



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΧΩΡΟΥ

**Συνδυαστική προσομοίωση της μελλοντικής επέκτασης
αστικών περιοχών με χρήση GIS και της πλατφόρμας GAMA:
Ανάλυση τάσεων και προοπτικών στο Νομό Αττικής.**



Διπλωματική Εργασία
Μπαρτσώκα Κατερίνα

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου Γεώργιο Ν.Φώτη για την πολύτιμη βοήθεια, την καθοδήγηση και τη συνέργαση καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα Παύλο Τσάγκη για τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στους φίλους και φίλες μου για την κατανόηση, την ανοχή και κυρίως τη στήριξη που μου προσέφεραν κατά την περίοδο εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί η αστική εξάπλωση, διάχυση και ανάπτυξη στο νομό Αττικής μέσω της πλατφόρμας GAMA. Καταρχήν θα διατυπωθούν οι έννοιες της αστικής διάχυσης κι εξάπλωσης και θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί τα τελευταία χρόνια στην επιστήμη της πολεοδομίας και τοπογραφίας προκειμένου να εξαχθεί μια πρόβλεψη για την εξέλιξη ενός πολεοδομικού συγκροτήματος. Ακολούθως, θα παρουσιαστεί η πλατφόρμα GAMA, τα χαρακτηριστικά και τα εργαλεία της. Στο πρακτικό μέρος της διπλωματικής εργασίας, θα επιχειρηθεί μια ανάλυση του νομού Αττικής με τη χρήση του raster μοντέλου, Urban Growth, της πλατφόρμας. Τέλος, με βάση τα αποτελέσματα που εξαγονται όσον αφορά την αστική εξάπλωση στους δήμους της Αττικής, εξαγονται συμπεράσματα σχετικά με την εγκυρότητα και αποτελεσματικότητα του μοντέλου και γίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα που θα στηρίζονται στην παρούσα εργασία.

Λέξεις-κλειδιά: Αστική Διάχυση, Εξάπλωση Πολεοδομικού Συγκροτήματος, Πλατφόρμα GAMA, Μοντέλα Πρόβλεψης

ABSTRACT

The purpose of the current study is to research into the urban sprawl, diffusion and development in the prefecture of Attica through the GAMA platform. At first, the concepts of urban diffusion and spreading will be drafted and there will be a brief presentation of the methods used within the last years in the science of urban planning and topography in order to extract a prognosis of an urban complex development. Following, there will be a presentation of the GAMA platform, its features and tools. In the practical part of the of the diploma thesis, an analysis of the Attica prefecture will be attempted using the raster model of the platform, known as Urban Growth. Finally, based on the results that are being exported in regards to the urban sprawl in the municipalities of Attica, conclusions are drawn regarding the validity and effectiveness of the model and proposals are made for future research based on the present work.

Keywords: Urban Expansion, Urban Diffusion, Urban sprawl, GAMA Platform, Urban Forecast Methods

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1	Αντικείμενο της εργασίας.....	13
1.2	Δομή εργασίας.....	17
2.	ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ.....	18
2.1	Ορισμός.....	18
2.1.1	Γενικά.....	18
2.1.2	Πυκνότητα.....	19
2.1.3	Χρήσεις γης.....	20
2.1.4	Χωρική μορφή.....	21
2.1.5	Επιπτώσεις στον εξωαστικό χώρο.....	22
2.2	Ιστορική εξέλιξη του φαινομένου της αστικής διάχυσης.....	23
2.2.1	Πρώτα δείγματα εμφάνισης του φαινομένου.....	23
2.2.2	Αστική διάχυση κατά τον Μεσοπόλεμο.....	24
2.2.3	Αστική διάχυση μεταπολεμικά.....	26
2.2.4	Αστική διάχυση από τη δεκαετία του '70 έως σήμερα.....	27
2.3	Αιτίες δημιουργίας αστικής διάχυσης.....	29
2.3.1	Δημογραφικές αιτίες.....	30
2.3.2	Κοινωνικές-Πολιτισμικές αιτίες.....	30
2.3.3	Οικονομικές αιτίες.....	31
2.3.4	Ο ρόλος του σχεδιασμού.....	31
2.4	Επιδράσεις της αστικής διάχυσης.....	33
2.4.1	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	33
2.4.2	Κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις.....	34
2.4.3	Πολιτισμικές επιδράσεις.....	34
2.5	Τύποι αστικής διάχυσης.....	34
2.6	Πολιτικές Ανάσχεσης.....	37
2.6.1	Ζώνη Πρασίνου.....	37
2.6.2	Συμπαγής-Συνεκτική πόλη.....	38

2.6.3	Έξυπνη πόλη-Έξυπνη ανάπτυξη	39
2.6.4	Νέα πολεοδομία	40
3.	ΑΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	41
3.1	Θεωρητικές προσεγγίσεις στη μοντελοποίηση αστικού περιβάλλοντος.....	41
3.2	Σύγχρονες πρακτικές μοντελοποίησης αστικού περιβάλλοντος.....	44
3.3	Μοντέλα Πολλαπλών Πρακτόρων (ΜΠΠ)	47
3.3.1	Γενικά	47
3.3.2	GAMA PLATFORM	51
3.3.3	Μετα-Μοντέλο της GAMA	52
3.3.4	Χαρακτηριστικά της GAMA.....	54
4.	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	63
4.1	Όρια και θέση των πόλεων.....	63
4.2	Γεωγραφικά και διοικητικά όρια	63
4.3	Πολεοδομική ανασκόπηση	64
4.3.1	Περίοδος 1833-1909	64
4.3.2	Περίοδος 1909-1940.....	68
4.3.3	Περίοδος 1950-1990	70
4.3.4	1990 εως σήμερα	71
4.4	Οι επεκτάσεις της αστικής περιοχής της Αθήνας.	71
5.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	77
5.1	Γενικά	77
5.2	Raster Μοντέλο.....	77
5.2.1	Περιγραφή του μοντέλου	77
5.2.2	Κριτήρια του μοντέλου	78
5.2.3	Συλλογή Δεδομένων	80
5.2.4	Εφαρμογή Μοντέλου	96
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	109
6.1	Γενικά	109
6.2	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	110

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	119

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Λος Αντζελες, '20	25
Εικόνα 2.2: Αστική διάχυση στην πόλη του Λονδίνου 1938-1943	26
Εικόνα 2.3: Πρότυπα αστικής διάχυσης	35
Εικόνα 2.4: Τύποι αστικής διάχυσης με βάση τη μορφή	37
Εικόνα 2.5: Ζώνες πρασίνου σε πόλεις τις Αγγλίας.....	37
Εικόνα 2.6: Κίτο, Εκουαδόρ	39
Εικόνα 2.7: Αστική κατάτμηση, Νέα πολεοδομία	40
Εικόνα 3.1: Το μοντέλο των ομόκεντρων ζωνών του Burgess.....	41
Εικόνα 3.2 Το τομεακό μοντέλο του Hoyt	41
Εικόνα 3.3: Το μοντέλο των πολλαπλών πυρήνων των των Harrys και Ullmann.....	42
Εικόνα 3.4: Το περιφερειακό μοντέλο του Harrys	42
Εικόνα 3.5: Μετα-μοντέλο της GAMA	54
Εικόνα 4.1: Η πολεοδομική πρόταση των Κλεάνθη-Scahubert για την πόλη των Αθηνών του 1833.....	65
Εικόνα 4.2: Το πολεοδομικό σχέδιο του Klenze του 1834	66
Εικόνα 4.3: Προσφυγικός οικισμός Καισαριανής.....	68
Εικόνα 4.4: Η πρόταση Λελούδα 1919.	69
Εικόνα 4.5: Συνολικός χάρτης των Οικιστικών επεκτάσεων στο Ν.Αττικής	72
Εικόνα 4.6: Οικιστικές επεκτάσεις στο Ν.Αττικής.....	75
Εικόνα 5.1: Attribute table τουshapfile χρήσεις γης	82
Εικόνα 5.2: Κατηγοριοποιημένος attribute table τουshapfile χρήσεις γης.	86

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Μορφή παγκόσμιου αστικού πληθυσμού	15
Πίνακας 5.1: Κατηγοριοποίηση χρήσεων γης.....	85
Πίνακας 5.2: Ποσοστά χρήσεων γης.....	90
Πίνακας 5.3: Χρήσεις γης ανά περιφερειακή ενότητα	91
Πίνακας 5.4: Κτίσματα σε δασικές περιοχές	95
Πίνακας 5.5: Ποσοστά χρήσεων γης (2010)	97
Πίνακας 5.6: Ποσοστά χρήσεων γης (2020)	98
Πίνακας 5.7: Ποσοστά χρήσεων γης (2030)	99
Πίνακας 5.8: Ποσοστά χρήσεων γης (2040)	100
Πίνακας 5.9: Ποσοστά χρήσεων γης (2050)	101
Πίνακας 5.10: Ποσοστά χρήσεων γης (2060)	102
Πίνακας 5.11: Ποσοστά χρήσεων γης (2070)	103
Πίνακας 5.12: Ποσοστά χρήσεων γης (2080)	104
Πίνακας 5.13: Ποσοστά χρήσεων γης (2090)	105

Πίνακας 5.14: Ποσοστά χρήσεων γης (2100)	106
--	-----

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Χωρική ανάπτυξη τη δεκαετία του 1990 (Angeletal, 2005)	15
Σχήμα 1.2: Διάρθρωση εργασίας.....	17
Σχήμα 3.1: Απλός ορισμός μοντέλου.....	56
Σχήμα 3.2: Δημιουργία πρακτόρων από shapefiles	57-58
Σχήμα 3.3: Κίνηση σε ένα γράφημα	59
Σχήμα 3.4: Παράδειγμα πολυεπίπεδης μοντελοποίησης στη GAMA	61
Σχήμα 3.5: Παράδειγμα ειδών που καθορίζονται από εξισώσεις.....	62

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 5.1: Χρήσεις γης Αττικής 2010.....	80
Χάρτης 5.2: Χρήσεις γης Αττικής 2015.....	81
Χάρτης 5.3: Κατηγοριοποιημένες χρήσεις γης 2010	87
Χάρτης 5.4: Κατηγοριοποιημένες χρήσεις γης 2015	87
Χάρτης 5.5: Raster χάρτης χρήσεων γης 2010.....	88
Χάρτης 5.6: Raster χάρτης χρήσεων γης 2015.....	89
Χάρτης 5.7 Κύρια χρήση γης ανά δήμο	92
Χάρτης 5.8:Οικισμοί-υποκέντρα Ν.Αττικής	94
Χάρτης 5.9: Χρήσεις γης 2010	96
Χάρτης 5.10: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2020	97
Χάρτης 5.11: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2030	98
Χάρτης 5.12: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2040	99
Χάρτης 5.13: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2050	100
Χάρτης 5.14: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2060	101
Χάρτης 5.15: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2070	102
Χάρτης 5.16: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2080	103
Χάρτης 5.17: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2090	104
Χάρτης 5.18: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2100	105

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο της εργασίας

Οι μεταβολές που συντελούνται στο οικονομικό και κοινωνικό πεδίο συνεπάγονται μια σειρά από αλλαγές και στο μέγεθος και στο χώρο κάθε πόλης δια μέσου της αστικής διάχυσης ή εξάπλωσης.

Εκτός της εξάπλωσης μπορεί να υπάρξει και συρρίκνωση του αστικού χώρου, εξέλιξη που παρατηρείται σπανιότερα καθώς η εντεινόμενη αστικοποίηση οδηγεί στην αύξηση του αστικού πληθυσμού και των δραστηριοτήτων.

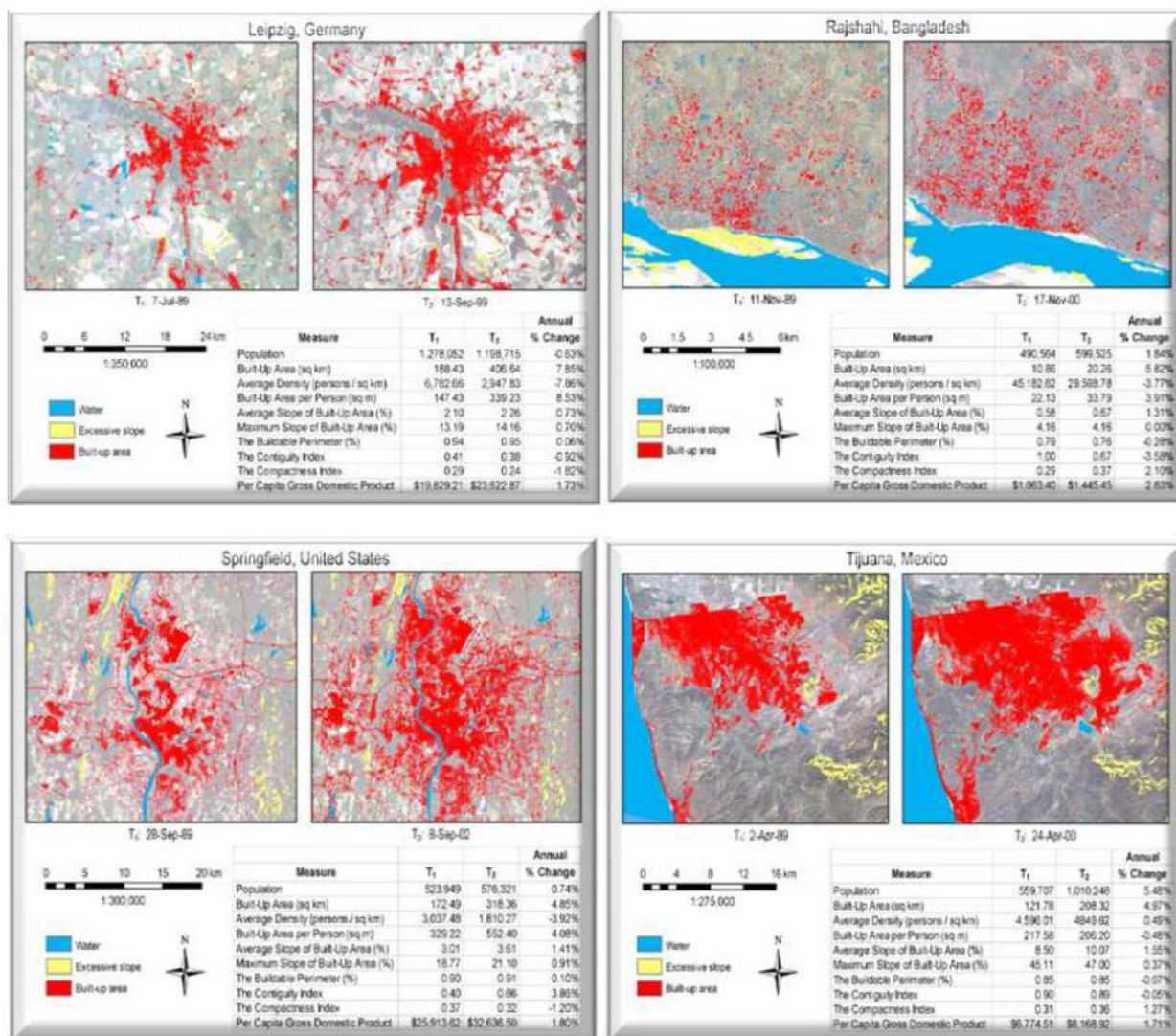
Ως φαινόμενο η αστική διάχυση δεν είναι κάτι νέο αλλά συνοδεύει το μεγαλύτερο κομμάτι των εξελίξεων σε κάθε πόλη από την ίδρυση τους. Συγκεκριμένα, η συνεχής αύξηση του πληθυσμού δημιουργεί ανάγκες στέγασης αυτού αλλά και κάλυψης των αναγκών του, γεγονός το οποίο οδηγεί στην αστική εξάπλωση. Ο ήδη διαμορφωμένος αστικός χώρος δεν μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού με αποτέλεσμα να έχουμε μετακίνηση από τις αστικές στις περιαστικές περιοχές και την επέκταση του αστικού ιστού στον περιβάλλοντα μη αστικό χώρο.

Ο όρος «αστική επανάσταση» (Chora-Gobin, 2004) χρησιμοποιείται για να αναδείξει την αλληλεπίδραση δύο φαινομένων που λαμβάνουν χώρα σήμερα: α) μεταβολή της κλίμακας του αστικού ιστού χωρίς την επιβολή ορίων και β) τη ραγδαία ανάπτυξη των αστικών συγκροτημάτων σε παγκόσμια κλίμακα και ιδιαιτέρως στις αναπτυσσόμενες οικονομίες, πέρα των παλαιών βιομηχανικά ανεπτυγμένων κρατών. Η ανάπτυξη των πόλεων (αστική εξάπλωση) σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την αύξηση του πληθυσμού. Για να έχουμε μια εικόνα των μεγεθών, ο παγκόσμιος πληθυσμός έχει ξεπεράσει τα 7 δισεκατομμύρια πρόβλεψη η οποία είχε δοθεί από το Γραφείο Απογραφών των ΗΠΑ για το έτος 2012. Επιπλέον, σύμφωνα με τους FullerandGaston (2009) για πρώτη φορά στην ιστορία της ανθρωπότητας πάνω από το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί σε μικρές ή μεγαλύτερες πόλεις. Η ιστορική αυτή εξέλιξη αποτυπώνεται και στην έκθεση του Department of Economic and Social Affairs (2008) του ΟΗΕ σύμφωνα με την οποία το έτος 2030 ο πληθυσμός των πόλεων θα είναι μεγαλύτερος από αυτόν των αγροτικών περιοχών (Πίνακας 1.1)

ΜΟΡΦΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	
ΕΤΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ
1950	29,10
1990	43
2010	50,60
2030	59,7

Πίνακας 1.1: Μορφή παγκόσμιου αστικού πληθυσμού.

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των πόλεων οι οποίες καλύπτουν όλο και μεγαλύτερες εκτάσεις. Η χωρική ανάπτυξη όμως δεν ακολουθεί κάποιο προδιαγεγραμμένο και συγκεκριμένο πρότυπο αλλά πραγματοποιείται με διαφορετικές μορφές κατά τη διάρκεια των ετών. Ως παράδειγμα παρατίθεται παρακάτω το Σχήμα 1.1 το οποίο απεικονίζει τη χωρική ανάπτυξη σε πόλεις της Ευρώπης, της Ασίας και της Αμερικής κατά τη δεκαετία του 1990.



Σχήμα 1.1: Χωρική ανάπτυξη τη δεκαετία του 1990 (Angeletal, 2005)

Τα παραπάνω καθιστούν επιβεβλημένη τη διαχείριση του φαινομένου ώστε τα επόμενα χρόνια να προβλεφθεί η άναρχη αστική διάχυση η οποία θα οδηγήσει σε καταστροφικά για το περιβάλλον αποτελέσματα. Η μελέτη της αστικής διάχυσης, επιβάλλει λοιπόν τη χρήση κατάλληλων εργαλείων για το σκοπό αυτό. Τα σχετικά εργαλεία παρουσιάζουν μεγάλη βελτίωση τα τελευταία χρόνια, εξέλιξη η οποία οφείλεται στα αναβαθμισμένα υπολογιστικά συστήματα που έχουν στη διάθεση τους οι ερευνητές και οι μηχανικοί. Τα διάφορα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί παρέχουν τη δυνατότητα αναπαράστασης και προσομοίωσης της πολυπλοκότητας του φαινομένου υπό το πρίσμα της δυναμικής του εξέλιξης. Επιπροθέτως τα μοντέλα αυτά μας επιτρέπουν να αντιληφθούμε την εξέλιξη της αστικής ανάπτυξης στο χώρο συναρτήσει του χρόνου.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του φαινομένου της αστικής διάχυσης και των επιπτώσεων του στην εξέλιξη και στην επέκταση των αστικών περιοχών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα προσομοίωσης και μοντελοποίησης χωρικών ζητημάτων, η GAMA-Platform. Η GAMA με τα εργαλεία που διαθέτει προσφέρει τη δυνατότητα σε ερευνητές, οι οποίοι κατά βάση δεν είναι προγραμματιστές, ανάπτυξης εξαιρετικά σύνθετων μοντέλων. Ειδικότερα, παρέχει μια πλήρη γλώσσα μοντελοποίησης (GAML: GAMA Modeling Language) και ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης που επιτρέπει στους κατασκευαστές μοντέλων να κατασκευάζουν γρήγορα και εύκολα τα μοντέλα τους. Πράγματι, η γλώσσα GAML είναι τόσο απλή στη χρήση όσο και στην κατανόηση και δεν απαιτεί δεξιότητες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου.

Επιχειρήθηκε λοιπόν η μοντελοποίηση του φαινομένου της αστικής διάχυσης αλλά και η εξαγωγή προβλέψεων λαμβάνοντας υπόψιν τη χωροχρονική δομή του φαινομένου. Ως περίπτωση μελέτης επιλέχθηκε το ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα του Νομού Αττικής. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τα οποία αφορούν το δομημένο περιβάλλον για την περίοδο από το 2005-2015. Πιο συγκεκριμένα η οπτική από την οποία εξετάστηκε η εξέλιξη του φαινούμενου κατά την εικοσαετία αυτή είναι της αλλαγής των χρήσεων γης που πραγματοποιήθηκε την περίοδο αυτή στην περιοχή μελέτης.

Η επιλογή της περιοχής πραγματοποιήθηκε αφενός γιατί ο Νομός Αττικής είναι ο μεγαλύτερος Νομός της χώρας, στον οποίο ανήκει και η πρωτεύουσα, επομένως παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφετέρου γιατί τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονη αστική διάχυση στην ευρύτερη περιοχή, ένα φαινόμενο το οποίο σύμφωνα με εκτιμήσεις θα συνεχίσει να εξελίσσεται και στην περίοδο της κρίσης παρά τις δυσμενείς οικονομικές συνθήκες που επικρατούν στη χώρα.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας για τη μελέτη της αστικής διάχυσης στο Νομό Αττικής απαιτεί τη συλλογή πρωτογενών δεδομένων τα οποία όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αφορούν τις χρήσεις γης και τη χωροθέτηση τους στο ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα.

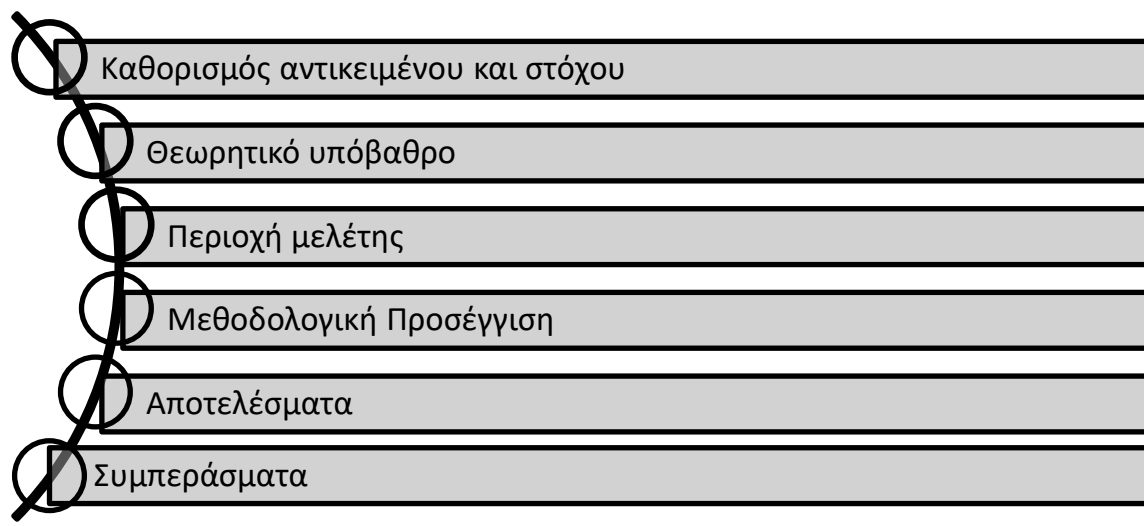
1.2 Δομή εργασίας

Η διπλωματική εργασία διαρθρώθηκε σε έξι κεφάλαια. Στο παρόν πρώτο κεφάλαιο γίνεται η εισαγωγή στο υπό μελέτη πρόβλημα, παρέχεται το πλαίσιο μελέτης, το αντικείμενο και ο στόχος της εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται μέσω βιβλιογραφικής έρευνας το φαινόμενο της αστικής διάχυσης καθώς και τα μοντέλα που έχουν προταθεί ή εφαρμόζονται ήδη για τη μελέτη αυτού. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μία ανασκόπηση των αστικών μοντέλων καθώς και των σημαντικών κατηγοριών τους αναδεικνύοντας το ρόλο που αυτά κατέχουν στη μελέτη ανάπτυξης των πόλεων.

Το κεφάλαιο 4 εστιάζει στην περιοχή μελέτης, δηλαδή στο πολεοδομικό συγκρότημα του Νομού Αττικής μέσα από μια αστική ιστορική αναδρομή. Κεντρικό σημείο του κεφαλαίου αποτελεί η διερεύνηση των συνθηκών που συνέβαλαν στην αστική ανάπτυξη της περιοχής. Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 5, παρατίθεται η μεθοδολογία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων προκειμένου αυτά να χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο αστικής ανάπτυξης της GAMA-Platform καθώς επίσης και τα αποτελέσματα της εφαρμογής.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τη μελέτη της αστικής διάχυσης, καθώς και οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα που δύνανται να χρησιμοποιηθούν σε παρόμοιες ερευνητικές μελέτες.

Η δομή που ακολουθεί η εργασία παρατίθεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα:



Σχήμα 1.2: Διάρθρωση εργασίας

2. ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ

2.1 Ορισμός

2.1.1 Γενικά

Η "αστική διάχυση" ("urban sprawl"), είναι ένας όρος ο οποίος χρησιμοποιείται ευρέως για να περιγράψει πολλά φαινόμενα που συνδέονται με την ανάπτυξη των πόλεων, τις μορφές αστικοποίησης και τις διαδικασίες αστικών μεταβολών. Ερευνητές διαφορετικών ειδικοτήτων όπως, αρχιτέκτονες - πολεοδόμοι, οικονομολόγοι, κοινωνιολόγοι, γεωγράφοι, επιδεικνύουν μεγάλο ενδιαφέρον για το φαινόμενο. Παρόλο που η διάχυση είναι ένα αστικό φαινόμενο το οποίο γίνεται πολύ εύκολα αντιληπτό με όρους οπτικούς ο θεωρητικός ορισμός του παρουσιάζει μια μεγαλύτερη δυσκολία. Συναντάται μια εκτενής βιβλιογραφία προερχόμενη κυρίως από τις βορειοαμερικάνικες και αγγλοσαξονικές χώρες η οποία εμπλουτίζεται συνεχώς καθώς η συζήτηση γύρω από την εξέλιξη του φαινομένου συνεχίζεται, βρίσκοντας παρόλα αυτά την επιστημονική κοινότητα αδύναμη στο να καταλήξει σε ένα κοινό πλαίσιο ερμηνείας και αντιμετώπισης των συνεπειών του φαινομένου.

Ο όρος "διάχυση" χρησιμοποιείται για να περιγράψει το αστικό περιβάλλον από τα μέσα του 20ου αιώνα. Η πρώτη χρήση του όρου εντοπίζεται το 1937 και αποδίδεται στον Earle Draper, ο οποίος χρησιμοποίησε τον όρο στο πλαίσιο ενός εθνικού συνεδρίου πολεοδόμων στο Τενεσί, για να αναφερθεί σε μια μορφή εγκατάστασης οικονομικά ασύμφορη και χωρίς αισθητική (Franz et al, 2006). Ο κοινωνιολόγος William H. Whyte προσδιόρισε πρώτος τη διάχυση ως "αστική" στο ομότιτλο άρθρο του που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Fortune* το 1958, συσχετίζοντας την με την αστική ανάπτυξη. Αναφερόμενος στην πρόοδο και στην ανάπτυξη των πόλεων στην Αμερική, όπου η πράσινη ύπαιθρος μετατρέπεται σε τεράστιες εκτάσεις γεμάτες με αιθαλομίχλη που δεν είναι ούτε πόλη ούτε προάστια, λέει χαρακτηριστικά: *"Δεν μπορείς να σταματήσεις την ανάπτυξη, ισχυρίζονται, πολύ περισσότερο αυτό το είδος της ανάπτυξης και θα έχουμε το παράδοξο της ευημερίας υποβαθμίζοντας το βιοτικό μας επίπεδο"* (Whyte, 1958). Και αλλού αναφέρει: *"Το πρόβλημα είναι η μορφή της ανάπτυξης, ή καλύτερα η έλλειψη αυτής...η διάχυση είναι κακή αισθητική, είναι κακή οικονομία."* (Whyte 1958). Από τότε ο όρος χρησιμοποιήθηκε συχνά από τους πολεοδόμους για να περιγράψει την αστική ανάπτυξη που έχει ανεπιθύμητες συνέπειες και τις περισσότερες φορές και μη ελεγχόμενες.

Επιχειρώντας μια κατάταξη των ορισμών για τη διάχυση, τέσσερις είναι οι κύριες κατηγορίες στις οποίες στηρίζονται α) στην πυκνότητα β) στις χρήσεις γης γ) στη χωρική μορφή και δ) στις επιδράσεις, κάθε μια ορίζεται από επιμέρους ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Παρόλα αυτά δεν συναντάτε ένας ορισμός ο οποίος να συγκροτείται αμιγώς με χαρακτηριστικά μιας κατηγορίας αλλά συνδυάζουν ιδιότητες που εντάσσονται σε περισσότερες από μια κατηγορίες. Η συχνότητα εμφάνισης των ιδιοτήτων ποικίλει και επιπλέον διαφοροποιείται και η σκοπιά προσέγγισης αυτών. Άλλες φορές πρόκειται για ποιοτική και άλλες φορές για ποσοτική προσέγγιση. Έτσι, οι ορισμοί της διάχυσης διακρίνονται σε ποιοτικούς και ποσοτικούς, αλλά μπορεί να βασίζονται και σε συνδυασμό των

ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων, καθεμία από τις οποίες μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα κριτήρια, ισοβαρή ή μη. Επιπλέον, με βάση τις ειδικότερες ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά, και κυρίως τον τρόπο μέτρησής τους, διακρίνονται σε αυτούς που αναγνωρίζουν τη διάχυση ως δυναμικό φαινόμενο και σε αυτούς που την εκλαμβάνουν ως στατική κατάσταση.

2.1.2 Πυκνότητα

Η πυκνότητα αποτελεί το πιο κοινό κύριο χαρακτηριστικό για την αναγνώριση και μέτρηση της αστικής διάχυσης (Glaeser and Kahn 2003, Fulton κ.ά. 2001, Galster κ.ά. 2001, SierraClub 1998, Ewing 1997, κ.λπ.). Η πυκνότητα είναι η αναπαράσταση της αναλογίας μια συγκεκριμένης αστικής δραστηριότητας προς την επιφάνεια γης στην οποία λαμβάνει χώρα. Η τιμή της εξαρτάται αφενός από τις μεταβλητές που έχουν επιλεγεί ως έκφραση της αστικής δραστηριότητας και αφετέρου από τον προσδιορισμό της επιφάνειας της γης που καταναλώνεται για αστικοποίηση (Churchman, 1999). Η αστική δραστηριότητα υπολογίζεται συνήθως με βάση τον αριθμό των κατοίκων, των θέσεων εργασίας, των νοικοκυριών ή των κατοικιών (Razin και Rosentraub, 2000, Galster et al. 2001). Οι προσεγγίσεις που αφορούν την επιφάνεια γης προς αστικοποίηση διαφέρουν καθώς άλλες λαμβάνουν υπόψιν όλες τις χρήσεις οικιστικές, εμπορικές, κοινωφελείς χώροι, δρόμοι, αναξιοποίητες εκτάσεις, ενώ άλλες βασίζονται μόνο στην έκταση της δομημένης επιφάνειας (Angel et al., 2005). Με όρους πυκνότητας, διάχυση συμβαίνει όταν μειώνεται η τιμή της, (δυναμική διάσταση της πυκνότητας) ή όταν εμφανίζει χαμηλή σχετικά τιμή (στατική διάσταση).

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΕΑ, 1995) στη μελέτη για την αστική διάχυση στην Ευρώπη την προσδιορίζει ως "τη φυσική μορφή χαμηλής πυκνότητας επέκτασης μεγάλων αστικών περιοχών υπό την πίεση των συνθηκών της αγοράς κυρίως στις περιβάλλουσες αγροτικές περιοχές (ΕΕΑ, 2006). Τη συσχετίζει ακόμα με τον ελλιπή έλεγχο στο διαχωρισμό της γης: "...Η ανάπτυξη είναι ανομοιόμορφη, εγκατεσπαρμένη με τάση για ασυνέχεια...Οι διάχυτες πόλεις είναι το αντίθετο των συμπαγών πόλεων, γεμάτες με άδειους χώρους που δείχνουν την ανικανότητα στην ανάπτυξη και τις συνέπειες της ανεξέλεγκτης ανάπτυξης" (ΕΕΑ, 2006). Αλλά και με την πληθυσμιακή ανάπτυξη "η διάχυση συμβαίνει όταν ο ρυθμός μετατροπής των χρήσεων γης και κατανάλωσης τους για αστικές χρήσεις υπερβαίνει το ρυθμό πληθυσμιακής ανάπτυξης για μια συγκεκριμένη περιοχή μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο" (ΕΕΑ, 2006).

Αντίστοιχη είναι η προσέγγιση της Pumain (2004), η οποία σημειώνει ότι "η χωρική επέκταση των πόλεων είναι πιο γρήγορη από την πληθυσμιακή τους αύξηση" και αποδίδει την αστική διάχυση στη μείωση της πυκνότητας του πληθυσμού στις αστικοποιημένες ζώνες της πόλης. Ο Anas (2006) διαχωρίζει την αστική διάχυση σε α) γεωγραφική, την οποία προσδιορίζει ως την ανισορροπία ανάμεσα στην πληθυσμιακή αύξηση και την αστική ανάπτυξη, η οποία αναφέρεται στη συνολική αναπτυγμένη επιφάνεια γης και β) οικονομική, την οποία συνδέει με το συνολικό ημερήσιο χρόνο μετακίνησης ανά άτομο.

2.1.3 Χρήσεις γης

Η επικρατέστερη προσέγγιση του όρου σχετίζεται με την άναρχη εξάπλωση ή επέκταση των περιοχών. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Υπουργών για τον Χωρικό Σχεδιασμό (CEMAT, 2006) ορίζει την αστική διάχυση ως *"την ασχεδίαστη και ανεξέλεγκτη αστική ανάπτυξη σε περιοχές γειτονικές των παρυφών της πόλης. Ο όρος χρησιμοποιείται ακόμη για να υποδείξει την εκτατική, ταχεία και ορισμένες φορές αδιάφορη για τις συνέπειες ανάπτυξη μιας μητροπολιτικής περιοχής σε μια μεγαλύτερη έκταση. Η διάχυση χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες χρήσεις γης (όπως μονολειτουργικές περιοχές, κοινότητες που εξαρτώνται από την ιδιωτική μετακίνηση, χαμηλής πυκνότητας χρήσεις γης αλλά μεγαλύτερης κλίμακας υποδομών/εγκαταστάσεων από παλιότερες διαμορφωμένες περιοχές) και έλλειψη ποικιλομορφίας στο σχεδιασμό, δημιουργώντας ορισμένες φορές την αίσθηση ενός ομοιόμορφου αστικού περιβάλλοντος"*.

Ο ορισμός που άσκειται τη μεγαλύτερη επιρροή τόσο στις ποιοτικές όσο και στις ποσοτικές προσεγγίσεις του φαινομένου είναι αυτός του Ewing ο οποίος διατυπώθηκε το 1997. Σύμφωνα με τον Ewing (1997) το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της αστικής διάχυσης είναι η μειωμένη προσβασιμότητα η οποία οφείλεται στο διαχωρισμό των χρήσεων γης και στην απόσταση κατοικίας-απασχόλησης και κατοικίας-εξωτερικών δραστηριοτήτων.

Άρα, ένα ακόμη στοιχείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατηγοριοποίηση της διάχυσης είναι η μορφή των χρήσεων γης.

Από τις πρώτες χρήσεις που επικράτησαν στις διάχυτες περιοχές ήταν αυτή της κατοικίας. Αργότερα κάνουν την εμφάνισή τους και άλλες χρήσεις γης όπως η βιομηχανία και το εμπόριο. Οι χρήσεις αυτές καταλαμβάνουν αρκετά μεγαλύτερη επιφάνεια, σε σχέση με τα αστικά κέντρα, και χωροθετούνται, σε μικρή απόσταση από τους μεγάλους μεταφορικούς άξονες. Το εμπόριο συγκεντρώνεται σε μεγάλους ενιαίους χώρους, γνωστούς πλέον ως εμπορικά κέντρα (malls). Τα κέντρα αυτά άρχισαν να αναπτύσσονται από την δεκαετία του 1920 και η εμφάνισή τους οφείλεται στην έξοδο προς τα προάστια που παρατηρήθηκε αρχικά στον δυτικό κόσμο και ιδιαίτερα στις ΗΠΑ. Χωροθετούνται κοντά σε οδικό δίκτυο και κόμβους των μεταφορικών αξόνων, προκειμένου να είναι εύκολη και γρήγορη η πρόσβαση σε αυτά (Ghent Urban Studies Team, 1999).

Επίσης, η συνεχόμενη εξάπλωση, του οδικού δικτύου, προς όλες τις κατευθύνσεις, καθώς επίσης και η απουσία δημοσίων χώρων, αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου φαινομένου. Η εξέλιξη της οικονομίας και η εμφάνιση των υπηρεσιών οδήγησαν στην δημιουργία των χώρων γραφείων. Μεγάλα συγκροτήματα γραφείων χωροθετούνται στο διάχυτο αστικό τοπίο. Μάλιστα, «σε αυτά τα συγκροτήματα παρατηρούνται και άλλες χρήσεις, όπως εμπορικά καταστήματα, εστιατόρια, και χώροι ψυχαγωγίας, με σκοπό να κάνουν πιο ενδιαφέρον το περιβάλλον των εργαζομένων και ώστε οι ίδιοι να είναι πιο παραγωγικοί» (Ghent Urban Studies Team, 1999).

Οι μεγάλες ανεκμετάλλευτες εκτάσεις και η χαμηλή αξία γης συνδυαζόμενες με τον αυξανόμενο πληθυσμό των αστικών κέντρων δημιουργούν τις συνθήκες ώστε η περιαστική ζώνη των πόλεων να αρχίσει να προσελκύει μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού. Αποτέλεσμα της μετακίνησης αυτής είναι η αναγκαιότητα που προκύπτει για την χωροθέτηση επιπλέον χρήσεων οι οποίες θα εξυπηρετούν τους νέους κατοίκους των περιοχών αυτών. Τέτοιες χρήσεις είναι σχολεία και άλλες δημόσιες υποδομές. Πρέπει να σημειωθεί πως όλες αυτές οι χρήσεις χωροθετούνται σε αποστάσεις που αφορούν πάντα τις δυνατότητες του αυτοκινήτου και όχι του πεζού (Ghent Urban Studies Team, 1999).

Σταδιακά λοιπόν στις διάχυτες περιοχές εντοπίζονται το σύνολο των χρήσεων που συναντάμε και στα κέντρα των πόλεων με τη διαφορά ότι τοποθετούνται αλλιώς στο χώρο από ότι στην πόλη, έχοντας ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό ορισμών του φαινομένου.

2.1.4 Χωρική μορφή

Ένα άλλο χαρακτηριστικό πάνω στο οποίο συγκροτούνται διαφορετικές προσεγγίσεις για το φαινόμενο της αστικής διάχυσης είναι με βάση τη χωρική της μορφή. Αυτές διακρίνονται σε δυο ειδικότερες κατηγορίες που βασίζονται στα *γεωμετρικά χαρακτηριστικά* της αστικής ανάπτυξης και στην *αισθητική*.

Οι Gordon και Richardson (1997) περιγράφουν την αστική διάχυση ως "χωρίς αισθητική, χαλαρή και απείθαρχη έκφραση της αστικοποίησης" ή ως "τοπίο του λιανικού εμπορίου" (retailscape). Η προσέγγιση αυτή εντάσσεται ταυτόχρονα στις προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν αισθητικά και υποκειμενικά κριτήρια για να ορίσουν τη διάχυση, περιγράφοντάς την ως μια άσχημη μορφή ανάπτυξης (Whyte 1958, Peiser 2001, Calthorpe et al. 2001, Duany et al. 2000) ενώ οι Torrens και Alberti (2000) επιχείρησαν την κατασκευή δείκτη μέτρησης της αισθητικής.

Επίσης, στη γενική κατηγορία προσδιορισμού της διάχυσης με βάση τη χωρική μορφή εντάσσονται και οι προσεγγίσεις που ορίζουν τη διάχυση με βάση ένα παράδειγμα. Συνηθέστερα η πόλη του Λος Άντζελες θεωρείται το αρχέτυπο της διάχυσης καθώς πρόκειται για μια διάσπαρτη, χαμηλής πυκνότητας, αστική περιοχή που εκτείνεται σε μεγάλη έκταση. Ο Robert Geddes (1997) την αποκαλεί "τεμαχισμένη, ατελή, ad hoc και χωρίς κέντρο" (Galster et al. , 2001).

2.1.5 Επιπτώσεις στον εξωαστικό χώρο

Ένας σημαντικός αριθμός προσεγγίσεων προσδιορίζει την αστική διάχυση με βάση τις επιπτώσεις της, οι οποίες περιγράφονται ειδικότερα α) από την προσβασιμότητα και β) τις περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Ιδιαίτερα η μειωμένη προσβασιμότητα αποτελεί έναν αρκετά κοινό δείκτη αναγνώρισης της διάχυσης (Galster et al. 2001, Ewing et al. 2002, Burchell et al. 1998, Torrens και Alberti 2000, Sierra Club 1998, Anas και Rhee 2006, Torrens 2008, Hess et al. 2001). Διατυπώθηκε αρχικά από τον Ewing (1997) και προσδιορίστηκε κυρίως με βάση το μέσο μήκος μετακίνησης και τη μέση χρονοαπόσταση που απαιτείται για την πρόσβαση σε συγκεκριμένες δραστηριότητες, συνηθέστερα την απασχόληση. Ο Johnson (2001) προσδιορίζει τη διάχυση με βάση τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει η αστική ανάπτυξη. Οι οικονομολόγοι χρησιμοποιούν το οικονομικό και κοινωνικό κόστος για να αναγνωρίσουν το φαινόμενο της διάχυσης. Οι Gordon and Richardson (1997β), Mills (1999) και Brueckner (2000) συνδέουν την αστική διάχυση με την εμφάνιση "υπερβολικής" προαστιοποίησης σε μια περιοχή. Η προαστιοποίηση και γενικότερα η αποκέντρωση των λειτουργιών θεωρείται υπερβολική, και κατ' επέκταση αποτιμάται αρνητικά, μόνο στην περίπτωση που επιβάλλει στο κοινωνικό σύνολο δαπάνες μεγαλύτερες από αυτές που θα υπήρχαν αν η αστική ανάπτυξη παρέμενε στην κεντρική περιοχή ή είχε περισσότερο συμπαγή μορφή (Wassmer και Edwards, 2005). Τέλος οι Camagni et al. (2000) συσχετίζουν τις διαφορετικές μορφές αστικής εξάπλωσης (πλήρωση, επέκταση, γραμμική ανάπτυξη, διασπορά, μεγάλης κλίμακας έργα) με τις περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο καταλήγοντας ότι οι χωρικές μορφές της αστικής διάχυσης αυξάνουν τα κοινωνικοπεριβαλλοντικά κόστη και ιδιαίτερα την κινητικότητα.

Ωστόσο, οι προσεγγίσεις που στηρίζονται στις επιπτώσεις παρουσιάζουν τις εξής αμηχανίες - προβλήματα. Πρώτον, ορίζουν τη διάχυση μέσω ενός άλλου εξωτερικού παράγοντα ο οποίος είναι δύσκολο να οριστεί. Δεύτερον, προϋποθέτουν ότι υπάρχουν αρνητικές συνέπειες από τη διάχυση, με αποτέλεσμα οποιαδήποτε ανάπτυξη με αρνητικές συνέπειες να κινδυνεύει να χαρακτηριστεί ως αστική διάχυση.

Συνοψίζοντας, είναι φανερό πως η αστική διάχυση και η προσπάθεια ορισμού της αποτελεί ένα πολυδιάστατο φαινόμενο τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Ωστόσο είναι χαρακτηριστική η σαφώς ποιοτική προσέγγιση αναγνώρισης της διάχυσης του Peiser (2001): "Ο όρος χρησιμοποιείται ποικιλοτρόπως για να σηματοδοτήσει την αλόγιστη χρήση της γης, την αδιάκοπη και μονότονη ανάπτυξη, την ασυνεχή ανάπτυξη και τη μη αποτελεσματική χρήση της γης", η οποία περιλαμβάνει τη διάσταση της πυκνότητας, της χωρικής μορφής αλλά και των επιπτώσεων της διάχυσης όπως αναφέρθηκαν παραπάνω.

2.2 Ιστορική εξέλιξη του φαινομένου της αστικής διάχυσης

2.2.1 Πρώτα δείγματα εμφάνισης του φαινομένου

Η αστική διάχυση, σύμφωνα με τον Bruegmann (στο βιβλίο του: "Αστική διάχυση, μια συμπαγής ιστορία", 2005), είναι χαρακτηριστικό των πόλεων από την απαρχή της ύπαρξής τους. Από την αρχαία Ρώμη ακόμη παρατηρείται κάποια μορφή διάχυσης καθώς οι πλούσιοι Ρωμαίοι συνήθιζαν να κινούνται εκτός των τειχών όπου διατηρούσαν μεγαλοπρεπείς κατοικίες κοντά στη θάλασσα ή στους λόφους στα ανατολικά της Ρώμης.

Ιστορικά η αστική αποκέντρωση μέσω της εγκατάστασης στα προάστια, έχει συνδεθεί με τα ανώτερα οικονομικά στρώματα κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και στο Λονδίνο του 17ου και 18ου αιώνα (Bruegmann, 2005). Την περίοδο εκείνη το Λονδίνο αποτελεί την ισχυρότερη οικονομικά πόλη του κόσμου. Το γεγονός αυτό καθιστά πόλο έλξης το Λονδίνο, για τους κατοίκους της επαρχίας οι οποίοι αναζητούν εργασία στην πρωτεύουσα. Η εισροή αυτή πληθυσμού αρχίζει να δημιουργεί ένα κορεσμένο αστικό περιβάλλον το οποίο "διώχνει" τους πιο ευκατάστατους κατοίκους οι οποίοι εγκαθίστανται στα προάστια της πρωτεύουσας αλλά και στην οικιστική εγκατάσταση που έχει δημιουργηθεί και πέρα των προαστίων. Καθοριστικό ρόλο στις διαδικασίες προαστικοποίησης του Λονδίνου έπαιξε το ικανοποιητικό μεταφορικό σύστημα που είχε αναπτυχθεί. Συνεπώς συμπεραίνουμε ότι η οικονομική ανάπτυξη σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των μεταφορών συνέβαλλε στην εξέλιξη του φαινομένου της αστικής διάχυσης.

Κατά το δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα που αποτελεί και την κορύφωση της περιόδου που είναι γνωστή ως Βιομηχανική Επανάσταση, αντίστοιχα φαινόμενα παρατηρούνται και στις υπόλοιπες αναπτυγμένες δυτικές πόλεις. Νέες πόλεις αρχίζουν να ξεπηδούν κοντά σε βιομηχανικές περιοχές και συγκοινωνιακούς κόμβους. Συγχρόνως, η εξάπλωση των δικτύων μέσω μαζικής μεταφοράς σε συνδυασμό με την οικονομική ευημερία της εποχής, βοηθούσαν την μετοίκηση από το κέντρο στα προάστια των πόλεων, με αποτέλεσμα όλο και περισσότεροι κάτοικοι των μεσαίων και ανώτερων στρωμάτων να απομακρύνονται από την πίεση του κέντρου, δημιουργώντας οργανωμένα οικιστικά σύνολα σε ένα πιο άνετο περιβάλλον (Rodger, 1995). Έτσι λοιπόν, το φαινόμενο της αποκέντρωσης αποτέλεσε κοινό μοντέλο χωρικής ανάπτυξης για τις μεγαλουπόλεις του ανεπτυγμένου κόσμου εκείνης της χρονικής περιόδου (Γεμεντζή Γ., 2011) (Λάμπρου Α, Κανδής Ν., 2012).

