5ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

«Υπολογιστική προσομοίωση της μελλοντικής αστικής επέκτασης με χρήση Κυψελοειδών Αυτομάτων και GIS: Εφαρμογή του υποδείγματος SLEUTH στην ανατολική Αττική»

Μαρία Ν. Σκιαδά & Γιώργος Ν. Φώτης

Τομέας Γεωγραφίας και Περιφερειακού Σχεδιασμού
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

15 Οκτωβρίου 2017, Αθήνα

ΔΟΜΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

1. Καθορισμός Στόχου
2. Αστική Διάχυση
3. Μοντέλα Αστικής Ανάπτυξης
4. Περιοχή μελέτης
5. Μεθοδολογική Προσέγγιση
6. Αποτελέσματα
7. Συμπεράσματα

ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΟΧΟΥ

Μελέτη της αστικής διάχυσης στην ανατολική Αττική

- Μοντελοποίηση και πρόγνωση της ανάπτυξης δύο αστικών τύπων στην περιοχή μελέτης
- Ανάπτυξη μεθοδολογίας ικανής να διαχειρίζεται διαφορετικούς τύπους αστικότητας

ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ (1/4)

Ορισμός Αστικής Διάχυσης

Η διάχυση αναγνωρίζεται ως ο συνδυασμός τριών χαρακτηριστικών: 1. Μη συνεχής, σποραδική ανάπτυξη, 2. Γραμμική εμπορική ανάπυξη, 3. Μεγάλες επεκτάσεις χαμηλής πυκνότητας ή αποκλειστικής χρήσης εγκαταστάσεων, καθώς και από δείκτες όπως χαμηλή προσβασιμότητα και η έλλειψη λειτουργικών ανοικτών χώρων.

Αστική διάχυση ειναι η υπερβολική χωρική ανάπτυξη των πόλεων (Brueckner, 2000)

= οι πόλεις μεγαλώνουν πολύ περισσότερο από όσο μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτό/λογικό

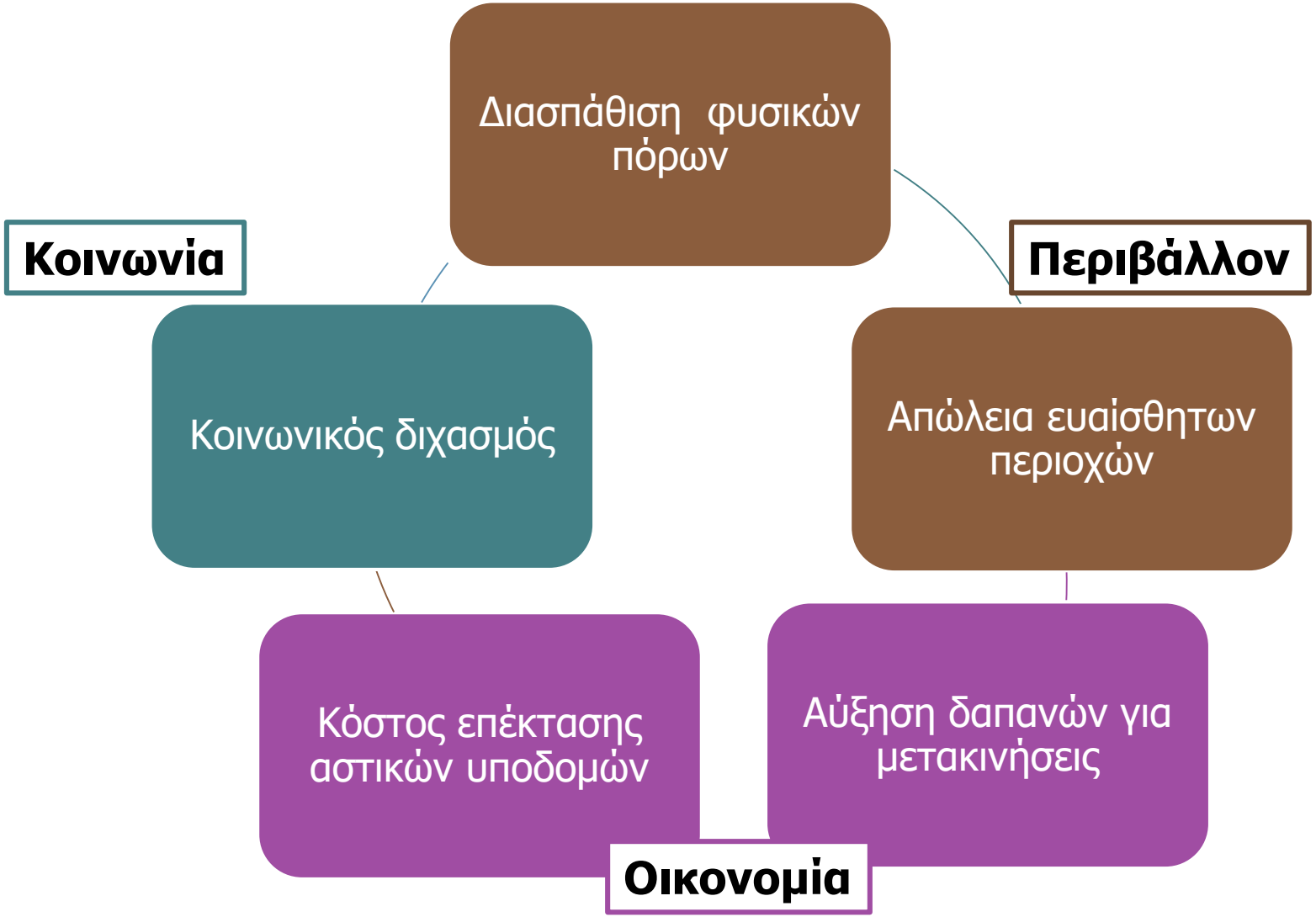
= η ανάπτυξη των πόλεων πρέπει να συμβαίνει πιο συγκεντρωμένα και συνεκτικά

ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ (2/4)

Αιτίες Αστικής Διάχυσης

ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ (3/4)

Συνέπειες Αστικής Διάχυσης



ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (1/1)

- Μοντέλα Αστικής Ανάπτυξης
- Μοντέλα Κυψελοειδών Αυτόματων
- Μοντέλο SLEUTH
- GIS

ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (1/1)

Μοντέλα Αστικής Ανάπτυξης

=

υπολογιστικές προσομοιώσεις του τρόπου λειτουργίας των αστικών συστημάτων, που επεξηγούν τη θεωρία με έναν ελεγχόμενο και κατανοητό τρόπο

- **αποκαλύπτουν τη δομή και τους μηχανισμούς των συστημάτων που αναπαριστούν (μοντελοποίηση)**
- **παρέχουν εκτιμήσεις για τη μελλοντική εξέλιξή τους (πρόβλεψη)**

ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (1/1)

Μοντέλα Αστικής Ανάπτυξης

Μοντέλα Κυψελοειδών Αυτόματων

απλά αστικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση πολύπλοκων συστημάτων. Η ονομασία τους υποδηλώνει ότι:

- **αποτελούνται από κελιά ή ένα πλέγμα κελιών (cells)**
- **εξελίσσονται σύμφωνα με έναν απλό κανόνα μετάβασης/αυτόματα**

ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (1/1)

Μοντέλα Αστικής Ανάπτυξης

Μοντέλα Κυψελοειδών Αυτόματων

Μοντέλο SLEUTH

- Clarke, NASA (1991)
- San Francisco (1997)
- Porto & Lisbon (2002)

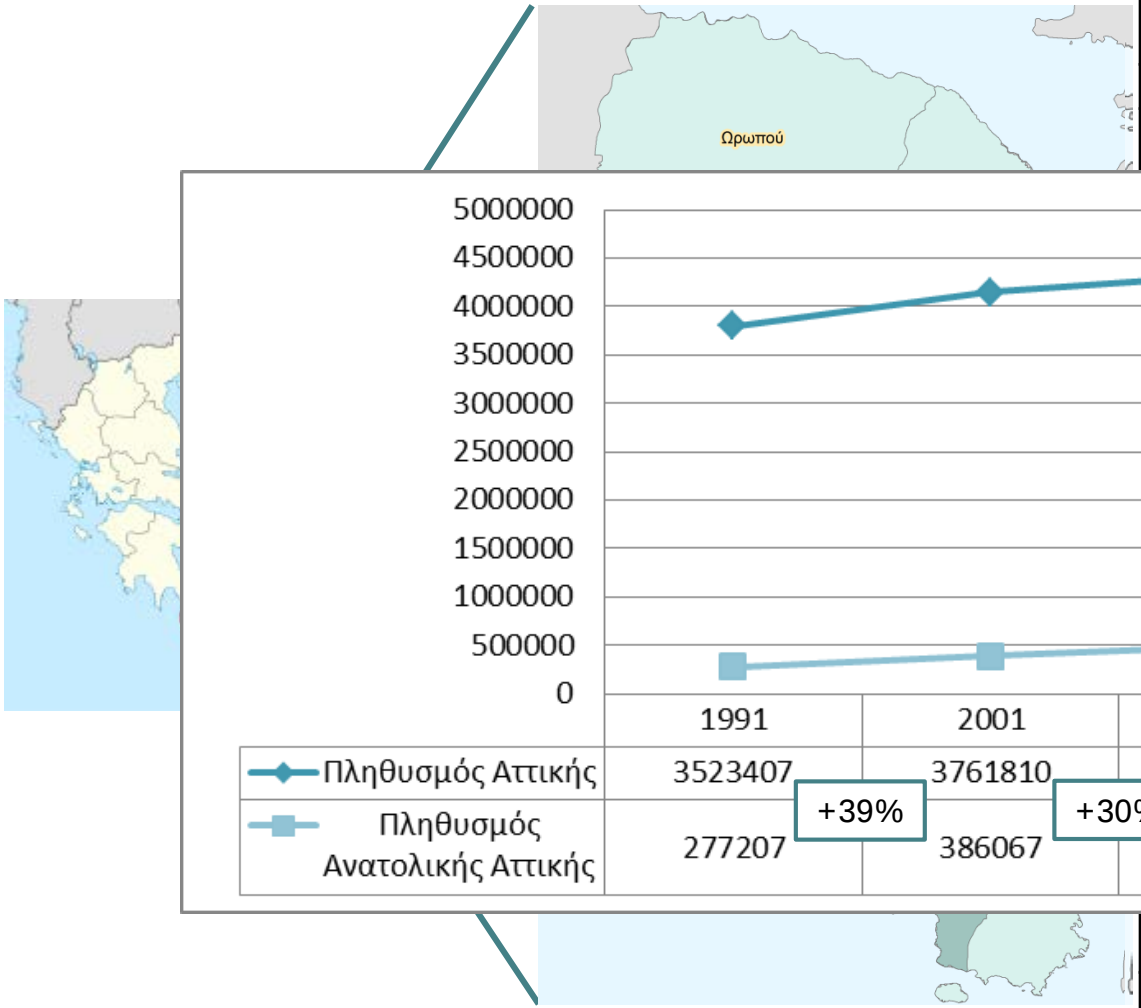
προσομοιώνει την αστική διάχυση βάσει συγκεκριμένων παραμέτρων

ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (1/1)

