

## **Χωρική Ανάλυση και Πρόβλεψη Εξέλιξης Αστικών Περιοχών: Εφαρμογή στο Νόμο Αττικής**

**Παναγιώτης Μανέτος**

Υποψήφιος Διδάκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας  
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης  
Πεδίον Άρεως, 38334 Βόλος  
e-mail: pmanetos@uth.gr

**Γεώργιος Ν. Φώτης**

Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας  
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης  
Πεδίον Άρεως, 383 34 Βόλος  
e-mail: yphotis@uth.gr

### **Περίληψη**

Η παρατηρούμενη αύξηση του αστικού πληθυσμού είναι ένας από τους κύριους λόγους που, όλο και πιο συχνά τις τελευταίες δεκαετίες, οι αστικές περιοχές βρίσκονται στο επίκεντρο θεωρητικής και πρακτικής μελέτης. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανάλυση της εξέλιξης αστικών περιοχών και ειδικότερα, ο προσδιορισμός ενός αστικού υποδείγματος, που αφορά στη διαχρονική μεταβολή των χωρικών προτύπων του πληθυσμού και των χρήσεων γης. Υπό το πρίσμα αυτό, αξιοποιούνται μέθοδοι και τεχνικές της Τεχνητής Νοημοσύνης, αφενός για τη χωρική ανάλυση και ομαδοποίηση αντίστοιχων δεδομένων σε επίπεδο δήμου και αφετέρου, για την ανίχνευση μελλοντικών τάσεων. Στο πλαίσιο της προτεινόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης, προσδιορίστηκε ένα υπόδειγμα νευρωνικού δικτύου, με εικοσαετή ορίζοντα πρόβλεψης, το θεωρητικό υπόβαθρο του οποίου ήταν ότι ο βαθμός της χωρικής γειννίασης μεταξύ των επιμέρους δήμων, είναι καθοριστικός παράγοντας για τη μελλοντική εξέλιξή τους. Αποδεικνύεται επίσης ότι η απόδοση του υποδείγματος εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το είδος των μεταβλητών που αρχικά καθορίζουν τη συνολική εικόνα κάθε δήμου και κατά συνέπεια την ομάδα εξέλιξης στην οποία ανήκει.

**Λέξεις κλειδιά:** Ταξινομική Ανάλυση, Ασαφής Λογική, Νευρωνικά Δίκτυα, Αστικό Υπόδειγμα

Απρίλιος 2003



## Εισαγωγή

Η κατανόηση και ερμηνεία της διαδικασίας της αστικής ανάπτυξης και εξέλιξης είναι σημαντική τόσο για πρακτικούς λόγους, όσο και για την πρόκληση που αποτελεί ως προς το θεωρητικό της πλαίσιο. Ένας από τους βασικότερους λόγους που, όλο και πιο συχνά τις τελευταίες δεκαετίες, οι πόλεις βρίσκονται στο επίκεντρο μελετών από τους επιστήμονες είναι η συνεχής αύξηση του αστικού πληθυσμού. Η μεταβολή αυτή του πληθυσμού συνοδεύεται από συνεχείς μεταβολές της μορφής των αστικών κέντρων, οι οποίες εκφράζονται μέσω των μεταβολών στις χρήσεις γης και της αστικής διάχυσης.

Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια αυξημένη συνειδητοποίηση της αξίας της χωρικά αναφερόμενης πληροφορίας και του ρόλου της στη λήψη αποφάσεων τόσο σε επίπεδο κράτους όσο και ιδιωτικού τομέα. Σε όλες τις σύγχρονες μελέτες κοινωνικών, οικονομικών και άλλων φαινομένων η χωρική διάσταση τείνει να αποσπά συνεχώς μεγαλύτερη προσοχή στην επιστημονική κοινότητα. Ειδικότερα, η διαδικασία του αστικού σχεδιασμού προϋποθέτει πληθώρα πληροφοριών και ειδών επεξεργασίας, με συνέπεια το τεχνολογικό και λειτουργικό περιβάλλον στο οποίο θα αναπτυχθεί, να πρέπει να χαρακτηρίζεται από ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε ένα εύρος αναγκών και απαιτήσεων (Visvalingam 1991). Αντίστοιχα αυξημένη είναι η αξιοποίηση των Χωρικών Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (SDSS), με τη χρήση των οποίων μελετώνται και αποτυπώνονται οι μεταβολές των χρήσεων γης καθώς και οι παράμετροι που τις επηρεάζουν. Το καίριο ερώτημα παραμένει, κατά πόσον οι διαθέσιμες τεχνικές και δυνατότητες ανάλυσης ανταποκρίνονται στις σύγχρονες και μελλοντικές ανάγκες λήψης αποφάσεων που θα οδηγούν στην επιτυχημένη ανάλυση, καθορισμό και πρόβλεψη των τάσεων εξέλιξης των αστικών περιοχών.

Στην παρούσα εργασία επιστρατεύονται μέθοδοι και τεχνικές όπως η Ασαφής Λογική (Fuzzy Logic) και τα Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks) για την χωροχρονική ανάλυση και πρόβλεψη της μελλοντικής τάσης εξέλιξης αστικών περιοχών. Οι εν λόγω μέθοδοι, εκμεταλλεύονται τον αυξημένο όγκο και την ποικιλία των διαθέσιμων δεδομένων, και με τη βοήθεια του κατάλληλου πλαισίου, εντοπίζουν τις συσχετίσεις των επιμέρους παραγόντων της διαδικασίας του σχεδιασμού και διαμορφώνουν υποδείγματα πρόβλεψης τάσεων της επιζητούμενης αστικής εξέλιξης. Αποτελείται από τέσσερα επιμέρους κεφάλαια: Το πρώτο, αναφέρεται στην πολυπλοκότητα και τις ιδιαιτερότητες της διαδικασίας εξέλιξης αστικών κέντρων και στις σύγχρονες προσεγγίσεις, αναπτύσσοντας αναλυτικά τις μεθόδους και τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν. Στο δεύτερο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο του υποδείγματος και η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση καταγράφοντας τα επιμέρους στάδια που την αποτελούν. Στο επόμενο κεφάλαιο, βάσει της προτεινόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης δημιουργείται ένα υπόδειγμα για την ανάλυση, εξέλιξη και πρόβλεψη γεωδημογραφικών τάσεων των

Απτικών Δήμων και Κοινοτήτων με χρονικό ορίζοντα εικοσαετίας. Τέλος, η εργασία ολοκληρώνεται με το κεφάλαιο των συμπερασμάτων, όπου αξιολογείται η προσέγγιση και προσδιορίζονται οι προοπτικές περαιτέρω έρευνας στο πλαίσιο της αντιμετώπισης αντίστοιχων προβλημάτων.

## 1. Υποδείγματα εξέλιξης αστικών κέντρων

Κάθε μορφή σχεδιασμού περιλαμβάνει τα στάδια της ανάλυσης και σύνθεσης με απώτερο σκοπό τον προσδιορισμό στρατηγικών που συνυπολογίζοντας στόχους και κριτήρια θα οδηγή στο εκάστοτε επιθυμητό αποτέλεσμα. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι αλληλοσυσχετίσεις των επιμέρους παραμέτρων που διαμορφώνουν το περιβάλλον του εκάστοτε προβλήματος, καθώς κάθε μεταβλητή του αστικού χώρου εξαρτάται από κάθε άλλη και το σύνολο δεν προκύπτει από το άθροισμα όλων των επιμέρους στοιχείων του. Κατ' αυτόν τον τρόπο η ανάπτυξη δεν είναι τυχαία: Όταν μια χωρική οντότητα αναπτύσσεται σε δεδομένη θέση τότε αυξάνεται η πιθανότητα για τις γεινιάζουσες περιοχές (Makse 1998). Η γεωγραφική γεινίαση έχει επιπτώσεις σε κάθε κοινωνικό φαινόμενο. Και αυτό γιατί όπως εύγλωττα περιγράφει ο Jones (1990): *"Δεν υπάρχουν καθαρά χωρικές διαδικασίες, αλλά συγκεκριμένες κοινωνικές διαδικασίες που λειτουργούν στο χώρο"*. Είναι γνωστό, ότι στις ΗΠΑ για αρκετά χρόνια προσπαθούσαν να επιλύσουν τα κυκλοφοριακά τους προβλήματα αποκλειστικά με κυκλοφοριακές μελέτες, συλλογή και επεξεργασία δεδομένων κυκλοφοριακής υφής, μέχρι να διαπιστωθεί ότι η διάρθρωση των χρήσεων γης στην πόλη έχει σε αρκετές περιπτώσεις μεγαλύτερη αλληλεπίδραση με τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας από οποιαδήποτε αμιγώς κυκλοφοριακά στοιχεία.

Καθώς οι σύγχρονες πόλεις είναι πολυκεντρικές και απέχουν πολύ από το κλασσικό μονοκεντρικό μοντέλο του παρελθόντος, η προσέγγιση της εξέλιξής τους καθίσταται διαρκώς πολυπλοκότερη. Από τις πρώτες κιόλας μεταπολεμικές δεκαετίες αναπτύχθηκαν αρκετές θεωρίες για την ανάλυση και επίλυση των παραπάνω προβλημάτων και οι μαθηματικές εξισώσεις που προέκυψαν οδήγησαν στη δημιουργία υποδειγμάτων μερικής ερμηνείας των αντίστοιχων φαινομένων. Όμως, οι δεσμοί μεταξύ θεωριών και υποδειγμάτων, δεν ήταν πάντα ισχυροί και σε συνδυασμό με τις αρχικά περιορισμένες τεχνολογικές δυνατότητες δεν οδήγησαν σε ευρέως γνωστά και αξιοποιήσιμα εργαλεία.

## 1.1 Εναλλακτικές προσεγγίσεις

Από τους ισχυρότερους παράγοντες του εκάστοτε πλαισίου δράσης είναι η υπάρχουσα κατάσταση στο χώρο: τα δημογραφικά του χαρακτηριστικά, οι υφιστάμενες δομές καθώς και οι χρήσεις γης που έχουν επικρατήσει (Αραβαντινός 1997). Η διερεύνηση των επιμέρους αλληλοσυσχετίσεων αναδεικνύει το γεγονός ότι οι χωρικές μονάδες και η εξέλιξή τους επηρεάζει και επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά και την αντίστοιχη εξέλιξη γειτονικών μονάδων. Καταγράφεται κατ' αυτήν την έννοια μια αλληλεπίδραση που ενισχύει τη θεώρηση περί ταυτόχρονης και αλληλοεξαρτώμενης εξέλιξης δύο ή περισσότερων γειτονικών περιοχών. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται αρκετές μαθηματικές σχέσεις για την ερμηνεία και την απόδοση των παραπάνω σχέσεων. Στις συγκεκριμένες αναφορές οι μεταβολές των πληθυσμιακών μεγεθών και των χρήσεων γης εμφανίζονται στενά συνδεδεμένες και τα υποδείγματα αστικής ανάπτυξης που δημιουργήθηκαν για να τις περιγράψουν και να τις προδιαγράψουν, παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα για να αναλυθεί η αλληλεπίδραση πληθυσμού και χρήσεων γης. Η ανάγκη για ολοκληρωμένες μεθοδολογικές προσεγγίσεις που θα αποσκοπούν στην ανάλυση, ερμηνεία, αλλά και την πρόβλεψη των συνεπειών χωρικών πολιτικών και θα υποστηρίζονται από αντίστοιχες τεχνολογίες πληροφοριών έχει μεν γίνει κατανοητή, αλλά μόλις τα τελευταία χρόνια άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες σχετικές ολοκληρωμένες εφαρμογές.

Υπάρχουν αρκετές προσπάθειες πολύπλευρης αντιμετώπισης του ζητήματος του προσδιορισμού του τρόπου των αστικών μεταβολών, γεγονός που αποδεικνύει το ενδιαφέρον εξέτασης των αιτιών που δημιουργούν αυτές τις μεταβολές, καθώς οι απαιτήσεις γενικότερα στο σχεδιασμό και ειδικότερα στον πολεοδομικό σχεδιασμό είναι ολοένα και πιο αυξημένες, αφού όλο και περισσότερες παράμετροι (π.χ. περιβαλλοντικές επιπτώσεις) πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν (Rocky Mountain Institute 1998). Ενδεικτικά αναφέρουμε τις παρακάτω:

*Urban Dynamics Research (UDR)*: Είναι ένα ερευνητικό πρόγραμμα για την καταγραφή και ανάλυση των μεταβολών των χρήσεων γης σε αστικούς χώρους. Στόχο έχει να αναγνωρίσει τους χωρικούς δεσμούς μεταξύ γεωγραφικών και κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων που συμβάλλουν στην αστική ανάπτυξη. Η μορφοποίηση των παράγωγων υποδειγμάτων βασίζεται στη χρήση απλών παραμέτρων όπως είναι ο βαθμός αστικής επέκτασης, η τοπογραφία της υπό μελέτη περιοχής και το οδικό δίκτυο. Για την πρόβλεψη των πιθανοτήτων μελλοντικής αστικοποίησης περιοχών χρησιμοποιούνται κατά βάση στατιστικές μέθοδοι (USGS 2002).

