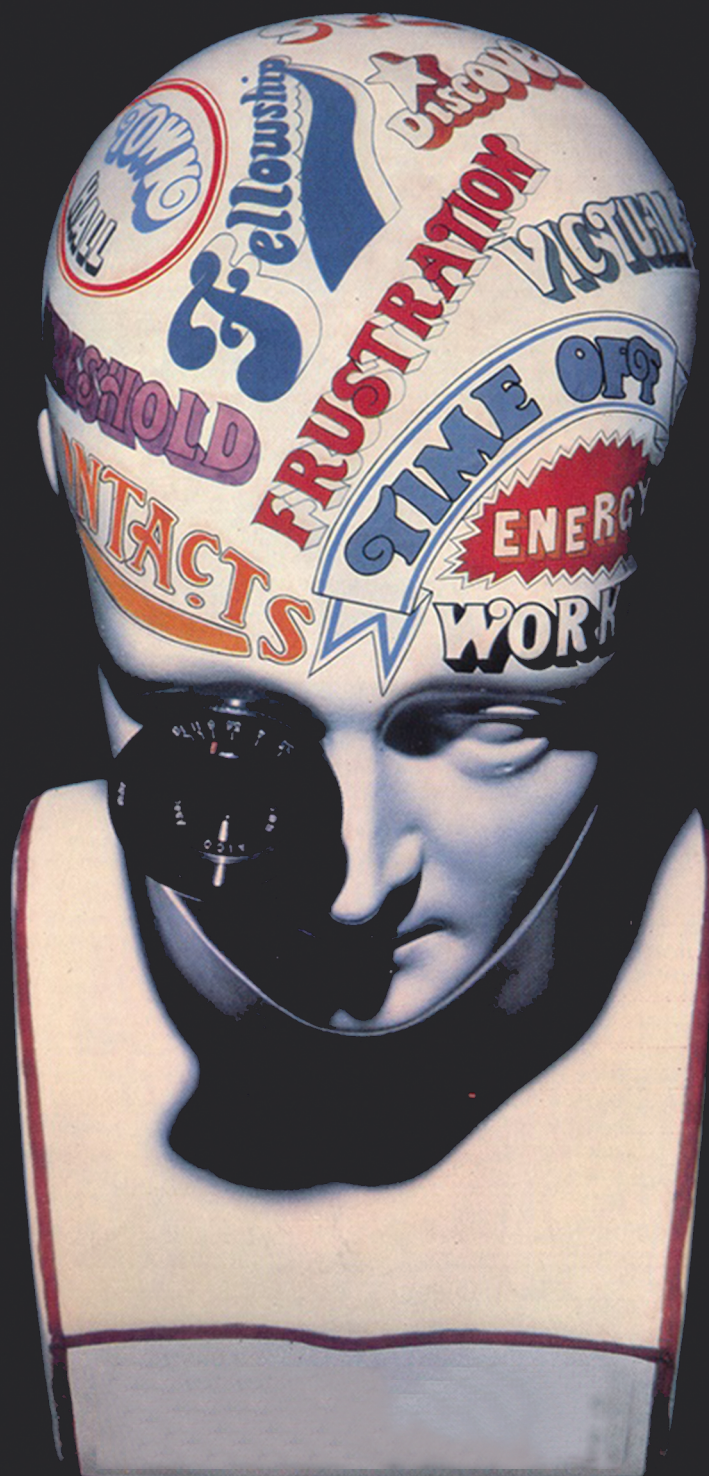


# Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΩΣ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟ, ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Ανάλυση αστικών δομών ως δίκτυα, και επεξεργασία ψηφιακών τεχνικών ως συνθετικό υπόβαθρο



Ερευνητική Εργασία  
Επιμέλεια: Μποζίκας Π.  
Επίβλεψη: Γιαννούδης Σ.  
Δεκέμβρης 2018





Ζούμε στην εποχή της πόλης και πληροφορίας. Μέχρι το τέλος του αιώνα, είναι πολύ πιθανό το μεγαλύτερο κομμάτι του παγκόσμιου πληθυσμού να ζει σε έναν τύπο πόλης, καθώς η αστικοποίηση στο πλαίσιο της παγκοσμιοποίησης κυριαρχεί, και οι προηγούμενες αστικές μας επιδιώξεις αργοσβήνουν.

Για να κατανοήσουμε σε βάθος τη λειτουργία της πόλης, πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπ' όψιν την λογική ότι οι πόλεις αποτελούνται από μέρη, στα οποία οι άνθρωποι συναντιούνται για να “αλληλεπιδράσουν”. Καθώς οι τεχνολογία καθιστά δυνατή την αλληλεπίδραση πολύ πιο εύκολη και εισάγει ένα πλήθος νέων τρόπων εφαρμογής της, η κατανόησή μας πρέπει να εμπλουτισθεί από μελέτες δικτύων, αλληλεπιδράσεων, συνδέσεων, συναλλαγών και οποιουδήποτε άλλου τρόπου δίνει τη δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ ατόμων.

Ως αναγκαία εκκίνηση για την κατανόηση της μετάβασης αυτής, επιχειρήθηκε μια εισαγωγή σε έναν νέο τρόπο αρχιτεκτονικής σκέψης, με βάση τον οποίο η αντίληψη του σχηματισμού της μορφής αντικαθίσταται από την διαδικασία αναζήτησης της μορφής.

Ο συλλογισμός αυτός, θέτει νέα ερωτήματα και πεδία προβληματισμού στους αρχιτέκτονες και σχεδιαστές, οι οποίοι καλούνται να αναζητήσουν απαντήσεις σε θεωρίες οι οποίες μέχρι πρότινος δεν είχαν μεγάλη σημασία για τον κλάδο, όπως η θεωρία της πολυπλοκότητας και οι δικτυακές δομές.

Η προσπάθεια διαχείρισης της πολυπλοκότητας και ένταξης της στην διαδικασία του σχεδιασμού οδηγεί τους αρχιτέκτονες στην στρατηγική διαδικασία της επίλυσης του κόμβου, κατά την οποία το ενδιαφέρον και η προσοχή των σχεδιαστών στρέφεται από την κεντρική ιδέα της σύνθεσης στην ανάδειξη των σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ διαφορετικών στοιχείων, τα οποία μέσω της επεξεργασίας και συσχέτισης πλήθους παραμέτρων, οδηγούν σε αναδυόμενα αποτελέσματα, συνήθως μέσα από συλλογικές δραστηριότητες που αυτά αναπτύσσουν.

Η θεωρία της συναρμολόγησης, αποτελεί για την εργασία αυτή την αφορμή για την παρουσίαση μιας οντολογίας που αφορά την μορφογένεση συνόλων τα οποία απαρτίζονται από ξεχωριστά μέρη, και την αντίληψη υπαρχόντων συστημάτων ως τέτοια, με σκοπό τη κατανόηση της πολυπλοκότητας της πόλης.

Στη συνέχεια η εφαρμογή ψηφιακών διαδικασιών ανάλυσης και επεξεργασίας παραμέτρων στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, σε συνδυασμό με την θεωρία της συναρμολόγησης όπως αυτή αναπτύχθηκε από τους κυριότερους εκφραστές της, φαίνεται να αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο επεμβαίνουμε στην σύγχρονη πόλη.

Μπορεί να εκφραστεί και ως αφορμή για την συγκρότηση ενός νέου διαφορετικού τρόπου αρχιτεκτονικής σκέψης, η οποία σε αντίθεση με παλαιότερες πρακτικές, θα συλλαμβάνει την πόλη ως ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων στοιχείων.

Ερευνητική Εργασία με τίτλο:

Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΩΣ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟ,  
ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Ανάλυση αστικών δομών ως δίκτυα και  
επεξεργασία ψηφιακών τεχνικών ως συνθετικό υπόβαθρο.

Επιμέλεια: Μποζίκας Π.  
Επίβλεψη: Γιαννούδης Σ.

A.M.: 2010060050

Δεκέμβρης 2018  
Πολυτεχνείο Κρήτης: Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών





---

## Περιεχόμενα

---

---

### Κεφάλαιο 1

---

#### 1.1\_Εισαγωγή

#### 1.2\_Επιρροές επιλογής θέματος

##### 1.2.1\_Flatlands, A romance of many dimensions

##### 1.2.2\_Αόρατες Πόλεις, από μια δικτυακή αντίληψη

#### 1.3\_Ανασκόπηση μεθόδων προσέγγισης μη περιγράψιμων χωρικών ποιοτήτων, ως στοιχεία ενός συστήματος.

##### 1.3.1\_ Η αντίληψη της πόλης βάσει της εικονικότητας κατά τον Kevin Lynch.

##### 1.3.2\_ Η προσέγγιση της πόλης μέσω των αστικών συντελεστών από τον Aldo Rossi.

##### 1.3.3\_ Οι χωρικές δομές ως στοιχεία μιας γλώσσας προτύπων, κατά τον Ch. Alexander.

##### 1.3.4\_ Ανάλυση του χώρου βάσει διατακτικών ιδιοτήτων από τη Space Syntax.

---

### Κεφάλαιο 2

---

#### 2.1\_Σε όρους Πολυπλοκότητας

#### 2.2\_Πόλη και Πολυπλοκότητα

#### 2.3\_Πολύπλοκο-περίπλοκο

#### 2.4\_Πιθανότητα

#### 2.5\_Επίλυση του κόμβου

#### 2.6\_Πληθυσμιακή σκέψη

#### 2.7\_Εντατική σκέψη

#### 2.8\_Τοπολογική σκέψη

##### 2.8.1\_Τοπολογία και χώροι πιθανοτήτων

##### 2.8.2\_Ελκυστές, μοναδικότητες και και καμπύλες τροχιάς

##### 2.8.3\_Δυνητικοποίηση και τοπολογία

##### 2.8.4\_Τοπολογία ως φορέας του δυνητικού

##### 2.8.5\_Η τοπολογία στην αρχιτεκτονική

---

### Κεφάλαιο 3

---

#### 3.1\_Εισαγωγή στη θεωρία της συναρμολόγησης

##### 3.1.1\_Πρώτη θεωρία συναρμολόγησης

##### 3.1.2\_Το μοντέλο της διπλής άρθρωσης

##### 3.1.3\_Η αφηρημένη μηχανή

#### 3.2\_Η νέα θεωρία συναρμολόγησης

##### 3.2.1\_Το συναρμολόγημα

##### 3.2.2\_Ολότητες

##### 3.2.3\_Ρίζωμα

##### 3.2.4\_Η πόλη ως συναρμολόγημα

##### 3.2.5\_Ριζωματική πολεοδομία



## Κεφάλαιο 4

### Μέσα και τεχνικές ανάλυσης και εφαρμογής

#### 4.1\_Φρακταλικές δομές

- 4.1.1\_Φρακταλική δομή κι ανάπτυξη
- 4.1.2\_Modularity, ιεραρχία και αυτο-ομοιότητα
- 4.1.3\_Προσομοιώνοντας ανάπτυξη που γεμίζει τον χώρο
- 4.1.4\_Πραγματικές πόλεις και πάτερν πολυπλοκότητας

#### 4.2\_Cellular Automata

Παράγοντας και προσομοιώνοντας πόλεις, με τη χρήση μοντέλων cellular automata.

- 4.2.1\_Ο μηχανισμός των cellular automata
- 4.2.2\_Εφαρμογές των Μοντέλων Βασιμένων σε CA.
- 4.2.3\_Προσομοιώσεις, Προβλέψεις, Σχέδια

#### 4.3\_Artificial Neural Networks

- 4.3.1\_Είδη εκμάθησης
- 4.3.2\_Σχέση με Αρχιτεκτονική
- 4.3.3\_Ο Αυτοοργανώσιμος Χάρτη (Self Organizing Map)
- 4.3.4\_Κωδικοποίηση των εισόδων
- 4.3.5\_Ο κόμβος νικητής
- 4.3.6\_Γεωμετρικοί Χάρτες
- 4.3.7\_Τοπολογία
- 4.3.8\_Όρια των SOM
- 4.3.9\_Meta-learning
- 4.3.10\_Growing Neural Networks
- 4.3.11\_Neural gas
- 4.3.12\_Αναπτυσσόμενο νευρωνικό Αέριο (Growing Neural Gas, GNG)
- 4.3.13\_GNG-U
- 4.3.14\_Στην Αρχιτεκτονική
- 4.3.15\_Αναπτυσσόμενες Κυτταρικές Δομές

#### 4.4\_Continuation maps και axial maps

### Συμπεράσματα

### Βιβλιογραφία



## 1.1\_Εισαγωγή

“A CITY IS MORE THAN A PLACE IN SPACE, IT IS A DRAMA IN TIME.”

-PATRICK GEDDES,  
CIVICS AS APPLIED SOCIOLOGY (1905, P.6)

Ζούμε στην εποχή της πόλης και πληροφορίας. Μέχρι το τέλος του αιώνα, είναι πολύ πιθανό το μεγαλύτερο κομμάτι του παγκόσμιου πληθυσμού να ζει σε έναν τύπο πόλης, καθώς η αστικοποίηση στο πλαίσιο της παγκοσμιοποίησης κυριαρχεί, και οι προηγούμενες αστικές μας επιδιώξεις αργοσβήνουν.

Για να κατανοήσουμε σε βάθος τη λειτουργία της πόλης, πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπ' όψιν την λογική ότι οι πόλεις αποτελούνται από μέρη, στα οποία οι άνθρωποι συναντιούνται για να “αλληλεπιδράσουν”. Καθώς οι τεχνολογία καθιστά δυνατή την αλληλεπίδραση πολύ πιο εύκολη και εισάγει ένα πλήθος νέων τρόπων εφαρμογής της, η κατανόησή μας πρέπει να εμπλουτισθεί από μελέτες δικτύων, αλληλεπιδράσεων, συνδέσεων, συναλλαγών και οποιουδήποτε άλλου τρόπου δίνει τη δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ ατόμων.

-Οι **Peter Haggett και Richard Chorley** στο βιβλίο τους “**Network Analysis in Geography** (1969)” παρήγαγαν μια εξαιρετική ανάλυση του τρόπου που τα δίκτυα χρησιμοποιούνταν στην γεωγραφία, η οποία επικεντρωνόταν ιδιαίτερα στον **παράλληλισμό των πόλεων ως ανθρωπίνων συστημάτων και της γεωμορφολογίας ως φυσικών συστημάτων.**

-Την ίδια, περίπου, περίοδο ο **Waldo Tobler**<sup>1</sup> έγραψε ένα μεγάλο κομμάτι σχετικών άρθρων/papers για την **γεωμετρία σε σχέση με τις ροές που χρησιμοποιούνται για να διατηρήσουν το μορφολογικό σύστημα ζωντανό**, μέχρι που στην νέα εποχή, αυτές οι ιδέες άρχισαν να βρίσκουν εφαρμογή μέσω των σύγχρονων αλγοριθμικών τεχνικών ανάλυσης.

-Η **Jane Jacobs**, στο βιβλίο της “**The Death and Life of Great American Cities**” (1961), υποστηρίζει ότι δεν είναι αρκετό να μελετάμε απλά τις χωρικές θέσεις των πραγμάτων στις πόλεις, όπως κάναμε παλιότερα. Απεναντίας, οφείλουμε να θεωρήσουμε πως **η χωρική θέση κείται στην καρδιά του πως τα εξελισσόμενα δίκτυα σχέσεων παρέχουν τα θεμέλια που συγκρατούν τους ανθρώπους στις πόλεις.**

-Ο **Richard meier**, στον πρόλογο του βιβλίου του “**A Communications Theory of Urban Growth**” (1962), μίλησε για αστικά περιβάλλοντα που “**συνεχώς βομβαρδίζοντουσαν από πληροφορίες/μηνύματα**”, και κατέληξε σε μια ανάλυση της πόλης ως ένα **καλειδοσκόπιο πληροφορίας.**

<sup>1</sup>Waldo Tobler (γεωγράφος πολεοδόμος)- Notes and Comments on the Composition of Terrestrial and Celestial Maps (2011)

Εικόνα 1:Χάρτης σημείων του Σικάγο με έντονα κοινωνικά χαρακτηριστικά, στις αντίστοιχες χρονολογίες.





Ακόμα, παρά τις περιστασιακές και προβλεπτικές συνεισφορές, συνεχίζουμε να αντιλαμβανόμαστε τις πόλεις ως χώρους και μέρη. Αναγνωρίζουμε ότι αυτά **“συγκολήθηκαν” μεταξύ τους μέσω των μεταφορών**, αλλά δεν έχουμε εμβαθύνει ιδιαίτερα στην προσπάθεια ανάλυσης της πόλης ως ένα **σύνολο δικτύων, από τα οποία οι χωρικές θέσεις ξεπροβάλλουν μέσω των δράσεων**. Προσπαθούσαμε πάντα να προσάψουμε πράξεις και δραστηριότητες σε χωρικές θέσεις και ύστερα να τις ανάγουμε σε αλληλεπιδράσεις, αντί του να **προκύπτουν οι χωρικές θέσεις κάθε χρήσης, ως ένα αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων**.

Στο πλαίσιο αυτής της μετάβασης αντίληψης της πόλης, προσπαθούμε να θήξουμε τη γραμμικότητα και δυναμική της παραδοσιακής συνθετικής διαδικασίας και το ρόλο κεντρικού ελέγχου του αρχιτέκτονα, εξερευνώντας μεθοδολογίες που πειραματίζονται με αναδυόμενες μορφές, δικτυακές δομές και αναλύσεις συνδέσεων και κόμβων, σε εικονικό περιβάλλον, και την εφαρμογή τους στο πραγματικό, με στόχο τη βελτιστοποίηση σχεδιαστικού υποβάθρου.

**Έναυσμα** για την εργασία αποτέλεσε το ερώτημα για το αν η σύγχρονη αρχιτεκτονική μπορεί να ανταπεξέλθει στην αυξανόμενη πολυπλοκότητα της κοινωνίας, ως κοινωνικό, οικονομικό, πολιτικό και πολιτισμικό σύστημα, και αν μπορεί υπό αυτό το πρίσμα να εκμεταλλευτεί και συντρέξει με την εξέλιξη των θετικών επιστημών, σε συγκεκριμένους τομείς (αστική ανάλυση/υπόβαθρο σχεδίασης κλπ.), για να καλύψει τις ανάγκες της.

Στην εποχή της πληροφορίας, πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε θεωρητικές και τεχνικές προσεγγίσεις των σύγχρονων θετικών επιστημών, με σκοπό τη μεγιστοποίηση του εύρους παραγόντων που διαχειριζόμαστε, και της καταλληλότερης ιεράρχισης των αναγκών μιας πόλης, ως υπόβαθρο σχεδίασης.

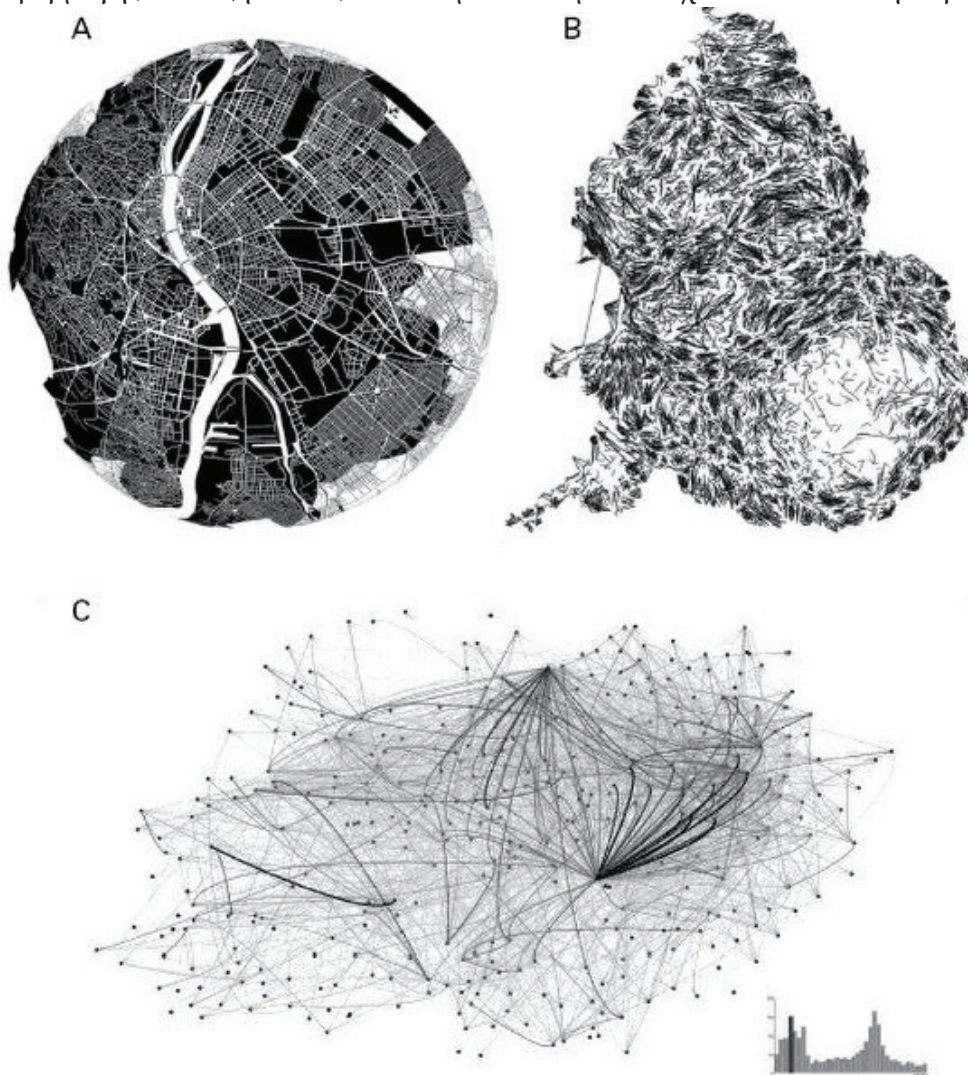
Σε αυτό το πλαίσιο, φαίνεται αναγκαία η προσπάθεια της μεταβολής της αντίληψης της πόλης, από την παραδοσιακή μας εστίαση από τοποθεσίες, σε αλληλεπιδράσεις και, κατ' αυτόν τον τρόπο, η θεωρητική υποστήριξη αυτής της ανάλυσης, ώστε να μεταβούμε μετά υπό αυτό το πρίσμα, στη χρήση θεωριών και τεχνικών μέσων που την επεξεργάζονται ως τέτοια, όχι με τη βιομιμητική έννοια της εικονικής διαχείρισης ιδεατών χώρων, αλλά μεταφορά της διαδικασίας ανάπτυξης της μορφής βάσει των αλληλεπιδράσεων και αναγκών του περιβάλλοντα χώρου.

Ο **σκοπός** της εργασίας έχει δύο τομείς. Αρχικά να εξετασθεί και παρουσιασθεί το θεωρητικό υπόβαθρο για την μεταβολή στην αντίληψη της πόλης ως δίκτυο αλληλεπιδράσεων, και το πως τέτοιες θεωρήσεις γειώνονται στην σύγχρονη εποχή, και στη συνέχεια, η εξέταση μεθοδολογιών και τεχνικών, που προσεγγίζοντας την πόλη ως δίκτυο, μέσω της υπολογιστικής δυναμικής, αναλύουν τις δομές και συνδέσεις, αποσκοπώντας, σε περιβάλλον προσομοίωσης, να παράγουν σενάρια βέλτιστου υποβάθρου παρέμβασης.



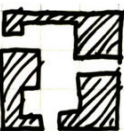
Η **μεθοδολογία** που ακολουθούμε συνίσταται της θεωρητικής ανάλυσης της πόλης ως δίκτυο αλληλεπιδράσεων ως υπόβαθρο για την επεξεργασία μεθόδων και τεχνικών μελέτης και επεξεργασίας της ως τέτοια, και τη εξέταση δυνατότητας χρήσης αυτών για τη δημιουργία ενός σύγχρονου σχεδιαστικού υποβάθρου που μπορεί να συμπεριλάβει σε ένα καλό ποσοστό την πολυπλοκότητα των παραγόντων της.

Η **δομή** εκκινεί, παραδόξως, με την παράθεση παραδειγμάτων δικτυακής επεξεργασίας δομής δύο βιβλίων, τα οποία παίζουν ελάχιστο ρόλο στη ροή της εργασίας, αλλά αποτέλεσαν αρχική επιρροή για τον πειραματισμό μου με δικτυακές δομές και την προσέγγιση της πόλης ως ένα τέτοιο σύστημα. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η θεωρητική ανάλυση, με την προσπάθεια πολύπλευρης ανάλυσης της πόλης, μέσω ιστορικής αναδρομής σε αντιλήψεις από μελετητές επιρροής στο χώρο της αρχιτεκτονικής, στη προσπάθεια προσέγγισης μιας τέτοιας λογικής από διαφορετικές πτυχές. Στη συνέχεια, αναλύουμε έννοιες 'όπως η πολυπλοκότητα, πιθανότητα για να καταλήξουμε στην κεντροβαρική θεωρία, τη θεωρία της συναρμολόγησης, και το πως αυτή ανάγεται στην πόλη ως "συναρμολόγημα"-δίκτυο. Στη συνέχεια, έχοντας δημιουργήσει το υπόβαθρο της πόλης ως δικτυακού συστήματος, επεξεργαζόμαστε τις μεθόδους και τεχνικές που μπορούν υπό αυτό το πρίσμα να προσομοιώσουν σενάρια πιθανής εξέλιξης και εφαρμογής, αναζητώντας ένα εμπλουτισμένο σχεδιαστικό υπόβαθρο.



Εικόνα 2: Οπτικοποίηση της επεξεργασίας ενός αστικού ιστού σε δίκτυο κόμβων.







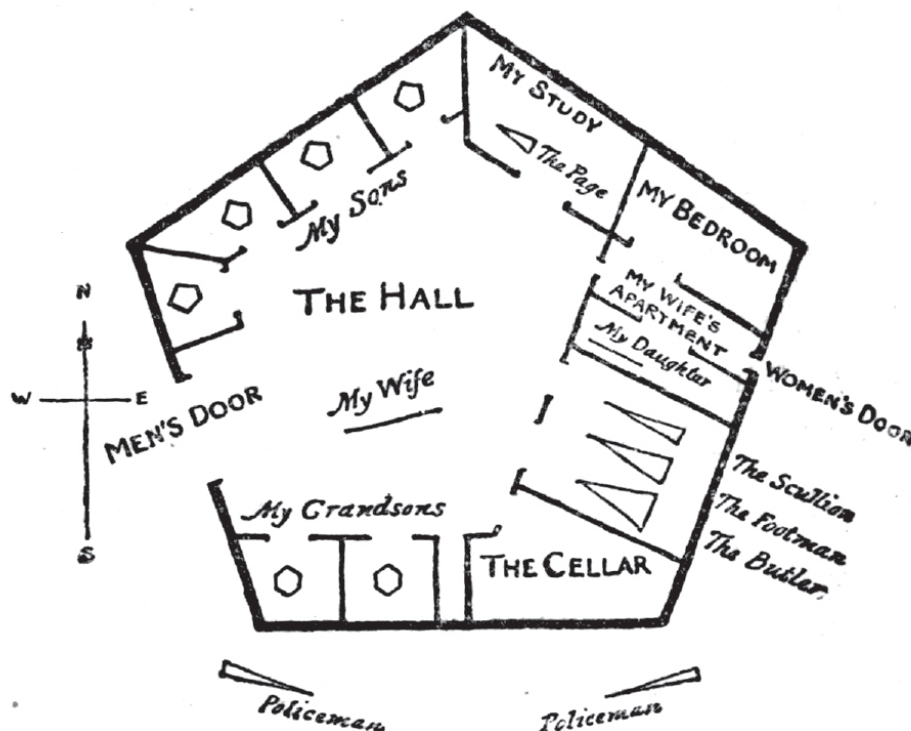
## 1.2\_Flatlands του E. Abbott

*"Define space: Space my Lord is height and breadth indefinitely prolonged"*

Αφορμή για τους εκκινήτριους συλλογισμού στο θέμα της πολυπλοκότητας και της δικτυακής ανάλυσης αποτέλεσε το έργο του Edwin Abbott, Flatlands, A romance of many dimensions.

Στο μαθηματικής φαντασίας σύγγραμμά του, περιγράφει πως θα ήταν η ζωή σε έναν κόσμο όπου θα έλειπε η τρίτη διάσταση. Στο παράδειγμα αυτό, δίνεται η ευκαιρία να σχολιαστεί η αναπαράσταση της πληροφορίας ως μιας διαδικασίας εφαρμογής παραδοχών και συμβάσεων οι οποίες καθορίζουν τον ορισμό της ελάχιστης μονάδας . καθώς και τους αλληλοσυσχετισμούς των πραγμάτων από την πλευρά του γραφόντος - συγγραφέα, καθώς και η περαιτέρω εφαρμογή νέων παραδοχών που καθιστούν δυνατή την αναπαράσταση της Επιπεδοχώρας με όρους δικτυακής συγκρότησης.

Προκειμένου να γίνει κάτι τέτοιο, οι ελάχιστες μονάδες που συνιστούν τον δισδιάστατο κόσμο της Επιπεδοχώρας αποκτούν ένα είδος ταυτότητας κατ' αναλογία με τις οδηγίες του συγγραφέα ως προς τα όντα που κατοικούν σε αυτήν, ενώ οι σχέσεις μεταξύ αυτών αποτυπώνονται ως βαθμοί των συνδέσεων μεταξύ των όντων, σε αναλογία με τις σχέσεις επικινδυνότητας που περιγράφονται από τον συγγραφέα.



Εικόνα 3: Σχεδιάγραμμα της κατοικίας του πρωταγωνιστή.

Πιο αναλυτικά, ακολουθώντας τις οδηγίες του Abbott ως προς τον ορισμό των οντοτήτων που κατοικούν στην Επιπεδοχώρα και του είδους αυτών, φαίνεται πως οι παραδοχές που εφαρμόζονται από το συγγραφέα μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

-Τα έμβια ή άψυχα όντα είναι σχήματα (ευθεία γραμμή, ισοσκελές τρίγωνο, ισόπλευρο τρίγωνο, τετράγωνο, πεντάγωνο - πολύπλευρο και κύκλος), και κινούνται πάνω (ή εντός) της επιφάνειας της επιπεδοχώρας, μόνο που επειδή οι κάτοικοι δεν έχουν τη δυνατότητα να ανέβουν πάνω στο επίπεδο επιφάνειας και να διακρίνουν τα πράγματα όπως συμβαίνει στον πραγματικό κόσμο, διακρίνουν εξαιτίας της φωτεινότητας των ακμών τους, μόνο ευθείες γραμμές.

-Τα όντα αυξάνουν εξελικτικά τις πλευρές τους από γενιά σε γενιά: ο απόγονος του τριγώνου είναι τετράγωνο κ.ό.κ.

-Τα όντα αυξάνουν εξελικτικά τις διαστάσεις των πλευρών τους στη διάρκεια της ζωής τους. Θα μπορούσε δηλαδή να υποστηρίξει κανείς πως η Επιπεδοχώρα του Abbott συνιστά ένα πεδίο όπου οι οντότητες εξελίσσονται παραμετρικά στην πάροδο του χρόνου προς έναν “εξευγενισμό” της ύπαρξής τους.

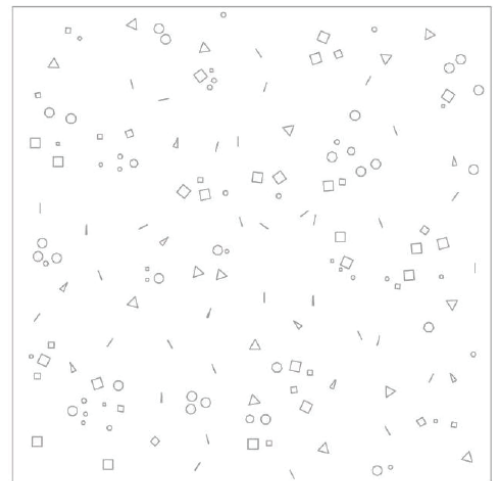
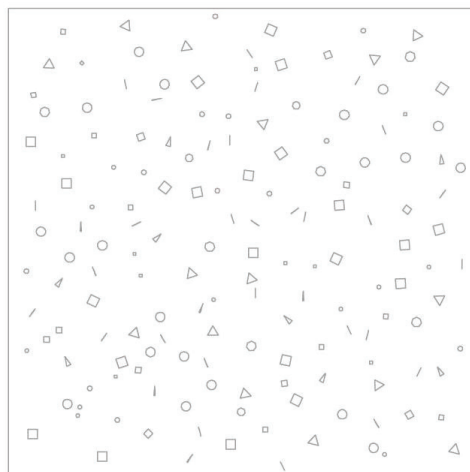
-οι ακανόνιστιες των σχημάτων θεωρούνται ασθένειες και αντιμετωπίζονται με θεραπευτική αγωγή στα ειδικά γι αυτόν το σκοπό “Κανονικά νοσοκομεία”. Λόγω του ότι μια ακανονιστία στο χήμα θα αναιρούσε τον τρόπο αναγνώρισης των όντων μεταξύ τους, τα σχήματα που κατοικούν την Επιπεδοχώρα πρέπει να είναι κανονικά.

Επιπλέον υπάρχει άμεση αντιστοιχία κοινωνικής συμπεριφοράς και σχήματος. Η ξαφνική αλλαγή της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει μια προσωρινή ακανονιστία στο σχήμα που μπορεί να γίνει η αιτία μιας ανάρμοστης συμπεριφοράς.

Επιπλέον, ως προς τις σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων ισχύουν τα εξής:

- Τα έμβια όντα αναγνωρίζονται μεταξύ τους με τρεις τρόπους:
  - Μέσω της ακοής,
  - Μέσω της όρασης,
  - Μέσω της αφής

**Εικόνα 4:** Το πεδίο συνύπαρξης των οντοτήτων του Abbot θα μπορούσε να περιγραφεί στα πλαίσια μιας κατασκευής ενός διδιάστατου πεδίου όπου με την εφαρμογή απωστικών δυνάμεων αναλόγων με το βαθμό επικινδυνότητας της κάθε οντότητας, προκύπτει τελικά ένα πεδίο συνύπαρξης σχημάτων όπου τα πιο “εξευγενισμένα” όντα έχουν πιο κοντινούς δεσμούς, εκφραζόμενη ως εγγύτητα, ενώ τα πιο επικίνδυνα όντα, όπως οι ευθείες γραμμές και τα οξεία τρίγωνα βρίσκονται σε πιο απομονωμένες θέσεις εντός του διδιάστατου πεδίου της επιπεδοχώρας.



Η γνωριμία δύο ατόμων γίνεται ως εξής:

Τα όντα ακουμπούν το ένα το άλλο, έχοντας έμφυτο το χάρισμα της μέτρησης γωνιών με εξαιρετική ακρίβεια και αφού τα σχήματα στην επιπεδοχώρα είναι κανονικά, μπορούν να αναγνωρίσουν το ένα από το άλλο σχήμα.

-Ο βαθμός (κοινωνικής) επικινδυνότητας της κάθε οντότητας είναι αντιστρόφως ανάλογος της εσωτερικής γωνίας του σχήματός της. Έτσι θα μπορούσε να θεωρηθεί πως οι σχέσεις μεταξύ οντοτήτων στην Επιπεδοχώρα καθορίζονται από γεωγραφικούς κανόνες έλξης - απόθησης με βάση το βαθμό επικινδυνότητας.

Εισάγεται εδώ ο προβληματισμός που προκύπτει όταν, κατά την εξέταση δομών ή φαινομένων του πραγματικού κόσμου, εφαρμόζονται παραδοχές που αφορούν στο σύνολο της δομής ή σε επιμέρους χαρακτηριστικά αυτής, έτσι ώστε να είναι εφικτή η μείωση της πολυπλοκότητας (των διαστάσεων) της υπό εξέταση δομής του πραγματικού κόσμου, καθώς και η αποτύπωση, η μελέτη και η αναγωγή συμπερασμάτων ως προς αυτήν.

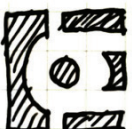
“Το μοντέλο και η αλήθεια:

Σκεπτόμενοι μέσω μοντέλων εγκαταλείπουμε συνειδητά μια γλώσσα, το οποίο σημαίνει πως ενδεχομένως είμαστε οι μόνοι που έχουμε τη δυνατότητα να γνωρίζουμε τη μόνη αλήθεια. Δε λήμε “αυτά είναι τα γεγονότα και μόνο τα γεγονότα μετράνε”. Μια πιο κατάλληλη γλώσσα λήγει “Υποθέτωντας αυτό και εκείνο και υιοθετώντας ένα σύνολο τέτοιων κανόνων, μπορούμε να υπαινιχθούμε αυτό και εκείνο”

(P. Erdi, Complexity Explained, 2008)

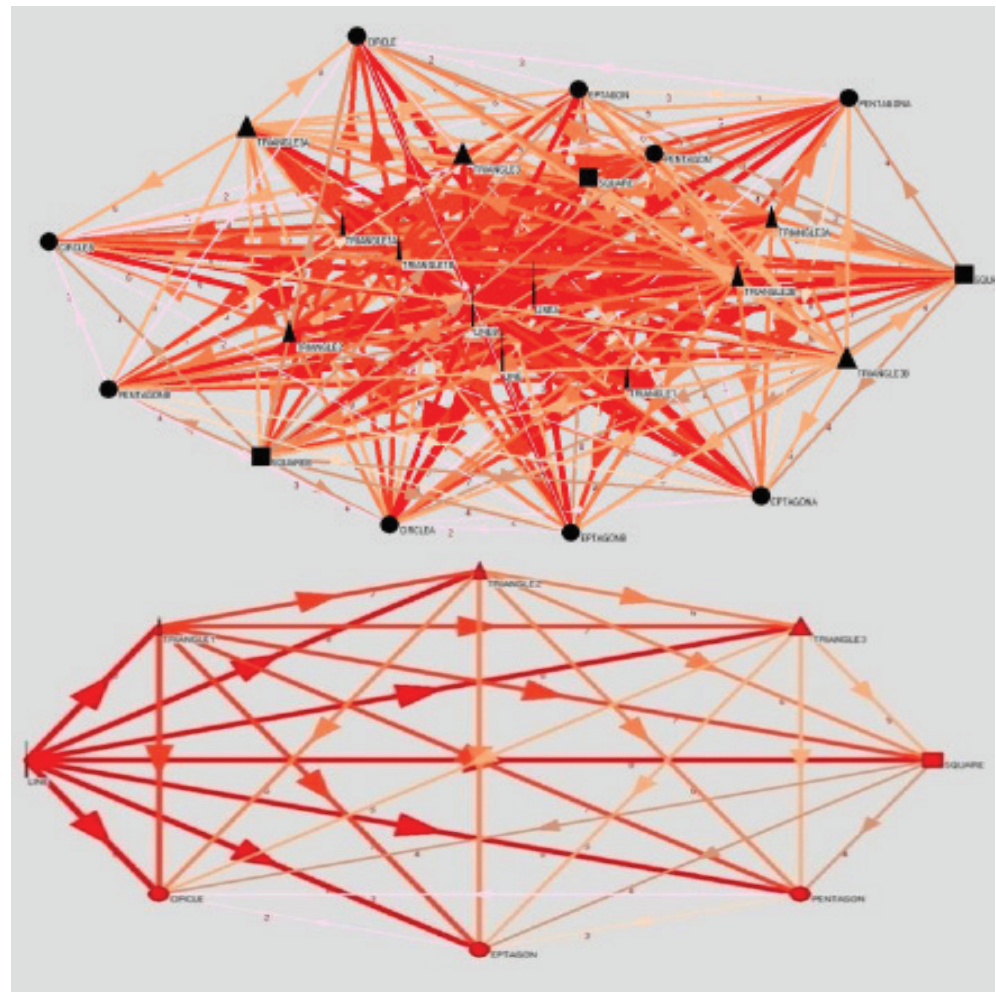
Στην περίπτωση δε που η προς την εξέταση δομή ερευνάται στα πλαίσια μίας δικτυακής συγκρότησης και λόγω του ότι τα στοιχεία που τη συνιστούν μπορούν να είναι είτε κόμβοι είτε συνδέσεις, τα οποία μπορούν να φέρουν τα χαρακτηριστικά τους ως εγγραφές ιδιοτήτων, η ανακατασκευή της δομής με τη μορφή δικτύου προϋποθέτει την εφαρμογή κανόνων ως προς τον ορισμό των οντοτήτων που κατοικούν σε αυτή τη νέα δικτυακή πραγματικότητα, ως προς τις σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων και ως προς τον τρόπο εγγραφής των ιδιοτήτων αυτών.

Πολλά θα μπορούσαν να ειπωθούν ως προς την εξάρτηση σχήματος - επικινδυνότητας, [όπως ότι η αυστηρά ιεραρχική κοινωνική οργάνωση των όντων είναι μια σάτιρα των Βικτωριανών αντιλήψεων της εποχής, όπως για παράδειγμα την αντίληψη ύπαρξης αναλογικής σχέσης του μεγέθους συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφάλου με την ευφυία και συνεπακόλουθα με την κοινωνική τάξη], κρατάμε όμως την καθοριζόμενη από το σχήμα ταυτότητα της οντότητας, καθώς και την αναγωγή του εξευγενισμού της οντότητας σε εφαρμογή μίας συγκεκριμένης τιμής δύναμης στις συνδέσεις μεταξύ σχημάτων, η οποία αντικατοπτρίζει το βαθμό επικινδυνότητας, όπως περιγράφεται από το

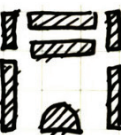
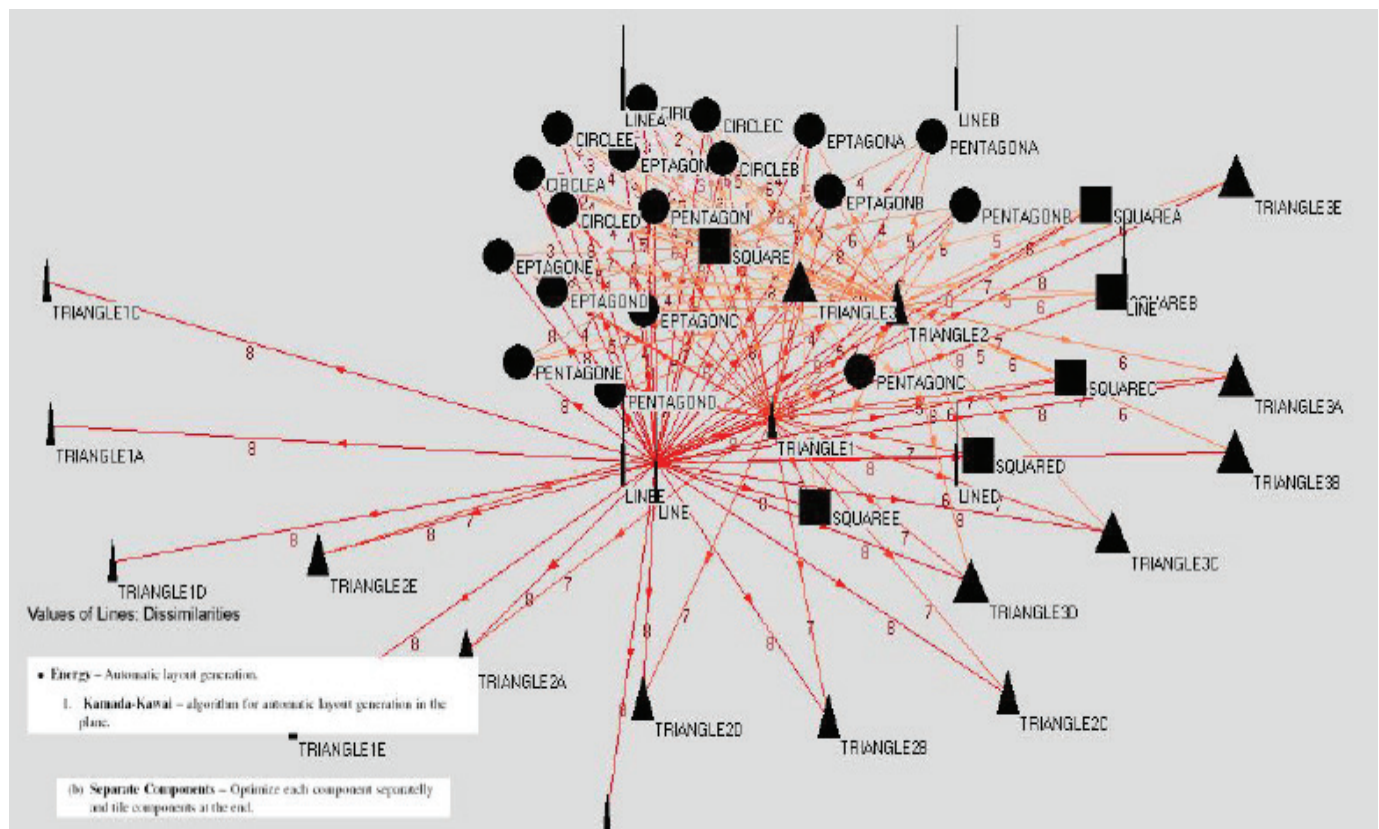




Εικόνα 5:



Εικόνα 6:



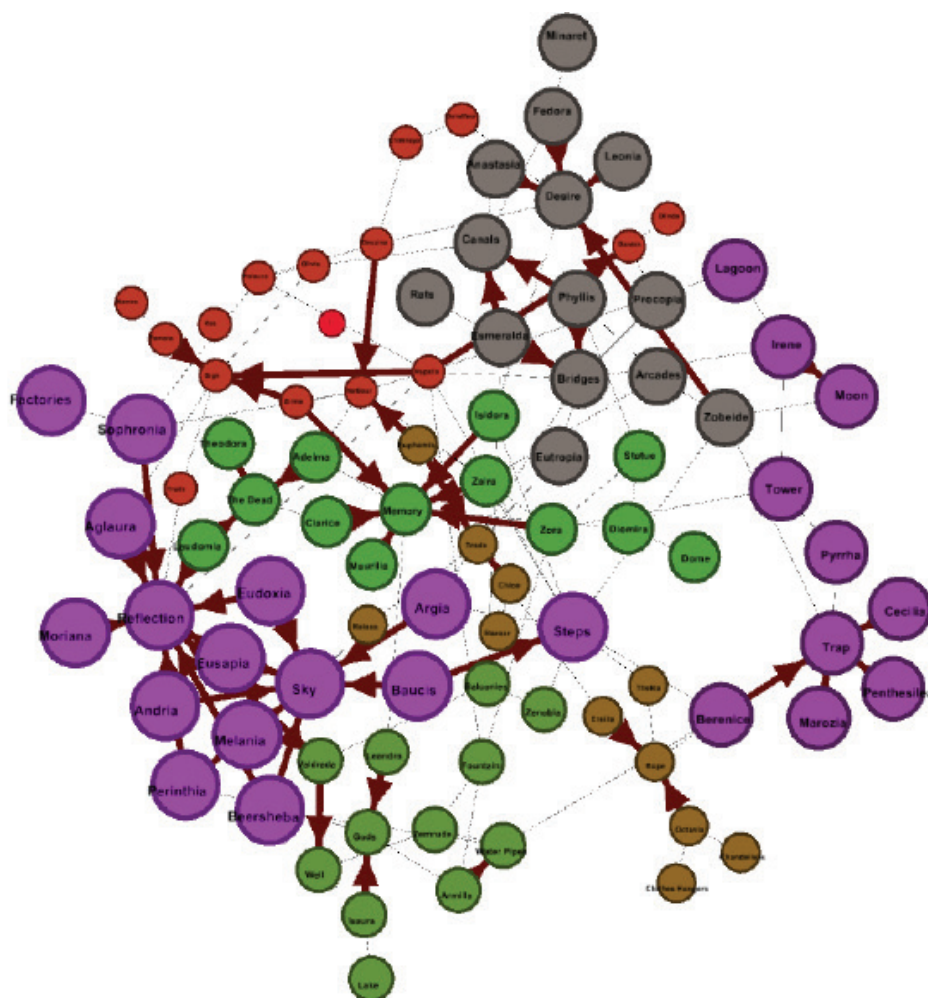
## 1.3\_Οι Αόρατες Πόλεις του ΙΤΑΛΟ CALVINO

*“Ο Kublai Khan είχε παρατηρήσει πως οι πόλεις του Marco Polo έμοιαζαν μεταξύ τους ,  
έτσι που το πέρασμα από τη μία στην άλλη δεν προϋπέθετε το ταξίδι, αλλά τη μεταβολή  
των στοιχείων”*

Η συγκεκριμένη επιρροή, συνιστά μια αναδιατύπωση των κειμενικών περιγραφών των Αόρατων Πόλεων του Italo Calvino (1972). Πρόκειται για μία γραφή ενός συνόλου τόπων που υπάγονται στη σφαίρα του φαντασιακού, δανείζονται όμως στοιχεία του πραγματικού τόπου, ως ένα σύνολο σημείων - τόπων και χαρακτηριστικών αυτών, με τη δύναμη της σύνδεσης να αποτυπώνει την ένταση με την οποία κάποια χαρακτηριστικά εγγράφονται στους τόπους ως περισσότερο ή λιγότερο σημαντικά γνωρίσματα αυτών. με αυτόν τον τρόπο, γίνεται έκδηλη η πολυδιάστατη φύση της συγκεκριμένης κειμενικής περιγραφής ως προς τα στοιχεία που επαναλαμβανόμενα και ανά ομάδες συνθέτουν την ταυτότητα του κάθε τόπου, ισχυροποιώντας κάποια χαρακτηριστικά έναντι άλλων.

Σχηματοποιείται έτσι ένας χάρτης γνωρισμάτων - τόπων, μια εγγραφή ενός κινητικού τοπίου μνήμης ως ένα σύνολο σημείων (τόπων - ιδιοτήτων) και συνδέσεων.

Ως ελάχιστη μονάδα ορίζεται ο τόπος και η ιδιότητα, με το βαθμό της σύνδεσης να υποδηλώνει τη βαρύτητα με την οποία σημαίνονται κάποια



Εικόνα 7: Δικτυακή δομή των πόλεων στο β. Αόρατες Πόλεις.



χαρακτηριστικά έναντι άλλων στην περιγραφή κάθε τόπου.

Παράγεται έτσι ένα πεδίο τόπων - ιδιοτήτων που καταλαμβάνουν το χώρο της περιγραφής με ότους διαστασιολόγησης στη βάση του υπερτονισμού ή της εξάλειψης στοιχείων υπό τη μορφή γνωρισμάτων. Η δομή του φαντασιακού αναδιατυπώνεται εδώ ως μία οικολογία στοιχείων, δίνοντας τη δυνατότητα αναδιάρθρωσης ενός κειμένου ως ενός κινητικού τοπίου σημείων και συνδέσεων και αναδιαστασιολόγησης του τόπου μέσω ενός πλήθους χαρακτηριστικών.

Η δικτυακή δομή ενός κειμένου περιγράφεται από τον Roland Barthes:

“Σε αυτό το ιδανικό κείμενο τα δίκτυα είναι πολλά και αλληλεπιδρούν, χωρίς κανένα από αυτά να μπορεί να ξεπεράσει τα άλλα. Αυτό το κείμενο είναι ένας γαλαξίας από σημααινόμενα, όχι μια δομή από σημαίνοντα. Δεν έχει αρχή - είναι αναστρέψιμο. Μπαίνουμε σε αυτό από διάφορες εισόδους, καμία από τις οποίες δε μπορεί να θεωρηθεί ως η κύρια είσοδος. Οι κωδικοί τους οποίους κινητοποιεί απλώνονται όσο φτάνει το μάτι, είναι απροσδιόριστοι.”

Υπό αυτή την έννοια το δίκτυο ( το ερμηνευτικό σύστημα του συγγραφέα) που συγκροτούν οι κόμβοι (οι λέξεις) προκύπτει από την αναδιάρθρωση των λέξεων βάσει ισχύος δεσμού και πλήθους στοιχείων.

[Σε αυτό το σημείο, βέβαια, μπορεί να ισχυριστεί κανείς ότι εξετάζεται εδώ η υποκειμενική ερμηνεία της πραγματικότητας που κατασκευάζει ο συγγραφέας προκειμένου να αναγνωρίσει και να χαρτογραφήσει την οικολογία των πραγμάτων που τον περιβάλλουν. Το φαντασιακό αυτό σύστημα αποτελεί ένα ερμηνευτικό σύστημα που έχει κανόνες και δυναμικές, μια νέα οικολογία.] Η λέξη άρα θα μπορούσε να ειπωθεί δαν το ελάχιστο στοιχείο ενός δυναμικού συστήματος από ίχνη τα οποία βρίσκονται σε ένα πολικό σχήμα απώθησης, έλξης και εξάλειψης.