Στις πόλεις των ΗΠΑ φαινόμενα διάχυσης άρχισαν να κάνουν την εμφάνιση τους στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και εξελίχθηκαν με πολύ ταχύτερους ρυθμούς από ότι στην Ευρώπη. Το εργατικό δυναμικό έχει αποκτήσει την οικονομική δυνατότητα να εγκατασταθεί εκτός της Νέας Υόρκης και οι φθηνές δημόσιες συγκοινωνίες συμβάλλουν ακόμη περισσότερο προς αυτή την κατεύθυνση. Παράλληλα το κέντρο της πόλης αρχίζει να παρουσιάζει κορεσμένο δομημένο περιβάλλον και δεν προσφέρει πολλές ευκαιρίες στο αναδυόμενο κατασκευαστικό κεφάλαιο, σε αντίθεση με τα προάστια. Η αφήγηση για το Αμερικάνικο όνειρο που μπορεί να αποδοθεί σχηματικά στην απόκτηση δύο παιδιών, διαμονή σε ένα

προαστιακό σπίτι με οικονομική ασφάλεια και γκαράζ 2 αυτοκινήτων χρησιμοποιείται ως διαφήμιση από το κατασκευαστικό κεφάλαιο για την προσέλκυση ακόμη μεγαλύτερου κομματιού του πληθυσμού εκτός των ορίων της πόλης. Η πρώτη χρήση λοιπόν που χωροθετήθηκε στα προάστια ήταν αυτή της κατοικίας. Μετά από μερικές δεκαετίες, όταν άρχισαν να μειώνονται εντυπωσιακά οι πυκνότητες στο κέντρο, οι επιχειρήσεις, τα εργοστάσια και το λιανεμπόριο, άρχισαν και αυτά να μεταφέρονται ως χρήσεις εκτός πόλης (Γεωργακόπουλος Ν., 2008).

2.2.2 Αστική διάχυση κατά τον Μεσοπόλεμο

Κατά την περίοδο του μεσοπολέμου έχουν δημιουργηθεί πλέον οι συνθήκες ώστε μεγάλο κομμάτι της μικρομεσαίας τάξης του Λονδίνου να έχει τη δυνατότητα να αποκτήσει μια μονοκατοικία ή διπλοκατοικία στην περιφέρεια. Η περίοδος της βιομηχανικής επανάστασης έχει εγγράψει τα αποτελέσματα της και στο χώρο. Η μετακίνηση των βιομηχανικών μονάδων από το κορεμένο κέντρο στα προάστια προκαλεί και τη μετακίνηση πληθυσμού προς αυτά. Αυτή η μαζική μετακίνηση οδήγησε σε μια καθαρή έκρηξη εκμετάλλευσης της γης για αστικές χρήσεις. Ενώ ο πληθυσμός στην αστικοποιημένη περιοχή του Λονδίνου αυξήθηκε κατά περίπου δέκα τοις εκατό (10%) μεταξύ 1921 και 1932 (από περίπου 7,3 εκατομμύρια στα 8,1 εκατομμύρια), η περιοχή που καταλήφθηκε από τις αστικές χρήσεις αυξήθηκε σχεδόν κατά διακόσια τοις εκατό (200%). Οι μισές από τις συχνές μετακινήσεις (commuter) γίνονταν από προάστιο σε προάστιο παρά από τα προάστια προς το κέντρο (Bruegmann, 2005) (Γεωργακόπουλος Ν., 2008).

Παρόμοιες εξελίξεις εμφανίστηκαν σε άλλες εύπορες ευρωπαϊκές πόλεις όπως στο Αμβούργο και τη Στοκχόλμη. Η αστική διάχυση ήταν επίσης ορατή στις νότιες ευρωπαϊκές πόλεις, αλλά συνήθως σε πολύ μικρότερη έκταση, επειδή αυτές οι πόλεις ήταν λιγότερο ανεπτυγμένες οικονομικά, επομένως και οι κάτοικοι τους ήταν λιγότερο εύποροι και το μέγεθος της μεσαίας τάξης σχετικά μικρό. Έτσι, τα φτωχότερα στρώματα συγκεντρώθηκαν στα παλαιότερα και πυκνότερα μέρη του κέντρου και των εσωτερικών προαστίων, γιατί δεν άντεχαν οικονομικά να ακολουθήσουν τις μεσοαστικές μάζες στη μετακίνηση τους προς την περιφέρεια (Ντριάνκος Ι., 2015)

Στις ΗΠΑ, τη δεκαετία του '20, η ραγδαία ανάπτυξη του τριτογενούς τομέα στα κέντρα των πόλεων και η ευρεία χρήση Ι.Χ αποτελούν κάποιες από τις αιτίες για τη μετακίνηση μεγάλου κομματιού του πληθυσμού προς τα προάστια.

Επιπλέον τα στεγαστικά δάνεια που δίνονται από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα με μεγάλη ευκολία προσφέρουν τη δυνατότητα σε όλο και περισσότερους εργαζόμενους να αποκτήσουν ένα σπίτι στα προάστια. Το πιο εντυπωσιακό παράδειγμα αστικών επεκτάσεων μπορεί να βρεθεί στις πόλεις της δυτικής ακτής των ΗΠΑ. Στην περιοχή του Λος Άντζελες (Εικόνα 2.1), πάρα πολλές οικογένειες ζούσαν σε μονοκατοικίες και κατείχαν Ι.Χ. αυτοκίνητο ήδη από τη δεκαετία του '20. Πολλά τέτοια αστικά

χαρακτηριστικά καταγράφηκαν ως τυπικά αμερικανικά του μεσοπολέμου όπως, υψηλό ποσοστό ιδιοκατοίκησης και ιδιοκτησίας αυτοκινήτου.



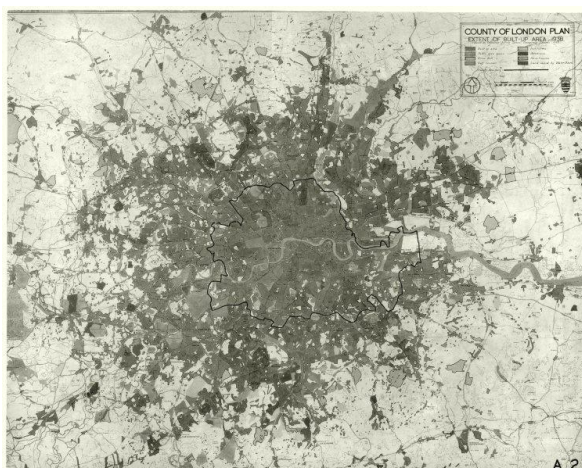
Εικόνα 2.1: Λος Αντζελες, '20

2.2.3 Αστική διάχυση μεταπολεμικά

Τα αποτελέσματα που επέφερε ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος και στο επίπεδο του χώρου διαφοροποίησαν σε μεγάλο βαθμό τις αστικές διεργασίες που έλαβαν χώρα σε Ευρώπη και Αμερική.

Η Ευρώπη είχε να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της αναδιαμόρφωσης των πόλεων ενώ αντίθετα στις ΗΠΑ η μεταπολεμική περίοδος χαρακτηρίστηκε από πληθυσμική αύξηση και οικονομική σταθερότητα.

Στο μεταξύ, η μεταπολεμική περίοδος στις Ηνωμένες Πολιτείες χαρακτηρίστηκε από πληθυσμιακή αύξηση και οικονομική ευημερία. Μέσα χρονικό διάστημα είκοσι ετών περίπου, ο αμερικανικός πληθυσμός αυξήθηκε κατά πενήντα εκατομμύρια από εκατό πενήντα εκατομμύρια το 1950 σε διακόσια εκατομμύρια το 1968 (www.census.gov, Bruegmann 2005). Η ασυνήθιστη για την εποχή οικονομική ευημερία, έδωσε τη δυνατότητα στους κατοίκους να αναζητούν πιο εύκολα την κατάκτηση νέων ζωτικών χώρων για προσωπική τους εκμετάλλευση. Αυτό έφερε ως αποτέλεσμα τη πτώση των αστικών πυκνοτήτων που πυρήνες των πόλεων και παράλληλα την αύξηση χαμηλών τιμών πυκνότητας στα προάστια (Bruegmann 2005) (Γεωργακόπουλος Ν., 2008).



Εικόνα 2.2: Αστική διάχυση στην πόλη του Λονδίνου 1938-1943

Κατά τον Bruegmann, το φαινόμενο της αστικής διάχυσης, έγινε περισσότερο αντιληπτό στις ΗΠΑ παρά στην Ευρώπη, εξαιτίας του συνδυασμού αύξησης του πληθυσμού σε σχέση με το μειούμενο μέγεθος των νοικοκυριών, μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα και παράλληλα της οικονομικής σταθερότητας που επικράτησε. Στην Ευρώπη ωστόσο, ο Bruegmann υποστηρίζει ότι η διαδικασία ήταν παρόμοια αλλά με μικρότερη ένταση (Bruegmann 2005).

Επιχειρώντας μια μικρή επισκόπηση όλων των παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι δύο από τις κυριότερες αιτίες της αστικής διάχυσης αποτελεί η πληθυσμιακή αύξηση και η οικονομική ανέλιξη

των κατοίκων. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί και ο ρόλος που έπαιξε στην εξέλιξη του φαινομένου η κρατική παρέμβαση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οι πολιτικές της δεκαετίας του '30 στις ΗΠΑ που προωθούσαν το «προαστιακό» αμερικάνικο όνειρο. Μέσα από χρηματοδοτήσεις, η ομοσπονδιακή κυβέρνηση, έδινε οικονομική βοήθεια σε οποιον ήθελε να αποκτήσει οικία στα προάστια, και έθετε ως όρο, την απαγόρευση επιχορηγήσεων σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές.

Στην κατεύθυνση αυτή εντάσσεται και η ενίσχυση του οδικού δικτύου με δωρεάν μετακίνηση σε εθνικές οδούς, αντί της χρήσης των δημόσιων μέσων μαζικής μεταφοράς τη δεκαετία του '50, που κλιμάκωσε την οικιστική διασπορά. Οι κρατικές παρεμβάσεις πάντα όμως συνοδεύονται και από κινήσεις του ιδιωτικού παράγοντα που εκφράστηκε από την κατασκευή. Τα μεγάλα εμπορικά κέντρα στα προάστια και οι μαζικές κατασκευές νέων οικιστικών συνόλων, ενδυνάμωσαν το φαινόμενο της αστικής διάχυσης (Γεωργακόπουλος Ν., 2008).

Στην Ευρώπη οι διαδικασίες της περιαστικοποίησης εξελίσσονται σε πολύ μικρότερο βαθμό από τις ΗΠΑ λόγω της στασιμότητας που παρουσιάζει ο αστικός πληθυσμός.

2.2.4 Αστική διάχυση από τη δεκαετία του '70 έως σήμερα

Μέχρι το τέλος του 20ου αιώνα, το φαινόμενο της αστικής διάχυσης γίνεται διακριτό στις προαστιακές περιοχές διαφορετικών πόλεων, με κοινά, ωστόσο, χαρακτηριστικά. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα αποτελούν οι περιοχές γύρω από τα αεροδρόμια, οι οποίες μετατρέπονται, με σταθερό ρυθμό, σε σημαντικά κέντρα της πόλης. Οι αυτοκινητόδρομοι, τα κτίρια γραφείων, τα βιομηχανικά πάρκα, οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης, τα εμπορικά κέντρα και οι ελεύθερες εκτάσεις "κατάλληλες" προς οικιστική εκμετάλλευση αποτελούν συχνά και κοινά "σκηνικά" τα οποία συναντώνται σε πολλές πόλεις παγκοσμίως. Συμπερασματικά, η μορφή και ο ρόλος των εξωαστικών και προαστιακών περιοχών στην αστική ανάπτυξη των ευρωπαϊκών πόλεων θυμίζει περισσότερο το είδος της αστικής ανάπτυξης που επικράτησε στη Βόρεια Αμερική (Bruegmann, 2005) (Γεμεντζή Γ., 2011).

Στον ευρωπαϊκό χώρο μια ξεχωριστή νέα φάση ξεκινάει μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και συγκεκριμένα από τη δεκαετία του 1970. Οι πόλεις σημειώνουν μεγάλη πληθυσμιακή αύξηση καθώς και αστική επέκταση εκτός των παραδοσιακών ορίων. Η χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου και η εύρεση εργασίας εκτός του κέντρου, διαμόρφωσε σε μεγάλο βαθμό, αυτή την κατάσταση. (Hall και Pfeiffer, 2000) (Γεμεντζή Γ., 2011).

Αλλαγή στο ρόλο των κέντρων των πόλεων σε σχέση με την περιφέρεια τους παρατηρείται σε πολλές πόλεις της Ευρώπης. Το ποσοστό των κατοίκων ή των θέσεων εργασίας στο σύνολο της πόλης μειώνεται συνεχώς στην κεντρική περιοχή, ενώ αυξάνεται η δυναμική των προαστιακών δακτυλίων και των εξωαστικών περιοχών (Bruegmann 2005) (Γεωργακόπουλος Ν., 2008).

Κατά τη δεκαετία του '70 εξαιτίας της παραγωγικής ανάπτυξης που σημειώθηκε, σε πολλές πόλεις της κεντρικής και δυτικής Ευρώπης οι παραδοσιακές βιομηχανίες και εμπορικές λειτουργίες της κεντρικής πόλης μεταφέρθηκαν στην άκρη της πόλης, ενώ η κεντρική πόλη και οι κοντά σε αυτήν γειτονιές υποδέχτηκαν ένα αυξανόμενο οικονομικά ισχυρό πληθυσμό για κατοίκηση και υψηλού τύπου υπηρεσίες. Η εγκατάσταση περισσότερων αστικών λειτουργιών στην ύπαιθρο μετέτρεπε όλο και περισσότερο τις αγροτικές περιοχές σε αστικό προαστιακό τοπίο. Περισσότερο επιρρεπείς εμφανίστηκαν αρχικά, η μεταποίηση και η σχετική με αυτή αποθήκευση. Η επιλογή της εγκατάστασής τους σε προαστιακές τοποθεσίες οφειλόταν στη διαθεσιμότητα μεγάλων εκτάσεων γης που ήταν κατάλληλες για επαρκή μονώροφα κτίρια παραγωγής και επιπλέον στο γεγονός ότι το ειδικευμένο εργατικό δυναμικό μετακινούνταν στα προάστια (Hall και Pfeiffer, 2000: 120) (Γεμενετζή Γ., 2011).

Σε ό,τι αφορά τις μεσογειακές ευρωπαϊκές πόλεις παρατηρείται διαφορετική προαστιακή ανάπτυξη λόγω και της διαφοράς φάσης εξέλιξης του φαινομένου σε σχέση με τις πόλεις της κεντρικής και βόρειας ευρώπης. Οι τάσεις αποσυγκέντρωσης έκαναν έντονα την εμφάνιση τους κατά τη δεκαετία του '90 και η άτακτη και ανεξέλεγκτη εξάπλωση των μεσογειακών πόλεων προς την περιφέρεια ήταν πλέον συγκρίσιμες με τις περιφέρειες των αμερικανικών (Bruegmann 2005).

Όπως αναφέρει η Λεοντίδου (1990), οι μεσογειακές χώρες της Ευρώπης, παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά αστικής ανάπτυξης από τις υπόλοιπες χώρες της κεντρικής και δυτικής Ευρώπης (Γεμενετζή Γ., 2011). Η βασική διαφορά είναι ότι η αστικοποίηση προηγήθηκε της βιομηχανοποίησης και ήταν το αποτέλεσμα της λαϊκής ιδιωτικής πρωτοβουλίας. Οι μεγάλες πόλεις χαρακτηρίζονται μέχρι και τη δεκαετία του 1970 από το στάδιο της αστικοποίησης και πιο πρόσφατα μετά το 1980, παρατηρούνται τάσεις μερικής προαστιοποίησης ή διάχυτης αστικοποίησης. Στην Ελλάδα, την Πορτογαλία, τη Νότια Ιταλία και αρκετές περιοχές της Ισπανίας, η έντονη μεταπολεμική αστικοποίηση πραγματοποιήθηκε εξαιτίας της αποδιάρθρωσης της αγροτικής οικονομίας μετά τις πολεμικές και εμφύλιες συγκρούσεις. Τέτοιου είδους γεγονότα, οδήγησαν μεγάλους αριθμούς πληθυσμών σε παραγωγική ηλικία να εγκαταλείψουν τους τόπους τους στην ύπαιθρο και να συγκεντρωθούν στις μεγαλύτερες πόλεις (Γεμενετζή Γ., 2011).

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι οι πρώτοι οικιστικοί πυρήνες προαστιοποίησης είναι αποτέλεσμα της κίνησης κύριως των λαϊκών στρωμάτων και αποτελούν το πρώτο στάδιο αστικής εξάπλωσης αλλά και το πρώτο δείγμα της εμφάνισης της αστικής διάχυσης. Η μορφή της "προαστιοποίησης" είναι διαφορετική στη μεσογειακή Ευρώπη, καθώς αφορά κοντινές περιοχές και επεκτάσεις της πόλης που είναι περισσότερο συμπαγείς ως προς την αστική τους μορφή. Πρόκειται για προαστιοποίηση που σχετίζεται, τουλάχιστον μέχρι και τη δεκαετία του '70, με την κερδοσκοπία και την παρατυπία. Κύριο χαρακτηριστικό των μεσογειακών πόλεων, είναι η γρήγορη και χωρίς σχεδιασμό αστική επέκταση, η οποία, γίνεται σχεδόν ομοιόμορφα, σε ομόκεντρους δακτυλίου. Συνεπώς, οι μεσογειακές πόλεις χαρακτηρίζονται από έλλειψη αστικού σχεδιασμού ο οποίος εξυπηρετεί τις επεκτάσεις των πόλεων, οι οποίες πραγματοποιούνται όπως αναφέρει η Λεοντίδου "σχεδόν ομοιόμορφα σε ομόκεντρους δακτυλίου" (Λεοντίδου 1990) (Γεμενετζή Γ., 2011).

Ωστόσο, η απώλεια θέσεων εργασίας και πληθυσμού από τα κέντρα αποτέλεσαν μια ευκαιρία για νέες εξελίξεις. Αφού όλο και περισσότερες επιχειρήσεις και άνθρωποι κινούνται προς τα έξω, τα προάστια έχασαν τον αποκλειστικό τους χαρακτήρα. Κατά συνέπεια, μειώθηκε και ο αριθμός των εύπορων ατόμων που ήθελαν να αγοράσουν ένα μεγάλο σπίτι στην περιφέρεια. Σε αυτό το σημείο, οι κεντρικές πόλεις άρχισαν να επανακτούν τμήμα της λάμψης που είχαν χάσει κατά τις πρώτες μεταπολεμικές δεκαετίες. Αυξητική είναι και η εξέλιξη των θέσεων εργασίας στα κέντρα πόλεων, ειδικά στον τομέα των υπηρεσιών. Αυτή η επαναφορά στο προσκήνιο της κεντρικής πόλης προκλήθηκε αρχικά από την μετακίνηση προς τα έξω των βιομηχανικών και εμπορικών μονάδων που κάποτε χαρακτηρίζαν το παραδοσιακό κέντρο της πόλης.

Αντίστοιχες εξελίξεις, σημειώνονται και στις ΗΠΑ. Ήδη, από τα τέλη της δεκαετίας του '60, άρχισαν προσπάθειες ανάπλασης των κεντρικών περιοχών των αμερικάνικων πόλεων, παρακινούμενες κυρίως από ιδιωτικές πρωτοβουλίες.

Στη σημερινή εποχή τα κέντρα των πόλεων αρχίζουν να ανακτούν τη χαμένη τους αξία. Από τη μια, ενεργοποιούνται εγκαταλειμμένες βιομηχανικές και εμπορικές εκτάσεις που δε μένουν ανεκμετάλλετες και από την άλλη, αρκετοί προτιμούν την κατοίκηση στις κεντρικές περιοχές, εξαιτίας των χαμηλών αγοραστικών τιμών, οι οποίες διαμορφώθηκαν σε περιόδους έντονης εξω - αστικοποίησης. Επίσης, τα κέντρα των πόλεων υποδέχονται περισσότερες υποδομές στο τομέα των υπηρεσιών. Παρόλα αυτά, τα ιστορικά κέντρα προσπαθούν να κρατήσουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, σε αντίθεση με τις προαστιακές διάχυτες περιοχές των πόλεων, όπου παρουσιάζον αρκετές ομοιότητες στις χρήσεις γης, στη χωροθέτηση τους, στην αρχιτεκτονική τους

2.3 Αιτίες δημιουργίας αστικής διάχυσης

Η διαμόρφωση του αστικού χώρου δεν μπορεί να ειπωθεί αποσπαστικά από τις αλλαγές που συντελούνται σε οικονομικό και πολιτικό επίπεδο. Οι κοινωνικές και χωρικές σχέσεις καθορίζονται από την επικράτηση του καπιταλισμού ως κυρίαρχου τρόπου παραγωγής και υπο αυτή την έννοια και οι αιτίες των αστικών φαινομένων που παρατηρούνται ανα περιόδους εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη των παραγωγικών σχέσεων.

Σίγουρα η αστική μεγέθυνση αποτελεί προάγγελο της εμφάνισης του φαινομένου της αστικής διάχυσης, καθώς επίσης καθοριστικό ρόλο παίζει και ο τρόπος ο οποίος πραγματοποιείται αυτή η μεγέθυνση. Τα βασικά αίτια δημιουργίας του φαινομένου της αστικής διάχυσης συνοψίζονται και παρουσιάζονται ως εξής (Bhatta, 2010).

2.3.1 Δημογραφικές αιτίες

Ένα από τα κυριότερα και διαχρονικά αίτια εμφάνισης του φαινομένου της αστικής διάχυσης είναι η αύξηση του πληθυσμού στα αστικά κέντρα. Η μεγάλη αυτή συγκέντρωση πληθυσμού στον κεντρικό αστικό ιστό προκύπτει αφενός από τη φυσική πληθυσμιακή αύξηση, αφετέρου από τα φαινόμενα αστικοποίησης (μετακίνηση στο κέντρο προς αναζήτηση εργασίας, καλύτερων όρων διαβίωσης). Το φαινόμενο της αστικοποίησης, ή αλλιώς της εσωτερικής μετανάστευσης από την ύπαιθρο στην πόλη, αποτελεί σύγχρονο πρόβλημα σε τοπικό και διεθνές επίπεδο (Bhatta, 2010) (Λάμπρου Α, Κανδής Ν., 2012).

Παρόλο που τα τελευταία χρόνια καταγράφεται μείωση της φυσικής αύξησης του πληθυσμού, οι προσφυγικές και μεταναστευτικές ροές από χώρες της Β.Αφρικής και της Ασίας αποτελούν την κύρια πηγή πληθυσμιακής αύξησης, κυρίως στις χώρες της Ευρώπης. Η αύξηση αυτή δημιουργεί την ανάγκη για αύξηση/επέκταση της αστικής γης προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες του νέου πληθυσμού και κατά συνέπεια εντείνονται και τα φαινόμενα αστικοποίησης.

2.3.2 Κοινωνικές-Πολιτισμικές αιτίες

Οι επιλογές που πραγματοποιούν τα υποκείμενα και σε επίπεδο χωρικό δεν είναι αποφορτισμένες από το κυρίαρχο ιδεολογικό πρότυπο. Επομένως οι προσωπικές προτιμήσεις όπως αυτές διαμορφώνονται, επιδρούν στις αλλαγές που πραγματοποιούνται στον αστικό χώρο. Γενικά, οι τάσεις μετακίνησης εξαρτώνται από α) τις προσωπικές προτιμήσεις, β) τις ευκαιρίες ή τις δυνατότητες κάθε ατόμου ή οικογένειας, γ)τους περιορισμούς που προκύπτουν για τα νοικοκυριά ή για κάθε άτομο ξεχωριστά. Σύμφωνα με τον Mitchell (2004) "ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων δίνει τρεις διαφορετικές εκφράσεις της αποίκησης της υπαίθρου: την εξω-αστικοποίηση, την εκτοπισμένη αστικοποίηση και την αντι-αστικοποίηση" (Γεμεντζή Γ., 2011).

Η εξωαστικοποίηση περιγράφει τη μεταφορά της κατοικίας στην ύπαιθρο χωρίς την αποκοπή από κάθε πτυχή της αστικής ζωής. Την τάση αυτή τη συναντάμε πιο συχνά σε οικογένειες με μικρά παιδιά οι οποίες επιθυμούν ένα καλύτερο περιβάλλον το οποίο όμως θα βρίσκεται κοντά στο κεντρικό ιστό ώστε να είναι εύκολη η πρόσβαση σε υποδομές και στον τόπο απασχόλησης. Είναι σημαντική όμως η διάκριση αυτού του τύπου αστικοποίησης από την αστικοποίηση πιο απομακρυσμένων περιοχών η οποία πραγματώνεται από κατοίκους χαμηλότερων οικονομικών στρωμάτων. Το κομμάτι αυτό του πληθυσμού αναζητά χαμηλότερες αξίες γης και πολλές φορές εύρεση εργασίας σε αυτές, προς αποφυγή των μετακινήσεων προς το κέντρο.

Στον αντίποδα βρίσκεται η αντι-αστικοποίηση η οποία αποτελεί μια επιλογή με όρους απόρριψης του αστικού τρόπου ζωής. Στην περίπτωση αυτή ο τόπος εργασίας συμπίπτει με τον τόπο κατοικίας. Σε

αυτή την κατηγορία ανήκουν οικογένειες από κάθε είδους κοινωνικά στρώματα, όπου τα άτομα της οικογενείας έχουν αποσυρθεί από την εργασία τους (Mitchell, 2004) (Γεμενετζή Γ., 2011).

2.3.3 Οικονομικές αιτίες

Η εξέλιξη του φαινομένου της αστικής διάχυσης επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από οικονομικούς παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι η οικονομική ευμάρεια και η αύξηση του ποσοστού κατοχής ιδιωτικού μέσου μεταφοράς αλλά και στις μέρες μας οι επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης όπως η ανεργία, η μείωση της απασχόλησης σε συγκεκριμένους τομείς (γεωργία) αλλά και οι διεργασίες της παγκοσμιοποίησης.

Στα οικονομικά αίτια περιλαμβάνονται και οι κινήσεις που πραγματοποιεί το κατασκευαστικό κεφάλαιο. Η χαμηλή αξία της αγροτικής γης ανοίγει επενδυτικούς δρόμους. Η δημιουργία κύριας ή δεύτερης κατοικίας στην περιφέρεια των πόλεων θεωρείται ακόμα ως μια πολύ καλή ευκαιρία επένδυσης. Οι τιμές της γης στην ύπαιθρο αρχικά είναι πιο χαμηλές σε σχέση με αυτές του κέντρου, όμως η ανοδική τους πορεία πραγματοποιείται πολύ πιο γρήγορα (Couch and Carecha, 2006) (Γεμενετζή Γ., 2011).

Πρόσθετη αξία στις αγροτικές περιοχές επιφέρουν οι δημόσιες επενδύσεις που πραγματοποιούνται, κυρίως η επέκταση και αναβάθμιση του αστικού δικτύου.

Γενικά, οι χρήσεις γης αντιπροσωπεύουν το ποσοστό της αποδοτικότητας της γης σε οικονομικούς όρους. Οι αλλαγές στις χρήσεις γης, και γενικότερα στο χωρικό σχεδιασμό, εξαρτώνται και προκαλούνται, από τη αλληλεξάρτηση των δημόσιων και ιδιωτικών φορέων και συμφερόντων. Συνεπώς, οι ιδιωτικές επενδύσεις στον αστικό χώρο δεν αφήνουν ανεπηρέαστες και αδιάφορες τις κρατικές πολιτικές χωρικού σχεδιασμού (ESPON 2005β) (Γεμενετζή Γ., 2011)

2.3.4 Ο ρόλος του σχεδιασμού

Πέρα από τα αίτια που περιγράφονται παραπάνω σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση ή την ανάσχεση του φαινομένου της αστικής διάχυσης παίζει ο σχεδιασμός. Ο σχεδιασμός αναφέρεται στο φυσικό και στον καθολικό σχεδιασμό και διαφοροποιείται ανάλογα με το επίπεδο στο οποίο υλοποιείται από το τοπικό έως το ευρωπαϊκό. Ο καθολικός σχεδιασμός περιλαμβάνει τις κατευθύνσεις που ακολουθούνται στο κομμάτι της κοινωνικής πολιτικής, της στρατηγικής στέγασης, των επενδύσεων αλλά και στις σχέσεις με το κατασκευαστικό κεφάλαιο.

Για παράδειγμα, οι πολιτικές που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την αγροτικοαστική ή διεθνή μετανάστευση, την κατανομή του αστικού πληθυσμού μεταξύ των πόλεων ή τη διαδικασία αστικής ανάπτυξης σε διακριτές πόλεις και μητροπολιτικές περιοχές διαμορφώνουν τις τάσεις της αστικής διάχυσης. Πολύ περισσότερο το ίδιο ισχύει για όλες εκείνες τις πολιτικές και δράσεις που αφορούν στον τομέα της οικονομίας, ακόμα και με έμμεσες δράσεις δανειοδότησης και φορολογίας ακινήτων. Επιπλέον, προβλήματα αστικής διακυβέρνησης τα οποία αφορούν στη συνεργασία ιδιωτικών και δημόσιων φορέων επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την υλοποίηση ή μη, των επιμέρους πολιτικών που σχετίζονται με το χωρικό σχεδιασμό. Συνεπώς, από όλες αυτές οι ασταθείς σχέσεις, επηρεάζουν με τη σειρά τους και το φαινόμενο της αστικής διάχυσης (Γεμενετζή Γ., 2011).

Οι πολεοδομοί στις αρχές του 20^{ου} αιώνα καλούνται να εφαρμόσουν στην πράξη κομμάτια των θεωριών που έχουν διατυπώσει καθώς την περίοδο αυτή η υπερσυγκέντρωση πληθυσμού στα αστικά κέντρα οδηγεί στην έντονη φυγή προς τα προάστια, δημιουργώντας έντονες τάσεις αποσυγκέντρωσης. Η εξέλιξη αυτή δημιουργεί ανισορροπία στην οικιστική ανάπτυξη μεταξύ κεντρικών και περιφερειακών περιοχών.

Στις ευρωπαϊκές χώρες υπήρξε μια προσπάθεια ανάσχεσης του φαινομένου της αστικής διάχυσης μέσω διαφόρων στρατηγικών που διατυπώθηκαν, σε αντίθεση με τις ΗΠΑ όπου ο ρόλος του χωρικού σχεδιασμού ήταν πολύ πιο περιορισμένος. Τις προτάσεις αυτές θα τις παρουσιάσουμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Συνοψίζοντας εξάγεται το συμπέρασμα πως όλα τα παραπάνω μπορούν να αποτελέσουν αιτίες ενεργοποίησης και εξέλιξης του φαινομένου της αστικής διάχυσης, χωρίς αυτό να σημαίνει πως τις συναντάμε ταυτόχρονα.

2.4 Επιδράσεις της αστικής διάχυσης

Όπως κάθε χωρικό φαινόμενο έτσι και η αστική διάχυση επιφέρει μια σειρά αποτελέσματα σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο. Οι επιδράσεις της διάχυσης απολογίζονται κυρίως με αρνητικό πρόσημο και μπορούν να ομαδοποιηθούν κυρίως σε δύο κατηγορίες, τις περιβαλλοντικές και τις κοινωνικο-οικονομικές.

2.4.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Έχει ήδη αναφερθεί πως η αστική διάχυση είναι ένα χωρικό φαινόμενο το οποίο οπτικά διακρίνεται εύκολα. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αυτό επιφέρει είναι ένας από τους τρόπους που μπορεί να εντοπιστεί. Η διάχυση τις περισσότερες φορές συντελείται σε βάρος αγροτικής και δασικής γης. Η επέκταση των αστικών χρήσεων πραγματοποιείται με τίμημα την καταστροφή μεγάλου τμήματος αγροτικών και αστικών περιοχών. Οι αστικές χρήσεις επιβαρύνουν σε μεγάλο βαθμό τα εδάφη στα οποία αναπτύσσονται, τις περισσότερες φορές ανεπιστρεπτί. Η εκτεταμένη δραστηριότητα της δόμησης επιφέρει σφράγιση - στεγανοποίηση του εδάφους με κίνδυνο έντονων πλημμύρων και αλλαγή του μικροκλίματος (Κουσουύλης, 2008)(ΕΕΑ, 2006), καθώς η χρήση τσιμέντου καταργεί από το έδαφος τα φυσικά του χαρακτηριστικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του οικολογικού πλούτου και τη διατάραξη των οικοσυστημάτων (Lassila, 1999) (Πετρολέκας 2014).

Η κατανάλωση των αποθεμάτων ενέργειας που αφορούν στις μετακινήσεις και στα δίκτυα παροχής ηλεκτρισμού, θέρμανσης κ.ά. στις όλο και πιο απομακρυσμένες περιοχές, έρχεται να προστεθεί στις παράπλευρες περιβαλλοντικές απώλειες (ΕΕΑ, 2006). Επιπλέον, οι ανάγκες για μεγαλύτερες μετακινήσεις αυξάνονται, με αποτέλεσμα την πιο συχνή χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου και κατά επέκταση την αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (Calthorpe και Fulton, 2001) (Παλόγου, 2010) (Πετρολέκας 2014). Όπως αναφέρει ο Bhatta (2010), η αύξηση των ιδιωτικών μετακινήσεων ως αποτέλεσμα του φαινομένου της αστικής διάχυσης, είναι η δημιουργία ατμοσφαιρικού νέφους, η όξινη βροχή και τα ανθρώπινα προβλήματα υγείας.

2.4.2 Κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις

Η διάρθρωση του αστικού χώρου φέρει τα αποτυπώματα των πολιτικών που εφαρμόζονται σε οικονομικό επίπεδο και αναπαράγει τις σχέσεις που αναπαράγονται και σε αυτό. Συγκεκριμένα ο διαχωρισμός της κοινωνίας σε τάξεις έχει και χωρική έκφραση.

Οι μεσαίες και ανώτερες τάξεις διαθέτουν τη δυνατότητα και επιλέγουν ως τόπο κατοικίας τις εξωαστικές περιοχές. Αντίθετα τα χαμηλότερα οικονομικά στρώματα εγκαθίστανται στο υποβαθμισμένο κέντρο.

Παράλληλα, η έλλειψη μια πολιτικής από πλευράς πολιτείας, η οποία θα μπορούσε να πάρει πρωτοβουλίες ενίσχυσης των υποβαθμισμένων περιοχών οδηγεί στην ενίσχυση του κοινωνικού διαχωρισμού.

2.4.3 Πολιτισμικές επιδράσεις

Προκειμένου να δωθεί μια πιο πλήρης εικόνα του συνόλου των επιπτώσεων της αστικής διάχυσης θα πραγματοποιηθεί μια αναφορά και στις πολιτισμικές επιδράσεις του φαινομένου. Η συγκεκριμένη κατηγορία όμως επιπτώσεων θα μπορούσε παράλληλα να αποτελεί και αιτία του φαινομένου δημιουργώντας ένα «ερώτημα του τύπου το αυγό έκανε τη κότα ή η κότα το αυγό».

Η διάχυση όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι χωρικό φαινόμενο το οποίο έρχεται ως αποτέλεσμα και των εφαρμοζόμενων οικονομικών πολιτικών. Όπως σημειώνει η Λεοντίδου (2001) "η πόλη αποτελεί προϊόν της κοινωνίας, τη γεωγραφική έκφραση μιας οικονομίας, ενός πολιτισμού, μιας πολιτικής πραγματικότητας", συνεπώς η διάχυτη πόλη αντιπροσωπεύει μάλλον την υπεροχή του ιδιωτικού έναντι του δημόσιου, και του ατομικού έναντι του συλλογικού (Πετρολέκας, 2014).

2.5 Τύποι αστικής διάχυσης

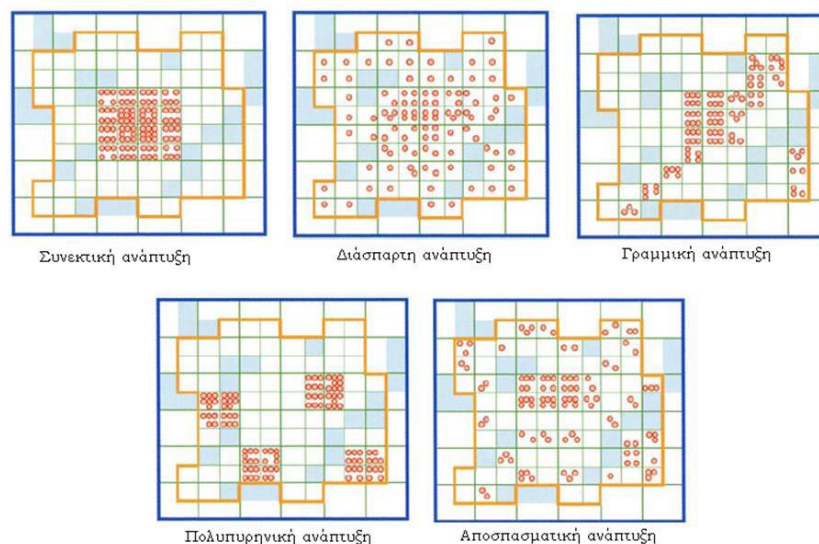
Στην προσπάθεια προσέγγισης της έννοιας της αστικής διάχυσης διάφοροι μελετητές επιχείρησαν να κατηγοριοποιήσουν του τύπους της διάχυσης βάσει κάποιων συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Παρακάτω γίνεται η παράθεση κάποιων από αυτών στηριζόμενη στην υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι κύριες συνιστώσες της αστικής διάχυσης χρησιμοποιείται η μέτρηση οκτώ διακριτών διαστάσεων (δεικτών) των χρήσεων γης. Οι διαστάσεις αυτές είναι η

πυκνότητα, η συνέχεια, η συγκέντρωση, η ομοιομορφία, η κεντρικότητα, η πυρηνικότητα, ο συνδυασμός χρήσεων γης και η εγγύτητα (Galster et al., 2001).

Εν συνεχεία οι Barry et al. στηριζόμενοι στην εργασία των Galster et al μελέτησαν τις μορφές της αστικής διάχυσης και κατέληξαν στην αποτύπωση τους μέσω κάποιων απλοποιημένων γεωμετρικών σχηματισμών οι οποίοι μας προσφέρουν και μια οπτική αναπαράσταση. Συγκεκριμένα κατέληξαν στους ακόλουθους τύπους (Εικόνα 2.3):

- Συνεκτική ανάπτυξη
- Διάσπαρτη ανάπτυξη
- Γραμμική ανάπτυξη
- Πολυπυρηνική ανάπτυξη
- Αποσπασματική ανάπτυξη (Barry et al.,2003)



Εικόνα 2.3: Πρότυπα αστικής διάχυσης
Πηγή: (Barry et al.,2003)

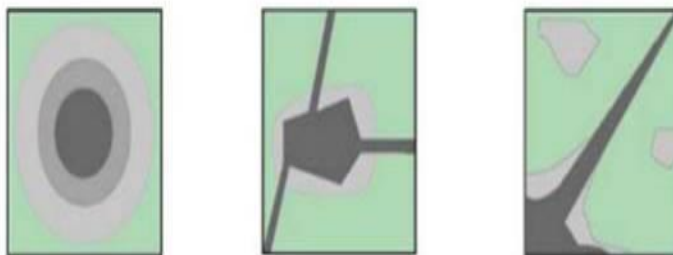
Ακόμη οι Gamagni, Gibelli και Rigamonti κατέληξαν σε πέντε τύπους αστικής διάχυσης :

- Συμπληρωματική ανάπτυξη (infilling) η οποία περιγράφει την προσθήκη νέα κτισμένης επιφάνειας στον ήδη δομημένο αστικό ιστό, σε εκτάσεις που είχαν μείνει κενές κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης.
- Εξάπλωση (extension), η οικιστική επέκταση που πραγματοποιείται πέριξ του αστικού κέντρου
- Γραμμική ανάπτυξη (linear), η αστική διάχυση που αναπτύσσεται με γνώμονα τους βασικούς οδικούς άξονες.
- Διάχυση (sprawl), περιγράφει τα νέα διάσπαρτα δομημένα τεμάχια

Σχέδια μεγάλης κλίμακας (large scale projects), τα οποία αφορούν στην ανάπτυξη τεμαχίων αξιοσημείωτου μεγέθους τα οποία χωροθετούνται ανεξάρτητα από την υπάρχουσα χτισμένη επιφάνεια (Gamagni et al. 2002)

Τέλος μια ακόμη κατηγοριοποίηση της αστικής διάχυσης είναι αυτή που προσδιορίζεται με βάση τη μορφή της ανάπτυξης των αστικών προτύπων (Εικόνα 2.4). Οι τύποι που προκύπτουν είναι

- Χαμηλής πυκνότητας συνεχής διάχυση ή προασιακή ανάπτυξη (Low density sprawl): συντελείται κυρίως με την προς τα έξω εξάπλωση του αστικού ιστού και τη χωροθέτηση χρήσεων γης χαμηλής πυκνότητας. Συνοδεύεται από την ύπαρξη κάποιων υποδομών που εξυπηρετούν πολύ βασικές ανάγκες των κατοίκων (ύδρευση, αποχέτευση, ηλεκτροδότηση και οδικές συνδέσεις).
- Η γραμμική ανάπτυξη κατά μήκος οδικών αρτηριών ή ταινιακή ανάπτυξη (Ribbon sprawl). Σε αυτό τον τύπο πρώτα αναπτύσσεται η γη που βρίσκεται σε επαφή με τους άξονες και ακολούθως μετατρέπονται σε αστικές, μεγαλύτερες εκτάσεις κάθετα προς τους άξονες καθώς αυξάνονται οι τιμές της γης και υλοποιούνται διάφορες υποδομές.
- Αποσπασματική ασυνεχής ανάπτυξη (Leapfrog development sprawl), είναι μια ασυνεχής μορφή αστικοποίησης, κάποια κομμάτια αστικοποιημένης γης που απέχουν αρκετά το ένα από το άλλο βρίσκονται διάσπαρτα ανάμεσα σε εκτάσεις πρασίνου. Η αποσπασματική ανάπτυξη ενδέχεται να είναι αποτέλεσμα και των φυσικών περιορισμών που επιβάλλονται όπως π.χ η τοπογραφία της περιοχής ή ακόμη και η ύπαρξη υδάτινων επιφανειών αλλά και από διαφορετικές πολιτικές ανάπτυξης μεταξύ κοντινών περιοχών.



Εικόνα 2.4: Τύποι αστικής διάχυσης με βάση τη μορφή
Πηγή: Barnes et al., 2001

2.6 Πολιτικές Ανάσχεσης

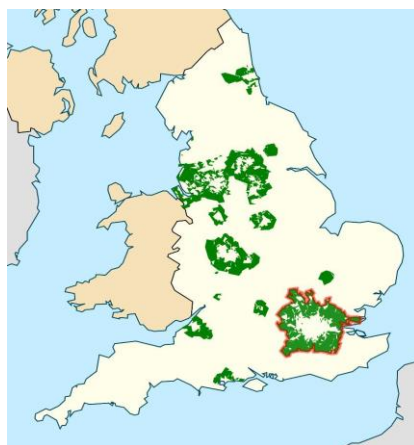
Καθώς το φαινόμενο της αστικής διάχυσης εξελίσσεται ραγδαίως τα τελευταία χρόνια, οι αρνητικές επιπτώσεις που αυτό επιφέρει στη βιωσιμότητα εξωαστικών και μη περιοχών χρίζουν άμεσης αντιμετώπισης. Για το λόγο αυτό η μελέτη του φαινομένου, η κατανόηση των αιτιών του και η εύρεση τρόπων αντιμετώπισης έχει απασχολήσει σε μεγάλο βαθμό την πολεοδομική κοινότητα.

Ως επί το πλείστον οι προτάσεις ανάσχεσης που έχουν διατυπωθεί είναι από την πολεοδομική σκοπιά. Όπως αναφέρει ο Neuman (2005) μέσα από τον ορθό πολεοδομικό σχεδιασμό, πρέπει να ισορροπήσουν, δυο διαφορετικές τάσεις οι οποίες όμως συνυπάρχουν και επιφέρουν τις ίδιες αρνητικές συνέπειες. Πρώτον, η μαζική μετατόπιση του κόσμου προς τις αστικές περιοχές και δεύτερον, η τάση αποκέντρωσης εντός των αστικών - μητροπολιτικών περιοχών (Πετρολέκας 2014).

2.6.1 Ζώνη Πρασίνου

Η πράσινη ζώνη είναι ένα από τα εργαλεία που εφαρμόστηκε για την ανάσχεση της διάχυσης. Ορίζεται κατά τον Bo-sinTang (2007) ως « ζώνη γης γύρω από την πόλη, όπου η οικιστική ανάπτυξη είναι αυστηρά απαγορευμένη». Στην πράξη πρόκειται για μια ζώνη πρασίνου που εμποδίζει τη διάχυση της δόμησης στην περιοχή αυτή παρέχοντας τη δυνατότητα για διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί η Αγγλία (Εικόνα 2.5), η οποία διέφυγε σε τέτοιου είδους πολεοδομικά εργαλεία από το 1930. Σήμερα, οι αγγλικές πόλεις διατηρούν ακόμα τέτοιου είδους πρακτικές, καλύπτοντας τη χώρα σε ποσοστό του 13% από ζώνες πρασίνου.



Εικόνα 2.5: Ζώνες πρασίνου σε πόλεις τις Αγγλίας

Στην υιοθέτηση του συγκεκριμένου εργαλείου για την αντιμετώπιση της άναρχης επέκτασης των πόλεων κατέφυγαν και άλλες χώρες της Ευρώπης αλλά και οι ΗΠΑ. Στις ΗΠΑ είναι γνωστό με τον όρο greenspace και χρησιμοποιείται για να περιγράψει ακόμη και ένα μικρό πάρκο εντός του αστικού ιστού.

Ένας από τους κύριους στόχους της δημιουργίας των πράσινων ζωνών είναι η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος απέναντι στην κατασπατάληση των δασικών και αγροτικών εκτάσεων εξαιτίας της ανεξέλεγκτης οικιστικής ανάπτυξης και επέκτασης. Επιπλέον στόχους αποτελούν η βελτίωση της ποιότητας του αέρα στο αστικό περιβάλλον, η παροχή πρόσβασης των κατοίκων σε υπαίθριες περιοχές, η παροχή δυνατότητας στους κατοίκους για αναψυχή αλλά και η εξασφάλιση της συνέχειας των βιότοπων.

Υπαρχει και ένα κομμάτι κριτικής στις πράσινες ζώνες που υποστηρίζει ότι, η ύπαρξη πράσινων ζωνών ωθεί την ανάπτυξη περιοχών σε πιο απομακρυσμένες περιοχές από το κέντρο της πόλης, αυξάνοντας έτσι την ανεξέλεγκτη εξάπλωσή της, καθώς και τη δημιουργία των "πόλεων δορυφόρων" (St. Paul Pioneer Press, 2007)(Αποστολίδου Ε., 2014). Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις οι πράσινες ζώνες λειτουργούν ως πρόσφορο έδαφος για τη δημιουργία μελλοντικών υποδομών μεταφορών. Έτσι, ο ρόλος των πράσινων ζωνών παρεκκλίνει του αρχικού στόχου ανάσχεσης της αστικής διάχυσης, καθότι δημιουργεί συνθήκες αντίθετες με τις αρχές της βιωσιμότητας της πράσινης περιοχής (https://en.wikipedia.org/wiki/Green_belt) (Αποστολίδου Ε., 2014).

2.6.2 Συμπαγής-Συνεκτική πόλη

Ως συμπαγής πόλη καλείται εκείνο το μοντέλο αστικού σχεδιασμού το οποίο στηρίζεται στις μικτές χρήσεις γης και παράλληλα προωθεί την υψηλή οικιστική πυκνότητα. Επίσης, η αυξημένη χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς, ώστε να μειωθεί η χρήση του ιδιωτικού οχήματος και κατά επέκταση να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση, αποτελεί χαρακτηριστικό της συνεκτικής πόλης (Burton, 2000) (Λάμπρου και Κανδής, 2012) (Πετρολέκας, 2014).

Ένα παράδειγμα συνεκτικής πόλης είναι η πόλη Κίτο του Εκουαδόρ (Εικόνα 2.6). Η πόλη καλύπτει συνολικά 324 τετραγωνικά χιλιόμετρα και κατοικείται από 2.671.191 άτομα. Επομένως, χαρακτηρίζεται από πυκνότητα 8.244 κάτοικοι/τετραγωνικό χλμ.



Εικόνα 2.6: Κίτο, Εκουαδόρ

Στα θετικά της συμπαγούς πόλης συγκαταλέγονται η κατανάλωση λιγότερου χώρου, το μεγάλο ποσοστό δημόσιων χώρων, οι κοινωνικά πιο ομοιογενείς χώροι, η αναβαθμισμένη δημόσια συγκοινωνία και η περιβαλλοντικά φιλική πόλη.

