



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ 'ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑ – ΧΩΡΟΤΑΞΙΑ'

Περιβαλλοντικές συνιστώσες του σχεδιασμού
και της οικιστικής ανάπτυξης

‘Αστική διάχυση και αστικά μοντέλα. Η περίπτωση του δήμου Σαρωνικού’



Καρβελάς Δημήτρης

Υπεύθυνος Μαθήματος:

Πολύζος Ιώαννης

ΑΘΗΝΑ, 2016

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο	2
1.1. Εισαγωγή.....	2
1.2. Αντικείμενο - Στόχοι.....	2
1.3. Δομή	2
Κεφάλαιο 2°	3
2.1. Αστική Διάχυση – Τι είναι.....	3
2.2. Ιστορική αναδρομή.....	4
2.3. Αιτίες	5
2.4. Τύποι Αστικής διαχυσης.....	7
2.5. Επιπτώσεις	7
2.6. Τρόποι αντιμετώπισης.....	8
Κεφάλαιο 3°	10
3.1. Αστικά μοντέλα.....	10
3.2. Είδη αστικών μοντέλων.....	11
3.3. Περίπτωση του μοντέλου SLEUTH.....	11
Κεφάλαιο 4°	14
4.1. Παρουσίαση περιοχής μελέτης.....	14
4.2. Πληθυσμιακά Στοιχεία	15
Κεφάλαιο 5°	17
5.1. Μεθοδολογία	17
5.2. Συλλογή πρωτογενών δεδομένων	18
5.2.1. Κλίση(Slope) - Σκίαση ανάγλυφου (Hillshade)	18
5.2.2. Οδικό δίκτυο (Transportation)	19
5.2.3. Αστική γη (Urban).....	20
5.2.4. Εξαιρούμενες περιοχές (Excluded Areas).....	20
5.3. Βαθμονόμηση.....	21
5.4. Πρόγνωση	22
Κεφάλαιο 6°	24
6.1. Συμπεράσματα	24
6.2. Κριτική	24
Βιβλιογραφία.....	26

Κεφάλαιο 1ο

1.1. Εισαγωγή

Η αστική διάχυση είναι φαινόμενο το οποίο εκφράζει τις διαδικασίες και τα πρότυπα με τα οποία ο αστικό ιστός εξαπλώνεται, δημιουργώντας επιπτώσεις στο περιβάλλον στην οικονομία και στην κοινωνία.

Η χρήση κατάλληλων μοντέλων για την προσομοίωση της αστικής διάχυσης είναι ένα από τα εργαλεία που μπορούν να αξιοποιηθούν αναφορικά με τη βιώσιμη διαχείριση της και θεωρείται πλέον ως άμεση επέκταση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Η ερμηνεία, στην ποσοτικοποίηση της αστικής εξάπλωσης αλλά και στις πολιτικές αντιμετώπισής της, συνθέτει σήμερα ένα κρίσιμο ερευνητικό άξονα. Παράλληλα, αναγνωρίζεται ότι αποτελεί ένα πολύ επίπεδο φαινόμενο με πολλαπλές χωρικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές, οικονομικές και πολιτικές διαστάσεις

1.2. Αντικείμενο - Στόχοι

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του φαινομένου της διάχυσης και των επιπτώσεων της στην επέκταση και την εξέλιξη των αστικών περιοχών. Επίσης, γίνεται η προσπάθεια εκτίμησης της αστικής διάχυσης μέσω ενός μοντέλου αστικής ανάπτυξης, το οποίο βασίζεται στην θεωρία των κυψελοειδών αυτομάτων. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η ευρύτερη περιοχή της Λαυρεωτικής και συγκεκριμένα ο δήμος Σαρωνικού, για τον οποίο διερευνήθηκε το φαινόμενο της διάχυσης χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα από το 1987 ως το 2015.

1.3. Δομή

Η εργασία αποτελείται από 6 κεφάλαια. Αρχικά γίνεται αναφορά στο φαινόμενο της αστικής διάχυσης, αναλύοντας περεταίρω τον ορισμό της, ενώ στη συνέχεια γίνεται μια ιστορική αναδρομή του φαινομένου κυρίως σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Αμέσως μετά ακολουθεί η ανάλυση των αιτιών και των επιπτώσεων της διάχυσης και το κεφάλαιο αυτό κλείνει με τους τρόπους αντιμετώπισης. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μία γρήγορη ανασκόπηση των αστικών μοντέλων καθώς και των σημαντικών κατηγοριών τους, ενώ παρουσιάζεται και το μοντέλο SLEUTH, που θα χρησιμοποιηθεί στην εργασία μας. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζεται η περιοχή μελέτη μας η οποία είναι ο δήμος Σαρωνικού και ακολουθεί η αναλυτική παρουσίαση της εφαρμογής του μοντέλου για την περιοχή μελέτης μας. Τέλος, συνοψίζονται ορισμένα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από την παρούσα εργασία και προτείνονται θέματα για μελλοντική έρευνα πάνω στο συγκεκριμένο ζήτημα.

Κεφάλαιο 2°

2.1. Αστική Διάχυση – Τι είναι

Σε μια εποχή που εξελίξεις και οι μεταλλαγές είναι ραγδαίες, σχεδόν νομοτελειακά ο αστικός χώρος αποτελεί το επίκεντρο των εξελίξεων. Ένας αστικός χώρος ο οποίος πλέον μελετάται ως ένα σύστημα με πολλές συνιστώσες και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την οικονομία και ειδικότερα από τα οικονομικά των ακινήτων. Ένα από τα σημαντικά ζητήματα που έχει προκύψει και απασχολεί λόγω των παρπάνω μεταβολών είναι η αστική διάχυση (urban sprawl).

Το φαινόμενο της αστικής διάχυσης είναι διεθνώς γνωστό με τον όρο urban sprawl. Η μετάφραση του όρου sprawl αποδίδεται στην ελληνική γλώσσα ως 'διάχυση' (Γεμεντζή 2011; Γερόλυμπου & Παπαμίχος, 2001; Κουρσάρη, 2008), η οποία ωστόσο αντιστοιχεί στον αγγλικό όρο 'diffusion'.

Παρόλη την έκταση που έχει δοθεί στο ζήτημα της αστικής διάχυσης, δεν υπάρχει ένας ακριβής ορισμός που να περιγράφει το φαινόμενο, στο οποίο έχει δοθεί πληθώρα ερμηνειών. Ακολουθούν παρακάτω κάποιοι ορισμοί όπως προέκυψαν μέσα από την βιβλιογραφία:

Διάχυση ορίζεται ως το φυσικό πρότυπο της χαμηλής πυκνότητας εξάπλωσης μεγάλων αστικών περιοχών προς τις όμορες εκτάσεις, η οποία λαμβάνει χώρα υπό την πίεση των αγορών (European Environmental Agency).

Αστική διάχυση είναι η επέκταση μιας πόλης και των προαστίων σε όλο και περισσότερο αγροτικό έδαφος στην περιφέρεια μιας αστικής περιοχής. Αυτό περιλαμβάνει τη μετατροπή του ανοιχτού χώρου (αγροτικό έδαφος) σε κτισμένη, ανεπτυγμένη γη με την πάροδο του χρόνου. Καθώς μια περιοχή αναπτύσσεται η διάχυση υποδηλώνει ότι η αστικοποιημένη περιοχή είναι μεγαλύτερη από ότι θα έπρεπε να ήταν, επειδή μη αναπτυγμένες μεγάλες εκτάσεις γης παραμένουν διάσπαρτες ανάμεσα σε αναπτυγμένες (Palogou, 2010).

Η Αστική Διάχυση, όρος που χρησιμοποιείται τις τελευταίες δεκαετίες για να περιγράψει τη μορφή των σύγχρονων προτύπων της ανάπτυξης στις εκβιομηχανισμένες χώρες αποτελεί ένα παγκόσμιο φαινόμενο που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στη σημερινή εποχή και μια από τις πιο εντυπωσιακές ανθρωπογενείς διεργασίες μετατροπής της φυσικής σε τεχνητή γη μέσα από μια σειρά περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών αλληλεπιδράσεων (Stavrakoy, 2014)

Καθώς μια περιοχή αναπτύσσεται η διάχυση υποδηλώνει ότι η αστικοποιημένη περιοχή είναι μεγαλύτερη από ότι θα έπρεπε να ήταν, επειδή μη αναπτυγμένες μεγάλες εκτάσεις γης παραμένουν διάσπαρτες ανάμεσα σε αναπτυγμένες (Richard B. Peiser, 1989)

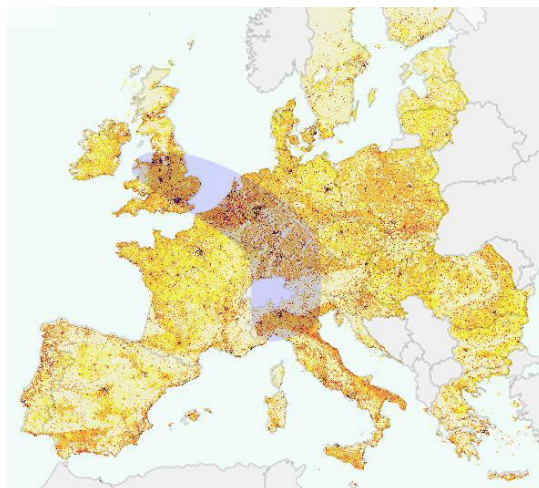
Με απλά λόγια η αστική διάχυση εκφράζει τον τρόπο με τον οποίο ο αστικός ιστός εξαπλώνεται δημιουργώντας επίπτωσεις στο περιβάλλον, στην οικονομία και στην κοινωνία.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί υπάρχουν διαφορετικές απόψεις και προσεγγίσεις επί του ζητήματος της αστικής διάχυσης αντιμετωπίζοντας την είτε ως μία σημαντική περιβαλλοντική απειλή είτε από την άλλη ως μια ευκαιρία εργασίας και αύξησης των κερδών. Η δεύτερη περίπτωση εκφράζεται κυρίως από συγκεκριμένες ομάδες συμφερόντων, όπως εργολάβοι, αυτοκινητοβιομήχανοι κ.α., που βλέπουν την αστική διάχυση ως μια ευκαιρία αύξησης των κερδών τους.

2.2. Ιστορική αναδρομή

Η Ευρώπη αποτελεί την περισσότερο πυκνοκατοικημένη και αστικοποιημένη ήπειρο καθώς περισσότερο από το 70% του πληθυσμού ζει και εργάζεται σε αστικές περιοχές (Tötzer, 2008).

Η πιο έντονα αστικοποιημένη ζώνη της Ευρώπης είναι ο άξονας της ονομαζόμενης 'μπλε μπανάνας', που εκτείνεται από την δυτική Αγγλία έως τις Κάτω Χώρες και εν συνεχεία στη Βόρεια Ιταλία με ένα συνολικό πληθυσμό 110 περίπου εκατομμυρίων (Lagarías, 2013). Στον άξονα αυτό συγκεντρώνεται το 40% του ευρωπαϊκού πληθυσμού και εντοπίζεται μία σειρά από μεγάλες και μεσαίες πόλεις (Λονδίνο, Άμστερνταμ, Βρυξέλλες, Φρανκφούρτη, Ζυρίχη, Μιλάνο κ.α.) (Hospers, 2002).



