
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ / Α.Ε. 2001-2002

Μεθοδολογίες Χωρικής Ανάλυσης ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΚΥΤΤΑΡΑ, MAP-ALGEBRA, GIS

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΦΩΤΗΣ ΓΩΡΓΟΣ
ΒΕΡΙΓΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 1496/1
Ημερ. Εισ.: 18-03-2004
Δωρεά:
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΜΧΠΠΑ
2002
ΒΕΡ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000072463

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί την εξέλιξη της διπλωματικής εργασίας που πραγματοποιήθηκε στο ISTITUTTO UNIVERSITARIO DI ARCHITETTURA DI VENEZIA και ερευνητικό εργαστήριο στρατηγικού σχεδιασμού STRATEMA. Μέρος αυτής (κεφ.2.3 και 2.5) χρησιμοποιήθηκε στην ολοκλήρωση της εφαρμογής AUGH 2

Ευχαριστήρια στους :

- Σωτηριάδου Δομνίκη*
- Μανέτο Παναγιώτη και Μπέσα Ναντία*
- Στους υπεύθυνους της αίθουσας υπολογιστών του πανεπιστημίου*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	7
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	7
<i>Η χρησιμότητα συστημάτων πληροφοριών</i>	8
<i>Βασικά στοιχεία</i>	9
<i>Η δομές Vector και Raster</i>	11
<i>Μερικές λειτουργίες</i>	13
Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ MAP ALGEBRA.....	16
<i>Τοπικές λειτουργίες</i>	17
<i>Λειτουργίες γειτνίασης</i>	18
<i>Ζωνηκές λειτουργίες</i>	18
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	20
ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	20
<i>Ο ρόλος των μοντέλων στην χωροταξία και πολεοδομία</i>	22
<i>Αναπαράσταση, συμβολισμός και πραγματικότητα</i>	23
<i>Οι κανόνες</i>	23
Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ.....	24
<i>Βασικά στοιχεία</i>	26
<i>Βασικοί στόχοι</i>	27
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΩΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	28
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	28
<i>Σύγχρονες τάσεις και Multi – Cellular Automata</i>	29
<i>Δυναμική ανάλυση με την εφαρμογή Time Geographic Simulation System</i>	31
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ.....	33
<i>Phone Valley</i>	33
<i>Περιφέρεια Veneto</i>	34
<i>Λονδίνο</i>	35
<i>Περιβαλλοντική μελέτη Βενετίας</i>	36
<i>Ηράκλειο Κρήτης. Από την ιστορική απεικόνιση στην δυναμική ανάλυση</i>	37
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	48
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62

Εισαγωγή

Πηγαίνοντας προς την καινούργια χιλιετία διακρίνεται όλο και περισσότερο η παρουσία νέων εργαλείων και μεθοδολογιών που ασχολούνται με προβλήματα, ασήμαντα στο παρελθόν, μα καταστροφικά στο παρών. Η εισαγωγή νέων τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας, άνοιξε καινούριες πόρτες στην επιστημονική κοινότητα, προσπερνώντας τις δυσκολίες του παρελθόντος και παρουσιάζοντας καινούργιες μεθοδολογίες για την επίλυση προβλημάτων, παλιών και νέων.

Η σημερινή πόλη στηρίζεται στο μοντέλο ανάπτυξης του περασμένου αιώνα και εξελίσσεται σύμφωνα με τις ανάγκες του σήμερα. Η “διδασκαλίες” και τα παραδείγματα του παρελθόντος, έδωσαν σημαντικά εργαλεία πολεοδομικής ανάλυσης και σχεδιασμού στους σημερινούς “επιστήμονες”, που καλούνται να διαχειριστούν με κατάλληλο τρόπο τα σημερινά δρώμενα της πολεοδομικής πραγματικότητας, ακολουθώντας συγκεκριμένες πολιτικές ανάπτυξης. Όμως, οι “παραδοσιακές” μεθοδολογίες ανάλυσης δημιουργήθηκαν κάτω από άλλες συνθήκες... Η πολεοδομική πραγματικότητα εξελίσσεται και αλλάζει στο πέρασμα του χρόνου. Το ίδιο συμβαίνει και με τα εργαλεία ανάλυσης και σχεδιασμού. Σίγουρα οι λέξεις “GIS” και “προσομοίωση” δεν είναι άγνωστες σε αυτό το χώρο. Ολοένα και περισσότερο γίνεται αισθητή η παρουσία αυτών των “εργαλείων”. Πρόκειται για εργαλεία και μεθοδολογίες που εμφανίστηκαν με μεγάλες προσδοκίες στα μισά περίπου του αιώνα μας και υπόσχονται πολλά στην νέα χιλιετία. *Είναι όμως αποτελεσματικά για την χωρική, περιβαλλοντική και πολεοδομική ανάλυση γενικότερα;... Αν ναι, με ποιό τρόπο;*

Η έκφραση των παραπάνω προβληματισμών δημιουργεί την αφορμή της διπλωματικής αυτής εργασίας, επιχειρώντας να προσφέρει μια ουσιαστική προσέγγιση σ’ αυτά τα ερωτήματα. Έτσι, ξεκινώντας από μία μικρή έρευνα που αφορά στην εμφάνιση και ανάπτυξη θεωριών και εφαρμογών στον τομέα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και της προσομοίωσης, θα επιχειρήσει να ερευνησει εκείνες τις μεθοδολογίες που είναι καταλληλότερες για την πολεοδομική, περιβαλλοντική και χωρική ανάλυση μέσα από την αλληλεπίδραση αυτών των δύο εργαλείων, κλείνοντας με ορισμένα παραδείγματα εφαρμογών βασισμένα στη ολοκλήρωση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και των αυτομάτων κυτταρικών.

Πιο αναλυτικά στο αρχικά παρουσιάζονται μερικές πάγιες θεωρητικές προσεγγίσεις χωρικής ανάλυσης που εκφράστηκαν από γνωστούς επιστήμονες του χώρου. Ιδιαίτερο

βάρος δίνεται στις θεωρίες της MapAlgebra και των αυτόματων κυττάρων, αναλύοντας τις βασικές αρχές λειτουργίας τους, στον τομέα των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και της προσομοίωσης αντίστοιχα. Ταυτόχρονα γίνεται μια κριτική προσέγγιση στην χρησιμότητα που έχουν στα πλαίσια του σχεδιασμού και προγραμματισμού γενικότερα. Στο τρίτο και τελευταίο μέρος της εργασίας παρουσιάζονται διάφορες εφαρμογές που υιοθετούν και ολοκληρώνουν τις παραπάνω θεωρίες με πραγματικά παραδείγματα. Ειδικότερα γίνονται σύντομες αναφορές σε πέντε διαφορετικές περιπτώσεις που δημιουργήθηκαν νέες αναλύσεις που πηγάζουν από τις παραπάνω θεωρίες. Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να σημειωθεί ότι η τελευταία εφαρμογή αποτελεί την δική μου συμβολή¹ στην ολοκλήρωση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και της προσομοίωσης.

Επίσης, είναι χρήσιμο να υπογραμμιστεί ότι η παρούσα εργασία αποτελεί ένα **μικρό δείγμα** του κόσμου των μοντέλων προσομοίωσης και της θεωρίας των αυτόματων κυττάρων, καθώς το θέμα είναι τεράστιο και η ανάπτυξη του σε αυτή τη μελέτη, δεν μπορεί παρά να είναι ένα απλό “ερέθισμα”. Επίσης τονίζεται ο **πειραματικός χαρακτήρας** αυτής της εργασίας, αφού στοχεύει στην αναζήτηση καινούριων μεθοδολογιών καθώς και στην εξέταση της αποτελεσματικότητας που αυτές έχουν.

Τέλος η παρούσα εργασία **στοχεύει** στην αναζήτηση και δημιουργία νέων μεθοδολογιών χωρικής ανάλυσης όπως επίσης και στην διερεύνηση παλαιότερων. Η σύνθεση αυτών θα στηριχθεί σε γνωστές επιστημονικές θεωρίες που προέρχονται από τον χώρο της γεωγραφίας και της πολεοδομίας γενικότερα.

¹ Η εφαρμογή αυτή δημιουργήθηκε στο LAB STRATEMA όπου μαζί με τις λειτουργίες Import/Export στο AUGÉ και σύνθεση / αποσύνθεση κυψελών προσομοίωσης, παρουσιάστηκαν στην διπλωματική μου εργασία “Η αλληλεπίδραση των GIS και προσομοίωσης” στο IUAV.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Ξεκινώντας την ανάλυση του θέματος που αναφέρεται στις «Μεθοδολογίες χωρικής ανάλυσης», είναι χρήσιμο να γίνουν ορισμένες διευκρινίσεις θεωρητικού τύπου, προσπαθώντας με αυτόν τον τρόπο να ακολουθηθεί μία επιστημονική προσέγγιση βασισμένη σε τεκμηριωμένες βάσεις.

Ο όρος "συστήματα πληροφοριών" αναφέρεται στο σύνολο των software² που παρέχουν μια σημαντική προσφορά στο τομέα της χωρικής ανάλυσης δεδομένων.

Η λειτουργία τους αρχικά χρησιμοποιήθηκε στην αντιμετώπιση προβλημάτων με θεματικό χαρακτήρα, όπως στατιστική, γεωγραφία, χημεία, μηχανική, μετεωρολογία. Σήμερα, αυτά τα εργαλεία έχουν εξειδικευτεί ή προσαρμοστεί στο ν' αντιμετωπίζουν επίσης προβλήματα πολεοδομικού χαρακτήρα, όπως για παράδειγμα τα "Geographical Information Systems", εργαλεία ανάλυσης του δικτύου, εργαλεία προσομοίωσης κ.τ.λ.

Η χρησιμότητα αυτών των εργαλείων είναι υπό συζήτηση, σε ότι αφορά το εάν ένας "πολεοδόμος" είναι σε θέση ν' αντιμετωπίσει ένα πρόβλημα χωρίς αυτά.. Μερικοί υποστηρίζουν ότι δεν είναι χρήσιμα Όμως σ' ένα σχέδιο πολεοδομικού χαρακτήρα, η ανάγκη της επανάληψης και η δυσκολία της επεξεργασίας σύνθετων συστημάτων όπως η πόλη, κάνουν τα εργαλεία αυτά πολύ χρήσιμα, εάν όχι απαραίτητα.

² Software λέγεται το σύνολο απαραίτητων οδηγιών, γραμμένες με κατάλληλο τρόπο έτσι ώστε να γίνονται αποδεκτές από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή για την επίλυση ενός προβλήματος.

Η χρησιμότητα συστημάτων πληροφοριών

Η ίδια η φύση αλλά και ο χαρακτήρας του Χωρικού Σχεδιασμού, ως πολυδιάστατης, διεπιστημονικής και ολοκληρωμένης διαδικασίας συμβολής, στη διατύπωση εναλλακτικών στρατηγικών βιώσιμης ανάπτυξης σε εθνικό, περιφερειακό, και τοπικό επίπεδο, υπαγορεύουν τη φύση και το χαρακτήρα των μεθοδολογιών αλλά και των τεχνολογικών εργαλείων συλλογής, επεξεργασίας, ανάλυσης, και αξιοποίησης ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών οι οποίες συγκροτούν την αναγκαία υποδομή σχεδιασμού του χώρου.

Στον τομέα του εδαφικού και πολεοδομικού σχεδιασμού, συχνά αντιμετωπίζουμε προβλήματα που χρειάζονται ένα υψηλό επίπεδο ποσοτικής και ποιοτικής πληροφορίας.

“Quando si ha a che fare con masse di dati molto grandi o con insiemi complessi di variabili, come avviene frequentemente per l'analisi e per la lettura del territorio, con l'ulteriore difficoltà dovuta all'eterogeneità dei dati da trattare, allora è necessario ricorrere all'analisi dei dati moderna” (Scandurra E, 1991)

Για την εκπόνηση μελετών με πολύ μεγάλους όγκους δεδομένων ή με σύνολα σύνθετων μεταβλητών, όπως προκύπτει συχνά από την ανάγνωση και ανάλυση του εδάφους, με την περαιτέρω δυσκολία που οφείλεται στην ανομοιογένεια των δεδομένων που πρέπει να επεξεργαστούμε τότε γίνεται απαραίτητη η “ανάλυση εξελιγμένης μορφής”.³ Με αυτή τη δήλωση ο Enzo Scandurra αναφέρεται στις ολοκληρωμένες αναλύσεις που γίνονται με την χρήση προηγμένων τεχνολογιών πληροφορικής, που σε συνεργασία με το ανθρώπινο στοιχείο αποτελούν αυτό που ο ίδιος ονομάζει «ανάλυση μοντέρνα». Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να αναρωτηθεί κανείς με ποιο τρόπο η “ανάλυση εξελιγμένης μορφής”. υπερέρχει από τις “παραδοσιακές” αναλύσεις δεδομένων και θεματικών χαρτών. Σε μια διαδικασία ανάλυσης, η ποσότητα και η ποιότητα της πληροφορίας “εξαγωγής” (*output*), με τον γνωστό και απλό τρόπο, είναι ανάλογη με αυτήν της “εισαγωγής” (*input*), που χρησιμοποιήθηκε αρχικά. Πράγματι η σχέση που συνδέει το επίπεδο του *input* με αυτό του *output* σε μια απλή διαδικασία ανάλυσης και σύγκρισης θεματικών χαρτών, μπορεί να αποδοθεί γραφικά με μια ευθεία γραμμή, ακολουθώντας τα χαρακτηριστικά μιας γραμμικής σχέσης. Αντίθετα χρησιμοποιώντας μεθοδολογίες ανάλυσης εξελιγμένης μορφής, η σχέση αυτή ακολουθεί ιδιότητες γεωμετρικής προόδου και εν γένει λογαριθμικής συνάρτησης.

³ Enzo Scandurra(1991), *Tecniche Urbanistiche per la Pianificazione del Territorio*, ed Club σελ 334

Αυτό υποδεικνύει ότι τα συστήματα πληροφοριών είναι πολύ χρήσιμα και ίσως απαραίτητα σε περιπτώσεις όπου η πολυπλοκότητα των αναλύσεων είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Ωστόσο δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι σε κάθε περίπτωση, ένα σύστημα πληροφοριών αποτελεί ένα ισχυρό μέσο σχεδιασμού, μόνο αν χρησιμοποιείται ακολουθώντας μια συγκεκριμένη μεθοδολογία, υπενθυμίζοντας ένα από τα κείμενα του *Astengo G.* που αναφέρει ότι: πολλές φορές οι δημιουργοί του σχεδίου, μετά από μια σειρά αναλύσεων χωρίς μεθοδολογία, προχωρούν στην διαδικασία των προτάσεων, αγνοώντας και παραμερίζοντας το περιεχόμενο, τους στόχους και τα συμπεράσματα της ανάλυσης, που έχουν προηγηθεί. Τέλος είναι χρήσιμο να αναφερθεί ότι η ανάπτυξη των συστημάτων πληροφοριών, έχει αρκετό δρόμο μπροστά της, υπενθυμίζοντας τις απόψεις γνωστών επιστημόνων στο είδος:

«With the development of GIS, largely fueled by the need for efficient spatial inventory, urban managers increasingly have at their disposal information systems in which geographic data are more readily accessible, more easily synthesized, and more flexibly modified to address issues of land use planning. However, despite the proliferation of GIS software systems in urban and environmental resource management, the technology is often seen as not yet attaining its full potential for spatial analysis and decision support» (Openshaw, 1991; Goodchild, 1990; Tomlinson, 1989).

Συμπερασματικά προκύπτει ότι τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών αποτελούν απαραίτητα μέσα ανάλυσης χωρικών συστημάτων, όταν χρησιμοποιούνται σε πολύπλοκες μελέτες, με σωστό τρόπο, παράγοντας χρήσιμα αποτελέσματα.

Βασικά στοιχεία

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι εργαλεία βασισμένα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, που χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση και ανάλυση όλων των πληροφοριών που εμφανίζονται επάνω στην επιφάνεια της Γης.

«Geographical Information Systems are described as systems for the storage, manipulation, analysis, and display of geographically referenced data» (Maguire, 1991).

Συχνά υπάρχει η απορία εάν τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών είναι ένα προϊόν ή ένα σύστημα, εάν μπορεί να αγοραστεί (έτοιμο) ή να κατασκευαστεί, αν είναι μια λύση στατική ή αναπτύσσεται ολοένα και περισσότερο. Αυτά είναι σημαντικά

ερωτηματικά, που εκφράζονται ακόμα από πολλούς. Προσπαθώντας να ορίσει κανείς την δομή ενός ΓΣΠ, θα μπορούσε να φανταστεί ένα κουτί δεδομένων, όπου σε στενή σχέση με έναν (γεωγραφικό) χάρτη αναπαράγει αποτελέσματα γραφικής και αριθμητικής μορφής. Ειδικότερα από ένα Γ.Σ.Π. ζητείται να διατηρήσει και να διαχειριστεί όλες τις πληροφορίες που αφορούν τις αμοιβαίες σχέσεις του χώρου ανάμεσα σε διάφορα στοιχεία, όπως τη συνοχή, τη γειτνίαση, τη θέση, και ειδικότερα την τοπολογία. Βασικό του στοιχείο, είναι η ικανότητα απεικόνισης των δεδομένων σε γεωγραφικά (προβολικά) συστήματα αναφοράς, καθορίζοντας με αυτό τον τρόπο την μοναδική θέση κάθε στοιχείου σε γεωγραφικό πλάτος και μήκος (lat, long) παγκοσμίως. Η κλίμακα της παρουσίασης γίνεται με αυτόν τον τρόπο μονάχα μία παράμετρος που καθορίζει την “ανάλυση” και αναπαράσταση των γραφικών πληροφοριών.

Ένα άλλο βασικό στοιχείο της δομής των ΓΣΠ είναι η βάση δεδομένων (database).⁴ Η αρχιτεκτονική της, επιτρέπει την υλοποίηση διαφορετικών αναλύσεων πάνω στα δεδομένα, χωρίς την υποχρέωση ακολουθίας αναγκαστικών “διαδρομών” (path). Με άλλα λόγια, οι πληροφορίες είναι δομημένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτρέπουν την αναδιοργάνωση τους σε οποιαδήποτε μορφή απαιτούν διαφορετικές μελέτες.

Χαρακτηριστικά εργαλεία μελέτης των βάσεων δεδομένων αποτελούνται από ερωτηματικούς φορμαλισμούς SQL (Structured Query Language)⁵, και εξασφαλίζουν μια εύκολη διαχείριση των δεδομένων.

Η τεχνολογία γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ενσωματώνουν τις κοινές εργασίες των βάσεων πληροφοριών με την απευθείας παρουσίαση που προσφέρει η θεματική χαρτογραφία. Αποτελώντας την αιχμή του δόρατος της σύγχρονης τεχνολογίας των πληροφοριακών συστημάτων. Γενικότερα συνδυάζουν με μοναδικό τρόπο την τεχνολογία των βάσεων δεδομένων με ψηφιακά χαρτογραφικά υπόβαθρα, δίνοντας στο χρήστη τη δυνατότητα να εφαρμόζει στατιστική ανάλυση και να επιλύει χωρικά ερωτήματα. Ως εκ τούτου τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν ισχυρά εργαλεία διαχείρισης και λήψης αποφάσεων.

⁴ Λέγοντας database (βάση δεδομένων, τράπεζα δεδομένων) εννοούμε ένα οργανωμένο σύνολο πληροφοριών που έχουν άμεση σχέση μεταξύ τους. Τα δεδομένα αυτά είναι οργανωμένα σύμφωνα με ακριβή κριτήρια που επιτρέπουν μία σύντομη εξέταση. Υπάρχουν τρεις τύποι “ δομών database” : α) *Hierarchical* δομή δεδομένων, β) *Network* δομή δεδομένων, γ) *Relation* δομή δεδομένων.

Η δομές Vector και Raster

Όμως εκτός από τα βασικά στοιχεία κοινής λειτουργίας, τα ΓΣΠ παρουσιάζουν και σημαντικές δομικές διαφορές. Γενικότερα αυτά εκφράζονται με δύο μορφές : την ανυσματικά και την ψηφιδωτή μορφή.

Μία προσέγγιση που χρησιμοποιείται στα Γ.Σ.Π. για την αναπαράσταση σε αριθμητική μορφή των χωρικών πληροφοριών, είναι η απεικόνιση με σημεία, γραμμές και πολύγωνα (σχήμα 1). Κάθε μία χωρική ενότητα είναι απλοποιημένη σε μία ή περισσότερες μορφές από αυτές και αποθηκευμένη σε ένα καθορισμένο σύνολο συντεταγμένων. Πρόκειται για την δομή vector ή αλλιώς ανυσματική δομή. Αυτή χρησιμοποιείται και από τα προγράμματα CAD (Computer Aided Design)⁶ σε μία πιο απλή μορφή από εκείνη των Γ.Σ.Π., επειδή δεν χρησιμοποιούνται γεωγραφικές συντεταγμένες και δεν έχουν μία σχετική database.

Οποιαδήποτε εικόνα, μπορούμε να τη σκεφτούμε ως ένα σύνολο ομοίων μικρών ψηφιδών (pixel), καθορισμένων με γραμμές και στήλες, έτσι ώστε να συνθέτουν έναν πίνακα.⁷ Οι τιμές που αντιπροσωπεύει κάθε κυψέλη (pixel) μπορούν να εκφράσουν πληροφορίες ποιοτικού (περιγραφικού) και ποσοτικού χαρακτήρα (σχήμα 1). Αυτή η δομή είναι γνωστή με το όνομα “raster” ή ψηφιδωτή δομή. Η δομή “raster” είναι χρήσιμη για διάφορες περιβαλλοντικές αναλύσεις εξαιτίας του γεγονότος ότι έχουν άμεση σχέση με τις δορυφορικές εικόνες (remote sensing). Επιπλέον προσεγγίζεται εύκολα κι από άλλες θεωρίες, όπως τα αυτόματα κύτταρα, fractals κ.λ.π.

Γενικότερα η ψηφιδωτή δομή χαρακτηρίζεται από “συνέχεια”, ενώ η ανυσματική δομή από “γραμμικότητα”.

Σε αυτό το σημείο, είναι χρήσιμο να εξετάσουμε την ικανότητα επικοινωνίας δεδομένων raster και vector. Ο όρος επικοινωνία, αναφέρεται στην ικανότητα διαφορετικών εφαρμογών (software) να ανταλλάσσουν ελεύθερα δεδομένα και πόρους σε πραγματικό χρόνο , χωρίς την επίπτωση της απώλειας των πληροφοριών. Πρακτικά

⁵ SQL (Structure Query Language) : κώδικας επικοινωνίας (λεξιλόγιο) κατασκευασμένος για την εξέταση και την επιλογή των πληροφοριών που εμπεριέχονται σε μία database.

