λοιπόν που είναι καταγεγραμμένα είναι τα ακόλουθα:

³¹ Πρόκειται για την Τράπεζα Πειραιώς. Βλέπε σχετικές δημοσιεύσεις: Καραγάνης, Α. και Στάμου, Μ. (2015) *Υποδείγματα μαζικής επανεκτίμησης στεγαστικών ακινήτων*, 28 Πανελλήνιο Συνέδριο Στατιστικής, Αθήνα. Καραγάνης, Α. και Στάμου, Μ. (2014) *Ανάλυση της αιτιώδους σχέσης των χωρικών οικονομετρικών κύκλων στις αγορές στεγαστικών ακινήτων*, SEED center: Η ελληνική οικονομία από την κρίση στην ανάπτυξη, Βόλος. Καραγάνης, Α. και Στάμου, Μ. (2014) *Εναλλακτικές απεικονίσεις του χώρου στα χωρικά οικονομετρικά υποδείγματα*, 12th Conference of ERSA-GR, Αθήνα. Stamou, M., Mimis, A. and Karaganis, A., (2013) *Spatial econometric models for valuation of the property* (in greek), 1st Conference of Spatial Analysis, Athens. Mimis, A., Rovolis, A., and Stamou, M. 2013. *Property valuation with artificial neural network: the case of Athens*. Journal of Property Research. 30(2), 128-143. Stamou, M., Mimis, A. and Karaganis, A. (2012) *Spatial econometric models for valuation of the property* (in greek), 2st Conference of Spatial Analysis, Athens. Karaganis, A., Mimis, A. and Stamou, M. (2012) *Price forecast ability of real estate with spatial econometric methods* (in greek), 7st Conference of Hellenic HellasGIs, Athens.

³² Στην περίπτωση που η μεταβλητή είναι ποσοτική (συνεχής ή διακριτή), παρατίθενται αν υπάρχουν μόνο οι τιμές -1. Η τιμή -1 σημαίνει ότι το αντίστοιχο πεδίο δεν έχει συμπληρωθεί.

- (1) η συνολική αξία (τιμή) του ακινήτου (ποσοτική συνεχής μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
-1*	1981

* Η τιμή -1 σημαίνει ότι το αντίστοιχο πεδίο δεν έχει συμπληρωθεί.

- (2) ο τύπος του στεγαστικού ακινήτου (ποιοτική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
-1	1
Διαμέρισμα	23768
Κτίριο	198
Μεζονέτα	4027
Μονοκατοικία	3912
Οικία	330

- (3) τα τετραγωνικά μέτρα (ποσοτική συνεχής μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
-1	9

- (4) ο αριθμός των υπνοδωματίων (ποσοτική διακριτή μεταβλητή),

- (5) ο όροφος (ποιοτική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
-1	4818
1ος	6224
2ος	5435
3ος	4219
4ος	3125
5ος	1804
6ος	731
7ος	235
8ος+	87
Ημιπόγειο	683
Ημιόροφος	173
Ισόγειο	3697
Υπερυψωμένο	746
Υπόγειο	259

- (6) το έτος κατασκευής (ποσοτική διακριτή μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
-1	6967

(7) η διαθεσιμότητα αυτόνομης θέρμανσης (ποιοτική δυαδική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	14487
Ναι	17749

(8) η διαθεσιμότητα κλιματιστικού (ποιοτική δυαδική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	24928
Ναι	7308

(9) η ύπαρξη τζακιού (ποιοτική δυαδική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	18905
Ναι	13331

(10) η διαθεσιμότητα και το είδος χώρου στάθμευσης (ποιοτική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	15556
Parking πιλοτής	1694
Parking πιλοτής, Υπόγειο parking	22
Ανοιχτό parking	1094
Ανοιχτό parking, Parking πιλοτής	12
Ανοιχτό parking, Parking πιλοτής, Υπόγειο parking	1
Ανοιχτό parking, Κλειστό parking	72
Ανοιχτό parking, Κλειστό parking, Parking πιλοτής	1
Ανοιχτό parking, Κλειστό parking, Parking πιλοτής, Υπόγειο parking	10
Ανοιχτό parking, Κλειστό parking, Υπόγειο parking	6
Ανοιχτό parking, Υπόγειο parking	45
Κλειστό parking	1237
Κλειστό parking, Parking πιλοτής	20
Κλειστό parking, Parking πιλοτής, Υπόγειο parking	1
Κλειστό parking, Υπόγειο parking	63
Ναι	9564
Υπόγειο parking	2838

(11) ο τύπος της θέας (ποιοτική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
-1	24275
Απεριόριστη θέα	3432

Απεριόριστη θεά, Θεά βουνό	151
Απεριόριστη θεά, Θεά βουνό, Θεά θάλασσα	220
Απεριόριστη θεά, Θεά δάσος	22
Απεριόριστη θεά, Θεά δάσος, Θεά βουνό	50
Απεριόριστη θεά, Θεά δάσος, Θεά βουνό, Θεά θάλασσα	71
Απεριόριστη θεά, Θεά δάσος, Θεά θάλασσα	7
Απεριόριστη θεά, Θεά θάλασσα	566
Θέα βουνό	1065
Θέα βουνό, Θεά θάλασσα	326
Θέα δάσος	170
Θέα δάσος, Θεά βουνό	19
Θέα δάσος, Θεά βουνό, Θεά θάλασσα	9
Θέα δάσος, Θεά θάλασσα	11
Θέα θάλασσα	1842

(12) ο προσανατολισμός (ποιοτική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
-1	17480
Γωνιακό	2126
Γωνιακό, Εσωτερικό	12
Γωνιακό, Προσόψεως	474
Διαμπερές	5123
Διαμπερές, Γωνιακό	379
Διαμπερές, Γωνιακό, Εσωτερικό	1
Διαμπερές, Γωνιακό, Προσόψεως	651
Διαμπερές, Γωνιακό, Προσόψεως, Εσωτερικό	1
Διαμπερές, Εσωτερικό	9
Διαμπερές, Προσόψεως	2590
Διαμπερές, Προσόψεως, Εσωτερικό	2
Εσωτερικό	400
Προσόψεως	2986
Προσόψεως, Εσωτερικό	2

(13) η ύπαρξη αποθήκης (ποιοτική δυαδική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	15899
Ναι	16337

(14) το εμβαδόν της αποθήκης (ποσοτική συνεχής μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
-1	29820

(15) η διαθεσιμότητα ηλιακού θερμοσίφωνα (ποιοτική δυαδική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	24834
Ναι	7402

(16) η ύπαρξη πόρτας ασφαλείας (ποιοτική δυαδική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	19054
Ναι	13182

(17) η ύπαρξη τέντας (ποιοτική δυαδική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	26530
Ναι	5706

(18) ο αριθμός των wc (ποσοτική συνεχής μεταβλητή),

(19) η διαθεσιμότητα φυσικού αερίου (ποιοτική δυαδική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	27622
Ναι	4614

(20) η ύπαρξη ανελκυστήρα (ποιοτική δυαδική μεταβλητή),

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	31652
Ναι	584

(21) η ύπαρξη κοινοχρήστων (ποιοτική δυαδική μεταβλητή) και

Τιμές	Συχνότητα
Όχι	31110
Ναι	1116

(22) η θέση του ακινήτου (γεωγραφικές συντεταγμένες).

Εκτός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά καταγράφονται και τα εξής: η ύπαρξη κήπου, το εμβαδόν του κήπου, η διαρρύθμιση των χώρων του (π.χ. «2Δ.Σ.Κ.Λ.WC» ή «σαλόνι, ενιαία κουζίνα, μεγάλη βεράντα»), περιγραφή του βαθμού συντήρησης του ακινήτου (ανακαινισμένο, άριστη κατάσταση ή καλή κατάσταση), το έτος ανακαίνισης, η κατασκευαστική του κατάσταση (ημιτελές, νεόδμητο ή υπό κατασκευή), η διαθεσιμότητα (ελεύθερο ή μισθωμένο), η ύπαρξη ή μη ημιυπαίθριων χώρων, το εμβαδόν των ημιυπαίθριων χώρων και η ύπαρξη πισίνας. Ωστόσο τα πεδία αυτά ήταν συμπληρωμένα για πολύ μικρό

ποσοστό των ακινήτων της βάσης και για το λόγο αυτό δεν κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχες μεταβλητές για να χρησιμοποιηθούν.

5.3 Επεξεργασία Βάσης Δεδομένων

Από το σύνολο των αρχικά διαθέσιμων ακινήτων απαλείφθηκαν κατοικίες με ακραίες τιμές στα χαρακτηριστικά τους, καθώς και κατοικίες για τις οποίες δεν αναφερόταν ρητά κάποια εκ των βασικών χαρακτηριστικών τους. Συγκεκριμένα, τα ακίνητα χωρίς πληροφορίες για τη θέση του ακινήτου, την τιμή, το έτος κατασκευής, τον τύπο του ακινήτου και τα τετραγωνικά μέτρα απομακρύνθηκαν από τη βάση δεδομένων (1ο Στάδιο - 5ο Στάδιο). Ακολούθησε η κατασκευή ποσοτικών δυαδικών ψευδομεταβλητών από τις ακόλουθες ποιοτικές μεταβλητές: αυτόνομη θέρμανση, διαθεσιμότητα κλιματιστικού, ύπαρξη τζακιού, διαθεσιμότητα χώρου στάθμευσης, ύπαρξη αποθήκης, διαθεσιμότητα ηλιακού θερμοσίφωνα, ύπαρξη πόρτας ασφαλείας, ύπαρξη τέντας, διαθεσιμότητα φυσικού αερίου, ύπαρξη ανελκυστήρα και ύπαρξη κοινοχρήστων (6ο Στάδιο). Επόμενο στάδιο της επεξεργασίας των στοιχείων αποτέλεσε η απομάκρυνση ακινήτων που χαρακτηρίζονται ως «Κτίρια» και ως «Οικίες» (7ο Στάδιο). Τέλος, απομακρύνθηκαν από τη βάση δεδομένων ακίνητα με ακραίες τιμές στα χαρακτηριστικά τους (8ο Στάδιο).

Αναλυτικότερα, η διαδικασία γραμμογράφησης της βάσης δεδομένων περιλαμβάνει τα έξι στάδια:

- 1ο Στάδιο:** Απομακρύνθηκαν από τη βάση δεδομένων τα ακίνητα στα οποία δεν υπήρχε πληροφορία για τον τύπο του ακινήτου ($N^{33}=32235$).
- 2ο Στάδιο:** Απομακρύνθηκαν από τη βάση δεδομένων τα ακίνητα στα οποία δεν υπήρχε πληροφορία για τα τετραγωνικά μέτρα του ακινήτου ($N=32227$).
- 3ο Στάδιο:** Απομακρύνθηκαν από τη βάση δεδομένων τα ακίνητα στα οποία δεν υπήρχε πληροφορία για το έτος κατασκευής του ακινήτου ($N=25266$).
- 4ο Στάδιο:** Απομακρύνθηκαν από τη βάση δεδομένων τα ακίνητα στα οποία δεν υπήρχε πληροφορία για την τιμή του ακινήτου ($N=24265$).
- 5ο Στάδιο:** Απομακρύνθηκαν από τη βάση δεδομένων τα ακίνητα στα οποία δεν υπήρχε γεωγραφική πληροφορία ($N=23992$).
- 6ο Στάδιο:** Στη συνέχεια έγινε αντικατάσταση του «Ναι» με την τιμή 1 και του «Όχι»

³³ Όπου N, το μέγεθός του δείγματος.

με την τιμή 0 έτσι ώστε να κατασκευαστούν από τις ποιοτικές μεταβλητές: αυτόνομη θέρμανση, διαθεσιμότητας κλιματιστικού, ύπαρξη τζακιού, διαθεσιμότητας χώρου στάθμευσης, ύπαρξη αποθήκης, διαθεσιμότητα ηλιακού θερμοσίφωνα, ύπαρξη πόρτας ασφαλείας, ύπαρξη τέντας, διαθεσιμότητα φυσικού αερίου, ύπαρξη ανελκυστήρα και ύπαρξη κοινοχρήστων, ποιοτικές δυαδικές ψευδομεταβλητές.

7ο Στάδιο: Επόμενο στάδιο της επεξεργασίας των στοιχείων αποτέλεσε η απομάκρυνση ακινήτων που χαρακτηρίζονται ως «Κτίρια» και ως «Οικίες» (N=23691).

8ο Στάδιο: Τελικό στάδιο της επεξεργασίας των δεδομένων αποτέλεσε η απομάκρυνση από τη βάση των ακραίων τιμών. Αναλυτικότερα, απομακρύνθηκαν ακίνητα στα όποια η συνολική τιμή ήταν <5000 ευρώ (N=23484), τα τετραγωνικά μέτρα ήταν ≥ 1650 (N=23477) με βάση την τιμή ανά τετραγωνικό απομακρύνθηκαν αυτά τα όποια είχαν τιμή μικρότερη από 12000 ευρώ ανά τετραγωνικό και μεγαλύτερη από 7500000 (N=23432) και τέλος απομακρύνθηκαν τα ακίνητα τα όποια είχαν κατασκευαστεί πριν το 1900 (N=23427).

5.4 Κατασκευή Μεταβλητών και Παραδοχές

Η αρχική επεξεργασία των δεδομένων αφορούσε την απομάκρυνση από τη βάση των ακινήτων: με ελλείψεις καταχωρήσεις στα πεδία των χαρακτηριστικών τους, με ακραίες τιμές στα χαρακτηριστικά τους και την ποσοτικοποίηση των ποιοτικών μεταβλητών. Στη συνέχεια, ακολούθησε η κατασκευή των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στην αρθρογραφία της εκτίμησης ακινήτων.

Αρχικά κατασκευάστηκε η μεταβλητή της ηλικίας που αναφέρεται στην παλαιότητα του ακινήτου και υπολογίστηκε από τη διαφορά: 2013 μείον το έτος κατασκευής του εκάστοτε ακινήτου.

Όσον αφορά τη μεταβλητή «θέα» στις αγγελίες είχαν καταχωρηθεί τα εξής:

- -1³⁴,
- Θέα βουνό,
- Απεριόριστη θέα,
- Απεριόριστη θέα, Θέα θάλασσα,
- Θέα θάλασσα,

³⁴ Όπως σημειώθηκε και παραπάνω, η τιμή -1 σημαίνει ότι δεν είχε συμπληρωθεί το αντίστοιχο πεδίο στη συγκεκριμένη καταχώρηση.

- Απεριόριστη θέα, Θέα δάσος,
- Θέα βουνό, Θέα θάλασσα,
- Απεριόριστη θέα, Θέα βουνό, Θέα θάλασσα,
- Θέα δάσος, Θέα βουνό,
- Θέα δάσος,
- Απεριόριστη θέα, Θέα δάσος, Θέα βουνό, Θέα θάλασσα,
- Απεριόριστη θέα, Θέα δάσος, Θέα θάλασσα,
- Θέα δάσος, Θέα θάλασσα και
- Θέα δάσος, Θέα βουνό, Θέα θάλασσα.

Τα ακίνητα με αναφορά «θέα θάλασσα» πήραν την τιμή 1 και τα υπόλοιπα ακίνητα πήραν την τιμή 0, έτσι ώστε να κατασκευαστεί μια ψευδομεταβλητή με βάση τη θέα στη θάλασσα ή όχι.

Περνώντας τώρα στον όροφο που βρίσκεται το κάθε ακίνητο, αρχικά αν ο τύπος του ακινήτου ήταν μεζονέτα ή μονοκατοικία και στη στήλη του ορόφου υπήρχε η τιμή -1 (δεν είχε δηλαδή συμπληρωθεί), αντικαταστάθηκε με την τιμή 0, θεωρήθηκε δηλαδή ως όροφος το ισόγειο. Οι μοναδικές τιμές που παίρνει το χαρακτηριστικό όροφος στις αγγελίες είναι οι εξής καταχωρήσεις:

- Υπόγειο,
- Ημιυπόγειο,
- Ισόγειο,
- Ημιόροφος,
- Υπερυψωμένο,
- 0,
- 1ος,
- 2ος,
- 3ος,
- 4ος,
- 5ος,
- 6ος,
- 7ος και
- 8ος+.

Αντικαταστάθηκαν το «1ος» με 1, το «2ος» με 2, το «3ος» με 3, το «4ος» με 4, το «5ος» με 5, το «6ος» με 6, το «7ος» με 7, το «8ος+» με 8, το «Ισόγειο» με 0, ο «Ημιόροφος» με 0, το «Υπερυψωμένο» με 0, το «Ημιυπόγειο» με -1 και το «Υπόγειο» με -1. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν επτά ψευδομεταβλητές που περιγράφουν τον όροφο που βρίσκεται το ακίνητο. Πιο συγκεκριμένα, υπόγειο θεωρούνται τα ακίνητα που είχαν την καταχώριση «Ημιυπόγειο» και «Υπόγειο», ισόγειο τα ακίνητα που είχαν την καταχώριση «Ισόγειο», «0», «Ημιόροφος» και «Υπερυψωμένο» και 5 κατηγορίες για κάθε όροφο ομαδοποιώντας τα ακίνητα του πέμπτου ορόφου και πάνω στην ίδια κατηγορία.

Επόμενο βήμα αποτέλεσε η κατασκευή μιας ψευδομεταβλητής με τέσσερις κατηγορίες που αναφέρεται στον προσανατολισμό του ακινήτου. Οι μοναδικές τιμές που παίρνει το χαρακτηριστικό προσανατολισμός στις αγγελίες είναι οι εξής:

- Διαμπερές, Προσόψεως,
- Προσόψεως,
- Διαμπερές,
- -1,
- Γωνιακό,
- Διαμπερές, Γωνιακό,
- Εσωτερικό,
- Γωνιακό, Προσόψεως,
- Διαμπερές, Γωνιακό, Προσόψεως,
- Διαμπερές, Προσόψεως, Εσωτερικό,
- Γωνιακό, Εσωτερικό,
- Διαμπερές, Γωνιακό, Εσωτερικό και
- Προσόψεως, Εσωτερικό.

Αρχικά έγινε ομαδοποίηση των παραπάνω τιμών ως εξής: «Διαμπερές»=1, «Γωνιακό»=2, «Προσόψεως»=3 και «Εσωτερικό», «-1»=4. Και στην συνέχεια έγιναν οι εξής αντικαταστάσεις: «Διαμπερές, Προσόψεως» με 1, «-1» με 4, «Διαμπερές, Γωνιακό» με 1, «Γωνιακό, Προσόψεως» με 2, «Διαμπερές, Γωνιακό, Προσόψεως» με 1, «Διαμπερές, Προσόψεως, Εσωτερικό» με 1, «Διαμπερές, Εσωτερικό» με 1, «Διαμπερές, Γωνιακό, Εσωτερικό» με 1, «Προσόψεως, Εσωτερικό» με 3, «Διαμπερές, Προσόψεως» με 1, «Προσόψεως» με 3, «Διαμπερές» με 1, «Γωνιακό» με 2, «Εσωτερικό» με 4 και «Γωνιακό, Εσωτερικό» με 2 και τέλος κατασκευαστήκαν οι τέσσερις ψευδομεταβλητές που αναφέρονται στο αν ο προσανατολισμός του ακινήτου είναι διαμπερής, γωνιακός, προσόψεως ή εσωτερικός.

Στη συνέχεια κατασκευάστηκε η ψευδομεταβλητή που αναφέρεται στον τύπο της κατοικίας (διαμέρισμα, μονοκατοικία ή μεζονέτα). Επίσης, κατασκευάστηκε η μεταβλητή τιμή ακινήτου ανά τετραγωνικό (συνολική τιμή ακινήτου προς τετραγωνικά μέτρα) η οποία συνήθως χρησιμοποιείται στα οικονομετρικά υποδείγματα ως εξαρτημένη μεταβλητή έναντι της συνολικής αξίας. Σημειώνεται εδώ πως η μεταβλητή αυτή ενσωματώνει παράλληλα και μέρος της εμπορευσιμότητας (μέγεθος) του ακινήτου.

Τέλος, με τη χρήση των GIS υπολογιστήκαν οι αποστάσεις κάθε ακινήτου από τον πλησιέστερο σταθμό του ΗΣΑΠ και του μετρό και στη συνέχεια κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχες ψευδομεταβλητές με τιμή 1 αν το ακίνητο βρίσκεται σε ακτίνα μικρότερη ίση των 500 μέτρων από τις πλησιέστερες στάσεις και μηδέν αν βρίσκεται σε μεγαλύτερη των 500 μέτρων.

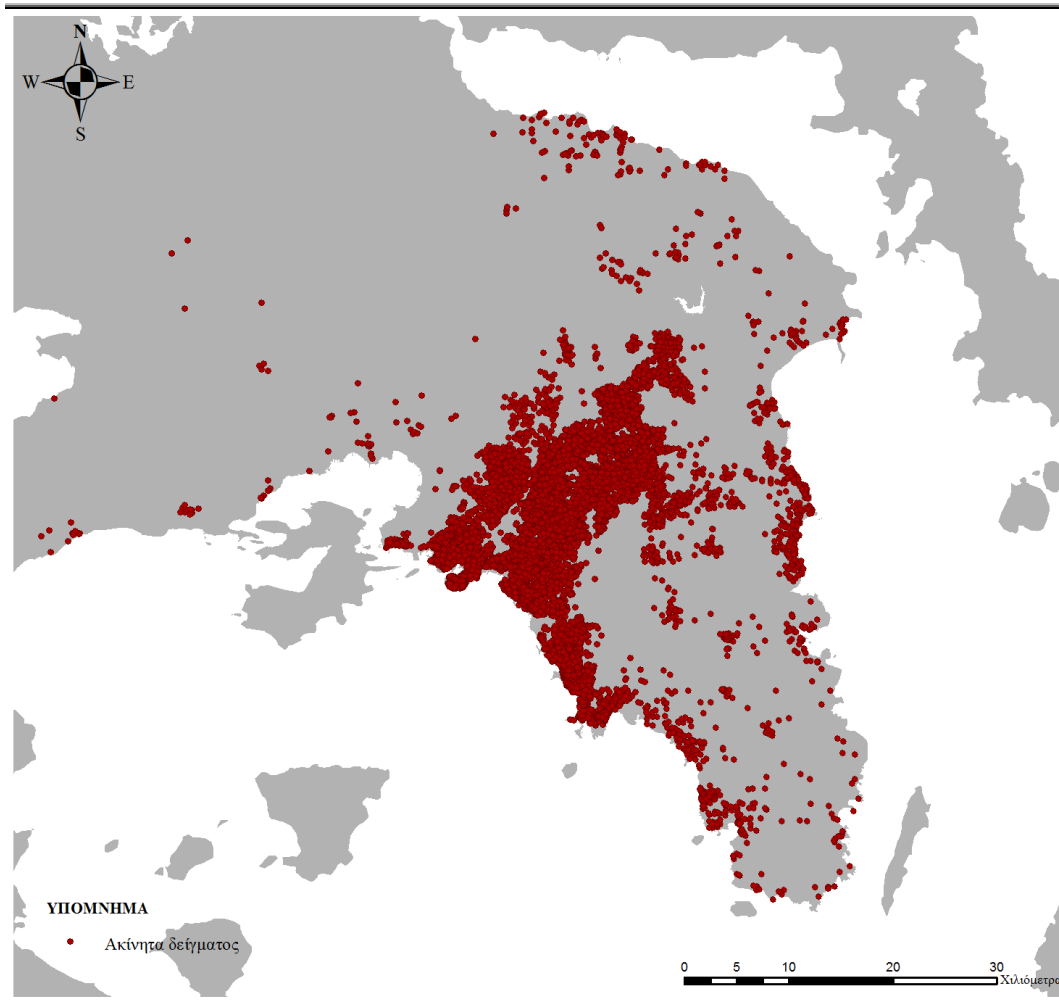
Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 2, τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την τιμή των ακινήτων και κατ' επέκταση οι ανεξάρτητες μεταβλητές των οικονομετρικών υποδειγμάτων, μπορούν να ομαδοποιηθούν στις μεταβλητές που αφορούν τα

κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ακινήτου, στις μεταβλητές της γειτονιάς και στις μεταβλητές θέσης. Με βάση αυτήν την κατάταξη στο Παράρτημα Γ παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των διαθέσιμων μεταβλητών του δείγματος καθώς και συμβολισμός που χρησιμοποιείται για κάθε μεταβλητή.

5.5 Χωρική Κατανομή του Δείγματος και Περιοχή Μελέτης

Στο Χάρτη 5.1 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των 23427 στεγαστικών ακινήτων στην Περιφέρεια Αττικής. Όπως γίνεται φανερό και από την επισκόπηση του χάρτη η κάλυψη

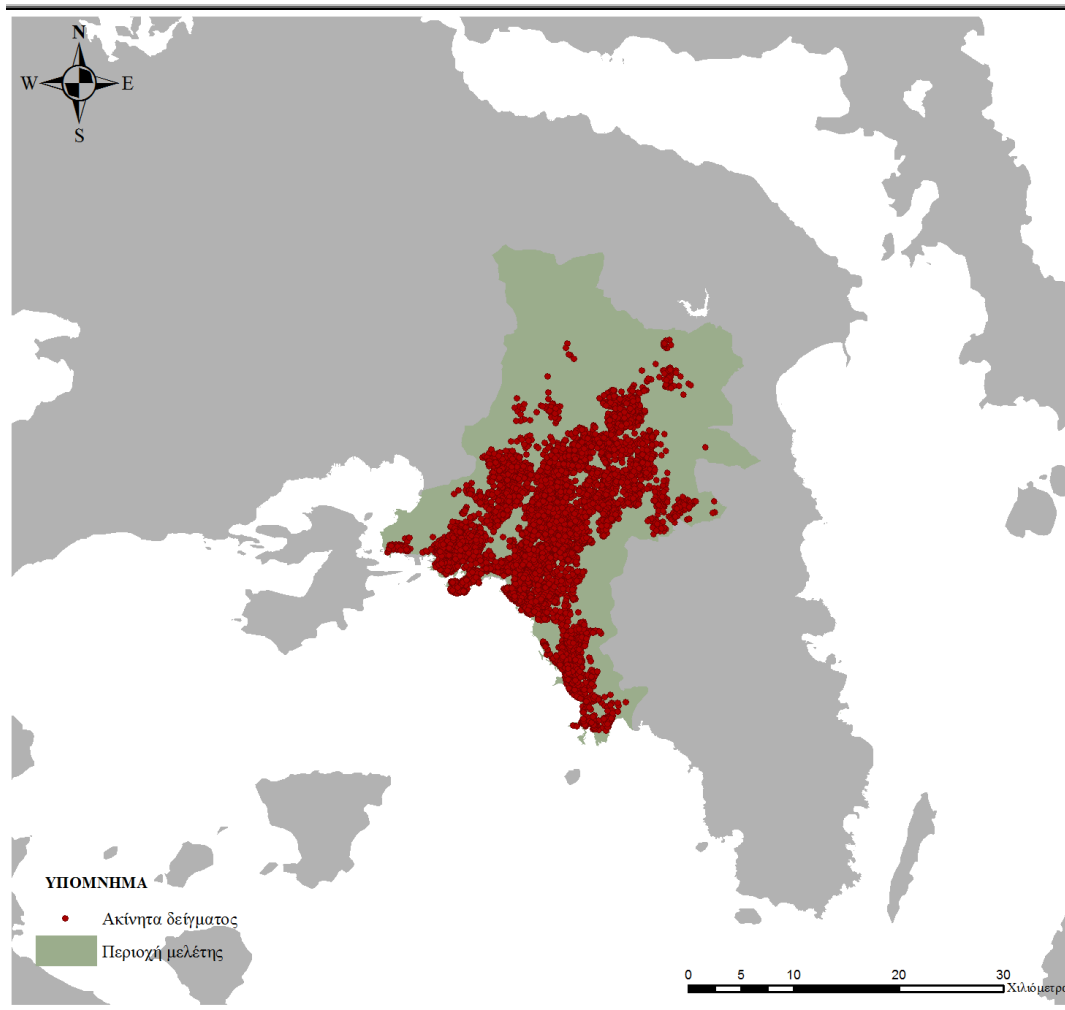
Χάρτης 5.1. Χωρική κατανομή ακινήτων του δείγματος στην περιφέρεια Αττικής



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

των στοιχείων δεν είναι ομοιόμορφη σε όλο το Λεκανοπέδιο. Έτσι κρίθηκε απαραίτητο να επιλεγεί μια πιο «στενή» περιοχή μελέτης. Ο καθορισμός των ορίων της υπό μελέτη περιοχής έγινε με βάση τη χωρική συγκέντρωση των εξεταζόμενων παρατηρήσεων. Συγκεκριμένα, η επιλογή έγινε λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητα των ακινήτων με σημείο αναφοράς τους δήμους. Αναλυτικότερα, οι δήμοι της Αττικής με μικρό αριθμό παρατηρήσεων δεν επιλέχθηκαν να ενταχθούν στην υπό μελέτη περιοχή. Επιπλέον, επιλέχθηκαν μονό τα στεγαστικά ακίνητα που χαρακτηρίζονται ως διαμερίσματα (απομακρύνθηκαν από τη βάση οι μονοκατοικίες και οι μεζονέτες). Και αυτό διότι τόσο το πλήθος όσο και ο βαθμός κάλυψης στην περιοχή μελέτης μεταξύ των διαφορετικών τύπων στεγαστικών ακινήτων (διαμερίσματα, μονοκατοικίας, μεζονέτας) δεν ήταν ανάλογος ούτε και ομοιόμορφος, αντίστοιχα (βλέπε Παράρτημα Δ: Χάρτης χωρικής κατανομής τύπου στεγαστικών ακινήτων και στοιχεία για το πλήθος κάθε κατηγορίας). Επιπλέον, η σύγχρονη βιβλιογραφία, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 2, αναγνωρίζει ότι δεν υπάρχει μια ενιαία αγορά κατοικίας αλλά υποαγορές που καθορίζονται και από το είδος του ακινήτου.

Χάρτης 5.2. Χωρική κατανομή ακινήτων του δείγματος στην υπό μελέτη περιοχή

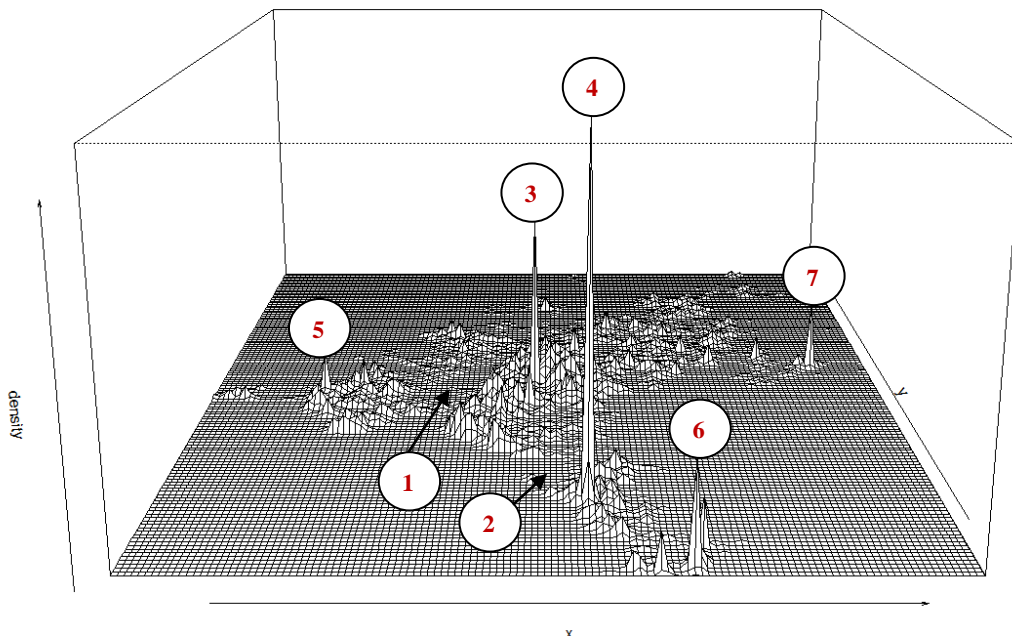


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Στο Χάρτη 5.2 παρουσιάζονται τα όρια της υπό μελέτη περιοχής καθώς και η χωρική κατανομή των διαμερισμάτων σε αυτήν. Το μέγεθος του τελικού δείγματος ανέρχεται στις 11343 παρατηρήσεις.

Τέλος, η χωρική πυκνότητα των διαμερισμάτων στην υπό μελέτη περιοχή μπορεί να αποτυπωθεί καλύτερα από το Σχήμα 5.1. Όταν η μεταβολή της έντασης του φαινομένου μέσα στην υπό μελέτη περιοχή ποικίλει, τότε παρατηρούνται οι επιδράσεις πρώτου βαθμού που αναλύθηκαν στην υποενότητα 4.1.1. Οι επιδράσεις πρώτου βαθμού αναφέρονται στον αριθμό των γεγονότων ανά μονάδα επιφάνειας και υπολογίζονται από την παρατηρούμενη χωρική πυκνότητα των συμβάντων στο χώρο. Από οικονομετρική σκοπιά αναφέρονται ως χωρική ετερογένεια και όπως επισημαίνει ο Anselin (1988), η ύπαρξή τους υπονοεί ότι οι συναρτησιακές σχέσεις και οι παράμετροι των υποδειγμάτων μεταβάλλονται με τη θέση και δεν είναι σταθεροί σε όλη την περιοχή μελέτης. Θα πρέπει όμως να επισημανθεί η ιδιαιτερότητα του υπό εξέταση φαινομένου. Αναλυτικότερα, πρόκειται για τη μελέτη μιας αστικής περιοχής όπου η κατοικία δεν είναι η μοναδική χρήση γης, έτσι σε κάποια σημεία παρατηρούνται χωρικές ασυνέχειες όπως είναι η περιοχή του Ελαιώνα (σημείο 1) η οποία αποτελεί μια βιομηχανική ζώνη μέσα στον αστικό ιστό του Λεκανοπέδιου και η περιοχή του πρώην αεροδρομίου του Ελληνικού (σημείο 2).

Επιπλέον, στο Σχήμα 5.1 παρατηρούνται δυο υψηλές κορυφές, δυο δηλαδή περιοχές της Αθήνας με μεγάλη πυκνότητα προς πώληση ακινήτων που σημειώνονται με τα σημεία 3



Σχήμα 5.1 Χωρική πυκνότητα δείγματος ακινήτων στην υπό μελέτη περιοχή

και 4, αντίστοιχα. Πρόκειται για δυο περιοχές που βρίσκονται στο κέντρο του δήμου της Αθήνας (σημείο 3), η πρώτη, και πλησίον του πρώην αεροδρόμιου στο δήμο του Ελληνικού (σημείο 4), η δεύτερη. Επίσης, μεγάλος αριθμός διαμερισμάτων προς πώληση βρίσκεται σε περιοχή του δήμου του Πειραιά (σημείο 5), σε περιοχή του δήμου Βάρης (σημείο 6) και σε περιοχή του δήμου της Παλλήνης (σημείο 7).

5.6 Διάρθρωση Δείγματος Ακινήτων ανά Χαρακτηριστικό

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα περιγραφικά μέτρα των συνεχών μεταβλητών και των ψευδομεταβλητών του τελικού δείγματος.

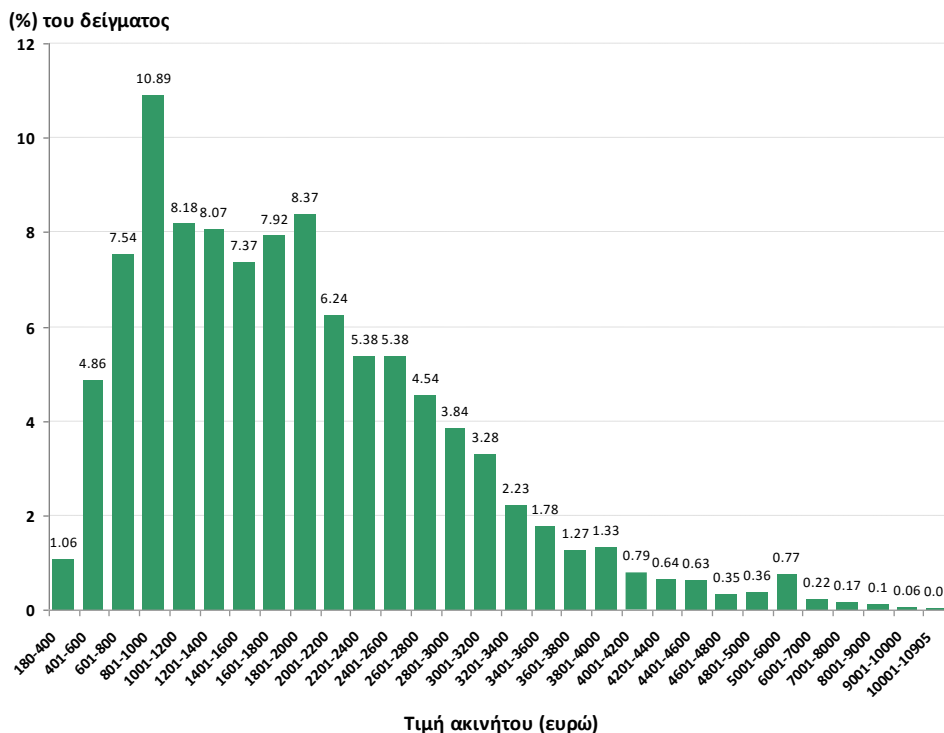
Μεταβλητή	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Min τιμή	Max τιμή
<i>price</i> (ευρώ)	187585	185158	6000	3400000
<i>p</i> (ευρώ ανά τ.μ)	1884	1065	182	10905
<i>sqm</i> (τ.μ)	90	39	12	489
<i>age</i> (χρόνια)	21	18	0	103
<i>bedroom</i> (αριθμός δωματίων)	2	0.80	1	10
<i>wc</i> (αριθμός μπάνιων)	1	0.42	1	5
	Πλήθος ακινήτων	%		
<i>ah</i> (αυτόνομη θέρμανση)	6494	57.3		
<i>ac</i> (κλιματιστικό)	2727	24.0		
<i>fireplace</i> (τζάκι)	4148	36.6		
<i>gas</i> (φυσικό αέριο)	2259	19.9		
<i>parking</i> (χώρος στάθμευσης)	5685	50.1		
<i>storage</i> (αποθήκη)	5783	51.0		
<i>solar</i> (ηλιακός θερμοσίφοντας)	2925	25.8		
<i>door</i> (πόρτα ασφαλείας)	5057	44.6		
<i>awnings</i> (τέντα)	2879	25.4		

	<i>lift</i> (χωρίς ανελκυστήρα)	256	2.3
	<i>utilities</i> (χωρίς κοινόχρηστα)	319	2.8
	<i>viewsea</i> (θέα στη θάλασσα)	729	6.4
	<i>fg</i> (υπόγειο)	180	1.6
	<i>f0</i> (ισόγειο)	1252	11.0
Οροφος	<i>f1</i> (1 ^{ος})	2868	25.3
	<i>f2</i> (2 ^{ος})	2534	22.3
	<i>f3</i> (3 ^{ος})	1844	16.3
	<i>f4</i> (4 ^{ος})	1440	12.7
	<i>f5p</i> (5 ^{ος} και πάνω)	1225	10.8
Προσανατολισμό	<i>orfront</i> (προσόψεως)	1258	11.1
	<i>orairy</i> (διαμπερής)	3728	32.9
	<i>orcorn</i> (γωνιακός)	1031	9.1
	<i>ores</i> (εσωτερικός)	5326	47.0
	<i>metro</i> (απόσταση από σταθμό του μετρό μικρότερη ίση των 500 μέτρων)	1348	11.9
	<i>isap</i> (απόσταση από σταθμό του ΗΣΑΠ μικρότερη ίση των 500 μέτρων)	1156	10.2

Ξεκινώντας την περιγραφική στατιστική ανάλυση των μεταβλητών του δείγματος από τη συνολική αξία των ακινήτων, κατά μέσο όρο, ένα διαμέρισμα στην Αθήνα ζητείται στην τιμή των 187585 ευρώ, με υψηλή απόκλιση από τη μέση τιμή, κάτι το οποίο οφείλεται στο γεγονός ότι το μικρότερο ακίνητο που πωλείται είναι 12 τετραγωνικών μέτρων και το μεγαλύτερο 489 τετραγωνικών μέτρων. Η τιμή του ακινήτου δεν είναι ανεξάρτητη των τετραγωνικών του, έτσι η παραπάνω μεταβλητή δεν προσφέρει κάποια σημαντική πληροφορία, διότι οι τιμές των ακινήτων διαμορφώνονται ανά τετραγωνικό.