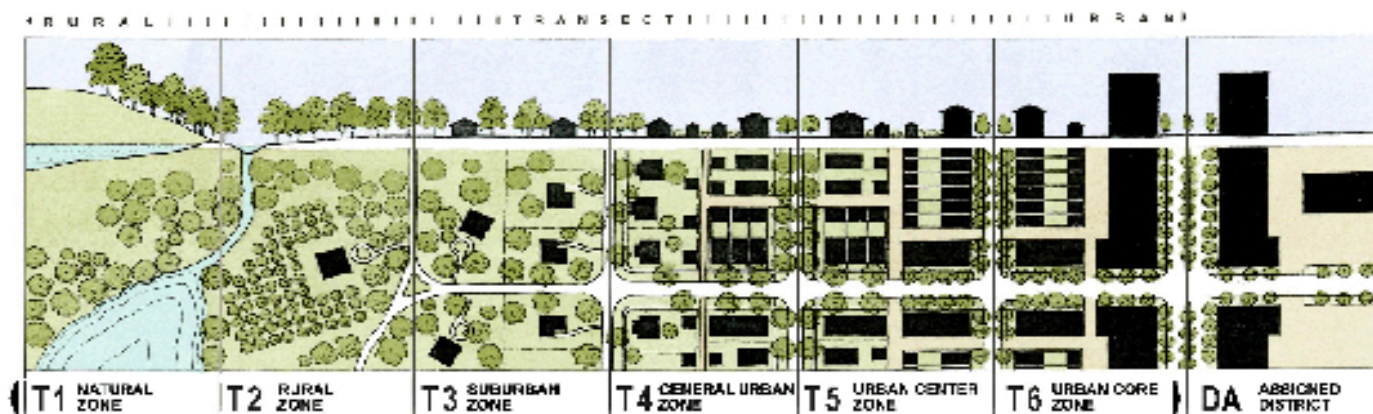
2.6.3 Έξυπνη πόλη-Έξυπνη ανάπτυξη

Η Έξυπνη πόλη ή Έξυπνη ανάπτυξη είναι μια πολιτική αστικού σχεδιασμού η οποία προτείνεται επίσης ως λύση για την ανάσχεση της αστικής διάχυσης. Είναι βασισμένη στις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης και παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά με τη συμπαγή πόλη. Οι αρχές που καθορίζουν την έξυπνη ανάπτυξη διατυπώθηκαν από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ και είναι η μίξη χρήσεων γης, ο συμπαγής σχεδιασμός κτιρίων, η δημιουργία εύρους ευκαιριών και επιλογών κατοικίας, η δημιουργία αστικού περιβάλλοντος φιλικού στον πεζό, η διατήρηση ανοιχτών χώρων σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές και γεωργικές εκτάσεις η ενίσχυση και ανάπτυξη των υπαρχουσών κοινοτήτων, η μεγάλη ποικιλία μέσων μαζικής μεταφοράς, η δίκαιη και αποδοτική ανάπτυξη με ισοκατανομή του κόστους και των ωφελειών της ανάπτυξης και η συνεργασία των κοινοτήτων στη λήψη αποφάσεων για την ανάπτυξη.

2.6.4 Νέα πολεοδομία

Μία ακόμη πρόταση αστικού σχεδιασμού που έχει προταθεί ως αντιπαράδειγμα στα φαινόμενα αστικής διάχυσης είναι η Νέα πολεοδομία (Εικόνα 2.7). Το συγκεκριμένο μοντέλο, προτείνει επαναπροσδιορισμό του υφιστάμενου θεσμικού πλαισίου που αναφέρεται στην αστική διάχυση και την ανεξέλεγκτη αστική επέκταση των πόλεων.

Η νέα πολεοδομία στηρίζεται στη δημιουργία συμπαγών κοινοτήτων, όπου οι κάτοικοι θα κινούνται με τα πόδια. Οι νέες κοινότητες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτές της έξυπνης πόλης, ωστόσο σε αυτή την περίπτωση προτείνονται πιο ολοκληρωμένες και πλήρεις μορφές. Η μίξη των χρήσεων γης είναι πρωταρχικός στόχος για κάθε κοινότητα. Θα περιλαμβάνει στέγαση, χώρους εργασίας, εμπορικές χρήσεις, ψυχαγωγία, εκπαίδευση, χώρους πρασίνου, δημόσιες υποδομές και υπηρεσίες. Όλα αυτά, προτείνεται, να είναι σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους, ώστε να αποφεύγεται η χρήση ιδιωτικού οχήματος. Στοχεύει λοιπόν στην διατήρηση της παραδοσιακής δομής της γειτονιάς.



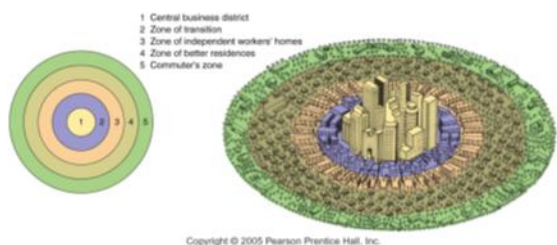
Εικόνα 2.7: Αστική κατάτμηση, Νέα πολεοδομία

3. ΑΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες το φαινόμενο της αστικής διάχυσης έχει γίνει πολυσύνθετο και πολυπαραγοντικό. Ταυτόχρονα λόγω της μείωσης της διαθέσιμης γης εξαιτίας της καλπάζουσας οικιστικής ανάπτυξης είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται από την επιστήμη της πολεοδομίας, χωροταξίας και τοπογραφίας, τεχνικές και μεθοδολογίες προκειμένου να μοντελοποιηθεί το αστικό περιβάλλον. Κάποιες από τις συνηθισμένες θεωρητικές προσεγγίσεις στο πρόβλημα, αλλά και σύγχρονες πρακτικές παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο.

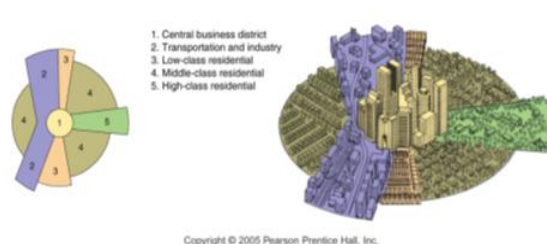
3.1 Θεωρητικές προσεγγίσεις στη μοντελοποίηση αστικού περιβάλλοντος

Διαχρονικά έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρητικές προσεγγίσεις στο ζήτημα της μοντελοποίησης του αστικού περιβάλλοντος. Έτσι από τα πρώτα μοντέλα όπως είναι το μοντέλο των ομόκεντρων ζωνών του Burgess (1925) (Εικόνα 3.1), το τομεακό μοντέλο του Hoyt (1939)(Εικόνα 3.2), το πολυκεντρικό των Haggys και Ullmann (1945)(Εικόνα 3.3) και το περιφερειακό μοντέλο του Haggys (Εικόνα 3.4) έως και αυτά που επικρατούν σήμερα διακρίνουμε μια πληθώρα προσεγγίσεων. Οι διαφορετικές αυτές προσεγγίσεις οφείλονται στην χρονική περίοδο κατά την οποία διατυπώνονται, στην σκοπιά του συγγραφέα αλλά και στο χώρο που χρησιμοποιούν ως πρότυπο για να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Αυτή η ποικιλομορφία των χαρακτηριστικών τους καθιστά πολύ δύσκολη την κατηγοριοποίηση των μοντέλων.

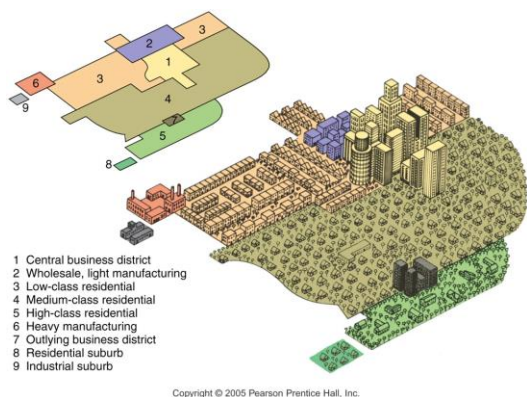


Εικόνα 3.1: Το μοντέλο των ομόκεντρων ζωνών του Burgess
Πηγή: <http://aphug.wikispaces.com>

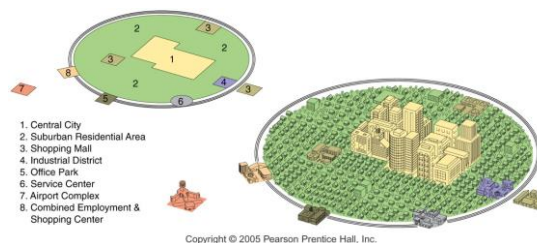
Εικόνα 3.2: Το τομεακό μοντέλο του Hoyt
Πηγή: <http://aphug.wikispaces.com>



Εικόνα 3.3: Το μοντέλο των πολλαπλών πυρήνων των των Harrys και Ullmann
Πηγή: <http://aphug.wikispaces.com>



Εικόνα 3.4: Το περιφερειακό μοντέλο του Harrys
Πηγή: <http://aphug.wikispaces.com>



Οι πιο διαδεδομένες γύρω από το ζήτημα είναι αυτές που παρατίθενται παρακάτω:

- Η οικολογική προσέγγιση βασίζεται στην πεποίθηση ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά διέπεται από αρχές οικολογικού περιεχομένου όπως είναι ο ανταγωνισμός, η διαδοχή και η κυριαρχία. Όπως συμβαίνει και στον κόσμο των φυτών έτσι και η πιο δυναμική ανθρώπινη ομάδα είναι αυτή που θα επιτύχει την πλεονεκτικότερη θέση σε ένα αστικό περιβάλλον, όπως την εγκατάσταση στον καλύτερο τόπο κατοικίας.
- Η κοινωνική φυσική προσέγγιση βασίστηκε στην έννοια της αλληλεπίδρασης του ανθρώπινου υποκειμένου με τον χώρο στον οποίο δρα. Η προσέγγιση αυτή έχει τα θεμέλια της στο βαρυτικό νόμο του Νεύτωνα ως ένα φυσικό ανάλογο της αλληλεπίδρασης μεταξύ περιοχών σε κοινωνικό επίπεδο. Πολλά μοντέλα αστικού σχεδιασμού που αναπτύχθηκαν τα προηγούμενα χρόνια βασίστηκαν στη συγκεκριμένη προσέγγιση όμως ασκήθηκε μια κριτική σε αυτά για την βαρύτητα που έδιναν στην ομαδική και όχι στην ατομική συμπεριφορά με αποτέλεσμα να χάνουν τη δυνατότητα διερεύνησης σημαντικών αλλά μη ποσοτικών παραγόντων. Επιπροσθέτως, καθώς τα μοντέλα αυτά διέπτονταν από αρχές της φυσικής παρουσίαζαν μια μεγάλη αδυναμία στο θεωρητικό τους υπόβαθρο.
- Η οικονομική ισορροπία ή νεοκλασική προσέγγιση έχει τις ρίζες της στις παραδοσιακές οικονομικές θεωρίες. Η προσέγγιση αυτή στηρίχτηκε στην παραδοχή ότι οι αλλαγές που πραγματοποιούνται στον αστικό χώρο είναι αποτέλεσμα των μηχανισμών της αγοράς και των

φυσικών δυνάμεων του ανταγωνισμού μεταξύ οικονομικών δραστηριοτήτων και κοινωνικών ομάδων με φόντο το χώρο. Ωστόσο λόγω της υποβάθμισης της επίδρασης της ανθρώπινης συμπεριφοράς στη διαμόρφωση του αστικού χώρου, η προσέγγιση αυτή δέχθηκε δριμύτατη κριτική από τους θεωρητικούς της συμπεριφορικής προσέγγισης.

- Η ανάπτυξη της προσέγγισης συμπεριφοράς προέκυψε εξαιτίας του γεγονότος ότι ασκήθηκε κριτική στην αστική οικολογική και νεοκλασική προσέγγιση σχετικά με την επιφανειακή προσέγγιση της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Έτσι, η συμπεριφορική προσέγγιση έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στην ατομική συμπεριφορά, τον τρόπο με τον οποία ο κάθε κάτοικος προσεγγίζει και αλληλεπιδρά με το αστικό περιβάλλον, καθώς και στη διαδικασία λήψης αποφάσεων στο άτομο. Όμως, σε αυτήν την προσέγγιση δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην ατομική συμπεριφορά και όχι σε αυτή της ομάδας και ως εκ τούτου δέχθηκε ιδιαίτερη αμφισβήτηση.
- Η συστημική προσέγγιση έκανε την εμφάνιση της τη δεκαετία του 1960 αντλώντας τις βασικές της έννοιες από τη γενική θεωρία συστημάτων. Η συστημική προσέγγιση παρουσίασε στους ερευνητές ένα τρόπο κατασκευής μοντέλων πέρα από τις απλές σχέσεις αίτιο – αποτέλεσμα ή ερέθισμα – απάντηση. Γι αυτόν τον λόγο τα μοντέλα αυτά είναι ευρείας αποδοχής ιδίως για την μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των αστικών συστημάτων και την πρόβλεψη μελλοντικής αστικής ανάπτυξης. Παρουσιάζεται όμως μια προβληματική. Τα μοντέλα αυτά προκειμένου να γίνουν λειτουργικά εστίασαν σε μικρά κομμάτια του συστήματος που μοντελοποιούν και όχι στο σύστημα ως σύνολο. Επιπλέον κάποιες φορές χρησιμοποίησαν απλουστευμένη μαθηματική φόρμουλα για την αναπαράσταση των σχέσεων και των συνδέσεων που υπήρχαν μεταξύ των στοιχείων του συστήματος.

Οι περιορισμοί που εντοπίστηκαν στην εφαρμογή των μοντέλων της συστημικής προσέγγισης αναδεικνύουν την αναγκαιότητα που υπάρχει, η πολυπλοκότητα της αστικής πραγματικότητας να μοντελοποιηθεί με νέους τρόπους. Κατά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες, μελέτες μη γραμμικών διαδικασιών και ανοικτών συστημάτων οδήγησαν στην ανάδειξη νέων κατανοήσεων για τα πολύπλοκα συστήματα και για την εξέλιξή τους.

Η εφαρμογή των παραπάνω προσεγγίσεων και ο εντοπισμός των προβληματικών τους οδήγησε στην θεώρηση ότι οι πόλεις είναι πολύπλοκα και ανοιχτά συστήματα που έχουν την ικανότητα της αυτό-οργάνωσης. Οι έννοιες της αυτό – οργάνωσης, του χάους, και οι θεωρίες πολυπλοκότητας οδήγησαν σε καρποφόρες μελέτες για την αστική ανάπτυξη.

Εν συνεχεία παρουσιάζονται οι πλέον σύγχρονες προσεγγίσεις στο ζήτημα της μοντελοποίησης των αστικών φαινομένων.

3.2 Σύγχρονες πρακτικές μοντελοποίησης αστικού περιβάλλοντος

αστική μοντελοποίηση ορίζεται ως «η χρήση της κατάλληλης θεωρίας, η μετάφραση της σε μαθηματικό μοντέλο προκειμένου να υποστεί βαθμονόμηση και αξιολόγηση πριν τη φάση της πρόβλεψης» (Batty, 2009).

Τα μοντέλα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες με βάση το βαθμό απλούστευσης και αφαιρετικότητας που τα χαρακτηρίζει.

- Μοντέλα κλίμακας όπου ο πραγματικός κόσμος αλλάζει μόνο από την άποψη της κλίμακας.
- Εννοιολογικά μοντέλα στα οποία δίνεται έμφαση στη σχέση μεταξύ των στοιχείων της πραγματικότητας.
- Μαθηματικά μοντέλα τα οποία είναι τα πλέον διαδεδομένα.

Συγκεκριμένα τα αστικά μοντέλα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, ωστόσο στην πράξη εφαρμόζεται συνδυασμός τεχνικών και μεθόδων ώστε να πετυχαίνουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα μέσω της αξιοποίησης των πλεονεκτημάτων και της ελαχιστοποίησης των μειονεκτημάτων της κάθε μεθόδου. Η κατηγοριοποίηση των αστικών μοντέλων γίνεται με κριτήριο το αν βασίζονται σε κάποιο θεωρητικό υπόβαθρο ή σε πρακτικές εφαρμογές. Επομένως διακρίνουμε τις παρακάτω κατηγορίες:

- Μοντέλα χωρικής αλληλεπίδρασης (Spatial interaction models): τα μοντέλα αυτά βασίζονται στην παραδοχή πως κάθε κίνηση στο χώρο είναι αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, μετακίνηση προς την εργασία, μετανάστευση, αξιοποίηση δημόσιων και ιδιωτικών εγκαταστάσεων. Τα πιο δημοφιλή μοντέλα αυτής της κατηγορίας είναι τα μοντέλα βαρύτητας τα οποία αποτελούν μαθηματικές τυποποιήσεις και χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την πρόβλεψη χωρικών προτύπων αλληλεπίδρασης (Hayes and Fotheringham, 1984). Στα μοντέλα βαρύτητας η αλληλεπίδραση μεταξύ δύο οντοτήτων εξαρτάται από τη μάζα τους και είναι αντιστρόφως ανάλογη της μεταξύ τους απόστασης. Έχουν βρει εφαρμογή κυρίως σε μελέτες μετανάστευσης και εμπορίου (Young 1925, Reilly 1931). Η βασική υπόθεση είναι ότι ο βαθμός αλληλεπίδρασης εξαρτάται από το μέγεθος της πόλης και από την απόσταση μεταξύ τους. Εφαρμόζοντας την υπόθεση αυτή σε παράδειγμα μπορούμε να πούμε ότι μεταστευτικές ροές και επιχειρήσεις έλκονται από τις μεγάλες πόλεις και η έλξη αυτή γίνεται εντονότερη όταν η μεταξύ τους απόσταση είναι μικρότερη. Στην εν λόγω κατηγορία ανήκουν το μοντέλο Lowry, το MEPLAN και το Tranus (Vichiensan et. al 2003)
- Μοντέλα καλύψεων γης-μεταφορών (Land use-transportation models): πρόκειται για μοντέλα χωρικής και οικονομικής αλληλεπίδρασης. Το θεωρητικό τους υπόβαθρο πηγάζει από τις τοπικές οικονομίες, τη γεωγραφική θέση της οικονομικής δραστηριότητας και την κοινωνική φυσική ως τμήμα των κοινωνικών θεωριών. Τα μοντέλα αυτά ενσωματώνουν τις πιο σημαντικές διαδικασίες της χωρικής ανάπτυξης στις αστικές περιοχές και έχουν τη δυνατότητα να προβλέπουν αστικές καλύψεις γης (Wegener, 2005). Παρόλο που τα μοντέλα αυτά έχουν

προσπαθήσει να προσαρμοστούν στην προσομοίωση δυναμικών αλλαγών θεωρείται πως ακόμη παρουσιάζουν αρκετές αδυναμίες καθώς βασίζονται στην υπόθεση ότι τα εξαγόμενα αποτελέσματα του μοντέλου αξιολογούνται με βάση το πόσο καλά προσαρμόζονται στο σετ δεδομένων. Σε αυτή την κατηγορία το πιο αναπτυγμένο μοντέλο είναι το UrbanSim (Wadell, 2002)

- Μοντέλα αστικής δυναμικής (Urban dynamic models): τα μοντέλα αυτά εστιάζουν στο κατά πόσο οι θεωρίες πολυπλοκότητας μπορούν να συμπεριλάβουν την πληθώρα των στοιχείων και των διαδικασιών που περιλαμβάνουν τα αστικά συστήματα. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση, μέσω των μοντέλων αυτών, στη θεωρητική ανάπτυξη της μη γραμμικής εξέλιξης. Έχει επιχειρηθεί η σύνδεση τους με την οικολογική δυναμική (Dendrinos and Mullaly, 1985). Ωστόσο παρουσίασαν μια σειρά από ανεπάρκειες και τελικά τα μοντέλα αστικής δυναμικής αποτέλεσαν τον προθάλαμο για τα μοντέλα μικροπροσομοίωσης.
- Μοντέλα μικροπροσομοίωσης (Micro-simulation models): αυτή η κατηγορία μοντέλων κάνει χρήση ενός συνόλου υπολογιστικών αναλυτικών εργαλείων που εκτελούν λεπτομερή ανάλυση των δραστηριοτήτων επιδιώκοντας την προσομοίωση τους σε μικροσκοπικό επίπεδο. Εξετάζουν την αλληλεπίδραση μεμονομένων, αυτόνομων οντοτήτων που η μεταξύ τους αλληλεπίδραση εξαρτάται από τυχαιοποιημένες παραμέτρους οι οποίες αντιπροσωπεύουν μεμονωμένες προτιμήσεις και τάσεις. Ο μεγάλος όγκος δεδομένων, όμως που απαιτούν τα κατέστησε μη εφαρμόσιμα σε μεγάλο βαθμό. Το πιο γνωστό μοντέλο αυτής της κατηγορίας είναι το μοντέλο Dortmund (Wegener, 1985).
- Συστημικά μοντέλα (System models): τα μοντέλα αυτά αναφέρονται στα αστικά συστήματα με όρους ροών και αποθεμάτων δίνοντας ιδιαίτερο βάρος στην περιγραφή των πρώτων υλών, της πληροφορίας και της ενέργειας. Οι μεταβολές στο χρόνο αποτυπώνονται με διακριτά βήματα και αναδεικνύονται ανθρώπινες και οικολογικές αλληλεπιδράσεις. Κάποια συστημικά μοντέλα είναι των Forrester (1969) και Sanders (2004)(Gilber and Troitzch, 1999).
- Μοντέλα πρακτόρων και πολλαπλών πρακτόρων (Agent and Multi-Agents Models): κατηγορία υπολογιστικών μοντέλων που στοχεύει στην προσομοίωση των ενεργειών και των αλληλεπιδράσεων μέσω των αυτόνομων πρακτόρων, με στόχο την εξαγωγή αποτελεσμάτων για το σύνολο του συστήματος. Αυτόνομοι πράκτορες καλούνται μεμονωμένες ή συλλογικές οντότητες, όπως είναι οι οργανισμοί ή οι ομάδες. Τα μοντέλα αυτά αναπτύχθηκαν στα τέλη του 1940 αλλά εξαιτίας των υψηλών υπολογιστικών απαιτήσεων δεν κατέστη δυνατή η διάδοση τους έως το 1990. Η λογική της σχεδίασης των μοντέλων πολλαπλών πρακτόρων στηρίζεται στην αλληλεπίδραση των αυτόνομων πρακτόρων καθένας από τους οποίους έχει τις δικές τους ικανότητες και στόχους αλλά συσχετίζονται σε ένα κοινό περιβάλλον. Ο τύπος αυτός λειτουργεί κατά βάση με τις ίδιες αρχές με τα κυψελοειδή αυτόματα μοντέλα με τη διαφορά ότι στα μοντέλα πρακτόρων, οι πράκτορες είναι αυτόνομοι υπο την έννοια ότι έχουν την ικανότητα να προβαίνουν σε ανεξάρτητες δράσεις, οι οποίες ορίζονται μέσω της επιτυχίας των σκοπών και των στόχων ενώ η επίδραση τους στο περιβάλλον ορίζεται σε διάφορες κλίμακες. (Niazi, Muaz, Hussain and Amir, 2011).

- Μοντέλα κυψελοειδών αυτόματων (Cellular automata models): απλά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση πολύπλοκων συστημάτων. Κελιά ή πλέγμα κελιών αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω απλών κανόνων. Τα ΚΑ κάνουν για πρώτη φορά την εμφάνιση τους το 1980 και έκτοτε χρησιμοποιούνται ευρέως για την αστική μοντελοποίηση. Τα μοντέλα αυτά στοχεύουν στην μοντελοποίηση ανοιχτών, πολύπλοκων, αυτοοργανωμένων συστημάτων και εστιάζουν στην επίδραση που ασκούν οι τοπικές αποφάσεις στη δημιουργία παγκόσμιων προτύπων (Wu, 1998). Τα ΚΑ υλοποιούν τη μοντελοποίηση πολύπλοκων δυναμικών συστημάτων τα οποία απαρτίζονται από πλήθος μεμονομένων στοιχείων τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω μη γραμμικών συνδέσεων. Για το λόγο αυτό εφαρμόζεται ευρέως στη μελέτη αστικής ανάπτυξης (Clarke and Gaydos 1998, Clarke et.al.,1997).
- Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems): Ο όρος Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αναφέρεται σε κάθε σύστημα Η/Υ που έχει τη δυνατότητα να χειρίζεται γεωγραφικά δεδομένα. Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών έχει σαν κυρίαρχο στόχο τον χωρικό σχεδιασμό και διαθέτει τις δυνατότητες να αποθηκεύσει, να διαχειριστεί και να ενσωματώσει ένα μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων. Αποτελεί σημαντικό εργαλείο χωρικής ανάλυσης, με έμφαση στην χωρική διάσταση των στοιχείων και αποτελεί αποτελεσματικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, τη διαχείριση και το μετασχηματισμό μεγάλου όγκου στοιχείων με τέτοιο τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή σε όλους τους χρήστες. Η αστική μοντελοποίηση με τη χρήση ΓΣΠ αναπτύχθηκε κατά κύριο λόγο τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Το 1990 οι χρήστες ΓΣΠ και οι σχεδιαστές αστικών μοντέλων επιχείρησαν το συνδυασμό των δύο τεχνικών αναγνωρίζοντας ότι τα ΓΣΠ προσφέρουν νέες πλατφόρμες για τη διαχείριση και την οπτικοποίηση των δεδομένων (Nyerges, 1995). Οι μέθοδοι για τη σύνδεση των αστικών μοντέλων με τα ΓΣΠ διακρίνονται σε χαλαρές και δυνατές συνδέσεις. Η χαλαρή σύνδεση περιορίζεται στην εισαγωγή ή εξαγωγή κοινών δεδομένων που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο και το ΓΣΠ ενώ στις δυνατές συνδέσεις προστίθεται η λειτουργικότητα του ενός συστήματος στο άλλο, ενσωματώνοντας το μοντέλο εντός του ΓΣΠ και αντίστροφα (Batty and Xie, 1994). Πιο συγκεκριμένα, η σύνδεση μπορεί να επιτευχθεί α) με την ενσωμάτωση λειτουργιών ΓΣΠ εντός πακέτων αστικής μοντελοποίησης (Birkin et. al.,1996, Clarke, 1990), β) με τη χρήση τρίτων λογισμικών όπως το ArcGis Spatial Analyst Extension και τα πακέτα των TransCad γ) με τη συνεχή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των δύο συστημάτων (Clarke and Gaydos, 1998), δ) με τη χρήση προγραμματισμού (Batty and Xie, 1994)

3.3 Μοντέλα Πολλαπλών Πρακτόρων (ΜΠΠ)

3.3.1 Γενικά

Η μοντελοποίηση βάσει πρακτόρων (ΜΠΠ) είναι ένας τρόπος μοντελοποίησης στον οποίο οι οντότητες και η αλληλεπίδρασή μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους εκπροσωπούνται ρητά σε ένα πρόγραμμα ή ακόμα και σε μια άλλη φυσική οντότητα όπως ένα ρομπότ. Οι οντότητες που έχουν διαμορφωθεί είναι, για παράδειγμα, άνθρωποι, ζώα, ομάδες ή κύτταρα, αλλά μπορούν να μοντελοποιήσουν οντότητες που δεν έχουν φυσική βάση, αλλά είναι οντότητες που θεωρούνται ότι εκτελούν καθήκον όπως η συλλογή πληροφοριών ή η θεωρητική μοντελοποίηση της εξέλιξης της συνεργασίας.

Συνήθως, τα ΜΠΠ συσχετίζονται με ένα σχετικά πρόσφατο είδος προγραμματισμού που ονομάζεται αντικειμενοστραφής. Στις αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού όπως η Java, οι μέθοδοι ή οι διαδικασίες δεδομένων και προγραμματισμού ενθυλακώνονται σε αντικείμενα που μπορούν να χειριστούν τα δικά τους δεδομένα και να αλληλεπιδράσουν με άλλα αντικείμενα προγραμματισμού. Η ενθυλάκωση ή η ενοποίηση των προγραμμάτων ως αντικειμένων καθιστά την απεικόνιση οντοτήτων πραγματικού κόσμου όπως ανθρώπων ή κυττάρων διαισθητικά απεικονισμένων από αντικείμενα σε αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού. Για παράδειγμα, εάν αναπτύχθει ένα ΜΠΠ σχηματισμού ανθρώπινων ομάδων, ένα φυσικό σημείο εκκίνησης θα ήταν να οριστεί μια κλάση στην Java που ονομάζεται "Άνθρωποι". Θα διευκρινιστούν οι πληροφορίες που θα έπρεπε να έχουν οι "Άνθρωποι" και οι κανόνες για το πώς αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους.

Οι αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού έχουν ένα άλλο χαρακτηριστικό που διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη ΜΠΠ και αυτή είναι η κληρονομιά. Εάν οριστεί μια τάξη που ονομάζεται Άνθρωποι (Java), ίσως να υπάρχει η ανάγκη εισαγωγής κατηγοριών, αρσενικά και θηλυκά ή άτομα διαφορετικών ηλικιακών ομάδων. Αντί να οριστεί μια εντελώς νέα τάξη για το καθένα, δύναται να επεκταθεί η τάξη "Άνθρωποι" στις νέες τάξεις μέσω του μηχανισμού κληρονομιάς και καθορίζοντας ποια νέα δεδομένα και ποια λειτουργικότητα θα περάσει στις νέες τάξεις. Επομένως, η μοντελοποίηση που βασίζεται σε πράκτορα είναι ένα στυλ μοντελοποίησης που έχει ένα σχετικό στυλ προγραμματισμού, το οποίο είναι πολύ κατάλληλο για την εκπροσώπηση των ατόμων από αντικείμενα ως πράκτορες σε ένα πρόγραμμα.

Ωστόσο, η μοντελοποίηση βάσει πρακτόρων δεν περιορίζεται μόνο σε προγράμματα που μπορούν να προσομοιωθούν. Οι πράκτορες μπορούν, για παράδειγμα, να είναι επίσης ρομπότ. Το πεδίο αυτόνομης ρομποτικής είναι ένας υποτομέας μοντελοποίησης βασισμένου σε παράγοντα στον οποίο οι παράγοντες έχουν φυσική ενσωμάτωση.

Χαρακτηριστικά

- Τρόπος σκέψης: Τα ΜΠΠ είναι ένα στυλ μοντελοποίησης που έχει πειραματικές και μαθηματικές μορφές σκέψης. Ένας προγραμματιστής πρέπει να σκεφτεί σαν πειραματιστής επειδή οι προσομοιώσεις είναι σαν πειράματα πραγματικού κόσμου. Οι χρήστες πρέπει να καθορίζουν και να ελέγχουν προσεκτικά τις λεπτομέρειες των προσομοιώσεων (ή πειραμάτων με αυτόνομα ρομπότ), όπως η αρχική διάταξη παραγόντων, η δομή του περιβάλλοντος και οι χειρισμοί που θα γίνουν στους παράγοντες. Ο προγραμματιστής πρέπει επίσης να καθορίσει ποια δεδομένα συλλέγονται και πώς αναλύονται. Η εκτέλεση ενός μόνο πειράματος προσομοίωσης και η ανάλυση των αποτελεσμάτων, ωστόσο, τυπικά δεν αρκεί για την ακριβή ανάλυση ενός μοντέλου που βασίζεται σε παράγοντα.

Συχνά, τα ΜΠΠ έχουν τυχαία στοιχεία όπως η αρχική χωρική τοποθέτηση παραγόντων που λαμβάνουν αποφάσεις σύμφωνα με τις πιθανότητες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ίσως να χρειάζεται να τρέξουν πολλά πειράματα προσομοίωσης και να υπολογιστούν τουλάχιστον οι μέσοι όροι και οι διακυμάνσεις των δεδομένων που συλλέγονται. Αυτό είναι ένα μαθηματικό στυλ σκέψης. Εάν εκτελεστεί ένας μεγάλος αριθμός πειραμάτων προσομοίωσης με τις ίδιες τιμές παραμέτρων, τα συλλεχθέντα δεδομένα μπορεί να συγκλίνουν στις πραγματικές αναμενόμενες τιμές για το μοντέλο (αν και αυτό μπορεί να μην ισχύει για μοντέλα στα οποία εμφανίζεται ταλαντευόμενη ή χαοτική συμπεριφορά).

Ο μαθηματικός τρόπος σκέψης που απαιτείται για την εφαρμογή των ΜΠΠ επικεντρώνεται επίσης στον χαρακτηρισμό της συμπεριφοράς ενός μοντέλου στο χώρο των παραμέτρων. Τυπικά, οι μέθοδοι ανάλυσης δεν είναι διαθέσιμες για αυτόν τον τύπο ανάλυσης, γι' αυτό γίνονται υπολογιστικές αναλύσεις βίαιης δύναμης, εκτελώντας σύνολα πειραμάτων προσομοίωσης που διερευνούν συστηματικά διαφορετικά σημεία στο χώρο των παραμέτρων. Όπως και με τις περιγραφικές αναλύσεις, οι υπολογιστικές αναλύσεις βίαιης δύναμης μπορούν να καταδείξουν ποιες περιοχές του παραμετρικού χώρου παράγουν σταθερές, ταλαντευτικές ή χαοτικές λύσεις. Πολλές φορές, δεν είναι πρακτικό να διερευνάται συστηματικά ένας ολόκληρος χώρος παραμέτρων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, επιλέγεται ένα υποσύνολο χώρου παραμέτρων για την εξερεύνηση, ή μπορεί να εκτελεστεί αναζήτηση χώρου παραμέτρων για "καλές" λύσεις με τους γενετικούς αλγόριθμους βοήθειας.

- Πράκτορες: Η αντιπροσώπευση των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου ως πράκτορες σε ένα πρόγραμμα είναι ίσως το πιο χαρακτηριστικό χαρακτηριστικό των ΜΠΠ, αλλά και οι φυσικές παραλλαγές όπως τα φυσικά ρομπότ γίνονται όλο και πιο σημαντικές. Η μοντελοποίηση με ΜΠΠ απαιτεί να προσδιοριστούν οι πληροφορίες τις οποίες πρέπει να έχει μια οντότητα, πώς μπορεί να χειριστεί αυτές τις πληροφορίες, πώς αλληλεπιδρά με άλλα άτομα και το περιβάλλον της. Έτσι, οι μηχανισμοί για τον χειρισμό πληροφοριών σχετικά με τον κόσμο μπορούν να

περιλαμβάνουν αλγορίθμους μάθησης ή νευρωνικά δίκτυα. Από την πλευρά του προγραμματισμού, ορίζονται κατηγορίες παραγόντων, καθορίζοντας τους φορείς πληροφόρησης που χρειάζονται όσον αφορά τις δομές δεδομένων, μηχανισμούς για το πώς χειρίζονται τις πληροφορίες και κανόνες για τον τρόπο αλληλεπίδρασης μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους. Για παράδειγμα, ένας πράκτορας μπορεί να χρειαστεί να μάθει τις θέσεις όπου βρίσκεται το φαγητό. Το ποιες ενέργειες επιλέγει ένας πράκτορας μπορεί να είναι απλές αντιδράσεις σε άλλους παράγοντες ή χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος του. Οι πιο εξελιγμένοι γνωστικοί μηχανισμοί μπορούν επίσης να εφαρμοστούν σε ένα ΜΠΠ, όπως η μνήμη και τα κίνητρα. Για τη φυσική παράσταση ενός πράκτορα, δεν πρέπει μόνο να εξετάστούν τα πρώτα δύο ζητήματα, αλλά και οι φυσικές ιδιότητες του πράκτορα και του περιβάλλοντος του.

- Περιβάλλον: Σε ένα ΜΠΠ, οι οντότητες αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους. Το περιβάλλον χαρακτηρίζεται από χώρους όπου οι οντότητες δρουν και αλληλεπιδρούν. Για παράδειγμα, οι χώροι μπορεί να είναι διακριτοί, συνεχείς ή να χαρακτηρίζονται από δίκτυα. Ανάλογα με τη φύση του χώρου, πρέπει να οριστούν κανόνες για το πώς κινούνται ή / και αλληλεπιδρούν με άλλους παράγοντες. Ο καθορισμός περιβάλλοντος και χώρων για πράκτορες καθιστά απαραίτητη τη σαφήνεια σχετικά με τις υποθέσεις που γίνονται. Πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι οι πράκτορες κινούνται σε διακριτό χώρο τετραγωνικού πλέγματος όχι επειδή αντιπροσωπεύουν το φυσικό χώρο στον οποίο κινούνται οι οντότητες, αλλά επειδή τίποτα δεν χάνεται με την αντιπροσώπευση οντοτήτων με παράγοντες που αλληλεπιδρούν σε ένα διακριτό χώρο δύο διαστάσεων. Η επιλογή της χωρικής αναπαράστασης μπορεί να έχει ή να μην έχει σημασία, ωστόσο πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπ'όψιν ότι οι υποθέσεις μπορεί να οδηγήσουν σε σφάλματα ή προκατάληψη.
- Υποθέσεις: Όλα τα μοντέλα περιλαμβάνουν υποθέσεις. Όλες οι υποθέσεις που γίνονται είναι κατά κάποιο τρόπο ψευδείς (Wimsatt, 1987), και όμως ορισμένες υποθέσεις έχουν μεγαλύτερη σημασία από άλλες. Η τέχνη είναι να βρεθούν αυτές οι υποθέσεις που εισάγουν σχετικά μικρή προκατάληψη και λάθη. Σε πολλές περιπτώσεις, η αναπαράσταση τρισδιάστατων οντοτήτων που κινούνται σε ένα συνεχή διάστημα μπορεί να αντιπροσωπεύεται επαρκώς από οντότητες που κινούνται σε δισδιάστατο διακριτό χώρο. Το πρόβλημα είναι ότι δεν υπάρχουν γενικοί κανόνες για το ποιες υποθέσεις είναι σχετικά αβλαβείς και ποιες όχι.

Το ΜΠΠ επιβάλλει να υπάρχει σαφήνεια για τις υποθέσεις που γίνονται (είτε προγραμματισμό, μαθηματικά ή φυσικά). Έτσι, η διαδικασία διαμόρφωσης ενός ΜΠΠ για ένα φαινόμενο ή ένα πρόβλημα - για το οποίο υπάρχει το πολύ μια λεκτική θεωρία, όχι μόνο απαιτεί ακρίβεια, αλλά και αποκαλύπτει τις μυριάδες των αποφάσεων που προκύπτουν από τις υποθέσεις που γίνονται για την εφαρμογή ενός ΜΠΠ.

- Επεξήγηση και πρόβλεψη: Το ΜΠΠ προσφέρει μια πιο ποσοτική, θεωρητική και μηχανιστική προσέγγιση στην εξήγηση και την πρόβλεψη απ' ό,τι συνήθως συναντάται στις έρευνες συμπεριφοράς. Στην ψυχολογία, για παράδειγμα, η θεωρία είναι σε μεγάλο βαθμό ποιοτική και λεκτική. Οι στατιστικές αναλύσεις στοχεύουν στην α) δοκιμή πιθανολογούμενης αύξησης ή μείωσης μιας ανεξάρτητης μεταβλητής σε σχέση με μια μηδενική τιμή ή β) εύρεσης στατιστικών σχέσεων μεταξύ μιας ή περισσοτέρων μεταβλητών. Τα αποτελέσματα μεμονωμένων μελετών στη συνέχεια υφαίνονται σε λεκτικούς μηχανιστικούς απολογισμού για το πώς τα διάφορα συστατικά και οι παράγοντες προκαλούν τα φαινόμενα ενδιαφέροντος. Το πρόβλημα είναι ότι οι λεκτικές θεωρίες είναι ασαφείς και παράγουν προβλέψεις που στην καλύτερη περίπτωση προβλέπουν αν μια μεταβλητή θα πρέπει να αυξηθεί ή να μειωθεί. Οι λεκτικές θεωρίες, γενικά δεν είναι δυνατόν να προβλέψουν τη συμπεριφορά ενός συστήματος με την πάροδο του χρόνου, ιδιαίτερα τις νέες συμπεριφορές που προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις των στοιχείων ή τμημάτων ενός συστήματος. Τέλος, οι λεκτικές θεωρίες που βρίσκουμε στα άρθρα ανασκόπησης, οι εισαγωγές και τα συμπεράσματα των ερευνητικών άρθρων βασίζονται σε μελέτες που διεξάγονται από διαφορετικούς ερευνητές σε διαφορετικούς χρόνους και τόπους. Κάθε μία από αυτές τις μελέτες διαφέρει σε υποθέσεις και συνθήκες. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει η πληροφορία - χωρίς τον καθορισμό ποσοτικού μηχανισμού - εάν οι προτεινόμενες προφορικές εξηγήσεις ή προβλέψεις αποτελούν ένα συνεκτικό θεωρητικό λογαριασμό. Η διατύπωση ενός θεωρητικού λογαριασμού ως μαθηματικού ή υπολογιστικού μοντέλου ωθεί στον επακριβή προσδιορισμό των προτεινόμενων σχέσεων μεταξύ παραγόντων ή συστατικών. Έτσι, τα ΜΠΠ, όταν εφαρμόζονται στις πιο εμπειρικές επιστήμες, παρέχουν ένα σύνολο εργαλείων έτσι ώστε να μετατραπούν οι λεκτικές θεωρίες περίπλοκων μηχανισμών σε ακριβή και συγκεκριμένα μοντέλα που μπορούν να δημιουργήσουν προβλέψεις και εξηγήσεις, πολλές από τις οποίες αναδύονται.
- Ένα θεμελιώδες όφελος των ΜΠΠ είναι η ανακάλυψη και η εξήγηση της αναδυόμενης συμπεριφοράς (αυτό είναι αληθές αν οι πράκτορες είναι εικονικοί ή φυσικοί ή έχουν σκοπό να αντιπροσωπεύσουν το άτομο στον κόσμο). Οι νεοεμφανιζόμενες συμπεριφορές ή τα χαρακτηριστικά σύνθετων συστημάτων είναι πρότυπα που δημιουργούνται από τις αλληλεπιδράσεις των συστατικών ενός συστήματος. Η επερχόμενη συμπεριφορά είναι πανταχού παρούσα σε βιολογικά συστήματα. Η διαδικασία ανάπτυξης σε πολυκύτταρους οργανισμούς είναι μια διαδικασία σχηματισμού προτύπου στην οποία όλο και πιο σύνθετα μοτίβα εξέρχονται από προηγούμενα μοτίβα που προέκυψαν από φυσικές και χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κυττάρων. Η εμφάνιση είναι πανταχού παρούσα σε ομάδες ζώων που κυμαίνονται από την συσσώρευση πτηνών, την εκπαίδευση των ψαριών μέχρι τους τερμίτες οικοδόμησης κιβωτίων και τον σχηματισμό γυμνοστοιχιών του *Dictyostelium discoideum*. Τα ΜΠΠ παρέχουν ένα σύνολο εργαλείων τόσο για την ανεύρεση αναδυόμενης συμπεριφοράς όσο και για την κατανόησή της όσον αφορά τις αλληλεπιδράσεις των στοιχείων.

Τα ΜΠΠ προσφέρουν στις επιστήμες συμπεριφοράς ένα υπολογιστικό εργαλείο για την ανάπτυξη ακριβών και συγκεκριμένων μοντέλων για το πώς αλληλεπιδρούν τα άτομα και για την ανακάλυψη προτύπων συμπεριφοράς και οργάνωσης που προκύπτουν από αυτές τις αλληλεπιδράσεις. Αντί να στηρίζονται σε λεκτικές, ποιοτικές θεωρίες, παρέχεται τώρα η δυνατότητα οικοδόμησης ΜΠΠ των προς μελέτη φαινομένων, ώστε να είναι πιο εύκολη η εξήγηση και η κατανόηση τους.

3.3.2 GAMA PLATFORM

Τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στη χρήση μοντέλων πολλαπλών πρακτόρων (ΜΠΠ) σε διάφορους επιστημονικούς και εφαρμοστικούς τομείς. Μερικές από αυτές τις εφαρμογές, που βασίζονται σε μεγάλα σύνολα δεδομένων, καθίστανται ολοένα και πιο απαιτητικές όσον αφορά την αναπαράσταση, την προσομοίωση και την ερμηνεία σύνθετων μοντέλων. Η κλασική προσέγγιση KISS ("Keep it simple, stupid") φάνηκε να είναι κατάλληλη στα πρώτα χρόνια εφαρμογής των ΜΠΠ, η πρόσφατη αυτή τάση, η οποία για παράδειγμα περιλαμβάνει εξελίξεις σε σοβαρά παιχνίδια ή ολοκληρωμένα μοντέλα, απαιτεί την ικανότητα σχεδιασμού και διαχείρισης πιο περιγραφικών και λεπτομερών μοντέλων.

Η προσέγγιση KISS έχει γεννήσει μια πληθώρα μικρού μεγέθους, ως επί το πλείστον θεωρητικών μοντέλων παιχνιδιών τα οποία, αν και είναι κατάλληλα για εκπαιδευτικούς σκοπούς, είχαν το παράδοξο αποτέλεσμα της καθιέρωσης των ΜΠΠ ως γενικής προσέγγισης σύνθετων συστημάτων μοντελοποίησης, ενώ συγχρόνως εξάλειψαν τους λόγους για τους οποίους οι άνθρωποι ήθελαν να τα υιοθετήσουν, σε πρώτο χρόνο. Η δημιουργία πολύπλοκων μοντέλων δεδομένων στη NetLogo είναι ένα δύσκολο έργο και γίνεται ακόμη πιο δύσκολο όταν πρέπει να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές πηγές δεδομένων σε διαφορετικά επίπεδα. Η ερμηνεία αυτών των μοντέλων είναι επίσης πολύ κουραστική, δεδομένης της έλλειψης ευελιξίας που προσφέρουν οι υπάρχουσες πλατφόρμες στην απεικόνιση και την παραμετροποίηση των μοντέλων.

Ενώ ορισμένες προσπάθειες επιχείρησαν να ξεπεράσουν αυτούς τους περιορισμούς (π.χ. Repast, Mason), απέτυχαν μέχρι τώρα να προτείνουν αξιόπιστη εναλλακτική λύση των πλατφορμών μοντελοποίησης. Η Repast, για παράδειγμα, είναι περισσότερο ένα καλά σχεδιασμένο κουτί εργαλείων από μια πλατφόρμα, δεδομένου ότι απαιτεί οι μοντελιστές να γνωρίζουν πολύ καλό προγραμματισμό σε Java.

Επιπλέον, αυτές οι προτάσεις υπολείπονται ως πλατφόρμες προσομοίωσης, σε ότι αφορά το σχεδιασμό εικονικών πειραμάτων, που συνδυάζουν την εύκολη παραμετροποίηση και την υψηλή τεχνολογία. Η διαδραστική απεικόνιση επιπέδου είναι τόσο περίπλοκη όσο η κατασκευή του ίδιου του μοντέλου και απαιτεί τη χρήση πολλών εξωτερικών εργαλείων.

Η πλατφόρμα μοντέλων και προσομοίωσης GAMA, που αναπτύχθηκε από το 2007 ως έργο ανοιχτού κώδικα, στοχεύει στην αντιμετώπιση αυτών των ελλείψεων με την παροχή στους μοντελιστές- που δεν είναι, κατά το πλείστον, προγραμματιστές- εργαλείων για να αναπτύξουν και να πειραματιστούν με ιδιαίτερα πολύπλοκα μοντέλα μέσω μιας καλά σχεδιασμένης πλατφόρμας που προσφέρει τη δυνατότητα προγραμματισμού με βάση πράκτορες, διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων, ευέλικτης απεικόνισης και πολυεπίπεδης εκπροσώπησης.

Η GAMA παρέχει μια πλήρη γλώσσα μοντελοποίησης (Γλώσσα Μοντελοποίησης Γλώσσας) και ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης που επιτρέπει στους κατασκευαστές μοντέλων να δημιουργούν μοντέλα γρήγορα και εύκολα, όπως στη NetLogo, ενώ υπερβαίνει τα όρια του Repast ή του Mason από την άποψη των προσομοιωμένων πειραμάτων. Αυτή τη στιγμή εφαρμόζεται σε πολλά έργα περιβαλλοντικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, αστικό σχεδιασμό, τη βιολογική εισβολή, την προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος ή τον μετριασμό των καταστροφών.