*URBANSIM (Urban Simulator)*: Εμπνεύστηκε και εξελίσσεται στο University of Washington. Είναι ένα υπόδειγμα βασιζόμενο στην ανάπτυξη λογισμικού που σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό και την ανάλυση αστικής ανάπτυξης, ενσωματώνοντας της αλληλεπιδράσεις μεταξύ χρήσεων γης, μεταφορών και δημόσιων πολιτικών (Waddell 2002).

Στον ελληνικό χώρο αντίστοιχες μελέτες δεν υπάρχουν με εξαίρεση τη μελέτη της Αττικό Μετρό ΑΕ (ΑΜ) για την πρόβλεψη του πληθυσμού στο νομό Αττικής. Η πορεία που ακολουθήθηκε είχε δύο στάδια: α) Προβλέψεις για τα συνολικά μεγέθη που μελετήθηκαν υπό μορφή «Εναλλακτικών Εκτιμήσεων» και β) Εξειδίκευση ανά χωρική μονάδα αναφοράς (κυκλοφοριακή ζώνη). Έχοντας αποδεχθεί ορισμένες παραδοχές διαμορφώθηκαν δύο «εναλλακτικά σενάρια» πιθανών εξελίξεων στα συνολικά βασικά μεγέθη της χώρας (ρυθμός ΑΕΠ, ρυθμός αύξησης πληθυσμού, ρυθμός απασχόλησης). Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν αναλύθηκαν και ακολούθως έγινε προσδιορισμός των συγκριτικών πλεονεκτημάτων. Κατόπιν δημιουργήθηκε ένας πίνακας βαρών και εφαρμόζοντας τη Δελφική Μέθοδο προσδιορίστηκαν δύο τελικές εκτιμήσεις, οι οποίες αποτέλεσαν και το τελικό προϊόν της μελέτης.

Από τη σύντομη και επιλεκτική αυτή αναφορά είναι σαφές ότι υπάρχει έκδηλο ενδιαφέρον και πρόσφορο έδαφος για τη διεξαγωγή αντίστοιχων ερευνών και την αναζήτηση κατάλληλων μεθόδων υποστήριξης της δημιουργίας αστικών υποδειγμάτων. Στο συγκεκριμένο πόνημα, παρουσιάζεται μια εναλλακτική πρόταση στο πλαίσιο της υλοποίησης ενός αστικού υποδείγματος εξέλιξης, η οποία στηρίζεται σε μεθόδους της τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες εν αντιθέσει με όσα έχουν προαναφερθεί, επεξεργάζονται και επιλύουν τα επιμέρους υπό-προβλήματα, δίχως να ακολουθούν ή να προϋποθέτουν τον προκαθορισμό συγκεκριμένων μαθηματικών σχέσεων.

## 1.2 Μέθοδοι & τεχνικές

Μία από τις προκλήσεις για τη δημιουργία υποδείγματος είναι η διαχείριση πολλών μεταβλητών για διαφορετικές χρονικές στιγμές. Την τελευταία δεκαετία υπάρχει μεγάλη συσσώρευση δεδομένων σε όλους τους χώρους της σύγχρονης κοινωνίας (επιστημονικούς, διοικητικούς, επιχειρηματικούς κ.ά.). Παρ' ότι η τεχνολογία των βάσεων δεδομένων παρέχει βασικά εργαλεία για την αποδοτική αποθήκευση και ανάκτηση κάθε είδους δεδομένων, ωστόσο το θέμα της εύκολης κατανόησης και ανάλυσης μεγάλων συνόλων δεδομένων παραμένει ένα από τα πιο κρίσιμα υπό έρευνα προβλήματα. Από το σύνολο των μεθόδων και τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα Νευρωνικά Δίκτυα (ΝΔ) και η Ασαφής Λογική (ΑΛ). Εντάσσονται σε μια ευρύτερη ομάδα, μεθόδων τεχνητής νοημοσύνης που μπορούν να παρέχουν μια θεμελιωδώς διαφορετική προσέγγιση στη μορφοποίηση και τη δημιουργία χωρικών υποδειγμάτων στο ευρύτερο αντικείμενο της ανάλυσης χώρου (Openshaw 1997), καθώς στο πλαίσιο της αρχικής τους εφαρμογής, δεν προϋποθέτουν εξειδικευμένες γνώσεις μαθηματικών ή άλλων θεωριών. Ορισμένες από τις υπάρχουσες εφαρμογές τους, όπως η πρόβλεψη της εξέλιξης των κρουσμάτων AIDS στην πολιτεία του Οχάιο, καθώς και οι βασισμένες σε στοιχεία απογραφής κοινωνικο-οικονομικές ταξινομήσεις του πληθυσμού (Νότια Αφρική), έχουν παρουσιαστεί από τους Hewitson

και Crane (1994). Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση αυτών, εστιάζοντας στα κύρια χαρακτηριστικά τους και τον τρόπο ενσωμάτωσης αυτών στη μεθοδολογία.

### 1.2.1 Ασαφής Λογική

Η έννοια του ασαφούς συνόλου εισήχθη από τον Zadeh το 1965 και αποτέλεσε πραγματική επανάσταση στη μαθηματική επιστήμη. Η κλασσική (Αριστοτέλεια) λογική, αντιμετωπίζει δυσκολία όταν πρέπει να προσαρμοστεί στην πραγματικότητα, γιατί οτιδήποτε δεν μπορεί να χαρακτηριστεί με ένα "ναι" ή με ένα "όχι" χαρακτηρίζεται "ασαφές" και εγκαταλείπεται. Κι όμως αυτή η ασάφεια κρύβει μέσα της μια πολύ ισχυρή λογική, γιατί η ασάφεια προκαλείται από την πολυπλοκότητα ενός φαινομένου (Kosko 1997). Σε τέτοια περίπτωση είναι απαραίτητη μια λογική με περισσότερους παραμέτρους από το "ναι" ή το "όχι". Η θεωρία της ΑΛ αναπτύχθηκε για να χειριστεί προβλήματα που δεν έχουν αυστηρά όρια ή καταστάσεις στις οποίες τα γεγονότα είναι ασαφώς καθορισμένα, όπως άλλωστε συμβαίνει στην πραγματικότητα.

Στη θεωρία των συνόλων ΑΛ, το σύνολο δεν περιορίζεται πια από τον δυαδικό (ναι/όχι) ορισμό κάθε μέλους του συνόλου, αλλά επιτρέπει ένα βαθμωτό ορισμό του μέλους. Αυτό σημαίνει ότι, για κάθε στοιχείο μπορεί προσδιορισθεί ο βαθμός κατά το οποίο ανήκει σε κάθε σύνολο (MIT 1997a). Το σύνολο που ορίζεται κατ'αυτήν την έννοια, ονομάζεται ασαφές. Έτσι, η ερμηνεία κάθε ομάδας προσεγγίζει ακριβέστερα την πραγματικότητα. Ο πρώτος στόχος της ομαδοποίησης είναι να εντοπισθούν κοινές δομές στα δεδομένα, συνήθως τάξεις, στις οποίες τα στοιχεία από τα δεδομένα αποδίδονται. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας ομαδοποίησης χρησιμοποιείται συνήθως ως ταξινομητής, με τον οποίο αντικείμενα που δεν έχουν αποδοθεί σε γνωστή ομάδα, αποδίδονται σε τάξεις. Το πλεονέκτημα συνεπώς της ασαφούς ομαδοποίησης είναι ότι τα αντικείμενα αποδίδονται με διαφορετικό βαθμό σε διαφορετικές τάξεις, ενώ στην κλασσική ομαδοποίηση κάθε αντικείμενο αντιστοιχεί σε μία ακριβώς τάξη.

Ήδη από το 1989 ο Openshaw (Openshaw 1989) διακρίνοντας την ανάγκη για νέα εργαλεία στις επιστήμες του χώρου, διατυπώνει την άποψη ότι η Ασαφής Λογική, μπορεί να εφαρμοσθεί στη Γεωδημογραφία. Ο βασικότερος λόγος είναι ότι συνήθως στη Γεωδημογραφία υπάρχουν δύο ειδών ασάφειες, που αναφέρονται στις αβεβαιότητες που ανακύπτουν από την ανακρίβεια και την αμφιβολία. Η πρώτη αφορά στα περιγραφικά χαρακτηριστικά των χωρικών μονάδων, όπου για παράδειγμα, η κατηγοριοποίηση γειτονικών οντοτήτων σε ομάδες γίνεται με τη δυαδική λογική και αγνοείται το γεγονός ότι αρκετές οντότητες αν και μπορεί να είναι πολύ κοντά στην ταξινόμηση με γειτονικές, σύμφωνα με τον χρησιμοποιούμενο αλγόριθμο κατατάσσονται σε διαφορετικές ομάδες. Η δεύτερη, αφορά στην επίδραση της γεινιάσης στη διαμόρφωση των επιμέρους χαρακτηριστικών περιοχών και ειδικότερα στο γεωγραφικό φαινόμενο όπου ενώ γειτονικοί πληθυσμοί τείνουν να μοιράζονται ή να προσομοιώνουν ορισμένα χαρακτηριστικά στη συμπεριφορά τους παρά τις υπόλοιπες διαφορές, αλλά

παρ' όλα αυτά κατατάσσονται σε λάθος ομάδες. Ένα αίτιο είναι ότι τα σύνορα των χωρικών οντοτήτων δεν είναι φυσικά με όρους δημογραφικής και οικονομικο-κοινωνικής διαμέρισης (Feng 1998). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην εργασία αντιμετωπίζει και τα δύο είδη ασάφειας και επιπλέον εκμεταλλεύεται την επίδραση της γειννίας για τη διαμόρφωση των αρχικών ομάδων αλλά και για την εκτίμηση της μελλοντικής κατάταξης των μελετώμενων περιοχών σε αυτές.

Στα πλαίσια της προτεινόμενης προσέγγισης χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος Fuzzy C-Means (FCM), ο οποίος αναλύει τα στοιχεία εισόδου και αναζητά σχέσεις μεταξύ τους και αφού τα επεξεργαστεί, τα ταξινομεί. Κάθε τάξη έχει μια κεντρική τιμή (cluster center) η οποία απεικονίζει την τιμή ενός χαρακτηριστικού (τυπικού) αντικείμενου της τάξης αυτής. Σύμφωνα με τη θεωρία της ΑΛ, ένα στοιχείο, μπορεί να ανήκει σε δύο ή και περισσότερες ομάδες (με υψηλά ποσοστά π.χ. 40% και στις δύο). Τα ποσοστά αυτά σχετίζονται με το πόσο κοντά στα κέντρα τάξης κάθε ομάδας βρίσκεται το κάθε στοιχείο. Έτσι, αν το ποσοστό που ανήκει ένα στοιχείο σε μια ομάδα είναι 95%, αυτό σημαίνει ότι τα δεδομένα που το χαρακτηρίζουν συμπίπτουν με τις κεντρικές τιμές των δεδομένων της συγκεκριμένης ομάδας και συνεπώς κατατάσσεται σε αυτήν. Αντίστροφα, αν το στοιχείο ανήκει κατά 5% σε μια ομάδα, τότε τα δεδομένα που το συνθέτουν έχουν ελάχιστη σχέση με τα χαρακτηριστικά της ομάδας αυτής.

### 1.2.2 Νευρωνικά Δίκτυα

Η χρήση των ΝΔ για επεξεργασία στοιχείων παρέχει τη δυνατότητα ανίχνευσης σχέσεων μεταξύ, θεωρητικά ανεξάρτητων μεταβλητών για κάθε στοιχείο. Το γεγονός αυτό καθεαυτό, μπορεί να ωθήσει την έρευνα σε νέα μονοπάτια και να προσεγγίσει το υπό μελέτη πρόβλημα από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Από στατιστική άποψη τα ΝΔ ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των μη-παραμετρικών μεθόδων που δεν κάνουν καμιά υπόθεση για την παραμετρική μορφή της συνάρτησης που προσομοιώνουν. Με αυτή την έννοια είναι πιο ευέλικτα από τις παραμετρικές μεθόδους που προσπαθούν να προσαρμόσουν την πραγματικότητα σε συγκεκριμένες φόρμες. Λόγω αυτής της ιδιότητας μπορούν να αντικαταστήσουν με επιτυχία παραδοσιακές μεθόδους ταξινόμησης όπως για παράδειγμα την γραμμική και την τριγωνομετρική. Ωστόσο οι μη-παραμετρικές μέθοδοι όπως τα ΝΔ περιέχουν περισσότερες ελεύθερες παραμέτρους και γι' αυτό το λόγο απαιτούν περισσότερα δεδομένα εκπαίδευσης για να επιτύχουν καλύτερη επίδοση.