- Μοντέλα Αστικής Ανάπτυξης
- Μοντέλα Κυψελοειδών Αυτόματων
- Μοντέλο SLEUTH
- **GIS**

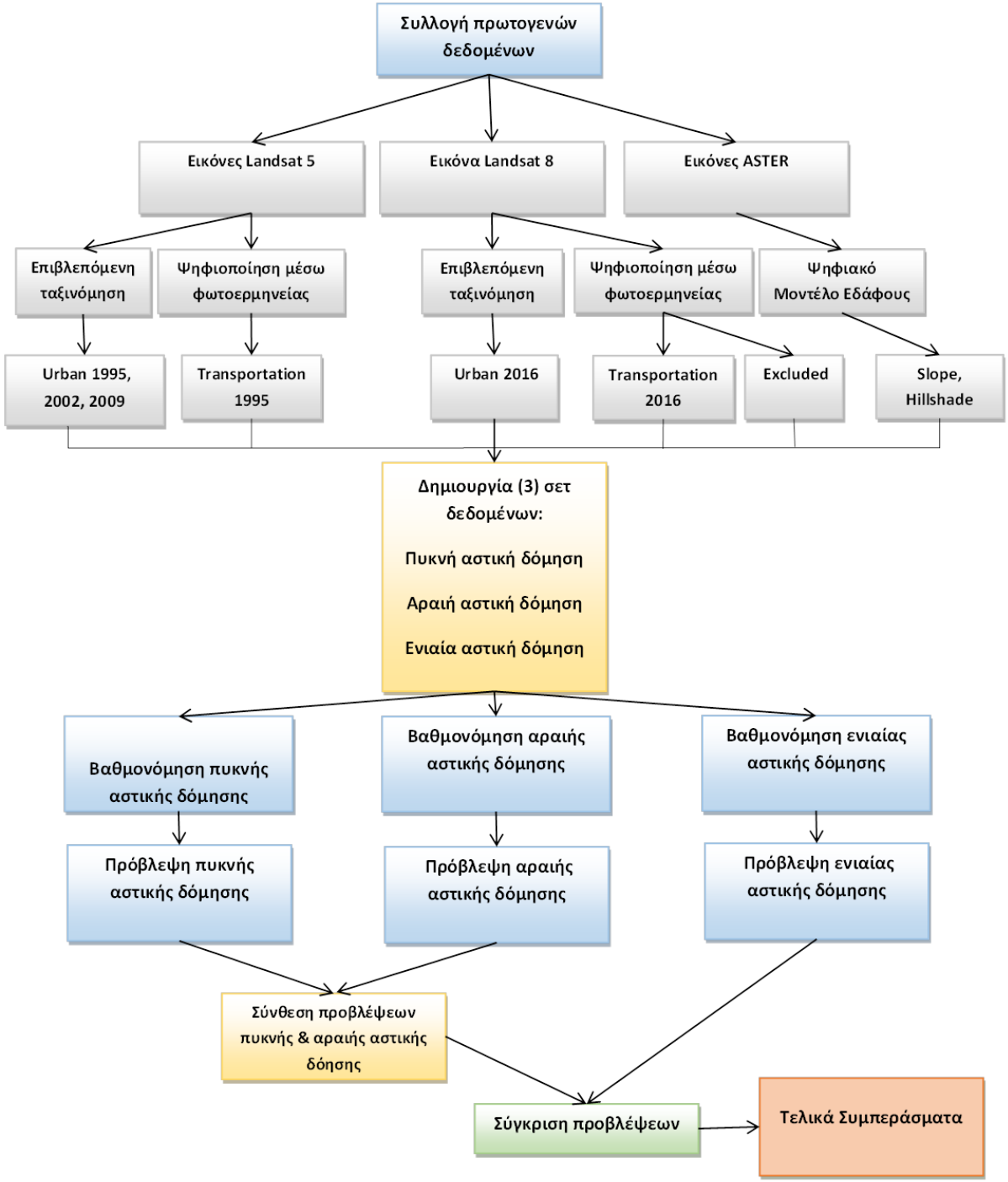
επιχειρείται η ενσωμάτωση τους στην αστική μοντελοποίηση, με τη συνεχή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ αστικών μοντέλων και GIS, δεδομένου των δυνατοτήτων για χωρική ανάλυση

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ (1/1)



Δήμος Π.Ε. Ανατολικής Αττικής	Πληθυσμός 2011 (κάτοικοι)	Ποσοστό (%)
ΔΗΜΟΣ ΑΧΑΡΝΩΝ	106.943	21.3%
ΔΗΜΟΣ ΒΑΡΗΣ -	48.399	9.6%
	40.193	8.0%
	30.307	6.0%
	25.102	5.0%
	33.423	6.7%
	20.040	4.0%
	26.668	5.3%
	54.415	10.8%
	20.266	4.0%
	29.002	5.8%
ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ	33.821	6.7%
ΔΗΜΟΣ ΩΡΩΠΟΥ	33.769	6.7%
Π.Ε. ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	502.348	

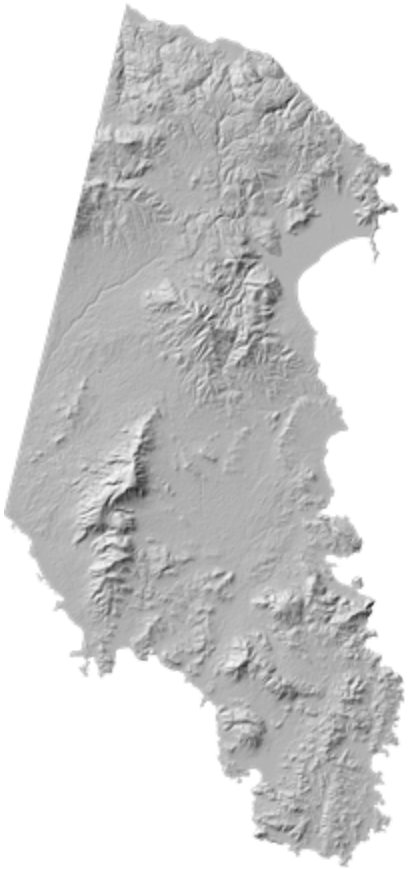
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ(1/8)



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (2/8)

Συλλογή Πρωτογενών Δεδομένων

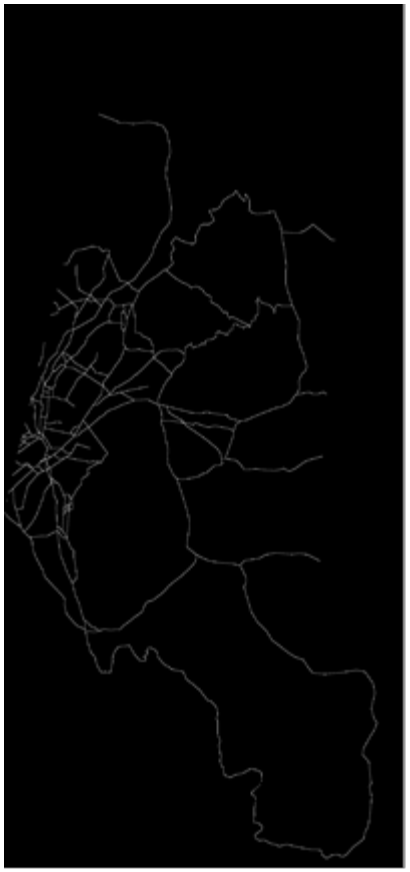
Τοπογραφική Κλίση – Σκίαση Αναγλύφου – Εξαιρούμενες Περιοχές



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (3/8)

Συλλογή Πρωτογενών Δεδομένων

Οδικό Δίκτυο



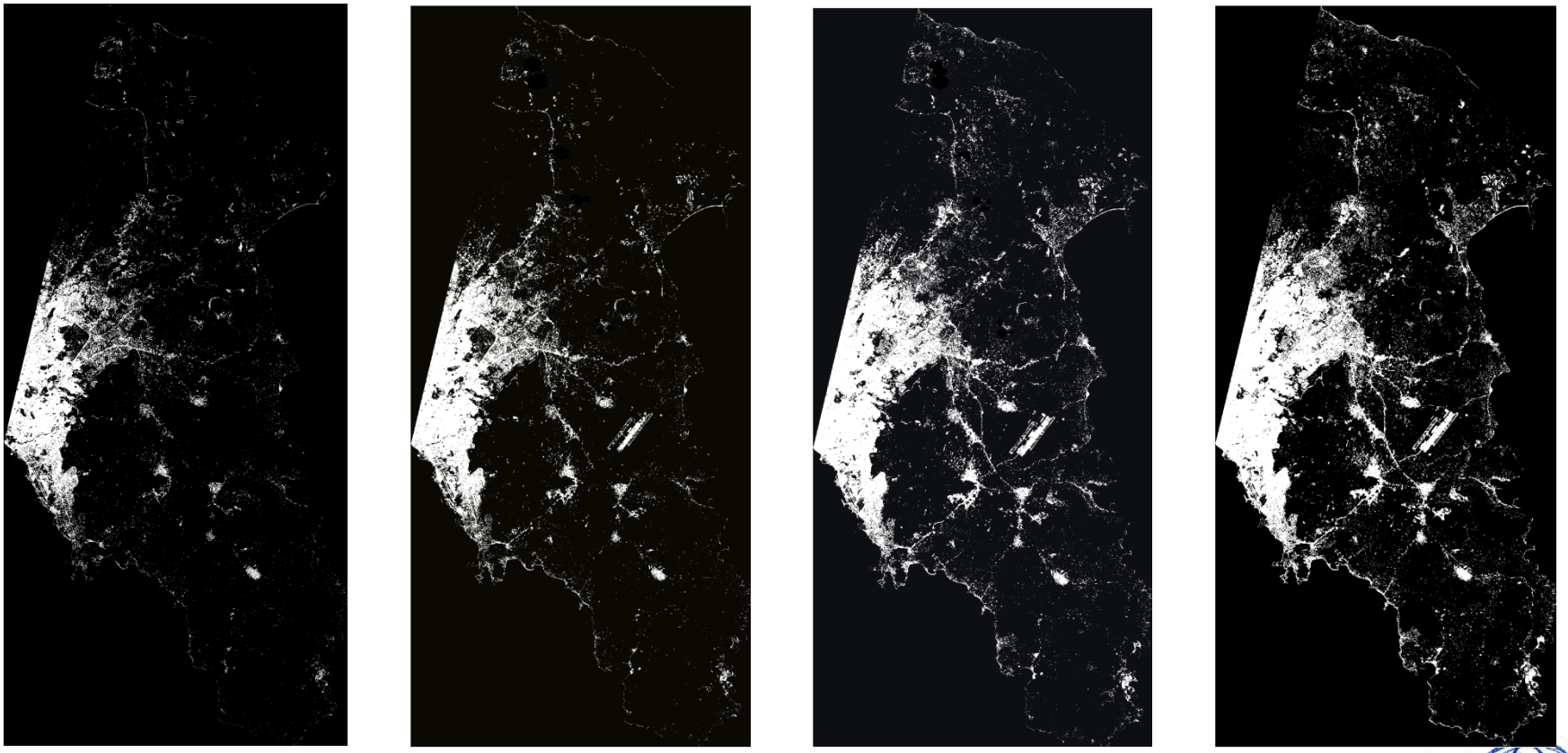
1995

2016

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (4/8)