Εικόνα 2.1 Ο άξονας της 'μπλε μπανάνας'
Πηγή: European Environmental Agency

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό οργανισμό Περιβάλλοντος η αστική ανάπτυξη στην Ευρώπη είχε βασιστεί ιστορικά στην αύξηση του πληθυσμού, παρ'όλ' αυτά στις μέρες μας το επίπεδο του δομημένου χώρου αυξάνεται σε αντίθεση με τις πληθυσμιακές ομάδες οι οποίες ακολουθούν σταθερή πορεία. Τα πιο έντονα φαινόμενα αστικής εξάπλωσης, σύμφωνα με τον ΕΟΠ παρατηρούνται σε περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις δραστηριοτήτων όπως η Ολλανδία, το Βέλγιο και η Δυτική Γερμανία.

Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει ειδική μνεία στον ευρωπαϊκό οργανισμό περιβάλλοντος ο οποίος ασχολείται με την έγκυρη και ανεξαρτητη πληρηφορηση για τα θέματα του περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο της δραστηριότητας του οργανισμού βρίσκεται, και μάλιστα σε περίοπτη θέση, το αστικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα αναφέρει ότι η βιώσιμη αστική ανάπτυξη αποτελεί κυρίαρχο στόχο στις πολιτικές της ΕΕ για το περιβάλλον, την περιφερειακή ανάπτυξη, την υγεία και τις μεταφορές (www.eea.europa.eu). Μάλιστα έχει δημοσιεύσει σημαντικό αριθμό εκθέσεων που ασχολούνται με τις ευρωπαϊκές πόλεις όπως «Towards an urban atlas» (2002), «Urban sprawl in Europe - The ignored challenge», (2006) και «Ensuring quality of life in Europe's cities and towns (2009)». Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι τα ζητήματα του αστικού περιβάλλοντος απασχολούν σημαντικά τη συζήτηση στους κόλπους της ΕΕ (Palogoy, 2010).

Σύμφωνα με την έκθεση «Urban Sprawl in Europe. The ignored challenge», η αστική διάχυση αποτελεί ένα φαινόμενο "ηλικίας" 50 ετών. Ξεκίνησε ως ένα φαινόμενο το οποίο σχετιζοταν με την αύξηση πληθυσμού, όπως αναφέρθηκε, αλλά πλέον έχουν ενσωματωθεί και άλλοι παράγοντες που θα αναλυθούν στη συνέχεια. Εμφανίζεται κυρίως σε περιοχές, με

υψηλή πυκνότητα πληθυσμού και οικονομική δραστηριότητα ή σε περιοχές με ταχεία οικονομική ανάπτυξη. Αναφέρεται επίσης ότι η διαδικασία αστικοποίησης στην Ευρώπη έχει ακολουθήσει το γνωστό κύκλο αστικοποίησης-προαστιοποίησης-αποαστικοποίησης-επαναστικοποίησης (Loukakis, 2006). Συγκεκριμένα η πρώτη φάση της αστικοποίησης τοποθετείται χρονικά στο 19ο αιώνα και σχετίζεται με τη βιομηχανική επανάσταση, το επόμενο στάδιο της προαστιοποίησης σχετίζεται με την ανάπτυξη των μέσων μαζικής μεταφοράς και τοποθετείται χρονικά από τις αρχές έως τα μέσα του 20ου αιώνα. Η αποαστικοποίηση τοποθετείται χρονικά μετά το 1970 και συνδέεται με μία πληθυσμιακή μείωση των κεντρικών περιοχών των πόλεων εις όφελος των προαστίων και μικρότερων περιφερειακών οικισμών, που σε πολλές περιπτώσεις βρίσκονται αρκετά χιλιόμετρα μακριά από την κεντρική περιοχή εξυπηρητήσεων. Η φάση της επαναστικοποίησης, δεν εκδηλώνεται σήμερα με σαφήνεια και το μόνο που παρατηρείται είναι μία τάση οικονομικής ανάκαμψης των κεντρικών περιοχών, στα πλαίσια ενός παγκοσμιοποιημένου δικτύου πόλεων (Nystrom, 1992).

Είναι απαραίτητο όμως να τονισθεί, ότι είναι δύσκολο να αναφερθούμε σε ένα εννιαίο ευρωπαϊκό μοντέλο αστικής εξάπλωσης καθώς παρατηρούνται μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις πόλεις της Βόρειας Ευρώπης και της Μεσογείου. Διαφορές οι οποίες όχι μόνο φαίνονται στο είδος της αστικής εξάπλωσης, αλλά και στους λόγους αυτής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση των πόλεων της βόρειας Ευρώπης στις οποίες η αστική εξάπλωση οφείλεται στον τρόπο ζωής, ενώ στις πόλεις του Νότου στην ανάπτυξη των περιφερειακών υποδομών (EEA, 2006).

2.3. Αιτίες

Η αστική διάχυση οφείλεται σε πολλούς παράγοντες οι οποίοι διαφέρουν όχι μόνο στο είδος τους (οικονομικοί, κοινωνικοί, κ.α.), αλλά και ανάμεσα στις διάφορες πόλεις, περιοχές και χώρες. Είναι αλληλένδετοι μεταξύ τους και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις πολιτικές και από τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες κάθε πόλης.

Η καταγραφή των αιτιών από την επιστημονική κοινότητα έχει οδηγήσει σε συμφωνία για διαφωνία για το αν η αστική διάχυση είναι, σε τελική ανάλυση θετική ή αρνητική για την ανθρωπότητα. Αποτελεί λοιπόν ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα που εγείρει έντονες συζητήσεις.

Η Ευρωπαϊκή επιτροπή Πειβάλλοντος (EEA, 2009) στη προσπάθεια να συστηματοποιήσει τις αιτίες της αστικής διάχυσης, πρότεινε την οργάνωσή τους σε δύο διαστάσεις, όπως φαίνονται στο παρακάτω Πίνακα.

Κοινωνία	Αύξηση πληθυσμού Ηλικία Μειούμενο μέγεθος κατοικιών αστικών κέντρων Ιδεολογία	Αποφάσεις ατόμων Προτιμήσεις στέγασης Ποιότητα ζωής Προβλήματα πόλεων	
	Παγκοσμιοποίηση Οικονομική ανάπτυξη Ευρωπαϊκή ενσωμάτωση Φθηνή ενέργεια	Αυξανόμενο επίπεδο ζωής Τιμή της γης Ανταγωνισμός μεταξύ δήμων Αγορά ακινήτων	
Διακυβέρνηση	Πολιτικές Ε.Ε. Διεθνείς κανονισμοί	Νομοθεσία- Κανονισμοί Αδύναμος αστικός σχεδιασμός Κρατικές επιδοτήσεις αγοράς κατοικίας	
	Μηδαμινή εφαρμογή υπαρχόντων σχεδίων		
Μεταφορές	Φθινό κόστος καυσίμου Μείωση κόστους μεταφορών	Χρήση Ι.Χ. αυτοκινήτων Διαθεσιμότητα οδικού δικτύου Ελλειμματικές δημόσιες μεταφορές	
	Έλλειψη συντονισμού		
Γη	Τοπική γεωγραφία και περιβάλλον		
	Μικρο-κλίμακα	Μεσο-κλίμακα	Μακρο-κλίμακα

Εικόνα 2.2: Βασικές αιτίες που επιδρούν στη διάχυση στην Ευρώπη
Πηγή: (EEA 2006, Couch et.al 2008, Urban Sprawl Book and PBL 2008)

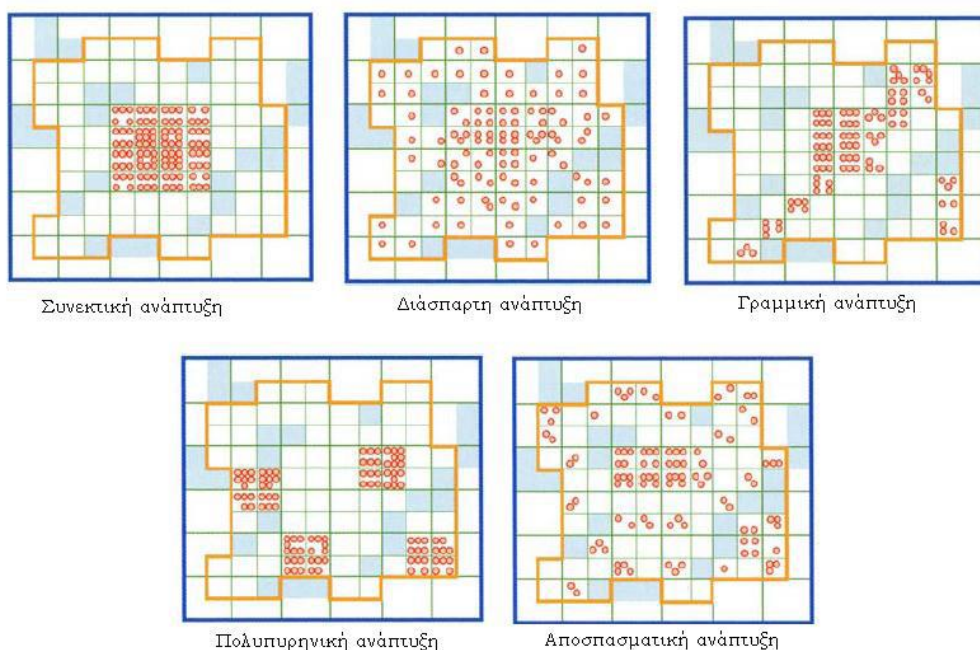
Στην οριζόντια διάσταση γίνεται ο διαχωρισμός σε πέντε βασικούς τομείς, τη γη, τις μεταφορές, την διακυβέρνηση την οικονομία και την κοινωνία συνδέοντας πιο συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά της αστικής ανάπτυξης με βασικές λειτουργίες όπως ο πληθυσμός, ο τουρισμός, τη λήψη αποφάσεων σε δημόσιο και ιδιωτικό τομέα. Η κάθετη διάσταση διαφοροποιεί τα αίτια της διάχυσης με βάση την κλίμακα. Το πρώτο επίπεδο αφορά στα πολιτικά και οικονομικά παραδείγματα που διαμορφώνουν τη φύση των αστικών κοινωνιών, σε ένα μέσο επίπεδο μπορεί να εντοπιστεί η πλειοψηφία των αιτίων της διάχυσης, ενώ στο χαμηλότερο επίπεδο δίνεται έμφαση στις προσωπικές προτιμήσεις, αποφάσεις και ενέργειες των ατόμων εντός του αστικού συστήματος.

Ως προς τους παραπάνω παράγοντες η αύξηση του πληθυσμού και οι αλλαγές στην κατανομή του, αναγνωρίζονται ως οι βασικοί παράγοντες των φαινομένων αστικής εξάπλωσης. Οι πληθυσμιακές πιέσεις στις περιαστικές οδηγούν σε ανάγκες για νέες υποδομές, νέες κατοικίες καθώς και άλλες χρήσεις εξυπηρέτησης. Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης τα κοινωνικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά των πληθυσμών. Πιο συγκεκριμένα, έντονες τάσεις αστικής εξάπλωσης να συνδέονται με περιοχές πληθυσμού υψηλών κοινωνικοοικονομικών στρωμάτων, σε αντίθεση με περιοχές με σημαντική δημογραφική γήρανση και χαμηλό μορφωτικό επίπεδο πληθυσμού (Lagarias, 2013). Τέλος, τρίτος και εξίσου σημαντικός παράγοντας στην ανάπτυξη περιαστικών περιοχών αποτελεί η διαμόρφωση των αξιών της γης και οι τεράστιες διαφορές σε αυτές μεταξύ του κορεσμένου κέντρου και των περιστικών εκτάσεων.