Περνώντας, στην τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο αυτή κυμαίνεται από 182 έως 10905 ευρώ με μέση τιμή τα 1884 ευρώ. Από την επισκόπηση του Διαγράμματος 5.1 προκύπτει ότι η κατανομή της τιμής (ανά τετραγωνικό) των διαμερισμάτων του δείγματος της Αθήνας είναι δικόρυφη. Η πρώτη κορυφή εμφανίζεται στην κλάση που περιλαμβάνει ακίνητα ζητούμενης τιμής ανά τετραγωνικό από 801 έως 1000 ευρώ (10.89%). Η δεύτερη κορυφή παρατηρείται στην κλάση 1801 έως 2000 ευρώ, με το 8.37% των ακινήτων του δείγματος να

Διάγραμμα 5.1. Κατανομή πιθανότητας της τιμής ανά τετραγωνικό των ακινήτων του δείγματος



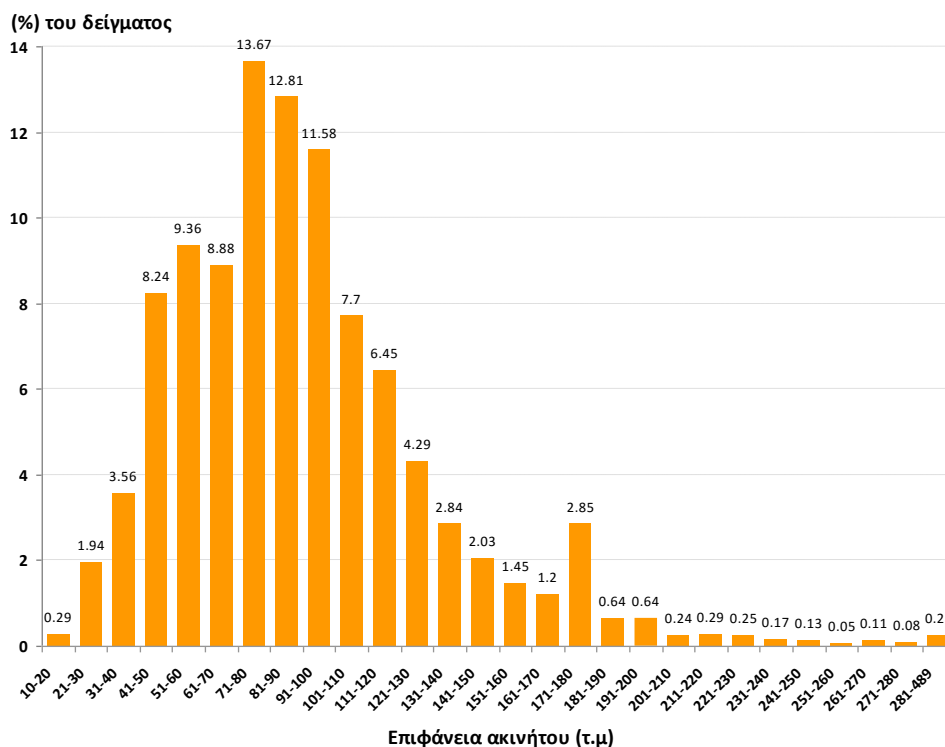
Σημείωση: Οι κλάσεις έχουν καθοριστεί ανά 200 ευρώ μέχρι την τιμή των 5000 ευρώ, από τα 5000 ευρώ και πάνω, λόγω της διασποράς των τιμών, οι κλάσεις καθορίστηκαν ανά 1000 ευρώ. Επίσης η πρώτη κλάση ξεκινά από την ελάχιστη τιμή του δείγματος.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Επίσης από το διάγραμμα προκύπτει πως στο άκρο της κατανομής των μεγάλων κλάσεων, από τα 3001 ευρώ και πάνω, τα ποσοστά των ακινήτων που ανήκουν σε αυτές είναι πολύ χαμηλά. Το ίδιο παρατηρείται και στην πρώτη κλάση η οποία περιλαμβάνει το 1% του δείγματος.

Όσον αφορά την επιφάνεια των διαμερισμάτων, ο μέσος όρος της επιφάνειας του δείγματος είναι τα 90 τετραγωνικά μέτρα με τυπική απόκλιση τα 39 τετραγωνικά μέτρα. Η επισκόπηση της κατανομής πιθανότητας της επιφάνειας (Διάγραμμα 5.2) φανερώνει πως η μεγάλη διαφοροποίηση των τιμών οφείλεται στην εμφάνιση ολιγάριθμων σχετικά διαμερισμάτων με επιφάνεια πάνω από 180 τετραγωνικά μέτρα καθώς και στις πρώτες δυο κατηγορίες που περιλαμβάνουν διαμερίσματα επιφάνειας μικρότερης των 30 τετραγωνικών μέτρων. Συνεπώς αυτό που γίνεται εμφανές από το διάγραμμα της κατανομής της επιφάνειας των ακινήτων είναι ότι ο κύριος όγκος των διαμερισμάτων του δείγματος έχει εμβαδόν από 31 έως 180 τετραγωνικά μέτρα.

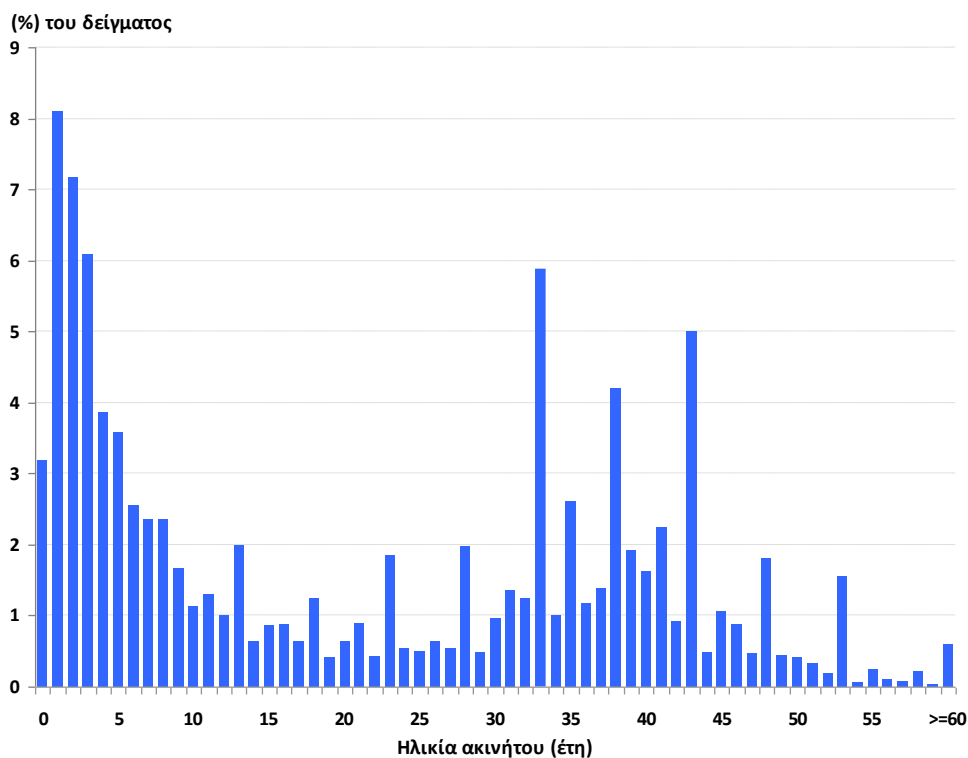
Διάγραμμα 5.2. Κατανομή πιθανότητας της επιφάνειας των ακινήτων του δείγματος



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Η ηλικία των στεγαστικών ακινήτων κυμαίνεται από 0 έως 103 χρόνια, με μέσο όρο τα 21 χρόνια και τυπική απόκλιση τα 18 χρόνια. Από την επισκόπηση της κατανομής πιθανότητας των τιμών της ηλικίας (Διάγραμμα 5.3) φανερώνεται πως η μεγάλη διαφοροποίηση των τιμών οφείλεται στην εμφάνιση ολιγάριθμων διαμερισμάτων, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες κλάσεις, με ηλικία μεταξύ των κλάσεων που σχηματίζονται από τα 10 έως 30 έτη και από τα 45 έτη και πάνω. Με άλλα λόγια, ο μεγάλος όγκος των διαμερισμάτων που κατασκευάστηκαν την τελευταία 10ετία δεν πουλήθηκαν με αποτέλεσμα τα διαμερίσματα αυτά να διατίθενται στην αγορά, επίσης, επίσης ο δεύτερος μεγάλος όγκος των διαμερισμάτων προς πώληση είναι ηλικίας 30 έως 45 έτη και αντιστοιχεί στην περίοδο της αντιπαροχής δικαιολογώντας έτσι τη μεγάλη συχνότητα εμφάνισης ακινήτων αυτής της ηλικίας στο δείγμα.

Διάγραμμα 5.3. Κατανομή πιθανότητας της ηλικίας των ακινήτων του δείγματος



Σημείωση: Η κατηγορία ≥ 60 περιλαμβάνει διαμερίσματα ηλικίας έως 103 έτη.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

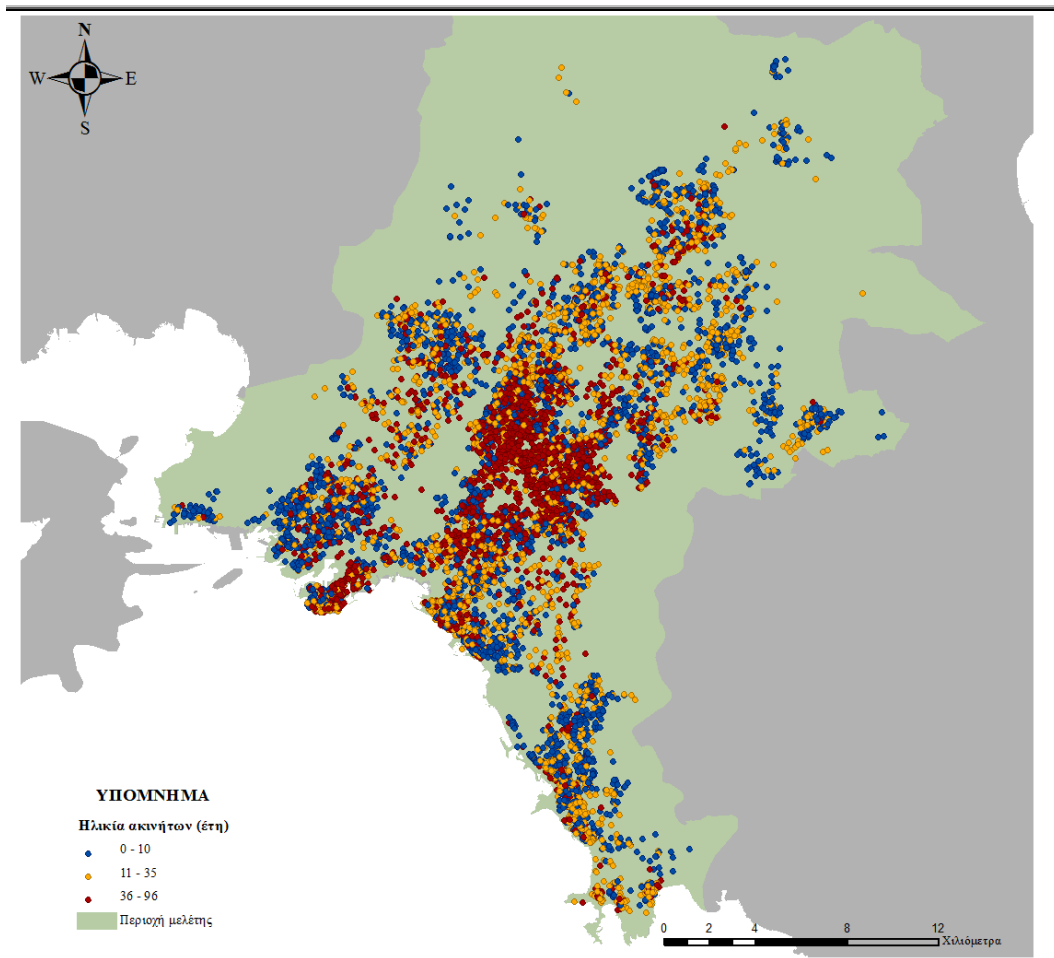
Όσον αφορά τον όροφο των ακινήτων, το 1.6% των διαμερισμάτων βρίσκονται στο υπόγειο, το 11% στο ισόγειο, και το 25%, το 22%, το 16%, το 13% και το 11% στον πρώτο, στο δεύτερο, στον τρίτο, στον τέταρτο ή σε μεγαλύτερο του πέμπτου ορόφου αντίστοιχα. Επίσης, το 57% έχουν αυτόνομη θέρμανση, το 20% έχουν φυσικό αέριο, το 24% διαθέτουν κλιματιστικό και το 37% έχουν τζάκι. Από τα ακίνητα του δείγματος το 50% αυτών διαθέτουν θέση στάθμευσης και το 51% έχουν αποθήκη. Επιπλέον, ηλιακό θερμοσίφωνα, πόρτα ασφάλειας και τέντες έχουν το 26%, 45% και 25% των ακινήτων του δείγματος αντίστοιχα. Το 2% των ακινήτων δεν έχει ανελκυστήρα και το 3% δεν έχουν κοινόχρηστα. Το 6% των ακινήτων της βάσης έχουν θεά στη θάλασσα. Κατά μέσο όρο τα ακίνητα του δείγματος έχουν 2 υπνοδωμάτια και 1 μπάνιο. Περνώντας τώρα, στον προσανατολισμό το 11% έχουν προσόψεως, το 33% έχουν διαμπερή, το 9% είναι γωνιακά και το 47% έχουν εσωτερικό. Τέλος, το 12% και το 10% των ακινήτων βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη ή ίση των 500 μέτρων από στάση του μετρό και του ΗΣΑΠ αντίστοιχα.

5.7 Διερευνητική Ανάλυση Δεδομένων

Οι τιμές των ακινήτων μπορούν να θεωρηθούν ως γεγονότα τα οποία εμφανίζονται στο χώρο και αναπαριστώνται σύμφωνα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες τους. Η στοχαστική διαδικασία που δημιουργεί αυτά τα γεγονότα διέπεται από μια ποικιλία σύνθετων οικονομικών, κοινωνικών και φυσικών/περιβαλλοντικών παραγόντων, οι οποίοι ουσιαστικά αποτελούν και τις μεταβλητές εκείνες που διαμορφώνουν την εκάστοτε τιμή ενός ακινήτου. Με τη χρήση των μεθόδων απεικόνισης της χωρικής ανάλυσης μπορούν να διερευνηθούν οι εν λόγω μεταβλητές στο χώρο και να διαπιστωθεί εάν παρουσιάζουν χωρικές συγκεντρώσεις. Προκειμένου να διεξαχθεί η διερεύνηση αυτή, κατασκευάστηκαν χάρτες στιγμών (dot maps), οι οποίοι αναδεικνύουν τις χωρικές συγκεντρώσεις μερικών εκ των κύριων χαρακτηριστικών/μεταβλητών των ακινήτων.

Ειδικότερα, σε πρώτο στάδιο, κατασκευάστηκε ο Χάρτης 5.3 έχοντας ως μεταβλητή το έτος κατασκευής των ακινήτων. Ως εκ τούτου τα ακίνητα του δείγματος ομαδοποιήθηκαν

Χάρτης 5.3. Χωρική κατανομή της ηλικίας των ακινήτων

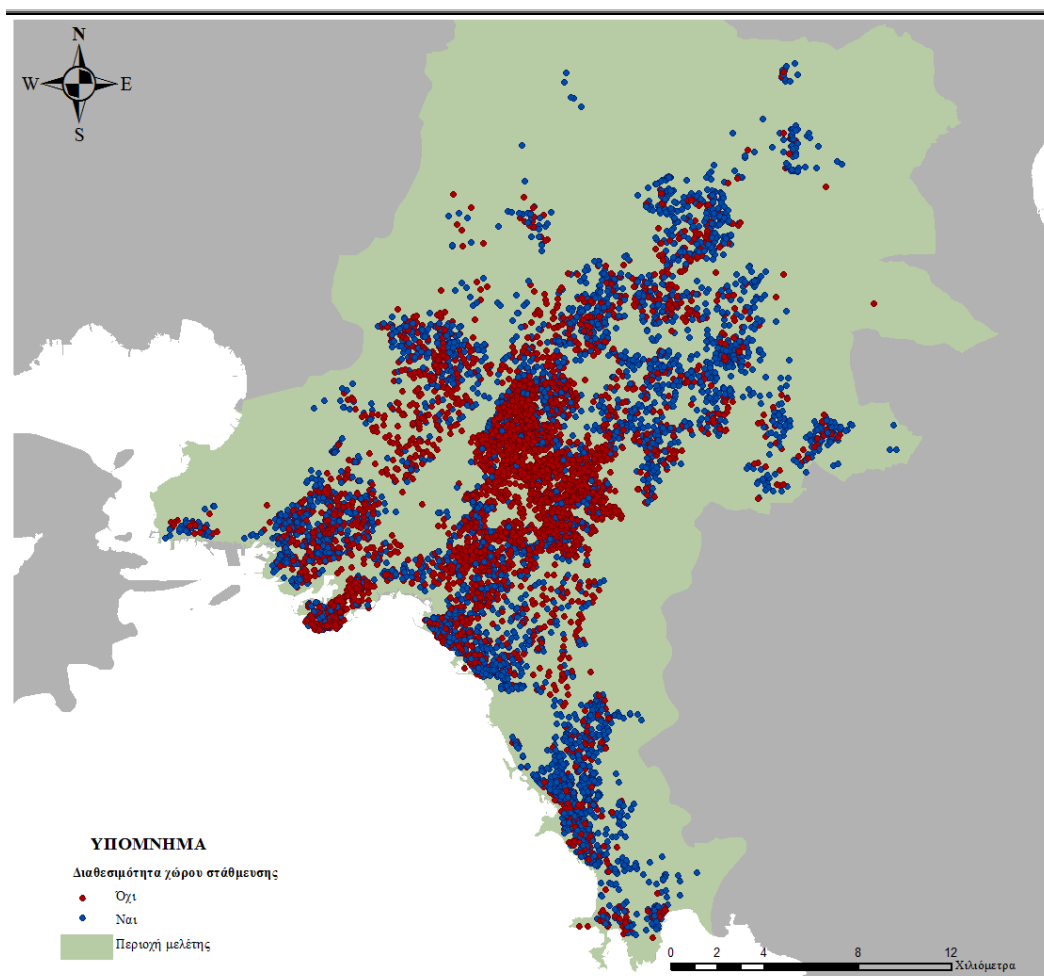


Πηγή: Ιδία επεξεργασία

με βάση την ηλικία τους σε τρεις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται τα ακίνητα που έχουν κατασκευαστεί μετά το 2003, πρόκειται δηλαδή για μια κατηγορία η οποία περιλαμβάνει τα «νεόδμητα» ακίνητα, η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει ακίνητα που κατασκευάστηκαν μετά από τα τέλη της δεκαετίας του '70 έως και τις αρχές του 2000, και τέλος η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τα ακίνητα που έχουν κατασκευαστεί από το '70 και νωρίτερα. Όπως γίνεται διακριτό στο Χάρτη 5.3, περίξ του εμπορικού κέντρου της πρωτεύουσας της χώρας συγκεντρώνεται η πλειονότητα των ακινήτων του δείγματος τα οποία ανήκουν στην τρίτη κατηγορία. Όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της πόλης η πυκνότητα των παλαιών ακινήτων μειώνεται και υπερисχύουν τα ακίνητα τα οποία ανήκουν στις άλλες δύο κατηγορίες, δηλαδή στα «νεότερα» κατασκευαστικά ακίνητα. Ουσιαστικά, ο εν λόγω χάρτης πιστοποιεί τη χωρική επέκταση της οικοδομικής δραστηριότητας προς τα προάστια της πόλης που παρουσιάστηκε την τελευταία πενήκονταετία στην Αττική.

Σε δεύτερο στάδιο κατασκευάστηκε ο Χάρτης 5.4 στον οποίο παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της διαθεσιμότητας χώρου στάθμευσης ή όχι στα ακίνητα του δείγματος. Από την

Χάρτης 5.4. Χωρική κατανομή της διαθεσιμότητας του χώρου στάθμευσης

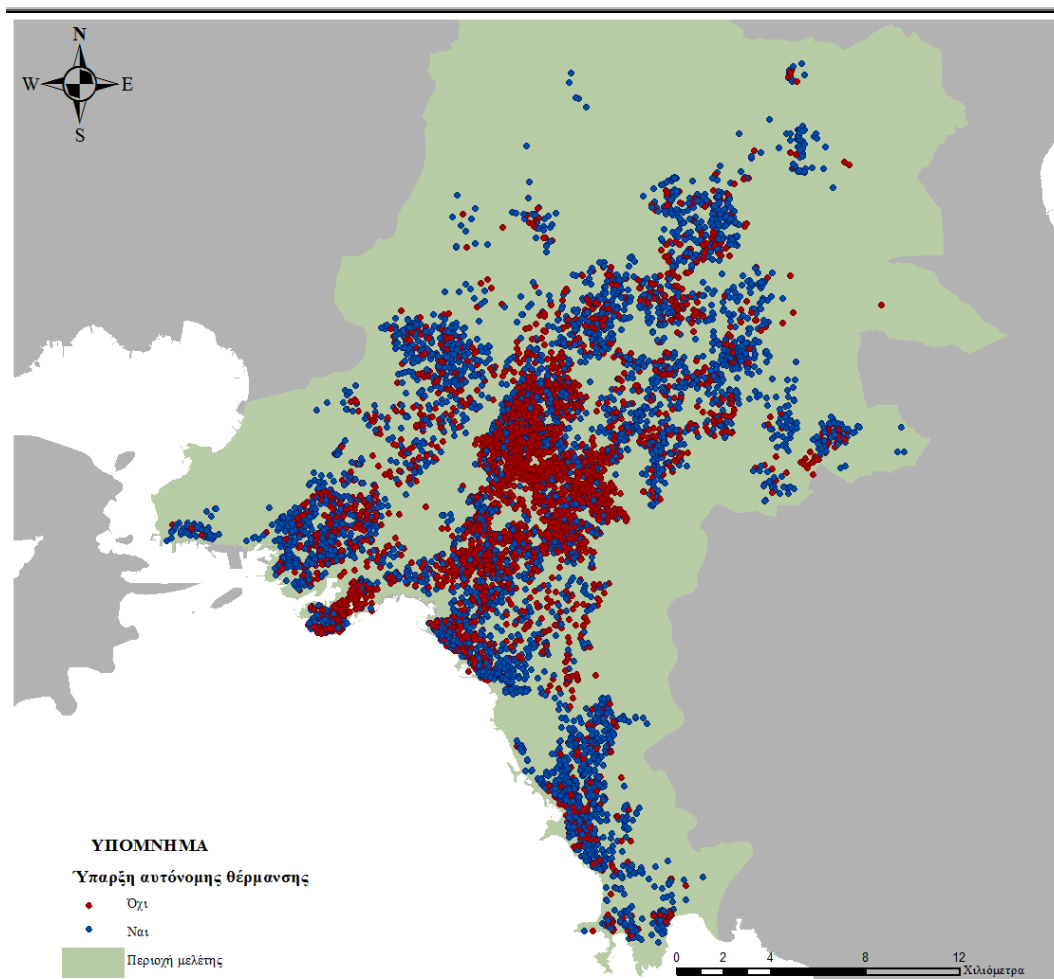


Πηγή: Ιδία επεξεργασία

επισκόπηση των αποτελεσμάτων παρατηρείται συγκέντρωση των ακινήτων που δεν διαθέτουν χώρο στάθμευσης βρίσκονται στο κέντρο της Αθήνας και στην περιοχή του Πειραιά. Το αποτέλεσμα αυτών των χωρικών συσπειρώσεων στα κέντρα των δύο πόλεων έχει άμεση συνάφεια τόσο με την παλαιότητα των ακινήτων που εμφανίζονται στις περιοχές αυτές όσο και με την καλή συγκοινωνιακή σύνδεση των περιοχών αυτών, καθώς τα κέντρα των πόλεων είναι εκείνα που συνδέθηκαν πρώτα με τα διάφορα μέσα μαζικής μεταφοράς.

Τέλος, κατασκευάστηκε ο Χάρτης 5.5 στον οποίο παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της ύπαρξης αυτόνομης θέρμανσης ή όχι στα ακίνητα του δείγματος. Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων και σε σχέση με την ανάλυση της χωρικής κατανομής της διαθεσιμότητας χώρου στάθμευσης ή όχι που έγινε παραπάνω, προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα δυο αυτά χαρακτηριστικά συμμεταβάλλονται χωρικά στην υπό μελέτη περιοχή.

Χάρτης 5.5. Χωρική κατανομή της ύπαρξης αυτόνομης θέρμανσης



Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Κεφάλαιο 6

Αποτελέσματα

Σε αυτό το κεφαλαίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των οικονομετρικών μεθόδων στα 11343 διαμερίσματα της βάσης δεδομένων καθώς και οι τοπικές αγορές κατοικίας της Αθήνας. Αναλυτικότερα, στην πρώτη ενότητα, διενεργείται η εκτίμηση του υποδείγματος με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων, προκειμένου να προσδιοριστεί η εξειδίκευση του ηδονικού υποδείγματος ακινήτων της Αθήνας και να διεξαχθούν: ο έλεγχος κανονικότητας του διαταρακτικού όρου, οι έλεγχοι ορθής εξειδίκευσης και οι έλεγχοι χωρικών επιδράσεων. Επόμενο στάδιο της ανάλυσης, το οποίο διενεργείται στη δεύτερη ενότητα, αποτέλεσε η επιλογή του κατάλληλου χωρικού οικονομετρικού υποδείγματος και η επιλογή και παρουσίαση της μήτρας χωρικών σταθμίσεων που χρησιμοποιήθηκε. Στην τρίτη ενότητα, γίνεται η εκτίμηση και οι οικονομετρικοί έλεγχοι του γενικού χωρικού υποδείγματος, το οποίο ήταν το καταλληλότερο χωρικό υπόδειγμα με βάση τη συγκριτική ανάλυση που διεξήχθη στην προηγούμενη ενότητα. Επιπροσθέτως στην ενότητα αυτή, υπολογίζονται οι οριακές τιμές που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο αγοραστής για την απόκτηση της συγκεκριμένης ποσότητας κάθε χαρακτηριστικού της ηδονικής εξίσωσης. Στην τέταρτη ενότητα διενεργούνται οι προγνωστικοί έλεγχοι ακρίβειας του υποδείγματος. Στην πέμπτη ενότητα διεξάγεται η σύγκριση μεταξύ του χωρικού και του μη χωρικού υποδείγματος. Στην έκτη ενότητα, γίνεται χωρική απεικόνιση των εκτιμηθέντων τιμών στην περιοχή μελέτης και συζητούνται οι χωρικές συγκεντρώσεις των εκτιμηθέντων τιμών στην υπομελέτη περιοχή. Τέλος, στην έβδομη ενότητα παρουσιάζονται οι τοπικές αγορές κατοικίας της Αθήνας. Συγκεκριμένα, στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της χωρικής παρεμβολής των εκτιμηθέντων τιμών του γενικού χωρικού υποδείγματος και στη δεύτερη υποενότητα τα αποτελέσματα του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε, βασιζόμενος στην εμπειρική κατανομή των εκτιμηθέντων τιμών του δείγματος και την ιεραρχική ανάλυση συστάδων με περιορισμό τη γειννίαση.

6.1 Εκτίμηση Υποδείγματος με τη Μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων

Πρώτο στάδιο της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθείται στη διατριβή για τη διαδικασία επανεκτίμησης των στεγαστικών ακινήτων είναι η εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων (OLS). Έτσι ώστε να προσδιοριστεί η εξειδίκευση του υποδείγματος των ηδονικών τιμών των ακινήτων της Αθήνας και στη συνέχεια να γίνουν: ο έλεγχος κανονικότητας του διαταρακτικού όρου, οι έλεγχοι ορθής εξειδίκευσης και οι έλεγχοι χωρικών επιδράσεων. Στις υποενότητες που ακολουθούν διενεργούνται τα παραπάνω οικονομετρικά στάδια.

6.1.1 Εξειδίκευση Υποδείγματος

Κάθε οικονομετρική ανάλυση ξεκινά από την εξειδίκευση του υποδείγματος, η οποία γίνεται σε δυο επίπεδα: κατ' αρχάς με τον καθορισμό των μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν στο υπόδειγμα και στη συνέχεια με τον καθορισμό της συναρτησιακής μορφής (μαθηματικής διατύπωσης) του υποδείγματος.

Η οικονομική θεωρία στην οποία βασίζεται η οικονομετρική ανάλυση των τιμών των κατοικιών, και η οποία καθορίζει ποιες μεταβλητές πρέπει να χρησιμοποιηθούν, είναι η θεωρία των ηδονικών τιμών που παρουσιάστηκε στην πρώτη ενότητα του δεύτερου Κεφαλαίου. Επιπλέον, στο πέμπτο Κεφάλαιο, παρουσιάστηκαν οι διαθέσιμες μεταβλητές της βάσης δεδομένων καθώς και οι μεταβλητές γειτονίας και θέσης που κατασκευαστήκαν. Στην παρούσα ενότητα με τις υποδείξεις της οικονομικής θεωρίας θα απαντηθεί το ερώτημα ποιες από αυτές τις μεταβλητές καθορίζουν την τιμή των ακινήτων της Αθήνας. Στην πράξη η επιλογή των μεταβλητών έγινε με βάση τη στατιστική σημαντικότητά τους και τη μεγιστοποίηση της τιμής του συντελεστή προσδιορισμού.

Όσον αφορά τη συναρτησιακή μορφή της ηδονικής εξίσωσης, η θεωρία των ηδονικών τιμών δεν την προσδιορίζει (Halvorsen και Pollakowski, 1981; Cropper κ.ά., 1988). Ωστόσο, στα υποδείγματα των τιμών των ακινήτων συχνά χρησιμοποιείται ημιλογαριθμική (semilog ή loglinear) μορφή (DiPasquale και Wheaton, 1996; Wilhelmsson, 2002; Sirmans κ.ά., 2005; Malpezzi, 2003). Η ημιλογαριθμική μορφή έχει το πλεονέκτημα οι συντελεστές των χαρακτηριστικών να μπορούν εύκολα να ερμηνευθούν ως η ποσοστιαία μεταβολή της τιμής (Löchl και Axhausen, 2010). Επιπλέον, η ημιλογαριθμική μορφή βοηθά να ελαχιστοποιηθεί το πρόβλημα της ετεροσκεδαστικότητας και μπορεί να περιγράψει τη μη γραμμική σχέση που μπορεί να υπάρχει μεταξύ της τιμής των ακινήτων και των ερμηνευτικών μεταβλητών (Malpezzi, 2003). Έτσι, στην παρούσα διατριβή επιλέχτηκε να ελεγχθούν διακριτές εξειδικεύσεις ημιλογαριθμικής μορφής:

$$g(\ln y_i) = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}) + \varepsilon_i \quad (6.1)$$

όπου $g(\cdot)$ ένας μετασχηματισμός του νεπέριου λογαρίθμου της εξαρτημένης μεταβλητής και $f(\cdot)$ η πολυμεταβλητή πολυωνυμική συνάρτηση των k ανεξάρτητων μεταβλητών.

Με βάση τα παραπάνω η εξειδίκευση που προέκυψε είναι η ακόλουθη:

$$\ln p = \beta_0 + \beta_1 age + \beta_2 sqm + \beta_3 ah + \beta_4 fireplace + \beta_5 f_g + \beta_6 f_1 + \beta_7 f_2 + \beta_8 f_3 + \beta_9 f_4 + \beta_{10} f_{5p} + \beta_{11} viewsea + \beta_{12} parking + \beta_{13} wlift + \beta_{14} isap + \beta_{15} metro \quad (6.2)$$

όπου $\ln p$ μετασχηματισμός του νεπέριου λογαρίθμου της εξαρτημένης μεταβλητής (τιμή ανά τετραγωνικά μέτρα).

Η εξίσωση 6.2 αποτελεί το υπόδειγμα που θα διερευνηθεί οικονομετρικά. Όμως, για την πλήρη εξειδίκευσή του, απαιτείται επιπλέον ο έλεγχος των προσδοκώμενων πρόσημων των συντελεστών. Από την επισκόπηση των από τελεσμάτων (Πίνακας 6.1) προκύπτει ότι τα πρόσημα των μεταβλητών είναι αναμενόμενα και σύμφωνα με την οικονομική θεωρία και με τη διεθνή αρθρογραφία.

Πίνακας 6.1. Αποτελέσματα εκτίμησης με τη μέθοδο OLS (εξίσωση 6.2)

Μεταβλητές	Συντελεστής	Στατιστικό t	Πιθανότητα σφάλματος
<i>σταθερά</i>	7.112	406.349	<0.001***
<i>age</i>	-0.012	-37.227	<0.001***
<i>sqm</i>	0.004	33.283	<0.001***
<i>ah</i>	0.068	6.571	<0.001***
<i>fireplace</i>	0.134	13.75	<0.001***
<i>fg</i>	-0.516	-16.685	<0.001***
<i>f1</i>	0.061	4.599	<0.001***
<i>f2</i>	0.079	5.813	<0.001***
<i>f3</i>	0.051	3.581	<0.001***
<i>f4</i>	0.072	4.733	<0.001***
<i>f5p</i>	0.088	5.542	<0.001***
<i>viewsea</i>	0.163	10.662	<0.001***
<i>parking</i>	0.121	10.988	<0.001***
<i>lift</i>	-0.272	-10.978	<0.001***
<i>isap</i>	-0.130	-10.578	<0.001***
<i>metro</i>	0.162	14.006	<0.001***
R ²	0.54		
F-statistic	887		<0.001***
Residual standard error	0.39		

Σημείωση 1: Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$ ‘***’ $p < 0.05$ ‘**’ $p < 0.1$ ‘*’

Σημείωση 2: Η ανάλυση γίνεται με αναφορά το ισόγειο.

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης δείχνουν ότι ο ηδονικός δείκτης στέγασης της αγοράς ακινήτων της Αθήνας προσδιορίζεται από ένα σύνολο δεκαπέντε χαρακτηριστικών. Τα πρόσημα των μεταβλητών *sqm*, *ah*, *fireplace*, *f1*, *f2*, *f3*, *f4*, *f5p*, *viewsea*, *parking* και *metro* είναι θετικά. Αυτό σημαίνει ότι οι προαναφερθείσες μεταβλητές έχουν θετική επίδραση στη διαμόρφωση της τιμής ενός ακινήτου στην αγορά κατοικίας της Αθήνας. Αντίθετα, τα πρόσημα των μεταβλητών *age*, *fg*, *lift* και *isap* είναι αρνητικά. Ουσιαστικά, αυτό ισοδυναμεί με τη διατύπωση πως όσο πιο παλιά είναι η κατασκευή ενός διαμερίσματος ή όταν ένα διαμέρισμα βρίσκεται στο υπόγειο ή όταν δεν διαθέτει ανελκυστήρα η πολυκατοικία στην οποία βρίσκεται ή όταν το ακίνητο βρίσκεται κοντά σε στάση του ΗΣΑΠ τότε αυτό επιδρά αρνητικά στην τιμή του.

Αναλυτικότερα, η μεταβλητή *sqm* αντιστοιχεί στην επιφάνεια του ακινήτου και αφορά το μέγεθός του. Το μέγεθος έμμεσα περιγράφει και την εμπορευσιμότητα³⁵ του ακινήτου. Το αναμενόμενο πρόσημο στην εξίσωση ηδονικών τιμών είναι ακαθόριστο εκ προοιμίου, διότι εξαρτάται από την αγορά για την οποία γίνεται η έρευνα των ηδονικών τιμών καθώς και από τη θέση του ακινήτου μέσα σε αυτή. Για παράδειγμα, η εμπορευσιμότητα διαφέρει μεταξύ της περιοχής του Ψυχικού και της Καλλιθέας. Στα άρθρα των Ibeas, κ.ά., 2012, Wilhemsson, 2002, Osland, 2010 παρατηρείται και εκεί θετικό πρόσημο, κάτι το οποίο δείχνει την προτίμηση των αγοραστών για μεγάλα διαμερίσματα, στις συγκεκριμένες στεγαστικές αγορές.

Οι μεταβλητές *ah* και *fireplace* αναφέρονται στη διαθεσιμότητα αυτόνομης θέρμανσης και στην ύπαρξη τζακιού, αντίστοιχα. Τα αναμενόμενα πρόσημα στην εξίσωση ηδονικών τιμών είναι θετικά και για τις δυο μεταβλητές. Αντιπαραθέτοντας τα αποτελέσματα για αυτές τις μεταβλητές με τη διεθνή βιβλιογραφία, για τη μεταβλητή *ah* οι Efthymiou και Antoniou (2013) έχουν βρει το ίδιο πρόσημο. Στην εργασία των Anselin και Lozano-Gracia (2008) επίσης παρατηρήθηκε θετική επίδραση της μεταβλητής *fireplace* στη διαμόρφωση της αξίας των ακινήτων.

Όσον αφορά τις μεταβλητές *f1*, *f2*, *f3*, *f4*, και *f5p* αναφέρονται στον όροφο του ακινήτου και τα αναμενόμενα πρόσημα στην εξίσωση ηδονικών τιμών είναι θετικά (Gerkman, 2011). Η μεταβλητή *viewsea* αφορά τη θέα στη θάλασσα και το αναμενόμενο πρόσημο είναι επίσης θετικό, κάτι το οποίο έχει παρατηρηθεί και στη μελέτη του Wilhemsson το 2002.

Επιπλέον, η ύπαρξη χώρου στάθμευσης (μεταβλητή *parking*) επιδρά θετικά στη διαμόρφωση της αξίας των ακινήτων (Ibeas, κ.ά., 2012; Osland, 2010). Η μεταβλητή *metro*

³⁵ Η εμπορευσιμότητα αφορά το πόσο εύκολα ή δύσκολα μεταβιβάζεται ένα ακίνητο.

έχει θετικό πρόσημο που σημαίνει ότι η τιμή των στεγαστικών ακινήτων επηρεάζεται θετικά από την εγγύτητα σε στάση του Μετρό.

Περνώντας τώρα στις μεταβλητές με αρνητική επίδραση στη διαμόρφωση της αξίας των στεγαστικών ακινήτων, η παλαιότητα της κατασκευής (μεταβλητή *age*) έχει αρνητικό πρόσημο στην εξίσωση ηδονικών τιμών και αντίστοιχα αποτελέσματα παρατηρούνται στην έρευνα των Anselin και Lozano-Gracia (2008). Σημειώνεται ότι στην ειδική περίπτωση ακινήτων με ιστορική σημασία η ηλικία έχει θετική επίδραση.

Η μεταβλητή *fg* περιγράφει αν το ακίνητο βρίσκεται στο υπόγειο. Το αναμενόμενο πρόσημο στην εξίσωση ηδονικών τιμών είναι αρνητικό. Επιπλέον, η μεταβλητή *lift* περιγράφει αν στο κτίριο που βρίσκεται το στεγαστικό ακίνητο δεν υπάρχει ανελκυστήρας, και εδώ το αναμενόμενο πρόσημο είναι αρνητικό και το ίδιο παρατηρούν και οι Anselin και Lozano-Gracia (2008).

Τέλος, η μεταβλητή *isap* αφορά την εγγύτητα σε στάση της Γραμμής 3 του ΗΣΑΠ. Το αναμενόμενο πρόσημο στην εξίσωση ηδονικών τιμών είναι ακαθόριστο εκ προοιμίου. Οι Efthymiou και Antoniou (2013) επίσης βρήκαν αρνητική επίδραση μεταξύ της μεταβλητής αυτής και των τιμών των ακινήτων. Το αρνητικό αυτό πρόσημο είναι πιθανόν να σχετίζεται με το θόρυβο που παράγεται από τη διέλευση του τρένου της Γραμμής 3, ή με κάποιες ιδιαιτερότητες των περιοχών αυτών (χαρακτηριστικά των γειτονιών) τα οποία δεν έχουν συμπεριληφθεί στο υπόδειγμα.

