



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ **ERSA**

ΜΕΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ (RSAI, ERSA)

“Οικονομική Κρίση και Πολιτικές Ανάπτυξης και Συνοχής”

10ο Τακτικό Επιστημονικό Συνέδριο ,
Θεσσαλονίκη, 1 – 2 Ιουνίου 2012

Συνδιοργάνωση

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης:

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ (ΤΝΔ) ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΞΙΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ: ΜΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

Αγγελος Μιμής¹, Αντώνης Ροβολής², Μαριάνθη Στάμου³

1 Λέκτορας, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο,
email: mimis@panteion.gr

2 Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο
Πανεπιστήμιο, email rovolis@panteion.gr

3 Υποψήφια Διδάκτορας, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο
Πανεπιστήμιο, email marianthi_stamou@hotmail.com

1. Εισαγωγή

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται μία ανάλυση των αξιών ακινήτων στην Αθήνα με την μέθοδο των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (ΤΝΔ). Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση περιέχει πληροφορίες για 3200 ακίνητα (κατοικίες) τα οποία βρίσκονται στην μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας και πωλήθηκαν κατά τα έτη 2000-2006. Η χρονική περίοδος είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα για την αγορά κατοικίας, καθώς μια σειρά παραγόντων είχαν αυξήσει σημαντικά την ζήτηση. Στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνονταν η πολύ μεγάλη πτώση των επιτοκίων των στεγαστικών δανείων λόγω της ένταξης της χώρας στην ευρωζώνη, η σημαντική αύξηση του πληθυσμού που προέκυψε από την εισροή μεταναστών, καθώς και από την ύπαρξη θετικής αύξησης του ΑΕΠ (που ήταν αποτέλεσμα κυρίως των μεγάλων κατασκευαστικών έργων υποδομής που σχετίζονταν με τους Ολυμπιακούς αγώνες). Παράλληλα η έλλειψη σοβαρών εναλλακτικών επένδυσης για το μέσο νοικοκυριό (η κατάρρευση του χρηματιστηρίου στην αρχή της υπό εξέταση ανάλυσης είχε συντελέσει σημαντικά προς αυτή την κατεύθυνση) είχαν επίσης ενισχύσει την αύξηση της ζήτησης. Οι πληροφορίες αυτές αναφέρονται τόσο σε χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ακινήτου, όπως για παράδειγμα, έτος κατασκευής, μέγεθος, τιμή, κλπ., όσο και χαρακτηριστικά της περιοχής που βρίσκεται το ακίνητο, όπως η απόσταση του από δημόσια μέσα μεταφοράς, απόσταση από σχολεία, τα κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά της «γειτονιάς», κλπ. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά έχουν καταγραφεί και χαρτογραφηθεί με την χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ). Η παρούσα εργασία αποσκοπεί αφενός στην ανάλυση των παραγόντων που καθορίζουν τις αξίες των ακινήτων με την μέθοδο ΤΝΔ και αφετέρου στην σύγκριση της μεθόδου με τα αποτελέσματα του χωρικού αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος (Spatial Autoregressive Regression - SAR).