Οι τρεις παραπάνω παράγοντες πρόεκυψαν από τη βιβλιογραφία ως πιο σημαντικοί στην αστική διάχυση και γιαυτό γίνεται ειδική αναφορά σε αυτούς. Το γεγονός αυτό δεν υποβαθμίζει σε καμία περίπτωση τις αιτίες του Πίνακα 2 σε μη-σημαντικούς.

2.4. Τύποι Αστικής διάχυσης

Η αστική διάχυση, σαν έννοια, είναι αρκετά δύσκολη να αποποδοθεί μονοσήμαντα και η συζήτηση γιαυτην είναι εξαιρετικά αμφιλεγόμενη όπως και αναφερθηκε. Χαρακτηριστικά οι Galster et al. (2001, ζ. 681) αναφέρουν ότι η αστική διάχυση εξηγεί τα πάντα και τίποτα. Στην προσπάθεια τους οι μελετητές οι οποίοι ασχολούνται με το συγκεκριμένο θέμα να ομαδοποιήσουν τους τύπους αστικής διάχυσης κατέληξαν σε πέντε βασικούς τύπους (Camagni, Gibelli, Rigamonti, 2002): Η συμπληρωματική ανάπτυξη (infilling) η οποία χαρακτηρίζεται από προσθήκη νέας κτισμένης επιφάνειας σε ήδη υπάρχουσες αστικές εκτάσεις, η εξάπλωση (extension) η οποία πραγματοποιείται στις αμέσως γειτονικές αστικές παρυφες, η γραμμική (linear), η οποία ακολουθεί τους βασικούς άξονες των μητροπολιτικών υποδομώοδικού δικτύου, η διάχυση (sprawl), η οποία χαρακτηρίζει τα νέα διάσπαρτα τεμάχια και τα σχέδια μεγάλης κλιμακας (large-scale projects), τα οποία αφορούν την μεγάλων τεμαχίων αξιοσημείωτου μεγέθους που όμως δεν εξαρτώνται από την ήδη υπάρχουσα χτισμένη επιφάνεια. Ακολουθεί μία εικοναγραφημένη μορφή των τύπων, όπως προέκυψε από τους Batty et al (2003), οι οποίοι μελέτησαν την παραπάνω βιβλιογραφία.



Εικόνα 2.3: Πρότυπα αστικής διάχυσης.

Πηγή: Batty et al. 2003

2.5. Επιπτώσεις

Οι επιπτώσεις της αστικής διάχυσης μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες. Στο τομέα της οικονομίας και της κοινωνίας, οι απόψεις δίστανται σχετικά με τις επιπτώσεις του φαινομένου, καθώς σύμφωνα με τη βιβλιογραφία φαίνεται να έχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές συνέπειες. Σε αντίθεση, στο τομέα του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων οι επιπτώσεις είναι σχεδόν ολοκληρωτικές.

Σύμφωνα με τους Barnes et al.(2001), οι οικονομικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν υψηλότερα κόστη υποδομών, αρνητικές δημοσιονομικές συνέπειες στους τοπικούς οργανισμούς αυτοδιοίκησης καθώς επίσης και αύξηση των δαπανών των νοικοκυριών, λόγω της 'αύξησης' των αποστάσεων. Επίσης μπορούμε να πούμε ότι επηρεάζει και τα κόστη διαβίωσης των επιχειρήσεων λόγω των αυξανόμενων αποστάσεων σε συνδυασμό με τα ανεπαρκή μεταφορικά συστήματα.

Στη αντίπερα όχθη όμως, υπάρχει και η πλευρά η οποία εκφράζεται κυρίως από τους κατασκευαστές και τους παράγοντες της κτηματαγοράς, αλλά και ορισμένους θεωρητικούς αναλυτές που χαρακτηρίζονται ως 'decentrists' και υποστηρίζουν την αναγκαιότητα μίας διάχυσης και αποκέντρωσης των αστικών δραστηριοτήτων (Breheny, 1995) στο πλαίσιο της ελεύθερης αγοράς και της οικονομικής ανάπτυξης.

Σε κοινωνικό επίπεδο η αστική διάχυση αποτελεί έναν από τους σημαντικούς παράγοντες διαχωρισμού της οικιστικής ανάπτυξης. Η προαστιακή εμπειρία για αρκετές κοινωνικές ομάδες, που δεν έχουν τη δυνατότητα μετακίνησης, αλλά ούτε και τους απαιτούμενους πόρους για να καλύψει το κόστος διαβίωσης, μπορεί να αποδειχτεί μια πολύ δύσκολη διαδικασία μειώνοντας ταυτόχρονα την κοινωνική αλληλεπίδραση (Stravrou, 2014). Επίσης παρατηρούνται περιπτώσεις κοινωνικής πόλωσης μεταξύ του υποβαθμισμένου κέντρου και των περιφερειακών περιοχών, ως απόρροια της αστικής διάχυσης, με χαμηλής ποιότητας γειτονίες στον πυρήνα (στεγάζουν ένα συνδυασμό ανέργων, φτωχών ηλικιωμένων και εθνικών μειονοτήτων) και υψηλής ποιότητας στον περιφερειακό χώρο (υψηλά εισοδήματα, μειωμένη ανεργία). Συνεχίζοντας, σε ψυχολογικό επίπεδο η διάχυση προκαλεί απώλεια της αίσθησης ότι ο καθένας αποτελεί μέρος της τοπικής κοινωνίας, αποξένωση, καθώς επίσης και μονότονα και αντιαισθητικά τοπία.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αστικής διάχυσης μπορούν να γίνουν αισθητές τόσο σε τοπικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. Η εξάρτηση από το αυτοκίνητο και οι καθημερινές μετακινήσεις έχει οδηγήσει σε αύξηση της εκπομπής των καυσαερίων, μόλυνση της ατμόσφαιρας, όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου και γενικότερη υποβάθμιση του περιφερειακού περιβάλλοντος. Φαινόμενα επίσης, όπως η ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα, η μείωση της βιοποικιλότητας, η απειλή οικοσυστημάτων και αγροτικών περιοχών αποτελούν άμεσες συνέπειες της αστικής εξάπλωσης. Σύμφωνα με τους Peck (1998) και Brody (2008) ο κατακερματισμός μεγάλων φυσικών εκτάσεων, από την επέκταση του αστικού ιστού και της παράνομης οικοπεδοποίησης σε μικρότερες χωρικές μονάδες, μπορεί να αναστείλει τις κινήσεις της άγριας ζωής, δημιουργώντας μπαλώματα κενής γης αναμειγμένα με χτισμένες περιοχές. Ο αντίκτυπος δε της διάχυσης στις προστατευόμενες περιοχές είναι επίσης σημαντικός και επιδεινώνεται λόγω της αυξανόμενης εγγύτητας και προσβασιμότητας των αστικών δραστηριοτήτων, στρεσάροντας τα οικοσυστήματα και τα προστατευόμενα είδη μέσω του θορύβου και της μόλυνσης του αέρα (Stravrou, 2014).

2.6. Τρόποι αντιμετώπισης

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου της διάχυσης έχουν προταθεί αρκετές εναλλακτικές λύσεις και σχέδια με την πλειοψηφία όμως να έχουν ως κοινό παρανομαστή την εφαρμογή της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης στην αστική κλίμακα.

Η έως τώρα ερευνητική και νομοθετική δραστηριότητα τείνει να συμφωνήσει σε συνεκτικότερες αστικές διατάξεις και υψηλότερες πυκνότητες οι οποίες είναι ικανές να δημιουργήσουν ποικιλομορφία και μικτές χρήσεις γης, ενθαρρύνοντας την βιώσιμη κινητικότητα, την μείωση της κατανάλωσης των πόρων και την προστασία των γεωργικών, δασικών και αδόμητων εκτάσεων (Jenks et al., 1996). Οι συμπαγείς πόλεις δηλαδή

επιχειρούν να αντέξουν όλα τα παραπάνω κριτήρια κάτω από ένα ενιαίο πλαίσιο χωρικού σχεδιασμού(Stravrakou, 2013) αποτελώντας το αντίθετο άκρο της αστικής διάχυσης.

Η θεωρία της συμπαγούς πόλης ως αντίδοτο στην αστική εξάπλωση, αποτελεί μια ευρωπαϊκή ιδέα η οποία πρωτοδιατυπώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '90 στη Πράσινη Βίβλο για το αστικό περιβάλλον. Επιπρόσθετα, το 2006 η Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική Επιτροπή προτείνει ένα πλαίσιο πολιτικών με συνεχή παρακολούθηση, όπως η επανάκτηση των δημοσίων χώρων για την υποστήριξη των συμπαγών μορφών, η επανχρησιμοποίηση των γκρίζων ζώνων και η αποφυγή χρησιμοποίησης των αδόμητων ελεύθερων χώρων (EEA, 2006)

Οι υποστηρικτές της συμπαγούς πόλης θεωρούν ότι έχει θετικό αντίκτυπο σε ενεργειακά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά ζητήματα. Πιστεύουν ότι αποτελεί την οικονομικότερη αστική δομή σε όλα τα επίπεδα, όπως η κατανάλωση, η χρήση του αυτοκινήτου, η άνθηση της βιώσιμης κινητικότητας και η προστασία του περιβάλλοντος. Την χαρακτηρίζουν ως μια διαδικασία αξιοποίησης του αστικοποιημένου εδάφους με υψηλές πυκνότητες κατοικίας και απασχόλησης, συνεχή αστική δομή με σαφή όρια και ολοκληρωμένο σχέδιο ανάπτυξης (Newman, 2000; Lock, 1995)

Όπως προκύπτει, η αστική διάχυση είναι μια δυναμική διεργασία η οποία για να διαχειριστεί είναι αναγκαίο να βρεθεί ένας τρόπος περιγραφής των ρυθμών και των μεταβολών αυτής. Η εφαρμογή κατάλληλων μοντέλων, μέσω των οποίων είναι δυνατή η προσομοίωση αλλά και η πρόγνωση ανάλογων φαινομένων, παρέχει ένα σημαντικό εργαλείο για την κατανόηση των χωρικών προτύπων και τάσεων της ανάπτυξης, τόσο για τις πόλεις μεταξύ τους, όσο και για τις εσωτερικές διεργασίες που συντελούνται εντός των ορίων τους. (Stavrakou, 2013)

Κεφάλαιο 3°

3.1. Αστικά μοντέλα

Σύμφωνα με τον Wegener (2004), ως αστικά μοντέλα μπορούν να θεωρηθούν οποιεσδήποτε ποιοτικές ή ποσοτικές ερμηνευτικές διατυπώσεις αστικών θεωριών τα οποία είναι ικανά να ενσωματώνουν μαθηματικές σχέσεις μεταξύ μεταβλητών του αστικού χώρου, συσχετίζουν βασικά ζητήματα της διάρθρωσης των αστικών δομών και χρησιμοποιούν τις υπολογιστικές δυνατότητες του Η/Υ. τα αστικά μοντέλα είναι προσομοιώσεις βασισμένες σε Η/Υ, που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο θεωριών σχετικά με τη χωρική κατανομή και αλληλεπίδραση χρήσεων γης και σχετικών δραστηριοτήτων. Τα αστικά μοντέλα είναι προσομοιώσεις βασισμένες σε Η/Υ, που χρησιμοποιούνται για την μελέτη της κατανομής και των αλληλεπιδράσεων των χρήσεων γης, ικανά μέσα από συγκεκριμένη βαθμονόμηση να προβλέψουν μελλοντικές καταστάσεις.