6.1.2 Έλεγχος Κανονικότητας του Διαταρακτικού Όρου

Ο έλεγχος με την κατανομή *t*-student, που χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η στατιστική σημαντικότητά των ανεξάρτητων μεταβλητών στην προηγούμενη ενότητα, προϋποθέτει ότι ο διατακτικός όρος κατανέμεται κανονικά. Συνεπώς, για τη διασφάλιση της εγκυρότητας των ελέγχων θα πρέπει να ισχύει η υπόθεση αυτή.

Για τον έλεγχο της κανονικότητας του διατακτικού όρου σε μικρά δείγματα χρησιμοποιούνται παραμετρικές μέθοδοι όπως η στατιστική Jarque-Bera (JB)³⁶ και στην περίπτωση μεγάλων δειγμάτων χρησιμοποιούνται μη παραμετρικές μέθοδοι όπως το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov (Conover, 1971), το κριτήριο Shapiro-Wilk (Royston, 1982) και τα qq-διαγράμματα (Fox και Weisberg, 2011).

Σε πρώτο στάδιο, δεδομένου ότι το μέγεθος του δείγματος είναι μεγάλο, ο έλεγχος της κανονικότητας του διαταρακτικού όρου έγινε με την εφαρμογή του κριτηρίου Kolmogorov-Smirnov (KS) η τιμή του οποίου είναι ίση με 0.23 και η τιμή πιθανότητας σφάλματος

³⁶ Η οποία περιγράφεται από τον τύπο:
$$JB = T \left(\frac{S^2}{6} + \frac{(k-3)^2}{24} \right)$$
, όπου *S* η ασυμμετρία, *k* η κύρτωση

της κατανομής των καταλοίπων και *T* το μέγεθος του δείγματος. Η στατιστική Jarque-Bera ακολουθεί ασυμπτωτικά την κατανομή χ^2 με δυο βαθμούς ελευθερίας.

=<0.001, κάτι το οποίο καταδεικνύει ότι οι τιμές του διαταρακτικού όρου ακολουθούν την κανονική κατανομή.

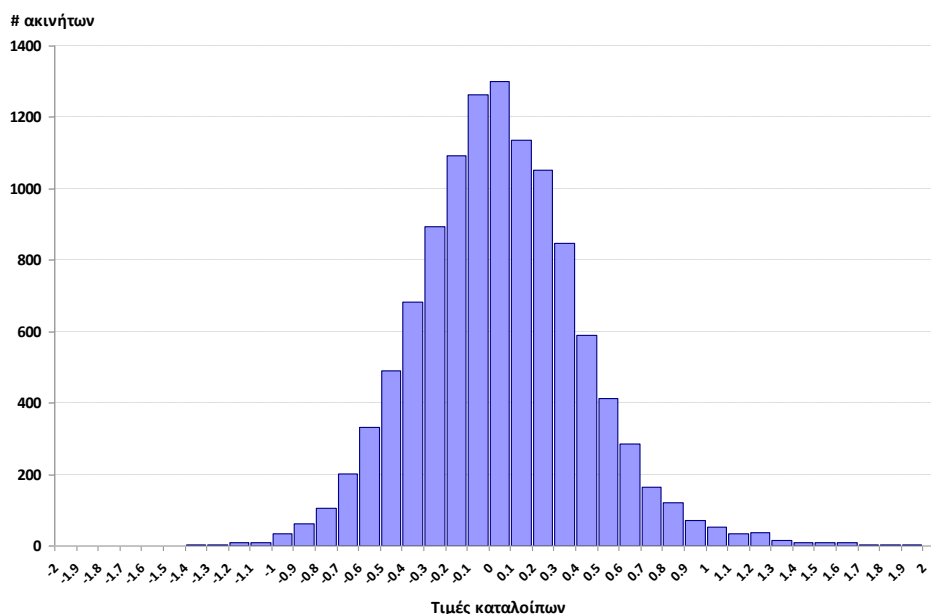
Πίνακας 6.2. Στατιστικά μέτρα και ροπές διαταρακτικού όρου (εξίσωση 6.2)

	Mean	Min	Max	Std. Dev	Skewness	Kurtosis
Τιμή	-4.72E-15	-1.76	2	0.38	0.37	4.09

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Στη συνέχεια, κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν τα στατιστικά μέτρα των τιμών του διαταρακτικού όρου και να γίνει διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής τους. Έτσι, σε δεύτερο στάδιο, υπολογίστηκε η τιμή της ασυμμετρίας S ³⁷, της κύρτωσης k ³⁸,

Διάγραμμα 6.1. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του διαταρακτικού όρου



Πηγή: Ίδια επεξεργασία.

³⁷ Υπενθυμίζεται ότι για μια τυχαία μεταβλητή X η ασυμμετρία ορίζεται με βάση την τρίτη κεντρική ροπή και υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$S = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^3}{Ts^3} \quad \text{όπου} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{T}}$$

³⁸ Η κύρτωση ορίζεται με βάση την τέταρτη κεντρική ροπή και υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$k = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^4}{Ts^4} \quad \text{όπου} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{T}}$$

του μέσου όρου, της τυπικής απόκλισης, της ελαχίστης τιμής και της μέγιστης τιμής των καταλοίπων του υποδείγματος των ελαχίστων τετραγώνων καθώς και το ιστόγραμμα συχνοτήτων τους. Στο σημείο αυτό υπενθυμίζεται ότι αν οι τιμές των καταλοίπων ακολουθούν την κανονική κατανομή, τότε $S = 0$ και $k = 3$ (Greene, 2000). Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων (Πίνακας 6.2) προκύπτει ότι ο μέσος όρος των τιμών των καταλοίπων είναι πολύ κοντά στο μηδέν, η κύρτωση ισούται με 4.09 και η ασυμμετρία 0.38. Συνεπώς, η κατανομή τους προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό την κανονική κατανομή κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από το ιστόγραμμα των καταλοίπων (Διάγραμμα 6.1).

6.1.3 Έλεγχοι Ορθής Εξειδίκευσης

Μετά την εξειδίκευση του υποδείγματος και τον έλεγχο της κανονικότητας του διατακτικού όρου, επόμενο στάδιο στη διαδικασία της οικονομετρικής ανάλυσης είναι οι έλεγχοι ορθής εξειδίκευσης, οι οποίοι αναφέρονται στην αξιολόγηση και στον έλεγχο των αποτελεσμάτων των εκτιμήσεων του υποδείγματος. Για το σκοπό αυτό, διενεργούνται οι έλεγχοι³⁹ πολυσυγγραμμικότητας⁴⁰ και ετεροσκεδαστικότητας.

Ο έλεγχος πολυσυγγραμμικότητας στην διατριβή διεξάγεται με τη χρήση του συντελεστή διόγκωσης της διακύμανσης (variance inflation factor-VIF), του δείκτη καταστάσεως (condition number-CN) και του αθροίσματος του αντιστρόφου των ιδιοτιμών.

³⁹ Αν τα δεδομένα αναφέρονταν και σε χρονολογική σειρά θα έπρεπε να διενεργηθεί και έλεγχος αυτοσυσχέτισης. Διότι η αυτοσυσχέτιση παρουσιάζεται σε οικονομετρικά υποδείγματα χρονολογικών σειρών. Στα υποδείγματα αυτά οι παρατηρήσεις των μεταβλητών είναι διατεταγμένες στο χρόνο και έτσι ο διατακτικός όρος μπορεί να εμφανίσει τάσεις αυτοσυσχέτισης λόγω παράληψης μιας ερμηνευτικής μεταβλητής, λόγω συστηματικών σφαλμάτων μέτρησης τόσο στις ανεξάρτητες όσο και στην εξαρτημένη μεταβλητή ή λόγω λανθασμένης εξειδίκευσης του διατακτικού όρου. Στα διαστρωματικά δεδομένα το φαινόμενο αυτό ονομάζεται χωρική αυτοσυσχέτιση και οφείλεται στις χωρικές επιδράσεις, οι οποίες εξετάζονται στην επόμενη υποενότητα.

⁴⁰ Πολυσυγγραμμικότητα σε ένα υπόδειγμα παλινδρόμησης παρατηρείται όταν υπάρχει μεγάλος βαθμός συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι κάποιες από τις μεταβλητές ερμηνεύουν το ίδιο φαινόμενο. Για παράδειγμα, ο αριθμός δωματίων και τα τετραγωνικά ενός σπιτιού αναφέρονται και τα δύο στο μέγεθος του ακινήτου. Σε περίπτωση τέλει πολυσυγγραμμικότητας η μήτρα $X'X$ δεν είναι πλήρους τάξης (full rank) και η αντίστροφη μήτρα $(X'X)^{-1}$ δεν μπορεί να προσδιοριστεί για να υπολογιστούν οι εκτιμητές του υποδείγματος. Σύμφωνα με τον Greene (2000), οι επιπτώσεις της πολυσυγγραμμικότητας σε ένα υπόδειγμα παλινδρόμησης είναι οι εξής:

- Διόγκωση των διακυμάνσεων των εκτιμητών, με αποτέλεσμα τα διαστήματα εμπιστοσύνης των παραμέτρων να έχουν μεγάλο εύρος οπότε και να μεγαλώνει η πιθανότητα αποδοχής της υπόθεσης H_0 που δεν αληθής (σφάλμα Τύπου I).
- Διόγκωση της διακύμανσης των προβλεπόμενων τιμών y .
- Συντελεστές παλινδρόμησης (και τα τυπικά τους σφάλματα) που δεν είναι σταθεροί αλλά επηρεάζονται από μικρές αλλαγές των δεδομένων.
- Μη αναμενόμενα πρόσημα των συντελεστών.

Ο συντελεστής διόγκωσης της διακύμανσης ορίζεται ως: $VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2}$, όπου R_j^2 ο συντελεστής προσδιορισμού ανάμεσα στην ανεξάρτητη μεταβλητή j και σε όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο υπόδειγμα. Από την άλλη μεριά, ο δείκτης καταστάσεως (CN), βασίζεται στις ιδιοτιμές (eigenvalues) της μήτρας των ερμηνευτικών μεταβλητών $X'X$ και υπολογίζεται από την τετραγωνική ρίζα του πηλίκου της μεγαλύτερης ιδιοτιμής προς τη μικρότερη.

Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων (Πίνακας 6.3) γίνεται φανερό ότι δεν υπάρχει σοβαρό πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας. Ξεκινώντας από τον δείκτη καταστάσεως, ο οποίος χρησιμοποιείται ως ένα πρώτο μέτρο ελέγχου της πολυσυγγραμμικότητας, η τιμή του είναι ίση με 23 και θα έπρεπε να ήταν μικρότερη από 15. Το άθροισμα του αντιστρόφου των ιδιοτιμών ισούται με 26, αν υπήρχε πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας η τιμή του αθροίσματος θα ξεπερνούσε την τιμή 75. Περνώντας στο συντελεστή διόγκωσης της διακύμανσης, σύμφωνα με τους Judge κ.ά. (1988) και Fox (2008), αν οι μεταβλητές είναι ορθογώνιες μεταξύ τους, η τιμή του VIF ισούται με 1, αν είναι μεγαλύτερη της τιμής 5 τότε υπάρχει σοβαρό πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας.

Πίνακας 6.3. Αποτελέσματα κριτηρίου VIF (εξίσωση 6.2)

Μεταβλητές	VIF	Ιδιοτιμή
<i>age</i>	2.48	3.01
<i>sqm</i>	1.34	1.37
<i>ah</i>	1.98	1.31
<i>fireplace</i>	1.67	1.20
<i>fg</i>	1.14	1.15
<i>f1</i>	2.53	1.13
<i>f2</i>	2.43	1.06
<i>f3</i>	2.14	0.96
<i>f4</i>	1.95	0.91
<i>f5p</i>	1.83	0.85
<i>viewsea</i>	1.07	0.80
<i>parking</i>	2.30	0.46
<i>lift</i>	1.03	0.40
<i>isap</i>	1.05	0.27
<i>metro</i>	1.07	0.13
CN	23	
Sum(1/eigenvalue)	26	

Σημείωση: Collinear if CN > 15. Collinear if Sum(1/eigenvalue) > 75.

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Τέλος, όσον αφορά τον έλεγχο ετεροσκεδαστικότητας αυτός έγινε με την εφαρμογή του κριτηρίου Breusch-Pagan (BP), η τιμή του οποίου είναι ίση με 15.4 και η τιμή πιθανότητας σφάλματος ίση με 0.58. Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση γίνεται δεκτή, και άρα οι τιμές του διαταρακτικού όρου είναι ομοσκεδαστικές. Στο σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι αν το υπόδειγμα είχε ετεροσκεδαστικότητα τότε θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα η μέθοδος spatial two stage least square (S2SLS) (βλέπε Kim, κ.ά., 2003; Piras, 2010).

6.1.4 Έλεγχοι Χωρικών Επιδράσεων

Για να απαντηθεί το ερώτημα αν οι τιμές του οικονομικού φαινομένου που εξετάζεται εμφανίζουν συστηματική διαφοροποίηση στο χώρο και κατ' επέκταση αν θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση των τιμών των διαμερισμάτων της Αθήνας τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας, θα πρέπει να γίνουν οι έλεγχοι χωρικών επιδράσεων. Στην εφαρμοσμένη έρευνα οι έλεγχοι οι οποίοι γίνονται αφορούν τις επιδράσεις δευτέρου βαθμού (χωρικής αυτοσυσχέτισης) (Wilhemsson, 2002; Osland, 2010; Ibeas, κ.ά., 2012; Efthymiou και Antonίου, 2013).

Για την αξιολόγηση της χωρικής αυτοσυσχέτισης υπολογίστηκε η τιμή του δείκτη Moran I στα κατάλοιπα του υποδείματος της εξίσωσης 6.2. Για τον υπολογισμό του κριτηρίου χρησιμοποιήθηκε η μήτρα χωρικών σταθμίσεων με βάση την αντίστροφη απόσταση και με όριο τα 500 μέτρα (στο Παράρτημα Ε παρατίθεται ο κώδικας που αναπτύχθηκε στο λογισμικό της R για τον υπολογισμό του δείκτη Moran I). Τα αποτελέσματα (Πίνακας 6.4) έδειξαν ότι η τιμή του συντελεστή ισούται με 0.40 με z-τιμή = 156 και πιθανότητα σφάλματος ≤ 0.001 , κάτι το οποίο καταδεικνύει την ύπαρξη θετικής χωρικής αυτοσυσχέτισης και την αναγκαιότητα χρήσης των υποδειγμάτων της χωρικής οικονομετρίας (Le Gallo, 2002).

Πίνακας 6.4. Αποτελέσματα συντελεστή Moran I

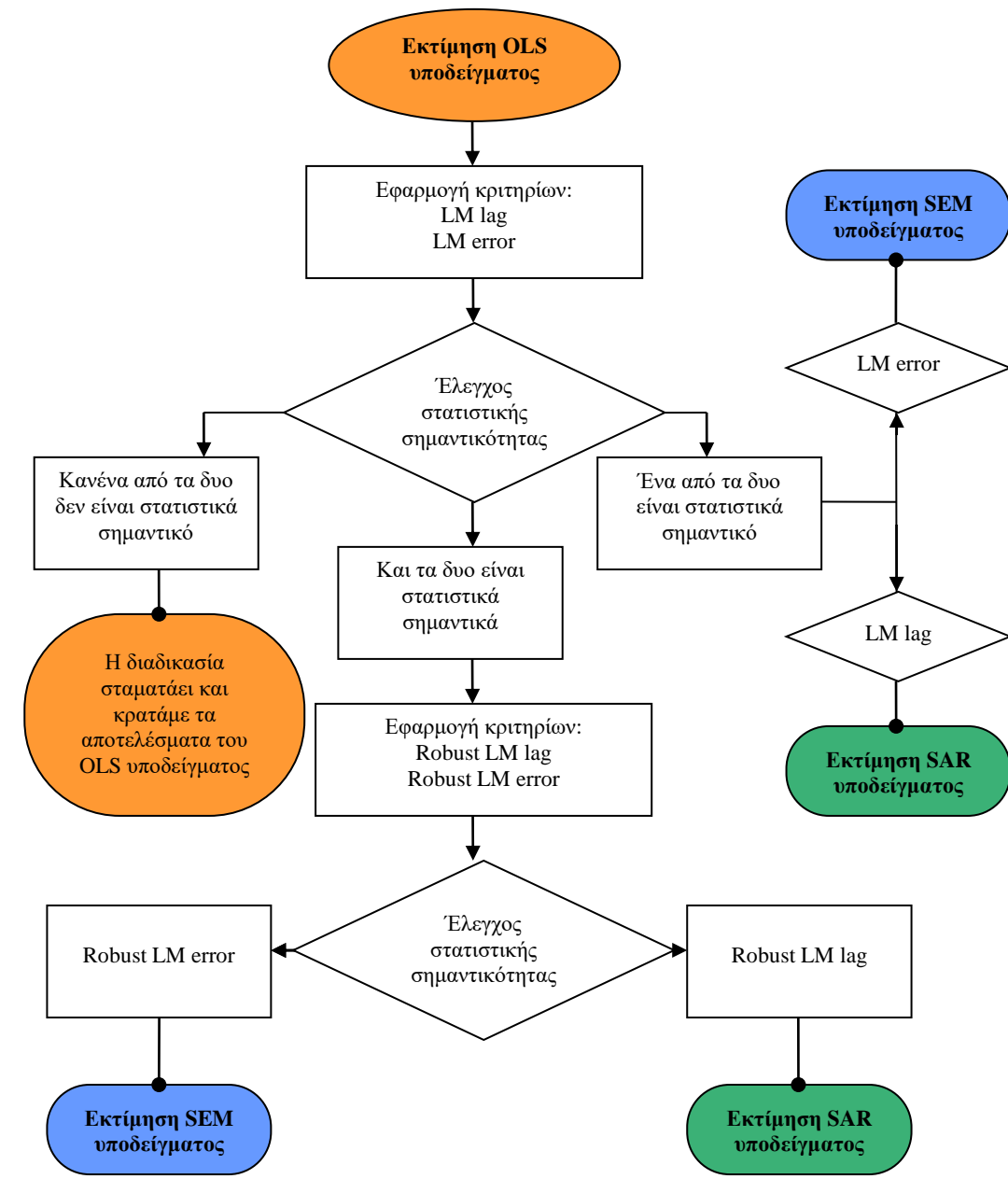
	Moran I statistic	Expectation	Variance
	0.40	-0.00009	0.00001
standard deviate	156	p-value	<0.001***

Σημείωση: Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$ ‘***’

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

6.2 Επιλογή Χωρικού Οικονομετρικού Υποδείγματος και της Μήτρας W

Μετά από την εφαρμογή των διαγνωστικών ελέγχων, για την ύπαρξη χωρικών σχέσεων μεταξύ των παρατηρήσεων του δείγματος, ακολουθεί η διαδικασία επιλογής του χωρικού οικονομετρικού υποδείγματος. Σε πολλές εφαρμογές της χωρικής οικονομετρίας συχνά



Σχήμα 6.1. Διαδικασία επιλογής μεταξύ SAR και SEM υποδείγματος με τη χρήση των κριτηρίων LM

Πηγή: Με βάση τον Anselin, 2005.

χρησιμοποιούνται τα κριτήρια του πολλαπλασιαστή Lagrange⁴¹ (Lagrange Multiplier test-LM).

Τα στατιστικά κριτήρια LM χρησιμοποιούνται για την επιλογή μεταξύ του χωρικού υποδείγματος σφάλματος (SEM) και χωρικού αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος (SAR). Αναλυτικότερα, γίνεται σύγκριση του επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας των κριτηρίων LM_{err} , LM_{lag} , RLM_{err} , RLM_{lag} και ακολουθείται ο κανόνας απόφασης με τη διαδικασία που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.1 (Anselin, 2005). Στο πλαίσιο της διατριβής, η εφαρμογή των κριτηρίων του πολλαπλασιαστή Lagrange⁴² διενεργείται για την πληρότητα της ανάλυσης και με στόχο τα αποτελέσματα της να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της επιλογής του χωρικού υποδείγματος. Η εξέταση των κριτηρίων των LM_{err} , LM_{lag} , RLM_{err} και RLM_{lag} (Πίνακας 6.5) έδειξε ότι οι τιμές τους είναι στατιστικά σημαντικές. Ωστόσο, οι τιμές των LM_{err} και RLM_{err} κριτηρίων είναι μεγαλύτερες από τις τιμές των LM_{lag} και RLM_{lag} κριτηρίων και συνεπώς ο ορός του χωρικού σφάλματος δείχνει να πρέπει να προσθέτει στο υπόδειγμα της παλινδρόμησης και κατ' επέκταση το χωρικό υπόδειγμα σφάλματος να χρησιμοποιηθεί έναντι του χωρικού αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος (Anselin και Florax, 1995).

Πίνακας 6.5. Αποτελέσματα κριτηρίων πολλαπλασιαστή Lagrange

Κριτήριο	Τιμή	Πιθανότητα σφάλματος
LM_{err}	24335	<0.001***
LM_{lag}	2045	<0.001***
RLM_{err}	22441	<0.001***
RLM_{lag}	130	<0.001***

Σημείωση: Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$ '***' $p < 0.05$ '**' $p < 0.1$ '*'

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα κριτήρια του πολλαπλασιαστή Lagrange δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση όλων των χωρικών υποδειγμάτων που

⁴¹ Το κριτήριο του πολλαπλασιαστή Lagrange (LM) έχει προταθεί από τον Burrigge το 1980 και είναι παρόμοιο του συντελεστή Moran I. Ο υπολογισμός του βασίζεται στα κατάλοιπα της παλινδρόμησης που γίνεται με τη μέθοδο των OLS. Το κριτήριο του πολλαπλασιαστή Lagrange για το SEM υπόδειγμα περιγράφεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$LM_{err} = \left(\frac{e'We}{e'en^{-1}} \right)^2 \frac{1}{tr[W'W + W^2]}$$

όπου e το διάνυσμα των καταλοίπων, W η μήτρα των χωρικών σταθμίσεων, n το μέγεθος του δείγματος και tr το ίχνος της μήτρας. Το κριτήριο ακολουθεί τη χ -τετράγωνο κατανομή με 1 βαθμό ελευθέριας κάτω από την μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχει χωρική εξάρτηση μεταξύ των τιμών των κατάλοιπων ($H_0 : \lambda = 0$). Για τον ορισμό των LM_{lag} , RLM_{err} , RLM_{lag} κριτηρίων βλέπε Anselin, 1988.

⁴² Για τον υπολογισμό του SAR και SEM υποδείγματος χρησιμοποιήθηκε η χωρική μήτρα με βάση την αντίστροφη απόσταση και κρίσιμη τιμή τα 500 μέτρα.

απαντώνται στην αρθρογραφία. Στον Πίνακα 6.6 παρουσιάζονται τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη αρθρογραφία για την επιλογή χωρικού υποδείγματος. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.6, πέρα από την επιλογή του χωρικού υποδείγματος, στις περισσότερες περιπτώσεις παράλληλα συγκρίνονται και διαφορετικές εξειδικεύσεις της μήτρας χωρικών σταθμίσεων. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι ο συντελεστής Moran I, τα LM κριτήρια, η λογαριθμοποιημένη πιθανοφάνεια (log likelihood-log-lik), το κριτήριο πληροφοριών του Akaike (Akaike information criterion-AIC), το Μπεϋεσιανό κριτήριο πληροφοριών (Bayesian information criterion-BIC), ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2), ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού (R^2 adj), το κριτήριο Hausman και οι τιμές των συντελεστών ρ και λ των χωρικών υποδειγμάτων.

Πίνακας 6.6. Σύνοψη βιβλιογραφίας σχετικής με την επιλογή χωρικού υποδείγματος και μήτρας W

Συγγραφέας	Υπόδειγμα	W	Κριτήρια
Mathur (2013)	SAR SEM	4- nearest	Moran's I-test LM Log likelihood
Efthymiou and Antoniou (2013)	SAR SEM SDM SAC GWR	3- nearest	Moran's I-test AIC
Dubé and Legros (2013)	SAR SEM	spatio-temporal matrix	R2 adj R2 Log-likelihood LM
Gerkman (2012)	SEM SDM	4- nearest	Hausman test
Kuethé (2012)	SAR SEM	1/distance	LM
Ibeas et al. (2012)	SAR SEM SDM	queen type 10-nearest 1750 meters at least 1 neighbour	Moran's I-test AIC
Osland (2010)	SAR SEM SDM SAC	k-nearest	Moran's I-test AIC LM
Baumont (2009)	SEM-LM* SEM-GMM**	distance 250 m 7-nearest max 7 nearest a cut-off distance 250	Moran's I-test AIC BIC LM Log likelihood

Wilhelmsson (2002)	SAR SEM	1/distance 1/distance ² 1/distance within 600 metres 4-nearest	Moran's I-test λ-value R2 adj Log likelihood LM
-----------------------	------------	---	---

Σημείωση:

*SEM-ML: Το SEM υπόδειγμα εκτιμημένο με τη μέθοδο της μεγίστης πιθανοφάνειας.

**SEM-GMM: Το SEM υπόδειγμα εκτιμημένο με τη γενικευμένη μέθοδο των ροπών.

Για την επιλογή του καταλλήλου χωρικού υποδείγματος των ηδονικών τιμών των ακινήτων της Αθήνας, καθώς και για τον καθορισμό της μήτρας γειτνίασης στο πλαίσιο της διατριβής επιλέχθηκε να γίνει συγκριτική ανάλυση των τιμών του συντελεστή προσδιορισμού (R^2), του κριτηρίου πληροφοριών Akaike (AIC), της διακύμανσης των κατάλοιπων (σ^2), της λογαριθμοποιημένης πιθανοφάνειας (log lik) και του συντελεστή Moran I.

Αναλυτικότερα, όσον αφορά τα χωρικά υποδείγματα η σύγκριση διενεργείται μεταξύ του υποδείγματος χωρικής υστέρησης (SAR), του υποδείγματος χωρικού σφάλματος (SEM), του γενικού χωρικού υποδείγματος (SAC) και του χωρικού υποδείγματος Durbin (SDM). Όσον αφορά τις μήτρες χωρικών σταθμίσεων εξετάστηκαν οι μήτρες με βάση την απόσταση από 100 μέτρα έως 900 μέτρα με βήμα τα 100 μέτρα και με βάση τη γειτνίαση των 5 πλησιέστερων μέχρι τα 30 πλησιέστερα με βήμα τα 5 ακίνητα.

Ξεκινώντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων από το χωρικό υπόδειγμα SAR, από την επισκόπηση του Πίνακα 6.7 προκύπτει ότι το υπόδειγμα SAR τόσο με βάση τη γειτνίαση της απόστασης όσο και με βάση τα κ-πλησιέστερα, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενσωματώσει τις χωρικές επιδράσεις των τιμών των ακινήτων στην Αθήνα. Διότι η τιμή του συντελεστή Moran I παραμένει στατιστικά σημαντική σε όλες τις εξειδικεύσεις της μήτρας χωρικών σταθμίσεων και συνεπώς τα κατάλοιπα του υποδείγματος SAR συνεχίζουν να παρουσιάζουν χωρική αυτοσυσχέτιση.

Συνεχίζοντας στο SDM υπόδειγμα, οι διαφορετικές εξειδικεύσεις της μήτρας χωρικών σταθμίσεων με βάση την απόσταση δείχνουν ότι οι τιμές του συντελεστή Moran I είναι στατιστικά σημαντικές, συνεπώς οι εξειδικεύσεις αυτές δεν είναι κατάλληλες για να περιγράψουν τη χωρική διαφοροποίηση των τιμών των ακινήτων στην υπό μελέτη περιοχή. Από την άλλη μεριά, οι εξειδικεύσεις της μήτρας χωρικών σταθμίσεων με βάση τα κ-πλησιέστερα, δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα στις τιμές των κριτηρίων. Πιο συγκεκριμένα, ο συντελεστής Moran I δεν είναι στατιστικά σημαντικός, οι τιμές του κριτηρίου AIC κυμαίνονται από 6208 έως 8376, η διακύμανση των κατάλοιπων είναι 0.10, ο συντελεστής προσδιορισμού κατά μέσο όρο είναι στο 86.5% και η τιμή της λογαριθμοποιημένης πιθανοφάνειας κυμαίνεται από -3075 έως -3525.

Περνώντας τώρα στο υπόδειγμα SEM τα αποτελέσματα των κριτηρίων δείχνουν ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τη διακύμανση των τιμών στο χώρο.

Αναλυτικότερα, οι τιμές του συντελεστή Moran I δεν είναι στατιστικά σημαντικές, ο συντελεστής προσδιορισμού κυμαίνεται από 85% έως 86%, η τιμή της διακύμανσης των κατάλοιπων κυμαίνεται από 0.10 έως 0.11, η τιμή του κριτηρίου AIC κυμαίνεται από 6425 έως 7873 και η τιμή της λογαριθμοποιημένης πιθανοφάνειας κυμαίνεται από -3180 έως -3621. Οι καλύτερες επιδόσεις και των πέντε κριτηρίων παρουσιάζονται στα υποδείγματα που εξειδικεύονται με βάση τη γειτνίαση των κ-πλησιέστερων.

Τέλος όσον αφορά το υπόδειγμα SAC, οι τιμές του συντελεστή Moran I δεν είναι στατιστικά σημαντικές, ο συντελεστής προσδιορισμού κυμαίνεται στο 87%, η τιμή της διακύμανσης των κατάλοιπων κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0.9-0.10, η τιμή του κριτηρίου AIC κυμαίνεται από 5967 έως 7271 και η τιμή της λογαριθμοποιημένης πιθανοφάνειας κυμαίνεται από -2966 έως -3618. Οι καλύτερες εξειδικεύσεις παρατηρούνται με βάση την απόσταση των 900 μέτρων και με βάση τη γειτνίαση των 15-πλησιέστερων ακινήτων.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων ανάμεσα στα υποδείγματα SAR, SAC και SDM, συνάγεται το συμπέρασμα ότι οι τιμές και των πέντε κριτηρίων παρουσιάζουν τις καλύτερες κυμάνσεις στο υπόδειγμα SAC. Η εξειδίκευση της μήτρας χωρικών σταθμίσεων που επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθεί είναι η γειτνίαση με βάση τα πλησιέστερα ακίνητα διότι οι τιμές στο κριτήριο AIC, στη λογαριθμοποιημένη πιθανοφάνεια και στο συντελεστή Moran I είναι χαμηλότερες σε σχέση με αυτές των εξειδικεύσεων που ορίζονται με βάση την απόσταση. Όσον αφορά την καλύτερη εξειδίκευση συνεκτιμώντας τις τιμές των πέντε κριτηρίων αυτή εμφανίζεται στη μήτρα χωρικών σταθμίσεων που ορίζεται με βάση τα 15 – πλησιέστερα ακίνητα.

Πίνακας 6.7. Σύγκριση χωρικών υποδειγμάτων και διαφορετικών εξειδικεύσεων της μήτρας W

	SAR					SEM				
	R ²	AIC	σ ²	log-lik	Moran I	R ²	AIC	σ ²	log-lik	Moran I
d300	0.77	11714	0.16	-5841	0.33*	0.86	7274	0.10	-3621	-0.06
d400	0.78	11274	0.16	-5621	0.29*	0.86	6729	0.10	-3349	-0.05
d500	0.79	10805	0.15	-5386	0.25*	0.86	6491	0.10	-3229	-0.04
d600	0.80	10393	0.15	-5181	0.20*	0.86	6499	0.10	-3234	-0.04
d700	0.80	10046	0.14	-5007	0.17*	0.86	6458	0.10	-3213	-0.03
d800	0.81	9718	0.14	-4843	0.15*	0.86	6425	0.10	-3196	-0.02
d900	0.81	9422	0.13	-4695	0.13*	0.86	6530	0.10	-3249	-0.01
k5	0.83	8567	0.12	-4268	0.08*	0.85	7873	0.11	-3920	-0.09
k10	0.84	8041	0.12	-4004	0.09*	0.86	6893	0.10	-3430	-0.06
k15	0.84	7831	0.11	-3900	0.09*	0.86	6567	0.10	-3267	-0.05
k20	0.84	7901	0.12	-3935	0.08*	0.86	6430	0.10	-3199	-0.05
k25	0.84	7955	0.12	-3961	0.08*	0.86	6391	0.10	-3180	-0.05
k30	0.84	7963	0.12	-3966	0.07*	0.86	6460	0.10	-3214	-0.05

	SAC					SDM				
d300	0.86	7271	0.10	-3618	-0.06	0.81	9946	0.14	-4944	0.29*
d400	0.86	6724	0.10	-3345	-0.05	0.81	9408	0.13	-4675	0.25*
d500	0.87	6367	0.09	-3266	-0.03	0.82	9225	0.13	-4584	0.22*
d600	0.87	6247	0.09	-3193	-0.02	0.82	8947	0.13	-4444	0.18*
d700	0.87	6189	0.09	-3166	-0.02	0.82	8790	0.13	-4366	0.15*
d800	0.87	6161	0.09	-3107	-0.01	0.83	8557	0.12	-4250	0.13*
d900	0.87	6127	0.09	-3166	-0.01	0.83	8376	0.12	-4159	0.10
k5	0.87	7688	0.10	-3827	-0.09	0.86	7109	0.10	-3525	-0.07
k10	0.87	6670	0.09	-3318	-0.03	0.86	6407	0.10	-3175	-0.05
k15	0.87	6117	0.09	-3161	-0.02	0.87	6216	0.10	-3079	-0.04
k20	0.87	6157	0.09	-3041	-0.02	0.87	6154	0.10	-3048	-0.04
k25	0.87	6201	0.09	-2974	-0.02	0.87	6139	0.10	-3041	-0.04
k30	0.87	6267	0.09	-2966	-0.02	0.86	6208	0.10	-3075	-0.04

Σημείωση 1: d-απόσταση σε μέτρα, κ-πλησιέστερα.

Σημείωση 2: * στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

6.2.1 Περιγραφή της Μήτρας Χωρικών Σταθμίσεων

Στον Πίνακα 6.8 παρουσιάζονται τα περιγραφικά μέτρα της συμμετρικής και τυποποιημένης μήτρας χωρικών σταθμίσεων με βάση τα 15-πλησιέστερα ακίνητα. Πρόκειται για μια τετραγωνική μήτρα διατάσεων 11343×11343 , ο αριθμός των στοιχείων είναι 128663649 και το 17% από αυτά είναι μη μηδενικά, κάτι το οποίο δείχνει ότι η μήτρα είναι αραιή (sparse). Οι Florax και de Graaff (2003) επισημαίνουν ότι η πυκνότητα της μήτρας W αποτελεί ένα δείκτη αξιολόγησης της. Ειδικότερα, οι μήτρες με χαμηλό δείκτη πυκνότητας θεωρούνται καλές και αυτό διότι δεν μπορεί η επίδραση σε κάθε παρατήρηση να οφείλεται σε μεγάλο αριθμό γειτονικών παρατηρήσεων. Μετά τον μετασχηματισμό της μήτρας σε συμμετρική, την τοποθέτηση δηλαδή σε θέσεις που δεν είχαν βάρος τιμές, κατά μέσο όρο κάθε ακίνητο έχει 19 γειτονικά.

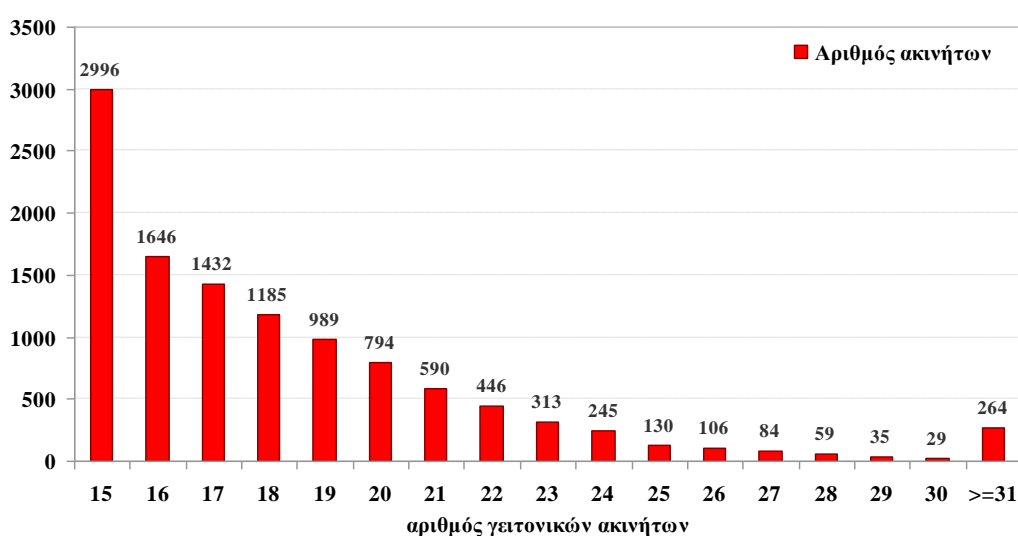
Πίνακας 6.8. Περιγραφικά μέτρα της μήτρας χωρικών σταθμίσεων με βάση τα 15-πλησιέστερα ακίνητα

Περιγραφικά μέτρα	Τιμή
Αριθμός παρατηρήσεων	11343
Αριθμός μη μηδενικών συνδέσμων	218106
Ποσοστό μη μηδενικών στοιχείων της μήτρας	0.17
Μέσο όρος γειτονικών για κάθε ακίνητο	19.23

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Όσον αφορά την κατανομή των ακινήτων με τα γειτονικά τους (Διάγραμμα 6.2), τα 2996 ακίνητα (αριθμός που αντιστοιχεί σε ποσοστό 26.4% του δείγματος) από τα 11343 ακίνητα του δείγματος, έχουν 15 γείτονες. Τα 1646 ακίνητα (περίπου το 15% του δείγματος) έχουν 16 γείτονες. Όπως προκύπτει από την επισκόπηση του διαγράμματος από τους 16 γείτονες έως τους 30 γείτονες ο αριθμός των ακινήτων σταδιακά μειώνεται και από τους 30 και πάνω ο αριθμός των ακινήτων πέφτει σε μονό αριθμό.