Σε αυτό το σημείο, βασικός αναφορά είναι η έννοια του ίχνους, όπως αυτή διατυπώνεται στα γραπτά του Jacques Derrida. Σύμφωνα με τον Derrida, το σημααινόμενο στη γλώσσα είναι πάντα σημαίνον σε ένα άλλο σύστημα. Το σημαίνον πάντα περιέχει ίχνη άλλων σημαινόντων τα οποία υπάρχουν σαν ενδείξεις απουσίας τα οποία όμως ορίζουν την παρουσία. Αφού η υποκειμενική συνείδηση προηγείται της γλώσσας και υποβοηθά την κατασκευή νοήματος, ένα σημείο δεν μπορεί να ερμηνευτεί έξω από το “σώμα” στο οποίο ανήκει. Με αυτή την έννοια, η λέξη σαν υποκείμενο είναι διαφορετική από τη λέξη σαν αντικείμενο αφού ενέχει αναφορές που έχουν αν κάνουν με τα ίχνη της εμπειρίας.

Στην περίπτωση της εγγραφής των ιδιοτήτων ως αυτόνομων μονάδων του κειμενικού σώματος, ως ανεξάρτητων δηλαδή κόμβων του δικτύου, τα γνωρίσματα των τόπων εμφανίζονται συνδεδεμένα με τα στοιχεία τα οποία χαρακτηρίζουν και στα οποία αναφέρονται.

Βλέπουμε πως κάποια χαρακτηριστικά ισχυροποιούνται στην οπτικοποίηση του δικτύου ως προς το μέγεθος των κόμβων, λόγω του ότι πρόκειται για στοιχεία - ιδιότητες του δικτύου που είναι συνδεδεμένα με μεγαλύτερο αριθμό

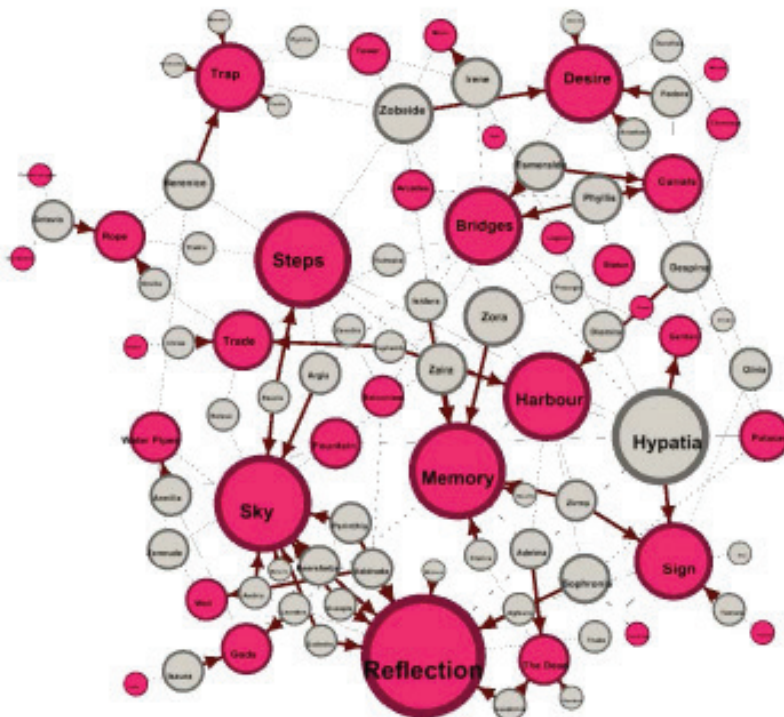




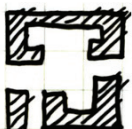
τόπων ή/και με ισχυρότερη ένταση έναντι άλλων χαρακτηριστικών. Αντίστοιχα, κάποιες από τις πόλεις αποκτούν μεγαλύτερη σημασία, λόγω της έντονης ισχυροποίησης κάποιων χαρακτηριστικών ή/και λόγω του ότι είναι συνδεδεμένες με μεγαλύτερο αριθμό στοιχείων- ιδιοτήτων.

Μέσω της μικτής αποτύπωσης τόπων - χαρακτηριστικών ως κόμβων, συντίθεται ένα σώμα δικτύου όπου η διαβάθμιση των ιδιοτήτων εξαρτάται από την επαναληψιμότητα και την ισχύ τους. Εάν ήθελε να μιλήσει κανείς για ένα μοναδικό κειμενικό τόπο, αυτόν που συντίθεται από τις πολλαπλές περιγραφές τόπων, τότε θα μπορούσε να τον περιγράψει ως μια εγγραφή περισσότερο ή λιγότερο σημαντικών γνωρισμάτων.

Τότε οι μικτές ομαδοποιήσεις τόπων και χαρακτηριστικών παράγουν υποσύνολα ιδιοτήτων (π.χ.: σκαλιά, αντανάκλαση, εργοστάσια, ουρανός-πύργος, φεγγάρι, παγίδα, λιμνοθάλασσα - μνήμη, άγαλμα, θόλος, οι νεκροί), τα οποία χρησιμοποιούνται ανά ομάδα για να περιγράψουν μια πληθώρα τόπων. Αντίστροφα, τα υποσύνολα ιδιοτήτων χαρακτηρίζουν κάποιους τόπους και όχι κάποιους άλλους χαρτογραφώντας έτσι άλλους τόπους, μικτής ταυτότητας αυτή τη φορά, υποδηλώνοντας πως είναι ιπιθανόν εφικτή η διαστασιολόγηση των πραγμάτων μέσω της εγγραφής τους σε σύνολα πιο συγγενικών πραγμάτων.



Εικόνα 8: Δικτυακή δομή των πόλεων στο β. Αόρατες Πόλεις





## 1.4\_Ανασκόπηση μεθόδων προσέγγισης μη περιγράψιμων χωρικών ποιοτήτων, ως στοιχεία ενός συστήματος.

Η συστηματική προσπάθεια εφεύρεσης όρων για την περιγραφή σύνθετων χωρικών ιδιοτήτων, που ενώ είναι αντιληπτικά αναγνωρίσιμες και διαισθητικά διαχειρίσιμες τόσο στην πρακτική, εμπειρική διάδραση με τις χωρικές δομές όσο και στο σχεδιασμό, παραμένουν ασαφείς και δεν παρέχονται τα μέσα ρητής περιγραφής και μέτρησής τους, χαρακτηρίζει πλήθος προσεγγίσεων της χωρικής ανάλυσης και σύνθεσης των τελευταίων δεκαετιών.

Ενδεικτικά, ως εξίσου σημαντικές ως προς την επιρροή τους στη σκέψη για τον χώρο και την πόλη, αλλά και ως διαφορετικές μεταξύ τους προσεγγίσεις, που επιδεικνύουν την πολλαπλότητα του ζητήματος, αναφέρονται η αντιληπτική αστική «εικονικότητα» [imageability] του Kevin Lynch, ο ορισμός των «αστικών συντελεστών» από τον Aldo Rossi, τα patterns του Christopher Alexander και η συντακτική ανάλυση της Space Syntax.

### 1.4.1 Η αντίληψη της πόλης βάσει της εικονικότητας κατά τον Kevin Lynch.

Ο Kevin Lynch, στο βιβλίο του «**Η εικόνα της Πόλης**» [The Image of the City] (1960), προτείνει μια μεθοδολογία για την αξιολόγηση της αστικής μορφής βάσει ενός νέου κριτηρίου, της εικονικότητας [imageability] της πόλης.

Σύμφωνα με τον **Leonard Eaton** (συντάκτη του περιοδικού Progressive Architecture), πρόκειται για μια θεωρία της οπτικής αντίληψης της πόλης βάσει αντικειμενικών κριτηρίων.

Χρησιμοποιώντας ως παραδείγματα εφαρμογής τρεις μεγάλες αμερικανικές πόλεις, τη Βοστώνη, το Τζέρσεϋ και το Λος Άντζελες, το βιβλίο διερευνά «**την οπτική ποιότητα της αμερικάνικης πόλης μελετώντας τη νοητική εικόνα της πόλης από τους πολίτες της.** Επικεντρώνεται κυρίως σε μια συγκεκριμένη οπτική ποιότητα: την **φαινομενική σαφήνεια ή αναγνωσιμότητα [legibility]** του αστικού τοπίου. Με αυτό εννοούμε την ευκολία με την οποία τα μέρη του μπορούν να αναγνωριστούν και να οργανωθούν σε ένα συνεκτικό σχηματισμό». (Lynch, 1960)

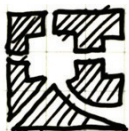
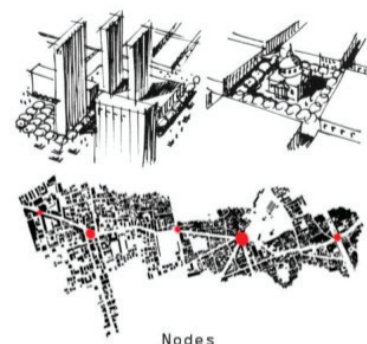
Η οπτική μορφή της πόλης συγκροτείται σε μια ενιαία αντιληπτική εικόνα, η οποία μπορεί να αναλυθεί σε **τρεις συνιστώσες**, (είναι χρήσιμο να διαχωριστούν για την ανάλυση, αλλά στη πραγματικότητα πάντα εμφανίζονται μαζί). **την ταυτότητα [identity],**

«Μια χρηστική εικόνα απαιτεί πρώτα απ' όλα την ταυτοποίηση ενός αντικειμένου, η οποία συνεπάγεται τη διάκρισή του από άλλα πράγματα, την αναγνώρισή του ως ξεχωριστής οντότητας. Αυτό ονομάζεται ταυτότητα, όχι με την έννοια της ισότητας με κάτι άλλο, αλλά με την έννοια της ατομικότητας και της ενότητας».

**τη δομή [structure]**

«Δεύτερον, η εικόνα πρέπει να περιέχει τη χωρική ή σχηματική σχέση του αντικειμένου με τον παρατηρητή και με άλλα αντικείμενα» .

Εικόνα 9: Απεικόνιση των συνιστωσών κατά τον K.Lynch





και το νόημα[meaning]

«Τέλος, το αντικείμενο πρέπει να έχει κάποιο νόημα για τον παρατηρητή, είτε πρακτικό είτε συναισθηματικό. Το νόημα είναι και αυτό μια σχέση, αλλά διαφορετικής φύσης από τη χωρική ή σχηματική σχέση».



PATH



NODE



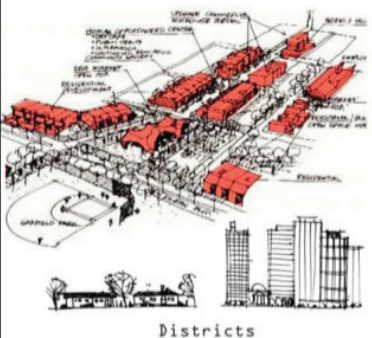
LANDMARK



EDGE



DISTRICT



Καθώς η συνιστώσα του νοήματος είναι πιο διακυμαινόμενη και λιγότερο συνεκτική από τις άλλες δύο, ο Lynch εστιάζει την ανάλυσή του στις άλλες δύο συνιστώσες, την ταυτότητα και τη δομή. Οι συνιστώσες αυτές σχετίζονται με ιδιότητες καθοριστικές για τη διαμόρφωση αυτού που ο Lynch ορίζει ως **εικονικότητα της πόλης**. Ως εικονικότητα [imageability] ορίζεται «**αυτή η ποιότητα του φυσικού αντικειμένου που του δίνει μεγάλη πιθανότητα πρόκλησης μιας ισχυρής εικόνας σε κάθε παρατηρητή. Είναι αυτό το σχήμα, το χρώμα, ή η διάταξη που διευκολύνει τη δημιουργία έντονα ταυτοποιήσιμων, ισχυρά δομημένων, χρήσιμων νοητικών εικόνων του περιβάλλοντος**».

Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, η εικονικότητα είναι μια σύνθετη και ασαφής χωρικής ποιότητα, ανοιχτή σε πολλαπλές αναγνώσεις και μεταβαλλόμενες ερμηνείες και η αντιληπτική της πρόσληψη εξαρτάται από πλήθος παραγόντων. Στα πλαίσια της έρευνάς του, ο Lynch εστιάζει στους παράγοντες εκείνους που εντοπίζονται σε φυσικά χαρακτηριστικά της υλικής δομής της πόλης. Σε αυτό το πλαίσιο, διακρίνει πέντε βασικούς τύπους εικονικών στοιχείων, που αναφέρονται σε φυσικές μορφές και καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό το περιεχόμενο της εικόνας της πόλης.

Οι τύποι αυτοί είναι

#### οι διαδρομές [paths],

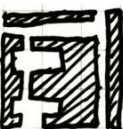
**Paths:** «οι διαδρομές είναι κανάλια κατά μήκος των οποίων ο παρατηρητής συνήθως, συγκυριακά ή πιθανά κινείται. Μπορεί να είναι δρόμοι, πεζοδρόμια, γραμμές μετάβασης, κανάλια, σιδηρόδρομοι. Για πολλούς ανθρώπους είναι κυρίαρχα στοιχεία των εικόνων τους, ο κόσμος παρατηρεί την πόλη καθώς κινείται μέσα της και κατά μήκος αυτών των διαδρομών διατάσσονται και συσχετίζονται τα υπόλοιπα περιβαλλοντικά στοιχεία».

#### οι ακμές [edges],

**Edges:** «οι ακμές είναι τα γραμμικά στοιχεία που δεν χρησιμοποιούνται και δεν γίνονται αντιληπτά ως πορείες από τον παρατηρητή. Είναι όρια μεταξύ δύο φάσεων, γραμμικές διακοπές της συνέχειας: ακτές, σιδηροδρομικές διακοπές, όρια διαμορφώσεων, τοίχοι. Είναι περισσότερο πλάγιες αναφορές παρά άξονες συντεταγμένων. Οι ακμές μπορεί να είναι εμπόδια, περισσότερο ή λιγότερο διαπερατά, που περικλείουν μια περιοχή σε σχέση με μια άλλη, ή μπορεί να είναι ραφές, γραμμές κατά μήκος των οποίων δύο περιοχές συσχετίζονται και συνενώνονται. Τα στοιχεία των ακμών, αν και πιθανά δεν είναι τόσο κυρίαρχα όσο οι πορείες, είναι για πολλούς σημαντικά οργανωτικά χαρακτηριστικά, ιδιαίτερα ως προς το ρόλο τους μα συγκρατούν μαζί γενικευμένες περιοχές, όπως το περίγραμμα μιας πόλης από νερό ή τείχη».

#### οι περιοχές [districts],

**Districts:** «οι περιοχές είναι μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους τμήματα της πόλης, αντιληπτά ως δισδιλαστατες εκτάσεις, στις οποίες ο παρατηρητής «εισέρχεται» και οι οποίες αναγνωρίζονται ως έχουσες κοινό, ταυτοποιήσιμο



χαρακτήρα. Αναγνωρίσιμες από το εσωτερικό τους, χρησιμοποιούνται και ως εξωτερικές αναφορές, ιδωμένες από έξω».

#### **οι κόμβοι [nodes]**

**Nodes:** «οι κόμβοι είναι σημεία, τα στρατηγικά μέρη σε μια πόλη στα οποία ο παρατηρητής μπορεί να εισέλθει και τα οποία είναι τα εντατικά σημεία εστίασης προς τα οποία και από τα οποία ταξιδεύει. Μπορεί να είναι κυρίως οδικοί κόμβοι, τόποι διακοπής μεταφορών, διασταυρώσεις ή συγκλίσεις πορειών, στιγμές μετάβασης από μια δομή σε άλλη. Ή μπορεί να είναι απλά συγκεντρώσεις, που αποκτούν τη σημασία τους από το γεγονός ότι είναι συμπυκνώσεις κάποιας χρήσης ή φυσικού χαρακτήρα, όπως ένας χώρος συνάντησης σε μια γωνία ή μια περικλειστη πλατεία. Κάποιοι από αυτούς τους κόμβους συγκέντρωσης μπορεί να είναι το σημείο εστίασης και η επιτομή μιας περιοχής, η επιρροή τους επί της οποίας ακτινοβολεί και για την οποία αποτελούν σύμβολα. Μπορούν να αποκαλεστούν πύρινες».

#### **και τα τοπόσημα [landmarks]**

**Landmarks:** «τα τοπόσημα είναι ένας άλλος τύπος σημείου αναφοράς, αλλά σε αυτή την περίπτωση ο παρατηρητής δεν εισέρχεται εντός τους, είναι εξωτερικά. Είναι συνήθως ένα απλά οριζόμενο φυσικό αντικείμενο: κτίριο, σήμα, κατάστημα, βουνό. Η χρήση τους περιλαμβάνει την απομόνωση ενός στοιχείου από ένα πλήθος δυνατοτήτων. συχνά χρησιμοποιούνται ως στοιχεία ταυτότητας ή ακόμα και δομής».

Τα στοιχεία αυτά είναι «η πρώτη ύλη της περιβαλλοντικής εικόνας σε κλίμακα πόλης», αλλά δεν εμφανίζονται μεμονωμένα, ούτε χαρακτηρίζουν τα φυσικά στοιχεία του χώρου με τρόπο κατηγορηματικό, μονοσήμαντο και σταθερό. Αντίθετα, τα διαφορετικά στοιχεία διαπλέκονται μεταξύ τους και συνδιαμορφώνουν την εικόνα της πόλης, ενώ οι τύποι είναι ανοιχτοί και εναλλάξιμοι, με αποτέλεσμα η ίδια φυσική δομή να μπορεί να ερμηνευθεί ως υπαγόμενη σε διαφορετικούς τύπους, ανάλογα με την εκάστοτε οπτική και το πλαίσιο αναφοράς ως προς το οποίο παρατηρείται.

---

### **1.4.2 Η προσέγγιση της πόλης μέσω των αστικών συντελεστών από τον Aldo Rossi.**

---

Ο Aldo Rossi, στο έργο του «**Η Αρχιτεκτονική της Πόλης**» [L'Architettura della città] (1978), προτείνει μια μέθοδο ανάλυσης της πόλης που βασίζεται στη **θεωρία των αστικών συντελεστών και στη διαίρεση της πόλης σε πρωτογενή στοιχεία και σε περιοχή κατοικίας**. Η μέθοδος αυτή «προσφέρεται τόσο σε μια ποσοτική όσο και σε μια ποιοτική αξιολόγηση».

Όπως και ο Lynch, ο Rossi θεωρεί ότι η πόλη αποτελείται από διαφοροποιημένους αυτόνομους τομείς, τους οποίους επιχειρεί να περιγράψει ως αστικούς συντελεστές. Οι αστικοί συντελεστές είναι τμήματα του αστικού ιστού που εμφανίζουν **ενότητα, ατομικότητα και διάρκεια** και παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της αντιληπτικής εικόνας της πόλης και την εμπειρική αναγνώριση της ταυτότητάς της, «αποτελούν τμήματα της πόλης που δεν είναι δυνατό να συμπιεσθούν, επειδή αυτά ακριβώς τη συγκροτούν». Τα στοιχεία του αστικού ιστού που συνιστούν αστικούς συντελεστές δεν έχουν



απαραίτητα ομοιότητες ως προς τη μορφή, τη λειτουργία ή την κλίμακά τους. Μπορεί να είναι μνημεία, μεμονωμένα κτίρια, δρόμοι, πλατείες, οικοδομικά τετράγωνα, συνοικίες, ολόκληροι τομείς της πόλης. Οι αστικοί συντελεστές είναι συχνά πρωτογενή στοιχεία, δηλαδή πυρήνες συγκέντρωσης, «στοιχεία ικανά να επιταχύνουν τη διαδικασία αστικοποίησης μιας συγκεκριμένης πόλης, όπως και σε σχέση με μια πιο μεγάλη περιοχή, είναι στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις διαδικασίες μετασχηματισμού του χώρου αυτής της περιοχής»

Στην ανάλυση αυτή, ο Rossi υιοθετεί μια θεωρητική προσέγγιση που θεωρεί την πόλη κυρίως ως **δομή του χώρου και όχι ως προϊόν των λειτουργικών συστημάτων απ' τα οποία γεννιέται η αρχιτεκτονική της** (Rossi, 1991: 24).

Η θεωρία των αστικών συντελεστών «παίρνει υπόψη της πιο πολύ τη δομή τους, παρά τη λειτουργία τους»

Θεωρεί ότι το σύνολο των χαρακτηριστικών των αστικών συντελεστών συγκεντρώνεται στη μορφή τους και δε λαμβάνει υπόψη του τη λειτουργία τους, καθώς **«αν οι αστικοί συντελεστές θεωρηθεί ότι υπάρχουν μονάχα για την οργάνωση μιας λειτουργίας, τότε δεν μπορούν να παρουσιάσουν ούτε συνέχεια ούτε ατομικότητα»**

Η **συνέχεια** είναι βασικό χαρακτηριστικό των αστικών συντελεστών, καθώς αποτελούν τα στοιχεία εκείνα, που παραμένοντας αναγνωρίσιμα διαμέσου διαρκών μεταβολών, καθορίζουν την εικόνα και την ταυτότητα της πόλης. «Μέσα από την εναλλαγή των εποχών και των πολιτισμών, είναι δυνατό να παρατηρήσουμε μια σταθερότητα στοιχείων που εξασφαλίζει στην αστική έκφραση μια σχετική ενότητα»

Η σταθερότητα αυτή δεν σημαίνει απουσία μεταβολής. Οι αστικοί συντελεστές μπορεί να μεταβάλλονται, να αλλάζουν χρήση ή και εν μέρει μορφή, αλλά παραμένουν ζωτικοί όταν συμμετέχουν στη ζωή της πόλης με διάρκεια. «Τόσο η επιβίωση όσο και η διάρκεια αυτών των συντελεστών οφείλεται στην ικανότητά τους να συγκροτούν την πόλη, στην ιστορία τους και στην τέχνη τους καθώς και στην ύπαρξη και τη μνήμη τους»

Αν και η ατομικότητα είναι συστατικό χαρακτηριστικό των αστικών συντελεστών, ο Rossi επιχειρεί την τυπολογική τους κατηγοριοποίηση, με την έννοια ότι το τυπικό στοιχείο ή ο τύπος, ως σταθερά, βρίσκεται σε όλους τους αρχιτεκτονικούς συντελεστές<sup>41</sup>. Προϋποθέτει τη «σύλληψη του αρχιτεκτονικού συντελεστή ως δομής και ότι η δομή εμφανίζεται και μπορεί να αναγνωριστεί μέσα στον ίδιο το συντελεστή.[...] Κανένας τύπος δεν ταυτίζεται με μια μορφή, αν και όλες οι αρχιτεκτονικές μορφές μπορούν να αναχθούν σε τύπους».

Οι αστικοί συντελεστές, σε αναλογία με τους βασικούς τύπους εικονικών στοιχείων του Lynch, είναι τα στοιχεία εκείνα που καθορίζουν τη συλλογική εικόνα της πόλης. Σύμφωνα με τον Rossi, **«το πρωταρχικό στοιχείο για την κατανόησή τους βρίσκεται στο συλλογικό τους χαρακτήρα.[...] Η πόλη κατασκευάζεται στο σύνολό της, δηλαδή όλα τα συνθετικά στοιχεία της συμμετέχουν στη δημιουργία ενός συντελεστή. [...] Η πόλη και κάθε αστικός συντελεστής είναι από τη φύση τους συλλογικοί «**





### 1.4.3 Οι χωρικές δομές ως στοιχεία μιας γλώσσας προτύπων, κατά τον Christopher Alexander.

Ο Christopher Alexander, στα βιβλία «The Timeless Way of Building» (Alexander, 1979) και «A Pattern Language» (Alexander, Ishikawa & Silverstein, 1977), αναπτύσσει μια γλώσσα προτύπων [pattern language] και μια μεθοδολογία χρήσης της για την υποστήριξη της σχεδιαστικής διαδικασίας. [Στο βιβλίο «The Timeless Way of Building», που αποτελεί το υπόβαθρο για την ανάπτυξη και τις οδηγίες για τον τρόπο χρήσης της γλώσσας, υποστηρίζει τη σημασία της συλλογικότητας της διαδικασίας δόμησης, η οποία θεωρεί ότι προϋποθέτει μια κοινά αναγνωρίσιμη και ζωντανή γλώσσα προτύπων. Στο «A Pattern Language», παρουσιάζει μία πιθανή τέτοια γλώσσα προτύπων, που την αποκαλεί «ο άχρονος τρόπος» [the Timeless Way]. Η γλώσσα αυτή είναι «εξαιρετικά πρακτική» και «έχει διυλιθεί από προσωπικές προσπάθειες δόμησης και σχεδιασμού»]

«Τα στοιχεία της γλώσσας αυτής είναι οντότητες που ονομάζονται πρότυπα [patterns]», τα οποία αντλούνται από το δομημένο περιβάλλον, μέσα από την κατηγοριοποίηση υφιστάμενων μορφών και δομών σε οικογένειες. Τα patterns συνδυάζονται

μεταξύ τους με διαφορετικούς τρόπους παράγουν χωρικές επιλύσεις σε μια λογική γενεσιουργής γραμματικής.

Προκειμένου να ορίσει τα σημεία της προτεινομένης γλώσσας, ο Alexander διακρίνει το δομημένο περιβάλλον σε επιμέρους οντότητες διαφορετικών κλιμάκων, που προσδιορίζονται βάσει της «κατανόησης της φύσης της διαδικασίας δόμησης» και τις οποία επιχειρεί να περιγράψει μέσω των προτύπων. Τα πρότυπα αυτά είναι στοιχεία της συλλογικής αντιληπτικής και βιωματικής εικόνας του δομημένου περιβάλλοντος και αποτελούν εκφράσεις των δυνάμεων σχηματοποίησής του.

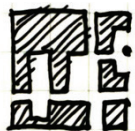
Ο Alexander τα χαρακτηρίζει ως άχρονα [timeless], καθώς θεωρεί ότι πηγάζουν από αρχετυπικές και καθολικές νοητικές κατασκευές που σχετίζονται με την ανθρώπινη κατανόηση της δομής του χώρου.

Στο «A Pattern Language», συγκεντρώνονται 253 patterns, τα οποία συναποτελούν μια γλώσσα. «Η γλώσσα προτύπων έχει τη δομή δικτύου», η οποία ορίζει και το συντακτικό της. Ο τρόπος με τον οποίο τα patterns συνδυάζονται μεταξύ τους είναι προκαθορισμένος, ιεραρχικός και ακολουθεί μια διαδοχική, γραμμική λογική.

[«Όταν χρησιμοποιούμε το δίκτυο μίας γλώσσας, το χρησιμοποιούμε πάντα ως γραμμική διαδοχή, κινούμενοι πάντα από τα μεγαλύτερα patterns προς τα μικρότερα» (Alexander, Ishikawa & Silverstein, 1977: xviii).]

Σύμφωνα με τη λογική αυτή, τα patterns ταξινομούνται ανάλογα με τη χωρική κλίμακα στην οποία αναφέρονται και καταχωρούνται κατά φθίνουσα σειρά μεγέθους.

Η σειρά με την οποία τα patterns παρουσιάζονται στο A Pattern Language ακολουθεί μια κατάταξη φθίνουσας κλίμακας. Έτσι τα πρώτα patterns αναφέρονται σε περιφέρειες και πόλεις και ακολουθούν διαδοχικά



γειτονίες, ομάδες κτιρίων, κτίρια, δωμάτια και κοιλότητες, κατασκευαστικές λεπτομέρειες (Alexander, Ishikawa & Silverstein, 1977: xii).

Η σειρά αυτή ακολουθεί τον τρόπο κατά τον οποίο συσχετίζονται μεταξύ τους. Σε αυτή τη γραμμική διαδοχή, κάθε pattern συνδέεται με κάποια μεγαλύτερης κλίμακας patterns που προηγούνται και με κάποια μικρότερης κλίμακας patterns που έπονται. Έτσι κάθε pattern συμπληρώνει τα μεγαλύτερα patterns που βρίσκονται από πάνω του και συμπληρώνεται από τα μικρότερα patterns από κάτω του.

Η δομή αυτή εξυπηρετεί δύο σκοπούς. «Πρώτον, η παρουσίαση κάθε pattern συνδεδεμένου με άλλα patterns, ώστε να γίνει αντιληπτή η συλλογή των 253 patterns ως σύνολο, ως μια γλώσσα, με την οποία μπορεί κανείς να δημιουργήσει μια άπειρη ποικιλία συνδυασμών. Δεύτερον, για να παρουσιαστεί το πρόβλημα και η λύση του κάθε pattern κατά τρόπο ώστε να μπορεί κανείς να το κρίνει και να το τροποποιεί χωρίς να χάνεται η ουσία που είναι κεντρική σε αυτό»

Σε αυτό το σύστημα ιεραρχικών αλληλοσυσχετισμών «κανένα pattern δεν είναι απομονωμένη οντότητα. Κάθε pattern μπορεί να υπάρχει στον κόσμο μόνο στο βαθμό στον οποίο υποστηρίζεται από άλλα patterns: τα μεγαλύτερα patterns στα οποία ενσωματώνεται, τα patterns ίσου με αυτό μεγέθους που το περιβάλλουν και τα μικρότερα patterns που ενσωματώνονται σε αυτό».

Σύμφωνα με τη δομή αυτή, η οργάνωση του δικτύου εμφανίζει ενθυλακωμένες ιεραρχίες δενδροειδούς μορφής. Παρά τη γραμμικότητα του τρόπου διασύνδεσης μεταξύ patterns διαφορετικών κλιμάκων, οι δυνατοί συνδυασμοί είναι πάρα πολλοί. Επίσης, η διαγραμματική δομή των patterns τα καθιστά ανοιχτά σε πολλαπλές αναγνώσεις και ερμηνείες.

«Τα patterns είναι υποθέσεις, και τα 253 και επομένως είναι δοκιμαστικά, ελεύθερα να εξελιχθούν κάτω από την επίδραση νέας εμπειρίας και παρατήρησης»

Επομένως, ακόμα και ο ίδιος συνδυασμός μπορεί να οδηγήσει σε πολύ διαφορετικά αποτελέσματα.

Σύμφωνα με τους Alexander, Ishikawa και Silverstein (1977: x), «κάθε pattern περιγράφει ένα πρόβλημα που εμφανίζεται επαναλαμβανόμενα στο περιβάλλον μας, και στη συνέχεια περιγράφει τον πυρήνα της λύσης σε αυτό το πρόβλημα, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει αυτή τη λύση ένα εκατομμύριο φορές, χωρίς ποτέ να το κάνει δύο φορές με τον ίδιο τρόπο».

Η προσέγγιση αυτή επιδιώκει την αντιστοίχιση προβλημάτων διαφορετικών κλιμάκων και τάξεων με παραδείγματα επιτυχημένων επιλύσεων με σκοπό την εξαγωγή από τις πολλαπλές αυτές επιλύσεις της κοινής, σταθερής, βαθύτερης ουσίας που τις διέπει

«Προσπαθήσαμε σε κάθε λύση να αποδώσουμε την αμετάβλητη ιδιότητα που είναι κοινή σε όλους τους τόπους που επιτυγχάνουν να επιλύσουν το πρόβλημα»

και την απόδοσή της με μορφή διαγράμματος. Κάθε πρόβλημα αντιστοιχείται





σε ένα πεδίο λύσεων το οποίο ανάγεται σε ένα αρχετυπικό παράδειγμα του pattern και σε ένα αντίστοιχο πρωτότυπο διάγραμμα.

Τα patterns αξιολογούνται ανάλογα με την εγκυρότητα και την καθολικότητά τους. Ο Alexander θεωρεί ότι κάποια patterns «συνοψίζουν μια ιδιότητα κοινή σε όλους τους δυνατούς τρόπους επίλυσης του εκάστοτε προβλήματος». Σε αυτές τις περιπτώσεις το pattern εκφράζει μια σταθερά, «περιγράφει μια βαθειά και αναπόφευκτη ιδιότητα ενός καλώς σχηματισμένου περιβάλλοντος». Άλλα patterns είναι λιγότερα απόλυτα ως προς την καθολικότητά τους και επιδέχονται βελτιώσεις και προσαρμογές, ενώ κάποια είναι απλώς ενδεικτικά, χωρίς καθολική αξία.

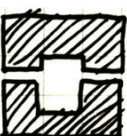
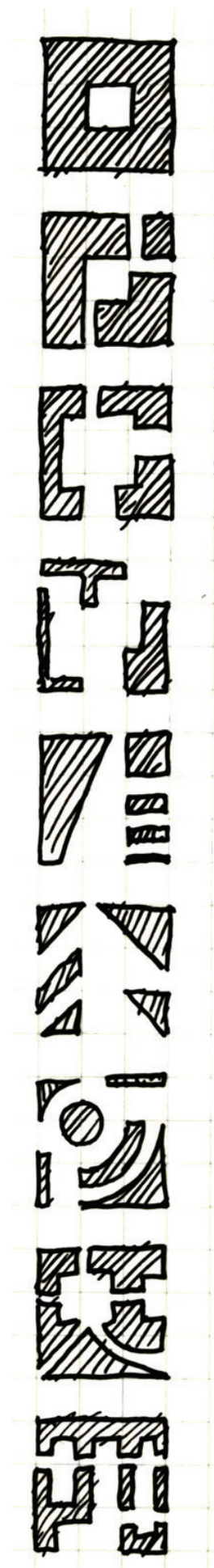
Σύμφωνα με τον Alexander, η προτεινόμενη γλώσσα προτύπων δεν είναι παρά μία πιθανή προσέγγιση, ανάμεσα σε άλλες.

«κάθε κοινωνία [...] έχει τη δική της μοναδική και διακριτή γλώσσα προτύπων. Και επιπλέον, κάθε άτομο εντός αυτής της κοινωνίας έχει μια μοναδική γλώσσα, εν μέρει μοιραζόμενη, αλλά η οποία ως σύνολο είναι μοναδική για το νου του ατόμου που την έχει. Με αυτή την έννοια, σε μια υγιή κοινωνία υπάρχουν τόσες γλώσσες προτύπων όσα άτομα – αν και αυτές οι γλώσσες είναι κοινές και παρόμοιες». Η προτεινόμενη γλώσσα είναι «ένα εγχειρίδιο χρήσης, ή ένας δάσκαλος, ή μια εκδοχή μίας πιθανής γλώσσας προτύπων».

Ωστόσο, θεωρεί ότι κάποια patterns είναι τόσο βαθειά ριζωμένα στην ανθρώπινη αντίληψη, που αποτελούν καθολικά αναγνωριζόμενα στοιχεία.

«Με αυτή την έννοια, τουλάχιστον ένα μέρος της γλώσσας που παρουσιάζουμε, είναι ο αρχετυπικός πυρήνας όλων των πιθανών γλωσσών προτύπων»

Η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας σχεδιασμού, βάσει της ανάλυσης του σχεδιαστικού προβλήματος σε υπο-προβλήματα διαφορετικών κλιμάκων, την αντιστοίχιση του κάθε υπο-προβλήματος σε μια σειρά patterns και τον συνδυασμό τους σε μια συνολική σύνθεση εγείρει πολλά ερωτήματα σε όλα τα στάδια προσδιορισμού τόσο του προβλήματος όσο και της λύσης. Ωστόσο, η λογική των patterns παρέχει ένα περιγραφικό και αναλυτικό εργαλείο που υποστηρίζει πολλαπλές αναγνώσεις και ερμηνείες του χώρου βάσει αντιληπτικών ποιοτήτων που δεν περιγράφονται άμεσα, αλλά προσεγγίζονται εμπειρικά μέσα από υλοποιημένες χωρικές διατάξεις. Η προσπάθεια κατηγοριοποίησης των διατάξεων αυτών σε ομάδες που απαντούν στο ίδιο ερώτημα και εξαγωγής της κοινής ουσίας που τις ταξινομεί ως παρόμοιες, συμβάλλει στην απόδοση σύνθετων και ασαφών ποιοτήτων μέσω διαγραμματικών περιγραφών.





#### **1.4.4 Ανάλυση του χώρου βάσει διατακτικών ιδιοτήτων από τη Space Syntax.**

Η Space Syntax είναι μια «μέθοδος και θεωρία του χώρου» (Hillier, 2005) που βασίζεται στην προσέγγιση του χώρου ως «πτυχής της κοινωνικής ζωής». Η Space Syntax ξεκίνησε να αναπτύσσεται στη δεκαετία του '70 από τον Bill Hillier και την Julienne Hanson, καθηγητές της σχολής Αρχιτεκτονικής The Bartlett του πανεπιστημίου University College London, σε συνεργασία με μια ομάδα ερευνητών.

Η θεωρία και οι μέθοδοι της Space Syntax συγκεντρώνονται και εκθέτονται αναλυτικά για πρώτη φορά στο βιβλίο *The Social Logic of Space*, που γράφτηκε από τους Bill Hillier και Julienne Hanson το 1984. Έκτοτε, τόσο η θεωρία όσο και οι μέθοδοι και οι εφαρμογές της Space Syntax δεν έχουν σταματήσει να εξελίσσονται και έχει δημοσιευθεί πλήθος βιβλίων, εγχειριδίων και άρθρων που τεκμηριώνει την εξέλιξη αυτή. Σήμερα η Space Syntax διδάσκεται σε πολλά πανεπιστήμια παγκοσμίως και αποτελεί αρκετά κοινή πρακτική στον αστικό και τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Εκτός από την ερευνητική ομάδα του UCL που συνεχίζει να αναπτύσσει τη Space Syntax σε ακαδημαϊκό πλαίσιο, έχει ιδρυθεί και εταιρεία με την επωνυμία Space Syntax, η οποία λειτουργεί σε συνεργασία με την ερευνητική ομάδα και εφαρμόζει τις μεθόδους της σε εμπορικές εφαρμογές.

Η θεωρητική και πρακτική της βάση συνοψίζεται στο βιβλίο «*The Social Logic of Space*» των Hillier και Hanson, του 1984. «Έκτοτε, η θεωρία έχει εξελιχθεί σε ένα εκτενές ερευνητικό πρόγραμμα αναφορικά με τη χωρική φύση και τη λειτουργία των κτιρίων και των πόλεων,

σε λογισμικά ηλεκτρονικών υπολογιστών που συνδέσουν τα αναλυτικά εργαλεία της Space Syntax με γραφικές αναπαραστάσεις και αποτελέσματα για ερευνητές και σχεδιαστές, και σε ένα επεκτεινόμενο εύρος εφαρμογών στον αρχιτεκτονικό και αστικό σχεδιασμό».

«Η κεντρική ιδέα της Space Syntax είναι η περιγραφή του χώρου και της κίνησης ως μιας διάστασης κοινωνικής συμπαρουσίας» (Peronis, 1997: 764). Βασικός στόχος της Space Syntax είναι «να δείξει πώς η τάξη στο χώρο πηγάζει από την κοινωνική ζωή και επομένως να αναδείξει τους τρόπους με τους οποίους η κοινωνία διαπερνά ήδη τους χωρικούς σχηματισμούς που χρειάζεται να περιγραφούν και να αναλυθούν».

Σύμφωνα με τον Bafna (1999), βασική αρχή της χωρικής θεωρίας της Space Syntax είναι ότι οι σχέσεις προσβασιμότητα μεταξύ των στοιχείων μιας χωρικής διάταξης συνδέονται στενά με την κοινωνική κατάσταση που στεγάζει. «Η θεωρία της Space Syntax είναι ότι οι κοινωνικές σχέσεις και διεργασίες εκφράζονται στο χώρο πρωτίστως – αλλά όχι αποκλειστικά – μέσω χωρικών διατάξεων». Η σχέση αυτή μεταξύ κοινωνικών διεργασιών και χωρικών διατάξεων θεωρείται αμφίδρομη, καθώς από τη μία, η χωρική διάταξη είναι σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό των κοινωνικών διαδικασιών και από την άλλη, παράγεται και η ίδια από κοινωνικές διαδικασίες.

Η Space Syntax, εστιάζοντας στα διατακτικά χαρακτηριστικά του χώρου, θεωρεί το χώρο ως σύστημα συσχετισμών, η ανάλυση και η κατανόηση του οποίου προϋποθέτει μια συνολική προσέγγιση που δεν εστιάζει σε κάθε μέρος ξεχωριστά,



«Ο αρχιτεκτονικός και αστικός σχεδιασμός, ως προς τη μορφική και τη χωρική τους έκφραση, προσεγγίζονται ως ριζικά διατακτικοί, με την έννοια ότι ο τρόπος κατά τον οποίο τα μέρη συντίθενται για να σχηματίσουν το σύνολο είναι σημαντικότερος από οποιοδήποτε από τα μεμονωμένα μέρη» (Hillier) αλλά επιδιώκει την αναγνώριση τυπικών σχηματισμών συσχετισμών.

«Οι τεχνικές «διατακτικής ανάλυσης» - των οποίων οι διάφορες τεχνικές της Space Syntax αποτελούν υποδείγματα- που έχουν χτιστεί πάνω σε αυτή την ιδέα (της διάταξης) έχουν φέρει στο φως τη φευγαλέα «πτυχή προτύπων» [pattern aspect] των πραγμάτων στην αρχιτεκτονική και τον αστικό σχεδιασμό και έχουν καταστήσει δυνατή την ποιοτική έκφραση της προαιώνιας ιδέας ότι το «πώς τα πράγματα τοποθετούνται μαζί» είναι αυτό που έχει σημασία.»

Σε αυτά τα πλαίσια έχουν αναπτυχθεί, και συνεχίζουν να εξελίσσονται, διάφορες αναλυτικές μέθοδοι που βασίζονται στη μέτρηση διατακτικών χαρακτηριστικών. Η συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μεθόδων αυτών οδηγεί στη συγκρότηση μοντέλων που στοχεύουν στην κατανόηση της χωρικής δομής και του συσχετισμού της με την ανθρώπινη δράση. Οι μέθοδοι αυτές αναφέρονται σε όλες τις χωρικές κλίμακες, από την περιφερειακή και αστική μέχρι την κλίμακα των εσωτερικών διατάξεων μεμονωμένων κτιρίων. Στην αστική κλίμακα, βασικό πεδίο ανάλυσης της Space Syntax είναι το δίκτυο των δρόμων, καθώς αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα που καθορίζει την κίνηση στην πόλη, αλλά και τον σκελετό του αστικού ιστού.

Σε κλίμακα εσωτερικού χώρου κτιρίου, προτεραιότητα παίρνουν διατακτικές ιδιότητες που σχετίζονται με την οπτική αντίληψη καθώς θεωρείται ότι η κίνηση σε χώρους μεγέθους που επιτρέπει τη συνολική εποπτεία καθορίζεται κυρίως από την οπτική διεξόδουση.

Τα επικρατέστερα εργαλεία της Space Syntax βασίζονται στην ανάλυση των διατάξεων βάσει αξονικών γραμμών και κυρτών χώρων.

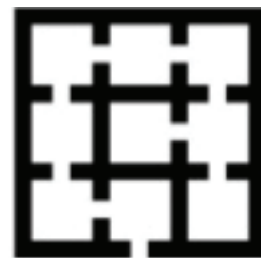
Από τη βασική αυτή ανάλυση εξάγονται μια σειρά χαρτών και μετρήσεων που συνδυαζόμενες αποδίδουν διαφορετικά διατακτικά χαρακτηριστικά και υποστηρίζουν την αποκάλυψη τυχόν κανονικοτήτων και επαναλαμβανόμενων δομών συσχετισμών.

Ο εντοπισμός κανονικοτήτων και η συσχέτισή τους με κανονικότητες στη χρήση των αντίστοιχων διατάξεων χρησιμοποιείται από τη Space Syntax για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το πώς διαφορετικές χωρικές διατάξεις επιτρέπουν ή καθοδηγούν συγκεκριμένες συμπεριφορές και φαινόμενα.

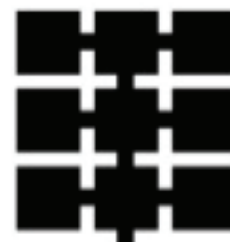
«Οι τεχνικές αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί τα τελευταία χρόνια για δύο βασικούς σκοπούς. Πρώτον για την διερεύνηση του βαθμού στον οποίο μπορούν να φωτιστούν και να γίνουν αντικείμενο σχολαστικών συγκριτικών αναλύσεων οι διατακτικές πτυχές του χώρου και της μορφής στη δόμηση μέσω της οποίας μεταβιβάζεται ο πολιτισμός, και δεύτερον, μέσω αυτών των συγκριτικών αναλύσεων να αναπτυχθεί ένα σώμα υλικού το οποίο να επιτρέπει τη σταδιακή ανάπτυξη μιας γενικής θεωρίας της αρχιτεκτονικής δυνατότητας».

Έτσι, «οι διατακτικές τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για την έρευνα μπορούν εύκολα να

αναστραφούν και να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη του πειραματισμού και της



a.



b.



c.



προσομοίωσης στο σχεδιασμό». Η αντιστοίχιση χωρικών και συμπεριφορικών κανονικοτήτων χρησιμοποιείται ως μέσο αξιολόγησης υφιστάμενων διατάξεων αλλά και σχεδιαζόμενων χωρικών παρεμβάσεων, αλλά και για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης.

Με την έννοια αυτή, η Space Syntax παρέχει ένα σύνολο θεωρητικών αρχών αλλά και πρακτικών μεθόδων και τεχνικών για τη δημιουργία και την αξιολόγηση σχεδιαστικών προτάσεων. Σύμφωνα με τον Hillier, «αυτές οι νέες τεχνικές προκύπτουν από τα αποτελέσματα πολύχρονης έρευνας στην οποία χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι τρόποι διατακτικής μοντελοποίησης, πρώτον για την αναγνώριση μη-διαλεκτικών κανονικοτήτων στον τρόπο με τον οποίο αρχιτεκτονικά και αστικά συστήματα συντίθενται χωρικά και καθορίζουν τους «γονότυπους» της χωρικής μορφής. Δεύτερον, για τη συσχέτιση αυτών των μη-διαλεκτικών κανονικοτήτων με πτυχές του πώς οι άνθρωποι εμφανίζονται να λειτουργούν στο χώρο. Και τρίτον, για να αρχίσει να χτίζεται από τις κανονικότητες αυτές μια εικόνα υψηλότερης γενικότητας του πώς τα χωρικά συστήματα συντίθενται και λειτουργούν ανταποκρινόμενα στις απαιτήσεις των ατόμων και των συλλογικοτήτων».

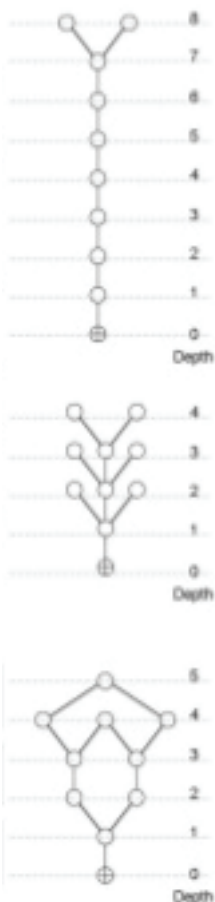
Η γενίκευση των μοντέλων της Space Syntax και η χρήση τους ως εργαλεία αξιολόγησης και

πρόβλεψης εγείρει ερωτήματα ως προς τη δυνατότητα απευθείας αντιστοίχισης χωρικών και

συμπεριφορικών κανονικοτήτων. Ωστόσο, η παροχή εργαλείων για την περιγραφή και

ποσοτικοποίηση μη-διαλεκτικών, διατακτικών χωρικών ιδιοτήτων και η δημιουργία μοντέλων για τη συγκριτική ανάλυση χώρων βάσει πολλαπλών τέτοιων ιδιοτήτων και για την αναγνώριση κανονικοτήτων και επαναλαμβανόμενων τυπικών δομών σχέσεων, συμβάλλουν στην απόδοση μη περιγράψιμων χαρακτηριστικών που δεν μπορούν να προσεγγιστούν με άλλους όρους.

Ως προς την πολλαπλότητα των παρεχόμενων περιγραφών, οι τεχνικές της Space Syntax είναι εξελισσόμενες και επεκτεινόμενες και πολλές από αυτές λειτουργούν συσχετιστικά μεταξύ τους. Επιπλέον, ο Hillier αναφέρει ότι για τη δημιουργία ενός πιο συνολικού θεωρητικού μοντέλου «μπορούμε να ξεκινήσουμε με τα καθαρά «διατακτικά» μοντέλα και να δείξουμε πώς άλλες σημαντικές χωρικές ιδιότητες όπως η μετρική απόσταση, η επιφάνεια, η πυκνότητα, η κάλυψη, το σχήμα, τα πολιτικά όρια, και άλλα μπορούν να εκφραστούν εντός του διατακτικού μοντέλου χρησιμοποιώντας την ιδέα της ενσωμάτωσης στιβαδωμένων [layered] αναπαραστάσεων του χώρου σε ένα ενιαίο σύστημα». Ωστόσο, μια αναπαράσταση πολλαπλών επάλληλων επιπέδων είναι πραγματικά πολλαπλή αν εκτός από τα ανεξάρτητα επίπεδα παρέχει και μια περιγραφή των μεταξύ τους συνδέσεων.

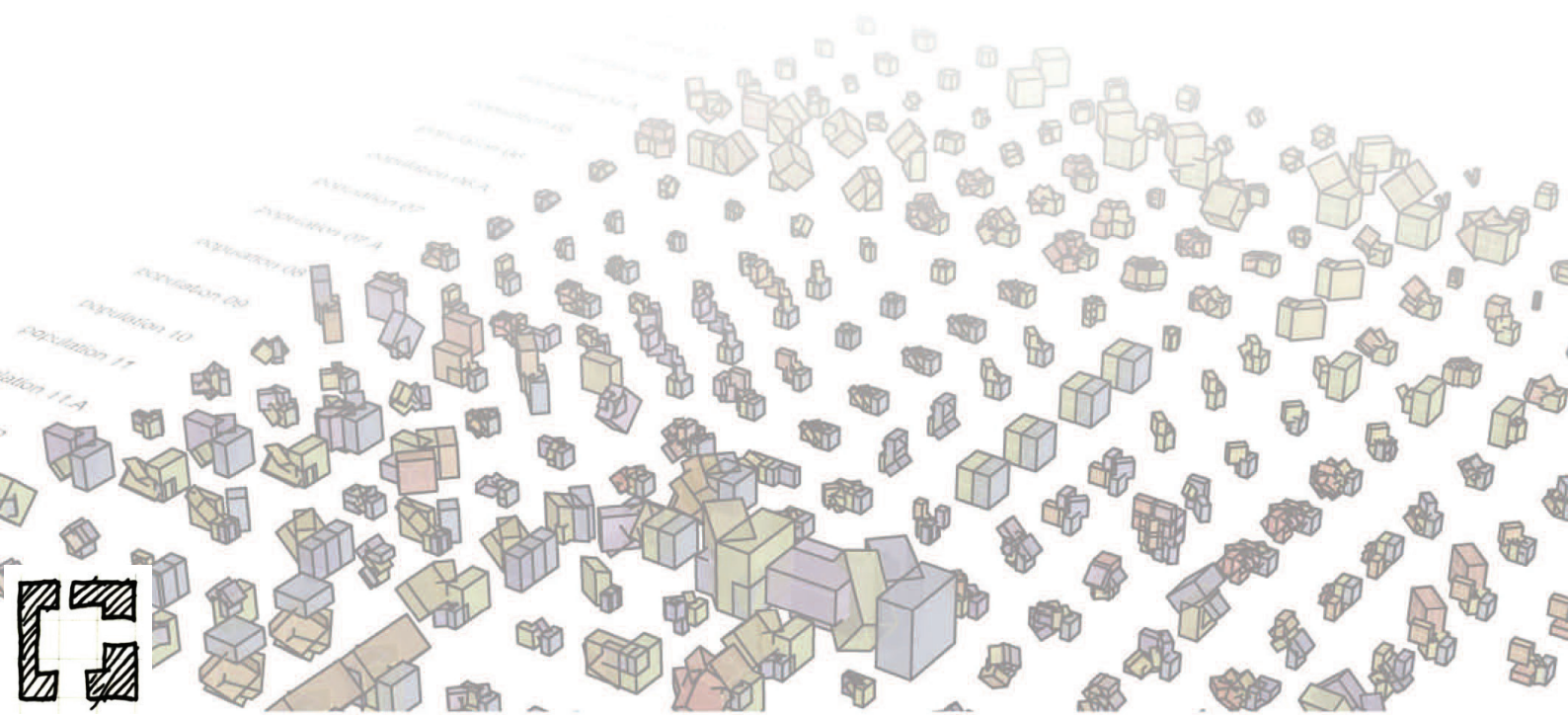




Συμπερασματικά, η πόλη αποτελεί ένα σύστημα αλληλεπιδράσεων, του οποίου τα στοιχεία μπορούν αν ερμηνευτούν ποικιλοτρόπως, και με αυτή τη βάση να αναλυθούν οι αλληλεπιδράσεις τους.