Στόχος ενός Νευρωνικού Δικτύου (ΝΔ) είναι να προσδιορίσει μελλοντικές καταστάσεις ή τιμές ενός γεγονότος για το οποίο διατίθενται διαχρονικά δεδομένα ή να ομαδοποιήσει ένα συγκεκριμένο όγκο δεδομένων, αφού προηγουμένως εκπαιδευθεί κατάλληλα. Το δίκτυο εκπαιδεύεται με τελικό στόχο να αποκτήσει την ικανότητα να λαμβάνει αποφάσεις βάσει των γνώσεων που έχει αποκτήσει. Η εκπαίδευση γίνεται παρουσιάζοντας ορισμένα πρότυπα στο δίκτυο, αντιπροσωπευτικά ή παρόμοια με το αντικείμενο της



εφαρμογής, για τα οποία είναι γνωστά και η έξοδος – στόχος και τι πρέπει να δίνει το δίκτυο ως απάντηση στα πρότυπα που επεξεργάζεται. Το δίκτυο με τα δεδομένα αυτά μεταβάλλει τις παραμέτρους του και αφού προσδιορίσει τη βέλτιστη δυνατή αντιστοιχία, είναι σε θέση να επιλύσει παρόμοια προβλήματα για τα οποία δεν έχει εκπαιδευθεί και το αποτέλεσμα δεν είναι εκ των προτέρων γνωστό. Όταν πλέον το δίκτυο εκπαιδευθεί, είναι σε θέση να διαμορφώνει προβλέψεις, αναγνωρίζοντας παρόμοιες δομές. Είναι δηλαδή ικανό να αναγνωρίζει ομοιότητες σε μια νέα σειρά δεδομένων εισόδου και να παράγει μια νέα σειρά δεδομένων εξόδου. Η αξιολόγηση του εκάστοτε προκύπτοντος δικτύου, πραγματοποιείται με κάποιο δοκιμαστικό αριθμό δεδομένων, για τα οποία είναι γνωστό το αποτέλεσμα (αλλά δεν έχει δοθεί για επεξεργασία κατά την διαδικασία της εκμάθησης), αφού προηγουμένως επιλεγούν τα βάρη, που παράγουν το μικρότερο σφάλμα κατά την εκπαίδευση.

Από την συνοπτική παρουσίαση των συγκεκριμένων μεθόδων προκύπτουν εύλογες δυνατότητες χρήσης τους στην αντιμετώπιση διαφόρων χωρικών προβλημάτων, τα οποία μέχρι σήμερα είχαν χαρακτηριστεί ως αυξημένης πολυπλοκότητας. Κάτι τέτοιο, δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση ότι οι κλασσικές μέθοδοι πρέπει να καταργηθούν, αλλά μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά και συνδυαστικά με τις νέες, έτσι ώστε να κατανοούνται και να επιλύονται τα αντίστοιχα προβλήματα μέσα από ολοκληρωμένες προσεγγίσεις.

## 2. Μεθοδολογικό πλαίσιο

Στόχος της προτεινόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης είναι αξιοποιώντας τις ιδέες του θεωρητικού υποβάθρου να τις ποσοτικοποιήσει με μαθηματικό τρόπο ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν οι μέθοδοι και τεχνικές όπως περιγράφηκαν προηγουμένως. Πρωταρχική επιλογή για την εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι η επιλογή της κατάλληλης Χωρικής Μονάδας (ΧΜ). Αυτή εξαρτάται από το σκοπό της μελέτης καθώς και από τα διαθέσιμα στοιχεία. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία εξασφαλίζει την ίδια αποτελεσματικότητα για κάθε κλίμακα εφαρμογής της. Μπορεί να εφαρμοστεί για κάθε ομάδα χωρικών οντοτήτων, π.χ. σε επίπεδο συστήματος αστικών κέντρων, ή ακόμα και σε επίπεδο οικοδομικών τετραγώνων, γεγονός ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για την μελέτη και προσομοίωση φαινομένων σε μικρή κλίμακα (microsimulation). Για τον προσδιορισμό της γεωδημογραφικής εξέλιξης αστικών περιοχών, υιοθετήθηκε μια χωροχρονική προσέγγιση, υπό την έννοια ότι η παρατήρηση, η ερμηνεία και η πρόβλεψη του υπό μελέτη φαινομένου πραγματοποιείται στη ροή του χρόνου, αναλύοντας και δημιουργώντας μια εμπειρισταωμένη αντίληψη της σταδιακής μορφοποίησης του. Αναδεικνύεται κατ' αυτήν την έννοια η σημασία της παραμέτρου του χρόνου σε κάθε διαδικασία λήψη σχεδιαστικών αποφάσεων.

Βασικό άξονα της μεθοδολογίας αποτελεί η διαπίστωση ότι η εξέλιξη μιας χωρικής οντότητας δεν εξαρτάται μόνο από χαρακτηριστικά που την αφορούν αποκλειστικά, αλλά και από τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσονται οι γειτονικές οντότητες, καθώς η συνωριακή επαφή δημιουργεί αμφίδρομες σχέσεις αφομοίωσης χαρακτηριστικών και αλληλεπίδρασης δραστηριοτήτων. Συχνά, για την παρατήρηση του φαινομένου ομαδοποιούνται οι χωρικές οντότητες βάσει κοινών χαρακτηριστικών, ώστε οι μεταβολές να είναι ευδιάκριτες, ιδιαίτερα όταν ο αριθμός των χωρικών οντοτήτων είναι πολύ μεγάλος. Η δημιουργία ομάδων που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένο εύρος τιμών στις αντίστοιχες μεταβλητές, αποτελούν τη σταθερή διαχρονική αναφορά βάσει της οποίας κατατάσσεται και περιγράφεται κάθε οντότητα. Η εν λόγω παραδοχή συνεπάγεται την μεταπήδηση περιοχών σε διαφορετική ομάδα στην πάροδο του χρόνου, το οποίο σημαίνει ότι μεταβάλλεται αφενός το στάδιο εξέλιξης και αφετέρου η αναπτυξιακή προοπτική της. Με τον τρόπο αυτό για κάθε χρονική στιγμή μορφοποιείται η αντιστοιχία περιοχής - ομάδας και η κοινή τους επεξεργασία διαμορφώνει τη διαχρονική εικόνα.

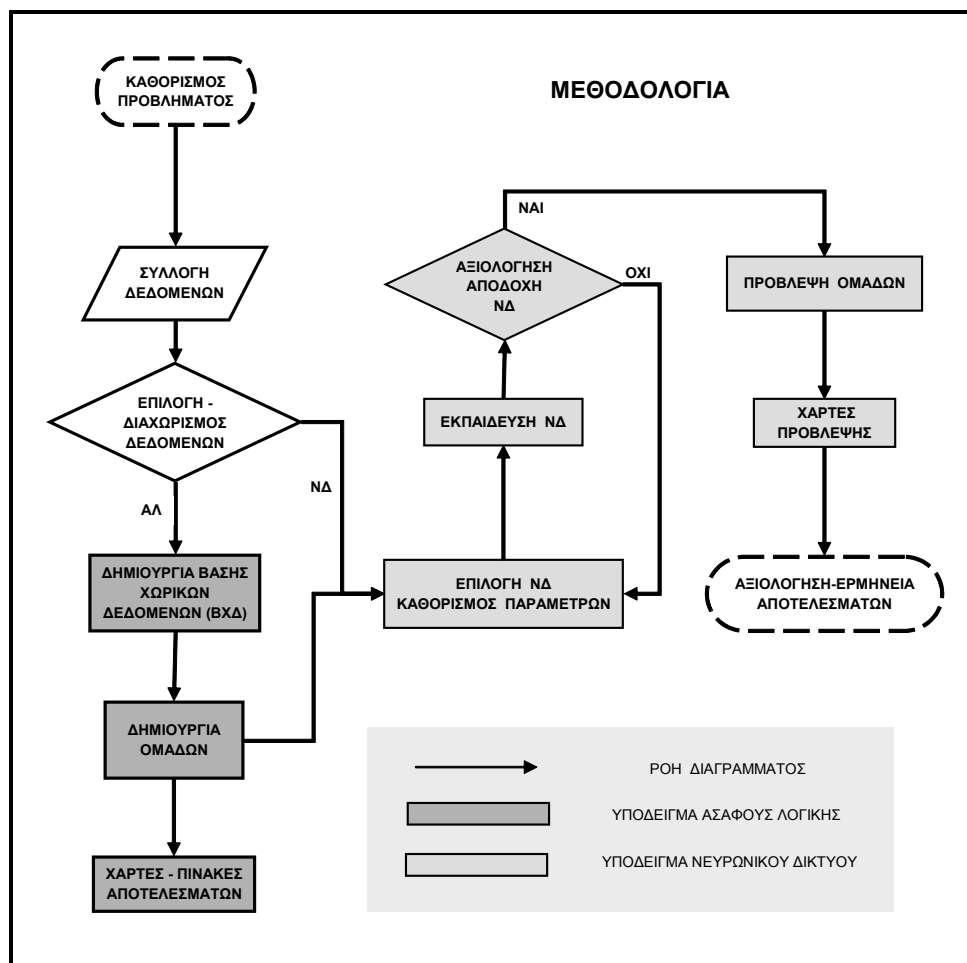
Το διάγραμμα ροής της προτεινόμενης μεθοδολογική προσέγγισης απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Αναλύοντας τα επιμέρους στάδια της μεθοδολογίας, αρχικά καθορίζεται το φαινόμενο που θα διερευνηθεί και ακολουθεί η συλλογή δεδομένων για αυτό. Τα δεδομένα μπορούν να είναι είτε από πρωτογενείς πηγές είτε από δευτερογενείς και αντίστοιχες επεξεργασίες. Στα πλαίσια της προκαταρκτικής επεξεργασίας, ανάλυσης και απόδοσης των σταδίων εξέλιξης του υπό μελέτη φαινομένου, προσδιορίζονται από τη συνδυασμένη αξιοποίηση επιμέρους παραμέτρων, κατάλληλοι δείκτες (πρωτογενή ή δευτερογενή δεδομένα, όπως πυκνότητα πληθυσμού, ποσοστιαίες αναλογίες κτλ.). Το επόμενο στάδιο αφορά στην επιλογή και τον διαχωρισμό όσων μεταβλητών χρησιμοποιηθούν για την ομαδοποίηση και όσων για την πρόβλεψη, για την αξιολόγηση των οποίων σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η εμπειρία του ερευνητή. Η συγκεκριμένη διεργασία αποτελείται από δύο επιμέρους διαδικασίες δημιουργίας υποδειγμάτων:

*Προσδιορισμός ομάδων (ΑΛ):* Αφορά το υπόδειγμα ΑΛ που θα δημιουργηθεί και αναφέρεται στη δημιουργία πίνακα που περιλαμβάνει το σύνολο των διαχρονικών δεδομένων, που θα αξιοποιηθούν στο πλαίσιο του προσδιορισμού των ομάδων. Ακολουθεί ο καθορισμός των παραμέτρων στο λογισμικό, που περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του αριθμού των ομάδων που θα δημιουργηθούν. Καθώς η ταξινόμηση επαναλαμβάνεται, οι μεταβολές των ποσοστών οδηγούν σε επιμέρους μετακινήσεις των στοιχείων. Κάθε ομάδα που προσδιορίζεται με την εν λόγω διαδικασία, χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες τιμές όσον αφορά στα δεδομένα και αντιπροσωπεύει έναν τύπο ανάπτυξης και εξέλιξης. Σε διαφορετική περίπτωση επαναλαμβάνεται η διαδικασία και όταν ολοκληρωθεί, τα τελικά αποτελέσματα καταχωρούνται σε αντίστοιχη βάση δεδομένων και οπτικοποιούνται με τη βοήθεια ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (ΓΣΠ). Η τεχνολογία των ΓΣΠ με τις αυξημένες δυνατότητες διαχείρισης, ανάλυσης και παρουσίασης χωρικών και περιγραφικών πληροφοριών που διαθέτει,

υποστηρίζει τις τελευταίες δεκαετίες πληθώρα εφαρμογών του ευρύτερου φάσματος των επιστημών του χώρου (Κουτσόπουλος 1990). Ως εκ τούτου, κρίνεται απαραίτητη για την απόδοση των χωρικών διαφοροποιήσεων του εκάστοτε φαινομένου στην αντίστοιχη περιοχή μελέτης.

*Υπόδειγμα Πρόβλεψης (ΝΔ):* Για τη δημιουργία του υποδείγματος του ΝΔ, μπορεί να επιλεγθούν επιπλέον μεταβλητές ανεξάρτητα με τα αποτελέσματα της προηγούμενης διαδικασίας. Όμως, είναι καθοριστικής σημασίας η δομή του πίνακα δεδομένων - αποτελεσμάτων που θα εισαχθεί στο ΝΔ. Πρέπει να είναι κατά τέτοιο τρόπο κατασκευασμένος, ώστε να έχει χρονική αλληλουχία, το βήμα της οποίας θα είναι σταθερό και κατάλληλα επιλεγμένο.