Συλλογή Πρωτογενών Δεδομένων

Αστική Γη (Πυκνή Αστική Δόμηση)



1995 2002 2009 2016

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (5/8)

Συλλογή Πρωτογενών Δεδομένων

Αστική Γη (Αραιή Αστική Δόμηση)

1995

2002

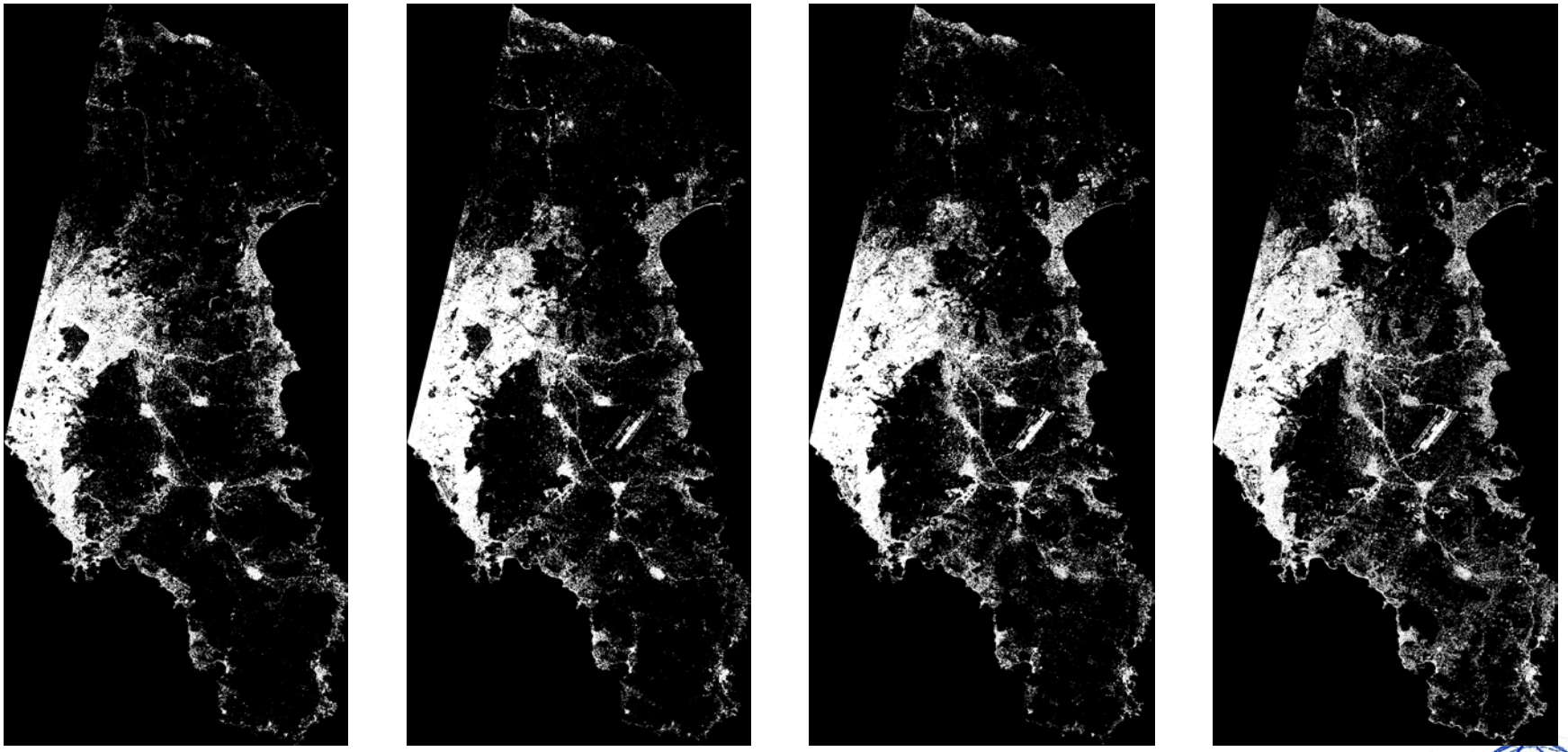
2009

2016

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (6/8)

Συλλογή Πρωτογενών Δεδομένων

Αστική Γη (Ενιαία Αστική Δόμηση)



1995 2002 2009 2016

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (7/8)

Βαθμονόμηση Μοντέλου

Στόχος: η εύρεση εκείνου του συνδυασμού παραμέτρων ελέγχου που οδηγεί σε εκτέλεση του μοντέλου που προσομοιώνει πιστότερα την πραγματικότητα

- **Diffusion (διάχυση):** επηρεάζει την αυθόρμητη ανάπτυξη
- **Breed (αναπαραγωγή):** επηρεάζει την εμφάνιση νέων κέντρων εξάπλωσης
- **Spread (εξάπλωση):** επηρεάζει την ανάπτυξη από υπάρχοντα αστικά κέντρα
- **Slope (κλίση):** είναι αντιστρόφως ανάλογη της αστικοποίησης
- **Road gravity (βαρύτητα οδικού δικτύου):** υπολογίζει την απόσταση για την οποία ένα εικονοστοιχείο του οδικού δικτύου θα οδηγήσει στη δημιουργία ενός αστικού εικονοστοιχείου

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (8/8)

Πρόγνωση Μοντέλου

Στόχος: η προβολή των ιστορικών τάσεων στο μέλλον, αξιοποιώντας το βέλτιστο συνδυασμό παραμέτρων ελέγχου που προέκυψαν από τη βαθμονόμηση → εκτίμηση μελλοντικής αστικής ανάπτυξης

Χρονική περίοδος πρόβλεψης: 2016 – 2036

Παράγωγα αρχεία: εικόνες για κάθε έτος της περιόδου πρόβλεψης, στις οποίες το κάθε pixel έχει συγκεκριμένο χρώμα, ανάλογα με την πιθανότητα αστικοποίησής του

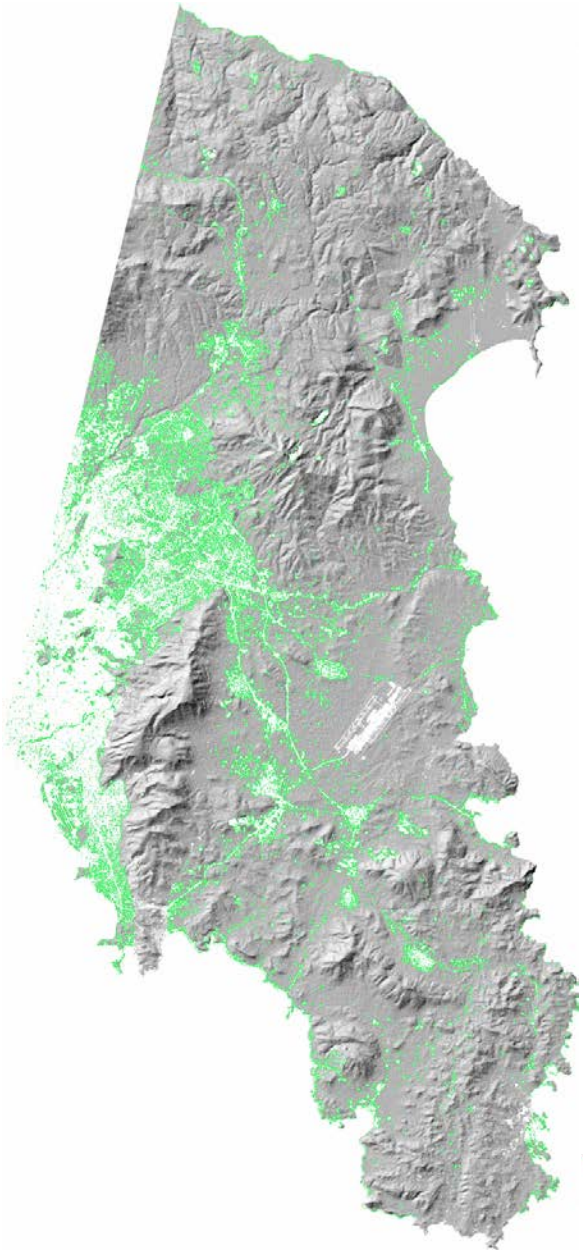
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (1/15)

Αποτελέσματα Βαθμονόμησης

Παράμετρος	Πυκνή Αστική Δόμηση	Αραιή Αστική Δόμηση	Ενιαία Αστική Δόμηση
Diffusion	1	1	1
Spread	28	24	20
Breed	6	1	12
Slope	66	62	43
Road Gravity	4	94	57

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (2/15)

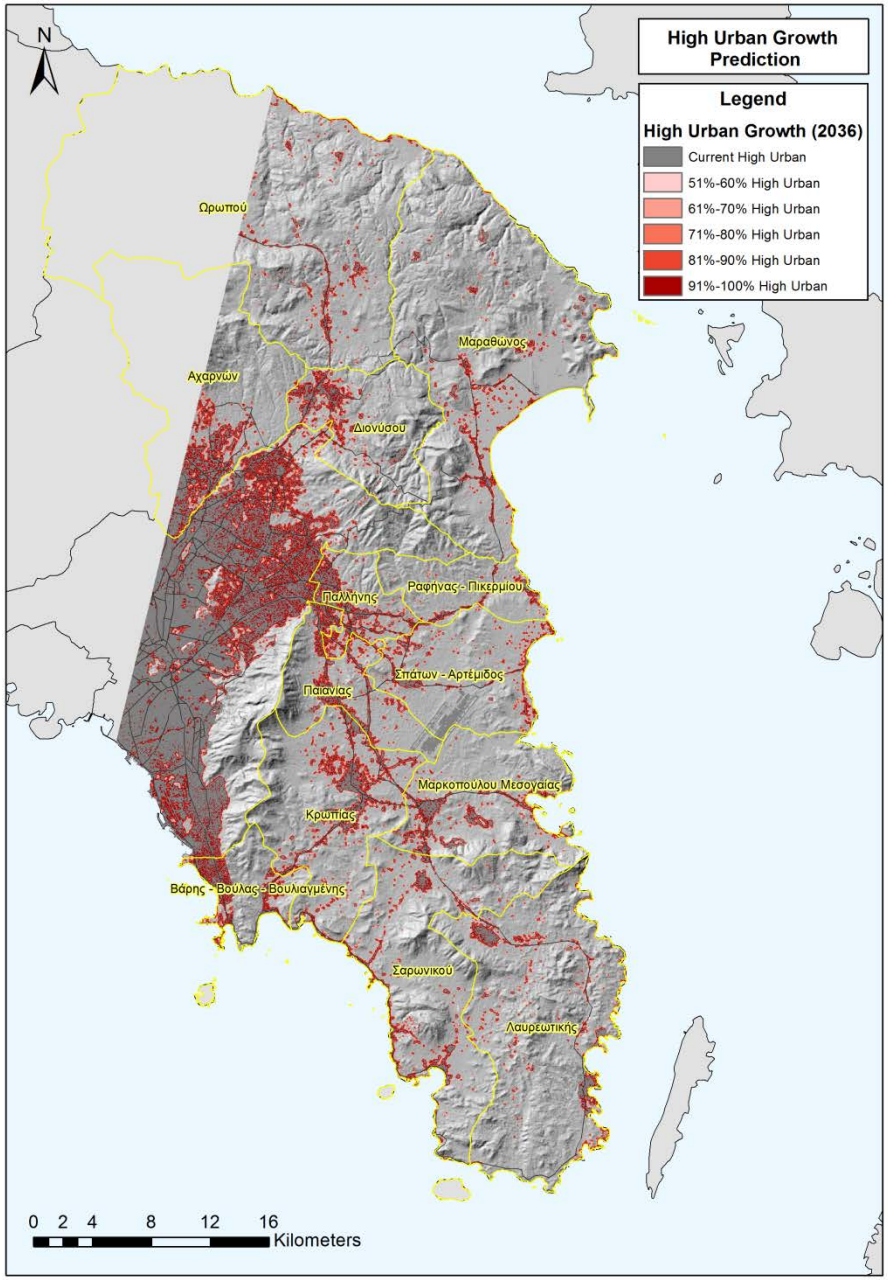
Αποτελέσματα Πρόγνωσης – Πυκνή Αστική Δόμηση