Οι παραπάνω αναφορές, από τη μια επικυρώνουν την ερμηνεία αυτή, και από την άλλη προσεγγίζουν την κατηγοριοποίηση και επεξεργασία των στοιχείων του συστήματος, προσπαθώντας να μεταφράσουν είτε τα ίδια, είτε τις μεταξύ τους συνδέσεις σε μετρήσιμους/επεξεργάσιμους παράγοντες. Αυτό, φαίνεται ιδιαίτερα χρήσιμο σε μελλοντικές μελέτες και εφαρμογές, ως προς την κατηγοριοποίηση-τυποποίηση χωρικών ποιοτήτων, για την εισαγωγή και επεξεργασία τους ως παράγοντες-κόμβους του δικτύου και τον υπολογισμό επιρροής τους στο σύστημα.

Θέττοντας αυτό το κοινωνικό-αρχιτεκτονικό υπόβαθρο, σκοπός της έρευνάς μας είναι να εμβαθύνουμε τη μελέτη μας ως προς την επεξεργασία της πόλης ως δίκτυο, εντάσσοντας και περιπλέκοντας θεωρίες άλλων επιστημονικών τομέων (και το αντίκρισμά τους στην αρχιτεκτονική), καθώς και ψηφιακές μεθόδους και τεχνικές εφαρμογής.







## Κεφάλαιο 2

### 2\_Σε όρους πολυπλοκότητας

Η λογική της πολυπλοκότητας αρχικά προτάθηκε από τον W.Ross Ashby<sup>2</sup> το 1940 και αναπτύχθηκε, μεταξύ άλλων, από τον συνεργάτη του Heinz von Foerster<sup>3</sup>. Η ιδέα ξεκίνησε από φυσικούς και χημικούς που **επεξεργάζονταν τις μεταβολές φάσης και άλλα φαινόμενα αυτόνομης συναρμολόγησης των μορίων και σωματιδίων**<sup>2</sup>. Το 1980, αυτή η λογική υιοθετήθηκε από σύγχρονες μαθηματικές αναλύσεις μη-γραμμικής δυναμικής και χάους παράγοντας μια διερεύνηση των πολύπλοκων συστημάτων, η οποία ήταν κατά κύριο λόγο ποσοτική, με εφαρμογή στα μαθηματικά και την φυσική.

Παρ' ολ' αυτά, την ίδια περίοδο εμφανίστηκε η μελέτη των **“πολύπλοκων προσαρμοστικών συστημάτων”** σε σχέση με τη θεωρία πολυπλοκότητας, η οποία είναι πιο κοντά στον τομέα της πληροφορικής και των δικτυακών δομών, με βάση μελέτες των John Hollan<sup>4</sup>, Stuart Kaufman<sup>5</sup>, John von Neuman<sup>6</sup> και άλλους. Αυτή η προσέγγιση είναι **πιο ποιοτική (παρά ποσοτική) και βασίζεται στην ψηφιακή προσομοίωση**, λαμβάνοντας υπ όψιν περισσότερο τον τομέα της βιολογίας και των κοινωνικών επιστημών, παρά της φυσικής και της χημείας, ελπίζοντας, έτσι, να θέσει το **υπόβαθρο δικτυακών δομών και κοινωνικών προσομοιώσεων**.

Η φιλοσοφία της θεωρίας πολυπλοκότητας βασίζεται στο ότι πολύπλοκα συστήματα όπως οργανισμοί, κοινωνίες, πόλεις ή και το διαδίκτυο, αποτελούνται από στοιχεία, τα οποία σε ομάδες, ως σύνολα, έχουν αναδυόμενες ιδιότητες, οι οποίες δεν μπορούν να περιοριστούν στις απλές ιδιότητες των τμημάτων τους.

Η πολυπλοκότητα δεν μπορεί να οριστεί αυστηρά, κυρίως **χαρακτηρίζει ένα σύστημα που βρίσκεται ανάμεσα στην τάξη και το χάος**. Ένα πολύπλοκο σύστημα τυπικά σχεδιάζεται ως μια συλλογή αλληλεπιδρώντων παραγόντων, που αντιπροσωπεύουν συστατικά τόσο διαφορετικά όπως άτομα, κύτταρα ή μόρια. Λόγω της **μη γραμμικότητας** των αλληλεπιδράσεων, η γενική εξέλιξη του συστήματος είναι σε σημαντικό βαθμό **απρόβλεπτη και ανεξέλεγκτη**. Ωστόσο, το σύστημα τείνει να **αυτο-οργανώνεται**, υπό την έννοια ότι οι τοπικές αλληλεπιδράσεις τελικά παράγουν συνολικό συντονισμό και **συνέργεια**.

Η προκύπτουσα δομή μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να διαμορφωθεί ως δίκτυο, με **σταθεροποιημένες αλληλεπιδράσεις που λειτουργούν ως σύνδεσμοι** που συνδέουν τους παράγοντες. Τέτοια πολύπλοκα, αυτο-οργανωμένα δίκτυα, συνήθως παρουσιάζουν ιδιότητες ομαδοποίησης, χωρίς κλίμακα, και σχηματίζουν ένα μικρόκοσμο.

Αυτά τα συστήματα έχουν μια σειρά από χαρακτηριστικά, όπως η **ευελιξία και η αυτονομία**, που τα παραδοσιακά μηχανιστικά συστήματα δεν έχουν. Αυτές οι ιδιότητες μπορούν όλες να θεωρηθούν ως πτυχές της διαδικασίας αυτο-οργάνωσης που αντιπροσωπεύει τα σύνθετα συστήματα. **Αυτά τα συστήματα οργανώνονται αυθόρμητα έτσι ώστε να αντιμετωπίζουν καλύτερα διάφορες εσωτερικές και εξωτερικές διαταραχές**. Αυτό τους επιτρέπει να **εξελιχθούν**

<sup>2</sup> W.Ross Ashby- Mechanisms of Intelligence: Ashby's Writings on Cybernetics(1940)

<sup>3</sup> Όπως η Ilya Prigogine στο Self-organizing “dissipative structures”, και ο Herman Haken, στην ανάλυση των “synergetics”.

<sup>4</sup> John Hollan-

<sup>5</sup> Stuart Kaufman,

<sup>6</sup> John von Neuman



**και να προσαρμοστούν σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον.**

Κατά τον F.P.Heylighen<sup>7</sup> οι διαδικασίες αυτο-οργάνωσης κυριολεκτικά δημιουργούν την τάξη από το χάος. Είναι υπεύθυνες για τα περισσότερα **πάτερν, δομές και δομικές ρυθμίσεις** που βρίσκουμε στον **μικρόκοσμο** και πολλά από αυτά που βρίσκονται στο χώρο της **φύσης, της κοινωνίας και του πολιτισμού.**

**Ο στόχος της ανάλυσης της θεωρίας της πολυπλοκότητας μπορεί να θεωρηθεί η εύρεση ή δημιουργία τέτοιων μοτίβων στο τεράστιο εύρος δεδομένων με τα οποία βρισκόμαστε αντιμέτωποι.**

Αρχικά, τα πάτερν που χρησιμοποιήθηκαν για τη οργάνωση της πληροφορίας ήταν απλά και κανονικά, όπως οι “επίπεδες” βάσεις δεδομένων στις οποίες υπήρχαν στοιχεία ταξινομημένα αλφαβητικά με βάση το όνομα ή τον τίτλο του συντάκτη ή ιεραρχικά οργανωμένους υποκείμενους δείκτες όπου κάθε στοιχείο έχει αντιστοιχιστεί σε μια σταθερή κατηγορία.

Τα σύγχρονα συστήματα πληροφοριών, όπως το ιντερνετ, είναι πολύ λιγότερο τακτοποιημένα και ενδέχεται να φαίνονται χαοτικά. Ωστόσο, επειδή είναι αποτέλεσμα της αυτο-οργάνωσης, ο ιστός διαθέτει μια μη τετριμμένη δομή που δυνητικά καθιστά την ανάκτηση πληροφοριών πιο αποτελεσματική. Αυτή η δομή έχει πρόσφατα ερευνηθεί στην επιστήμη των δικτύων, η οποία μπορεί να θεωρηθεί μέρος των επιστημών της πολυπλοκότητας και της αυτο-οργάνωσης.

<sup>7</sup>F.P.Heylighen - Complexity and Self-organization (2008)



## 2.1\_Πόλη και ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ

Η Jane Jacobs<sup>8</sup> αναφέρει, “Οι πόλεις έχουν την δυνατότητα να παρέχουν κάτι για όλους, μόνο επειδή, και μόνο όταν, είναι δημιουργημένες από όλους”.

Η αντίληψή της αυτή υιοθετείται εδώ, καθώς όλοι μας έχουμε διατυπώσει την κατανόηση των πόλεων με διαφορετικούς τρόπους, υπονοώντας ότι οι πόλεις είναι καλειδοσκόπια πολλαπλότητας, ιδεών, αντιλήψεων, θεωριών, μοντέλων κλπ. Για τον λόγο αυτό, καθιστάται δύσκολο να δημιουργηθεί μια καθολική θεωρία προσέγγισης των πόλεων, καθώς αναλύοντας το πως λειτουργούν οι πόλεις και πως μπορούμε να τις σχεδιάσουμε πιο βιώσιμες, αναγκαστικά αφαιρούμε επίπεδα πολυπλοκότητας, μεχρις ότου να φτάσουμε στο σημείο που θεωρούμε βασικές αρχές και τεχνικές που συντελούν το υποβαθρο της κατανόησής μας για τις πόλεις. Με τον τρόπο αυτό, εκθέτουμε τα κτίρια που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να αναλύσουμε με βάσει τη bottom up λογική, και να σχεδιάσουμε με τον τρόπο που θεωρούμε ότι οι πόλεις λειτουργούν, αλλάζουν κι εξελίσσονται.

Για να το κάνουμε αυτό, υιοθετούμε την σύγχρονη εκδοχή της **θεωρίας της πολυπλοκότητας**, η οποία διαχειρίζεται τα συστήματα θεωρώντας πως έχουν δημιουργηθεί bottom up, σε μια ιεραρχική δομή στην οποία τα βασικά τους χαρακτηριστικά- δράσεις που σχετίζονται με το πως οι πληθυσμοί συναναστρέφονται μεταξύ τους- καθορίζουν τα δίκτυα, στα οποία ατομικότητες και ομάδες αλληλεπιδρούν μέσω κοινωνικών και οικονομικών δράσεων.<sup>9</sup>

(Batty, 2013)

Συστήματα όπως οι πόλεις εξελίσσονται με τον χρόνο. Συνήθως επεκτείνονται, αφού η πίεση στις σύγχρονες πόλεις είναι προς τη συσσώρευση, έτσι ώστε να κλιμακώνονται οι υλοποιήσιμες οικονομίες, αλλά οι πόλεις αποτελούνται επίσης και από ένα συνοθίλευμα top-down επεξεργασιών, οι οποίες λειτουργούν σε κάθε επίπεδο, περιπλέκοντας έτσι αυτό το δίκτυο αλληλεπιδράσεων.

**Ο όρος της πολυπλοκότητας κάνει την εμφάνιση του όλο και περισσότερες φορές στον αρχιτεκτονικό λόγο, ο οποίος φαίνεται επηρεασμένος όσο ποτέ από την ταχύτητα με την οποία τα δίκτυα εισβάλουν στην σύγχρονη ζωή.**

Τα δίκτυα αποτελούν την πιο απλή έκφανση της έννοιας των συστημάτων, τα οποία θα μπορούσαν να περιγραφούν ως πληροφοριακές δομές, των οποίων το περιεχόμενο μπορεί να εκφραστεί δυνητικά τόσο υλικά όσο και χωρικά, αποτελούμενο από πολλαπλά δομικά μέρη τα οποία διατηρούν την αυτονομία τους (ατομική ταυτότητα και συμπεριφορά), αλλά αλληλεπιδρούν στενά μεταξύ τους. Τα δίκτυα χαρακτηρίζονται από κόμβους (αλληλεπιδρούσες μεταβλητές), οι οποίοι σε περίπτωση αλλαγής θα προκαλούσαν αλλαγές και στους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου, άλλοτε προβλέψιμες και άλλοτε μη. Επίσης χαρακτηριστικό των δικτύων είναι η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον στο οποίο ανήκουν, από το οποίο είναι σε θέση να λάβουν πληροφορία και να αποδώσουν. Στην θεωρία των συστημάτων η έννοια της πολυπλοκότητας εκφράζει τον μη γραμμικό συνδυασμό συμπεριφορών των μερών του συστήματος ή του δικτύου. Χαρακτηριστικό των πολύπλοκων της εργασίας. Ο όρος της προσαρμοστικότητας αρχίζει να εμφανίζεται στην

<sup>8</sup>Jane Jacobs-The life and death of Great American Cities (1961)  
-Michael Batty- The New Science of Cities (2013)  
<sup>9</sup>M.Batty-The New Science of Cities (2013)





θεωρία των συστημάτων -προερχόμενος από την βιολογία- θέλοντας να υποδηλώσει την δυνατότητα μάθησης και προσαρμογής των συστημάτων στο περιβάλλον τους. Στα συστήματα και τα δυναμικά δίκτυα για τα οποία θα γίνει λόγος αργότερα, τα όρια μεταξύ των δικτύων, της βιολογίας και της γενετικής φαίνεται να είναι θολά, καθώς αλληλοτροφοδοτούν την συνθετική διαδικασία παρουσιάζοντας ξεχωριστές αρετές οι οποίες συμβάλουν στις τεχνικές μορφογένεσης.

Στην αρχιτεκτονική ο όρος της πολυπλοκότητας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι προσομοιώσεις των συστημάτων μέσα από βιολογικά δυναμικά μοντέλα, επιχειρούν να βάλουν ένα τέλος στην λογική της μηχανιστικής διασύνδεσης των οντοτήτων η οποία αποτέλεσε το παράδειγμα των προηγούμενων δεκαετιών. Ιδιαίτερο ρόλο παίζουν φυσικά και τα νέα πεδία τα οποία εμφανίζονται στην αρχιτεκτονική όπως το πεδίο της θεωρίας των γενετικών αλγορίθμων, μέσα από το οποίο αναδεικνύονται έννοιες όπως η πολυπλοκότητα και επιχειρείται μια εκ νέου ανάλυση των όρων.

---

## 2.2\_Πολύπλοκο - Περίπλοκο

---

Αρκετό ενδιαφέρον παρουσιάζει και η διαφορά μεταξύ του πολύπλοκου και του περίπλοκου, δεδομένου ότι οι σχεδιαστές και οι αρχιτέκτονες επικεντρώνονται στην επιχειρησιακότητα της πολυπλοκότητας. Ο Κώστας Τερζίδης<sup>10</sup> δίνει τον εξής ορισμό:

**«Πολυπλοκότητα είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει την διάρκεια της περιγραφής ενός συστήματος, ή την ποσότητα του χρόνου που απαιτείται για να δημιουργηθεί ένα σύστημα».**

Στην συνέχεια του ίδιου βιβλίου ο Τερζίδης κάνει λόγο για τον συγγενικό όρο «περίπλοκο» προσπαθώντας να διαχωρίσει και να αποδώσει σωστά κάθε μια από τις έννοιες. Η διαφορά τους έγκειται στην απλοποίηση που επιδέχονται ένα πολύπλοκο και ένα περίπλοκο σύστημα.

**«Το πολύπλοκο μπορεί αποδοτικά να απλοποιηθεί ή να μειωθεί – αλλά το περίπλοκο, αντιθέτως, δεν μπορεί να απλοποιηθεί ασύδοτα».**

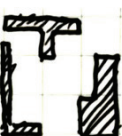
Σε κάθε περίπτωση όταν αναφερόμαστε σε υπολογιστική πολυπλοκότητα, δεν γίνεται αναφορά στην κατασκευαστική μορφή των οντοτήτων αλλά στην εσωτερική τους δομή και συμπεριφορά.

**«Η κατασκευαστική πολυπλοκότητα δεν είναι απαραίτητα ένδειξη μορφολογικής πολυπλοκότητας και αντίστοιχα η μορφολογική πολυπλοκότητα δεν είναι απαραίτητα ένδειξη κατασκευαστικής πολυπλοκότητας».**

Και ο Greg Lynn<sup>11</sup> τονίζει ακριβώς πως η κατανόηση της θεωρίας της πολυπλοκότητας από τους αρχιτέκτονες, μπορεί να αποτελέσει την διέξοδο από την αποσπασματική αντίληψη, η οποία συνέδεε αντιφατικά μεταξύ τους στοιχεία σε ένα σύνολο, αλλά και στην διάθεση του μοντέρνου να μειώνει το

<sup>10</sup> Kostas Terzidis, "Algorithmic-Complexity: Out of Nowhere", στο συλλογικό Complexity: Design Strategy and World View

<sup>11</sup> Greg Lynn - Composites, Surfaces, and Software: High Performance Architecture (2010)



νόημα αναλύοντας το «όλο» στα ελάχιστα τμήματά του. Την προσέγγιση που έγινε την εποχή του μοντέρνου καυτηριάζει και ο Νίκος Σαλίγκαρος, ο οποίος δανείζεται τρεις όρους του Dr. Warren Weaver<sup>12</sup> προκειμένου να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο η διαχείριση της πολυπλοκότητας μπορεί να διαφέρει στην πρακτική εφαρμογή.

Ο Weaver, αμερικανός επιστήμονας μαθηματικός με σημαντική προσφορά στην φυσική, στην γενετική και στην φιλοσοφία αυτών, κάνει λόγο για τριών ειδών φιλοσοφικές προσεγγίσεις στην ιστορία της επιστημονικής σκέψης, από τις οποίες περάσαμε μέχρι σήμερα.

Η πρώτη ήταν η “οργανωμένη απλότητα”,  
η δεύτερη ήταν η “ανοργάνωτη πολυπλοκότητα”, και  
η τρίτη είναι η “οργανωμένη πολυπλοκότητα”.

Η **οργανωμένη απλότητα** «σε αντίθεση με την πολυπλοκότητα υπονοεί την αφαίρεση, την καθαρότητα, την σεμνότητα, την αυστηρότητα και την αμεσότητα και έχει κατηγορηθεί ότι είναι πολύ προφανής, βαρετή, χωρίς ενδιαφέρον και ύποπτη» γράφει ο Τερζίδης, προσπαθώντας να προβάλει αξίες της πολυπλοκότητας όπως η καινοτομία, η μοναδικότητα, η πρωτοτυπία και η εξέλιξη. Οι αρχιτέκτονες του 20ου και 21ου αιώνα σύμφωνα με τον Salingaro<sup>13</sup> που χειρίστηκαν την πόλη ως πρόβλημα οργανωμένης απλότητας ή ανοργάνωτης πολυπλοκότητας, δεν κατάφεραν να δημιουργήσουν προσαρμοστικά συστήματα και όταν προσπάθησαν μέσω της χρήσης αλγορίθμων απέτυχαν, καθώς συνέχισαν να θεωρούν τα κτήρια ως ανεξάρτητους οργανισμούς. Το πρόβλημα αυτό καλείται να επιλύσει η οργανωμένη πολυπλοκότητα, η οποία σύμφωνα με τον Weaver βασίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ των μερών, σύμφωνα με τις οποίες το σύστημα που μελετάται αναδύεται και φέρει ιδιότητες οι οποίες δεν είναι σε θέση να ερμηνευτούν από την μελέτη μεμονωμένων στοιχείων. Ένα τέτοιο σύστημα είναι σε θέση να μελετηθεί μέσα από την μοντελοποίηση και προσομοίωση του. Ο De Landa<sup>14</sup> στο έργο του μελετάει τέτοιες οργανωμένες πολυπλοκότητες οι οποίες θα είναι σε θέση να συλλάβουν τα πολύπλοκα συστήματα των πόλεων, όπως αυτά γίνονται κατανοητά σήμερα.

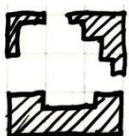
Αν και η θεωρία των συστημάτων επιχειρεί να δώσει έμφαση στο «όλο» και στο αναδυόμενο σύνολο πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί γιατί όπως υποστηρίζει ο Edgar Morin<sup>15</sup> «όσο η θεωρία των συστημάτων παραμένει σε επίπεδο θεωρίας υπάρχει κίνδυνος ο “Ολισμός” (holism) – ο οποίος πρεσβεύει τα αντίθετα της απλοποίησης και της κατάτμησης – να αποβεί ένα νέο είδος “Αναγωγισμού” (reductionism), με το να αναγάγει τα πάντα σε σύνολα. Μόνο μέσα από το παραδειγματικό επίπεδο (paradigmatic level) – στο οποίο φανερώνεται η πλήρης έκταση της πιθανής πολυπλοκότητας – θα μπορέσει η ιδέα των συστημάτων να αποτελέσει μια νέα μορφή πολύπλοκης οργάνωσης της σκέψης και των πράξεων».

<sup>12</sup> Warren Weaver - Lady Luck and the Theory of probability (1963)

<sup>13</sup> Nikos Salingaros - Principles of Urban Structure (2005)

<sup>14</sup> Manuel DeLanda - A New Philosophy of Society: Assemblage Theory and Social Complexity

<sup>15</sup> Edgar Morin - From the Concept of System to the Paradigm of Complexity.



## 2.3\_Πιθανότητα

“LET US BUILD MACHINES THAT CAN LEARN, CAN GROPE AND CAN FUMBLE,  
MACHINES THAT WILL BE ARCHITECTURE PARTNERS,  
ARCHITECTURE MACHINES”

<sup>16</sup>  
(NEGROPONTE,1970)

Στο πλαίσιο ανάλυσης της θεωρίας πολυπλοκότητας, είναι θεμιτό να εισαχθεί ο όρος της πιθανότητας, καθώς παίζει κεντροβαρικό ρόλο στην διεργασία προσομοίωσης πολύπλοκων συστημάτων ως δίκτυα.

Η **πιθανότητα ως παράγοντας**, στο πλαίσιο του υπολογιστικού σχεδιασμού, παρέχει ως λειτουργία όπου η τυχειότητα που έχει οριστεί από τον υπολογιστή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπαραστήσει τη διακύμανση που θα εμφανιζόταν φυσικά αποτελέσματα στο πραγματικό κόσμο.

Η πιθανότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει μια **περιπλάνηση από ένα προκαθορισμένο σύνολο παραμέτρων**, δίνοντας τη δυνατότητα στον σχεδιαστή να δημιουργεί πτυχές που δεν θα ήταν προσβάσιμες με αναλογικές διαδικασίες.

Η **πιθανότητα και ο στοχαστικός σχεδιασμός** βρίσκεται στο πυρήνα της πρωτοβουλίας ψηφιακού/υπολογιστικού σχεδιασμού, καθώς **αντιπροσωπεύει την ολοκλήρωση των μαθηματικών και βιολογικών μοντέλων στην αρχιτεκτονική πορεία**, όπως τη θεωρία του χάους, το νεο-δαρβινισμό και τη θεωρία της πολυπλοκότητας.

Είναι αναμφίβολο ότι η “πιθανότητα” είναι απαραίτητο στοιχείο της νοημοσύνης. Όταν εφαρμόζεται ως διαδικασία αναζήτησης **επεκτείνοντας το εύρος πιθανών συνδέσεων**, και **συνδιάζεται με μια ρουτίνα επιλογής (εξελισσόμενη “έξυπνη” επαναληπτική επιλογή)**, μπορεί να αποφέρει ένα **“pattern” λειτουργίας**, το οποίο χαρτογραφεί τις πιθανές λύσεις σε ένα συγκεκριμένο σχεδιαστικό πρόβλημα.

Η πιθανότητα, σε συνδιασμό με την ανθρώπινη νοημοσύνη (ως επιλεκτικό εργαλείο) μπορεί να χρησιμοποιήσει τους υπολογιστές ως “έξυπνες μηχανές που μας επιτρέπουν να προσομοιώσουμε την ανθρώπινη συμπεριφορά”.

## 2.4\_Επίλυση του κόμβου

Η δυνατότητα για την κατανόηση και την περιγραφή όλο και πιο πολύπλοκων δυναμικών συστημάτων με ταυτόχρονη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων σε παράλληλο χρόνο, επιτρέπει στους σύγχρονους αρχιτέκτονες μια επιπλέον **στρατηγική προσέγγιση της αρχιτεκτονικής διαδικασίας**, η οποία έρχεται να συγκρουστεί με παλαιότερες αντιλήψεις σχεδιασμού και να αναθεωρήσει τον τρόπο με τον οποίο παράγεται το τελικό προϊόν της αρχιτεκτονικής. Ο τρόπος με τον οποίο οι αρχιτέκτονες μέχρι σήμερα επιχειρούσαν να προσεγγίσουν τον σχεδιασμό, είτε μέσα από ένα κεντρικό σκίτσο, είτε μέσα από την κεντρική ιδέα φαίνεται να συσχετίζεται θεωρητικά με την «διαχείριση του όλου», κατά την οποία η «ιδέα» του σχεδιαστή αποτελεί την αρχή μιας δομής, η οποία αρχίζει και εξελίσσει τον εαυτό της και μέσα από εσωτερικές αλλαγές παράγει διαφορετικά τελικά αποτελέσματα. Εκτός από την καθολική

<sup>16</sup>\_Negroponte - Architecture Machine (1970)



λογική παραγωγής λύσεων και τελικών προϊόντων, μέσα από την λογική της σοφής δομής, τα ψηφιακά εργαλεία κάνουν εφικτή μια ακόμα στρατηγική, αυτή της «**επίλυσης του κόμβου**».

Αντικαθιστώντας την αυστηρή “σοφή” δομή της κεντρικής ιδέας με ένα δίκτυο σχέσεων, αλληλεπιδράσεων και πιθανών καταστάσεων, το ενδιαφέρον από την διαχείριση του συνόλου περνάει στην διαχείριση του κόμβου. Το βασικό χαρακτηριστικό της στρατηγικής αυτής είναι ο συνεχής επανασχεδιασμός από το μηδέν, με αποτελέσματα τα οποία δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε εκ των προτέρων. Ο έλεγχος του συνόλου αντικαθιστάται από τον έλεγχο των κόμβων του συνόλου – ή αλλιώς αλληλεξαρτώμενων στοιχείων – τα οποία ρυθμίζουν και ελέγχουν τοπικές παραμέτρους. Η επίλυση του κόμβου καταλήγει να είναι το κεντρικό κατασκευαστικό πρόβλημα στο οποίο καλούνται να δώσουν απάντηση οι σύγχρονοι σχεδιαστές. Από όλα τα παραπάνω φαίνεται πως η επίλυση του κόμβου δεν σχετίζεται τόσο με τον σχεδιασμό και την εξέλιξη μιας μορφής ή ενός τεχνήματος, αλλά περισσότερο με τον **σχεδιασμό και έλεγχο ενός χώρου δυνατοτήτων - πεδίου, μέσα στον οποίο θα αναδυθούν πραγματικά καινοτόμα αποτελέσματα**.

Κυρίαρχη και βασική θέση στην προσέγγιση αυτή κατέχει η έννοια του **αλγορίθμου**, έννοια η οποία αποτελεί το σημείο σύγκλισης ανάμεσα στην υπολογιστική αρχιτεκτονική και τον νέο ρόλο του αρχιτέκτονα. Με απλά λόγια **οι αλγόριθμοι ικανοποιούν την ανάγκη ύπαρξης ενός διαλόγου μεταξύ αρχιτέκτονα και ψηφιακού μέσου, προκειμένου το δεύτερο να είναι σε θέση να μετουσιωθεί σε ένα δυναμικό σχεδιαστικό εργαλείο**.

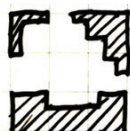
Στο άρθρο “Deleuze and the use of the Genetic algorithms” ο De Landa προσπαθεί να εισάγει τη χρήση ψηφιακών αλγοριθμικών τεχνικών στο συνθετικό πλαίσιο, παρουσιάζοντας τες ως ένα ακόμα εργαλείο για τους σχεδιαστές. Για να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο, τονίζει πως **πρέπει να χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που ο σχεδιαστής δεν μπορεί να γνωρίζει εκ των προτέρων τα ενδεχόμενα αποτελέσματα**. Για να είναι σε θέση κάποιος αλγόριθμος να παρουσιάσει ενδιαφέροντα αποτελέσματα, είναι απαραίτητη η εισαγωγή κάποιων φιλοσοφικών εννοιών. Ο De Landa εντοπίζει στο έργο του Deleuze τρεις διαφορετικές μορφές φιλοσοφικής σκέψης, την “πληθυσμιακή” (population), την “εντατική” (intensive) και την “τοπολογική” (topological) σκέψη, μορφές τις οποίες δεν εφύηρε ο ίδιος, αλλά για πρώτη φορά τις συγκέντρωσε και έθεσε τις βάσεις για ένα νέο είδος σύλληψης της μορφογένεσης.

## 2.5\_Πληθυσμιακή σκέψη

Η πρώτη μορφή φιλοσοφικής σκέψης η οποία παρουσιάζεται από τον Deleuze είναι αυτή της «πληθυσμιακής σκέψης» (population thinking). Αυτός ο τρόπος σκέψης προκύπτει από την **επιστήμη της βιολογίας (Darwin & Mendel)**,<sup>17</sup> και αποτέλεσε τα **θεμέλια της σύγχρονης εξελικτικής θεωρίας**.

Προκειμένου να υπάρξει εξέλιξη κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη μίας μεγάλης αναπαραγωγικής κοινότητας. Δεν μπορούμε να περιμένουμε πολλά

<sup>17</sup> Darwin φυσιοδίφης και γεωλόγος, ο οποίος έμεινε στην ιστορία ως ο θεμελιωτής της θεωρίας της εξέλιξης. G.Mendel:Αυστριακός μοναχός, γνωστός για τις μελέτες που πραγματοποίησε σχετικά με τους μηχανισμούς της κληρονομικότητας χαρακτηριστικών στα φυτά





διαφορετικά αποτελέσματα ξεκινώντας από δύο οντότητες (entities) και για αυτό τον λόγο οι διαφορές- ατέλειες είναι απαραίτητες.

**Ένα μεγάλο εύρος διακύμανσης- αποκλίσεων είναι σε θέση να οδηγήσει σε μορφογένεση πραγμάτων, μέσω επιλογών που δεν είναι πάντα σκόπιμες ή αντιληπτές.** Η απόκλιση μεταξύ των οντοτήτων και η διακύμανση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, αναγάγεται σε ένα κρίσιμο στοιχείο προκειμένου οι αλγόριθμοι να μπορέσουν να παράγουν ένα μεγάλο πλήθος διαφορετικών λύσεων.

Η πληθυσμιακή σκέψη αναφέρεται στην **οριοθέτηση της ατομικής μονάδας ως μέρους του συνόλου**, ενός πληθυσμού διακριτών μοναδικοτήτων οι οποίες συνδιαμορφώνουν τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού. Με αυτή την έννοια η πληθυσμιακή σκέψη συσχετίζεται με την κατηγορηματική λογική, η οποία αναφέρεται στα **“χωρικά - άυλα όρια της διακριτής οντότητας”** (Παρμενίδης, 2015)<sup>18</sup>.

Σύμφωνα με την πληθυσμιακή σκέψη, το **πεδίο δυνατοτήτων οριοθέτησης της μονάδας είναι ο πληθυσμός και τα άτομα αποτελούν πολλαπλότητες που συστήνουν συγκλίνουσες και αποκλίνουσες σειρές παραλλαγών** (Deleuze, 2005)<sup>19</sup>.

Όπως τονίζει ο De Landa «για τους εκφραστές της πληθυσμιακής σκέψης **μόνο η διακύμανση είναι πραγματική, σε αντίθεση με τον ιδεατό τύπο, ο οποίος δεν είναι παρά μια σκιά**».

Ο Deleuze και ο Guattari αναφέρουν χαρακτηριστικά:

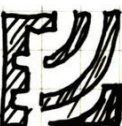
«Πρώτα, οι μορφές δεν προϋπάρχουν του πληθυσμού, είναι περισσότερο σαν στατιστικά αποτελέσματα. Όσες περισσότερες αποκλίνουσες μορφές υπάρχουν σε έναν πληθυσμό, τόσο περισσότερο η αρχική πολλαπλότητα διαιρείται σε πολλαπλότητες διαφορετικής φύσης και διαμοιράζεται ικανοποιητικά στο περιβάλλον, ή το καταμερίζει. Δεύτερον, στιγμιαία και κάτω από τις ίδιες συνθήκες, οι βαθμοί (ελευθερίας) δεν μετρούνται αναλογικά της αύξησης της τελειότητας (της πολλαπλότητας), αλλά αναλογικά των διαφορικών σχέσεων και συντελεστών όπως η πίεση, η καταλυτική δράση, η ταχύτητα αναπαραγωγής, ο ρυθμός ανάπτυξης, εξέλιξης, μετάλλαξης.. Οι δύο θεμελιώδεις συνεισφορές του Δαρβινισμού μετατοπίζονται στην κατεύθυνση των πολλαπλοτήτων: την αντικατάσταση των (ιδεατών) τύπων από τους πληθυσμούς και την αντικατάσταση των χαρακτηριστικών και των διαφορικών σχέσεων από τους βαθμούς».<sup>19</sup>

Με άλλα λόγια ένα πλήθος μορφών θα είναι σε θέση να κληροδοτήσει διαφορετικά χαρακτηριστικά και οι επόμενες γενιές να χαίρουν σημαντικών διαφορών μεταξύ τους.

**Η ετερότητα των λύσεων είναι μια επιθυμητή κατάσταση, η οποία παρέχει στον σχεδιαστή την δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε διαφορετικές μορφές, τις οποίες δεν θα μπορούσε να έχει προβλέψει.** Ο υπολογιστής πρέπει να είναι σε θέση να παράγει ένα μεγάλο πληθυσμό πιθανών εξελίξεων- επιλογών μέσω της σωστής σχέσης δυνητικών γονιδίων και δυνητικών χαρακτηριστικών. Τις σχέσεις αυτές καθορίζει ο χρήστης του υπολογιστή μέσω ακολουθιών από **λειτουργικά σημεία (operations points)** στα οποία μπορούν να συμβούν αυθόρμητες μεταλλάξεις.

<sup>18</sup> Παρμενίδης

<sup>19</sup> G. Deleuze, F. Guattari - A thousand plateaus (1980)



## 2.6\_Εντατική Σκέψη

Στον πρώτο τρόπο συλλογισμού της πληθυσμιακής σκέψης ο Deleuze προσθέτει έναν ακόμα διανοητικό τρόπο, ο οποίος προέρχεται από τις φυσικές επιστήμες και τον κλάδο της θερμοδυναμικής, την «εντατική σκέψη» (intensive thinking).

Η εντατική σκέψη ασχολείται με τις διαδικασίες, οι οποίες παράγουν τα πράγματα γύρω μας. Ο σύγχρονος ορισμός των εντατικών ποσοτήτων ή αλλιώς εντατικών μεταβλητών δίνεται ως το αντίθετο των εκτατικών ποσοτήτων ή εκτατικών μεταβλητών.

Ως εντατικές μεταβλητές ορίζονται αυτές οι οποίες είναι ανεξάρτητες της ποσότητας (μάζας, όγκου) των συστατικών του συστήματος, ενώ ως εκτατικές αυτές οι οποίες εξαρτώνται από την ποσότητα των συστατικών του συστήματος και έχουν προσθετικό χαρακτήρα.

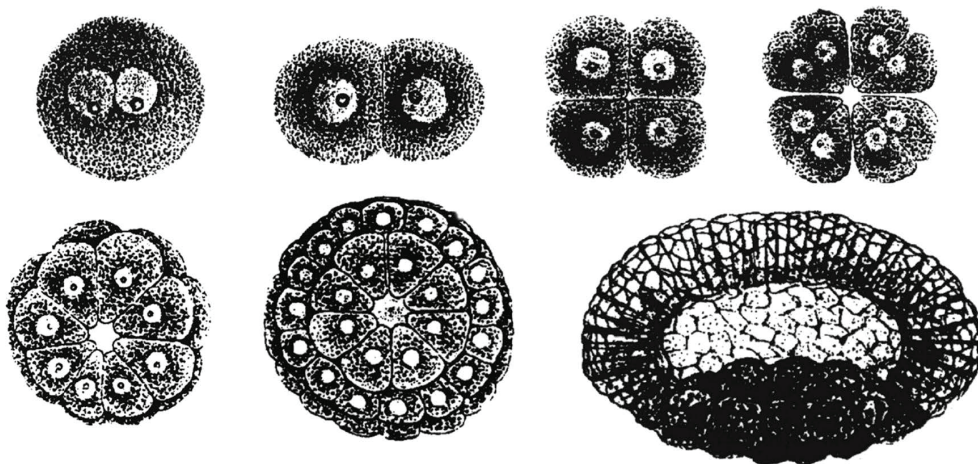
Παράδειγμα εκτατικών μεταβλητών αποτελούν μεγέθη με τα οποία οι αρχιτέκτονες είναι εξοικειωμένοι, όπως το μήκος, το εμβαδόν, ο όγκος.

Τα παραπάνω αποτελούν μεγέθη τα οποία είναι εξαρτώμενα ή ανάλογα προς το μέγεθος του συστήματος.

Από την άλλη μεριά οι εντατικές μεταβλητές αναφέρονται σε μεγέθη όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η ταχύτητα, μεγέθη δηλαδή τα οποία δεν είναι εξαρτώμενα από το μέγεθος του κάθε συστήματος.

Για τον Deleuze, εκτός από το γεγονός ότι δεν είναι εξαρτώμενες από το μέγεθος κάθε συστήματος, τονίζει ακόμα ένα γνώρισμα των εντατικών μεταβλητών. Οποιαδήποτε εντατική διαφορά (intensive difference) προκύπτει σε ένα σύστημα, αυτομάτως το ίδιο το σύστημα προσπαθεί να την ακυρώσει, και κατά την διαδικασία αυτή θέτει σε κίνηση ροές ύλης και ενέργειας.

Με άλλα λόγια, οι εντατικές διαφορές αποτελούν παραγωγικές διαφορές (productive differences) υπό την έννοια ότι οι διεργασίες οι οποίες ενεργοποιούνται είναι αυτές οι οποίες παράγουν μια ποικιλομορφία μορφών. Ο De Landa δίνει το παράδειγμα της εμβρυογένεσης, μιας διαδικασίας η οποία παράγει έναν οργανισμό μέσω της γονιμοποίησης «η διαδικασία αυτή ενεργοποιείται χάρη στις διαφορετικές εντάσεις οι οποίες αναπτύσσονται (διαφορές χημικών συγκεντρώσεων, πυκνοτήτων, επιφανειακών τάσεων κ.α.)».



Εικόνα 10: Αρχικές φάσεις εμβρυογένεσης. Οι παραγωγικές διαφορές και οι διαφορετικές εντάσεις έχουν ως αποτέλεσμα την εξέλιξη του αρχικού κυττάρου.

Ο αρχιτέκτονας, ο οποίος θα είναι σε θέση να δημιουργήσει το κατάλληλο περιβάλλον μέσα στο οποίο θα λάβει μέρος η δυνητική εξέλιξη της μορφής ή του κτηρίου, αποκτά έναν νέο ρόλο στην συνθετική διαδικασία. Ο ρόλος του σχεδιαστή θα έχει μετατραπεί (κάποιοι θα λέγανε υποβαθμιστεί) σε αντίστοιχο του **εκτροφέα** σκύλων ή αλόγων κούρσας, με συνέπεια την αδυναμία ανάπτυξης προσωπικών εκφραστικών μέσων. Ο De Landa επιλέγει να τονίσει για ακόμα μια φορά, πως παρόλο που σήμερα κυριαρχούν ιδέες όπως «Ο θάνατος του συγγραφέα» με την εκθρόνιση του καλλιτέχνη και την «προθεσιακή πλάνη», η προσωπικότητα μέσα στα έργα δεν πρέπει να χαθεί. Η διαδικασία παραγωγής δυνητικών μορφών αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενεργοποίησης σχεδιαστικών αποφάσεων από μεριάς του σχεδιαστή, και η οποία για τον De Landa απαιτεί υψηλή δημιουργικότητα. Σύμφωνα με τον Deleuze

«Η διαφορά δεν είναι ποικιλία. Η ποικιλία είναι δεδομένη, αλλά η διαφορά είναι αυτό από το οποίο δίνεται το δεδομένο. Η διαφορά δεν είναι φαινόμενο, αλλά το νοούμενο, το πλησιέστερο στο φαινόμενο. Κάθε φαινόμενο αναφέρεται σε μια ανισότητα από την οποία προσδιορίζεται. Καθετί που συμβαίνει και καθετί που εμφανίζεται συσχετίζεται με τάξεις διαφορών: διαφορών επιπέδου, θερμοκρασίας πίεσης, τάσης, δυναμικού, διαφορές έντασης κλπ» (Deleuze, 1994)

Η εντατική λογική αναφέρεται στη δυνατότητα εμφάνισης και προσομοίωσης δυναμικής συμπεριφοράς και με αυτή την έννοια συσχετίζεται με τη διαδικαστική λογική προσέγγισης των «κλειστών - ανοιχτών ορίων νοηματοδότησης των οντοτήτων» (Παρμενίδης, 2015)

---

## 2.7\_Τοπολογική Σκέψη

---

Υψηλή δημιουργικότητα και σχεδιαστικές αποφάσεις είναι απαραίτητα και σε ένα ακόμα μέρος της διαδικασίας, το οποίο όμως θέτει την **τεχνοτροπία σε μία νέα διάσταση**, διαφορετική από αυτή του συνηθισμένου σχεδίου.

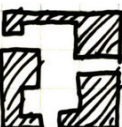
Η εξήγηση αυτού, προϋποθέτει την εισαγωγή και του τρίτου τρόπου συλλογισμού πάνω στην μορφογένεση. Ο όρος που χρησιμοποιεί ο Deleuze για την περιγραφή του προέρχεται από τον κλάδο των **μαθηματικών** και είναι αυτός της «**τοπολογικής σκέψης**» (topological thinking).

Ένα πρόβλημα που παρατηρείται στην χρησιμοποίηση των αλγοριθμικών μέσων από τους σχεδιαστές για την παραγωγή μορφών είναι ο **περιορισμένος αριθμός αποτελεσμάτων που αυτός παράγει**. Σε αντίθεση με τις ενδιαφέρουσες και ποικίλες μορφές που παρατηρούνται γύρω μας, οι οποίες έχουν επιτευχθεί από την **βιολογική εξέλιξη**, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν οι σχεδιαστές φαίνεται να **εξαντλούν γρήγορα κάθε πιθανό σενάριο**.

Ένας πιθανός τρόπος προσέγγισης αυτής της ερώτησης μπορεί να γίνει μέσω της ιδέας του διαγράμματος ή αλλιώς «**body plan**».

[περιγράφεται ως μια συνάρθρωση μορφολογικών γνωρισμάτων τα οποία μοιράζονται τα μέλη ενός phylum, όπου phylum (συννομοταξία) ορίζεται η ταξινομική βαθμίδα που βρίσκεται κάτω από το βασίλειο (regnum) και πάνω από την ομοταξία (class). ]

(Wikipedia)





Για να γίνει κατανοητός ο όρος του Body plan ο De Landa κάνει μια στροφή στον κλάδο της βιολογίας και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά που μοιράζονται οι άνθρωποι με άλλα ζώα.

**Ως σπονδυλωτά, η αρχιτεκτονική των σωμάτων μας** (η οποία συνδυάζει κόκκαλα τα οποία φέρουν φορτία και μύες οι οποίοι φέρουν κατόπιν τάσεις) μας κάνει μέρος της συνομοταξίας (phylum) των χορδωτών (chordata), ένα είδος «αφηρημένου σπονδυλωτού» (abstract vertebrate) το οποίο κατά την διάρκεια της εμβρυογένεσης ενδέχεται να αποδώσει-παράγει (yield) έναν ελέφαντα και σε κάποια άλλη αλληλουχία να παράγει μια καμηλοπάρδαλη, ένα φίδι, ένα γεράκι, έναν καρχαρία και ανθρώπους.

Ο De Landa σε αυτό το σημείο εισάγει τον όρο που χρησιμοποιούσε ο Deleuze, το «αφηρημένο διάγραμμα» (abstract diagram) ή «δυνητική πολλαπλότητα» (virtual multiplicity) προκειμένου να αναφερθεί σε υπάρξεις όπως το «σπονδυλωτό body plan» αλλά και σε ανόργανες υπάρξεις όπως τα σύννεφα ή τα βουνά.

Προκειμένου να είμαστε σε θέση να σκεφτούμε αυτά τα αφηρημένα διαγράμματα, εισάγεται η έννοια του «**μαθηματικού χώρου**».

Μεγάλο μέρος θεμελιωδών εννοιών όπως το «μήκος» ή το «εμβαδόν» ανήκουν στους «μετρικούς χώρους». Με τους «μετρικούς χώρους» ασχολείται η **Ευκλείδεια γεωμετρία**.

Από την άλλη μεριά υπάρχουν γεωμετρίες στις οποίες οι έννοιες των μετρικών χώρων δεν είναι βασικές, από την στιγμή που **δεν διατηρούν τα μήκη και τις επιφάνειές τους αμετάβλητες**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η **προοπτική γεωμετρία** κατά την οποία τα μήκη επεκτείνονται ή συρρικνώνονται όπως και τα εμβαδά. Με την σειρά τους οι ιδιότητες οι οποίες παραμένουν σταθερές στην προοπτική γεωμετρία μπορούν να αποσταθεροποιηθούν σε άλλες μορφές γεωμετρίας όπως για παράδειγμα τη **διαφορική ή τοπολογική γεωμετρία**.

Η τοπολογική γεωμετρία επιτρέπει την **διατήρηση τοπολογικών αμετάβλητων** (ή αλλιώς τοπολογικά μη μεταβλητές) (topological invariants -topological properties), ιδιότητες οι οποίες αποτελούν τα στοιχεία που πρέπει να σκεφτόμαστε όταν αναφερόμαστε στην έννοια του «body plan» ή γενικότερα στην έννοια των «αφηρημένων διαγραμμάτων».

Ο De Landa τονίζει πως η **χωρική διάρθρωση ενός body plan δεν μπορεί να βασίζεται σε ένα μετρικό σύστημα** αφού οι μορφογενετικές διαδικασίες μπορούν να παράγουν μια μεγάλη ποικιλία τελικών μορφών, από τις οποίες **κάθε μια να έχει διαφορετική μετρική διάρθρωση (metric structure)**. Για αυτό τον λόγο κρίνεται απαραίτητη τα body plans να είναι τοπολογικής γεωμετρίας.

Συνοπτικά, η τοπολογική σκέψη αναφέρεται στους συσχετισμούς μεταξύ των μερών ενός συστήματος και στη δυνατότητα παραμετροποίησης τους κατά τρόπο ώστε να περιγράφεται ένα «κοινό σχέδιο» (DeLanda, 2002), ένα αφηρημένο γενικό πλάνο που με την εφαρμογή διαφορετικών «εντατικών πράξεων» να οδηγεί σε διαφορετικά στιγμιότυπα. Το αφηρημένο αυτό διάγραμμα αποτελεί μια περιγραφή κλάσης, ή παραμέτρικού μοντέλου, που οριοθετεί το πεδίο δυνατοτήτων από το οποίο μπορούν αν επιλέγουν, να ενεργοποιηθούν και πραγματοποιηθούν συγκεκριμένες πολλαπλότητες ή στιγμιότυπα.



Το πλάνο “**πρέπει να είναι αρκετά αφηρημένο ώστε να είναι συμβατό με διαφορετικούς συνδυασμούς εκτατικών ποσοτήτων**” (DeLanda, 2002).

Το πέρασμα από το ένα στιγμιότυπο στο άλλο είναι δυνατό μέσω **τοπολογικών μετασχηματισμών**, οι οποίοι προδιαγράφονται από το αφηρημένο διάγραμμα ως **δυναμική πολλαπλότητα**.

Η τοπολογική λογική, αναφερόμενη στη **δυνατότητα μετασχηματισμού από τη μία μοναδικότητα στην άλλη μέσω της συναρτησιακής έκφρασης ενός παραμετρικού μοντέλου**, συσχετίζεται με τη συναρτησιακή σκέψη και τα “**συνεχή - ασαφή όρια μεταξύ οντοτήτων**” (Παρμενίδης, 2015).

Σε αντίθεση με τη πληθυσμιακή σκέψη, το αντικείμενο της τοπολογικής σκέψης δεν είναι το ίδιο το αντικείμενο, αλλά **ο τρόπος με τον οποίο οι συσχετισμοί μεταξύ αντικειμένων και οι μετασχηματισμοί τους παράγουν ή περιγράφουν το χώρο**.

Σύμφωνα με την Lafont<sup>20</sup>,

“η τοπολογία ενδιαφέρεται μόνο για την εμφάνιση, τη διαδρομή και τις δυνατότητες των αντικειμένων να περιγράφουν έναν συγκεκριμένο χώρο”. Σε αντίθεση με την Ευκλείδεια γεωμετρία, όπου το ζήτημα είναι η “παραγωγή ενός συστήματος υπολογισμών και σημειογραφιών που μας επιτρέπουν να τοποθετούμε ένα αντικείμενο και τις κινήσεις τους στο χώρο”, στην τοπολογία το ζήτημα είναι “η περιγραφή του ίδιου του χώρου, λαμβάνοντας υπόψη και το αναλλοίωτο (invariance) του αντικειμένου”

Επιστρέφοντας στις αλγοριθμικές μεθόδους, ο De Landa τονίζει πως «**αν θέλουμε οι εξελικτικές αρχιτεκτονικές μορφές να χαίρουν μεγάλο βαθμό συνδυαστικής παραγωγικότητας όπως οι βιολογικές μορφές, πρέπει και αυτές να αρχίσουν με ένα ικανό διάγραμμα (adequate diagram), ένα «αφηρημένο κτήριο» ως αντιστοιχία του «αφηρημένου σπονδυλωτού»**».

Σε αυτό το σημείο ο σχεδιασμός κάνει ένα βήμα παραπάνω από την απλή εκτροφή κτηρίων (όπως αναφέρθηκε προηγουμένως σχετικά με τον σχεδιαστή- εκτροφέα) και ο αρχιτέκτονας είναι σε θέση να σχεδιάσει **διαφορετικά τοπολογικά διαγράμματα τα οποία θα φέρουν την υπογραφή του**.

Ο σχεδιασμός παρόλα αυτά θα είναι αρκετά διαφορετικός από τον παραδοσιακό ο οποίος λαμβάνει χώρα σε μετρικούς χώρους. Είναι νωρίς να γνωρίζουμε τι είδους σχεδιαστικές μεθοδολογίες θα είναι απαραίτητες ώστε το αποτέλεσμα να είναι βασισμένο σε «**καθαρές συνδεσιμότητες**» (pure connectivities) – όπως τις αναφέρει ο De Landa – και άλλα «**τοπολογικά αμετάβλητα**» (topological invariants). Προκειμένου να μπορεί ο αρχιτέκτονας σε θέση να χρησιμοποιήσει το εργαλείο των αλγορίθμων, πρέπει να είναι σε θέση να δημιουργήσει τους κατάλληλους «**χώρους πιθανοτήτων**» (space of possibilities), οι οποίοι θα **τροφοδοτούν την δυναμική εξέλιξη** (virtual evolution).

<sup>20</sup>J.F.LaFont - La topologie ordinaire de Jacques Lacan (1986)



## 2.7.1\_Τοπολογία και Χώροι Πιθανοτήτων

Στον ευρύτερο κλάδο της τοπολογίας, πρωτοπόροι μαθηματικοί που συνέβαλαν στην ανάπτυξη αυτού του κλάδου ήταν ο γερμανός **Carl Friedrich Gauss**<sup>21</sup> και ο **Bernhard Riemann**<sup>22</sup>.