**Σχήμα 1:** Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας



Πηγή: Ϊδία επεξεργασία

Η γειννίαση υπεισέρχεται στον πίνακα των δεδομένων με τον εξής τρόπο: α) κάθε χωρική μονάδα (ΧΜ) συνορεύει με κάποιο ποσοστό του συνολικού μήκους των συνόρων της, με ΧΜ άλλων ή και ιδίων ομάδων εξέλιξης, β) με τη χρήση ενός ΓΣΠ υπολογίζονται τα κοινά σύνορα των ΧΜ, γ) η κάθε ΧΜ περιέχει όλες τις ομάδες σε κάποιο ποσοστό, το οποίο πολλαπλασιάζεται με το ποσοστό που συνορεύει με τις υπόλοιπες. Δημιουργείται κατ' αυτόν τον τρόπο μια νέα ποσοστιαία αναλογία για κάθε ΧΜ με τα ποσοστά των ομάδων που συνορεύει. Όταν δημιουργηθεί ο τελικός πίνακας με τα δεδομένα, ακολουθεί η επιλογή του κατάλληλου τύπου ΝΔ. Ο καθορισμός των παραμέτρων στο ΝΔ είναι κρίσιμος για το αποτέλεσμα γι' αυτό απαιτούνται πολλές δοκιμές και εμπειρία από το χρήστη ώστε να καταλήξει στο βέλτιστο τύπο δικτύου. Υπάρχουν διάφορα κριτήρια τερματισμού της εκπαίδευσης (αυτοματοποιημένες διαδικασίες που προσφέρει το λογισμικό), αλλά ο καλύτερος τρόπος για να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση (μικρότερα σφάλματα) του ΝΔ είναι ο τερματισμός από το χρήστη, ο οποίος ενώ επιτρέπει καλύτερη προσέγγιση των τελικών βαρών, παράλληλα απαιτεί σημαντική εμπειρία (Haykin 1999). Όταν η εκπαίδευση ολοκληρωθεί, το δίκτυο εφαρμόζεται στα δεδομένα δοκιμής (δεδομένα που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση). Όταν τα αποτελέσματα της πρόβλεψης αξιολογηθούν (μέσω στατιστικών δεικτών που εξετάζουν π.χ. το δοκιμαστικό δείγμα δεδομένων) και κριθούν αποδεκτά, τότε παράγονται οι τελικοί χάρτες πρόβλεψης των ομάδων.

Πολλές φορές είναι σημαντική η εκ των προτέρων εκτίμηση της επίδρασης κάθε στοιχείου εισόδου στο αποτέλεσμα. Γι' αυτό το λόγο, χρησιμοποιείται η ανάλυση ευαισθησίας, όπου κάθε στήλη δεδομένων μεταβάλλεται γύρω από τον αριθμητικό μέσο, ενώ όλες οι άλλες στήλες παραμένουν σταθερές και τότε υπολογίζεται η μεταβολή στο τελικό αποτέλεσμα. Έτσι δίνεται η δυνατότητα επιλογής στο χρήστη να απαλείψει τα λιγότερο σημαντικά δεδομένα με συνέπεια να μειωθεί το μέγεθος του δικτύου, η πολυπλοκότητα του αλλά και ο αριθμός των επαναλήψεων. Επιπλέον με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται μικρότερο τελικό σφάλμα στο τελικό αποτέλεσμα και σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Η ανάλυση ευαισθησίας είναι μια μέθοδος που δεν επηρεάζει τα βάρη του ήδη εκπαιδευμένου δικτύου και η βασική της ιδέα είναι ότι μεταβάλλοντας ελάχιστα τις τιμές των δεδομένων ελέγχεται ποια είναι η αντίστοιχη μεταβολή στις τιμές των αποτελεσμάτων (Principe 2000). Δεν υπάρχει καθορισμένος αριθμός μεταβλητών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις προαναφερόμενες μεθόδους. Έτσι, η ευχρηστία των μεθόδων κάνει και την ίδια την μεθοδολογία πιο ευέλικτη ως προς τους τρόπους αξιοποίησης των δεδομένων.

### 3. Εφαρμογή: Υπόδειγμα εξέλιξης για το Ν. Αττικής

Η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας έγινε στο νομό Αττικής, ο οποίος περιλαμβάνει το Πολεοδομικό Συγκρότημα της Πρωτεύουσας (ΠΣΠ) που οριοθετείται από τα βουνά της Πάρνηθας, του Υμηττού και της Πεντέλης (λεκανοπέδιο Αττικής). Λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της, όπως, η συγκέντρωση του μεγαλύτερου ποσοστού του αστικού πληθυσμού, των παραγωγικών δραστηριοτήτων, των υπηρεσιών και του εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού, αποτελεί περίπτωση μελέτης με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αλλά ένα αστικό κέντρο επηρεάζει έντονα την ευρύτερη περιοχή στην οποία ανήκει και σαφώς καθορίζει και την εξέλιξη των γύρω περιοχών. Έτσι, αναπόσπαστο κομμάτι της μελέτης αποτέλεσε και η ευρύτερη περιοχή γύρω από την Αθήνα.

#### 3.1 Προσδιορισμός γεωδημογραφικών ομάδων

Λόγω της φύσης των μεθόδων και τεχνικών (ΝΔ, ΑΛ) απαιτούνται διαδοχικά διαχρονικά δεδομένα, όσο το δυνατόν περισσότερα για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Έτσι, η βασική χωρική μονάδα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι ο δήμος, καθώς δεδομένα για μικρότερες χωρικές μονάδες δεν ήταν διαθέσιμα, αν και η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλές γεωγραφικές κλίμακες. Τα στοιχεία προέρχονται από τις απογραφές της ΕΣΥΕ και χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες χρήσεων κτιρίων 1961- 1991 με τον απόλυτο αριθμό κτιρίων κατά χρήση και χρονική περίοδο κατασκευής. Από τους απόλυτους αριθμούς κατασκευάστηκε πίνακας ποσοστών με τις χρήσεις κτιρίων, ως προς το συνολικό αριθμό των κτιρίων του κάθε δήμου. Η αντιστοιχία των χρήσεων κτιρίων και της αρίθμησης των στηλών του πίνακα φαίνεται στον Πίν. 1.

Πίνακας 1: Κατηγορίες χρήσεων κτιρίων

ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΜΙΚΤΗ ΧΡΗΣΗ (βάσει κύριας χρήσης)	ΚΩΔΙΚΟΣ
Κατοικίες	A2	Κατοικίες	B2
Εκκλησίες – Μοναστήρια	A3	Εκκλησίες - Μοναστήρια	B3
Ξενοδοχεία	A4	Ξενοδοχεία	B4
Εργοστάσια – Εργαστήρια	A5	Εργοστάσια - Εργαστήρια	B5
Σχολικά κτίρια	A6	Σχολικά κτίρια	B6
Καταστήματα – Γραφεία	A7	Καταστήματα - Γραφεία	B7
Σταθμοί αυτοκινήτων	A8	Σταθμοί αυτοκινήτων	B8
Νοσοκομεία – Κλινικές	A9	Νοσοκομεία - Κλινικές	B9
Άλλες χρήσεις *	A10	Άλλες χρήσεις *	B10

\* Κυρία χρήσεις πρωτογενούς καθώς και δευτερογενούς τομέα  
Πηγή: ΕΣΥΕ, ίδια επεξεργασία

Η ομαδοποίηση έγινε για το σύνολο των δήμων και επιλέχθηκαν οι παρακάτω 4 από τις 18 στήλες χρήσεων κτιρίων που ήταν διαθέσιμες: α) Αποκλειστική χρήση: κατοικίες, εργοστάσια-εργαστήρια, άλλες χρήσεις, β) Μικτή χρήση: κατοικίες. Η επιλογή έγινε με

κριτήρια την σαφέστερη ταξινόμηση των δήμων και την απόδοση των κύριων χαρακτηριστικών τους. Ο πίνακας που κατασκευάστηκε, περιελάμβανε όλα τα διαχρονικά δεδομένα από 1961 έως 1991. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργήθηκε μια συνολική εικόνα για την κατάσταση της περιοχής εφαρμογής, για κάθε μία από αυτές τις χρονικές στιγμές (1961, 1971, 1981, 1991), καθιστώντας καταρχήν δυνατή την παρατήρηση της εξέλιξης κάθε δήμου. Η αποτύπωση της κατάστασης ενός δήμου σε κάθε μία από αυτές τις χρονικές στιγμές, αντιπροσωπεύει την προηγούμενη δεκαετία. Έτσι η κατάσταση ενός δήμου το 1971, είναι αποτέλεσμα των διαδικασιών που προηγήθηκαν το διάστημα 1961-1971.

Ένα επιπλέον δεδομένο που χρησιμοποιήθηκε (για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα) στην ομαδοποίηση ήταν το (Location Quotient) της πυκνότητας πληθυσμού. Πρόκειται για έναν συγκριτικό δείκτη της υφιστάμενης αναλογίας δύο ή περισσότερων μεταβλητών ενός τμήματος μιας περιοχής, με την αντίστοιχη αναλογία ολόκληρης της περιοχής. Οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται στο διάστημα  $[0, +\infty)$ . Το πλεονέκτημά του έγκειται στην ευκολία χαρτογράφησης του, η οποία καταδεικνύει γεωγραφική ομοιογένεια ή χωροθετική διαφοροποίηση. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιείται η σχέση (1):

$$LQ = \frac{Ai/Bi}{Ar/Br}, \quad (1)$$

όπου: A, B είναι οι μεταβλητές που συγκρίνονται  
i, μια υποπεριοχή  
r, ολόκληρη η περιοχή που εξετάζεται

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή το Χωροθετικό Πηλίκιο (ΧΠ) πυκνότητας αντανάκλα το βαθμό στον οποίο είναι πυκνοκατοικημένος ένας Δήμος ή μία Κοινότητα σε σχέση με το μέσο όρο του Νομού. Όταν οι τιμές του ΧΠ είναι μικρότερες της μονάδας, τότε ο δήμος έχει πυκνότητα κάτω από το μέσο όρο (ΜΟ), ενώ όταν η τιμή ξεπερνάει τη μονάδα τότε η πυκνότητα είναι πολλαπλάσια του ΜΟ. Έτσι για παράδειγμα, γίνεται καταρχήν εμφανής η αντίθεση μεταξύ των δήμων που αποτελούν το ΠΣΠ και αυτών που βρίσκονται στον υπόλοιπο νομό.

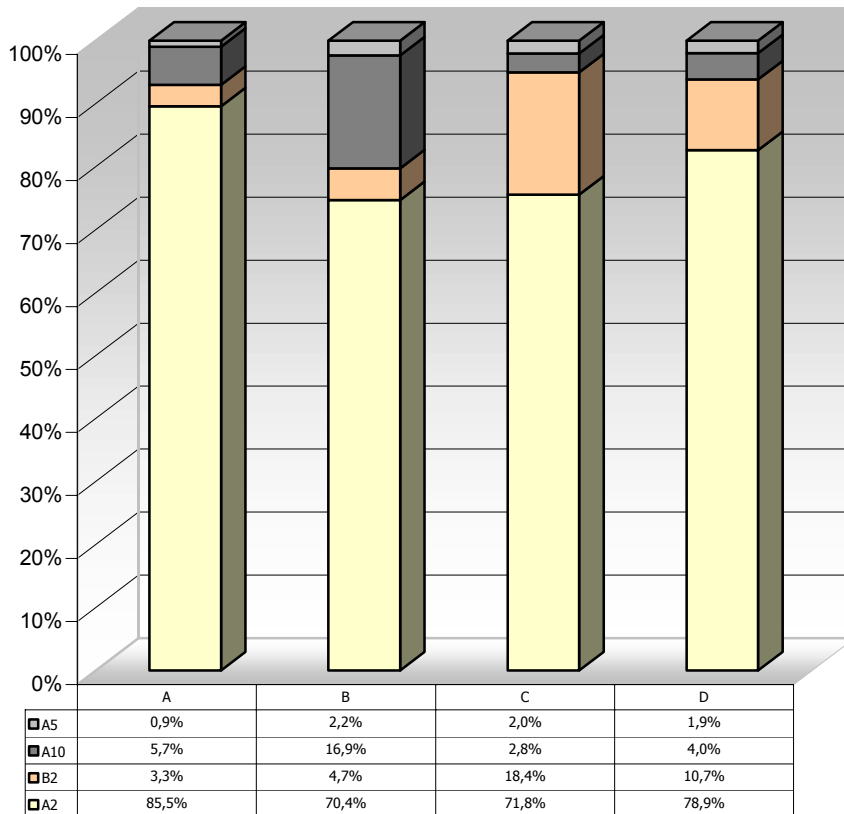
♦ Επιλογή αριθμού ομάδων. Για την επιλογή του βέλτιστου αριθμού των ομάδων χρησιμοποιήθηκαν κριτήρια αξιοπιστίας ασαφούς ταξινόμησης, σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία (MIT 1997b). Προσμετρούν πόσο προσδιορισμένη είναι η ταξινόμηση, προσδιορίζοντας μια τιμή ανάλογη με τον αριθμό των δεδομένων που συγκεντρώνονται κοντά στα κέντρα τάξης. Όσο πιο ξεκάθαρη είναι η ταξινόμηση, τόσο υψηλότερη είναι η συγκεκριμένη τιμή. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή ο καλύτερος αριθμός τάξεων είναι τέσσερις και με βάση αυτόν ακολούθησε το στάδιο της ομαδοποίησης.

Πίνακας 2: Χωροθετικό Πηλίκιο Πυκνότητας πληθυσμού ανά ομάδα δήμων.