Ως βασικά χρονικά όρια στην περιοδολόγηση των μοντέλων μπορούμε να θεωρήσουμε:

α) Τις αρχές της δεκαετίας του '60. Το 1964 με την δημοσίευση του μοντέλου του Lowry, που αποτέλεσε τη βάση για την επεξεργασία μεταγενέστερων μοντέλων χωρικής αλληλεπίδρασης, ενώ την ίδια περίοδο διατύπωσαν και οι Alonso, Muth και Mills τις εκδοχές τους για το μοντέλο της μονοκεντρικής πόλης.

β) Τα μέσα της δεκαετίας του '70, με τη δημοσίευση της κριτικής του Lee (1973) στα υφιστάμενα αστικά μοντέλα της εποχής, η οποία είχε καταλυτική επίδραση στο επιστημονικό γίνεσθαι της εποχής και χρησιμοποιείται σε πολλές έρευνες ως ορόσημο για την περιθωριοποίηση της χρήσης των μοντέλων εκείνης της περιόδου.

γ) Τις αρχές της δεκαετίας του '90 με την εμφάνιση μίας νέας γενιάς αστικών μοντέλων που χαρακτηρίζεται από μία έμφαση στην πολυπλοκότητα των υπό μελέτη συστημάτων, με μεταβολή της μακρο-στατικής προηγούμενης προσέγγισης σε μία μικρο-δυναμική προσέγγιση.

Η χρησιμότητα των μοντέλων της αστικής ανάπτυξης έγκειται στο γεγονός ότι αποτελούν ένα μέσο το οποίο επιτρέπει τον πειραματισμό με τη θεωρία, την κατανόηση, η οποία μπορεί να προηγείται των προβλέψεων μελλοντικών καταστάσεων. Αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο το οποίο μπορεί να απλουστεύσει την πολυπλοκότητα της αστικής διάχυσης, παράγοντας εικόνες με υψηλά επίπεδα εμπιστοσύνης.

Μπορούν να αναδείξουν επιπτώσεις μελλοντικών εικόνων και σεναρίων οι οποίες μπορούν να ανατροφοδοτήσουν στις αρχικές πολιτικές, ώστε να συνάδουν με τους τελικούς στόχους δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο μια κυκλική διαδικασία ανάδρασης στην φάση του σχεδιασμού (Berglund, 2014).

Πλεονεκτήματα

Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της εφαρμογής των μοντέλων αυτών παρουσιάζονται παρακάτω:

- Προσεγγίζουν το χώρο μέσα από διακριτές χωρικές μονάδες, οι οποίες μπορούν να δώσουν αποτέλεσμα ανεξάρτητα από την κλίμακα.
- Είναι ικανά να συνδυάσουν τις χωρικές μονάδες αναδεικνύοντας τις τοπικές αλληλεπιδράσεις μέσα από την επαναληπτική τους δομή και λειτουργία.
- Είναι στην πλειοψηφία τους δυναμικά μοντέλα και ως εκ τούτου μπορούν μέσα από κατάλληλες διαδικασίες βαθμονόμησης να αξιοποιηθούν για τη διερεύνηση μελλοντικών εναλλακτικών σεναρίων ανάπτυξης αστικών περιοχών.
- Είναι open sources προγράμματα

Μειονεκτήματα

Παρ' όλ' αυτά τα αστικά μοντέλα έχουν δεχθεί έντονη κριτική για τις κατηγορίες δεδομένων που χρησιμοποιούν, καθώς και για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων τους. Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα σοβαρά μειονεκτήματα.

- Δεν ενσωματώνουν πληθυσμιακά, οικονομικά και κοινωνικά δεδομένα, απορρίπτοντας ουσιαστικά τις εξελίξεις της σημερινής κοινωνίας.
- Χρησιμοποιείται για την προσομοίωση μεγάλων χρονικών περιόδων, χωρίς να μπορεί να ενσωματώσει τις μελλοντικές κοινωνικοοικονομικές εξελίξεις.

3.2. Είδη αστικών μοντέλων

Τα μοντέλα που ασχολούνται με τον αστικό ιστό μπορούν χωριστούν σε αρκετές μεγάλες κατηγορίες οι οποίες, εκ των οποίων οι πιο σημαντικές αναφέρονται παρακάτω:

- ✓ Μοντέλα χωρικής αλληλεπίδρασης (Spatial Interaction Models): Η χωρική αλληλεπίδραση βασίζεται στην άποψη ότι κάθε κίνηση στο χώρο είναι αποτέλεσμα των ανθρώπινων διαδικασιών, περιλαμβάνοντας την μετακίνηση στην εργασία, τη μετανάστευση, την αξιοποίηση των δημόσιων και ιδιωτικών εγκαταστάσεων, έως και τη μετάδοση της γνώσης. Σημαντικά μοντέλα αυτής της περιοχής το μοντέλο του Lowry (Lowry, 1964), το MEPLAN (Abraham, 1998) και το Tranus (Vichiensan et. al 2003).
- ✓ Μοντέλα καλύψεων γης- μεταφορών (Land Use-Transportation (LUT) Models): η κλάση αυτή αναφέρεται κυρίως στα μοντέλα οικονομικής και χωρικής αλληλεπίδρασης. Τα πιο ανεπτυγμένα από αυτά είναι το μοντέλο UrbanSim (Waddell, 2002), αν και τα MEPLAN, TRANUS και IRPUD.
- ✓ Μοντέλα Κυψελοειδών Αυτόματων (Cellular Automata Models): Τα Κυψελοειδή Αυτόματα (Cellular Automata) είναι απλά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση πολύπλοκων συστημάτων. (Waldrop 1992, Wolfram, 1986). Αποτελούνται από κελιά ή ένα πλέγμα κελιών που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω απλών κανόνων, εμφανίζοντας παρόλα αυτά μια περίπλοκη συμπεριφορά. Το πρόγραμμα SLEUTH το οποίο θα αναπτυχθεί στην παρούσα εργασία ανήκει σε αυτή την κατηγορία.
- ✓ Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ / GIS, Geographical Information Systems): Τα ΓΣΠ είναι ένας συνδυασμός υλικού (hardware) και λογισμικού (software) που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση αποθήκευση, διαχείριση, ανάλυση και προβολή γεωγραφικών δεδομένων.

3.3. Περίπτωση του μοντέλου SLEUTH

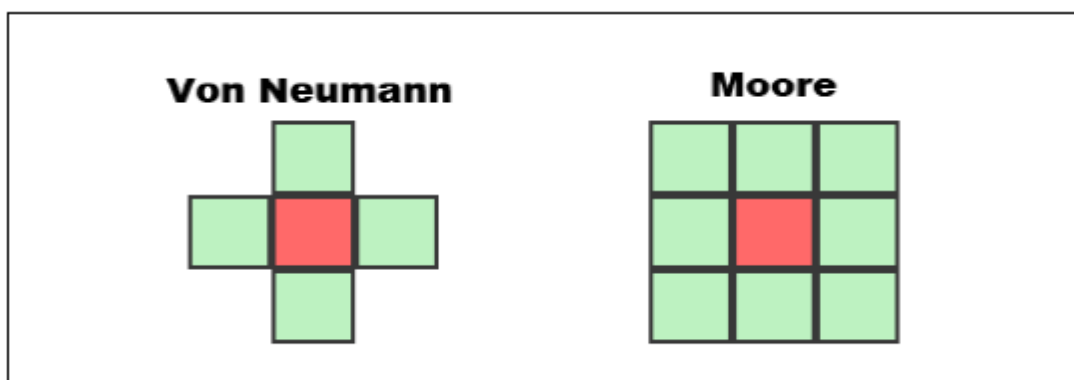
Η μέθοδος μοντελοποίησης που επιλέχθηκε να μελετηθεί στη παρούσα εργασία είναι αυτή των Κυψελοειδών Αυτομάτων και συγκεκριμένα το μοντέλο SLEUTH.

Τα Κυψελοειδή Αυτόματα (Cellular Automata) είναι απλά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση πολύπλοκων συστημάτων (Waldrop 1992, Wolfram, 1986). Οφείλουν την ονομασία τους στο γεγονός ότι αποτελούνται από κελιά ή ένα πλέγμα κελιών (cells), όπως σε μια σκακιέρα και ότι αυτά μπορούν να εξελιχθούν σύμφωνα με έναν απλό κανόνα μετάβασης, αλλιώς "αυτόματα" (Engelen, 1995).

Οι απαρχές τους τοποθετούνται στη δεκαετία του 1960, με την πρώτη εφαρμογή σε μελέτη αστικών συστημάτων να λαμβάνει χώρα στις αρχές της δεκαετίας του '70. Μετά το 1990 τα μοντέλα των κυψελοειδών αυτομάτων συστηματοποιήθηκαν, με αποτέλεσμα σήμερα να αποτελούν τα πιο διαδεδομένα μοντέλα προσομοίωσης.

Τα βασικά στοιχεία τα οποία καθορίζουν ένα σύστημα κυψελοειδούς αυτόματου είναι τα ακόλουθα:

1. Ένα σύστημα καννάβου που αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό κυψελών οι οποίες αποτελούν τις χωρικές μονάδες του συστήματος, στις οποίες αναφέρονται όλοι οι μαθηματικοί υπολογισμοί του μοντέλου.
2. Μία σειρά καταστάσεων που χαρακτηρίζουν κάθε χωρική μονάδα.
3. Ένας προσδιορισμός της γειτονιάς κάθε κυψέλης, η οποία αποτελείται από ορισμένο αριθμό γειτονικών μονάδων. Ο προσδιορισμός της γειτονιάς μπορεί να γίνει με τις γειτονιές Von Neumann και Moore. Οι γειτονιές αυτές φαίνονται στο σχήμα της εικόνας 2.
4. Ένα σύστημα κανόνων μετάβασης από κάποια κατάσταση σε μία άλλη.
5. Μία ακολουθία διακριτών χρονικών βημάτων στα οποία εφαρμόζονται οι κανόνες μετάβασης ταυτόχρονα για το σύνολο των μονάδων.



Εικόνα 3.1: Γειτονιά «Von Neumann» και «Moore» σε δισδιάστατα Κυψελοειδή Αυτόματα
Πηγή: Σταυράκου 2014

Το μοντέλο SLEUTH εξετάζει την αστική ανάπτυξη σε μεγάλες χρονικές περιόδους και εστιάζει σε προβλέψεις μελλοντικών κατανομών, το οποίο χρησιμοποιεί προσαρμόσιμα ΚΑ για την προσομοίωση της αστικής ανάπτυξης και των αλλαγών των χρήσεων γης που προκαλούνται από την αστικοποίηση. Το μοντέλο χρησιμοποιεί την προσέγγιση των Κυψελοειδών Αυτόματων, κάνοντας ταυτόχρονα χρήση πολλών διαφορετικών επιπέδων πληροφορίας για παραμετροποίηση (Dietzel and Clarke, 2007).