Βασική αρχή στην **διαφορική ή τοπολογική γεωμετρία** αποτέλεσε ο **διαφορικός λογισμός**, ο οποίος σχετίζεται με τα ποσοστά των αλλαγών και τις κλίσεις των καμπυλών.

Ουσιαστικά πρόκειται για μια **μαθηματική μελέτη της αλλαγής (πόσο γρήγορα αλλάζεις από κάτι που είσαι σε κάτι διαφορετικό)**.

Το 1853 ο Riemann υπό την επίβλεψη του Gauss βρήκε τον σωστό τρόπο να **επεκτείνει σε “ν” διαστάσεις τη διαφορική γεωμετρία των επιφανειών** (την οποία είχε αποδείξει ο ίδιος ο Gauss). Η ιδέα του Riemann ήταν να **εισαγάγει ένα σύνολο αριθμών για κάθε σημείο του χώρου που θα περιέγραφαν το πόσο καμπυλωμένος ήταν**.

[Βρήκε ότι στις 4 χωρικές διαστάσεις χρειάζονται 10 αριθμοί σε κάθε σημείο για την πλήρη περιγραφή των ιδιοτήτων μιας πολλαπλότητας, όσο και όπως παραμορφωμένη και να είναι αυτή. Αυτός είναι ο περίφημος μετρικός τανυστής.]

Ο De Landa δανειζόμενος από την τοπολογική γεωμετρία μία επιφάνεια (σαν επιφάνεια ορίζεται μια τοπολογική πολλαπλότητα δύο διαστάσεων) προσπαθεί να **συσχετίσει την εντατική και την τοπολογική σκέψη**. Σε κάθε μία από τις δυο διαστάσεις της επιφάνειας θέτει μια διαφορετική εντατική ποσότητα, δημιουργώντας κατά αυτό τον τρόπο έναν «**χώρο φάσεων**» (phase space). Ο χώρος φάσης, ή αλλιώς **χώρος πιθανοτήτων (space of possibilities)** σύμφωνα με τον De Landa, **αποτελείται από καταστάσεις (states) στις οποίες μπορεί να βρίσκεται κάποιο σύστημα, καταστάσεις οι οποίες κάθε φορά αποτελούν έναν συνδυασμό των εντατικών ποσοτήτων**

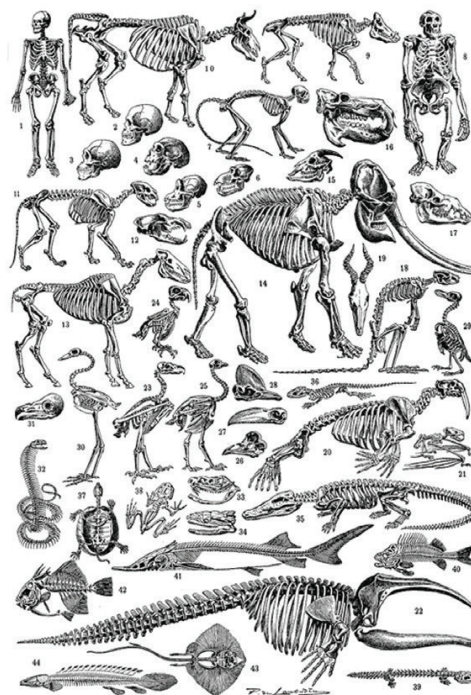
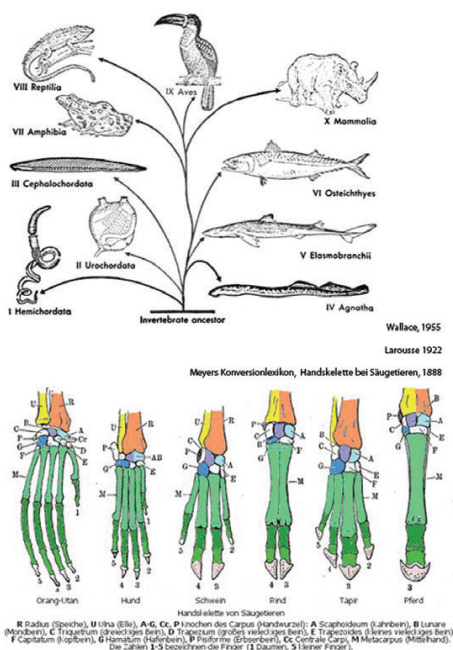
<sup>21</sup> **Carl Friedrich**, Γερμανός μαθηματικός που συνεισέφερε σε πολλά ερευνητικά πεδία της επιστήμης του, όπως η θεωρία αριθμών, η στατιστική, η μαθηματική ανάλυση, η διαφορική γεωμετρία, αλλά και συναφών επιστημών, όπως η γεωδαισία, η αστρονομία και η φυσική  
<sup>22</sup> **Gauss Bernhard Riemann**, Γερμανός μαθηματικός που συνεισέφερε σημαντικά στη Μαθηματική Ανάλυση, την Τοπολογία, την Αναλυτική Θεωρία των αριθμών και τη Διαφορική γεωμετρία, προωθώντας τη μη ευκλείδεια γεωμετρία και ανοίγοντας έτσι τον δρόμο μεταξύ άλλων και για τη θεμελίωση αργότερα της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας

Εικόνα 11:

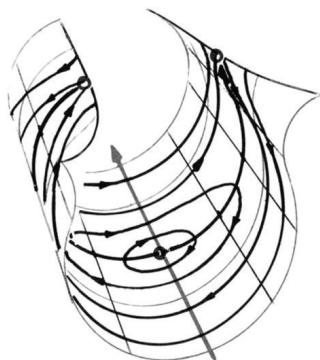
### Γονότυπος - Φαινότυπος

Στη βιολογία ο γονότυπος είναι η “γενική σύσταση ενός ατόμου, όπως αυτό συνάγεται από τη γενεαλογία ή την αναπαραγωγική απόδοση, σε αντίθεση με το αινόντυπό του, δηλαδή τα χαρακτηριστικά που είναι έκδηλα στο άτομο. Ο γονότυπος και όχι ο φαινότυπος είναι που αναπαράγεται και μπορεί να δοθεί σε μελλοντικές γενιές. Ο γονότυπος για τον De Landa θα μπορούσε να παρομοιαστεί με την έννοια του διαγράμματος ή του body-plan και να αποτελέσει ένα νέο νοητικό εργαλείο στα χέρια των σχεδιαστών. Ορισμός γονότυπου από το λεξικό της Σύγχρονης Σκέψης, επιμέλεια Allan Bullock, Stephen Trombley στο λήμμα “γονότυπος”, 2008

THE BODY PLAN, TOPOLOGICAL THINKING







**Εικόνα 12:** Ο χώρος πιθανοτήτων ενός εκκρεμούς θα απαιτούσε ένα επίπεδο (plane) δυο διαστάσεων (θέση και χρόνος), σε αντίθεση με ένα ποδήλατο το οποίο θα προϋπόθετε έναν χώρο 10 διαστάσεων. Ο αριθμός των διαστάσεων ορίζουν τους βαθμούς ελευθερίας (degrees of freedom) του κάθε συστήματος. Στον παραμετρικό σχεδιασμό, κάθε διάσταση του χώρου αυτού ταυτίζεται με κάποια παράμετρο που θέτει ο σχεδιαστής. Η παράμετρος του χρόνου για παράδειγμα θα μπορούσε να εκφραστεί με την μορφή μιας διάστασης. Όσες περισσότερες παραμέτρους εισάγει ο αρχιτέκτονας στον σχεδιασμό, εκθετικά αυξάνεται και η πολυπλοκότητα του χώρου πιθανοτήτων δεδομένης της αύξησης των διαστάσεων. Κατά αυτό τον τρόπο και οι πιθανές καταστάσεις του τελικού αποτελέσματος αυξάνονται.

οι οποίες ορίζουν τις δύο διαστάσεις. Μια τοπολογική γεωμετρία όπως η επιφάνεια, που χρησιμοποιεί στο παράδειγμα του ο De Landa χαρακτηρίζεται από «διαστατικότητα» (dimensionality), διατηρεί δηλαδή σταθερές τις διαστάσεις του (2) ανεξάρτητα από το αν η επιφάνεια αυτή διπλωθεί, τεντωθεί ή διαστρεβλωθεί.

Η διαστατικότητα επιτρέπει στον Deleuze και κατ' επέκταση στον De Landa την ανάλυση της θεωρίας των συναρμολογήσεων (assemblage theory), η οποία έρχεται σε αντίθεση με την θεωρία της «ουσιότητας» (theory of essence) στην οποία είναι απαραίτητη μία συμπληρωματική ενότητα-διάσταση, η οποία χρησιμοποιείται σαν κοντέινερ μέσα στο οποίο διαδραματίζεται το σύστημα.

## 2.7.2\_Ελκυστές, μοναδικότητες και καμπύλες τροχιάς.

Όπως ειπώθηκε προηγουμένως οι χώροι πιθανοτήτων αποτελούνται από **ενδεχόμενες καταστάσεις** (states) του συστήματος που βρίσκεται υπό ανάλυση. Αν επιχειρήσουμε την **σύλληψη και αναπαράσταση των διαδοχικών καταστάσεων στον χρόνο**, θα έχουμε δημιουργήσει την **καμπύλη τροχιάς του συστήματος (representative trajectories)**. Μια καμπύλη τροχιάς πρόκειται για την **σύλληψη μιας διαδικασίας και των αλλαγών των ιδιοτήτων κάθε κατάστασης**.

Το 1882 ο **Henri Poincaré**<sup>23</sup> άρχισε να μελετά τις **επαναλαμβανόμενες καμπύλες τροχιάς μοντέλων** (τα μοντέλα ήταν δύο βαθμών ελευθερίας) και διατύπωσε για πρώτη φορά **ιδιαίτερες τοπολογικές ιδιότητες οι οποίες περιλαμβάνονται στα τοπολογικά αμετάβλητα**. Χαρακτηριστικό τοπολογικό αμετάβλητο αποτελούν οι **μοναδικότητες (singularities)** οι οποίες επιδρούν σημαντικά στην συμπεριφορά των καμπύλων τροχιών και των ίδιων των συστημάτων.

Οι μοναδικότητες επηρεάζουν την συμπεριφορά λειτουργώντας σαν **ελκυστές των τροχιών**. Αυτό σημαίνει πως ένας **μεγάλος αριθμός διαφορετικών τροχιών, οι οποίες έχουν διαφορετικές καταστάσεις εκκίνησης στο χώρο πιθανοτήτων, θα καταλήξουν σε κοινή τελική κατάσταση (η οποία ονομάζεται και ελκυστής)**.

Μοναδική προϋπόθεση είναι οι αρχικές καταστάσεις οι οποίες αναφέρθηκαν να βρίσκονται εντός της σφαίρας επιρροής του ελκυστή. Οι ελκυστές αντιπροσωπεύουν τις **εγγενείς μακροπρόθεσμες ροπές-κλήσεις ενός συστήματος**, τις καταστάσεις στις οποίες το σύστημα αυθόρμητα τείνει να καταλήξει υπό την προϋπόθεση ότι δεν επιδέχεται εξωτερικές δυνάμεις.

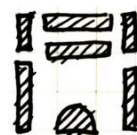
Πέρα των καταστάσεων-ελκυστών ο **Leonhard Euler**<sup>24</sup>, μαθηματικός με μεγάλη προσφορά στην τοπολογία, ανακάλυψε πως **σαν ελκυστής μπορεί να λειτουργήσει και ένας βρόχος καταστάσεων ο οποίος ονομάζεται περιοδικός ελκυστής (periodic attractor)**.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα του πως μια μοναδικότητα μπορεί να οδηγήσει σε μία διαφορετική οπτική της γένεσης φυσικών μορφών αποτελούν οι **ενεργειακές προϋποθέσεις διάφορων φυσικών συστημάτων**.

Ο **Frei Otto**<sup>25</sup> δίνει το παράδειγμα με τις φούσκες, οι οποίες στην προσπάθεια τους να **ελαχιστοποιήσουν τις επιφανειακές εντάσεις** καταλήγουν να έχουν

<sup>23</sup> **Henri Poincaré** - The three body problem and the equation of dynamics (1882)

<sup>24</sup> **Leonhard Euler** - Introduction to analysis of the infinite. (1748)





**σφαιρικό σχήμα** ανεξάρτητα από την αρχική σχηματική τους κατάσταση. Άλλα παραδείγματα αποτελούν οι κρύσταλλοι του αλατιού και οι νιφάδες χιονιού.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι **μεταβολές καταστάσεων της ύλης** (phase transitions). Οι μεταβολές καταστάσεων της ύλης είναι γεγονότα τα οποία συμβαίνουν σε **κρίσιμες τιμές κάποιας παραμέτρου** (της θερμοκρασίας για παράδειγμα) και οι οποίες **αλλάζουν το φυσικό σύστημα από μία κατάσταση σε μία διαφορετική**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μεταβολής κατάστασης αποτελεί η αλλαγή του νερού από πάγο (στερεό) σε νερό (υγρό) και σε υδρατμούς (αέριο).

Για τον DeLeuze οποιαδήποτε μεταβολή χαρακτηρίζεται από **διάσπαση συμμετρίας-ισορροπίας (symmetry- breaking transition)** του συστήματος, μπορεί να θεωρείται **αιτία μετάπλασης- μετασχηματισμού**. Τα κρίσιμα σημεία στα οποία παρατηρείται μια μεταβολή κατάστασης, αποτελούν **σημεία στα οποία υπάρχει μετάβαση από ποσότητα σε ποιότητα (transition from quantity to quality)**. Ουσιαστικά πρόκειται για σημεία στα οποία **δοκιμάζεται η συνοχή της δομής των συστημάτων** και μπορούμε χαρακτηριστικά να παρατηρήσουμε δομές αυστηρά οργανωμένες (organized structures) να αλλάζουν ριζικά την δομή τους και να περνάνε σε καταστάσεις πλήρους αποδιοργάνωσης και αταξίας (χάος).

[Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάλυση του ... πως στη βιολογία και τη γενετική, η συμμετρία αποδίδεται ως λύση σε περιπτώσεις έλλειψης πληροφορίας.]

### 2.7.3\_Δυνητικοποίηση και τοπολογία

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η μελέτη του κλάδου της τοπολογίας κρίνεται απαραίτητη στις περιπτώσεις που ο σχεδιαστής θέλει να δημιουργήσει ένα ευρύ χώρο πιθανοτήτων οι οποίες θα τροφοδοτήσουν την εξελικτική διαδικασία και η οποία με τη σειρά της θα καταστήσει την χρήση των αλγορίθμων ένα ουσιαστικό εργαλείο στα χέρια του σχεδιαστή.

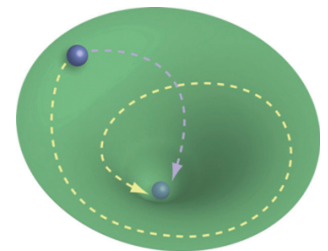
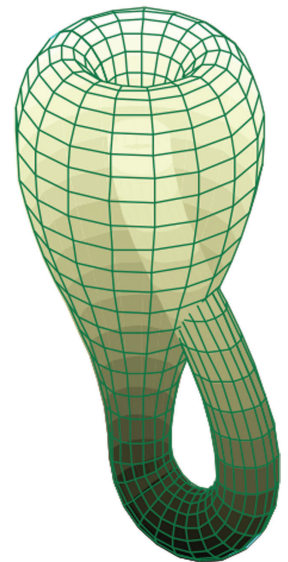
Οι χώροι πιθανοτήτων και η προσέγγιση που γίνεται από τον De Landa δίνουν την αφορμή για την χρησιμοποίηση της τοπολογίας στην αρχιτεκτονική και τον σχεδιασμό, μετατρέποντας την σε ένα **πεδίο πειραματισμού, ένα πεδίο δυνάμεων και καταναγκασμών** μέσω του οποίου ο αλγόριθμος θα είναι φορέας απρόβλεπτων καταστάσεων.

Με άλλα λόγια η **τοπολογία παρουσιάζεται ως μια μηχανή του γίγνεσθαι, το όχημα με το οποίο το δυνητικό κάνει την εμφάνισή του στον σχεδιασμό και στην αρχιτεκτονική**.

Ακολουθώντας τη φιλοσοφία του **Bergson**<sup>25</sup>, ο Deleuze και ο Guattari ορίζουν το δυνητικό σαν

**«την κατάσταση της πραγματικότητας η οποία εμπλέκεται στην ανάδυση νέων δυνατοτήτων».**

Με άλλα λόγια θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως η **πραγματικότητά του (του δυνητικού) έγκειται στην πραγματικότητα της αλλαγής**, όπως το ονομάζει ο Brian Massumi «το γεγονός» (the event).



Εικόνα 13:Ελκυστής



Εικόνα 14:Περιοδικός ελκυστής

<sup>25</sup>Frei Otto - Occupying and Connecting: Thoughts on Territories and Spheres of Influence with Particular Reference to Human Settlement (2009)

<sup>26</sup>H.L.Bergson - Matter and memory (1896)



Από μόνο του αυτό θέτει πολλά προβλήματα για κάθε πεδίο πρακτικής (όπως η αρχιτεκτονική) το οποίο επιθυμεί να κάνει χρήση της συγκεκριμένης ιδέας. Αν το δυνητικό είναι η αλλαγή αυτή καθ' αυτή, τότε σε κάθε περίπτωση μπορεί μόνο να θεωρηθεί ως μια αφηρημένη κατάσταση, καθώς το δυνητικό χαρακτηρίζεται από την αφηρημένη του κατάσταση, αλλά δε συμβαίνει ταυτόχρονα και το ανάποδο, το αφηρημένο δεν είναι δυνητικό..

Αυτό σημαίνει πως το **δυνητικό δεν εμπεριέχεται σε καμία εν ενεργεία μορφή** αλλά εμφανίζεται και λειτουργεί **κατά την διάρκεια αλλαγής από την μία μορφή στην άλλη.**

Η αφαιρετικότητα του δυνητικού αποτελεί πρόκληση σε διεπιστημονικούς τομείς πολιτισμικής

θεωρίας κυρίως σε αυτούς όπου το «απτό» αποτελεί βασική αξία.

Το ίδιο δεν συμβαίνει και στην αρχιτεκτονική άσχετα με το γεγονός ότι μελετά κατά βάση απτά αντικείμενα.

Η αρχιτεκτονική πάντα ενέπλεκε, σαν αναπόσπαστο τμήμα της δημιουργικής διαδικασίας, την **παραγωγή αφηρημένου χώρου**, μέσω του οποίου **απτές μορφές μπορούν να σχεδιαστούν.**

Η πρόκληση που θέτει η επιθυμία δυνητικοποίησης στην αρχιτεκτονική **έχει να κάνει κυρίως με αυτή την αδιάπλαστη- ασχημάτιστη μορφή που έχει, παρά με την αφηρημένη της κατάσταση.** Πώς θα μπορούσε το αδιάπλαστο-ασχημάτιστο να ενσωματωθεί σε μια διαδικασία, της οποίας το αποτέλεσμα να αποτελεί κάτι το **σχηματοποιημένο και πραγματοποιήσιμο;**

---

## 2.7.4\_Η Τοπολογία ως φορέας του δυνητικού

---

Η **απάντηση** στην παραπάνω ερώτηση (κατά Brian Massumi<sup>27</sup> και De Landa) είναι η **τοπολογία.**

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η τοπολογία **ασχολείται με την συνέχεια του μετασχηματισμού** (continuity of transformation). Περικλείει τις μορφές μέσα στην ίδια τους την διακύμανση, της οποίας κάθε σημείο μπορεί να αποτελέσει μία πιθανή πραγματοποιήσιμη μορφή (local manifestation).

Παρόλα αυτά η τοπολογία δεν ενδιαφέρεται τόσο με κάθε μεμονωμένη πιθανότητα όσο

με το τι συμβαίνει στην **ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ των πιθανοτήτων.**

Όπως συμπεραίνει ο De Landa, η τοπολογία γοητεύει σύγχρονους αρχιτέκτονες χάρη στην **δυνατότητά της να μοντελοποιεί μορφές.** Αυτό έχει σημαντικά αποτελέσματα τόσο στην διαδικασία του σχεδιασμού όσο και στο τελικό αποτέλεσμα.

Η στροφή στην τοπολογία συνεπάγεται μια **στροφή στο ίδιο το αντικείμενο της διαδικασίας αρχιτεκτονικού σχεδιασμού** ανατρέποντας παλαιότερες σχέσεις μεταξύ αρχιτέκτονα και

μορφής. Η **μορφή πλέον έπεται της διαδικασίας σχεδιασμού και η αρχή για τον αρχιτέκτονα δεν αποτελεί πλέον η μορφή αλλά η αλλαγή της μορφής (deformation).** Με αυτή την έννοια

ο σχεδιασμός βρίσκεται **συνεχώς υπό ένταση, σε κατάσταση ασταθούς ισορροπίας** και ο αρχιτέκτονας καλείται να **διαχειριστεί αυτόν τον εν δυνάμει μεταβαλλόμενο συσχετισμό.**<sup>28</sup>

<sup>27</sup> B.Massumi - A User's Guide to Capitalism and Schizophrenia: Deviations from Deleuze and Guattari.



Με την χρήση των υπολογιστών και των κατάλληλων λογισμικών, αρχιτέκτονες και σχεδιαστές είναι πλέον σε θέση να **σχεδιάσουν δυναμικές μορφές** και να ορίσουν εκ νέου τα όρια μεταξύ **υπερχώρου και αρχιτεκτονικής**.

Θα πρέπει να διευκρινιστεί πως, όταν αναφερόμαστε στην χρήση της τοπολογίας στην αρχιτεκτονική, δεν συνεπάγεται απαραίτητα στην αρχιτεκτονική των «λείων» μορφών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο **Stephen Parrella<sup>29</sup>** ο οποίος εισάγει στην αρχιτεκτονική τον όρο **υπερεπιφάνεια για να περιγράψει τοπολογικές επιφάνειες**, ο **Marcos Novak<sup>30</sup>**, ο **Lars Spuybroek<sup>31</sup>**, ο **Kas Oosterhuis<sup>32</sup>**, ο **Christian Derix<sup>33</sup>** και οι **Kokkugia<sup>34</sup>**.

Η δουλειά του αρχιτέκτονα ο οποίος κάνει χρήση της τοπολογίας ως μέσο της διαδικασίας σχεδιασμού είναι κατά μία έννοια **περισσότερο καταλυτική παρά ορχηστρική**.

Ο αρχιτέκτονας παύει να παίζει τον ρόλο ενός «μικρού θεού» ο οποίος με εντολές δημιουργεί τον κόσμο, και τον παρομοιάζει με χημικό ο οποίος καλείται να **σχεδιάσει μέσω καταλυτικών αντιδράσεων**. Ο υπολογιστής χρησιμοποιείται περισσότερο ως **εργαλείο απροσδιοριστίας και ο αφηρημένος χώρος γίνεται πλέον ενεργός γεμάτος δυναμικές δυνάμεις** (virtual forces),

τις οποίες ο αρχιτέκτονας καλείται να οργανώσει προκειμένου στο τέλος να αποδώσουν νέες καταστάσεις και νέες μορφές. Ο Massumi τονίζει πως με αυτό τον τρόπο η διαδικασία σχεδιασμού **αποκτά μια μορφή αυτονομίας, αποκτά ζωή**.

<sup>28</sup> Δημήτρης Παπαλεξόπουλος  
“Η αναπαράσταση του συνεχούς”  
2006.

<sup>29</sup> Stephen Perella - Hypersurface  
Architecture (Architectural Design) (1998)

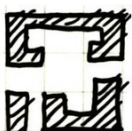
<sup>30</sup> Marcos Novak - Next Babylon:  
Accidents to Play In in V2\_’s The  
Art of the Accident. (1998)

<sup>31</sup> Lars Spuybroek - NOX (2004)

<sup>32</sup> Kas Oosterhuis- Hyperbody:  
First decade of interactive architecture (2012)

<sup>33</sup> C.Derix - Ένα μεγάλο εύρος  
δημοσιεύσεων, απ τις οποίες  
κάποιες κομβικές είναι: Topological  
infrastructure analysis of the  
built environment (2013)/ Digital  
Intuition: Autonomous classifiers  
for spatial analysis and empirical  
design (2014) / Associative Spatial  
Networks in Architectural Design:  
Artificial Cognition of Space Using  
Neural Networks with Spectral  
(2011)

<sup>34</sup> Kokkugia - Έχουν  
χρησιμοποιήσει multi-agent  
systems και swarm intelligence  
τεχνικές σε ένα μακροσκοπικό  
επίπεδο για την σχεδίαση των  
Docklands στη Μελβούρνη, μια  
αστική ανάπλαση υπό κατασκευή,  
με επίκεντρο την επέκταση του  
Central Business District σε  
μια εγκαταλελειμμένη λιμενική  
περιοχή, και έχουν επεκτείνει  
την ανάλυση τους σε επιμέρους  
επίπεδα, με τη σχεδίαση κτηρίων,  
όπως και στο Taipei Performing  
Arts Centre.







## Κεφάλαιο 3

### 3.1\_Εισαγωγή στη θεωρία της συναρμολόγησης

AND IF THIS AGE, THE CONNECTED AGE, IS TO BE UNDERSTOOD,  
WE MUST FIRST UNDERSTAND HOW TO DESCRIBE IT SCIENTIFICALLY,  
THAT IS, WE NEED A SCIENCE OF NETWORKS.

-DUNCAN WATTS, SIX DEGREES: THE SCIENCE OF A CONNECTED AGE (2002)

Πολλές φορές στην αρχιτεκτονική η σχέση μεταξύ μέρους και συνόλου αποτέλεσε αφορμή για διαφορετικές εκφραστικές, συνθετικές ή και θεωρητικές προσεγγίσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτέλεσε το κίνημα της **αποδόμησης** το οποίο βασίστηκε στην **ιδέα της διάσπασης της μορφής και της ενότητας των κτηρίων**. Η διάσπαση του συνόλου σε διακριτά μέρη άρχισε να θέτει διάφορα ερωτήματα ως προς την έννοια που πλέον είχαν τα τμήματα, το σύνολό τους, οι σχέσεις τους και τον τρόπο με τον οποίο θα εκφραζόταν κάθε φορά αυτή η προσπάθεια διαμέλισης.

Παράλληλα διάφορες θεωρητικές προσεγγίσεις πάνω σε αντίστοιχα θέματα όπως για παράδειγμα **η επιστήμη των πολύπλοκων συστημάτων, η θεωρία του χάους, η θεωρία των δικτύων, η θεωρία των γράφων, τα δυναμικά συστήματα, τα κυτταρικά αυτόματα και τα αυτό-οργανώμενα συστήματα** άρχισαν να πραγματοποιούνται και να τροφοδοτούν διάφορους αρχιτέκτονες με νέες στρατηγικές λύσεις.

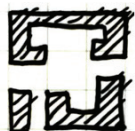
Διακριτά μέρη τα οποία μπορούν να **μεταβάλλονται, να αλλάζουν, να αντικαθίστανται**, αρχίζουν να ορίζουν ένα νέο είδος αρχιτεκτονικής το οποίο χαρακτηρίζεται από μια συνθετική διαδικασία η οποία αντιλαμβάνεται το **σχεδιαστικό περιβάλλον ως ένα πολύπλοκο σύστημα σχέσεων και αλληλεξαρτήσεων**.

Το πρώτο βήμα για να αποδώσει αυτή η συνθετική διαδικασία προστάζει μια έρευνα στον κόσμο της πολυπλοκότητας και της λογικής του, μέσω μιας περιγραφικής ανάλυσης των μεθόδων και των εργαλείων του, όπως επίσης και την παρουσίαση μιας οντολογικής προσέγγισης για την κατανόηση των αναδυόμενων συνθηκών.

**Η ιεραρχική κατάσταση** η οποία παρατηρείται σε παλαιότερα παραδείγματα και **η γραμμική και ορισμένη οργάνωση** του σχεδιασμού αρχίζει να **δίνει την θέση** της σε μια **οργάνωση χωρίς αυστηρή ταυτότητα και ασαφή όρια μέσω της επικράτησης των δικτύων**.

**Η θεωρία της συναρμολόγησης του Deleuze (και η συνέχεια της από τον De Landa)** μας επιτρέπει για πρώτη φορά να έρθουμε κοντά με έννοιες όπως το **δίκτυο, η τοπικότητα, η πολλαπλότητα, η μοναδικότητα, τα διαγράμματα** και πολλές άλλες οι οποίες φαίνεται να επηρεάζουν όχι μόνο σύγχρονες σχεδιαστικές τάσεις αλλά ακόμα και κοινωνικοοικονομικές. Επίσης συναντάται η έννοια της **παραμέτρου** η οποία μας επιτρέπει να **τροποποιούμε την ταυτότητα των συνόλων και των πιθανών διασυνδέσεων των στοιχείων που αυτά περιλαμβάνουν**. Τέλος γίνεται λόγος για τον τρόπο με τον οποίο η θεωρία της συναρμολόγησης συναντάει την έννοια της δυνητικοποίησης με στόχο την παραγωγή σχεσιακών μοντέλων και διαγραμμάτων.

Η θεωρία των συναρμολογήσεων θεμελιώθηκε από τον γάλλο φιλόσοφο



Gilles Deleuze τις τελευταίες δυο δεκαετίες του εικοστού αιώνα. Η θεωρία των συναρμολογήσεων από εκείνη την στιγμή έμελλε να εφαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος συνόλων τα οποία ήταν δομημένα από ετερογενή μέρη. Οντότητες υλικές, από άτομα και μόρια μέχρι αντικείμενα, βιολογικούς οργανισμούς και οικοσυστήματα, όπως επίσης και εκφραστικές οντότητες όπως ένας κώδικας, ένα κείμενο, ένα δίκτυο σχέσεων μπορούν να αντιμετωπιστούν σαν συναρμολογήσεις.

Σημαντική επίδραση παρουσιάζει και σε κοινωνικές οντότητες, στην περίπτωση των οποίων ο De Landa κάνει λόγο σε πολλά γραπτά του έργα. Η θεωρία που αναπτύσσει ο Deleuze πάνω στην θεωρία των συναρμολογήσεων γίνεται τμηματικά σε διάφορα έργα του και όχι συνοψισμένα. Την συνοψισμένη εικόνα της συγκεκριμένης θεωρίας έρχεται να πραγματοποιήσει ο De Landa, στο έργο του «**A New Philosophy of Society, assemblage theory and social complexity**», στο οποίο συγκεντρώνει τις αναφορές του Deleuze και θεμελιώνει εκ νέου την θεωρία της συναρμολόγησης. Για την αποφυγή παρερμηνειών του έργου του Deleuze αποφασίζει να ανακατασκευάσει την θεωρία και να την ονομάσει **Neo-assemblage theory (νέα θεωρία της συναρμολόγησης)**, επιτρέποντας του κατά αυτό τον τρόπο να την αναπτύξει σε αρκετά μεγάλο βαθμό, ερμηνεύοντας την με έναν δικό του νέο τρόπο.

Η θεωρία των συναρμολογήσεων θα επιτρέψει στην συνέχεια τον De Landa να παρουσιάσει έναν διαφορετικό τρόπο προσέγγισης της **πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει την κοινωνία** και τον τρόπο με τον οποίο είναι αυτή δομημένη. Προτού περάσουμε όμως στην παρουσίαση της ανακατασκευασμένης αυτής θεωρίας, κρίνεται σκόπιμο να απαντηθούν κάποια βασικά ερωτήματα όπως ποιο ρόλο καλείται να παίξει η συγκεκριμένη θεωρία, γιατί κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη της και γιατί προγενέστερες θεωρίες αποτυγχάνουν πλέον να εξυπηρετήσουν την οντολογία μιας ματεριαλιστικής- υλιστικής φιλοσοφίας. Οι απαντήσεις στις παραπάνω ερωτήσεις είναι κρίσιμες στην κατανόηση της φιλοσοφίας που υποστηρίζει ο De Landa και στην σωστή τοποθέτηση της θεωρίας της συναρμολόγησης μέσα σε αυτή.

---

### 3.1.1\_Πρώτη θεωρία συναρμολόγησης

---

Για να αντιληφθούμε καλύτερα τα πλαίσια μέσα στα οποία ο Deleuze και στην συνέχεια ο De Landa στρέφονται στην θεωρία της συναρμολόγησης, πρέπει να αντιληφθούμε τον τρόπο με τον οποίο η θεωρία αυτή εντάσσεται στην φιλοσοφία του υλισμού.

Κάθε υλιστική φιλοσοφία πρέπει να έχει ως αρχή την ύπαρξη ενός υλικού κόσμου ο οποίος είναι ανεξάρτητος από την συνείδηση του μυαλού μας. Απορρίπτοντας την ουσιοκρατία (essentialism) η οποία είχε διατυπωθεί από τον Αριστοτέλη, δεν μένει παρά να θεωρήσουμε όλες τις **οντότητες προϊόντα ιστορικών κατεργασιών**. Αυτό σημαίνει ότι η **ταυτότητα των πραγμάτων** (βουνά, ποτάμια, φυτά, ζώα, αντικείμενα) συντίθεται ή δημιουργείται σαν ένα **κομμάτι κοσμολογικής, γεωλογικής, βιολογικής ή κοινωνικής ιστορίας**. Αυτή η ανάγκη για ένα κόνσεπτ «σύνθεσης» ή «δημιουργίας» είναι που προσέλκυσε τον Marx στην «Εγελιανή διαλεκτική» (Hegelian dialectics) και στο μοντέλο **θέσης-αντίθεσης-σύνθεσης**.



[Ο Χέγκελ καταγγέλλεται ως αυτός που ολοκλήρωσε μια πορεία αποφυσικοποίησης της διαλεκτικής που οδήγησε στην υποκατάσταση του παιχνιδιού των διαφορών από την εργασία του αρνητικού. «**Η ιστορία δεν προχωράει μέσω της άρνησης ή της άρνησης της άρνησης αλλά από την απόφαση προβλημάτων και την κατάφαση των διαφορών (..) Η αντίφαση δεν είναι το όπλο του προλεταριάτου, αλλά περισσότερο ο τρόπος με τον οποίο η αστική τάξη αμύνεται και διατηρείται**» (Deleuze) ]

---

### 3.1.2\_ Το μοντέλο της διπλής άρθρωσης

---

Από την άλλη μεριά, ο Deleuze και ο Guattari αντικατέστησαν αυτό το μοντέλο σύνθεσης με ένα άλλο το οποίο ονόμασαν «**διπλή άρθρωση**» (**double articulation**). Μαζί με το «**Σώμα χωρίς όργανα**» (Body without Organs), η διπλή άρθρωση αποτέλεσε το στοιχείο κλειδί για την ανάπτυξη της ιδέας της «**αφηρημένης μηχανής**» (abstract machine), όρος ο οποίος θα αναπτυχθεί στην συνέχεια.

Η διπλή άρθρωση αποτέλεσε την διαδικασία δημιουργίας ιεραρχικών στρώσεων από Επίπεδα (strata) ή Αυτο-συνιστάμενα σύνολα (self-consistent aggregates), διαδικασία η οποία μετά από μεγάλο αριθμό επαναλήψεων, φανέρωνε ένα τελικό αποτέλεσμα το οποίο ήταν ανώτερο σε αξία, μέγεθος και πολυπλοκότητα από το κάθε επίπεδο.

Η διαφορά μεταξύ επιπέδων και αυτό-συνιστάμενων συνόλων έγκειται στην **ομοιογένεια ή ετερογένεια** των στοιχείων που αποτελούν το τελικό σύνολο. Στην περίπτωση των αυτό-συνιστάμενων συνόλων κάνουμε λόγο για **ριζωματικές δομές**, έννοια η οποία θα σχολιαστεί στην συνέχεια.

Το ένα μέρος της άρθρωσης το ονομάζουν «**επίπεδο του περιεχομένου**» (plane of content), και το δεύτερο μέρος «**επίπεδο της έκφρασης**» (plane of expression).

-Η πρώτη άρθρωση (επίπεδο περιεχομένου) αναφέρεται στα μέρη τα οποία θα επιλεχθούν και πρόκειται να αποτελέσουν την βάση δημιουργίας ή οργάνωσης μίας οντότητας. Τα μέρη αυτά ο Deleuze τα ονομάζει **ουσίες** (substances) και αποτελούν μία κατάσταση της ύλης.

Η **μορφή** (form) αποτελεί μια ιδιαίτερως ρυθμισμένη διαδικασία του γίνεσθαι, η οποία επιβάλλεται πάνω στις ουσίες.

-Η δεύτερη άρθρωση (επίπεδο έκφρασης) δημιουργεί σταθερές μορφές, στις οποίες η διαδικασία του γίνεσθαι της πρώτης άρθρωσης οδηγείται προς την μετάβαση στην **εν ενεργεία ύπαρξη** (actualization). Επίσης, αναφέρεται στις ιδιότητες, τις δυνάμεις και τις ποιότητες οι οποίες θα χαρακτηρίζουν την νέα οντότητα (ο Deleuze αναφέρεται σε αυτή χαρακτηρίζοντας την ως **νέο και μεγαλύτερης κλίμακας αντικείμενο**). Η δεύτερη άρθρωση σύμφωνα με τον Deleuze «**παρέχει υπερ-κωδικοποίηση, ενοποίηση, συνάθροιση, ενσωμάτωση και ιεραρχικοποίηση**» των μέχρι τότε ουσιών. Αν και η δεύτερη άρθρωση δίνει την εντύπωση πως αποτελεί το αποτέλεσμα της πρώτης άρθρωσης, δεν θα έπρεπε να θεωρηθεί ως τέτοια.

Το τελικό προϊόν αποτελεί αποτέλεσμα της παράλληλης διαδικασίας των δύο αρθρώσεων.



### 3.1.3\_Η αφηρημένη μηχανή

Αρκετό βάρος στην θεωρία της διπλής άρθρωσης και στην φιλοσοφία που αναπτύσσουν ο Deleuze με τον Guattari έχει η «αφηρημένη μηχανή».

Η έννοια της αφηρημένης μηχανής κάνει την εμφάνιση της στην διατύπωση της διπλής άρθρωσης, προσπαθώντας να απαντήσει στην ερώτηση «**ποιος ελέγχει την διαδικασία παραγωγής επιπέδων και εν τέλει μορφών, ποιος επιλέγει την ύλη, τον τρόπο με τον οποίο αυτή θα συνδυαστεί και θα εκφραστεί;**»

Τον ρόλο αυτό καλείται να παίξει η αφηρημένη μηχανή, ως ένας **ενορχηστρωτής των διαδικασιών**. Όπως αναφέρει και ο Brian Massumi, «**η μηχανή αυτή είναι αφηρημένη διότι δεν είναι φυσική ή σωματική αλλά σημειωτική, αυτό δεν σημαίνει όμως πως δεν είναι και πραγματική**».

«Αρκετές φορές παρουσιάζεται ως διαγραμματική (δεν γνωρίζει τίποτα από τις διακρίσεις ανάμεσα σε τεχνητό και φυσικό) και λειτουργεί με ύλη, όχι με ουσία. Με λειτουργία και όχι με μορφή. Η αφηρημένη μηχανή είναι καθαρή Ύλη – λειτουργία, ένα διάγραμμα ανεξάρτητο από τις μορφές και τις ουσίες, τις εκφράσεις και τα περιεχόμενα που θα διανείμει».

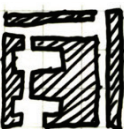
Όπως γίνεται αντιληπτό ο Deleuze και ο Guattari κάνουν μια σαφή **διάκριση μεταξύ Ύλης – Ουσίας – Μορφής, η οποία παρουσιάζει την πορεία μετασχηματισμού που πραγματοποιείται κατά την λειτουργία της αφηρημένης μηχανής**.

Η σημειολογική προσέγγιση πάνω στον χαρακτήρα της αφηρημένης μηχανής παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αλλά ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Για να γίνει κατανοητό πως λειτουργεί το μοντέλο αυτό σύνθεσης (το οποίο ουσιαστικά αποτελεί τον πρόδρομο της νέας θεωρίας συναρμολόγησης) ο De Landa δίνει το **παράδειγμα δημιουργίας του ψαμμίτη**, πέτρωμα που αποτελείται από κόκκους άμμου.

Ο ψαμμίτης δημιουργείται από την σταδιακή συσσώρευση άμμου στον βυθό των ποταμιών (πρώτη άρθρωση), η οποία με το πέρασμα του χρόνου ενοποιείται και δημιουργεί στρώματα ψαμμίτη με **ιδιότητες διαφορετικές από αυτές της άμμου (αναδυόμενες ιδιότητες) (δεύτερη άρθρωση)**. Είναι κρίσιμο σε αυτό το σημείο να τονιστεί το γεγονός ότι οι δύο αρθρώσεις λειτουργούν παράλληλα και δεν έπεται η μία της άλλης. Θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε τις δύο αρθρώσεις ως δύο αφηρημένες μηχανές οι οποίες αλλάζουν δυναμικά την υπόσταση και την μορφή μιας αρχικά αδιάπλαστης ύλης. Η **αλλαγή της ύλης** στο έργο του Deleuze παρουσιάζεται σαν ένας **δεύτερος άξονας**, ο οποίος συμπληρώνει την θεωρία του πάνω στην διπλή άρθρωση. Για τον Deleuze το **συναρμολόγημα είναι μια πολλαπλότητα (multiplicity) η οποία είναι δομημένη από ετερογενή στοιχεία, τα οποία δημιουργούν επαφές και σχέσεις μεταξύ τους**. Ο μόνος όρος που ενοποιεί τα στοιχεία δημιουργώντας ένα συναρμολόγημα είναι αυτός της **συνεργασίας** και όπως αναφέρει χαρακτηριστικά:

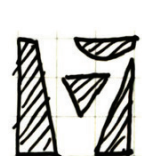
«**Είναι μια συμβίωση, μια συμπαράσταση. Το συναρμολόγημα δεν βασίζεται**





σε συγγενικές σχέσεις μεταξύ των στοιχείων, αλλά σε συμμαχίες οι οποίες δεν είναι γραμμικές και δεν έρχονται σε κάποια αλληλουχία, αλλά είναι σαν μια μόλυνση, μια επιδημία, τον άνεμο...»

Οι γραμμικές σχέσεις που χαρακτηρίζουν τους οργανισμούς ή τα είδη (γενεαλογία), οδήγησαν τον Deleuze στο να αποκλείσει τα τελευταία από την θεωρία του συναρμολογήματος και να δημιουργήσει μια νέα κατηγορία αυτή των **Επιπέδων (strata)** η οποία θα περιελάμβανε τα σύνολα τα οποία χαρακτηρίζονταν από παρόμοιες σχέσεις. Δεν θα ήταν σκόπιμο να γίνει περαιτέρω αναφορά στην θεωρία των επιπέδων, καθώς όπως θα γίνει αντιληπτό στην συνέχεια ο De Landa αποφασίζει πως τα Επίπεδα (strata) αποτελούν μια μορφή συναρμολογήματος και είναι λάθος να διαχωρίζονται. Όπως θα φανεί στην συνέχεια, η παραπάνω θεωρία σύνθεσης του Deleuze επηρεάζει τον De Landa και στο έργο του γίνονται πολλές αναφορές σε αυτή.



## 3.2\_Η νέα θεωρία συναρμολόγησης

### 3.2.1\_Το συναρμολόγημα

Ως σύστημα μπορούμε να αντιληφθούμε αφηρημένες οντότητες οι οποίες αποτελούν ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων πραγμάτων, τα οποία λειτουργούν μαζί. Το μεγαλύτερο κομμάτι της θεωρίας του DeLeuze σχετίζεται με την κατανόηση της **σχέσης μεταξύ «μέρους» και «όλου» (part-to-whole relation)**. Στην συνέχεια επιχειρεί να αναζητήσει τα αποτελέσματα των σχέσεων που δημιουργούνται κατά την σύνθεση των οντοτήτων.

Η νέα θεωρία συναρμολόγησης σχετίζεται με την **διαδικασία της σύνθεσης των οντοτήτων και την ανάλυση τους με γνώμονα αυτή**. Ως σύνθεση ορίζεται ο **συνδυασμός χωριστών στοιχείων ή αφηρημένων οντοτήτων για την δημιουργία μιας ενοποιημένης οντότητας** και δεν θα ήταν σωστό να συσχετίσουμε τον όρο σύνθεσης που χρησιμοποιεί ο DeLeuze με τον φιλοσοφικό όρο της σύνθεσης που αναπτύσσει ο Χέγκελ στην Διαλεκτική του (θέση – αντίθεση - σύνθεση), καθώς υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο θεωριών.

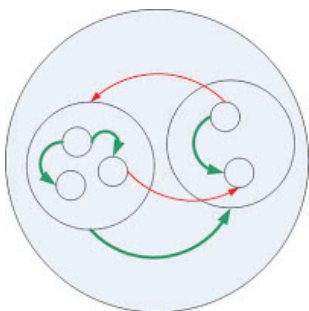
Η θεωρία της συναρμολόγησης όπως αναπτύσσεται από τον De Landa επικεντρώνεται και δίνει έμφαση στην **ρευστότητα, στην δυνατότητα ανταλλαγής (μερών), και στην πολλαπλή λειτουργικότητα των συστημάτων**.

Ως συναρμολόγημα θεωρείται η **οντότητα ή το σύστημα που ενώ εμφανίζεται να λειτουργεί σε ένα σύνολο**, στη πραγματικότητα αποτελείται από ανεξάρτητα στοιχεία τα οποία δύναται να αποσπαστούν από το σύστημα στο οποίο βρίσκονται και να συνδεθούν σε κάποιο διαφορετικό στο οποίο να εξακολουθούν να λειτουργούν με ίδιο ή διαφορετικό τρόπο. Επιπλέον το συναρμολόγημα χαρακτηρίζεται από ιδιότητες οι οποίες σε καμία περίπτωση δεν είναι εμφανείς και γνωστές όταν μελετούνται τα μέρη χωριστά.

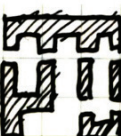
### 3.2.2\_Ολότητες

Οι ολότητες μπορούν να ερμηνευτούν σαν σύνολα τα οποία επιδεικνύουν μια οργανική ενότητα. Βασικό χαρακτηριστικό των ολοτήτων είναι οι σχέσεις μεταξύ των μερών και του συνόλου, μια σχέση η οποία θεμελιώνεται στην μεταφορική ταύτιση συνόλου και οργανισμού. Ένα σύνολο το οποίο ερμηνεύεται σαν οργανισμός είναι αρκετά συνηθισμένο, αλλά όπως τονίζει ο De Landa μπορεί μόνο να λειτουργήσει ως αναλογία. Πολλοί διάσημοι κοινωνιολόγοι προσπάθησαν να ταυτίσουν την λειτουργία της κοινωνίας με αυτή ενός οργανισμού (Spencer, Parson, Merton) και ακόμα και σήμερα, η μεταφορά αυτή συνεχίζει να ασκεί σημαντική επιρροή έχοντας ξεφύγει από το πλαίσιο της αναλογίας και θεμελιώνοντας μία νέα θεωρία.

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της νέας θεωρίας, σύμφωνα με τον De Landa, είναι αυτό που ονομάζει **σχέσεις εσωτερικότητας (relations of interiority)**. Αυτό σημαίνει πως τα συστατικά στοιχεία ενός συνόλου αποκτούν υπόσταση και υπάρχουν χάρη των ιδιαίτερων σχέσεων που τα ίδια αναπτύσσουν με άλλα στοιχεία τα οποία βρίσκονται στο ίδιο σύνολο. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως κάθε μέρος-στοιχείο ενός συνόλου στην θεωρία των ολοτήτων, υπάρχει όσο διαρκούν οι αλληλεπιδράσεις του με



**Εικόνα 15:** Με κόκκινο βέλος παρουσιάζονται οι σχέσεις εξωτερικότητας και με πράσινο οι σχέσεις εσωτερικότητας.



άλλα μέρη-στοιχεία του ίδιου συνόλου.

Όπως ειπώθηκε και στον ορισμό του συναρμολογήματος ο De Landa προσπαθεί να αμφισβητήσει τις σχέσεις εσωτερικότητας και να παρουσιάσει μια θεωρία στην οποία τα μέρη τα οποία απαρτίζουν ένα σύνολο είναι σε θέση να αποσπαστούν από αυτό και να εξακολουθούν να υπάρχουν, έχοντας την δυνατότητα εισαγωγής τους σε διαφορετικό σύνολο. Για να πετύχει τον συγκεκριμένο σκοπό ο De Landa κάνει εισαγωγή του ενός νέου είδους σχέσεων που αντιπαράθεται των σχέσεων εσωτερικότητας και ονομάζει **σχέσεις εξωτερικότητας (relations of exteriority)**.

---

### 3.2.3\_Ρίζωμα

---

Τα συναρμολογήματα χαρακτηρίζονται από τέτοιες σχέσεις εξωτερικότητας και στο έργο του Deleuze, σχέσεις που επιτρέπουν στα συστατικά στοιχεία του συνόλου να έχουν μια αυτονομία σχετικά με τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης τους με άλλα στοιχεία. Ως αποτέλεσμα τα στοιχεία δύναται να αλληλεπιδράσουν με διαφορετικούς τρόπους μεταξύ τους χωρίς να χρειάζεται να αλλάζουν τις αρχικές σχέσεις τους.

Για να γίνει καλύτερα κατανοητό θα ήταν χρήσιμο να διαχωρίσουμε τους όρους «σχέση» και «αλληλεπίδραση» και να καταλάβουμε τι αντιπροσωπεύει κάθε ένας από αυτούς. Η σχέση μεταξύ δυο στοιχείων αντιπροσωπεύει μια μεταξύ τους σύνδεση, ενώ η αλληλεπίδραση τους αφορά το αποτέλεσμα αυτής της σύνδεσης.

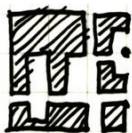
Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο Deleuze **‘η αλληλεπίδραση ενδέχεται να αλλάξει, χωρίς αναγκαία να αλλάξει και η σχέση’**. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των σχέσεων εξωτερικότητας είναι το γεγονός ότι **ακόμα και να γνωρίζουμε τις ιδιότητες (properties) των συστατικών στοιχείων δεν μπορούμε να γνωρίζουμε τις αλληλεπιδράσεις που αυτά θα αναπτύξουν**. Παρόλα αυτά, αιτία για την δημιουργία κάποιας αλληλεπίδρασης μπορεί να αποτελέσει η χρήση κάποιας εκ των ικανοτήτων (capacities) των στοιχείων.

Ο Deleuze προσπάθησε να παρουσιάσει ένα παράδειγμα σύνθεσης, σύμφωνα με το οποίο φαίνεται η ξεκάθαρη ανεξάρτητη φύση δύο στοιχείων όσο και η αλληλεπίδραση τους.

#### Η σφήκα κι η ορχιδέα

Πραθέτει το παράδειγμα της σφήκας και της ορχιδέας, μιας **συμβιωτικής σχέσης** μεταξύ ενός φυτού και ενός εντόμου σε ένα οικοσύστημα. Με πολύ απλό τρόπο ο Deleuze επιχειρεί να τονίσει την **αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο, δίχως αυτά να αποτελούν έναν οργανισμό αλλά δύο διαφορετικά αυτόνομα όντα τα οποία αλληλεπιδρούν στα πλαίσια μιας αρμονικής συμβίωσης**. Στα πλαίσια αυτής της συν-εξέληξης του φυτού και του γονιμοποιού εντόμου, η σχέση μπορεί να χαρακτηριστεί ως **υποχρεωτική (obligatory)**, από την στιγμή που για την επιβίωση του ενός είναι απαραίτητη η ύπαρξη του άλλου. Ως αποτέλεσμα το φυτό παρέχει τροφή στο έντομο, και το έντομο μεταφέρει την γύρη του φυτού για την αναπαραγωγή του.

Εν τέλει, η σχέση αυτή αποτυπώνεται και στην μορφή του φυτού, η οποία καταλήγει να μοιάζει με αυτή της σφήκας στην προσπάθεια του πρώτου να κεντρίσει το ενδιαφέρον του εντόμου.



Στο έργο του Deleuze η συμβίωση αυτή ονομάζεται «**Ρίζωμα**» (**rhizome**), όρος ο οποίος κάνει πλέον συχνά την εμφάνιση του για την περιγραφή πολλαπλοτήτων. Ως έννοια το Ρίζωμα εμφανίζεται στο έργο «A Thousand Plateaus» και αποτυπώνει την **εικόνα του διαρκούς μετασχηματισμού, την απουσία κέντρου και πλασματικής ενότητας**. Το Ρίζωμα εναντιώνεται στην έννοια της Δεντροποίησης (Arborescent), η οποία εκφράζει τις κάθετες σχέσεις, την ιεραρχική δομή και την καθολικότητα (totalism). Σε αντίθεση, στο Ρίζωμα κυριαρχεί η **οριζόντια δομή** κατά την οποία οτιδήποτε έχει την δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με οτιδήποτε άλλο.