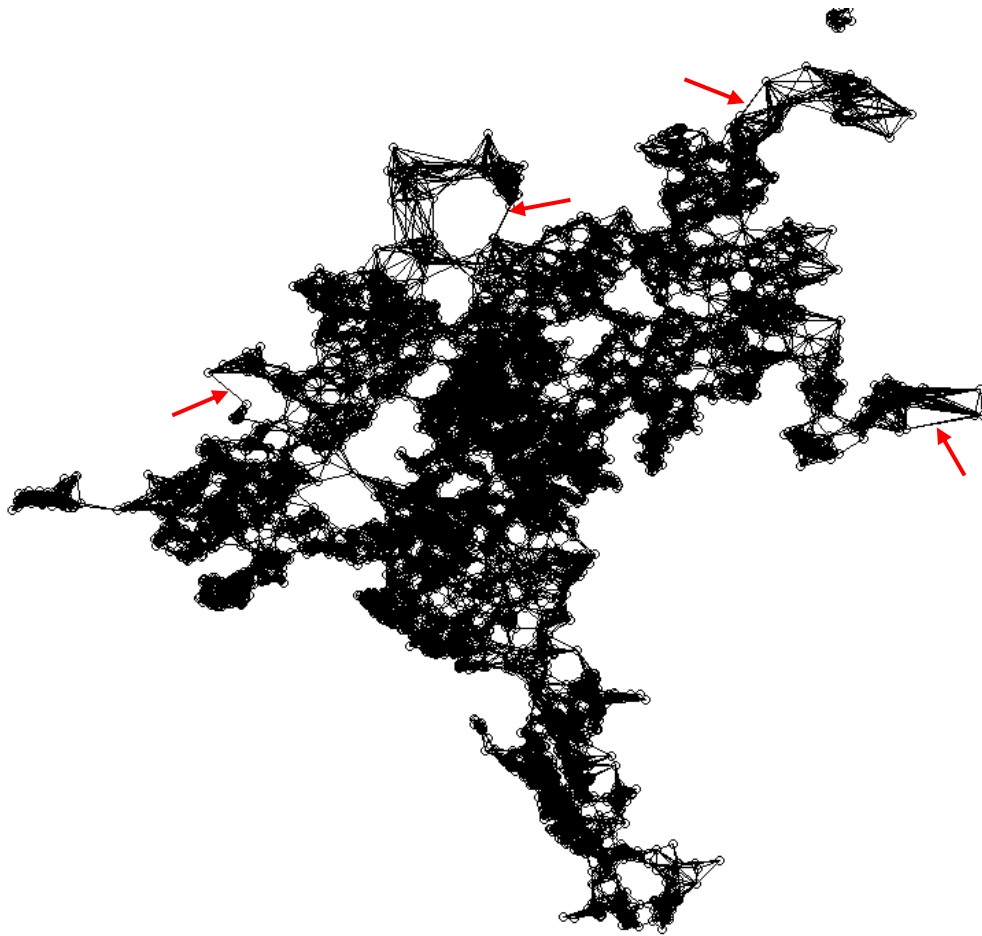
Διάγραμμα 6.2. Κατανομή ακινήτων του δείγματος ανά αριθμό γειτονικών ακινήτων



Σημείωση: Η κατηγορία ≥ 30 περιλαμβάνει έως 376 γείτονες.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Το Σχήμα 6.2 παρουσιάζει τις συνδέσεις κάθε ακινήτου με τα 15-πλησιέστερα γειτονικά του ακίνητα. Όπως αναφέρθηκε στην υποενότητα 4.4.2, ο ορισμός της μήτρας W με βάση τους κ-πλησιέστερους γείτονες αποτελεί μια από τις λύσεις στο πρόβλημα των απομονωμένων παρατηρήσεων, που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως «νησιά», διότι αναγκαστικά κάθε παρατήρηση έχει τον ίδιο αριθμό γειτόνων, κάτι το οποίο όμως οδηγεί σε απομακρυσμένες συνδέσεις όπως αυτές που σημειώνονται στο Σχήμα 6.2. Ωστόσο, στην παρούσα εφαρμογή λόγω της υψηλής χωρικής πυκνότητας των ακινήτων στην υπό μελέτη περιοχή, οι απομακρυσμένες συνδέσεις που παρατηρούνται δεν είναι πολλές, και έτσι δε μπορεί να θεωρηθεί ότι η μήτρα W που κατασκευάστηκε δεν απεικονίζει σωστά τη δομή της συνδιακύμανσης μεταξύ των ακινήτων έτσι ώστε να καθίσταται απαραίτητη η επιβολή περιορισμού ενός άνω φράγματος (απόστασης), πέρα από το οποίο να μη θεωρούνται γειτονικά δυο ακίνητα.



Σχήμα 6.2. Συνδέσεις κάθε ακινήτου με τα γειτονικά του

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

6.3 Αποτελέσματα Χωρικού Υποδείγματος SAC

Το γενικό χωρικό υπόδειγμα με εξειδίκευση τη μήτρα χωρικών σταθμίσεων τα 15–πλησιέστερα ακίνητα εκτιμήθηκε με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας. Αναλυτικότερα, το υπόδειγμα στην ανοιγμένη του μορφή περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\ln p = \rho W \ln p + \beta_0 + \beta_1 age + \beta_2 sqm + \beta_3 ah + \beta_4 fireplace + \beta_5 f_g + \beta_6 f_1 + \beta_7 f_2 + \beta_8 f_3 + \beta_9 f_4 + \beta_{10} f_{5p} + \beta_{11} viewsea + \beta_{12} parking + \beta_{13} wlift + \beta_{14} isap + \beta_{15} metro + \lambda Wu + \varepsilon \quad (6.3)$$

Ο Πίνακας 6.9 περιλαμβάνει τις εκτιμήσεις των συντελεστών για την αγορά διαμερισμάτων της Αθήνας.

Πίνακας 6.9. Αποτελέσματα SAC υποδείγματος (εξίσωση 6.3)

Μεταβλητές	Συντελεστής	Στατιστικό z	Πιθανότητα σφάλματος
<i>Σταθερά</i>	10.990	77.99	<0.001***
<i>age</i>	-0.014	-57.73	<0.001***
<i>sqm</i>	0.001	9.53	<0.001***
<i>ah</i>	0.035	5.03	<0.001***
<i>fireplace</i>	0.051	7.28	<0.001***
<i>fg</i>	-0.440	-20.88	<0.001***
<i>f1</i>	0.114	12.61	<0.001***
<i>f2</i>	0.129	13.90	<0.001***
<i>f3</i>	0.135	13.59	<0.001***
<i>f4</i>	0.194	18.25	<0.001***
<i>f5p</i>	0.255	22.77	<0.001***
<i>viewsea</i>	0.063	5.49	<0.001***
<i>parking</i>	0.072	9.51	<0.001***
<i>lift</i>	-0.089	-5.23	<0.001***
<i>isap</i>	-0.029	-1.31	0.19
<i>metro</i>	-0.007	-0.54	0.59
ρ	-0.49	-25.83	<0.001***
λ	0.93	207.41	<0.001***
R ²	0.78		
log-lik	-1748		
sigma	0.30		
AIC	3535		
Moran I	-0.04	-13.06	0.94

Σημείωση 1: Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$ ‘***’ $p < 0.05$ ‘**’ $p < 0.1$ ‘*’

Σημείωση 2: Η ανάλυση γίνεται με αναφορά το ισόγειο.

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων, παρατηρείται ότι οι μεταβλητές που περιγράφουν το αν κάθε ακίνητο βρίσκεται κοντά (σε ακτίνα έως και τα 500 μέτρα) ή όχι σε στάση του μετρό ή του ΗΣΑΠ δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η συστηματική διαφοροποίηση των τιμών των ακινήτων στο χώρο από την επίδραση αυτών των δυο μεταβλητών έχει ενσωματωθεί στους χωρικούς συντελεστές ρ και λ του υποδείγματος. Για το λόγο αυτό το γενικό χωρικό υπόδειγμα υπολογίστηκε ξανά χωρίς τις μεταβλητές αυτές (Εξίσωση 6.4).

$$\ln p = \rho W \ln p + \beta_0 + \beta_1 age + \beta_2 sqm + \beta_3 ah + \beta_4 fireplace + \beta_5 f_g + \beta_6 f_1 + \beta_7 f_2 + \beta_8 f_3 + \beta_9 f_4 + \beta_{10} f_{5p} + \beta_{11} viewsea + \beta_{12} parking + \beta_{13} wlift + \lambda Wu + \varepsilon \quad (6.4)$$

Τα αποτελέσματα του SAC υποδείγματος χωρίς τις μεταβλητές που αφορούν την εγγύτητα ή όχι των ακινήτων στους σταθμούς του μετρό και του ΗΣΑΠ παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.10.

Πίνακας 6.10. Αποτελέσματα SAC υποδείγματος (εξίσωση 6.4)

Μεταβλητές	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	Στατιστικό z	Πιθανότητα σφάλματος
<i>Σταθερά</i>	10.976	0.1389	79.03	<0.001***
<i>age</i>	-0.014	0.0002	-57.70	<0.001***
<i>sqm</i>	0.001	0.0001	9.55	<0.001***
<i>ah</i>	0.035	0.0071	5.01	<0.001***
<i>fireplace</i>	0.050	0.0070	7.24	<0.001***
<i>fg</i>	-0.440	0.0211	-20.89	<0.001***
<i>f1</i>	0.114	0.0091	12.63	<0.001***
<i>f2</i>	0.129	0.0093	13.91	<0.001***
<i>f3</i>	0.135	0.0099	13.63	<0.001***
<i>f4</i>	0.194	0.0106	18.29	<0.001***
<i>f5p</i>	0.255	0.0112	22.84	<0.001***
<i>viewsea</i>	0.063	0.0115	5.50	<0.001***
<i>parking</i>	0.072	0.0076	9.49	<0.001***
<i>lift</i>	-0.089	0.0170	-5.24	<0.001***
ρ	-0.49	0.0189	-26.07	<0.001***
λ	0.94	0.0045	207.73	<0.001***

R ²	0.78		
log-lik	-1737		
sigma	0.27		
AIC	3508		
Moran I	-0.04	-13.48	0.94

Σημείωση 1: Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$ ‘***’ $p < 0.05$ ‘**’ $p < 0.1$ ‘*’

Σημείωση 2: Η ανάλυση γίνεται με αναφορά το ισόγειο.

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Στο SAC υπόδειγμα η χωρική εξάρτηση ενσωματώνεται με δύο ξεχωριστούς τρόπους: ως πρόσθετη ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μορφή της εξαρτημένης μεταβλητής με χωρική υστέρηση (Wy) και στο διάνυσμα των διαταρακτικών όρων της παλινδρόμησης (Wu), με συντελεστές ρ χωρικής αυτοσυσχέτισης και λ χωρικού σφάλματος, αντίστοιχα. Ο συντελεστής χωρικής αυτοσυσχέτισης ρ ισούται με -0.49 και ο συντελεστής χωρικού σφάλματος λ με 0.94 και είναι στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Αναλυτικότερα, η τιμή -0.49 του συντελεστή ρ σημαίνει ότι υπάρχει αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση μεταξύ των τιμών των γειτονικών ακινήτων, δηλαδή σε κάποιες περιοχές υπάρχουν ακίνητα με χαμηλή τιμή πώλησης που γειτνιάζουν με ακίνητα με υψηλές τιμές πώλησης και αντίστροφα. Η τιμή 0.94 του συντελεστή λ , καταδεικνύει υψηλή θετική χωρική συσχέτιση μεταξύ των τιμών των καταλοίπων του υποδείγματος και σημαίνει ότι υπάρχει στο σύστημα μία μεταβλητή η οποία έχει χωρικό χαρακτήρα και αποτελεί τμήμα του εν γένει σφάλματος της παλινδρόμησης. Όπως και στην κλασσική οικονομετρία έτσι και στην χωρική οικονομετρία, οι τιμές των κατάλοιπων μπορεί να οφείλονται σε μεταβλητές που επηρεάζουν τη συμπεριφορά της ερμηνευόμενης μεταβλητής και δεν έχουν συμπεριληφθεί στο υπόδειγμα. Στην περίπτωση των ηδονικών τιμών των ακινήτων οι μεταβλητές αυτές είναι είτε θέσης είτε γειτονιάς, μιας και τα περισσότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του ακινήτου ήταν διαθέσιμα και εξετάστηκε η συνεισφορά τους στη διαμόρφωση της τελικής τιμής του ακινήτου. Επιπλέον, οι τιμές των κατάλοιπων μπορεί να οφείλονται σε εξελίξεις στην αγορά κατοικίας που συνδέονται με την πορεία της οικονομίας. Δηλαδή σε αλλαγές στην εθνική οικονομία οι οποίες προκαλούν αλλαγές στην αγορά ακινήτων.

Η προσαρμογή των στατιστικών δεδομένων του υποδείγματος SAC κυμάνθηκε στο 78%. Η τιμή του κριτηρίου Breusch-Pagan (BP) είναι ίση με 12.6 και πιθανότητα σφάλματος ίση με 0.52 κάτι το οποίο καταδεικνύει ότι οι τιμές του διαταρακτικού όρου είναι ομοσκεδαστικές.

Προκειμένου να υπολογιστεί η επίδραση της κάθε μεταβλητής στη διαμόρφωση της τιμής του ακινήτου ή οριακή τιμή που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο αγοραστής (Marginal Willingness to Pay - MWTP) για την απόκτηση μιας επιπλέον μονάδας του

χαρακτηριστικού που περιγράφει η μεταβλητή, θα πρέπει να γίνει ο υπολογισμός των πρώτων παραγώγων.

Η διαδικασία υπολογισμού των πρώτων παραγώγων του υποδείγματος SAC είναι τα εξής:

Το υπόδειγμα που εκτιμήθηκε στο δείγμα είναι

$$y = \rho W y + X \beta + u$$

οπού $u = \lambda W + \varepsilon$.

Μεταφέρουμε την ποσότητα $\rho W y$ στο αριστερό μέλος της εξίσωσης

$$y - \rho W y = X \beta + u \Leftrightarrow$$

βγάζουμε κοινό παράγοντα το y

$$(I - \rho W) y = X \beta + u \Leftrightarrow$$

πολλαπλασιάζουμε τα δυο μέρη της εξίσωσης με την αντίστροφη μήτρα $(I - \rho W)^{-1}$

$$\underbrace{(I - \rho W)^{-1}(I - \rho W)}_I y = (I - \rho W)^{-1}(X \beta + u) \Leftrightarrow$$

παρατηρούμε ότι $(I - \rho W)^{-1}(I - \rho W) = I$ οπότε προκύπτει

$$y = (I - \rho W)^{-1}(X \beta + u) \Leftrightarrow$$

εκτελούμε τις πράξεις

$$y = (I - \rho W)^{-1} X \beta + (I - \rho W)^{-1} u \quad (6.5)$$

Οι πρώτες παράγωγοι της ανοιγμένης εξίσωσης (6.5) υπολογίζονται ως εξής:

$$\frac{\partial y}{\partial X} = (I - \rho W)^{-1} \beta \Leftrightarrow$$

$$\frac{\partial y}{\partial X} = \left(\frac{1}{1 - \rho} \right) \beta \quad (6.6)$$

Και αυτό διότι⁴³ $(I - \rho W)^{-1} = \left(\frac{1}{1 - \rho} \right)$

Το υπόδειγμα που εκτιμάται έχει ημιλογαριθμική εξειδίκευση είναι δηλαδή της μορφής:

$$\begin{aligned} \ln y &= (I - \rho W)^{-1} X\beta + (I - \rho W)^{-1} u \Leftrightarrow \\ y &= e^{(I - \rho W)^{-1} X\beta + (I - \rho W)^{-1} u} \Leftrightarrow \end{aligned} \quad (6.7)$$

αντικαθιστώντας $(I - \rho W)^{-1} X\beta + (I - \rho W)^{-1} u = u(x)$ έχουμε

$$y = e^{u(x)}$$

συνεπώς οι παράγωγοι υπολογίζονται ως εξής:

$$\frac{\partial e^{u(x)}}{\partial x} = e^{u(x)} \frac{\partial u(x)}{\partial x} \Leftrightarrow$$

αντικαθιστώντας $u(x) = (I - \rho W)^{-1} X\beta + (I - \rho W)^{-1} u$ έχουμε

$$\frac{\partial y}{\partial x} = e^{(I - \rho W)^{-1} X\beta + (I - \rho W)^{-1} u} \frac{\partial y}{\partial x} \Leftrightarrow$$

από τις σχέσεις (6.6) και (6.7) προκύπτει ότι

$$\frac{\partial y}{\partial x} = y \left(\frac{1}{1 - \rho} \right) \beta.$$

Συνεπώς η οριακή προθυμία πληρωμής (MWTP) για κάθε μεταβλητή X είναι ίση με:

$$MWTP_x = \frac{\partial \ln p}{\partial x} = \frac{1}{1 - \hat{\rho}} \hat{\beta}_k p.$$

Σημειώνεται εδώ, πως ο υπολογισμός των παραγώγων της συνάρτησης των ηδονικών τιμών έγινε προς τη μέση τιμή ανά τετραγωνικό των ακινήτων, με την παραδοχή ότι η στεγαστική αγορά βρίσκεται σε ισορροπία (Kim, et. al, 2003).

⁴³ Απόδειξη: $(I - \rho W)^{-1} i = \{I + \rho W + (\rho W)^2 + (\rho W)^3 + \dots\} i$
 $= \{Ii + \rho W \cdot i + \rho^2 W \cdot (W \cdot i) + \rho^3 W \cdot W(W \cdot i) + \dots\}$
 $= \{i + \rho i + \rho^2 i + \rho^3 i + \dots\}$
 $= \{1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \dots\} i$
 $= \left(\frac{1}{1 - \rho} \right) i$

οπού I είναι μια μήτρα $(n \times n)$, W μια κατά γραμμές τυποποιημένη μήτρα $(n \times n)$ και i ένα διάνυσμα στήλη $(n \times 1)$. Το αποτέλεσμα αυτό ισχύει μόνο για μήτρες W με άθροισμα γραμμών μικρότερο ή ίσο με 1.

Στον Πίνακα 6.11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των MWTP για κάθε μεταβλητή της ηδονικής εξίσωσης των ακινήτων της Αθηνάς. Επιπροσθέτως, έχει υπολογιστεί η οριακή τιμή που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο αγοραστής για την απόκτηση μιας επιπλέον μονάδας ή για την παρουσία ή απουσία (στην περίπτωση των ψευδομεταβλητών) του χαρακτηριστικού που περιγράφει η κάθε μεταβλητή για ένα διαμέρισμα 100 τετραγωνικών, τιμής πώλησης ανά τετραγωνικό τα 1200 ευρώ και επομένως με συνολική τιμή πώλησης τις 120000 χιλιάδες ευρώ.

Ξεκινώντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων από την ηλικία του ακινήτου (μεταβλητή *age*), κάθε χρόνος από το έτος κατασκευής του ακινήτου μειώνει την τιμή του ανά τετραγωνικό κατά 18 ευρώ. Συνεπώς, για ένα διαμέρισμα 100 τετραγωνικών με τιμή πώλησης ανά τετραγωνικό τα 1200 ευρώ, κατασκευασμένο το 2012, ο αγοραστής θα πλήρωνε 118200 ευρώ σε σχέση με ένα διαμέρισμα κατασκευής του 2013 το οποίο θα πωλούνταν προς 120000 ευρώ .

Η μεταβλητή *sgm* αναφέρεται στην επιφάνεια του ακινήτου, έχει θετικό πρόσημο κάτι το οποίο δείχνει την προτίμηση των αγοραστών για μεγαλύτερα διαμερίσματα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αγοραστές για κάθε επιπλέον τετραγωνικό είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 ευρώ. Αν για παράδειγμα ένας αγοραστής ήθελε να αγοράσει ένα ακίνητο με τα ίδια χαρακτηριστικά αλλά ενός τετραγωνικού περισσότερου από τα 100 τετραγωνικά, τότε το ακίνητο θα κόστιζε ανά τετραγωνικό 1201 ευρώ και η συνολική του τιμή θα διαμορφωνόταν στα 121301 ευρώ έναντι των 120000 ευρώ.

Όσον αφορά τη διαθεσιμότητα αυτόνομης θέρμανσης (μεταβλητή *ah*) η παρουσία του χαρακτηριστικού αυτού επιδρά θετικά επηρεάζοντας την τιμή ανά τετραγωνικό των ακινήτων κατά 45 ευρώ. Για ένα διαμέρισμα 100 τετραγωνικών και με τιμή πώλησης τα 120000 ευρώ η διαθεσιμότητα αυτόνομης θέρμανσης ανεβάζει τη συνολική τιμή κατά 4500 ευρώ. Επίσης, η διαθεσιμότητα τζακιού επιδρά και αυτή αυξητικά κατά 64 ευρώ και για ένα διαμέρισμα 100 τετραγωνικών και με τιμή πώλησης τα 120000 οι αγοραστές είναι διατιθέμενοι να καταβάλλουν 6400 ευρώ επιπλέον.

Περνώντας στις μεταβλητές του ορόφου, το υπόγειο μειώνει την τιμή ανά τετραγωνικό των διαμερισμάτων κατά 555 ευρώ σε σχέση με το ισόγειο, αντίθετα ο πρώτος, ο δεύτερος, ο τρίτος, ο τέταρτος όροφος και από τον πέμπτο και πάνω όροφο η τιμή ανά τετραγωνικό κοστίζει περισσότερο κατά 144, 163, 171, 245 και 322 ευρώ, αντίστοιχα. Κατά συνέπεια, για ένα διαμέρισμα 100 τετραγωνικών και τιμής ανά τετραγωνικό τα 1200 ευρώ, η επίδραση του ισόγειου μειώνει την τιμή ανά τετραγωνικό του ακινήτου περίπου στα μισά. Σε αντίθεση με αυτό, αν το διαμέρισμα των 100 τετραγωνικών που πωλείται προς 120000 βρίσκεται στον πρώτο ή στο δεύτερο ή στον τρίτο ή στον τέταρτο όροφο ή από τον πέμπτο και πάνω όροφο η τιμή του διαμερίσματος ανεβαίνει στα 134400 ευρώ, 136300 ευρώ, 137100 ευρώ, 144500 ευρώ και 152200 ευρώ, αντίστοιχα.

Πίνακας 6.11. Οριακή προθυμία πληρωμής για τις μεταβλητές της ηδονικής εξίσωσης των ακινήτων της Αθήνας

Μεταβλητές	MWTP	MWTP* διαμερίσματος 100 m ² και p/m ² =1200 ευρώ	
		p/m ²	Συνολική τιμή
<i>age</i>	-18	1182	118200
<i>sqm</i>	1	1201	121301
<i>ah</i>	45	1245	124500
<i>fireplace</i>	64	1264	126400
<i>fg</i>	-555	645	64500
<i>f1</i>	144	1344	134400
<i>f2</i>	163	1363	136300
<i>f3</i>	171	1371	137100
<i>f4</i>	245	1445	144500
<i>f5p</i>	322	1522	152200
<i>viewsea</i>	80	1280	128000
<i>parking</i>	90	1290	129000
<i>lift</i>	-112	1088	108800

Σημείωση*: Η τιμή ανά τετραγωνικό (p/m²) και η συνολική τιμή του διαμερίσματος υπολογίζεται για κάθε μεταβλητή με τις υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές.

Στη διαμόρφωση της τιμής ανά τετραγωνικό των διαμερισμάτων, η θέα στη θάλασσα και η διαθεσιμότητα χώρου στάθμευσης επιδρούν θετικά κατά 80 και 90 ευρώ, αντίστοιχα. Έτσι, για ένα διαμέρισμα 100 τετραγωνικών οι αγοραστές είναι πρόθυμοι για τη διαθεσιμότητα αυτών των δυο χαρακτηριστικών να καταβάλουν 8000 και 9000 ευρώ, αντίστοιχα.

Τέλος, αν δεν υπάρχει ανελκυστήρας στην πολυκατοικία αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η τιμή των διαμερισμάτων να μειώνεται κατά 112 ευρώ. Κατά συνέπεια, η αγορά ενός διαμερίσματος 100 τετραγωνικών σε μια πολυκατοικία χωρίς ανελκυστήρα θα πολωθεί προς 108800, δηλαδή κατά 11200 ευρώ λιγότερα σε σχέση με ένα αντίστοιχο διαμέρισμα με τα ίδια χαρακτηριστικά σε πολυκατοικία που διαθέτει όμως ανελκυστήρα.

6.4 Προγνωστική Ακρίβεια Υποδείγματος

Εκτός από τον οικονομετρικό και το στατιστικό έλεγχο, ένα οικονομετρικό υπόδειγμα θα πρέπει να αξιολογηθεί και ως προς την προγνωστική του ακρίβεια. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να γίνουν έλεγχοι που αφορούν την επίδοση (performance) του υποδείγματος. Παράλληλα, οι έλεγχοι αυτοί στα υποδείγματα μαζικών επανεκτιμήσεων ακινήτων είναι

επιβεβλημένοι τόσο από το ρυθμιστικό πλαίσιο των τραπεζών, γνωστό ως συνθήκη «Βασιλεία II, III», όσο και από τα διεθνή πρότυπα εκτιμήσεων όπως το IAAO⁴⁴.

Ο πρώτος δείκτης που χρησιμοποιείται στη διατριβή για τον έλεγχο της επίδοσης του οικονομετρικού υποδείγματος είναι η τιμή της σχετικής διαφοράς (Price Related Differential -PRD). Ο δείκτης PRD έχει ως στόχο να αξιολογήσει αν οι αναλογίες των εκτιμήσεων του υποδείγματος είναι συνεπείς μεταξύ τους. Ειδικότερα, ο δείκτης αυτός αποτελεί μια μέτρηση της μεταβλητότητας της συνοχής των εκτιμήσεων. Η τιμή του δείκτη θα πρέπει να είναι κοντά στο 1, αν τιμή του είναι μικρότερη της μονάδας σημαίνει ότι το υπόδειγμα υποεκτιμά σε μεγάλο βαθμό κάποιες τιμές των ακινήτων, αντίθετα αν η τιμή του δείκτη είναι μεγαλύτερη από τη μονάδα υποδεικνύει ότι το υπόδειγμα έχει την τάση να υπερεκτιμά σε μεγάλο βαθμό κάποιες τιμές. Ο δείκτης PRD υπολογίζεται⁴⁵ ως εξής:

$$PRD = \frac{\sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{\hat{y}_i}{y_i} \right) \right] / N}{\sum_{i=1}^N \hat{y}_i / \sum_{i=1}^N y_i} \quad (6.8)$$

Ο δεύτερος δείκτης που υπολογίστηκε είναι το μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error-MAE), ο δείκτης MAE υπολογίζει το μέσο όρο των απόλυτων τιμών των σφαλμάτων της πρόβλεψης και περιγράφεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|}{N} \quad (6.9)$$

Επίσης, υπολογίστηκε η τετραγωνική ρίζα του μέσου όρου των τετραγώνων των τιμών της πρόβλεψης (Root Mean Squared Error – RMSE). Ο δείκτης RMSE δίνει μεγαλύτερη στάθμιση στις μεγάλες τιμές των σφαλμάτων⁴⁶ (της διαφοράς δηλαδή μεταξύ της παρατηρηθείσας τιμής του ακινήτου και της εκτιμημένης τιμής του) και ορίζεται ως:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}} \quad (6.10)$$

Τέλος, υπολογίστηκε το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (Mean Absolute Percentage Error –MAPE), το οποίο αποτελεί μέτρο της ακρίβειας στο σύνολο των τιμών και συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό. Ο δείκτης MAPE υπολογίζεται από τον τύπο:

⁴⁴ IAAO (2011) Standard on the Mass Appraisal of Real Property. Kansas: International Association of Assessing Officers.

⁴⁵ Όπου y_i η πραγματική τιμή, \hat{y}_i η υπολογισμένη τιμή και N το μέγεθος του δείγματος.

⁴⁶ Υπενθυμίζεται ότι $y_i - \hat{y}_i = e_i$.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N |(y_i - \hat{y}_i)/y_i|}{N} \quad (6.11)$$

Για λόγους σύγκρισης, οι παραπάνω δείκτες υπολογιστήκαν και για το υπόδειγμα OLS. Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων (Πίνακας 6.12) συνάγεται το συμπέρασμα ότι οι προβλέψεις του χωρικού υποδείγματος SAC είναι πιο ακριβείς από αυτές του OLS υποδείγματος. Αναλυτικότερα, ο δείκτης PRD είναι πολύ κοντά στη μονάδα, η τιμή είναι 1.08 δείχνοντας μια μικρή τάση να υπερεκτιμούνται σε μεγάλο βαθμό κάποια ακίνητα του δείγματος. Κάτι το οποίο μπορεί να οφείλεται στην κατανομή πιθανότητας της τιμής ανά τετραγωνικό των ακινήτων του δείγματος, στο πλήθος δηλαδή των μεγάλων τιμών που δεν είναι και τόσο μεγάλο, έτσι ώστε το υπόδειγμα να έχει καλή εκτιμητική δυνατότητα στα διαστήματα των μεγάλων τιμών. Όσον αφορά το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE) και την τετραγωνική ρίζα του μέσου όρου των τετραγώνων των τιμών της πρόβλεψης (RMSE) η τιμή τους κυμαίνεται στα 365 και στα 571 ευρώ, αντίστοιχα. Τέλος, κατά μέσο όρο το 21% των εκτιμημένων του δείγματος αποκλίνουν από την πραγματική τιμή.

Πίνακας 6.12. Δείκτες προγνωστικής ακρίβειας SAC και OLS υποδειγμάτων

Δείκτης	OLS	SAC
PRD	1.16	1.08
MAE	538	365
RMSE	808	571
MAPE	31%	21%

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

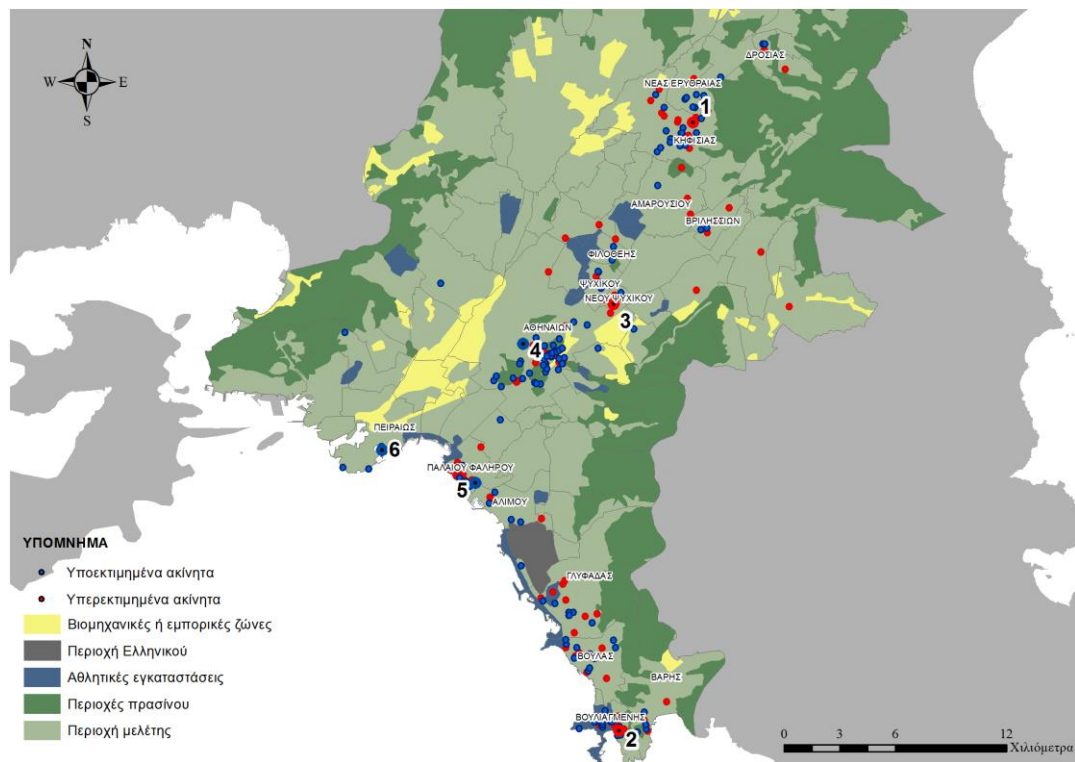
Προκειμένου να διερευνηθεί αν τα ακίνητα στα οποία παρατηρούνται ακραίες εκτιμήσεις εμφανίζουν κάποιο χωρικό πρότυπο κατασκευάστηκε ο Χάρτης 6.1. Αναλυτικότερα, ο χάρτης περιλαμβάνει ακίνητα με απολυτή διάφορα πραγματικής μείον εκτιμημένης τιμής μεγαλύτερης ή ίσης των 500 ευρώ. Πρόκειται συνολικά για 287 ακίνητα.

Από την επισκόπηση του χάρτη προκύπτει ότι οι τα ακίνητα που υπερεκτιμούνται ή υποεκτιμούνται από το χωρικό υπόδειγμα SAC εμφανίζουν χωρικές συγκεντρώσεις. Ειδικότερα, οι περιοχές στις οποίες βρίσκονται είναι η Κηφισιά, η Δροσιά, η Νέα Ερυθραία, το Μαρούσι, τα Βριλήσσια, η Φιλοθέη, το Ψυχικό, το Νέο Ψυχικό, ο δήμος Αθήνας, ο Πειραιάς, το Παλαιό Φάληρο, ο Άλιμος, η Γλυφάδα, η Βούλα, η Βουλιαγμένη και η Βάρη. Η πλειονότητα των περιοχών αυτών είναι περιοχές που θεωρούνται ακριβές. Επιπλέον, στο δήμο της Αθήνας τα ακίνητα με ακραίες τιμές στην πρόβλεψη χωροθετούνται κοντά στο ιστορικό κέντρο, το οποίο αποτελεί ακριβή περιοχή. Επίσης, στην περιοχή του Πειραιά τα ακίνητα που εμφανίζουν σημαντική διάφορα μεταξύ της ζητούμενης και της εκτιμώμενης τιμής βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή και στις περιοχές του Μικρολίμανου και της Μαρίνας Ζέας, περιοχές που και αυτές θεωρούνται ως οι ακριβές περιοχές του Πειραιά.

Άρα, συνάγεται το συμπέρασμα ότι οι σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των τιμών που εκτιμούνται από το υπόδειγμα και αυτές των αγγελιών, παρατηρούνται στις ακριβές περιοχές της Αθήνας.

Επιπροσθέτως, από την επισκόπηση του χάρτη προκύπτει ότι κάποια ακίνητα στα οποία παρατηρούνται ακραίες εκτιμήσεις βρίσκονται στα άκρα της περιοχής μελέτης. Κάτι το οποίο είναι πιθανόν να οφείλεται στη χαμηλή χωρική συγκέντρωση των παρατηρήσεων του δείγματος σε αυτές τις περιοχές, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τα χωρικά οικονομετρικά υποδείγματα να μην εκτιμούν σωστά την τιμή της υπό εξέταση μεταβλητής. Αυτό είναι πιθανόν να συνδέεται άμεσα με τη μήτρα χωρικών σταθμίσεων η οποία σε περιοχές με χαμηλή χωρική πυκνότητα παρατηρήσεων κατασκευάζεται με απομακρυσμένες συνδέσεις. Ειδικότερα, με την εφαρμογή του SAC υποδείγματος εισάγονται στην εκτίμηση κάθε παρατήρησης έκτος από τις μεταβλητές που αφορούν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κάθε ακινήτου και τις μεταβλητές θέσης και γειτονιάς του, η μεταβλητή με χωρική υστέρηση (Wy) και η μεταβλητή χωρικού σφάλματος (Wu). Όταν η μήτρα W βασίζεται σε απομακρυσμένες συνδέσεις τότε μέσω των δυο αυτών χωρικών μεταβλητών λαμβάνεται υπόψη στην εκτίμηση του ακινήτου επίδραση που οδηγεί στην διαφορά μεταξύ της παρατηρηθείσας τιμής και της εκτιμημένης τιμής του.

Χάρτης 6.1. Χωροθέτηση ακινήτων με ακραίες τιμές εκτίμησης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Corine land cover, 2012.

Στον Πίνακα 6.13 παρουσιάζονται οι ζητούμενες και εκτιμημένες τιμές με ακραίες αποκλίσεις μεταξύ τους, για 6 ακίνητα του δείγματος. Η χωροθέτηση των οποίων παρουσιάζεται στο Χάρτη 6.1, με τον αντίστοιχο κωδικό για κάθε ακίνητο. Ξεκινώντας την ανάλυση από τα ακίνητα που υπερεκτιμούνται το ακίνητο με κωδικό 1, το οποίο βρίσκεται στην Κηφισιά, ζητείται στα 2647 ευρώ ανά τετραγωνικό και το υπόδειγμα το εκτίμησε στα 3809 ευρώ ανά τετραγωνικό. Το ακίνητο με κωδικό 2 βρίσκεται στη Βουλιαγμένη, η τιμή στην αγγελία είναι τα 3095 ευρώ ανά τετραγωνικό και η τιμή που εκτιμήθηκε από το υπόδειγμα είναι τα 4694 ευρώ. Το ακίνητο με κωδικό 3 χωροθετείται στην περιοχή του Νέου Ψυχικού και η ζητούμενη τιμή του είναι τα 2198 ευρώ ανά τετραγωνικό, το υπόδειγμα ωστόσο το εκτιμά κατά 1468 ευρώ επιπλέον. Όσον αφορά τα ακίνητα που υποεκτιμούνται επιλεχθήκαν να παρουσιαστούν 3 ακίνητα από την περιοχή του δήμου της Αθήνας, του Παλαιού Φαλήρου και του Πειραιά, με κωδικούς 4,5 και 6, αντίστοιχα. Το ακίνητο με κωδικό 4 ζητείται στα 5692 ευρώ ανά τετραγωνικό ωστόσο εκτιμήθηκε στα 3761 ευρώ. Τέλος, τα ακίνητα με κωδικούς 5 και 6 ζητούνται στα 4556 και 3600 ευρώ ανά τετραγωνικό αντίστοιχα, εντούτοις το υπόδειγμα τα εκτιμά στα 2620 και 1802 ευρώ, αντίστοιχα.

Πίνακας 6.13. Ακίνητα με ακραίες αποκλίσεις μεταξύ ζητούμενης και εκτιμημένης τιμής

Περιοχή	Κωδικός ακινήτου	Ζητούμενη τιμή (ανά m ²)	Εκτιμημένη τιμή (ανά m ²)	Διάφορα
Κηφισιά	1	2647	3809	-1162
Βουλιαγμένη	2	3095	4694	-1599
Νέο Ψυχικό	3	2198	3666	-1468
Αθήνα	4	5692	3761	1931
Παλαιό Φάληρο	5	4556	2620	1935
Πειραιάς	6	3600	1802	1798

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

6.5 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Χωρικού και μη Χωρικού Υποδείγματος

Στην παρούσα ενότητα γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων του μη χωρικού υποδείγματος (εξίσωση 6.12) και των αποτελεσμάτων του χωρικού υποδείγματος SAC (εξίσωση 6.4). Η σύγκριση αυτή έχει ως στόχο να απαντηθεί το ερώτημα αν για την αγορά ακινήτων της Αθήνας η κλασική παλινδρόμηση δίνει ψευδή (spurious) αποτελέσματα ή όχι, καθώς και να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο οι τιμές των MWTP του χωρικού υποδείγματος SAC και του OLS υποδείγματος, διαφέρουν.

$$\ln p = \beta_0 + \beta_1 age + \beta_2 sqm + \beta_3 ah + \beta_4 fireplace + \beta_5 f_g + \beta_6 f_1 + \beta_7 f_2 + \beta_8 f_3 + \beta_9 f_4 + \beta_{10} f_{5p} + \beta_{11} viewsea + \beta_{12} parking + \beta_{13} wlift + \varepsilon \quad (6.12)$$

Στον Πίνακα 6.14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δυο υποδειγμάτων. Ξεκινώντας από τα οικονομετρικά κριτήρια, η τιμή της προσαρμογής των δεδομένων στο χωρικό υπόδειγμα SAC κυμαίνεται στο 78% έναντι του 53% στο OLS υπόδειγμα. Επιπλέον, η τιμή της διακύμανσης των κατάλοιπων στο SAC υπόδειγμα μειώνεται (από 0.39 σε 0.27).

Όσον αφορά τις τιμές των τυπικών σφαλμάτων των συντελεστών, αυτές μειώνονται σημαντικά στο χωρικό υπόδειγμα. Αυτό έχει ως αποτελέσματα, στο SAC υπόδειγμα τα διαστήματα εμπιστοσύνης να είναι μικρότερα, γεγονός που εξασφαλίζει μεγαλύτερη ακρίβεια στις εκτιμήσεις των συντελεστών του υποδείγματος.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι όταν δεν λαμβάνεται υπόψη η χωρική διάσταση των τιμών των κατοικιών, όταν δηλαδή χρησιμοποιείται η απλή παλινδρόμηση, τότε τα οικονομετρικά αποτελέσματα είναι ψευδή (spurious) σε σημαντικό βαθμό.