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (3/15)

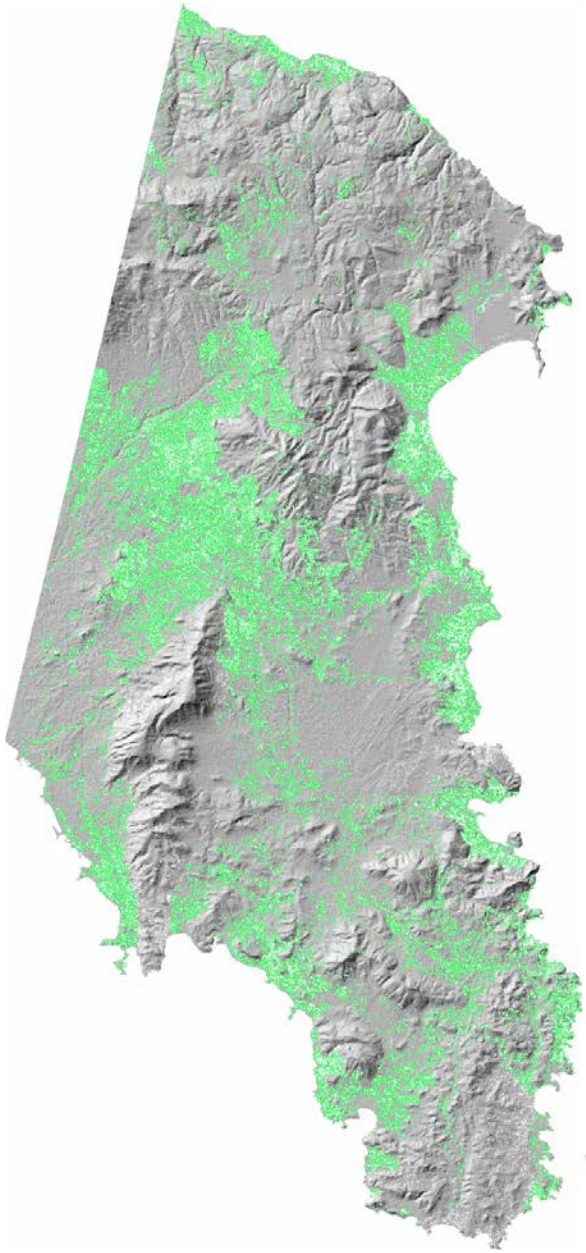
Αποτελέσματα Πρόγνωσης – Πυκνή Αστική Δόμηση

Πυκνή Αστική Δόμηση		
Πιθανότητες αστικοποίησης (%)	**Πλήθος pixel**	**Έκταση (στρέμματα)**
1%-10%	62.256	56.030,4
11%-20%	29.889	26.900,1
21%-30%	21.877	19.689,3
31%-40%	19.315	17.383,5
41%-50%	17.711	15.939,9
51%-60%	18.045	16.240,5
61%-70%	19.667	17.700,3
71%-80%	23.042	20.737,8
81%-90%	33.775	30.397,5
91%-100%	107.483	96.734,7



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (4/15)

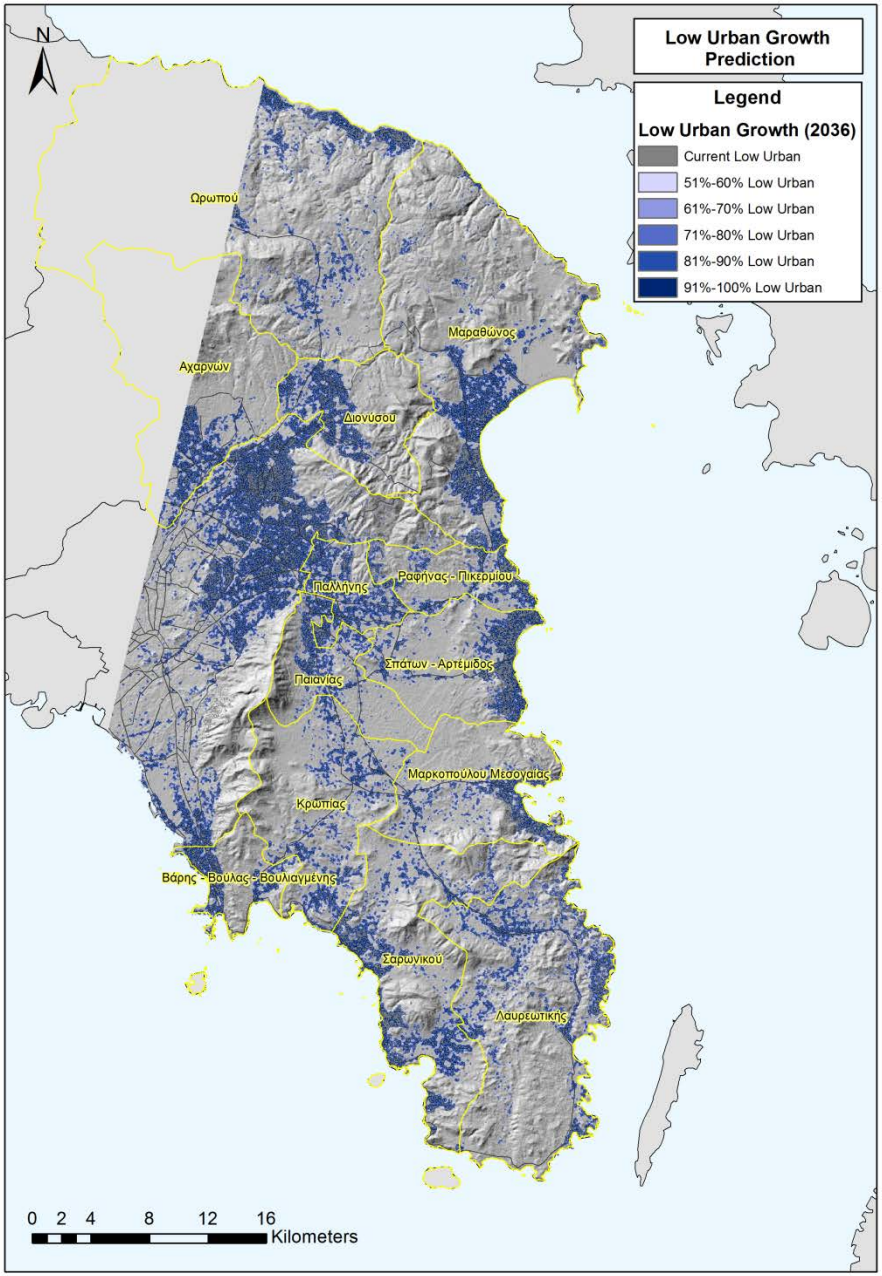
Αποτελέσματα Πρόγνωσης – Αραιή Αστική Δόμηση



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (5/15)

Αποτελέσματα Πρόγνωσης – Αραιή Αστική Δόμηση

Αραιή Αστική Δόμηση		
Πιθανότητες αστικοποίησης (%)	**Πλήθος pixel**	**Έκταση (στρέμματα)**
1%-10%	43.862	39.475,8
11%-20%	13.512	12.160,8
21%-30%	10.023	9.020,7
31%-40%	9.415	8.473,5
41%-50%	9.610	8.649
51%-60%	10.475	9.427,5
61%-70%	12.390	11.151
71%-80%	16.313	14.681,7
81%-90%	26.902	24.211,8
91%-100%	554.180	768.762



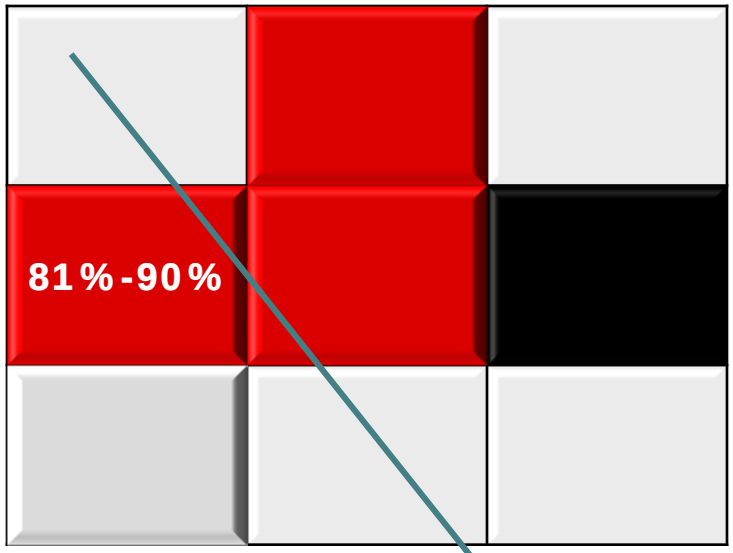
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (6/15)