Ο χαρακτηρισμός της σχέσης που προαναφέρθηκε, ως απαραίτητη, κάνει εμφανή μια ακόμα διαφορά μεταξύ συναρμολογημάτων και ολοτήτων. Οι **ολότητες** λόγω της φύσης τους, **στερούνται της δυνατότητας σύνθεσης πέρα της αρχικής τους κατάστασης**. Οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των μερών είναι οι μόνες υπαρκτές δίχως την πιθανότητα μιας περαιτέρω ανάπτυξης. Ως αποτέλεσμα οι σχέσεις μεταξύ των στοιχείων μπορούν να χαρακτηριστούν ως **προφανώς απαραίτητες (logically necessary)**. Από την μεριά των συναρμολογημάτων αντίστροφα, οι σχέσεις που αναπτύσσονται χαρακτηρίζονται ως **ενδεχομένως υποχρεωτικές (contingently obligatory)**.

Επιπρόσθετα των σχέσεων εξωτερικότητας, η νέα θεωρία των συναρμολογημάτων ορίζεται κατά μήκος τριών αξόνων οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μια ελάχιστη και μια μέγιστη τιμή (ακραίες θέσεις).

Ο πρώτος άξονας εκφράζει τον ρόλο που καλούνται να έχουν τα στοιχεία ενός συναρμολογήματος και σαν ακραίες τιμές παίρνει τον **υλικό ρόλο (material role)** και τον **εκφραστικό ρόλο (expressive role)**. Ο δεύτερος άξονας της τοπικοποίησης έχει συνθετικό χαρακτήρα, εκφράζει το κατά πόσο τα στοιχεία σταθεροποιούν ή αποσταθεροποιούν την συνοχή του συναρμολογήματος και σαν ακραίες τιμές παίρνει την **αποτοπικοποίηση (deterritorialization)** και την **τοπικοποίηση (territorialization)**.

Οι πρώτοι δύο άξονες αποτελούν την βάση για τον τρίτο άξονα επίσης συνθετικού χαρακτήρα, ο οποίος ονομάζεται **κωδικοποίηση (coding)**, εκφράζει τα περιθώρια που έχει ένα συναρμολόγημα για εσωτερικές αλλαγές και παίρνει σαν ακραίες τιμές την **κωδικοποίηση (coding)** και την **αποκωδικοποίηση (decoding)**.

Οι τρεις παραπάνω άξονες αποτελούν τις τρεις βασικές παραμέτρους οι οποίες σύμφωνα με τον De Landa μπορούν να περιγράψουν ένα συναρμολόγημα με σαφή τρόπο, τόσο όσον αφορά την λειτουργία του ως σύνολο, αλλά και όσον αφορά τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των στοιχείων που αυτό περιβάλλει. Ουσιαστικά πρόκειται για την ταυτότητα ενός συναρμολογήματος και αλλαγές σε αυτές τις παραμέτρους μπορούν να οδηγήσουν σε νέες διαφορετικές μορφές αυτού.

Γενικότερα, στην θεωρία συναρμολόγησης, γίνονται φανερά η προσπάθεια να ακολουθηθεί μια **από-κάτω-προς-τα-πάνω λογική (bottom-up)** και αναπόφευκτα έρχεται σε αντιπαράθεση με την ταξινομική ουσιοκρατία. Ο λόγος για τον οποίο ο De Landa αποφασίζει πως η λογική που απαιτείται είναι η 'bottom-up' έγκειται στο γεγονός πως **μόνο κατά αυτόν τον τρόπο μπορούν να ληφθούν υπόψη και οι ικανότητες (capacities) των στοιχείων**





ενός συνόλου πέραν των ιδιοτήτων του. Όπως έχει αναφερθεί οι ικανότητες ενός στοιχείου είναι κρυφές και αναδύονται μόνο σε ιδανικές περιπτώσεις. Οι ικανότητες αυτές όταν αναδύονται επηρεάζουν το εκάστοτε στοιχείο και τα στοιχεία με τα οποία αυτό δημιουργεί σχέσεις. Η ταυτότητα κάθε συναρμολογήματος σε οποιοδήποτε επίπεδο κλίμακας επηρεάζεται από τις ικανότητες που λαμβάνουν χώρο και που δύναται να επηρεάσουν την διαδικασία τοπικοποίησης και κωδικοποίησης. Ως αποτέλεσμα, η ταυτότητα των συναρμολογημάτων παραμένει επισφαλής καθώς άλλες διαδικασίες όπως η αποτοπικοποίηση και η αποκωδικοποίηση μπορούν να την αποσταθεροποιήσουν. Ως συνέπεια των προηγούμενων τα συναρμολογήματα, μεγάλης ή μικρής κλίμακας, για τον De Landa δεν μπορούν να διαχωριστούν σε συγκεκριμένες κατηγορίες όπως το γένος το είδος και το άτομο αλλά αντιθέτως κάθε κατάσταση τους είναι μοναδική και για αυτό πρέπει να αντιμετωπίζονται ως **ατομικές μοναδικότητες (individual singularities)**. Η σύλληψη των συναρμολογημάτων ως ατομικές μοναδικότητες οδηγεί τον De Landa στο να εισάγει την έννοια της **επίπεδης οντολογίας (flat ontology)**, στην οποία κάθε ενδεχόμενη κατάσταση ενός συναρμολογήματος αποδίδεται σε έναν χώρο πιθανοτήτων. Η επίπεδη οντολογία θα μπορούσε να συσχετιστεί και με τον «λείο χώρο»<sup>34β</sup> (smooth space) των Deleuze και Guattari.

### 3.2.2\_Η πόλη ως συναρμολόγημα

Ο σχεδιασμός της πόλης έχει αρχίσει να στρέφεται από τον καθολικό και ιεραρχικό σχεδιασμό που εκφράζουν τα κλειστά συστήματα, στην προσπάθεια ανάπτυξης συστημάτων ανοιχτών και εξελισσόμενων στον χρόνο, τα οποία θα αποτελούνται από στοιχεία σε μεταξύ τους διάδραση.

Η νέα αυτή αστική προσέγγιση λαμβάνει υπόψιν τόσο την θεωρία της συναρμολόγησης, όπως αυτή αναπτύχθηκε, και ως εφαρμογή σε αυτή τη λογική τη νευρωνική δικτυακή προσέγγιση, με δεδομένη την πολυπλοκότητα την οποία είναι σε θέση να διαχειριστούν τα σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία.

Σήμερα, γίνεται φανερή η μετάβαση από την εποχή της μηχανής στην εποχή της πληροφορίας και τα δίκτυα αρχίζουν να αντικαθιστούν τις γραμμές παραγωγής του εργοστασίου, ως ένα σύγχρονο μοντέλο οργάνωσης τόσο σε κοινωνικό όσο και σε οικονομικό και πολιτικό επίπεδο.

Η αναδιοργάνωση που παρατηρείται, **βάζει κατά κάποιο τρόπο στο περιθώριο και αμφισβητεί κάθε τι διακριτό, απομονωμένο και ανεξάρτητο**, αντικαθιστώντας

το με το διατομεακό (transdisciplinary), το συνεργατικό και το συλλογικό.

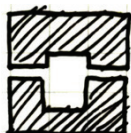
Σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, ο Pierre Levy κάνει λόγο για την εμφάνιση του 'χώρου αγαθών' (commodity space), ο οποίος αποτέλεσε την εξέλιξη της παγκόσμιας αγοράς.

Η οργανωτική αρχή του νέου αυτού χώρου είναι η **κίνηση: οι ροές ενέργειας, πρώτων υλών, εμπορευμάτων, κεφαλαίων και πληροφορίας**.

**«Αποτέλεσμα της αποτοπικοποίησης, ο χώρος αγαθών αποτελεί πλέον την νέα μηχανή εξέλιξης. Ο πλούτος δεν βασίζεται πλέον στον έλεγχο των συνόρων, αλλά στον έλεγχο της κίνησης».**<sup>35</sup>

Και στην αρχιτεκτονική, τα κτίρια πλέον σταματάνε να μελετούνται ως ολότητες, ανεξάρτητες του περιβάλλοντος στο οποίο ανήκουν και

<sup>34β</sup>. «Ο λείος χώρος είναι γεμάτος με γεγονότα ή τυχαίες περισσότρες παρά από σχηματισμένα και αντιληπτά πράγματα. Είναι ένας χώρος επενεργιών, περισσότερο από έναν χώρο ιδιοτήτων»



γίνεται προσπάθεια να αναδειχθούν οι σχέσεις εξωτερικότητας που αυτά αναπτύσσουν με άλλες οντότητες.

Η θεωρία της συναρμολόγησης εκφράζει την μέθοδο προσέγγισης και εισόδου σε αυτό τον πολύπλοκο κόσμο των αλληλεπιδρώντων δυναμικών συστημάτων.

Οι αλλαγές που επιφέρει αυτή η προσέγγιση στον τομέα της αρχιτεκτονικής σχετίζονται τόσο στην αναπαράσταση των υπαρκτών αστικών περιβαλλόντων, όσο και με την ίδια την σχεδιαστική πρακτική.

Και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζεται ένας νέος όρος, αυτός της συλλογικής νοημοσύνης. Οι ρίζες του όρου εντοπίζονται στον Marshall McLuhan, ο οποίος αναφέρθηκε στο μοντέλο του «παγκόσμιου χωριού» το οποίο είχε σαν κύριο χαρακτηριστικό την εμφάνιση κοινωνικών οργανώσεων με βασικές αρχές την αποκέντρωση και την συλλογικότητα.

Όπως αποδεικνύεται, οι νέες τεχνολογίες στην σχεδιαστική διαδικασία καλούνται να

διαχειριστούν την ροικότητα, την μεταβολή και την αστάθεια που εμφανίζεται δεδομένης της ευελιξίας και των πολλαπλών εναλλακτικών σχέσεων που μπορούν να προκύψουν.

Σε αυτό το σημείο η οντολογική προσέγγιση της πόλης έρχεται να συναντήσει τις φρακταλικές δομές, τα cellular automata, τα νευρωνικά δίκτυα και τη θεωρία των γράφων, ο ρόλος των οποίων επηρεάζει σε αρκετά μεγάλο βαθμό τα τελικά αποτελέσματα της συνθετικής διαδικασίας.

Η εφαρμογή τους ικανοποιεί την ανάγκη ύπαρξης ενός μηχανισμού ελέγχου των σχέσεων που αναπτύσσονται στα συστήματα και επιτρέπουν στον σχεδιαστή να επέμβει σε αυτά, ορίζοντας τους κανόνες σύμφωνα με τους οποίους τα συστήματα θα αποκτήσουν

γενεσιουργό δύναμη (generative force).

«Οι αλγόριθμοι έχουν την βάση τους στην θεώρηση της βαθειάς και επιφανειακής δομής και των κανόνων μετασχηματισμού από την μια στην άλλη».<sup>35</sup>

Ο μετασχηματισμός των δομών επιτρέπει στη θεωρία της συναρμολόγησης να γειωθεί στο περιβάλλον και από μια θεωρητική οντολογική αναπαράσταση των σχέσεων, να γίνει μια τεχνική μορφογένεσης.

Ο DeLanda έχει μεταθέσει την προσπάθεια αυτή στο μέλλον, η συνέντευξη που δίνει στον Neil Leach<sup>37</sup> μας επιτρέπει να προσεγγίσουμε το συγκεκριμένο ζήτημα και να αναζητήσουμε τον τρόπο με τον οποίο τα νευρωνικά δίκτυα μαζί με τη θεωρία των γράφων και λοιπές σύγχρονες αλγοριθμικές τεχνικές, θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια σύγχρονη μέθοδο αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Όταν αναφερόμαστε στην πόλη, κάνουμε λόγο για ένα σύνολο από στοιχεία τα οποία συνθέτουν ένα πολυδιάστατο, αρκετά σύνθετο και διαρκώς μεταβαλλόμενο δίκτυο.

Ο τρόπος με τον οποίο η αρχιτεκτονική πρακτική θα επιχειρήσει να διαχειριστεί τις εντάσεις που αναπτύσσονται σε αυτό, οφείλει να ξεκινήσει από την θεώρηση μιας οντολογίας για την πόλη (τόσο όσον αφορά τον φυσικό,

<sup>35</sup> Pierre Levy, Collective Intelligence: Mankind's Emerging World in Cyberspace (1999)

<sup>36</sup> Kostas Terzidis (Algorithmic Architecture (2006)

<sup>37</sup> Neil Leach - Computational Design (2017)



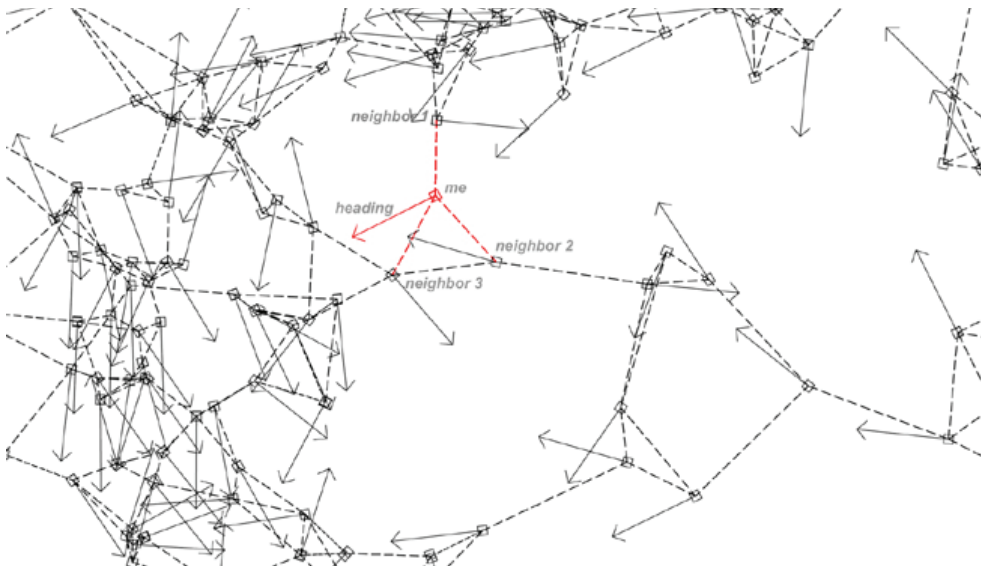
όσο και τον ψηφιακό της χώρο), η οποία θα επιτρέψει στην συνέχεια, μέσω των ψηφιακών τεχνολογιών, στην αναγνώριση του τεράστιου εύρους διαστάσεων πληροφορίας, και στη σύμπτυξή τους (flatten), σε αντιληπτό πλαίσιο, αντί για τον παραγκωνισμό μη επεξεργάσιμης πληροφορίας, με σκόπό τη περαιτέρω διαμόρφωση της στον θεμιτό άξονα.

### 3.2.3\_Ριζωματική πολεοδομία

Για τον Neil Leach η παραπάνω προσέγγιση εκφράζεται μέσα από το φαινόμενο του «Ριζώματος» (rhizome), όπως αυτό εκφράστηκε στο έργο των δύο γάλλων φιλοσόφων στο βιβλίο τους «A Thousand Plateaus» και περιγράφηκε προηγουμένως. Το ρίζωμα στην πολεοδομία -ριζωματική πολεοδομία- θα μπορούσε να εκφραστεί μέσα από τις **αμοιβαίες σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των στοιχείων της πόλης**, όπως για παράδειγμα η σχέση **κατοίκων και κτηριακών υποδομών**. Όπως έχει γίνει προφανές, στο έργο του De Landa το ρίζωμα αντικαθιστάται από την έννοια του συναρμολογήματος, με το οποίο και μοιράζεται τις ίδιες οργανωτικές αρχές. Η ενδεχόμενη ανάπτυξη σχέσεων σε οριζόντιο επίπεδο και όχι ιεραρχικό επιτρέπει την θεώρηση της κοινωνίας και κατ' επέκταση της πόλης «**ως ενός ρευστού, διαρκώς μεταβαλλόμενου πλαισίου όπου οι κάθε είδους αυθόρμητες πρακτικές, αντιδράσεις και συγκρούσεις οδηγούν σε μια διαρκή μεταβλητότητα του κοινωνικού πεδίου**»<sup>37β</sup>.

Όπως γίνεται κατανοητό η θεωρία της συναρμολόγησης αποτελεί μια μέθοδο προσέγγισης και εισόδου στον πολύπλοκο κόσμο των δυναμικών συστημάτων αλληλεπίδρασης όπως είναι μια πόλη. Συγκεκριμένα πρόκειται για μια προσπάθεια αναπαράστασης των δομών αυτών των συστημάτων. Μέσω της αναπαράστασης επιχειρείται ο σχεδιασμός ενός πεδίου, ενός χώρου ροών ή αλλιώς **χώρου επίλυσης (solution space)**, έναν χώρο δηλαδή ο οποίος **πρόκειται να υποδεχτεί ενεργά αντικείμενα-στοιχεία**, ο έλεγχος των οποίων στην συνέχεια θα οδηγήσει σε πιθανές υπάρξεις αρχιτεκτονικών αντικειμένων.

Το ερώτημα που τίθεται είναι, με ποιές σύγχρονες μεθόδους προσομοίωσης και ανάλυσης μπορούμε να προσεγγίσουμε τους χώρους επίλυσης, στο πλαίσιο επεξεργασίας ενός συστήματος αλληλεπιδρώντων στοιχείων.

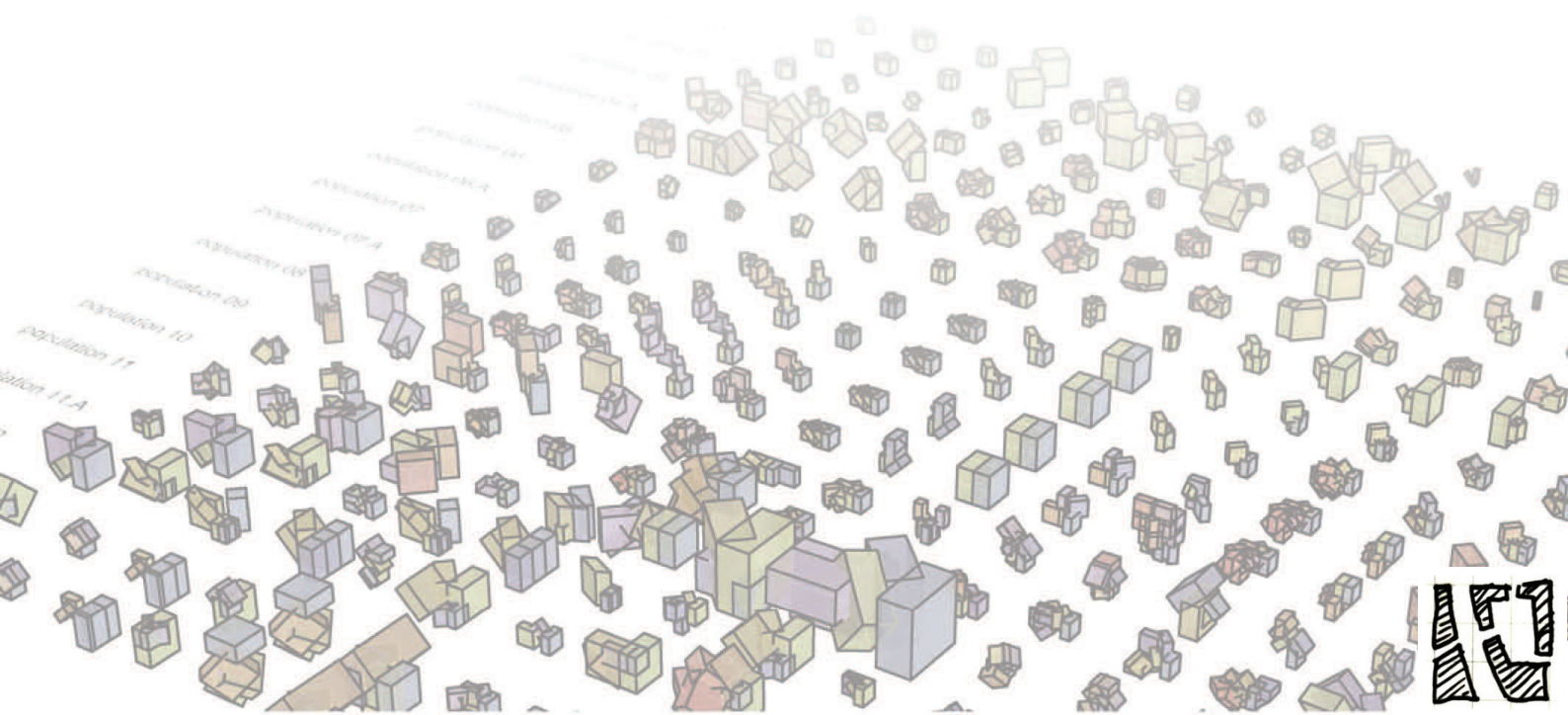


Εικόνα 16: Ενεργοί παράγοντες αλληλεπίδρασης σε ένα σύστημα.

<sup>37β</sup>. Deleuze G. και Guattari F., Capitalisme et Schizophrénie (Καπιταλισμός και Σχιζοφρένεια), 1980.







## Κεφάλαιο 4

### 4\_ΜΕΣΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

#### 4.1 Φρακταλικές Δομές

##### 4.1.1\_Φρακταλική δομή και ανάπτυξη

“Our knowledge of the whole complex phenomena of growth is so scanty that it may seem rash to advance even these tentative suggestions.”

-D’ Arcy Wentworth Thompson, On growth and form (1917)

Η φράση αυτή του D’ Arcy Wentworth Thompson Αναφέρεται στον κόσμο της βιολογίας, με ισχυρές επιπτώσεις στο πως ο κοινωνικός κόσμος μπορεί να βρεθεί αντιμέτωπος με αντίστοιχο θέμα.

Η εχεμύθειά του σχετικά με την κατανόησή του, εκείνη την εποχή, αποδείχθηκε μάλλον προφητική, γιατί τον τελευταίο αιώνα οδηγηθήκαμε στο σημείο όπου έχουμε την αίσθηση μιας θεωρίας των πόλεων που μας επιτρέπει να εντοπίσουμε τους μηχανισμούς του πώς εξελίσσονται οι πόλεις και να αναπτυχθεί από κάτω προς τα πάνω.

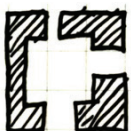
Τα τελευταία χρόνια, η θεωρία της πόλης ως σύστημα σε ισορροπία, παραχώρησε τη θέση της σε αυτήν της δυναμικής-σύνολο τάσεων, στην αρχή, και πιο πρόσφατα σε θεωρίες δυναμικής ανάπτυξης και εξέλιξης που προκύπτουν από το bottom-up.

Τώρα, η εικόνα που έχουμε για τις πόλεις, δεν είναι πλέον μια ισορροπία, αλλά συστήματα που απέχουν πολύ από την ισορροπία, σε μια κατάσταση όπου τα συστήματα μπορούν να αλλάξουν απότομα και με απροσδόκητες συνέπειες. Αυτό συνεπάγεται διαδικασίες που είναι πολύπλοκες, καθώς τα αποτελέσματα και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους οδηγούν σε απρόβλεπτα αποτελέσματα. Υπάρχει τάξη σε αυτές τις διαδικασίες, την οποία θα παρουσιάσουμε εδώ ως “υπογραφή ανάπτυξης”. Ωστόσο, επειδή οι πόλεις εξακολουθούν να παρατηρούνται σε μεγάλο βαθμό σαν να βρίσκονται σε ισορροπία, η πρόοδος είναι αργή στην οικοδόμηση ιδεών για το πώς διάφορες αστικές μορφολογίες εξελίσσονται και αλλάζουν.

Η ανησυχία μας σχετικά με τα δίκτυα επικεντρώθηκε εξ ολοκλήρου στις ιδιότητες ισορροπίας τους και στο βαθμό που η δυναμική έχει εισέλθει στην εικόνα μέχρι στιγμής, τείνει να σχετίζεται περισσότερο με συνήθειες και γρήγορες διαδικασίες όπως τα καθημερινά ταξίδια παρά με την μακροχρόνια ανάπτυξη.

Στο σημείο αυτό θα αποκαταστήσουμε την ισορροπία και θα δώσουμε μια άλλη ματιά στις πόλεις από την οπτική της μακροπρόθεσμης εξέλιξης τους, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα ότι οι υπογραφές της πολυπλοκότητας που έχουν εισαχθεί μέχρι στιγμής συνδέονται σαφώς με τις διαδικασίες της αστικής ανάπτυξης.

Παρόλο που έχουμε μόλις αγγίξει τη δυναμική των αστικών δικτύων ή χώρου, πολλές από τις έννοιες που υποστηρίζουν τη θεωρία της πολυπλοκότητας



έχουν ήδη εισαχθεί. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τονίσουμε τις έννοιες της **διαμόρφωσης, της ομοιότητας, της επανάληψης και της ιεραρχίας** που θεωρούμε βασικές για τον τρόπο οργάνωσης της αστικής μορφής και δομής. Πράγματι, ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των συστημάτων που εξελίσσονται με σχετικά σταθερούς τρόπους είναι ότι **αναπτύσσονται ως προς τις μονάδες τους**, με κάθε ένα από τα συστατικά τους να προσαρμόζεται σε εκείνα που συνδέονται στενότερα με αυτά που εξελίσσονται όσον αφορά το μέγεθος και την πολυπλοκότητα.

Ο **Alexander<sup>38</sup>** δηλώνει ότι τα σύνθετα συστήματα εξελίσσονται χρησιμοποιώντας αυτό που ονομάζει **μετασχηματισμούς που διατηρούν τη δομή**. Αυτοί οι μετασχηματισμοί, υποστηρίζει, επηρεάζουν οποιοδήποτε σύστημα μέσω τοπικών προσαρμογών που σταδιακά συγκλίνουν σε διαμορφώσεις κατάλληλες για το σκοπό αυτό.

Γράφει:

“Πώς μπορεί ένα περίπλοκο σύστημα να βρει το δρόμο του προς την καλή διαμόρφωση;

Σε μια θεωρητική έννοια, μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα περνά μέσα από τον χώρο διαμόρφωσης, παίρνοντας τη μία και την άλλη διαδρομή, και πάντοτε φτάνει σε μια καλά προσαρμοσμένη διαμόρφωση.”

Το τεράστιο ερώτημα, φυσικά, είναι πώς ελέγχεται αυτός ο περίπατος, ποιοι είναι οι κανόνες της διαδρομής, που το κάνουν να οδηγείται σε καλή προσαρμογή; “

Η απάντησή του σε αυτό το ερώτημα είναι τόσο ανοιχτή όσο και του D'Arcy πριν από έναν αιώνα.

Συνεχίζει:

“Αν και έχουν δοθεί μερικές, πολύ προκαταρκτικές απαντήσεις σε αυτό το ερώτημα, δεν έχουν δοθεί ακόμη καλές. Αυτό είναι ίσως το επιστημονικό ζήτημα της εποχής μας.”

Η παράδοση που προτάθηκε αρχικά από τον **PATRICK GEDDES** στο βιβλίο **CITIES IN EVOLUTION** ήταν ότι η μικρή αλλαγή μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλα αποτελέσματα - πράγματι, αυτό που αποκαλούσε «**συντηρητική χειρουργική**» ήταν το **modus operandi** (τρόπος λειτουργίας) των πόλεων.

Στην πραγματικότητα, κατά το μεγαλύτερο μέρος του εικοστού αιώνα, ο πολεοδομικός σχεδιασμός αποτελούταν από μεγάλες αλλαγές (top down), αν και η λογική του Geddes είχε αναληφθεί σοβαρά στις αρχές της δεκαετίας του 1960 από τους **CHRISTOPHER ALEXANDER** (1964) και **JANE JACOBS** (1961), μεταξύ άλλων.

Η άποψή τους, η οποία είναι απολύτως σύμφωνη με τον **THOMPSON** (1917), σιγά σιγά μας ευαισθητοποίησε ως προς την ανάγκη να **κινούμαστε προσεκτικά όταν παρεμβαίνουμε σε σύνθετα συστήματα**.

Το μήνυμά του είναι ότι σχεδιάζουμε “με δικό μας κίνδυνο” και ότι οι μικρές παρεμβάσεις, εγκαίρως και κατάλληλα προσαρμοσμένες στο τοπικό πλαίσιο, είναι πιο πιθανό να πετύχουν από τα μαζικά σχέδια top-down που ήταν χαρακτηριστικό του πολεοδομικού σχεδιασμού καθ' όλη τη διάρκεια του 20ου αιώνα. Αυτό είναι και το μήνυμα του Δαρβίνου για τα βιολογικά



συστήματα:

ότι η ζωή προχωρά μέσα από μια φυσική επιλογή που σιγά-σιγά αλλά σίγουρα διατηρεί τον πιο ικανό πληθυσμό και καταστρέφει τα υπόλοιπα.

Αυτή η άποψη φαίνεται όλο και πιο ελκυστική στην εξήγηση της δυναμικής ανάπτυξης μιας **ποικιλίας μη βιολογικών οργανώσεων, όπως είναι οι πόλεις**. Η **εμφάνιση της τάξης σε όλες τις κλίμακες** είναι το χαρακτηριστικό γνώρισμα των πολύπλοκων συστημάτων και δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι με την **ανάπτυξη της ψηφιακής υπολογιστικής δυναμικής είναι πλέον δυνατή η προσομοίωση τέτοιων εξελικτικών διαδικασιών**, υποδεικνύοντας έτσι πώς θα μπορούσαν να προκύψουν “καλά” σχέδια μεταξύ ενός **σύμπαντος πιθανών σχεδίων**.

Εάν μπορούμε να δείξουμε ότι τα καλά αστικά σχέδια μπορούν να αναπτυχθούν με το χειρισμό αυτού του είδους της πολυπλοκότητας, αυτό **υπόσχεται να παράσχει έναν πολύ πιο ευαίσθητο και λιγότερο ενοχλητικό τρόπο διαχείρισης του περιβάλλοντός μας** από τα απότομα όργανα που μέχρι τώρα έχουν χαρακτηρίσει την αστική σχεδίαση.

Ο σχεδιασμός της πόλης θα πρέπει να αποδίδει στο μήνυμα του Δαρβίνου, ότι πρόκειται για **μικρές αλλαγές που εντοπίζονται έξυπνα στο υλικό της πόλης** και όχι για τεράστια μνημειώδη σχέδια που οδηγούν σε πιο επιτυχημένα, και σίγουρα πιο βιώσιμα περιβάλλοντα (Hamdi<sup>38</sup>, 2004). Για να υπογραμμίσουμε αυτό το νέο στυλ σχεδιασμού, θα ακολουθήσουμε κατ’ αναλογία, χρησιμοποιώντας μεταφορές για το πώς διαμορφώνονται οι πόλεις, εκθέτοντας και πάλι τις έννοιες της **modularity και ιεραρχίας, της ομοιότητας και της κλίμακας στη φυσική και λειτουργική μορφή των πόλεων** και παρουσιάζοντας τρόπους οι οποίοι σε βασικές λειτουργίες δημιουργούν **μοτίβα** που γεμίζουν το χώρο σε διαφορετικούς βαθμούς. Οι πόλεις αναπτύσσονται γεμίζοντας τον διαθέσιμο χώρο τους με διαφορετικούς τρόπους, σε διαφορετικές πυκνότητες και χρησιμοποιώντας διαφορετικά πρότυπα για να παραδώσουν την ενέργεια από την άποψη των ανθρώπων και των υλικών που επιτρέπουν στα συστατικά μέρη τους να λειτουργούν.

Θα παρουσιάσουμε ένα απλό **μοντέλο διάχυσης** και στη συνέχεια θα το γενικεύσουμε για να αναπτύξουμε τις μορφές και τις δομές της πόλης. Θα αναφερθούμε σε σχέδια πόλεων στην ιστορία που αποδεικνύουν την ανάγκη μας να σχεδιάζουμε μαζί και παράλληλα με τους μηχανισμούς της οργανικής ανάπτυξης και όχι εναντίον αυτών των διαδικασιών, που ήταν ο κυρίαρχος τρόπος σχεδιασμού τον περασμένο αιώνα.

Με δυσκολία θα απαντήσουμε στο μεγάλο ερώτημα του Alexander, αλλά θα υποθέσουμε ότι η τοπική προσαρμογή που καθίσταται σαφής στη γεωμετρία της μορφής έχει πολύ να κάνει με τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσονται οι πόλεις.

Θα εισαγάγουμε τη **φράκταλ γεωμετρία (fractal geometry), η οποία είναι η γεωμετρία της ιεραρχίας και της ομοιότητας** και είναι απολύτως σύμφωνη με τις προηγούμενες ιδέες μας για το μέγεθος, την κλίμακα και την πολυπλοκότητα, αλλά εδώ θα αναπτύξουμε γενετικούς μηχανισμούς που οδηγούν ειδικά σε αυτομοιόμορφες μορφές σε διαφορετικές κλίμακες, με αυτόν τον τρόπο προκαλώντας μια δυναμική της ανάπτυξης.

Συγκεκριμένα, θα υλοποιήσουμε αυτές τις ιδέες χρησιμοποιώντας αυτό

<sup>38</sup> Hamdi - Small Change: About the Art of Practice and the Limits of Planning in Cities. (2004)





που έχει γίνει ένα μοντέρνο εργαλείο ανάπτυξης, δηλαδή **κυτταρικά αυτόματα (cellular automata) μέσα στα οποία οι πόλεις σχεδιάζονται ως μετατοπίσεις κυττάρων που αλλάζουν κατάσταση**, εξαρτώνται από τοπικούς μετασχηματισμούς, δημιουργώντας έτσι πρότυπα υψηλότερης τάξης που μοιάζουν με διαδικασίες σε χαμηλότερα επίπεδα. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εισαγάγουμε μηχανισμούς που βρίσκονται στη βάση μιας τάξης μοντέλων που χρησιμοποιούνται εμπειρικά για να **αναζητήσουν μια κατανόηση της ανάπτυξης στις πόλεις**.

Στο επόμενο κεφάλαιο, θα παρουσιάσουμε περισσότερα παραδοσιακά μοντέλα cellular automata και θα θέσουμε όλα αυτά στο πλαίσιο ως έναν άλλο τρόπο ανάπτυξης της επιστήμης μας. Αυτό θα γίνει μέσω των ιδεών των μοντέλων των συστημάτων, και όχι μέσω των αναπαραστάσεων του δικτύου, τις οποίες έχουμε πάρει ως αφετηρία μας εδώ. Παρ' όλα αυτά, στον πραγματισμό της προσέγγισής μας, αναλύουμε αυτά τα εργαλεία ως παραδείγματα για πολύ ευρύτερες εφαρμογές από αυτές που έχουμε δείξει εδώ. Για το σκοπό αυτό, η προσέγγισή μας είναι να κάνουμε **αναλογίες και να διαμορφώσουμε μεταφορές**.

---

#### 4.1.2\_Modularity, Ιεραρχία και αυτο-ομοιότητα

---

Η αρθρωτή κατασκευή modular δεν είναι απλώς μια λειτουργική διαδικασία που εξασφαλίζει ότι τα συστατικά μέρη ενός συστήματος είναι κολλημένα μαζί αποτελεσματικά και βιώσιμα, αλλά **ένα μέσο πραγματικών διαδικασιών λειτουργίας που οδηγούν το σύστημα με αποτελεσματικό τρόπο**.

Για παράδειγμα, διαφορετικές λειτουργίες που σχετίζονται με τον τρόπο λειτουργίας της οικονομίας μιας πόλης εξαρτώνται από μια κρίσιμη μάζα πληθυσμού και όσο πιο εξειδικευμένη είναι η λειτουργία, τόσο μεγαλύτερος είναι ο πληθυσμός που χρειάζεται για να την διατηρήσει.

Εν ολίγοις, οι πιο εξειδικευμένες λειτουργίες εξαρτώνται από τις οικονομίες κλίμακας, έτσι ώστε το μέγεθος και η απόσταση μεταξύ των διαφόρων λειτουργιών να παράγουν ένα κανονικό μοτίβο σε διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα.

Οι ενότητες επαναλαμβάνονται έτσι με τρόπους που **αλλάζουν την έκτασή τους με την κλίμακα τους**. Μπορούμε να επιδείξουμε αυτό το σημείο χρησιμοποιώντας κάποια απλή γεωμετρία που δείχνει πώς μπορούμε να κλιμακώσουμε μια φυσική μονάδα, παράγοντας ένα φράκταλ που είναι παρόμοιο σε όλες τις κλίμακες.

Φανταστείτε ότι πρέπει να αυξήσουμε τον απαιτούμενο χώρο για τη φύτευση ενός φράγματος κατά μήκος μιας ευθύγραμμης διαδρομής που έχει πάντα εμπόδιο στο κέντρο της. Εάν διαχωρίσουμε την πρώτη γραμμή της διαδρομής σε τρία ίσα τμήματα, μπορούμε να πάρουμε δύο από αυτά τα τμήματα και να τα απομακρύνουμε από τη διαδρομή και το φράγμα ώστε να ακουμπήσουν και να σχηματίσουν ένα ισόπλευρο τρίγωνο με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα **17 (a)**, παρακάμπτοντας έτσι το εμπόδιο. Αυτό **αυξάνει σαφώς το μήκος της γραμμής L** (που έχει αρχικό μήκος τριών μονάδων) κατά μία μονάδα, έτσι ώστε το **νέο μήκος της γραμμής να γίνει (4/3) L**.

Μπορούμε να αυξήσουμε περαιτέρω το μήκος της γραμμής υποδιαιρώντας

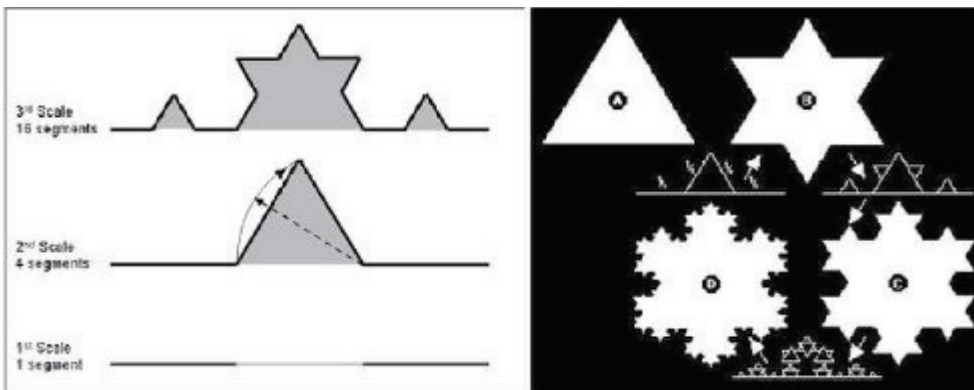


κάθε τμήμα σε τρεις και μετατοπίζοντας το κεντρικό τμήμα κάθε αρχικού τμήματος για να σχηματίσουμε το ίδιο ισόπλευρο τρίγωνο, αλλά σε μία κλίμακα κάτω από το πρωτότυπο. Εάν αυτό γίνει για κάθε ένα από τα αρχικά τέσσερα τμήματα, τότε το μήκος της δεύτερης γραμμής που αποτελείται από αυτά τα τέσσερα τμήματα αυξάνεται κατά  $4/3$ . Αυτό με τη σειρά του είναι  $4/3$  το μήκος της αρχικής γραμμής  $L$ , και η νέα γραμμή είναι τώρα  $(4/3) L$ . Μπορούμε να συνεχίσουμε να το κάνουμε αυτό σε όλο και πιο μικρές κλίμακες και το μήκος της γραμμής σε κλίμακα  $n$  γίνεται έτσι  $(4/3)^n L$ .

Κατασκευάζοντας μια καμπύλη που “αυτο-γεμίζεται”: Η καμπύλη Koch snowflake.

A. Διαδοχική μετατόπιση του κεντρικού τμήματος μιας γραμμής σε όλο και πιο μικρές κλίμακες.

B. Εφαρμογή του κανόνα μετατόπισης στις γραμμές που ορίζουν ένα σχήμα



Εικόνα 17: Η καμπύλη Koch snowflake.

τριγώνου που ονομάζεται νησί Koch.

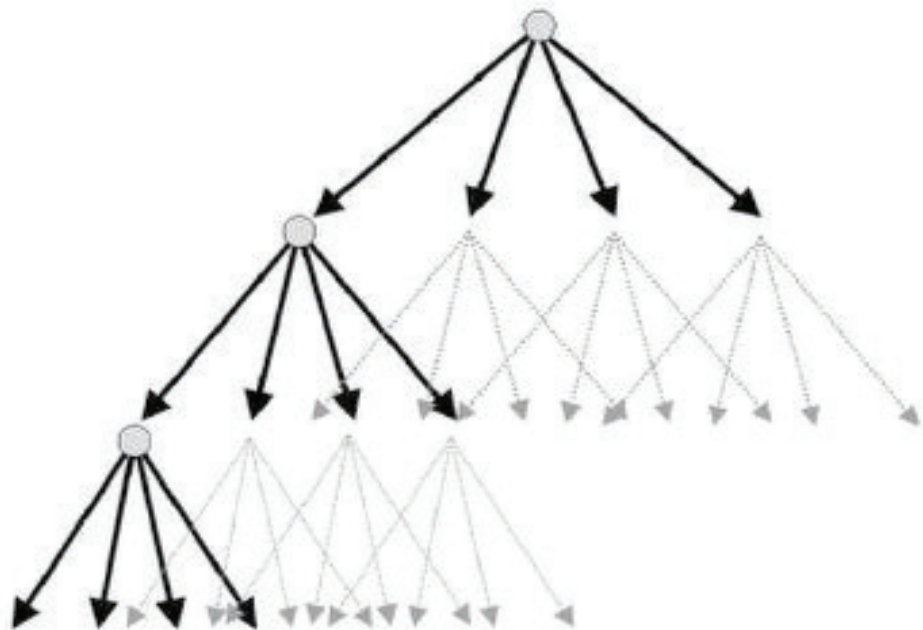
Αν τώρα ονομάσουμε τη γραμμή εκκινήτη  $L(1)$ , το μήκος της γραμμής  $L(n)$  σε οποιαδήποτε επανάληψη της επανάληψης είναι

$$L(n) = \varphi^n L(1),$$

όπου  $\varphi$  είναι η σύνθετη αναλογία κλιμάκωσης, σε αυτή την περίπτωση  $4/3$ . Είναι σαφές ότι μπορούμε να μεταβάλλουμε την αναλογία κλίμακας. Αν πλησιάσει 2, τότε αυτό σημαίνει ότι η γραμμή γεμίζει τον δισδιάστατο χώρο. Αυτή η κατασκευή είναι μια επανάληψη του ίδιου κανόνα σε διαφορετικές κλίμακες, και παράγει ένα μοτίβο το οποίο είναι όμοιο με τον εαυτό του, στο ότι το μοτίβο - η τριγωνική μετατόπιση - συμβαίνει σε κάθε κλίμακα και αποτελεί κατά κάποιον τρόπο το σήμα κατατεθέν της ολόκληρης κατασκευής.

Η δομή που αναπτύσσεται από κάτω προς τα πάνω παράγει ένα σχήμα που είναι ένα **fractal**, μια κανονική γεωμετρία που αποτελείται από μη συνεχή, μερικές φορές στατιστικώς ακανόνιστα τμήματα που επαναλαμβάνονται σε διαδοχικές κλίμακες, γεγονός που είναι ενδεικτικό των ίδιων διεργασιών που εφαρμόζονται ξανά και ξανά. Η διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί ως μια ιεραρχία που εμφανίζεται σαφώς στο ίδιο το πρότυπο, αλλά από την άποψη της αναδρομικής διαδικασίας μπορεί να αντληθεί στο συνηθισμένο διάγραμμα τριγώνου που φαίνεται στο σχήμα





Εικόνα 18: Η ιεραρχία  
δόμησης ενός φράκταλ.

Υπάρχουν πολλές **παράξενες συνέπειες** για τη διαδικασία που μόλις απεικονίσαμε.

Εάν η διαδικασία της προσθήκης όλο και περισσότερων λεπτομερειών του ίδιου είδους συνεχίζεται **απεριόριστα**, το μήκος της γραμμής αυξάνεται στο άπειρο, αλλά είναι προφανές ότι η περιοχή που περικλείεται από το προκύπτον σχήμα είτε στην καμπύλη Koch στο σχήμα 17(α) ή το νησί Koch στο σχήμα 17(β), **συγκλίνει σε μια σταθερή τιμή**.

Δεύτερον, αν η γραμμή γίνεται όλο και πιο **περίπλοκη** στην **πλήρωση του επιπέδου**, τότε φαίνεται ότι η γραμμή, η οποία έχει **ευκλείδεια διάσταση 1**, φαίνεται να έχει τη **διάσταση του επιπέδου που είναι 2**. Αυτή η έννοια της πλήρωσης χώρου αποδεικνύεται επίσημα ότι είναι **ενσωματωμένη στην ιδέα μιας φρακταλικής διάστασης**. Ο καλύτερος τρόπος για να το καταδείξουμε είναι να υπολογίσουμε τον **αριθμό των νέων γραμμών N που παράγονται για τη μετάβαση της κλίμακας** χρησιμοποιώντας τον τύπο

$$N = K\varepsilon^{-D},$$

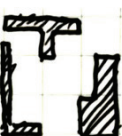
όπου **K είναι μια σταθερά αναλογικότητας που εξασφαλίζει ότι το μέτρο σχετίζεται με το περιβάλλον του**, **ε είναι ο συντελεστής κλιμάκωσης που κλιμακώνει τον τρέχοντα αριθμό γραμμών στην επόμενη επανάληψη του N και το D είναι τώρα μια φράκταλ ή κλασματική διάσταση που το εξασφαλίζει**. Στην πραγματικότητα, για ένα ντετερμινιστικό φράκταλ όπως αυτό στο σχήμα 17, η κλιμάκωση είναι πανομοιότυπη από επανάληψη σε επανάληψη.

Επομένως βλέπουμε ότι η διάσταση των φράκταλ μπορεί να υπολογιστεί για μια τέτοια κατασκευή σε οποιαδήποτε κλίμακα ως εξής:

$$D = -\frac{\log N - \log K}{\log \varepsilon}$$

Αν υποθέσουμε ότι το **K είναι ομαλοποιημένο στην ενότητα**, μπορούμε να επεξεργαστούμε τη φράκταλ διάσταση για μια **ποικιλία σχημάτων** από την οποία γνωρίζουμε πόσες **N παράγονται από την εφαρμογή του συντελεστή κλίμακας ε**.

Στην καμπύλη Koch, **N = 4 και ε = 1/3**, και έτσι **D = log 4 / log 3 = 1.2619**.



Διακρίνεται ότι αν η γραμμή δεν κλιμακωθεί ταχύτερα από τον συντελεστή κλιμάκωσης, η διάσταση παραμένει στο 1, η οποία είναι η **ευκλείδεια διάσταση μιας γραμμής**, αλλά εάν κλιμακώνεται σε **διπλάσιο ρυθμό του συντελεστή**, δηλαδή  $N = 4$  και  $\varepsilon = 1/2$ , η **διάσταση ισούται με 2**, η οποία είναι μια **πραγματική καμπύλη πλήρωσης χώρου**.

Αν έχουμε μια **σειρά αριθμών  $N_k$**  εμπειρικά μετρημένων γραμμικών τμημάτων που μετράμε σε διαφορετικές κλίμακες εκ, δηλαδή, σε μια **σειρά συντελεστών κλιμάκωσης** - τότε μπορούμε να υπολογίσουμε τη φράκταλ διάσταση από την παραπάνω εξίσωση με τα ελάχιστα τετράγωνα ως,

$$\log N_k = \log K - D \log \varepsilon_k$$

Ενώ η **καμπύλη Koch** στο σχήμα 17(a) έχει **φράκταλ διάσταση περίπου 1,26**, μια πιο περίπλοκη γραμμή σαν μια **ακτογραμμή έχει κάτι σαν 1,7**.

Οι πιο ομαλές καμπύλες, όπως η ακτογραμμή της νότιας Αυστραλίας, έχουν μια φράκταλ διάσταση περίπου 1,1.

Ο **εφευρέτης της έννοιας των fractals, Benoit Mandelbrot**, έγραψε ένα διάσημο paper το 1967 με τίτλο “**How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension.**”

Ουσιαστικά, αντικείμενα που είναι **ακανόνιστα** με τον τρόπο που έχουμε δείξει και διαθέτουν εμφανή **αυτο-ομοιότητα**, είναι fractals των οποίων **η διάσταση βρίσκεται μεταξύ της διάστασης που τα καθορίζει και της διάστασης του χώρο που προσπαθούν να γεμίσουν.**

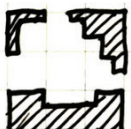
Στις πόλεις, η πλήρωση του δισδιάστατου επιπέδου με συγκεκριμένες μορφές ανάπτυξης από το αγροτεμάχιο στη γραμμή του δρόμου και σε διαφορετικές πυκνότητες υποδηλώνει ότι η φράκταλ διάσταση τους βρίσκεται μεταξύ 1 και 2. Έτσι αυτή η διάσταση γίνεται η **υπογραφή της αστικής μορφολογίας**, των διαδικασιών που δημιουργούν φράκταλ σχήματα. Υπάρχει μια αυξανόμενη παράδοση στη σκέψη των πόλεων ως φράκταλ που προέρχεται από το έργο του συγγραφέα (Batty, 1985)<sup>39</sup> και συνεχώς επεξεργάζεται σε διαφορετικά φυσικά πλαίσια και σε διαφορετικές κλίμακες

Υπάρχει, όμως, **πολύ πιο κυριολεκτική μορφολογία που είναι φράκταλ** και αυτό είναι το **σχήμα ενός αντικειμένου ή ενός συνόλου συνδεδεμένων αντικειμένων που σχηματίζουν ένα δέντρο ή δενδρίτη**.

Εάν θέλετε να **μεταφέρετε ενέργεια** από κάποια κεντρική πηγή σε πολλές απομακρυσμένες τοποθεσίες, είναι πιο αποτελεσματικό να αναπτύξετε υποδομή που συλλαμβάνει όσο το δυνατόν **μεγαλύτερη μεταφορική ικανότητα όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην πηγή**.

Αυτό είναι πολύ εύκολο να αποδειχθεί γραφικά, γιατί αν υπάρχουν 16 σημεία που έχουν ταξινομηθεί γύρω από έναν κύκλο, αντί να δημιουργηθεί μια σύνδεση μεταξύ της πηγής και καθενός από αυτούς τους 16 βαθμούς, είναι πιο αποδοτικό να ομαδοποιηθούν οι σύνδεσμοι με τέτοιο τρόπο ώστε η απόσταση αυτές οι διαφορετικές τοποθεσίες ελαχιστοποιούνται.

<sup>39</sup> M.Batty και Longley, 1994. Fractal Cities: A Geometry of Form and Function. (1994)





Εικόνα 19:

Σχήμα 8.3

Κυριολεκτικές ιεραρχίες:  
μεταφορά-διαδρομή από μία  
κεντρική πηγή

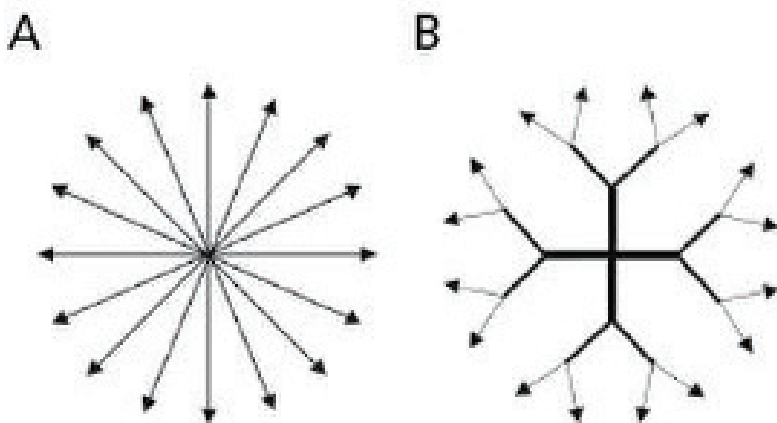
A. Κάθε ένωση

είναι αποκομμένη

B. Οργανώνονται

ενώσεις με μια πιο

αποδοτική δομή.