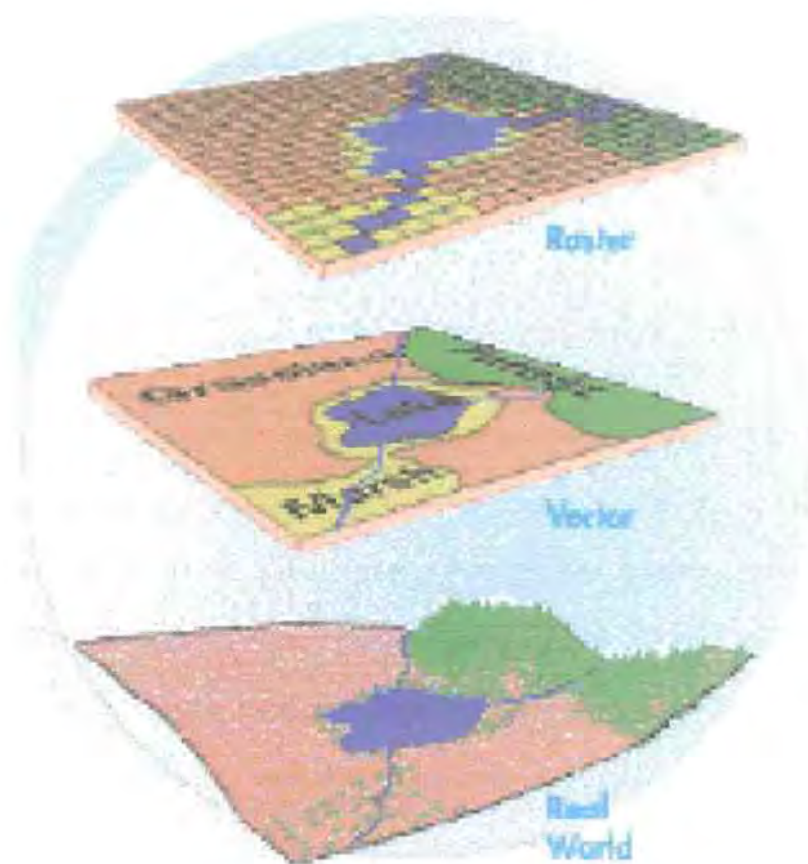
⁶ CAD (Computer Aided Design) : μία οικογένεια συστημάτων και προγραμμάτων software για το σχεδιασμό, υποστηριζόμενου από υπολογιστή, που χρησιμοποιούνται για το αρχιτεκτονικό σχέδιο, το πολιτιστικό ανάγλυφο, το μηχανικό και παραμετρικό σχέδιο, τα λογισμικά και τις λογιστικές μετρήσεις, το σχέδιο ηλεκτρικών συσκευών κ.α.

⁷ Υπάρχουν τρεις τύποι πίνακα : α) πίνακας συνεχών αξιών, β) πίνακας διακριτικών αξιών, γ) πίνακας στοιχείων.

αυτός ο στόχος είναι μακριά από την ολοκλήρωσή του στο μεγαλύτερο μέρος των εφαρμογών Γ.Σ.Π. Ωστόσο τα βασικά συστατικά της αλληλεπίδρασης, με όρους του networking και εισόδου των δεδομένων, είχαν μία αξιοσημείωτη ανάπτυξη τα τελευταία 10 χρόνια. Από τις λειτουργίες μετατροπής των δεδομένων του ανυσματικού και raster σχηματισμού, φθάσαμε σε μία ολοκλήρωση προσανατολισμένη στο να παραστήσει εικονικά και μαζί, να εκδώσει τις δύο τυπολογίες των δεδομένων. Τα επόμενα όρια είναι προς εφαρμογές, πάντα πιο κατευθυνόμενες να καταστήσουν διαθέσιμες λειτουργίες και εφαρμοσμένες διαδικασίες, χωρίς όρια σχηματισμού. Ο χρήστης πρέπει να μπορεί να εκμεταλλεύεται όλες τις δυνατότητες επεξεργασίας που του προσφέρονται από τις δύο τυπολογίες, χωρίς από την άλλη να κατευθύνεται από τους δύο σχηματισμούς. Ως συμπέρασμα η συμπληρωματικότητα των δύο δομών καθιστά αναγκαία μία ολοένα και πιο ολοκληρωμένη επικοινωνία εργαλείων Γ.Σ.Π., που στοχεύουν στην ανάπτυξη των χωρικών εφαρμογών.

Ως συμπέρασμα προκύπτει, ότι ενώ η μορφή raster, για την ίδια λογική δομή των πληροφοριών είναι σε θέση να χειριστεί θεματικά δεδομένα, αντιθέτως η ανυσματική δομή είναι πολύ περισσότερο εξειδικευμένη ως προς τις σύνθετες δομές σχέσεων, ανάμεσα στις περιγραφικές πληροφορίες, που συνδέονται με τα αντιπροσωπευτικά στοιχεία του χώρου.

	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
RASTER	<ul style="list-style-type: none"> • Ευκολία ανάγνωσης δεδομένων vector • Εύκολη δημιουργία προγραμμάτων (software) • Κοινή προσέγγιση με μέσα παρουσίασης (plotter,printer) • Αμεσότητα πρωτογενούς πληροφορίας (sat. Img) 	<ul style="list-style-type: none"> • Τεράστια ποσότητα αποθήκευσης (storage) • Μικρή τοπογραφική ακρίβια • Δυσκολίες στην ανάλυση δικτύων.
VECTOR	<ul style="list-style-type: none"> • Μικρή ποσότητα αποθήκευσης • Μεγαλύτερη ικανότητα σύνδεσης χαρακτηρισμών • Δυνατότητα ανάλυσης δικτύων. 	<ul style="list-style-type: none"> • Δυσκολία ανάγνωσης δεδομένων raster • Δυσκολία ανάλυσης συνεχών χωρικών δεδομένων.



σχήμα 1

Μερικές λειτουργίες

Η διαθεσιμότητα των “αλγόριθμων επεξεργασίας” των δεδομένων είναι μία πάρα πολύ σημαντική παράμετρος για να εκτιμήσουμε τη δυνατότητα ενός εργαλείου Γ.Σ.Π. Στο σχηματισμό *raster* είναι πιο απλοί από μαθηματικής πλευράς. Για τον ανυσματικό σχηματισμό *vector* είναι περισσότερο πολύπλοκοι σε όλους τους τομείς, αλλά σίγουρα πιο ακριβείς. Όμως μερικοί αλγόριθμοι, εκφράζονται περισσότερο στην τυπολογία του σχηματισμού (*raster* ή *vector*) με σκοπό να διευκολύνουν την προσέγγιση στο πρόβλημα. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι για την ανάλυση γειτνίασης ή για την έρευνα των διαδρομών ελάχιστου κόστους είναι τυπικές του *raster* σχηματισμού, ενώ οι αλγόριθμοι για την διανομή των πόρων είναι τυπικές του ανυσματικού σχηματισμού. Τέλος οι δύο σχηματισμοί διαχωρίζονται γενικά, βάση της διαθεσιμότητας των αλγόριθμων επεξεργασίας.

Οι εξειδικευμένοι αλγόριθμοι για τη διαχείριση και την **ανάλυση δικτύων** σε γράφημα, εργάζονται πάνω σε μία τοπολογικής φύσεως δομή δεδομένων γραμμικού τύπου, αναγκαία για την πραγματοποίηση αναλύσεων σύνδεσης ελάχιστης διαδρομής,

αποσκοπώντας στη δημιουργία ολοκληρωμένων πληροφοριακών συστημάτων. Για παράδειγμα, η μετακίνηση των ανθρώπων, η μεταφορά και η διανομή των αγαθών και υπηρεσιών, η παροχή ενέργειας, οι επικοινωνίες: όλες αυτές οι δραστηριότητες προβλέπουν την μετακίνηση της ύλης ή των πληροφοριών, μέσω δια-δικτυακών συστημάτων που ολοένα και περισσότερο συγκροτούν μία ζωτική υποδομή στον κόσμο του σήμερα. Συνεπώς η μορφή, η λειτουργικότητα και η αποτελεσματικότητα των δικτύων έχει σημαντική επίπτωση στην ποιότητα ζωής, επηρεάζοντας την αντίληψή μας για τον κόσμο. Οι βασικές λειτουργίες που μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω ενός Γ.Σ.Π. επάνω στα δίκτυα, είναι κυρίως: α) η έρευνα της ελάχιστης διαδρομής⁸ πάνω σε ένα δίκτυο ή της λιγότερο δαπανηρής διαδρομής, β) η διανομή των αναλογιών του δικτύου σε ένα προμηθευτή ή καταναλωτή των πόρων⁹ (θεωρία των γραφημάτων), κ.λ.π. Για παράδειγμα, μία εταιρεία διαχείρισης των ηλεκτρικών δικτύων μπορεί να έχει ανάγκη να γνωρίζει, ποιά συγκεκριμένη εγκατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο χρήστη και σε περίπτωση διακοπής ή βλάβης, ποιά εναλλακτική πορεία μπορεί να υιοθετηθεί για να διατηρηθεί η λειτουργικότητα του συστήματος.

Πιθανότατα οι λειτουργίες *overlay* να υπήρξαν οι πρώτες που δοκιμάστηκαν σε ένα Γ.Σ.Π. και παραμένουν ακόμη και σήμερα οι βασικές λειτουργίες αυτών των συστημάτων. Θεωρητικά πρόκειται για λειτουργίες πολύ απλές, όπου μονάχα μία δομή δεδομένων αποκλειστικά τοπολογική, επιτρέπει την πραγματοποίησή τους με αποτελεσματικό τρόπο. Οι επάλληλες τοποθετήσεις “*overlay*” σε ανυσματικό περιβάλλον, μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες: σημεία πάνω σε πολύγωνα, γραμμές πάνω σε πολύγωνα και πολύγωνα πάνω σε πολύγωνα. Μέσω αυτών των εργασιών, είναι δυνατές αναλύσεις πιο εξειδικευμένες περιβαλλοντικού τύπου: σκέφτεται κανείς, στο γεωλογικό τομέα, τη δυνατότητα να τοποθετήσει επάλληλα,

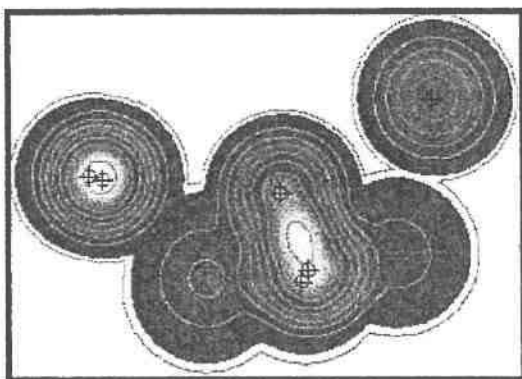
⁸ “ελάχιστη διαδρομή” : Το κόστος ελάχιστης διαδρομής μπορεί να οριστεί χρησιμοποιώντας μία οποιαδήποτε ιδιότητα στοιχείων που αποτελούν το δίκτυο (τυπικά ένα δίκτυο σε γράφημα απεικονίζεται μέσω τοξοτών συνδέσεων, μέσω κόμβων). Η απόσταση ή ο χρόνος διαδρομής, κατά το μήκος ενός τόξου του γραφήματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναγνωρίσουμε την ελάχιστη διαδρομή με όρους αποστάσεως ή χρόνου, όπως για παράδειγμα, κατά μήκος ενός οδικού δικτύου.

⁹ Για να πραγματοποιηθούν αυτές τις αναλύσεις χρειάζεται, να καθοριστεί ένα κέντρο που προσφέρει πόρους και μία ζήτηση εξαρτημένη από το δίκτυο, ή αντίστροφα, μιας προσφοράς πάνω στο δίκτυο και μιας δεκτικής ικανότητας πάνω σε ένα κέντρο. Έτσι, μέσω της χρήσης των λειτουργιών της διανομής, μπορεί να αντιμετωπιστεί και να λυθεί ένα τυπικό πρόβλημα της αστικής διαχείρισης, το οποίο αφορά τη συλλογή των απορριμμάτων. Αυτή η ανάλυση πραγματοποιείται αναπαριστώντας μία τυχαία χωματερή (περιοχή εκφόρτωσης απορριμμάτων), ως κέντρο της συλλογής και μεταφέροντας την τροφοδοσία των κάδων σε γράφημα, το οποίο αναπαριστά το αστικό οδικό δίκτυο. Ανάλογες επιχειρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν για την διανομή μαθητών σε σχολές, ή για να μελετήσουμε σχέδια εκκένωσης σε περίπτωση θεομηνίας, διανέμοντας τον πληθυσμό στις θεραπευτικές υποδομές, κ.λ.π.

διαφορετικούς χάρτες που φέρουν πληροφορίες πάνω στη γεωλογία, τη χλωρίδα, τη σαθρότητα και την κλίση του εδάφους, για να καθοριστούν οι ζώνες που είναι πολύ επιρρεπείς στην κατάρρευση. Αυτές οι αναλύσεις, τυπικές στις περιβαλλοντικές επιστήμες, αποδεικνύονται αρκετά ευνοημένες από την παρουσία των λειτουργιών overlay. Η ίδια λειτουργία “overlay” σε περιβάλλον πίνακα επιτυγχάνεται με την επάλληλη τοποθέτηση του κελιού πάνω σε κελί ή ομάδες κελιών σε άλλες ομάδες των κελιών. Αυτές οι εργασίες λέγονται επίσης κάθετες λειτουργίες, αφού επεξεργάζονται κάθετα τα διάφορα layer.

Πόσες φορές χρειάζεται να καθοριστούν προστατευόμενες περιοχές γύρω από ειδικά γεωγραφικά στοιχεία. Οι ηλεκτρικές γραμμές υψηλής τάσεως προβλέπουν ζώνες προστασίας πάνω των 250 μέτρων για κάθε μονάδα, οι περιβαλλοντικοί νόμοι προβλέπουν την απαγόρευση δόμησης μέσα σε μία συγκεκριμένη απόσταση από τις όχθες των ποταμών, από τις λίμνες και τη θάλασσα;

Η απάντηση σ’ αυτά τα ειδικά προβλήματα δίνεται εύκολα από ένα Γ.Σ.Π. μέσω των λειτουργιών **buffering** (σχήμα 2), δημιουργώντας μία περιοχή εκτίμησης γύρω από γεωγραφικά στοιχεία που είναι παρόντα στη database (βάση δεδομένων). Είναι επίσης δυνατή η διαμόρφωση αυτής της λειτουργίας σύμφωνα με τις ανάγκες του χειριστή, δίνοντας έτσι ένα τρόπο αντιμετώπισης σε προβλήματα που διαφορετικά θα ήταν δύσκολα επιλύσιμα. Για παράδειγμα, η δυνατότητα να πραγματοποιηθούν buffering ασύμμετρα, σύμφωνα με τις πλευρές ενός γραμμικού στοιχείου, ή να πραγματοποιηθεί ένα buffering με παραμέτρους σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του στοιχείου. Επίσης, εφαρμόζοντας το overlay του χάρτη της χλωρίδας, υποδεικνύοντας τις προστατευτικές ζώνες του εδάφους που έχουν δημιουργηθεί γύρω από ένα δρόμο υπό κατασκευή, μπορεί να εκτιμηθεί η επιφάνεια και η τυπολογία της βλάστησης, στο σχεδιασμό.



σχήμα 2

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ MAP ALGEBRA

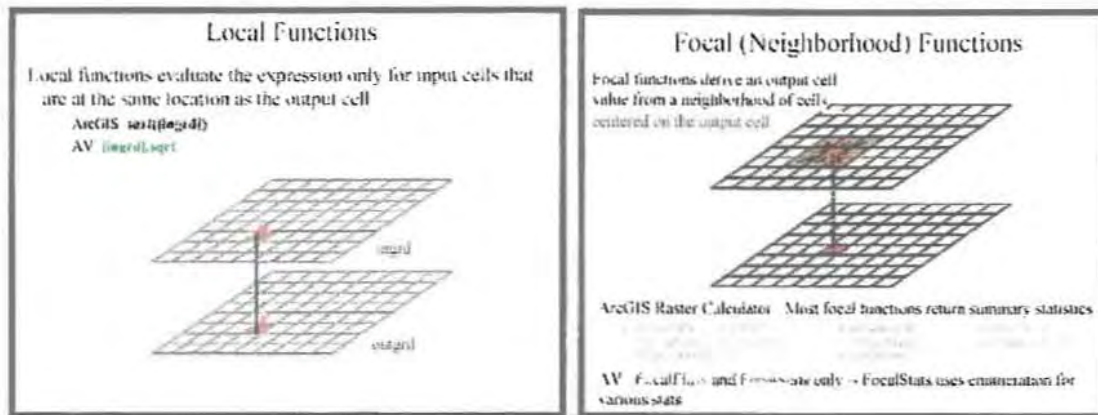
Η θεωρία της map algebra παρουσιάστηκε από τον C.D.Tomlin¹⁰ στις αρχές της δεκαετίας του 80 στο *Computer Graphics Conference* του Cambridge. Ακολούθησε η δημοσίευση του βιβλίου του "*Geographic Information Systems and cartographic modelling*", η οποία παγίωσε τις ιδέες του σε όλο τον κόσμο. Η θεωρία γενικότερα αναφέρεται στην ανάλυση χωρικών δεδομένων, μέσα από αλγεβρικές πράξεις αριθμητικών πινάκων (raster). Αναλύοντας τα βασικά στοιχεία αυτής ο Berry αναφέρει:

*"The specific modeling techniques of the map algebra can be divided into: **Local functions, Focal functions, Zonal functions, Global functions.** Local functions are working on each single cell with no respect to the surrounding cells. Focal functions operate in a specified neighborhood from the originating cell. Zonal functions take another grid's value into consideration. Finally, the global functions operate on the entire grid. It is characteristic of these kinds of analyses that they consist of a number of interacting, systematically arranged operations which together can carry out complex modeling tasks. The secret is to consider the complex part as consisting of relatively simple components. Often the single operations can be solved relatively unproblematically, however, combined with others they can be continued until the final, and thus the complex, model is created."*

Κεντρικό σημείο της θεωρίας αποτελεί η εφαρμογή γνωστών μαθηματικών και στατιστικών τύπων σε θεματικού περιεχομένου χωρικά δεδομένα (σχήμα 3,4,5). Η προσέγγιση των χωρικών δεδομένων ψηφιδωτής μορφής (raster) σε συνδυασμό με την ανάλυση και δημιουργία θεματικών χαρτών με τοπικούς (local), υπέρ-τοπικούς (global) και αλγόριθμους γειτνίασης (focal), επηρέασε δεκάδες κατασκευαστές της οικογένειας των raster GIS στην δημιουργία εφαρμογών¹¹ που υιοθετούν και εφαρμόζουν την θεωρία της *Map Algebra*.

¹⁰ Dana Tomlin είναι καθηγητής στο Landscape Architecture and Regional Planning του University of Pennsylvania's (Graduate School of Fine Arts), όπως επίσης και υπεύθυνος στο Cartographic Modeling Laboratory. Ως εμπνευστής της MapAlgebra, έχει χαρακτηριστεί ένας από τους κορυφαίους καθηγητές ΓΣΠ παγκοσμίως.

¹¹ Academic Map Analysis Package (aMAP), ARC/INFO Grid, Idrisi, MFWorks, MGE Grid Analyst, OSU Map-for-the-PC, PC Raster, and the Professional Map Analysis, Package (pMAP).



σχήμα 3

Τοπικές λειτουργίες

Οι τοπικές λειτουργίες είναι πράξεις υπολογισμού θεματικών κυψελών σε συνάρτηση με την ατομική θέση που βρίσκεται η κάθε μια από αυτές. Πιο απλά επηρεάζουν κάθε κυψέλη ξεχωριστά με την εφαρμογή αλγεβρικών πράξεων και μαθηματικών εξισώσεων που εφαρμόζονται με βάση τοπικές αξίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τοπικών λειτουργιών αποτελεί ο πολλαπλασιασμός ενός συγκεκριμένου αριθμού με ένα πίνακα (θεματικό χάρτη), όπως επίσης και η πρόσθεση δύο πινάκων (θεματικών χαρτών). Ανάλογες πράξεις (όπως αφαίρεση, διαίρεση κλπ) όπως και μαθηματικές εξισώσεις, αποτελούν τη βάση των τοπικών λειτουργιών και συνδέονται με την τοπολογία των κυψελών. Οι λειτουργίες αυτές εφαρμόζονται σε ένα ή περισσότερα επίπεδα (layers) αναφοράς. Παρουσιάζοντας ορισμένες λειτουργίες που εφαρμόζονται σ' ένα επίπεδο (layer) συναντώνται: *local cosine*, *local tangent*, *local minimum*, *local product* κλπ. Από την άλλη πλευρά, συνήθεις πράξεις πολλαπλών επιπέδων είναι: *local variety*, *local rating*, *local sum*, *local product* και άλλα. Οι τοπικές λειτουργίες είναι πολύ χρήσιμες σε διάφορες πολεοδομικές και περιβαλλοντικές μελέτες συνδέοντας αποτελεσματικά θεματικούς χάρτες χωρικών μελετών και αναλύοντας τους συσχετισμούς που έχουν μεταξύ τους. Γενικότερα αποτελούν μια σημαντική συμβολή στην ανάλυση πολεοδομικών και περιβαλλοντικών δεδομένων.

Λειτουργίες γειτνίασης

Συνεχίζοντας την ανάλυση των βασικών προσεγγίσεων της θεωρίας της Map Algebra παρουσιάζονται οι λειτουργίες γειτνίασης. Αυτές αποτελούνται από πράξεις υπολογισμού θεματικών κυψελών σε συνάρτηση με τις προσκείμενες κυψέλες γειτνίασης. Ειδικότερα αναφέρονται σε πράξεις ομάδας κυψελών που επηρεάζουν την κεντρική, σύμφωνα με τις ιδιότητες των περιμετρικών σε αυτήν κυψελών. Μερικές από αυτές είναι : focal variety, incremental area, focal gravitation κλπ. Συνήθως, χρησιμοποιούνται σε σύνθετες πολεοδομικές μελέτες και συμβάλουν σημαντικά στην αξιολόγηση και εφαρμογή περιβαλλοντικών συντελεστών.

Ζωνηκές λειτουργίες

Τέλος οι ζωνηκές λειτουργίες αναφέρονται σε πράξεις υπολογισμού κυψελών, σε συνάρτηση με ομάδες κυψελών. Ειδικότερα, αναπτύσσονται με πράξεις θεματικών ζωνών σε άλλες θεματικές ζώνες διαφορετικού επιπέδου (layer). Μερικές χαρακτηριστικές ζωνηκές λειτουργίες είναι : zonal combination, zonal percentile, zonal rating κλπ. Η χρήση των παραπάνω λειτουργιών προσφέρεται για την ανάλυση χωρικών δεδομένων σε πολλά επίπεδα με πολλές μεταβλητές.