3.3.3 Μετα-Μοντέλο της GAMA

Οι έννοιες και η λειτουργική σημασιολογία της GAMA περιγράφονται πλήρως σε ένα μετα-μοντέλο από το οποίο προκύπτει κάθε μοντέλο που είναι γραμμένο στη γλώσσα. Αυτό το μετα-μοντέλο υποστηρίζει την ανάπτυξη μοντέλων πολλαπλών πρακτόρων λαμβάνοντας υπόψιν τρία σύνολα αφηρημένων κλάσεων που αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα τις οντότητες, τον χώρο και το χρόνο ενός μοντέλου.

Η αναπαράσταση των **Οντοτήτων** περιγράφεται από δύο κύριες κατηγορίες:

- Ο πράκτορας αντιπροσωπεύει μια μεμονωμένη οντότητα μιας προσομοίωσης, η οποία είναι σχεδιασμένη παρόμοια με ένα αντικείμενο σε μια αντικειμενοστρεφή γλώσσα. Αντιπροσωπεύει μια προσομοιωμένη οντότητα στην προσομοίωση.
- Ο πληθυσμός αντιπροσωπεύει μια ομάδα παραγόντων που μοιράζονται την ίδια δομή και συμπεριφορά σε μια προσομοίωση. Ο πληθυσμός είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση των πρακτόρων από τους οποίους αποτελείται.

Η αναπαράσταση του **Χώρου** ενός μοντέλου συνδέεται στενά με τις δύο προαναφερθείσες κλάσεις ενώ παράλληλα υποστηρίζεται από δύο επιπλέον:

- Η γεωμετρία είναι, όπως υποδηλώνει το όνομά της, ένα γεωμετρικό σχήμα (υποστηρίζεται από τη Βιβλιοθήκη της Java, JTS) η οποία αντιπροσωπεύει την ενσωμάτωση ενός παράγοντα στο περιβάλλον. Είναι αυστηρά συνδεδεμένο με έναν και μόνο έναν πράκτορα.
- Η τοπολογία προορίζεται να αντιπροσωπεύει αυτό το περιβάλλον. Παρέχει μια αναφορά όπου υπάρχουν γεωμετρικές, επιβάλλεται μια προαιρετική οργάνωση σε αυτές τις γεωμετρικές και σε

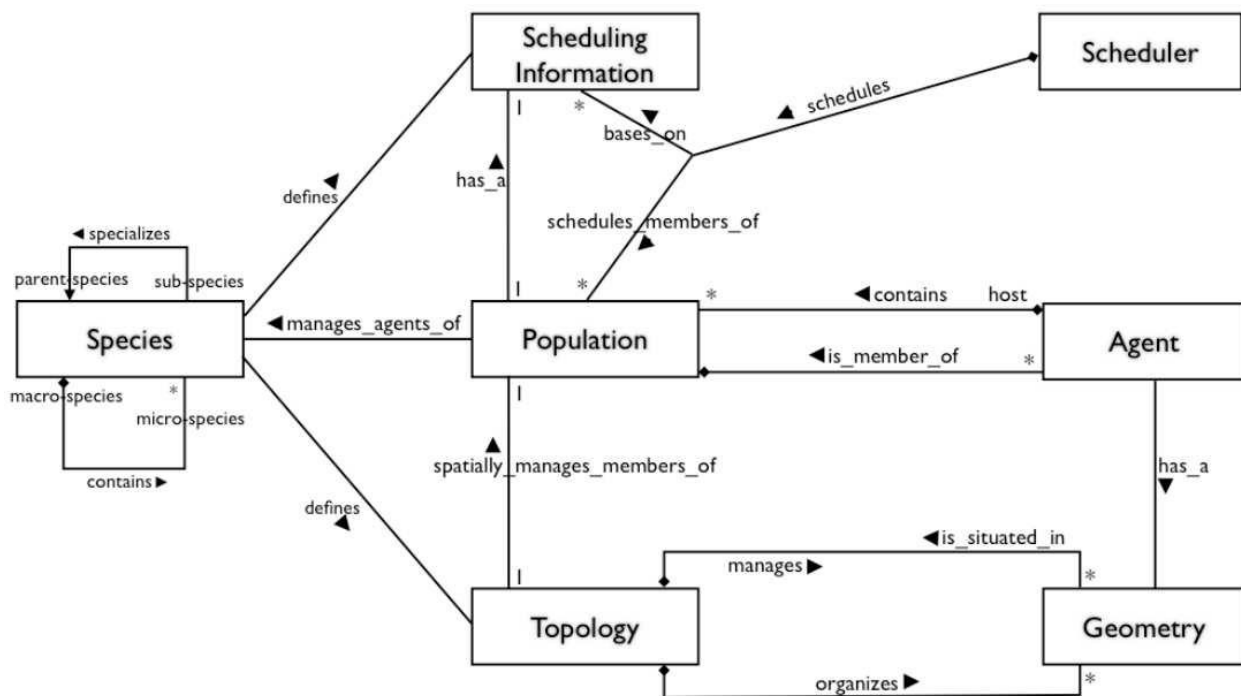
ένα σύνολο λειτουργιών που υποστηρίζουν την αντίληψη και τις κινήσεις παραγόντων. Μια τοπολογία συνδέεται με έναν πληθυσμό.

Η αναπαράσταση του **Χρόνου** χρησιμοποιεί, παρομοίως, μια κλάση που συνδέεται με τον παράγοντα και μια άλλη που συνδέεται με τον Πληθυσμό (Πληροφορίες Χρονοπρογραμματισμού και Προγραμματισμού).

Αυτά τα τρία επίπεδα εκπροσώπησης (οντότητες, χώρος και χρόνος) συνδέονται μεταξύ τους μέσω της τελευταίας τάξης του μετα-μοντέλου: Το είδος. Ένα είδος, όπως μια τάξη μέσα στην OOP, ορίζει τα χαρακτηριστικά, τις γεωμετρίες και τις συμπεριφορές που είναι κοινές σε όλους τους παράγοντες του πληθυσμού, αλλά επίσης καθορίζει την τοπολογία και τον προγραμματισμό αυτού του πληθυσμού.

Το πιο σημαντικό είναι πως οι περιορισμένες σχέσεις μεταξύ των ειδών επιτρέπουν η ιεραρχική δομή των πρακτόρων με ένα πολύ φυσικό τρόπο, θεωρώντας ένα υποσύνολο ειδών ενός συνόλου ειδών S ως αντίγραφο των υποπρακτόρων των πρακτόρων όπως για παράδειγμα του συνόλου S .

Η GAMA βασίζεται εξ ολοκλήρου σε αυτό το μετα μοντέλο (Εικόνα 3.5) για μοντελοποίηση. Το πρώτο επίπεδο (το ίδιο το μοντέλο) περιγράφει την παγκόσμια τοπολογία του μοντέλου, τον προγραμματισμό του, τις παραμέτρους του και τις καθολικές συμπεριφορές του και τους παράγοντες του που ορίζονται από τον γράφει ο προγραμματιστής. Επιπλέον κάθε παράγοντας μπορεί να γίνει ο οικοδεσπότης των ένθετων πληθυσμών, όσο ο τύπος του περιέχει τα (μικρο) είδη που τον περιγράφουν. Όλοι αυτοί οι πληθυσμοί μπορούν να υφίστανται με τον ορισμό του είδους τους, με τη δική τους χωροχρόνικη κλίμακα, χαρακτηριστικά τα οποία δεν περιορίζονται απαραίτητως από τους περιορισμούς της ιεραρχίας (πχ.η τοπολογία ενός πληθυσμού μικρο-παραγόντων μπορεί για παράδειγμα να θέσει όρια μεγαλύτερα από αυτά που ορίζονται στον πληθυσμό υποδοχής). Ο ορισμός αυτός υποστηρίζει επίσης την περιγραφή των κοινών πλαισίων μεταξύ μακροοικονομικών και μικροοικονομικών πρακτόρων ως τρόπος έκφρασης δυναμικών σχέσεων και μεταφοράς δεδομένων μεταξύ επιπέδων. Επιπλέον, η λειτουργία μορφογένεσης, επιτρέπει στους παράγοντες να αλλάξουν είδη κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, τα είδη ενοικίασης και τα είδη-στόχοι συνδέονται με μια σχέση εφαρμογής, που τους επιτρέπει να εκπροσωπούνται σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης.



Εικόνα 3.5: Μετα-μοντέλο της GAMA

3.3.4 Χαρακτηριστικά της GAMA

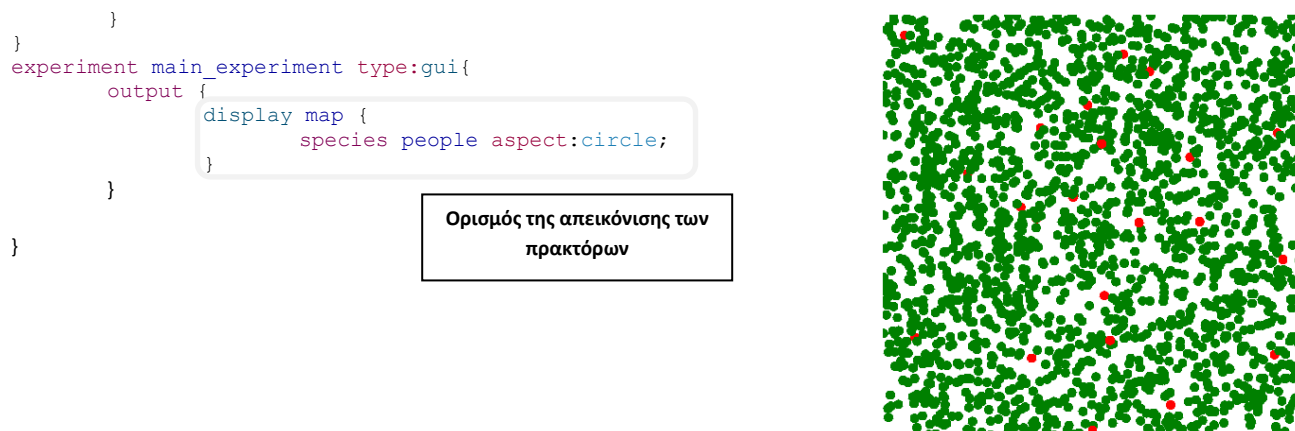
1. Γλώσσα προγραμματισμού GAML: προκειμένου να διευκολυνθεί η δουλειά των μοντελιστών η GAMA παρέχει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης IDE (Integrated Development Environment) το οποίο υποστηρίζει τον ορισμό μοντέλων. Συγκεκριμένα το περιβάλλον αυτό βασίζεται στο Eclipse Xtext, παρέχει σύγχρονα χαρακτηριστικά όπως αυτόματη συμπλήρωση, αυτόματη μεταγλώττιση, γρήγορες διορθώσεις, χρωματισμό κειμένου. Οι μοντελιστές καθορίζουν τα μοντέλα τους χρησιμοποιώντας τη γλώσσα GAML. Το όφελος από την παροχή της γλώσσας αυτής, DSL (Domain Specific Language), που αποκομίζουν οι χρήστες είναι η διευκόλυνση στον ορισμό των μοντέλων. Πράγματι η GAML είναι μια γλώσσα προγραμματισμού πολύ φιλική προς τους χρήστες καθώς δεν απαιτεί υψηλό επίπεδο γνώσεων προγραμματισμού.

Πρόκειται για μια αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού. Οι σχεδιαστές ορίζουν είδη παραγόντων, δηλ.αρχέτυπο των παραγόντων, τα χαρακτηριστικά τους, τις συμπεριφορές και τις πτυχές τους. Είναι γλώσσα σαφώς ορισμένη, οι μεταβλητές (στατικές ή δυναμικές) πρέπει να δηλωθούν. Οι συμπεριφορές των παραγόντων καθορίζονται μέσω ενεργειών και αντανακλαστικών. Μια ενέργεια είναι ένα μπλοκ οδηγιών που εκτελείται όταν καλείται η ενέργεια. Ένα αντανακλαστικό είναι επίσης ένα μπλοκ εντολών που εκτελούνται σε κάθε στάδιο προσομοίωσης ή όταν η προαιρετική δηλωμένη συνθήκη είναι αληθής. Η πτυχή αντιπροσωπεύει τον τρόπο εμφάνισης ενός παράγοντα. Είναι δυνατόν

να ορίσουμε όσες πτυχές όπως είναι απαραίτητο. Ο πλούτος της GAML προέρχεται από τους πολυάριθμους βελτιστοποιημένους χειριστές εκμετάλλευσης που αφορούν γεωμετρίες, δοχεία, στατιστικές και γραφήματα. Παρακάτω δίνεται ένα παράδειγμα ενός απλού επιδημιολογικού ορισμού μοντέλου SI (Σχήμα 3.1).

Σε αυτό το μοντέλο, ορίζεται ένα είδος παραγόντων που ονομάζονται "Ανθρωποι". Αυτό το είδος έχει την ικανότητα της κίνησης που παρέχει μερικές ενσωματωμένες μεταβλητές (ταχύτητα, κατεύθυνση κ.λπ.) και μερικές θεμελιακές (περιπλάνηση, εστίαση κ.λπ.). Επαναπροσδιορίζουμε την μεταβλητή ταχύτητα προκειμένου να καθοριστεί η τιμή της σε μια τυχαία τιμή μεταξύ 5 και 10. Το είδος "Ανθρωποι" έχει και μια άλλη μεταβλητή που ονομάζεται "μολυσμένο" που είναι τύπου boolean αρχικοποιημένη με την τιμή "Αληθές" με πιθανότητα 0,01. Έχει δύο αντανακλαστικά: "Κίνηση" και "Μόλυνση". Το αντανακλαστικό της Κίνησης που ενεργοποιείται σε κάθε κύκλο προσομοίωσης συνίσταται σε μια τυχαία κίνηση: ο παράγοντας χρησιμοποιεί την ικανότητα της περιπλάνησης, θεμελιακή μεταβλητή της ικανότητας της κίνησης, για να μετακινηθεί σε τυχαία κατεύθυνση ταχύτητα που δίνεται από την τιμή της μεταβλητής ταχύτητας. Το αντανακλαστικό μόλυνσης ενεργοποιείται μόνο όταν ο παράγοντας έχει μολυνθεί. Συνίσταται στην προσπάθεια να μολύνει κάθε παράγοντα ανθρώπων που είναι σε απόσταση μικρότερη ή ίση με 10 μέτρα με πιθανότητα 0,01. Το είδος των Ανθρώπων έχει μια πτυχή που θα επιτρέψει την εμφάνιση των Ανθρώπων-πράκτορες σε κύκλο ακτίνας 5m. Το χρώμα θα εξαρτηθεί από τη μεταβλητή Μόλυνση: εάν ο παράγοντας είναι μολυσμένος, το χρώμα του θα είναι κόκκινο, διαφορετικά πράσινο. Κατά την εκκίνηση του μοντέλου, το περιβάλλον του κόσμου αρχικοποιείται ως τετράγωνο 500m x 500m και 1000 πράκτορες (με τυχαία θέση). Η έξοδος του κύριου πειράματος που είναι στην οθόνη ονομάζεται χάρτη όπου μπορούν να εμφανιστούν πανιστούν όλοι οι πράκτορες που έχουν δημιουργηθεί.





Σχήμα 3.1 Απλός ορισμός μοντέλου

2. Ενσωμάτωση ΓΣΠ (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών): Η ενσωμάτωση των ΓΣΠ είναι η ψηφιακή αναπαράσταση τοπίων τα οποία έχουν αποτυπωθεί από κάμερες, ψηφιοποιητές και σαρωτές. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιστημονική έρευνα, διαχείριση πόρων και αναπτυξιακά πλάνα. Με ιδιότητες όπως η τοποθεσία, τα χαρακτηριστικά, οι χωρικές σχέσεις, τα ΓΣΠ παρουσιάζουν ένα λεξιλόγιο το οποίο είναι αρκετά συγγενικό με αυτό που χρησιμοποιείται στα μοντέλα πολλαπλών πρακτόρων.

Πολλά πρόσφατα μοντέλα βασίζονται σε δεδομένα ΓΣΠ επιτρέποντας τους να αποκτήσουν ρεαλισμό. Εάν οι περισσότερες σύγχρονες πλατφόρμες προσομοίωσης επιτρέπουν την ανάγνωση / εγγραφή δεδομένων ΓΣΠ ωστόσο λίγες εξυπηρετούν γεωμετρία vector (διανυσματική) μορφής. Ένας ακόμη περιορισμός που συναντάμε στις σύγχρονες πλατφόρμες είναι πως δεν επιτρέπουν τον ορισμό πολλαπλών περιβάλλοντων με διαφορετική τοπολογία. Συνήθως, για μερικά σύνθετα μοντέλα, είναι απαραίτητο να ορίσουμε διαφορετικά περιβάλλοντα όπως ένα συνεχές, για την ενσωμάτωση διανυσματικών δεδομένων ή διαφόρων δεδομένων raster με διαφορετικές αναλύσεις και τελικά διάφορα περιβάλλοντα γραφικών που αντιπροσωπεύουν διαφορετικό επίπεδο αλληλεπίδρασης εντός του μοντέλου.

Η GAMA επιτρέπει τον καθορισμό όσων περιβαλλόντων είναι απαραίτητο. Τα συγχρονίζει όλα χρησιμοποιώντας ένα συνεχές περιβάλλον αναφοράς. Παρέχει επίσης μια γεωμετρία σε κάθε πράκτορα. Αυτή η γεωμετρία που είναι βασισμένη στη διανυσματική αναπαράσταση μπορεί να είναι απλή (σημείο, πολυγραμμή ή πολύγωνο) ή πολύπλοκη (αποτελούμενη από αρκετές υπογεωμετρίες). Μπορεί να οριστεί από τον χρήστη χρησιμοποιώντας μια λίστα σημείων ή από προκαθορισμένα γραφικά θεμελιακά στοιχεία. Εναλλακτικά μπορεί να φορωθεί απευθείας από ένα shapefile, ένα raster ή mesh αρχείο δεδομένων. Πράγματι, το GAMA επιτρέπει τη χρήση γεωγραφικών διανυσματικών δεδομένων για τη δημιουργία πρακτόρων, κάθε αντικείμενο των γεωγραφικών δεδομένων θα

χρησιμοποιηθεί αυτόματα για την παράσταση ενός πράκτορα, η GAMA φροντίζει για τη διαχείριση της χωρικής προβολής των δεδομένων και αν είναι αναγκαίο και την ανάγνωση των χαρακτηριστικών τους.

Εν συνεχεία παρουσιάζεται ένα τέτοιο παράδειγμα (Σχήμα 3.2) στο οποίο δημιουργούνται πράκτορες δρόμων και κτιρίων από τα shapfile. Κάθε αντικείμενο του shapfile γίνεται έπειτα ένας πράκτορας: ένας πράκτορας για το shapfile των δρόμων και ένας πράκτορας για το shapfile των κτιρίων. Κατά την εκκίνηση, οι άνθρωποι είναι πράκτορες που βρίσκονται σε έναν από τους πράκτορες-κτίρια με τυχαία επιλογή.

Η GAMA παρέχει επίσης πολλά προηγμένα χωρικά εργαλεία (χωρικά ερωτήματα, ένωση, διαφορά, διασταύρωση) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα μέσω της GAML. Η GAMA παρέχει επίσης υψηλού επιπέδου χωρικές διαδικασίες όπως είναι ο τριγωνισμός πολυγώνων, δημιουργία γραφήματος από ένα σύνολο σημείων, γραμμών ή πολυγώνων. Επιπλέον πολλοί φορείς και θεμελιακά στοιχεία με την ικανότητα της κίνησης, έχουν τη δυνατότητα να μετακινούν διαφανώς πράκτορες πάνω σε ένα κανναβο, ένα γράφημα ή σε ένα συνεχές περιβάλλον.

Παρακάτω παρατίθεται μια επέκταση του προηγούμενου μοντέλου στην οποία έχει δημιουργηθεί ένα γράφημα από τα shapfiles των δρόμων και των κτιρίων και οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το γράφημα για να κινούνται από κτίριο σε κτίριο (ένα νέο κτίριο-στόχος δημιουργείται κάθε φορά που οι πράκτορες-άνθρωποι εγκαταλείπουν ένα κτίριο)

```

global {
  file roads_shapefile <- file("../includes/road.shp");
  file buildings_shapefile <- file("../includes/building.shp");
  geometry shape <- envelope(roads_shapefile);

  init {
    create roads from: roads_shapefile;
    create buildings from: buildings_shapefile;
    create people number:1000 {
      location <- any_location_in(one_of(buildings));
      target <- any_location_in(one_of(buildings));
    }
  }

  species roads {
    aspect geom {
      draw shape color: rgb("black");
    }
  }

  species buildings {
    aspect geom {
      draw shape color: rgb("gray");
    }
  }

  experiment main_experiment type:gui{
    output {
      display map {
        species roads aspect:geom;
        species buildings aspect:geom;
      }
    }
  }
}
    
```

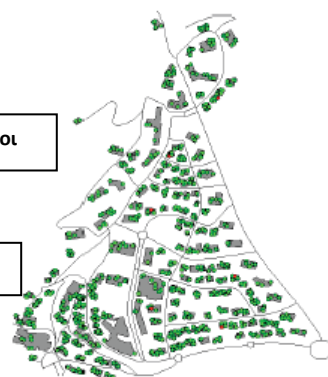
Ορισμός των shapfiles των δρόμων και των κτιρίων και ορισμός της γεωμετρίας του περιβάλλοντος.

Δημιουργία των πρακτόρων των δρόμων και των κτιρίων από τα αντίστοιχα shapfiles

Ορισμός των ειδών δρόμοι

Ορισμός των ειδών-κτίρια

Τοποθέτηση των πρακτόρων στον παραγόμενο χάρτη



```

    species people aspect:circle;
}
}
}

```

Σχήμα 3.2 Δημιουργία πρακτόρων από shapefiles

3. Εργαλεία οπτικοποίησης: Με την πρόοδο στα γραφικά των υπολογιστών και τη διαθεσιμότητα μεγάλης κλίμακας δεδομένων, η κοινότητα ΜΠΠ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καλύτερη κατανόηση των πολύπλοκων συστημάτων χρησιμοποιώντας υψηλού επιπέδου αναπαράσταση. Οι διαθέσιμες τεχνικές για την απεικόνιση της εκτέλεσης του μοντέλου ενισχύουν την ικανότητα να ερμηνεύεις, κατανόησης και εξερεύνησης ενός μοντέλου, ιδίως για την εξαγωγή δεδομένων ή ανάδειξης δυναμικών. Η απεικόνιση είναι, σε πολλές περιπτώσεις, ο μόνος τρόπος για να κατανοηθεί και να μελετηθεί ένα μοντέλο που δεν μπορεί να εκφραστεί με εξισώσεις.

Στις ήδη υπάρχουσες πλατφόρμες, υπάρχουν γλώσσες και εργαλεία οπτικοποίησης αλλά οι περισσότερες από αυτές δεν διαθέτουν τεχνικές για την οικοδόμηση, παρατήρηση και αλληλεπίδραση με τα μοντέλα. Αυτές οι πλατφόρμες παραμένουν επικεντρωμένες στην αντιπροσώπευση των πρακτόρων. Αυτές οι πλατφόρμες παραμένουν επικεντρωμένες στην αντιπροσώπευση των πρακτόρων και δεν προτείνουν αφαίρεση και πολυεπίπεδη αναπαράσταση ή μόνο χρησιμοποιώντας ad-hoc λύσεις, χαλαρή σύζευξη ή μετα-προσομοίωση που είναι δεν έχει ακόμη τυποποιηθεί. Ωστόσο, εάν κάποια τυποποιημένη κατηγορία των ΜΠΠ αναδεικνύουν και δίνουν κατευθυντήριες γραμμές για μια καλύτερη αναπαράσταση των μοντέλων πολλαπλών πρακτόρων μόνο λίγες πλατφόρμες προτείνουν ενσωματωμένα εργαλεία οπτικοποίησης που λειτουργούν σε απευθείας σύνδεση και υπηρετούν ως ανατροφοδότες ή δείκτες κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Στην πραγματικότητα, η 3D ενσωμάτωση στα ΜΠΠ μπορεί να επιτευχθεί μόνο με δύο τρόπους. Το πρώτο είναι χαλαρή σύζευξη μεταξύ μιας πλατφόρμας ΜΠΠ και ενός εργαλείου 3D απεικόνισης. Το δεύτερο είναι να δημιουργηθεί ένα μοντέλο πρακτόρων σε 3D animation πακέτα όπου το μοντέλο αναπτύσσεται μέσα σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον όπως μια μηχανή παιχνιδιών για εισαγωγή και χειρισμό τρισδιάστατων δεδομένων και η συμπεριφορά του πράκτορα ορίζεται χρησιμοποιώντας άλλες γλώσσες προγραμματισμού (Grignard, A., Drogoul, A., Zucker, J.D., 2013).

Στη GAMA το 3D είναι πλήρως ενσωματωμένο στο μοντέλο με μια συγκεκριμένη γλώσσα που χειρίζεται υψηλού επιπέδου αναπαράσταση. Η βιβλιοθήκη για 3D απεικόνιση στη GAMA 1.6 χρησιμοποιεί OpenGL via the Java Binding for the OpenGL (JOGL) της βιβλιοθήκης API. Η GAMA προσφέρει ένα γενικό πλαίσιο για τον διαχωρισμό της οπτικής αναπαράστασης του μοντέλου από το βασικό μοντέλο, επιτρέποντας διαφορετικές οπτικές αναπαραστάσεις σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης, και εξασφαλίζει ότι η μια προσομοίωση και η αλληλεπίδραση σε μια προσομοίωση είναι ανεξάρτητες διαδικασίες που δεν μεταβάλλουν το ίδιο το μοντέλο αναφοράς.

Η γλώσσα GAML επιτρέπει να οριστούν συγκεκριμένες πτυχές με λειτουργίες όπως η επανάληψη, η διαμόρφωση, η επανεμφάνιση για τον ορισμό των γραφικών θεμελιωδών. Επομένως, οι παράγοντες

συνδέονται με συγκεκριμένη όψη και στρώματα για τον προσδιορισμό της θέσης και της αναπαράστασης της οθόνης. Ο πράκτορας μπορεί να εμφανιστεί ταυτόχρονα σε μια ποικιλία τοπολογιών (συνεχής, δίκτυο, πλέγμα). Η GAMA επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργήσει εύκολα μια ποικιλία από γεωμετρικά προσαρμοσμένα σχήματα, εισαγωγή και εξαγωγή κλιμακωτής γεωμετρίας γραφικών διανυσμάτων, εικόνων, αρχείων GIS και τρισδιάστατων στοιχείων. Οι γεωμετρικές λειτουργίες μπορούν επίσης να εκτελεστούν στη γεωμετρία του παράγοντα για να συνδυαστούν με τη χρήση χωρικών χειριστών (ένωση, τομή, διαφορά, κλιμάκωση, περιστροφή κ.λπ.).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η GAMA επιτρέπει την ομαλή ενσωμάτωση δεδομένων GIS. Ακόμη και με αρχεία GIS 2D, ο χειρισμός της τρίτης διάστασης είναι εύκολη στη GAMA όπου οποιοδήποτε ύψος μπορεί να αντιστοιχιστεί σε ένα δεδομένο σχήμα.


Η GAMA προσφέρει στους χρήστες πολλά εργαλεία για τον χειρισμό των προσομοιώσεων. Ειδικά, για κάθε προσομοίωση που λαμβάνει χώρα, παρέχει μια κάμερα (Arcball και FreeFly) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φτάσει σε οποιαδήποτε θέση του μοντέλου και ως εκ τούτου προσφέρει μια πιο εντυπωσιακή εμπειρία. Υποστηρίζει επίσης την επιλογή αντικειμένων, το ζουμ και τη μετατόπιση. Η νέα εφαρμογή προσομοιώσεων με βάση το `orengi` έχει αποδειχθεί πολλές φορές πιο γρήγορο από την αρχική προσέγγιση `Java2D` κατά την πραγματοποίηση προσομοιώσεων μεγάλης κλίμακας.

```

global {
  ...
  graph road_network;
  init {
    create roads from: roads_shapefile;
    road_network <- as_edge_graph(roads);
    ...
  }
}
species people skills:[moving]{
  ...
  point target;
  reflex move {
    do goto target:target on: road_network;
    if (location = target) {
      target <- any_location_in(one_of(buildings));
    }
  }
}
...
}
    
```

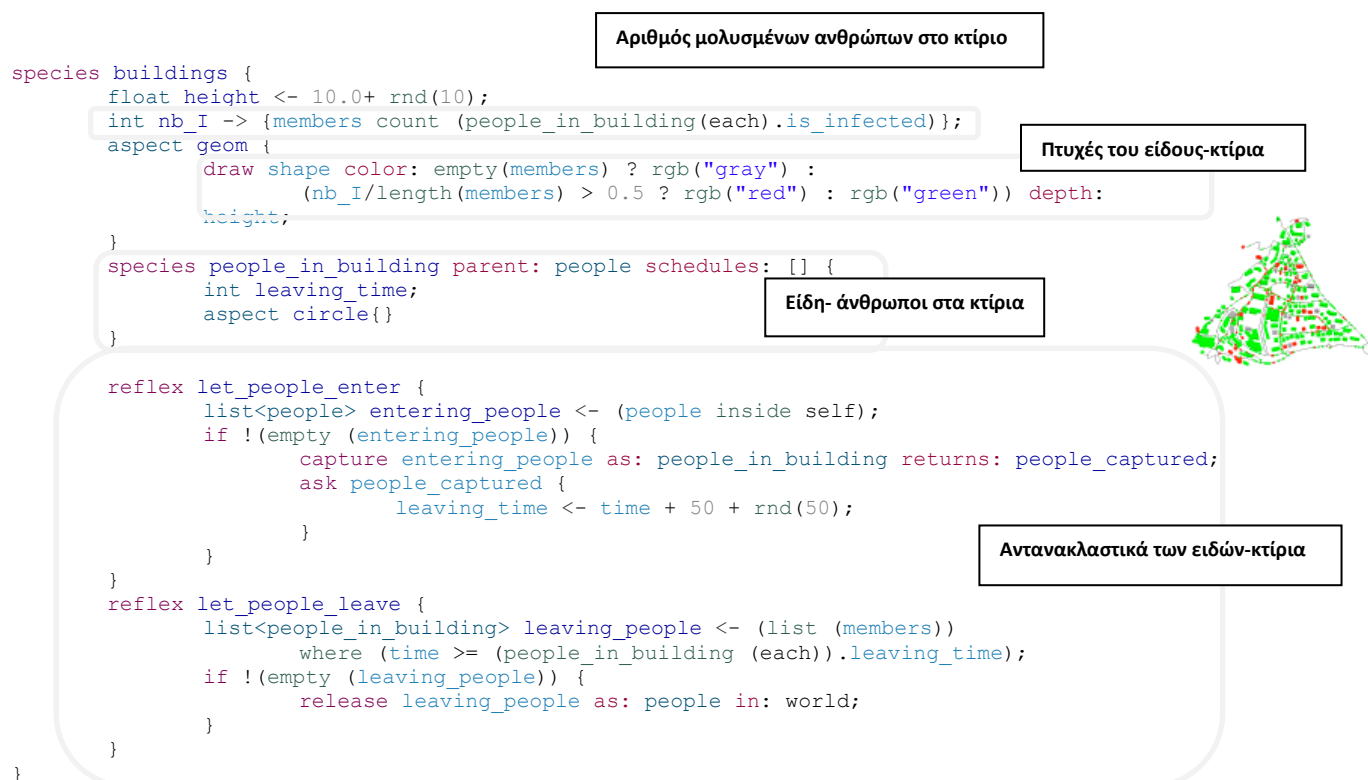
Ορισμός γραφήματος και δημιουργία του από τους πράκτορες-δρόμοι

Κίνηση των πρακτόρων κατά μήκος του γραφήματος σε αναζήτηση νέου στόχου



Σχήμα 3.3 Κίνηση σε ένα γράφημα

- 3 **Πολυεπίπεδη μοντελοποίηση:** Η πολυεπίπεδη μοντελοποίηση σε ΜΠΠ απαιτεί αντιπροσωπευτικούς πράκτορες με διαφορετικά επίπεδα αντιπροσώπευσης στο ίδιο μοντέλο σε σχέση με το χρόνο, το χώρο και τη συμπεριφορά. Αρκετοί λόγοι μπορεί να δικαιολογήσουν την ανάπτυξη ενός πολυεπίπεδου μοντέλου. Ένας λόγος μπορεί να προέρχεται από μοντέλα που πρέπει να λαμβάνουν υπόψη οντότητες σε διαφορετικές χωρικές ή οργανωτικές κλίμακες. Για παράδειγμα, μοντέλα στη βιολογία μπορεί να πρέπει να εκπροσωπούν ρητά οντότητες που ανήκουν σε μια ιεραρχία, όπως μόρια, κύτταρα και ιστούς. Ένας άλλος λόγος μπορεί να βρεθεί σε μοντέλα στα οποία οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ οντοτήτων σε ένα επίπεδο καθιστούν παρατηρήσιμες (συνήθως ονομάζονται αναδυόμενες δομές), δηλ. δομές ή πρότυπα που αναγνωρίζονται από τον χρήστη σε άλλο επίπεδο αφαίρεσης. Σε μια τέτοια περίπτωση, ο μοντελιστής έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει υπόψη και να αναπαριστάτους πράκτορες, ταυτόχρονα με τις αναδυόμενες δομές και τους παράγοντες που τις συνθέτουν. Αυτό το πρόβλημα της πολυεπίπεδης αναπαράστασης και της άρθρωσης μεταξύ πρακτόρων σε διαφορετικά επίπεδα θεωρείται ένα από τα πιο δύσκολα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν τα πολύπλοκα συστήματα μοντελοποίησης. Πρόσφατα οι ερευνητές της κοινότητας έχουν ξεκινήσει να προτείνουν λύσεις για τις προβληματικές που συναντάμε στην πολυεπίπεδη μοντελοποίηση ωστόσο οι περισσότερες από αυτές είναι εννοιολογικές προτάσεις χωρίς κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή σε υπάρχουσες πλατφόρμες. Χάρη στις κατάλληλες αφαιρέσεις που ενσωματώνονται στο μετα-μοντέλο, η GAMA υποστηρίζει ρητά την πολυεπίπεδη μοντελοποίησης. Παρακάτω παρατίθεται ένα τέτοιο παράδειγμα (Σχήμα 3.4) για να γίνει κατανοητή η διαδικασία αυτή. Υποθέτοντας ότι όταν οι άνθρωποι μπαίνουν σε ένα κτίριο, ο χρήστης επιθυμεί να διευκρινίσει ότι η διάδοση της μόλυνσης ελέγχεται με βάση τον αριθμό των μολυσμένων ατόμων στο κτίριο. Μια πιθανή λύση είναι να προσδιορίσουμε ότι οι άνθρωποι διαμορφώνονται σε δύο διαφορετικά επίπεδα αντιπροσώπευσης. Το πρώτο επίπεδο εκπροσώπησης είναι όταν οι άνθρωποι μετακινούνται στο οδικό δίκτυο(που αντιπροσωπεύονται από είδη ανθρώπων). Το δεύτερο επίπεδο εκπροσώπησης είναι οι άνθρωποι είναι στα κτίρια. Στην περίπτωση αυτή, ορίζουμε τους ανθρώπους στα οικοδομικά είδη(ένα υπο-είδος ειδών ανθρώπων και ένα μικρο-είδος οικοδομικών ειδών). Σε αυτό μοντέλο, δεν προγραμματίζουμε όλους τους πράκτορες των ανθρώπων στα οικοδομικά είδη. Όταν ένας πληθυσμός πρακτόρων μετακινείται σε ένα κτίριο, χρησιμοποιούμε τη λειτουργία μορφογένεσης (δήλωση GAML),για να αλλάξει το είδος του σε ανθρώπους που ανήκουν στα οικοδομικά είδη. Σε αυτό το παράδειγμα, ένας παράγοντας δόμησης ελέγχει τη διάδοση της μόλυνσης των μικρο-παραγόντων του χρησιμοποιώντας έναν απλό μαθηματικό τύπο. Στην πραγματική εφαρμογή, μπορούμε να ενσωματώσουμε ένα μοντέλο SIR στον πράκτορα κτιρίου για τον έλεγχο της διαδικασίας μόλυνσης. Ένα άτομο παραμένει μέσα ένα κτίριο για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Μετά από αυτό αποφασίζει ο πράκτορας κτιρίου αποφασίζει να απελευθερώσει αυτό το άτομο και το άτομο συνεχίζει να μετακινείται στο οδικό δίκτυο. Ο χρήστης χρησιμοποιεί και πάλι τη λειτουργία μορφογένεσης για να αλλάξει το επίπεδο εκπροσώπησης των ανθρώπων από το υπο-είδος ανθρώπων που ανήκουν στα κτίρια.



Σχήμα 3.4 Παράδειγμα πολυεπίπεδης μοντελοποίησης στη GAMA

5. Μοντελοποίηση με εξισώσεις: Η μοντελοποίηση βασισμένη σε εξισώσεις (και ειδικότερα η μοντελοποίηση με τη χρήση σηνήθης διαφορικών εξισώσεων αποτέλεσε για κάποιο διάστημα την κύρια προσέγγιση μοντελοποίησης δυναμικών συστημάτων. Ακολουθώντας την ιδέα ότι δεν πρέπει πάντα να αντιπροσωπεύουμε κάθε φαινόμενο σε ατομικό επίπεδο λεπτομερειών (όπως στην προσέγγιση πολλαπλών επιπέδων που παρουσιάστηκε παραπάνω) και η ιδέα που ελήφθη από την τάση του μετα-πληθισμού στην οικολογία, έχουμε ενσωματώσει στην GAMA τη δυνατότητα να περιγράψει τη δυναμική των παραγόντων χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ΣΔΕ (συνήθεις διαφορικές εξισώσεις) και να ενσωματώσει αυτό το σύστημα σε κάθε στάδιο προσομοίωσης. Ας εξετάσουμε το δίκτυο των κύριων πόλεων στον κόσμο που συνδέονται με αεροπορικές πτήσεις. Εάν μια ασθένεια εμφανίζεται σε μια πόλη θα εξαπλωθεί γρήγορα σε όλο τον κόσμο μέσω της σύνδεσης που προσφέρουν οι πτήσεις. Επιπλέον, σε κάθε πόλη, η ασθένεια θα εξαπλωθεί επίσης στον πληθυσμό της πόλης. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να εξετάσουμε χιλιάδες εκατομμύρια ανθρώπους. Έτσι το επίπεδο παρατήρησης δεν μπορεί να είναι το ατομικό, αλλά το επίπεδο της πόλης.

Η GAML επιτρέπει την εγγραφή εξισώσεων που συνδέουν τα χαρακτηριστικά των παραγόντων. Βασισμένη στο Apache Commons Mathematics Library, δίνουμε την ευκαιρία στον χρήστη να επιλέξει τη μέθοδο ενσωμάτωσης (μεταξύ Runge Kutta 4 και Dormand-Prince 8). Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει

το βήμα ολοκλήρωσης και τον αριθμό των βημάτων ολοκλήρωσης που θέλει να κάνει σε ένα βήμα προσομοίωσης. Παρακάτω θεωρείται ένα επιδημιολογικό μοντέλο στο επίπεδο μιας πόλης (Σχήμα 3.5). Στην περίπτωση αυτή, οι άνθρωποι κινούνται σε ένα οδικό δίκτυο και τα κτίρια συγκεντρώνουν ανθρώπους. Η δυναμική σε κάθε κτίριο καθορίζεται χρησιμοποιώντας ένα σύστημα εξισώσεων SI που συνδέει τον αριθμό των ευαίσθητων και των μολυσμένων κατοίκων που βρίσκονται στο κτίριο.

Αυτός ο νέος τρόπος της περιγραφής των δυναμικών των παραγόντων θα επιφέρει μεγάλα οφέλη. Οι χρήστες μπορούν να αλλάξουν δυναμικά κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης την aged-based προσέγγιση με προσέγγιση που βασίζεται στις εξισώσεις.

```
species buildings {
```

```
  int nbInhabitants update: length(members);
  list<people_in_building> membersS <- []
    update: members where (!(each as
  people_in_building).is_infected);
  list<people_in_building> membersI <- []
    update: members where ((each as
  people_in_building).is_infected);
  float t;
  float S update: length(membersS) as float;
  float I update: length(membersI) as float;
  float I_to_1 <- 0.0;
  float h <- 0.1;
```

Μεταβλητές που συνδέονται με το SI



```
  ...
  equation SIR{
    diff(S,t) = (- beta * S * I / nbInhabitants) ;
    diff(I,t) = ( beta * S * I / nbInhabitants) ;
  }
}
```

Σύστημα εξισώσεων

```
  reflex epidemic when: (S>0 and I>0){
    float IO <- I;
    solve SIR method: "rk4" step: h { }
    I_to_1 <- I_to_1 + (I - IO);
    if(I_to_1 > 1) {
      ask(membersS){
        is_infected <- true;
        myself.I_to_1 <- myself.I_to_1 - 1;
      }
    }
  }
}
```

Ενσωμάτωση του συστήματος εξισώσεων με τη μέθοδο Runge Kutta 4

```
}
```

Σχήμα 3.5 Παράδειγμα ειδών που καθορίζονται από εξισώσεις

4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1 Όρια και θέση των πόλεων

Τα νομοθετημένα όρια των μεγάλων ελληνικών πόλεων ταυτίζονται με τα διοικητικά όρια των οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης που περιλαμβάνονται σε αυτές. Αυτοί οι οργανισμοί είναι η ευρύτερη περιοχή, δηλαδή το σύνολο του οικιστικού δικτύου της επιρροής της πόλης και το πολεοδομικό συγκρότημα δηλαδή το σύνολο της έκτασης γύρω από τον ή τους οικιστικούς πυρήνες στην οποία έχει επεκταθεί ο πολεοδομικός ιστός.

Οι μεγάλες πόλεις της ηπειρωτικής χώρας παρουσιάζουν μια σειρά από κοινά χαρακτηριστικά τα οποία είναι απότοκο της γεωγραφικής τους θέσης. Πρόκειται για παραλιακούς οικισμούς- χωροθετήσεις μεγάλων λιμανιών που εξελίχθηκαν στην ενδοχώρα σε μεγάλα αστικά και βιομηχανικά κέντρα της χώρας. Η φυσική τάση της αστικής ανάπτυξης τους είναι να καταλάβει τον χώρο της λεκάνης που διαμορφώνεται κατά μήκος της θάλασσας και, εσωτερικά, μέχρι τους ορεινούς όγκους που περικλείουν την περιοχή. Η γεωμορφολογική οριοθέτηση της λεκάνης δίνει και την γενική μορφή-περίγραμμα της κάθε αστικής περιοχής.

4.2 Γεωγραφικά και διοικητικά όρια

Ο νομός Αττικής καταλαμβάνει το νοτιοανατολικό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας. Έχει έκταση 3.808 τετρ.χλμ. και πληθυσμό περίπου 3.812.000 κατοίκους. Πρωτεύουσα του νομού είναι η Αθήνα. Στο νομό ανήκουν επίσης τα Κύθηρα, τα Αντικύθηρα, τα νησιά του Αργοσαρωνικού και η Τροιζηνία της Αργολίδας. Συνορεύει βόρεια με το νομό Βοιωτίας και βρέχεται από το Νότιο Ευβοϊκό κόλπο νότια βρέχεται από το Σαρωνικό κόλπο, ανατολικά βρέχεται από τον Κόλπο Πεταλιών και δυτικά με το νομό Βοιωτίας.

Η ευρύτερη περιοχή της Αθήνας ορίζεται σύμφωνα με τον Ν.1515/85, ως ο νομός Αττικής εκτός από τα Κύθηρα και υποδιαιρείται σε 5 υποενότητες (Λεκανοπέδιο και Σαλαμίνα με κέντρο την Αθήνα, Δυτική Αττική με κέντρο τα Μέγαρα, Βόρεια Αττική με κέντρο το Καπανδρίτι, Ανατολική Αττική με κέντρο το Λαύριο, Νησιώτικη Αττική με κέντρο την Αίγινα). Το πολεοδομικό συγκρότημα του Λεκανοπεδίου της Πρωτεύουσας ορίζεται από τα διοικητικά όρια 62 δήμων και κοινοτήτων, καταλαμβάνει οικιστική έκταση ίση με 323,1km² και αποτελείται 40.000 οικοδομικά τετράγωνα.

Στη γεωγραφική κλίμακα, η δομημένη περιοχή της Αθήνας έχει καταλάβει την πεδινή περιοχή από τη θάλασσα μέχρι τους γύρω ορεινούς όγκους. Έχει ακόμη καταλάβει όλο το παραθαλάσσιο μέτωπο που ξεκινάει από τα λιμάνια Περάματος, Κερατσινίου, Δραπετσώνας, Πειραιά και συνεχίζει έως τις περιοχές

πρώτης και δεύτερης κατοικίας που προχωρούν μέχρι το Λαύριο. Στην ενδοχώρα, ο αστικός ιστός έχει επεκταθεί προς διάφορες κατευθύνσεις σε ενότητες έτσι ώστε οι ορεινοί όγκοι να περικλείονται πια σαν εσωτερικές ελεύθερες από κτίσματα ζώνες.

Ο κύριος όγκος του πολεοδομικού συγκροτήματος έχει μια χαρακτηριστική τριγωνική μορφή που αυτή ωστόσο τείνει να μετατραπεί σε παραλληλόγραμμη με τη βάση του σχήματός της να βρίσκεται στο παραθαλάσσιο μέτωπο. Οι πλάγιες πλευρές του σχήματος διαγράφονται με τους ορεινούς όγκους Αιγάλεω- Πάρνηθας- Πεντέλης- Υμηττού. Οι επεκτάσεις των τελευταίων δύο κυρίως δεκαετιών τείνουν να διαμορφώσουν ένα μεγαλύτερο τριγωνικό σχήμα στην κλίμακα της ευρύτερης περιοχής με πλευρές τις θαλάσσιες γραμμές του Σαρωνικού και του Ευβοϊκού που περικλείουν, σαν εσωτερικές ελεύθερες ζώνες, τους ορεινούς όγκους.

4.3 Πολεοδομική ανασκόπηση

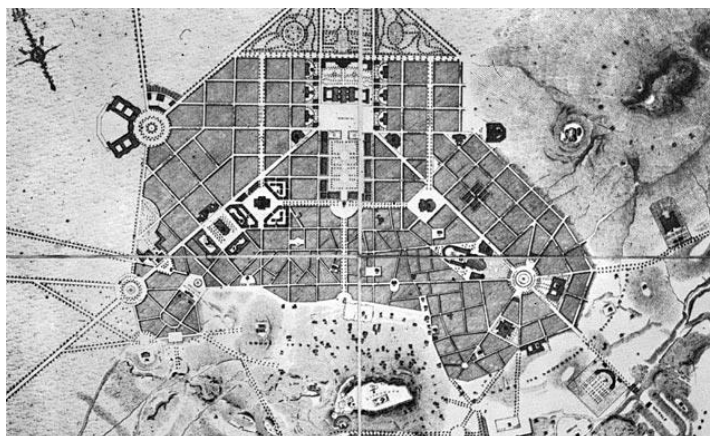
Παρακάτω επιχειρείται μια σύντομη ανασκόπηση των ιστορικών γεγονότων και νομοθετητικών πρωτοβουλιών τα οποία επηρέασαν την πολεοδομική εξέλιξη της πόλης της Αθήνας και της ευρύτερης περιοχής. Στόχος αυτής της προσπάθειας είναι η ύπαρξη ενός υποβάθρου που θα βοηθήσει να κατανοηθούν τα χωρικά φαινόμενα, όπως είναι και η αστική διάχυση, τα οποία έλαβαν ή λαμβάνουν ακόμη χώρα στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.

4.3.1 Περίοδος 1833-1909

Σχηματοποιώντας, το ελληνικό κράτος, αναγνωρίζεται από τις δυτικές χώρες το 1830, είναι συγκεντρωτικό και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην οργάνωση των κοινωνικών σχέσεων και ακόμη όλων των σχέσεων ανάμεσα στην ελληνική διασπορά, την ομογένεια και την εθνική επικράτεια. Έχει «ναπολεόντειο» χαρακτήρα – αναλαμβάνει δηλαδή όσα ζητήματα θεωρείται ότι αφορούν το «κοινό συμφέρον», τα οποία και αποσπώνται από το πεδίο της ιδιωτικής πρωτοβουλίας. Την πολεοδομία, λοιπόν, είναι δεδομένα ότι την αναλαμβάνει το κράτος.