Στο σχήμα 19(α), υποθέτοντας ότι κάθε ένας σύνδεσμος είναι απόστασης 1 μονάδας, τότε το μήκος των δρομολογίων που χρειάζονται συνολικά για την εξυπηρέτηση αυτών των θέσεων (“fill the space”) είναι 16, σε σύγκριση με την ομαδοποίηση αυτών των διαδρομών σε 2, στη συνέχεια 4, στη συνέχεια 8 στο σχήμα 17(β).

Η συνολική απόσταση αυτής της διάταξης στο σημείο 17(β) είναι μεταξύ μισών και τριών τετάρτων της αρχικής φόρμας στο σχήμα 17(α), ανάλογα με την ακριβή διαμόρφωση, αν και η χωρητικότητα των συνδέσμων που παίρνουν περισσότερη κίνηση πιο κοντά στην πηγή είναι μεγαλύτερες και αυτό θα συνεπαγόταν επιπλέον κόστος κατασκευής.

Παρ’ όλα αυτά, αυτό καταδεικνύει το σημαντικό σημείο: όταν πρέπει να συντηρηθούν οι πόροι (που σχεδόν σε κάθε περίπτωση συμβαίνει), ο χώρος πρέπει να γεμίσει αποτελεσματικά. Οι δομές δέντρων στο σχήμα 17 είναι fractals.

Το Σχήμα 17(β) απεικονίζει αυτή την αυτο-ομοιότητα άμεσα, ενώ ταυτόχρονα είναι μια κυριολεκτική **ιεραρχία που απλώνεται στο διάστημα**, δείχνοντας με σαφήνεια το πρότυπο της κατασκευής της. Αυτό σχετίζεται με πολλά από τα δίκτυα που συζητήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα τέτοιας ιεραρχικής δομής στις μορφές που βλέπουμε τόσο στη φύση όσο και σε κατασκευασμένα συστήματα. Η ενέργεια με τη μορφή αίματος, οξυγόνου και ηλεκτρικών σημάτων παρέχεται στο σώμα μέσω δενδριτικών δικτύων αρτηριών και φλεβών, πνευμόνων και νεύρων, όπως απεικονίζεται στο σχήμα του κεντρικού πνευμονικού συστήματος στο σχήμα 20(α).

Τα φυτά φθάνουν μέχρι να λάβουν οξυγόνο από τον αέρα και κάτω για να αντλήσουν άλλα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος, όπως στο σχήμα 20(β). Πιο κοντά στην ανησυχία μας και αντικατοπτρίζοντας τη συζήτηση για τα ανωτέρω συστήματα διαδρομής, η εικόνα 20(γ) δείχνει το δίκτυο των δρόμων στην μεσαία αγγλική πόλη Wolverhampton (πληθυσμός περίπου 300.000 το 2001). Είναι σαφές ότι το παραδοσιακό σύστημα δρόμων έχει αναπτυχθεί οργανικά, αλλά ο δακτύλιος γύρω από το κέντρο της πόλης έχει σχεδιαστεί, από την κορυφή προς τα κάτω, δείχνοντας έτσι την αντίληψη ότι αυτό που παρατηρούμε στις πόλεις είναι ένα μίγμα διαφορετικών κλιμάκων λήψης αποφάσεων.

Στο σχήμα 20(δ), δείχνουμε ένα από τα νησιά Palm, στα ανοικτά των ακτών του Ντουμπάι, που αναπτύχθηκε από την κατασκευαστική εταιρεία Nakheel. Πρόκειται για ένα υπέροχο παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο είναι



απαραίτητο να διατηρηθούν οι πόροι κατά την οικοδόμηση - στην περίπτωση αυτή με την ανάκτηση γης από τη θάλασσα, όπου η μεταφορά και η πρόσβαση γίνονται οι κύριοι περιορισμοί στον τρόπο με τον οποίο διαμορφώνεται το θέρετρο.

Αυτά τα παραδείγματα συμπληρώνουν τα δίκτυα που εισήχθησαν προηγουμένως, αλλά τώρα αναλύουμε τη δυναμική ανάπτυξης της εξέλιξης τους, αποδεικνύοντας ότι είναι κατασκευασμένα από κάτω προς τα πάνω, σταδιακά και όταν σχεδιάζονται από την κορυφή προς τα κάτω, το σχέδιο είναι συνήθως ένα μικρό μέρος της ευρύτερης συνολικής ανάπτυξης.

Όταν μεγαλώνουν οι πόλεις, δεν έχουμε καμία ιδέα για το τι έχει το μέλλον όσον αφορά τις νέες συμπεριφορές, τις αξίες, τις τεχνολογίες και τα κοινωνικά πρότυπα και επομένως δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι οι πόλεις αναπτύσσονται με τρόπο *ad hoc* που αντικατοπτρίζει την αποτελεσματικότητα και τις προτεραιότητες που κυριαρχούν στη σχεδίαση κατά τη στιγμή της ανάπτυξης.

Για να δείξουμε πώς μπορούμε να μοντελοποιήσουμε αυτή τη διαδικασία, μπορούμε να την απλοποιήσουμε σε δύο κύριες δυνάμεις που αντικατοπτρίζουν την επιθυμία του χώρου από κάθε άτομο, κατασκευαστή ή καταναλωτή, ο οποίος ανταλλάσσεται με την επιθυμία να ζήσει όσο το δυνατόν πιο κοντά στην “Πόλη” που αποτελείται από άλλα άτομα, έτσι ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν οικονομικές διαδικασίες αντίστοιχες κλίμακας.

Πρόκειται για ένα απλό μοντέλο, το οποίο καταγράφει όλες τις ιδέες που έχουμε παρουσιάσει μέχρι τώρα και θα το αναπτύξουμε τώρα ως μια υποθετική προσομοίωση.

### 4.1.3\_ Προσομοιώνοντας Ανάπτυξη που γεμίζει τον χώρο (Space-Filling growth)

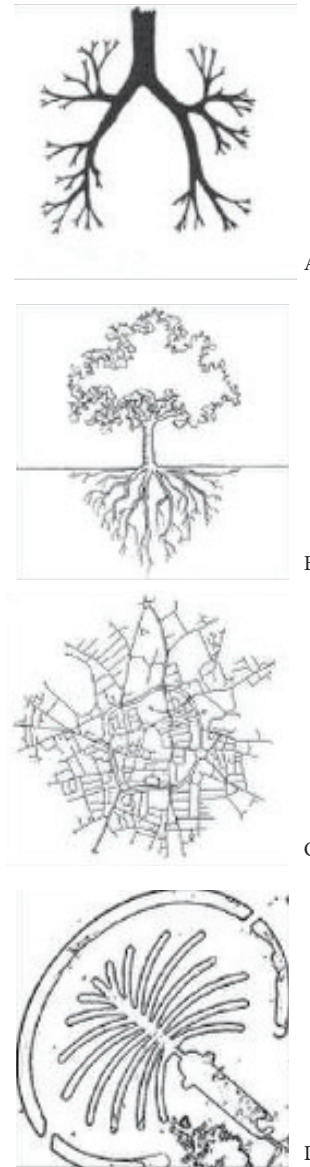
Το μοντέλο μας βασίζεται σε δύο βασικούς οδηγούς.

Πρώτον, **οι πόλεις υπάρχουν ως μηχανές που μας επιτρέπουν να διαιρούμε την εργασία μας έτσι ώστε να μπορούμε να υλοποιήσουμε οικονομίες κλίμακας** ή οικονομίες συσσώρευσης όπως καλούνται επίσης. Επικαλούμενος τον Άλφρεντ Μάρσαλ<sup>40</sup> (1890), ο οποίος ανέδειξε το θέμα εκατό χρόνια πριν:

«Είναι πολύ μεγάλα τα πλεονεκτήματα, που οι άνθρωποι που ακολουθούν το ίδιο εξειδικευμένο τομέα, έχουν, από κοντινή γειτονιά ο ένας στον άλλο. Τα μυστήρια του εμπορίου δεν γίνονται μυστήρια, αλλά είναι, όπως ήταν, στον αέρα “(αναφερόμενος στο Glaeser<sup>41</sup>, 1996).

Η πρώτη μας αρχή είναι ότι για να υπάρχει η πόλη, τα άτομα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους όσον αφορά την εγγύτητά τους με άλλους και αυτό σημαίνει ότι οι νεοεισερχόμενοι στην πόλη πρέπει με κάποιο τρόπο να συνδεθούν φυσικά με εκείνους που είναι ήδη εκεί.

Αντίθετα, τα άτομα αναζητούν όσο το δυνατόν περισσότερους προσωπικούς χώρους και αυτό μεταφράζεται στην αντίληψη ότι επιθυμούν να ζουν όσο το δυνατόν πιο μακριά από τους άλλους, αλλά εξακολουθούν να διαμένουν



Εικόνα 20:

<sup>40</sup>A.Marshall - Principles of Economics. London: Macmillan(1890).

<sup>41</sup>E.Glaeser - Why Economists Still Like Cities. City Journal (1996).

### στον αστικό χώρο.

Αυτό μπορεί να μεταφραστεί σε διαβίωση σε χαμηλές πυκνότητες, αλλά, όπως στο Μανχάταν, μεγάλα διαμερίσματα στον ουρανό μπορεί να είναι ένας άλλος τρόπος για να πραγματοποιήσετε αυτή την αναζήτηση. Επιπλέον, υπάρχουν όλο και πιο **καινοτόμοι τρόποι επίτευξης αυτού του στόχου σε διαφορετικές παγκόσμιες τοποθεσίες.**

Στο πλαίσιο μας εδώ, θα ενσωματώσουμε αυτή τη δεύτερη αρχή ως μια αρχή στην οποία οι άνθρωποι επιθυμούν να ζουν στην άκρη της υπάρχουσας πόλης και όχι στο κέντρο, παρά τη μεγάλη ποικιλία σε αυτές τις προτιμήσεις. Σημειώνουμε επίσης ότι δεν πρέπει να επιμείνουμε στη **φυσική συνοχή της πόλης να λέγεται ότι είναι συνδεδεμένη**, γιατί αρκεί να δημιουργηθεί ένα δίκτυο σύνδεσης, αλλά για να αποδειχτεί ομαλότερα η παρουσίαση, **υποθέτουμε τη φυσική συνοχή ή την γειτνίαση.**

Το μοντέλο μας μπορεί να κατασκευαστεί ως εξής.

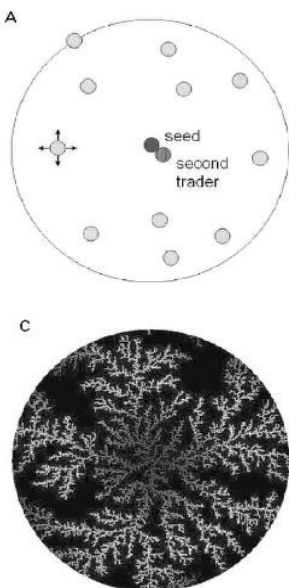
#### Ο έμπορος της Βενετίας

Φανταστείτε ότι ένας έμπορος αποφασίζει να εντοπίσει τη βάση του στη **διασταύρωση μιας εμπορικής διαδρομής και ενός ποταμού** όπου η γη είναι εύφορη και επίπεδη. Πολλές πόλεις έχουν αναπτυχθεί από τέτοιες ταπεινές καταβολές, όπου τα συγκριτικά φυσικά πλεονεκτήματα όπως αυτά καθορίζουν τον καλύτερο σπόρο για έναν οικισμό. Τώρα φανταστείτε ότι ένα άηλο άτομο που **αναζητά μια μόνιμη θέση έρχεται κοντά στη βάση** του πρώτου εμπορίου.

Εάν ο έμπορος αυτός **συμβεί τυχαία** να φτάσει στη **γειτονιά του υφιστάμενου εμπορίου**, αυτός ο έμπορος μπορεί να αποφασίσει να εντοπίσει εκεί, αν και μπορεί να υπάρχουν πολλοί έμποροι στην ευρύτερη ενδοχώρα που δεν εισέρχονται στη γειτονιά και ποτέ δεν βρίσκουν τον αναδυόμενο οικισμό. Ωστόσο, **ένα ορισμένο ποσοστό** θα βρει τον οικισμό με μια **ορισμένη πιθανότητα**, και θα δοθεί αρκετός χρόνος και αρκετοί έμποροι, ο **οικισμός θα αυξηθεί.**

Καθώς μεγαλώνει, η **πιθανότητα** να ανακαλυφθεί **αυξάνεται** επειδή καταλαμβάνει **περισσότερο χώρο.**

Από αυτές τις απλές αρχές, μπορούμε να αποδείξουμε τη μορφή της αναπτυσσόμενης πόλης.



Εικόνα 21:

Στο σχήμα 21(α), παρουσιάζουμε ένα **διάγραμμα της διαδικασίας εντοπισμού**. Τα άτομα είναι διατεταγμένα γύρω από έναν κύκλο και έξω από την τοποθεσία του οικισμού, η οποία είναι σταθερή στο **κέντρο του κύκλου με τη μαύρη συμπαγή κουκκίδα**. Εδώ εντοπίζεται ο **αρχικός έμπορος**. Κάθε άτομο είναι μια **στερεά γκριζα κουκκίδα** και ξεκινούν την **κίνηση αναζητώντας τη θέση χρησιμοποιώντας έναν τυχαίο περίπατο.**

Αποφασίζουν σε **κάθε βήμα** να κινούνται προς τα επάνω ή προς τα κάτω ή αριστερά ή δεξιά **τυχαία** και με αυτόν τον τρόπο **περπατούν σε όλο το γεωγραφικό επίπεδο.**

Εάν μετακινούνται σε ένα **κελί δίπλα στη σταθερή μαύρη κουκκίδα, σταματά κάθε περαιτέρω κίνηση και γίνονται μαύρα**, το οποίο δείχνει ότι είναι πλέον **σταθερά.**

Το πρώτο που το κάνει αυτό φαίνεται από τη σκούρα μαύρη κουκκίδα που βρίσκεται δίπλα στην αρχική μαύρη κουκκίδα. Αυτό είναι όλο.

Μπορείτε να δείτε την τελική μορφή, ώστε να ξέρετε τι θα προκύψει, αλλά αν δεν είχατε δει αυτό το αποτέλεσμα, τότε πολλοί θα υποθέτουν ότι το αποτέλεσμα δεν θα ήταν μια τριγωνική δομή αλλά μια συμπαγής





καλλιεργητική μάζα.

Για να εξηγηθεί περαιτέρω, αυτό που συμβαίνει είναι ότι μόλις ο έμπορος εγκατασταθεί δίπλα στην υπάρχουσα μαύρη κουκίδα, οι **πιθανότητες** ενός άλλου έμπορου να βρει τον νέο σύγκρότημα των εμπορών, σε αντίθεση με οποιονδήποτε άλλο, **αυξάνεται** κατά πολύ λίγο.

Με την πάροδο του **χρόνου**, το **γραμμικό μοτίβο άκρων** που είναι **χαρακτηριστικό της αναπτυσσόμενης άκρης του συμπλέγματος** αρχίζει να τονίζεται και όλο και περισσότερο ένας έμπορος **δυσκολεύεται να διεισδύσει στις ρωγμές του αναπτυσσόμενου συμπλέγματος**.

Οι έμποροι είναι πιο **πιθανό να βρουν το αναπτυσσόμενο σύμπλεγμα στην άκρη του**, και με αυτό τον τρόπο, το σύμπλεγμα αρχίζει να **καλύπτει το χώρο**. Αν αυτό θα παρήγαγε μια **αυξανόμενη συμπαγή μάζα**, θα είχε **διάσταση πλησιέστερη στο 2** - την Ευκλείδεια διάσταση - αλλά στην πραγματικότητα έχει φράκταλ διάσταση μεταξύ 1 και 2, περίπου 1,7, όπως έχει προσδιορίσει εφαρμοσμένη διαδικασία σε πολλούς τομείς.<sup>42</sup>

Αυτό, όπως κάθε **δομή δενδριτικής**, είναι ένα **φράκταλ**, και είναι εύκολο να δούμε την **αυτο-ομοιότητα** που περιέχεται στη μορφή της.

Αποσπάστε κάθε κλάδο και μπορείτε να δείτε **ολόκληρη τη δομή του κλάδου**, όπως συνήθως βλέπετε ολόκληρη τη δομή ενός δέντρου ή ενός φυτού στο φύλλο του.

Καθώς **αυξάνουμε την ανάλυση του πλέγματος** ή του πλέγματος επί του οποίου λαμβάνει χώρα αυτή η διαδρομή, τότε παίρνουμε **λεπτότερες και λεπτότερες δενδροειδείς δομές** στις οποίες η φράκταλ δομή είναι άμεσα εμφανής, όπως φαίνεται στο σχήμα 20(B).

#### 4.1.4\_Συσσώρευση Περιορισμένης Διάχυσης (DIFFUSION-LIMITED AGGLOMERATION DLA)

Αυτή η μορφή δημιουργείται από μια διαδικασία που ονομάζεται **συσσώρευση περιορισμένης διάχυσης (DIFFUSION-LIMITED AGGLOMERATION DLA)**, η οποία έχει βρεθεί και χρησιμοποιηθεί εκτενώς στη φυσική για την **ανάπτυξη δομών που μοιάζουν με κρύσταλλο** και για να εξετάσει **τρόπους με τους οποίους ένα μέσο διαπερνά ένα άλλο**, όπως το πετρέλαιο που διαχέεται στο νερό.<sup>43</sup>

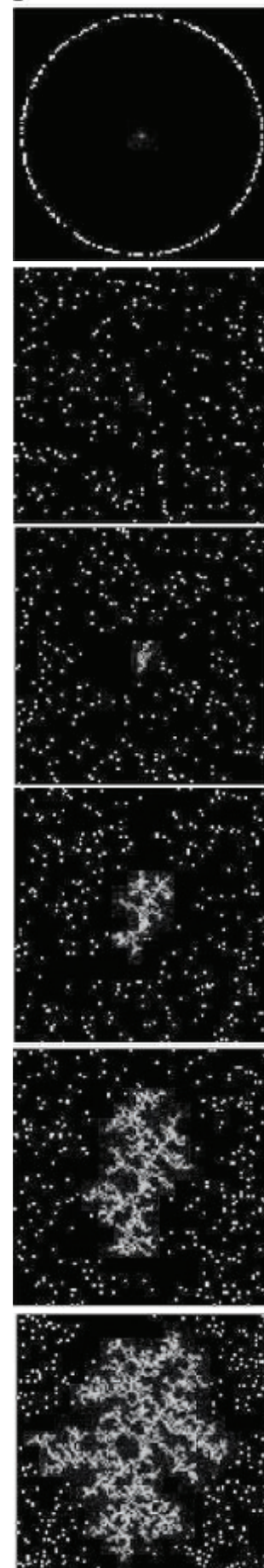
Μπορείτε να δείτε παρόμοια σχέδια εάν ρίξετε συμπυκνωμένο υγρό σαπουνι σε συνηθισμένο νερό λουτρών και αυτό θυμίζει επίσης τον τρόπο με τον οποίο το νησιωτικό θέρετρο του Ντουμπάι έχει «εξανασκαφτεί» στη θάλασσα.

Είναι μια **γενική αρχή** ότι μια **ουσία με υψηλότερη πυκνότητα δημιουργεί τέτοια μοτίβα όταν εγχέεται σε μια ουσία χαμηλότερης πυκνότητας**.

Ένα μοντέλο, φυσικά, είναι όσο καλό όσο οι υποθέσεις του, αλλά είναι δυνατόν να συντονιστεί αυτό το μοντέλο DLA για να παράγει **πολλά διαφορετικά σχήματα**, μερικά από τα οποία φέρουν μια **ασυνήθιστη ομοιότητα** με αυτά που βρίσκουμε σε **πραγματικές πόλεις**.

Για παράδειγμα, μπορούμε να **“συντονίσουμε”** το DLA για να παράγουμε αραιότερες δομές εάν χαλαρώσουμε το **κριτήριο ότι το άτομο που**

B



Η διαδικασία μετάβασης της εικόνας 21 από το Α στο C.





**εγκαθίσταται πρέπει να αγγίζει ακριβώς την ήδη εγκατεστημένη δομή.**

Θα μπορούσαμε, για παράδειγμα, να θέσουμε ένα **όριο απόστασης** για αυτό, ή θα μπορούσαμε να επιμείνουμε ότι **περισσότερα από ένα άτομα πρέπει να έχουν ήδη εγκατασταθεί**. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να αλλάξουμε την πυκνότητα, τις αναπτυσσόμενες δομές που ελέγχονται πολύ βαριά από την εξάρτησή τους από τα προηγούμενα ή δημιουργώντας συμπαγείς γραμμικές δομές στις οποίες ο βαθμός ελέγχου πάνω στον οποίο οι έμποροι επιτρέπεται να εγκατασταθούν είναι πολύ αδύναμος.

Αυτά τα είδη γενετικών μηχανισμών δημιουργούν **μοτίβα που γεμίζουν τον χώρο**, τα οποία τείνουν να είναι **γραμμικά και όχι συμπαγή** και στα οποία **ο χώρος γεμίζει με σύνθετα υλικά τύπου δικτύου**. Σε κάποιο βαθμό, αυτό συμβαδίζει με τον τρόπο με τον οποίο παρέχεται ενέργεια στα διάφορα μέρη ενός οργανισμού του οποίου ο μεταβολισμός υπακούει σε διάφορους αλλομετρικούς νόμους της κλιμάκωσης.<sup>44</sup>

Εκεί παρουσιάσαμε τον τρόπο με τον οποίο **ελαχιστοποιείται το ταξίδι για μονοκεντρικές πόλεις**, όπου τα **τριγωνικά δίκτυα** που επικεντρώνονται σε μια **κεντρική ζώνη** της πόλης παράγουν όλη την ενέργεια στο κέντρο και η **υπόθεση είναι ότι όλοι ταξιδεύουν σε αυτό το κέντρο**.

Αυτό είναι απολύτως συμβατό με το μοντέλο DLA, το οποίο παράγει δραστηριότητα γύρω από έναν κεντρικό χώρο “σπόρο”.

Αν χαλαρώσουμε αυτό το μοντέλο για να **ενσωματώσουμε αρκετούς σπόρους** ή ακόμα και για να τοποθετήσουμε **νέους σπόρους σε περιοχές που δεν έχουν ακόμη εξυπηρετηθεί**, δημιουργούμε μια πολυκεντρική δομή που εξακολουθεί να έχει **ιδιότητες δικτύου**.

Με τον ίδιο τρόπο, το **μοντέλο αλλομετρικού δικτύου** μπορεί να χαλαρώσει και η κλιμάκωση αρχίζει να αλλάζει με συνεπή τρόπο.

Στην ουσία, αυτό που αποκαλύπτει η έρευνά μας είναι ότι **σχετικά εύρωστα και απλά μοντέλα αστικής ανάλυσης** στα οποία οι **σχέσεις είναι το κλειδί** για το πού εντοπίζονται οι δραστηριότητες είναι πολύ πιο πιθανό να δημιουργήσουν, **όχι πυκνές ομάδες δραστηριοτήτων**, που τείνουν να είναι η εξαίρεση παρά ο κανόνας, αλλά **δομές δικτύου**.

Εν ολίγοις, **τα σύγχρονα μοντέλα τοποθεσίας** που παράγουν τα είδη φρακταλικών δομών που χαρακτηρίζουν τις πραγματικές πόλεις, ουσιαστικά **αναπαράγουν τις δομές δικτύου που αποτελούν το σκελετικό πλαίσιο γύρω από το οποίο κατασκευάζονται όλες οι πόλεις**.

Εικόνα 22:

<sup>42</sup> M. Batty και Longley, 1994. Fractal Cities: A Geometry of Form and Function. (1994)

<sup>43</sup> H. E. Stanley, και N. Ostrowsky -. On Growth and Form: Fractal and Non-Fractal Patterns in Physics. New York (1985).

<sup>44</sup> G. B. West, J. H. Brown και B. J. Enquist - A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology (1997).



#### 4.1.5\_Πραγματικές πόλεις και πάττερν πολυπλοκότητας

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα σε διαφορετικές κλίμακες του τρόπου με τον οποίο οι πόλεις είναι **δομημένες κατά μήκος των δενδριτικών γραμμών** που αντανakλούν τις γραμμές ενέργειας που εξυπηρετούν τα μακρινά μέρη τους. Βλέπουμε μια εικόνα αυτού του σχήματος στο σχήμα 23, το οποίο απέσπασε το οδικό δίκτυο του Λονδίνου, αλλά οι πόλεις δεν είναι καθαρά δενδρίτες.

**Διαφορετικά δίκτυα** αλληλεπικαλύπτονται μεταξύ τους για διαφορετικά είδη μεταφορών, που κυμαίνονται από διαφορετικούς τρόπους που απαιτούν διαφορετικά δίκτυα για κοινωνικά και ηλεκτρονικά δίκτυα που υποστηρίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι εμπορεύονται και επικοινωνούν.

Υπάρχουν σχετικές αναλύσεις που ουσιαστικά οργάνωσαν την ιεραρχία των διαδρομών και τρόπων μεταφοράς ανάλογα με τον όγκο κυκλοφορίας και τις προσπελάσεις, οι οποίες με τη σειρά τους συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με τη ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ανθρώπων και υλικά.

Όπως έγινε σαφές στο κεφάλαιο αυτό, τα **δίκτυα δρόμων είναι εξαιρετικά παραδείγματα** για το πώς οι πόλεις **αναπτύσσονται από κάτω προς τα πάνω**, γιατί αντιπροσωπεύουν τη **σκελετική δομή** από την οποία κρέμονται όλα τα άλλα στην πόλη.

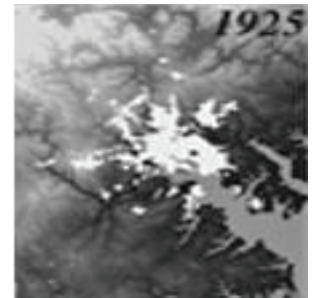
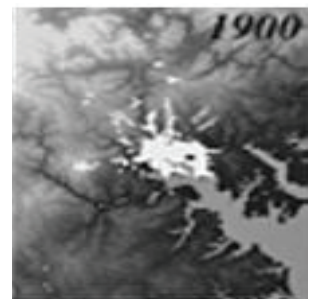
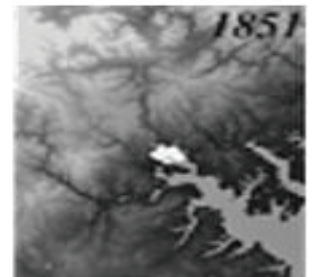
Όπως μπορούμε να δούμε από τον τρόπο που μεγαλώνουν οι πόλεις, οι μεταφορές και η χρήση γης συνδέονται στενά.

Πράγματι, τη δεκαετία του 1930, καθώς η **αστική εξάπλωση** έγινε αρχικά σημαντική στη Μεγάλη Βρετανία, η ανάπτυξη της “**κορδέλας**” έγινε το **μοντέλο των μεταφορών** που συνδέονται με τη χρήση γης και αποτέλεσε αντικείμενο σκληρού ελέγχου στην προσπάθεια περιορισμού της αστικής ανάπτυξης.

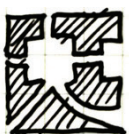
Είναι δυνατόν να δούμε αυτή τη **συνδεσιμότητα σε πολλά πρότυπα αστικής ανάπτυξης**.

Η εικόνα του τρόπου με τον οποίο η ανατολική αμερικανική πόλη της Βαλτιμόρης στο Μέριλαντ έχει αναπτυχθεί τα τελευταία διακόσια χρόνια που παρουσιάζονται στο σχήμα 25 είναι μια σαφής απεικόνιση του τρόπου με τον οποίο αναπτύσσεται η εξέλιξη **κατά μήκος των ακτινικών διαδρομών** από το παραδοσιακό κέντρο, ιδιαίτερα μετά τον περασμένο αιώνα όταν κυριαρχούσαν τα τραμ, τα λεωφορεία και τα σιδηροδρομικά συστήματα.

Παρόλο που αυτό το **μοτίβο καταρρέει**, καθώς οι πόλεις γίνονται πιο **πολυκεντρικές και εξειδικευμένες** στα τμήματα τους και καθώς καθίστανται εγκατεστημένα νέα είδη **κεντρικών επιχειρηματικών περιοχών** όπως οι “**άκρες των πόλεων**”, εξακολουθεί να είναι σημαντική.

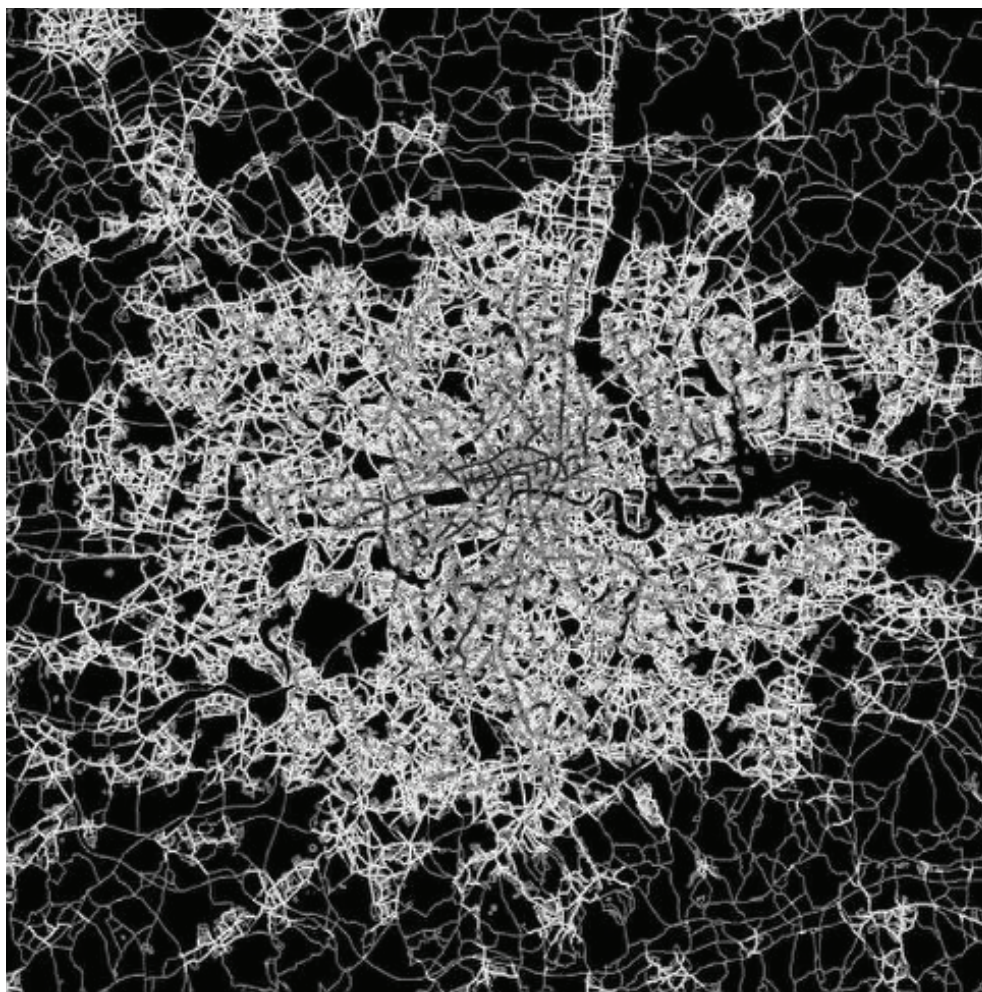


Εικόνα 25: Δύο χιλιάδες χρόνια ανάπτυξης του αστικού δικτύου της Βαλτιμόρης, ως πραγματικό μέτρο σύγκρισης. (Acevado, Foresman, 1997)





**Εικόνα 23:** Στο σχήμα παρουσιάζουμε τον ευρύτερο χάρτη δικτύου οδικών μεταφορών του εσωτερικού Λονδίνου. Οι δρόμοι είναι κατεταγμένοι σύμφωνα με την ενέργεια που μεταφέρουν με τη βοήθεια του όγκου οδικής κυκλοφορίας, η οποία δίνει κάποιο δείκτη τόσο της χωρητικότητας όσο και της συμφόρησης ή του κορεσμού. Αυτό συσχετίζεται επίσης σε μεγάλο βαθμό με τα πρότυπα προσβασιμότητας, τα οποία αντικατοπτρίζουν την εγγύτητα των θέσεων μεταξύ τους.



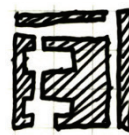
Αυτά τα μοτίβα εμφανίζονται σε διαφορετικές κλίμακες, αν και η αντίληψη ότι έχουν αναπαραχθεί πιστά σε κάθε χωρική κλίμακα πρέπει να μετριάζεται με το προφανές γεγονός ότι τα άτομα είναι διαφορετικά στα γούστα και τις αξίες τους και επομένως **ετερογενή στις ενέργειές τους**.

Επιπλέον, το **είδος της ομοιότητας** που συμβαίνει στις πόλεις είναι η **στατιστική αυτο-ομοιότητα** και όχι η μάλλον αυστηρή ομοιότητα που είδαμε, για παράδειγμα, στην κατασκευή της καμπύλης νιφάδων του Koch στο σχήμα 17.

Στην πραγματικότητα, μολονότι το μοντέλο των οδών μεταφοράς στις πόλεις είναι γενικά ακτινωτό, εστιάζοντας σε σημαντικούς κόμβους και οργανωμένο σύμφωνα με μια ιεραρχία σημασίας που αντικατοπτρίζει τις διαφορετικές τεχνολογίες μεταφοράς, τις ικανότητες και την ταχύτητα μετάδοσης, τα **οδικά συστήματα απεικονίζουν την αρχή πλήρωσης χώρου αρκετά σαφώς**.

Σε **τοπικό επίπεδο**, υπάρχει περισσότερος **συνειδητός σχεδιασμός** και σχεδιασμός των οδικών συστημάτων, ιδιαίτερα σε εξελίξεις που είναι αυτοτελείς για τους σκοπούς της πραγματικής κατασκευής καθώς και της χρηματοδότησης και της πώλησης.

Για παράδειγμα, οι οικιστικές περιοχές είναι συχνά διαμορφωμένες ως μικρές, μονόδρομες οδοί των σπιτιών που είναι διατεταγμένες γύρω από αδιέξοδα για σκοπούς συγκράτησης και διαχείρισης της κυκλοφορίας, καθώς και ασφάλειας. Θα επανέλθουμε σε αυτές τις ιδέες στην επόμενη ενότητα, όταν θεωρούμε πως οι δομές αυτές μπορούν να διαμορφωθούν με **πιο συνειδητή**



**έννοια** μέσω σαφούς σχεδιασμού, αλλά είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτά τα **μοτίβα επαναλαμβάνονται σε διαφορετικές κλίμακες**, όπως μπορεί να δει κανείς στις στατιστικές κατανομές τους, καθώς και στη φυσική τους ομοιότητα.

Το προφανές ερώτημα είναι, πόσο μακριά μπορούμε να πάρουμε με το μοντέλο DLA του τελευταίου τμήματος, για τη δημιουργία προσομοιώσεων πραγματικών δομών που βλέπουμε στην ανάπτυξη των μεταφορών του Λονδίνου στο σχήμα 23 και στην αστική ανάπτυξη της Βαλτιμόρης στο σχήμα 25.

Αυτό το μοντέλο είναι, φυσικά, μια **επίδειξη του πώς αλληλεπιδρούν δύο αρχές** ή δυνάμεις για να παράγουν μια δομή που μοιάζει με **ορισμένα χαρακτηριστικά της σύγχρονης πόλης**.

Δεν προορίζεται ως κάτι άλλο εκτός από έναν **γραφικό τρόπο υπογράμμισης της ιδέας** ότι η

bottom-up, ασυντόνιστη αλλαγή οδηγεί σε εξαιρετικά διατεταγμένες δομές, fractals, που προκύπτουν από αυτή τη σχετικά απλή διαδικασία.

Μπορεί κανείς να ξεκινήσει να επεξηγεί πώς μπορεί να γίνει πιο ρεαλιστικό, αλλά είναι μακριά από τα είδη λειτουργικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται συνήθως για στρατηγικό σχεδιασμό από την κυβέρνηση και άλλους οργανισμούς.

Το μοντέλο γίνεται πιο ρεαλιστικό απλά **“φυτεύοντας”** το σε ένα χώρο ή έδαφος που έχει **πραγματικά χαρακτηριστικά**.

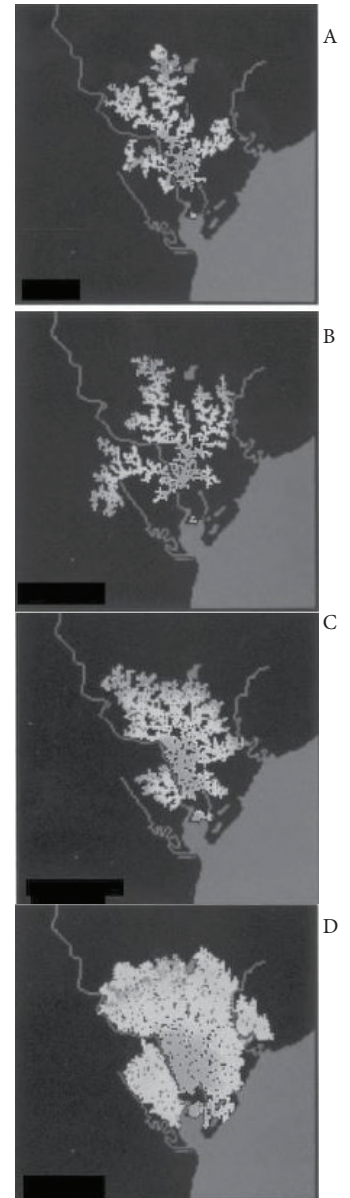
Στο σχήμα 24 παρουσιάζονται τέσσερις διαφορετικές προσομοιώσεις ανάπτυξης στην πόλη Κάρντιφ της Ουαλίας, η οποία περιέχεται από την ακτογραμμή και τα ποτάμια που καθορίζουν αυτή την περιοχή.

Τοποθετούμε **δύο σπόρους**, το ένα στο **ιστορικό κέντρο** και το ένα στην **αποβάθρα**, και αφήνουμε το μοντέλο DLA να λειτουργεί με τον τρόπο που δείξαμε στο σχήμα 22.

Από αυτό συνειδητοποιούμε αρκετά γρήγορα ότι **ο ποταμός που κόβει την πόλη στα δύο**, κάνει μια διαφορά στο ρυθμό ανάπτυξης σε μέρη της πόλης, ενώ το γεγονός ότι το Κάρντιφ έχει δύο κέντρα δείχνει πόσο **δύσκολο είναι να δημιουργηθεί ένα μοτίβο** που να δίνει τη σωστή ιστορική ισορροπία στο κάθε ένα. Αυτό δεν προκαλεί έκπληξη, καθώς κανένας από τους παράγοντες που επηρέασαν τον ανταγωνισμό μεταξύ των δύο κέντρων δεν περιλαμβάνεται στο μοντέλο.

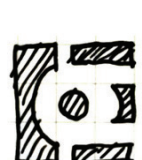
Το μοντέλο, ωστόσο, μπορεί να προσομοιώνει μόνο μοντέλα που είναι συνέπεια των παραδοχών του. Ωστόσο, αυτές οι **προσομοιώσεις παρέχουν επίσης ένα μέσο** για την **επίδειξη** και τη **δοκιμή διαφόρων μελλοντικών υποθέσεων σχετικά με την αστική μορφή**.

Για να διερευνήσουμε πώς μπορούν να δημιουργηθούν εμπειρικά τέτοιες δομές, αξίζει τώρα να αναδείξουμε πώς τα μοντέλα αυτών των διαδικασιών μπορούν να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στην **παραγωγή αποτελεσματικών σχεδίων**.



**Εικόνα 24:** Προσομοίωση της ανάπτυξης χρησιμοποιώντας συσσωμάτωση περιορισμένης διάχυσης, ή DLA, στο χωρικό τοπίο που επικεντρώνεται στην πόλη του Κάρντιφ. Ο έλεγχος για την ανάπτυξη συντονίζεται για να μειώνεται συστηματικά μέσω των προσομοιώσεων, από (α) πάνω αριστερά προς (β) πάνω δεξιά στο (c) κάτω αριστερά στο (d) κάτω δεξιά.

1. Μια λεπτομερέστερη συζήτηση της προσομοίωσης παρουσιάζεται από τους **Batty και Longley**, στα βιβλία *Fractal Cities* και *The new science of Cities*.







---

## 4.2\_Cellular Automata

---

---

### Παράγοντας και προσομοιώνοντας πόλεις, με τη χρήση μοντέλων cellular automata.

---

cells interlinked within cells interlinked within one stem

---

---

#### 4.2.1\_Ο μηχανισμός των cellular automata

---

Χρειαζόμαστε μεγαλύτερο βαθμό ελέγχου της διαδικασίας προσομοίωσής μας από αυτό που παρέχεται από το μοντέλο DLA ή τις παραλλαγές του. Στην πραγματικότητα, δημιουργήσαμε τα προηγούμενα συμπλέγματα χρησιμοποιώντας μια γενετική αλγεβρα που βρίσκεται στη βάση πολλών διαδικασιών λήψης μοτίβων που ονομάζονται **automata**.

Ένα automata συνήθως ορίζεται γενικά ως μηχανή πεπερασμένης κατάστασης που καθοδηγείται από εισόδους που μεταβάλλουν τις καταστάσεις του μηχανήματος - τις εξόδους - σε διαφορετικές τιμές. Οι εξοδοί από το μηχανήμα μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν ως εισροές για να οδηγήσουν τη διαδικασία της μετάβασης κατάστασης στο χρόνο και αυτή η γενετική διαδικασία μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να αναπαράγει τα είδη των μοτίβων που έχουμε εισαγάγει εδώ.

Για παράδειγμα, η είσοδος στο μοντέλο DLA είναι ένα άτομο που μετακινείται σε ένα χώρο κελιών και εάν εμφανιστούν ορισμένες συνθήκες στο χώρο, το άτομο αλλάζει την κατάσταση του κελιού από μη αναπτυγμένο σε αναπτυγμένο. Αυτό, φυσικά, γίνεται παράλληλα για πολλά άτομα. **Η ιδέα ότι ο χώρος μπορεί να χαρακτηριστεί ως σύνολο κελιών δίνει απλώς κάποια γεωμετρική δομή στο πρόβλημα και παρόλο που έχουμε θεωρήσει δεδομένο το γεγονός ότι οι πόλεις εκπροσωπούνται με αυτόν τον τρόπο σε αυτές τις προσομοιώσεις, για αυτόματα γενικά και για χωρικά αυτόματα.**

Ειδικότερα, μπορούν να έχουν οποιοδήποτε σχήμα και σε οποιαδήποτε διάσταση.

Τα αυτόματα που χρησιμοποιούμε εδώ για να δημιουργήσουμε φυσική ανάπτυξη ονομάζονται **κυτταρικά αυτόματα (Cellular Automata-CA)**.

Υποθέτουμε ένα κανονικό πλέγμα από (τετράγωνα) κελιά στα οποία αναπτύσσεται η εξέλιξη με την αλλαγή της κατάστασης κάθε κελιού από ανεπτυγμένο σε αναπτυγμένο, εφόσον ισχύουν ορισμένοι κανόνες. Τα στοιχεία των CA είναι, συνεπώς, ένα σύνολο κελιών που μπορούν να μεταβούν σε μία από τις πιθανές καταστάσεις, σε αυτή την περίπτωση ανεπτυγμένα ή μη ανεπτυγμένα, που μπορούν να επεκταθούν σε διαφορετικά είδη ανάπτυξης. Μια γειτονία 8 κελιών στις θέσεις B-Δ-A-N-NA-BA-BΔ-NΔ (προσανατολιστικά) γύρω από κάθε εν λόγω κελί, και ένα σύνολο κανόνων μετάβασης που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οποιοδήποτε κελί θα πρέπει να αλλάξει την κατάστασή του εξαρτώμενη από τη διαμόρφωση, την κατάσταση και ενδεχομένως τις ιδιότητες των κελιών που υπάρχουν στη γειτονία του.

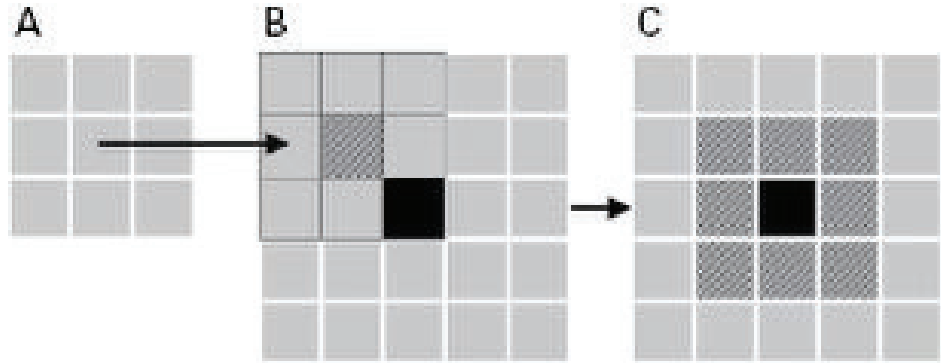
Ξεκινάμε με την αρχική κατάσταση ενός κυττάρου στο κέντρο του πλέγματος που είναι ενεργοποιημένο και εφαρμόζουμε τον κανόνα ότι **αν υπάρχει ένα ή περισσότερα κελιά στη γειτονία οποιουδήποτε κελιού, αυτό θα δημιουργήσει μια διάχυση γύρω από το αρχικό κελί που αντικατοπτρίζει τη**



**διαδικασία της διαδοχικής εξάπλωσης των φαινομένων**, ακριβώς όπως μια φυσική ουσία με κάποια κίνηση που μπορεί να δεχθεί. Η διάχυση είναι τετράγωνη επειδή το υποκείμενο πλέγμα είναι τετράγωνο, αλλά μπορούμε εύκολα να αναπτύξουμε εκδόσεις όπου η διάχυση είναι σχεδόν κυκλική εάν διαμορφώνουμε έτσι το πλέγμα. Δείχνουμε αυτή τη διάχυση και τους έμμεσους κανόνες που δημιουργούν τα αυτομάτως στο σχήμα.

Εικόνα 26:

Cellular Automata: Πώς αναπτύσσονται τα cells.  
(α) Αριστερά: μια γειτονιά 8 cells γύρω από ένα κεντρικό cell το οποίο βρίσκεται σε αναζήτηση  
(β) Μέση: κάθε κύτταρο σε ένα πλέγμα. Αν ένα ή περισσότερα κελιά στο πλέγμα είναι μιας συγκεκριμένης κατάστασης, σε αυτή την περίπτωση αναπτύγμένα (μαύρα), το αντίστοιχο κύτταρο που βρίσκεται στην περιοχή (hatch) αλλάζει σε ανάπτυξη. Εάν ο κανόνας αυτός βασίζεται σε ένα ή περισσότερα κελιά στη γειτονιά εφαρμοστεί σε κάθε κελί στο πλέγμα, το αποτέλεσμα είναι  
(γ) Δεξιά: αναπτύσσεται το σύνολο κυττάρων γύρω από το κεντρικό κελί (μαύρο) (hatch).



Θα αναπτύξουμε τυπικά αυτά τα μοντέλα, διότι είναι μακράν το απλούστερο από οποιοδήποτε αστικό μοντέλο στο βαθμό που **συγχωνεύουν πλήρως τους πληθυσμούς τους με το περιβάλλον τους**. Στην ουσία, τα συστατικά του περιβάλλοντος είναι πανομοιότυπα με τα αντικείμενα που αποτελούν τον πληθυσμό, υπό την έννοια ότι οι **γεωγραφικοί χώροι που ορίζουν το περιβάλλον σε οποιοδήποτε χρονικό σημείο είναι ισοδύναμοι με κάθε στοιχείο του πληθυσμού**.

Τώρα κάθε κελί  $i$  σε ένα μοντέλο CA μπορεί να πάρει πάνω από μία κατάσταση Ait στο χρόνο  $t$ , πράγμα που σημαίνει ότι το αντικείμενο του πληθυσμού μπορεί να διαφέρει στις ιδιότητές του. Και πάλι, η απλούστερη μορφή είναι ότι ένα κύτταρο  $i$  σε χρόνο  $t$  να πάρει μία από τις δύο καταστάσεις (μπορεί να ενεργοποιηθεί ή να απενεργοποιηθεί), η οποία σε αστικό επίπεδο μπορεί να συγκριθεί με το κελί που αναπτύσσεται ή δεν αναπτύσσεται. Αυτό αντιπροσωπεύεται συχνά ως,

$$A_{it} = \begin{cases} 1 & \text{if } i \text{ is developed} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Σε ελαφρώς πιο περίπλοκα μοντέλα CA, μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα αντικείμενα πληθυσμού σε κάθε κελί. Αν ένα κελί έχει μόνο ένα αντικείμενο πληθυσμού, αλλά το αντικείμενο αυτό μπορεί να πάρει διαφορετικά χαρακτηριστικά ή αλλαγές στην κατάσταση, τότε αυτό εξακολουθεί να είναι μοντέλο CA.

Με λίγα λόγια, όταν ένα κελί μπορεί να αναλάβει περισσότερες από δύο καταστάσεις, αυτό χρησιμοποιείται συνήθως για να αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στην κάλυψη της γης, όπως οι τύποι χρήσης γης, αλλά θα μπορούσε να σχετίζεται και με διαφορετικές αλλαγές ως προς τα στοιχεία του πληθυσμού, όπως το εισόδημα, την ηλικία, κλπ.



Ένα κελί θεωρείται ότι επηρεάζει ή επηρεάζεται από τους πλησιέστερους γείτονές του, όπου το “κοντά” ορίζεται ως καρτεσιανή απόσταση εάν η εφαρμογή είναι σε κάποιο χωρικό σύστημα. Αυτός είναι ο μόνος τρόπος εμφάνισης σε αυτά τα μοντέλα, αφού εάν το πεδίο επιρροής είναι ευρύτερο από τους πλησιέστερους γείτονες, τότε είναι αδύνατο να εντοπιστούν τυχόν επερχόμενες επιπτώσεις στην τελική χωρική δομή.

Με αυτόν τον τρόπο, τα CA χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή διαδικασιών που **οδηγούν σε φράκταλ δομές, στις οποίες τα μοτίβα επαναλαμβάνονται σε διαφορετικές κλίμακες** και εμφανίζονται μόνο όταν το εν λόγω σύστημα αναπτύσσεται και εξελίσσεται. Μπορούμε να απεικονίσουμε αυστηρά CA με τον ακόλουθο τρόπο.

Υποθέστε ότι το σύνολο **ZI** είναι το **σύνολο των άμεσων γειτόνων** σε ένα κανονικό τετράγωνο πλέγμα. Η συνηθισμένη γειτονιά ορίζεται ως η γειτονιά Moore - όλα τα κελιά στα οκτώ σημεία “πυξίδας” γύρω από το εν λόγω κελί ή στη γειτονιά von Neumann, τα οποία είναι τα κελιά N, S, E και W του κεντρικού κελιού. Στη συνέχεια, ορίζουμε μια συνάρτηση Fit ως τη συνένωση των αποτελεσμάτων στην περιοχή ZI. Εάν αυτή η συνάρτηση παίρνει μια ορισμένη τιμή, αυτό δημιουργεί μια αλλαγή στην κατάσταση του εν λόγω στοιχείου, το στοιχείο i.

Φανταστείτε ότι ο κανόνας - και μπορεί να υπάρχουν πολλοί, πολλοί διαφορετικοί κανόνες - είναι ότι εάν αυτή η συνάρτηση είναι μεγαλύτερη από ένα ορισμένο όριο **Ψ**, το οποίο είναι **ένας υπολογισμός των αναπτυγμένων κελιών στη γειτονιά**, τότε το κελί **αλλάζει κατάσταση**.