Αναπτύχθηκε από τους Clarke, Hoppen και Gaydow σε συνεργασία με την γεωλογική υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών (USGS) και την NASA και εφαρμόστηκε για την πρόβλεψη της αστικής ανάπτυξης των παραλιών του Σαν Φρανσίσκο. Είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα, το οποίο είναι διαθέσιμο μέσω της ιστοσελίδας του Project Gigalopolis (<http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig>).

Το όνομα του προέρχεται από το σετ δεδομένων εισαγωγής που απαιτείται για την σωστή λειτουργία του, δηλαδή τις χρήσεις γης διαδοχικών χρονικών στιγμών, το οδικό δίκτυο, τη κλίση του εδάφους και τις εξαιρούμενες από τη δόμηση περιοχές (Slope, Land-use, Exclusion, Urban, Transportation, Hillshade).

Το μοντέλο SLEUTH εξετάζει την αστική ανάπτυξη σε μεγάλες χρονικές περιόδους και εστιάζει σε προβλέψεις μελλοντικών κατανομών. Το μοντέλο χρησιμοποιεί μία αυτόματη διαδικασία βαθμονόμησης και βασίζεται σε ένα διαχωρισμό των χρήσεων γης σε δύο μόνο βασικές κατηγορίες, αστική και αγροτική. Το μοντέλο ασχολείται αποκλειστικά με την

κατανομή της αστικής κάλυψης, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες.

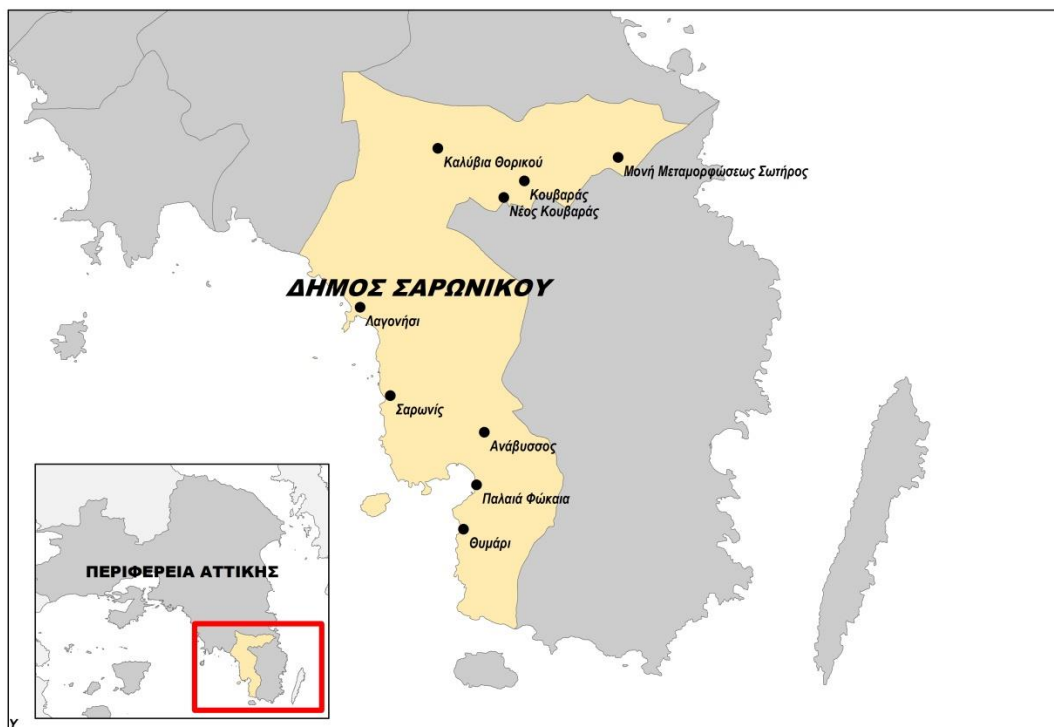
εν κατακλείδι μπορεί να θεωρηθεί ότι το μοντέλο SLEUTH χαρακτηρίζεται από απλή λογική και δομή γεγονός που το καθιστά ελκυστικό σε εφαρμογή και σε ερμηνεία. Η ευρεία του διάδοση και χρήση το καθιστούν ευρύτατα γνωστό και πρωτοπόρο τεχνολογικά (Silva & Clarke, 2002)

Ωστόσο δεν μπορούμε να μην αναφέρουμε ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα που προκύπτουν και συνάδουν με τα γενικότερα μειονεκτήματα μοντέλων όπως αναλύθηκαν παραπάνω. Μπορεί να χαρακτηριστεί από ελλιπή διαχωρισμό χρήσεων γης και αδυναμία ενσωμάτωσης κοινωνικοοικονομικών δεδομένων. Είναι δύσκολο να υποθέσει κανείς ότι η διαδικασία αστικοποίησης μια περιοχής καθορίζεται από τους ίδιους κανόνες για τόσο ευρύ διάστημα.

Κεφάλαιο 4°

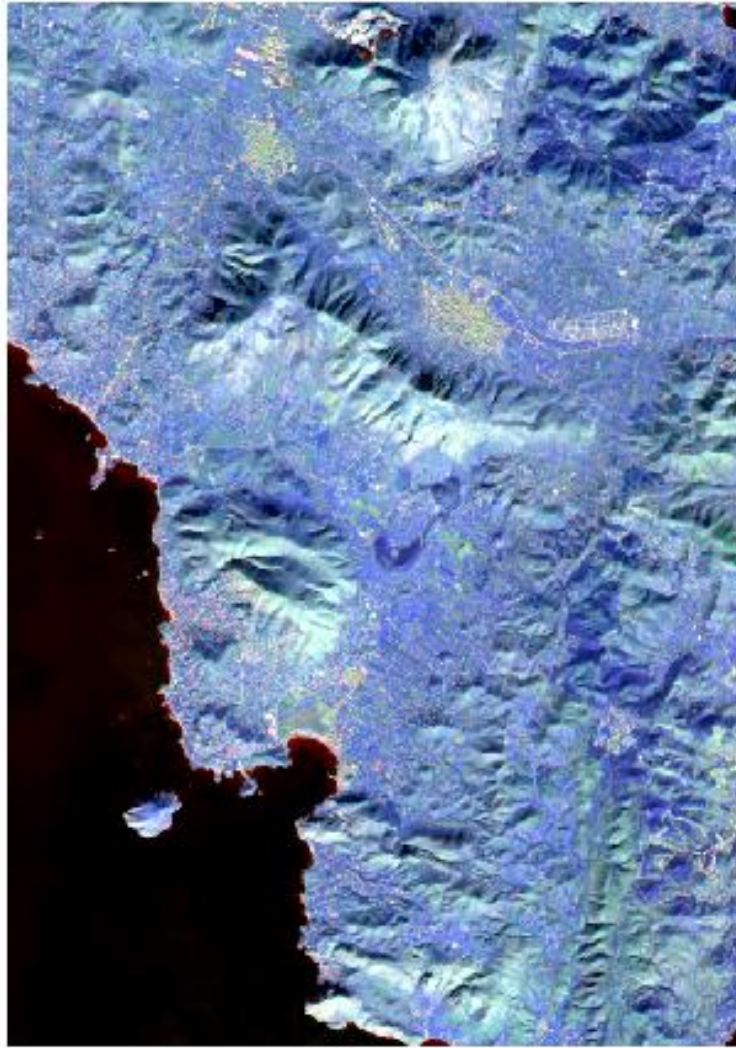
4.1. Παρουσίαση περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτη μας είναι ο δήμος Σαρωνικού, ο οποίος ανήκει στην ευρύτερη περιοχή της Λαυρεωτικής. Συστάθηκε με την συνένωση των δήμων Καλυβίων, Θορικού και των κοινοτήτων Αναβύσσου, Κουβαρά, Παλαιάς Φώκαιας και Σαρωνίδας. Ο πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 201 είναι 29.002 κάτοικοι και η έκταση του νέου δήμου 133,43 τ. χλμ. Έδρα του δήμου έχουν οριστεί τα Καλύβια Θορικού.



Εικόνα 4.1: Παρουσίαση περιοχής μελέτης

Παρατηρώντας την περιφέρεια Αττικής από μια εικόνα δορυφόρου είναι άμεσα αντιληπτό ότι το λεκανοπέδιο Αττικής αποτελεί έναν χώρο πλήρως οικιστικά κορεσμένο (Mathioulakis, 2015). Σε αντίθεση η περιοχή μελέτης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς διαθέτει ελεύθερους χώρους στους οποίους οι αστικοί πυρήνες μπορούν να επεκταθούν.



Εικόνα 4.2: Παρουσίαση περιοχής μελέτης σε σύνθετο καναλιών 7-6-4

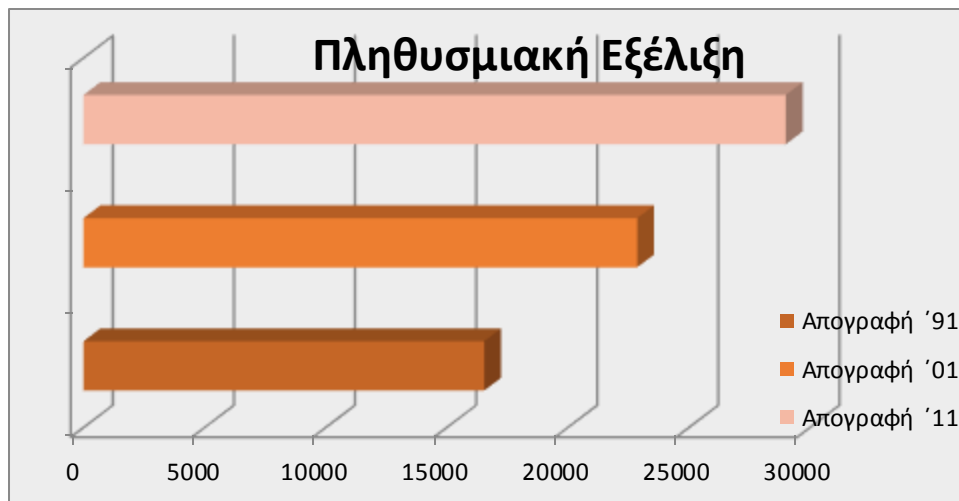
4.2. Πληθυσμιακά Στοιχεία

Τα πληθυσμιακά στοιχεία για το δήμο μας έτσι όπως έχουν εξελιχθεί αντικατοπτρίζουν και την οικιστική ανάπτυξη, όπως είναι φυσικό, που έχει παρατηρηθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η ραγδαία εξέλιξη του πληθυσμού.