Τελειώνοντας με τα λόγια του Tomlin:

"The cartographic modeling approach attempts to generalize and to standardize the use of geographic information systems. It does so by decomposing data-processing tasks into elementary components, components that can then be recombined with ease and flexibility."¹²

¹² C.Dana Tomlin (1990) "Geographic Information Systems and Cartographic modeling", Εκδ. HALL

Zonal Functions

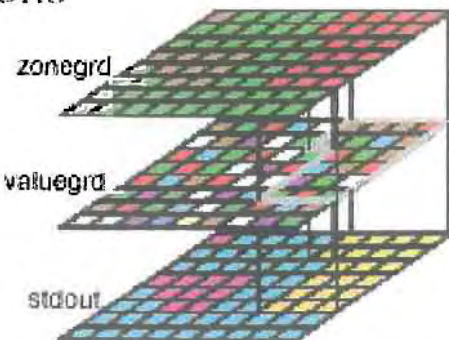
Derive statistics from values in a value grid, for each zone in a zone grid

- **zones**: all cells having the same value

similar stats to focal functions

```

ZONALMEAN ZONALMEDIAN ZONALSTD ZONALSTDEV
ZONALMIN ZONALMAX ZONALRANGE
ZONALCAGRANTY ZONALVARLIST
ZONALSTATS (is deprecated)
    
```



Normally uses one grid to define zones, another for values

Otherwise, it wouldn't make sense to derive the mean value for zones, which are defined as having the same value.

```

Grid: outgrid = zonalmean{in, elev}
    
```

- derives the mean elevation for each in zone.

hard to use in AV Spatial Analyst. One example:

```

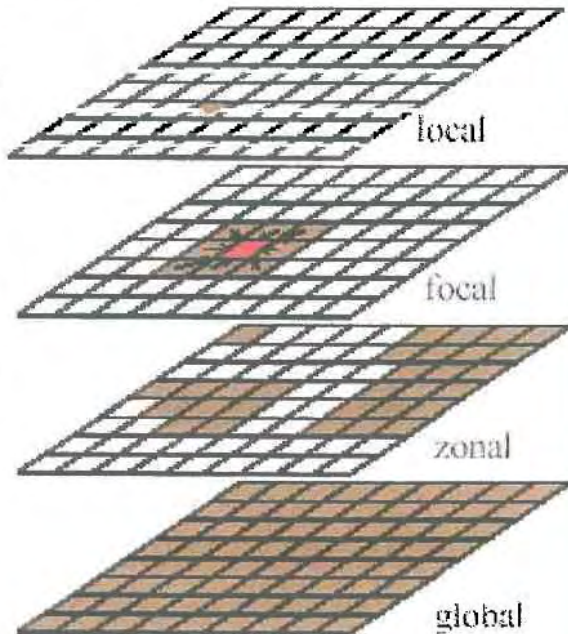
{Elev}.ZonalStats(#GRID, STATYPE_MEAN, {Pub}, Prj.MakeNull,
{Pub}.GetVTab.FindField("Value"), true)
    
```

σχήμα 4

Classes of Map Algebra Functions

Functions are classified by their spatial scope of processing: local, focal, zonal, global

- Local (per cell)
- Focal (per neighborhood)
- Zonal (per zone of equal value)
- Global (per grid)



σχήμα 5

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η εισαγωγή στις βασικές έννοιες της προσομοίωσης αποφέρει αναμφισβήτητα κάποιες γενικεύσεις. Ξεκινώντας τη διαδρομή μας προς την ανάλυση των δυναμικών συστημάτων πληροφοριών, είναι χρήσιμο να αποσαφηνιστούν ορισμένες θεωρητικές έννοιες.

Η προσομοίωση «συμβολίζει» ένα ανοιχτό σύστημα μέσα από ένα μοντέλο¹³ που αντιπροσωπεύει τα όμοια χαρακτηριστικά του συστήματος αυτού. Αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε τρεις τομείς : την εκπαίδευση, την εξάσκηση και την έρευνα. Στην έρευνα η προσομοίωση χρησιμοποιείται ως όργανο εξέτασης και πρόβλεψης.

"Per risolvere un problema occorre conoscere la situazione reale, il che significa dotarsi degli strumenti per leggere descrivere, interpretare e prevedere, dotarsi dell'opportuna "scatola d'attrezzi" con i modelli necessari alla bisogna. Il ruolo dei modelli nel governo della città è dunque centrale". (Cecchini, 1999).

«Για να επιλύσουμε ένα πρόβλημα θα πρέπει να γνωρίζουμε την πραγματική κατάσταση, πράγμα που σημαίνει ότι χρειάζεται να εφοδιαστούμε με όργανα για να διαβάσουμε, περιγράψουμε, ερμηνεύσουμε και να προβλέψουμε καταστάσεις, να εφοδιαστούμε με το κατάλληλο «κιβώτιο εργαλείων», με τα απαραίτητα μοντέλα στην κάθε περίπτωση. Ο ρόλος των μοντέλων στη διαχείριση της πόλης , είναι λοιπόν βασικός.»

Η ερώτηση που προκύπτει είναι , γιατί τα μοντέλα και η προσομοίωση παίζουν ένα πολύ

¹³ Μοντέλο είναι η συμβολική αναπαράσταση ενός συστήματος, ένα είδος τεχνικού κώδικα επικοινωνίας.

σημαντικό ρόλο στον αστικό και γενικότερα στον χωρικό σχεδιασμό;

Θέλοντας να δώσουμε μία αρχική απάντηση σ' αυτό το ερώτημα, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι βασικό χαρακτηριστικό των μοντέλων (και γενικά της προσομοίωσης) είναι το σχετικά χαμηλό κόστος λάθους σε σχέση με το ίδιο λάθος σε « πραγματικές » καταστάσεις.

Ο ρόλος των μοντέλων στην χωροταξία και πολεοδομία.

Ο ρόλος των μοντέλων στον πολεοδομικό και χωροταξικό σχεδιασμό και διοίκηση είναι βασικός. Αυτό έχει αποδειχθεί από αρκετές εφαρμογές που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα στο χώρο.

Εάν αληθεύει ότι εν' μέρη μαθαίνουμε από τα ίδια μας τα λάθη, αυτό συμβαίνει ειδικά, επειδή τα αναγνωρίζουμε ως λάθη. Μερικά μοντέλα αποφεύγονται γιατί παρουσιάζουν πολλά λάθη.

Τα μοντέλα και η προσομοίωση δεν απαλλάσσονται εντελώς από το ρίσκο. Εάν ήταν έτσι τα πράγματα δε θα ήταν δυνατόν να κάνουμε λάθη. Ένας από τους λόγους που δημιουργήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν είναι ειδικά επειδή αφήνουν μία μεγάλη πιθανότητα να ρισκάρουμε, να κάνουμε λάθη και να αναρωτηθούμε : « τι θα συνέβαινε εάν ...;». Θα ήταν μία «προσομοίωση» πραγματικά παράξενη, εάν ήταν εντελώς απαλλαγμένη από την πιθανότητα του λάθους. Το σημαντικό είναι ότι το ρίσκο και το λάθος παραμένουν ουσιαστικά στο εσωτερικό του μοντέλου ή της προσομοίωσης και γενικά έχουν μία αμελητέα επίδραση επάνω στο αναπαριστώμενο «πραγματικό» σύστημα.

Ένας από τους σκοπούς της προσομοίωσης είναι να εφαρμόζει την ικανότητα της αντίληψης και της ερμηνείας στον «πραγματικό» κόσμο...Και είναι ειδικά αυτός ο λόγος για τον οποίο η προσομοίωση ασχολείται με την μάθηση και την εκπαίδευση. Όταν χρησιμοποιείται μία προσομοίωση ευχόμαστε να προκύψουν συνέπειες θετικές και με μεγάλη χρονική διάρκεια ύπαρξης. Ένας από τους λόγους, ο οποίος, όταν προέκυψε, κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, αναλύθηκε στη συνέχεια, είναι να ωθεί τους συμμετέχοντες να συζητάνε ελεύθερα για τα λάθη που έκαναν οι ίδιοι, κατανοώντας κατ' αυτό τον τρόπο καλύτερα, τις θετικές λύσεις του «πραγματικού» κόσμου.

Γι' αυτό το λόγο αντικαθίσταται το σύστημα με ένα εφάμιλλο (μοντέλο). Η προσομοίωση επομένως, προστατεύει τα άτομα από τις συνέπειες, που θα μπορούσαν να αποδειχθούν διαφορετικά σοβαρές, των ίδιων των λαθών τους, παρακινώντας τους ταυτόχρονα, να τα αναλύσουν. Επίσης προσφέρει ένα περιβάλλον μάθησης σχετικά «σίγουρο». Όταν τα λάθη είναι στην προσομοίωση κι όχι στον « εξωτερικό» κόσμο, εκπαιδεύουν τους συμμετέχοντες να παίρνουν το ρίσκο στρατηγικών αποφάσεων, αποφεύγοντας τις συνέπειες των πράξεων τους.

Αναπαράσταση, συμβολισμός και πραγματικότητα

Ένας θεματικός χάρτης είναι ουσιαστικά η αναπαράσταση ενός συστήματος. Ενώ ένα μοντέλο «συμβολίζει» το ίδιο το σύστημα. Το μοντέλο περιλαμβάνει αναπόφευκτα μέσα του μία θεωρία πάνω στο σύστημα που συμβολίζει. Το σύστημα πρέπει να έχει επομένως υποστεί, μία θεματοποίηση πριν να δημιουργηθεί το μοντέλο. Αυτό επιτρέπει να επιλεγθούν ορισμένα χαρακτηριστικά από το σύστημα, τα οποία θα είναι αντιπροσωπευτικά μέσα στο μοντέλο, απλοποιώντας έτσι τα ίδια τα στοιχεία ή / και τις σχέσεις μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο τα στοιχεία από το σύστημα συμβολίζονται μέσω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους.

Τελικά το μοντέλο μοιάζει στο σύστημα, με άλλα λόγια είναι «ισόμορφο»¹⁴. Δεν απορρέει ότι το μοντέλο θα έχει μία ομοιότητα αφαιρετική και συμβολική με το σύστημα.

Οι κανόνες

Γενικά οι κανόνες θεωρούνται στο σύνολό τους, ως τα απαραίτητα συστατικά μίας προσομοίωσης. Είναι πράγματι στοιχεία, που χαρακτηρίζουν την συμπεριφορά στο χρόνο και την ενεργοποίηση ενός μοντέλου. Στην προσομοίωση οι κανόνες μπορούν να είναι τουλάχιστον τριών τύπων¹⁵:

- **Κανόνες της προσομοίωσης** : αναπαραστάσεις των κανόνων του πραγματικού κόσμου, κανόνες που προσομοιώνουν κανόνες, συμβολικοί κανόνες.
- **Κανόνες του παιχνιδιού** : κανόνες που δεν έχουν αναπαράσταση, αλλά που διαμορφώθηκαν για διαδικαστικούς λόγους, για να μπορέσουν να δομήσουν μία προσομοίωση και για να συναινέσουν στην κατασκευή μίας στρατηγικής.
- **Εισαγόμενοι κανόνες** : Μπορούν να ονομαστούν και υπονοούμενοι κανόνες ή δεδομένα προεξόφλησης, αυτονόητοι κανόνες.

¹⁴ Ο ισομορφισμός είναι μία ακραία περίπτωση αναλογίας, στην οποία η ομοιότητα οδηγείται μέχρι την ταυτοποίηση.

¹⁵ A.Cecchini, F. Indovina "Simulazione", 1988 Εκδ. Franco Angeli

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ

Τα αυτόματα κύτταρα είναι μία θεωρία (τεχνική) προσομοίωσης των δυναμικών φαινομένων που εξελίσσονται στο χρόνο και το χώρο (σχήμα 6).

«Cellular automata is a simulation procedure based on the idea that simple rules of spatial relations and neighborhood influence can result in complex patterns of growth and change» (Couclelis, 1985; White & Engelen, 1993).

Αρχικά εισαχθήκανε από τον *Von Neumann* και τον *Ulan* (με το όνομα "cellular spaces"), ως πιθανή εξιδανίκευση των βιολογικών συστημάτων (*Von Neumann, 1963, 1966*), με την ιδιαιτερότητα της αυτόματα οργανωμένης βιολογικής διαμόρφωσης . Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των αυτόματων κυττάρων , χωρίς το οποίο πιθανότατα , δε θα είχε επιδειχθεί τόση προσοχή από τη μεριά των χωρικών και γεωγραφικών επιστημών , είναι η ικανότητά τους να απεικονίζουν τη δυναμική συμπεριφορά των στοιχείων που παρουσιάζονται στο μοντέλο .

"La particolarità di questa tecnica è nel meccanismo d'interazione locale nella simulazione del fenomeno, rispetto ad un meccanismo d'interazione globale proprio di altre tecniche. Nell'interazione locale, la trasformazione di un elemento dello spazio del fenomeno è influita dal comportamento degli elementi vicini, mentre nell'interazione globale influiscono sul fenomeno." (E. Rinaldi, 1999)

« Η ιδιαιτερότητα αυτής της τεχνικής είναι στο μηχανισμό της τοπικής αλληλεπίδρασης μέσα στην προσομοίωση του φαινομένου, σε σχέση με τον μηχανισμό ολικής αλληλεπίδρασης , που χαρακτηρίζει άλλες τεχνικές. Στην τοπική αλληλεπίδραση , η μετατροπή ενός στοιχείου του χώρου του φαινομένου , επηρεάζεται από τη συμπεριφορά των κοντινών στοιχείων , ενώ στη ολική αλληλεπίδραση επηρεάζει το φαινόμενο.» (σχήμα 1.3)

Όμως τι κοινά στοιχεία μπορεί να έχει με ένα πολεοδομικό σύστημα;

Αναζητώντας την απάντηση μέσα από τα γραπτά ενός «πολεοδόμου» θα βρούμε :

"Città...un vero e proprio organismo vivo, nel quale le parti singole hanno una funzione particolare solo quando sono tenute insieme da una struttura generale"(L.Piccinato, 1988)

«Πόλη... είναι ένας πραγματικός και ιδιαίτερα ζωντανός οργανισμός , στον οποίο τα μεμονωμένα μέρη έχουν μία ιδιαίτερη λειτουργία μόνο όταν διατηρούνται μαζί, σε μία γενική δομή .» (Piccinato , 1988).

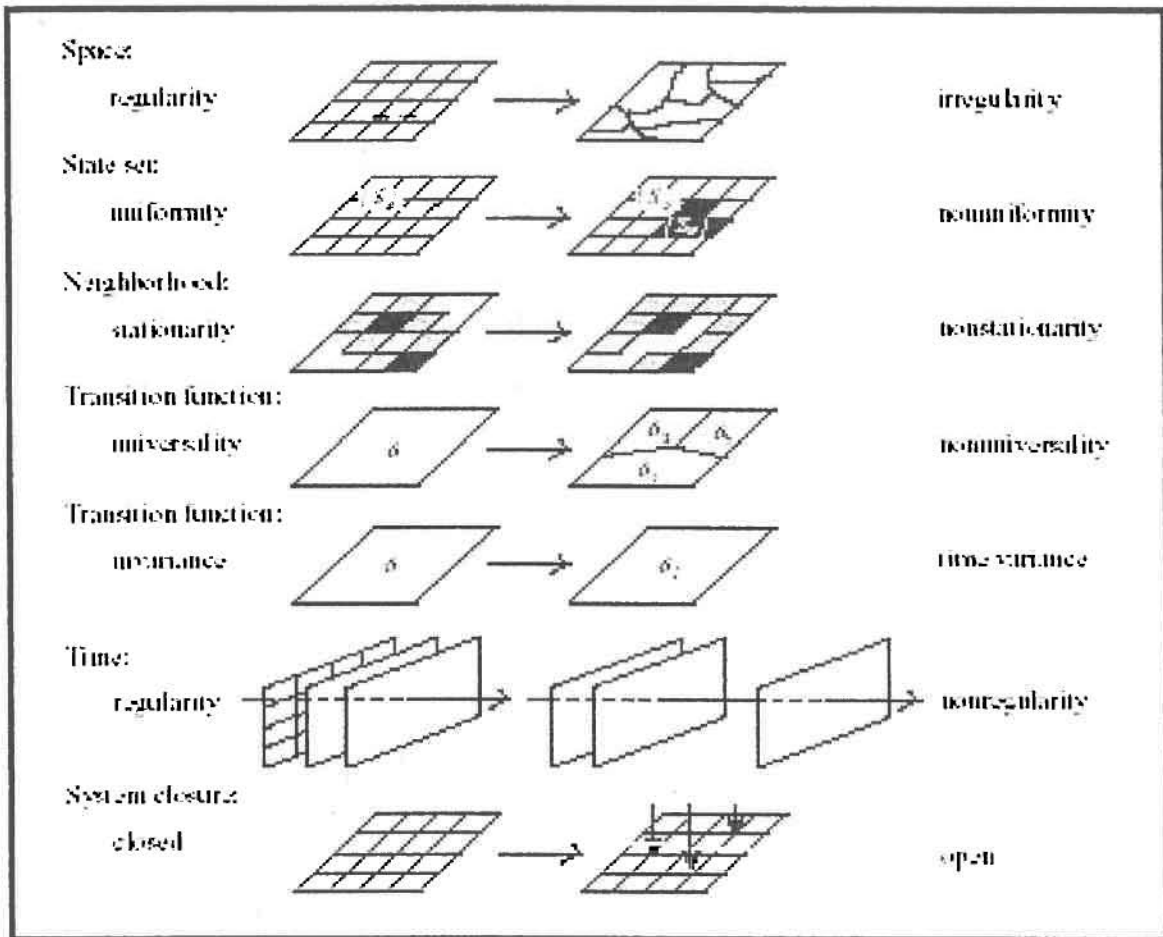
Φαινόμενα που εξελίσσονται στο χρόνο και το χώρο είναι για παράδειγμα , στο φυσικό τομέα : η διαρροή ενός αερίου στην ατμόσφαιρα , η διοχέτευση μίας ουσίας στο νερό , η διάχυση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό ενός μεταβατικού σώματος , στο περιβαλλοντικό τομέα : η ανάπτυξη ενός είδους χλωρίδας σε μία θαλάσσια περιοχή ή μία χερσαία , η εξάπλωση μιας πυρκαγιάς , στον πολεοδομικό – χωροταξικό τομέα : η ανάπτυξη και μεταβολή της χωροταξίας μιας περιοχής πολεοδομημένης ή όχι , στον οικονομικό τομέα : η διαμόρφωση της αξίας μιας πόλης ή μιας περιοχής , στον κοινωνικό – χωρικό τομέα : η διαμόρφωση της διανομής του πληθυσμού μέσα σε μία περιοχή .

Τα φαινόμενα που αναφέρθηκαν παραπάνω , όλα χώρο – χρονικού χαρακτήρα , διαφοροποιούνται από την ευκολία ή όχι , με την οποία μπορούν να περιγραφούν μέσα από μαθηματικά ή λογικά μοντέλα, χρησιμοποιώντας, ερμηνείες από μία ή περισσότερες μεταβλητές ή διαφορικές εξισώσεις , που περιγράφουν απόλυτα την εξέλιξη του φαινομένου , διοχετεύοντας δηλαδή , ακριβείς πληροφορίες για κάθε χρονική στιγμή σε κάθε σημείο του χώρου.

Κλείνοντας , είναι χρήσιμο να θυμηθούμε ορισμένες εκτιμήσεις της Couclelis :

«Τα αστικά και περιφερειακά μοντέλα που βασίζονται στα αυτόματα κύτταρα , μπορεί να έχουν μία ιδιαίτερη σημασία , ειδικά όταν χαρακτηρίζονται από αμεσότητα και ρεαλισμό . Τα πράγματα κινούνται από καιρό προς αυτή την κατεύθυνση , ειδικά μέσα από τη ολοκλήρωση των αυτόματων κυττάρων από τα Γ.Σ.Π. , πράγμα το οποίο έχει ήδη επιτρέψει να γίνονται μελέτες ρεαλιστικού επιπέδου.»

"I modelli urbani e regionali basati sugli Automi possono essere particolarmente significativi specialmente quando sono composti con interattività e realismo. Le cose si stanno muovendo da tempo in questa direzione specialmente attraverso l'integrazione degli Automi Cellulari con i G.I.S., il che ha già permesso di fare i conti con l'esigenza di interattività e ha aiutato ad accrescere consistentemente il realismo." (Κουκλέλη Ε. 1997)



σχήμα 6

Βασικά στοιχεία

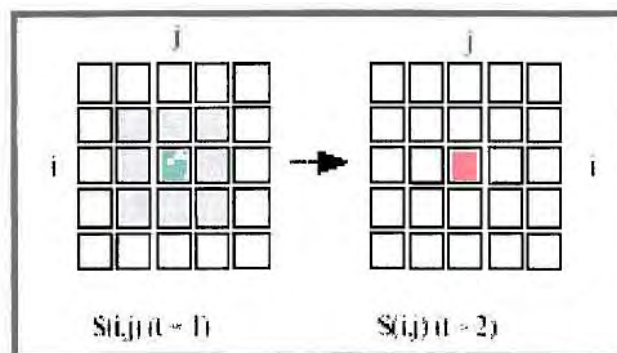
Για την κατασκευή μοντέλων που στηρίζονται στην θεωρία των αυτόματων κυττάρων (σε περιβάλλον Augh), είναι απαραίτητα μερικά βασικά στοιχεία που καθιστούν δυνατή τη δράση μίας προσομοίωσης. Αυτά τα στοιχεία είναι τέσσερα :

- **Το σενάριο της προσομοίωσης :** είναι ο θεματικός χάρτης σε μορφή πίνακα (raster), όπου εκτελούνται οι προσομοιώσεις.
- **Καταστάσεις μεταβολής του κελιού (ψηφίδας):** είναι οι ιδιότητες των συμβολιζόμενων στοιχείων στην προσομοίωση
- **Περιγραφή (γειτνίασης) ανάλυση :** είναι ο αριθμός και η φόρμα των κελιών (ψηφίδων) που πραγματοποιούν τη διερεύνηση (σάρωσης) του σεναρίου της προσομοίωσης(σχήμα 7).

- **Κανόνες μετατροπής του κελιού (ψηφίδας)** : καθορίζουν την αλλαγή των «καταστάσεων μεταβολής κελιών (ψηφίδας)» με βάση το «περίγραμμα (γειτνίασης) ανάλυσης».

Εκτός από αυτά τα τέσσερα στοιχεία , ένα άλλο καθοριστικό στοιχείο για την ανάλυση ενός φαινομένου είναι ο χρόνος . Στην περίπτωση των αυτομάτων κυττάρων, ο χρόνος εκφράζεται μέσα από τον αριθμό των προσομοιώσεων.

Κάθε κελί ενός αυτόματου κυττάρου αντιπροσωπεύει ένα υποσύνολο του χώρου που χαρακτηρίζεται από ένα περιεχόμενο πληροφοριών , το οποίο συμβολίζεται μέσα από την κατάσταση του κελιού που περιγράφει . Αυτό το περιεχόμενο πληροφοριών μπορεί να έχει μία σχέση περισσότερο ή λιγότερο άμεση με το αντικείμενο , στο οποίο αναφέρεται , να περιγράψει ένα ή ταυτόχρονα περισσότερα χαρακτηριστικά του αντικειμένου όπως : χρήσης γης , αξίες γης , μεταβλητές, μορφολογικά και στατιστικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος.