Στην απλούστερη περίπτωση, αναπτύσσεται εάν δεν έχει ήδη αναπτυχθεί ή παραμένει αναπτυγμένο εάν έχει ήδη αναπτυχθεί. Οι εξισώσεις που εκπονούνται από την παραπάνω λογική, είναι οι εξής:

$$Fit = \sum_{j \in ZI} A_{jt}$$

και

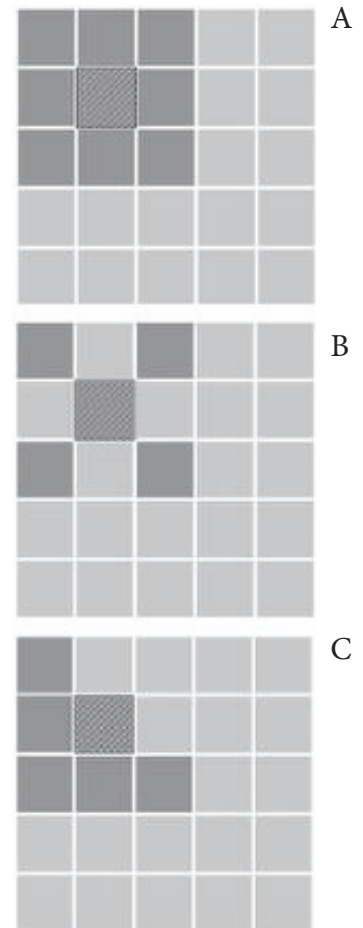
$$\text{αν } Fit > \Psi \text{ τότε } A_{it+1} = 1.$$

Είναι σχετικά εύκολο να δείξουμε ότι αυτή η διαδικασία οδηγεί σε **κανονική διάχυση** ξεκινώντας από ένα μόνο κελί.

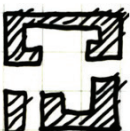
Αν υποθέσουμε ότι η είσοδος  $\Psi = 1$ , όλα τα κύτταρα στην αρχική γειτονιά Moore γύρω από το **αρχικό κελί αναπτύσσονται πρώτα**, τότε **όλα τα κελιά γύρω από αυτά που έχουν μόλις αναπτυχθεί και ούτω καθεξής**, με την αναδρομή να οδηγεί απλά στην ανάπτυξη μιας τετραγωνικής περιοχής κελιών γύρω από το κελί εκκίνησης.

Στην περίπτωση αυτή, ο χώρος και ο χρόνος καταρρέουν σε ένα, το οποίο είναι τα βασικά κριτήρια της κανονικής φυσικής διάχυσης.

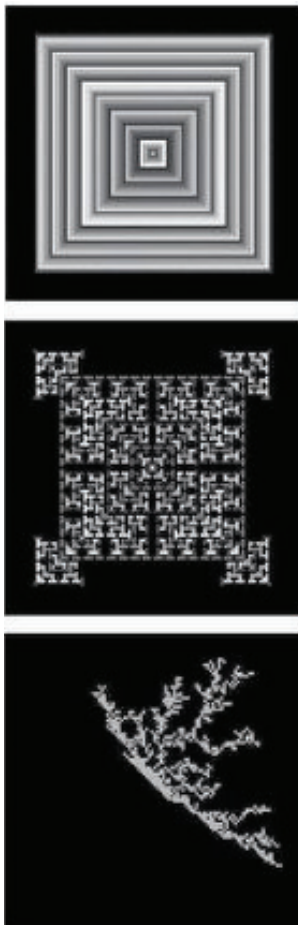
Αυτές οι ιδέες αναπτύσσονται λεπτομερέστερα στο **Fractals and Cities: Simulation Using Cellular Automata**, M.Batty (2005), στο οποίο αναφέρθηκε για πολλές απεικονίσεις τέτοιων αυστηρών μοντέλων CA και της επεξεργασίας τους σε μορφή μοντέλου που βασίζεται σε πράκτορες.



Κλασσικά μοντέλα CA:  
(a) Πλησιέστερη φυσική διάχυση γειτονιάς σε ένα δίκτυο.  
(b) Φρακταλική διάχυση τύπου Koch.  
(c) Οργανωμένη συσσώρευση με περιορισμένη διάχυση.







Στο σχήμα παρουσιάζουμε τρία τυπικά μοντέλα CA που δημιουργούνται χρησιμοποιώντας τη γειτονιά του Moore. Η πρώτη είναι η απλή διάχυση από μια πηγή, όπου οποιαδήποτε εξέλιξη σε οποιαδήποτε γειτονική κυψέλη προωθεί την ανάπτυξη του εν λόγω κυττάρου. το δεύτερο είναι απλή διάχυση από μια πηγή χρησιμοποιώντας έναν κανόνα δημιουργίας fractal, όπου το μοτίβο των αναπτυσσόμενων κυττάρων καθορίζει τον κανόνα, και το τρίτο βασίζεται σε ένα πιο περίπλοκο μοτίβο κυττάρων στη γειτονιά που κατευθύνει την ανάπτυξη, η οποία στην περίπτωση αυτή είναι στοχαστική σε μια δεδομένη κατεύθυνση. Αυτά είναι τα είδη των δομών που αποτελούν τη βάση τέτοιων αυτόματων συστημάτων και όλες οι εφαρμογές σε πραγματικά συστήματα περιέχουν μηχανισμούς αναδρομής που κατασκευάζονται κατά μήκος των ίδιων γραμμών με εκείνους των CA.

<sup>1</sup>(Hansen, 1959)

Αν τα μοντέλα CA είναι λίγο πιο περίπλοκα όσον αφορά τους κανόνες της γειτονιάς, τότε προκύπτουν διάφορα **γεωμετρικά fractals**, ενώ μπορούν να εισαχθούν **βασικοί χωρικοί προσανατολισμοί και προοπτικές στις δομές** που δημιουργούνται.

Ωστόσο, είναι συνηθισμένο σε μοντέλα CA για τις γειτονιές, οι κανόνες και η διαδικασία της ανάπτυξης να είναι εντελώς **ομοιόμορφη**.

Μόλις εισαχθούν οι έννοιες των διαφόρων γειτονιών σχετικά με το διάστημα και των διαφόρων κανόνων με την πάροδο του χρόνου, τα μοντέλα δεν είναι πλέον CA.

Πολλές αστικές εφαρμογές δεν είναι αυστηρά μοντέλα CA, αλλά **μοντέλα κυψελωτού χώρου**, με κίνητρα για φυσικά προβλήματα ανάπτυξης γης και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών GIS (γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων) map algebras.

Αυτά δεν δημιουργούν αναδυόμενα μοτίβα σε οποιαδήποτε αναγνωρίσιμη μορφή και συνήθως χαλαρώνουν τους περιορισμούς που τίθενται τόσο στο μέγεθος της γειτονιάς όσο και στην ομοιομορφία των κανόνων μετάβασης σε κελιά.

## 4.2.2\_Εφαρμογές των Μοντέλων Βασιμμένων σε CA.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους το μοντέλο CA έχει εισαχθεί στην ανάπτυξη χωρικών εφαρμογών.

Πρώτον, **είναι εύκολο να ελεγχθεί η εξέλιξη αναπτυσσόμενων κελιών επιβάλλοντας κάποιο είδος ρυθμών ανάπτυξης σε σχέση με διαφορετικά κελιά**. Εάν η ανάπτυξη είναι ένα κελί μονάδας, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι εξωτερικοί περιορισμοί για τον έλεγχο της ανάπτυξης, αλλά όπως σε όλες τις περιπτώσεις όπου οι κανόνες ομοιογένειας είναι χαλαροί, τότε το CA δεν μπορεί πλέον να παράγει αναδυόμενα σχέδια με την ίδια ευκολία.

Επιπλέον, για να εισαχθεί άμεσα η **ποικιλία και η ετερογένεια** στα απλούστερα μοντέλα, μερικές φορές η αλληλεπίδραση των κελιών που εκτελείται στη γειτονιά μετατρέπεται σε **λειτουργία πιθανότητας**, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της ανάπτυξης χρησιμοποιώντας μια **γεννήτρια τυχαίων αριθμών**.

Για παράδειγμα, η δομή στις προηγούμενες εξισώσεις γίνεται τώρα

$$P_{it} = \sum_{j \in Z_i} A_{jt} / 8, \quad 0 \leq P_{it} \leq 1$$

Αυτό σχεδόν μετατρέπει το μοντέλο CA σε **δυναμικό μοντέλο προσβασιμότητας**, το οποίο βρίσκεται στον πυρήνα της θεωρίας της χωρικής αλληλεπίδρασης και αναπτύχθηκε αρχικά για τους σκοπούς αυτών κατά την ίδρυση της μοντελοποίησης της χρήσης της γης από τα μέσα της δεκαετίας του 1950 (Hansen, 1959).

Η **ερώτηση** είναι πώς ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να σχετίζεται με την **εκτεταμένη παράδοση των μοντέλων αλληλεπίδρασης μεταφοράς χρήσεων γης**. Αυτά είναι πολύ ανώτερα στην ερμηνευτική και προγνωστική τους δύναμη από τα είδη των μοντέλων CA που συζητούνται εδώ, αλλά είναι περιορισμένα στην αντιμετώπιση της δυναμικής τους. Η **συγχώνευση των**



δύο παραδόσεων είναι δύσκολη και μάλλον αντίθετη με τις πλουραλιστικές αντιλήψεις για το πώς πρέπει να σκεφτούμε τις πόλεις που φιλοδοξούμε.

Μια από τις κυριότερες εξελίξεις αυτών των μοντέλων είναι το να προσδιορίζουν διαφορετικές καταστάσεις κελιών σε όρους διαφορετικών χρήσεων γης, τις οποίες θα αναλύσουμε και θα σημειώσουμε ως **k**, είναι η κατάλληλη χρήση της γης στο κελί **i** κατά το χρόνο **t**. Σε διάφορα μοντέλα, αυτές οι χρήσεις γης σχετίζονται μεταξύ τους ως συνδέσεις που καθορίζουν, σε κάποιο βαθμό, το δυναμικό τοποθέτησης ενός χώρου που θα αναπτυχθεί. Στη συνέχεια, μπορούμε να δούμε την αλλαγή στην κατάσταση του εν λόγω κελιού ως συνάρτηση αρκετών χρήσεων γης σε γειτονικά κελιά, όπου χρησιμοποιούμε μια λειτουργική σημειογραφία για να υποδείξουμε απλώς ότι η εν λόγω αλλαγή πρέπει να διευκρινιστεί λεπτομερέστερα όταν η χρήση του μοντέλου είναι εφαρμοσμένη.

Ουσιαστικά, αυτό χαλαρώνει το αυστηρό CA αρκετά και είναι χαρακτηριστικό για πολλές εφαρμογές.

Αξιζει να σημειωθεί ότι οι κανόνες που καθορίζουν τις μεταβάσεις της χρήσης γης γενικά διαφοροποιούν τον ορισμό της γειτονιάς από την αυστηρή αρχή -χωρίς δράση σε απόσταση- στην λειτουργία βάσει της βαρύτητας.

Αυτό συνδέει τις διαφορετικές καταστάσεις χρήσης γης και τις πυκνότητες και τους τύπους τους σε κάθε συγκεκριμένη χρήση γης.

Αυτοί οι κανόνες αφορούν επίσης τους περιορισμούς για το αν ένα κελί μπορεί να αναπτυχθεί και μέχρι ποιο επίπεδο, καθορίζοντας έτσι τον τρόπο με τον οποίο οι χρήσεις γης σχετίζονται ή όχι μεταξύ τους.

Οι κανόνες επεκτείνονται στην ανάπτυξη των μεταφορικών συνδέσεων σε κελιά που εξασφαλίζουν τη σύνδεση των χρήσεων γης και στη δομή της αναγέννησης των κελιών σύμφωνα με διάφορες επιδράσεις του κύκλου ζωής τους.

Μια πιο γενική δομή τύπου CA, η οποία είναι πολύ πιο κοντά στο διαφορικό μοντέλο που κυριαρχεί στη δυναμική των φυσικών φαινομένων σε πολύ λεπτότερες κλίμακες, βασίζεται σε μια δομή αντίδρασης-διάχυσης που μπορεί να γραφεί με τον ακόλουθο τρόπο:

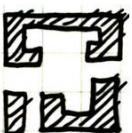
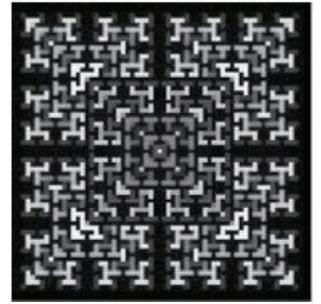
$$A_{it+1} = \alpha A_{it} + \beta \sum_{j \in Z_i} A_{jt} + (1 - \alpha - \beta) X_{it}$$

όπου τα  $\alpha$  και  $\beta$  ομαλοποιούν τις παραμέτρους μεταξύ 0 και 1 και το  $X_{it}$  είναι μια εξωγενής μεταβλητή που αντικατοπτρίζει αλλαγές από το ευρύτερο περιβάλλον που μπορεί να αντιμετωπίζονται ως σφάλμα ή θόρυβος στο σύστημα, αλλά πιο συχνά αντιμετωπίζεται ως εξωγενές σοκ ή ως είσοδος που δεν είναι προβλέψιμη από το μοντέλο.

Για να λειτουργήσει αυτή η δομή, μπορεί να χρειαστεί να επιβληθούν διάφοροι άλλοι περιορισμοί για να διασφαλιστεί ότι οι μεταβλητές παραμένουν εντός ορίων, αλλά η ουσία της δομής είναι εκείνη όπου ο πρώτος όρος στη δεξιά πλευρά είναι η αντίδραση, ο δεύτερος η διάχυση η τρίτη εξωτερική είσοδος ή θόρυβος.

Αν υποθέσουμε ότι  $X_{it} = 0$ , η εξέλιξη ή η ανάπτυξη είναι καθαρά μια συνάρτηση της ανταλλαγής μεταξύ του τρόπου με τον οποίο το σύστημα αντιδρά και του τρόπου διάδοσης της δραστηριότητας μέσα σε αυτό.

Αυτό είναι μάλλον μια τεχνητή δομή, δεδομένου ότι η αλλαγή σε απόλυτους όρους πρέπει πάντα να ελέγχεται. Με αυτή την έννοια, οι εξωτερικές εισροές



είναι πάντα πιθανόν να συμβαίνουν. Πολλά μοντέλα CA δεν υιοθετούν ρητά αυτή τη γενικότερη δομή και πολλές εφαρμογές τείνουν απλώς να αλλάζουν κλίμακα στα αποτελέσματα των ανεπτυγμένων κελιών για την κάλυψη εξωγενών προβλέψεων, αντί να εισάγουν τέτοιους εξωτερικούς παραμέτρους με πιο συνεπή και λεπτό τρόπο, όπως στο μοντέλο διάχυσης-αντίδρασης της εξίσωσης.

**Η πραγματική κριτική των μοντέλων CA σχετίζεται με την ιδιαίτερα φυσική προσέγγιση τους στην αστική δομή και δυναμική.**

Ουσιαστικά, αυτά είναι μοντέλα από την πλευρά της προσφοράς, που προσομοιώνουν την προσφορά γης βάσει φυσικών περιορισμών. **Η έννοια της ζήτησης είναι ξένη σε αυτά τα μοντέλα**, όπως και η έννοια της αλληλεπίδρασης που αντανακλάται στις μεταφορές.

Αποφεύγοντας τις αρχές της ομοιομορφίας, των περιορισμένων γειτονιών και της ομοιογένειας των περιοχών, που είναι συχνά απαραίτητο να κάνουμε όταν εφαρμόζουμε αυτές τις τεχνικές, **τότε τα μοντέλα συχνά καθίστανται φτωχά αντίγραφα της αλληλεπίδρασης χρήσης γης-μεταφοράς και άλλων μοντέλων.**

Παρολ' αυτά, προς όφελός τους είναι το γεγονός ότι είναι **δυναμικά**, αν και οι δυναμικές διεργασίες, εκτός από τη φυσική ανάπτυξη γης, δεν χαρακτηρίζονται πολύ από τις φόρμες τους. Η δυναμική τους είναι επίσης αρκετά απλή και αν προκύψουν αναπάντεχες και νέες προβλέψεις, αυτό είναι περισσότερο τυχαίο από το σχεδιασμό, υπό την έννοια ότι αυτά τα μοντέλα τείνουν να προσομοιάζουν μια σχετικά ομαλή δυναμική.

Υπάρχουν κυριολεκτικά εκατομμύρια δυνατοτήτων, και το τέχνασμα είναι, φυσικά, να ορίσουμε το σωστό ή κατάλληλο σύνολο κανόνων.

Ο WOLFRAM, στο βιβλίο του A NEW KIND OF SCIENCE, υποστηρίζει ότι **τέτοια αυτοματα αντιπροσωπεύουν τις θεμελιώδεις μονάδες στις οποίες κατασκευάζεται το σύμπαν μας.**

Αν και έχουμε πιο μετριοπαθείς φιλοδοξίες εδώ, αυτό το είδος αυτόματων μηχανισμών **μπορεί να συντονιστεί για να αναπαράγει πολλά διαφορετικά γενετικά φαινόμενα που χαρακτηρίζουν πολλές διαφορετικές μορφές πόλης.**

Για να δημιουργηθούν οι ιδανικές πόλεις που χρησιμοποιούν τέτοια αυτοματοποιημένα συστήματα, είναι απαραίτητο να **ξεκινήσουμε με ένα σύνολο ρεαλιστικών κανόνων για τη μετάβαση.**

Οι ιδανικές πόλεις σχεδιάζονται συχνά για να ανταποκριθούν σε κάποια επιτακτική αντικειμενική λειτουργία, όπως **η ελαχιστοποίηση της πυκνότητας**, όπως στην πόλη **BroadAcre του Frank Lloyd Wright**. για τη **μεγιστοποίηση της πυκνότητας**, όπως στο **City Radieuse του Le Corbusier**, να **δημιουργήσουν επίσημες εικόνες και πλατείες κήπων**, όπως στο **Regency London**, για τη δημιουργία πόλεων με **μεσαίες πυκνότητες με χωριστές χρήσεις γης**, όπως στην **πρώτη γενιά των βρετανικών νέων πόλεων** και ούτω καθεξής.

Ένα μάλλον καλό παράδειγμα που μπορεί να παραχθεί με τη χρήση αρχών κυτταρικών αυτομάτων είναι το σχέδιο για τη γεωργιανή αποικία της Savannah.

Αναπτύχθηκε το 1733 από τον στρατηγό James Oglethorpe, το σχέδιο φαίνεται στο σχήμα. οι κανόνες των CA μπορεί να φανταστούν κατ' αναλογία με τον

<sup>1</sup>. WOLFRAM, στο βιβλίο του A NEW KIND OF SCIENCE,

<sup>2</sup> BroadAcre του Frank Lloyd Wright - City Radieuse του Le Corbusier- Regency London

<sup>3</sup> James Oglethorpe





τρόπο που δημιουργούμε την ανάπτυξη όπως προαναφέρθηκε.

Συνήθως τα σχέδια για τις ιδεώδεις πόλεις δεν καλλιεργούνται χρησιμοποιώντας μια γενετική λογική, επειδή σχεδιάζονται σε μια “top-down” λογική, και η έννοια του αβέβαιου μέλλοντος δεν είναι ποτέ στο πλαίσιο.

Ωστόσο, τα CA μας επιτρέπουν να δημιουργούμε σχέδια που **εξελίσσονται με το χρόνο και μπορούμε να αλλάζουμε συνεχώς τους κανόνες έτσι ώστε η μορφοποίηση να είναι ένα μεταβαλλόμενο όραμα.**

Για να ολοκληρώσουμε την επίδειξη αυτού του είδους λογικής και της εγγενούς πολυπλοκότητας των πόλεων (στο ότι η ιδανική μορφή τους δεν είναι ποτέ βέβαιη), θα επιστρέψουμε στο μοντέλο DLA και θα τροποποιήσουμε λίγο τους κανόνες, έτσι ώστε να επιτευχθεί ένας στόχος σε όλο το σύστημα.

**Φανταστείτε ότι οι παράγοντες του μοντέλου μας κινούνται τυχαία με τον τρόπο που περιγράφηκε προηγουμένως, δηλαδή σε όλα τα σημεία της πυξίδας. αυτό μπορεί να προσομοιωθεί με τη χρησιμοποίηση CA υποθέτοντας ότι όπου η κατάσταση του κελιού είναι ένας παράγοντας, τότε το κελί αληθάξει κατάσταση ανάλογα με την κίνηση.**

**Αν ένας πράκτορας βρίσκεται στο κελί  $i, j$  και μετακινείται στο κελί  $i + 1, j$  στην επόμενη χρονική περίοδο, τότε η κατάσταση του κελιού μεταβαίνει ανάλογα από το κελί όπου βρίσκεται ο πράκτορας στο κελί όπου βρίσκεται τελευταία.**

Ο πρώτος μας κανόνας, λοιπόν, είναι απλά η κατάσταση που αλλάζει από τον τόπο όπου ο πράκτορας βρισκόταν στη νέα του θέση. Αλλά έχουμε επίσης έναν κανόνα που λέει ότι εάν ο παράγοντας βρίσκεται στο κελί  $i$ , και υπάρχει ένας άλλος παράγοντας που έχει σταθεροποιηθεί σε ένα κελί στη γειτονιά του  $i, j$ , τότε ο πράκτορας παραμένει σταθερός και το κελί στο οποίο κάθεται αλλάζει σε σταθερή κατάσταση.

Σημειώστε σε αυτήν την έκδοση των CA, τα κελιά περιέχουν κινητούς ή σταθερούς πράκτορες ή δεν έχουν κανέναν παράγοντα μέσα σε αυτά.

Τα κελιά έχουν τρεις πιθανές καταστάσεις, οι οποίες είναι κατάλληλα κωδικοποιημένες, αλλά αυτό εξακολουθεί να είναι ένα CA με δύο ομάδες κανόνων.

Μπορούν να κατασκευαστούν πολλές παρόμοιες παραλλαγές που ενσωματώνουν πιο περίπλοκους κανόνες ανάπτυξης και εξάπλωσης, αλλά η αναζήτηση είναι βέβαια να **επιλέξουμε εκείνους τους κανόνες που μπορούν να παρατηρηθούν στον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσονται οι πραγματικές πόλεις, διατηρώντας παράλληλα αυτά τα μοντέλα όσο το δυνατόν πιο απλά.**

---

### 4.2.3\_Προσομοιώσεις, Προβλέψεις, Σχέδια

---

Υπάρχουν αρκετά ακόμα να πούμε για το πώς οι πόλεις δημιουργούνται κι εξελίσσονται, πως μπορούμε καλύτερα να κατανοήσουμε και ύστερα να τις προσομοιώσουμε, και το πιο σημαντικό, πώς θα πρέπει να σχεδιάσουμε σχέδια που θα τους επιτρέψουν να λειτουργήσουν με πιο αποτελεσματικούς τρόπους.

Πολλά από αυτά που έχουμε κάνει σε αυτή την εργασία μέχρι τώρα είναι να ορίσουμε **παραστάσεις που εφαρμόζονται σε μεγάλο βαθμό στις δομές σε μια στιγμή του χρόνου**, αν και σε όλη την έκταση έχουμε τονίσει τη **δυναμική**





**του τρόπου με τον οποίο αλλάζουν αυτές οι δομές.**

Δεν έχουμε οργανώσει την ανάλυσή μας σε διαφορετικούς τομείς της πόλης όσον αφορά τις θεωρίες ή τα μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσομοιώσουν τη δομή και τη δυναμική, επειδή η εστίασή μας ήταν πολύ περισσότερο στις σχέσεις και τα δίκτυα παρά στις διαδικασίες που δημιουργούν τις πόλεις που βλέπουμε γύρω μας.

Υπό αυτή την έννοια, η ανάλυση αυτή δεν είναι περιεκτική, διότι σκοπός μας είναι να **μετατοπίσουμε την έμφαση από τις τοποθεσίες, στις σχέσεις και με τον τρόπο αυτό να τονίσουμε τις αλληλεπιδράσεις και όχι τις ενέργειες καθεαυτές.**

Παρόλα αυτά, είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι **το πεδίο μπορεί να οργανωθεί με διαφορετικό τρόπο** και σε αυτό το σημείο αξίζει να πούμε λίγα λόγια για το πώς μπορεί κανείς να μοντελοποιήσει τις πόλεις είτε στη διατομή τους είτε ως **στατικές δομές είτε ως δυναμικές ροές επεξεργασίας.**

Πριν από μισό αιώνα, οι αστικοί ερευνητές άρχισαν να κατασκευάζουν μοντέλα των πόλεων στη διατομή τους. Η αστική δομή που αποτελείται από διάφορους τομείς - κατοικίες, βιομηχανίες, λιανικές πωλήσεις, εμπόριο και ούτω καθεξής, είχε σαφώς **διαφορετικές απαιτήσεις τοποθεσίας και αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους** και οι πρώτες προσπάθειες οικοδόμησης μοντέλων βασίστηκαν στη **δημιουργία συνεπών λειτουργικών προτύπων για καθέναν από αυτούς τους τομείς** όσον αφορά τις δραστηριότητες γεωγραφικής τοποθέτησης στην εγκάρσια τομή.

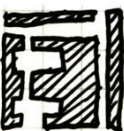
Η **χωρική αλληλεπίδραση και το ευρύτερο πλαίσιο της κοινωνικής φυσικής**, αποτέλεσαν το επίκεντρο. Αυτά ήταν **αθροιστικά μοντέλα** που υποθέτουν ότι οι πόλεις βρίσκονται σε ισορροπία, αλλά, όπως υποστηρίξαμε, αυτό το παράδειγμα είναι ελλειπές, καθώς οι πόλεις είναι σαφώς μακριά από την ισορροπία, ενώ η δυναμική και η καινοτομία είναι βασικές για την επιβίωσή τους και την ανάπτυξή τους.

**Ως εκ τούτου, το πρότυπο μεταβλήθηκε προς περισσότερο αποσπασματικά, μικρά, μεμονωμένα μοντέλα που αντικατοπτρίζουν ατομικές και ομαδικές διαδικασίες αλληλεπίδρασης και τοποθεσίας.**

Τα μοντέλα CA αντιπροσωπεύουν αυτήν την τάση στην απλούστερη μορφή της, αλλά, όπως υποστηρίξαμε, αυτά τα μοντέλα είναι **απλουστευτικά στην καλύτερη περίπτωση και αντιπροσωπεύουν παιδαγωγικούς τρόπους σκέψης για τη δυναμική και την εξέλιξη, παρά για τις δομές που μπορούν να γίνουν ισχυρά λειτουργικές.**

Επιπλέον, καθώς η αναζήτηση των μοντέλων αναφορικά με τα χαρακτηριστικά, τους πληθυσμούς και τη χρονική δυναμική συνεχίζεται, τα είδη των μοντέλων που έχουν προκύψει είναι πολύ λιγότερο εύκολο να εφαρμοστούν και να επικυρωθούν. Η τρέχουσα γενιά μοντέλων είναι πολύ πιο πλούσια από τα στατικά ισοδύναμα, αλλά μοντέλα στα οποία ο χώρος αντιπροσωπεύεται από κελιά, πληθυσμοί από άτομα ή πράκτορες, και οι δράσεις και αλληλεπιδράσεις από τη δυναμικά μεταβαλλόμενη χωρική συμπεριφορά, είναι λιγότερο εύκολο να υλοποιηθούν και αρκετά προβληματικό να επικυρωθούν.

Πράγματι, οι πόλεις και τα πρότυπά τους είναι τόσο περίπλοκα ώστε **η έννοια της επικύρωσης γενικά υπόκειται σε αυστηρό έλεγχο**, όπως είναι εξάλλου το ευρύτερο ζήτημα του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιούμε την επιστήμη στις ανθρώπινες υποθέσεις.



Έχουμε επίσης συμπεριλάβει την αντίληψη ότι οι πόλεις εξελίσσονται σε ένα άγνωστο μέλλον που είναι πάντα αβέβαιο.

Ως εκ τούτου, οι στόχοι που ενδεχομένως έχουμε για τη μελλοντική πόλη εξαρτώνται από το παρόν, επομένως υπόκεινται συνεχώς σε αναθεώρηση και συμβιβασμό.

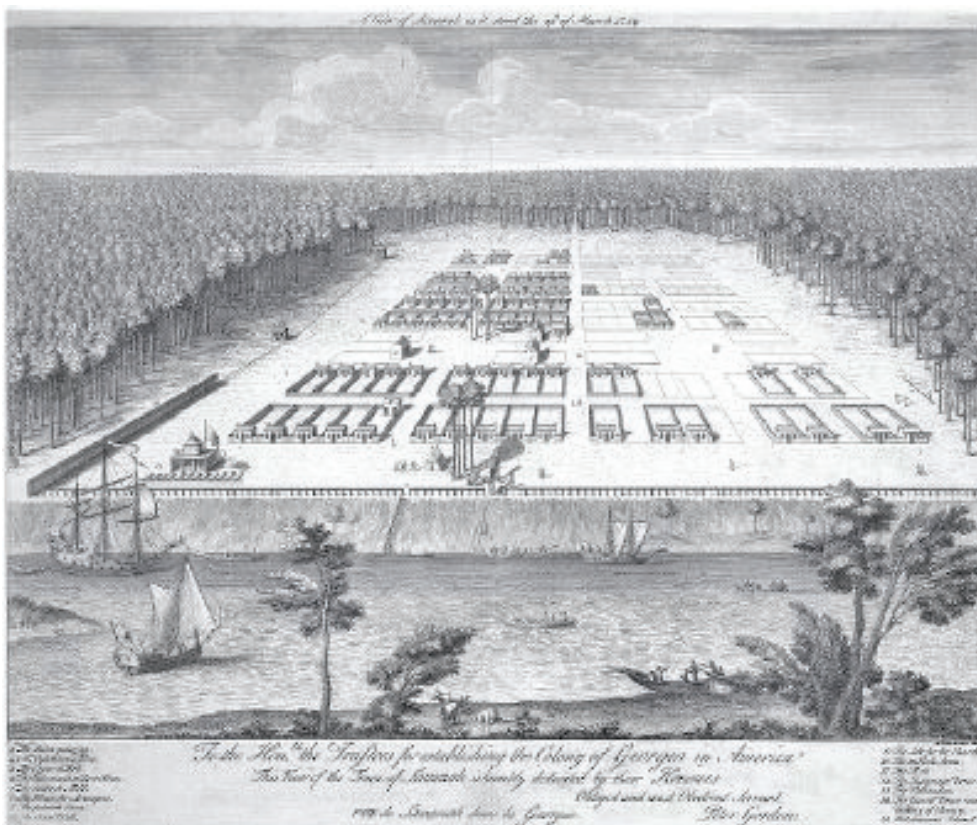
Στο παρελθόν, οι πόλεις έχουν σχεδιαστεί σε ένα διαχρονικό μέλλον όπου σύνολα στόχων έχουν ορίσει ότι είναι εφικτές, σαν να χτίστηκε η πόλη σε ένα διαχρονικό ιστό, και δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι λίγες πόλεις έχουν επιτύχει τις προσδοκίες που περιγράφονται στα σχέδια.

Η **θεωρία της πολυπλοκότητας** αντιμετωπίζει το πρόβλημα του άγνωστου μέλλοντος και τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσονται οι πόλεις από κάτω προς τα πάνω, σταδιακά, ως προϊόντα των αποφάσεων που θα μπορούσαν να είναι βέλτιστα ανά πάσα στιγμή αλλά πάντα υπόκεινται σε μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Αυτό φαίνεται να είναι ένας πολύ πιο γόνιμος και ρεαλιστικός τρόπος δημιουργίας πόλεων που ανταποκρίνονται σε ορισμένους στόχους, καθώς η πόλη εξέρχεται από το αποτέλεσμα αποφάσεων που θα μπορούσαν να είναι βέλτιστες στις μικρές αλλά των οποίων τα παγκόσμια αποτελέσματα είναι άγνωστα στα μεγάλα έως ότου εμφανιστούν.

Όπως υποστηρίξαμε στην αρχή, η αποτελεσματική παρέμβαση και ο μικρός βαθμιαίος σχεδιασμός μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες και αποτελεσματικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα με τη ροή και δεν καταπολεμούν τον ιστό.

Αυτός ο προγραμματισμός μέσω της βαθμιαίας εξέλιξης δεν ήταν η ιστορία των περισσότερων πολεοδομικών σχεδίων μέχρι τώρα, αλλά η επιστήμη μας εξελίσσεται για να ανταποκριθεί στην πρόκληση αυτή, ιδιαίτερα, ελπίζουμε, χρησιμοποιώντας τις ιδέες που αναπτύσσουμε εδώ.



## 4.3\_Artificial Neural Networks

### Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

“If you try and take a cat apart to see how it works, the first thing you have on your hands is a non-working cat. Life is a level of complexity that almost lies outside our vision.”

DOUGLAS ADAMS.

Τα Artificial Neural Networks (Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, ANN) είναι ένα μαθηματικό μοντέλο εμπνευσμένο από τη λειτουργία του εγκεφάλου. Όπως και στη φύση, **οι νευρώνες οι οποίοι αποκτούν “βάρος” και οι συνάψεις ενεργοποιούνται καθώς το δίκτυο εκπαιδεύεται με τον καιρό.**

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος μπορεί να θεωρηθεί ως ένα γιγαντιαίο σύστημα παράλληλης κατανομής αυτών των απλών **νευρώνων, οι οποίοι έχουν μόνο τοπική πληροφορία και καμία καθολική επίγνωση από μόνοι τους.** Το γεγονός ότι η τάξη θα αναδυθεί από αυτό το σύνολο είναι σίγουρα ενδιαφέρον και αποτελεί τη βασική μελέτη του συνδέσμου στη νευροβιολογία.

Έτσι το σύνολο είναι περισσότερο από το άθροισμα των τμημάτων του και δεν είναι εύκολο να ξεδιπλωθεί.

Είναι πλέον γνωστό ότι μερικές πολυδιάστατες εισόδους όπως η αισθητική εμπειρία, έχουν συσχετίσει τρισδιάστατες τοποθεσίες στον εγκέφαλο. Το ερώτημα είναι, **με ποιον τρόπο αυτές οι δομές καταφέρνουν να επεξεργαστούν τέτοιου είδους πολυδιάστατο σήμα;**

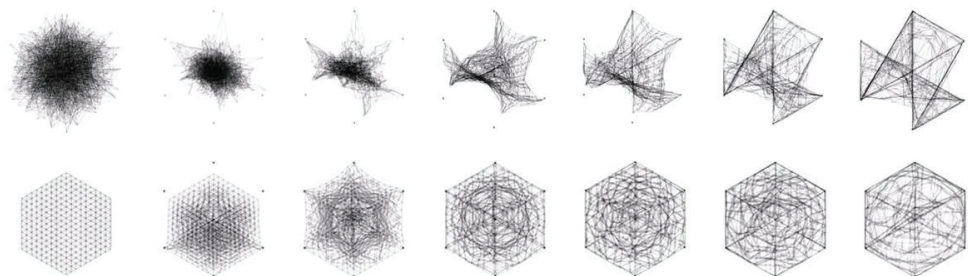
Δηλαδή, με ποιον τρόπο προβάλεται μια πολυδιάστατη είσοδος σε ένα τρισδιάστατο (ή δυσδιάστατο) νευρωνικό σύστημα;

Τέτοιες χαρτογραφήσεις/αντιστοιχήσεις έχουν βρεθεί, για παράδειγμα στη διαδικασία ανίχνευσης προοπτικής του ανθρώπινου ματιού, όπου οι ιδιότητες μιας εικόνας χαρτογραφούνται απευθείας σε μία συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου.

Μια μορφή γνωστική λειτουργίας μπορεί, λοιπόν, να προσομοιωθεί προσομοιώνοντας σε ένα βαθμό τη λειτουργία του εγκεφάλου και της μαζικής παράλληλης δόμησής του.

Μερικά ANN προσπαθούν να τον αναδημιουργήσουν τεχνητά, **χαρτογραφώντας πολύπλοκες εισόδους σε ένα λιγότερων διαστάσεων χώρο.** Οι νευρώνες στα ANN αποτελούνται από επίπεδα - συνήθως ένα είδος εισόδου, εξόδου και μερικά κρυμμένα επίπεδα γαι τη διαχείριση των βαρών των κόμβων.

Ένα νευρωνικό δίκτυο τυπικά θα αυτοοργανωθεί από κόμβους που **μεταδίδουν πληροφορία όταν διεγείρονται και στη συνέχεια επηρεάζουν τους τοπολογικούς τους γείτονες μέσω συνάψεων.**



Εικόνα 27:





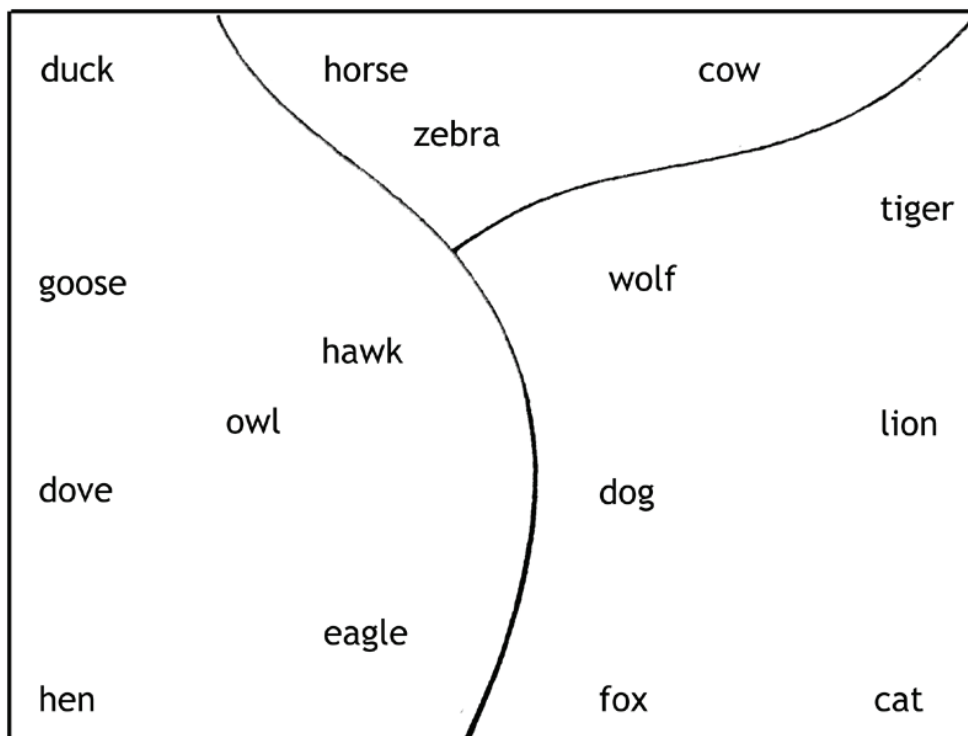
#### 4.3.1\_Είδη εκμάθησης

Τα νευρωνικά δίκτυα συνήθως εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες

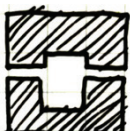
-**Τα εποπτευόμενα**, όπου απαιτείται κάποια γνώση των εισόδων και εξόδων, έτσι ώστε το σύστημα να εκπαιδεύεται για την ολοκλήρωση ενός συγκεκριμένου στόχου.

-**Τα μη επιτηρούμενα**, τα οποία έχουν απρόβλεπτα αποτελέσματα χωρίς άμεσο στόχο και κατά συνέπεια, μία κάποια “αυτοποιητική” φύση.

animal		d	o	d	o	h	e	w	t	h	z
		o	h	u	o	a	g	f	d	c	g
		v	e	c	s	w	l	o	l	a	e
		e	n	k	e	l	k	e	x	g	f
is	small	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
	medium	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
	big	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
has	2 legs	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	4 legs	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	hair	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	hooves	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	mane	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	feathers	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
likes	hunt	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
	run	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
to	fly	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
	swim	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0



**Εικόνα 28:** Παράδειγμα εφαρμογής σε εύρος ζών, από τον C.Derix. Ο αυτοοργανωμένος χάρτης ελαχιστοποιεί 13 χαρακτηριστικά σε μία διάσταση. Το αποτέλεσμα είναι ένας χάρτης που διατηρεί τις σχέσεις των υπολοίπων διαστάσεων. (π.χ. η αλεπού είναι πιο όμοια με την γάτα, αλλά όχι με την πάπια). Οι διαχωριστικές γραμμές σχεδιάζονται σε δεύτερο χρόνο από τον παρατηρητή.





#### 4.3.2\_Σχέση με Αρχιτεκτονική

Ο παραδοσιακός ρόλος του αρχιτέκτονα θεωρείται ως διαχειριστής των αντικειμένων στον χώρο, έτσι ώστε να αποτελέσουν μια κάποια ολοκλήρωση, η οποία θα αποτελέσει το κτήριο. Ο τόπος γύρω και όπου βρίσκεται αυτό το κτήριο θεωρείται περιβάλλον, αλλά οι χρήστες του κτηρίου είναι επίσης μέρος αυτού του περιβάλλοντος. Οι άνθρωποι και τα υπόλοιπα έμβια όντα είναι δυναμικά, εμπεριέχουν πολύπλοκες κοινωνικές σχέσεις και πολιτικές αλληλεπιδράσεις.

Σε ορισμένα επίπεδα αυτή η ανάλυση μπορεί να θεωρηθεί ένας συμπίκνωτης διαστάσεων, στο πλαίσιο της οργάνωσης του τρισδιάστατου χώρου. Στην οργάνωση ενός κτηρίου, μια ενημέρωση συνήθως περιέχει έναν κατάλογο περιορισμών και αιτημάτων, όπως για παράδειγμα οικοδομικούς κανονισμούς και απαιτήσεις των πελατών. Ο αρχιτέκτονας, λοιπόν, επεξεργάζεται αυτές τις πληροφορίες, προσπαθώντας να συμπίξει την πολυπλοκότητά τους και να υλοποιήσει μία ενημερωμένη παρέμβαση σε πολλά διαφορετικά στάδια της κάθε δουλειάς. Σε όρους συμπίκνωσης πολυπλοκότητας και διαστάσεων, τα ANN είναι σχεδόν αχρησιμοποίητος τομέας έρευνας στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

Τεχνητά μέσα μείωσης και απλούστευσης της πολυπλοκότητας σε επίπεδο κατανόησης, αντανάκλασης και δράσης είναι δυνατά μέσω μιας μηχανής συμπύκνωσης των διαστάσεων. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να παρουσιαστούν ως ένας νέος τρόπος εισαγωγής μεθόδων συνδεσιμότητας και της πληροφορίας στη συνθετική - σχεδιαστική διαδικασία, παρατηρώντας πως ο υπολογιστής λειτουργεί εργαλειακά στο πλαίσιο της σχεδίασης.

#### 4.3.3\_Ο Αυτοοργανώσιμος Χάρτης (Self Organizing Map)

Ο “SOM” παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον Φινλανδό επιστήμονα υπολογιστών Teuvo Kohonen ως το αποκορύφωμα της έρευνάς του σχετικά με τις τεχνικές συσχετισμένης μνήμης. Είναι μια διαδικασία που στοχεύει στη συμπίεξη της πολυπλοκότητας πολυδιάστατων εισόδων σε χαμηλότερων επιπέδων, για ευκολότερη κατανόηση.

Ο χάρτης προσπαθεί να αναπαράγει την λειτουργία του εγκεφάλου, ορίζοντας στις περισσότερες περιπτώσεις, ένα δυσδιάστατο πίνακα κόμβων (νευρώνων) σε μια ορθογώνια συνεκτική τοπολογία (συνάψεις). Στόχος είναι η οργάνωση ενός πεπερασμένου αριθμού πολυδιάστατων εισόδων μέσω της σύγκρισης τις διαφορές τους με έναν συνειρμικό τρόπο. Το “SOM” είναι μη επιτηρούμενο, στο ότι κανένα προκαθορισμένο στοιχείο εξόδου δεν παρουσιάζεται στο δίκτυο ως στόχος.

Οι χάρτες είναι συνήθως δύο ή τριών διαστάσεων για οπτικούς σκοπούς, αν και αυτό δε συμβαίνει πάντοτε. Κάθε νευρώνας στη διάταξη του χάρτη έχει έναν σχετικό “φορέα σύναψης” ο οποίος είναι ίσων διαστάσεων με τα δείγματα εισόδων. Κάθε τιμή σε αυτόν τον φορέα αντιπροσωπεύει ένα χαρακτηριστικό.



Εκτός από εφαρμογές οπτικοποίησης, μερικές καταστάσεις στον τομέα της μηχανικής απαιτούν δράσεις που μπορεί να είναι λιγότερων διαστάσεων από τις ίδιες, αλλά να εξαρτώνται από το αν βγάζουν νόημα σε περισσότερων διαστάσεων εισόδους.

Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο έλεγχος των χειρών ενός ρομπότ, έτσι ώστε να ολοκληρώσει ορισμένους στόχους, όπως περιγράφεται από τους Kohonen και Rouzet.

---

#### 4.3.4\_Κωδικοποίηση των εισόδων

---

Στον χάρτη παρουσιάζεται ένα σύνολο δειγμάτων εισόδου, το καθένα με ένα σύνολο χαρακτηριστικών.

Για παράδειγμα, στην εικόνα 28, αυτή η λίστα χαρακτηριστικών περιέχει 13 στοιχεία.

Τα χαρακτηριστικά είναι συνήθως κανονικοποιημένα έτσι ώστε να δοθεί μια δίκαιη κατανομή μεταξύ του ενός και του άλλου, ή αντιπροσωπεύονται ως μια **δυναδική συμβολοσειρά** (binary string), όπως στο ίδιο το παράδειγμα του Kohonen που κωδικοποιεί διάφορα ζώα σε ένα βιβλίο εισόδων “codebook”.

---

#### 4.3.5\_Ο κόμβος νικητής

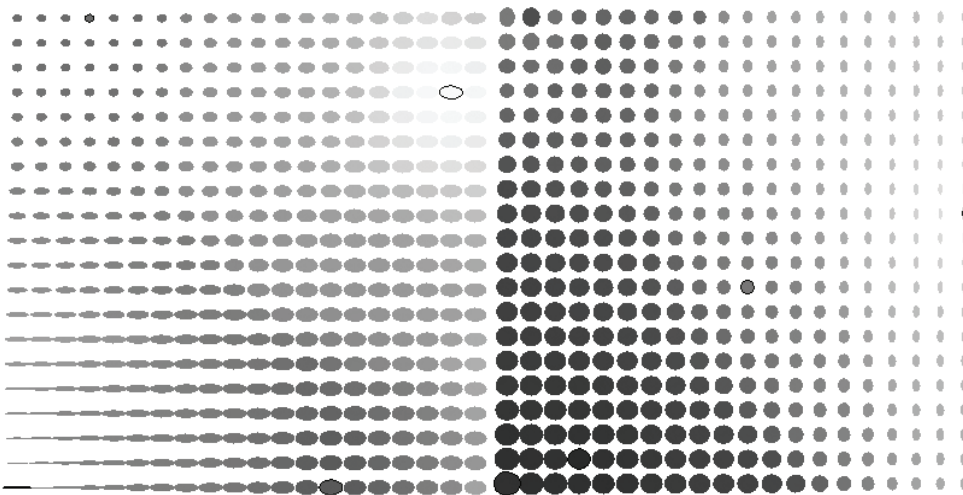
---

Όταν παρουσιάζονται οι εισοδοί, ο κόμβος με το πλησιέστερο φορέα σύναψης ανακηρύσσεται νικητής. Ο προσδιορισμός αυτής της απόστασης μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες μεθόδους, όπως η απόσταση Hamming (διαδική σύγκριση). Η πιο συνηθισμένη μέθοδος είναι, ωστόσο να παρθεί η μικρότερη Ευκλείδεια απόσταση, έτσι ώστε να προσδιοριστεί ο νικητής, π.χ. Την απόσταση στον χώρο εισόδου.

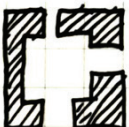
$$\sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}.$$

(Η ευκλείδεια απόσταση ενός εισαγωγικού φορέα  $p$ , από τον συσχετιζόμενο φορέα πληροφορίας ενός κόμβου  $q$  στο SOM.)

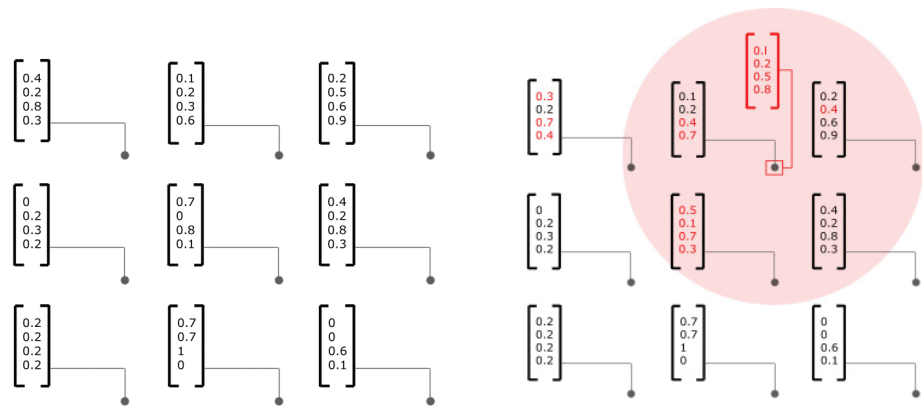
Έπειτα, ο νικητήριος κόμβος προσαρμόζει το βάρος των χαρακτηριστικών του ελαφρώς προς την ακτεύθυνση της εισόδου. Στον κλασικό SOM, οι γειτονικοί του κόμβοι επηρεάζονται επίσης, με βάση την Γκαουσιανή ακτινική βάση λειτουργίας - γνωστή και ως “Mexican hat”. Αυτό μπορεί να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει ανασταλτική ανατροφοδότηση για νευρώνες που απέχουν αρκετά από τον νικητή.



**Εικόνα 29:** παράδειγμα λειτουργίας SOM από τον J.Harding. Κάθε κόμβος έχει συσχέτιση με πληροφορία σε 3 τομείς, πλάτος έλλειψης, ύψος, και χρωματική απόχρωση.



**Εικόνα 30:** Κάθε κόμβος έχει έναν αντίστοιχο φορέα βαρύτητας, με τις ίδιες “διαστάσεις” πληροφορίας. Ο κόμβος νικητής διακρίνεται εξετάζοντας την Ευκλείδια απόσταση στον χώρο προσομοίωσης. Στα κλασσικά SOM, σε δεύτερο χρόνο δημιουργείται μία ακτίνα για να προσαρμοστεί το βάρος των γειτονικών κόμβων.



#### 4.3.6\_Γεωμετρικοί Χάρτες

Ορισμένες αρχιτεκτονικές εφαρμογές των SOM περιλαμβάνουν γεωμετρικές συντεταγμένες τόσο ως εισόδους όσο και ως φορείς συνάψεων. Δεδομένου ότι τα δεδομένα εισόδου είναι συνήθως τρισδιάστατα (αν και αυτό δε συμβαίνει πάντα), η έξοδος μπορεί επίσης να αναπαρασταθεί σε 3D. Αυτό δημιουργεί οπτικά δυναμικές γεωμετρικές καθώς λαμβάνει χώρα η διαδικασία εκμάθησης. Τέτοιες χαρτογραφήσεις/αντιστοιχίσεις σε ένα αρχιτεκτονικό πλαίσιο πρωτο - εισήχθησαν από τον Derix το 2000. Κορυφές των υπαρχόντων κτιρίων χρησιμοποιούνται ως εκπαιδευτική πληροφορία/δεδομένα για ένα εκτεταμένο SOM, ο οποίος παράγει νέες απεικονίσεις χώρου. Αυτές οι δομές αποκαλύπτουν πάτερν και σχέσεις όπως αναγνωρίζονται συνθετικά από τη μηχανή, αποκαλύπτώντας την διαδικασία οπτικά στον παρατηρητή.

#### 4.3.7\_Τοπολογία

Η τοπολογία του δικτύου σχετίζεται με την τοποθεσία των συνάψεων / συνδέσεων μεταξύ των κόμβων σε μια δεδομένη στιγμή. Το προτότυπο SOM χρησιμοποιεί μία τετράγωνη ή (όπως προτείνεται από τον Kohonen) μία εξάπλευρη τοπολογία για τις συνάψεις. Είναι προκαθορισμένης τοποθεσίας, δηλαδή δεν έχει χρονική εξάρτηση κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκμάθησης. Μερικές τεχνικές απλής δυναμικής, εκ των οποίων κάποιες προτεινόμενες και από τον ίδιο τον Kohonen, μπορούν να επεκτείνουν τον βασικό SOM. Αυτές περιέχουν ελάχιστη καλυψη δένδρων τοπολογίας μεταξύ των κόμβων, ή αναπτυσσόμενες τοπολογίες οι οποίες εισάγουν ή διαγράφουν στήλες από νευρώνες / κόμβους.