Πίνακας 6.14. Σύγκριση αποτελεσμάτων OLS και SAC υποδειγμάτων

Μεταβλητές	SAC		OLS		Πιθανότητα σφάλματος
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	
<i>Σταθερά</i>	10.976	0.1389	7.109	0.0176	<0.001***
<i>age</i>	-0.014	0.0002	-0.012	0.0003	<0.001***
<i>sqm</i>	0.001	0.0001	0.004	0.0001	<0.001***
<i>ah</i>	0.035	0.0071	0.069	0.0104	<0.001***
<i>fireplace</i>	0.050	0.0070	0.134	0.0098	<0.001***
<i>fg</i>	-0.440	0.0211	-0.516	0.0313	<0.001***
<i>f1</i>	0.114	0.0091	0.065	0.0134	<0.001***
<i>f2</i>	0.129	0.0093	0.082	0.0137	<0.001***
<i>f3</i>	0.135	0.0099	0.053	0.0145	<0.001***
<i>f4</i>	0.194	0.0106	0.075	0.0154	<0.001***
<i>f5p</i>	0.255	0.0112	0.093	0.0160	<0.001***
<i>viewsea</i>	0.063	0.0115	0.158	0.0154	<0.001***
<i>parking</i>	0.072	0.0076	0.117	0.0111	<0.001***
<i>lift</i>	-0.089	0.0170	-0.268	0.0251	<0.001***
ρ	-0.49	-26.07			<0.001***
λ	0.94	207.73			<0.001***
R ²	0.78		0.53		
Residual standard error	0.27		0.39		

Σημείωση 1: Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$ ‘***’ $p < 0.05$ ‘**’ $p < 0.1$ ‘*’

Σημείωση 2: Η ανάλυση γίνεται με αναφορά το ισόγειο.

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Όταν τα οικονομετρικά αποτελέσματα είναι ψευδή, αυτό έχει ως συνέπεια να υποεκτιμάται ή να υπερεκτιμάται η τιμή που είναι πρόθυμος να καταβάλει ο αγοραστής για μια επιπλέον μονάδα (marginal implicit price-MIP) του χαρακτηριστικού που περιγράφει η μεταβλητή στο οικονομετρικό υπόδειγμα. Προκειμένου να εξεταστεί σε ποιο βαθμό συμβαίνει αυτό, υπολογίστηκε η απόλυτη διάφορα μεταξύ των MWTP του μη χωρικού υποδείγματος από το χωρικό υπόδειγμα SAC (Πίνακα 6.15).

Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων γίνεται φανερό ότι τα MWTP διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των δυο υποδειγμάτων καθώς και ότι το OLS υπόδειγμα υπερεκτίμα τις επιδράσεις όλων των μεταβλητών εκτός από τις μεταβλητές που αναφέρονται στον όροφο των ακινήτων, οι οποίες είτε δεν διαφέρουν σημαντικά είτε υποεκτιμώνται. Αναλυτικότερα, η ηλικία του ακινήτου έχει επίδραση στην τελική του αξία ανά τετραγωνικό κατά 4 ευρώ και τα τετραγωνικά του ακινήτου κατά 6 ευρώ παραπάνω στο OLS υπόδειγμα. Μεγάλες διαφορές μεταξύ των MWTP των δυο υποδειγμάτων παρατηρούνται στην επίδραση της αυτόνομης θέρμανσης (85 ευρώ ανά τετραγωνικό), της ύπαρξης τζακιού (188 ευρώ ανά τετραγωνικό), της θέας στη θάλασσα (217 ευρώ ανά τετραγωνικό), της διαθεσιμότητας χώρου στάθμευσης (131 ευρώ ανά τετραγωνικό) και στη διαθεσιμότητα ανελκυστήρα (393 ευρώ ανά τετραγωνικό). Τέλος, όσον αφορά τις μεταβλητές των ορόφων, η επίδραση του υπόγειου υπερεκτιμάται κατά μεγάλο βαθμό στο OLS και πιο συγκεκριμένα κατά 418 ευρώ και οι υπόλοιποι όροφοι υποεκτιμώνται κατά 22, 9, 71, 104 και 146 ευρώ ο πρώτος, ο δεύτερος, ο τρίτος, ο τέταρτος και ο πέμπτος ή μεγαλύτερος από αυτόν, αντίστοιχα.

Πίνακας 6.15. Σύγκριση MWTP των SAC και OLS υποδειγμάτων

Μεταβλητές	MWTP OLS	MWTP SAC	Απόλυτη διαφορά
<i>age</i>	-22	-18	4
<i>sqm</i>	7	1	6
<i>ah</i>	130	45	85
<i>fireplace</i>	252	64	188
<i>fg</i>	-973	-555	418
<i>f1</i>	122	144	22
<i>f2</i>	154	163	9
<i>f3</i>	100	171	71
<i>f4</i>	141	245	104
<i>f5p</i>	176	322	146
<i>viewsea</i>	297	80	217
<i>parking</i>	221	90	131
<i>lift</i>	-505	-112	393

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

6.6 Απεικόνιση των Αποτελεσμάτων του Χωρικού Υποδείγματος

Ο Χάρτης 6.2 παρουσιάζει τις εκτιμήσεις του χωρικού υποδείγματος SAC στο Λεκανοπέδιο Αττικής. Τα παραπάνω αποτελέσματα χαρτογραφήθηκαν με σκοπό την απόκτηση μιας εποπτικής εικόνας για την αγορά στέγασης της Αθήνας καθώς και για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις χωρικές συγκεντρώσεις των εκτιμημένων τιμών στους δήμους της Αττικής.

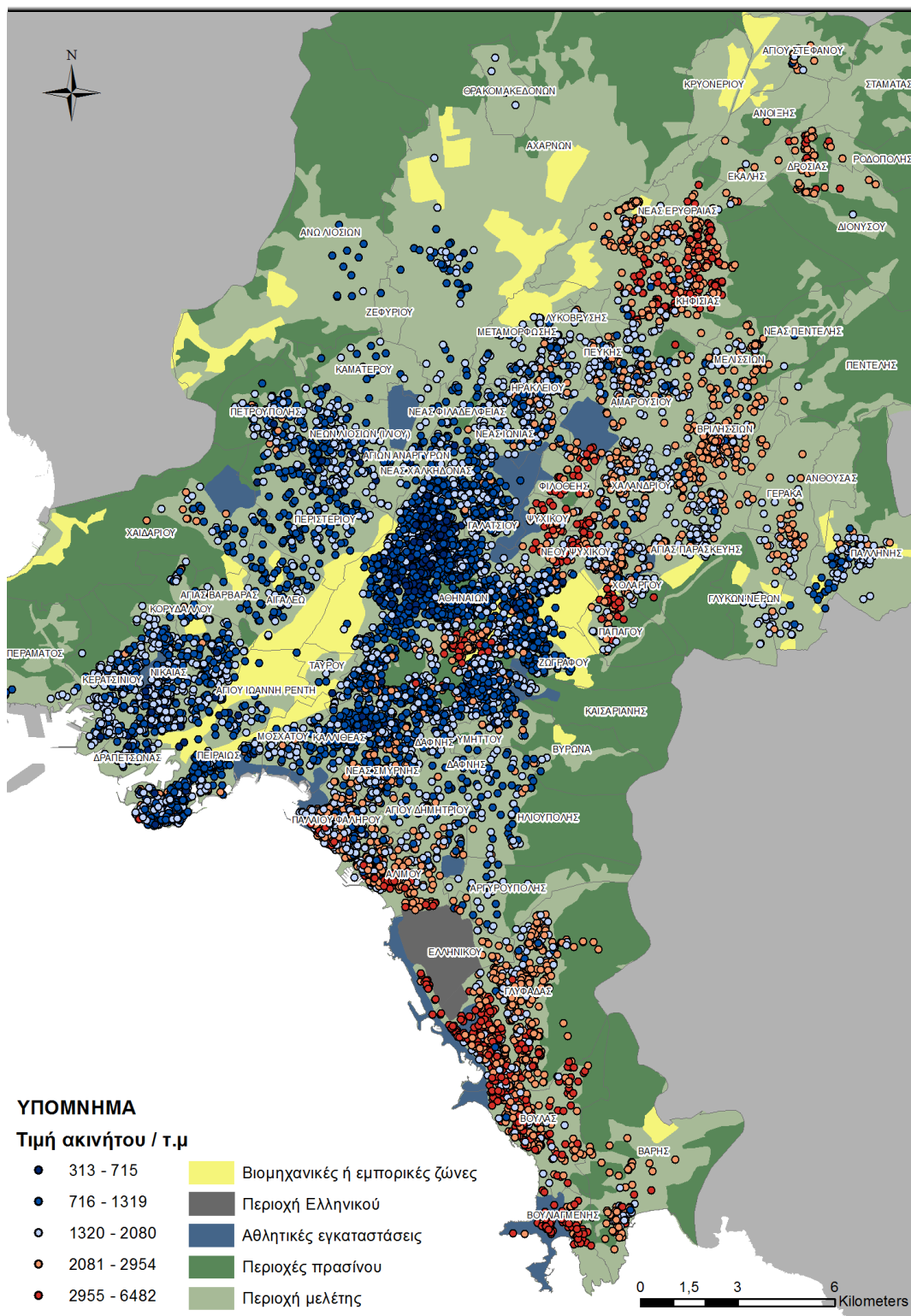
Η εκτίμηση της μικρότερης τιμής ανά τετραγωνικό για ένα διαμέρισμα στην Αθήνα είναι τα 313 ευρώ, ενώ η ελάχιστη τιμή της ζητούμενης τιμής ανά τετραγωνικό στο δείγμα ήταν τα 182 ευρώ (βλέπε Πίνακα 5.1: Διάρθρωση δείγματος ακινήτων ανά χαρακτηριστικό, σελ. 137). Από την άλλη πλευρά, η εκτίμηση της μεγαλύτερης τιμής ανά τετραγωνικό είναι τα 6482 ευρώ, ενώ η μέγιστη τιμή της ζητούμενης τιμής ανά τετραγωνικό στο δείγμα ήταν τα 10905 ευρώ (βλέπε Πίνακα 5.1: Διάρθρωση δείγματος ακινήτων ανά χαρακτηριστικό, σελ. 137). Συνεπώς, το χωρικό υπόδειγμα SAC μειώνει το εύρος της τιμής ανά τετραγωνικό των διαμερισμάτων της Αθήνας, και διορθώνει τις ακραίες τιμές της ζητούμενης τιμής ανά τετραγωνικό του δείγματος.

Οι εκτιμημένες τιμές κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε διακριτές ομάδες ακινήτων, τις εξής:

- (i) στα ακίνητα με εκτιμώμενη τιμή ανά τετραγωνικό από 313 έως 715 ευρώ,
- (ii) στα ακίνητα με εκτιμώμενη τιμή ανά τετραγωνικό από 716 έως 1319 ευρώ,
- (iii) στα ακίνητα με εκτιμώμενη τιμή ανά τετραγωνικό από 1320 έως 2080 ευρώ,
- (iv) στα ακίνητα με εκτιμώμενη τιμή ανά τετραγωνικό από 2081 έως 2954 ευρώ και
- (v) στα ακίνητα με εκτιμώμενη τιμή ανά τετραγωνικό από 2955 έως 6482 ευρώ.

Όσον αφορά το πρότυπο της χωρικής συγκέντρωσης των πέντε κατηγοριών παρουσιάζει υψηλή διαφοροποίηση στο Λεκανοπέδιο. Συγκεκριμένα, διαμερίσματα που οι τιμές πώλησής τους προβλέπεται να κυμαίνονται από 313 έως 715 ευρώ ανά τετραγωνικό βρίσκονται στην περιοχή του κέντρου της Αθήνα, στην περιοχή του Πειραιά και στις περιοχές των δυτικών προαστίων. Διαμερίσματα που οι τιμές πώλησής τους προβλέπεται να κυμαίνονται στις δυο επόμενες κατηγορίες, δηλαδή από 716 έως 1319 και από 1320 έως 2080 ευρώ ανά τετραγωνικό, παρουσιάζουν την ίδια χωρική κατανομή και βρίσκονται στις περιοχές του Ζωγράφου, της Νέας Σμύρνης, της Ηλιούπολης, της Δάφνης, της Αγίας Παρασκευής, του Χαλανδρίου, της Μεταμόρφωσης, της Νέας Φιλαδέλφειας καθώς και γύρω από περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις διαμερισμάτων που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία. Οι δυο επόμενες κατηγορίες περιλαμβάνουν ακίνητα που πωλούνται το τετραγωνικό από 2081 έως 2954 ευρώ και από 2955 ως 6482 ευρώ. Τα ακίνητα που ανήκουν στις δυο αυτές κατηγορίες χωροθετούνται στις ακριβές περιοχές του Λεκανοπέδιου και πιο συγκεκριμένα στα βόρεια, στα ανατολικά, στα νότια προάστια καθώς και στο κέντρο της Αθήνας.

Χάρτης 6.2. Αποτελέσματα SAC υποδείγματος



Σημείωση: Για τον καθορισμό των κλάσεων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ομαδοποίησης Jenks.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Corine land cover 2012.

6.7 Οριοθέτηση Τοπικών Αγορών Ακινήτων

Στην παρούσα ενότητα γίνεται η οριοθέτηση των τοπικών αγορών / γειτονιών ακινήτων της Αθήνας μέσω της μεθόδου της χωρικής παρεμβολής και με βάση τον αλγόριθμο που καταστρώθηκε ο οποίος βασίζεται στην ιεραρχική ανάλυση συστάδων με βάση την εμπειρική κατανομή των εκτιμώμενων τιμών του δείγματος και με περιορισμό τη γειτνίαση των ακινήτων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των δυο προσεγγίσεων παρουσιάζονται και αναλύονται στις δυο υποενότητες που ακολουθούν.

6.7.1 Οριοθέτηση Τοπικών Αγορών Ακινήτων με Βάση τη Μέθοδο της Χωρικής Παρεμβολής

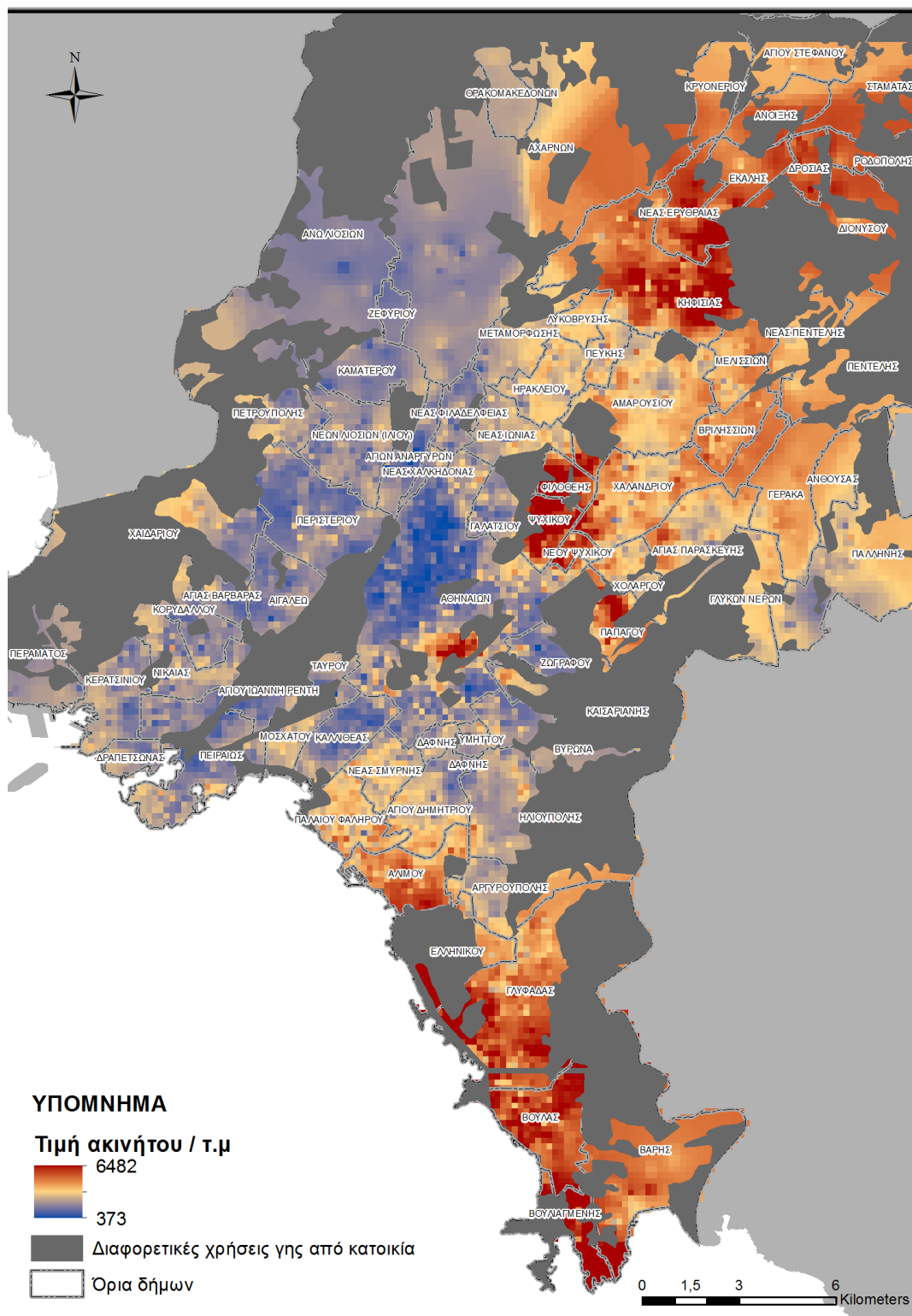
Η πρώτη προσέγγιση που χρησιμοποιείται στη διατριβή για τον καθορισμό των τοπικών αγορών ακινήτων της Αθήνας βασίζεται στη μέθοδο της χωρικής παρεμβολής. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται χωρική παρεμβολή της προβλεπόμενης τιμής ανά τετραγωνικό των διαμερισμάτων σε όλη την υπό μελέτη περιοχή. Η γεωγραφική μέθοδος παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέθοδος της αντίστροφης σταθμισμένης απόστασης (Inverse Distance Weighting-IDW). Η IDW συνδυάζει την εγγύτητα που αναπαριστάται με πολύγωνα Voronoi με τη σταδιακή μεταβολή της τάσης των τιμών στην υπό μελέτη περιοχή μελέτης (Burrough και McDonnell, 1998). Η εκτίμηση της άγνωστης τιμής του συνεχούς πεδίου σε ένα σημείο υπολογίζεται με βάση τη μέση τιμή των τιμών των γειτονικών σημείων. Κάθε γνωστή γειτονική τιμή συμμετέχει με ένα βάρος σύμφωνα με την απόσταση από το σημείο, με τα πιο κοντινά σημεία να έχουν μεγαλύτερο βάρος (για αναλυτικότερη περιγραφή της μεθοδολογίας βλέπε μεταξύ άλλων Lloyd, 2010).

Τα αποτελέσματα της χωρικής παρεμβολής (Χάρτης 6.3), με βάση την εκ των προτέρων γνώση, είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικά όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο διαφοροποιούνται χωρικά οι αξίες των ακινήτων στη μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας. Με άλλα λόγια, το εύρος των τιμών των ακινήτων μεταβάλλεται χωρικά με τέτοιο τρόπο που καθίσταται δυνατή η διάκριση των ακριβών και φθηνών περιοχών της Αθήνας. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μεθόδου της IDW η αγορά ακινήτων της Αθήνας διαμερίζεται στις εξής τέσσερις τοπικές αγορές:

Τοπική Αγορά 1: Αθήνα Κέντρο, Πειραιάς, Δυτικά προάστια, Ανατολικά προάστια (Χάρτης 6.4). Με φθηνότερες περιοχές αυτές του δήμου της Αθήνας (εκτός του ιστορικού κέντρου της πόλης), του δήμου Περιστερίου και του δήμου της Καλλιθέας.

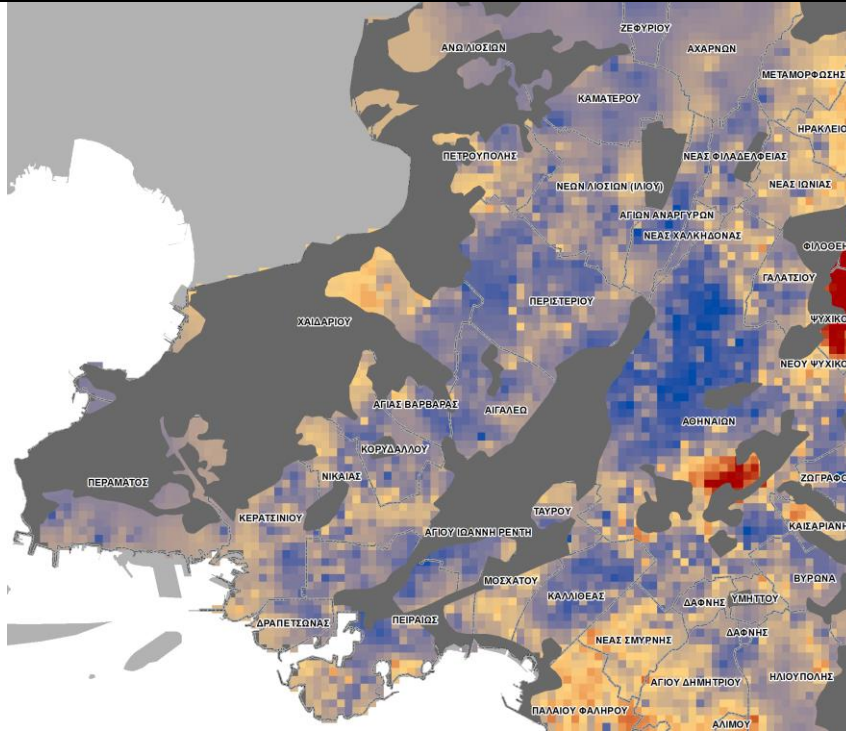
Τοπική Αγορά 2: Ιστορικό κέντρο της Αθήνας (Χάρτης 6.4).

Χάρτης 6.3. Χωρική παρεμβολή των εκτιμημένων τιμών με βάση τη μέθοδο IDW

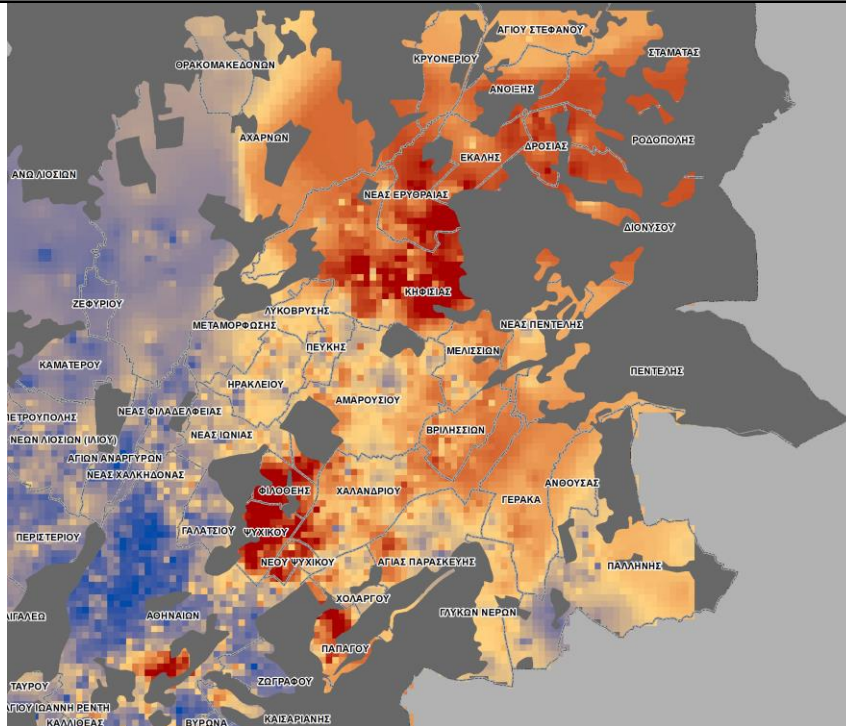


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Χάρτης 6.4. Τοπική αγορά 1 και 2 με βάση τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW

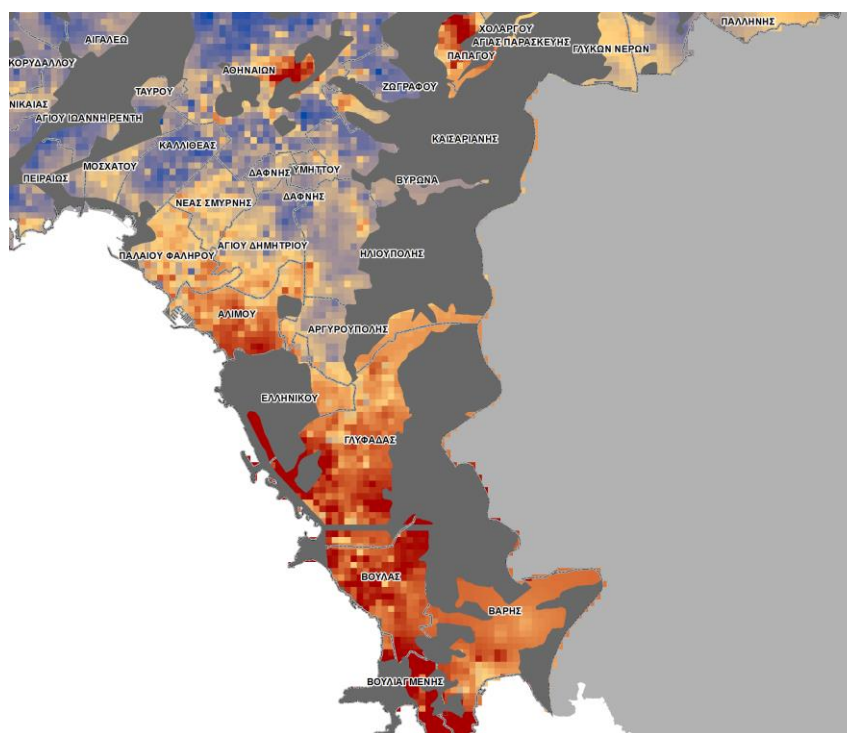


Χάρτης 6.5. Τοπική αγορά 3 με βάση τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW



Πηγή: Ίδια επεξεργασία.

Χάρτης 6.6. Τοπική αγορά 4 με βάση τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Τοπική Αγορά 3: Βόρεια προάστια (Χάρτης 6.5). Με τις υψηλότερες τιμές να εμφανίζονται στους δήμους Φιλοθέης – Ψυχικού, Κηφισιάς και Παπάγου -Χολαργού.

Τοπική Αγορά 4: Νότια προάστια (Χάρτης 6.6). Με υψηλότερες τιμές στην περιοχή του Ελληνικού και της Βουλιαγμένης.

Συνεπώς, η εφαρμογή της μεθόδου της χωρικής παρεμβολής στις εκτιμημένες τιμές των διαμερισμάτων του δείγματος ανέδειξε τέσσερις τοπικές αγορές στην αγορά κατοικίας του Λεκανοπεδίου. Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ των τεσσάρων τοπικών αγορών που καθιστά αναγκαία την τμηματοποίηση της, έγκειται τόσο στη διαφορά του επίπεδου όσο και στη γεωγραφική διαφοροποίηση των τιμών των ακινήτων που παρατηρείται σε αυτές. Η κάθε μια από τις τοπικές αγορές αυτές θα μπορούσε να θεωρηθεί ως προς ένα βαθμό ομοιογενής στο εσωτερικό της, καθώς οι τιμές των ακινήτων που βρίσκονται εντός αυτής μεταβάλλονται σε περιορισμένο εύρος. Ωστόσο, χρειάζεται περαιτέρω τμηματοποίηση της κάθε μιας τοπικής αγοράς, διότι, για παράδειγμα, στην Τοπική Αγορά 4 οι δήμοι Παλαιού Φαλήρου, Αγίου Δημητρίου, Δάφνης, Νέας Σμύρνης, Αργυρούπολης και Ηλιούπολης εμφανίζουν σημαντικές διαφορές στο εύρος των τιμών των ακινήτων τόσο μεταξύ τους όσο

και με τις ακριβότερες περιοχές των δήμων της Βουλιαγμένης, της Γλυφάδας και του Ελληνικού που ανήκουν στην ίδια τοπική αγορά.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι θα μπορούσε με βάση τα όρια των δήμων⁴⁷ να γίνει μια οριοθέτηση των τεσσάρων τοπικών αγορών που αναδεικνύονται από τα αποτελέσματα της χωρικής παρεμβολής, με σκοπό να υπολογιστεί η μέση τιμή ανά τετραγωνικό σε κάθε αγορά και στη συνέχεια να συγκριθούν οι τιμές τόσο μεταξύ των αγορών όσο και με τη μέση τιμή του συνόλου της αγοράς. Αυτό θα έδινε τη δυνατότητα να μελετηθεί η διακύμανση των τιμών των ακινήτων εντός της κάθε τοπικής αγοράς καθώς και μεταξύ των τοπικών αγορών. Ωστόσο, αυτό δεν κρίθηκε σκόπιμο να γίνει διότι σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούνται σημαντικές χωρικές διαφοροποιήσεις στο εύρος των τιμών των ακινήτων εντός των δήμων. Λόγου χάρη, στο δήμο Χαλανδρίου ιδιαίτερα υψηλές τιμές παρατηρούνται κοντά στα όρια με τους όμορους δήμους Ψυχικού, Νέου Ψυχικού και Φιλοθέης (βλέπε Χάρτη 6.5). Κατά συνέπεια, ο δήμος Χαλανδρίου δεν μπορεί να θεωρηθεί ένα ενιαίο τμήμα της αγοράς ακινήτων και θα πρέπει να υποδιαιρεθεί. Έτσι, επιβεβαιώνεται και στην παρούσα εμπειρική εφαρμογή αυτό που επισημαίνεται στην αρθρογραφία ότι δηλαδή η κατάτμηση της αγοράς ακινήτων παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα όταν γίνεται με βάση τα υφιστάμενα διοικητικά όρια. Επομένως, η συνένωση και ο σχηματισμός των τοπικών αγορών δεν θα πρέπει να βασίζεται σε αυτά. Επιπροσθέτως, η συνένωση / συνάθροιση των χωρικών ενοτήτων (δήμων ή ακόμη και ταχυδρομικών κωδικών για τη συγκεκριμένη ανάλυση) συνδέεται με το πρόβλημα των μεταβαλλόμενων χωρικών μονάδων⁴⁸ (Modifiable Areal Unit Problem - MAUP). Όπως επισημαίνεται σε πολλές μελέτες (Clark και Avery, 1976; Fotheringham και Wong, 1991) οι επιδράσεις του MAUP μειώνονται σημαντικά όταν το αρχικό επίπεδο της συνένωσης είναι όσον το δυνατόν μικρότερο, οι δήμοι (ή ακόμη και ταχυδρομικών κωδικών για τη συγκεκριμένη ανάλυση) δεν μπορούν να θεωρηθούν μικροί χωρικοί σχηματισμοί για τη διαμέριση της περιοχής μελέτης σε μικρότερες υπό περιοχές (τοπικές αγορές στην παρούσα εφαρμογή).

⁴⁷ Η με βάση τα όρια των ταχυδρομικών κωδικών, μιας και η μικρότερη διαθέσιμη μονάδα ανάλυσης πολυγώνων στην Ελλάδα είναι ο ταχυδρομικός κωδικός.

⁴⁸ Το πρόβλημα των μεταβαλλόμενων χωρικών μονάδων διατυπώθηκε από τον Openshaw το 1984. Σύμφωνα με τους Wong και Lee (2001), το πρόβλημα των μεταβαλλόμενων χωρικών μονάδων ορίζεται ως το πρόβλημα που προκύπτει από την επιβολή τεχνητών χωρικών ενοτήτων στο γεωγραφικό χώρο. Το MAUP αφορά τον καθορισμό του σχήματος και του μεγέθους των υπό εξέταση γεωγραφικών μονάδων. Το πρόβλημα των μεταβαλλόμενων χωρικών μονάδων εμπεριέχει ουσιαστικά δυο σημαντικές συνιστώσες: την επίδραση της κλίμακας (scale effect) και την επίδραση της ζωνοποίησης (zoning effect). Η επίδραση της κλίμακας έχει ως συνέπεια την απόκλιση των στατιστικών και οικονομετρικών αποτελεσμάτων μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων συνένωσης (Gotway και Young, 2002). Ουσιαστικά αποκαλύπτει μια συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων και του μεγέθους των χωρικών μονάδων. Η επίδραση της ζωνοποίησης από την άλλη μεριά, αναφέρεται στη μεταβλητότητα των στατιστικών και οικονομετρικών αποτελεσμάτων που απορρέει από την ομαδοποίηση των δεδομένων σε διαφορετικούς χωρικούς σχηματισμούς στην ίδια κλίμακα (Gotway και Young, 2002).

Τέλος, ως συμπέρασμα μπορεί να ειπωθεί πως οι τέσσερες τοπικές αγορές στεγαστικών ακινήτων που ανέδειξε η μέθοδος της χωρικής παρεμβολής στο Λεκανοπέδιο είναι περισσότερο ομοιογενείς ως προς τις τιμές προς πώληση των ακινήτων σε σύγκριση με τη συνολική αγορά (δηλαδή η διακύμανση των τιμών εντός των τοπικών αγορών είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη από τη συνολική). Η φυσική συνέπεια αυτού του συμπεράσματος είναι ότι, αν δεν είναι δυνατή η οριοθέτηση των τοπικών αγορών της υπομελέτη αγοράς με άλλη μέθοδο, θα πρέπει η ανάλυση κάθε τοπικής αγοράς να γίνεται ξεχωριστά παρά τα μειονεκτήματα που σημειώθηκαν παραπάνω.

6.7.2 Οριοθέτηση Τοπικών Αγορών Ακινήτων με Βάση την Εμπειρική Κατανομή και την Ιεραρχική Ανάλυση Συστάδων με Περιορισμό τη Γειτνίαση

Η βασική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στη διατριβή με σκοπό τον σαφή χωρικό καθορισμό των τοπικών αγορών είναι η ανάλυση συστάδων με βάση την εμπειρική κατανομή των παρατηρήσεων (Silverman, 1986) και τη γειτνίαση των παρατηρήσεων. Η παρουσίαση της ανάλυσης συστάδων, της μεθόδου που προτάθηκε από τον Silverman (1986) και η περιγραφή της μεθοδολογικής προσέγγισης για τον καθορισμό των βημάτων του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε, παρουσιάστηκαν στις ενότητες 4.6.1 και 4.6.2. Τα αποτελέσματα του αλγορίθμου καθώς και οι παράμετροι που σχετίζονται με την εφαρμογή του, αναλύονται στην παρούσα ενότητα.

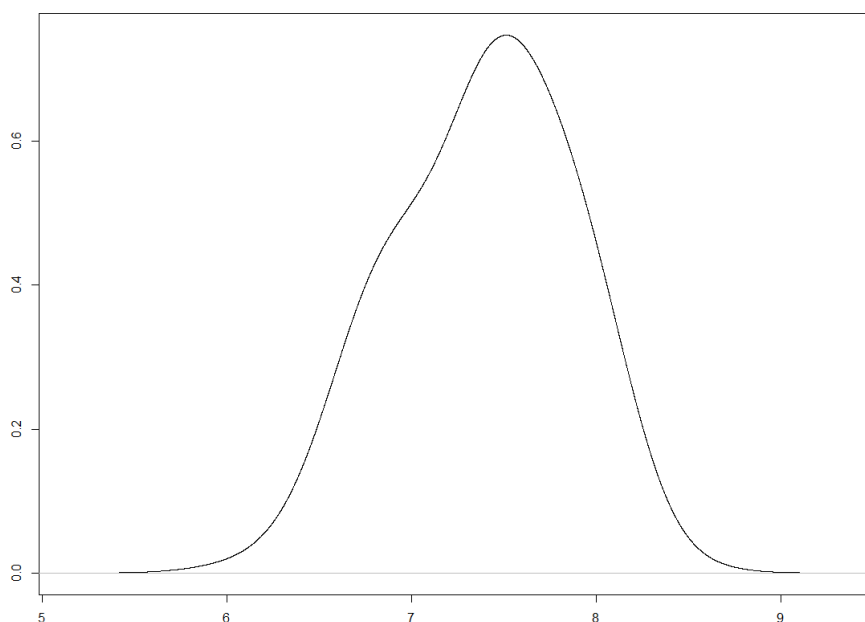
Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε βασίζεται στην τιμή της σχετικής συχνότητας του κάθε ακινήτου. Με βάση την τιμή της σχετικής συχνότητας εντοπίζονται τα ακίνητα των οποίων η τιμή τους παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης και στη συνέχεια καθορίζονται τα διάφορα επίπεδα ιεραρχίας (τα οποία αποτελούν και τις επιμέρους τοπικές αγορές ή γειτονίες της αγοράς κατοικίας της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας) μέσω του καθορισμού των σχέσεων «γονέα-παιδιού» και με προϋπόθεση τα ακίνητα που συγκρίνονται κατά την εφαρμογή της ανάλυσης συστάδων να είναι γειτονικά. Γίνεται λοιπόν σαφές ότι πριν την ανάπτυξη του αλγορίθμου θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί η εμπειρική κατανομή των δεδομένων και στη συνέχεια να καθοριστούν οι σχέσεις γειτνίασης.

Όσον αφορά λοιπόν την εμπειρική κατανομή των δεδομένων, αυτή εκτιμήθηκε με τη μέθοδο Kernel και υπολογίστηκε στις εκτιμημένες τιμές των ακινήτων. Εναλλακτικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές των ακινήτων πριν την εφαρμογή των οικονομετρικών μεθόδων ή οι τιμές των κατάλοιπων. Επίσης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν παραπάνω από μια μεταβλητή για την ομαδοποίηση των ακινήτων. Ωστόσο επιλέχθηκαν οι εκτιμημένες τιμές μιας και έχουν προκύψει από την εφαρμογή ενός χωρικού υποδείγματος το οποίο έχει αφαιρέσει τις χωρικές επιδράσεις.

Στο Διάγραμμα 6.3 παρουσιάζεται η μορφή της κατανομής των εκτιμημένων τιμών του δείγματος. Επισημαίνεται στο σημείο αυτό ότι τα αποτελέσματα της μεθόδου Kernel για

την εύρεση της εμπειρικής κατανομής του δείγματος των ακινήτων μπορεί να επηρεάζονται από το κατά πόσο οι εκτιμήσεις των οικονομετρικών μεθόδων είναι σωστές. Επίσης σημαντικό στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων της Kernel κατανομής ή της συνάρτησης πυκνότητας-πιθανότητας, είναι η τιμή της παραμέτρου εξομάλυνσης ή εύρους ζώνης (h) η επιλογή της οποίας είναι κρίσιμη καθώς μεγάλη τιμή θα υπερ-εξομαλύνει ενώ μικρή τιμή θα δυσκολεύει την προσέγγιση. Η τιμή της παραμέτρου μετά από δοκιμές καθορίστηκε να είναι ίση με 0,4 ενώ ο τύπος kernel που χρησιμοποιήθηκε είναι ο gaussian.