σχήμα 7

Βασικοί στόχοι

Ο βασικότερος στόχος των μοντέλων είναι να συμβολίσουν μια πραγματική κατάσταση, αναλύοντας την δυναμική των λειτουργιών που την μεταβάλλουν. Με ανάλογο τρόπο τα αυτόματα κύτταρα, φιλοδοξούν να βγάλουν στην επιφάνεια τις δυναμικές σύνθετων φυσικών ή ανθρωπογενών συστημάτων που επηρεάζουν και μεταβάλλουν τον χώρο.

Στις μέρες μας υπάρχουν αρκετές εφαρμογές αυτόματων κυττάρων σε διάφορους επιστημονικούς χώρους με διαφορετικές μορφές. Ωστόσο, στην πλειοψηφία αυτών, βασικό στόχο έχει την διερεύνηση και όχι την εξήγηση σύνθετων συστημάτων. Αυτό ίσως αποτελεί και την βασικότερη αρχή προσέγγισης στο χώρο της προσομοίωσης.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΩΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Επαναδιατυπώνοντας τον ορισμό που εκφράστηκε στις προηγούμενες σελίδες, αλληλεπίδραση μπορεί να θεωρηθεί η ικανότητα διαφορετικών εφαρμογών (software) να ανταλλάσσουν ελεύθερα δεδομένα και πόρους σε πραγματικό χρόνο, χωρίς τον κίνδυνο απώλειας των πληροφοριών. Σήμερα η αναπαράσταση των δεδομένων στα Γ.Σ.Π. να ανάγει το γεωγραφικό χώρο σε σταθερές αναφορές με την ευκλείδεια μέτρηση. Σε ένα πρόσφατο «paper review» Goodchild¹⁶ (1993), και Couclelis (1991), υπογραμμίζουν τους περιορισμούς των Γ.Σ.Π. σε ότι αφορά στην αντίληψη του χώρου λέγοντας :

*“Analysis of social process requires a **time-dependent**, multi-dimensional, relative space, rather than the static, two-dimensional G.I.S. technology”*(Couclelis, 1991)

«In an effort to move beyond spatial data information systems towards spatial decision support systems, researchers propose integrating powerful decision support and analytical tools, including multi-criteria optimization methods spatial analysis and statistical tools, and simulation techniques, into GIS» (Anselin., 1993; Anselin & Getis, 1992; Goodchild, 1992)

¹⁶ Michael F. Goodchild is Professor of Geography at the University of California, Santa Barbara; Chair of the Executive Committee, National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA);

Σύγχρονες τάσεις και Multi – Cellular Automata

Οι τελευταίες εξελίξεις στο επιστημονικό χώρο οδήγησαν στην δημιουργία πολυσύνθετων αυτόματων κυττάρων με σκοπό την ολοκληρωμένη ανάλυση χωρικών συστημάτων σε ακόμα πιο ρεαλιστική βάση. Με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλά αυτόματα κύτταρα για την δημιουργία ενός μοντέλου.

Η δημιουργία των MAC στηρίχθηκε στο γεγονός ότι τα απλά αυτόματα κύτταρα δεν μπορούν να μελετήσουν πολυσύνθετα συστήματα¹⁷. (σχήμα 8)

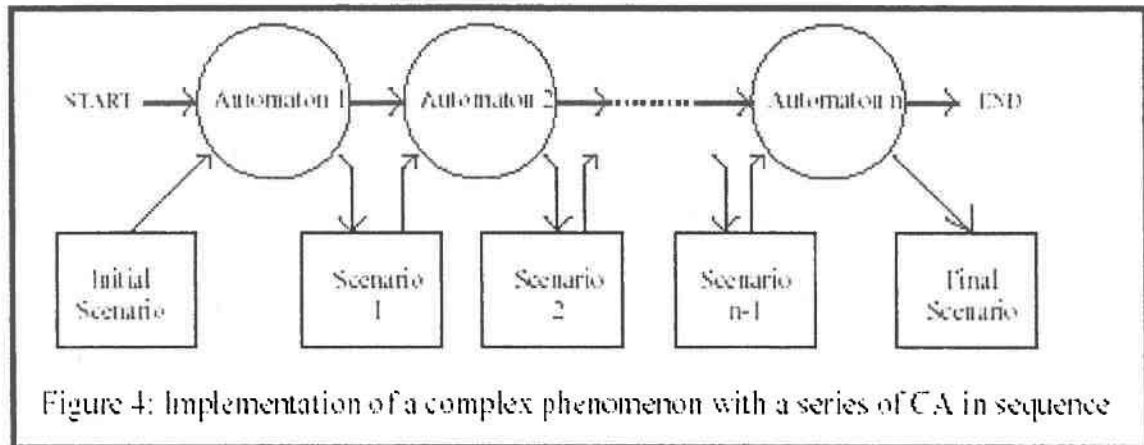


Figure 4: Implementation of a complex phenomenon with a series of CA in sequence

σχήμα 8 (Mac)

“By Multi Cellular Automaton (MCA) we define a sequence of 'n' CAs placed in series where the final configuration (scenario) resulting from the application of the CA i serves as starting configuration of the CA i+1 one or circularly so that also the resulting scenario of the CA 'n' will be the beginning configuration of the first CA (fig. 4).” (Cecchini 2000)

Associate Director of the Alexandria Digital Library Project; and Director of NCGIA's Center for Spatially Integrated Social Science.

¹⁷ είναι αυτά που αποτελούνται από υπό-ενότητες ή υποσυστήματα.

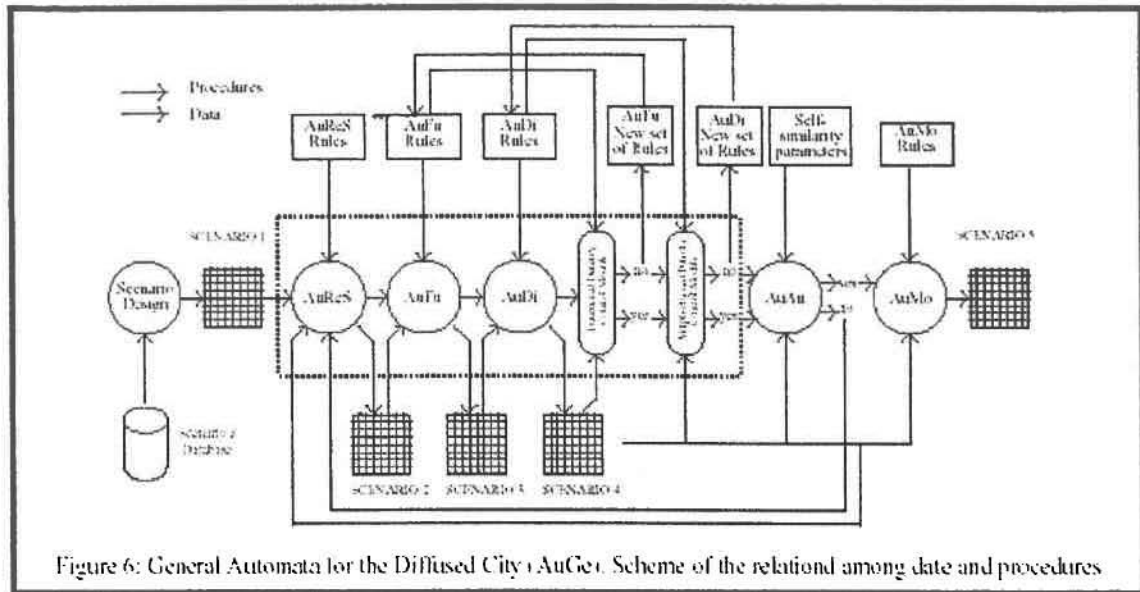


Figure 6: General Automata for the Diffused City (AuGe). Scheme of the relations among data and procedures

σχήμα 9

“Essentially, the mobility automaton (AuMo) simulates “trips” among different specific functions and locations and, after k iterations, determines the choice of a set of rules taken from all available rules of the functions automaton (AuFu) which describes change and development processes for “urban functions” and of the diffusion automaton (AuDi), which sets the conditions for all types of mobility; these automata run simultaneously and together with the land rent automaton (AuReS), which controls the evolution of land values, and the density automaton (AuDe), which supervises growth dynamics”. (Cecchini 2000)

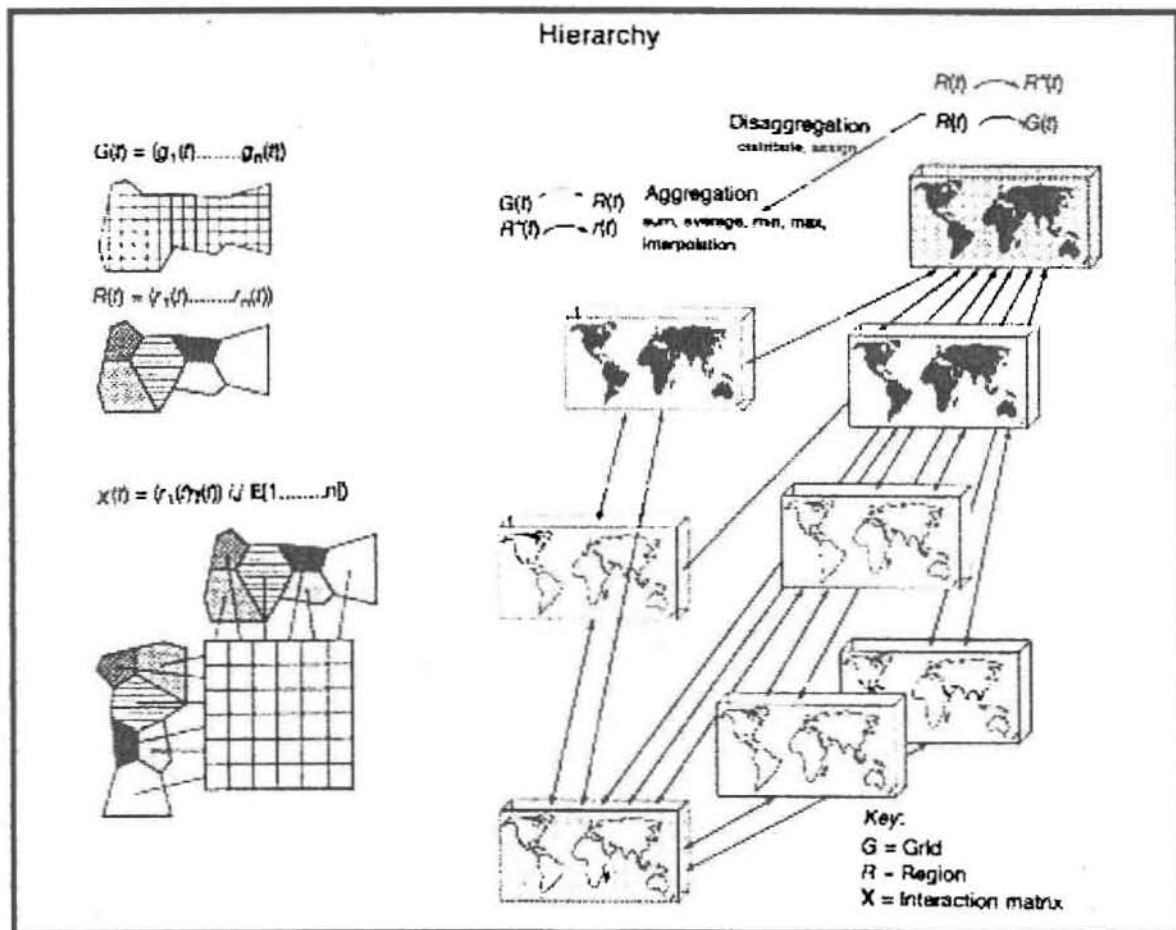
Δυναμική ανάλυση με την εφαρμογή Time Geographic Simulation System

TGSS (Time Geographic Simulation System) είναι μια ειδικευμένη εφαρμογή στην αναπαράσταση και την προσομοίωση των γεωγραφικών δεδομένων. Ο σκοπός της είναι αυτός της σύνδεσης των διαφορετικών χαρακτηριστικών των τεχνικών του “database managment” και της προσομοίωσης. Έτσι, συνδέοντας ορισμένες ιδιαιτερότητες των Γ.Σ.Π. με ένα όργανο σύνθεσης των δυναμικών μοντέλων, καθορίζονται όλες οι απαιτούμενες ιδιαιτερότητες για τη “χωρο-χρονική έρευνα”(Time Geographic Research). Ορισμένες από αυτές είναι οι κινούμενοι χάρτες, ο χωρο-χρονικός χειρισμός και ο δυναμικός σχεδιασμός.

Η εφαρμογή TGSS (σχήμα 10) είναι τύπου “raster” και όλα τα αντικείμενά του έχουν καθοριστεί ως συνένωση των κελιών. Αυτό το σύστημα χειρίζεται διαφορετικές κλίμακες με ιεραρχικό τρόπο. Διαδικασίες σύνθεσης και από-σύνθεσης καθιστούν δυνατή τη σύνδεση των δεδομένων που απεικονίζονται σε διαφορετικές γεωγραφικές κλίμακες, μέσα στο ίδιο μοντέλο (σχήμα 3,4,5). Δεν υπάρχουν άμεσοι χωρικοί επεξεργαστές όπως των Γ.Σ.Π. Αντιθέτως παρόμοιοι επεξεργαστές της τοπολογίας μπορούν να είναι λειτουργικοί μέσω ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και διαδικασιών της σύνθεσης και αποσύνθεσης. Το σύστημα μπορεί να χειριστεί “overlay” συνδυασμένων με διαφορετικά χαρακτηριστικά (χώρο-χρονικά) ή με διαφορετικά επίπεδα κλίμακας. Αν και δεν είναι δυνατόν να δράσει απ’ευθείας πάνω σε αντικείμενα διαφορετικής φύσεως, μπορεί να συνδέσει διαφορετικές ομάδες πληροφοριών συνδυασμένων με διαφορετικά χωρικά τμήματα ακόμη και ασύγκριτα μεταξύ τους. Ο αλγόριθμος ολοκλήρωσης του συστήματος επιτρέπει στο χρήστη, να συνδυάσει εύκολα όλους τους τύπους του “overlay”, επειδή τα περιγραφόμενα αντικείμενα είναι συνδεδεμένα με τα χαρακτηριστικά.

Η γνησιότητα του συστήματος στέκεται στο γεγονός ,ότι χειρίζεται “οριζόντιες” σχέσεις όπως , σύγκριση, απόσταση και ροή, μέσω της χωρικής αλληλεπίδρασης των πινάκων. Αυτοί οι τελευταίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία καινούριων χωρικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ πινάκων, ή την παραγωγή χαρτών, οι οποίοι έχουν προκύψει από το συνδυασμό των πινάκων και διανυσματικών χαρακτηριστικών. Σήμερα το σύστημα είναι σε θέση να χειριστεί “πίνακες αλληλοσύνδεσης” έως τις 1000 χωρικές μονάδες (pixel). Στο δυναμικό σχεδιασμό αυτές οι ιδιότητες μας επιτρέπουν να μελετήσουμε διαφορετικούς συνδυασμούς διαδικασιών, συνδεδεμένους με διαφορετικά επίπεδα της χωρικής σύνθεσης και

διαφορετικές κλίμακες.



σχήμα 10 (TGSS)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Οι πρωτοποριακές λειτουργίες των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και της προσομοίωσης, είναι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό σε στάδιο ανάπτυξης. Γενικά ακόμη και σήμερα είναι πολύ λίγες οι παγιωμένες πρακτικές στο χώρο, ωστόσο εφαρμογές υπάρχουν δεκάδες. Μια εξήγηση μπορεί να δοθεί ακολουθώντας τη συντηρητική αντίληψη σχεδιασμού, ως “απλό συνδυασμό θεματικών χαρτών” (Batty 1996). Σε κάθε περίπτωση, πρόσφατες έρευνες στο θέμα ώθησαν τις εξελίξεις προς την ανάπτυξη καταλληλότερων εφαρμογών στο χώρο του σχεδιασμού χωροταξίας, πολεοδομίας και περιβάλλοντος.

Παραδείγματα εφαρμογής αυτής της θεωρίας είναι αρκετά στο χώρο της πολεοδομίας όπως επίσης και σε αυτόν του περιβάλλοντος. Μπορεί κανείς να αναφέρει τα δεκάδες παραδείγματα του *VonNeuman* και άλλων θεωρητικών της εποχής. Όμως, θεωρήθηκε σκοπιμότερο να αναφερθούν “πρόσφατα” και “πραγματικά” παραδείγματα, προκειμένου να φανεί η χρησιμότητα της θεωρίας σε ρεαλιστικές συνθήκες.

Phone Valley

Ξεκινώντας, χρονολογικά μπορούμε να αναφέρουμε το παράδειγμα στην *Phone Valley*. Πρόκειται για μια εφαρμογή της θεωρίας των αυτόματων κυττάρων στην μελέτη της εγκατάστασης των κατοίκων σε αστικές ή περιφερειακές ζώνες της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα η μελέτη αναφέρετε στην συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα σημεία του χώρου, εξετάζοντας της αιτίες αυτού του φαινομένου¹⁸. Στην ανάλυση εξετάστηκε η περίοδος από το 1936 μέχρι το 1990, και κατασκευάστηκε ένα μοντέλο σύμφωνα με την θεωρία των αυτόματων κυττάρων. Τα αποτελέσματα ήταν καταπληκτικά, σύμφωνα με τα λεγόμενα του M. Batty.

"This process of integrating a large variety of dynamic tools into the same software package has to remain within reasonable limits, and will be restricted by the real needs of the users."

Περιφέρεια Veneto

Ένα άλλο παράδειγμα αναφέρετε στο τεύχος 22 του 1998 του *Computers Environment and Urban Systems*¹⁹ και μελετά την συγκέντρωση - αύξηση του πληθυσμού, την αξία γης και τις χρήσεις γης στην περιφέρεια *Veneto* της Ιταλίας. Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή υπάρχει έντονη πολιτική αντιπαράθεση των παραγόντων της τοπικής αυτοδιοίκησης για την ανεξαρτησία των οικονομικών, κοινωνικών και παραγωγικών δραστηριοτήτων στους εκάστοτε δήμους. Αντίθετα κρατικοί και ακαδημαϊκοί παράγοντες υποστηρίζουν ότι η ανάπτυξη και χωροθέτηση οικονομικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων στην περιοχή γίνεται σύμφωνα με κριτήρια υπερτοπικά και όχι τοπικά. Ειδικότερα, η πολιτική επιχορήγησης αναπτυξιακών προγραμμάτων αναπτύσσετε για την χωρική ενότητα τριών δήμων (*Padova, Venezia, Treviso*) και όχι για τον κάθε δήμο ξεχωριστά, θεωρώντας το “τρίγωνο” *Padova-Venezia-Treviso* μια ενότητα συμπληρωματικών επιδράσεων των τριών δήμων. Το μοντέλο που δημιουργήθηκε από αυτόν τον προβληματισμό, μελέτησε την χωροθέτηση κατοικίας και οικονομικών δραστηριοτήτων σύμφωνα με το συμπληρωματική επιρροή που ασκείται από τους τρεις δήμους. Τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά γιατί ανέδειξαν τους μηχανισμούς χωρικής ανάπτυξης²⁰ της περιοχής με περιγραφικό τρόπο. Η μελέτη αυτή στην συνέχεια αποτέλεσε²¹ “το μήλο της έριδος” για την δημιουργία ενός κλήματος συνεργασίας των τοπικών αρχών της περιοχής. Έτσι η περιγραφική ανάλυση των φαινομένων και μηχανισμών (χωροθέτησης), μπόρεσαν να αναδειχτούν μόνο μέσα από μοντέλο προσομοίωσης που προσπαθεί να φανερώσει τις πολεοδομικές, κοινωνικές

¹⁸ Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να σημειωθεί ότι ανάλογες τάσεις

¹⁹ “The city of Italian NorthEast: Identification of Urban Dynamics using Cellular Automata urban models” Elena Besussi, Arnaldo Cecchini, Enrico Rinaldi *Computers Environment and Urban Systems* Vol 22 no 5 1998 σελ. 497-523

²⁰ Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο αντιμετώπισε την χωροθέτηση και την αξία γης στους τρεις δήμους με κριτήρια υπερτοπικά. Το μοντέλο ανέδειξε, με κανόνες ανάπτυξης που υπαγόρευαν οι τοπικοί παράγοντες, ότι η συγκέντρωση πληθυσμού και το η αξία γης σε συγκεκριμένες (δημοτικές) περιφερειακές περιοχές, αναπτύσσονται με διαφορετικά κριτήρια, από αυτά του δήμου. Για παράδειγμα η της αύξηση αξίας γης και της πυκνότητας σε συγκεκριμένη περιφερειακή (υποβαθμισμένη) περιοχή του δήμου της *Padova* οφείλεται στην εγκατάσταση παραγωγικής μονάδας στην περιφέρεια του δήμου *Treviso* που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από την παραπάνω περιοχή (της *Padova*). Αυτό επίσης αποτέλεσε την υποβάθμιση μιας άλλης περιοχής κατοικίας της *Padova*, καθώς υπήρξε μια μεταφορά πληθυσμού στην περιφερική περιοχή λόγω του χαμηλότερου κόστους και την σταδιακή αναβάθμιση της. Τα παραπάνω φαινόμενα μπορούν να μελετηθούν μόνο με την δημιουργία ενός μοντέλου που μελετά τις μεταβολές στο χρόνο, σε αυτή την περίπτωση η θεωρία των αυτόματων κυττάρων βοήθησε σημαντικά στην δημιουργία του.

και οικονομικές τάσεις που δεν διαφαίνονται ή προκύπτουν από τις “κλασικές” μεθόδους ανάλυσης.

Λονδίνο

Ένα άλλο παράδειγμα παρουσιάστηκε²² στην 4th international conference Geo Computation USA τον Ιούλιο του 1999, όπου μελετούσε την αστικοποίηση στην νότιο-ανατολική περιοχή του Λονδίνου χρησιμοποιώντας δυναμικά μοντέλα αυτόματων κυττάρων, για την διερεύνηση παραγόντων χωροθέτησης σε διάφορα σημεία του αστικού ιστού (σχήμα 11). Ειδικότερα σε αυτή την περίπτωση εξετάζεται η συγκέντρωση πληθυσμού σε ορισμένα σημεία της πόλης σε σχέση με την μεταφορική υποδομή που προσφέρουν.

Μια σχετική προσπάθεια, έγινε προ ετών και στην Ελλάδα στα πλαίσια του Ρυθμιστικού Σχεδίου Αθηνών. Πρόκειται για την μελέτη θέσης των δευτερευόντων κέντρων στην αστική περιοχή της Αθήνας που συντάχθηκε από το μελετητικό γραφείο Σταματιάδη. (Αραβαντινός 1997).



σχήμα 11

²¹ Η μελέτη και τα αποτελέσματα δημοσιεύθηκαν σε αρκετές τοπικές εφημερίδες, και αποτέλεσε το σημείο σύγκλησης τοπικής και κρατικής εξουσίας.