ΟΜΑΔΑ	ΧΠ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ
A	0,7
B	0,4
C	11,6
D	5,7

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Σχήμα 2: Διάγραμμα ποσοστιαίας σύνθεσης ομάδων



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

### 3.2 Ερμηνεία και χαρτογραφική απόδοση ομάδων

Ένας προκαταρκτικός τρόπος ερμηνείας των αποτελεσμάτων είναι η γραφική αναπαράσταση των κέντρων τάξεων των ομάδων. Έτσι, δημιουργήθηκε ένα ραβδωτό διάγραμμα (Σχήμα 2) που απεικονίζει την ποσοστιαία σύνθεση των κέντρων τάξεων

των ομάδων, το οποίο συμπληρώνεται από τον Πίνακα 2 με τον ΧΠ πυκνότητας πληθυσμού. Τα χαρακτηριστικά των ομάδων αναλύονται παρακάτω:

**Ομάδα Α:** Δήμοι με πυκνότητα πληθυσμού που πλησιάζει το μέσο όρο. Έχουν το μέγιστο ποσοστό κύριας χρήσης κατοικίας (και το μικρότερο ποσοστό μικτής χρήσης κατοικίας) και το μικρότερο ποσοστό χρήσεων καταστήματα, γραφεία. Χωρικά στην πλειοψηφία τους είναι δήμοι παραλιακοί με κύριο χαρακτηριστικό την χρήση β' κατοικίας (παραθεριστικής κατοικίας). Είναι δήμοι με ιδιαίτερη δυναμική, καθώς αυξάνονται σταθερά διαχρονικά.

**Ομάδα Β:** Δήμοι με τη μικρότερη πυκνότητα πληθυσμού, το μικρότερο ποσοστό κύριας χρήσης κατοικίας, το μεγαλύτερο ποσοστό άλλων χρήσεων (κυρίως πρωτογενούς και δευτερογενούς τομέα) και το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσεων εργοστασίων – εργαστηρίων. Δήμοι που διαχρονικά μειώνονται αριθμητικά και τείνουν να εξελιχθούν σε δήμους ομάδας Α.

**Ομάδα C:** Στην κατηγορία αυτοί οι δήμοι έχουν τη μέγιστη πυκνότητα πληθυσμού. Αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα του ΠΣ της πρωτεύουσας, καθώς έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό μικτής χρήσης κατοικίας, το μικρότερο ποσοστό άλλων χρήσεων καθώς και το μέγιστο ποσοστό καταστημάτων, γραφείων σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες. Η μικτή χρήση κατοικίας υποδηλώνει τον έντονα αστικό χαρακτήρα. Είναι η τελική ομάδα στην οποία εξελίσσονται οι δήμοι.

**Ομάδα D:** Δήμοι στην πλειοψηφία τους περιμετρικά του ΠΣ, με πυκνότητα σημαντικά μεγαλύτερη του μέσου όρου και ποσοστά χρήσεων ενδιάμεσα των υπολοίπων τιμών των άλλων ομάδων. Πρόκειται για τους δήμους που βρίσκονται σε δυναμική κατάσταση και περίοδο σημαντικής μετάβασης και μεταβολής των χαρακτηριστικών τους. Στην πλειοψηφία τους οι δήμοι αυτοί μεταβαίνουν στην ομάδα C.

Με το κατάλληλο ψηφιακό υπόβαθρο και τη χρήση ενός Γ.Σ.Π. οι παραπάνω ομάδες απεικονίστηκαν στους χάρτες Π1, Π2, Π3 και Π4 για τα έτη 1961, 1971, 1981 και 1991 αντίστοιχα, όπου σε κάθε δήμο αποδίδεται το χρώμα της κυρίαρχης ομάδας που προέκυψε από την ταξινόμηση.

♦ **Χάρτης Π1 (1961):** Η πλειοψηφία των δήμων ανήκει στις ομάδες Α, Β, (76 από 109), ενώ οι δήμοι της ομάδας C (8), είναι και συγκεντρωμένοι γύρω από το κέντρο της πόλης. Είναι η περίοδος που στην Αθήνα έχει αρχίσει η μαζική αστικοποίηση (δεκαετία 1950) και συνεχίζεται και κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960.

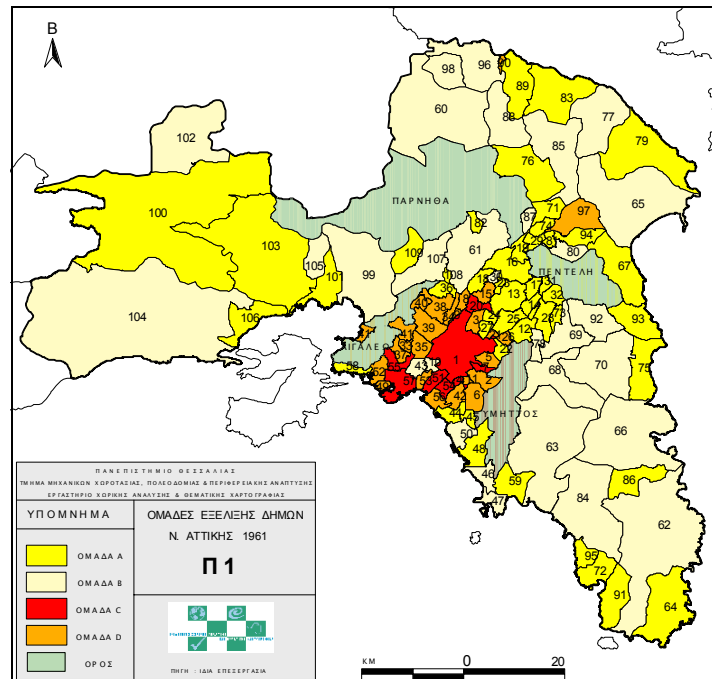
♦ **Χάρτης Π2 (1971):** Η κατάσταση γύρω από το κέντρο του νομού, μεταβάλλεται με τις σημαντικότερες διαφοροποιήσεις προς τα δυτικά ως το Όρος Αιγάλεω και στα νότια του ΠΣ, όπου η αύξηση του πληθυσμού στο διάστημα 1961-1971 είναι αξιοσημείωτη. Οι δήμοι των οποίων η ομάδα μεταβλήθηκε βρίσκονται κυρίως περιμετρικά του Δ. Αθηναίων [1] ενώ η πυκνότητα του πληθυσμού παραμένει σταθερή στους



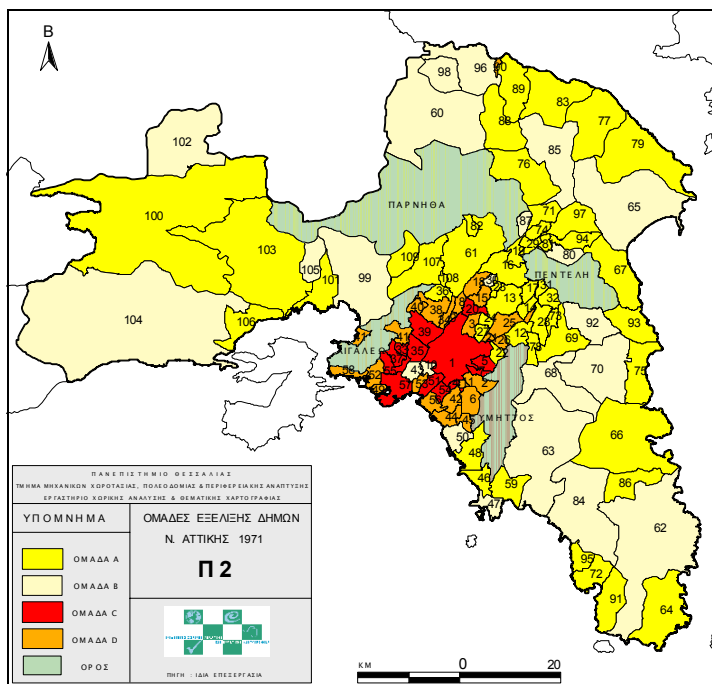
περισσότερους από αυτούς. (Σημείωση: Σε αγκύλη αναγράφεται ο αριθμός του δήμου, όπως αναφέρεται στο Παράρτημα, που αντιστοιχεί στους χάρτες)

♦ **Χάρτης Π3 (1981):** Ο αριθμός των δήμων που ανήκει στην ομάδα C αυξάνεται χαρακτηριστικά (από 13 το 1971, στους 22 το 1981), με μείωση του όλων ανεξαιρέτως των υπολοίπων ομάδων. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, έως και τις αρχές της δεκαετίας του 1980, αρχίζει η προαστιοποίηση, η επιλογή δηλαδή κατοικίας μακρύτερα από το κέντρο κυρίως για καλύτερη ποιότητα ζωής. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ο Δ.Βύρωνα [2] και ο Δ.Γαλάτσιου [3].

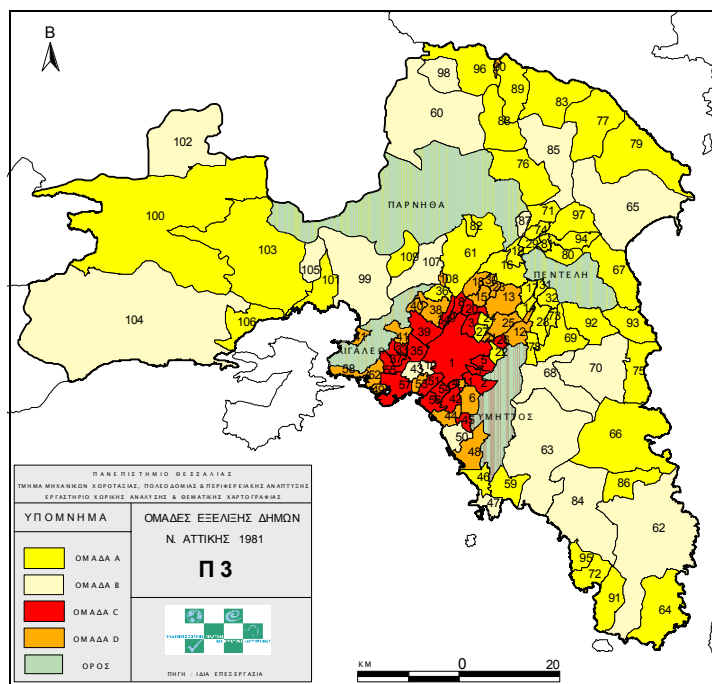
♦ **Χάρτης Π4 (1991):** Οι περισσότεροι δήμοι που ανήκαν το 1961 στην ομάδα Β, έχουν μεταβάλλει τη γεωδημογραφική εικόνα τους και ανήκουν πλέον στην ομάδα Α, ενώ αρκετοί δήμοι της ομάδας D, έχουν προέλθει από δήμους της ομάδας Α. Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας η αύξηση του πληθυσμού ήταν πρακτικά μηδενική, αλλά υπήρξαν εσωτερικές μετακινήσεις πληθυσμού. Σημαντικές μεταβολές παρατηρούνται σε παραθαλάσσιους δήμους όπως η Κερατέα [62] και τα Καλύβια [84] (παραθεριστικές κατοικίες).



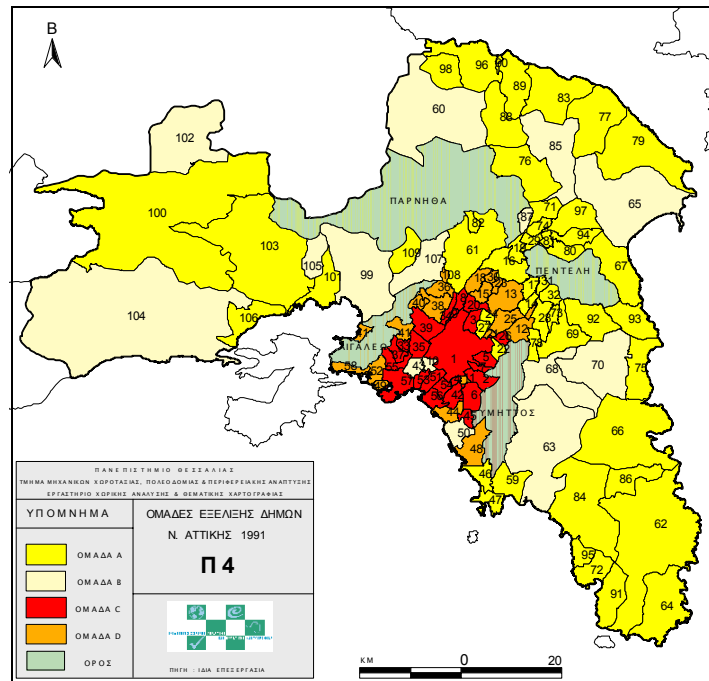
Χάρτης Π1: Ομάδες εξέλιξης δήμων ν. Αττικής 1961



Χάρτης Π2: Ομάδες εξέλιξης δήμων ν. Αττικής 1971



Χάρτης Π3: Ομάδες εξέλιξης δήμων ν. Αττικής 1981



Χάρτης Π4: Ομάδες εξέλιξης δήμων ν. Αττικής 1991

Τα παραπάνω αποτελέσματα ταυτίζονται σε σημαντικό βαθμό με αντίστοιχες ερευνητικές προσπάθειες, που αναφέρονται στη σχετική, με την αστική γεωγραφία της Αττικής, βιβλιογραφία (Μαλούτας 2000, Leontidou 1996). Γενικά οι σημαντικότερες μεταβολές των ομάδων παρουσιάζονται στα βόρεια (προς την κατεύθυνση της εθνικής οδού Αθηνών-Θεσσαλονίκης), στα βορειοδυτικά (προς την κατεύθυνση της Ν. Μάκρης [67], Ραφήνας[93] ενώ προς τα νότια, κατά μήκος της ακτογραμμής, παρατηρείται μια σταθερότητα στα γεωδημογραφικά χαρακτηριστικά των δήμων. Η ανάλυση της κατάστασης των δήμων από το 1961 έως το 1991, έδειξε ότι οι ομάδες μεταβάλλονται με ένα συγκεκριμένο πρότυπο. Έτσι δήμοι της ομάδας Β, εξελίσσονται σε ομάδα Α, κατόπιν σε ομάδα D και τέλος σε ομάδα C. Αυτό αποτελεί μια σημαντική παρατήρηση, για διεξοδικότερη παρατήρηση και διερεύνηση κάθε περιόδου εξέλιξης, κάθε δήμου ξεχωριστά.