Διάγραμμα 6.3. Kernel density δείγματος ακινήτων (gaussian, $h=0.4$)

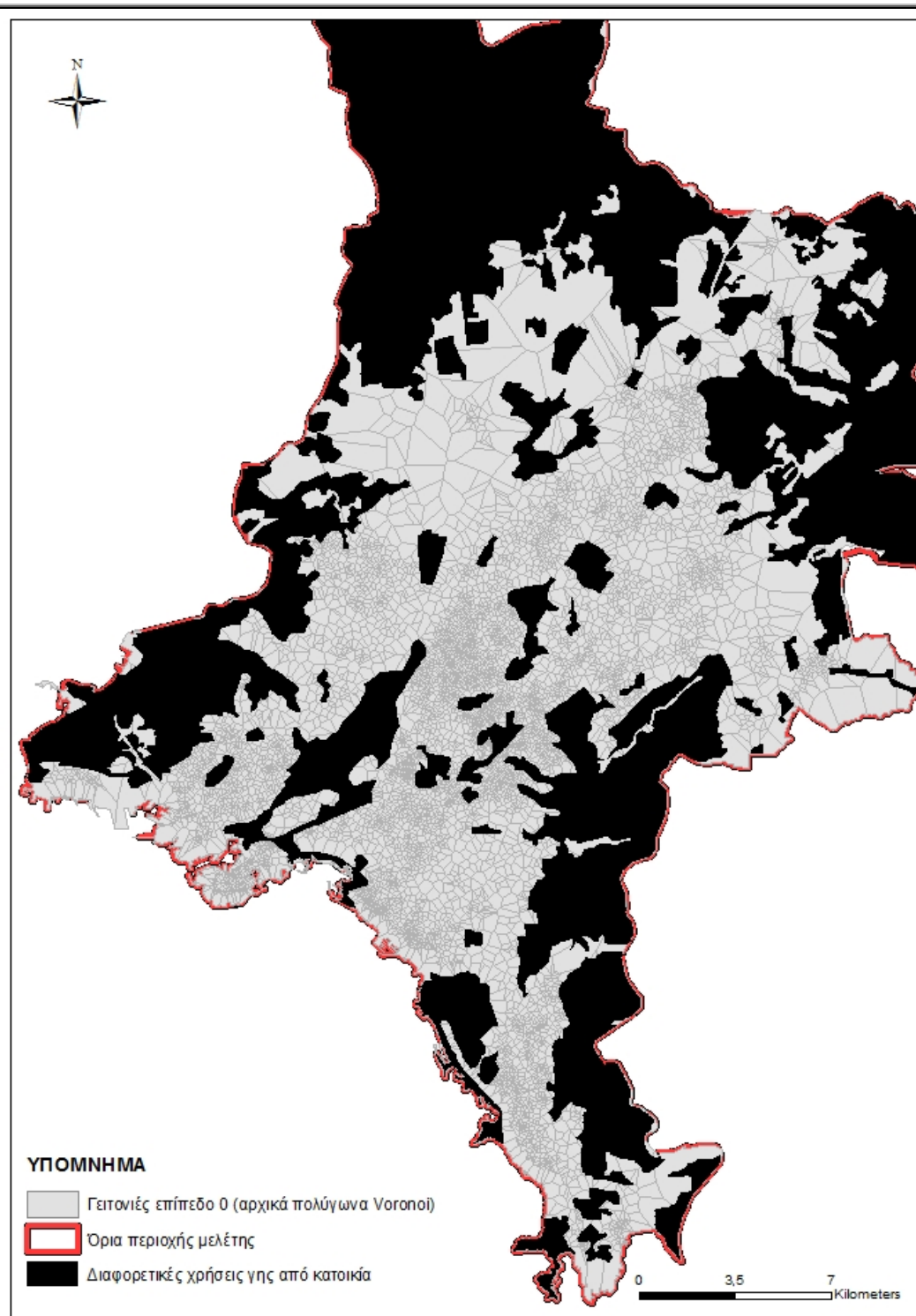


Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Περνώντας τώρα στις σχέσεις γειτνίασης αυτές καθορίστηκαν με βάση την κοινή πλευρά (rook contiguity). Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 4.6, για τον προσδιορισμό των επιμέρους αγορών ακινήτων της Αττικής χρησιμοποιούνται τα πολύγωνα Voronoi, με αυτόν τον μετασχηματισμό επιτυγχάνεται η κάλυψη όλης της υπομελέτη περιοχής και συνεπώς η χωρική οριοθέτηση των αγορών. Επίσης καθιστά δυνατή την εφαρμογή της γειτνίασης με βάση τη χωρική συνέχεια. Έτσι λοιπόν, ως κριτήριο των σχέσεων γειτνίασης κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί η rook γειτνίαση, με την οποία δυο πολύγωνα Voronoi θεωρούνται γειτονικά όταν έχουν κοινό όριο.

Στον Χάρτη 6.7 παρουσιάζονται τα πολύγωνα Voronoi που κατασκευάστηκαν από τις θέσεις των ακινήτων στην περιοχή μελέτης (τα οποία θεωρούνται ιεραρχικό επίπεδο γειτονιών 0, δηλαδή κάθε ακίνητο είναι διακριτή τοπική αγορά).

Χάρτης 6.7. Πολύγωνα Voronoi – τοπικές αγορές επίπεδο 0



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Ο υπολογισμός των σχετικών συχνοτήτων και ο ορισμός της μεθόδου καθορισμού των σχέσεων γειννίασης αποτελούν δυο στάδια πριν την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου οριοθέτησης τοπικών αγορών. Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

- Για κάθε ακίνητο X_i από το σύνολο των n ακινήτων X_1, X_2, \dots, X_n (επίπεδο 0), εντοπίζονται τα γειτονικά του ακίνητα X_1, X_2, \dots, X_k . Στη συνέχεια, υπολογίζεται για όλα τα γειτονικά ακίνητα του X_i η ακόλουθη σχέση:

$$\hat{f}(X_j) - \hat{f}(X_i) \quad (6.13)$$

όπου $\hat{f}(X)$ η τιμή της σχετικής συχνότητας της εμπειρικής κατανομής.

- Επιλέγεται ως «γονέας⁴⁹» του X_i το ακίνητο X_j για το οποίο ισχύει η μέγιστη διαφορά:

$$\hat{f}(X_j) \geq \hat{f}(X_i) \quad (6.14)$$

αν κανένα ακίνητο από τα γειτονικά του X_i δεν ικανοποιεί τη σχέση (6.14) ή αν $\hat{f}(X_j) = \hat{f}(X_i)$ τότε το X_i θεωρείται «γονέας» και περνάει στο επόμενο επίπεδο ιεραρχίας.

- Στη συνέχεια, καθορίζονται οι σχέσεις γειννίασης μεταξύ των γονέων του πρώτου επιπέδου και υπολογίζονται ξανά οι σχέσεις 6.13 και 6.14 έτσι ώστε να καθοριστούν οι γονείς του δεύτερου επιπέδου, του τρίτου επιπέδου, κ.ο.κ.

Η διαδικασία εφαρμόζεται επαναληπτικά μέχρι το πλήθος των γονέων να είναι ίσο με ένα. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζονται τα ακίνητα με τη μεγαλύτερη συχνότητα σε τοπικό επίπεδο. Πρόκειται δηλαδή για τους πιο αντιπροσωπευτικούς εκπροσώπους σε κάθε επίπεδο ιεραρχίας. Πρακτικά αυτό ισοδυναμεί με την εύρεση του ακινήτου με την πιο αντιπροσωπευτική τιμή, τοπικά σε κάθε περιοχή. Σε κάθε επίπεδο ιεραρχίας κάθε ακίνητο μπορεί να έχει ένα και μόνο ένα γονέα ή να είναι το ίδιο γονέας και να περνάει στον επόμενο κύκλο ιεραρχίας. Προϋπόθεση για τον καθορισμό της σχέσης «γονέα -παιδιού» αποτελεί η γειννίαση, με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η σύγκριση των τιμών μεταξύ των όμορων ακινήτων καθώς και η ομοιόμορφη διασπορά των γονέων στο χώρο.

Ο αλγόριθμος ολοκληρώθηκε σε 5 επίπεδα / κύκλους ιεραρχίας οι οποίοι αντιστοιχούν σε τέσσερις διαφορετικούς τρόπους διαμέρισης της ενιαίας αγοράς ακινήτων της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας, μιας και το τελικό επίπεδο 5 αντιπροσωπεύει μια ομάδα, η οποία ταυτίζεται με ολόκληρη την υπό μελέτη αγορά.

⁴⁹ Δηλαδή γονέας είναι το ακίνητο που η τιμή της σχετικής του συχνότητας του είναι υψηλότερη στη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας.

Στον Πίνακα 4.16, παρουσιάζεται το πλήθος των ακινήτων (γονέων) του κάθε επιπέδου ιεραρχίας (διαμέρισης, επίπεδο γειτονιών). Αναλυτικότερα, το πρώτο τρέξιμο του αλγορίθμου ανέδειξε ως πιο αντιπροσωπευτικά ακίνητα από τα 11343 τα 1329, στη συνέχεια στο 2 επίπεδο ιεραρχίας από τα 1329 τα πιο αντιπροσωπευτικά ακίνητα ήταν τα 180, στο 3 επίπεδο ιεραρχίας τα πιο αντιπροσωπευτικά ακίνητα ήταν 30 και στο τελευταίο επίπεδο ιεραρχίας από τα 30 προκύπτουν 4 τα οποία αποτελούν και το τελευταίο ιεραρχικό επίπεδο μιας και το επίπεδο 5 οδηγεί σε ένα ακίνητο και συνεπώς σε ολόκληρη την υπό μελέτη αγορά.

Πίνακας 6.16. Πλήθος τοπικών αγορών και ακινήτων σε κάθε προτεινομένη διαμέριση της ενιαίας αγοράς κατοικίας

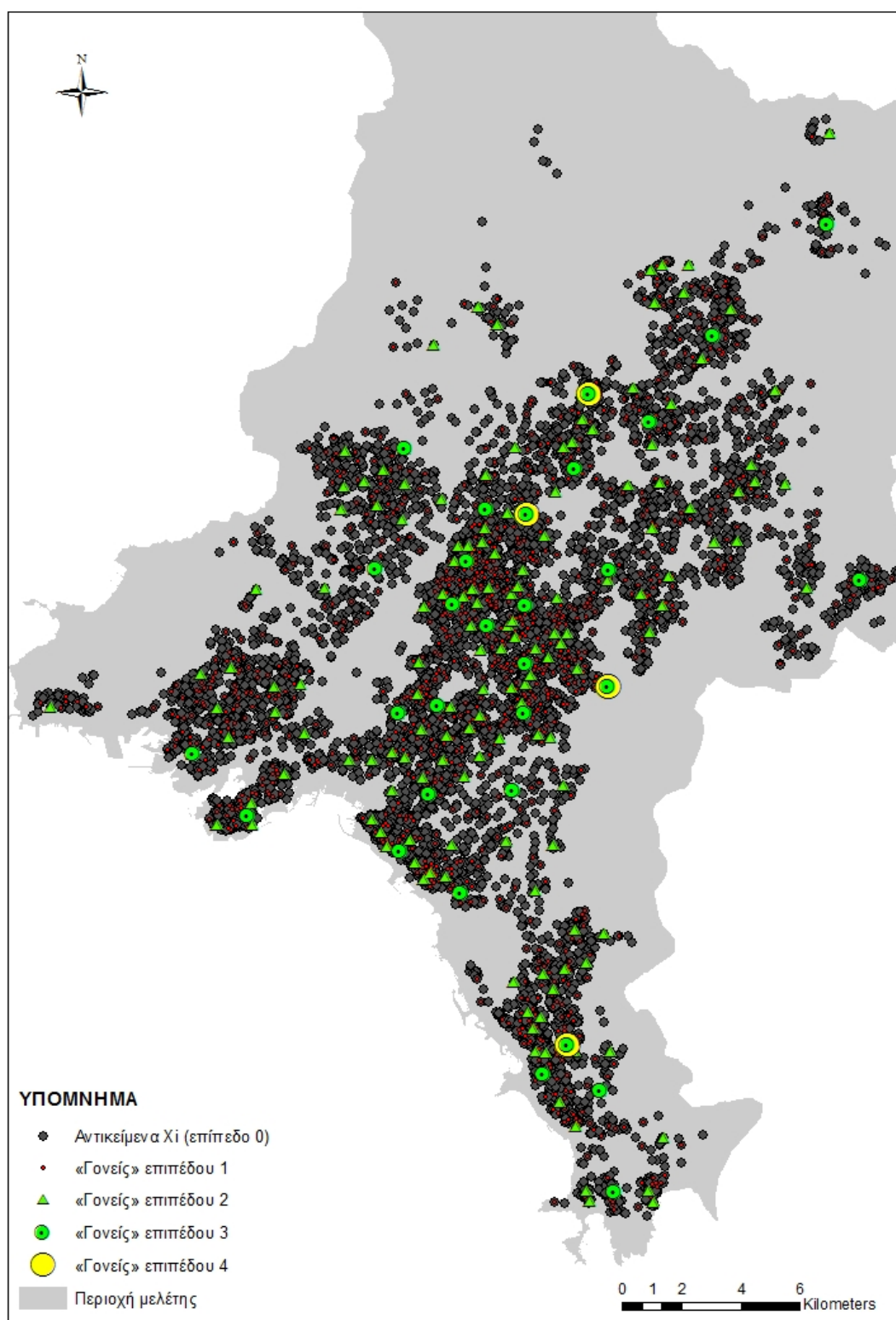
Πλήθος τοπικών αγορών (Επίπεδα ιεραρχίας)	Πλήθος ακινήτων (Αριθμός γονέων)
Επίπεδο 1	1329
Επίπεδο 2	180
Επίπεδο 3	30
Επίπεδο 4	4

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Στον Χάρτη 6.8 παρουσιάζονται τα αρχικά ακίνητα X_i του δείγματος και τα πιο αντιπροσωπευτικά ακίνητα (γονείς) κάθε επιπέδου ιεραρχίας. Όπως γίνεται φανερό από την επισκόπηση του χάρτη μέσω του περιορισμού της γειτνίασης των ακινήτων, κατά τη διαδικασία της ιεραρχικής ομαδοποίησης, πράγματι σε κάθε προτεινομένη διαμέριση (επίπεδο ιεραρχίας) εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη διασπορά των γονέων στο χώρο. Κάτι το οποίο είναι σημαντικό διότι πρώτον, με αυτόν τον τρόπο επιλέγονται τοπικά οι πιο αντιπροσωπευτικές τιμές των ακινήτων (αυτές με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης) και δεύτερον, αυτό οδηγεί με τη σειρά του σε σχετική ομοιότητα του μεγέθους και της μορφής των τοπικών αγορών στην υπό μελέτη περιοχή.

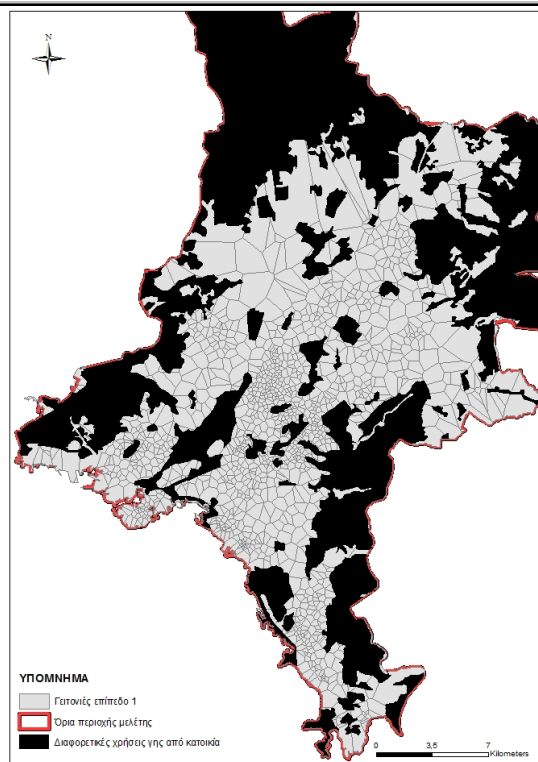
Από τις παραπάνω θέσεις των ακινήτων «γονέων» κάθε επιπέδου ιεραρχίας κατασκευάστηκαν τα πολύγωνα Voronoi τα οποία αποτελούν και τις τέσσερις διαφορετικές προτεινόμενες διαμερίσεις σε τοπικές αγορές της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας (Χάρτης. 6.9,10,11 και 12). Το πλήθος των τοπικών αγορών κάθε επιπέδου (1,2,3 και 4), είναι ίσο με τον αριθμό των γονέων που ανέδειξε η διαδικασία του αλγορίθμου σε κάθε επίπεδο ιεραρχίας. Έτσι, η πρώτη προτεινόμενη διαμέριση της αγοράς ακινήτων, που αναφέρεται ως επίπεδο 1, περιλαμβάνει 1329 τοπικές αγορές (Χάρτης 6.9). Η δεύτερη διαμέριση (επίπεδο 2) χωρίζει την υπό μελέτη αγορά κατοικίας σε 180 τοπικές αγορές (Χάρτης 6.10), η τρίτη διαμέριση (επίπεδο 3) σε 30 τοπικές αγορές (Χάρτης 6.11) και η τέταρτη διαμέριση (επίπεδο 4) σε 4 τοπικές αγορές (Χάρτης 6.12).

Χάρτης 6.8. Ακίνητα σε κάθε επίπεδο ιεραρχίας – σε κάθε προτεινόμενη διαμέριση της αγοράς κατοικίας της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας

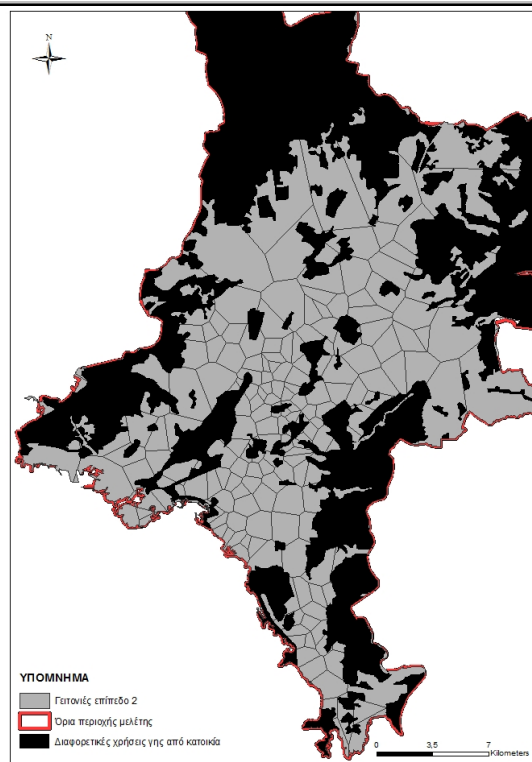


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

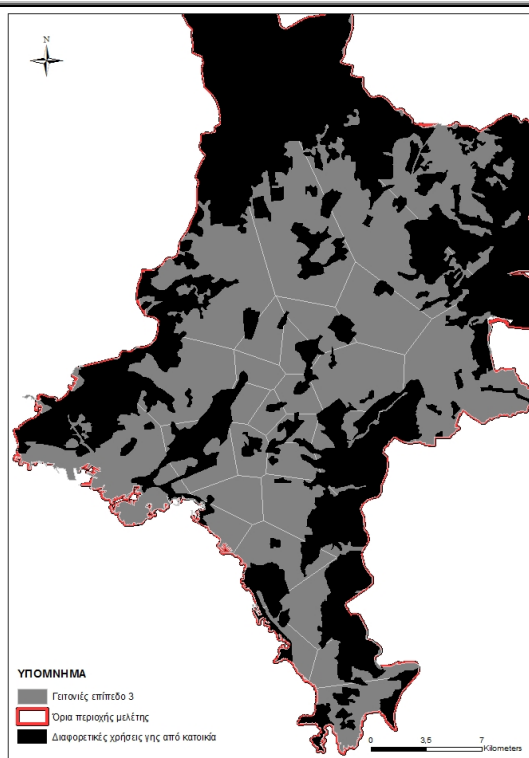
Χάρτης 6.9. Τοπικές αγορές επίπεδο 1



Χάρτης 6.10. Τοπικές αγορές επίπεδο 2



Χάρτης 6.11. Τοπικές αγορές επίπεδο 3



Χάρτης 6.12. Τοπικές αγορές επίπεδο 4



Οι παραπάνω τέσσερις διαμερίσεις της αγοράς κατοικίας της υπό μελέτη περιοχής αποτελούν ουσιαστικά τέσσερις διαφορετικούς τρόπους οριοθέτησης των τοπικών αγορών κατοικίας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ορθή διαμέριση της αγοράς ακινήτων, αυξάνει την προβλεπόμενη ακρίβεια των οικονομετρικών υποδειγμάτων και επιτρέπει την καλύτερη μοντελοποίηση της χωρικής και χρονικής διακύμανσης των τιμών. Έτσι λοιπόν, θα πρέπει να απαντηθεί το ερώτημα ποιο από τα τέσσερα επίπεδα διαμέρισης της αγοράς κατοικίας είναι το καταλληλότερο. Ωστόσο, η παραγωγή ενός κατάλληλου/άριστου συστήματος ζωνοποίησης (διαμερισμού της υπό μελέτης περιοχής σε υποπεριοχές) ουσιαστικά αποτελεί καθαρά έναν υποκειμενικό τρόπο. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, προκύπτει ότι ένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα κριτήρια ορισμού αποτελεί η μεγιστοποίηση της διακύμανσης μεταξύ των χωρικών ενοτήτων και η ελαχιστοποίηση της εντός χωρικών μονάδων. Σε πολλές μελέτες η επιλογή του πλήθους των ομάδων γίνεται με δοκιμές είτε ακόμα και αυθαίρετα. Οι Moellering και Tobler (1972), προτείνουν μια σειρά στατιστικών κριτηρίων για την επιλογή του πλήθους των ομάδων.

Στο παρόν διδακτορικό, για να επιλεγεί το καταλληλότερο ιεραρχικό επίπεδο τμηματοποίησης (πλήθος τοπικών αγορών) ακολουθούνται δυο στάδια, τα εξής: αρχικά εξετάζεται αν οι τέσσερις διαμερίσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή του αλγορίθμου είναι στατιστικά σημαντικές και στη συνέχεια επιλέγεται η καταλληλότερη με βάση ένα αντικειμενικό στατιστικό κριτήριο, το “F-τεστ”, όπως αυτό περιγράφεται από τον Beale (1969).

Για να εξεταστεί λοιπόν, αν οι διαμερίσεις που προέκυψαν είναι στατιστικά σημαντικές κρίθηκε σκόπιμο να εφαρμοστεί η ανάλυση διακύμανσης (Analysis of Variance, ANOVA) με την οποία εφαρμόζεται ο στατιστικός έλεγχος υποθέσεων για τη σύγκριση των μέσων τιμών, των 1329 (Τοπικές αγορές επίπεδο 1), των 180 (Τοπικές αγορές επίπεδο 2), των 30 (Τοπικές αγορές επίπεδο 3) και των 4 (Τοπικές αγορές επίπεδο 4) γειτονιών, αντίστοιχα.

Η ανάλυση διακύμανσης εφαρμόζεται στις εκτιμημένες τιμές των ακινήτων. Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων (Πίνακας 6.15), προκύπτει ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, είναι στατιστικά σημαντικές οι διαφορές μεταξύ των τιμών των μέσων όρων των γειτονιών των τεσσάρων διαμερίσεων. Συνεπώς όποια εκ των τεσσάρων διαμερίσεων και να επιλεγεί ως τρόπος καθορισμού των τοπικών αγορών ακινήτων της Αθήνας είναι σωστή και στατιστικά σημαντική.

Ουσιαστικά, το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει την υπόθεση εργασίας ότι υπάρχει συστηματική μεταβολή των τιμών των ακινήτων στο χώρο καθώς και την αναγκαιότητα διαμέρισης της ενιαίας αγοράς ακινήτων σε τοπικές αγορές. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης δείχνουν ότι ο αλγόριθμος οδηγεί στη δημιουργία σχετικά όμοιων χωρικών ομάδων σε κάθε επίπεδο γειτονιών (επίπεδο ιεραρχίας).

Ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί ξανά ότι η ομοιότητα ως προς το μέγεθος των γειτονιών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την χωρική πυκνότητα των αρχικών δεδομένων στην υπό μελέτη περιοχή. Μιας και σε περιοχές με χαμηλή πυκνότητα παρατηρήσεων δημιουργούνται

μεγάλου μεγέθους πολύγωνα Voronoi γύρω από τα όποια υπάρχει μικρός αριθμός γειτονικών με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολο να δημιουργηθούν ομοιογενείς ομάδες ως προς την μεταβλητή που χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση τους (τιμή ακινήτου ανά τετραγωνικό). Αυτό είναι πολύ κρίσιμο σημείο καθώς ο αλγόριθμος πάντα θα μας δώσει ομάδες παρατηρήσεων και επομένως καλούμαστε να αποφασίσουμε αν αυτές οι ομάδες περιέχουν κάποια πληροφορία ή όχι. Όμως πάρα του περιορισμούς αυτούς τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε επιβεβαιώνει την υπόθεση ότι κάποια από τα τεχνικά/κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ακινήτου καθορίζονται από τη συγκεκριμένη τοποθεσία. Με άλλα λόγια, επιβεβαιώνεται η συστηματική μεταβολή του αντίστοιχου φαινομένου στο χώρο.

Πίνακας 6.17. Ανάλυση διακύμανσης μεταξύ των τοπικών αγορών των τεσσάρων διαμερίσεων

Τοπικές αγορές επίπεδο 1					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F-test	Πιθανότητα σφάλματος
Between Groups	755	3	252	1029	0.000***
Within Groups	2261	9241	0.25		
Total	3017	9244			

Σημείωση: Τιμή κριτήριο=2.61

Τοπικές αγορές επίπεδο 2					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F-test	Πιθανότητα σφάλματος
Between Groups	1200	29	41	210	0.000***
Within Groups	1817	9215	0.20		
Total	3017	9244			

Σημείωση: Τιμή κριτήριο=1.47

Τοπικές αγορές επίπεδο 3					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F-test	Πιθανότητα σφάλματος
Between Groups	1430	179	8	46	0.000***
Within Groups	1587	9065	0.18		
Total	3017	9244			

Σημείωση: Τιμή κριτήριο=1.18

Τοπικές αγορές επίπεδο 4

	Sum of Squares	df	Mean Square	F-test	Πιθανότητα σφάλματος
Between Groups	1801	1328	1	9	0.000***
Within Groups	1215	7916	0.15		
Total	3017	9244			

Σημείωση: Τιμή κριτήριο=1.07

Σημείωση: Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$ ‘***’

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

Για να επιλεγεί, να αναλυθεί και να προταθεί το καταλληλότερο επίπεδο ιεραρχίας εκ των τεσσάρων παραπάνω που οδηγεί και στον τελικό αριθμό των τοπικών αγορών της αγοράς κατοικίας της Αθήνας, χρησιμοποιήθηκε ένα αντικειμενικό στατιστικό κριτήριο, το “F-τεστ”, το οποίο διατυπώθηκε από τον Beale το 1969. Το τεστ αυτό βασίζεται στα αθροίσματα των τετραγώνων των αποκλίσεων από τη μέση τιμή των ομάδων (S_g^2) και υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$F(g_1, g_2) = \frac{(S_{g_1}^2 - S_{g_2}^2) / S_{g_2}^2}{[(n - g_1) / (n - g_2)] (g_2 / g_1)^{2/p} - 1} \quad (6.15)$$

Σημειώνεται πως το g_i αντιπροσωπεύει τον αριθμό των ομάδων κάθε ιεραρχικού επιπέδου και όπου n το μέγεθος των αρχικών στοιχείων προς ομαδοποίηση. Ο διαχωρισμός των n αντικειμένων σε g_2 ομάδες είναι καλύτερος από τον διαχωρισμό σε g_1 ομάδες ($g_2 > g_1$) αν το στατιστικό τεστ $F(g_1, g_2)$ υπερβαίνει την τιμή κριτήριο της $F_{(g_2 - g_1, n - g_2)}$ κατανομής.

Το F-τεστ που προτάθηκε από τον Beale εφαρμόστηκε στις εκτιμημένες τιμές των ακινήτων. Η εφαρμογή του κριτηρίου έγινε μεταξύ του αριθμού των ομάδων από το πρώτο ιεραρχικό επίπεδο στο δεύτερο (από 1329 ομάδες σε 180), από το δεύτερο στο τρίτο (από 180 σε 30) και από το τρίτο στο τέταρτο (από 30 σε 4). Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων (Πίνακας 6.16) προκύπτει ότι κάθε επόμενο επίπεδο ιεραρχίας είναι στατιστικά επιλέξιμο από το προηγούμενο.

Πίνακας 6.17. Αποτελέσματα F- κριτηρίου Beale

	(g_1, g_2)	(g_2, g_3)	(g_3, g_4)
$F(g_i, g_j)$	2.06	4.43	1.20
F	1.07	1.20	1.50

Σημείωση: $g_1 = 1329$ ομάδες,

$g_2 = 180$ ομάδες,

$g_3 = 30$ ομάδες,

$g_4 = 4$ ομάδες.

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης.

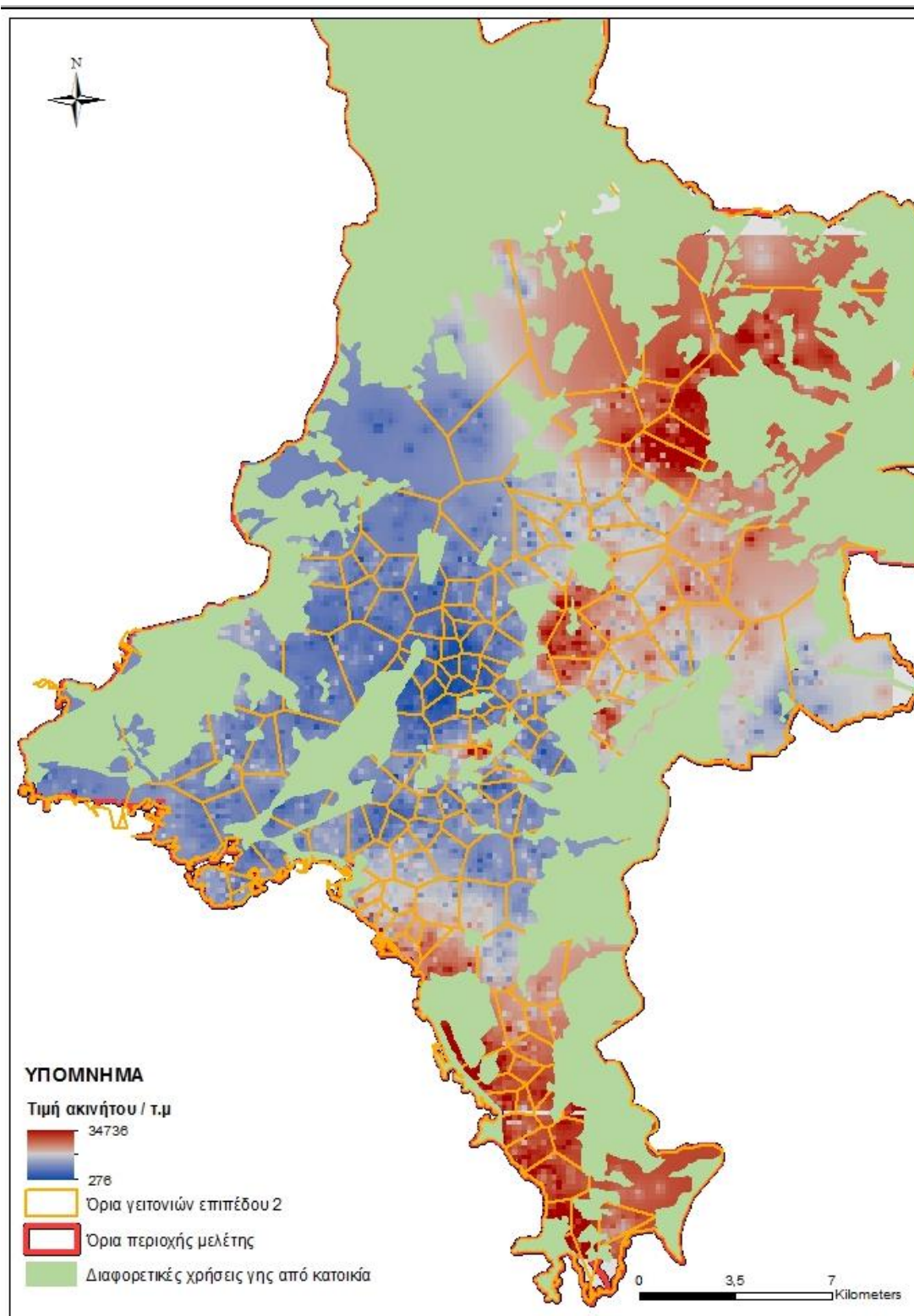
Η επιλογή του τελικού πλήθους των ομάδων, βασίστηκε στην υψηλότερη τιμή του “F-τεστ” του Beale. Η υψηλότερη τιμή του κριτηρίου αυτού παρατηρείται όταν γίνεται σύγκριση μεταξύ των 180 και 30 ομάδων ($F(g_2, g_3) = 4.43$). Συνεπώς, το καταλληλότερο πλήθος των ομάδων (τοπικών αγορών) είναι το 180.

Στον Χάρτη 6.13 παρουσιάζονται τα όρια των 180 τοπικών αγορών και η χωρική μεταβολή (ο υπολογισμός της έγινε με τη μέθοδο της IDW βλέπε παραπάνω, υποενότητα 6.6.1) των τιμών των ακινήτων στην υπό μελέτη περιοχή. Από την επισκόπηση του χάρτη διακρίνεται ότι τα όρια των τοπικών αγορών που δημιουργούνται προσαρμόζονται σε ένα βαθμό στις περιοχές που παρατηρείται αλλαγή των τιμών των ακινήτων.

Όσον αφορά τα όρια των 180 γειτονιών (τοπικών αγορών) και τα διοικητικά όρια των δήμων αυτά παρουσιάζονται στον Χάρτη 6.14. Όπως είναι εύλογο η ανάλυση δεν μπορεί να γίνει για όλους τους δήμους της περιοχής μελέτης. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι τοπικές αγορές στις οποίες χωρίζονται οι Δήμοι Παλαιού Φαλήρου και Νέα Σμύρνης (Χάρτης 6.15). Από τον Χάρτη 6.15 φαίνεται ότι ο δήμος του Παλαιού Φαλήρου χωρίζεται σε 8 τοπικές αγορές και ο δήμος της Νέας Σμύρνης σε 5 τοπικές αγορές.

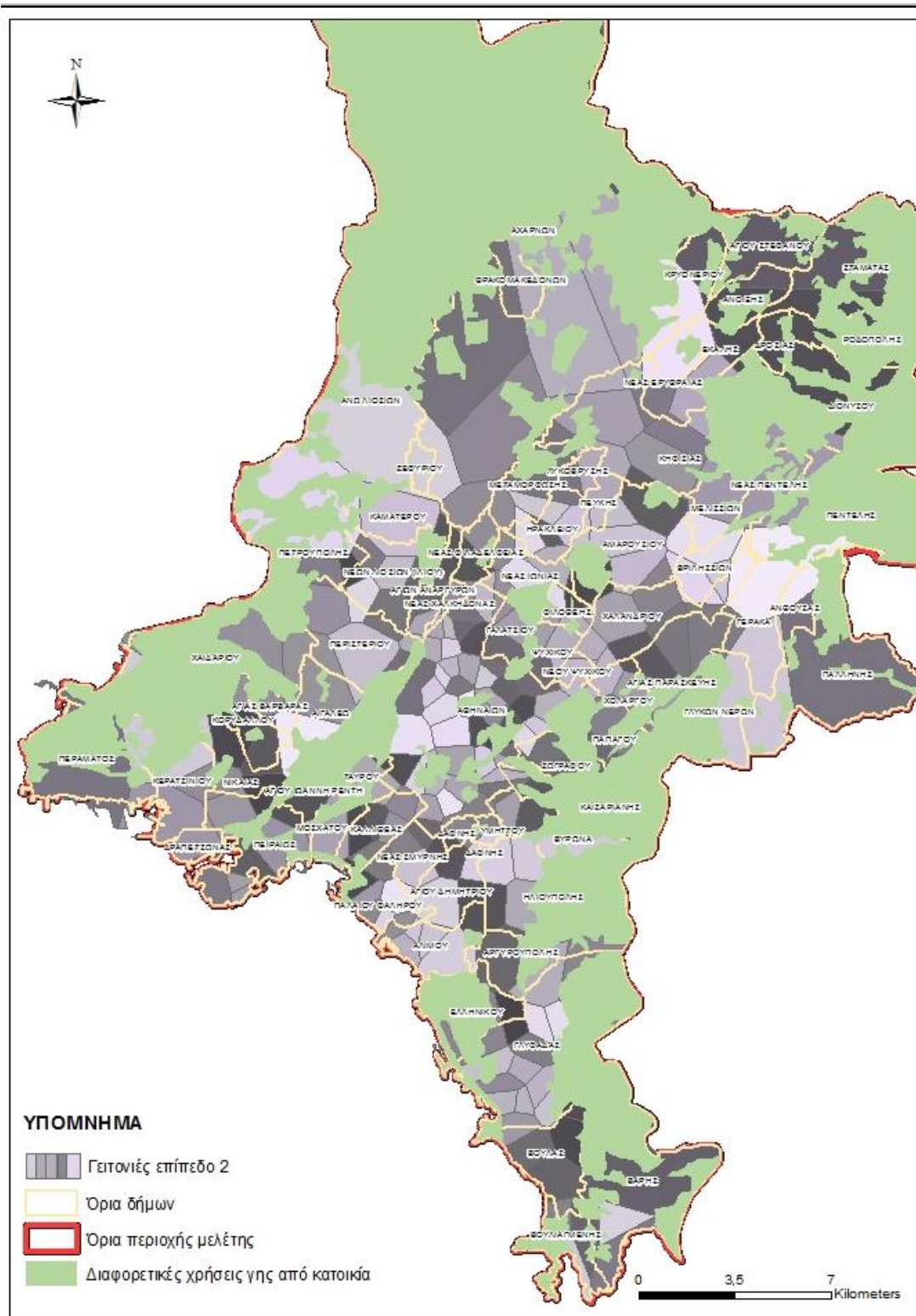
Κλείνοντας την ενότητα αυτή επισημαίνεται ότι μελλοντικά, θα είχε ενδιαφέρον να εφαρμοστούν τα χωρικά οικονομετρικά υποδείγματα στις τοπικές αγορές της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας και να μελετηθούν οι επιδράσεις των χαρακτηριστικών των ακινήτων σε κάθε περιοχή, και σε γενικότερο πλαίσιο να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων τόσο ως προς τα οικονομετρικά ζητήματα όσο και ως προς τους παράγοντες που διαμορφώνονται σε κάθε τοπική αγορά.

Χάρτης 6.13. Όρια των 180 τοπικών αγορών και χωρική παρεμβολή των εκτιμημένων τιμών



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Χάρτης 6.14. Όρια των 180 τοπικών αγορών και διοικητικά όρια των δήμων της υπομελέτη περιοχής



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Χάρτης 6.15. Δήμοι Παλαιού Φαλήρου και Νέας Σμύρνης και όρια τοπικών αγορών



Πηγή: Ίδια επεξεργασία.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

Στη διατριβή διερευνάται ο τρόπος που διαμορφώνονται οι τιμές των ακινήτων της στεγαστικής αγοράς της Αθήνας, με τη βοήθεια της χωρικής ανάλυσης και των μεθόδων της χωρικής οικονομετρίας. Επιπλέον, οροθετούνται οι τοπικές αγορές των στεγαστικών ακινήτων της υπό μελέτη αγοράς.

Με στόχο να μελετηθούν οι κυμάνσεις των τιμών των ακινήτων που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, εφαρμόστηκε το υπόδειγμα χωρικής υστέρησης (SAR), το υπόδειγμα χωρικού σφάλματος (SEM), το γενικό χωρικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (SAC) και το χωρικό υπόδειγμα Durbin (SDM) της χωρικής οικονομετρίας. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι μέθοδοι της χωρικής οικονομετρίας, δεν έχουν έως τώρα χρησιμοποιηθεί ευρέως στην Ελλάδα για την εκτίμηση και την ανάλυση των στεγαστικών αγορών της. Επιπλέον, στη διατριβή έγινε εκτενής καταγραφή όλων των μεθόδων και των τεχνικών που απαντώνται στην αρθρογραφία για τη μελέτη των τιμών των στεγαστικών ακινήτων καθώς και των κριτηρίων επιλογής και διατύπωσης της κατάλληλης οικονομετρικής εξειδίκευσης, των κριτηρίων επιλογής του χωρικού οικονομετρικού υποδείγματος και των κριτηρίων επιλογής της μήτρας χωρικών σταθμίσεων.

Από τη συγκριτική ανάλυση προέκυψε πως τα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας εκτιμούν ιδιαίτερα ικανοποιητικά τις κυμάνσεις των τιμών στο χώρο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το πλαίσιο της χωρικής οικονομετρίας αποτελεί την κατάλληλη μέθοδο εκτίμησης σε σχέση με την παραδοσιακή μέθοδο παλινδρόμησης και αυτό διότι μπορεί να αποδώσει περισσότερη πληροφορία, ενώ ταυτόχρονα μειώνει τις δυσκολίες και την πολυπλοκότητα στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Με άλλα λόγια, προέκυψε πως όταν δεν λαμβάνεται υπόψη η χωρική διάσταση των τιμών των κατοικιών, όταν δηλαδή χρησιμοποιείται η απλή παλινδρόμηση, τότε τα οικονομετρικά αποτελέσματα είναι ψευδή (spurious) σε σημαντικό βαθμό.