Καλλικρατικός Δήμος	Καποδιστριακός Δήμος	Απογραφή 1991	Απογραφή 2001	Απογραφή 2011	Μεταβολή 1991-2011
Δήμος Σαρωνικού	Κουβαρά	16.457	22.866	29.002	+12.545 (+75%)
	Παλαιάς Φώκαιας				
	Σαρωνίδας				
	Καλυβίων Θορικού				
	Αναβύσσου				

Πίνακας 4.1: Πληθυσμιακή εξέλιξη

Όπως προκύπτει από τον πίνακα η αύξηση του πληθυσμού την τελευταία εικοσαετία αγγίζει το 75%, η οποία αποτυπώνεται και στον παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 4.2: Πληθυσμιακή εξέλιξη

Κεφάλαιο 5^ο

5.1. Μεθοδολογία

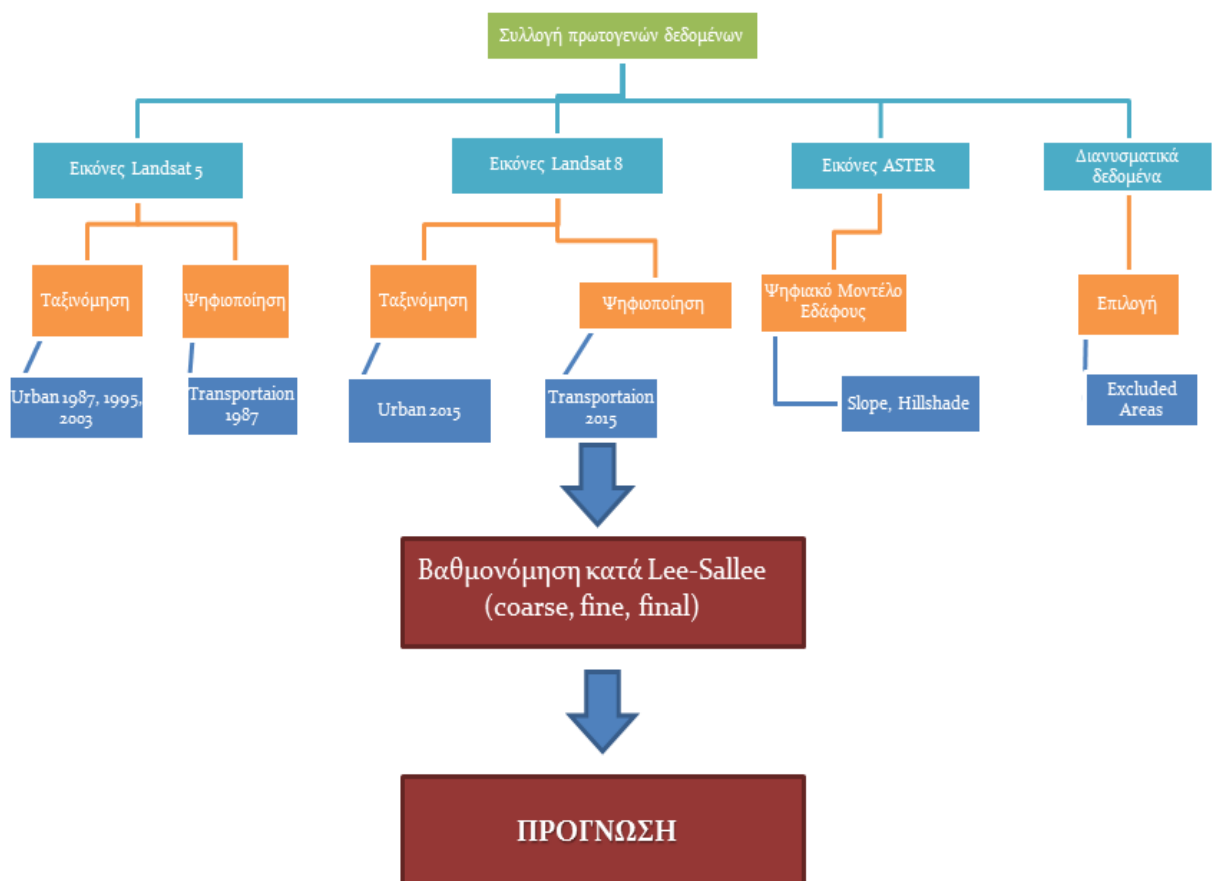
Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στο συγκεκριμένη εργασία ακολουθεί την τυπική προσέγγιση πρόγνωσης της αστικής διάχυσης σε μια περιοχή μελέτης. Συγκεκριμένα εστιάζει στη μελέτη και τον σχολιασμό της πρόγνωσης καταλήγοντας σε ορισμένα συμπεράσματα.

Πρώτο στάδιο της διαδικασίας είναι η συλλογή των πρωτογενών δεδομένων. Πρόκειται για δορυφορικές εικόνες για τα έτη 1987, 1995, 2003, 2015 του δορυφόρου Landsat, από τα οποία με μεθόδους ψηφιακής τηλεπισκόπησης προκύπτουν τα κατάλληλα δεδομένα που απαιτεί το SLEUTH ως δεδομένα εισόδου.

Στη συνέχεια εκτελείται η βαθμονόμηση του μοντέλου με τη μέθοδο Lee – Sale. Ο χωρικός δείκτης Lee-Sale ορίζεται ως το αποτέλεσμα της τομής προς την ένωση των εικόνων που προκύπτουν από την προσομοίωση και των πραγματικών εικόνων της αστικής γης που παρέχει ο χρήστης (Clarke, Horpen & Gaydos, 1996).

Τέλος χρησιμοποιώντας τα εξαγόμενα δεδομένα της βαθμονόμησης περνάμε στη φάση της πρόγνωσης του μοντέλου με χρονικό ορίζοντα το έτος 2040. Παρατηρώντας τους χάρτες πρόγνωσης και συγκρίνοντας τους με τους αρχικούς διαφαίνονται οι τάσεις αστικοποίησης για την περιοχή μελέτη μας.

Η εκτέλεση του μοντέλου SLEUTH γίνεται σε περιβάλλον Linux , ακολουθώντας συγκεκριμένες εντολές κώδικα σε γλώσσα C. Το μοντέλο διαθέτει τρεις λειτουργίες την δοκιμή (test), τη βαθμονόμηση (calibration) και τη λειτουργία της πρόβλεψης (predict).



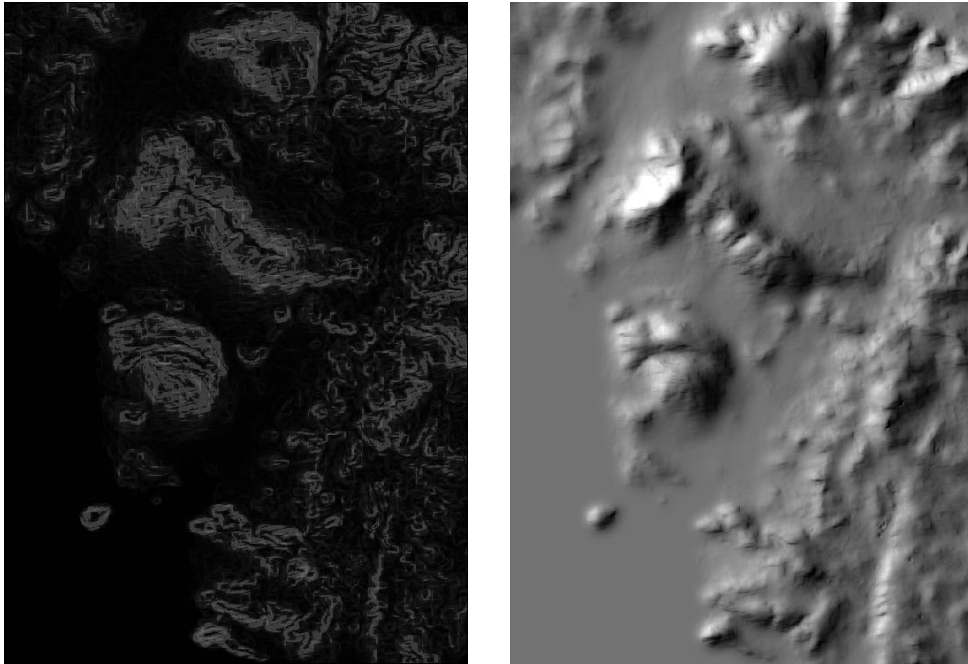
Διάγραμμα 5.1: Διάγραμμα ροής εργασίας

5.2. Συλλογή πρωτογενών δεδομένων

Το μοντέλο SLEUTH απαιτεί ορισμένα δεδομένα προκειμένου να προβλέψει την αστική διάχυση μιας περιοχής. Αυτά είναι η κλίση, οι χρήσεις γης, οι εξαιρούμενες περιοχές από την αστικοποίηση, η αστική γη, το οδικό δίκτυο και τέλος η σκίαση του ανάγλυφου. Τα δεδομένα χρήσεων γης, οδικού δικτύου και αστικής γης αναφέρονται σε έτη αναφοράς ενώ τα υπόλοιπα δεδομένα παραμένουν σταθερά. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι στην εργασία μας δεν χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα χρήσεων γης καθώς σύμφωνα με τις προδιαγραφές του μοντέλου αποτελούν προαιρετικά στοιχεία.

5.2.1. Κλίση(Slope) - Σκίαση ανάγλυφου (Hillshade)

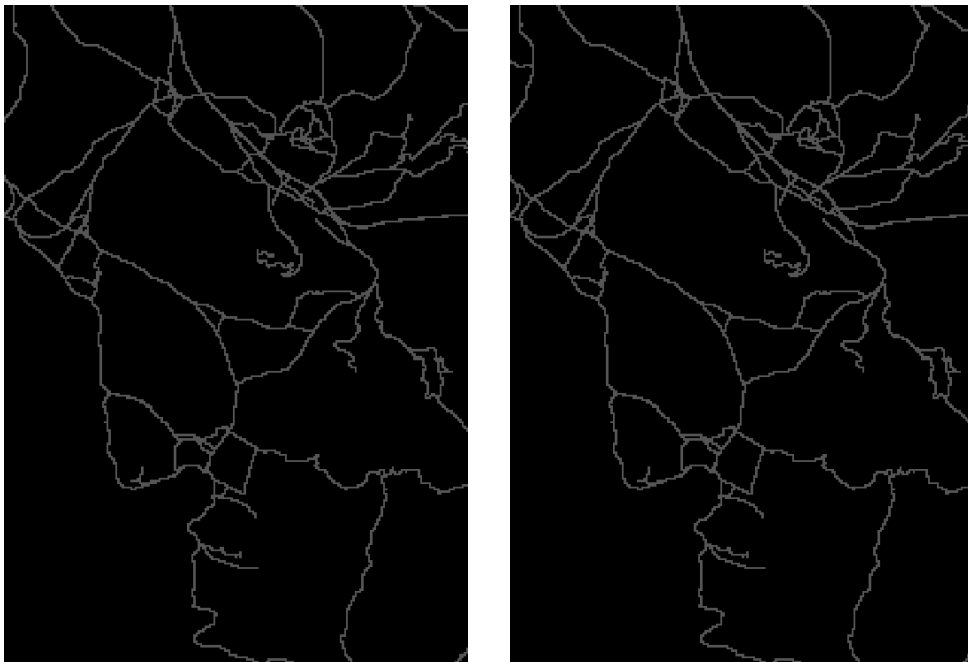
Τα παραπάνω δεδομένα προέκυψαν από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) του δορυφόρου Aster που είναι διαθέσιμο και ανοιχτό στο διαδίκτυο(www.usgs.gov). Το DEM έχει ανάλυση ρixel 30μ. και κάθε ρixel του έχει ως τιμή το υψόμετρο με αναφορά το επίπεδο της θάλασσας.