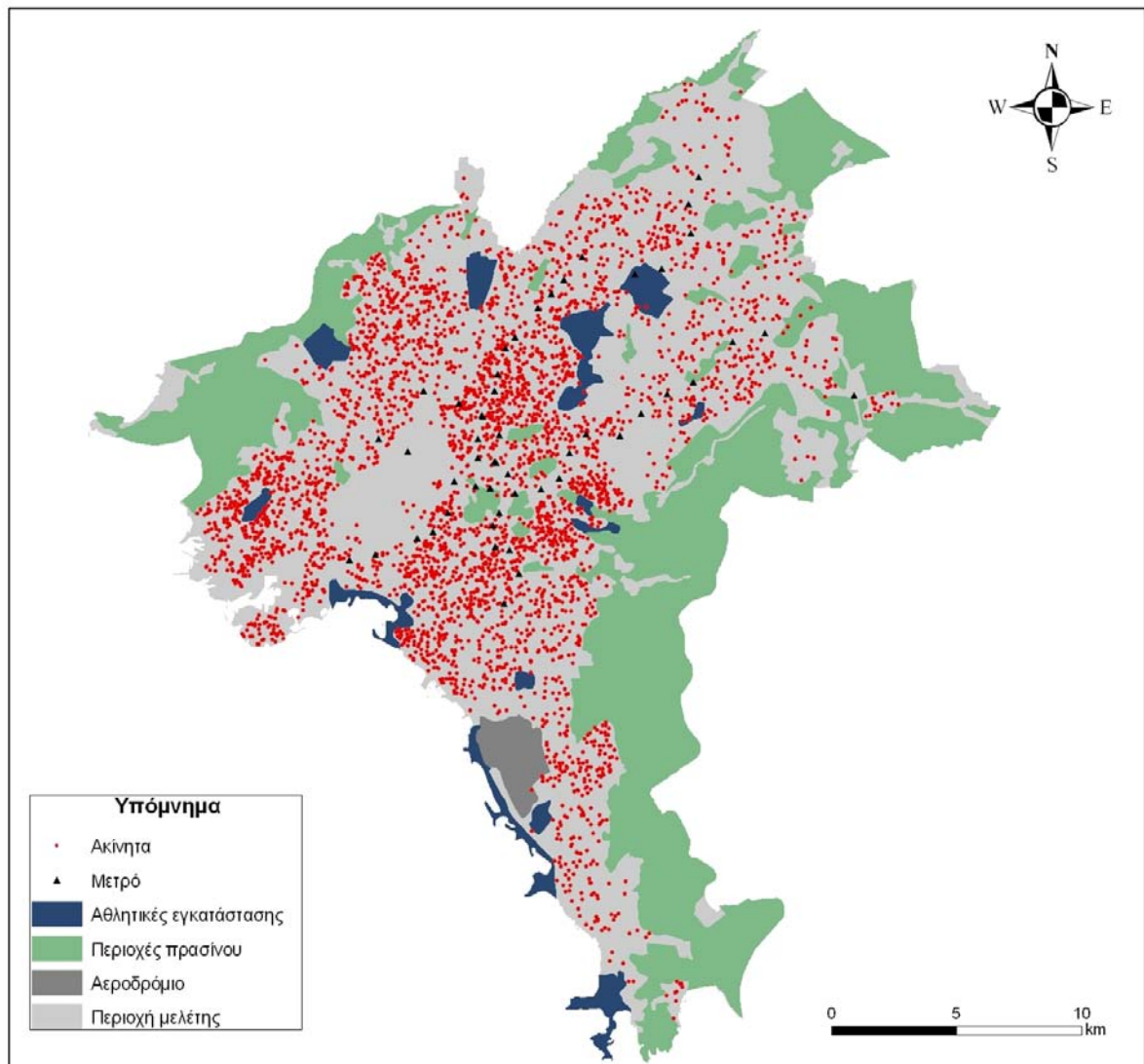
2. Μεθοδολογία

2.1. Δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία αφορούν 3200 ακίνητα. Συγκεκριμένα, είναι διαμερίσματα εντός της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας εκτιμηθέντα κατά την χρονική περίοδο 2000-2006. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται τόσο στα χαρακτηριστικά του ακινήτου όσο και στα χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία βρίσκεται το ακίνητο. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιήθηκαν οι μεταβλητές που αναφέρονται στην θέση, στην ηλικία, στο έτος εκτίμησης, στο μέγεθος, στον όροφο και στην αξία του ακινήτου καθώς και οι μεταβλητές που αφορούν το εισόδημα, την αξία γης και την απόσταση από το μετρό ή τον ΗΣΑΠ.

Στον Χάρτη 1 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των ακινήτων στην περιοχή μελέτης.

Χάρτης 1: Περιοχή μελέτης



2.2. Χωρικό Αυτοπαλίνδρομο Υπόδειγμα

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

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

όπου y η εξαρτημένη μεταβλητή, ρ ο συντελεστής χωρικής υστέρησης, W η μήτρα χωρικών σταθμίσεων, X το διάνυσμα των ανεξάρτητων μεταβλητών, β το διάνυσμα των αγνωστων παραμέτρων της παλινδρόμησης και ε το διάνυσμα των κατάλοιπων.