### 3.3 Πρόβλεψη γεωδημογραφικής εξέλιξης

Το έτος 2001 αποτελεί τον πρώτο στόχο πρόβλεψης, ενώ το 2011, την αμέσως επόμενη χρονικά εκτίμηση, λόγω έλλειψης διαθέσιμων αντίστοιχων δεδομένων της απογραφής του 2001 ώστε να αξιοποιηθούν κατάλληλα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το πρώτο βήμα πριν την δημιουργία του ΝΔ είναι η δημιουργία του κατάλληλου πίνακα

δεδομένων για την εκπαίδευση. Ακολουθώντας τις κατευθύνσεις της προτεινόμενης μεθοδολογίας, υπολογίστηκαν τα μήκη των κοινών συνόρων των δήμων με τη βοήθεια ενός ΓΣΠ. Στη συνέχεια υπολογίστηκε για κάθε δήμο το ποσοστό με το οποίο συνορεύει με κάθε μία από τις ομάδες Α, Β, C και D. Σε αυτά τα στοιχεία προστέθηκαν το ποσοστό γειννίας με θάλασσα και βουνό, καθώς και το ποσοστό της έκτασης του κάθε δήμου ως προς το σύνολο του νομού. Η επιλογή του κατάλληλου ΝΔ κατέστη δυνατή μετά από διαδοχικές δοκιμές κατά τη διάρκεια των οποίων προσδιορίστηκαν οι βέλτιστες παράμετροι. το δίκτυο εκπαιδεύθηκε και δοκιμάστηκε ώστε να εξασφαλιστούν τα μικρότερα σφάλματα. Η αξιολόγηση των επιδόσεων του δικτύου παρατίθεται στην επόμενη παράγραφο. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του ΝΔ πραγματοποιήθηκε η πρόβλεψη των γεωδημογραφικών ομάδων των δήμων για το 2001. Ακολούθησε η δημιουργία του νέου πίνακα δεδομένων για την πρόβλεψη των δήμων το 2011 όπου, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των ομάδων που προέκυψαν από το 2001. Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης απεικονίζονται στους χάρτες M1 και M2, για το 2001 και 2011 αντίστοιχα.

♦ **Εφαρμογή ΝΔ:** Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι επιδόσεις του ΝΔ που εκπαιδεύθηκε, όπως τις παραθέτει το λογισμικό. Παρατηρώντας τα παραπάνω αποτελέσματα του ΝΔ που επιλέχθηκε, είναι φανερό ότι οι επιδόσεις των στηλών για τις οποίες έγινε πρόβλεψη έχουν μικρά σχετικά σφάλματα (ιδιαίτερα αν ληφθεί υπ' όψιν ο μικρός αριθμός δεδομένων), κάτι το οποίο εξασφαλίζει αξιόπιστη πρόβλεψη. Τα σφάλματα αν και μικρά θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν, για την πρόβλεψη του 2011 (Χάρτης M2), γιατί μεταφέρονται, από τη μια χρονική στιγμή στην επόμενη.

♦ **Χάρτης M1 (2001):** Οι δήμοι που ανήκουν στην ομάδα C (28), αυξάνονται ενώ αυτοί της ομάδας B, συνεχίζουν να μειώνονται (8) και μετατρέπονται σε δήμους της ομάδας Α. Αξιοσημείωτη είναι η τάση αύξησης της πυκνότητας πληθυσμού προς τα Μεσόγεια π.χ Δήμος Βριλησίων [14]. Γενικά η κατάσταση που απεικονίζεται σε αυτόν τον χάρτη πρόβλεψης είναι αντιπροσωπευτική της σημερινής πραγματικότητας στο νομό Αττικής, ενώ οι διαδικασίες ανάπτυξης της ευρύτερης περιοχής που βρίσκονται σε πλήρη εξέλιξη αναμένεται να δημιουργήσουν νέες μεταβολές στα επόμενα χρόνια.

♦ **Χάρτης M2 (2011):** Αυτό που διαπιστώνεται στο χάρτη πρόβλεψης του 2011, δεν είναι τόσο η ακρίβεια με την οποία αποδίδονται οι ομάδες των δήμων, όσο οι τάσεις και πιέσεις που εμφανίζουν οι δήμοι. Έτσι τείνει να δημιουργηθεί μια κατάσταση πόλωσης του νομού σε δήμους αστικού χαρακτήρα (ΠΣΠ), και σε δήμους με κύρια χρήση την κατοικία (κυρίως παραθεριστική), εξαφανίζοντας σχεδόν τους δήμους της ομάδας Β, καθώς οι χρήσεις πρωτογενούς τομέα έχουν ήδη μεταφερθεί εκτός του νομού, κυρίως προς το Ν. Βοιωτίας.

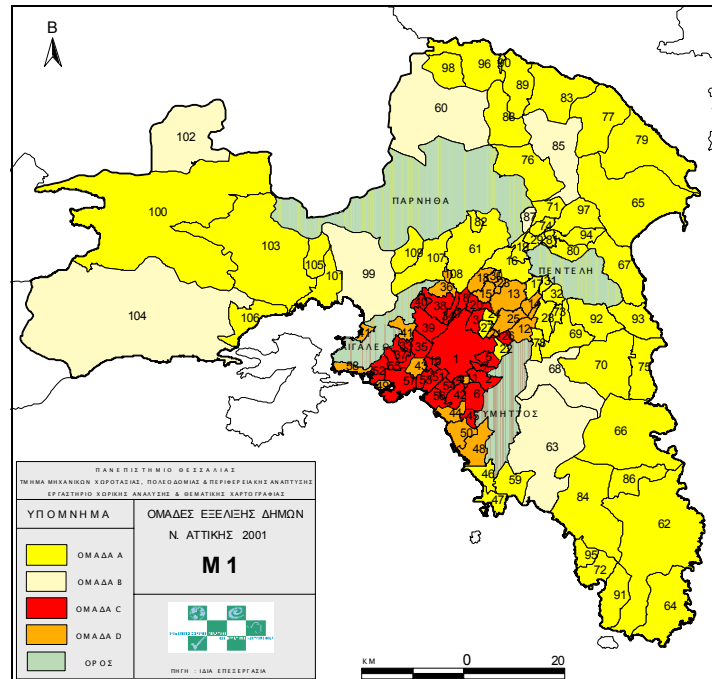
Τα αποτελέσματα της ασαφούς ταξινόμησης και της πρόβλεψης, προσφέρονται για την εξαγωγή πολλαπλών συμπερασμάτων, περαιτέρω ανάλυση και σχολιασμός των

χαρτών ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσης εργασίας, καθώς θα μπορούσε να αποτελέσει ξεχωριστή μελέτη.

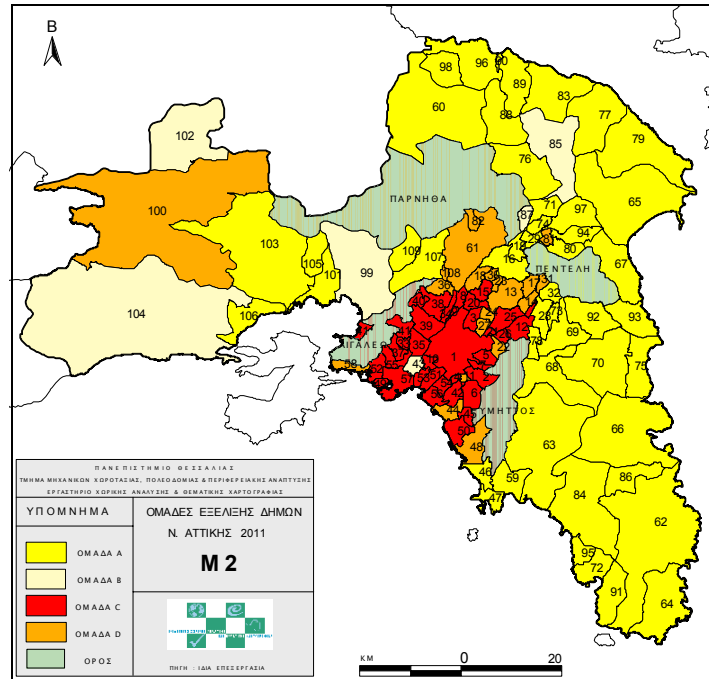
Πίνακας 3: ΜΟ επιδόσεων ΝΔ

Μέσο τετράγωνο σφάλμα	0.6%
Ελάχιστο απόλυτο σφάλμα	0.2%
Μέγιστο απόλυτο σφάλμα	23.9%
<b>Συντελεστής Συσχέτισης (r)</b>	<b>96.3%</b>

Πηγή: Ίδια επεξεργασία



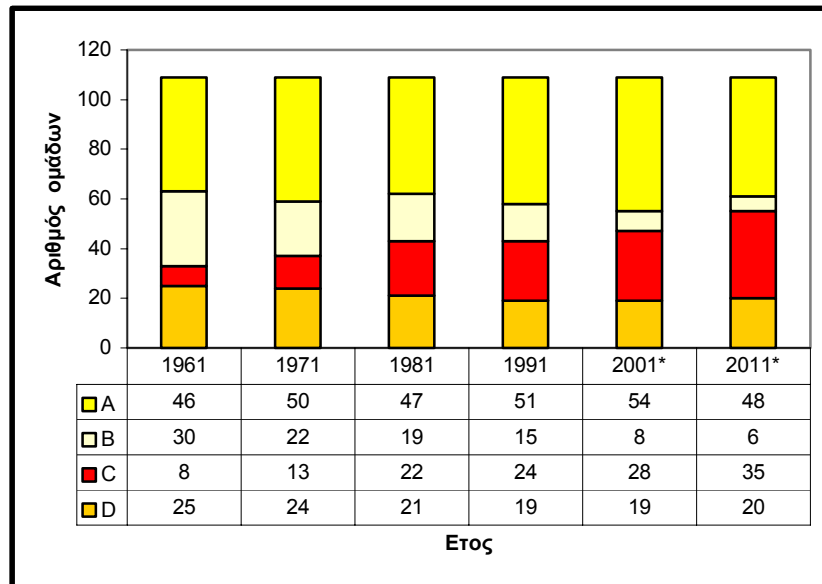
Χάρτης M1: Κατάσταση δήμων ν. Αττικής 2001



Χάρτης M2: Κατάσταση δήμων ν. Αττικής 2011

Για την απεικόνιση της γενικότερης τάσης εξέλιξης από το 1961 έως το 2011, κατασκευάστηκε το σχήμα 3 με τις μεταβολές των δήμων ποσοτικοποιημένες ανά δεκαετία (μέσος όρος κάθε έτους). Είναι σαφής η τάση περαιτέρω αύξησης της ομάδας A και η μείωση της ομάδας D, ενώ η ομάδα E έχει μια συνεχής μείωση, φτάνοντας σε επίπεδα πολύ χαμηλά. Η ομάδα B, παρά τις αυξομειώσεις, διατηρεί σταθερό σχεδόν το ποσοστό της σχεδόν σε όλη τη χρονική διάρκεια της μελέτης. Τέλος η ομάδα C έχει σταθερά αυξητικές τάσεις έως το 1991, όπου πλέον φτάνει σε υψηλά επίπεδα τα οποία τείνει να διατηρήσει και τα επόμενα χρόνια. Ο διαρκώς συρρικνούμενος αριθμός δήμων της ομάδας B και ο αυξανόμενος αριθμός δήμων της ομάδας C, καταδεικνύει ότι ο νομός αποκτά ένα διπολικό χαρακτήρα, με την κυριαρχία αστικών χρήσεων και χρήσεων αμιγούς κατοικίας στους παράκτιους δήμους. Η αριθμητική σταθερότητα της ομάδας D, την οποία αποτελούν δήμοι που βρίσκονται κυρίως περιφερειακά του ΠΣΠ, δείχνει ότι υπάρχει ένα αριθμός δήμων που παρουσιάζουν αντίστοιχη δυναμική. Είναι οι δήμοι που πιθανότατα στο μέλλον θα ανήκουν στην ομάδα C και πρακτικά προσδιορίζουν τα όρια του ΠΣ κάθε δεκαετία.