Το 1832 η Αθήνα γίνεται πρωτεύουσα του Ελληνικού κράτους. Η επιλογή της Αθήνας ως πρωτεύουσας του νεοσύστατου κράτους είναι αποτέλεσμα μια σειράς λόγων όπως ο μικρός ρόλος που έπαιξε κατά την διάρκεια της Επανάστασης της προσδίδει το προνόμιο να μην αποτελεί την έδρα οικογενειών ή ομάδων και αρχηγών με κύρος και δύναμη, που θα μπορούσαν να αποτελούν άμεση απειλή για την βαυαρική εξουσία. Επιπλέον διαδραματίζει ένα σημαντικό ιδεολογικό ρόλο με το συμβολισμό της ως κοιτίδας της Δημοκρατίας και εστίας του Ελληνικού Πολιτισμού –προτύπων και αξιών που έχουν υιοθετηθεί από τον ευρωπαϊκό Διαφωτισμό και την Ελληνική Επανάσταση.

Το Πολεοδομικό Σχέδιο συνιστά ένα επιπλέον πλεονέκτημα για την επιλογή της Αθήνας ως πρωτεύουσας. Από το 1831 οι αρχιτέκτονες Κλεάνθης και Schaubert, παλιοί μαθητές του Schinkel, αρχίζουν να ετοιμάζουν ένα σχέδιο για μια νέα πόλη-πρωτεύουσα στην περιοχή της Αθήνας (Εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1: Η πολεοδομική πρόταση των Κλεάνθη-Schaubert για την πόλη των Αθηνών του 1833 (Πηγή: Κ. Μπίρης, *Αι Αθήναι από του 19ου εις τον 20όν αιώνα*, Αθήνα 1966)

Το σχέδιο των αρχιτεκτόνων Κλεάνθη και Schaubert που σημάδεψε με τις βασικές επιλογές του το κέντρο της Αθήνας, ακολουθεί τις πιο προηγμένες για την εποχή του αντιλήψεις σχετικά με την οργάνωση του ιστού των δρόμων, προτείνοντας έναν εύστοχο συνδυασμό ορθογωνικού κανάβου και ακτινικών συνδέσεων των κεντρικών σημείων και μεγάλους ελεύθερους χώρους. Από την άποψη της τεχνικής του σχεδιασμού αποτελεί ένα από τα καλύτερα δείγματα της εποχής. Από την άποψη της ανταπόκρισης στα κοινωνικά δεδομένα, παρατηρείται ότι η χωροθέτηση της νέας πόλης προς βορράν και σε επαφή με το χώρο της παλιάς, προοιωνιζόταν προβλήματα για την εφαρμογή του σχεδίου (λόγω της ζήτησης γης και των ανατιμήσεων που εκ των πραγμάτων θα προέκυπταν), αλλά και οφέλη των ιδιοκτητών της γης.

Η περιοχή του σχεδίου καταλαμβάνει συνολικά 300 εκτάρια. Το σχέδιο υποβάλλεται στον Όθωνα στα τέλη του 1832 και εγκρίνεται τον Ιούλιο του 1833, παράλληλα με την απόφαση μεταφοράς της έδρας της Κυβέρνησης από το Ναύπλιο στην Αθήνα. Η απόφαση για την εγκατάσταση της πρωτεύουσας στην Αθήνα έδωσε τέλος σε μια μακρόχρονη αβεβαιότητα. Σήμανε όμως και την αρχή μιας κυριολεκτικά χαώδους κατάστασης σχετικά με το σχέδιο της πόλης. Ήταν βέβαιο δεδομένο ότι τα οικονομικά και τεχνικά μέσα για την εφαρμογή του σχεδίου ήταν ελάχιστα. Οι αλληπάλληλες όμως τροποποιήσεις του σχεδίου, οι αλλαγές της προβλεπόμενης θέσης των δημοσίων κτιρίων και κυρίως των Ανακτόρων είχε ως αποτέλεσμα να αδρανοποιηθεί η εφαρμογή του σχεδίου και να αναιρεθεί σε μεγάλο βαθμό η

αρχική δομή του, εκτός από τη θέση και τη διάταξη των βασικών αξόνων του ιστορικού τριγώνου (λεωφόρος Πανεπιστημίου και οδοί Πειραιώς, Ερμού και Αθηνάς).

Ένα σημείο που αξίζει να αναφερθεί ειδικότερα είναι η παρέμβαση του Leo von Klenze (Εικόνα 4.2), αρχιτέκτονα του βασιλιά της Βαυαρίας Λουδοβίκου (που σχεδίασε και τη διαμόρφωση του κέντρου του Μονάχου), με ένα σχέδιο που τροποποιεί το πρώτο και εγκρίνεται τον Σεπτέμβριο του 1834. Το σχέδιο αυτό κρατά τη δομή των αξόνων του τριγώνου του αρχικού σχεδίου και προβλέπει το στένεμα των δρόμων, τον περιορισμό των πλατειών και της έκτασης για ανασκαφές, τη μεταφορά της θέσης των ανακτόρων από την περιοχή της Ομόνοιας στον αρχαιολογικό χώρο Θησείου-Κεραμεικού.



Εικόνα 4.2: Το πολεοδομικό σχέδιο του Klenze του 1834, που αποτελούσε αναθεώρηση της πρότασης Κλεάνθη-Scahubert. (Πηγή: Κ.Μπίρης, Αι Αθήναι από του 19ου εις τον 20όν αιώνα, Αθήνα 1966).

Ούτε όμως το σχέδιο του Leo von Klenze μπορούσε να καθιερωθεί. Όλη η οθωνική περίοδος χαρακτηρίζεται από συνεχείς τροποποιήσεις του σχεδίου πόλης της Αθήνας, τεχνικές και πολιτικές δυσκολίες για την εφαρμογή του, αλλεπάλληλες μεταβολές στους φορείς διαχείρισης του σχεδιασμού, στους οποίους εναλλάσσονται Έλληνες και ξένοι, αξιωματικοί, τεχνικοί και αρχιτέκτονες. Είναι ενδεικτικό ότι οι εφαρμογές της οδοποιίας, που προωθούνται σε ορισμένες φάσεις παρά την έλλειψη μέσων, σταματούν λόγω αντιδράσεων των ιδιοκτητών. Ο πληθυσμός της πόλης φθάνει τις 48.000 (1862).

Κατά την περίοδο 1864-1909 μέχρι την άνοδο του Βενιζέλου στην εξουσία και τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, παρατηρείται μια ανάπτυξη της βιομηχανίας, που οριστικοποιεί και το ρόλο της Αθήνας μαζί με τον Πειραιά ως κυρίαρχου οικονομικού πόλου της χώρας. Στην ενίσχυση του ρόλου της Αθήνας συμβάλλει κατά πολύ η κατασκευή του σιδηροδρομικού δικτύου, δρόμων που τη συνδέουν με την Πελοπόννησο και τη Θεσσαλία και η διάνοιξη του Ισθμού της Κορίνθου. Η πρωτεύουσα δηλαδή προωθείται συστηματικά στο ρόλο του οικονομικού κέντρου της χώρας. Η βιομηχανία συγκεντρώνεται κυρίως δυτικά του Κεραμεικού, όπου ιδρύονται το εργοστάσιο γκαζιού και το μεταξουργείο, απ' όπου

και τα ονόματα των αντίστοιχων περιοχών. Αναπτύσσεται επίσης προς τα βόρεια του λιμανιού του Πειραιά.

Κατά την περίοδο αυτή δεν συντάσσονται σχέδια σχετικά με τη συνολική δομή της πόλης. Το προϋπάρχον σχέδιο όμως για το κέντρο της Αθήνας, όπως διαμορφώθηκε κατά την προηγούμενη περίοδο, μετά από τις συνεχείς τροποποιήσεις και ελαφρές επεκτάσεις του σχεδίου Klenze, υφίσταται άλλες εκατόν εβδομήντα τρεις επιμέρους τροποποιήσεις, οι οποίες αφορούν στένεμα δρόμων ή κατάργηση ελευθέρων χώρων.

Χαρακτηριστικές του σχεδιασμού της περιόδου είναι και οι επεκτάσεις του σχεδίου με τα προάστια χωρίς σχεδιασμένη σύνδεση με την πόλη, που εγκρίνονται ad hoc. Είναι ενδεικτική η περίπτωση του προαστίου Κάτω Πατήσια που κλείνει τη λεωφόρο Γ' Σεπτεμβρίου, παρά το γεγονός ότι αυτή προβλεπόταν για κύρια αρτηρία της πόλης (αυτό το «κλείσιμο» παρέμεινε σημαντικό εμπόδιο στον ιστό της Αθήνας). Τα σχέδια των προαστίων αυτής της περιόδου είναι ουσιαστικά σχέδια κατάτμησης σε οικοπέδα, χωρίς έμφαση στο σχεδιασμό του αστικού ιστού και του δημόσιου χώρου. Η επέκταση της πόλης με τα προάστια πραγματοποιείται μολονότι υπάρχουν στην έκταση του υφιστάμενου σχεδίου μεγάλες αδόμητες επιφάνειες, των οποίων όμως η τιμή έχει αυξηθεί πολύ λόγω της ζήτησης. Έτσι η Αθήνα ήδη αποκτά ένα από τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά που έχει ακόμη και τώρα: αναντίστοιχα μεγάλη σε σχέση με τον πληθυσμό της έκταση και μικρή μέση πυκνότητα – ενώ σε ορισμένα σημεία της πόλης η πυκνότητα γίνεται υπερβολικά υψηλή. Βλέπουμε λοιπόν ότι, ήδη από αυτή την εποχή, εμπεδώνονται τα χαρακτηριστικά μιας πόλης με επεκτάσεις χωρίς πρόγραμμα, ελλιπή υποδομή, έλλειψη μιας συνολικής λογικής για την οργάνωσή της, ανισορροπίες, ανυπαρξία σχεδίου για την ανάπτυξη του δημόσιου χώρου. Συγχρόνως, οι διαδικασίες επέκτασή της καθορίζονται από τα συμφέροντα της μικρής και μεσαίας ιδιοκτησίας.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό όμως της περιόδου, που παραπέμπει και στον εκσυγχρονιστικό ρόλο του κράτους, είναι το γεγονός ότι, εκτός από τα έργα που αποκαθιστούν τις συνδέσεις της πρωτεύουσας με την επικράτεια, πραγματοποιείται και η εγκατάσταση αστικού εξοπλισμού (τρένο, γκάζι, ηλεκτρικό, ύδρευση), αντίστοιχου με τον αστικό εξοπλισμό που κατασκευάζεται στις δυτικές μητροπόλεις. Είναι όμως και πάλι ενδεικτικό ότι, ακόμη και μέσα σ' αυτό το πλαίσιο, οι έντονες συζητήσεις και οι επιμέρους προσπάθειες για τη διάνοιξη δρόμων, που θα αποκαθιστούν μια καλύτερη λειτουργία του κεντρικού τμήματος της πόλης, δεν υλοποιήθηκαν.

4.3.2 Περίοδος 1909-1940

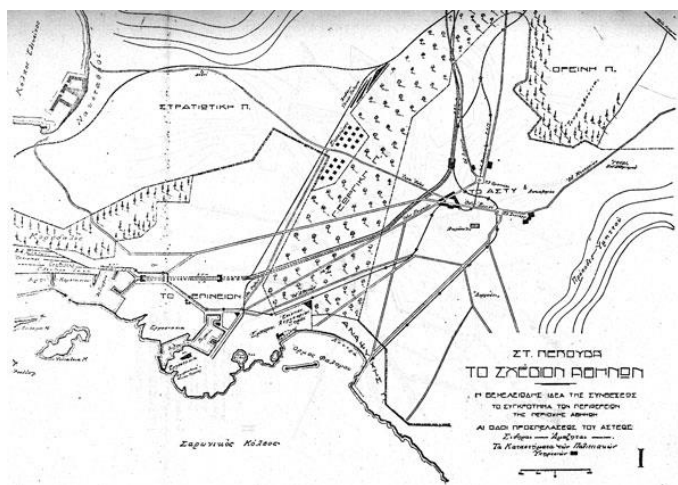
Η πολεμική περίοδος (Βαλκανικοί, Α΄ Παγκόσμιος Πόλεμος, Μικρασιατική Εκστρατεία) εντείνει τη βαρύτητα της Αθήνας σε σχέση με τα άλλα αστικά κέντρα της χώρας, όχι μόνο από άποψη πληθυσμού, αλλά και από οικονομική και πολιτική άποψη. Υπενθυμίζεται ότι η Μικρασιατική Καταστροφή συνεπάγεται την αναγκαστική και οριστική συρρίκνωση του ελληνισμού στα όρια της επικράτειας, και επομένως καθιστά την Αθήνα de facto μοναδική πρωτεύουσά του. Ακόμη, η μεγάλη διεθνής οικονομική κρίση, σε συνδυασμό με την εγκατάσταση 1.220.000 προσφύγων στην Ελλάδα, που έχει τότε πληθυσμό 5.000.000 κατοίκους, συνεπάγονται μια ευκαιριακή, όχι στέρεη αλλά ιδιαίτερα ταχύρυθμη ανάπτυξη του τομέα της μεταποίησης, η οποία συγκεντρώνεται κυρίως στην περιοχή της Αθήνας. Για το στεγαστικό πρόβλημα που προκύπτει, εφαρμόζονται πρόχειρες λύσεις που προβλέπουν την στέγαση των προσφύγων στα περίχωρα εκεί όπου ήταν εύκολη η εύρεση γης. Στους προσφυγικούς συνοικισμούς εφαρμόζεται για πρώτη φορά μία περιορισμένη μορφή, οργανωμένης δόμησης κατοικίας (Εικόνα 4.3).



Έικόνα 4.3: Προσφυγικός οικισμός Καισαριανής

Η κρίση της στέγης στην Αθήνα είναι οξύτατη. Υπάρχει εντονότατο μεταναστευτικό ρεύμα προς αυτήν, ενώ η οικονομική κρίση και ο υψηλός πληθωρισμός ανακόπτουν τη δυνατότητα κατασκευής κατοικιών. Το ενοικιοστάσιο που επιβάλλεται το 1916 έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη αναστολή κάθε ιδιωτικής οικοδομικής δραστηριότητας. Έτσι, η εγκατάσταση στην Αθήνα 246.00 προσφύγων έρχεται να προστεθεί σε μια ήδη πολύ οξεία έλλειψη στέγης. Αξίζει να επισημανθεί ότι σ' όλη αυτή την περίοδο, ακόμη και κατά τη διάρκεια των πολέμων, συντάσσονται πολλά πολεοδομικά σχέδια για την Αθήνα από Έλληνες και ξένους τεχνικούς ή αρχιτέκτονες. Τα σχέδια αυτά έχουν διάφορους στόχους και

προθέσεις. Ορισμένα σχέδια συντάσσονται με πρωτοβουλία των ίδιων των συντακτών τους, που κατέχουν δημόσιες θέσεις και ενδιαφέρονται για την πολεοδομία, χωρίς να είναι πολεοδόμοι (σημαντικότερα τα σχέδια του Μπαλάνα, 1917, και του νομικού Λελούδα, 1918 και 1921 (Εικόνα 4.4)). Αυτό βέβαια είναι ενδεικτικό του ότι το σχέδιο της πόλης απασχολεί έντονα όλο τον κόσμο.



Εικόνα 4.4: Η πρόταση Λελούδα 1919.
πηγή : Στ.Λελούδα, «Αθήναι αι ευρύτεραι» Αθήναι 1929

Το κύριο αντικείμενο των σχεδίων που εκπονούνται είναι η μεταρρύθμιση του κεντρικού τμήματος της πόλης. Διατυπώνονται όμως και απόψεις για την ανάγκη να σχεδιαστούν οι επεκτάσεις και τα νέα προάστια.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της περιόδου είναι η αυθαίρετη δόμηση που εντείνεται με την ανοχή και συχνά με την υποστήριξη του κράτους, εφόσον βοηθούσε σε μια εκτόνωση της οικιστικής κρίσης. Κατά την περίοδο αυτή, στην αυθαίρετη δόμηση προστίθενται ευρύτατες οικοπεδοποιήσεις στη βάση μιας νομοθεσίας που αναπτύσσεται για τους οικονομικούς συνεταιρισμούς, οι οποίοι ουσιαστικά λειτουργούν ως οικοπεδικοί για ευρύτατα στρώματα δημοσίων υπαλλήλων και στρατιωτών. Στην ουσία η πολιτική των συνεταιρισμών αποτελεί παροχή στα μικρά και μεσαία αστικά στρώματα, στο πλαίσιο της κρατικής πολιτικής που αρχικά αναφέραμε. Συμβάλλει όμως σημαντικά στην κατάτμηση και οικοπεδοποίηση μεγάλων εκτάσεων της περιαστικής γης, χωρίς σχέδιο ή πρόβλεψη του τρόπου ένταξής τους στον ιστό της πόλης.

4.3.3 Περίοδος 1950-1990

Τα χρόνια 1950-1965 χαρακτηρίζονται κυρίως από το φαινόμενο της εσωτερικής μετανάστευσης. Μεγάλα κομμάτια πληθυσμού μετακινούνται από την επαρχία προς τα αστικά κέντρα σε αναζήτηση εργασίας και συνολικότερα καλύτερων όρων ζωής. Οι μεγάλες αυτές ροές εσωτερικών μεταναστών επιφέρουν μια σειρά από αποτελέσματα σε χωρικό επίπεδο όπως είναι η μεγάλη οικιστική ανάπτυξη, η δημιουργία νέων προαστίων στα περίξ του αστικού κέντρου, η απορρόφηση του μεγαλύτερου μέρους του πληθυσμού από το δυτικό λεκανοπέδιο, η οικοδόμηση νέων ζωνών κατοικίας με αυθαίρετη δόμηση εκτός σχεδίου πόλης και σειρά εκ των υστέρων εντάξεων στο σχέδιο πόλης. Μεγαλώνουν οι συντελεστές δόμησης στις κεντρικές περιοχές. Κατά τα έτη 1955-58 εμφανίζεται η αντιπαροχή που ήταν τότε ένας καινούριος τρόπος παραγωγής του δομημένου χώρου. Το αποτέλεσμα αυτού του τρόπου δόμησης ήταν, για τις μεν εντός σχεδίου περιοχές, η κερδοσκοπία σε ύψος –κάθετη επέκταση – και για τις εκτός σχεδίου πόλης περιοχές δε η κερδοσκοπία με αυθαίρετη επέκταση – οριζόντια επέκταση.

Τις δεκαετίες του 1960 και 1970 συνεχίζεται η άναρχη οικοδομική ανάπτυξη, καθιερώνονται, στην δόμηση, η πολυκατοικία και η αντιπαροχή. Επιπλέον κάνουν την εμφάνιση τους νέες επιπτώσεις της άναρχης δόμησης όπως είναι το νέφος ρύπανσης, καταστροφή δασικών εκτάσεων.

Κατά το χρονικό διάστημα των δεκαετιών 1980-90, οι επεκτάσεις του ιστού συνεχίζονται με τον καθιερωμένο τρόπο. Συνεχίζεται δηλαδή η αυθαίρετη δόμηση εκτός σχεδίου και η νομοθέτησή των περιοχών αυτών με σταδιακές επεκτάσεις και τροποποιήσεις των σχεδίων. Θεσμοθετείται η διαδικασία ένταξης και οργάνωσης αστικών λειτουργιών σε αυτόν τον ιστό με βελτιωτικές ρυθμίσεις και χωροθετήσεις. Πρόκειται για την Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης σύμφωνα με την οποία εκπονούνται πολεοδομικά σχέδια για όλους τους δήμους και κοινότητες των αστικών περιοχών. Νομοθετούνται ρυθμιστικά πλαίσια για τις μεγάλες πόλεις Αθήνας και Θεσσαλονίκης. Προγραμματίζεται η κατασκευή μεγάλων έργων με χρηματοδότηση από κονδύλια της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Γίνεται, με άλλα λόγια, προσπάθεια βελτίωσης των δυσεπίλυτων λειτουργικών συνθηκών του ενδο-αστικού και δια- αστικού χώρου. Συγκεκριμένα στην Αθήνα εγκρίνεται ο Νόμος 1515/1985 με τις εξής κύριες αιχμές: την παραδοχή της πολυκεντρικής δομής της ευρύτερης περιοχής της πρωτεύουσας μέσω προσδιορισμού χωροταξικών ενοτήτων εκ των οποίων μια είναι το Λεκανοπέδιο που περιλαμβάνει το πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης, την εκπόνηση των Γενικών Πολεοδομικών Σχεδίων για όλους τους δήμους του πολεοδομικού συγκροτήματος και όχι μόνο, τα μεγάλα έργα και τις αναπλάσεις κεντρικών περιοχών, τη δημιουργία κεντρικού φορέα τον Οργανισμό Αθήνας.

4.3.4 1990 έως σήμερα

Τα φαινόμενα προαστικοποίησης που έκαναν την εμφάνιση τους τα προηγούμενα χρόνια εντέινονται. Κάτοικοι του κέντρου της Αθήνας, ιδιαίτερα αυτοί που ανήκουν στα ανώτερα οικονομικά στρώματα επιλέγουν ως τόπο κατοικίας τα προάστια σε αναζήτηση πιο υγιούς περιβάλλοντος διαβίωσης.

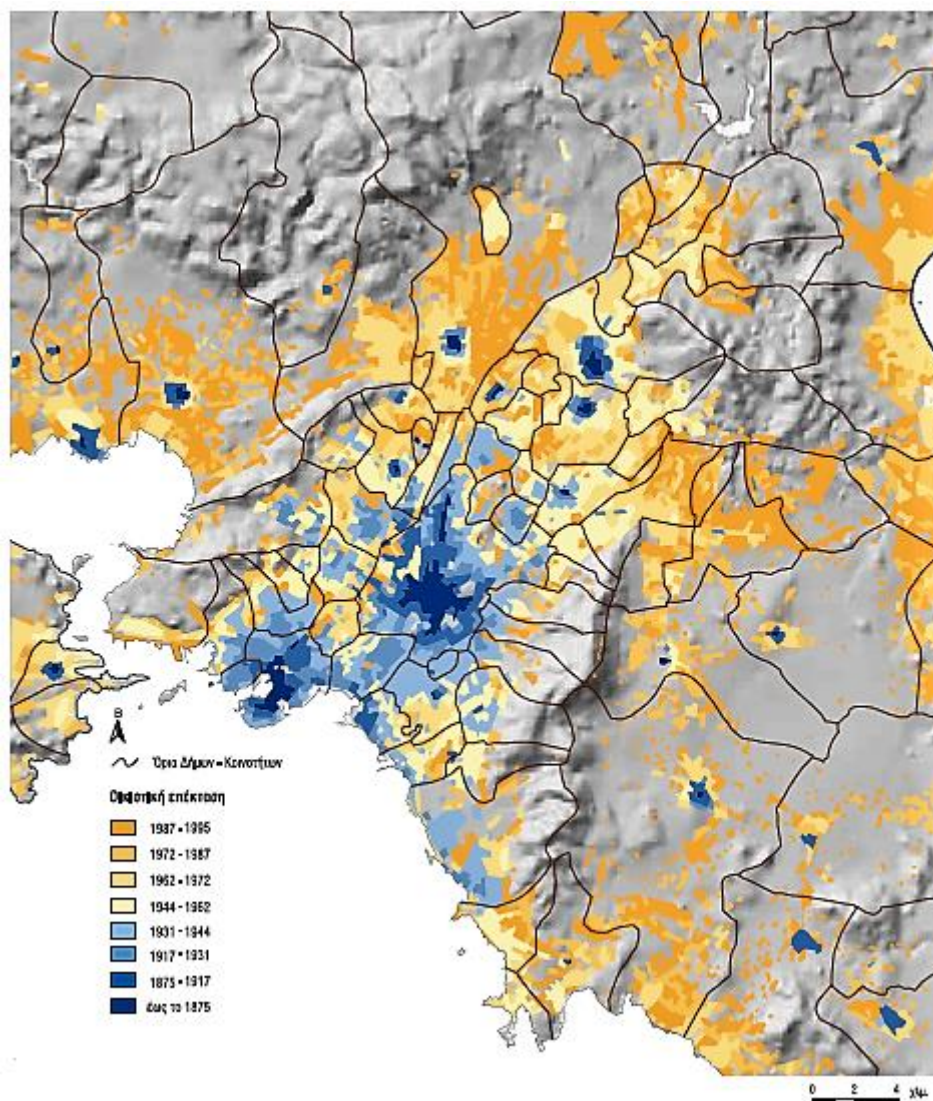
Το κέντρο αρχίζει να εγκαταλείπεται τόσο από τους ίδιους τους κατοίκους αλλά και από την πολιτεία. Οι πιο κεντρικές γειτονιές γίνονται τόπος συγκέντρωσης των μη αποδεκτών λειτουργιών, όπως εμπορία ναρκωτικών, trafficking, εγκατάσταση εσωτερικών και εξωτερικών μεταναστών.

Η εικόνα αυτή αρχίζει σε ένα βαθμό να αντιστρέφεται κατά την έναρξη της υλοποίησης των έργων για τους Ολυμπιακούς αγώνες. Με το πρόγραμμα Ενοποίησης των Αρχαιολογικών Χώρων της Αθήνας εκπονούνται σχέδια ανάπτυξης για μια σειρά από περιοχές του κέντρου. Κατ' επέκταση, οι περιοχές που γειτνιάζουν με την "παλιά πόλη" αποτέλεσαν τα τελευταία χρόνια πεδίο εντατικού μετασχηματισμού στην κατεύθυνση της μετατροπής τους σε θεματικούς-πολιτιστικούς και τουριστικούς πόλους. Σταδιακά, και με την παρέμβαση της ιδιωτικής πρωτοβουλίας οι περιοχές του αμιγούς κέντρου αρχίζουν να αναβαθμίζονται, αποτελώντας σε πρώτο επίπεδο τόπου ψυχαγωγίας και πολιτισμού (Τεχνόπολη, θέατρα στο Μεταξουργείο). Το κέντρο ξεκινά να "εξυγιαίνεται" και αρχίζει να αποτελεί ξανά επιλογή κατοικίας για κομμάτι του πληθυσμού. Απόρροια αυτής της εξέλιξης είναι η εμφάνιση αστικών φαινομένων όπως το gentrification (αύξηση των τιμών των ενοικίων-αδυναμία παλαιών κατοίκων να συνεχίσουν να διαμένουν στις κατοικίες τους-νέοι κάτοικοι που ανήκουν σε υψηλότερα οικονομικά στρώματα).

4.4 Οι επεκτάσεις της αστικής περιοχής της Αθήνας.

Η Αθήνα βρίσκεται σε μια περιοχή που κατοικείται συνεχώς για περισσότερα από 5000 χρόνια. Ωστόσο είναι δύσκολο να εντοπιστούν τα ίχνη της αστικής συνέχειας λόγω της εξαιρετικά μεγάλης μεγένθυσης της πόλης κατά την πρόσφατη περίοδο σε ότι αφορά τόσο τον πληθυσμό όσο και την επιφάνεια που καλύπτει ο αστικός ιστός. Μέχρι τον 19^ο αιώνα η κλίμακα της πόλης παρέμεινε σταθερή και περιορισμένη κάτι που μπορούμε να διακρίνουμε στη μορφολογία του κεντρικού της πυρήνα και στη σύνδεση με το λιμάνι του Πειραιά.

Από το 1833 και μέχρι τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, η Αθήνα μετασχηματίζεται, από χωριό γίνεται πρωτεύουσα του ελληνικού κράτους και πρώτο βιομηχανικό κέντρο της χώρας. Το 1875 η πόλη της Αθήνας, ο Πειραιάς και τα περιφερειακά χωριά καταλάμβαναν μια συνολική επιφάνεια 12,3 km²(περίπου 2,5% της τωρινής αστικής περιοχής της πόλης) (Εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.5: Συνολικός χάρτης των Οικιστικών επεκτάσεων στο Ν.Αττικής
Πηγή: Κοινωνικός και οικονομικός атлас της Ελλάδας-τόμος 1^{ος} : οι πόλεις
Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών και Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας
2000

Έκτοτε η Αθήνα μπήκε στην σύγχρονη φάση της πολεοδομικής της εξέλιξης που χαρακτηρίζεται από την γρήγορη αντικατάσταση του παλαιού ιστού και από τις πολυάριθμες επεκτάσεις. Οι επεκτάσεις της πόλης της Αθήνας χαρακτηρίζονται από την αυθαίρετη δόμηση και την εκ των υστέρων νομιμοποίηση των νέων αυτών δομημένων περιοχών.

Στην περίοδο 1875-1917 η πολεοδόμηση πραγματοποιείται ως άμεση προέκταση της ήδη υπάρχουσας δομής, γύρω από τους δύο πόλους της Αθήνας και του Πειραιά και ακολουθεί την γραμμική

εγκατάσταση των βιομηχανιών κατά μήκος του Κηφισού. Μία συνολική επιφάνεια 23,6km² προστίθεται στον πολεοδομικό ιστό και η πόλη καταλαμβάνει το 1917 το 7,3% της σημερινής αστικής περιοχής.

Στην περίοδο 1917-1931, οι νέες αστικές εγκαταστάσεις κατά κύριο λόγο νέοι περιαστικοί πυρήνες χωρίς υποδομές σύνδεσης με την πόλη οι οποίοι εμφανίζονται με την μαζική συρροή του προσφυγικού πληθυσμού της Μικρασιατικής Καταστροφής και καταλαμβάνουν μία επιφάνεια 29,8 km². Έτσι, γύρω στο 1930, το σύνολο της πολεοδομικής περιοχής της πρωτεύουσας αντιπροσώπευε το 13,4 % της τωρινής πόλης.

Οι επεκτάσεις της επόμενης περιόδου, μέχρι το 1944 προσθέτουν 46,5 km² πολεοδομικού ιστού γύρω από τους παλιούς και νέους πυρήνες. Διαμορφώνεται η τριγωνική περιφερειακή ζώνη των λαϊκών προαστίων που χαρακτηρίζει την πολεοδομική περιοχή της πρωτεύουσας. Η πόλη αντιπροσωπεύει το 1962 το 22,35% περίπου της σημερινής.

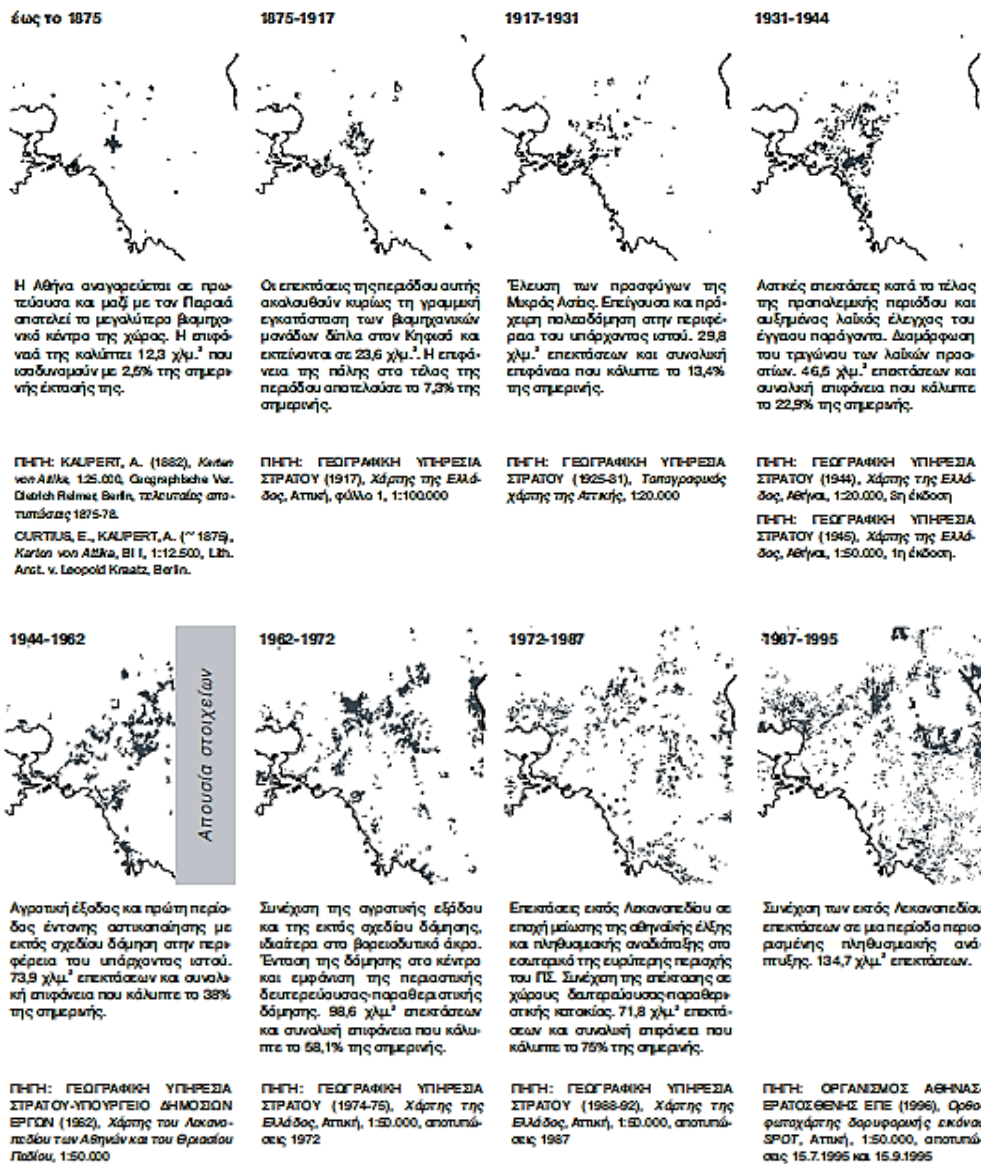
Μεταπολεμικά, στην πρώτη περίοδο της μεγάλης αγροτικής εξόδου προς τα αστικά κέντρα, νέοι πληθυσμοί φτάνουν στην πρωτεύουσα. Η πολεοδομική περιοχή της Αθήνας μεγεθύνεται κατά 73,5 km² και φτάνει το 38 % της επιφάνειας που καταλαμβάνει σήμερα. Η πολύ έντονη πολεοδόμηση «εκτός σχεδίου πόλης» και γύρω από τους περιφερειακούς πυρήνες, καθώς και η πύκνωση των κεντρικών περιοχών του δήμου της Αθήνας και των προαστίων προσθέτουν συνεχώς νέες αστικές περιοχές χωρίς σχεδιασμό.

Στην επόμενη δεκαετία (1962-1972) η Αθήνα συνεχίζει να μεγεθύνεται σύμφωνα με τον ίδιο τύπο πολεοδομικής ανάπτυξης και νέες περιοχές πολεοδομούνται. Τα κενά υπερπληρούνται με ζώνες κατοικιών σε όλη την περιοχή: περιοχή κέντρου, περιοχή ανάμεσα σε Αθήνα και Πειραιά, στην δυτική και βόρεια περιοχή, ενώ η πιο έντονη μεγέθυνση φαίνεται να πραγματοποιείται στις νότιο-ανατολικές και βορειο- ανατολικές περιοχές. Η συνολική επιφάνεια των επεκτάσεων είναι 98,6 km² ενώ το σύνολο της πολεοδομημένης περιοχής αντιπροσωπεύει το 1972 το 58,1 % της σημερινής έκτασης.

Στην επόμενη περίοδο, 1972-1987, οι επεκτάσεις συνεχίζονται (71,8 km² δηλαδή το 75% της σημερινής έκτασης). Οι νέες πολεοδομημένες περιοχές, αν και καταλαμβάνουν μικρότερες επιμέρους εκτάσεις, είναι πολυάριθμες στο σύνολό τους, και εντοπίζονται γύρω από βιομηχανικές ζώνες καθώς και γύρω από ζώνες δεύτερης κατοικίας. Αναπτύσσονται τα απομακρυσμένα προάστια και η αστική περιοχή της Αθήνας καταλαμβάνει μεγαλύτερη γεωγραφική έκταση. Τα φυσικά «εμπόδια» των προηγούμενων περιόδων (τα βουνά Αιγάλεω-Πάρνηθα-Πεντέλη- Υμηττός) μετατρέπονται σε «εσωτερικές» ζώνες της πολεοδομημένης περιοχής. Εμφανίζονται νέες περιβαλλοντικές διαστάσεις της άναρχης πολεοδόμησης και ανάπτυξης: η ατμοσφαιρική μόνιμη ρύπανση πάνω από την πόλη και η σταδιακή εξαφάνιση των δασικών περιοχών.

Η σημερινή φάση της αθηναϊκής πολεοδομικής εξέλιξης χαρακτηρίζεται από την εντατικοποίηση του σχεδιασμού και την έναρξη ορισμένων μεγάλων έργων. Αυτές οι καθυστερημένες εφαρμογές σχεδιοποίησης επιχειρούν να εντάξουν και να οργανώσουν τις αστικές λειτουργίες με την βελτίωση των

ενδο-αστικών και μεταξύ αστικών κέντρων συνθηκών και με τον έλεγχο των επεκτάσεων. Ο πολεοδομικός ιστός όμως συνεχίζει να επεκτείνεται και νέες πολεοδομημένες περιοχές συνολικής επιφάνειας 137,4 km² προστίθενται στον ήδη υπάρχον.



Εικόνα 4.6: Οικιστικές επεκτάσεις στο Ν.Αττικής
 Πηγή: Κοινωνικός και οικονομικός άτλας της Ελλάδας-τόμος 1^{ος}: οι πόλεις
 Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών και Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας
 2000

Η σύγχρονη ανάπτυξη της πόλης χαρακτηρίζεται από την αντικατάσταση του παλαιού ιστού και από νέες επεκτάσεις. Η έλευση των προσφύγων από τη Μικρά Ασία κατά τα πρώτα χρόνια του μεσοπολέμου, η χωροθέτηση της βιομηχανίας και συνολικά της οικονομικής ανάπτυξης κατά τα μεταπολεμικά χρόνια, καθώς επίσης και η επακόλουθη εσωτερική μετανάστευση αποτέλεσαν τα στοιχεία εκείνα που οδήγησαν στην μεγένθυση της πρωτεύουσας. Η απότομη αυτή μεγένθυση δημιούργησε έντονο στεγαστικό πρόβλημα το οποίο επιλύθηκε με ιδιότυπους τρόπους ελλείψει ενός κράτους κεντρικής πρόνοιας που θα οργάνωνε κεντρικά την επίλυση τέτοιας φύσης προβλήματα. Η κυριότερη συνέπεια που επέφερε η επέκταση του αστικού ιστού εντοπίζεται στις απρογραμμάτιστες διαδοχικές επεκτάσεις του , αποτέλεσμα των ατομικών στεγαστικών επιλογών των οικιστών. Επιπλέον η ταχεία κοινωνική διάδοση της χρήσης του Ι.Χ κατά τις τελευταίες δεκαετίες συνέβαλε στην επέκταση του αστικού ιστού εντός του λεκανοπεδίου καθώς και στην παραθεριστικών περιοχών σε περιοχές μόνιμης κατοικίας. Με αυτό τον τρόπο ο ιστός της πόλης επεκτάθηκε παρακάμπτοντας τα γεωμορφολογικά εμπόδια και αποφορτίζοντας το κέντρο από τη χωροθέτηση της κατοικίας.

Η επέκταση του αθηναϊκού ιστού έχει κατά κύριο λόγο διαταξικό χαρακτήρα. Ωστόσο οι επεκτάσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά την πρώτη μεταπολεμική περίοδο έχουν ως φορείς τους εσωτερικούς μετανάστες (χειρωνάκτες αγροτικής προέλευσης) και αφορούν την περιφερειακή δόμηση (νόμιμη και αυθαίρετη), ενώ οι πιο πρόσφατες επεκτάσεις αφορούν σε μεγαλύτερο βαθμό την προαστιακή εγκατάσταση υψηλών και μεσαιων κοινωνικοεπαγγελματικών κατηγοριών, σε μια περίοδο όπου η μεγένθυση της πόλης έχει ανακοπεί σημαντικά.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

5.1 Γενικά

Η GAMA-Platform προσφέρει τη δυνατότητα επεξεργασίας raster και vector δεδομένων. Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρείται η προσέγγιση του φαινομένου της αστικής εξάπλωσης στο Νομό Αττικής με τη χρήση raster και vector δεδομένων.

Παρακάτω ακολουθεί η περιγραφή των δύο μοντέλων καθώς επίσης και τα δεδομένα και η επεξεργασία αυτών που εκτελέστηκε σε κάθε περίπτωση. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κάθε προσέγγισης και γίνεται και σύγκριση αυτών.

5.2 Raster Μοντέλο

Στόχος του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η προσομοίωση της αστικής ανάπτυξης με ελάχιστη γνώση των χωρικών χαρακτηριστικών, έτσι αναπτύχθηκε ένα KISS raster μοντέλο το οποίο απαιτεί πολύ μικρό όγκο δεδομένων. Αυτό το μοντέλο προτείνει δύο δυναμικές, την κατασκευή κτιρίων και την κατασκευή δρόμων. Στόχος του μοντέλου αυτού είναι να μελετηθεί η εμφάνιση κλασσικών σχεδίων πόλεων και όχι να αναπαράγει πραγματικές εξελίξεις στην πόλη. Επίσης έχει γίνει η επιλογή να μην ενσωματώθει το οδικό δίκτυο στα αποτελέσματα του μοντέλου αλλά να εξεταστεί η κατασκευή δρόμων ως μέρος της σεναρίου εισαγωγής.

5.2.1 Περιγραφή του μοντέλου

Ως υπόβαθρο χρησιμοποιείται ένα raster χάρτη του Νομού Αττικής με στόχο την προσομοίωση της αστικής ανάπτυξης από το 2010 έως το 2015.

Σε αυτό το μοντέλο, οι κύριοι παράγοντες είναι κελιά που αντιπροσωπεύουν μια ομοιογενή περιοχή του χώρου. Ένας κελί έχει δύο χαρακτηριστικά:

- `is_built`: αν είναι χτισμένο ή όχι το κελί (Boolean value)
- `constructability`: το επίπεδο `constructability` (δυνατότητα να δομηθεί το κελί) του κελιού. Πρόκειται για float μεταβλητή μεταξύ 0 και 1. Το 0 σημαίνει ότι το συγκεκριμένο κελί δεν έχει καμία πιθανότητα να χτιστεί και το 1 σημαίνει πως το κελί αυτό παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στο να χτιστεί.

Έχει εισαχθεί στο μοντέλο και ένας πρόσθετος πράκτορας, το `city_center`, για να εντοπίσουμε το κέντρο της πόλης, δηλαδή τον τόπο που συγκεντρώνει τη διοικητική δραστηριότητα. Επιπλέον, αυτός ο τύπος πράκτορα μας δίνει μεγαλύτερη ευελιξία αν θέλουμε να εφαρμόσουμε το μοντέλο μας σε άλλες πόλεις και ιδιαίτερα σε πολυκεντρικές πόλεις.

5.2.2 Κριτήρια του μοντέλου

Η γενική εξέλιξη του μοντέλου πραγματοποιείται σε δύο βήματα:

- Σε κάθε κελί υπολογίζεται το επίπεδο της `constructability` (δυνατότητα να δομηθεί το κελί).
- Τα `nb_build_units` κελιά με το υψηλότερο επίπεδο `constructability` χτίζεται κάτι το οποίο επιφέρει αλλαγή στην κατάσταση της boolean μεταβλητής `is_build` σε `true`.

Ο αριθμός των δομημένων κελιών σε κάθε βήμα της προσομοίωσης, `nb_build_units`, είναι μια από τις παραμέτρους της προσομοίωσης.

Το επίπεδο της `constructability` (δυνατότητα να δομηθεί το κελί) προκύπτει βάσει 3 κριτηρίων:

-CR1, το κριτήριο της πυκνότητα δόμησης της γειτονιάς η οποία προκύπτει ως το ηλίκο του αριθμού των δομημένων κελιών της γειτονιάς προς το συνολικό αριθμό κελιών της γειτονιάς.

$$CR1 = \frac{\text{αριθμός δομημένων κελιών γειτονιάς}}{\text{συνολικός αριθμός κελιών γειτονιάς}}$$

-CR2, το κριτήριο της απόστασης από τον κοντινότερο δρόμο. Προκύπτει ως το ηλίκο της απόστασης του κελιού από τον κοντινότερο δρόμο προς τη μέγιστη απόσταση από τον κοντινότερο δρόμο (η `max` απόσταση από τον κοντινότερο δρόμο που παρουσιάζει κάποιο κελί της γειτονιάς)

$$CR2 = \frac{\text{απόσταση από τον κοντινότερο δρόμο}}{\text{μέγιστη απόσταση από τον κοντινότερο δρόμο}}$$

-CR3, η απόσταση από το κέντρο της πόλης η οποία υπολογίζεται με βάση το γράφημα του οδικού δικτύου. Υπολογίζεται από το ηλίκο της απόστασης από το κέντρο της πόλης προς τη μέγιστη απόσταση από το κέντρο που συναντάμε σε κάποιο κελί.

$$CR3 = \frac{\text{απόσταση από το κέντρο της πόλης}}{\text{μέγιστη απόσταση από το κέντρο της πόλης}}$$

-CR4, η απόσταση από το πλησιέστερο υποκέντρο η οποία υπολογίζεται με βάση το γράφημα του οδικού δικτύου. Υπολογίζεται από το πηλίκο της απόστασης από το πλησιέστερο υποκέντρο προς τη μέγιστη απόσταση από το κέντρο που συναντάμε σε κάποιο κελί.

$$CR4 = \frac{\text{απόσταση από το πλησιέστερο υποκέντρο}}{\text{μέγιστη απόσταση από το κέντρο της πόλης}}$$

Το τέταρτο κριτήριο έχει ως παρανομαστή ίδιο με το τρίτο κριτήριο καθώς η απόσταση του υποκέντρου παίζει επίσης ρόλο καθώς όσο πλησιέστερα βρίσκεται αυτό στο κέντρο της πόλης ασκεί ακόμη μεγαλύτερη επιρροή στις ευρύτερες περιοχές του.

Το επίπεδο της constructability υπολογίζεται τελικά από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{constructability} = w1 * CR1 + w2 * CR2 + w3 * CR3 + w4 * CR4$$

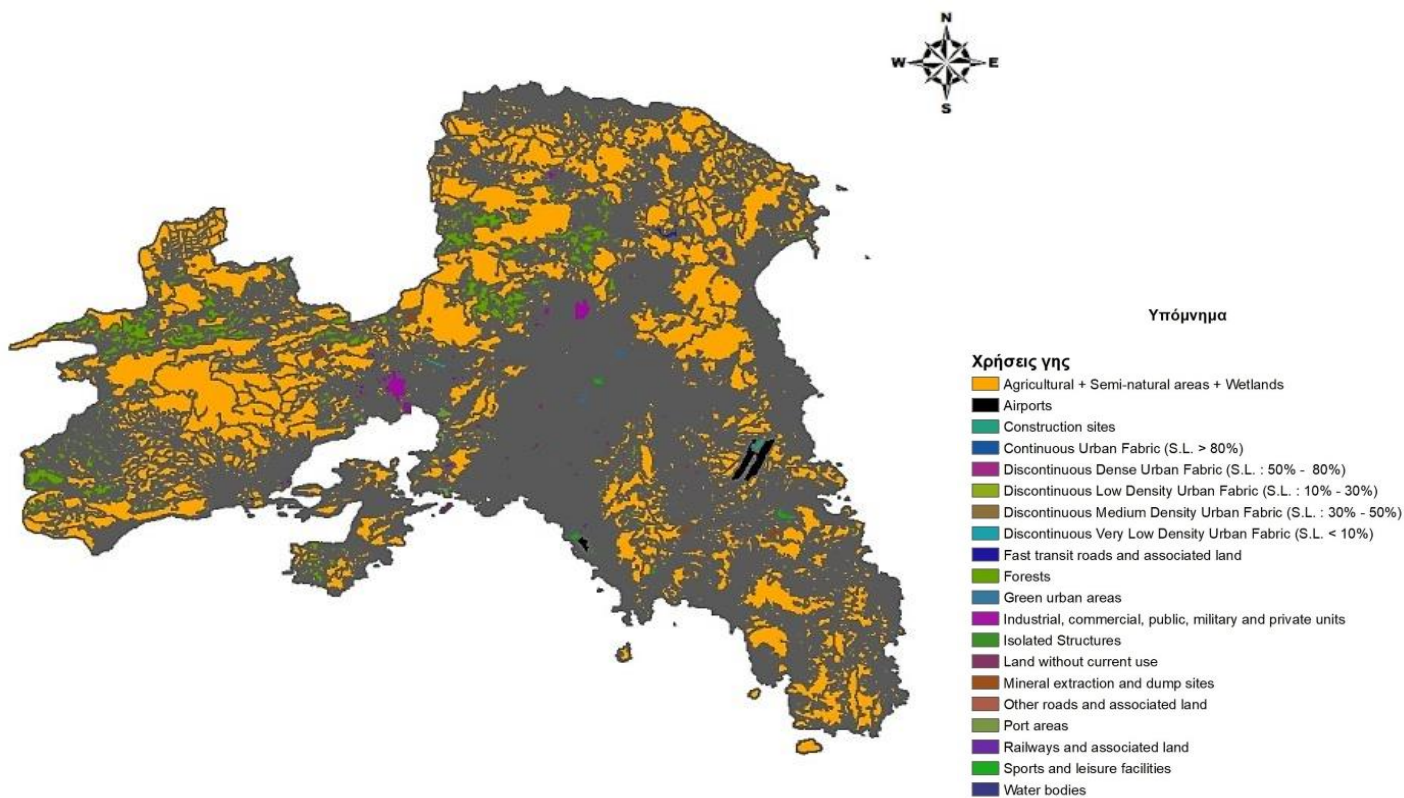
όπου τα $w1, w2, w3, w4$ είναι παράμετροι του μοντέλου.