²²David Martin and Fulong Wu Department of Geography, University of Southampton, Southampton, SO17 1BJ United Kingdom

Περιβαλλοντική μελέτη Βενετίας

Είναι επίσης πολύ σημαντικό να αναφερθεί επιγραμματικά ένα παραδείγματα που αφορά περιβαλλοντικές εφαρμογές, όπως αυτή για την μόλυνση των υδάτων της Βενετίας στην Ιταλία (σχήμα 12α,β). Πρόκειται για την μελέτη²³ του οικοσυστήματος των καναλιών της Βενετίας χρησιμοποιώντας μοντέλα προσομοίωσης (σχήμα 8,9) που επιτρέπουν την “διάγνωση” διαφόρων φυσικών φαινομένων.

Τέλος, εκτός από τους παραπάνω τομείς εφαρμογής της θεωρίας, υπάρχουν και άλλοι που θα μπορούσαν να αποτελέσουν πεδίο μελέτης σε πιλοτικό επίπεδο, όπως αυτός της νομοθεσίας χωρικών παρεμβάσεων και απαγορεύσεων.

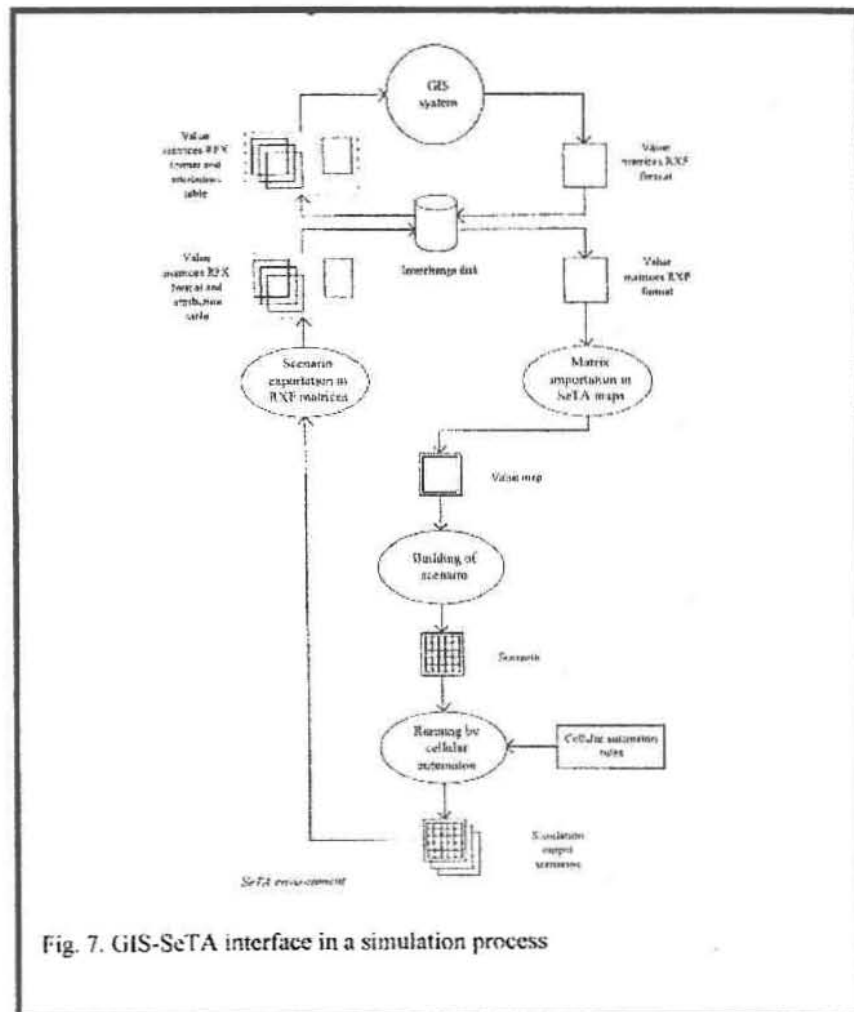
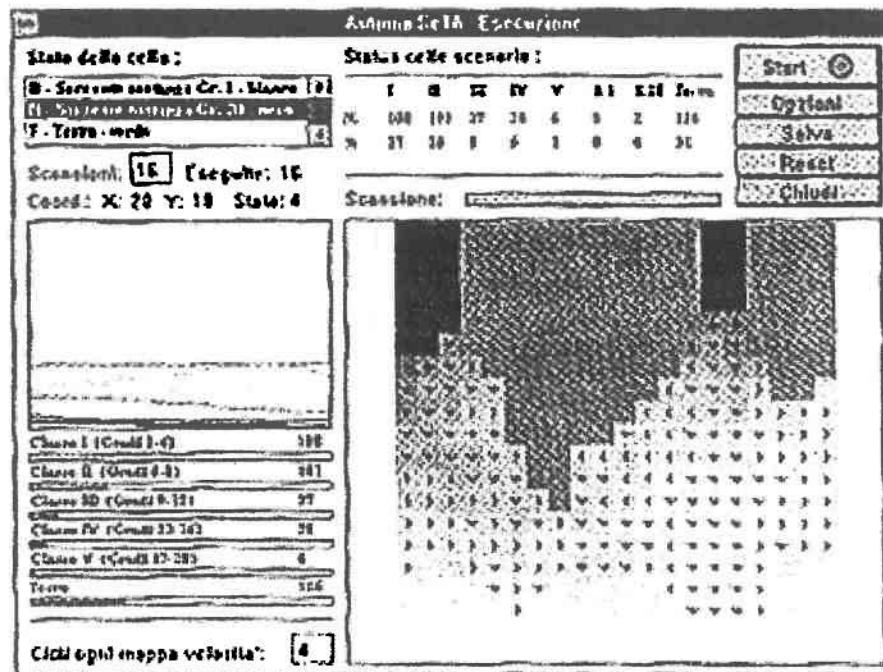


Fig. 7. GIS-SeTA interface in a simulation process

σχήμα 12α

²³A Bianchin, Bergamasco 1998 “Modelling dispersion phenomena in tidal environment” Comp.Mech.Publications Southampton UK



σχήμα 12β (περιβάλλον SeTA)



Ηράκλειο Κρήτης. Από την ιστορική απεικόνιση στην δυναμική ανάλυση.

Μετά από την παρουσίαση μερικών εφαρμογών, θεωρήθηκε σκόπιμη η δημιουργία μιας ακόμα εφαρμογής, για την διερεύνηση και αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας που έχουν οι παραπάνω μεθοδολογίες ολοκλήρωσης των ΓΣΠ και των μοντέλων προσομοίωσης.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε (σχήμα 13) πηγάζει από παραδοσιακές διδασκαλίες και προσεγγίσεις της πολεοδομικής επιστήμης των τελευταίων χρόνων. Πρόκειται για την ιστορική ανάλυση που αποτελεί βασικό στοιχείο κάθε πολεοδομικής μελέτης. Αυτή αντιπροσωπεύει την μακροχρόνια πορεία εξέλιξης του αστικού χώρου και καθοδηγεί τις πολιτικές ανάπτυξης των πόλεων. Η επιστημονική κοινότητα και εμπειρική γνώση απέδειξαν ότι η ιστορία μιας πόλης κρύβει σημαντικές πληροφορίες που αποτελούν βασικό ξεκίνημα για οποιαδήποτε παρέμβαση στον αστικό και περιαστικό χώρο. Όμως, η κλασική ιστορική ανάλυση (θεματικών χαρτών) δεν επαρκεί για την μελέτη των τάσεων και χωρικών μεταβολών, όπως αναφέρουν σημαντικοί ερμηνευτές του.

"L'urbanistica in generale guarda dunque all'evoluzione della città nella sua totalità, poiché una città si pu_ considerare come un organismo vivente in continua trasformazione, sottomesso ad influenze che è facile studiare separatamente, ossia analizzare, ma che non agiscono che in massa, ossia per sintesi (Piccinato, 1988)"²⁴

"Oggi, una pianificazione territoriale e urbanistica adeguata, deve vedere lo spazio in modo radicalmente diverso...Deve analizzare il modo in cui la storia ha trasformato e forgiato lo spazio..." (Salzano, 1996)

Συνεπώς για την μελέτη αστικών φαινομένων, τάσεων και διερεύνηση των αιτίων μεταβολής χωρικών συστημάτων απαιτείται η δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης που να εξετάζουν τις χώρο-χρονικές μεταβολές δίνοντας ταυτόχρονα ενδείξεις για τις αιτίες που τις προκαλούν. Αξιοποιώντας αυτή την προσέγγιση δημιουργήθηκε ένα μοντέλο προσομοίωσης χρήσεων γης για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης από την χρονική περίοδο 1961-1981, που μελετά τις μεταβολές εφαρμόζοντας τις θεωρίες που αναπτύχθηκαν παραπάνω. Ειδικότερα, στόχος της εφαρμογής είναι η μελέτη και επεξήγηση τάσεων μεταβολής χρήσεων γης και ταυτόχρονη προβολή τους στο μέλλον (2000) δημιουργώντας ένα μοντέλο προσομοίωσης που μελετά την ιστορία ανασύροντας τους μηχανισμούς του συστήματος εξελίξεις. Επίσης επιχειρεί να αξιολογήσει τα αποτελέσματα της ολοκλήρωσης των ΓΣΠ και της προσομοίωσης μέσα από την δημιουργία νέων μεθοδολογιών προσέγγισης των θεωριών αυτόματων κυττάρων και Map Algebra.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του μοντέλου στηρίζεται στις θεωρίες που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα βασίζεται στην “συνέχεια δομής” (ψηφιδωτή δομή) που αποτελεί κοινό βασικό χαρακτηριστικό των δυο προσεγγίσεων (Cellular Automata, Map Algebra), όπως επίσης και ίδια αρχή λειτουργίας γειτνίασης “focal fuction”. Πιο συγκεκριμένα η αρχή λειτουργίας των αυτόματων κυττάρων φαίνεται σαν μια μεταβαλλόμενη στο χρόνο λειτουργία γειτνίασης “focal fuction” της MapAlgebra. Επίσης οι δύο θεωρίες έχουν και άλλα κοινά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται σε αυτή την εφαρμογή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε σε ένα σενάριο (χάρτη) χρήσεων γης 12478 ψηφίδων με διαστάσεις 135X135 pixel και κλίμακας 1:10772. Προχωρώντας στα στάδια της εφαρμογής της μεθοδολογίας (σχήμα):

²⁴ L.Piccinato, "La progettazione urbanistica", a cura di G.Astengo, 1988,pag. 14

- Ξεκινώντας από τρεις θεματικού χάρτες χρήσεων γης 1961 (σχήμα 11), 1971(σχήμα 12), 1981 (σχήμα 13), δημιουργήθηκε με λογισμικό raster GIS²⁵ , χρησιμοποιώντας την λειτουργία *Compine*²⁶, ένας τρίτος χάρτης που παρουσιάζει τις ιστορικές μεταβολές (σχήμα) στο πόλη του Ηρακλείου για την περίοδο 1961-1981.
- Στην δεύτερη φάση, ο ιστορικός θεματικός χάρτης εισάγεται στην εφαρμογή προσομοίωσης AUGH²⁷ με την λειτουργία *Import*²⁸, για την εκτέλεση προσομοίωσης με χαρακτηριστικά που περιγράφονται παρακάτω.
- Μετά την εκτέλεση δύο προσομοιώσεων γίνεται εξαγωγή του θεματικού χάρτη από το AUGH στο λογισμικό Map II για επαλήθευση του αποτελέσματος με τον θεματικό χάρτη χρήσεων γης του 1971 χρησιμοποιώντας την λειτουργίες *Ricode*²⁹ και *Combine* για αποσύνθεση και επανασύνθεση αντίστοιχα. Αν τα αποτελέσματα της επαλήθευσης είναι ικανοποιητικά συνεχίζεται η προσομοίωση, διαφορετικά γίνεται επαναπροσδιορισμός των κανόνων αυτής.
- Ακολουθώντας το ίδια διαδικασία, μια δεύτερη επαλήθευση του αποτελέσματος γίνεται μετά από πέντε προσομοιώσεις και με βάση τις χρήσεις γης του 1981. Σε αυτό το σημείο γίνεται επίσης και η “στεγανοποίηση” (robustezza) του μοντέλου.

Αν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων αντιστοιχούν στα πραγματικά δεδομένα τότε προχωράμε στην διαδικασία “προβολής” του μοντέλου στο μέλλον. Η προβολή αυτή έχει επίσης χαρακτήρα αξιολόγησης. Γνωρίζοντας τις χρήσεις γης του 1998, επαληθεύουμε την “στεγανότητα” και αποτελεσματικότητα του μοντέλου, αξιολογώντας παράλληλα και την ικανότητα ολοκλήρωσης των εργαλείων (ΓΣΠ, προσομοίωση) που χρησιμοποιήσαμε σε αυτή την εφαρμογή.

Για την δημιουργία του μοντέλου αυτού χρησιμοποιήθηκε **σενάριο** (θεματικός χάρτης) προσομοίωσης που αποτελείται από καταστάσεις μεταβολής ψηφίδας “σύνθετες”. Πιο αναλυτικά, οι χρήσεις γης που αναλύθηκαν στην προσομοίωση δεν αντιπροσώπευαν μια χρονική στιγμή αλλά το σύνολο των μεταβολών που παρατηρήθηκαν στην πόλη την

²⁵ Map II (*Map Analysis Package*) II THINK SPACE

²⁶ βλέπε παράρτημα

²⁷ AUGH *Automa Urbano Generale con Help Stratema*

²⁸ Η συγκεκριμένη λειτουργία (Import/Export) αναπτύχθηκε στο λογισμικό AUGH από τον Βερίγο Εμμ. με την βοήθεια του Enrico Rinaldi, για λογαριασμό του Lab.Stratema. Η δημιουργία της παρουσιάζεται παρακάτω στο ίδιο τεύχος.

²⁹ βλέπε παράρτημα

τελευταία τριανταετία. Για παράδειγμα η κατάσταση T1 αντιπροσωπεύει κατοικία το 61, η οποία παρέμεινε κατοικία το 71 ενώ άλλαξε σε τριτογενή τομέα το 81. Με αυτό τον τρόπο καθορίζεται η ιστορικό προφίλ που έχει αποκτήσει ο κάθε τόπος (ψηφίδα) τα τελευταία χρόνια μέσα από τις μεταβολές χρήσεων που καθόρισαν την χωρικό - τοπολογική του κατάσταση. Επίσης με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η εύκολη δημιουργία “κανόνων μεταβολής ψηφίδας” ακολουθώντας το ιστορικό σενάριο και προσαρμόζοντας την συμπεριφορά του μοντέλου σε αυτό.

Στην συγκεκριμένη εφαρμογή στην πόλη του Ηρακλείου παρατηρήθηκαν δέκα συνθέσεις χρήσεων γης την περίοδο 1961-1981, από τους εικοσιεπτά περίπου πιθανούς συνδυασμούς που αντιστοιχούν σε τρεις χρονολογίες (με βάση τις επικρατέστερες χρήσης γης εκείνη την περίοδο). Πιο αναλυτικά αυτές είναι (σχήμα 15):

- A1= κενό 61>> κατοικία 71>> κατοικία 81
- A2= κατοικία 61>> κατοικία 71>> κατοικία 81
- T1= κατοικία 61>> κατοικία 71>> τριτογενής 81
- T2= κατοικία 61>> τριτογενής 71>> τριτογενής 81
- T3= τριτογενής 61 >> τριτογενής 71>> τριτογενής 81
- I1= βιομηχανία 61>> βιομηχανία 71>>κενό 81
- I2= βιομηχανία 61>> τριτογενής 71>> τριτογενής 81
- V= κατοικία 61>> πράσινο 71>>πράσινο 81

Παρατηρώντας τις μεταβολές που υπήρξαν την συγκεκριμένη περίοδο βλέπουμε τις μεταβολές που σημειώθηκαν στην περιοχή την περίοδο 61-81. Πιο αναλυτικά παρατηρείται ότι η ωρίμανση της κατοικίας αποφέρει μετατροπή της σε τριτογενή τομέα, όπως επίσης και την εξαφάνιση της βιομηχανίας με την ταυτόχρονη εμφάνιση πρασίνου. Όλες αυτές οι παρατηρήσεις αποσκοπούν στην ευκολότερη κατανόηση των μηχανισμών που επιδρούν στον χρόνο. Με την μελέτη και κατασκευή μοντέλων όμως είμαστε σε θέση να ερευνήσουμε και τους μηχανισμούς που επιδρούν στο χώρο.

Το περίγραμμα γειτνίασης που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί τον συνδυασμό αυτών του Moore και VonNeumann, καθώς αυτό θεωρήθηκε το πιο κατάλληλο για την συγκεκριμένη περίπτωση.

Οι κανόνες μεταβολής (σχήμα 14) αποτελούν ένα από τα βασικότερα στοιχεία μιας προσομοίωσης. Ειδικότερα από αυτούς εξαρτάται η εξέλιξη του μοντέλου και γενικότερα η δυνατότητα που έχει να εξηγήσει ή να μελετήσει ένα φαινόμενο. Σε αυτή την εφαρμογή οι κανόνες ασφαλώς συμβόλισαν τις τάσεις τις εποχής ακολουθώντας πιστά τα σημάδια που άφησε η ιστορία. Ειδικότερα υπήρξε ένας σαφής διαχωρισμός σε

κανόνες που μεταβάλουν μια χρήση και κανόνες που διατηρούν την υπάρχουσα κατάσταση(σχήμα 19). Για την μετάβαση από μια χρήση σε μια άλλη οι κανόνες ήταν αρκετά “σκληροί”, με την έννοια ότι η μεταβολή γινόταν σε “αυστηρά” καθορισμένα πλαίσια χώρο-χρονικών προϋποθέσεων. Αντίθετα για την διατήρηση χρήσεων, οι κανόνες υπαγόρευαν “ευνοϊκότερες” προϋποθέσεις. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονισθεί ότι όλοι οι κανόνες μεταβολής δημιουργήθηκαν ή διορθώθηκαν από τις δύο φάσεις επαλήθευσης και διόρθωσης του μοντέλου μετά από αρκετούς κύκλους προσομοίωσης, αποσκοπώντας στην πλήρη “στεγανοποίηση” του μοντέλου με ρεαλιστικά κριτήρια ελέγχου. Τέλος είναι χρήσιμο να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο μοντέλο είναι απλό “σχετικά” γιατί λειτουργεί σε ένα μόνο επίπεδο προσομοίωσης (ενώ για παράδειγμα ένα Multi Cellular Automata λειτουργεί σε πολλαπλάσια), εφαρμόζοντας απλές μεθοδολογίες για την έρευνα της ολοκλήρωσης πληροφοριακών συστημάτων, όπως επίσης και για την βελτιστοποίηση αλληλεπίδρασης αυτών.

Οι εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη της συγκεκριμένης περιοχής επιλέχθηκαν με βάση τη δομή και τα κοινά χαρακτηριστικά τους στοχεύοντας σε εύκολη και αποτελεσματική τους επικοινωνία. Ειδικότερα, και οι δύο εφαρμογές χαρακτηρίζονται από την ψηφιδωτή (raster) δομή, χρησιμοποιώντας δεδομένα σε μορφή πίνακα στοιχείων x,y,z. Με αρχή αυτό το χαρακτηριστικό και ακολουθώντας την θεωρία του Bertin J., δημιουργήθηκε μια νέα μορφή δεδομένων σε κώδικα ASCII³⁰. Ανάλογος αλγόριθμος εισαγωγής και εξαγωγής δημιουργήθηκε και στις δύο εφαρμογές. Πιο αναλυτικά για την δημιουργία λειτουργιών Import/Export της εφαρμογής MapII χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού *Apple Script* σε περιβάλλον *Macintosh*. Αντίστοιχες λειτουργίες δημιουργήθηκαν³¹ για την εφαρμογή *AUGH* σε γλώσσα *PROLOG*. Με αυτό τον τρόπο έγινε εφικτή η επικοινωνία ανάμεσα στις δυο εφαρμογές δημιουργώντας νέες προοπτικές ολοκλήρωσης και αλληλεπίδρασης στην λειτουργία τους. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη προσέγγιση επικοινωνίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία νέων λειτουργιών που παίρνουν στοιχεία από τις δύο θεωρίες, για την εφαρμογή τους σε εξειδικευμένες μελέτες χωρικής παρέμβασης.

"L'immagine ha tre dimensioni: x, y e z. Ogni punto dell'immagine pu_ venire percepito come la corrispondenza tra una posizione in x e una in y e un' elevazione in z .

³⁰ American Standard Code for Information Interchange

³¹ Οι λειτουργίες αυτές δημιουργήθηκαν από το *Lab STRATEMA* με την πολύτιμη συμβολή του *Rinalti E.* και αποτελούν μέρος της εξέλιξης της εφαρμογής προσομοίωσης *AUGE 2*.