Εικόνες 5.1, 5.2: Επίπεδο κλίσεων και σκίασης αναγλύφου

5.2.2. Οδικό δίκτυο (Transportation)

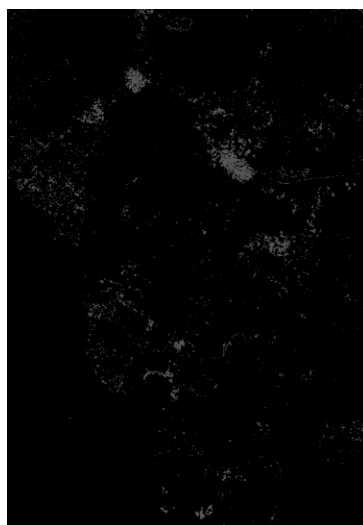
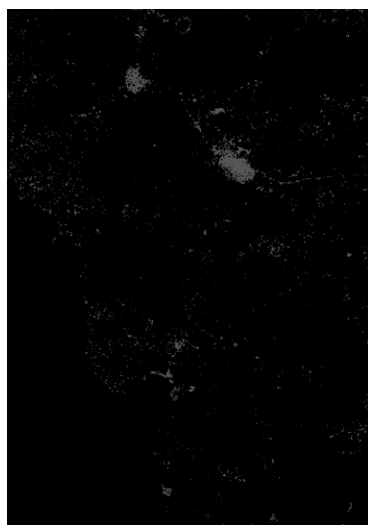
Το οδικό δίκτυο για το 1985 εξήχθη από εικόνες δορυφόρου Landsat 5 έπειτα από τηλεπισκόπηση και ψηφιοποίηση των παραπάνω χαρτών. Η ψηφιοποίηση του οδικού δικτύου αφορά μόνο το κύριο οδικό δίκτυο αφού η ακρίβεια των εικόνων (30 μ.) δεν επιτρέπει την ασφαλή ψηφιοποίηση του δευτερεύοντος και τριτεύοντος οδικού δικτύου. Για το έτος 2015 τα δεδομένα προέρχονται από το Open Street Map μετά από επεξεργασία με ΓΣΠ.



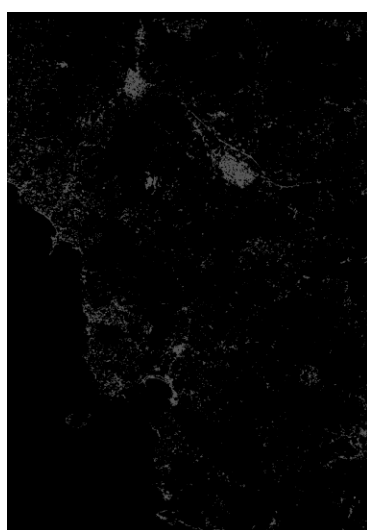
Εικόνες 5.3, 5.4: Οδικό δίκτυο για τα έτη 1987 και 2015 μετά από φωτοερμηνεία

5.2.3. Αστική γη (Urban)

Τα δεδομένα για την αστική γη για τα έτη 1987, 1995, 2003, 2015 προήλθαν όπως είπαμε από δορυφορικές εικόνες του δορυφόρου Landsat για τα αντίστοιχα έτη, έπειτα από ταξινόμηση των εικόνων και εξαγωγή τους σε μορφή κατάλληλη για το μοντέλο



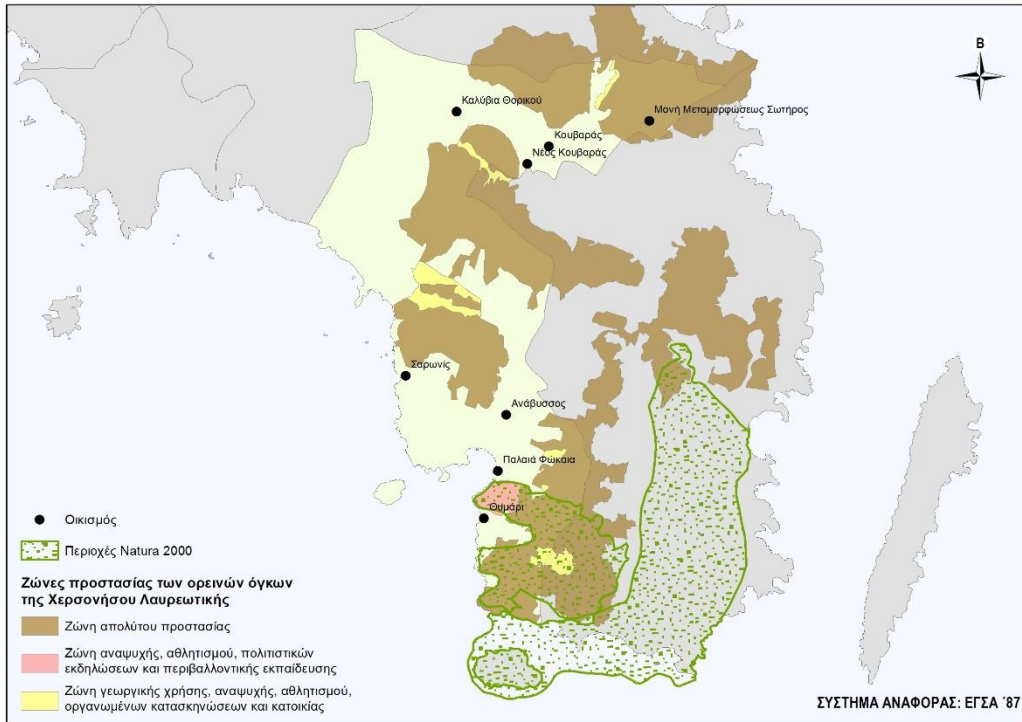
Εικόνες 5.5, 5.6: Αστική γη για τα έτη 1987 και 1995



Εικόνες 5.7, 5.8: Αστική γη για τα έτη 2003 και 2015

5.2.4. Εξαιρούμενες περιοχές (Excluded Areas)

Οι εξαιρούμενες περιοχές προέκυψαν από το δίκτυο Natura και τη ζώνη προστασίας των ορεινών όγκων της χερσονήσου της Λαυρεωτικής. Πρέπει να σημειωθεί ότι ως εξαιρούμενη περιοχή θεωρείται και η περιοχή της θάλασσας.



Εικόνες 5.9: Πρωτογενή δεδομένα εξαιρούμενων περιοχών

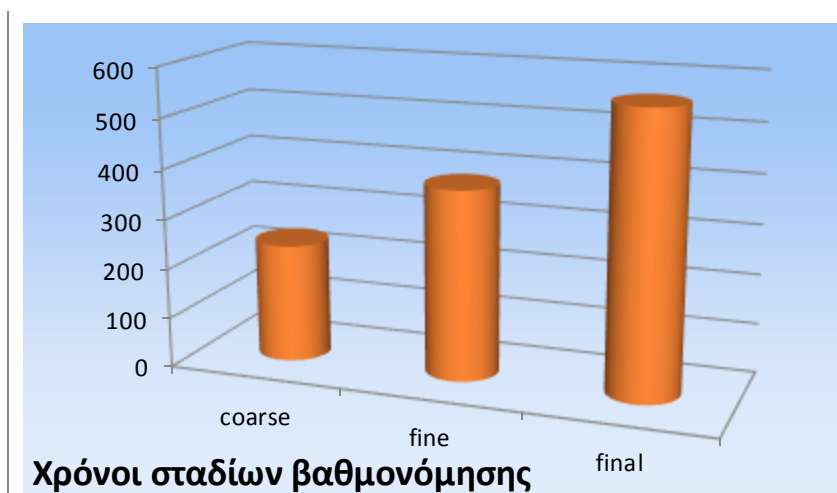


Εικόνες 5.10: Εξαιρούμενες περιοχές από την αστικοποίηση

5.3. Βαθμονόμηση

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η βαθμονόμηση του μοντέλου έγινε σύμφωνα με τον δείκτη Lee – Sale. Ο συγκεκριμένος δείκτης μετράει τη χωρική συσχέτιση μεταξύ της γνωστής αστικής έκτασης και της προβλεπόμενης και παίρνει τιμές από 0 έως 1, με την τιμή μηδέν να αντιπροσωπεύει την χωρική ασυμφωνία και την τιμή ένα την πλήρη ταύτιση. Χρησιμοποιήθηκε ο συγκεκριμένος δείκτης καθώς ενσωματώνει καλύτερα από όλους την

χωρική διάσταση του ζητήματος, απαραίτητη πληροφορία στην μοντελοποίηση της αστικής διάχυσης. Η διαδικασία της βαθμονόμησης αποτελείται από τρία στάδια το coarse, το fine και το final. Το πρώτο στάδιο της βαθμονόμησης (coarse) εξάγει αποτελέσματα τα οποία χρησιμοποιούνται στο δεύτερο στάδιο (fine) και αυτά με τη σειρά τους στο τρίτο στάδιο βαθμονόμησης (final), έως ότου τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής να συγκλίνουν. Η διαδικασία της βαθμονόμησης είναι μια διαδικασία χρονοβόρα και οι χρόνοι της φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



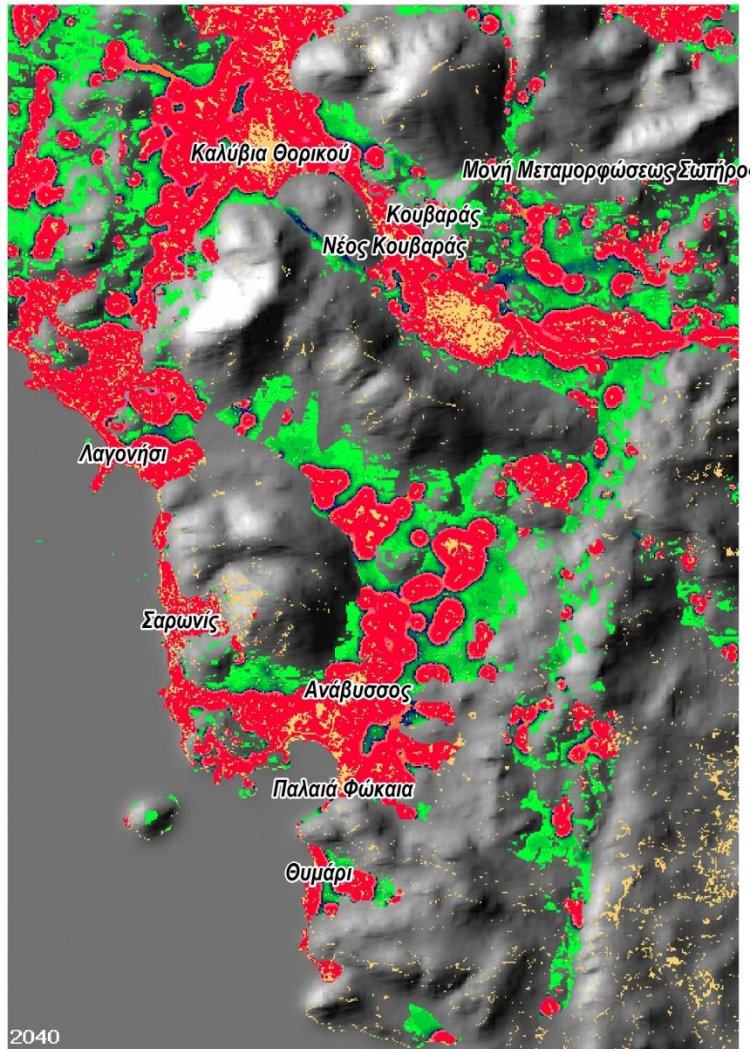
Διάγραμμα 5.2: Χρόνοι βαθμονόμησης

5.4. Πρόγνωση

Μετά το στάδιο της βαθμονόμησης ακολουθεί η διαδικασία της πρόβλεψης του μοντέλου. Είναι μια διαδικασία ταχύτερη από την βαθμονόμηση. Η πρόβλεψη έγινε για την περίοδο 2015 – 2040, μία περίοδο 25 ετών. Μια μεγαλύτερη περίοδος ενδέχεται να έχει λιγότερη ακρίβεια και τα αποτελέσματα να μην ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Το μοντέλο στο στάδιο πρόγνωσης παράγει εικόνες τύπου .gif για κάθε έτος της περιόδου μελέτης με συγκεκριμένα χρώματα ανάλογα με την πιθανότητα αστικοποίησης τους. Το πράσινο χρώμα υποδηλώνει πιθανότητα αστικής εξάπλωσης έως 30% και το κόκκινο χρώμα πιθανότητα εξάπλωσης από 60% και πάνω.