Η επιλογή των κριτηρίων έγινε με γνώμονα το θεωρητικό υπόβαθρο της αστικής επέκτασης κυρίως όπως αυτό διαμορφώθηκε από την μελέτη της αστικής ιστορίας της Αττικής και προσαρμόστηκε στις δυνατότητες που προσφέρει η πλατφόρμα GAMA για την μελέτη του συγκεκριμένου χωρικού φαινομένου.

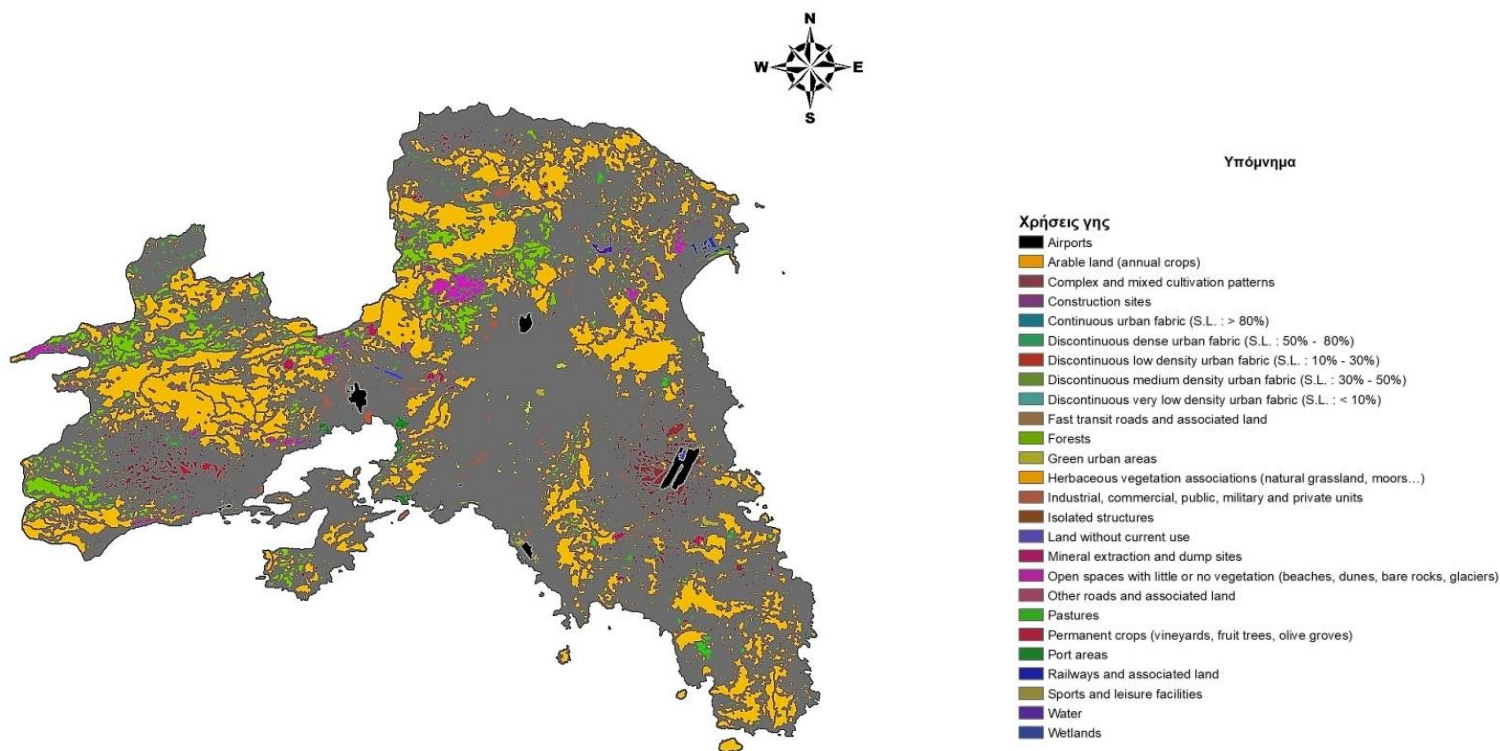
5.2.3 Συλλογή Δεδομένων

1. Χρήσεις Γης (πολύγωνα)

Για τις χρήσεις γης χρησιμοποιήθηκε ως πηγή ο ιστότοπος <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas>. Από τον ιστότοπο αυτό προμηθευτήκαμε τα shapefiles των χρήσεων γης για το Νομό Αττικής για τα έτη 2010 και 2015. Μετατράπηκαν τα shapefiles σε χάρτη (Χάρτης 5.1) και η μορφή που έχουν παρουσιάζεται παρακάτω:



Χάρτης 5.1: Χρήσεις γης Αττικής 2010



Χάρτης 5.2: Χρήσεις γης Αττικής 2015

Εκ πρώτης όψεως συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχουν μεγάλες μεταβολές στο δομημένο περιβάλλον της Αττικής στο διάστημα των έξι χρόνων που καλύπτουν τα δεδομένα μας.

Το shapefile με τις χρήσεις γης για το έτος 2010 θα χρησιμοποιηθεί ως βάση για την εφαρμογή του μοντέλου, το αντίστοιχο για το έτος 2015 θα χρησιμοποιηθεί για τη βαθμονόμηση του μοντέλου.

Το attribute table του shapefile (Εικόνα 5.1) για το έτος 2010 περιλαμβάνει 20 χρήσεις γης και έχει την παρακάτω μορφή:

FID	Shape	CITIES	LUZ_OR_CIT	CODE	ITEM	PROD_DATE	SHAPE_LEN	SHAPE_AREA
0	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	262.783382	3459.017017
1	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	308.363055	5675.417365
2	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	309.833708	4349.788725
3	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	315.243585	4026.752393
4	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	502.418301	8205.948476
5	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	187.882322	2120.667005
6	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	714.224518	16694.952787
7	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	371.925551	6267.154651
8	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	670.92967	17778.617669
9	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	274.771237	2878.27476
10	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	237.168795	3101.157162
11	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	148.084639	1269.544243
12	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	193.057321	2324.531506
13	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	179.365871	1967.808692
14	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	185.830409	2155.111125
15	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	224.954817	3116.572915
16	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	211.250927	2638.787795
17	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	643.436472	9937.030708
18	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	217.916391	2898.862566
19	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	255.833157	3507.220856
20	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	675.229179	7366.680439
21	Polygon	Athina	GR001L	11100	Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	2010	183.034884	2089.50463

Εικόνα 5.1: Attribute table τουshapefile χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης που περιλαμβάνει το shapefile είναι οι παρακάτω:

- 'Agricultural + Semi-natural areas + Wetlands'
- 'Airports'
- 'Construction sites'
- 'Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)'
- 'Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L. : 50% - 80%)'
- 'Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L. : 10% - 30%)'
- 'Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L. : 30% - 50%)'
- 'Discontinuous Very Low Density Urban Fabric (S.L. < 10%)'
- 'Fast transit roads and associated land'
- 'Forests'
- 'Green urban areas'

- 'Industrial, commercial, public, military and private units'
- 'Isolated Structures'
- 'Land without current use'
- 'Mineral extraction and dump sites'
- 'Other roads and associated land'
- 'Port areas'
- 'Railways and associated land'
- 'Sports and leisure facilities'
- 'Water bodies'

Για την χρήση των δεδομένων μας στη GAMA θα πρέπει να αποφασίσουμε ποιες χρήσεις γής θα πρέπει να δημιουργηθούν για το μοντέλο μας.

Αυτές είναι:

1. Urban areas
2. Areas ready for urbanization
3. ForestAreas
4. Forbidden Areas

Αφού γίνει η επιλογή των παραδοχών που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη του μοντέλου το 1^ο βήμα για την επεξεργασία των δεδομένων είναι ο ορισμός του συστήματος προβολής του shapefile. Διαδικασία η οποία πραγματοποιείται με τα κατάλληλα εργαλεία του λογισμικού ArcGIS.

Στο 2^ο βήμα θα πρέπει να γίνει reclassify των δεδομένων (από 20 κατηγορίες θα προκύψουν 4 κατηγορίες). Κάθε μια από τις 4 νέες κατηγορίες που θα δημιουργηθούν θα έχει έναν κωδικό από το 1-4. Η κατηγοριοποίηση έγινε με τα κατάλληλα εργαλεία στο λογισμικό QGIS. Παρακάτω παρατίθεται ένα πίνακας (Πίνακας 5.1) ο οποίος παρουσιάζει σε ποια κατηγορία εντάχθηκε η κάθε χρήση γης.

LAND_USE	GAMA_CODE			
	1 (Urban areas)	2 (Areas ready for urbanization)	3 (ForestAreas)	4 (ForbiddenAreas)
Agricultural+ Semi-natural areas + Wetlands'		X		
Airports				X
Construction sites	X			
Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)	X			
Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L. : 50% - 80%)	X			
Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L. : 10% - 30%)	X			
Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L. : 30% - 50%)	X			
Discontinuous Very Low Density Urban Fabric (S.L. < 10%)	X			
Fast transit roads and associated land	X			
Forests			X	
Industrial, commercial, public, military and private units	X			
Isolated Structures	X			

Land without current use		X		
Mineral extraction and dump sites		X		
Other roads and associated land	X			
Port areas				X
Green urban areas	X			
Railways and associated land	X			
Sports and leisure facilities	X			
Water bodies				X

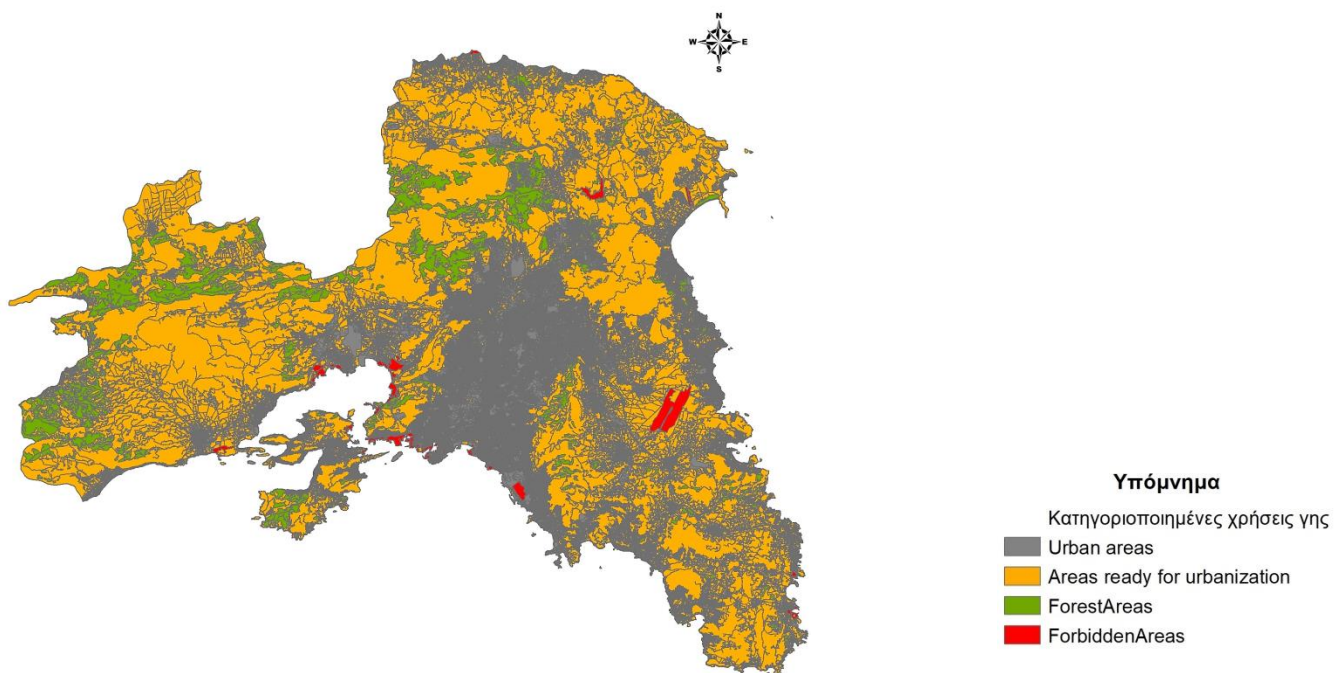
Πίνακας 5.1: Κατηγοριοποίηση χρήσεων γης

Αφού πραγματοποιηθεί η κατηγοριοποίηση, η μορφή που παρουσιάζει ο attribute table του shapefile είναι η παρακάτω (Εικόνα 5.2).

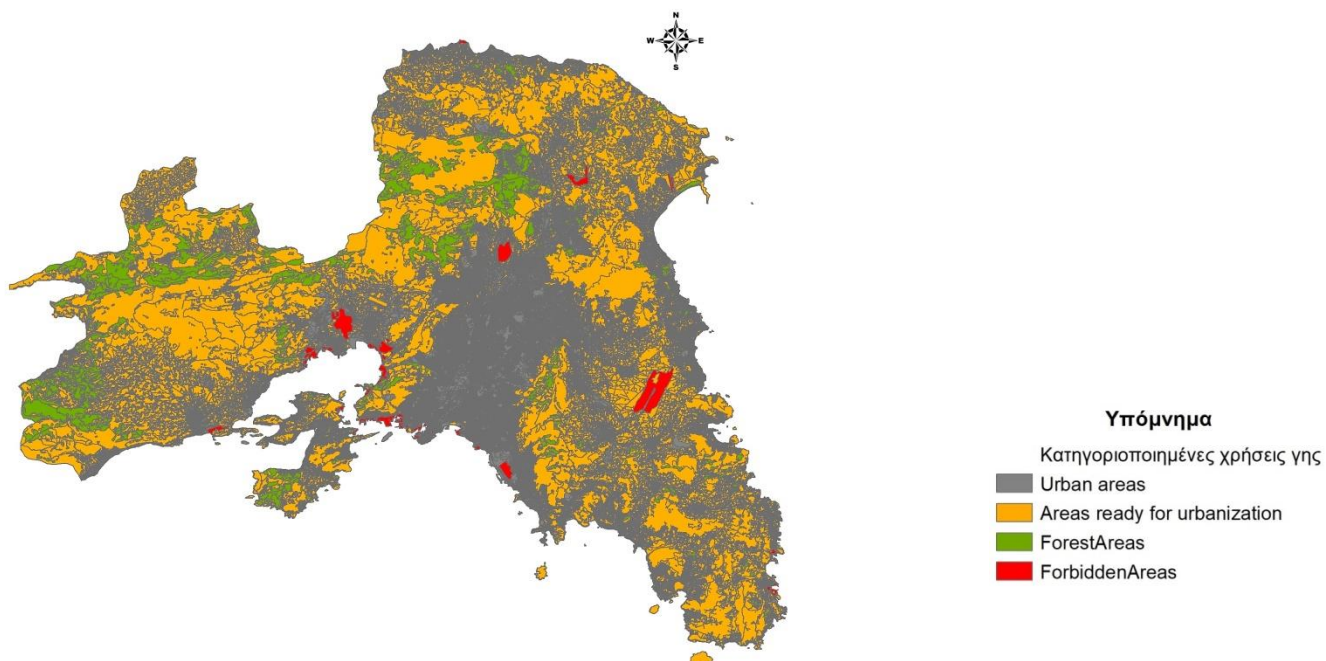
FID	Shape	CITIES	LUZ_OR_CIT	CODE	ITEM	PROD_DATE	SHAPE_LEN	SHAPE_AREA	GAMA_CODE
2437	Polygon	Athina	GR001L	30000	Forests	2010	542.838549	16092.862103	3
2438	Polygon	Athina	GR001L	30000	Forests	2010	1493.60151	50701.295981	3
2439	Polygon	Athina	GR001L	30000	Forests	2010	628.537111	16952.806805	3
2440	Polygon	Athina	GR001L	30000	Forests	2010	885.233021	18460.924446	3
2441	Polygon	Athina	GR001L	30000	Forests	2010	704.622667	19321.917763	3
2442	Polygon	Athina	GR001L	30000	Forests	2010	1694.907141	62091.429503	3
2443	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	1915.764962	128115.623475	2
2479	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	335.311199	7654.444515	2
2480	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	229.339223	3248.214636	2
2485	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	492.388492	15614.952277	2
2486	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	271.9172	3381.224518	2
2487	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	1460.467354	43365.084402	2
2488	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	591.48569	11491.774138	2
2489	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	800.66454	15568.940059	2
2490	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	690.827001	30561.106154	2
2491	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	765.150459	28918.633514	2
2492	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	307.081363	4252.472854	2
2493	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	496.72939	6559.031841	2
2494	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	393.661433	6781.617555	2
2495	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	308.863998	3241.2642	2
2496	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	404.848551	4105.521987	2
2497	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	2225.014626	98430.273029	2
2498	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	483.064301	4346.973959	2
2499	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	240.769089	3157.867889	2
2500	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	293.814889	5139.180217	2
2501	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	478.154952	5675.287744	2
2502	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	533.269323	14127.308432	2
2503	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	763.058077	17720.1896	2
2504	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	250.153185	3258.625072	2
2505	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	2006.243697	77694.316734	2
2506	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	1808.562483	147502.734415	2
2507	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	307.783055	5634.221994	2
2508	Polygon	Athina	GR001L	13100	Mineral extracti	2010	213.128507	1737.238508	2

Εικόνα 5.2: Κατηγοριοποιημένος attribute table τουshapefile χρήσεις γης.

Οι αντίστοιχοι χάρτες με τις κατηγοριοποιημένες χρήσεις γης παρατίθενται παρακάτω:



Χάρτης 5.3: Κατηγοριοποιημένες χρήσεις γης 2010

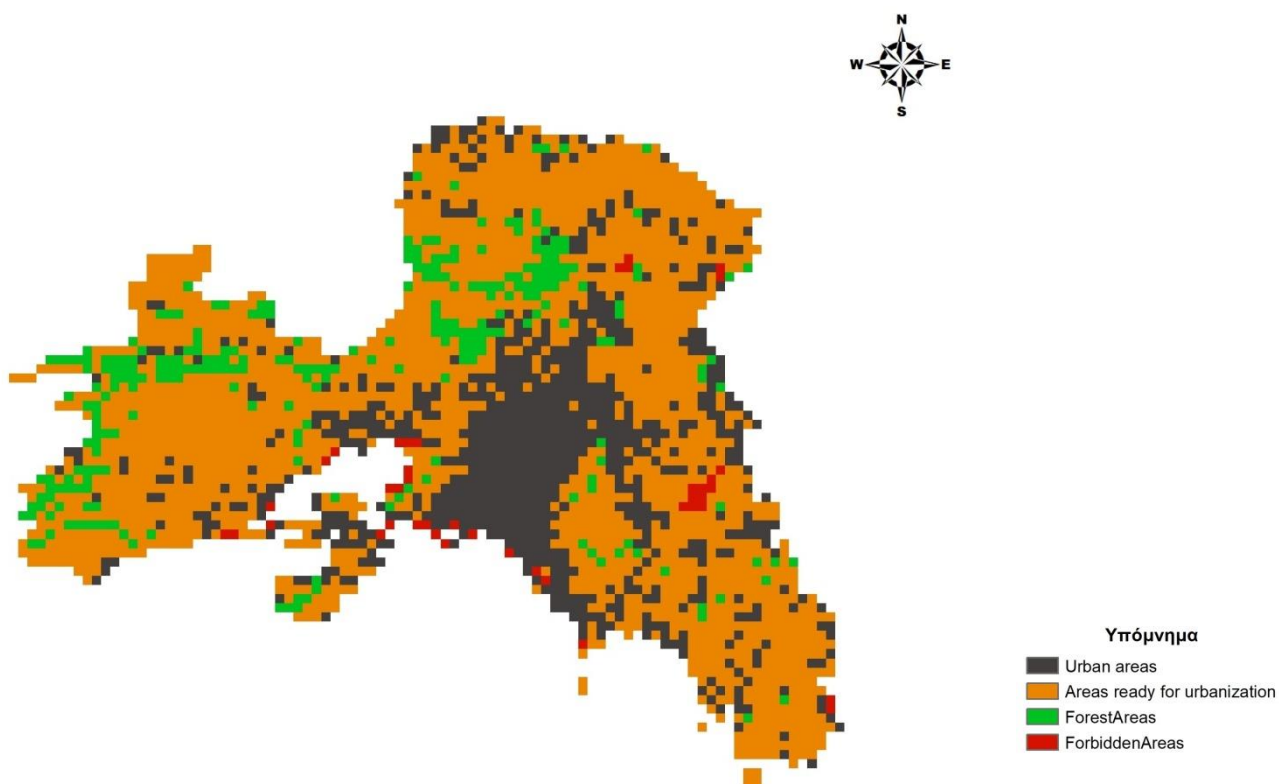


Χάρτης 5.4: Κατηγοριοποιημένες χρήσεις γης 2015

Αφού πραγματοποιηθεί η κατηγοριοποίηση, διακρίνονται πιο εύκολα οι μεταβολές που έχουν πραγματοποιηθεί σε ότι αφορά τις αστικοποιημένες περιοχές. Παρατηρείται ότι καταλαμβάνουν μεγαλύτερο κομμάτι το 2015 σε σχέση με το 2010 κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς με το πέρασμα του χρόνου περιοχές μη αστικές μετατρέπονται σε αστικές λόγω των αυξανόμενων αναγκών του πληθυσμού.

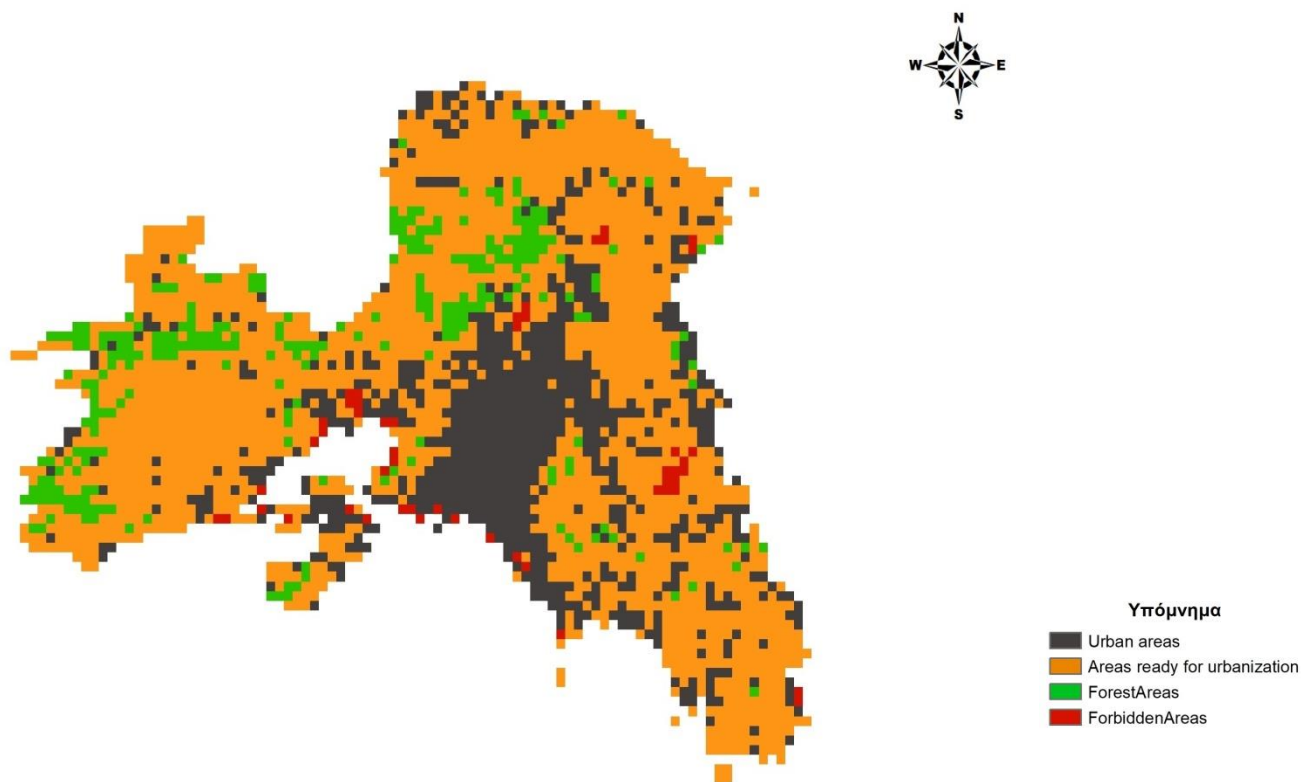
Τελευταίο βήμα είναι η μετατροπή των vector αρχείων (2010 και 2015) σε raster μορφή, ώστε να χρησιμοποιηθούν στο raster μοντέλο της GAMA-Platform.

Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται πάλι με τα αντίστοιχα εργαλεία που προσφέρει το ArcGIS και η μορφή που θα έχει ο χάρτης των χρήσεων γης (Χάρτης 5.5) μετά την επεξεργασία φαίνεται παρακάτω:



Χάρτης 5.5: Raster χάρτης χρήσεων γης 2010

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τα δεδομένα που διατίθενται για τις χρήσεις γης για το έτος 2015 (Χάρτης 5.6) καθώς θα χρειαστούν στη διαδικασία βαθμονόμησης του μοντέλου.



Χάρτης 5.6: Raster χάρτης χρήσεων γης 2015

Προκειμένου να γίνουν πιο αντιληπτές οι μεταβολές που έχουν συντελεστεί σε επίπεδο δομημένου περιβάλλοντος στο διάστημα των πέντε χρόνων, παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 5.2) με τις τιμές της κάθε χρήσης γης για τα δύο έτη:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ	2010	2015
Urban areas	24,3%	24,5%
Areas ready for urbanization	63,97%	63,55%
Forest areas	10%	10%
Forbidden areas	1,6%	1,6%

Πίνακας 5.2: Ποσοστά χρήσεων γης

Παρατηρείται λοιπόν πως μέσα στο χρονικό διάστημα των έξι ετών σημειώνεται μια μικρή αύξηση των αστικών περιοχών της τάξεως του 0,1% όπως επίσης και μια αύξηση του 0,3% στην κατηγορία Forbidden Areas η οποία περιλαμβάνει υδάτινες περιοχές, αεροδρόμια, λιμάνια κλπ . Παράλληλα η έκταση της κατηγορίας που περιλαμβάνει τις περιοχές που ενδείκνυτο για αστικοποίηση έχει μειωθεί κατά 0,7.

Η αύξηση που καταγράφουν οι κατηγορίες urban areas και forbidden areas αναδεικνύει αφενός την αστικοποίηση κάποιων μη αστικών περιοχών και αφετέρου τη κατασκευή έργων υποδομής. Οι διεργασίες αυτές έλαβαν έδαφος σε περιοχές που εντάσσονται στην κατηγορία Areas ready for urbanization γεγονός το οποίο αναδεικνύεται και από τη μείωση που παρουσιάζει η συγκεκριμένη κατηγορία.

Από τα στοιχεία του πίνακα 5.2 επιβεβαιώνεται και η επιλογή της περιοχής μελέτης μας. Ο Νομός Αττικής περιλαμβάνει το μεγαλύτερο αστικό κέντρο της χώρας και παράλληλα διαθέτει ένα αρκετά μεγάλο απόθεμα εκτάσεων τα οποία δυνητικά μπορούν να γίνουν αστικές. Επομένως είναι η καταλληλότερη επιλογή για να μελετηθούν τάσεις και προοπτικές αστικοποίησης μέσω της πλατφόρμας GAMA.

Προκειμένου να γίνει πιο κατανοητή η χωροθέτηση των χρήσεων γης, γίνεται μια παράθεση (Πίνακας 5.3) των χρήσεων γης σε επίπεδο τομέων:

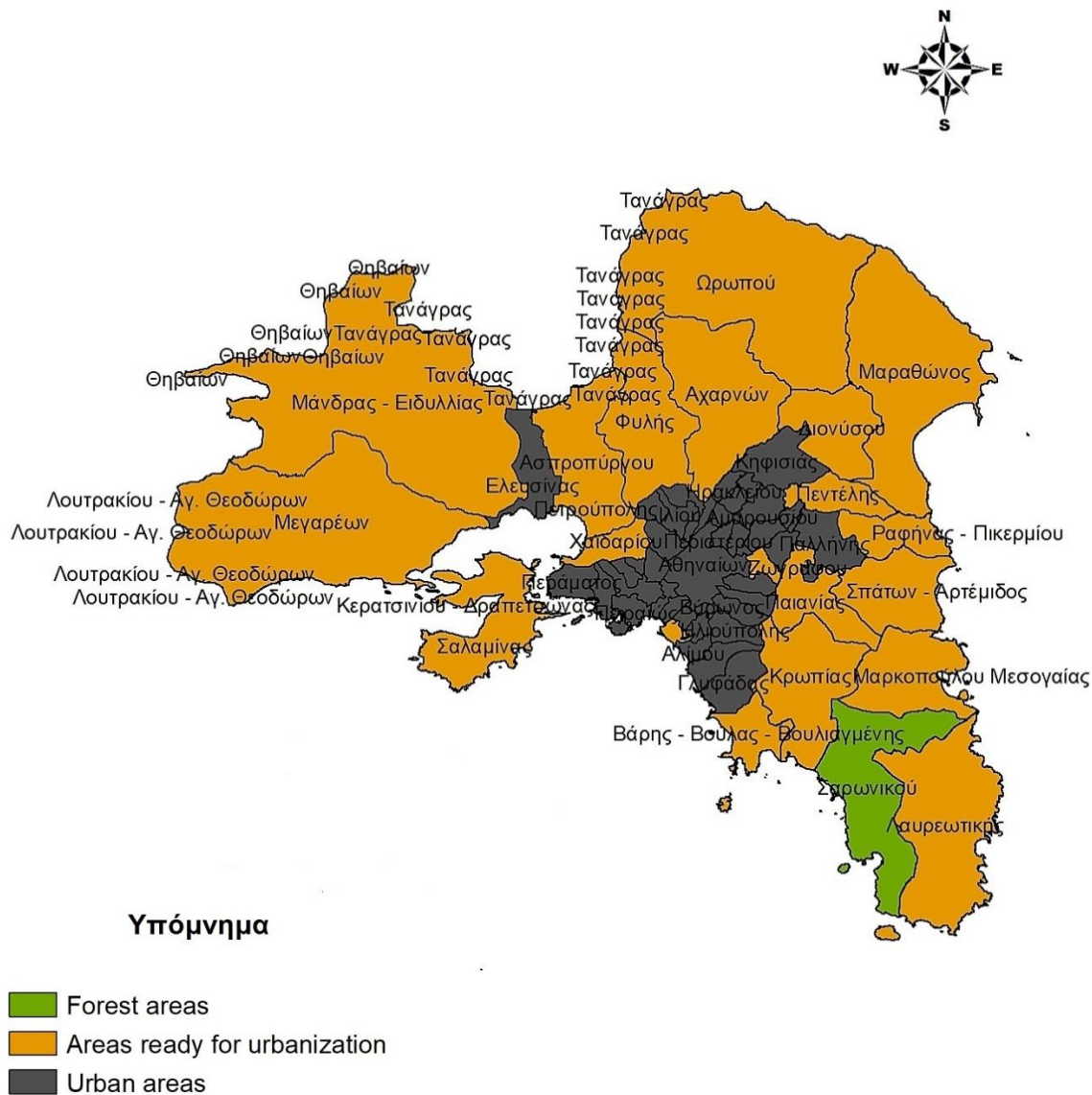
Περιφερειακές ενότητες	Σύνολο εκτάσεων	Καλλιεργούμενες εκτάσεις και αγραναπαύσεις	Βοσκότοποι	Δάση	Εκτάσεις καλυπτόμενες από νερά	Έκτασεις οικισμών (κτίρια, δρόμοι, κ.λ.π.)	Άλλες εκτάσεις
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	87.7	0	2.4	20.9	0	63.5	0.7
ΒΟΡΕΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	108.8	3	2.2	15.9	0	86.7	1
ΔΥΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	67.7	2.8	0.9	18	0	44.5	1.4
ΝΟΤΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	70	0	2.8	13.9	0	52.5	0.8
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	1273.7	521.3	87.8	462.1	3.4	144.2	55.4
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	1003.5	290.7	56.4	569	0.8	58.6	27.7
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	51.3	0	0	8.2	0	33.9	9.2
ΣΑΛΑΜΙΝΑ	81.2	23.7	9	32.6	0	13.7	2.1

Πίνακας 5.3: Χρήσεις γης ανά περιφερειακή ενότητα

Από τον παραπάνω πίνακα εξάγεται το συμπέρασμα πως στον κεντρικό τομέα συναντάται κορεσμένος πολεοδομικός ιστός καθώς το 73% των εκτάσεων που βρίσκονται σε αυτόν καταλαμβάνονται από κτίρια και δρόμους επομένως πρόκειται για αστικές εκτάσεις. Ο βόρειος τόμεας και ο νότιος τομέας καταλαμβάνονται επίσης, κατά κύριο λόγο από αστικές εκτάσεις σε ποσοστό 79% και 75% αντίστοιχα. Στο δυτικό τομέα, το ποσοστό είναι ελαφρώς μειωμένο και κυμαίνεται στο 65.7%. Εξίσου ατικοποιημένη είναι και η περιφερειακή ενότητα του Πειραιά με ποσοστό 66%. Η εικόνα αυτή είναι αναμενόμενη καθώς οι περισσότεροι δήμοι που περιλαμβάνονται στις συγκεκριμένες περιφερειακές ενότητες αποτελούν κομμάτι του ευρύτερου κέντρου και συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων της Αττικής.

Από την άλλη οι περιφερειακές ενότητες Ανατολικής και Δυτικής Αττικής παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερα ποσοστά αστικοποίησης, 11.3% και 5.8% αντίστοιχα. Οπότε προφανώς αυτές είναι οι περιοχές που θα αποτελέσουν υποδοχείς νέων κατοίκων τα επόμενα χρόνια.

Παρακάτω αποδίδονται και οπτικά (Χάρτης 5.7) τα όσα αναφέρονται παραπάνω:



Χάρτης 5.7: Κύρια χρήση γης ανά δήμο

2. Οδικό Δίκτυο (Polyline)

Τα στοιχεία για το οδικό δίκτυο του Νομού Αττικής προήλθαν από την στατιστική υπηρεσία. Από τους οδικούς άξονες χρησιμοποιούνται οι πιο κεντρικοί τόσο για λόγους διευκόλυνσης εφαρμογής του μοντέλου όσο και για ερευνητικούς λόγους. Όπως ήδη έχει αναφερθεί ένα από τα κριτήρια που χρησιμοποιείται για τη μελέτη της αστικής εξάπλωσης είναι η απόσταση των κελιών από τους δρόμους. Το κριτήριο αυτό επιλέχθηκε με τη λογική ότι μια περιοχή η οποία βρίσκεται κοντά σε κάποια κεντρική αρτηρία ενδείκνυται περισσότερο για αστικοποίηση καθώς η μεταφορά από και προς αυτήν είναι πιο εύκολη. Υπό αυτή την έννοια οι δρόμοι οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη επίδραση είναι οι δρόμοι υπερτοπικής σημασίας που ενώνουν την υπο-αστικοποίηση περιοχή με μια σειρά από αστικές λειτουργίες.

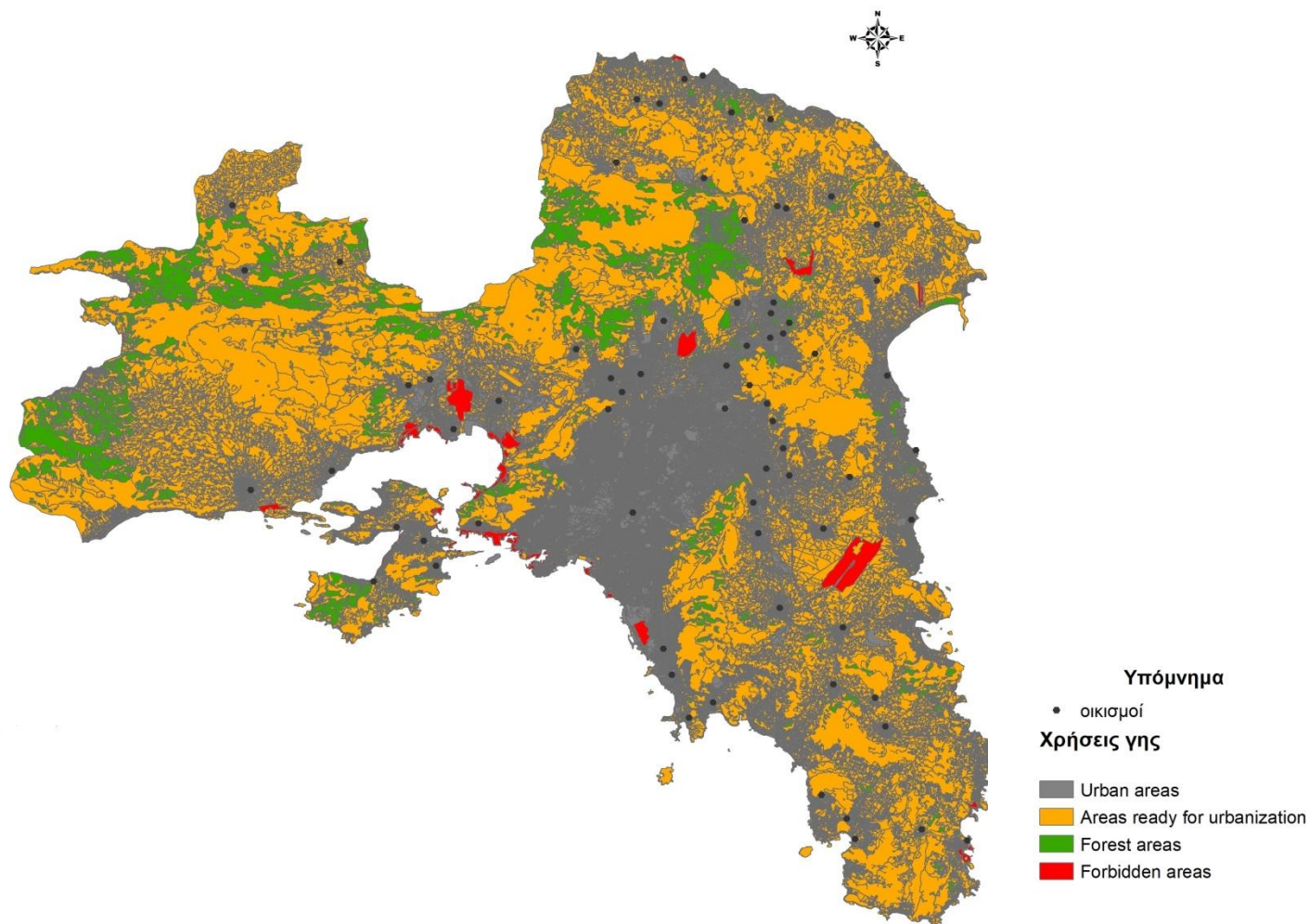
3. Κέντρα των πόλεων (Points)

Ως κέντρο της πόλης επιλέχθηκε προφανώς η Αθήνα. Στην εφαρμογή του μοντέλου όμως χρησιμοποιήθηκαν ως υποκέντρα και κάποιοι οικισμοί της Αττικής. Η επιλογή αυτή έγινε με γνώμονα την παραδοχή ότι σε ότι αφορά τις πιο απομακρυσμένες περιοχές η κατάταξη τους με βάση το επίπεδο constructability (δυνατότητα να δομηθεί το κελί) θα πρέπει να λάβει υπόψη ποιες από αυτές βρίσκονται πλησιέστερα σε κάποιο υποκέντρο. Επομένως ποιες από αυτές έχουν ευκολότερη σε υπηρεσίες, χώρους ψυχαγωγίας κλπ και άρα βρίσκονται πιο ψηλά στην κατάταξη των προς αστικοποίηση περιοχών. Το shapefile με την πληροφορία αυτή προήλθε από τον ιστότοπο geodata.

Τέτοιες περιοχές υπάρχουν σε όλη την έκταση του Νομού Αττικής έτσι επιλέχθηκαν οι οικισμοί που καλύπτουν όλες τις απομακρυσμένες προς αστικοποίηση περιοχές. Οι οικισμοί που επιλέχθηκαν για την εφαρμογή του μοντέλου είναι:

Νέα Παλάτια, Σκάλα Ωρωπού, Συκάμινο, Ωρωπός, Μαρκόπουλο, Κάλαμος, Αυλώνα Μαλακάσα, Βαρνάβας, Ερυθρές, Πολυδένδρι, Καπανδρίτι, Αφίδνες, Γραμματικό, Οινόη, Βίλια, Κρουονέρι, Ανοιξη, Θρακομακεδόνες, Σταμάτα, Ροδόπολη, Δροσιά, Εκάλη, Φυλή, Διόνυσος, ΝέαΕρυθραία, Αχαρνές, ΝέαΜάρκη, ΑνωΛιόσια, Μαγούλα, Μάνδρα, Κηφισια, Ζεφύρι, Ασπρόπυργος, Νέα Πεντέλη, Αμαρούσι, Καματερό, Πεντέλη, Ελευσίνα, Ανθούσα, Ραφήνα, Γέρακας, Νέα Πέραμος, Παλλήνη, Πικέρμι, Μέγαρο, Γλυκά Νερά, Αρτέμιδα, Πέραμα, Σαλαμίνα, Σπάτα, Παιανία, Αμπελάκια, Κορωπί, Μαρκόπουλο, Γλυφάδα, Βούλα, Καλύβια Θορικού, Κουβαράς, Βάρη, Βουλιαγμένη, Κερατέα, Σαρωνίδα, Ανάβυσσος, Άγιος Κωνσταντίνος, ΠαλαιάΦώκεια, Λαύριο, ΆγιοςΣτέφανος, Μαραθώνας, Σελήνια, Αιάντειο.

Η κατανομή τους στο Νομό παρουσιάζεται στον παρακάτω χάρτη (Χάρτης 5.8):



Χάρτης 5.8: Οικισμοί-υποκέντρα Ν.Αττικής

Όπως φαίνεται και από το χάρτη οι οικισμοί που λήφθηκαν υπ' όψιν βρίσκονται περιμετρικά στο Νομό Αττικής ώστε να καλύπτουν όλη την περιοχή μελέτης. Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί ότι από τις νησιωτικές περιοχές που ανήκουν στο Νομό Αττικής επιλέγεται να συμπεριληφθεί μόνο η Σαλαμίνα καθώς βρίσκεται πιο κοντά στο ηπειρωτικό κομμάτι, έχει την πιο εύκολη πρόσβαση και επιπλέον είναι η μόνη από τις νησιωτικές περιοχές της οποίας οι λειτουργίες έχουν κάποια σύνδεση με το ηπειρωτικό κομμάτι (π.χ συναντώνται άτομα που εργάζονται στο ηπειρωτικό κομμάτι αλλά έχουν επιλέξει ως τόπο διαμονής τη Σαλαμίνα).

4. Κτίρια Ν.Αττικής

Χρησιμοποιείται ένα επιπλέον shapefile το οποίο περιλαμβάνει τα κτίρια του Ν.Αττικής από την απογραφή του 2001. Συνδυάζοντας το συγκεκριμένο shapefile με το shapefile των χρήσεων γης του Νομού επιβεβαιώνεται αυτό που είναι ήδη γνωστό, ότι η δόμηση στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα και σε περιοχές οι οποίες θεωρούνται δασικές. Επομένως κατά την εφαρμογή του μοντέλου, οι δασικές περιοχές δεν θεωρούνται τελείως απαγορευμένες προς δόμηση. Η κατανομή των κτισμάτων σε δασικές περιοχές παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.4):

Κτίσματα σε δασικές περιοχές			
Αγ.Απόστολοι	336	Καρελλάς	31
Αγ.Κωνσταντίνος	81	Κάτω Ποσειδωνία	51
Αγ.Παρασκευή	246	Κάτω Σούνιο	6
Αγ.Στέφανος	64	Κηφισιά	13
Αιάντειο	1437	Κορωπί	387
Ανάβυσσος	31	Κρουονέρι	154
Άνοιξη	398	Λαύριο	59
Άνω Λιόσια	40	Λίμνη Μαρκόπουλου	138
Άρτεμη	126	Μαλακάσα	161
Ασπρόπυργος	2	Μάνδρα	147
Αφίδναι	495	Μαρκόπουλο	373
Αχαρναί	227	Νέα Ερυθραία	17
Βάρη	74	Νέα Παλάτια	22
Βαρνάβας	103	Νέα Μάκρη	1005
Βίλια	50	Νέος Βουτζάς	6
Βούλα	27	Παιανία	118
Γλυκά Νερά	45	Παλαιά Φώκεια	34
Δασκαλειό	63	Παλλήνη	2
Διόνυσος	224	Πεντέλη	117
Δροσιά	205	Ραφήνα	501
Εκάλη	260	Σελήνια	274
Ερυθραί	198	Σκάλα Ωρωπού	168
Θρακομακεδόνες	84	Σκαραμαγκάς	88
Θυμάρι	63	Σταμάτα	305
Κακή Θάλασσα	33	Σχινιάς	101
Κάλαμος	22	Χαλκούτσι	11

Πίνακας 5.4: Κτίσματα σε δασικές περιοχές

Με τα εργαλεία που προσφέρουν τα GIS υπολογίζεται το εμβαδόν των δασικών περιοχών που καταλαμβάνουν τα παραπάνω κτίρια. Το ποσοστό των κτισμάτων επί των δασικών εκτάσεων είναι στο 0.46% . Επομένως θα εξεταστεί η δόμηση σε δασικές περιοχές με μια πιθανότητα 0.5.

5.2.4 Εφαρμογή Μοντέλου

Αφού ολοκληρωθεί η επεξεργασία των δεδομένων υπάρχουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία εισαγωγής για την GAMA-Platform. Αυτά είναι:

- attica_1000_fin.asc (όρια Ν.Αττικής)
- city_center.shp (πόλη της Αθήνας)
- motorways.shp (κεντρικοί οδικοί άξονες Ν.Αττικής)
- subcenters.shp (οικισμοί-υποκέντρα Ν.Αττικής)

Η δομή του μοντέλου ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

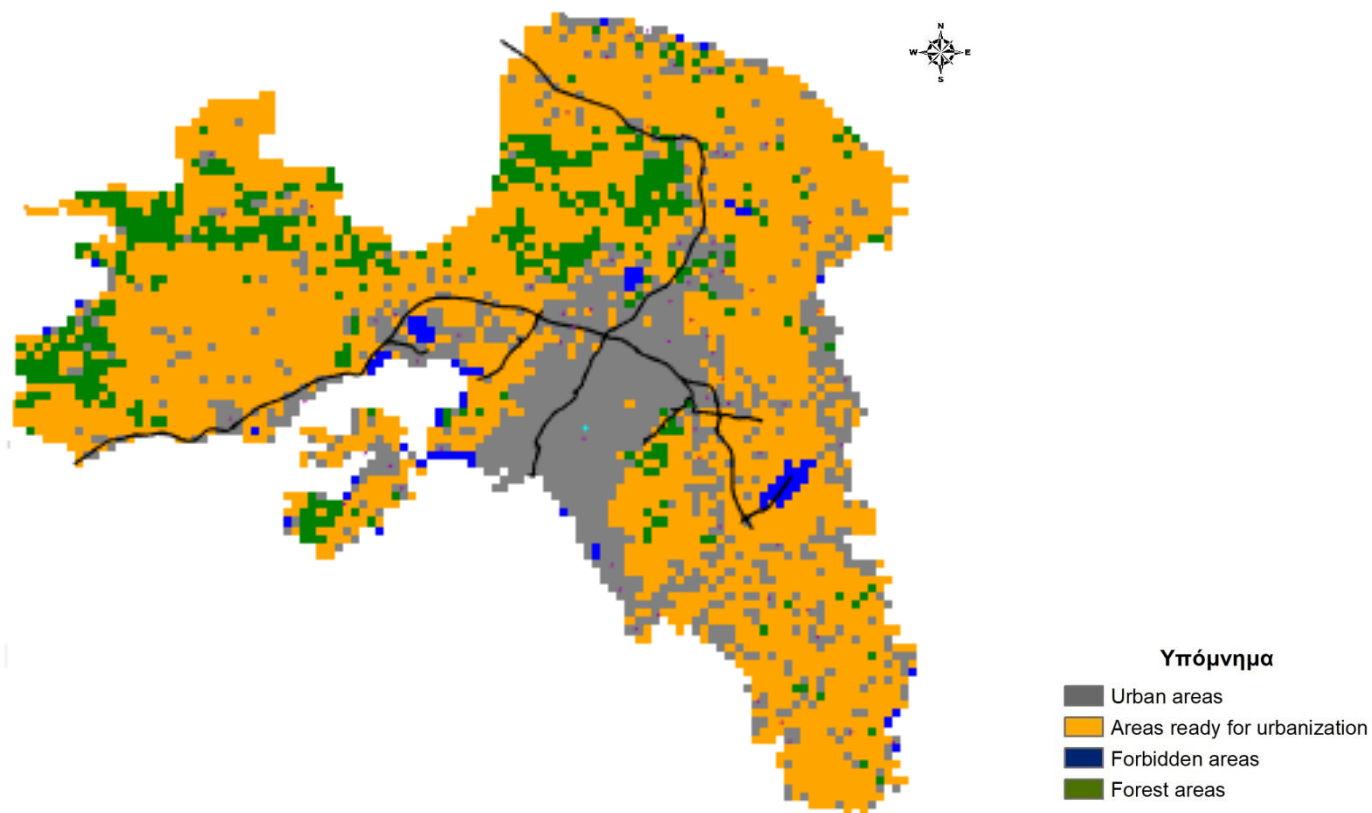
- Η περιοχή μελέτης καθορίζετε από το raster αρχείο των χρήσεων γής
- Για κάθε pixel του raster μας υπολογίζουμε την απόσταση από τους δρόμους
- Για κάθε δρόμο υπολογίζουμε την απόσταση από το κέντρο της πόλης καθώς και την απόσταση από το κοντινότερο υπο-κέντρο.
- Για κάθε pixel υπολογίζουμε την πυκνότητα . Η πυκνότητα καθορίζεται από τον αριθμό των “urban pixels” που γειτνιάζει.
- Για κάθε pixel υπολογίζουμε την τιμή αστικοποίησης (constructability).
- Για κάθε παράγοντα (agent) ορίζουμε το βάρος του.