L'insieme dei punti pu_ essere percepito come l'insieme delle corrispondenze tra tre dimensioni x, y,z" (J.Bertin1981)

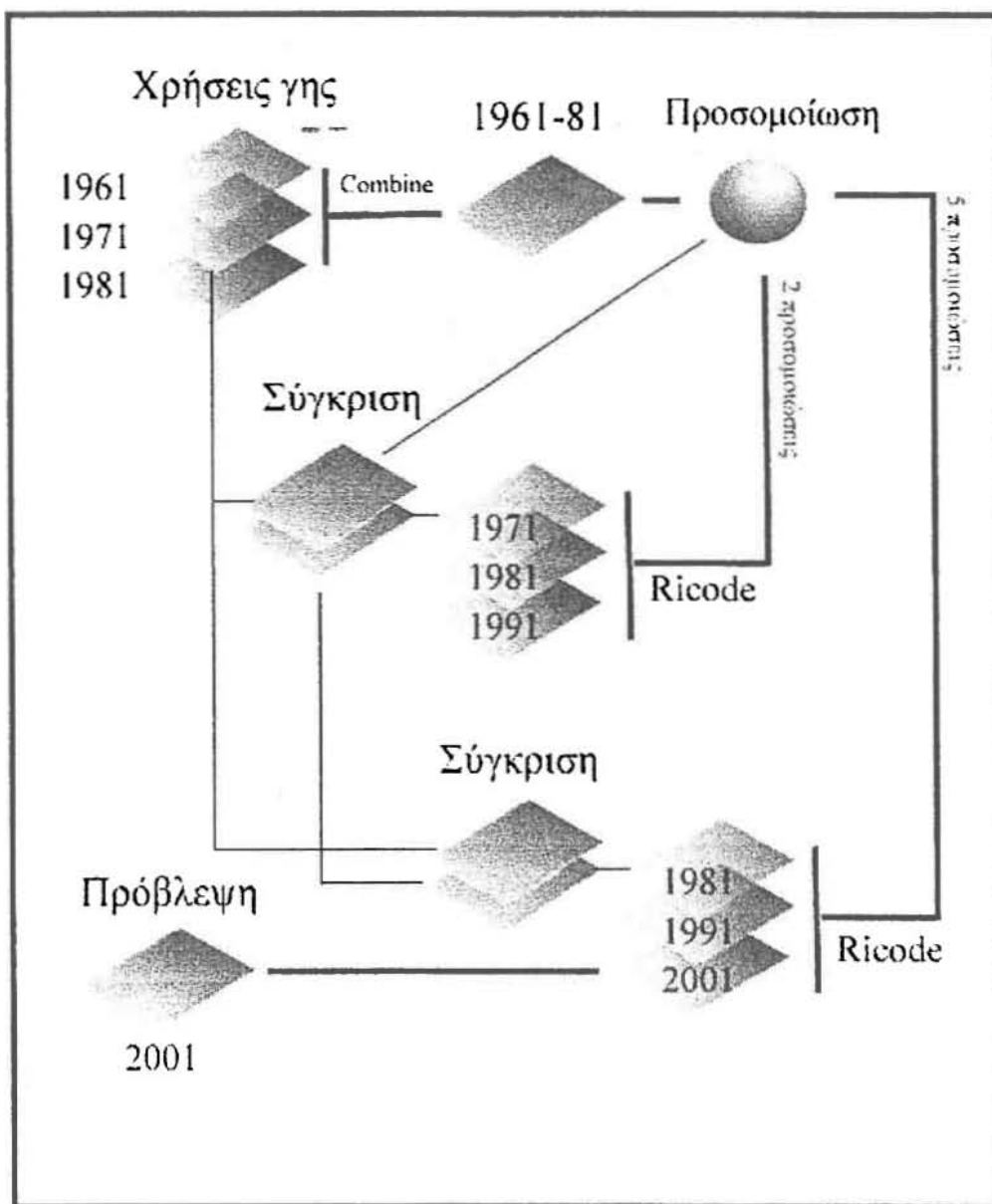
Τα αποτελέσματα της εφαρμογής είναι εντυπωσιακά (σχήμα 16). Οι χρήσιμες λειτουργίες των ΓΣΠ βοηθούν στο να συγκεκριμενοποιηθούν με μαθηματική ακρίβεια τα ποσοστά επιτυχίας. Πιο συγκεκριμένα στο δεύτερο στάδιο (μετά από δύο προσομοιώσεις) της δημιουργίας του μοντέλου εκδηλώνεται σφάλμα της τάξεως του 0,5%, το οποίο μειώνεται σε 0,3% μετά από 5 προσομοιώσεις. Αναλυτικότερα οι μεταβολές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και διαγράμματα :

	1 Simulazioni	2 Simulazioni	3 Simulazioni	4 Simulazioni	5 Simulazioni
A1	1410	683	383	217	120
A2	7637	8241	8432	8487	8489
T1	311	240	240	269	290
T2	543	441	299	211	165
T3	1240	1536	1787	1957	2077
V	32	32	32	32	32
X	1305	1305	1305	1305	1305
Tot	12478	12478	12478	12478	12478

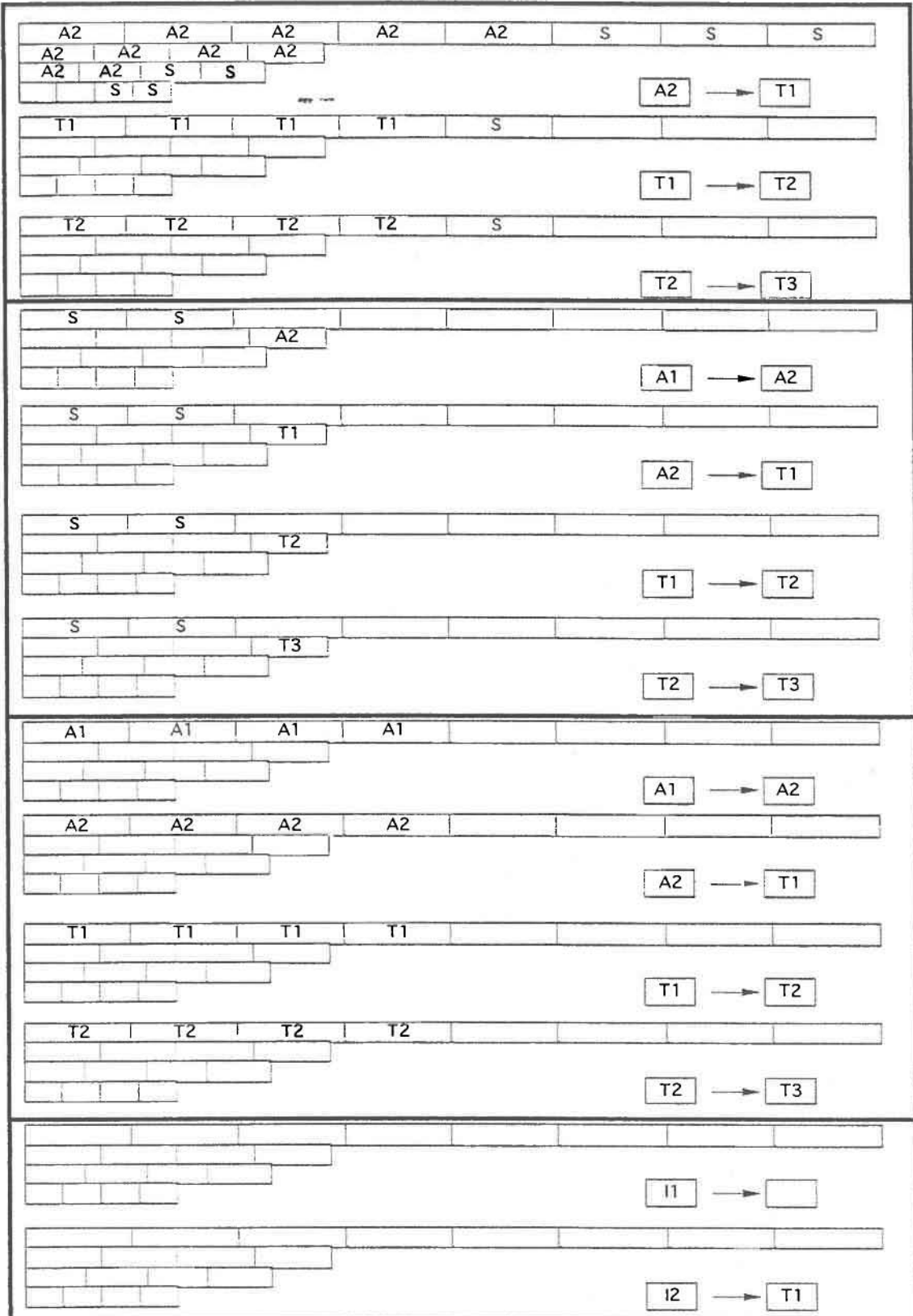
Στα διαγράμματα παρατηρείται μια συνεχώς αυξανόμενη τάση αύξησης του τριτογενούς τομέα με ταυτόχρονη μείωση των κατοικιών. Αυτό το γεγονός παραπέμπει στους «κύκλους ζωής των χωρικών μονάδων». Πιο αναλυτικά παρατηρείται ότι η κάθε χωρική ενότητα (pixel) που συμβολίζει την ελάχιστη χωρική μονάδα μεταβολής της προσομοίωσης διαγράφει μια κυκλική πορεία στο χρόνο ακολουθώντας συγκεκριμένες δυναμικές μετάδοσης από μια κατάσταση σε μια άλλη. Συγκεκριμένα η κάθε θεματική χωρική ενότητα παρουσιάζεται να ακολουθεί μια προκαθορισμένη πορεία, από την «γέννηση» της έως τον «θάνατο» της, ακολουθώντας τις τάσεις και ανάγκες του συνόλου και λειτουργώντας μέσα στα πλαίσια του οργανισμού που αποτελούνται. Για παράδειγμα στην συγκεκριμένη εφαρμογή σκιαγραφούνται οι εξής μηχανισμοί μεταβολής χρήσεων: κατοικία >> τριτογενής >> πράσινο, όπως επίσης κατοικία >> κατοικία >> κατοικία και τριτογενής >> τριτογενής >> τριτογενής. Όλοι αυτοί οι μηχανισμοί μετασχηματισμού προκύπτουν στην ιστορική «κλασική» ανάλυση χωρίς όμως να υπάρχει επαρκής τεκμηρίωση εφαρμογής τους σε ορισμένα μόνο σημεία του χώρου και όχι σε όλα. Αυτό είναι το σημείο που η προσομοίωση παρουσιάζει ευέλικτες και αποτελεσματικές μεθοδολογίες, προσπαθώντας να διερευνήσει τους υπάρχοντες

μηχανισμούς και τάσεις που παρουσιάζονται στην πολεοδομική πραγματικότητα. Είναι φανερό από τα αποτελέσματα αυτής της εφαρμογής ότι επιβεβαιώνονται οι περισσότερες προσεγγίσεις³³ (θεωρίες) οικονομικής χωροταξικής και αναπτυξιακής φύσεως που αναφέρονται σε επιστημονικές μελέτες, όπως οικονομίες κλίμακας, αποκέντρωση, ο ρόλος των βασικών αρτηριών κυκλοφορίας στην ανάπτυξη και άλλες. Ασφαλώς, η παρούσα εφαρμογή αποτελεί ένα «απλό» μοντέλο διερεύνησης αστικών δυναμικών, που θα επέδιδε καλύτερα αποτελέσματα αν χρησιμοποιούσε και τις ιδιότητες που απορρέουν από τις αξίες γης. Ωστόσο αποτελεί μια συνοπτική και εισαγωγική προσέγγιση των δυναμικών μηχανισμών που επηρεάζουν τις χρήσεις γης στο αστικό περιβάλλον του Ηρακλείου και μια αποτελεσματική προσέγγιση ολοκλήρωσης των ΓΣΠ και της προσομοίωσης στον πολεοδομικό σχεδιασμό και διαχείριση.

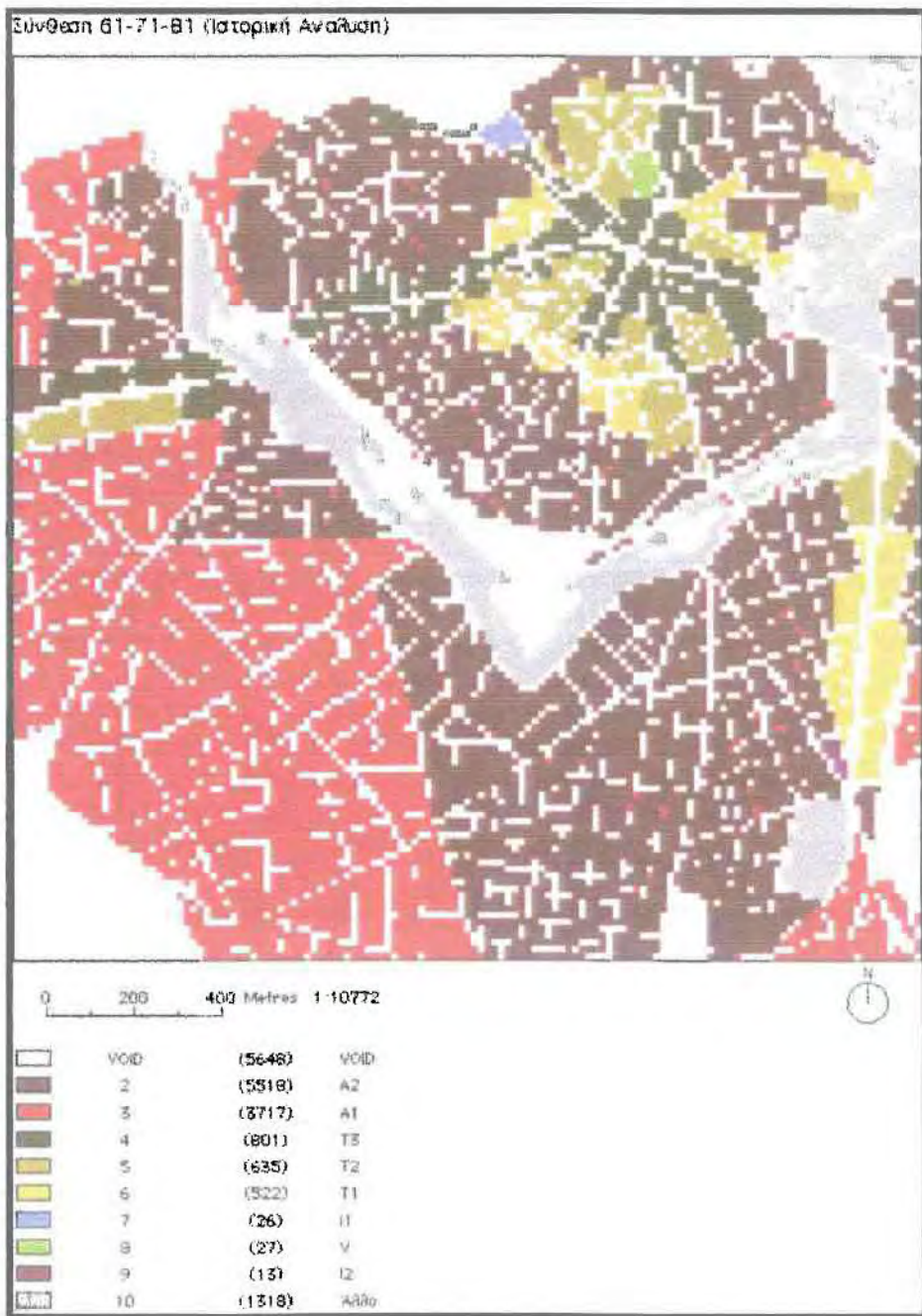
Τέλος τα αποτελέσματα της εφαρμογής κρίνονται ικανοποιητικά, παρουσιάζοντας ένα μοντέλο χωρικής ανάπτυξης με απόκλιση της τάξεως του **0,3%** σε επίπεδο πρόβλεψης. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση χωρικής ανάλυσης είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν περισσότερες μεταβλητές (από αυτή των χρήσεων) ανάλυσης, όπως αξίες γης, πυκνότητες, συντελεστές δόμησης και άλλες, δημιουργώντας μοντέλα προσομοίωσής σε «πολλαπλά αυτόματα κύτταρα» (Multi cellular Automata).



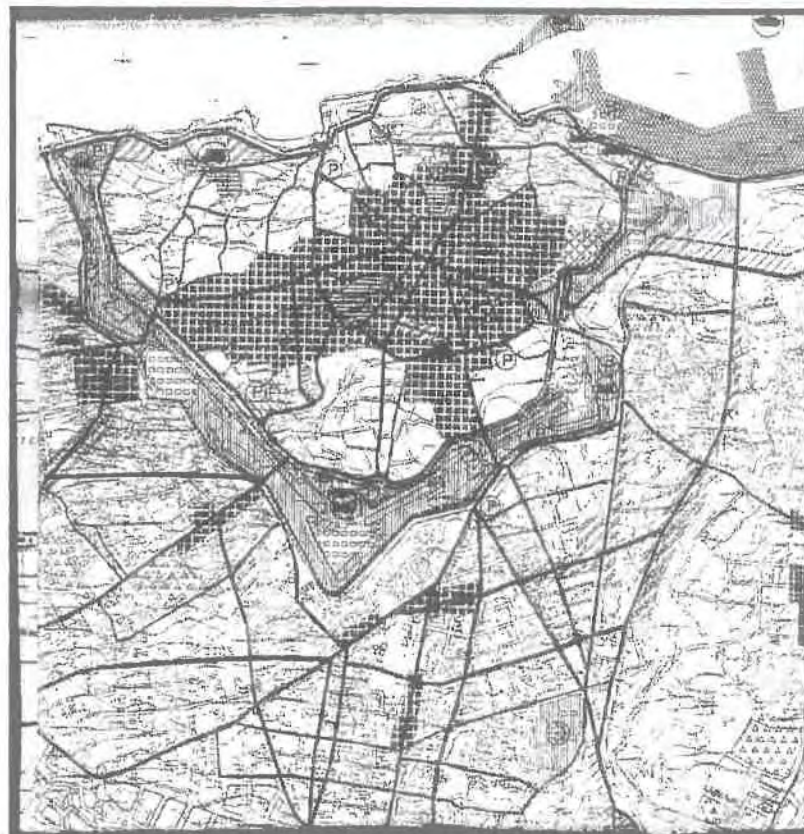
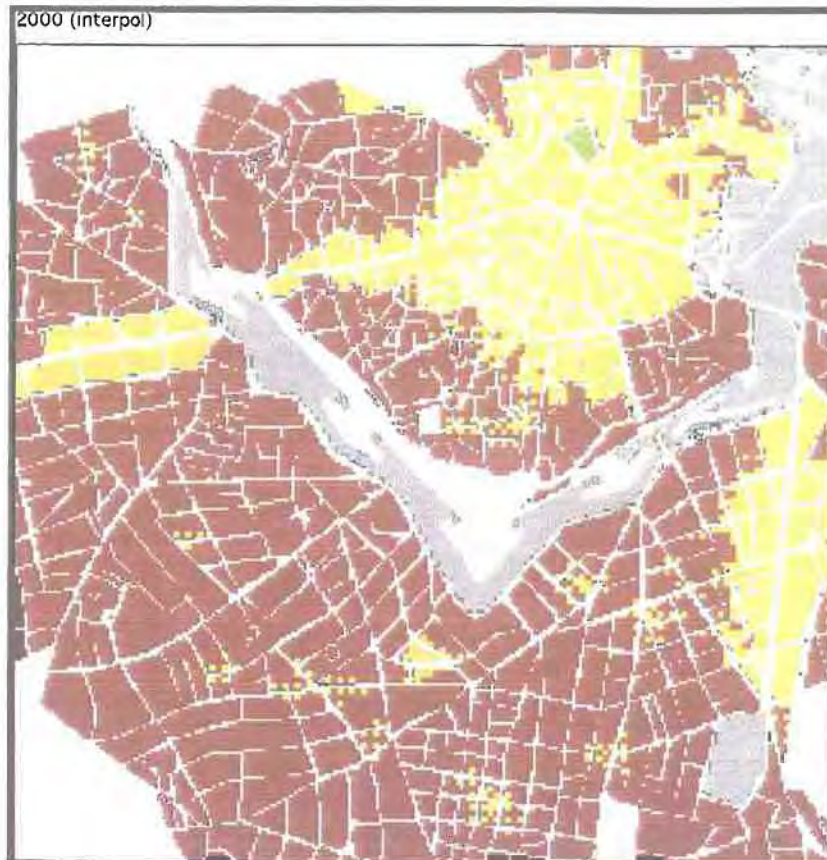
σχήμα 13



σχήμα 14 (κανόνες μεταβολής κυψέλης)



σχήμα 15



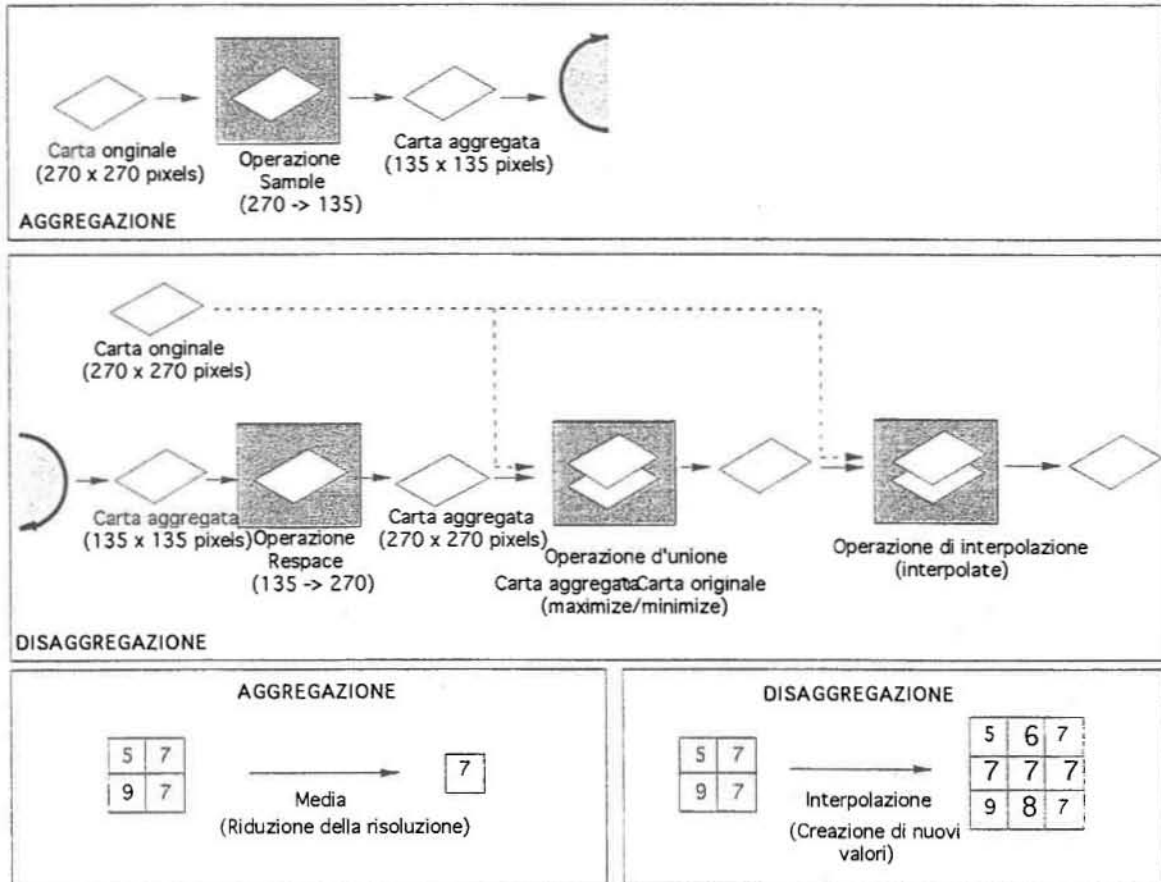
σχήμα 16 (σύγκριση προσομοίωσης – πραγματικότητας)

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μερικές ιδιαιτερότητες και χαρακτηριστικά συστημάτων χωρικής ανάπτυξης επιβάλλουν τη προσομοίωση μεταβολών σε πολλαπλές κλίμακες ανάλυσης ταυτόχρονα. Αυτό άλλωστε αναφέρεται και χρησιμοποιείται στην εφαρμογή TGSS που παρουσιάστηκε παραπάνω. Η έκφραση των παραπάνω αναγκών δημιούργησαν την αφορμή έρευνας και δημιουργίας μεθοδολογιών και αλγορίθμων σύνθεσης και αποσύνθεσης χωρικών δεδομένων, που αποσκοπούν στην πιο ολοκληρωμένη αντιμετώπιση χωρικών συστημάτων μέσω της προσομοίωσης και των αυτόματων κυττάρων. Η έρευνα και κατασκευή τους στηρίχθηκε κατά κύριο λόγο στην θεωρία της Map Algebra και ειδικότερα σε μαθηματικές και στατιστικές λειτουργίες που αναφέρονται σε αυτήν. Ειδικότερα για την διαδικασία της σύνθεσης (μετατροπή σε χαμηλότερη ανάλυση) η προσέγγιση γίνεται με αρκετά απλό τρόπο, χρησιμοποιώντας στατιστικούς επεξεργαστές όπως είναι ο μέσος όρος. Για την αντίστροφη διαδικασία αυτή της σύνθεσης ή επανασύνθεσης δεδομένων τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Η δυσκολία εστιάζεται στο γεγονός ότι στον τελικό πίνακα (raster) προσδιορίζονται καινούργια δεδομένα με βάση ένα μικρό αριθμό αρχικών. Η δημιουργία νέων στοιχείων του πίνακα απαιτεί την επιλογή μεθοδολογιών που διασφαλίζουν την ασφαλή δημιουργία νέων δεδομένων (κυψελών) και την σωστή ένταξη τους στα ήδη υπάρχοντα, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ελαχιστοποίηση της απόκλιση από τα αρχική κατάσταση. Θέτοντας τις παραπάνω παρατηρήσεις σαν στόχους, δημιουργήθηκε μια μεθοδολογία συνθεσής/αποσύνθεσης δεδομένων (aggregazione/dasaggragazione), που χρησιμοποιεί στατιστικά εργαλεία, εμπνευσμένα από τις προσεγγίσεις του Tomlin, όπως *interpolate* και *minimize* και εξυπηρετεί μοντέλα προσομοίωσης και εφαρμογές δυναμικής ανάλυσης όπως AUGH (σχήμα 17).