Τα αποτελέσματα της διατριβής έδειξαν ότι από τα τέσσερα υποδείγματα της χωρικής οικονομετρίας το γενικό χωρικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (SAC) αποτελεί το καταλληλότερο υπόδειγμα για τη μελέτη του συνόλου της στεγαστικής αγοράς της Αθήνας για την περίοδο αναφοράς που μελετάται. Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα του μη χωρικού υποδείγματος, στο γενικό χωρικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (SAC) οι τιμές των τυπικών σφαλμάτων των συντελεστών μειώνονται σημαντικά. Αυτό έχει ως αποτελέσματα, στο υπόδειγμα SAC τα διαστήματα εμπιστοσύνης να είναι μικρότερα, γεγονός που εξασφαλίζει μεγαλύτερη ακρίβεια στις εκτιμήσεις των συντελεστών του υποδείγματος. Επιπροσθέτως, προέκυψε ότι η οριακή τιμή που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο αγοραστής για την απόκτηση μιας επιπλέον μονάδας του χαρακτηριστικού που περιγράφει η μεταβλητή διαφέρει σε σημαντικό βαθμό και πιο συγκεκριμένα η επίδραση των περισσότερων μεταβλητών υπερεκτιμούνται στο μη χωρικό υπόδειγμα.

Μελετήθηκε επίσης η προγνωστική ακρίβεια του υποδείγματος SAC και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι προβλέψεις του υποδείγματος SAC είναι πιο ακριβείς από αυτές του μη χωρικού υποδείγματος. Επιπλέον, εξετάστηκε αν τα ακίνητα που υπερεκτιμούνται ή υποεκτιμούνται από το υπόδειγμα SAC εμφανίζουν χωρικές συγκεντρώσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των τιμών που εκτιμούνται από το υπόδειγμα και αυτές των αγγελιών, παρατηρούνται στις ακριβές περιοχές της Αθήνας καθώς και ότι ακραίες εκτιμήσεις παρατηρούνται σε ακίνητα που βρίσκονται στα άκρα της περιοχής μελέτης. Κάτι το οποίο είναι πιθανόν να οφείλεται στη χαμηλή χωρική συγκέντρωση των παρατηρήσεων του δείγματος σε αυτές τις περιοχές, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τα χωρικά οικονομετρικά υποδείγματα να μην εκτιμούν σωστά την τιμή της υπό εξέταση μεταβλητής. Αυτό είναι πιθανόν να συνδέεται άμεσα με τη μήτρα χωρικών σταθμίσεων η οποία σε περιοχές με χαμηλή χωρική πυκνότητα παρατηρήσεων κατασκευάζεται με απομακρυσμένες συνδέσεις. Ειδικότερα, με την εφαρμογή του SAC υποδείγματος εισάγονται στην εκτίμηση κάθε παρατήρησης εκτός από τις μεταβλητές που αφορούν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κάθε ακινήτου και τις μεταβλητές θέσης και γειτονιάς του, η μεταβλητή με χωρική υστέρηση (Wy) και η μεταβλητή χωρικού σφάλματος (Wu). Όταν η μήτρα W βασίζεται σε απομακρυσμένες συνδέσεις τότε μέσω των δυο αυτών χωρικών μεταβλητών λαμβάνεται υπόψη στην εκτίμηση του ακινήτου επίδραση που οδηγεί στη διαφορά μεταξύ της παρατηρηθείσας τιμής και της εκτιμημένης τιμής του.

Όσον αφορά τη συναρτησιακή μορφή του υποδείγματος χρησιμοποιήθηκε η ημιλογαριθμική μορφή. Περνώντας, στους προσδιοριστικούς παράγοντες που διαμορφώνουν την τελική τιμή των ακινήτων τα αποτελέσματα της χωρικής οικονομετρικής ανάλυσης δείχνουν ότι ο ηδονικός δείκτης στέγασης της αγοράς ακινήτων της Αθήνας είναι συνάρτηση δεκατριών χαρακτηριστικών. Πιο συγκεκριμένα, οι παράγοντες με θετική επίδραση είναι οι εξής: το μέγεθος του ακινήτου, η διαθεσιμότητα αυτόνομης θέρμανσης, η ύπαρξη τζακιού, οι μεταβλητές του πρώτου, δευτέρου, τρίτου, τετάρτου και πέμπτου ή μεγαλύτερου ορόφου, η διαθεσιμότητα χώρου στάθμευσης και η θέα στη θάλασσα. Ενώ, αρνητική επίδραση έχει η ηλικία του ακινήτου, το αν το ακίνητο βρίσκεται στο υπόγειο και η απουσία ανελκυστήρα στην πολυκατοικία που βρίσκεται το προς πώληση ακίνητο.

Ένας επιμέρους στόχος της διατριβής, ήταν να μελετηθεί το κατά πόσο τα αποτελέσματα των χωρικών υποδειγμάτων είναι ευαίσθητα στις εξειδικεύσεις της μήτρας χωρικών σταθμίσεων που εξετάστηκαν και να επιλεγεί η καταλληλότερη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις τιμές του συντελεστή προσδιορισμού, του κριτηρίου πληροφοριών Akaike, της διακύμανσης των κατάλοιπων, της λογαριθμοποιημένης πιθανοφάνειας και του συντελεστή Moran I τόσο μεταξύ των διαφορετικών χωρικών υποδειγμάτων όσο και στον ίδιο τύπο χωρικού υποδείγματος στους εναλλακτικούς τρόπους κατασκευής της μήτρας χωρικών σταθμίσεων. Στην παρούσα εφαρμογή, συνεκτιμώντας τις τιμές των πέντε κριτηρίων η καλύτερη εξειδίκευση, που συλλαμβάνει καλύτερα τη χωρική αλληλεπίδραση των τιμών στο χώρο, εμφανίζεται στη μήτρα χωρικών σταθμίσεων που ορίζεται με βάση τα 15 – πλησιέστερα ακίνητα.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης του γενικού χωρικού υποδείγματος έδειξαν ότι η μικρότερη τιμή πώλησης ανά τετραγωνικό για ένα διαμέρισμα στην Αθήνα είναι τα 313 ευρώ και η μεγαλύτερη τιμή πώλησης ανά τετραγωνικό είναι τα 6482 ευρώ. Όσον αφορά το πρότυπο της χωρικής συγκέντρωσης των προβλεπόμενων τιμών αυτό διαφοροποιείται στην περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, στην αγορά ακινήτων της Αθήνας, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μεθόδου της γεωγραφικής παρεμβολής, διαμορφώνονται τέσσερις υποαγορές. Η «τοπική αγορά 1» στην οποία περιλαμβάνονται οι περιοχές του κέντρου της Αθήνας, του Πειραιά, των Δυτικών προαστίων και των Ανατολικών προαστίων. Με φθηνότερες περιοχές αυτές του δήμου της Αθήνας (εκτός του ιστορικού κέντρου της πόλης), του δήμου Περιστερίου και του δήμου της Καλλιθέας. Η «τοπική αγορά 2» η οποία περιλαμβάνει την περιοχή του ιστορικού κέντρου της Αθήνας. Η «τοπική αγορά 3» η οποία περιλαμβάνει τα Βόρεια προάστια. Με τις υψηλότερες τιμές να εμφανίζονται στους δήμους Φιλοθέης – Ψυχικού, Κηφισιάς και Παπάγου -Χολαργού. Και η «τοπική αγορά 4» η οποία περιλαμβάνει τα Νότια προάστια. Με υψηλότερες τιμές στην περιοχή του Ελληνικού και της Βουλιαγμένης.

Όσον αφορά τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε και προτείνεται για την οριοθέτηση τοπικών αγορών, αυτή βασίζεται στην ανάλυση συστάδων, στην εμπειρική κατανομή των εκτιμημένων τιμών και στη γειτνίαση των παρατηρήσεων. Με βάση την τιμή της σχετικής συχνότητας εντοπίζονται τα ακίνητα των οποίων η τιμή τους παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης και στη συνέχεια καθορίζονται τα διάφορα επίπεδα ιεραρχίας (τα

οποία αποτελούν και τις επιμέρους τοπικές αγορές ή γειτονίες της αγοράς κατοικίας της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας) με προϋπόθεση τα ακίνητα που συγκρίνονται κατά την εφαρμογή της ανάλυσης συστάδων να είναι γειτονικά. Ο αλγόριθμος ανέδειξε τέσσερις κύκλους ιεραρχίας οι οποίοι αντιστοιχούν σε τέσσερις διαφορετικές διαμερίσεις της ενιαίας αγοράς ακινήτων της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας. Οι τέσσερις διαμερίσεις αποτελούν ουσιαστικά τέσσερις διαφορετικούς τρόπους οριοθέτησης των τοπικών αγορών κατοικίας.

Για να επιλεγεί το καταλληλότερο πλήθος των τοπικών αγορών αρχικά εξετάστηκε αν οι τέσσερις διαμερίσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή του αλγορίθμου είναι στατιστικά σημαντικές μέσω της ανάλυσης διακύμανσης. Η ανάλυση διακύμανσης εφαρμόζεται στις εκτιμημένες τιμές των ακινήτων και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι στατιστικά σημαντικές οι διαφορές μεταξύ των τιμών των μέσων όρων των γειτονιών των τεσσάρων διαμερίσεων. Συνεπώς, όποια εκ των τεσσάρων διαμερίσεων και να επιλεγεί ως τρόπος καθορισμού των τοπικών αγορών ακινήτων της Αθήνας είναι σωστή και στατιστικά σημαντική. Ουσιαστικά, το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει την υπόθεση εργασίας ότι υπάρχει συστηματική μεταβολή των τιμών των ακινήτων στο χώρο καθώς και την αναγκαιότητα διαμέρισης της ενιαίας αγοράς ακινήτων σε τοπικές αγορές. Με άλλα λόγια τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης δείχνουν ότι ο αλγόριθμος οδηγεί στη δημιουργία ομοιογενών χωρικών ομάδων (δηλαδή η διακύμανση των τιμών εντός των ομάδων είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη από τη διακύμανση μεταξύ των ομάδων) σε κάθε επίπεδο γειτονιών (επίπεδο ιεραρχίας). Ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί ότι η ομοιογένεια καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την χωρική πυκνότητα των αρχικών δεδομένων στην υπό μελέτη περιοχή. Μιας και σε περιοχές με χαμηλή πυκνότητα παρατηρήσεων δημιουργούνται μεγάλου μεγέθους πολύγωνα Voronoi γύρω από τα οποία υπάρχει μικρός αριθμός γειτονικών με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολο να δημιουργηθούν ομοιογενείς ομάδες ως προς την μεταβλητή που χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση τους (τιμή ακινήτου ανά τετραγωνικό). Όμως παρά τους περιορισμούς αυτούς τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι κάποια από τα τεχνικά/κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ακινήτου καθορίζονται από τη συγκεκριμένη τοποθεσία. Με άλλα λόγια, επιβεβαιώνεται η συστηματική μεταβολή του αντίστοιχου φαινομένου στο χώρο. Για να επιλεγεί, να αναλυθεί και να προταθεί το καταλληλότερο επίπεδο ιεραρχίας εκ των τεσσάρων παραπάνω που οδηγεί και στον τελικό αριθμό των τοπικών αγορών της αγοράς κατοικίας της Αθήνας, χρησιμοποιήθηκε ένα αντικειμενικό στατιστικό κριτήριο, το “F-τεστ”, το οποίο διατυπώθηκε από τον Beale το 1969. Το F-τεστ ανέδειξε ως το καταλληλότερο πλήθος των ομάδων τις 180 τοπικές αγορές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα όρια των 180 γειτονιών που δημιουργούνται προσεγγίζουν σε πολύ καλό βαθμό με τις περιοχές που παρατηρείται αλλαγή των τιμών των ακινήτων.

Τα αποτελέσματα της διδακτορικής διατριβής συμβάλουν προς την κατεύθυνση της διερεύνησης των τιμών ακινήτων στην Αθήνα, μέσω της βαθύτερης μελέτης των χωρικών επιδράσεων και του ρόλου που αυτές διαδραματίζουν τόσο στη διαμόρφωση της τελικής του αξίας όσο και στη διαμόρφωση των τιμών των χαρακτηριστικών τους. Μελλοντικά, θα ήταν

ενδιαφέρον να εξεταστούν τα χωρικά οικονομετρικά υποδείγματα στις 180 τοπικές αγορές ή σε υπό περιοχές της Αθήνας, και να μελετηθούν οι επιδράσεις των χαρακτηριστικών σε κάθε περιοχή. Επίσης, θα είχε νόημα να διερευνηθεί η επίδραση και άλλων μεταβλητών που αφορούν τη θέση και τα χαρακτηριστικά της γειτονιάς των ακινήτων. Και τέλος, να διενεργηθεί συγκριτική ανάλυση ως προς τα οικονομετρικά ζητήματα. Επιπροσθέτως, μιας και οι δείκτες τιμών των κατοικιών απεικονίζουν τις κινήσεις της τιμής σε γεωγραφικά προσδιορισμένες αγορές και περιγράφουν την απόδοση της αγοράς (καθώς τα ακίνητα είναι ετερογενές αγαθό για το οποίο δεν υπάρχει άμεση εμπειρική παρατήρηση για την τιμή) και στην αγορά ακινήτων η ζήτηση και κατά ακολουθία οι τιμές δεν κινούνται ομοίμορφα σε όλους τους τύπους ακινήτων και σε όλες τις γεωγραφικές διαμερίσεις και τοπικές αγορές της αγοράς θα μπορούσε η μεθοδολογία για την τμηματοποίηση της αγοράς που προτείνεται να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή τους.

Συνοψίζοντας, η μεθοδολογία που διατυπώνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτοματοποιημένες μαζικές επανεκτιμήσεις ακινήτων, για τον καθορισμό των παραγόντων που διαμορφώνουν τις τιμές τους καθώς και τον προσδιορισμό του βαθμού της επίδρασης του κάθε παράγοντα, για τον εντοπισμό και την ερμηνεία των διαφοροποιήσεων των τιμών στο χώρο, για την κατασκευή δεικτών και τέλος, για τον καθορισμό τοπικών αγορών στην αγορά κατοικίας. Έτσι, μέσω των οικονομετρικών υποδειγμάτων επιτυγχάνεται η επανεξέταση και αναθεώρηση των τιμών των ακινήτων λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνολογικές εξελίξεις, νέα δεδομένα και πληροφορίες που αποτελούν επιτακτική ανάγκη για την αξιολόγηση του πιστωτικού κινδύνου (Βασιλεία II, III) στην περίπτωση που η μεθοδολογία που διατυπώνεται εφαρμοστεί ως εργαλείο από τα πιστωτικά ιδρύματα, επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την φορολογία ακινήτων, για άμεση και χωρίς κόστος επανεκτίμηση του χαρτοφυλακίου των ακινήτων και για την πρόβλεψη τιμών σε νέες θέσεις. Η δημιουργία υποαγορών και δεικτών τιμών από την άλλη μεριά, είναι χρήσιμη στους εμπλεκόμενους στην αγορά ακινήτων μιας και αποτελεί τρόπο παρακολούθησης της εξέλιξης/μεταβολής των τιμών στο χώρο και στο χρόνο. Επιπλέον, τα οικονομετρικά υποδείγματα παρέχουν ταχύτητα και αξιοπιστία στις εκτιμήσεις, εξοικονόμηση πόρων και μείωση κόστους, λειτουργούν επιπροσθέτως ως μηχανισμός ελέγχου των εκτιμητών και συμβάλουν στο σχεδιασμό πολιτικής. Έτσι η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε μπορεί να λειτουργήσει σχεδιαστικά, στρατηγικά και αναθεωρητικά πάντα όμως κατά περίπτωση (χαρτοφυλάκιο, χρονική περίοδος, συγκεκριμένη περιοχή μελέτης κ.λ.π) και πάντα με τη σωστή ερμηνεία των οικονομικών, οικονομετρικών και γεωγραφικών παραδοχών που γίνονται. Επιπροσθέτως, μπορεί να λειτουργήσει ως προς τον έλεγχο των εμπλεκόμενων, ως σημείο αναφοράς, ως προς τη διάχυση της πληροφόρησης και ως προς την κατεύθυνση της διαφάνειας της αγοράς. Θα πρέπει να αναφερθεί ωστόσο ότι τα υποδείγματα δεν υποκαθιστούν τον εκτιμητή, αλλά αποτελούν τον πυρήνα ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων ενώ οι τοπικές αγορές μπορούν επιπλέον να λειτουργήσουν και ως σημαντικό εργαλείο για τον προσδιορισμό της αξίας μιας ιδιοκτησίας, στο πλαίσιο της συγκριτικής μεθόδου, όπου αναζητούνται πρόσφατες αγοροπωλησίες συγκρίσιμων και όμορων ακινήτων, απαντώντας στο ερώτημα, που τίθεται τότε μια ιδιοκτησία θεωρείται γειτονική; Έτσι ο

καθορισμός των υποαγορών μπορεί να λειτουργήσει ως προς την κατεύθυνση αυτή συμβάλλοντας στην ορθή επιλογή των γειτονικών ακινήτων.

Τέλος, η μελέτη της αγοράς ακινήτων αποτέλεσε μια εφαρμογή μιας και μελετήθηκαν μεν τα χαρακτηριστικά της, ωστόσο χρησιμοποιήθηκε για την εμβάθυνση και πληρέστερη κατανόηση των εφαρμογών και της συμβολής της χωρικής ανάλυσης και της χωρικής οικονομετρίας στη μελέτη των οικονομικών φαινομένων.

Βιβλιογραφία

- Acadameetrics, D. (2009) *House Price Indices - Fact or Fiction*, Available at: www.acadameetrics.co.uk (last accessed 25 July 2015).
- Adair, A.S., Berry, J.N. and McGreal, W.S. (1996) Hedonic modelling, housing submarkets and residential valuation, *Journal of Property Research*, 13: 67-83.
- Adair, A.S., Greal, S., Smyth, A., Cooper, J. and Ryley, T. (2000) House prices and accessibility: The testing of relationships within the Belfast urban area, *Housing Studies*, 15(5): 699-716.
- Aldstadt, J. and Getis, A. (2006) Using AMOEBA to create a spatial weights matrix and identify spatial clusters. *Geographical Analysis*, 38: 327-343.
- Allen, M.T., Springer, T.M. and Waller, N.G. (1995) Implicit pricing across residential submarkets, *Journal Real Estate Finance Economics*, 11: 137-151.
- Anselin L (2003) Spatial externalities, spatial multipliers and spatial econometrics, *International Regional Science Review*, 26: 153-166.
- Anselin L. (1999) *Spatial Econometrics*. <https://csiss.ncgia.ucsb.edu/aboutus/presentations/files/baltchap.pdf>. (last accessed 28 March 2015).
- Anselin, L. (1988) A test for spatial auto-correlation in seemingly unrelated regressions, *Economics Letters*, 28: 335-341.
- Anselin, L. (1988) *Spatial econometrics: Methods and models*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Anselin, L. (1995) Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical Analysis*, 27(2): 93-115.
- Anselin, L. (2005) *Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook*. <https://geodacenter.asu.edu/system/files/geodaworkbook.pdf>. (last accessed 10 November 2014).
- Anselin, L. and Bera, A. (1998) *Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics*. In: Ullah, A. and Giles, D.E. (eds) *Handbook of applied economic statistics*. Marcel Dekker, New York.
- Anselin, L. and Florax, R.J.G.M (1995) *New directions in spatial econometrics*, Berlin, Springer.
- Anselin, L. and Gracia, N.L. (2008) Errors in Variables and Spatial Effects in Hedonic House Price Models of Ambient Air Quality, *Empirical Economics*, 34: 5-34.
- Anselin, L. and Griffith D.A. (1992) Do Spatial Effects Really Matter in Regression Analysis?, *Papers of the Regional Science Association*, 65: 11-34.

- Armstrong, R.J. and Rodríguez, D.A. (2006) An evaluation of the accessibility benefits of commuter rail in eastern Massachusetts using spatial hedonic price functions, *Transportation*, 33: 21-43.
- Ashenfelter O., Levine P.B. and Zimmerman D.J (2003) *Statistics and Econometrics: Methods and Applications*. New York: Wiley.
- Assuncao, R.M., Neves, M.C. Gamara, G. and Da Costa Freitas, C. (2006) Efficient regionalization techniques for socio-economic geographical units using minimum spanning trees, *Geographical Information Systems*, 20(7): 797-811.
- Bacao, F., Lobo, V. and Painho, M. (2005) Applying genetic algorithms to zone design, *Soft Computing*, 9: 341-348.
- Bailey, T.C. and Gatrell A.C. (1995) *Interactive Spatial Data Analysis*, Longman Group Limited.
- Bajic, V. (1985) Housing-market segmentation and demand for housing attributes: some empirical findings, *The American Real Estate and Urban Economics Association's Journal*, 13: 58-75.
- Ball, M. (1973) Recent empirical work of the determinants of relative house prices, *Urban Studies*, 10: 213-233.
- Bank of Greece (2014) Indices of house prices and residential property transactions – First Quarter 2014 (in Greek), May 20, Athens, Greece, available at: http://www.bankofgreece.gr/Pages/en/Bank/News/PressReleases/DispItem.aspx?Item_ID=4598&List_ID=1af869f3-57fb-4de6-b9ae-bdfd83c66c95&Filter_by=DT (Accessed 01-08-2014).
- Bartels, C.P.A. (1979) Operational statistical methods for analysing spatial data, *Exploratory and Explanatory Statistical Analysis for Spatial Data*. edited by Bartels, C. P.A. and Ketellapper, R. H., Boston: Martinus Nijhoff.
- Basu, S. and Thibodeau, T. (1998) Analysis of spatial autocorrelation in house prices, *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17:61-85.
- Beale, E.M.L. (1969) *Cluster Analysis. Scientific Control Systems*, London.
- Bell, K.P. and Bockstael, N.E. (2000) Applying the generalized moments estimation approach to spatial problems involving microlevel data, *The Review of Economics and Statistics*, 82: 72-82.
- Berndt, E.R., Griliches, Z. and Rappaport, N.J. (1995) Econometric estimates of price indexes for personal computers in the 1990s, *Journal of Econometrics*, 68: 243-268.
- Berry, B.J.L. and Bednarz, R. (1975) A Hedonic model of prices and assessments for single family homes in Chicago: does the assessor follow the market or the market follow the assessor?, *Land Economics*, 51(1): 21-40.

- Besag, J. (1975) Statistical analysis of non-lattice data. *The Statistician*, 24: 179- 195.
- Bivand, R.S., Hauke, J., and Kossowski, T. (2013) Computing the Jacobian in Gaussian Spatial Autoregressive Models: An Illustrated Comparison of Available Methods, *Geographical Analysis*, 45(2): 150-179.
- Bivand, R.S., Pebesma, E.J. and Gómez-Rubio, V. (2008) *Applied Spatial Data Analysis with R*. Springer, New York.
- Blomquist, N.S. (1989) Comparative statics for utility maximization models with nonlinear budget constraints, *International Economic Review*, 30: 275-296.
- Bolster, A., Burgess, S., Johnston, R., Jones, K., Propper, C. and Sarker, R. (2007) Neighbourhoods, households and income dynamics: a semi-parametric investigation of neighbourhood effects, *Journal of Economic Geography*, 7(1): 1-38.
- Boots, B. and Dufournaud, C.A (1994) Programming approach to minimizing and maximizing spatial autocorrelation statistics, *Geographical Analysis*, 26(1): 54-66.
- Borst, R.A. (2007) *Discovering and Applying Location Influence Patterns in the Mass Valuation of Domestic Real Property*, doctor of technology thesis, University of Ulster.
- Borst, R.A. and McCluskey, W.J. (2008) The modified comparable sales method as the basis for a property tax valuation system and its relationship and comparison to spatially autoregressive valuation models, in Kauko, T. and d'Amato, M. (Eds), *Mass Appraisal Methods: An International Perspective for Property Valuers*, Blackwell Publishing, Chichester.
- Bourassa, S.C., Cantoni, E. and Hoesli, M. (2007) Spatial dependence, housing submarkets, and house price prediction, *Journal of Real Estate Finance & Economics*, 35(2): 143-60.
- Bourassa, S.C., Cantoni, E. and Hoesli, M. (2010) Predicting house prices with spatial dependence: a comparison of alternative methods, *Journal of Real Estate Research*, 32 (2): 139-59.
- Bourassa, S.C., Hamelink, F., Hoesli, M. and MacGregor, B.D. (1999) Defining housing submarkets, *Journal of Housing Economics*, 8(2): 160-83.
- Bourassa, S.C., Hoesli, M. and Peng, V.S. (2003) Do housing submarkets really matter? *Journal of Housing Economics*, 12: 12-28.
- Brasington, D. and Haurin D.R. (2006) Educational Outcomes and House Values: A Test of the value added Approach, *Journal of Regional Science*, 46(2): 245-268.
- Brasington, D.M. and Hite, D. (2005) Demand for environmental quality: a spatial hedonic analysis, *Regional Science and Urban Economics*, 35(1): 57-82.

- Brook, D. (1964) On the distinction between the conditional probability and the joint probability approaches in the specification of nearest-neighbour systems, *Biometrika*, 51: 481-483.
- Buchinsky, M. (1994) Changes in US Wage Structure 1963-87: An Application of Quantile Regression, *Econometrica*, 62, 405-458.
- Burge, G.S. (2011) Do tenants capture the benefits from the Low Income Housing Tax Credit Program?, *Real Estate Economics*, 39(1): 71-96.
- Burrige P. (1980) On the Cliff-Ord test for spatial autocorrelation, *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 42(1):107-108.
- Burrige, P. and Gordon, I (1981) Unemployment in the British metropolitan labour areas, *Oxford Economic Papers*, 33(2): 274-297.
- Burrough P.A. and McDonnell R. A. (1998) *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press Inc., New York.
- Can, A. (1990) The measurement of neighbourhood dynamics in urban house prices, *Journal of Economic Geography*, 66(3): 254-272.
- Can, A. (1992) Specification and estimation of hedonic housing price models, *Regional Science and Urban Economics*, 22: 453-474.
- Can, A. (1998) GIS and Spatial Analysis of Housing and Mortgage Markets, *Journal of Housing Research*, 9(1): 61-86.
- Carroll, T.M., Clauretje, T.M. and Jensen, J. (1996) Living next to godliness: Residential property values and churches, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 12: 319-330.
- Carruthers, J.I. and Clark, D.E. (2010) Valuing environmental quality: a space-based strategy, *Journal of Regional Science*, 50(4): 801-832.
- Case, A.C., Rosen, H.S. and Hines, J.R. (1993) Budget spillovers and fiscal-policy interdependence: Evidence from the States, *Journal of Public Economics*, 52: 285-307.
- Case, B., Clapp, J.M., Dubin, R.A. and Rodríguez, M. (2004) Modeling Spatial and Temporal House Price Patterns: A Comparison of Four Models, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 29(2) 167-91.
- Casetti, E. (1972) Generating Models by the Expansion Method: Applications to Geographic Research, *Geographical Analysis*, 4:81-91.
- Casetti, E. (1997) The Expansion Method, Mathematical Modeling, and Spatial Econometrics, *International Regional Science Review*, 20:9-33.
- Cassel, E. and Mendelsohn, R. (1985) The choice of functional forms for hedonic price equations: Comment, *Journal of Urban Economics*, 18(2): 135-142.

- Chattopadhyay, S. (1999) Estimating the demand for air quality: New evidence based on the Chicago housing market, *Land Economics*, 75(1): 1- 22.
- Chica-Olmo, J. (1995) Spatial Estimation of Housing Prices and Locational Rents, *Urban Studies*, 32(8): 1331–44.
- Chinloy, P.T. (1977) Hedonic price and depreciation indexes for residential housing: a longitudinal approach, *Journal of Urban Economics*, 4(4): 469–482.
- Clapp, J.M. (2003) A semiparametric method for valuing residential locations: Application to automated valuation, *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 27: 303-320.
- Clapp, J.M. and Wang, Y. (2006) Defining neighborhood boundaries: are census tracts obsolete?, *Journal of Urban Economics*, 59(2): 259-84.
- Clark, D.E. and Herrin, W.E. (2000) The Impact of public school attributes on home sale price in California, *Growth and Change*, 31: 385-407.
- Clauret, T.M. and Neill, H.R. (2000) Year-round school schedules and residential property values, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 20(3): 311-322.
- Cliff, A.D. and Ord J.K., (1981) *Spatial Processes Models and Applications*, London, Pion.
- Cohen, J.P. and Coughlin, C.C. (2008) Spatial Hedonic models of airport noise, proximity, and housing prices, *Journal of Regional Science*, 48(5): 859–878.
- Collins, A. and Evans, A. (1994) Aircraft Noise and Residential Property Values: An Artificial Neural Network Approach, *Journal of Transport Economics and Policy*, 28(2), 175-97.
- Conley, T.G. and Ligon, E. (2002) Economic distance and cross-country spillovers, *Journal of Economic Growth*, 7: 157–187.
- Conover, W. J. (1971) *Practical Nonparametric Statistics*, New York, John Wiley & Sons.
- Corrado, L. and Fingleton, B. (2012) Where is the economics in spatial econometrics?, *Journal of Regional Science*, 52(2): 210–239.
- Coulson, E. (2008) *Monograph on Hedonic Estimation and Housing Markets*, Department of Economics, Penn State University.
- Court, A.T (1939) *Hedonic price indexes with automotive examples, in the dynamics of automobile demand*, General motors, New York.
- Cressie, N. (1991) *Statistics for Spatial Data*. Wiley.
- Cropper, M.L., Deck, L.B. and McConnell, K.E. (1988) On the choice of functional form for hedonic price functions, *Review of Economics Statistics*, 70(4): 668.

- Dacey, M.F. (1965) A review on measures of contiguity for two and k-color maps, *Technical Report No. 2, Spatial Diffusion Study*, Department of Geography, Evanston, Northwestern University.
- Dale-Johnson, D. (1982) An alternative approach to housing market segmentation using hedonic price data, *Journal of Urban Economics*, 11(3): 311-32.
- Darling, A.H. (1973) Measuring benefits generated by urban water parks, *Land Economics*, 49: 22-34.
- Day, B. (2001) *The Theory of Hedonic Markets: Obtaining welfare measures for changes in environmental quality using hedonic market data*. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGN), Working Paper EDM 03-08, University of East Anglia. Downloaded on July 25, 2014 from http://www.uea.ac.uk/env/cserge/pub/wp/edm/edm_2003_08.pdf.
- Day, B., Bateman, I. and Lake, I. (2007) Beyond implicit prices: recovering theoretically consistent and transferable values for noise avoidance from a Hedonic property price model. *Environmental Resource Economics*, 37: 211–232.
- Des Rosier, F. (1991) RESIVALU: a hedonic residential price model for the Quebec Region 1986-87, *Property Tax Journal*, 10(2) 227-55.
- Des Rosiers, F., Dube', J. and Theriault, M. (2011) Do peer effects shape property values?, *Journal of Property Investment & Finance*, 29(4/5): 510-28.
- Des Rosiers, F., Lagana, A., Theriault, M. and Beaudoin, M. (1996) Shopping centres and house values: An empirical investigation, *Journal of Property Valuation & Investment*, 14(4): 41-62.
- Dietz, R.D. (2002) The estimation of neighborhood effects in the social sciences: an interdisciplinary approach, *Social Science Research*, 31(4): 539-75.
- DiPasquale, D. and Wheaton, W. C. (1996) *Urban Economics and Real Estate Markets*, Prentice Hall, USA.
- Do, A.Q. and Grudnitski, G. (1992) A Neural Network Approach to Residential Property Appraisal, *The Real Estate Appraiser*, 58: 38-45.
- Dorsey, R.E., Hu, H., Mayer, W.J. and Wang, H.C. (2010) Hedonic versus repeat-sales housing price indexes for measuring the recent boom-bust cycle, *Journal of Housing Economics*, 19: 75–93.
- Du, H., and Mulley, C. (2006) Relationship between transport accessibility and land value: Local model approach with geographically weighted regression, *Journal of the Transportation Research Board*, 1977: 197–205.
- Dubé J. and Legros D. (2012) A spatio-temporal measure of spatial dependence: an example using real estate data, *Papers in Regional Science*, 92: 19-30.

- Dubin, R. (1988) Estimation of regression coefficients in the presence of spatially autocorrelated error terms, *Review of Economics and Statistics*, 70(3): 466–474.
- Dubin, R. (1998) Predicting house prices using multiple listings data, *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17: 35–59.
- Dubin, R. (1998) Spatial autocorrelation: A primer, *Journal of Housing Economics*, 7: 304–327.
- Dubin, R., Pace R.K. and Thibodeau T.G. (1999) Spatial autoregression techniques for real estate data, *Journal of Real Estate Literature*, 7: 79-95.
- Dulberger, E.R. (1989) *The application of a Hedonic model to a quality-adjusted price index for computer processors*. In Jorgenson, D.W. and Landau, R. (eds.), *Technology and Capital Formation* (pp. 37–75). Cambridge, MA: MIT Press.
- Duque, J.C., Church, R.L. and Middleton, R.S. (2011) The p-regions problem, *Geographical Analysis*, 43, 104-126.
- Duque, J.C., Ramos, R. and Surinach J. (2007) Supervised regionalization methods: A survey, *International Regional Science Review*, 30: 195-220.
- Efthymiou, D. and Antoniou, C. (2013) How do transport infrastructure and policies affect house prices and rents? Evidence from Athens, Greece, *Transportation Research Part A*, 52: 1-22.
- Elhorst, J.P (2014) *Spatial Econometrics: From Cross – Sectional Data to Spatial Panel*, New York, Springer.
- Espey, M. and Lopez, H. (2000) The impact of airport noise and proximity on residential property values, *Growth and Change*, 31: 408-419.
- Everitt, B., Landau, S. and Leese, M., (2001) *Cluster Analysis*. London, Arnold.
- Feitelson, E.I., Hurd, R.E. and Mudge, R.R. (1996) The impact of airport noise on willingness to pay for residences, *Transportation Research*, 1(1): 1-14.
- Ferri, M.G. (1977) An application of hedonic index methods to monthly changes in housing prices: 1965–1975, *American Real Estate and Urban Economics Association Journal*, 5(4): 455–462.
- Fingleton, B. (2008) A generalized method of moments estimator for a spatial model with endogenous spatial lag and spatial moving average errors, *Spatial Economic Analysis*, 3: 27–44.
- Fletcher, M., Gallimore, P. and Mangan, J. (2000) Heteroskedasticity in hedonic house price models, *Journal of Property Research*, 17(2): 93-108.
- Fletcher, R. (1987) *Practical methods of optimization*, Second edition, Wiley.
- Florax, R.J.G.M. and de Graaff, T. (2004) *The performance of diagnostic tests for spatial dependence in linear regression models: A meta-analysis of simulation studies*. In:

- Anselin L, Florax RJGM, Rey SJ (eds) *Advances in spatial econometrics*. Springer, Berlin.
- Florax, R.J.G.M. and Rey, S. (1995) *The impact of misspecified spatial structure in linear regression models*. In: Anselin, L. and Florax, R.J.G.M. (eds) *New directions in spatial econometrics*, Springer-Verlag, Berlin.
- Follain, J.R. and Jimenez, E. (1985) Estimating the demand for housing characteristics, *Regional Science and Urban Economics*, 15: 77-107.
- Folmer, H. and Oud, J. (2008) How to get rid of W? A latent variable approach to modelling spatially lagged variables, *Environment and Planning A*, 40: 2526–2538.
- Forrest, D., Glen, J. and Ward, R. (1996) The impact of a light rail system on the structure of house prices, *Journal of Transport Economics and Policy*, 31(4): 15-29.
- Fotheringham, A.S and Brunson, C. (1999) Local Forms of Spatial Analysis, *Geographical Analysis*, 31(4): 340 – 358.
- Fotheringham, A.S. (1997) Trends in Quantitative Methods, I: Stressing the Local, *Progress in Human Geography*, 21: 88-96.
- Fotheringham, A.S., Brunson, C. and Charlton, M. (2002) *Geographically Weighted Regression: the analysis of spatially varying relationships*, Chichester, Wiley.
- Fotheringham, A.S., Charlton, M.E. and Brunson, C. (1998) Geographically Weighted Regression: A Natural Evolution of the Expansion Method for Spatial Data Analysis, *Environment and Planning A*, 30: 1905-1927.
- Fotheringham, C. and Brunson, C. (1996) The geography of parameter space: An investigation of spatial non-stationarity, *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(5): 605-627.
- Fovel, R.G. and Fovell M-Y.C. (1993) Climate zones of the conterminous United States defined using cluster analysis, *Journal of Climate*, 2: 2103-2135.
- Fox, J. (2008) *Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models*, Second edition, Sage.
- Fox, J. and Weisberg, S. (2011) *An R Companion to Applied Regression*, Second Edition, Sage.
- Freeman, A. M. (1979) Hedonic prices, property values and measuring environmental benefits: A survey of the issues, *Scandinavian Journal of Economics*, 81: 154-171.
- Gallo J. (2014) *Cross-Section Spatial Regression Models, Handbook of Regional Scienc*, Springer.
- Galster, G. (2001) On the nature of neighbourhood, *Urban Studies*, 38(12): 2111-24.

- Garrod, G. and Willis, K. (1992) Valuing the goods characteristics – an application of the hedonic price method to environmental attributes, *Journal of Environmental Management*, 34(1): 59-76.
- Gerkman, L. (2012) Empirical spatial econometric modelling of small scale Neighbourhood, *Journal of Geographical Systems*, 14(3): 283–298.
- Getis, A. and Aldstadt, J. (2004) Constructing the spatial weights matrix using a local statistic, *Geographical Analysis*, 36: 90–104.
- Getis, A., and Griffith, D.A. (2002) Comparative spatial filtering in regression analysis, *Geographical Analysis*, 34(2):130-140.
- Getis, A. (2009) Spatial Weights Matrices, *Geographical Analysis*, 41(4): 404–410.
- Gibbons S. and Overman H.G. (2012) Mostly pointless spatial econometrics?, *Journal of Regional Science*, 52(2): 172–191.
- Gillard, Q. (1981) The effect of environment amenities on house values: The example of a view lot, *Professional Geographer*, 33: 216-220.
- Gillingham, R.F. (1975) Place to place rent comparisons using Hedonic quality adjustment techniques, *Annals of Economic and Social Measurement*, 4: 153–174.
- Gonzalez, M.A.S. (2008) Developing mass appraisal models with fuzzy systems, in Kauko, T. and d’Amato, M. (Eds), *Mass Appraisal Methods: An International Perspective for Property Valuers*, Blackwell Publishing, Chichester.
- Gonzalez, M.A.S. and Formoso, C.T. (2006) Mass appraisal with genetic fuzzy rule-based systems, *Property Management*, 24(1): 20-30.
- Goodchild, M.F. (2004) Foreword. In Anselin, L. and Florax, R.J.G.M. and Rey, S.J. (eds.), *Advances in Spatial Econometrics. Methodology, Tools and Applications*, Springer.
- Goodman, A.C. (1978) Hedonic prices, price indices and housing markets, *Journal of Urban Economic*, 5: 471–484.
- Goodman, A.C. (1989) *Topics in empirical urban housing research, The Economics of Housing Markets*, in Muth R. and Goodman, A., Harwood Academic, Chur, Switzerland, 49-146.
- Goodman, A.C. (1998) Housing market segmentation, *Journal of Housing Economics*, 7(2): 121-43.
- Goodman, A.C. and Thibodeau, T.G. (2003) Housing market segmentation and hedonic prediction accuracy, *Journal of Housing Economics*, 12(3): 181-201.
- Gotway, C. A. and Young, L. J., (2002) Combining Incompatible Spatial Data. *Journal of the American Statistical Association*, 97(458): 632-648.
- Gourieroux, C. and Laferrere, A. (2009) Managing hedonic housing price indexes: the French experience, *Journal of Housing Economics*, 18(3): 206-13.