Σχήμα 3: Διάγραμμα &amp; πίνακας κατανομής αριθμού ομάδων ανά δεκαετία

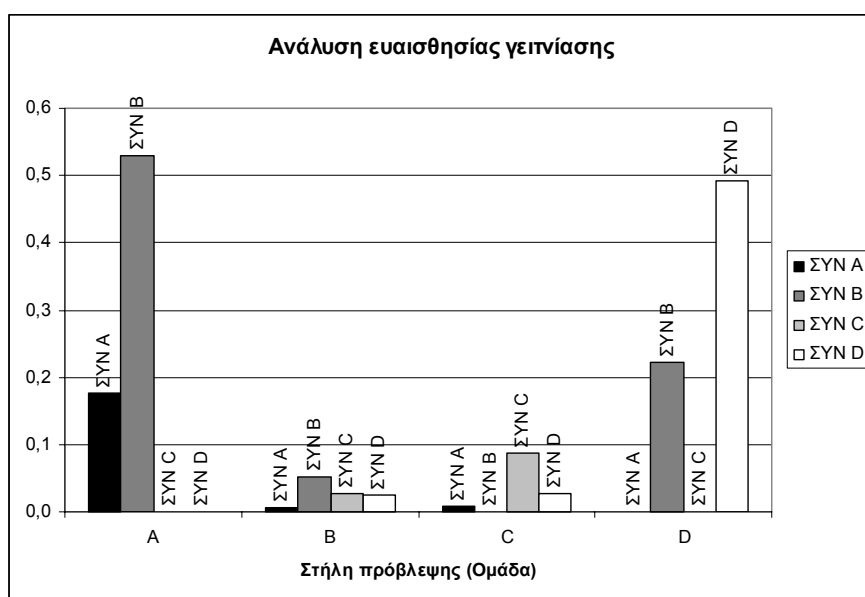


\*Πρόβλεψη  
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

♦ *Αξιολόγηση επιδόσεων:* Στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης της εφαρμογής και για τον έλεγχο της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση του βαθμού ευαισθησίας, όχι πλέον με σκοπό την βελτίωση των επιδόσεων του ΝΔ, όπως περιγράφηκε, αλλά ως διαδικασία ανάδειξης των παραγόντων που επηρεάζουν την πρόβλεψη. Ελέγχθηκε με αυτόν τον τρόπο η μεθοδολογική προσέγγιση, δηλαδή ο βαθμός συμμετοχής στην εξέλιξη των ομάδων των δήμων του παράγοντα της γειννίας. Έτσι δημιουργήθηκε το σχήμα 4, όπου απεικονίζεται ραβδωτό διάγραμμα του οποίου ο οριζόντιος άξονας δείχνει την κάθε στήλη που προβλέφθηκε και ο κατακόρυφος τη σχετική σημασία κάθε μεταβλητής. Εξετάζοντας τις στήλες (ομάδες) B, C, D προκύπτει ότι πρωταρχικό ρόλο για την μελλοντική κατάσταση ενός δήμου διαδραματίζουν τα ποσοστά των ομάδων με τις οποίες συνορεύει. Για παράδειγμα, για την μεταβολή της ομάδας C, μεγαλύτερο ρόλο διαδραματίζουν οι γεωδημογραφικά αντίστοιχοι γειτονικοί δήμοι, ακολουθούν οι δήμοι της ομάδας C, σε μικρότερο βαθμό της ομάδας D και ελάχιστα της ομάδας A. Το εν λόγω διάγραμμα δεν επαληθεύεται στη στήλη A, όπου σημαντικότερη είναι η επίδραση της γειννίας με δήμους της ομάδας B έναντι των δήμων της ομάδας A. Το γεγονός αυτό οδηγεί στη δεύτερη σημαντική διαπίστωση σχετικά με τη μεταβολή των δήμων διαχρονικά: Οι δήμοι της ομάδας A, προέρχονται από την ομάδα B, οι δήμοι της ομάδας D, από την A και της C από την D, όπως αναφέρθηκε και κατά τον σχολιασμό των χαρτών, καταδεικνύοντας μια γεωδημογραφική αλληλουχία στο πλαίσιο της διαχρονικής εξέλιξης του Δήμου.

Όπως υπογραμμίστηκε και νωρίτερα, το πλεονέκτημα προσδιορισμού των γεωδημογραφικών ομάδων με τη βοήθεια της ΑΛ είναι ότι κάθε δήμος δεν ανήκει αποκλειστικά σε μία ομάδα μόνο, αλλά ανήκει σε ένα ποσοστό σε κάθε τάξη. Έχοντας προβλέψει την ομάδα στην οποία ανήκει ο κάθε δήμος αποκτώνται σημαντικές πληροφορίες τόσο για την τάση του πληθυσμού όσο και για την διαμόρφωση των χρήσεων στις επόμενες δεκαετίες. Το ΠΣΠ δείχνει να διατηρεί τη δυναμική και να επιφέρει αλλαγές όχι μόνο στα όριά του, αλλά και σε ολόκληρο το νομό. Η πυκνότητα του πληθυσμού παραμένει σταθερή στους δήμους γύρω από την Αθήνα, ενώ στο υπόλοιπο του νομού οι πυκνότητες τείνουν προς το μέσο όρο, αναδεικνύοντας μια σχετικά ισόρροπη χωροχρονική κατανομή.

Σχήμα 4: Διάγραμμα ανάλυσης βαθμού ευαισθησίας στηλών πρόβλεψης



Πηγή: Ίδια επεξεργασία

## 4. Επίμετρο

Η μελλοντική εξέλιξη αστικών περιοχών, κατά παράδοση αποτελεί μια πρόκληση για τη διαδικασία του σχεδιασμού και της περιφερειακής ανάπτυξης. Αντίστοιχα, η χάραξη πολιτικής καθίσταται ολοένα και πιο δύσκολη, εξαιτίας των αυξημένων απαιτήσεων των κατοίκων των πόλεων. Απαιτούνται κατ' αυτήν την έννοια, συστήματα υποστήριξης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων που θα χαρακτηρίζονται από αυξημένες δυνατότητες



ανάλυσης και επίλυσης, θα συνδυάζουν κλασσικές και νέες προσεγγίσεις και θα οδηγούν σε αποτελεσματικές και εμπεριστατωμένες στρατηγικές επίλυσης των εκάστοτε προβλημάτων.

Οι απαιτήσεις των επιμέρους στόχων και διαδικασιών του σχεδιασμού, όπως η χωροθέτηση κτιρίων, η διασφάλιση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας δημοσίων έργων και ποικίλων δραστηριοτήτων ανοίγουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοποίησης των γεωγράφων. Παράλληλα, η αδιαμφισβήτητη ανάγκη για σύγχρονο και ανθρωποκεντρικό σχεδιασμό απαιτεί την χρήση νέας τεχνολογίας και την υιοθέτηση της τρέχουσας επιστημονικής γνώσης. Η εξέλιξη στον τομέα της τεχνολογίας των Πληροφοριών είχε σαν άμεση συνέπεια την αξιοποίηση των Έμπειρων Συστημάτων (Expert Systems) και των μεθόδων της Τεχνητής Νοημοσύνης από τις επιστήμες του χώρου στην αντιμετώπιση προβλημάτων αυξημένης πολυπλοκότητας. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και τα προβλήματα προσδιορισμού ομάδων οντοτήτων με κοινά χαρακτηριστικά και η μορφοποίηση προβλέψεων αναφορικά με την μελλοντική μεταβολή και εξέλιξή τους.

Η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση χαρακτηρίζεται από την απλή και ταυτόχρονα δυναμική δομή του υποδείγματος αλλά και την εύκολη διαχείριση πολλών δεδομένων. Είναι μια προσέγγιση που μπορεί να προσαρμοστεί σε ποικιλία φαινομένων, και ανάλογα με το πρόβλημα και τα εκάστοτε δεδομένα μπορεί να ενσωματώσει μεγάλο αριθμό μεταβλητών, αλλά με την προϋπόθεση ύπαρξης απαιτούμενου αριθμού στοιχείων για εκπαίδευση. Η ΑΛ αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρήσιμη για την ομαδοποίηση των δήμων, αφού κάθε δήμος είχε το δικό του ξεχωριστό προφίλ για κάθε χρονική στιγμή. Έτσι, όχι μόνο διαμορφώθηκε μια συνολική εικόνα για κάθε χρονική στιγμή, αλλά η ποσοστιαία διαχρονική μεταβολή έδειξε τις μελλοντικές τάσεις για κάθε δήμο χωριστά. Η ικανότητα της ΑΛ να τοποθετεί σε περισσότερες από μια ομάδες, με διαφορετικές ποσοστώσεις, την κάθε οντότητα παρέχει μια καταρχήν περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα του. Το σημαντικότερο όμως είναι ότι παρέχει δυνατότητες περαιτέρω αναλυτικής και διεξοδικής ερμηνείας της κάθε ομάδας, που συνεπάγεται αυξημένη ακρίβεια κατά την διαδικασία της πρόβλεψης της μελλοντικής εξέλιξής τους. Σε αντιστοιχία, η προστιθέμενη αξία των ΝΔ δεν περιορίζεται αποκλειστικά στην προσομοίωση περίπλοκων και συνδυαστικών φαινομένων, αλλά και στην ανάδειξη της σημαντικότητας και του βαθμού επιρροής όλων των παραμέτρων του περιβάλλοντος του προβλήματος, στο τελικό αποτέλεσμα.

Τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής έχουν διπλή σημασία. Όσον αφορά στην εφαρμογή, έχουν άμεση πρακτική και ερμηνευτική αξία για το Ν. Αττικής, αναφορικά με τάσεις που επικρατούν και θα διαμορφωθούν στους Δήμους που τον αποτελούν, ως προς την πληθυσμιακή τους εξέλιξη και τις μεταβολές στις χρήσεις γης στις επόμενες δεκαετίες. Σύμφωνα με την τελική πρόβλεψη, επιβεβαιώνεται η ήδη διαφαινόμενη τάση αύξησης της πυκνότητας του πληθυσμού περιμετρικά του Πολεοδομικού Συγκροτήματος

της Πρωτεύουσας (με ρυθμούς σαφώς μικρότερους από αυτούς των δεκαετιών 60-70), και η προσέγγιση του μέσου μέχρι σήμερα ρυθμού στις υπόλοιπες περιοχές. Αφετέρου αναδεικνύουν τη σημασία, τη φιλικότητα και την αποτελεσματικότητα των σύγχρονων μεθόδων και μεθοδολογιών που υποστηρίζονται από τεχνολογία υψηλών προδιαγραφών στην προσέγγιση και ανάλυση χωρικών φαινομένων. Σε αυτό το πλαίσιο, τα επιμέρους συμπεράσματα της συγκεκριμένης ερευνητικής εργασίας συνοψίζονται ως εξής:

- ◆ Εφαρμόστηκαν σύγχρονες μέθοδοι και μεθοδολογίες για την ανάλυση γεωδημογραφικών φαινομένων μέσα από μια χωροχρονική διαδικασία επεξεργασίας, αξιοποιώντας τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια και μπορούν να αξιοποιηθούν σε ζητήματα των οποίων ο μεγάλος όγκος δεδομένων και οι πολύπλοκοι μαθηματικοί υπολογισμοί είχαν θέσει στο περιθώριο της ερευνητικής διαδικασίας.
- ◆ Υπογραμμίστηκε το γεγονός, ότι όσο περισσότερο εμπλουτίζονται ποσοτικά και ποιοτικά οι αντίστοιχες βάσεις γεωδημογραφικών δεδομένων, τόσο απαιτείται η συνδρομή της σύγχρονης τεχνολογίας και των μεθόδων και τεχνικών που την αποτελούν για την διεξοδική και απρόσκοπτη αξιοποίηση των πληροφοριών που περιλαμβάνουν.
- ◆ Στο πλαίσιο της προτεινόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης, αποφεύγονται παραδοχές και συμβιβασμοί που συχνά αποτελούν χαρακτηριστικό της δημιουργίας υποδειγμάτων με τη βοήθεια μεθόδων στατιστικής ανάλυσης και ως εκ τούτου, απλουστεύονται οι μαθηματικές σχέσεις που χρησιμοποιούνται. Παράλληλα η πραγματική αλληλεπίδραση των δεδομένων αποκαλύπτεται κατά τη διαδικασία της εκπαίδευσης και εκμάθησης από τα αντίστοιχα στοιχεία.
- ◆ Ανέδειξε το συγκριτικό πλεονέκτημα από τη συνδυαστική αξιοποίηση των δύο μεθόδων, της Ασαφούς Λογικής για την ομαδοποίηση και των Νευρωνικών Δικτύων για την επιδιωκόμενη πρόβλεψη, σε σχέση με την μεμονωμένη επιμέρους εφαρμογή τους. Παράλληλα υπογραμμίστηκε, η σημασία της εμπειρίας του εκάστοτε ερευνητή στη σχεδίαση των εν λόγω υποδειγμάτων, που εξαρτάται άμεσα από τη συγκέντρωση των κατάλληλων κατά περίπτωση δεδομένων, ώστε να επιτευχθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.