Παρακάτω ακολουθεί η εικόνα .gif που πρόεκυψε για το δήμο Σαρωνικού για το έτος 2040, μετά την εφαρμογή του μοντέλου SLEUTH



Εικόνες 5.11: Τάση εξέλιξης το 2040 για το δήμο Σαρωνικού

Κεφάλαιο 6°

6.1. Συμπεράσματα

Αναλύοντας την τάση εξέλιξης του αστικού ιστού, όπως αυτή διαφαίνεται από το αποτέλεσμα του μοντέλου προκύπτουν τα εξής χρήσιμα συμπεράσματα:

- ✓ Η αστική ανάπτυξη, και μάλιστα με πιθανότητα άνω του 60%, είναι έντονη σε όλη την έκταση του δήμου.
- ✓ Τα Καλύβια Θορικού έχουν αστικοποιηθεί πλήρως και σχηματίζουν με τον Νέο Κουβαρά μια ενιαία αστική οντότητα. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθούμε και στην περιοχή της Κερατέας (αν και δεν ανήκει στην περιοχή μελέτης μας), η οποία αποτελεί τη συνέχεια της παραπάνω αστικής οντότητας. Σημαντικοί παράγοντες σε αυτήν την εξέλιξη είναι οι δύο μεγάλες λεωφόροι που περνούν από τις συγκεκριμένες περιοχές, οι λεωφόροι Σουνίου και Λαυρίου.
- ✓ Ομοίως το Λαγονήσι έχει αστικοποιηθεί πλήρως, με επεκτάσεις οι οποίες ακολουθούν την αντίθετη προς τη θάλασσα πορεία.
- ✓ Η περιοχή της Σαρωνίδας φαίνεται να έχει μια γραμμική ανάπτυξη, κατά μήκος του παραλιακού μετώπου. Η περιοχή φαίνεται να ενώνεται με αυτή του Λαγονησίου, δημιουργώντας μία ενιαία παράκτια λωρίδα. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη αυτή έπαιξε η λεωφόρος Αθηνών-Σουνίου (παραλιακή) η οποία αποτελεί και το συνδετικό κρίκο ανάμεσα στις δύο αυτές περιοχές.
- ✓ Η Ανάβυσσος ακολουθεί μια άτακτη εξάπλωση κυρίως προς το βόρειο ανατολικό κομμάτι του δήμου, αποτελώντας πλέον με την Παλαιά Φώκαια μια ενιαία αστική οντότητα. Και σε αυτή την περίπτωση το οδικό δίκτυο έχει σημαντικό ρόλο λόγω της λεωφόρου Αναβύσσου.
- ✓ Τέλος η περιοχή του Θυμαρίου δεν εμφανίζει μεγάλες τάσεις αστικής εξάπλωσης.

6.2. Κριτική

Τα αστικά μοντέλα, στις μέρες μας, αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι του χωρικού σχεδιασμού με συνεχώς εξελισσόμενες τάσεις. Παρ' όλ' αυτά, η ενασχόληση με αυτά μέσα από την συγκεκριμένη εργασία μας οδήγησε σε συμπεράσματα με αντίθετο και διχαστικό πρόσημο. Αποδείχθηκε δηλαδή ότι τα αστικά μοντέλα και η χρήση τους, έχουν πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα.

Ξεκινώντας με τα συμπεράσματα με θετικό πρόσημο, όπως αναφέρθηκε, η πλειοψηφία των αστικών μοντέλων είναι open source, δηλαδή προσιτά και εύκολα να αποκτηθούν από όλους. Επίσης είναι δυναμικά μοντέλα, δηλαδή στη φάση του προγραμματισμού επιτρέπουν τον συνεχή επαναπρογραμματισμό για συνεχώς καλύτερα αποτελέσματα, βελτιώνοντας την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Ακόμα, η συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία στο τομέα του προγραμματισμού και γενικότερα των υπολογιστών, καθιστούν τα αστικά μοντέλα πόλο έλξης την για ερευνητική κοινότητα προσδίδοντας τους τεράστιες δυνατότητες εξέλιξης. Πιο συγκεκριμένα για το μοντέλο SLEUTH, η απλή λογική και δομή του το καθιστά ελκυστικό στην εφαρμογή και την ερμηνεία. Επίσης η ευρεία χρήση του σε πολλές περιοχές του πλανήτη ενισχύει τον παραπάνω ισχυρισμό, κάνοντας το ως ένα από τα πιο γνωστά μοντέλο προσομοίωσης.

Τα μοντέλα προσομοίωσης μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν στο τομέα του χωρικού σχεδιασμού αποτελώντας το πυλώνα της κατανόησης και της πρόβλεψης των επιπτώσεων των μελλοντικών διάφορων καταστάσεων. Σε αυτό το πλαίσιο, τα μοντέλα μπορούν να αναδείξουν επιπτώσεις μελλοντικών εικόνων και σεναρίων, οι οποίες μπορούν να

ανατροφοδοτήσουν στις αρχικές πολιτικές ώστε να συνάδουν με τους τελικούς στόχους, δημιουργώντας έτσι μια κυκλική διαδικασία ανάδρασης στη φάση του σχεδιασμού (Berglund, 2014). Προσπαθούν με άλλα λόγια, να προετοιμάσουν τις πόλεις ώστε να προλαμβάνουν και όχι να αντιδρούν εκ των υστέρων.

Από την άλλη μεριά, δεν μπορούμε να παραβλέψουμε ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα που προέκυψαν για τα αστικά μοντέλα και συγκεκριμένα για το μοντέλο SLEUTH μέσα από την παρούσα εργασία. Η μη ενσωμάτωση πληθυσμιακών δεδομένων, οικονομικών στοιχείων και ιδιοκτησιακών καθεστώτων καθιστούν εκ των πραγμάτων την πρόβλεψη της αστικής διάχυσης λιγότερο ακριβή. Επίσης, ο ελλιπής διαχωρισμός χρήσεων γης αλλά και το γεγονός ότι χρησιμοποιείται στην προσομοίωση μεγάλων ιστορικών περιόδων ενισχύουν τα παραπάνω γεγονότα, στη βάση της υπόθεσης ότι είναι δύσκολο μια διαδικασία αστικοποίησης να καθορίζεται από σταθερούς κανόνες για τόσο ευρύ χρονικό διάστημα. Τέλος, παρουσιάστηκαν προβλήματα στην φάση της ταξινόμησης των δορυφορικών εικόνων λόγω της χαμηλής ανάλυσης αυτών.

Τα αστικά μοντέλα προσομοίωσης αποτελούν και θα αποτελέσουν χρήσιμα εργαλεία του χωρικού σχεδιασμού, κάτω όμως από συγκεκριμένους όρους και προϋποθέσεις. Η συμβολή τους μέσα από τη σωστή διαχείριση και κατανόηση τους, μπορεί να αποτελέσει αναπόσπαστο κομμάτι της αστικής πραγματικότητας και εξέλιξης.

Βιβλιογραφία

Γεμενετζή, Γ. (2011). Αστική διάχυση και οικιστικό δίκτυο: έννοιες και εργαλεία ανάλυσης με εφαρμογή στην περιοχή επιρροής της Θεσσαλονίκης.

Μαθιουλάκης, Σ. (2015). *Προσομοίωση και εκτίμηση της μελλοντικής εξάπλωσης αστικών περιοχών με χρήση κυψελοειδών αυτόματων: Η περίπτωση των Μεσογείων Αττικής.*

Σταυράκου, Γ. Δ., (2014). Προσομοίωση εξέλιξης και επέκτασης αστικών περιοχών με χρήση κυψελοειδών αυτόματων: Εφαρμογή του υποδείγματος SLEUTH στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Ηρακλείου Κρήτης.

de Almeida, C. M., Batty, M., Monteiro, A. M. V., Câmara, G., Soares-Filho, B. S., Cerqueira, G. C., & Pennachin, C. L. (2003). Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27(5), 481-509.

Berglund, L., 2014. *REPORT: Review of Land-Use Models-Summary and Documentation*. WPS Analysis & Strategy.

Brehegy, M. (1995). The compact city and transport energy consumption. *Transactions of the institute of British Geographers*, 81-101.

Burton, E., Jenks, M., & Williams, K. (Eds.). (2003). *The compact city: a sustainable urban form?*. Routledge. Form, Spon Press.

Camagni, R., Gibelli, M. C., & Rigamonti, P. (2002). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological economics*, 40(2), 199-216.

Dietzel, C., & Clarke, K. C. (2007). *Toward optimal calibration of the SLEUTH land use change model*. *Transactions in GIS*, 11(1), 29-45.

Engelen, G., White, R., Uljee, I., Drazan, P., 1995, *Using cellular automata for integrated modelling of socio-environmental systems*. *Environ. Monitoring Assess.* 34, 203–214.

Glaeser, E. L., & Kahn, M. E. (2004). Sprawl and urban growth. *Handbook of regional and urban economics*, 4, 2481-2527.

Peck, S. (1998). *Planning for biodiversity: issues and examples*. Island Press.

Tötzer, T. (2008). *Relationships between Urban-Periurban-rural regions: first findings from the EU project Plurel*. In *Comm at the Conference «Rurality near the City», Leuven*.

Waldrop, M. M. (1992). Complexity: The emerging science at the edge of chaos.

Wegener, M. (2004). Overview of land-use transport models. *Handbook of transport geography and spatial systems*, 5, 127-146.

Wolfram, S. (1986). *Theory and applications of cellular automata* (Vol. 1, pp. x+560). Singapore: World scientific.

European Environmental Agency (<http://www.eea.europa.eu/>)

<http://geodata.gov.gr/>

<http://www.geofabrik.de/data/download.html> (OSM data)

www.usgs.gov