- Greene, W.H (2000) *Econometric Analysis*. New York: Prentice- Hall.
- Griffith, D.A. (1996) Spatial autocorrelation and eigenfunctions of the geographic weights matrix accompanying geo-referenced data, *Canadian Geographer*, 40(4): 351-367.
- Griffith, D.A. (1996) *Some guidelines for specifying the geographic weights matrix contained in spatial statistical models*. In: Arlinghaus, S.L., Griffith, D.A., Drake, W.D. and Nystuen, J.D. (eds) *Practical handbook of spatial statistics*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Griliches, Z. (1961) *Hedonic price indexes for automobiles: an econometric analysis of quality change*. In G. Stigler (chairman), *The Price Statistics of the Federal Government*, Washington D.C.: Government Printing Office.
- Griliches, Z. (1971) *Introduction: hedonic price indexes revisited*. In Griliches, Z. (ed.) *Price Indexes and Quality Change*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Guo, D. (2008) Regionilization with dynamically constrained agglomeration clustering and partitioning, *International Journal of Geographical Information Science*, 22(7): 801-823.
- Guo, D. and Wand, H. (2011) Automatic region building for spatial analysis, *Transactions in GIS*, 15: 29-45.
- Haider, M. and Miller, E. J. (2000) Effects of transportation infrastructure and location on residential real estate values: application of spatial autoregressive techniques, *Transportation Research B*, 1722: 1-18
- Haining, R. (1986) Spatial Models and Regional Science: A Comment on Anselin's Paper and Research Directions, *Journal of regional science*, 26:793-8.
- Haining, R., Wise, S. and Blake, M. (1994) Constructing regions for small-area analysis material deprivation and colorectal cancer, *Journal of Public Health Medicine*, 16: 457-469.
- Halleck Vega S, and Elhorst J.P (2012) *On spatial econometric models, spillover effects*, University of Groningen, Working paper.
- Halvorsen, R. and Pollakowski, H. (1981) Choice of functional form for hedonic price equations, *Urban Economics*, 10(1): 37-49.
- Hamilton, T. W. (1998) Real estate market segmentation, *Assessment Journal*, 5: 56-69.
- Harris, P., Fotheringham, A.S, Crespo, R. and Charlton, M. (2010) The use of geographically weighted regression for spatial prediction: an evaluation of models using simulated data sets, *Mathematical Geosciences*, 42: 657-680.
- Haurin, D.R. and Brasington, D. (1996) School quality and real house prices: Inter- and intrametropolitan effects, *Journal of Housing Economics*, 5: 351-368.

- Haykin, S. (2008). *Neural Networks and Learning Machines* (3rd ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Hill R.J (2013) Hedonic Price Indexes for Residential Housing: A Survey, Evaluation and Taxonomy, *Journal of Economic Surveys*, 27(5): 879–914.
- Horowitz, J.L. (1992) The role of the list price in housing markets: theory and an econometric model, *Journal of Applied Econometrics*, 7: 115–129.
- Huang, C-S., Dorsey, R.E. and Boose, M.A. (1994) Life Insurer Financial Distress Prediction: Neural Network Model, *Journal of Insurance Regulation*, 13(2): 131–167.
- Huh, S. and Kwak, S. J. (1997) The choice of functional form and variables in the hedonic price model in Seoul, *Urban Studies*, 34(7): 989-998.
- Ibeasa, A., Corderaa, R., Oliao, L., Coppolab, P. and Domingueza, A. (2012) Modelling transport and real-estate values interactions in urban systems, *Journal of Transport Geography*, 24: 370–382.
- James, H. and Lam, E, (1996). *The Reliability of Artificial Neural Networks for Property Data Analysis*, Third European Real Estate Society Conference, Belfast, June 26-28.
- Jenkins, D.H., Lewis, O.M., Almond, N., Gronow, S.A. and Ware, J.A. (1998) Towards an intelligent residential appraisal model, *Journal of Property Research*, 16 (1): 67-90.
- Jud, G. D. and Watts, J. M. (1981) Schools and housing value, *Land Economics*, 57(3): 459-470.
- Judge, G.G, Hill, R.C, Griffiths, W., Lütkepohl, H. and Lee, T.C. (1988) *Introduction the Theory and Practice of Econometrics*, USA, Wiley.
- Kain, J.F. and Quigley, J.M. (1970) Measuring the value of housing quality, *Journal of the American Statistical Association*, 65: 532-548.
- Kanaroglou, P. and DeLuca, P. (2001) *Σημειώσεις Χωρικής Στατιστικής*, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- Kauko, T. (2003) On current neural network applications involving spatial modelling of property prices, *Journal of Housing and the Built Environment*, 18(2): 159-181.
- Keane, M. (1975) The size of the region-building problem. *Environment and Planning A*, 7:575-577.
- Kelegian, H. and Prucha, I. .R. (1999) A generalization Moments Estimator for the Autoregressive Parameter in a Spatial Model, *International Economic Review*. 40: 509-533.
- Kelejian H.H. and Prucha I.R. (1998) A generalized spatial two stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17: 99-121.

- Ketkar, K. (1992) Hazardous waste sites and property values in the state of New Jersey, *Applied Economics*, 24: 647-659.
- Kim, C.W., Phipps .T.T and Anselin, L. (2003) Measuring the benefits of air quality improvement: A spatial hedonic approach, *Journal of Environmental Economics and Management*, 45 (1): 24-39.
- Kmenta, J. (1971) *Elements of Econometrics*, New York, Macmillan Publishing.
- Koenker, R. and Bassett, G. (1978) Regression quantiles, *Econometrica*, 46(1): 33–50.
- Kohlhase, J.E. (1991) The impact of toxic waste sites on housing values, *Journal of Urban Economics*, 30: 1-26.
- Kohonen, T. (1988) An introduction to neural computing, *Neural Networks*, 1: 3-16.
- Kooijman, S.A.L.M. (1976) Some remarks on the statistical analysis of grids especially with respect to ecology, *Annals of Systems Research*, 5: 32-44.
- Koschinsky, J, Lozano-Gracia, N. and Piras, G. (2012) The welfare benefit of a homes location: An empirical comparison of spatial and non-spatial model estimates. *Journal of Geographical Systems*, 14(3): 319-356.
- Kostov, P. (2009) A spatial quantile regression hedonic model of agricultural land prices, *Spatial Economic Analysis*, 4(1):53–72.
- Krause, A. and Bitter, C. (2012) Spatial econometrics, land values and sustainability: Trends in real estate valuation research, *Cities*, 29: 19–25.
- Kryvobokov, M. (2013) Hedonic price model: defining neighbourhoods with Thiessen polygons, *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 6(1): 79 – 97.
- Kueth, T.H. (2012) Spatial Fragmentation and the Value of Residential Housing, *Land Economics*, 88(1): 16-27.
- Lancaster, K. (1966) A new approach to consumer theory, *Journal of Political Economy*, 74: 132-157.
- Le Gallo, J. (2002) Économétrie spatiale: L'autocorrélation spatiale dans les modèles de régression linéaire, *Économie et Prévision*, 4: 139–157
- Leenders, R.T.A.J. (2002) Modelling social influence through network autocorrelation: Constructing the weight matrix, *Social Networks*, 24: 21–47.
- Leggett, C.G. and Bockstael, N.E. (2000) Evidence of the effects of water quality on residential land prices, *Journal of Economics and Management*, 39:121-144.
- Leishman, C. and Watkins, C. (2002) Estimating local repeat sales house price indices for British cities, *Journal of Property Investment and Finance* 20(1): 36-58.

- Lenk, M., Worzala, E. and Silva, A. (1997) High-tech valuation: should artificial neural networks bypass the human valuer?, *Journal of Property Valuation and Investment*, 15(1): 8-26.
- LeSage, J P. and Pace R. K (2014) *Interpreting Spatial Econometric Models*, Handbook of Regional Science, 1535-1552.
- LeSage, J. P. (2003) *A Family of Geographically Weighted Regression Models*. In *Advances in Spatial Econometrics: Methodology, Tools and Applications*, edited by Anselin, L., Florax, R.J.G.M. and Rey, S.J., Heidelberg, Springer.
- LeSage, J.P. and Kelly R.P. (2009) *Introduction to Spatial Econometrics*, Boca Raton, FL, Taylor and Francis.
- LeSage, P.J. (1999) *The Theory and Practice of Spatial Econometrics*. <http://www.spatial-econometrics.com>. (last accessed 06 August 2014).
- Lewis, O.M., Ware, J.A. and Jenkins, D.H. (2001) Identification of residential property sub-markets using evolutionary and neural computing techniques, *Neural Computing and Applications*, 10(2): 108-19.
- Li, M.M. and Brown, H.J. (1980) Micro-neighbourhood externalities and hedonic housing prices, *Land Economics*, 56(2): 125-141.
- Limsonbunchai, V., Gan, C. and Lee, M. (2004) House price prediction: hedonic price model vs. artificial neural network, *American Journal of Applied Sciences*, 1(3): 193-201.
- Lin, C.C and Mohan, S.B (2011) Effectiveness comparison of the residential property mass appraisal methodologies in the USA, *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 4(3): 224 – 243.
- Linneman, P. (1980) Some empirical results on the nature of the hedonic price function for the urban housing market, *Journal of Urban Economics*, 8(1) 47–68.
- Lipscomb, C.A. and Farmer, M.C. (2005) Household diversity and market segmentation within a single neighbourhood, *Annals of Regional Science*, 39: 791–810.
- Lloyd, C.D. (2010) *Spatial Data Analysis: An Introduction for GIS Users*, Oxford University Press.
- Löchl, M. and Axhausen, K.W. (2010) Modeling hedonic residential rents for land use and transport simulation while considering spatial effects, *Journal of Transport and Land Use*, 3(2): 39-63.
- Lyons, R.C., 2013. *Price Signals and Bid-ask Spreads in an Illiquid Market: The Case of Residential Property in Ireland, 2006–2011*. Available at SSRN 2205742.
- Maclennan, D. (1977) Some thoughts on the nature and purpose of hedonic price functions, *Urban Studies*, 14: 59–71.
- Maddala G.S (1989) *Introduction to Econometrics*. New York: Macmillan.

- Malpezzi, S (2003) *Hedonic pricing models: A selective and applied review*, In: O’Sullivan T, Gibb K, Maclennan D, RICS Foundation (eds) *Housing economics and public policy: Essays in honour of Duncan Maclennan*, Blackwell Science, USA, pp 67–74.
- Manski C.F. (1993) Identification of Endogenous Social Effects: The Reflection Problem, *Review of Economic Studies*, 60: 531-542.
- Mark, J. and Goldberg, M.A. (1988) Multiple regression analysis and mass assessment: a review of the issues, *Appraisal Journal*, 56 (1): 89–109.
- Mátyás, L. (1999) *Generalized Method of Moments Estimation*, New York, Cambridge University Press.
- McGreal, S., Adair, A., McBurney, D. and Patterson, D. (1998). Neural networks: the prediction of residential values, *Journal of Property Valuation and Investment*, 16(1): 57 – 70.
- McMillan, D., Jarmin, R. and Thorsnes, P. (1992) Selection bias and land development in the monocentric model, *Journal of Urban Economics*, 31: 273-284.
- McMillen D.P. (2012) Perspectives on spatial econometrics: Linear smoothing with structured models, *Journal of Regional Science*, 52(2): 192–209.
- McMillen, D. P. and McDonald, F. (2003) Identifying sub-centres using contiguity matrices, *Urban Studies*, 40(1): 57-69.
- McMillen, D.P. (2003) Spatial Autocorrelation Or Model Misspecification?, *International Regional Science Review*, 26(2): 208-217.
- McMillen, D.P. (2012) Perspectives on Spatial Econometrics: Linear Smooth with Structured Models, *Journal of Regional Science*, 52(2): 56-78.
- Michaels, R.G. and Smith, V.K. (1990) Market segmentation and valuing amenities with hedonics models: The case of hazardous waste sites, *Journal of Urban Economics*, 28: 223-242.
- Michaels, R.G. and Smith, V.K. (1990) Market segmentation and valuing amenities with hedonic models: The case of hazardous waste sites, *Journal of Urban Economics*, 28, 223–242.
- Mimis, A., Rovolis, A. and Stamou, M. (2012), An AZP-ACO Method for Region-Building, *Lecture Notes in Computer Science*, 7297, 81-89.
- Mimis, A., Rovolis, A. and Stamou, M. (2013) Property valuation with artificial neural network: The case of Athens, *Journal of Property Research*, 30(2), 128-143.
- Mittelhammer, R.C, Judge, G.G and Miller, D.J (2000) *Econometric Foundations*, USA, Cambridge University Press.
- Mok, H. M. K., Chan, P. P. K. and Cho, Y.S. (1995) A hedonic price model for private properties in Hong Kong, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 10: 37-48.

- Mooya, M. (2011) Of mice and men: automated valuation models and the valuation profession, *Urban Studies*, 48: 2265–2281.
- Nguyen, N. and Cripps, A. (2001). Predicting Housing Value: A Comparison of Multiple Regression Analysis and Artificial Neural Networks, *Journal of Real Estate Research*, 22(3): 313-336.
- O' Sullivan, D. and Unwin, D. (2003) *Geographic Information Analysis*, New York, Wiley.
- O'Sullivan, T. and Gibb, K. (2003) in Brown, S., Henneberry, J. and Shilling, J. (Eds), *Real Estate Issues*, Blackwell, Oxford.
- Oates, W. (1969) The effects of property taxes and local public spending on property values: an empirical study of tax capitalization and the tiebout hypothesis, *Journal of Political Economy*, 77(6): 957–971.
- Okabe A., Boots B., Sugihara K. and Chiu S.N. (2000) *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York.
- Openshaw S. (1977) Optional zoning systems for spatial interaction models, *Environment and Planning*, 9(2): 169-184.
- Openshaw, S. (1977) A geographical solution to scale and aggregation problems in regionbuilding, partitioning and spatial modelling, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2: 459-472.
- Openshaw, S. (1984) *The Modifiable Areal Unit Problem. Concepts and Techniques in Modern Geography*, Norwich: GeoBooks.
- Openshaw, S. and Rao, L.(1995) Algorithms for reengineering 1991 census geography, *Environment and Planning A*, 27: 425-446.
- Orford, S. (1988) Valuing location in an urban housing market, in the *Proceedings of the 3rd International Conference on GeoComputation*, United Kingdom, University of Bristol.
- Osland, L. (2010) An application of spatial econometrics in relation to hedonic house price modelling, *Journal of Real Estate Research*, 32: 289-320.
- Osland, L. and Thorsen I. (2006) Testing for the Impact of Local Spatial Structural Characteristics on Housing Prices. *Paper presented at the ENHR International Conference*, Ljubljana.
- Pace, K.R., Barry, R., Clapp, J.M. and Rodriguez, M. (1998) Spatiotemporal autoregressive models of neighbourhood effects, *Journal of Real Estate Finance Economics*, 17(1): 15–33.
- Pace, R.K. and Gilley, O.W. (1989) Appraisal across jurisdictions using bayesian estimation with bootstrapped priors for secondary mortgage market applications, *Property Tax Journal*, 8 (1): 27–42.

- Pace, R.K., Barry, R. and Sirmans, C.F. (1998) Spatial Statistics and Real Estate, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17(1): 5–13.
- Paez, A., Farber, S. and Wheeler, D. (2011) A simulation-based study of geographically weighted regression as a method for investigating spatially varying relationships, *Environment and Planning A*, 43: 2992–3010.
- Paez, A., Long, F. and Farber, S. (2008) Moving window approaches for hedonic price estimation: An empirical comparison of modelling techniques, *Urban Studies*, 45: 1565–1582.
- Palm, R., (1976) Urban social geography from the perspective of the real estate salesman. Center for Real Estate and Urban Economics Research Report No. 38, University of California, Berkeley.
- Palmquist, R. B. (1992) Valuing localized externalities, *Journal of Urban Economics*, 31: 59-68.
- Partridge, M.D., Boarnet M., Brakman S. and Ottaviano G. (2012) Introduction: Whither spatial econometrics?, *Journal of Regional Science*, 52(2): 167–171.
- Peterson, S and Flanagan, A.B. (2009) Neural Network Hedonic Pricing Models in Mass Real Estate Appraisal, *Journal of Real Estate Research*, 31(2): 147-164.
- Piras, G. (2010) sphet: Spatial Models with Heteroskedastic Innovations in R, *Journal of Statistical Software*, 35(1): 1-21. URL <http://www.jstatsoft.org/v35/i01/>.
- Plattner, R.H. and Campbell, T. J. (1978) A study of the effect of water view on site value, *Appraisal Journal*, 46: 20-25.
- Reich, B.J., Fuentes, M. and Dunson, D.B. (2011) Bayesian spatial quantile regression, *Journal of the American Statistical Association*, 106(493):6–20.
- Richardson, H.W., Vipond, J. and Furbey, R.A. (1974) Determinants of urban house prices, *Urban Studies*, 11: 189-199.
- Ridker, R.G. and Henning, J.A. (1968) The determination of residential property value with special reference to air pollution, *Review of Economics and Statistics*, 49: 246-257.
- Rodriguez, M. and Sirmans, C.F. (1994) Quantifying the value of a view in single-family housing markets, *Appraisal Journal*, 62: 600-603.
- Romesburg, H.C (1984) *Cluster Analysis for Researchers*, USA.
- Rosen, S. (1974) Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition, *Journal of Political Economy*, 82 (1): 34-55.
- Rosiers, F.D., Dubé, J. and Thériault, M. (2011) Do peer effects shape property values?, *Journal of Property Investment and Finance*, 29 (4/5): 510-528.
- Rossini P.A. (1997) *Application of Artificial Neural Networks to the Valuation of Residential Property*. 3rd Pacific Rim Real Estate Society Conference, New Zealand.

- Rothenberg, Jerome, Galster, George C., Butler, Richard V., Pitkin, and John R., (1991) *The Maze of Urban Housing Markets*, The University of Chicago Press.
- Royston, P. (1982) An extension of Shapiro and Wilk's W test for normality to large samples, *Applied Statistics*, 31:115–124.
- Schnare, A., and R. Struyk. (1976) Segmentation in urban housing markets. *Journal of Urban Economics*, 3 (2): 146–66.
- Schultze, C.S. and Mackie, C. (2002) *At what price? Conceptualizing and measuring cost-of-living and price indexes*. In Panel on Conceptual, Measurement, and Other Statistical Issues in Developing Cost-of- Living Indexes. Committee on National Statistics, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- Seko, M. and Sumita, K. (2007) Japanese housing tenure choice and welfare implications after the revision of the tenant protection law, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 35: 357–383.
- Sharda, R. (1994). Neural Networks for the MS/OR Analyst: An Application Bibliography, *Interfaces*, 24 (2): 116-130.
- Sheppard, S. (1999) Hedonic Analysis of Housing Markets, *Handbook of Regional and Urban Economics*.
- Silverman, B. W. (1986) *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. USA.
- Simbahan, G.C and Dobermann, A., (2006) *An Algorithm for Spatially Constrained of Categorical and Continuous Soil Properties*, Geoderma.
- Sirmans, G.S., Macpherson, D.A. and Zietz, E.N. (2005) The composition of hedonic pricing models, *Journal of Real Estate Literature*, 13(1): 3–43.
- Sirpal, R. (1994) Empirical modeling of the relative impacts of various sizes of shopping centres on the value of surrounding residential properties, *Journal of Real Estate Research*, 9(4): 487-505.
- Smith, R.M. (1986) Comparing traditional methods for selecting class intervals on choropleth map, *Professional Geographer*, 38(1) 62-7.
- So, H.M., Tse, R.Y.C. and Ganesan, S. (1996) Estimating the influence of transport on house prices: Evidence from Hong Kong, *Journal of Property Valuation and Investment*, 15(1): 40-47.
- Spanos, A. (2000) *Probability Theory and Statistical Inference: Econometric Modeling with Observational Data*, United Kingdom, Cambridge University Press.
- Straszheim, M.R. (1975) *An Econometric Analysis of the Urban Housing Market*. National Bureau of Economic Research, New York.

- Tay, D.P.H. and Ho, D.K.H (1992). Artificial Intelligence and the Mass Appraisal of Residential Apartments, *Journal of Property Valuation and Investment*, 10(2): 525–540.
- Theil, H. (1971) *Principles of Econometrics*, New York, Wiley.
- Thomassen, A. (2007) *Price Index for New Multidwelling Houses: Sources and Methods*, Statistics Norway/Department of Industry Statistics/Construction and Service Statistics, Document 2007/9. Oslo, Norway
- Tobler, W.R. (1970) A computer movie simulating urban growth in the Detroit region, *Economic Geography*, 46: 234-240.
- Tomkins, J., Topham, N., Twomey, J. and Ward, R. (1998) Noise versus access: The impact of an airport in an urban property market, *Urban Studies*, 35(2): 243-258.
- Triplett, J.E. (2004) *Handbook on Hedonic Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes: Special Application to Information Technology Products*, STI Working Paper 2004/9, Directorate for Science, Technology and Industry, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Tse, R. Y. C. and Love, P.E.D. (2000) Measuring residential property values in Hong Kong, *Property Management*, 18(5): 366-374.
- Tse, R.Y.C. (2002) Estimating Neighbourhood Effects in House Prices: Towards a New Hedonic Model Approach, *Urban Studies*, 39(7): 1165–80.
- Tsukuda, J. and Baba, S.I. (1994) Predicting Japanese Corporate Bankruptcy in Terms of Financial Data Using Neural Networks, *Computers and Industrial Engineering*, 27(1-4): 445-448.
- Tu, Y., Sun, H. and Yu, S. (2007) Spatial autocorrelations and urban housing market segmentation, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 34: 385–406.
- Tyrvaainen, L. (1997) The amenity value of the urban forest: An application of the hedonic pricing method, *Landscape and Urban Planning*, 37: 211-222.
- Wackernagel, H. (2003) *Multivariate geostatistics: An introduction with applications*, 3rd Ed. Berlin: Springer-Verlag.
- Wang, X. and Kockelman, K.M. (2007) Specification and estimation of a spatially and temporally autocorrelated seemingly unrelated regression model: application to crash rates in China, *Transportation*, 34: 281–300.
- Watkins, C.A. (2001) The definition and identification of housing submarkets, *Environment & Planning A*, 33(12): 2235-53.
- Waugh, F.V. (1928) Quality factors influencing vegetable prices, *Journal of Farm Economics*, 10: 185–196.

- Wheeler, D. and Tiefelsdorf, M. (2005) Multicollinearity and correlation among local regression coefficients in geographically weighted regression, *Journal of Geographical Systems*, 7: 161–187.
- Whittle, P. (1954) On stationary processes in the plane, *Biometrika*, (41): 434-449.
- Wilhelmsson, M. (2002) Spatial models in real estate economics, *Housing Theory and Society*, 19: 92–101.
- Wilhelmsson, M. (2004) A method to derive housing sub-markets and reduce spatial dependency, *Property Management*, 22(4): 276-88.
- Wong, D. and Lee, J. (2001) *Statistical Analysis with ArcView G.I.S.*, John Wiley & Sons.
- Wong, D. and Lee, J. (2005) *Statistical Analysis with ArcView G.I.S.*, New York: Wiley.
- Wooldridge, J.M. (2003) *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. South-Western College Publishing, Cincinnati.
- Worzala, E., Lenk, M. and Silva, A. (1995) An exploration of neural networks and its application to real estate valuation, *The Journal of Real Estate Research*, 10(2): 185-201.
- Wu, S., Er, M.J. and Gao, Y. (2001) A fast approach for automatic generation of fuzzy rules by generalized dynamic fuzzy neural networks. *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, 9, 578–594.
- Zhang, G., Patuwo, B.E. and Hu, M.Y. (1998) Forecasting with artificial neural networks: The state of the art, *International Journal of Forecasting*, 14(1): 35-62.
- Zietz, J., Zietz, E.N. and Sirmans, G.S. (2008) Determinants of house prices: a quantile regression approach, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 37: 317-333.
- Στάμου, Μ. (2010) Προσδιορισμός Φυσικών Γειτονιών στην Αγορά Ακινήτων. Μελέτη Περίπτωσης: Η Αγορά Κατοικίας στο Λεκανοπέδιο Αττικής. *Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης*. Πάντειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Αθήνα.

Παράρτημα Α

Παράδειγμα Υπολογισμού Χωρό-χρονικής Μήτρας Σταθμίσεων

Στο παράδειγμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η κατασκευή μιας μήτρας χωρό - χρονικών σταθμίσεων για την περίπτωση διαστρωματικών στοιχείων ακινήτων που συλλέγονται ή εκτιμούνται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους

Το πρώτο στάδιο της κατασκευής μιας χωρό-χρονικής μήτρας σταθμίσεων αποτελεί ο υπολογισμός της μήτρας χωρικών σταθμίσεων. Έστω ότι ο τρόπος κατασκευής της μήτρας χωρικών σταθμίσεων επιλέγεται να είναι με βάση το αντίστροφο της ευκλείδειας απόστασης (d_{ij}) μεταξύ του ακινήτου i και του ακινήτου j . Στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας τις παραπάνω αποστάσεις θα πρέπει κατασκευαστεί η μήτρα χωρικών σταθμίσεων S , διαστάσεων $N \times N$ (όπου N το μέγεθος του δείγματος) ως εξής:

$$s_{ij} = \begin{cases} d_{ij}^{-a} & , \alpha \nu d_{ij} \leq \bar{d} \\ 1 & , \alpha \nu d_{ij} = 0 \quad \forall i = j \\ 0 & , \alpha \lambda \lambda \acute{\omega} \varsigma \end{cases} \quad (\text{A.1})$$

όπου \bar{d} είναι το άνω φράγμα ή κρίσιμη απόσταση (cut-off) που είτε καθορίζεται εκ των προτέρων (Getis, 2004 και 2009) ή καθορίζεται στατιστικά, με τη μεγιστοποίηση της τιμής κάποιου μέτρου χωρικής αυτοσυσχέτισης (Boots και Dufournaud, 1994) και όπου a είναι η παράμετρος - ποινή που επιβάλλεται για την απόσταση (Lloyd, 2010). Η τιμή της παραμέτρου a επιλέγεται συνήθως έτσι ώστε η καμπύλη που παράγει τις σταθμίσεις (εξίσωση 1) να μην είναι απότομη και να επιτρέπει την επιρροή της τιμής του ακινήτου από τα γειτονικά του σε μεγαλύτερη ακτίνα. Η στάθμιση που δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο «σβήνει» καθώς απομακρυνόμαστε από το ακίνητο με αποτέλεσμα από κάποια ακτίνα και μετά η στάθμιση να είναι σχεδόν μηδενική. Αυτήν την τιμή της ακτίνας έρχεται να καθορίσει η κρίσιμη απόσταση και να μας επιτρέψει να έχουμε μια «αραιή» (sparse) μήτρα γειννίαςης μηδενίζοντας τη στάθμιση από κάποια απόσταση και μετά. Η επιλογή της τιμής της κρίσιμης απόστασης μπορεί για παράδειγμα να γίνει με βάση τη μεγιστοποίηση του συντελεστή προσδιορισμού (R^2), του κριτηρίου πληροφοριών Akaike (AIC) κ.ά.

Το δεύτερο στάδιο της κατασκευής της χώρο-χρονικής μήτρας σταθμίσεων αποτελεί ο υπολογισμός της μήτρας χρονικών σταθμίσεων. Για να απλοποιηθεί η κατασκευή της χρονικής μήτρας σταθμίσεων, τα δεδομένα θα πρέπει να ταξινομούνται χρονολογικά, έτσι ώστε η πρώτη γραμμή στη βάση δεδομένων να αντιστοιχεί στην τελευταία χρονολογικά παρατήρηση, ενώ η τελευταία γραμμή αντιπροσωπεύει τη νεότερη χρονολογικά παρατήρηση

(Pace κ.ά., 2000 Smith και Wu, 2009). Στη συνέχεια για κάθε παρατήρηση κατασκευάζεται μια νέα μεταβλητή v , η οποία υπολογίζεται με βάση το έτος ($yyyy_i$) και το μήνα (mm_i) συλλογής ή εκτίμησης της παρατήρησης i , ως εξής:

$$v_i = 12 \times (yyyy_i - yyyy_{\min}) + mm_i \quad \forall i \quad (\text{A.2})$$

όπου $yyyy_{\min}$ ο πρώτος χρόνος που συλλέγονται (ή εκτιμούνται) τα δεδομένα.

Κάθε στοιχείο της μη συμμετρικής και μη τυποποιημένης χρονικής μήτρας σταθμίσεων υπολογίζεται από την τιμή της μεταβλητής v . Αναλυτικότερα, ο υπολογισμός των στοιχείων της μήτρας βασίζεται στη διάφορα της τιμής v_i του ακινήτου i και της τιμής v_j του ακινήτου j . Η διαφορά αυτή εκφράζει το χρονικό διάστημα στην εκτίμηση μεταξύ της παρατήρησης i και της παρατήρησης j . Τα στοιχεία της χρονικής μήτρας σταθμίσεων T μπορούν να πάρουν και αρνητικές τιμές αν η i παρατήρηση έχει παρατηρηθεί μετά την j . Ακολουθώντας τους Dubé και Legros (2012) η συνάρτηση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των στοιχείων της μήτρας T μπορεί να είναι η εξής:

$$t_{ij} = \begin{cases} |v_i - v_j|^{-\gamma} & , \alpha v |v_i - v_j| < \bar{v} \\ 1 & , \alpha v v_i = v_j \quad \forall i \neq j \\ 0 & , \alpha \lambda \lambda \omega \varsigma \end{cases} \quad (\text{A.3})$$

όπου \bar{v} είναι το άνω φράγμα - κρίσιμη τιμή για τη χρονική επιρροή, η οποία καθορίζεται εκ των προτέρων και αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα εντός του οποίου θεωρούμε ότι υπάρχει χρονική συσχέτιση και όπου γ είναι μια εξωγενώς προσδιορισμένη παράμετρος τριβής, κατά αναλογία με την παράμετρο a που επιβάλλεται για την κατασκευή της μήτρας αποστάσεων.

Το τελευταίο στάδιο για την κατασκευή της χωρό-χρονική μήτρας αποτελεί ο πολλαπλασιασμός της μήτρας χωρικών σταθμίσεων με τη χρονική μήτρα, χρησιμοποιώντας το γινόμενο μητρώων Hadamard. Όπου κάθε στοιχείο της χωρό-χρονικής μήτρας σταθμίσεων W , w_{ij} ορίζεται ως εξής:

$$(\text{A.4})$$

$$W = S \times T = w_{ij} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & s_{12} \times t_{12} & s_{13} \times t_{13} & \dots & s_{1N} \times t_{1N} \\ s_{21} \times t_{21} & \mathbf{0} & s_{23} \times t_{23} & \dots & s_{2N} \times t_{2N} \\ s_{31} \times t_{31} & s_{32} \times t_{32} & \mathbf{0} & \dots & s_{3N} \times t_{3N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{N1} \times t_{N1} & s_{N2} \times t_{N2} & s_{N3} \times t_{N3} & \dots & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

Συνοψίζοντας, με την κατασκευή της χωρό-χρονική μήτρας W , μπορούμε να θεωρήσουμε ότι γειτονικά ακίνητα κάθε ακινήτου είναι αυτά που βρίσκονται σε απόσταση μέχρι τα \bar{d} μέτρα και έχουν εκτιμηθεί ή συλλεχτεί εντός του χρονικού διαστήματος \bar{v} . Με αυτόν τον τρόπο ενσωματώνεται στη μήτρα W τόσο η χωρική αλληλεπίδραση όσο και η χρονική αυτοσυσχέτιση των παρατηρήσεων.

Παράρτημα Β

Περιγραφή του AZP Αλγορίθμου του Openshaw

Τα βήματα της διαδικασίας του AZP αλγορίθμου έτσι όπως έχουν καθοριστεί από τον Openshaw (1977) είναι τα εξής:

- Βήμα 1:** Βρίσκει μια αρχική λύση, ομαδοποιεί τις n περιοχές (R_1, R_2, \dots, R_n) σε δοσμένο αριθμό m περιοχών (Z_1, Z_2, \dots, Z_m) ($m < n$).
- Βήμα 2:** Φτιάχνει μια λίστα αυτών των ζωνών $L = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$.
- Βήμα 3:** Επιλέγει τυχαία μια ζώνη Z_k και την βγάζει από τη λίστα L .
- Βήμα 4:** Για την Z_k ζώνη κατασκευάζει μια λίστα με όλες τις γειτονικές της περιοχές $B = \{R_i, R_j, \dots\}$.
- Βήμα 5:** Επιλέγει τυχαία από την λίστα B μια περιοχή R_j , μέχρι αυτή να αδειάσει.
- Βήμα 6:** Ελέγχει για τη συνεκτικότητα της ζώνης (Z_k) όταν αποκόπτεται η περιοχή R_j . Αν η συνεκτικότητα παραμένει πηγαίνει στο Βήμα 7 αλλιώς επιστρέφει στο Βήμα 5.
- Βήμα 7:** Υπολογίζει τη νέα αντικειμενική συνάρτηση.
- Βήμα 8:** Αν υπάρχει βελτίωση, κράτα τη νέα ζωνοποίηση και πηγαίνει στο Βήμα 9. Αν δεν υπάρχει απορρίπτει την νέα ζωνοποίηση και πηγαίνει πίσω στο Βήμα 5.
- Βήμα 9:** Ανασυνθέτει τη λίστα B και πηγαίνει στο Βήμα 5.

Τα Βήματα 2-9 τρέχουν μέχρι να μην υπάρχει βελτίωση στην αντικειμενική συνάρτηση του αθροίσματος των τετραγωνικών διαφορών της διακύμανσης.

Παράρτημα Γ

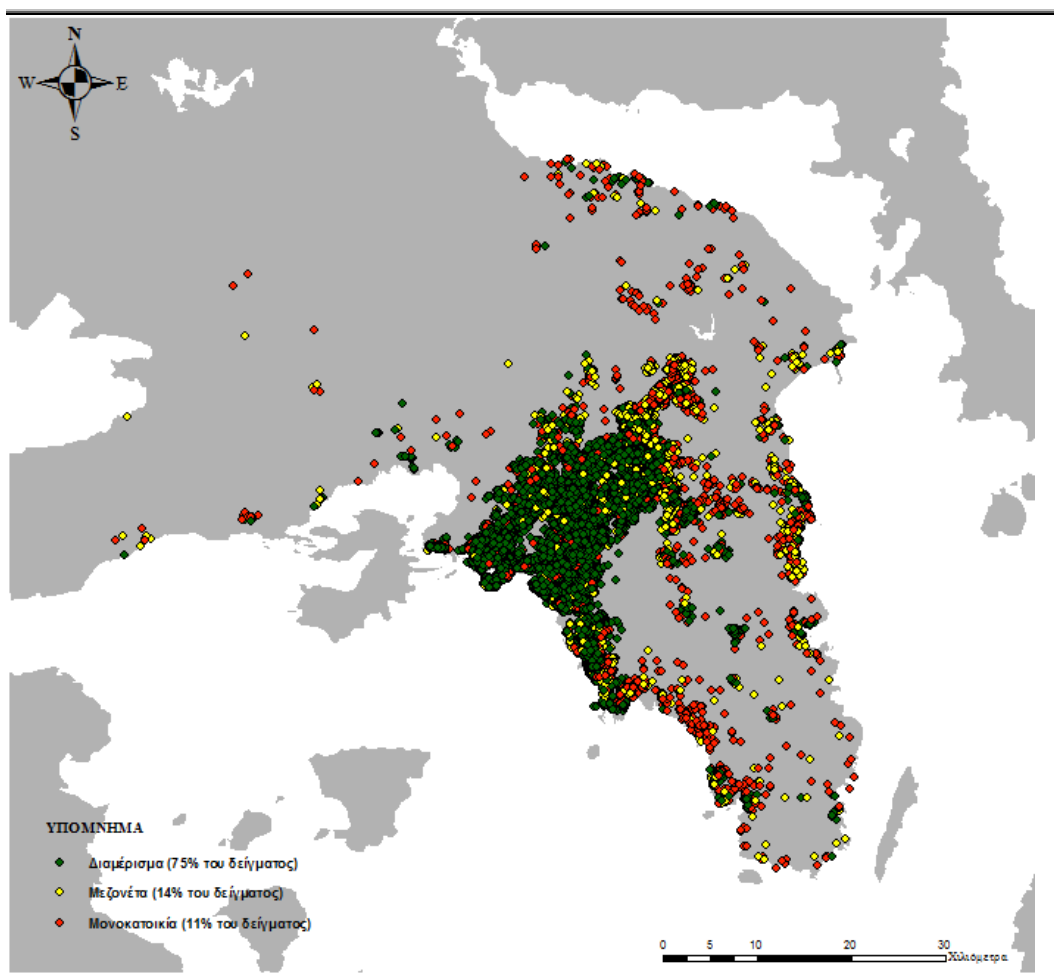
Κατηγοριοποίηση και Συμβολισμός Μεταβλητών

Πίνακας Γ. Κατηγοριοποίηση και συμβολισμός μεταβλητών		
Κατηγορία	Μεταβλητή	Συμβολισμός
Εξαρτημένη Μεταβλητή	Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο	<i>p</i>
	Εμβαδόν ακινήτου	<i>sqm</i>
	Ηλικία ακινήτου	<i>age</i>
	Αριθμός υπνοδωματίων	<i>bedroom</i>
	Αριθμός μπάνιων	<i>wc</i>
	Όροφος	<i>fi</i>
	Είδος στεγαστικού ακινήτου	<i>rei</i>
	Αυτόνομη θέρμανση	<i>ah</i>
	Κλιματιστικό	<i>ac</i>
Μεταβλητές που αφορούν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ακινήτου	Τζάκι	<i>fireplace</i>
	Φυσικό αέριο	<i>gas</i>
	Χώρος στάθμευσης	<i>parking</i>
	Αποθήκη	<i>storage</i>
	Ηλιακός θερμοσίφωνα	<i>solar</i>
	Πόρτα ασφαλείας	<i>door</i>
	Τέντες	<i>awnings</i>
	Χωρίς ανελκυστήρα	<i>lift</i>
	Χωρίς κοινόχρηστα	<i>utilities</i>
	Προσόψεως προσανατολισμός	<i>orfront</i>
	Διαμπερές προσανατολισμός	<i>orairy</i>
	Γωνιακός προσανατολισμός	<i>orcorn</i>
	Εσωτερικός προσανατολισμός	<i>ores</i>
	Θέα στη θάλασσα	<i>viewsea</i>
Μεταβλητές θέσης και γειτονιάς	Κοντά σε στάση του μετρό (σε απόσταση μικρότερη ή ίση των 500 μέτρων)	<i>metro</i>
	Κοντά σε στάση του ΗΣΑΠ (σε απόσταση μικρότερη ή ίση των 500 μέτρων)	<i>isap</i>

Παράρτημα Δ

Χωρική Κατανομή Τύπου Στεγαστικών Ακινήτων και Στοιχεία για το Πλήθος κάθε Κατηγορίας

Χάρτης Δ. Χωρική κατανομή τύπου στεγαστικών ακινήτων του δείγματος στην περιφέρεια Αττικής



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Παράρτημα Ε

Κώδικας στην R για τον Υπολογισμό του Συντελεστή Moran I

```
-----  
# PURPOSE: Calculate Moran I  
# Moran I=e'We/e'e  
# where:  
# e = residual vector  
# W =spatial weights matrix (standardized or non-standized)  
-----  
  
# Load packages  
library(sp)  
library(Matrix)  
library(spdep)  
  
# Load data  
load("data/realstate.rdata")  
  
# Define coordinates, neighbourhoods & spatial weights_____
```

Make a matrix of coordinates (X and Y coordinates)

```
coords<-cbind(realstate$x,realstate$y)  
coords<-as.matrix(coords)
```

Define k-nearest neighbourhoods

```
nb<-knearneigh(coords,k=15)  
nb_15nn <- knn2nb(nb, row.names=NULL, sym=TRUE)
```

Row standardised

```
nb.w<-nb2listw(nb_15nn, glist=NULL, style="W", zero.policy=TRUE)
```

Define MODEL

```
eform <- formula(realstate$lnp ~realstate$age+realstate$sqm+realstate$ah
```

```
+realestate$fireplace+realestate$fg+realestate$f1+realestate$f2  
+realestate$f3+realestate$f4 +realestate$f5p+realestate$viewsea+  
+realestate$parkin+realestate$wlift)
```

```
# Run OLS
```

```
ols.model<-lm(eform)
```

```
# Calculate Moran I
```

```
moran.test(residuals(ols.model),nb.w,zero.policy = TRUE)
```