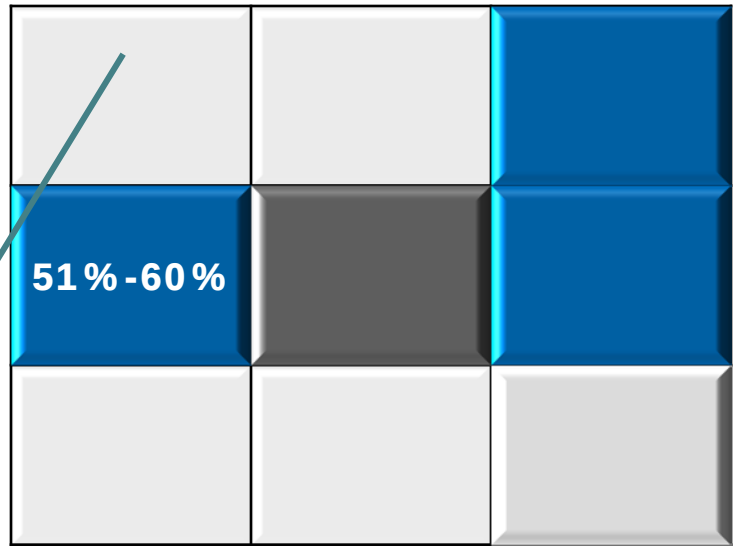
Σύνθεση Προβλέψεων

Αλληλεπίθεση προβλέψεων πυκνής και αραιής αστικής δόμησης

&

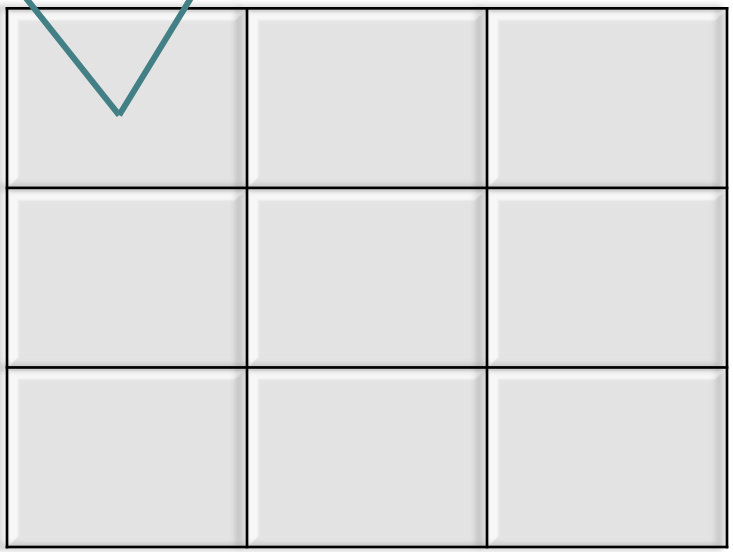
Υπολογισμός αποτελέσματος



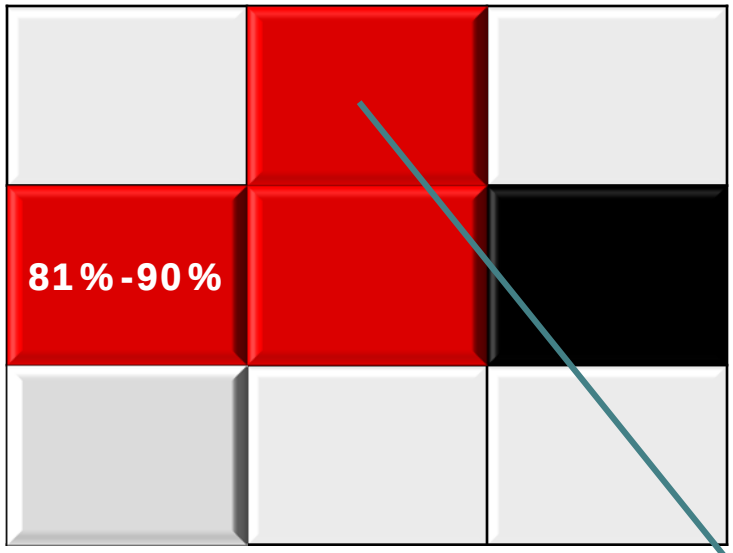


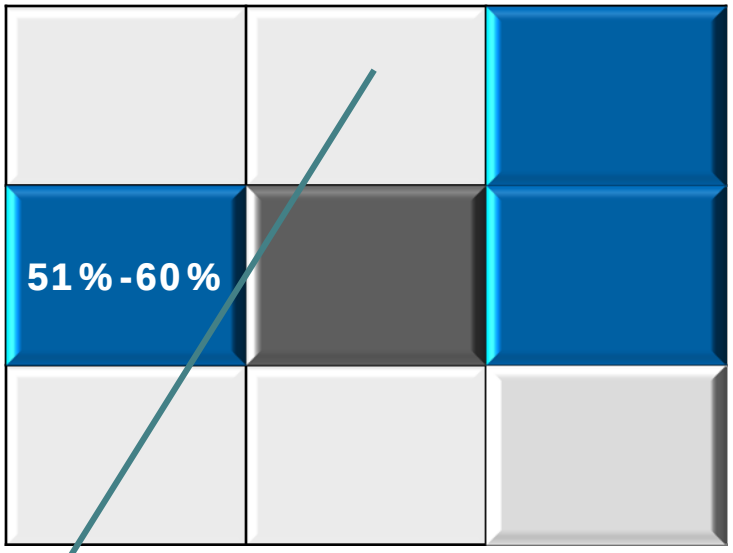
Πρόβλεψη Πυκνής

Πρόβλεψη Αραιής



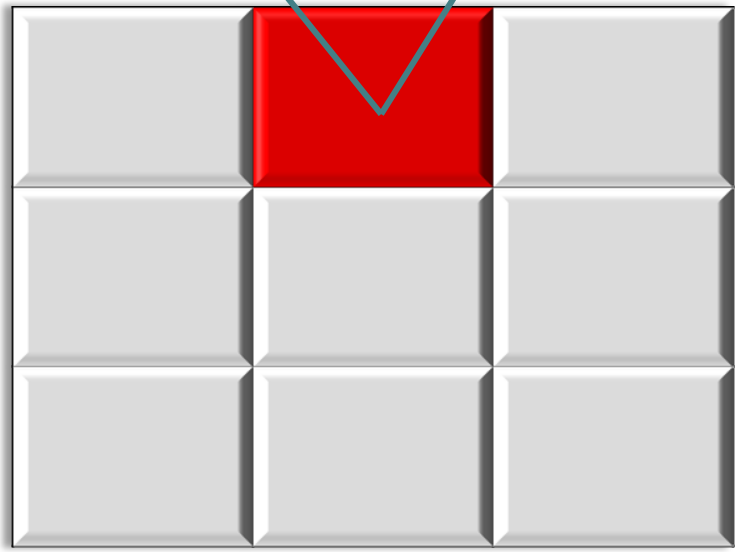
Σύνθεση Προβλέψεων



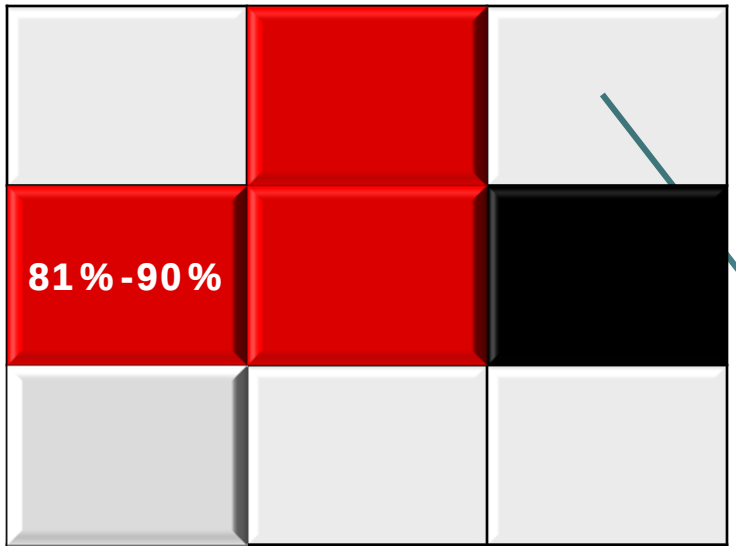


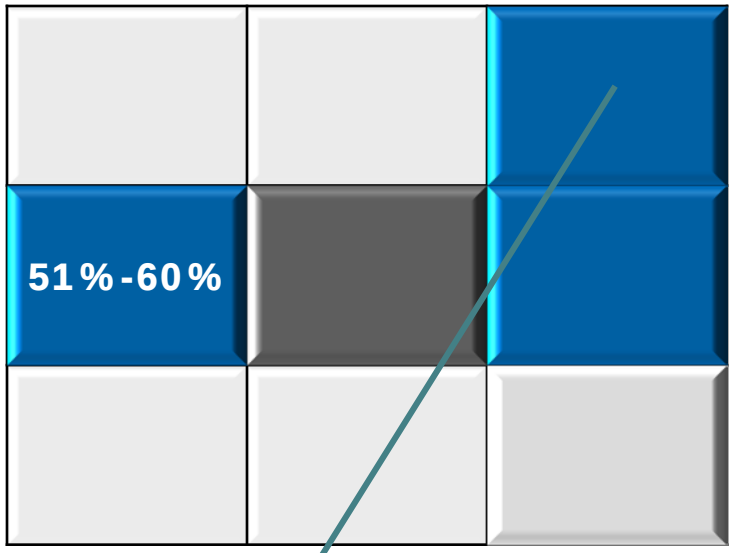
Πρόβλεψη Πυκνής

Πρόβλεψη Αραιής



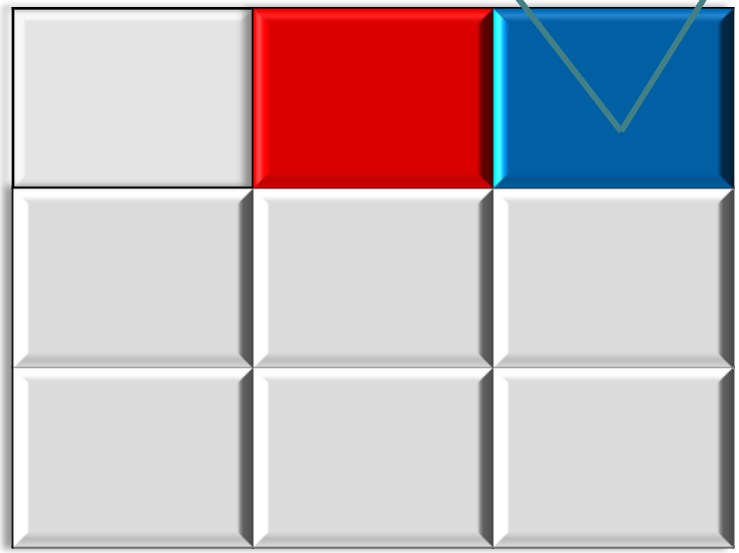
Σύνθεση Προβλέψεων



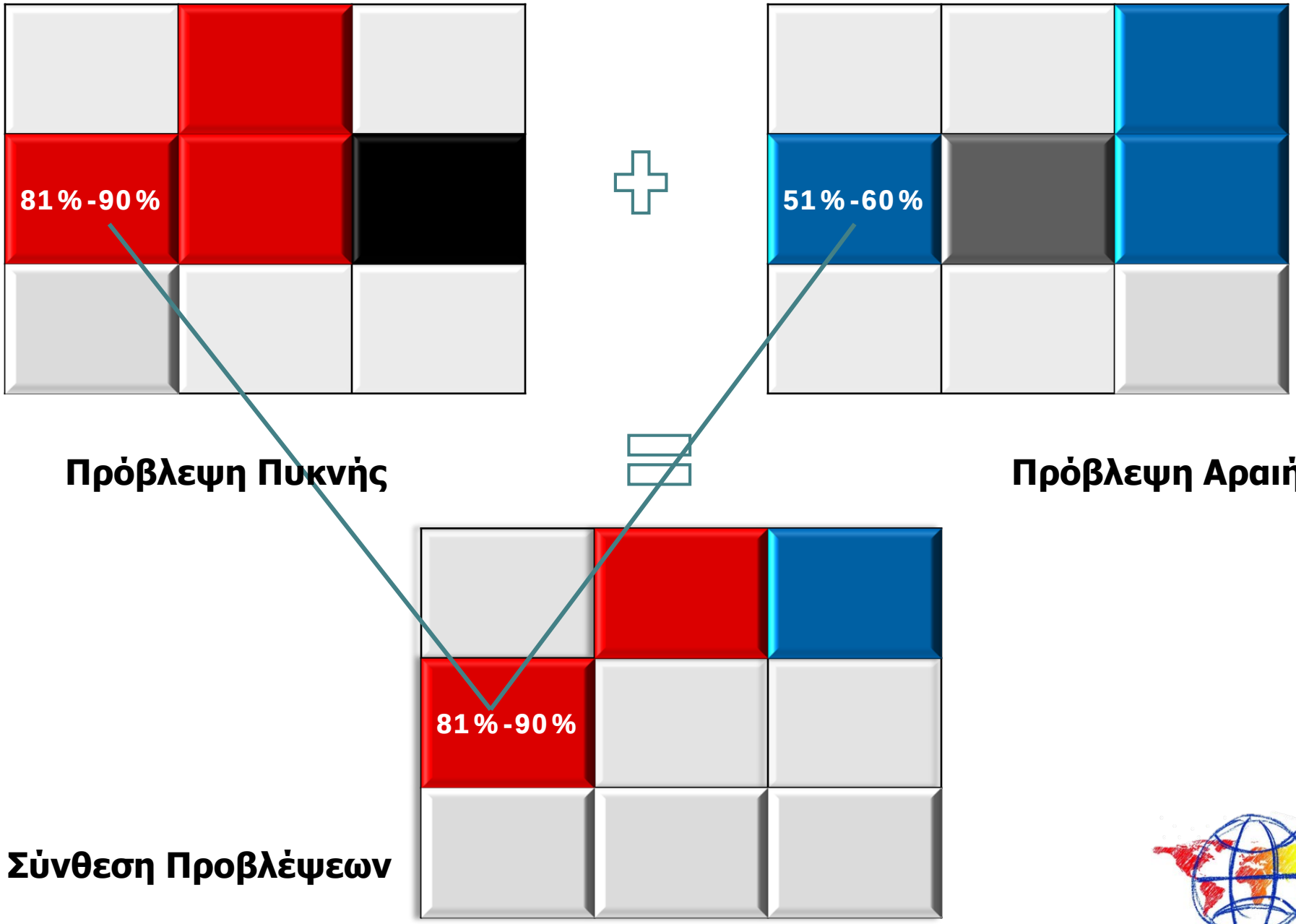


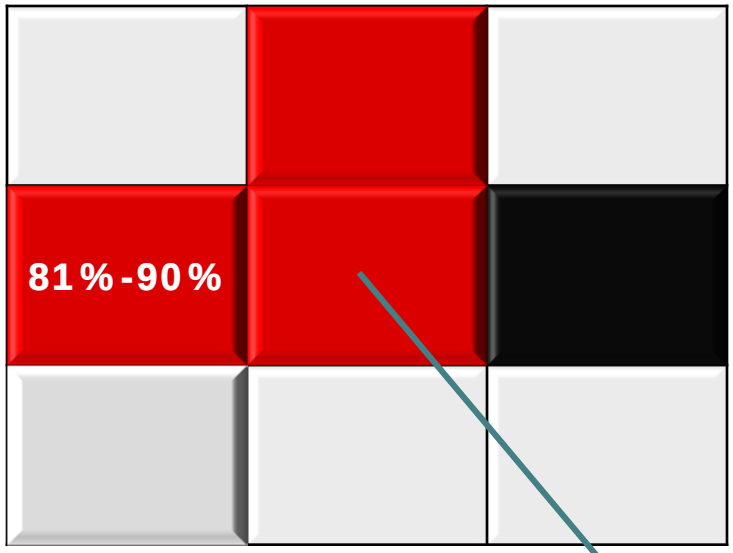
Πρόβλεψη Πυκνής

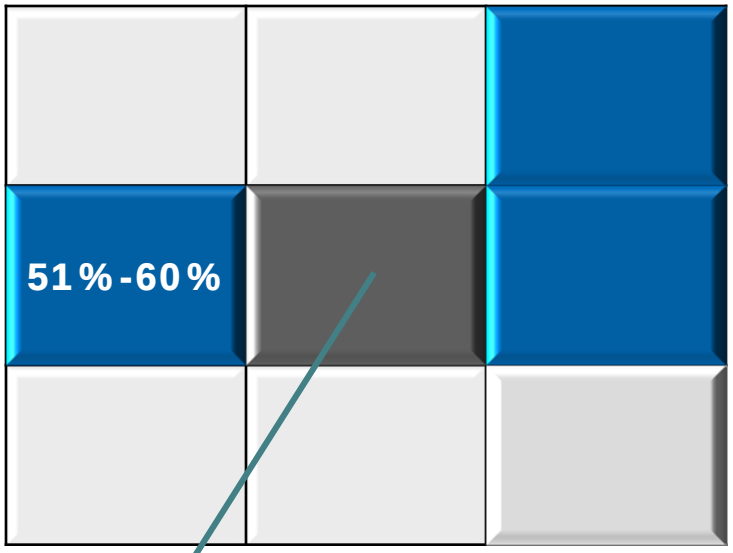
Πρόβλεψη Αραιής



Σύνθεση Προβλέψεων

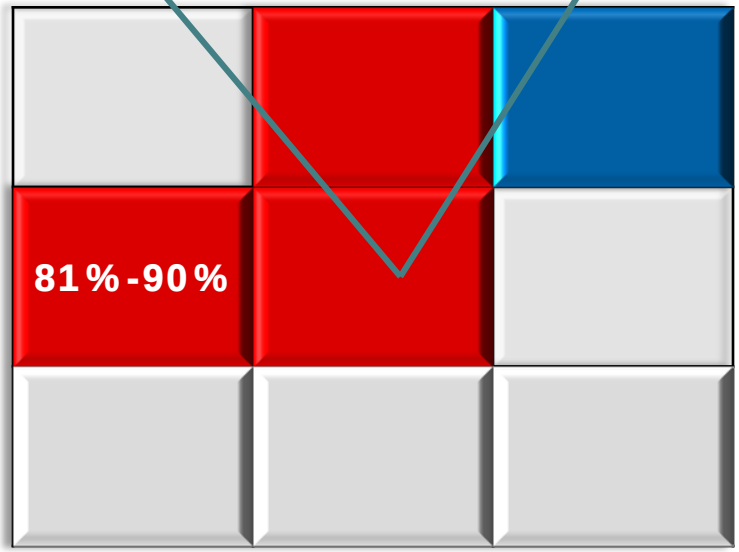

81%-90%
51%-60%
Πρόβλεψη Πυκνής
Πρόβλεψη Αραιής
81%-90%
Σύνθεση Προβλέψεων



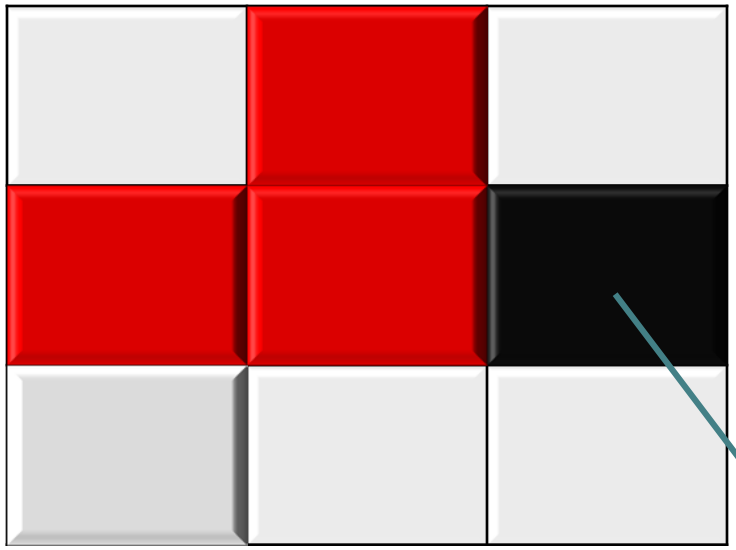


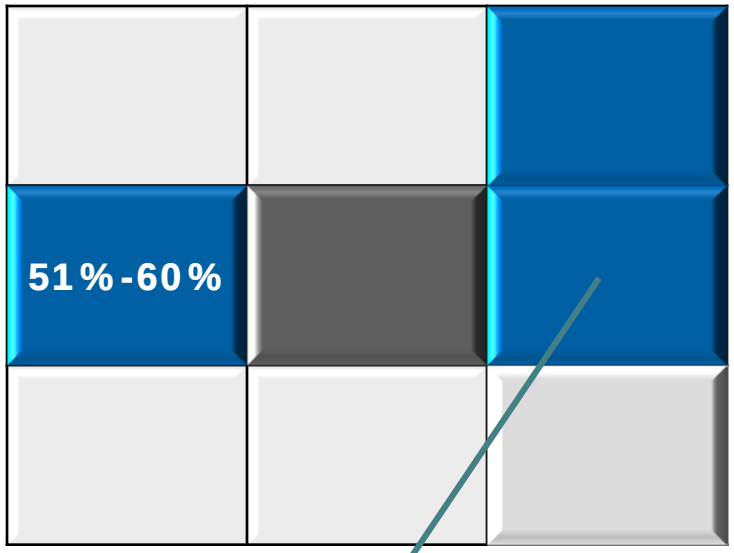
Πρόβλεψη Πυκνής

Πρόβλεψη Αραιής



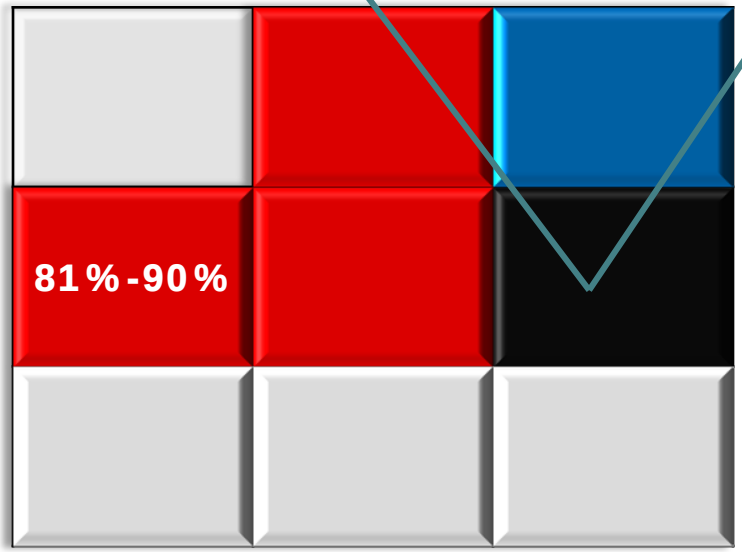
Σύνθεση Προβλέψεων





Πρόβλεψη Πυκνής

Πρόβλεψη Αραιής

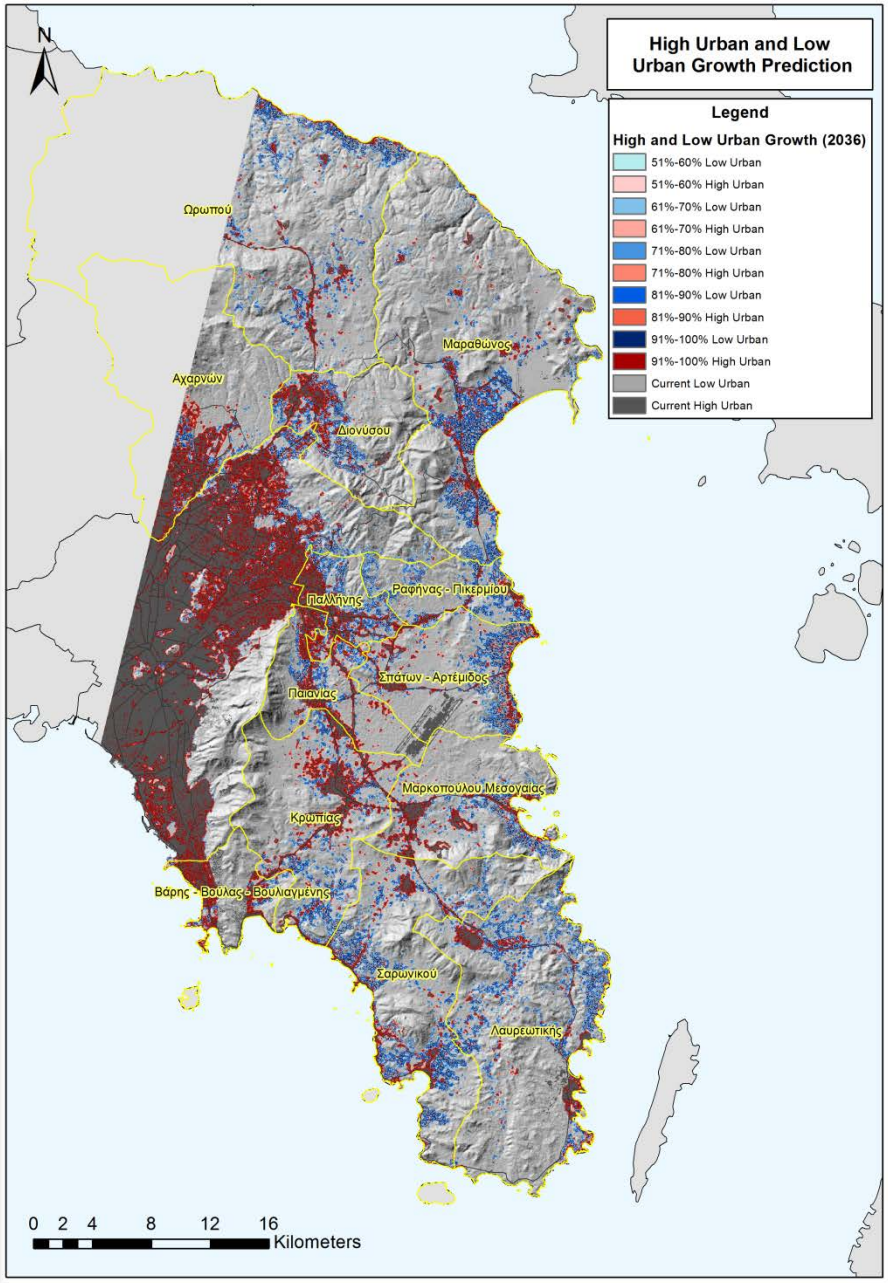


Σύνθεση Προβλέψεων

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (7/15)