2.3. Νευρωνικά Δίκτυα

Τα νευρωνικά δίκτυα είναι τεχνητά συστήματα που μιμούνται το ανθρώπινο νευρικό σύστημα (Haykin, 2008). Ένα νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από ένα αριθμό στοιχείων, τους νευρώνες. Οι νευρώνες έχουν μία συγκεκριμένη διάταξη που οδηγεί σε μία δομή, η οποία ποικίλει στους διάφορους τύπους δικτύων. Ωστόσο, όλοι οι τύποι έχουν το κοινό χαρακτηριστικό ότι δέχονται σήματα στην είσοδο τους, τα οποία τα πολλαπλασιάζουν επί το αντίστοιχο βάρος, βρίσκουν το άθροισμα όλων των γινομένων και ακολούθως μεταβιβάζουν το άθροισμα αυτό σε μία ειδική συνάρτηση η οποία παράγει την έξοδο από τον κάθε νευρώνα (Selim, 2008). Τα νευρωνικά δίκτυα κατηγοριοποιούνται με βάση την αρχιτεκτονική τους (την συνδεσμολογία τους) και τον τρόπο εκπαίδευσης του δικτύου.

Στο παρόν άρθρο χρησιμοποιήθηκε ένα Multilayer Perceptron (MLP) δίκτυο το οποίο αποτελεί δίκτυο πλήρους συνδεσμολογία, όπου κάθε νευρώνας είναι συνδεδεμένος με τον νευρώνα του προηγούμενου επίπεδου. Αναλυτικότερα, το δίκτυο αποτελείται από τρία επίπεδα: το επίπεδο εισόδου το οποίο περιλαμβάνει 9 νευρώνες (οι οποίοι αντιστοιχούν στις ανεξάρτητες μεταβλητές), το κρυμμένο επίπεδο το οποίο αποτελείται από 5 νευρώνες και το επίπεδο εξόδου με 1 νευρώνα ο οποίος αντιστοιχεί και στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, της αξίας δηλαδή του ακίνητου.

Η εκπαίδευση του MLP δικτύου έγινε με την χρήση του αλγόριθμου Back-Propagation. Κατά την διαδικασία εφαρμογής του αλγόριθμου εκπαίδευσης 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 εξωτερική παράμετρο για την αλλαγή των βαρών η οποία είναι η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετράγωνων των σφαλμάτων (SSE).

3. Αποτελέσματα

Στο πρώτο στάδιο της εμπειρικής ανάλυσης έγινε έλεγχος για την ύπαρξη χωρικής αυτοσυσχέτισης με τον υπολογισμό του δείκτη Moran'I στο λογισμικό ArcGIS, με την χρήση της αντίστροφης απόστασης με όριο το 1 χιλιόμετρο. Η τιμή του δείκτη έδειξε την ύπαρξη χωρικού προτύπου στις τιμές των ακινήτων.

Στην συνέχεια, δεδομένου της χωρικής εξάρτησης, έγινε εφαρμογή του χωρικό αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος έτσι ώστε να γίνει ενσωμάτωση των χωρικών επιδράσεων και τα αποτελέσματα του να συγκριθούν με τα αποτελέσματα των νευρωνικών δικτύων. Η επιλογή του τρόπου κατασκευής της μήτρας χωρικών σταθμίσεων έγινε με βάση τις τιμές του κριτηρίου πληροφοριών Akaike (AIC). Από την εφαρμογή του SAR υποδείγματος (Πίνακας 1) με εξαρτημένη μεταβλητή το λογάριθμο της αξίας των ακινήτων, προέκυψε ότι όλες οι μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές και τα πρόσημα των μεταβλητών είναι αναμενόμενα εκτός από την μεταβλητή που αναφέρεται στην απόσταση από το Μετρό η οποία επηρεάζει αρνητικά την τιμή του ακινήτου κάτι το οποίο μπορεί να ερμηνευτεί και από την ύπαρξη θόρυβο για τις κατοικίες που βρίσκονται κοντά στην Γραμμή 3 του ΗΣΑΠ.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα SAR υποδείγματος