Τα αποτελέσματα των εφαρμογών της μεθοδολογία είναι αρκετά ικανοποιητικά, δεδομένου ότι είναι μετρήσιμα σε ποιοτικό και ποσοτικό επίπεδο. Πιο αναλυτικά το ποσοστό “λάθους” στην διαδικασία επανασύνθεσής του πίνακα (χάρτη) είναι αποδεκτό, σημειώνοντας απόκλιση 1,4% από την αρχική κατάσταση. Γενικότερα στην συγκεκριμένη εφαρμογή, τα αποτελέσματα ήταν αποδεκτά. Πρέπει όμως να επισημανθεί η εφαρμογή της μεθοδολογίας και σε άλλες περιπτώσεις χωρικών

δεδομένων για να ολοκληρωθεί ή/και να συμπληρωθεί η διαδικασία αυτή, στοχεύοντας στην παγίωση και αποδοχή της στον επιστημονικό χώρο.



σχήμα 17 (μεθοδολογία σύνθεση / αποσύνθεσης δεδομένων)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η πιθανότητα του σχεδιασμού να καταφέρει την διακυβέρνηση των πολεοδομικών και χωροταξικών μεταβολών εξαρτάται από την ικανότητα κατασκευής “πραγματικών” πολεοδομικών σεναρίων. Οι συνήθεις μέθοδοι ανάλυσης παρουσιάζουν δυσκολίες στο να εξηγήσουν και να μεταφράσουν τις πολεοδομικές “πραγματικότητες”. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών έκαναν τις υπάρχουσες διαδικασίες ανάλυσης πολύ πιο απλές και γρήγορες, όμως το μεγαλύτερο ποσοστό των GIS δεν λαμβάνουν υπ όψη τους τον παράγοντα “χρόνο”. Χρησιμοποιώντας τον παράγοντα “χρόνο” σε μια πολεοδομική ανάλυση είναι δυνατόν να αναλύσουμε, όχι μόνο τα χωρικά στοιχεία της περιοχής αλλά και τα διάφορα δυναμικά φαινόμενα που συμβαίνουν σε αυτή. Τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω ανέδειξαν την χρησιμότητα της προσομοίωσης στον πολεοδομικό, χωροταξικό και περιβαλλοντικό σχεδιασμό, εξετάζοντας την ποιοτική και ποσοτική υφή του χώρου, αναλύοντας τα στοιχεία που θα καθορίσουν μια πολεοδομική πολιτική και διαμορφώνοντας μια σειρά από εναλλακτικές λύσεις. Αυτό ακριβώς που απαιτεί μια πολυσύνθετη επιστήμη, όπως η χωροταξία. Από την άλλη πλευρά η πόλη αλλάζει, υπενθυμίζοντας τα λόγια του Mitchell: *“During the nineteen and twentieth centuries, cities have been trasformed..., and we have the opportunity to rethink received ideas of what building and cities are, how they can made, and what they are really for.”*³² (W.Mitchell 1995), και προσθέτοντας ότι αλλάζουν και οι μεθοδολογίες σχεδιασμού. Αυτό δημιουργεί αναπόφευκτα την ανάγκη επαναπροσδιορισμού και εξέλιξης των διαδικασιών και μορφών του σχεδιασμού.

Γενικότερα, απ’ ότι είδαμε, η εμφάνιση μοντέλων προσομοίωσης, για την ανάδειξη και επίλυση χωρικών προβλημάτων γίνεται όλο και περισσότερο πιο αισθητή. Υπάρχει σαφέστατα ένα θετικό κλίμα αποδοχής νέων μεθοδολογιών, δρασκελίζοντας τους

ενδοιασμούς του παρελθόντος. Αυτό όμως αποφέρει ορισμένους προβληματισμούς που έχουν άμεση σχέση με τα αποτελέσματα της διαδικασίας σχεδιασμού. Αναφερόμενοι σε αυτούς, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι, αν η μοντελοποίηση ενός προβλήματος αποφέρει λανθασμένα αποτελέσματα, τότε η διαδικασία του σχεδιασμού θα προχωρήσει σε λανθασμένες βάσεις και επιλογές. Συνεπώς θα ακολουθηθούν λανθασμένες πολιτικές που στηρίχθηκαν στις λανθασμένες προβλέψεις του μοντέλου. Αυτό αποτελεί σημείο αιχμής για τις μεθοδολογίες που παρουσιάστηκαν. Πρέπει λοιπόν να τονιστεί ότι αυτές αποτελούν ισχυρά μέσα διερεύνησης προβλημάτων και όχι μέσα παραγωγής λύσεων. Εξάλλου, αυτό που απορρέει από τα μέχρι στιγμής δεδομένα λειτουργούν σε μια εικονική πραγματικότητα, προσπαθώντας να ερευνήσουν τάσεις και μηχανισμούς που υπάρχουν σε πραγματικά συστήματα. Συνεπώς προσημειώνουν και δεν απεικονίζουν καταστάσεις. Αυτό άλλωστε είναι και το βασικό τους πλεονέκτημα. Το γεγονός δηλαδή ότι μια λανθασμένη πολιτική δοκιμάζεται στο μοντέλο και όχι στη πραγματικότητα αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για τον στρατηγικό σχεδιασμό γενικότερα.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω μεθοδολογίες είναι τα εργαλεία της ανάλυσης και όχι όλη η διαδικασία αυτής. Δηλαδή δεν αποτελούν τη λύση αλλά το μέσον επίλυσης των προβλημάτων. Άλλωστε, το πεδίο είναι ακόμα ανοικτό για έρευνα και καθώς φαίνεται θα μείνει ανοικτό, όσο υπάρχουν διαφορετικές κοινωνίες, διαφορετικές πόλεις και διάφοροι τύποι επιστημόνων, που ασχολούνται με αυτή την μεθοδολογία.

³²William J. Mitchell "City of Bits" 1995 MIT Press, Cambridge, σελ. 163

Παράρτημα



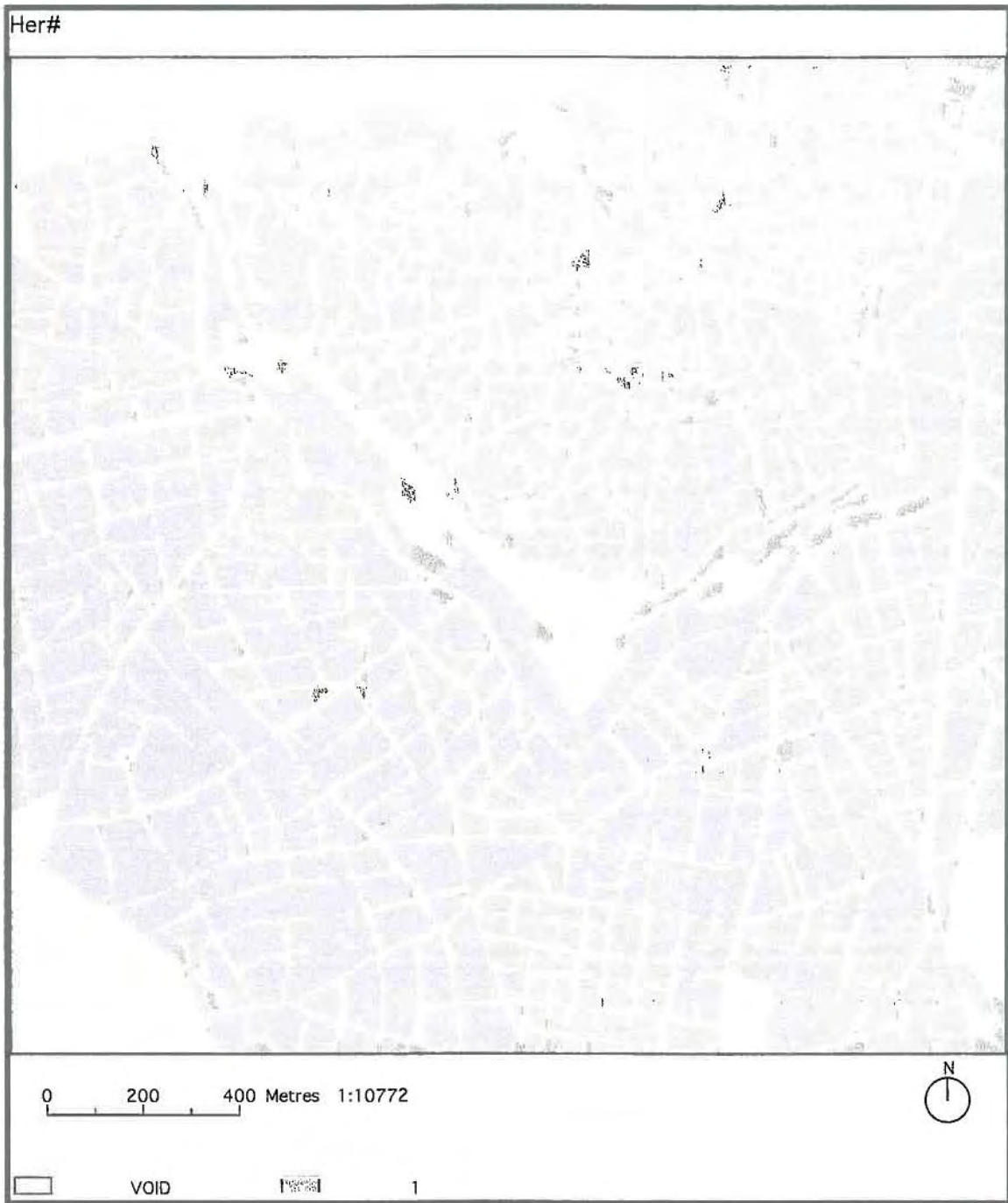
MFWORKS SPATIAL ANALYSIS OPERATIONS

Clump	Creates a map layer in which cells with the same value within a specified distance of each other are assigned a unique value.
Combine	Generates a map layer where the zone values are the result of the combinations of zones from the operand map layers.
Cover	Stacks map layers on top of each other in a specified hierarchy.
Cross	A cross tabulation recoding operation that assigns values based on the specified intersection of values in the operand map layers.
Drain	Creates a map layer showing drainage paths from a map layer of precipitation over a map layer of surface elevation. Output cell values indicate the amount of water passing through a cell.
Fence	Creates a map layer of Thiessen or Voronoi polygons from a set of data points (non-VOID) cells.
Filter	Creates a map layer by applying an image processing filter to an operand map layer. The size and weighting of the filter window can be controlled by using a user defined map layer.
Flip	Creates a horizontal image of the input map layer by flipping the map layer horizontally and/or vertically.
Grade	Creates a map layer in which each cell represents the average (or maximum) gradient or steepness - no indication of slope direction is given.
Interpolate	Creates a continuous data set from sparse data by estimating unknown values using a two pass approach.
Krige	Creates a continuous data set from sparse data by estimating values using the Kriging method of Interpolation.
Measure	Creates a map layer showing the area of each input zone.
Merge	Creates a color composite image from channel based data sets such as remote sensing imagery.
Orient	Creates a map layer where values represent the direction the surface is facing.
Profile	Assigns values describing the shape of the profile from a user specified direction.

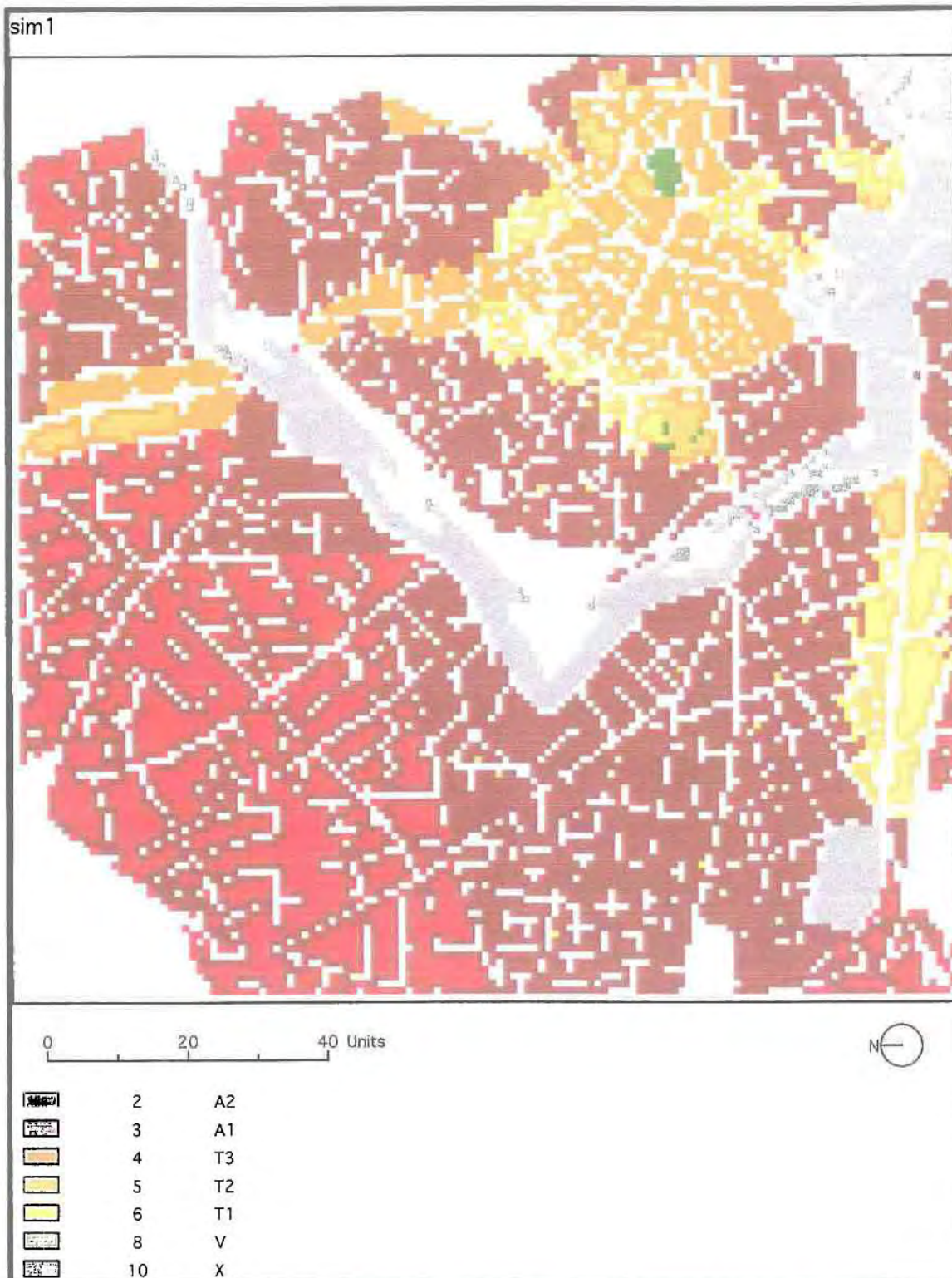
Λειτουργίες εφαρμογής MF Works

Radiate	Creates a map layer showing those cells that can be "seen" from specified vantage points.
Random	Creates a map layer of randomly sampled non-VOID cells from the input map layer.
Recode	Explicit reassignment of map layer values.
Respace	Changes the cell resolution/scale of the operand map layer.
Rotate	Changes the azimuth of a map layer by rotation about a pivot point.
Sample	Creates a map layer where the number of rows and columns have been reduced by a given value.
Scan	Creates a map of summary statistics based on cell values found within a moving window. This operation can be used to smooth the data, count occurrences of phenomena, or produce a variety of local statistics.
Score	Creates a map layer of summary statistics for specified areas.
Slice	Creates a map of grouped zone intervals.
Spread	Creates a map layer of distances or costs from non-VOID cells. The direction of the spread can be controlled. Spread can take vertical features into account.
Subscene	Creates a subarea map layer from an existing map layer. Can also be used to create duplicate map layers.
Trace	Creates a map layer defining the perimeter of each input zone. Output cell values represent the units of measure specified with the resolution of the input map.