Σύνθεση Προβλέψεων

- Γέρακας, Γλυκά Νερά, Παλλήνη: έντονη πυκνή αστική δόμηση
- Αχαρνές, Διόνυσος: πυκνή αστική δόμηση
- Παιανία, Κορωπί, Μαρκόπουλο: ηπιότερες τάσεις διάχυσης πυκνής αστικής δόμησης
- Παραλιακά τμήματα Αρτέμιδος, Μαραθώνα, Νέας Μάκρης, Λαυρεωτικής: ζώνη αραιής αστικής δόμησης



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (8/15)

Σύνθεση Προβλέψεων

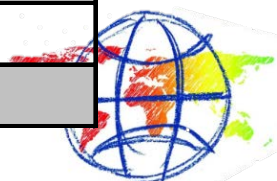
Σύνθεση Αραιής & Πυκνής Αστικής Δόμησης				
Μη αστικό 2016 (πλήθος pixel)	Έκταση (στρέμματα)	Μη αστικό 2036 (πλήθος pixel)	Έκταση (στρέμματα)	Μεταβολή (%)
2.482.192	2.233.972,8	2.000.590	1.800.531	-19,4%

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (9/15)

Σύνθεση Προβλέψεων

Σύνθεση Αραιής & Πυκνής Αστικής Δόμησης		
Αραιή Αστική Δόμηση 2016 (πλήθος pixel)	Απομένουσα Αραιή Αστική Δόμηση 2036 (πλήθος pixel)	Μεταβολή (%)
175.945	68.138	-61,3%

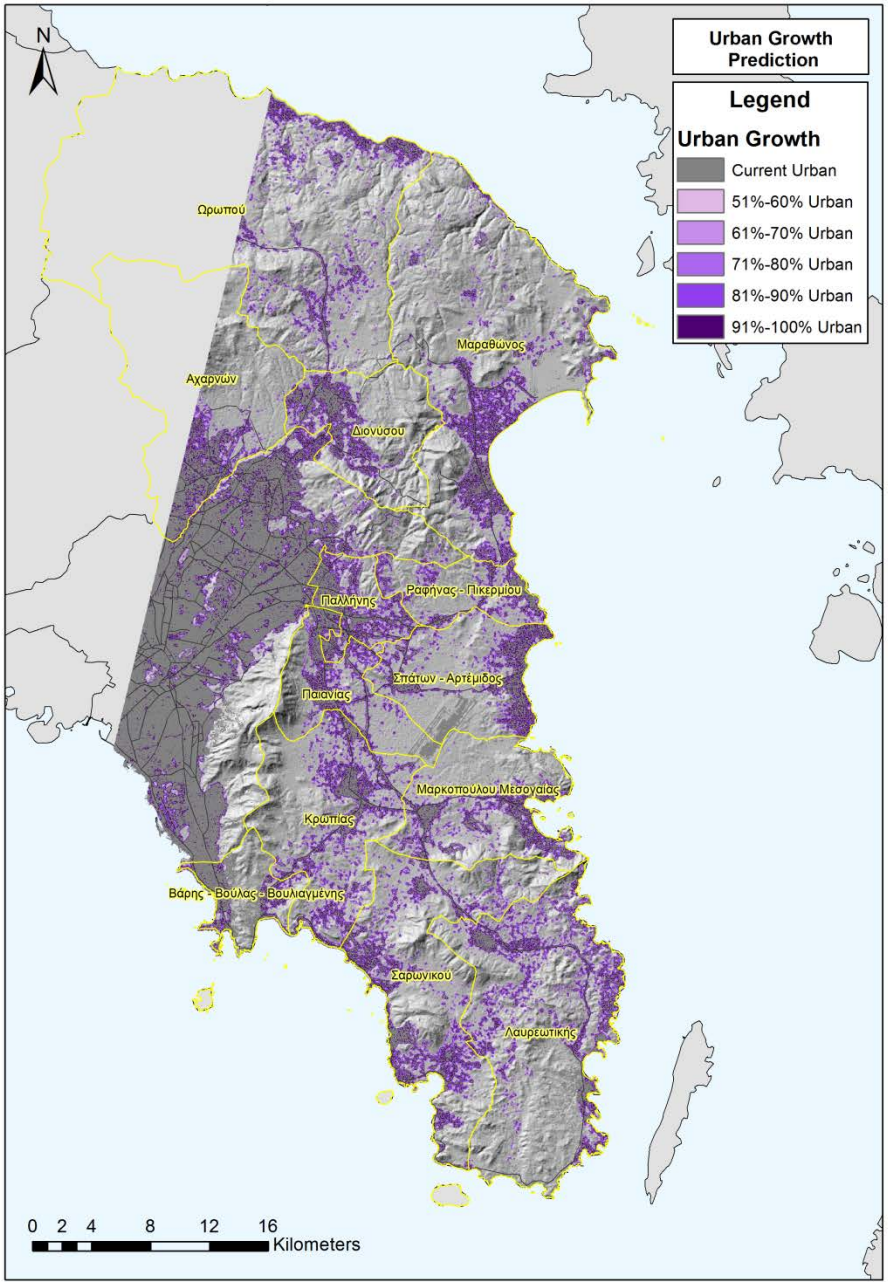
Αραιή (2016) → Πυκνή (2036)	Πλήθος pixel	Έκταση (στρέμματα)
Σύνολο	107.807	97.026,3
1%-10% Πυκνή Αστική Δόμηση	9.772	8.794,8
11%-20% Πυκνή Αστική Δόμηση	5.341	4.806,9
21%-30% Πυκνή Αστική Δόμηση	4.219	3.797,1
31%-40% Πυκνή Αστική Δόμηση	3.907	3.516,3