Αφού τρέξει το μοντέλο και προκύψει η πρώτη προσομοίωση, ακολουθεί η βαθμονόμηση του μοντέλου βάση των δυναμικών παραμέτρων (βάρη) που έχουν οριστεί.

Οι τιμές αυτές προέκυψαν από την σύγκριση των δεδομένων των ετών 2010 και 2015 που υπάρχουν για την περιοχή μελέτης μας.

Στη συνέχεια τρέχει το μοντέλο και προκύπτουν και οι επόμενες προσομοιώσεις με τα βάρη όπως προέκυψαν από τη βαθμονόμηση $w_1=0.05$, $w_2=0.5$, $w_3=0.4$ και $w_4=0.01$.

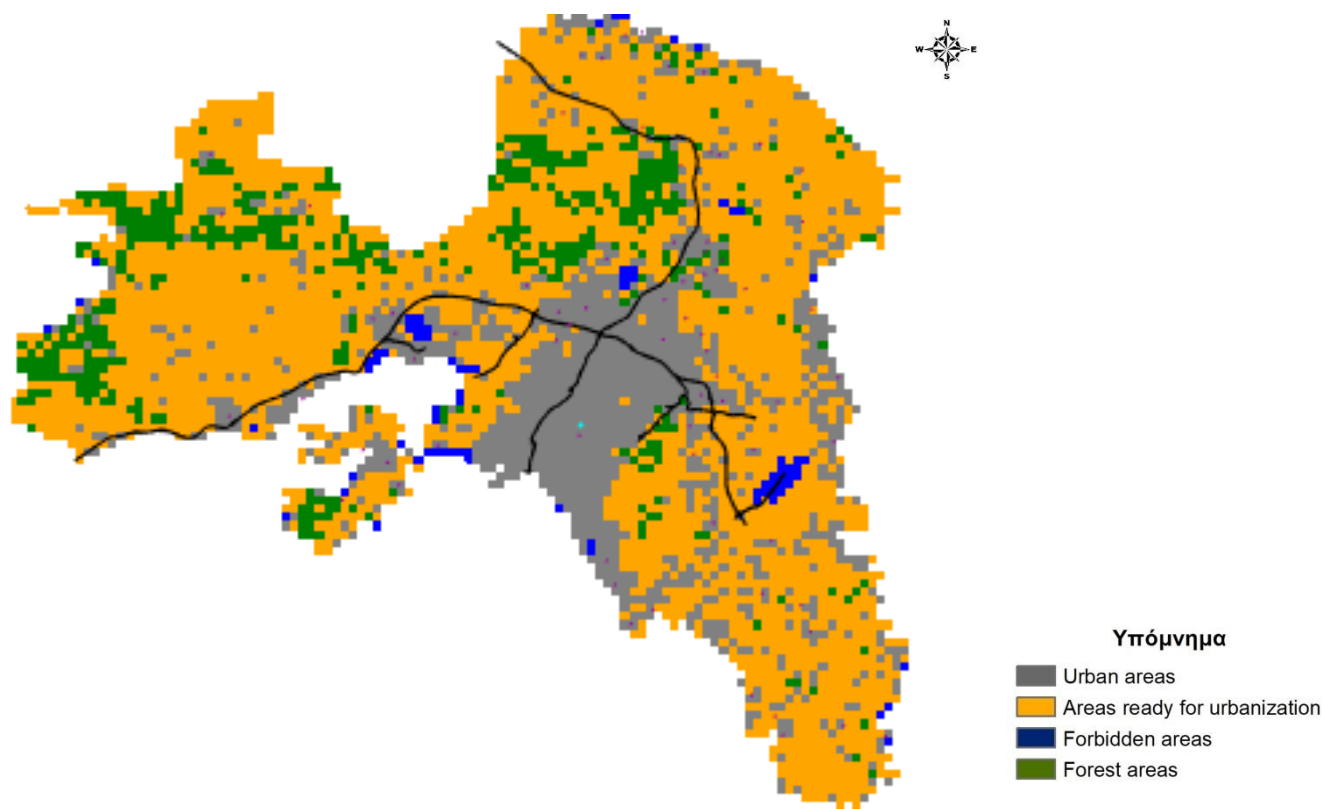
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου ανά 10 χρόνια μέχρι το έτος 2100:



Χάρτης 5.9: Χρήσεις γης 2010

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
24,7%	63,62%	1,6%	10%

Πίνακας 5.5: Ποσοστά χρήσεων γης (2010)

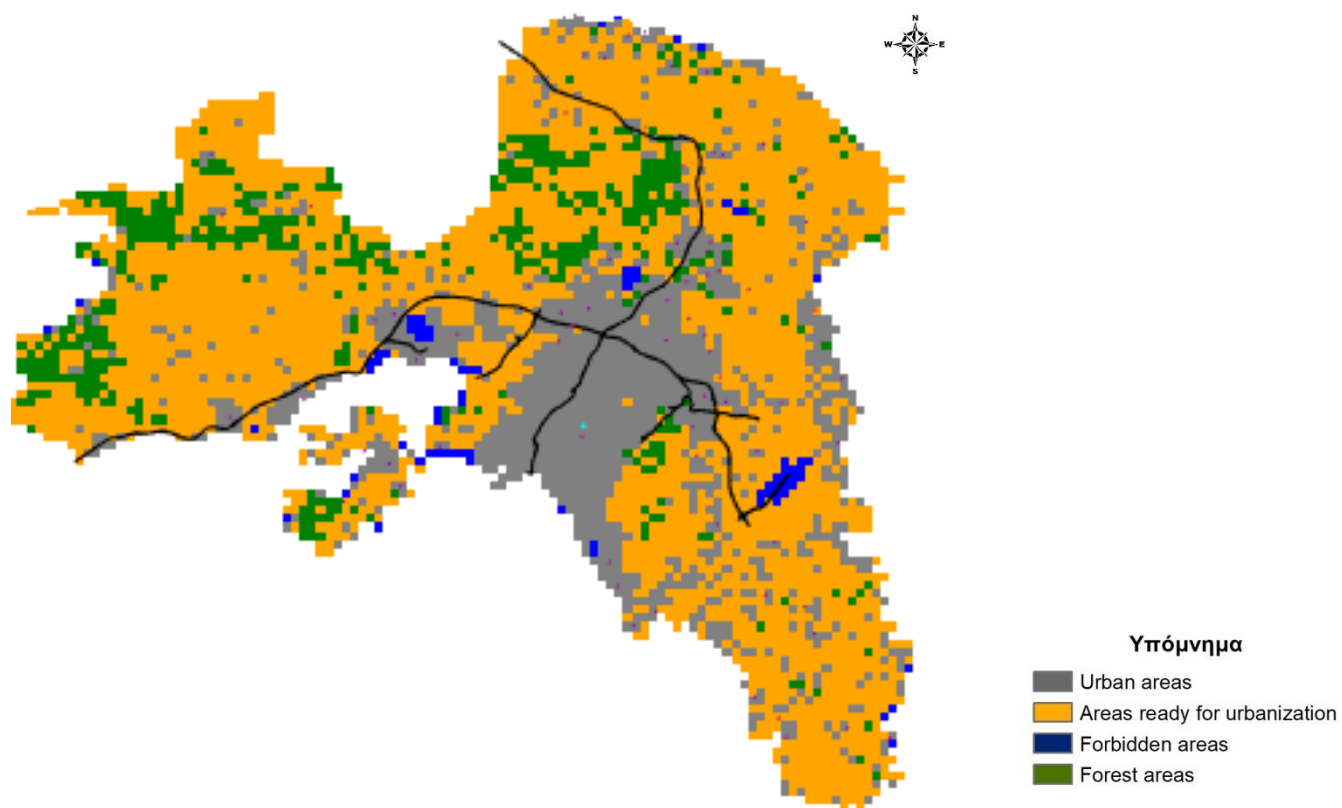


Χάρτης 5.10: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2020

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
25,3%	63,01%	1,6%	10%

Πίνακας 5.6: Ποσοστά χρήσεων γης (2020)

Παρατηρείται ότι η αστικοποίηση που συντελείται, εντοπίζεται κυρίως εκατέρωθεν των κύριων οδικών αξόνων. Σε αυτό το στάδιο η επίδραση των υποκέντρων είναι ελάχιστη στην εξέλιξη της αστικής εξάπλωσης.

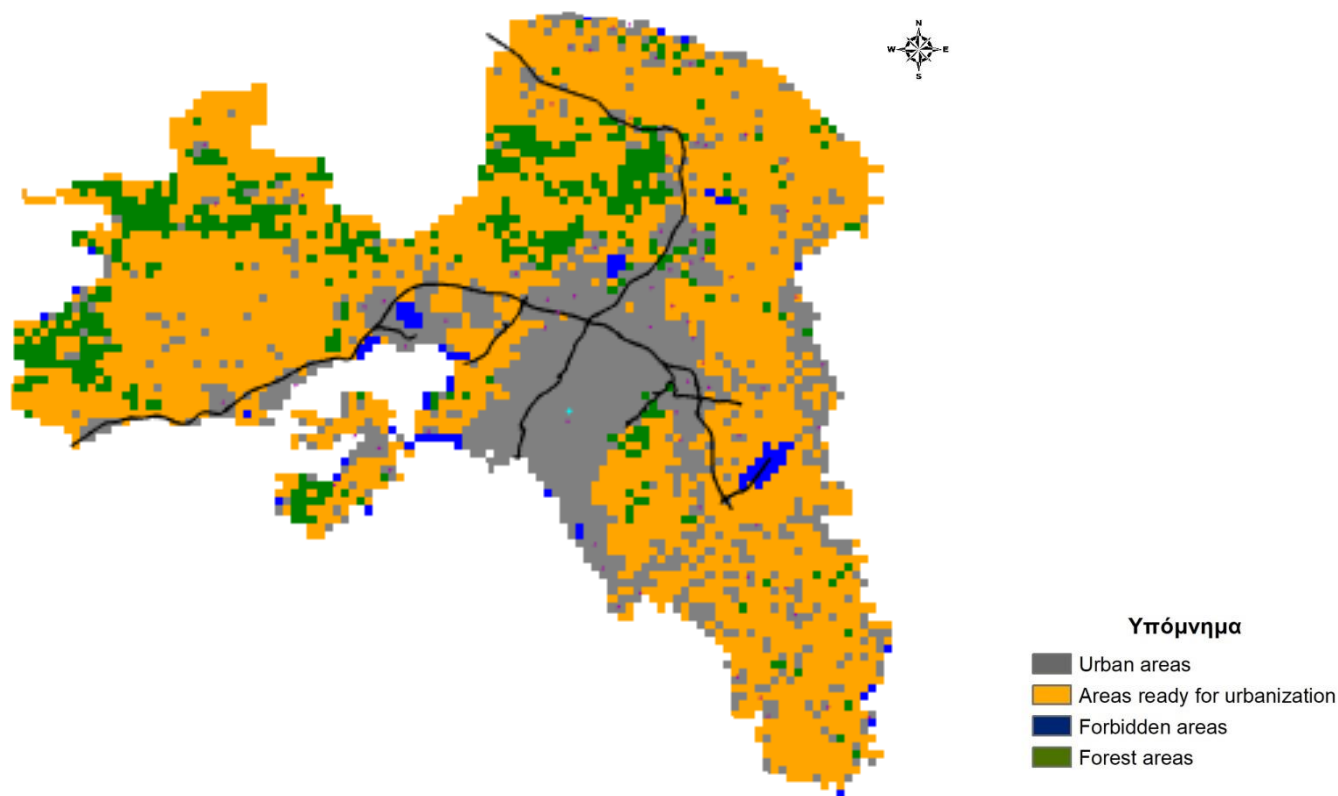


Χάρτης 5.11: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2030

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
25,9%	62,4%	1,6%	10%

Πίνακας 5.7: Ποσοστά χρήσεων γης (2030)

Μέχρι το έτος 2030 το μοτίβο που ακολουθεί η αστική επέκταση είναι το ίδιο. Οι πρώτες περιοχές που μετατρέπονται σε αστικές είναι όσες βρίσκονται εκατέρωθεν των κύριων οδικών αρτηριών και σε πρώτο χρόνο εκείνες που βρίσκονται πλησιέστερα στον κορεσμένο πολεοδομικό ιστό των τομέων της Αθήνας. Εξέλιξη η οποία είναι αναμενόμενη καθώς οι περιοχές αυτές έχουν ευκολότερη πρόσβαση στις υπηρεσίες που χωροθετούνται στο κέντρο.

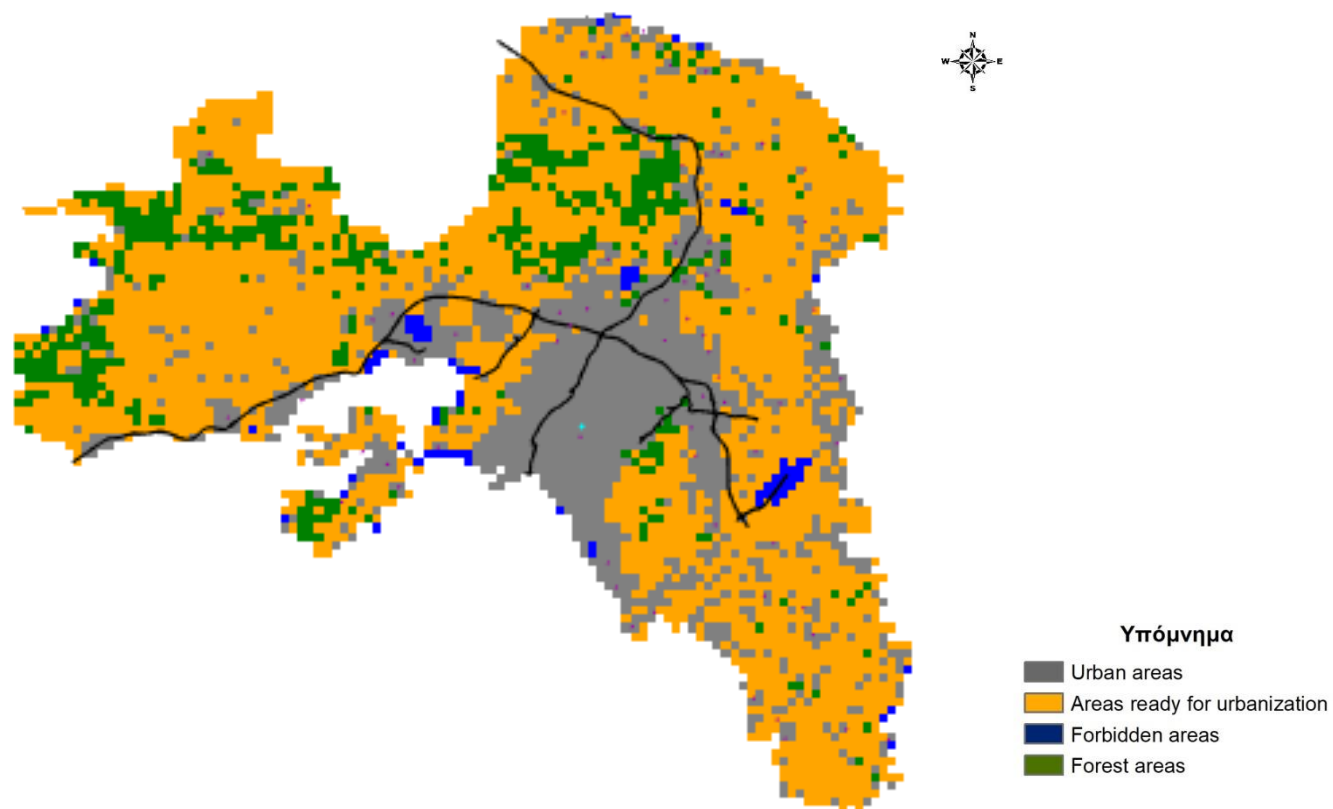


Χάρτης 5.12: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2040

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
26,5%	61,7%	1,6%	10%

Πίνακας 5.8: Ποσοστά χρήσεων γης (2040)

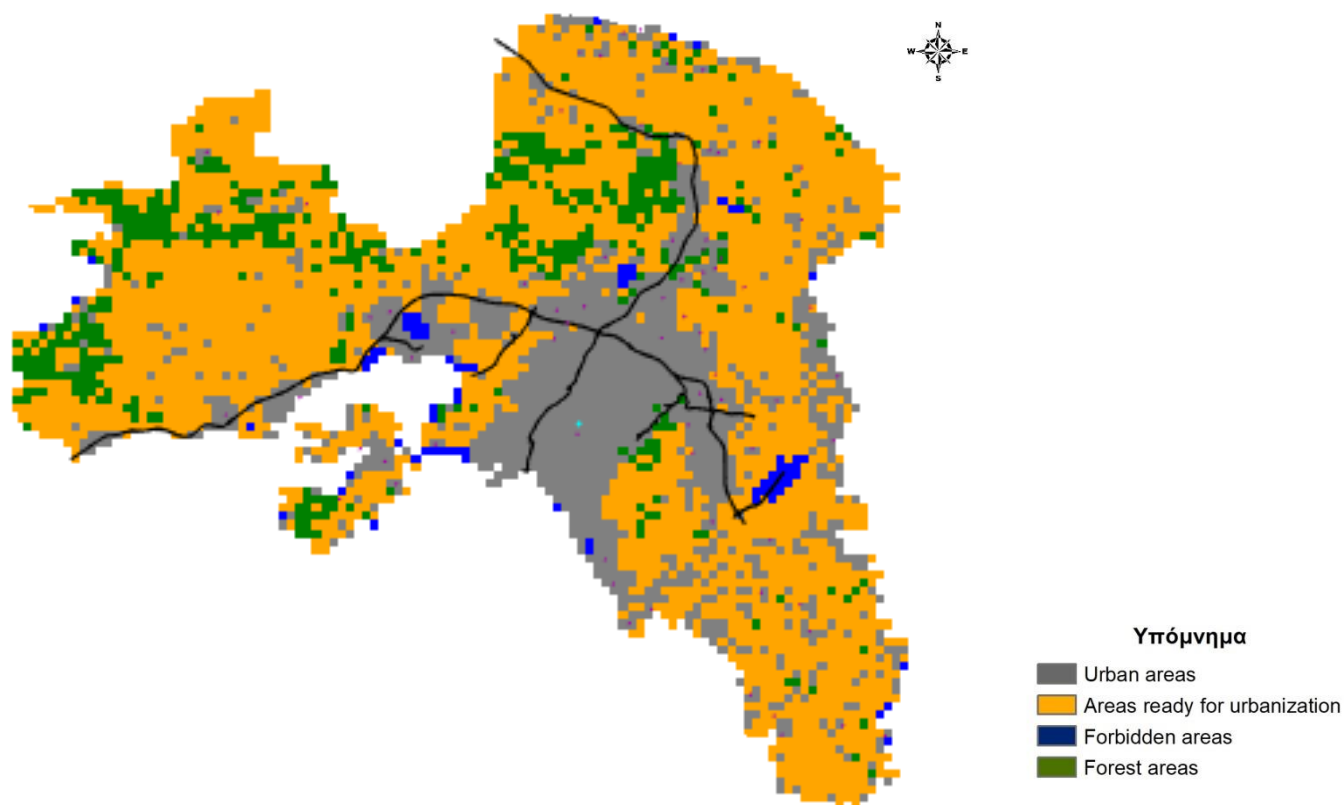
Σε αυτό το στάδιο οι περιοχές που βρίσκονται κυρίως στα βόρεια και δυτικά του Νομού είναι εκείνες στις οποίες λαμβάνει χώρα, σε μεγαλύτερο βαθμό το φαινόμενο της αστικοποίησης. Είναι το χρονικό σημείο στο οποίο η εκλογή των υποκέντρων αρχίζει να επιδρά στην εξέλιξη της αστικής επέκτασης. Στην εφαρμογή του μοντέλου συμμετέχουν περισσότεροι οικισμοί στα βόρεια του Νομού καθώς σε αυτούς τους οικισμούς υπάρχουν χαρακτηριστικά (υπηρεσίες, χώροι εργασίας) τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως πόλος έλξης νέων κατοίκων.



Χάρτης 5.13: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2050

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
27,14%	61,18%	1,6%	10%

Πίνακας 5.9: Ποσοστά χρήσεων γης (2050)

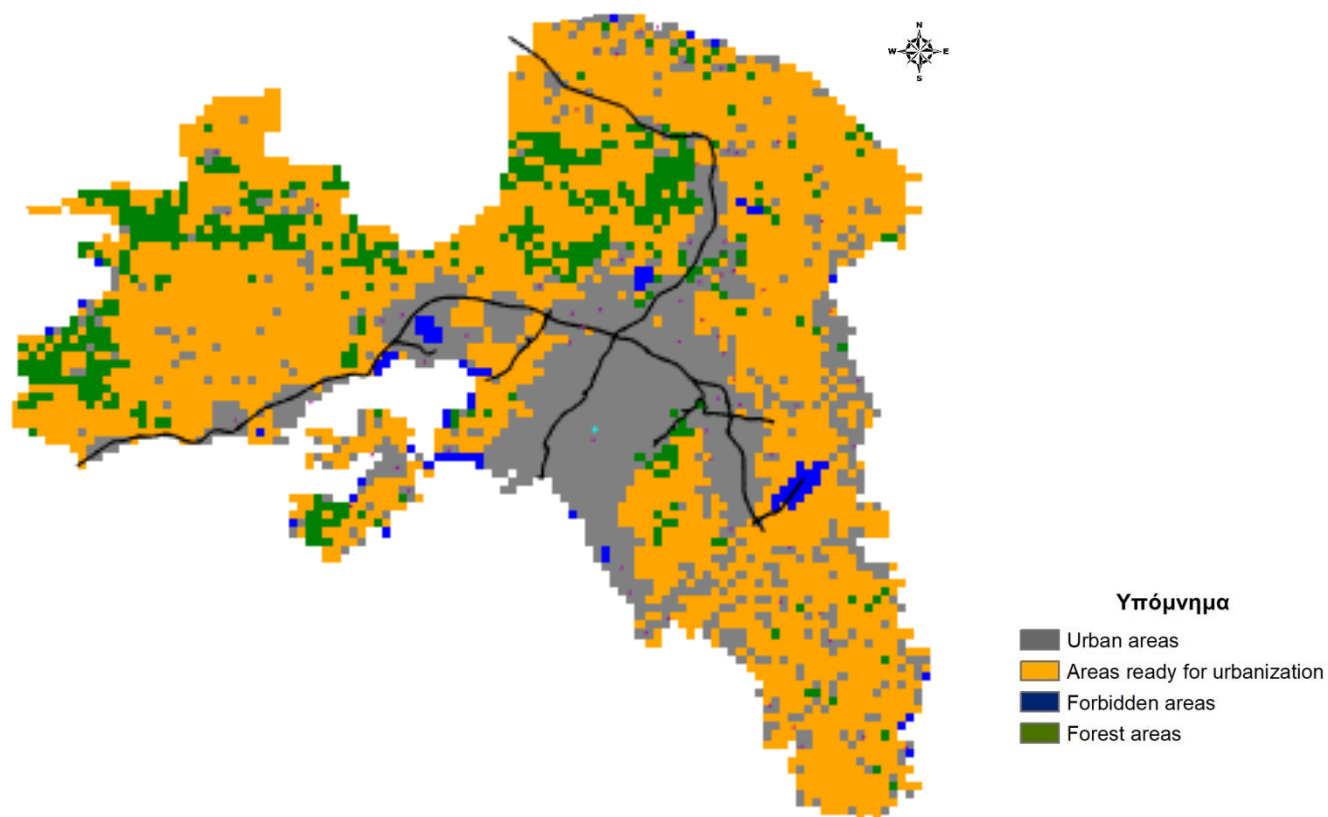


Χάρτης 5.14: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2060

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
27,75%	60,56%	1,6%	10%

Πίνακας 5.10: Ποσοστά χρήσεων γης (2060)

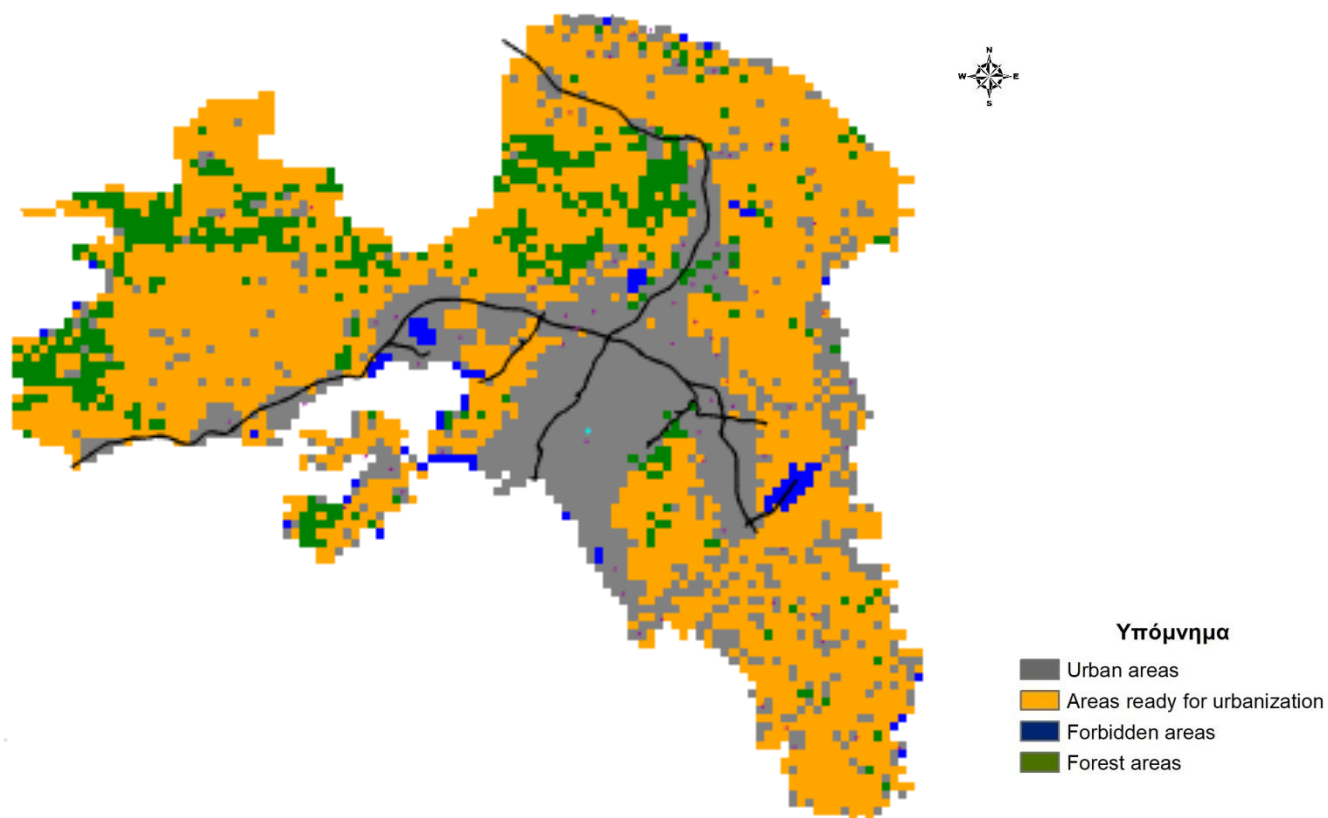
Το πρότυπο της αστικοποίησης παραμένει το ίδιο, με το φαινόμενο να συνεχίζει να εξελίσσεται στα βόρεια και δυτικά του Νομού. Οι περιοχές που βρίσκονται νότια δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες μεταβολές. Ένα συμπέρασμα το οποίο εξάγεται είναι πως τα νότια του νομού διαχρονικά επιλέχθηκαν κατά κύριο λόγο ως τόπο χωροθέτησης εξοχικών κατοικιών. Η εξέλιξη αυτή μέχρι στιγμής, έχει διατηρήσει το χαρακτήρα των περιοχών αυτών σε μη αστικό.



Χάρτης 5.15: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2070

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
28,3%	59,95%	1,6%	10%

Πίνακας 5.11: Ποσοστά χρήσεων γης (2070)

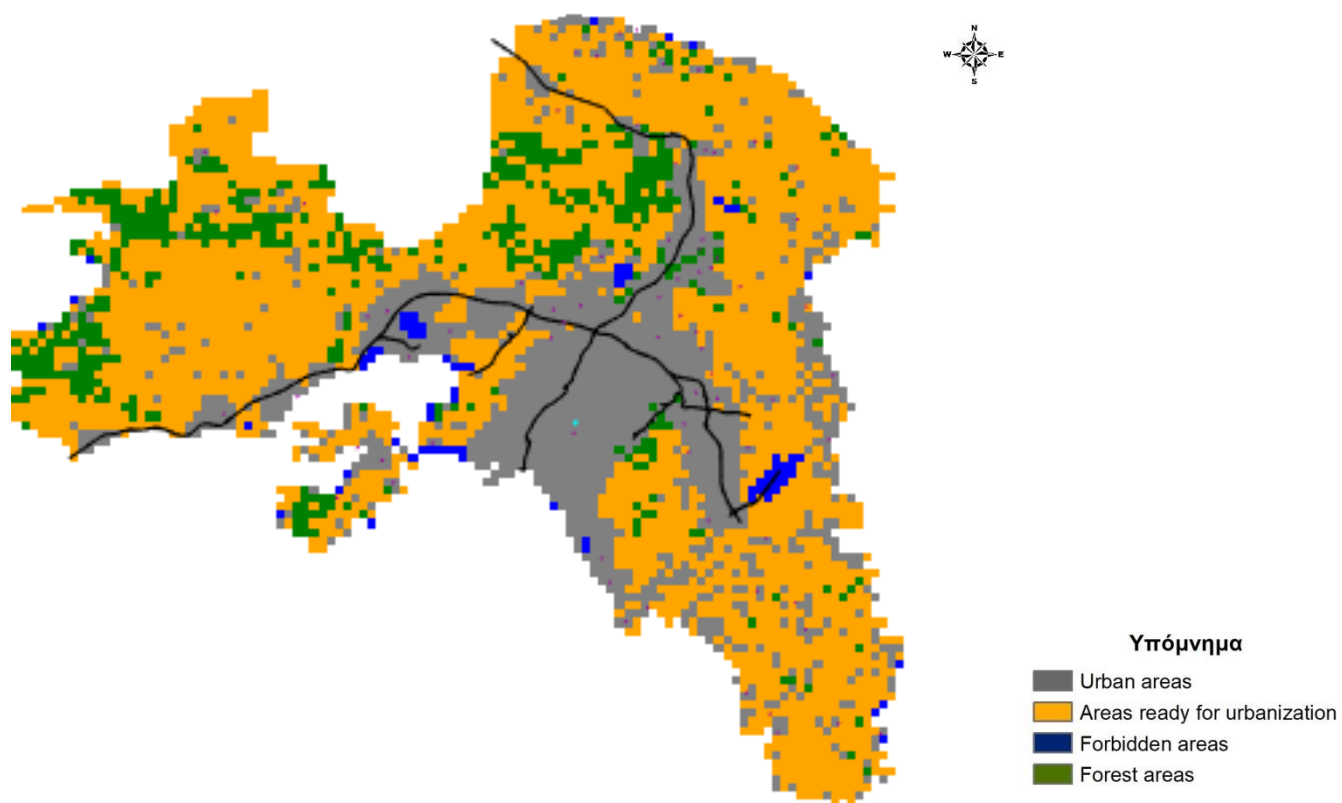


Χάρτης 5.16: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2080

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
28,97%	59,34%	1,6%	10%

Πίνακας 5.12: Ποσοστά χρήσεων γης (2080)

Η αστικοποίηση που συντελέστηκε βόρεια του Νομού, σε περιοχές όπως η Φυλή και οι Αχαρνές μετατρέπουν σταδιακά το κομμάτι αυτό σε άμεση συνέχεια των κεντρικών περιοχών δημιουργώντας ένα συνεχή οικιστικό ιστό. Οι περιοχές στα δυτικά του νομού, όπως τα Μέγαρα, στις οποίες εκδηλώνονται φαινόμενα αστικοποίησης διατηρούν ακόμη μια αυτονομία σε σχέση με το κεντρικό κομμάτι του Νομού.

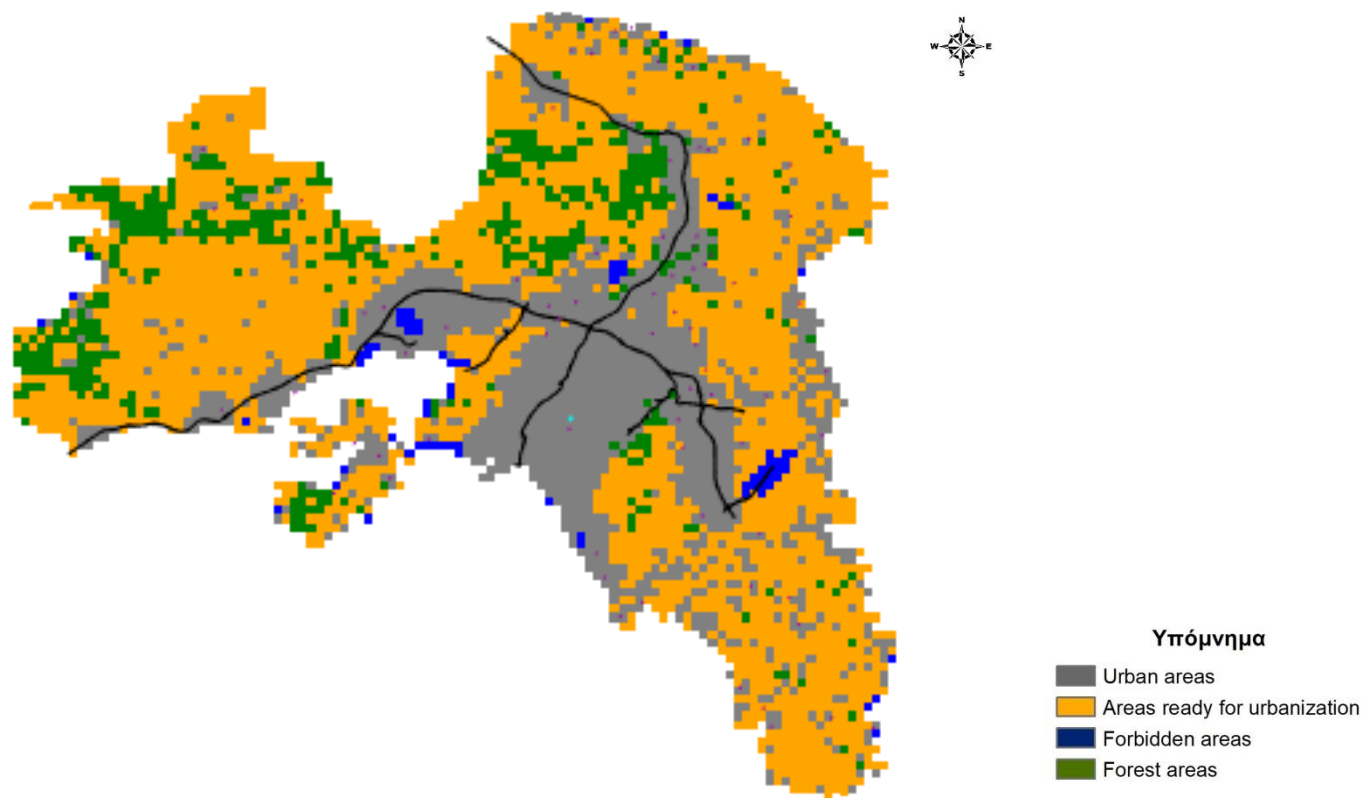


Χάρτης 5.17: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2090

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
29,5%	58,73%	1,6%	10%

Πίνακας 5.13: Ποσοστά χρήσεων γης (2090)

Βάσει των κριτηρίων που έχουν τεθεί, τα οποία καθορίστηκαν με βάση το θεωρητικό υπόβαθρο του φαινομένου της αστικής επέκτασης αλλά και μετά από την ανάλυση των δεδομένων που διαθέτουμε, η μελλοντική αστική επέκταση εντοπίζεται δυτικά και βόρεια του Νομού.



Χάρτης 5.18: Πρόβλεψη χρήσεων γης για το έτος 2100

ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ			
Urban areas	Areas ready for urbanization	Forbidden areas	Forest areas
30,2%	58,12%	1,6%	10%

Πίνακας 5.14: Ποσοστά χρήσεων γης (2100)

Οι περιοχές στα βόρεια είναι οι πρώτες που επιλέχθηκαν ως τόπος κατοικίας κυρίως από τα υψηλότερα οικονομικά στρώματα καθώς προσέφεραν αναβαθμισμένη ποιότητα ζωής σε σχέση με το κορεσμένο κέντρο. Με την πάροδο του χρόνου λοιπόν δημιουργήθηκαν οικισμοί οι οποίοι επιλέγονταν ως τόπος πρώτης κατοικίας. Καθώς λοιπόν δημιουργούνται πυρήνες κατοικίας δημιουργούνται και ανάγκες για

ύπαρξη υπηρεσιών οι οποίες θα εξυπηρετούν τις ανάγκες των κατοίκων όπως σχολεία, τόποι ψυχαγωγίας κλπ. Η χωροθέτηση τέτοιων υπηρεσιών αυξάνουν την "αστική" αξία των περιοχών και προσελκύουν ακόμη περισσότερους κατοίκους γι αυτό και η μελλοντική επέκταση εντοπίζεται κυρίως βόρεια. Επιπροσθέτως η σύνδεση τους με το κέντρο του Νομού διευκολύνεται καθώς πραγματοποιούνται έργα υποδομών όπως σταθμοί μετρό και προαστιακού.

Οι επεκτάσεις στα δυτικά του νομού εκκινούν από άλλο λόγο αλλά η εξέλιξη τους ακολουθεί την ίδια πορεία με αυτή των βορείων. Οι περιοχές αυτές αποτέλεσαν χώρους συγκέντρωσης παραγωγικών δραστηριοτήτων επομένως αξιοποιήθηκαν ως τόπο εγκατάστασης για την εργατική τάξη προκειμένου να μειωθεί το κόστος μετακίνησης προς το χώρο εργασίας. Ανεξάρτητα όμως από το λόγο επιλογής, οι ανάγκες που δημιουργούνται είναι ίδιες επομένως σε μεγάλο βαθμό το πρότυπο εξέλιξης σε ότι αφορά την χωροθέτηση και άλλων λειτουργιών (εκπαιδευτικές μονάδες, ψυχαγωγία) ακολουθεί την ίδια πορεία με αυτή στα βόρεια.

Οι περιοχές οι οποίες προσδιορίζονται διοικητικά με βάση τη θέση του ως προς το κέντρο της Αθήνας δηλαδή Κεντρικός Τομέας, Βόρειος Τομέας, Νότιος Τομέας, Ανατολικός Τομέας, Δυτικός Τομέας είναι στο σύνολο τους αστικές περιοχές επομένως σε αυτές δεν εντοπίζουμε κάποια αλλαγή με το πέρασμα των χρόνων

Οι περιοχές στα ανατολικά και στα βόρεια του νομού, οι οποίες στην πλειοψηφία τους είναι παραθαλάσσιες επιλέγονταν διαχρονικά ως τόποι δεύτερης κατοικίας. Για το λόγο αυτό η αστική επέκταση προς αυτές τις περιοχές είναι μηδαμινή. Επίσης στις περιοχές αυτές η ανάπτυξη των δημόσιων υποδομών μεταφοράς είναι περιορισμένη σε σχέση με αυτή που υπάρχει στα βόρεια και δυτικά του νομού.

Ένα ακόμη συμπέρασμα, είναι πως κατά τις χρονιές εφαρμογής του μοντέλου δεν παρατηρείται κάποια αλλαγή στις δασικές εκτάσεις. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί καθώς οι εκτάσεις αυτές βρίσκονται πιο μακριά από οικισμούς και οδικές αρτηρίες σε σχέση με τις άλλες χρήσεις επομένως παρουσιάζουν μικρότερο δείκτη αστικοποίησης. Τα αποτελέσματα στις περιοχές αυτές θα αρχίσουν να γίνονται αντιληπτά αργότερα όταν ήδη θα έχει αστικοποιηθεί μεγάλο κομμάτι των υπόλοιπων περιοχών.

Θα πρέπει βεβαίως να σημειωθεί πως τα δεδομένα τα οποία ήταν διαθέσιμα και βάσει των οποίων έγινε η βαθμονόμηση του μοντέλου αφορούν δύο έτη (2010 και 2015) μέσα στην κρίση. Άρα και ο ρυθμός της αστικής επέκτασης που πραγματοποιεί το μοντέλο γίνεται με φόντο την κρίση. Επομένως αν δεν ζούμε σε συνθήκες οικονομικής κρίσης για τα επόμενα 100 χρόνια η πρόβλεψη δεν είναι τόσο ακριβής καθώς δεν λαμβάνει υπ' όψιν περιόδους εκτός κρίσης.

Το μοντέλο είναι ένα μοντέλο από το οποίο παράγει αποτελέσματα αναφορικά με τις τάσεις της αστικής επέκτασης. Όσο προχωρούν οι προσομοιώσεις και εφόσον δεν έχει οριστεί κάποιο χρονικό σημείο τερματισμού η αστική επέκταση προχωρά έως ότου φτάσει σε ένα σημείο όπου όλες οι περιοχές, εκτός αυτών που έχουν οριστεί ως απαγορευμένες και ως δασικές(με κάποια πιθανότητα),

έχουν μετατραπεί σε αστικές. Κατά την πάροδο των προσομοιώσεων εξάγονται συμπεράσματα για το μοτίβο που ακολουθεί η αστική επέκταση. Το συγκεκριμένο μοντέλο προσφέρει μια προσέγγιση όπως το ηλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή πάει στα άκρα για να δει την τάση που διαμορφώνεται. Έτσι και με την αστική εξάπλωση, τα κριτήρια που τέθηκαν είναι τα ελάχιστα επομένως μελετώνται οι τάσεις της αστικής εξάπλωσης και τα πρότυπα που αυτή ακολουθεί.

Τα συμπεράσματα που εξάγονται βοηθούν στην κατάστρωση και εκπόνηση σχεδίων για την αντιμετώπιση του φαινομένου. Για παράδειγμα στην εφαρμογή του μοντέλου οι περιοχές που ορίστηκαν ως δασικές είναι τα μόνο τα δάση και όχι περιοχές με αραιή, θαμνώδη ή πορώδη βλάστηση. Άρα η πολιτεία μπορεί να λάβει μέριμνα προκειμένου σε τέτοιες εκτάσεις να υπάρχει απόλυτη απαγόρευση της δόμησης ώστε να αποτραπούν φαινόμενα ανεξέλεγκτης δόμησης.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Γενικά

Ο βασικός στόχος αυτής της εργασίας ήταν να δημιουργηθεί ένα παράδειγμα διερεύνησης των τάσεων της αστικής επέκτασης στο Νομό Αττικής μέσω της πλατφόρμας GAMA. Προκειμένου να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα αυτού του μοντέλου το οποίο δεν έχει ακόμα χρησιμοποιηθεί στην Ελλάδα, επιλέχθηκε ένα αρκετά σύνθετο παράδειγμα, αυτό του νομού Αττικής, το οποίο παρουσιάζει σημαντική ποικιλομορφία στην εξέλιξη των χρήσεων γης, του πληθυσμού καθώς και σε ένα πλήθος άλλων παραγόντων.

Το συγκεκριμένο μοντέλο παρέχει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα. Για την ανάπτυξη του, απαιτείται πολύ μικρός όγκος δεδομένων, μόνο τα υπόβραθρα των χρήσεων γης, ένα shapefile με το οδικό δίκτυο και ένα shapefile με τους οικισμούς της Αττικής. Επιπλέον η επεξεργασία των δεδομένων για την εισαγωγή τους στο μοντέλο πραγματοποιείται αρκετά εύκολα μέσω των εργαλείων που μας προσφέρει το λογισμικό ArcGIS.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε επίσης με τη χρήση ArcGIS προκειμένου να εξαχθούν τα ποσοστά των χρήσεων γης για κάθε προσομοίωση.

Το κριτήριο του χρόνου ορίστηκε με βάση τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεση μας. Τα διαθέσιμα στοιχεία είναι τα shapefiles με τις χρήσεις γης για τα έτη 2010 και 2015, επομένως βάσει αυτών πραγματοποιήθηκε τόσο η βαθμονόμηση του μοντέλου, δηλαδή ο καθορισμός των βαρών των κριτηρίων αλλά και το βήμα της προσομοίωσης.

Στο συγκεκριμένο μοντέλο σημαντικό ρόλο παίζει η επιλογή των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν τα ελάχιστα καθώς ένας από τους στόχους της εργασίας ήταν να αναδειχθεί ένα εργαλείο το οποίο θα δίνει μια εικόνα της μελλοντικής αστικής επέκτασης με τα ελάχιστα δεδομένα. Βέβαια τα ίδια και μάλιστα ένα λιγότερο κριτήριο χρησιμοποιούνται στη μελέτη της αστικής επέκτασης στην πόλη Can-Tho του Βιετνάμ, η οποία αποτέλεσε και το υπόδειγμα για την ανάπτυξη του κώδικα του μοντέλου Urban Growth της πλατφόρμας GAMA.

Το μοντέλο μας βέβαια παρουσιάζει και μια σειρά από μειονεκτήματα. Δεν λαμβάνει υπ όψιν καθόλου μια σειρά από μεταβλητές που επιδρούν στις αστικές επεκτάσεις όπως είναι οι τιμές κατοικίας σε κάθε περιοχή, τα έργα υποδομής που θα υλοποιηθούν στο μέλλον και θα καταστήσουν κάποιες περιοχές πιο ελκυστικές ως τόπους κύριας κατοικίας, καθώς επίσης και τα πρότυπα προτιμήσεων των ατόμων.