Σε σύγκριση με αντίστοιχες ερευνητικές προσπάθειες που έχουν μέχρι σήμερα καταγραφεί, η απόδοση του προσδιορισθέντος ΝΔ κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική, αφήνοντας την εύλογη απορία ποια θα ήταν η απόδοση και οι δυνατότητες πρόβλεψης αν υπήρχαν περισσότερα στοιχεία διαθέσιμα. Η μεθοδολογική προσέγγιση του προβλήματος σε συνδυασμό με μια πληρέστερη, χρονικά και θεματικά, βάση δεδομένων θα μπορέσει να σκιαγραφήσει το μέλλον με περισσότερη αξιοπιστία και ακρίβεια με διευρυμένο βάθος χρόνου. Επιπρόσθετα, η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί όχι μόνο για την ανάλυση της εξέλιξης αστικών περιοχών, αλλά σε μια

πληθώρα επιμέρους ζητημάτων της διαδικασίας του σχεδιασμού, όπου η χωρική διάσταση και η διαχρονική μεταβολή αποτελούν τις βασικότερες αιτίες της πολυπλοκότητάς τους, όπως για παράδειγμα, τα στοχαστικά χωροθετικά προβλήματα, τα υποδείγματα χωρικής αλληλεπίδρασης και μετανάστευσης καθώς και η πρόβλεψη των επιπέδων προσφοράς και ζήτησης δραστηριοτήτων του τριτογενούς αλλά και του τεταρτογενούς τομέα.

Δεν υπάρχει αμφιβολία, ότι οι ταχύτατοι ρυθμοί μεταβολής και εξέλιξης των σύγχρονων κοινωνιών επιβάλλουν ανάλογα ανακλαστικά από τους μελετητές των γεωδημογραφικών φαινομένων, ως προς την ανάλυση και ερμηνεία τους. Είναι αναγκαία προϋπόθεση επομένως η απρόσκοπτη υιοθέτηση των νέων μεθόδων και τεχνολογιών, αφ' ενός διότι τα αντίστοιχα προβλήματα είναι αυξημένης πολυπλοκότητας και αφ' ετέρου διότι ο διαθέσιμος και απαιτούμενος χρόνος λήψης αποφάσεων καταλήγει να διαδραματίζει καθοριστικότερο ρόλο από την ίδια την απόφαση. Κατ' αυτήν την έννοια, διαφαίνεται ένα ευρύ πεδίο για την εφαρμογή και αξιοποίηση της πληθώρας των μεθόδων και τεχνικών που συνιστούν τις σύγχρονες τεχνολογίες στην αντιμετώπιση και επίλυση ζητημάτων, που μέχρι σήμερα άφηναν αναξιοποίητα τα πλεονεκτήματα της χωροχρονικής γεωδημογραφικής ανάλυσης, περιορίζοντάς την μόνο σε θεωρητική αξία.

## Βιβλιογραφία

- ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ Α.Ε. (1997), *Προβλέψεις πληθυσμού και απασχόλησης για το Ν.Αττικής*, Αθήνα.
- ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΣ, Α. (1997), *Πολεοδομικός Σχεδιασμός – Για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού χώρου*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Alonso, W. (1964), *Location and Land Use*, Cambridge, Harvard University Press
- FENG, Z., FLOWERDEW, R. (1998), Fuzzy geodemographics: a contribution from fuzzy clustering Methods, στο *Innovations in GIS: Innovations in GIS 5*, (Selected Papers from the fifth National conference on GIS Research UK), Taylor&Francis, UK.
- FENG, S., XU L. (1999), An Intelligent Decision Support System for Fuzzy Comprehensive Evaluation of Urban Development, *Expert systems with applications*, 16 (1999) 21-32, Elsevier Science
- HAYKIN, S. (1999), *Neural Networks: A comprehensive foundation*, Prentice-Hall, New Jersey.
- HEWITSON, B.-CRANE, R. (1994), *Neural Nets: Application in Geography*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- JONES, R. H. (1990), *Population Geography*, Guilford Press, N. Υόρκη
- ΚΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ, Κ. (1990), *Γεωγραφία : Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα .
- KOSKO, B. (1997), *Fuzzy Logic Η Νέα Επιστήμη*, Εκδόσεις Σύνταγμα, Αθήνα
- KROPP, J. (1998), A Neural Network Approach to the Analysis of City Systems, *Applied Geography*, Vol. 18, No 1, pp. 83-96, Elsevier Science Ltd.
- LEONTIDOU, L. (1996), Alternatives to modernism in (southern) urban theory: Exploring in-between spaces, *International Journal of Urban and Regional Research*, 20/2, 178-195.

- ΜΑΛΟΥΤΑΣ, Θ. (2000), *Κοινωνικός και Οικονομικός Άτλας της Ελλάδας, τόμος 1<sup>ος</sup> ΟΙ ΠΟΛΕΙΣ*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Αθήνα-Βόλος.
- ΜΑΚΣΕ, Α., ΑΝΔΡΑΔΕ, Σ., ΒΑΤΤΥ, Μ., ΗΑΒΛΙΝ, Σ., ΣΤΑΝΛΕΥ, Ε. (1998), Modelling Urban Growth Patterns with Correlated Percolation, *Phys. Rev. E* 58, 7054-7062.
- MIT (1997a), *Data Engine: Overview and user Manual*, Management Intelligenter Technologien, Germany.
- MIT (1997b), *Data Engine: Tutorials and Theory manual*, Management Intelligenter Technologien Germany.
- ΟΡΕΝΣΧΑΥ, Σ. (1989), Making Geodemographics more sophisticated, *Journal Market Research Society*, 31.
- ΟΡΕΝΣΧΑΥ, Σ. (1997), *Artificial Intelligence in Geography*, John Wiley & Son Ltd, London.
- ΠΡΙΝΤΙΠΕ, J.C., ΕΥΛΙΑΝΟ, Ν.Ρ., ΛΕΦΕΒΥΡΕ, W.C. (2000), *Neural and Adaptive Systems: Fundamentals Through Simulations*, John Wiley & Sons, Inc.
- ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE (1998), *Green development: integrating ecology and real estate*, John Wiley and Sons, New York
- USGS (2002), Urban Dynamics Research Program. Analysis of Land Use Change in Urban Environments, <http://landcover.usgs.gov/urban/intro.html>
- VISVALINGAM, M. (1991), *Areal units and the linking of data: some conceptual issues*, in WORRALL L. (ed) *Spatial Analysis and Spatial Policy using Geographic Information Systems*, Belhaven Press, London.
- WADDELL, P. (2002), Urban Simulation Project, <http://www.urbansim.org/>

## Παράρτημα

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑΣ ΚΩΔΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ & ΟΝΟΜΑΤΩΝ ΕΣΥΕ (1991) ΜΕ ΚΩΔΙΚΟ ΧΑΡΤΩΝ ΔΗΜΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ					
ΕΣΥΕ	ΔΗΜΟΣ	ΧΑΡΤΗΣ	ΕΣΥΕ	ΔΗΜΟΣ	ΧΑΡΤΗΣ
A11001	Δ. ΑΘΗΝΑΙΩΝ	1	A41015	Δ. ΠΑΛΛΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ	56
A11002	Δ. ΒΥΡΩΝΟΣ	2	A41016	Δ. ΠΕΙΡΑΙΩΣ	57
A11003	Δ. ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ	3	A41017	Δ. ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ	58
A11004	Δ. ΔΑΦΝΗΣ	4	A41018	Δ. ΒΑΡΗΣ	59
A11005	Δ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ	5	A22002	Δ. ΑΥΛΩΝΟΣ	60
A11006	Δ. ΗΛΙΟΥΠΟΛΗΣ	6	A22003	Δ. ΑΧΑΡΝΩΝ	61
A11007	Δ. ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ	7	A22007	Δ. ΚΕΡΑΤΕΑΣ	62
A11008	Δ. ΝΕΑΣ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑΣ	8	A22008	Δ. ΚΡΩΠΙΑΣ	63
A11009	Δ. ΝΕΑΣ ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ	9	A22009	Δ. ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	64
A11010	Δ. ΤΑΥΡΟΥ	10	A22010	Δ. ΜΑΡΑΘΩΝΟΣ	65
A11011	Δ. ΥΜΗΤΤΟΥ	11	A22011	Δ. ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ	66
A21001	Δ. ΑΓΙΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	12	A22012	Δ. ΝΕΑΣ ΜΑΚΡΗΣ	67
A21002	Δ. ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	13	A22013	Δ. ΠΑΙΑΝΙΑΣ	68
A21003	Δ. ΒΡΙΛΗΣΣΙΩΝ	14	A22014	Δ. ΠΑΛΛΗΝΗΣ	69
A21004	Δ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	15	A22015	Δ. ΣΠΑΤΩΝ-ΛΟΥΤΣΑΣ	70
A21005	Δ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ	16	A22102	Δ. ΑΓΙΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΥ	71
A21006	Δ. ΜΕΛΙΣΣΙΩΝ	17	A22103	Κ. ΑΝΑΒΥΣΣΟΥ	72
A21007	Δ. ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	18	A22104	Κ. ΑΝΘΟΥΣΑΣ	73
A21008	Δ. ΝΕΑΣ ΕΡΥΘΡΑΙΑΣ	19	A22105	Κ. ΑΝΟΙΞΕΩΣ	74
A21009	Δ. ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ	20	A22106	Δ. ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ	75
A21010	Δ. ΝΕΟΥ ΨΥΧΙΚΟΥ	21	A22107	Κ. ΑΦΙΔΝΩΝ	76
A21011	Δ. ΠΑΠΑΓΟΥ	22	A22108	Κ. ΒΑΡΝΑΒΑ	77
A21012	Δ. ΠΕΥΚΗΣ	23	A22109	Δ. ΓΛΥΚΩΝ ΝΕΡΩΝ	78
A21013	Δ. ΦΙΛΟΘΕΗΣ	24	A22110	Κ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟΥ	79
A21014	Δ. ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	25	A22111	Κ. ΔΙΟΝΥΣΟΥ	80
A21015	Δ. ΧΟΛΑΡΓΟΥ	26	A22112	Κ. ΔΡΟΣΙΑΣ	81
A21016	Δ. ΨΥΧΙΚΟΥ	27	A22113	Κ. ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΩΝ	82
A21017	Δ. ΓΕΡΑΚΑ	28	A22114	Κ. ΚΑΛΑΜΟΥ	83
A21101	Κ. ΕΚΑΛΗΣ	29	A22115	Δ. ΚΑΛΥΒΙΩΝ ΘΟΡΙΚΟΥ	84
A21102	Δ. ΛΥΚΟΒΡΥΣΕΩΣ	30	A22116	Κ. ΚΑΠΑΝΔΡΙΤΙΟΥ	85
A21103	Κ. ΝΕΑΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ	31	A22117	Κ. ΚΟΥΒΑΡΑ	86
A21104	Κ. ΠΕΝΤΕΛΗΣ	32	A22118	Κ. ΚΡΥΟΝΕΡΙΟΥ	87
A31001	Δ. ΑΓΙΑΣ ΒΑΡΒΑΡΑΣ	33	A22119	Κ. ΜΑΛΑΚΑΣΗΣ	88
A31002	Δ. ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ	34	A22120	Κ. ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ ΩΡΩΠΟΥ	89
A31003	Δ. ΑΙΓΑΛΕΩ	35	A22121	Κ. ΝΕΩΝ ΠΑΛΑΤΙΩΝ	90
A31004	Δ. ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ	36	A22122	Κ. ΠΑΛΛΙΑΣ ΦΩΚΙΑΙΑΣ	91
A31005	Δ. ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ	37	A22123	Κ. ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ	92
A31006	Δ. ΙΛΙΟΥ (ΝΕΩΝ ΛΙΟΣΙΩΝ)	38	A22125	Δ. ΡΑΦΗΝΑΣ	93
A31007	Δ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	39	A22126	Κ. ΡΟΔΟΠΟΛΕΩΣ	94
A31008	Δ. ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗΣ	40	A22127	Κ. ΣΑΡΩΝΙΔΟΣ	95
A31009	Δ. ΧΑΙΔΑΡΙΟΥ	41	A22128	Κ. ΣΚΑΛΑΣ ΩΡΩΠΟΥ	96
A41001	Δ. ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	42	A22129	Κ. ΣΤΑΜΑΤΑΣ	97
A41002	Δ. ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΟΥ ΡΕΝΤΗ	43	A22130	Κ. ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	98
A41003	Δ. ΑΛΙΜΟΥ	44	A32001	Δ. ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ	99
A41004	Δ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	45	A32002	Δ. ΒΙΛΛΙΩΝ	100
A41005	Δ. ΒΟΥΛΑΣ	46	A32003	Δ. ΕΛΕΥΣΙΝΟΣ	101
A41006	Δ. ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ	47	A32004	Δ. ΕΡΥΘΡΩΝ	102
A41007	Δ. ΓΛΥΦΑΔΑΣ	48	A32005	Δ. ΜΑΝΔΡΑΣ	103
A41008	Δ. ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑΣ	49	A32006	Δ. ΜΕΓΑΡΕΩΝ	104
A41009	Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ	50	A32101	Κ. ΜΑΓΟΥΛΑΣ	105
A41010	Δ. ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	51	A32102	Δ. ΝΕΑΣ ΠΕΡΑΜΟΥ	106
A41011	Δ. ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ	52	A33001	Δ. ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ	107
A41012	Δ. ΜΟΣΧΑΤΟΥ	53	A33002	Δ. ΖΕΦΥΡΙΟΥ	108
A41013	Δ. ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	54	A33003	Δ. ΦΥΛΗΣ	109
A41014	Δ. ΝΙΚΑΙΑΣ	55			