Μεταβλητές	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	z-value	Pr(> z)
Σταθερά	5.2955e+02	1.5979+03	3.3141	0.0009194
Ηλικία	-1.1984e-03	6.5397e-04	-18.3256	2.2e-16
Μέγεθος	9.4728e-03	4.9605e-04	19.0965	2.2e-16
Όροφος	3.3220e-02	2.5622e-03	12.9650	2.2e-16
Εισόδημα	1.7806e-05	1.5979e+03	8.4837	2.2e-16
Αξία γης	1.4357e-04	1.4848e-05	9.6693	2.2e-16
Απόσταση από το Μετρό	-5.5781e-02	9.1096e-03	-6.1233	9.167e-10
Έτος εκτίμησης	-6.9483e-02	4.0098e-03	-17.3281	2.2e-16
Rho	-451.36	136.47	-3.3075	0.00094143
LR-test value	14.555			0.00013614
Wald statistic	10.939			0.00094143
Log-likelihood	650.4264			
LM-test for residual autocorrelation	0.67156			0.41251

Για την εφαρμογή της τεχνικής των ΤΝΔ, τα δεδομένα χωρίστηκαν σε τρία υποσύνολα. Πιο συγκεκριμένα, το 60% του δείγματος χρησιμοποιήθηκε για την εκπαίδευση του δικτύου, το 20% για την επιβεβαίωση και το υπόλοιπο 20% για τον έλεγχο του μοντέλου.

Στον Πίνακα 2, παρουσιάζονται τα στατιστικά κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την σύγκριση των δυο μοντέλων. Όσον αφορά την προσαρμογή των δεδομένων (R^2), 87% της συνολικής μεταβλητότητας ερμηνεύεται από το ΤΝΔ μοντέλο και το 76% από το SAR υπόδειγμα. Ένας από τους πιο σημαντικούς δείκτες αποτελεί η απόλυτη τιμή του μέσου σφάλματος (MAE) η οποία είναι 16625 ευρώ για τα ΤΝΔ και 17384 ευρώ για το SAR. Στην αρθρογραφία απαντώνται, αλλά δυο στατιστικά κριτήρια, η ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) και η απόλυτη τιμή του ποσοστού του σφάλματος (MAPE)(Paterson & Flanagan, 2009; Selim, 2008) οι τιμές των οποίων είναι χαμηλότερες στο ΤΝΔ μοντέλο.

Πίνακας 2: Στατιστικά υποδειγμάτων

	ΤΝΔ	SAR
R^2	0.865291	0.764463
MAE	16 625.7	17 384.8
RMSE	21 138.8	27 951.9
MAPE	0.135575	0.136154

4. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην ανάλυση των παραγόντων που καθορίζουν τις αξίες των ακινήτων με την μέθοδο ΤΝΔ. Η εμπειρική ανάλυση βασίστηκε σε στοιχεία που αφορούν 3200 ακίνητα τα οποία βρίσκονται στην μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας. Και για τα οποία ήταν διαθέσιμες πληροφορίες που αναφέρονται στα φυσικά χαρακτηριστικά του ακινήτου όσο και χαρακτηριστικά της περιοχής- γειτονίας στην οποία βρίσκεται. Για την ενσωμάτωση των μεταβλητών που αναφέρονται στα χαρακτηριστικά της γειτονίας του ακινήτου χρησιμοποιήθηκαν τα ΓΣΠ. Τα αποτελέσματα της εμπειρική ανάλυσης έδειξαν ότι το υπόδειγμα που εκτιμάται με την μέθοδο ΤΝΔ προβλέπει με καλύτερη ακρίβεια τις αξίες των ακινήτων σε σύγκριση με το SAR υπόδειγμα.

5. Αναφορές

- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Haykin, S. (2008). *Neural Networks and Learning Machines* (3rd ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Peterson, S., & Flanagan, A.B. (2009). Neural Network Hedonic Pricing Models in Mass Real Estate Appraisal. *Journal of Real Estate Research*. 31(2). p.pp.147–164.
- Selim, H. (2009). Determinants of house prices in Turkey: Hedonic regression versus artificial neural network. *Expert Systems with Applications*. 36(2).p.pp. 2843-2852.