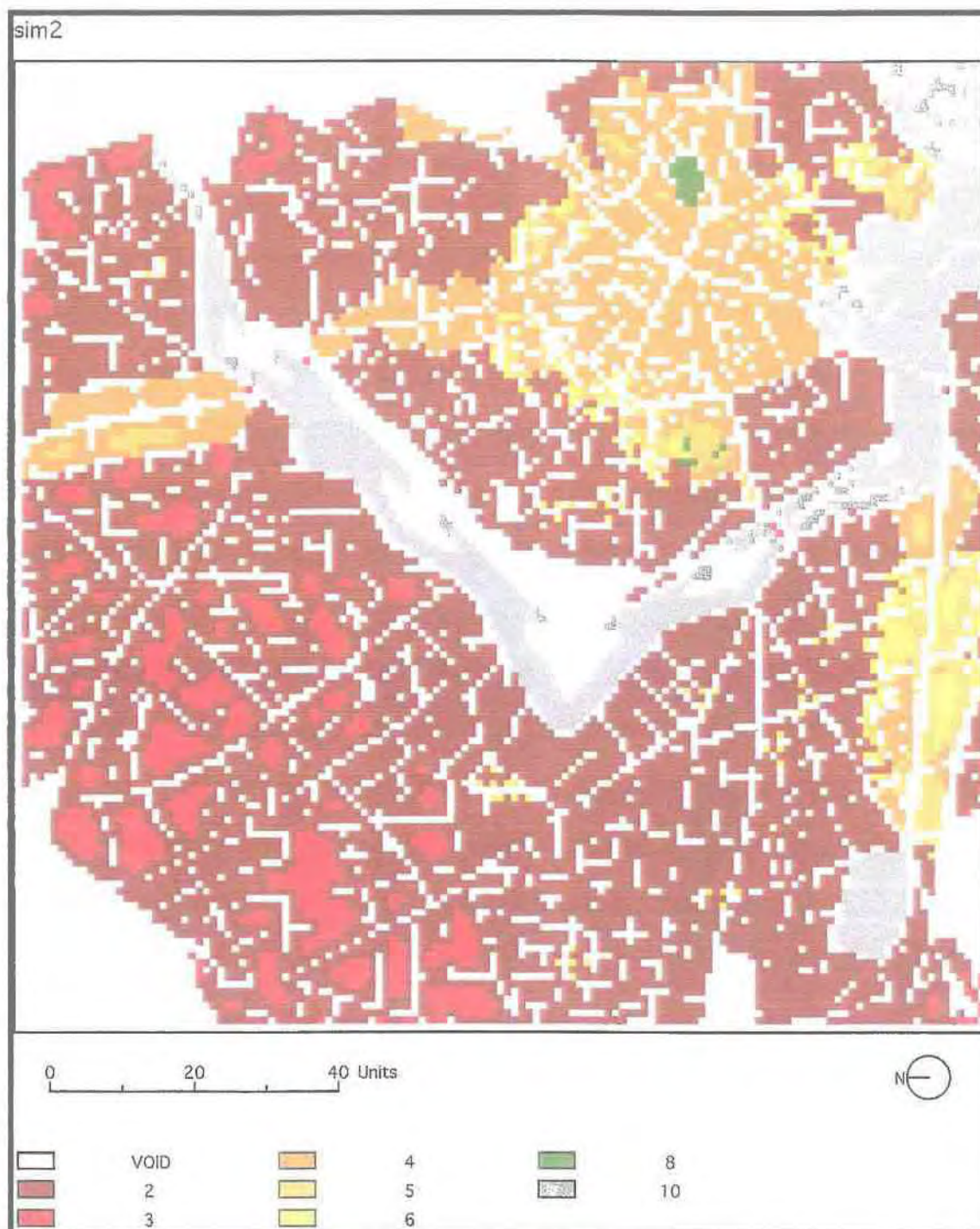
Λειτουργίες εφαρμογής MF Works



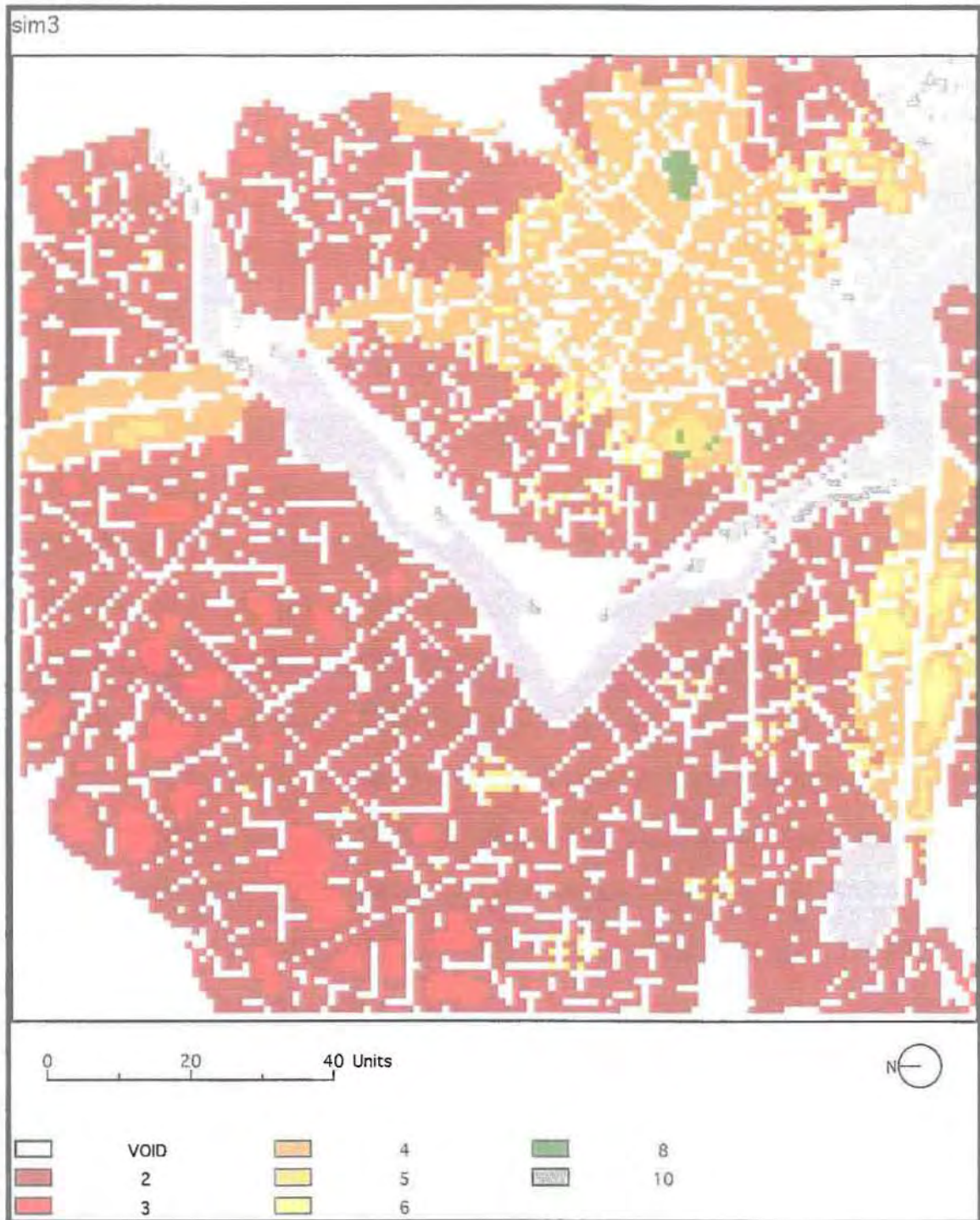
υπόβαθρο προσομοίωσης



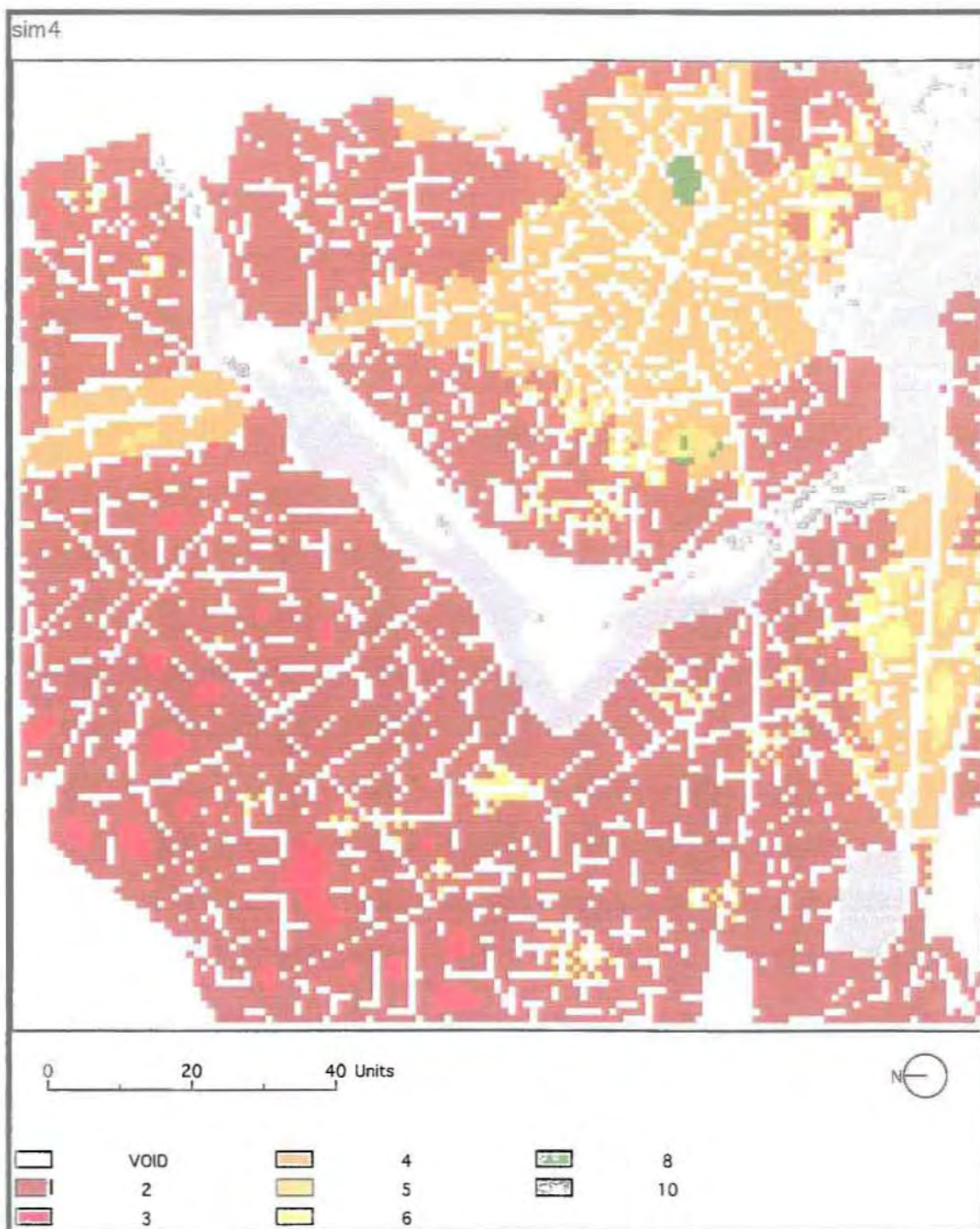
αποτελέσματα μετά από 1 κύκλο προσομοίωσης



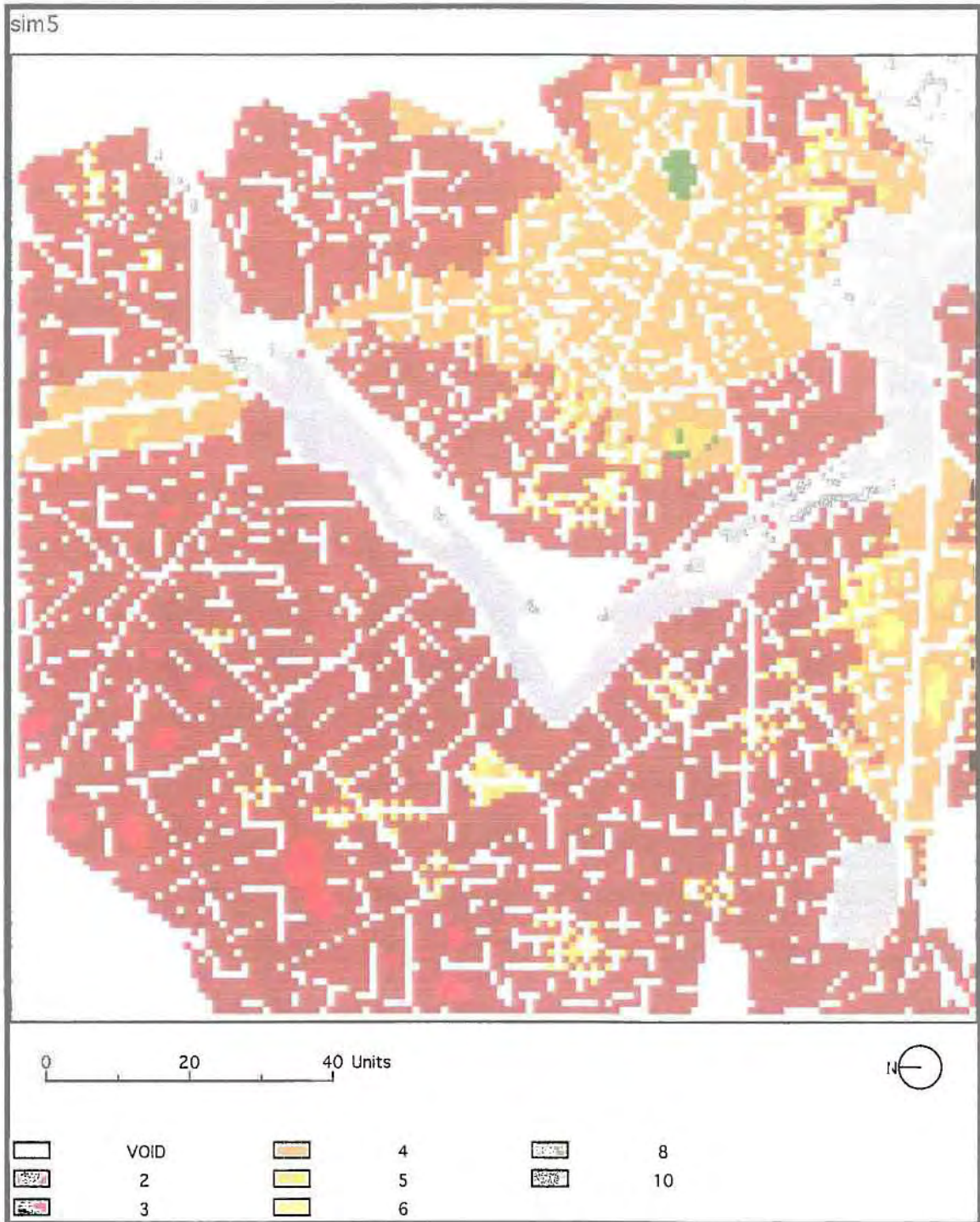
αποτελέσματα μετά από 2 κύκλους προσομοίωσης



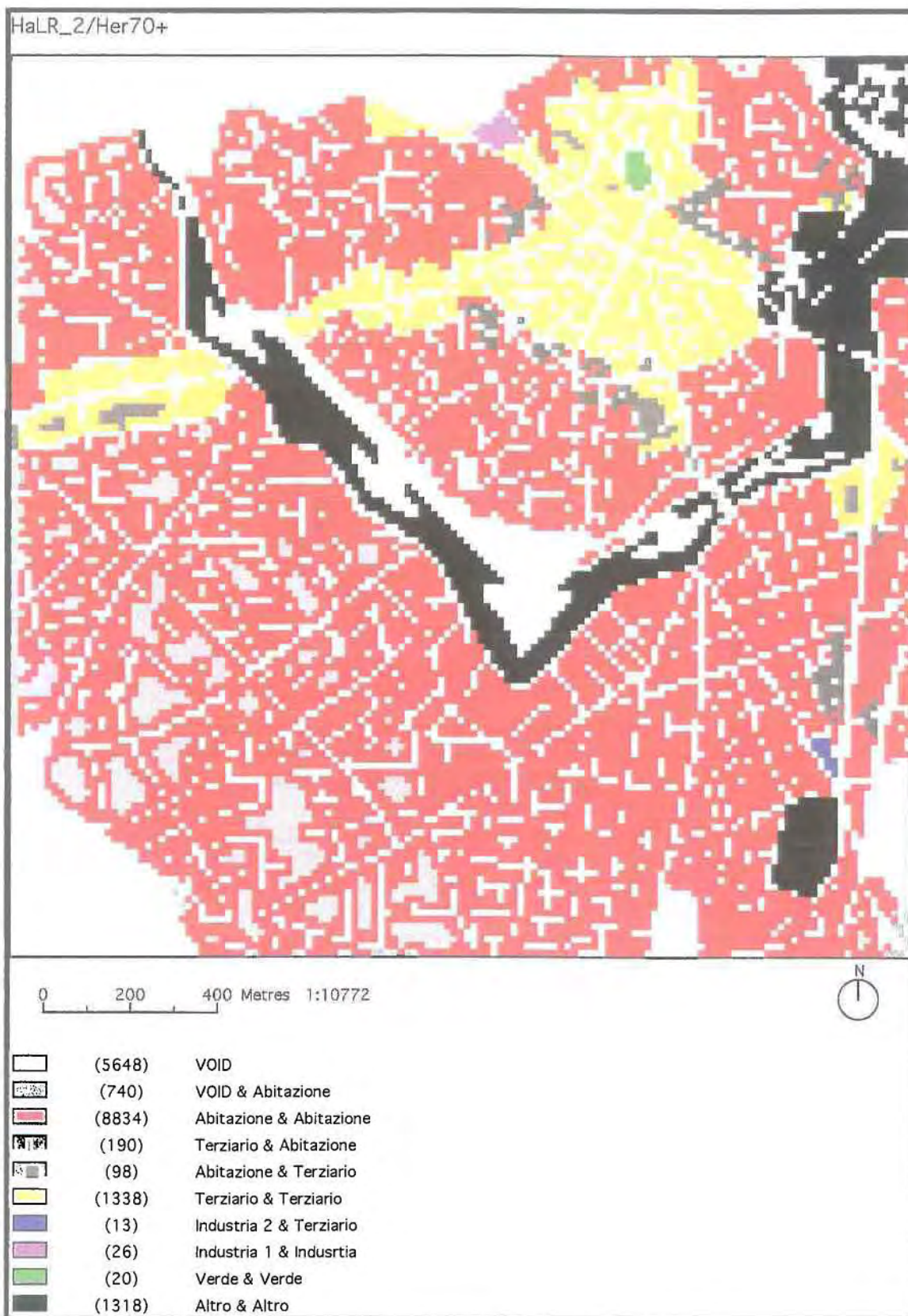
αποτελέσματα μετά από 3 κύκλους προσομοίωσης



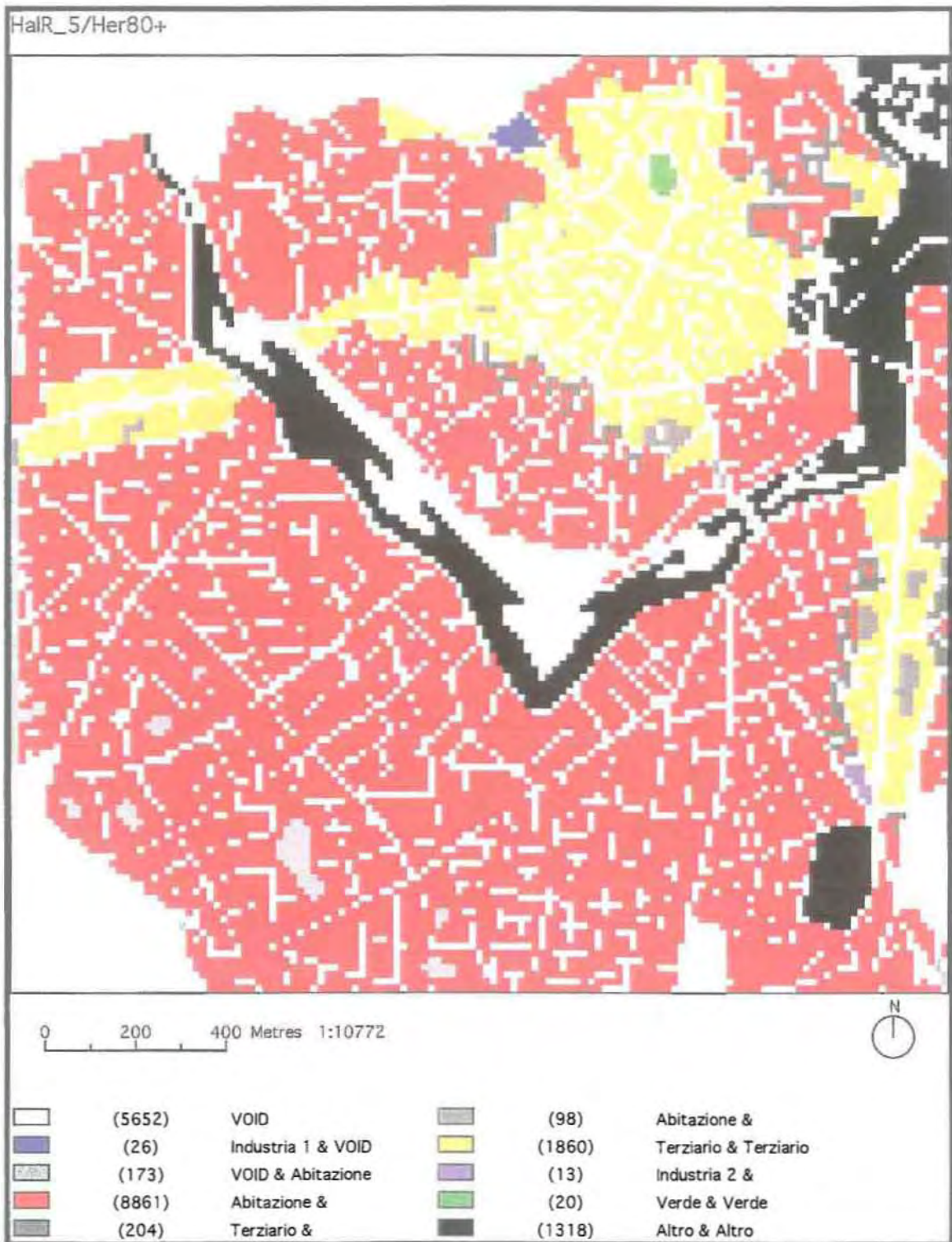
αποτελέσματα μετά από 4 κύκλους προσομοίωσης



αποτελέσματα μετά από 5 κύκλους προσομοίωσης



Σύγκριση πραγματικότητας προσομοίωσης 1971



Σύγκριση πραγματικότητας προσομοίωσης 1981

Βιβλιογραφία³³

- Αγγελίδης Μηνάς (1991) “Χωροταξικός σχεδιασμός” εκδ. Συμμετρία
- Αραβαντινός Α. (1997) “Πολοδομικός Σχεδιασμός”, Εκδ. Συμμετρία
- McHarg I (1969), “*Desing with nature*”, Garden City
- J.Bertin (1981), “*La Grafica E Il Trattamento Grafico Dell'informazione*”, Edit. Eri, Torino,
- Kevin Lynch, (1985) “*L'immagine Della Città*”, Edit. Marsilio, Prima Edizione : 1964, Nona Edizione: Marzo.
- Berry, J.K. (1987) *Fundamental operations in computer-assisted map analysis*. International Journal of Geographic Information Systems.
- Enzo Scandurra, (1987) “*Tecniche Urbanistiche Per La Pianificazione Del Territorio*” Presentazione Di Antonio Ruberti, Edit. Clup, (Cooperativa Libreria Universitaria Del Politecnico), Milano.
- A.Cecchini, F.Indovina “*Simulazione*” (1988) edit: Franco Angeli
- Luigi Piccinato, (1988) “*La Progettazione Urbanistica, La Città Come Organismo*” A Cura Di Giovanni Astengo, Edit. Marsilio, Venezia.
- Sergio Caldaretti, Ugo Schiavoni, (1988) “*Dinamiche D'uso Dei Suoli E Indicazioni Di Piano*”, Un Caso Di Studio In Un'area Campione, Introduzione Di Giuseppe Imbesi, Ediz. Dei Roma- Tipografia Del Genio Civile
- C. Dana Tomlin, (1990) “*Geographic Information Systems And Cartographic Modeling*”, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 07632.
- Michael F. Goodchild (1991) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*
- D.J.Maguire, M.F.Goodchild, D.W. Rhind, (1991) “*Geographical Information Systems*”.

³³ κατά χρονολογική σειρά έκδοσης.

- Berry, J.K. (1993) "*Cartographic modeling: The analytic capabilities of GIS*", in Geographic Information Systems and Environmental Modeling, Oxford, England: Oxford University Press.
- G.Colombo, F.Pagano, M.Rossetti, (1993) "*Manuale Di Urbanistica*", Edit. Pirola, Milano.
- Michael F. Goodchild (1993) *Environmental Modeling with GIS*
- White, R. and Engelen, G. (1993). "*Cellular Automata and Fractal Urban Form: A Cellular Modeling Approach to the Evolution of Urban Land Use Patterns*", Environment and Planning A, 25, 1175-1199
- Arnaldo Cecchini, Federica Fulici, (1994), "*La Valutazione Di Impatto Urbano, Una Proposta Metodologica*", Edit. Franco Angeli, Milano.
- Batty M., Xie Y., (1994), "*From cells to cities*" from: Environment and Planning
- C.Wayne Brown And Barry J. Shepherd, (1995)"*Graphics File Formats*" Edit. Manning, Greenwich.
- "*Ambiente E Pianificazione*",Quaderno 1,Atti Del Seminario, Istituto Universitario Di Architettura Di Venezia,Dipartimento Di Urbanistica ,Area Di Ricerca Piano-Ambiente 25-26-27 Marzo 1996,.
- Couclelis H. (1997) "*From Cellular Automata to urban models, new principles for model development and implementation*", Environment and Planning
- William J. Mitchell, (1998) "*City Of Bits, Space, Place, And The Infobahn*", Edit. "The Mit Press",Cambridge, Massachusetts, London, England,.
- Computers Environment And Urban Systems, An International Journal, Bristol, U.K.,Edit. Pergamon, March 1998, Volume 22, Number 2.
- Computers Environment And Urban Systems, An International Journal, Theme Issue: Computers In Urban Planning And Urban Management (1999), Edit. Pergamon, May 1999, Volume 23, Number 3.
- Bianchin A., Rinaldi E., Bergamasco (1998) "*Modelling dispersion phenomena in tidal environment: use of Cellular Automata in G.I.S. applications*" "G.I.S. Technologies And Their Environmental Applications" Editors: P.Pascolo (Università Degli Studi Di Udine)
- Lourenco J., Medres J., (1998) "*Urban Growth modelling and G.I.S*" estratto da "G.I.S. Technologies And Their Environmental Applications" Editors: P.Pascolo (Università Degli Studi Di Udine), C.A.Brebbia (Wessex Institute Of Tecnology, Uk), Computational Mechanics Publications Southampton, Uk And Boston, Usa, 1998.

- Yates M., Bishop D.I. (1998) "*The integration of existing G.I.S. and modelling systems with urban applications*", Computers Environment And Urban Systems vol 22 no.1 ed Pergamon
- Capra A, Scicolone B.(1998) "*Application of G.I.S. in an expert system for wastewater irrigation*" estratto da -" G.I.S. Technologies And Their Environmental Applications" Editors: P.Pascolo (Università Degli Studi Di Udine)
- "*Cupum '99, Computers In Urban Planning And Urban Management On The Edge Of The Millenium*", Proceedings Of The 6th International Conference Venice 1999, Editor Paola Rizzi, Edizioni Franco Angeli, 1999 Milano.
- Arnaldo Cecchini, Elena Besussi, , Francesco Indovina, Enrico Rinaldi A Cura Di Arnaldo Cecchini, (1999) "*Meglio Meno, Ma Meglio Automi Cellulari E Analisi Territoriale*", Edit. Franco Angeli, Milano.
- E.Salzano (1999), "*The future of town planning*" from: Computers Environment And Urban Systems vol. 23 no.3 ed Pergamon
- Batty M., Xie Y., (1999), "*Modelling urban dynamics throuth G.I.S.-based Cellular Automata*", Computers Environment And Urban Systems vol. 23 no.3 ed Pergamon