41%-50% Πυκνή Αστική Δόμηση	3.900	3.510
51%-60% Πυκνή Αστική Δόμηση	4.315	3.883,5
61%-70% Πυκνή Αστική Δόμηση	5.035	4.531,5
71%-80% Πυκνή Αστική Δόμηση	6.428	5.785,2
81%-90% Πυκνή Αστική Δόμηση	11.014	9.912,6
91%-100% Πυκνή Αστική Δόμηση	53.876	48.488,4



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (10/15)

Αποτελέσματα Πρόγνωσης – Ενιαία Αστική Δόμηση

Ενιαία Αστική Δόμηση		
Πιθανότητες αστικοποίησης (%)	**Πλήθος pixel**	**Έκταση (στρέμματα)**
1%-10%	78.924	71.031,6
11%-20%	42.258	38.032,2
21%-30%	31.668	28.501,2
31%-40%	28.941	26.046,9
41%-50%	28.951	26.055,9
51%-60%	29.224	26.301,6
61%-70%	33.087	29.778,3
71%-80%	42.585	38.326,5
81%-90%	64.765	58.288,5
91%-100%	117.579	105.821,1



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (11/15)

Αποτελέσματα Πρόγνωσης – Ενιαία Αστική Δόμηση

Ενιαία Αστική Δόμηση				
Μη αστικό 2016 (πλήθος pixel)	Έκταση (στρέμματα)	Μη αστικό 2036 (πλήθος pixel)	Έκταση (στρέμματα)	Μεταβολή (%)
2.482.192	2.233.972,8	1.984.210	1.785.789	-20.1%

Σύνθεση Αραιής & Πυκνής Αστικής Δόμησης				
Μη αστικό 2016 (πλήθος pixel)	Έκταση (στρέμματα)	Μη αστικό 2036 (πλήθος pixel)	Έκταση (στρέμματα)	Μεταβολή (%)
2.482.192	2.233.972,8	2.000.590	1.800.531	-19,4%