6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Το μοντέλο Urban Growth της πλατφόρμας GAMA έχει δυνατότητες ώστε να προσφέρει πιο ακριβή αποτελέσματα. Κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα παρατίθενται παρακάτω:

- Αν είχαμε διατείνονταν περισσότερα δεδομένα για παρελθόντα έτη υπήρχε η δυνατότητα διαμόρφωσης μιας πιο ακριβούς εικόνας της εξέλιξης της αστικής εξάπλωσης στο Νομό Αττικής επομένως θα πραγματοποιούνταν και πιο ακριβής βαθμονόμηση του μοντέλου άρα θα εξάγονταν και πιο ακριβή αποτελέσματα.
- Ένα κριτήριο που θα συνέβαλε στην εξαγωγή πιο συγκεκριμένων αποτελεσμάτων θα ήταν η πληροφορία για τις τιμές κατοικιών σε κάθε ζώνη. Με αυτή την πληροφορία θα ήταν εύκολο να υπάρξει και ένα κριτήριο με βάση το οποίο θα κατατάσσονταν και αντίστοιχα οι περιοχές.
- Η γνώση της ροής που ακολουθούν τα εσωτερικά μεταναστευτικά κύματα θα έδινε τη δυνατότητα να δημιουργηθεί ένα κριτήριο το οποίο αφορά στον ανθρώπινο παράγοντα, κάτι το οποίο λείπει από το μοντέλο που εφαρμόστηκε
- Αρχικός στόχος ήταν να εφαρμοστεί ένα ακόμη μοντέλο στηριζόμενο σε vector δεδομένα τα οποία θα αφορούσαν τα κτίρια και τις χρήσεις τους. Όμως αυτό δεν κατέστη δυνατό καθώς η συγκεκριμένη πλατφόρμα δεν παρείχε τη δυνατότητα διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Axelrod, R.M., 1997 , “The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration. Princeton University Press”

Barnes K. B., Morgan J. M., Roberge M. C., Lowe S., 2001, “Sprawl development: its patterns, consequences, and measurement”, Towson University, Towson

Barros J., Sobreira F., 2002, “City of slums: Self-organisation across scales”, Centre for advanced spatial analysis

Batty M., 1976, “Urban modelling: algorithms, calibrations, predictions”, Cambridge University Press, Cambridge, UK

Batty M., 1982, “The quest for the qualitative: new directions in planning theory and analysis”, Urban Policy and Research

Batty M., 1997, “Cellular automata and urban form: a primer”, Journal of the American Planning Association

Batty M., 2007, “Complexity in City Systems: Understanding, Evolution and Design”, Working Paper Series, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, London, UK

Batty M., 2009, “Urban modeling, International Encyclopedia of Human Geography”, Elsevier, Oxford, UK

Batty M., Bessussi E., Chin N., 2003, “Traffic, urban growth and suburban sprawl”, Paper 70, Centre for Advanced Spatial Analysis

Batty M., Xie, Y., 1994, “From cells to cities”, Environmental Planning B: Planning Design

Benenson I., Torrens P. M., 2004, “Geosimulation: automata-based modeling of urban phenomena”, Wiley, London

Berglund L., 2014, “Review of Land-Use Models-Summary and Documentation, WSP Analysis & Strategy

Bialynicki-Birula, Iwona, 2004, “Modeling Reality: How Computers Mirror Life”, Oxford University Press, Oxford, UK

Barros J., Sobreira F., 2002, “City of slums: Self-organisation across scales”, Centre for advanced spatial analysis

Batty M., 1976, "Urban modelling: algorithms, calibrations, predictions", Cambridge University Press, Cambridge, UK

Batty M., 1982, "The quest for the qualitative: new directions in planning theory and analysis", Urban Policy and Research

Batty M., 1997, "Cellular automata and urban form: a primer", Journal of the American Planning Association

Batty M., 2007, "Complexity in City Systems: Understanding, Evolution and Design", Working Paper Series, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, London, UK

Batty M., 2009, "Urban modeling, International Encyclopedia of Human Geography", Elsevier, Oxford, UK

Batty M., Bessussi E., Chin N., 2003, "Traffic, urban growth and suburban sprawl", Paper 70, Centre for Advanced Spatial Analysis

Batty M., Xie, Y., 1994, "From cells to cities", Environmental Planning B: Planning Design

Benenson I., Torrens P. M., 2004, "Geosimulation: automata-based modeling of urban phenomena", Wiley, London

Berglund L., 2014, "Review of Land-Use Models-Summary and Documentation, WSP Analysis & Strategy

Bialynicki-Birula, Iwona, 2004, "Modeling Reality: How Computers Mirror Life", Oxford University Press, Oxford, UK

Birkin M., Clarke G., Clarke M., Wilson A. G., 1996, "Intelligent GIS: Location decisions and strategic planning", GeoInformation International, Cambridge, UK

Brueckner, 2000, "Urban Sprawl, Diagnosis and Remedies", International Regional Science Review

Bruegmann R., 2005, "Sprawl: A Compact History", The University of Chicago, London

Camagni R., Gibelli M.C., Rigamonti P., 2002, "Urban mobility and urban form: The social and environmental costs of different patterns of urban expansion", Ecol Econ

Chin N., 2002, "Unearthing the roots of urban sprawl: a critical analysis of form, function and methodology", Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, London, UK

Clarke K.C., 1990, "Geographical information systems and model-based analysis, In Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning", Kluwer Academic, London

Clarke, K.C., 1997, "Land use modeling with deltatrons", The Land Use Modeling Conference

Couch C., Karecha J., 2006, "Controlling urban sprawl: Some experiences from Liverpool Cities"

- Dendrinos D. S., Mullally H., 1985, "Urban evolution: Studies in the mathematical ecology of cities", Oxford University Press, Oxford, UK
- Dietzel C., Clarke K.C., 2004, "Replication of Spatio- Temporal Land Use Patterns at three levels of Aggregation by an Urban Cellular Automata", Springer-Verlag
- Engelen G., White R., Uljee I., Drazan P., 1995, "Using cellular automata for integrated modelling of socio-environmental systems"
- European Environment Agency, 2006, "Urban Sprawl in Europe: The ignored challenge", EEA Report No 10
- Ewing R., 1997, "Is Los Angeles Style Sprawl Desirable?", Journal of the American Planning Association
- Galster G., Hanson R., Wolman H., Coleman S., Freihage J., 2001, "Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive concept", Housing Policy Debate
- Glaeser E. L., Kahn M. E., 2003, "Sprawl and Urban Growth", NBER Working Paper
- Gilbert N., Troitzsch K. G., 1999, "Simulation for the social scientist", Open University Press, London
- Grignard Arnaud, Patrick Taillandier, Benoit Gaudou, Duc An Vo, Nghi Quang Huynh, Alexis Drogoul, 2014, "GAMA 1.6: Advancing the art of complex agent-based modeling and simulation"
- Hall P., 2002, "Cities of Tomorrow: An Intellectual History of Urban Planning and Design in the Twentieth Century – Third Edition", Blackwell, Malden, Oxford, Victoria, Berlin
- Hambury J. R., Sharkey R. H., 1961, "Land use forecast", Chicago Area Transportation Study, Chicago
- Handy S., 2005, "Smart growth and the transportation-lad use connection: What does the research tell us?", International Regional Science Review
- Haynes K.E., Fotheringham A.S., 1984, "Gravity and Spatial Interaction Models", Sage Publications, Beverly Hills
- Johnston R. J., Wrigley N., 1981, "Urban geography In Quantitative geography: a British view", Routledge and Kegan Paul, London
- Kahn, Matthew E., 2000, "The environmental impact of suburbanization", Journal of Policy Analysis and Management
- Kasanko M., Jose I. B., Carlo L., 2006, "Are European cities becoming dispersed?: A comparative analysis of 15 European urban areas", Landscape and Urban Planning

Kirtland D., Gaydos L., Clarke K.C., DeCola L., Acevedo W., Bell C., 1994, "An analysis of human-induced land transformations in the San Francisco Bay/Sacramento area", World Resources Review
Lawrence B. L., 2005, "The context and causes of sprawl. Nature in fragments: the legacy of sprawl", Columbia University Press

Li L., Sato Y., Zhu H., 2003, "Simulating spatial urban expansion based on a physical process", Landscape Urban Plan

Liu Y., 2008, Modelling urban development with geographical information systems and cellular automata, Boca Raton, CRC Press

Liu Y., 2009, "Modeling Urban Development with Geographical Information Systems and Cellular Automata", CRC PressTaylor & Francis Group

Miller H. J., 1991, "Modeling accessibility using space-time prism concepts within geographic information systems", International Journal of Geographical Information Systems

Nechyba T., Walsh R., 2004, "Urban sprawl", Journal of Economic Perspectives

Ness G. D., Low M. M., 2000, "Five Cities: Modeling Asian Urban Population-Environment Dynamics", Oxford University Press, Oxford, UK

Niazi, Muaz, Hussain, Amir, 2011, "Agent-based Computing from Multi-agentSystems to Agent-Based Models: A Visual Survey", Scientometrics (Springer)

Nyerges T. L., 1995, "Geographical information system support for urban/regional transportation analysis", Geography of Urban Transportation, Guildford, New York

Peck S., 1998, "Planning for Biodiversity: Issues and Examples", Island Press, Washington DC

Porter, Douglas R. et al., 2000, "The practice of sustainable development", Urban Land Institute, Washington DC

Robinson G. M., 1998, "Methods and techniques in human geography", New York

Roe P. H., Soulis G. N. et al., 1992, "The Discipline of Design", University of Waterloo Reprint

Schiff, Joel L., 2011, "Cellular Automata: A Discrete View of the World", Wiley & Sons Inc

Sui D. Z., 1998, "GIS-based urban modelling: practices, problems, and prospects", International Journal of Geographical Information Sciences

Sun Z., 2003, "Simulating Urban Growth Using Cellular Automata: a case study in Zhongshan city", China, UPLA

Taillandier Patrick, Banos Arnaud, Drogoul Alexis , Gaudou Benoit , Marilleau Nicolas ,Quang Chi Truong, 2016, "Simulating Urban Growth with Raster and Vector Models: A Case Study for the City of Can Tho, Vietnam"

Torrens P., 2003, "Cellular automata and Multi-agent Systems as Planning Support Tools," Planning Support Systems in Practice Advances in Spatial Science

Torrens P. M., Benenson I., 2005, "Geographic Automata Systems", International Journal of Geographic Information Science

Vichiensan V., Sato K., Miyamoto K., Kitazume K., 2003, "Introduction of land use model to improve travel demand forecasting in a metropolitan area: a case of Sranus application to Sapporo", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies

Von Bertalanffy L., 1968, "General systems theory: foundations, development,applications", George Braziler, New York

Von Thuenen, J. H., 1826, "Der Isolierte Staat", English translation by C. M.Wartenberg, edited by P. Hall, 1966, Pergamon Press

Waddell P., 2002, "UrbanSim: modelling urban development for land use,transportation and environmental planning", Journal of the American Planning Association

Ward D.P., Murray A.T., Phinn S.R., 2000, "Astochastically constrained cellular model of urban growth", Comput. Environmental Urban Systems

Wassmer R. W., 2002, "An economic perspective on urban sprawl", Working Paper, California Senate Office of Research

Wegener M., 2005, "Overview of land-use transport models", Transport geography and spatial systems, Pergamon/Elsevier Science, Kidlington, UK

Wilson, A. G. 1970, "Entropy in urban and regional modeling", London UK

Wolfram S., 1984, "Cellular automata as models of complexity", Nature

Wu F., Webster C. J., 2000, "Simulating artificial cities in a GIS environment: urban growth under alternative regulation regimes", International Journal of Geographical Information Science

Ελληνική βιβλιογραφία

Αβδελίδη Κ.,2010. “Έρευνα - Μελέτη: "Η χωρική εξέλιξη 4 μεγάλων ελληνικών πόλεων”, Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών, Κείμενα Εργασίας 2010/21, Working Papers 2010/21, Αθήνα.

Αγριαντώνη Χ., 1985, “Οι απαρχές της εκβιομηχάνισης στην Ελλάδα τον 19ο αιώνα”, Αθήνα

Βασενχόφεν Λ. ,2008, “Ευρωπαϊκή Ένωση και πόλεις: Η πολιτική της ΕΕ για τις πόλεις”, παρουσίαση στο Τμήμα Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π.

Γεμεντζή Γ. ,2013, “Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στο φαινόμενο της αστικής διάχυσης και τη δομή του οικιστικού δικτύου: Διαπιστώσεις από τη Θεσσαλονίκη”

Γεμεντζή Γ. ,2011, “Αστική Διάχυση και Οικιστικό Δίκτυο: έννοιες και εργαλεία ανάλυσης με εφαρμογή στην Περιοχή Επιρροής της Θεσσαλονίκης”, Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ-Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.

Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών και Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας ,2002, “Κοινωνικός και Οικονομικός ΑΤΛΑΣ της Ελλάδας:Τόμος 1, Οι Πόλεις”

Ελληνική Στατιστική Αρχή, Δεδομένα χρήσεων γης

Λεόντιδου Λ, 1989, “ Πόλεις της σιωπής: εργατικός εποικισμός της Αθήνας και του Πειραιά 1909 – 1940”, ΕΤΒΑ, Αθήνα

Μαλούτας Θ., Κανδύλης Γ., Πέτρου Μ. και Σουλιώτης Ν. (επιμ.),2013, “Το κέντρο της Αθήνας ως πολιτικό διακύβευμα”, Αθήνα: ΕΚΚΕ-Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Μαντουβάλου Μ., Πολύζος Ι.,1984, “Αστικοποίηση και οργάνωση του χώρου στην προπολεμική Ελλάδα”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

Παγιατάκη Ι.Δ., 2016, “Αστική Εξάπλωση, Διάχυση και Ανάπτυξη στον Νομό Αττικής. Μια προσέγγιση μέσω των κυψελοειδών αυτομάτων σε περιβάλλον GIS ” Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Παλόγου Σ. ,2010, “Φαντάσου την πόλη: Χαλκίδα 2010”, Imagine the city

Περιφέρεια Αττικής και Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ),2013, “Διεύρυνση Στρατηγικών για την Δικτύωση των Αστικών Παρεμβάσεων στο Μητροπολιτικό Κέντρο των Αθηνών”, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Αθήνα.

Πετρολέκας Κ. ,2014, “Διερεύνηση των μηχανισμών μεταβολών χρήσεων γης ως αποτέλεσμα του φαινομένου της αστικής διάχυσης στον ελληνικό χώρο”, Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία, Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Πολύζος Ι., Βαταβάλη Φ.,2009, “Πληθυσμιακές μεταβολές και πολεοδομικές ανακατατάξεις στην Μητροπολιτική Αθήνα στο διάστημα 1991 – 2001”, Συνέδριο: "Πληθυσμιακές τάσεις και προοπτικές: Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση", Κέντρο Έρευνας της Ελληνικής Κοινωνίας – Ακαδημία Αθηνών, Ελληνική Εταιρεία Δημογραφικών Μελετών, Αθήνα.

Σκιαδά Μ.,2016, “Υπολογιστική προσομοίωση της μελλοντικής επέκτασης αστικών περιοχών με χρήση Κυψελοειδών Αυτομάτων και GIS: Εφαρμογή του υποδείγματος SLEUTH στην Ανατολική Αττική για δύο τύπους αστικότητας” ” Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία, Δ.Π.Μ.Σ. “Γεωπληροφορική”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Διαδικτυακοί ιστότοποι

<https://barikat.gr/>

<https://eea.europa.eu>

<https://en.wikipedia.org>

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

<http://geographies.gr/>

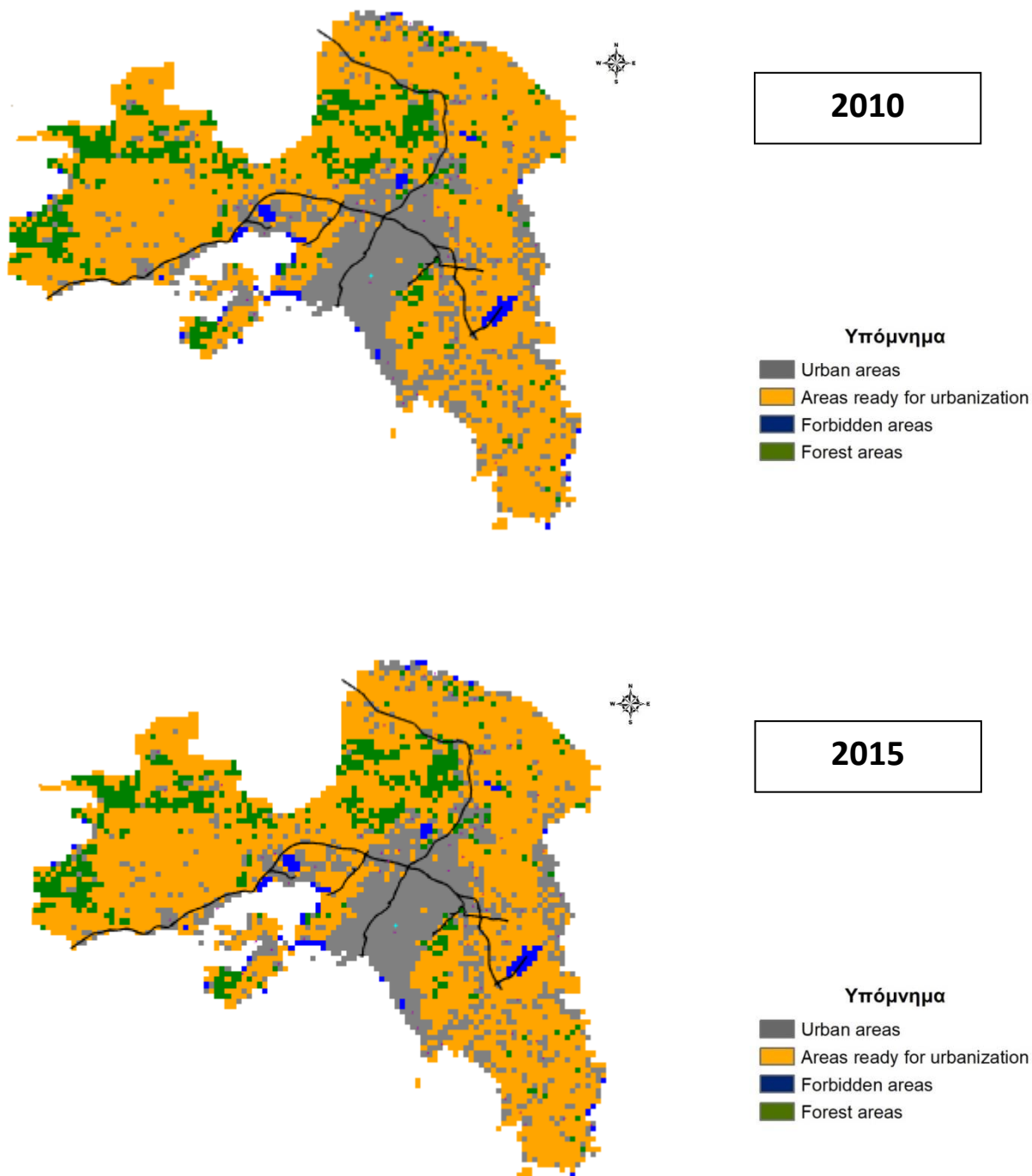
<http://kompreser.espivblogs.net/>

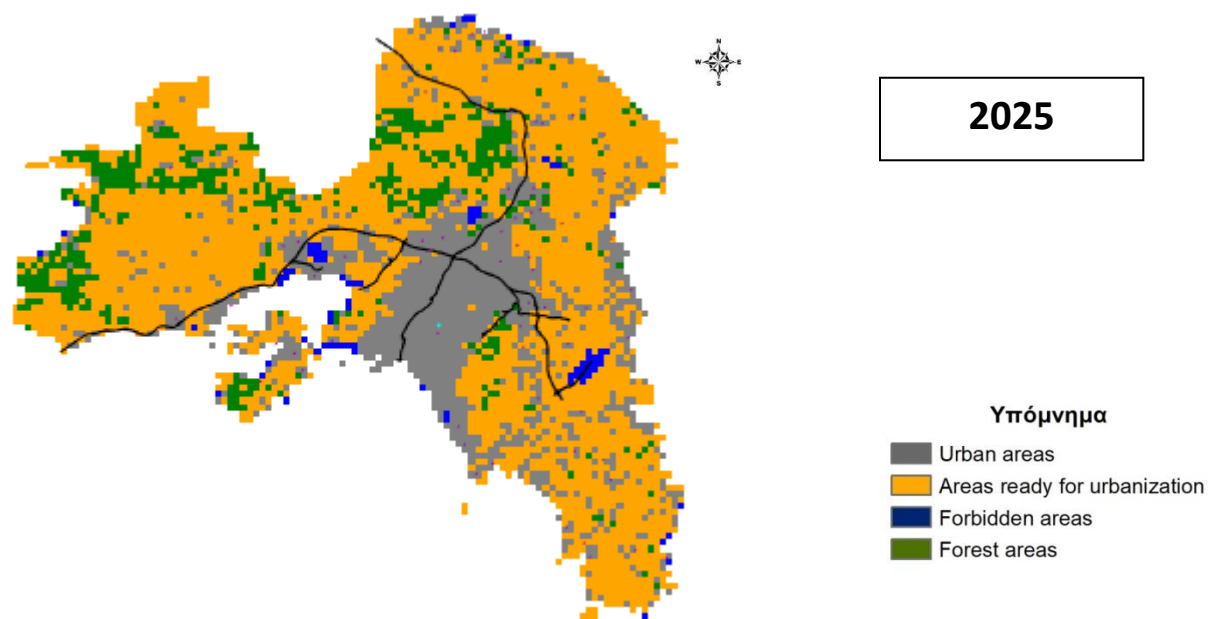
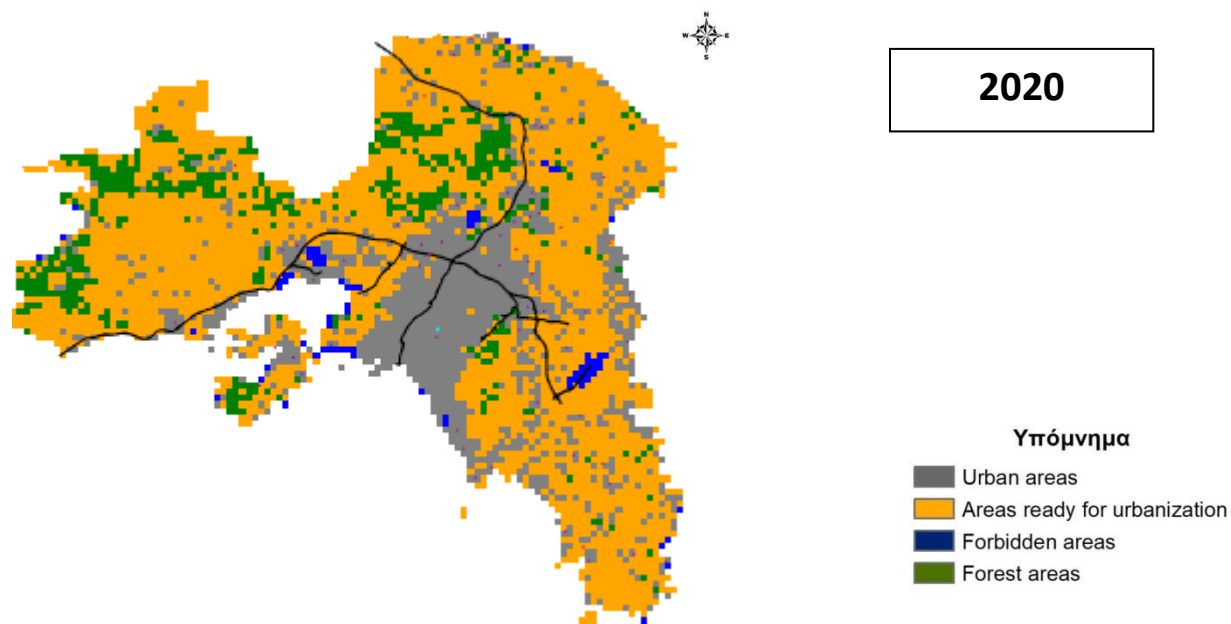
<http://www.newurbanism.org/>

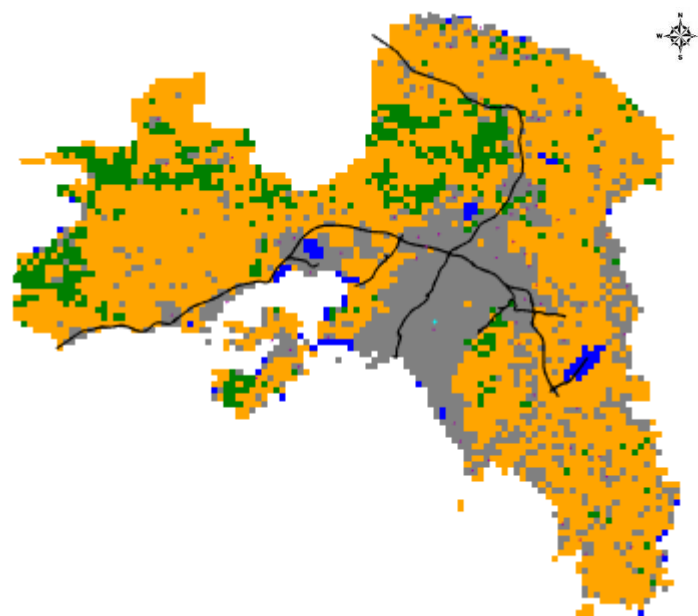
<http://statistics.gr>

<http://wikipedia.org>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



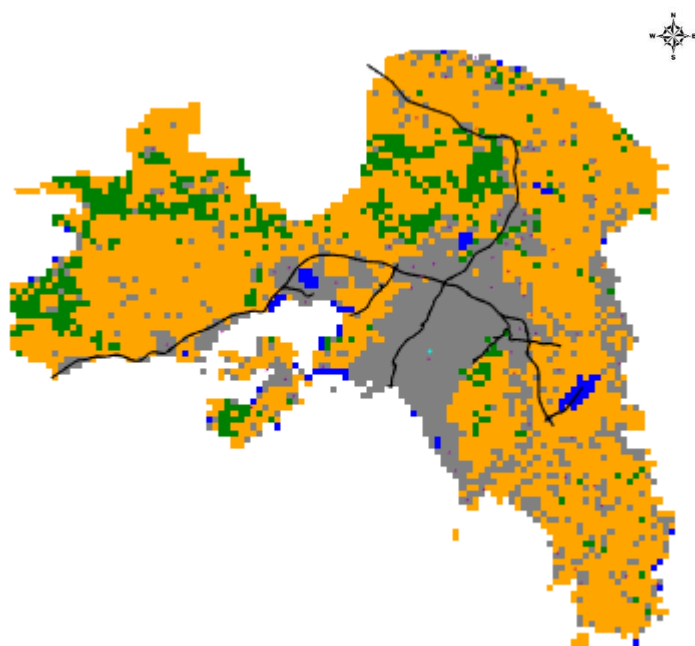




2030

Υπόμνημα

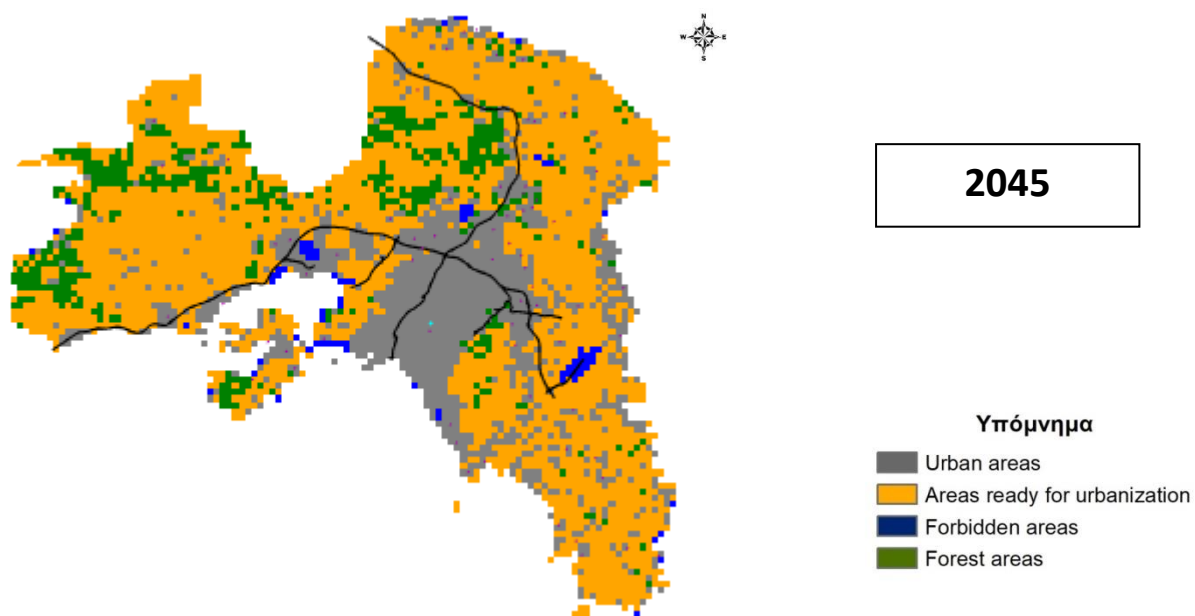
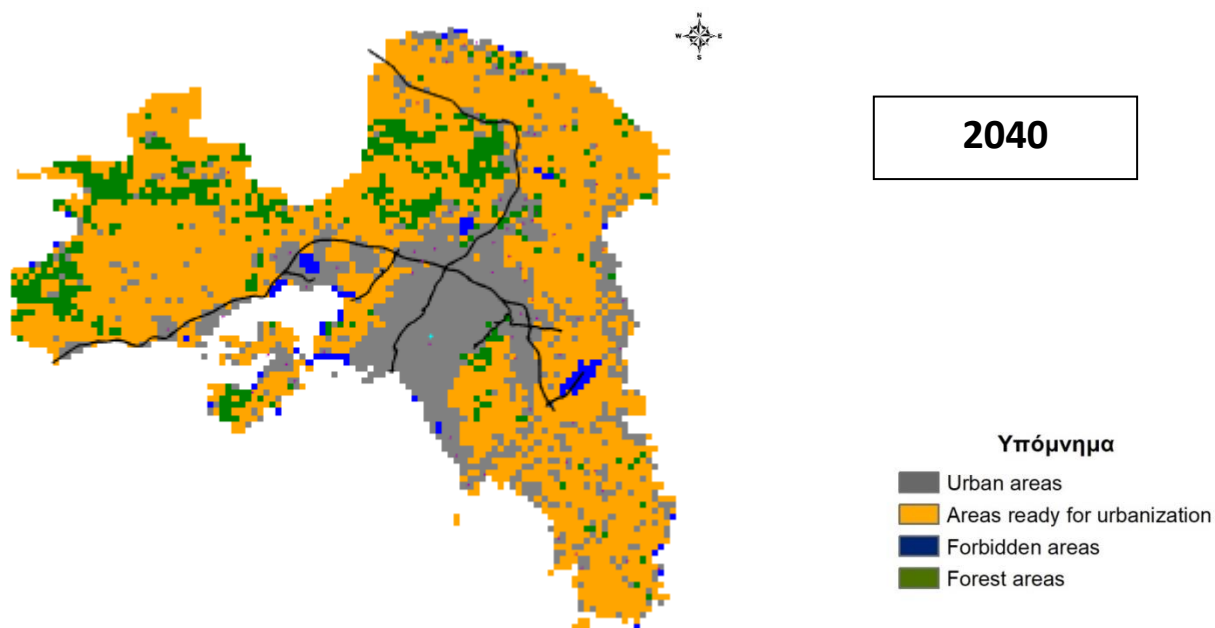
- Urban areas
- Areas ready for urbanization
- Forbidden areas
- Forest areas

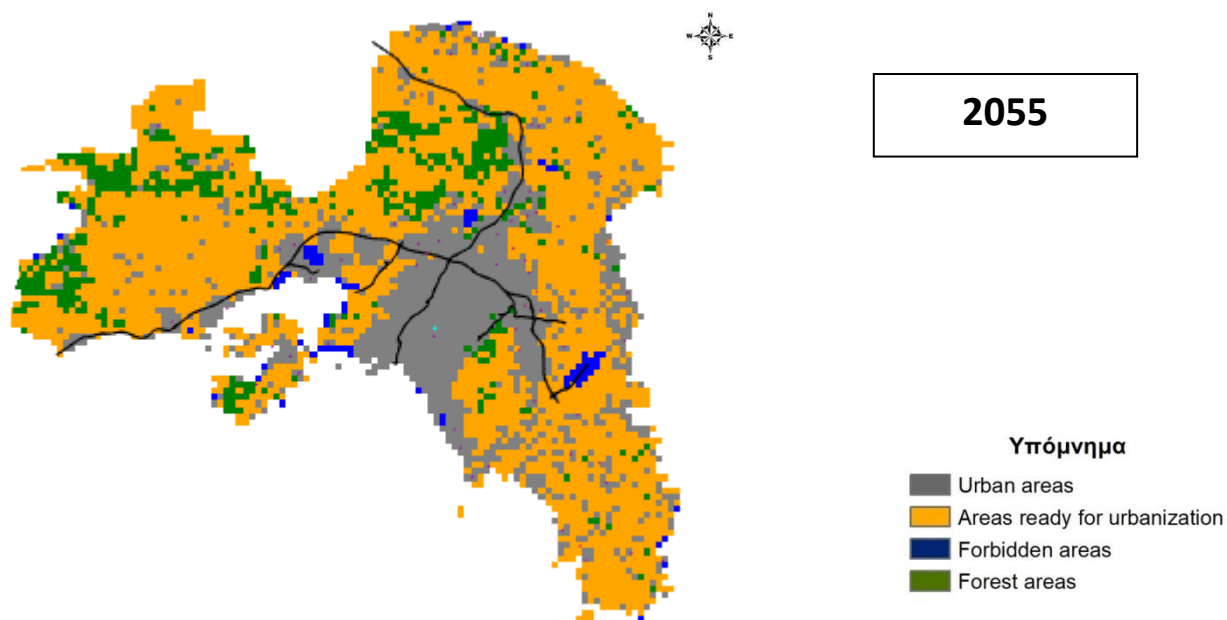
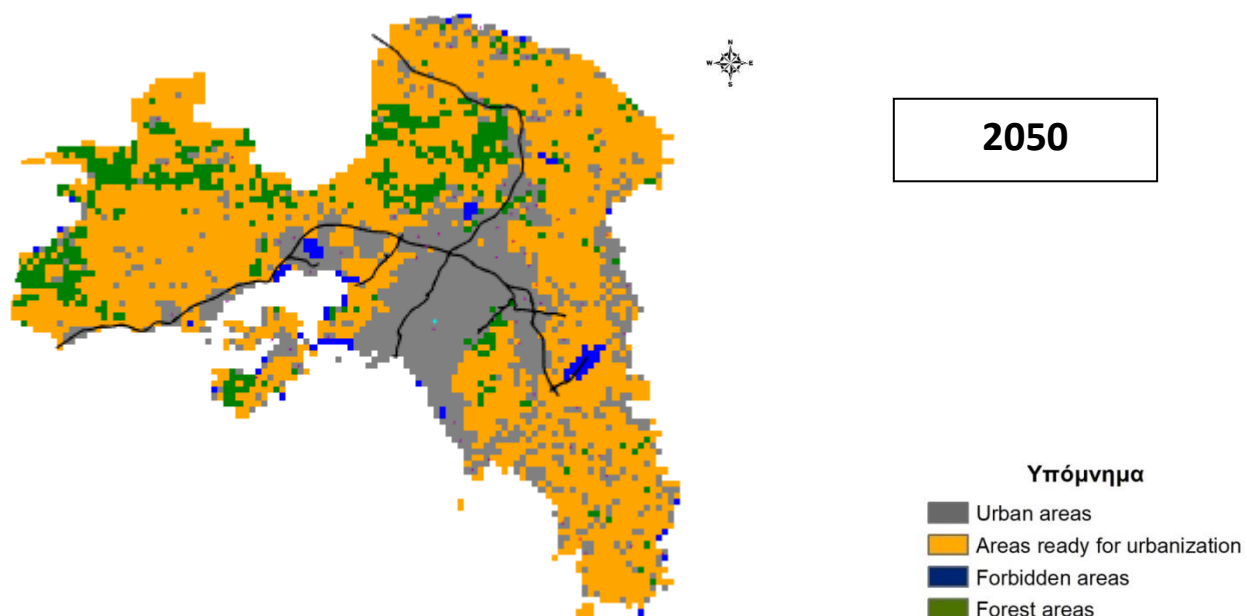


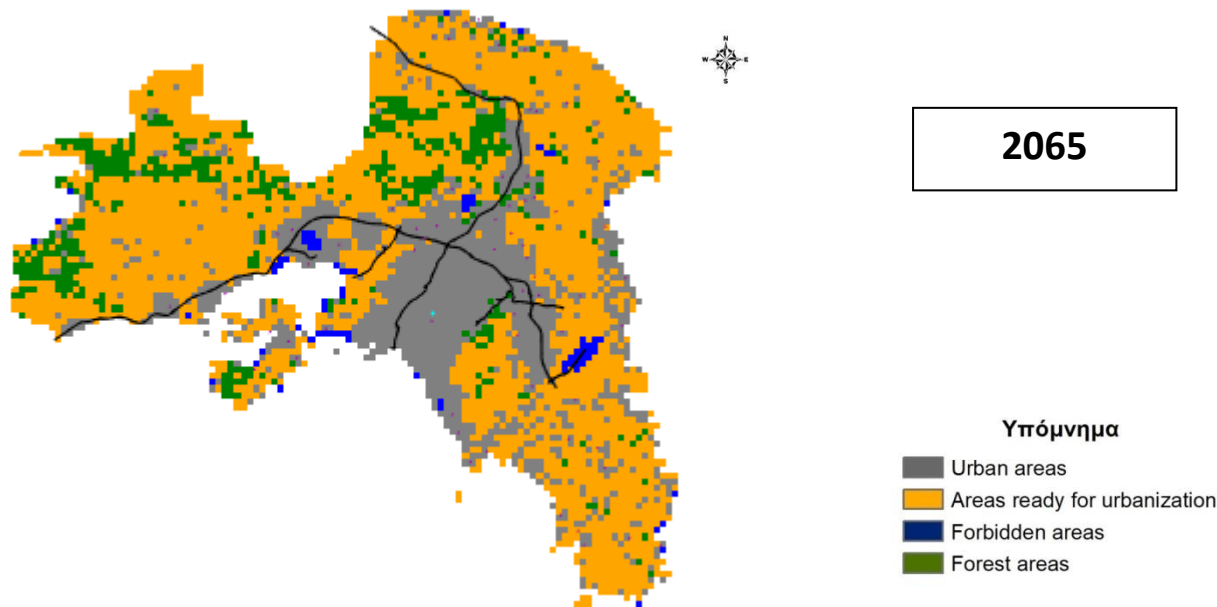
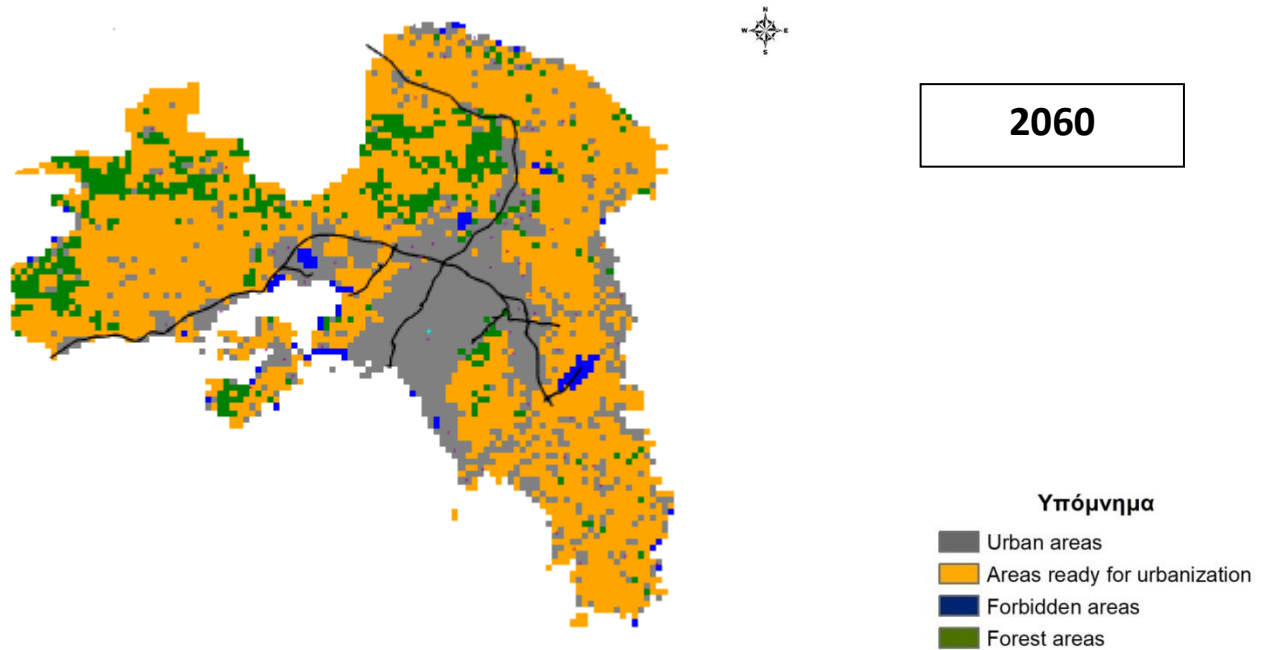
2035

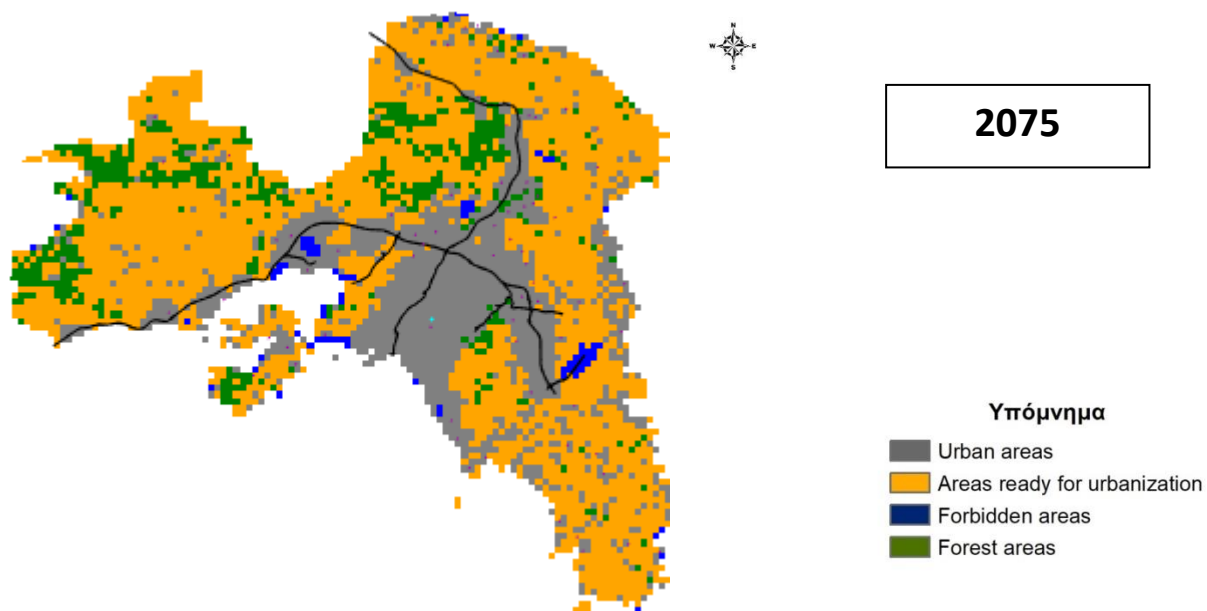
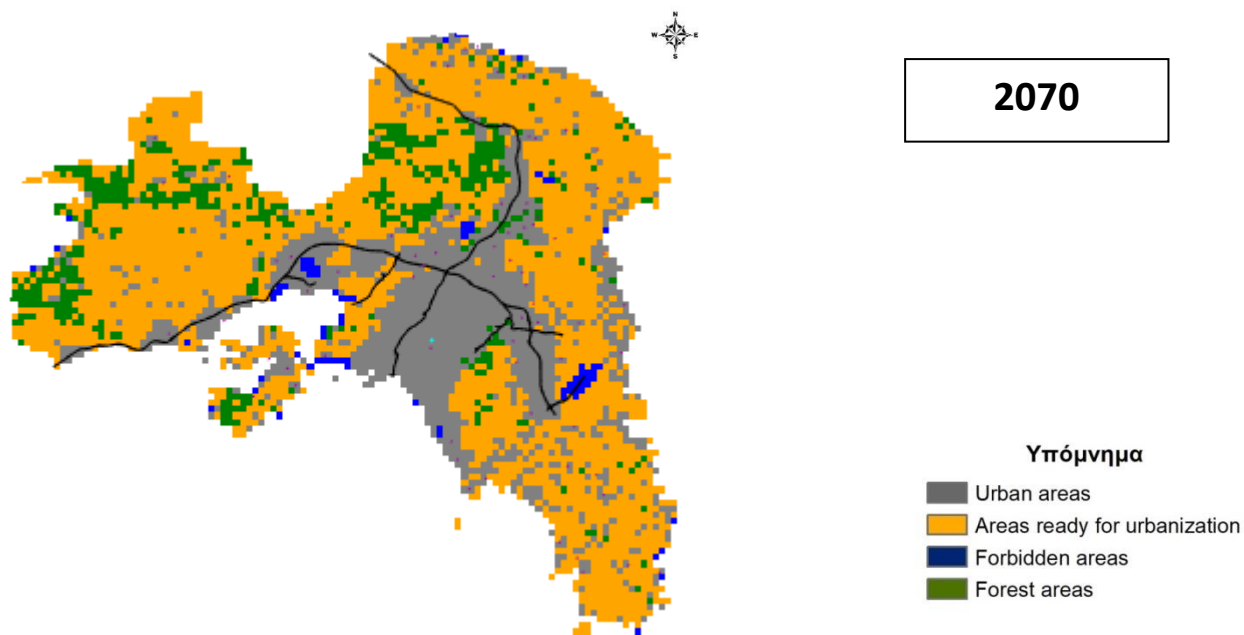
Υπόμνημα

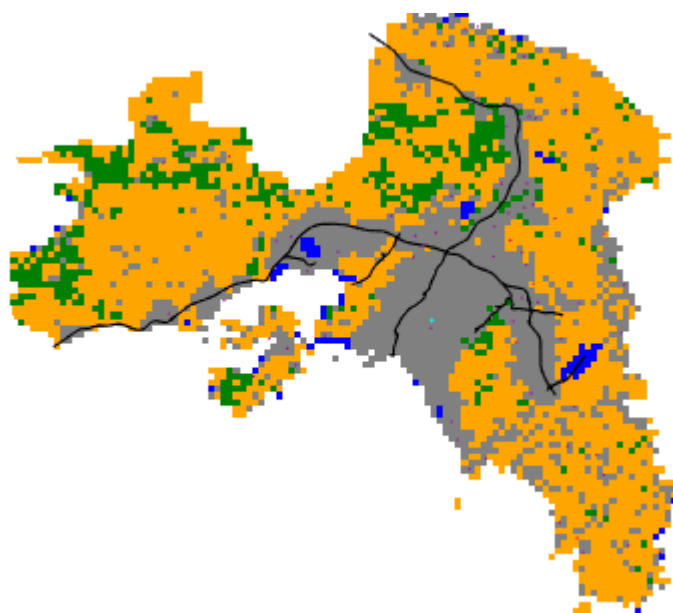
- Urban areas
- Areas ready for urbanization
- Forbidden areas
- Forest areas







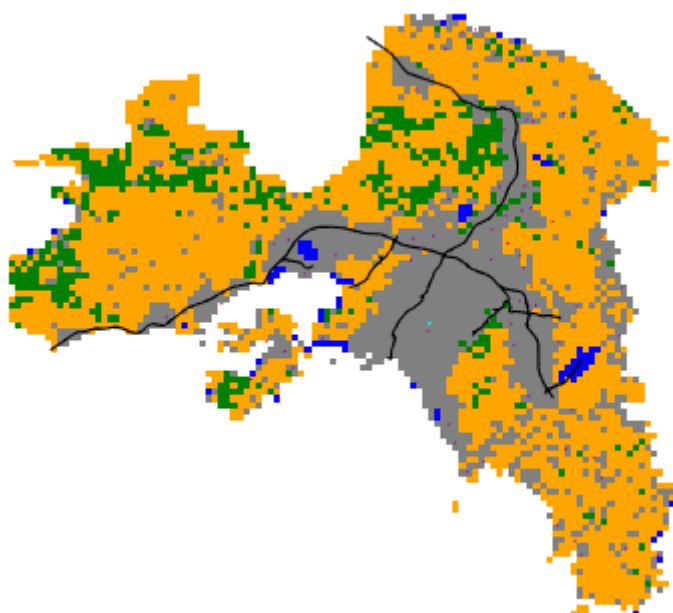




2080

Υπόμνημα

- Urban areas
- Areas ready for urbanization
- Forbidden areas
- Forest areas



2085

Υπόμνημα

- Urban areas
- Areas ready for urbanization
- Forbidden areas
- Forest areas