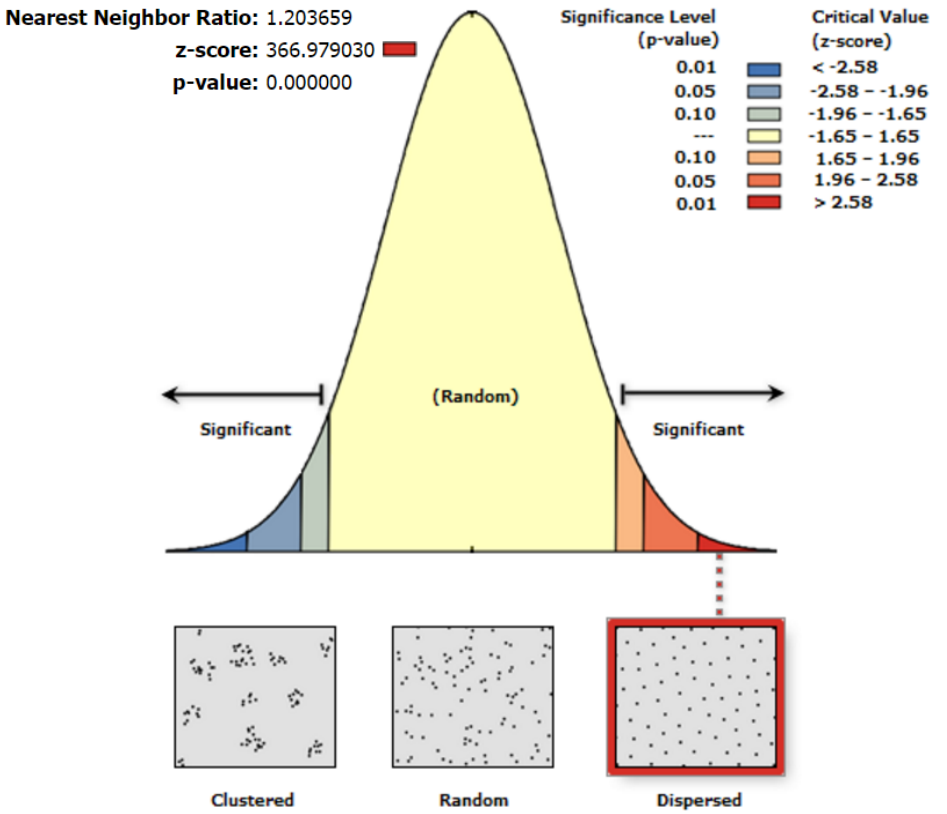
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (12/15)

Σύγκριση Αποτελεσμάτων Σύνθεσης Προβλέψεων & Ενιαίας Πρόβλεψης

	Ενιαία πρόβλεψη (αριθμός pixel)	Ποσοστό (%ενιαίας πρόβλεψης)	Σύνθεση προβλέψεων (αριθμός pixel)	Ποσοστό (% σύνθεσης προβλέψεων)
Κοινή πρόβλεψη αστικό (πλήθος pixel)	887.181	96,7%	887.181	98,4%
Επιπλέον πρόβλεψη (πλήθος pixel)	30.557	3,3%	14.257	1,6%
Πρόβλεψη συνολικό αστικό (πλήθος pixel)	917.738		901.358	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (13/15)

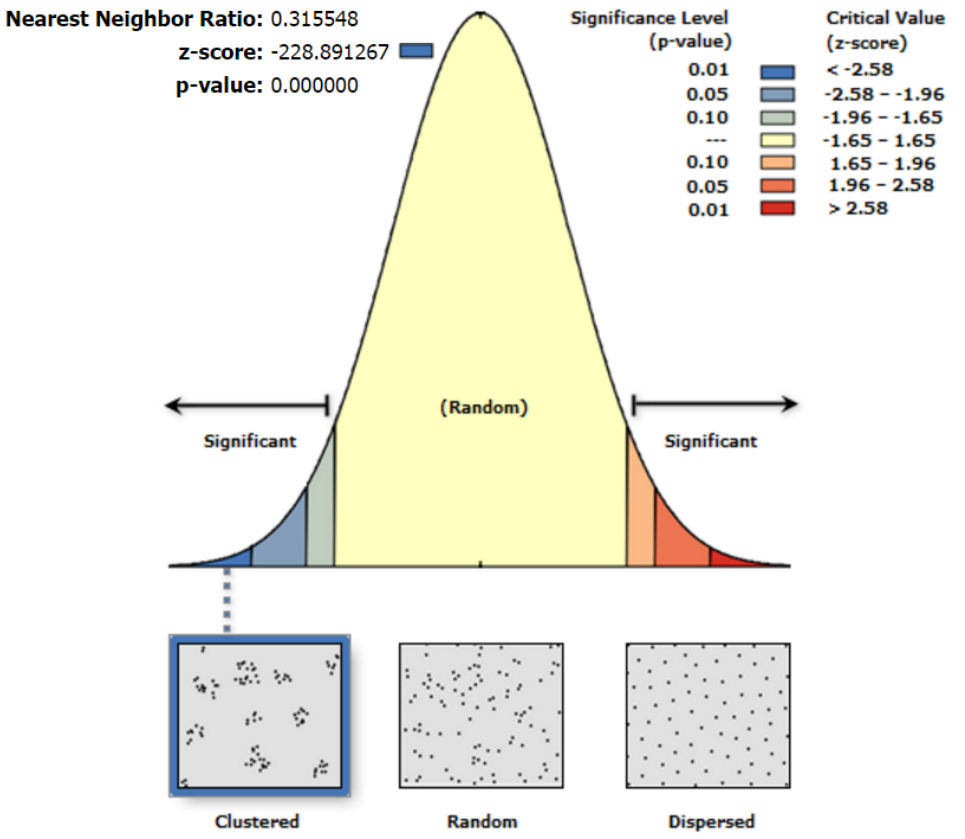
Χωρικό Πρότυπο Κοινής Πρόβλεψης



Given the z-score of 366.98, there is a less than 1% likelihood that this dispersed pattern could be the result of random chance.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (14/15)

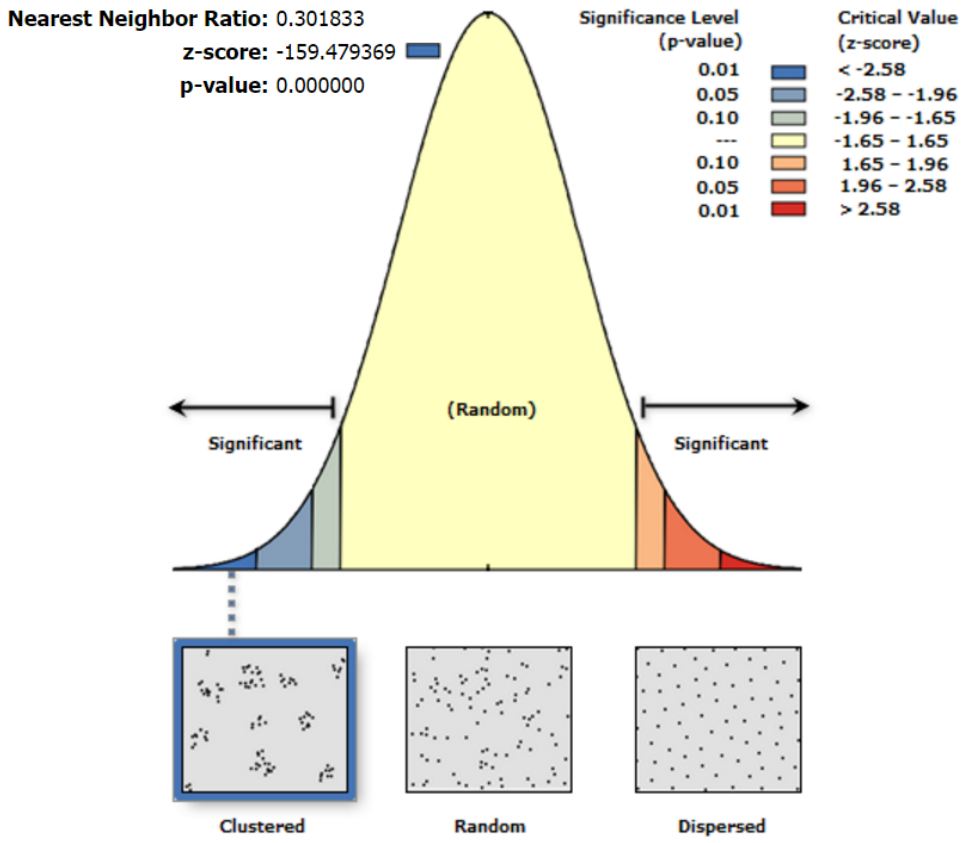
Χωρικό Πρότυπο Επιπλέον Πρόβλεψης (Ενιαία Πρόβλεψη)



Given the z-score of -228.89, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (15/15)

Χωρικό Πρότυπο Επιπλέον Πρόβλεψης (Σύνθεση Προβλέψεων)



Given the z-score of -159.48, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (1/2)

Κυψελοειδή Αυτόματα

η **δομή** μορφής καννάβου είναι ίδια με εκείνη των τηλεπισκοπικών και γεωγραφικών δεδομένων

↓

επιτυχής η **σύνδεση** τους με τα γεωγραφικά και τηλεπισκοπικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

το μοντέλο SLEUTH ανταποκρίθηκε ικανοποιητικά στις απαιτήσεις της συγκεκριμένης μελέτης & συνδυάστηκε επιτυχώς με τα GIS

GIS

προεπεξεργασία δεδομένων εισόδου στο μοντέλο, προκειμένου να αποκτήσουν κατάλληλη μορφή – ικανά προς χρήση από το SLEUTH

οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων του μοντέλου & δυνατότητες για περαιτέρω **χωρική ανάλυση**

↓

σύνθεση χαρτών πρόγνωσης της μελλοντικής αστικής ανάπτυξης

Μεθοδολογία

σύνθεση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων του SLEUTH, ώστε να προκύψει **ένα** αποτέλεσμα που απεικονίζει **ταυτόχρονα**: **πυκνή** αστική κάλυψη, **αραιή** αστική κάλυψη και **μη αστικό** χώρο

σύγκριση αποτελέσματος σύνθεσης προβλέψεων με αποτελέσματα του μοντέλου SLEUTH για την ενιαία αστική δόμηση

↓

διαπιστώθηκε η **πιστότητα** της σύνθεσης & διερευνήθηκαν τα **χωρικά πρότυπα** των αποκλίσεων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (2/2)

Μεθοδολογία

τα Κυψελοειδή Αυτόματα αποδείχθηκαν ιδιαίτερα χρήσιμα στην προσέγγιση του φαινομένου της αστικής εξάπλωσης (μοντελοποίηση & πρόβλεψη), ενώ τα GIS διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο σε όλα τα στάδια, αναδεικνύοντας έτσι τα οφέλη που μπορούν να αποκομιστούν από τη συνδυαστική χρήση τους

Επίτευξη στόχου

παραγωγή των ζητούμενων χαρτών, με τις περιοχές που πιθανολογείται να μετατραπούν σε περιοχές πυκνής ή αραιής αστικής δόμησης, με τις αντίστοιχες πιθανότητες αστικοποίησης σε κάθε περίπτωση

Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!