#### 4.3.8\_Όρια των SOM

Παρόλο που οι SOM λειτουργούν όντως πολύ καλά για στατικές εισόδους, αγκομαχούν για εισόδους που δεν είναι δυναμικές. Ας πούμε για παράδειγμα πως ένα από τα ζώα του Kohonen βγάζει παραπάνω πόδια ενώ η διαδικασία βρίσκεται σε εξέλιξη - ο SOM δε μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα.



Οι παράμετροι για την εκμάθηση και το μέγεθος του χάρτη, επαρκή για τις εισόδους, πρέπει να καθοριστούν από πριν. Αυτό απαιτεί μερική επίγνωση των δυνατών αποτελεσμάτων των εισόδων, και άρα ο SOM μπορεί να είναι μη ευέλικτος. Καθώς οι παράμετροι εκμάθησης σταδιακά καταλήγουν, ο SOM τερματίζει τη διαδικασία εκμάθησής του και μετά σταματάει. Είναι μια διαδικασίας μίας φοράς.

Ένα άλλο θέμα είναι ότι οι συστάδες αναγνωρίζονται χειροκίνητα, όπως στο παράδειγμα με το ζώο (σχέδιο 28). Υποομάδες κατατάσσονται χειροκίνητα αφού η χαρτογράφηση έχει ολοκληρωθεί.

---

#### 4.3.9\_Meta Learning

---

Μια συνδυαστική χρήση δύο SOM ερευνήθηκε πρόσφατα στην διαδικασία αρχιτεκτονικής σχεδίασης από τους Ireland και Derix. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί ένα “meta-level” SOM για να συγκρίνει διάφορους άλλους SOM οι οποίοι αντιπροσωπεύουν ζωντανά μοττίβα, συγκεκριμένα στο κάθε άτομο. Για να φτάσει σε μια τελική μορφή, γίνονται ομαδοποιήσεις για τύπους παρόμοιων δράσεων, έτσι ώστε να συγχωνευθούν τα όρια μεταξύ τους.

---

#### 4.3.10\_Growing Neural Networks

---

Τα διάφορα θέματα που αφορούν τους αυτοοργανώσιμους χάρτες, οδήγησαν σε περαιτέρω επεκτάσεις του μοντέλου του Kohonen. Το πρώτο θέμα προς διαχείριση ήταν το να ελευθερωθεί ο χάρτης από την προκαθορισμένη τοπολογία του. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι, όπως η μέθοδος GSOM και ή ίδια η ποικιλία του Kohonen, χρησιμοποιώντας δυναμικά οριοθετημένες τοπολογίες. Ωστόσο, αυτές ακόμη απαιτούν μια αρχική τοπολογική δομή (π.χ. ορθογώνια), συνήθως με στύλες και σειρές χαρακτηριστικών που έχουν προστεθεί, να είναι δυνατό να προστεθούν περαιτέρω ή να αφαιρεθούν.

---

#### 4.3.11\_Neural gas

---

Το αναφερόμενο ως “νευρωνικό αέριο (neural gas)” παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τους Martinez και Shulten το 1991. Σε αντίθεση με το σταθερό δίκτυο/πλέγμα στο SOM, η μέθοδος στοχεύει στην αντιπροσώπευση των τοπολογικών συστάδων από τις εισόδους χώρου στη διαδικασία εκμάθησης, και ως εκ τούτου είναι ένα δίκτυο αντιπροσωπευτικής τοπολογίας (Topology Representing network, TRN).

Στις πιο πρόσφατες εκδόσεις του neural gas, χρησιμοποιείται “ανταγωνιστική Hebbian εκμάθηση (Competitive Hebbian learning)”. Αυτό σημαίνει, ότι ο νικητήριο κόμβος προσαρμόζεται ως προς την πληροφορία εισόδου χρησιμοποιώντας μια δεδομένη/προκαθορισμένη παράμετρο ρυθμού, ενώ αυτός της δεύτερης θέσης επίσης προσαρμόζεται προς την είσοδο, αν και σε μικρότερο βαθμό. Στη συνέχεια γίνεται μια τοπολογική σύνδεση μεταξύ του νικητή και του δεύτερου κόμβου.

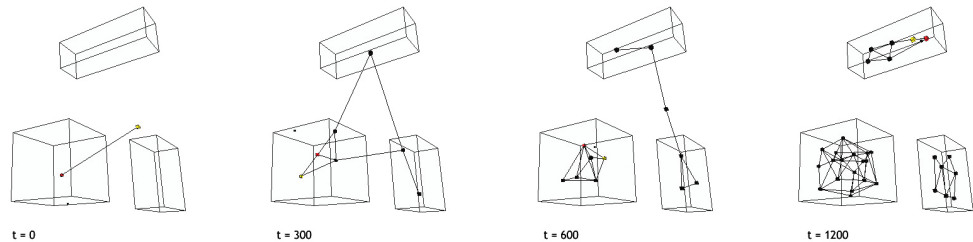




Όταν ο νευρώνας/κόμβος στη συνέχεια “πυροδοτήσει”, μόνο οι τοπικοί γείτονες λαμβάνουν ένα σήμα ανάλογα με τη τρέχουσα τοπολογία του δικτύου. Αυτό βρίσκεται σε αντίθεση με την λειτουργία ακτινικής γειτονιάς που χρησιμοποιείται στους SOM.

Παρόλο που γίνονται βελτιώσεις στο μοντέλο του Kohonen, ο αριθμός των κόμβων πρέπει να είναι προκαθορισμένος και οι παράμετροι εκμάθησης να συγκλίνουν, εξ ου και η διαδικασία δε μπορεί να εκτελεστεί επ’ αόριστον. Επίσης, δεν υπάρχει ούτε μείωση των διαστάσεων οπότε οι εφαρμογές της μεθόδου είναι περιορισμένες.

**Εικόνα 31:** Παράδειγμα GNG από τον C.Derix. Οι εισόδοι (values) δόθηκαν τυχαία μέσα στους κύβους. Παρατηρείται πως το GNG έχει χαρτογραφήσει τον τοπολογικό χώρο των κύβων, και δημιουργεί 3 χαρακτηριστικά συμπλέγματα.



#### 4.3.12\_Αναπτυσσόμενο νευρωνικό Αέριο (Growing Neural Gas,GNG)

Μία επέκταση της μεθόδου προτάθηκε από τον Bernd Fritzke, προκειμένου να αντιμετωπιστούν ορισμένοι από αυτούς τους περιορισμούς. Για την περαιτέρω αντιπροσώπευση περιοχών υψηλής πιθανότητα εισόδου, προστίθενται περαιτέρω κόμβοι σε αυτές τις περιοχές. Αυτό επιτυγχάνεται από το να περιλαμβάνει ο κάθε κόμβος μια αθροιστική ετικέτα (tag) σφάλματος, η οποία επαναυπολογίζεται κάθε φορά που αυτός είναι νικητής. Αν τα σφάλματα υπερβούν το όριο, η πυκνότητα εισόδου δεν αντιπροσωπεύεται επαρκώς και απαιτείται ένας νέος κόμβος. Αντιθέτως, περιοχές με πολύ λιγότερο ή καθόλου σήμα αφαιρούν κόμβους.

Οι νικητήριοι κόμβοι και οι κόμβοι δεύτερης θέσης ενώνονται με μία άκρη. Οι άκρες που είναι δίπλα σε αυτούς τους κόμβους (σχεδόν νικητές) γερνούν. Στο τέλος κάθε λούπας, οι άκρες πάνω από ένα συγκεκριμένο threshold πεθαίνουν, καθώς και οι σχετικοί κόμβοι.

Και πάλι, όπως και με το νευρωνικό αέριο, η δαισθητικότητα του δικτύου είναι ίδια με τις χωρικές εισόδους, οπότε δεν είναι δυνατή η οπτικοποίηση του δικτύου σε περισσότερες από τρεις διαστάσεις. Μια βελτίωση στο αρχικό μοντέλο αερίου, ωστόσο, είναι ότι ο αλγόριθμος θα διαρκέσει επ’ αόριστον, καθώς δεν υπάρχει ανάγκη για μια αποσυνθετική παράμετρο εκμάθησης, λόγω των ετικετών σφάλματος.

Η χαρτογράφηση των δυναμικών εισροών είναι επίσης ένα σημείο δυσκολίας για το νευρωνικό αέριο. Αυτό το πρόβλημα προέκυψε με τις ίδιες τις προσομοιώσεις του ερευνητή. Οι συνδέσεις δεν “γερνούν”, καθώς η γήρανση γίνεται μόνο για άκρες δίπλα στον νικητή.

Οι μη σταθερές κατανομές δεδομένων μπορούν να βρεθούν σε πολλές τενικές, βιολογικές, οικονομικές και μάλιστα αρχιτεκτονικές εφαρμογές, όπως εδώ, εξ ου και η ανάγκη ανάπτυξης ενός GNG.



#### 4.3.13\_GNG-U

Αυτή η αδυναμία χαρτογράφησης των δυναμικών εισροών, οδήγησε στην επέκταση του GNG από τον Fritzke (1997) στο μοντέλο του, ώστε να περιλαμβάνει ένα “μέτρο τοπικής χρησιμότητας” για κάθε ακμή που εξαρτάται και πάλι από το αθροιστικό σφάλμα για τις χωρικές εισόδους. Εμείς έχουμε χρησιμοποιήσει τη δική μας απλούστερη εκδοχή, που παρ’ ολ’ αυτά επιτυγχάνει ένα παρόμοιο στόχο σε επαρκές επίπεδο.

#### 4.3.14\_Στην Αρχιτεκτονική

Ένα GNG χρησιμοποιείται από τον Langley για την παραγωγή χαρτογραφίσεων δυναμικών δραστηριοτήτων σε προϋπάρχον αστικό περιβάλλον. Η χαρτογράφηση δράσεων τέτοιου είδους, με τη χρήση νευρωνικού αερίου, έχει επίσης ερευνηθεί από τον Parvin. Αυτές οι δημοσιεύσεις παραμένουν οι μόνες, όσον αφορά τη χρήση GNG στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, στο πλαίσιο που γνωρίζω.

#### 4.3.15\_Αναπτυσσόμενες Κυτταρικές Δομές

Το προηγούμενο μοντέλο GNG-U μπορεί επιτυχώς να χαρτογραφήσει δυναμικές εισόδους πληροφορίας, ωστόσο, σε καμία από τις παραπάνω μεθόδους είναι εμφανή τα πλεονεκτήματα που αποκομίζονται από τη συμπίκνωση διαστάσεων μέσω του SOM.

Ωστόσο, ο πρόδρομος του GNG, γνωστός ως “αναπτυσσόμενη κυτταρική δομή”, είναι σε θέση να αναλάβει τέτοιους στόχους. Η διαδικασία εκμάθησης του αλγορίθμου είναι η ίδια με αυτή του GNG, αλλά αντί για κόμβους και ακμές, το δίκτυο αποτελείται από μια πιο άκαμπτη τοπολογία κόμβων και υπερτετράπλευρων/τεσεράκιων.

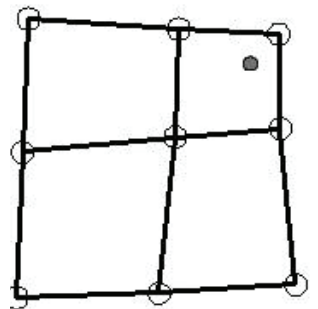
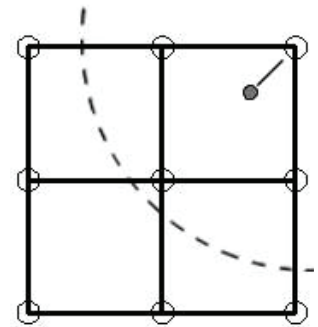
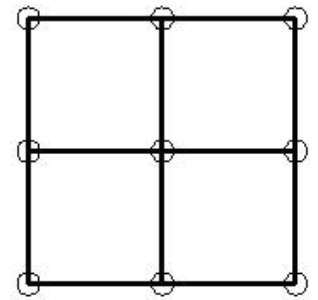
Αυτό σημαίνει, ένα τρίγωνο, αν ο χώρος ενσωμάτωσης είναι  $2d$ , και ένα τετράεδρο αν είναι  $3d$ .

Κάθε κόμβος έχει και μία αναπαράσταση στον χώρο ενσωμάτωσης (π.χ. Για δύο διαστάσεις και συντεταγμένες  $x$  και  $y$ ) και μία για τον χώρο εισόδου (ένα συναπτικό διάνυσμα πολλών διαστάσεων).

Οι νικητές και οι συνδέσεις καθορίζονται σε χώρο πολλών διαστάσεων, αλλά οι συνδέσεις διατηρούνται για τη δομή στο επίπεδο.

Στις παρακάτω εικόνες, η αριστερή πλευρά παρουσιάζει ένα τυπικό δίκτυο με εισόδους σε 3 διαστάσεις, με τον σχετικό συνεργάτη του να είναι ενσωματωμένος στο επίπεδο στα δεξιά, με την ίδια τοπολογία.

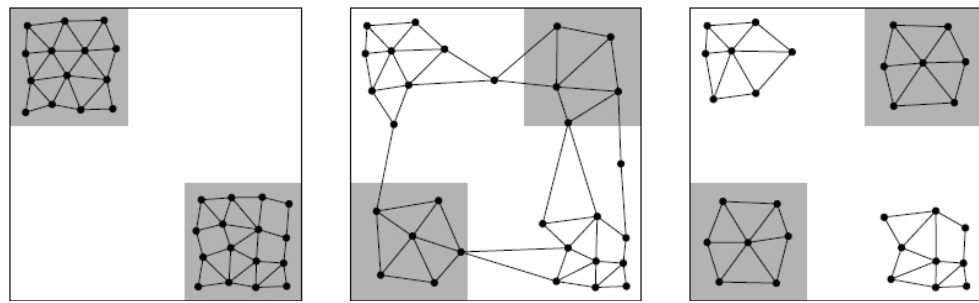
Οι εικόνες (α) και (β) δείχνουν διαφορετικά στάδια της προσομοίωσης. Παρατηρείστε πως η τοπολογία διατηρείται σε μεταγενέστερο στάδιο του δικτύου (β), επειδή υπάρχουν δύο διαφορετικές δομές.



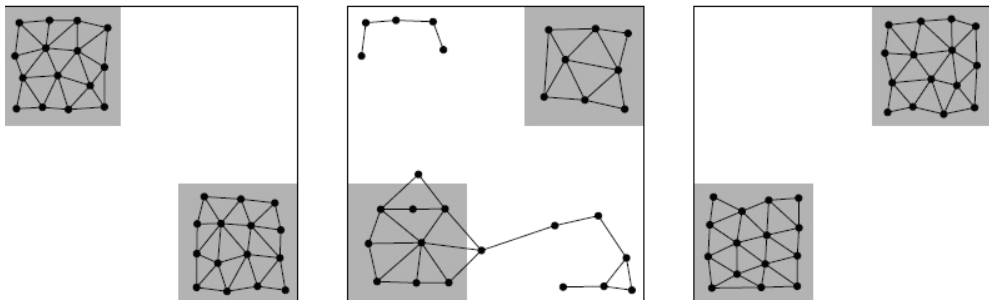
Εικόνα 32:

Παράγεται μια είσοδος, στην ίδια χωρική διάσταση με τον ίδιο τον χάρτη. Ο κόμβος νικητής κινείται προς την είσοδο, δημιουργώντας αλληλεπιδρούμενες τάσεις.

Σχήμα Χ: Ένα GNG προσπαθεί και αποτυγχάνει να βρει έναν μια δυναμική είσοδο (οι είσοδοι προέρχονται από τα γκρι τετράγωνα που μετακινούνται κατά τη μισή διαδικασία).



Εικόνα 33: Ένας GNG-U αλγόριθμος, επιτυχώς ολοκληρώνει τη διαδικασία.



Προκειμένου να υλοποιηθεί η αναπαράσταση στις 2 διαστάσεις, ο Fritzke μετατρέπει κάθε άκρη σε ένα ελατήριο στον ενσωματωμένο χώρο. Αυτά τα ελατήρια έλκουν τους διπλανούς τους κόμβους, αλλά ταυτόχρονα, όλοι οι κόμβοι αποθύνονται μεταξύ τους.

Το αποτέλεσμα είναι ότι οι δομές αποφεύγουν να μπλεχτούν μεταξύ τους και δίνεται η δυνατότητα ορατότητας στις 2 διαστάσεις. Μια πλήρη περιγραφή της αρχικής μεθόδου βρίσκεται στο έγγραφο του Fritzke, ωστόσο η μέθοδος που θα περιγραφεί αργότερα είναι βασισμένη σε ένα μοντέλο απλώς γραμμικών ελατηρίων

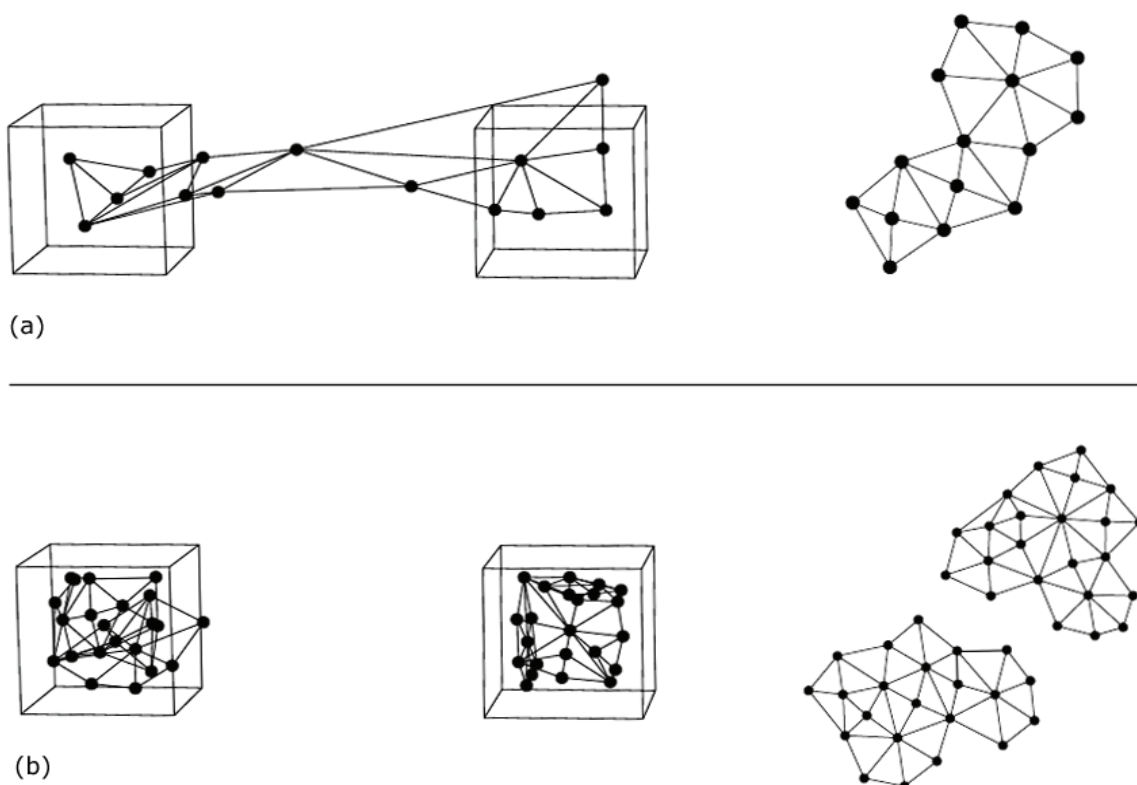
Οι “Δυναμικές Δομές Κυττάρων” είναι μια επέκταση σε αυτό το μοντέλο, που περιλαμβάνει την ικανότητα παρακολούθησης των δυναμικών εισροών. Αυτός είναι, ωστόσο, ένας αρκετά πολύπλοκος αλγόριθμος για την επιτυχή χρήση του υπολογισμού των “υπερ-Voronoi” περιοχών, και είναι πέρα από το πεδίο αυτής της μελέτης.

#### 4.3.16\_Σύνοψη

Το νευρωνικό δίκτυο λειτουργεί ως αυτοποιητικό σύστημα, καθώς συγκρίνει μόνο ό,τι βλέπει στο εσωτερικό του και όχι από οποιοδήποτε εξωτερικό κριτήριο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα παραδείγματα που συζητούνται εσώ είναι μη- εποπτευόμενα, και δε κατευθύνονται προς κάποιους στόχους, εξ ου και αυτοοργανώσιμα.

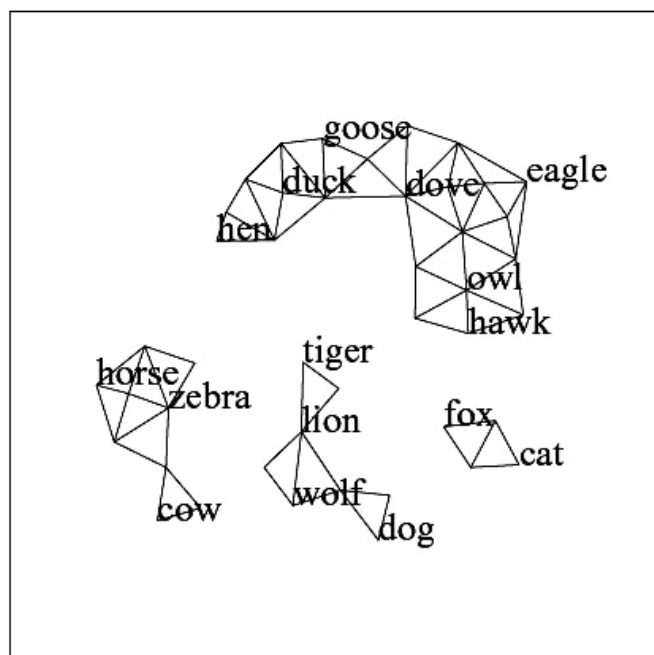
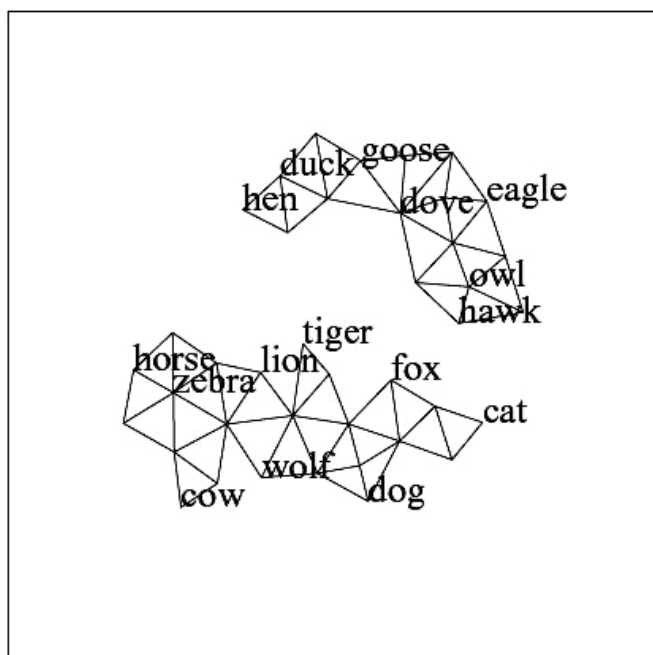
Το παράδειγμα των SOM, δείχνει αυτό με επιτυχημένο τρόπο, θέτωντας εισόδους RGB. Κάνει μόνο έναν χάρτη αυτού που γνωρίζει και έτσι η γνώση μας για το πλήρες φάσμα χρωμάτων από την ανθρώπινη εμπειρία είναι άσχετη.





**Εικόνα 34:** Παράδειγμα GNG-U, του C.Derix, α) το αρχικό στάδιο της διαδικασίας. Αριστερά φαίνονται οι εισόδοι-κόμβοι σε τρισδιάστατο χώρο, και δεξιά η δυσδιάστατη απεικόνισή τους.  
β) Το αποτέλεσμα της διαδικασίας, όπου παρατηρείται ότι οι δύο αναπαραστάσεις είναι επαρκώς αντιπροσωπευτικές.

**Εικόνα 35:** Οι ομαδοποιήσεις των ζώων του προηγούμενου παραδείγματος, επεξεργασμένες με “αναπτυσσόμενες κυτταρικές δομές” του T.Kohonen, όπου οι κατηγορίες των ζώων παράγονται αυτόματα, σε αντίθεση με τα απλά SOM.





## 4.4\_Continuation maps και axial maps

**Η κωδικοποίηση της πόλης σε continuity maps φαίνεται να αποκαλύπτει την υποκείμενη δομή του αστικού δικτύου.**

Αν οι πόλεις ήταν τέλεια/καρτεσιανά δίκτυα/πλέγματα, θα ήταν μη ιεραρχικά συστήματα. Όλες οι γραμμές/διαδρομές θα είχαν το ίδιο μήκος και αριθμό συνδέσεων. Επιπλέον, το μήκος της μέσης διαδρομής οποιουδήποτε συστήματος θα ήταν μικρότερο από δύο, καθώς οποιοδήποτε ζευγάρι κόμβων θα είχε απόσταση δύο βήματα. Αυτό, θα δημιουργούσε ένα σύστημα υψηλής προσβασιμότητας το οποίο παρέχει πολλαπλές διαδρομές μεταξύ κάθε ζεύγους τοποθεσιών.

Αντιθέτως, αν οι πόλεις ήταν καθαρά ιεραρχικά συστήματα, όπως δενδρικής δομής δίκτυα, το μήκος της μέσης διαδρομής αναπόφευκτα θα αυξανόταν κατ' αναλογία του μεγέθους του συστήματος, λόγω της ύπαρξης απομονωμένων παρακλαδιών. Αυτό θα δημιουργούσε ένα ιδιαίτερα διαχωρισμένο δίκτυο το οποίο παρέχει μια μοναδική διαδρομή ανάμεσα σε δύο τοποθεσίες.

Μπορεί κανείς να πει ότι τα καθαρά/απόλυτα συστήματα/δίκτυα είναι εύκολα στην πλοήγηση, λόγω της υψηλής προσβασιμότητας και της ύπαρξης πολλαπλών διαδρομών μεταξύ κάθε ζεύγους τοποθεσιών. (Rosvall, 2005)

Παρ' ολ' αυτά, αν υποθέσουμε ότι τέτοιες διαδρομές είναι αντίστοιχα πιθανές, παρατηρούμε πως η μορφολογία του απόλυτου δικτύου δε διαφοροποιεί κεντρικούς χώρους και η κίνηση τήνει να διαχεέται χαοτικά παντού.

Η δενδρική δομή, από την άλλη, έχει έναν κεντρικό χώρο που συνδέει όλα τα παρακλάδια και ελέγχει την κίνηση μεταξύ τους.

Αυτό το είδος γεωμετρικής τάξης φαίνεται να αντικατοπτρίζει τα ιδανικά της ισότητας και της ελευθερίας ή της ιεραρχίας και του ελέγχου. Δημιουργεί συστήματα είτε σύντομων περιγραφών και υψηλής τυχαιότητας, π.χ. Μια δομική διαταραχή στην υποκείμενη χωρική τους οργάνωση, είτε συστήματα μακρύγων περιγραφών και έλλειψης τυχαιότητας (Hillier και Hanson, 1984)\*

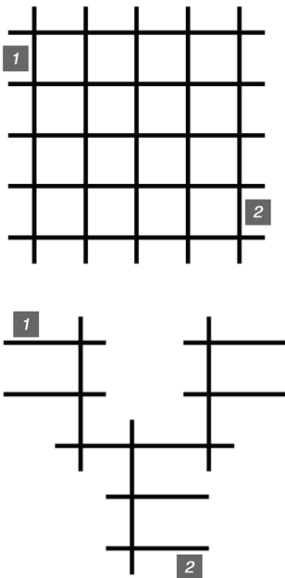
Οι πραγματικές πόλεις φαίνεται να συγκροτούνται από το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας διαπραγμάτευσης, μέσω της οποίας οι αξίες της ισότητας-ελευθερίας και ιεραρχίας-ελέγχου παράγουν μια δομή διαφορετικού είδους.

Ο αστικός ιστός ελαχιστοποιεί όσο το δυνατόν περισσότερο τη περιγραφικότητα, καθώς διατηρεί σε επαρκή βαθμό τη διαφορετικότητα ώστε να καθιερώσει μια καθαρή ιεραρχία.

Αυτή η δαιμονοποίηση, χαρακτηριστικό των παραδοσιακών συστημάτων, είναι που δημιουργεί μία καλά διαμορφωμένη υποθάλπτουσα δομή, στην οποία οι διαδρομές συγκλίνουν σε ομάδες κομβικών θέσεων.

Έτσι, οι πόλεις δεν αποτελούνται ούτε από δενδρική δρομή (Alexander, 1969), ούτε από απόλυτα δίκτυα, αλλά από τον συνδυασμό τέτοιων δομών που προκύπτουν από μια ποικιλία κοινωνικών και εποικοδομητικών διαδικασιών. Οι κανόνες που διέπουν αυτή την εσωτερική ιεραρχία του αστικού δικτύου διερευνώνται ακόμα.

Τα αρχικά μας ευρήματα επιβεβαίωσαν ότι το μήκος της γραμμής και η κατανομή βαρύτητας κόμβων στους continuity maps έχουν ένα επαρκώς

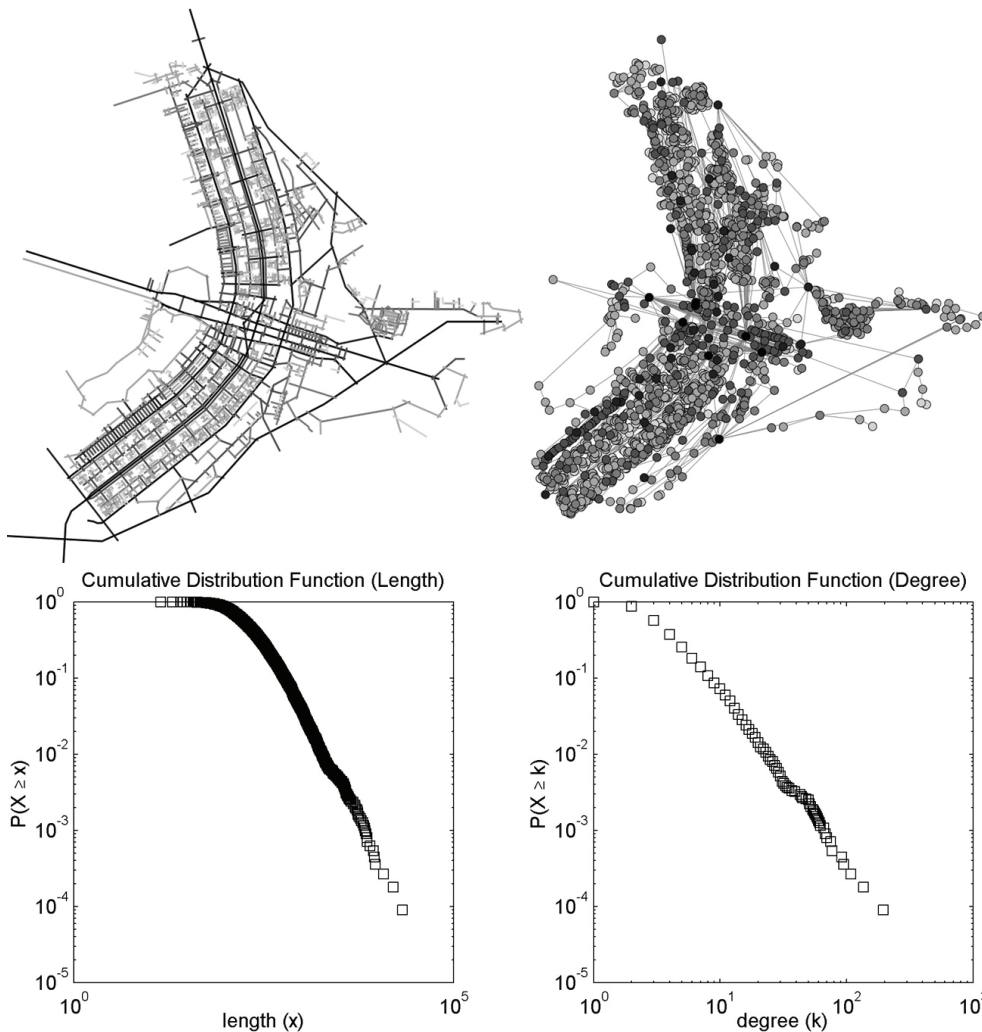


Εικόνα 36:

(Αριστερά) Ένα πλήρης κάρναβος (πλέγμα) είναι ένα μη ιεραρχικό σύστημα που παρέχει πολλαπλές διόδους μεταξύ τοποθεσιών. Αν πρέπει να προσδιορίσουμε τις πιο απλές διαδρομές μεταξύ 1 και 2, έχουμε πέντε απλές διαδρομές που χρησιμοποιούν 2 οδηγίες. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ένας βαθμός αβεβαιότητας ως προς το ποια διαδρομή είναι πιο αποτελεσματική. (Δεξιά) Στη δενδροειδή μορφή, υπάρχει μόνο μία διαδρομή που μπορεί να προσδιοριστεί, χρησιμοποιώντας τέσσερις οδηγίες. Μια συνολική ιεραρχία σημαίνει έλλειψη αβεβαιότητας. Οι πόλεις δεν είναι ούτε πλήρεις κάρναβοι, ούτε δενδροειδείς. Διατηρούν μια καθαρή ιεραρχία δενδροειδούς, ενώ παράλληλα επιτρέπουν συντομότερες διαδρομές, όπως στον κάρναβο.



καθορισμένο σχήμα, που θα μπορούσε να περιγραφεί ως συμπεριφορά ανεξαρτήτως κλίμακας (Carvalho, Penn, 2004).



Εικόνα 37:

(Αριστερά) Ο continuity map της Μπραζιλία, από μελέτη της M. Holanda (2002), χρησιμοποιώντας continuity lines με γωνία 45°. (Δεξιά) Το υποκείμενο διάγραμμα που δημιουργείται από τον χάρτη, όπου οι γραμμές μετατρέπονται σε κόμβους και οι διασταυρώσεις μεταξύ γραμμών μετατρέπονται σε ακμές. Οι πιο σκούροι κόμβοι είναι αυτοί τον μεγαλύτερο βαθμό συνδεσιμότητας. Ο βαθμός συνδεσιμότητας είναι ο αριθμός διασταυρώσεων που έχει με άλλες γραμμές. Ο βαθμός αυτός καθορίζει το πόσο σημαντική είναι μια γραμμή για το σύστημα, ή, καθώς οι πόλεις είναι δίκτυα, τον αριθμό γειτονικών γραμμών μέχρι και 2 βήματα (διακλαδώσεις).

Εικόνα 38:

(Αριστερά) Το μήκος γραμμών του παραπάνω continuity map, η απεικόνιση γίνεται μέσω λειτουργίας συσσωρευτικής κατανομής σε λογαριθμική κλίμακα. Ο οριζόντιος άξονας αντικατοπτρίζει το μήκος της γραμμής και ο κάθετος την πιθανότητα να συναντήσει μια γραμμή με μέγεθος ίσο ή μεγαλύτερο της αρχικής (χ). (Δεξιά) Το ίδιο διάγραμμα για τον βαθμό κατανομής, δείχνει πως η τοπολογία απλοποιεί την κατανομή κατά μήκος γραμμών. Στην ουσία η σχέση μεταξύ μήκους γραμμής και βαθμού κατανομής σε αυτόν τον χάρτη είναι 0.9064.

Οι ίδιες απολίξεις δύναμης ισχύος που εμφανίζονται στην εικόνα 2, και στις δύο κατανομές παρατηρήθηκαν σε ένα μεγάλο αριθμό χαρτών, κυρίως σε χάρτες αντίστοιχου μεγέθους.

Παρ' ολ' αυτά, μη κανονικά σχήματα και ταχύτερος ρυθμός αποσύνθεσης των απολήξεων, οι οποίες θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν εξαρτώμενες από την αλλαγή κλίμακας, παρατηρήθηκαν εξίσου.

Σε αυτό το σημείο, μπορούμε μόνο να αναδείξουμε λόγους που θα οδηγήσουν στη μη κανονική ή εξαρτώμενη από την κλίμακα κατανομή. Στη διαδικασία χαρτογράφησης και περιγραφής, ανεπαρκή επιλογές για τον καθορισμό του ορίου των χαρτών ή ελλειψήματα στην διαδικασία συγχώνευσης μπορούν να παραποιήσουν την αναπαράσταση πολύ μακρυνών γραμμών.

Στα πραγματικά συστήματα, τοπογραφικοί ή γεωγραφικοί παράγοντες μπορούν να περιορίσουν τα μήκη διαδρομής σε πολλές περιπτώσεις, όπως σε ένα νησί. Επιπλέον, οι μακρινές γραμμές συχνά διασχίζουν περιφερειακές ή μη αστικές περιοχές, όπου ο αριθμός των πιθανών συνδέσεων είναι αισθητά μειωμένος.



Παρόλο που αυτές οι έρευνες εξακολουθούν να βρίσκονται σε ανάπτυξη, έχουμε ήδη διαπιστώσει πως το αστικό δίκτυο μπορεί να αποσυντεθεί σε πολυστρωματικό/πολυδιάστατο κυρίαρχο πυρήνα που διασυνδέει έναν αριθμό συστάδων, οι οποίες χοντρικά αντιστοιχούν “μορφολογικά προσδιορισμένες γειτονιές”.

Αν παρατηρήσουμε το σχέδιο 2 ξανά, παρατηρούμε ότι η κατανομή του μήκους γραμμής ξεκινά με μία οριζόντια συχνότητα μικρών/ κοντών γραμμών, ακολουθούμενη από μια απότομη αποσύνθεση [νόμος ισχύος] των απολήξεων τους.

Παρ’όλ’αυτά, μπορεί να μην είναι προφανές ότι χοντρικά το 75% των γραμμών είναι “μικρές” και οπότε συγκεντρώνονται ακριβώς πριν την απόληξη. Με τη σειρά τους, οι μακρυνές γραμμές που διαμορφώνουν τις απολήξεις είναι επίσης παρούσες σε, μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, στις μέγιστες τιμές των περισσότερων μετρήσεων που εφαρμόστηκαν στον χάρτη.

Ο Stephen Read, το 1997, για πρώτη φορά ανακάλυψε αυτό το φαινόμενο στους αξονικούς χάρτες των Ολλανδικών πόλεων και ονόμασε τον κεντρικό αυτό πυρήνα “supergrid”.

Παρατηρείται ότι αυτό το φαινόμενο είναι καθολικό στους continuity maps. Ο κεντρικός πυρήνας είναι ένα σύστημα από μόνος του. Ξεκινά με λίγες πολύ μακρυνές γραμμές που συμπληρώνονται από όλο και μικρότερες γραμμές που δημιουργούν πολλά “υποδίκτυα” στο πλαίσιο μιας πολυδιάστατης/ διαστρωματικής δομής, όταν τελικά ολοκληρώνεται μέσα από συσταδοποίηση των μικρότερων γραμμών. Σε μερικές περιπτώσεις, είναι η σχέση μεταξύ του κεντρικού πυρήνα και των συστάδων που καθορίζει την υποθάλπτουσα δομή του αστικού δικτύου. Αυτές είναι περιπτώσεις στις οποίες οι “γειτονιές” είναι προκλημένες στο βασικό δίκτυο, δημιουργώντας “δενδρικού τύπου” δομή, ή ενσωματώνονται σε μακρυνές γραμμές που προσδιορίζουν ένα είδος ορίου. Σε άλλες περιπτώσεις, το “supergrid” διεισδύει στις συστάδες, θολώνοντας τα σύνορα/όρια μεταξύ των τοπικών και των καθολικών.

Ακόμη, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες ο κεντρικός πυρήνας δημιουργεί “ύπερ γειτονιές”.

Τέλος, ποσοτικοποίησα ορισμένα μορφολογικά και τοπολογικά χαρακτηριστικά του συνόλου των χαρτών. Προσπάθησα να αναδείξω ότι ο βαθμός συσσωμάτωσης (Figueiredo και Amorim), π.χ. Η ποσότητα των αξονικών γραμμών που είναι συσσωματωμένες, μετρούν πόσο “οργανικό” ή “παραμορφωμένο” είναι ένα δίκτυο.

Επιπρόσθετα, υπάρχει μία “περιγραφική βελτίωση” η οποία μπορεί να μετρηθεί ως αύξηση στη συσχέτιση μεταξύ μήκους γραμμής και βαρύτητας κόμβου.

Ωστόσο, με ενδιαφέρει επίσης ο προσδιορισμός του που ακριβώς βρίσκεται ένα αστικό δίκτυο μεταξύ της δενδρικής δομής και του απόλυτου καννάβου. Όπως προαναφέρθηκε, δίκτυα “μικρόκοσμου” χαρακτηρίζονται επίσης από μεγάλο βαθμό συσταδοποίησης σε τοπικό επίπεδο. Είναι δυνατό να μετρηθεί αν οι γραμμές συσταδοποιούνται ως ένα δίκτυο, χρησιμοποιώντας το “grid coefficient” (Caldarelli, 2004).

Ο ορισμό που υιοθετήθηκε εδώ είναι βασισμένος στον αριθμό κύκλων τεσσάρων βημάτων που εμπεριέχουν ένα γείτονα δύο βημάτων. Το δικτυακός συντελεστής (grid coefficient) μίας γραμμής είναι το άθροισμα όλων των υφιστάμενων κύκλων τεσσάρων βημάτων μεταξύ της γραμμής και των δευτέρων γειτονικών της στο πλαίσιο του μέγιστου αριθμού που θα μπορούσαν





να υπάρχουν αν όλοι οι πρώτοι και δεύτεροι γείτονες συσταδοποιούνταν ως ένα δίκτυο.

Έτσι, ο μέσος συντελεστής δικτύου συνοψίζει την υποθάλπτουσα δομή του δικτύου, ακόμα και αν δεν είναι άμεσα διακριτό στην γεωμετρία του αστικού δικτύου.

Ο αστικός ιστός αποτελεί αποτύπωμα της ιστορίας της πόλης, περιέχοντας ίχνη διαφορετικών αναπτυσσόμενων, σχεδιαστικών, κοινωνικοοικονομικών και πολιτικών διεργασιών. Κάθε ιστός μας λέει μια συγκεκριμένη ιστορία που μπορεί να εμπεριέχει την αυξανόμενη ανάπτυξη των πόλεων της λατινικής Αμερικής, ή τις βαθιές μεσαιωνικές ρίζες μερικών Ευρωπαϊκών πόλεων. (παρισιανή?) Με αυτή την έννοια, αυτά τα αντικείμενα μας προσκαλούν να ανασυνθέσουμε την οντολογία τους. Αναδεικνύεται πως οι continuity maps παρέχουν μια σημαντική εικόνα για τη μορφολογία των αστικών δικτύων, συλλαμβάνοντας γεωμετρικές και τοπολογικές ιδιότητες τέτοιων αντικειμένων.

Σε αυτό τον τομέα, εισάγονται νέες αναλυτικές διαδικασίες που ταιριάζουν ορισμένες ομοιότητες μεταξύ ατικών δικτύων και αποκαλύπτουν μία αναδυόμενη ταξινόμηση.

Ξεκινώντας, εξετάζουμε το πρόβλημα της ταξινόμησης/ομαδοποίησης στον πλαίσιο του space syntax. Παρά το γεγονός ότι παρουσιάζεται ως σύνολο μη παρεκβατικών αναλυτικών τεχνικών, συγκριτικές μελέτες που χρησιμοποιούν το διάγραμμα space syntax προτείνουν υποκειμενικές ταξινομήσεις που προηγούνται της χρήσης τέτοιων αναλυτικών εργαλείων.

Με απλά λόγια, οι πόλεις είναι προ-ταξινομημένες χρησιμοποιώντας πολιτιστικά, γεωγραφικά ή άλλα τεχνικά κριτήρια (Major,1997.Karimi,1997. Hillier,2002.Medeiros,2006), και ύστερα εφαρμόζονται εργαλεία ανάλυσης για τον χαρακτηρισμό των υπάρχοντων ομάδων / συστάδων σε συντακτικούς ή μορφολογικούς όρους. Επομένως, οι κατηγορίες και τα συστατικά τους προηγούνται της ανάλυσης.

Μια δεύτερη και πιο εκλεπτισμένη προσέγγιση είναι η πρόταση στόχων ή παραδειγμάτων (Holanda,2002) και η χρήση των εργαλείων ανάλυσης για την αναγνώριση πόλεων της κάθε κατηγορίας.

Αν και η ίδια η ταξινόμηση είναι αποτέλεσμα μιας ανάλυσης, η κατηγορίες δεσμεύονται των επιχειρημάτων του ερευνητή και προηγούνται της ανάλυσης. Πρόσφατες μελέτες ανέτρεψαν αυτή την ακολουθία και απέφυγαν προκαθορισμένες κατηγορίες (Medeiros και Holanda, 2005). Αντ' αυτού, οι ομάδες ερμηνεύονται ως αποτέλεσμα της ανάλυσης.

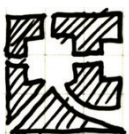
Το σχήμα 6 απεικονίζει αυτή τη προσέγγιση.

Από αριστερά προς τα δεξιά, ο βαθμός συσσωματώσεως αυξάνεται, δημιουργώντας μία κλίμακα “κανονικού - μη κανονικού”.

Από πάνω προς τα κάτω, ο συντελεστής του δικτύου αυξάνεται, δημιουργώντας μια κλίμακα “δενδρικής δομής - απόλυτου δικτύου/καννάβου”. Ωστόσο, ακόμη και στην περίπτωση αυτή οι κατηγορίες βασίζονται στον καθορισμό του ερευνητή, ο οποίος τελικά αποφασίζει τα όρια και επομένως τα στοιχεία της κάθε ομάδας.



Εικόνα 39:Ο continuation map της Λευκωσίας (Κύπρος), από μελέτη των Space Syntax. Η εικόνα έχει δύο τύπους απεικόνισης. (Πάνω) Αναδεικνύεται η πολυεπίπεδη δομή του supergrid. Οι σκούρες γραμμές αντιστοιχούν σχεδόν στο 5% των συνολικών. (Κάτω) Αναδεικνύονται οι μορφολογικά καθορισμένες “γειτονιές”, χρησιμοποιώντας το μέσο μήκος γραμμής ως άξονα.





Αυτού του είδους η υποκειμενικότητα δε συμβαίνει σε άλλους τομείς. Μέθοδοι αυτοματοποίησης της ταξινόμησης ή συσταδοποίησης, που ονομάζονται ευρύτερα “ιεραρχική συσταδοποίησης (hierarchical clustering)”, είναι γνωστές σε κλάδους όπως η Βιολογία (Sneath και Σοκαλ, 1973) ή Γεωχωρική Ανάλυση (de Smith, 2007).

Η Γενική ιδέα πίσω από την ιεραρχική συσταδοποίηση είναι ότι τα στοιχεία οποιουδήποτε συνόλου έχουν ομοιότητες και διαφορές οι οποίες μπορούν να χαρτογραφηθούν ως αποστάσεις σε ένα χώρο  $n$ -διαστάσεων, στον οποίο κάθε χαρακτηριστικό (μεταβλητή) αποτελεί έναν άξονα.

Στη συνέχεια, δημιουργούνται συστάδες ομαδοποιώντας απομονωμένα στοιχεία ή υποομάδες ή, αλλιώς, διαιρώντας το σύνολο σε μικρότερες ομάδες, ανάλογα με την απόσταση μεταξύ τους. Από την πλευρά μας, αυτό το είδος μεθόδου ελαχιστοποιεί την παρεμβολή του ερευνητή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία “αριθμητικών ταξινομήσεων” στα αστικά δίκτυα (Sneath και Sokal, 1973).

Ως διερευνητικό πείραμα, εφαρμόζουμε τη μέθοδο “μέσης συνδεσιμότητας (average linkage)” στο σύνολο των χαρτών. Η συσταδοποίηση μέσης συνδεσιμότητας ξεκινά θεωρώντας τα στοιχεία ως απομονωμένες ομάδες. Έπειτα, βήμα - βήμα, δύο ομάδες συγχωνεύονται αν η μέση απόσταση μεταξύ των στοιχείων τους είναι η μικρότερη σε σχέση με όλους τους συνδιασμούς ομάδων.

Χρησιμοποιήθηκαν τρεις μεταβλητές που παρουσιάστηκαν προηγουμένως:

- ο βαθμός συσσωμάτωσης (aggregation degree)
- η βελτίωση περιγραφικότητας (descriptive improvement)
- μέσος συντελεστή δικτύου (average grid coefficient)

Οι οποίες είναι σχετικά αυτόνομες καθώς η μέγιστη σχέση ( $R$ ) μεταξύ τους είναι 0.5084.

Τυποποιήθηκαν μεταξύ 0 και 1 και οι αποστάσεις ή ομοιότητες μεταξύ δύο πόλεων ορίστηκε ως το άθροισμα της απόλυτης διαφοράς μεταξύ κάθε μέτρησης.

Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στη μορφή δενρογράμματος (σχέδιο 7).

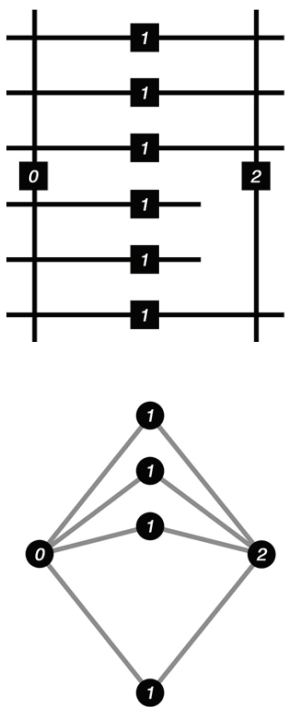
Οι εσοχές στο δενδρικό διάγραμμα υποδεικνύουν τότε οι ομάδες συσταδοποιήθηκαν.

Όπως βλέπουμε, στην αρχή, τα ζεύγη στοιχείων είναι συνήθως ομαδοποιημένα. Έπειτα, απομονωμένα στοιχεία προστίθενται σε μία προϋπάρχουσα ομάδα ή δύο υποομάδες συγχωνεύονται μέχρι να δημιουργηθεί ολόκληρο το δενδρικό διάγραμμα.

Μπορούμε να πάρουμε τις τελικές ομάδες κόβοντας κάθετα το διάγραμμα ή επιλέγωντας παρακλάδια του.

Τέλος, αυτή η μέθοδος έχει γνωστούς περιορισμούς. Απομονωμένες περιπτώσεις τείνουν να προστίθενται σε μεγαλύτερες συστάδες, καθώς οι επιλεγμένες μεταβλητές μπορεί να μην είναι επαρκείς για τον χαρακτηρισμό αυτών ή άλλα δείγματα του ίδιου τύπου να χρειάζονται.

Επιπλέον, η χρήση της μέσης απόστασης σε κάθε βήμα οδηγεί σε απώλεια πληροφορίας (Ward, 1963). Για παράδειγμα, μεταγενέστερες ομαδοποιήσεις είναι λιγότερο σημαντικές, καθώς η μέση απόσταση μεταξύ μεγάλων ομάδων μπορεί να μην αποτελεί αντιπροσωπευτική τιμή.



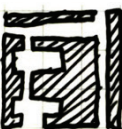
Εικόνα 40:

(Αριστερά) η γραμμή “0” έχει 6 πρώτους γείτονες, εικονιζόμενους ως “1”. Παρ’όλα αυτά, μόνο 4 από αυτούς συνδέονται με τον δεύτερο βήματος γείτονα “2”.

(Δεξιά) Αν λάβουμε υπ όψιν τον αριθμό  $n$  των κοινών γειτόνων μεταξύ των δύο γραμμών “0” και “2”, ο αριθμός των υπάρχοντων κύκλων τεσσάρων βημάτων που ξεκινάνε και τελειώνουν στη γραμμή “0” χρησιμοποιώντας τη γραμμή “2” είναι  $N^*(n-1)/2$ .

Ο συντελεστής πλέγματος μιας γραμμής είναι το άθροισμα όλων των υπάρχοντων κύκλων μεταξύ αυτής της γραμμής και των δεύτερου βαθμού γειτονικών της, από το συνολικό αριθμό που θα μπορούσαν να υπάρχουν αν όλοι οι πρώτοι και δεύτεροι γείτονες αυτής της γραμμής είχαν ομαδοποιηθεί ως πλέγμα

π.χ.  $2o^*(1o(1o-1))/2$ .

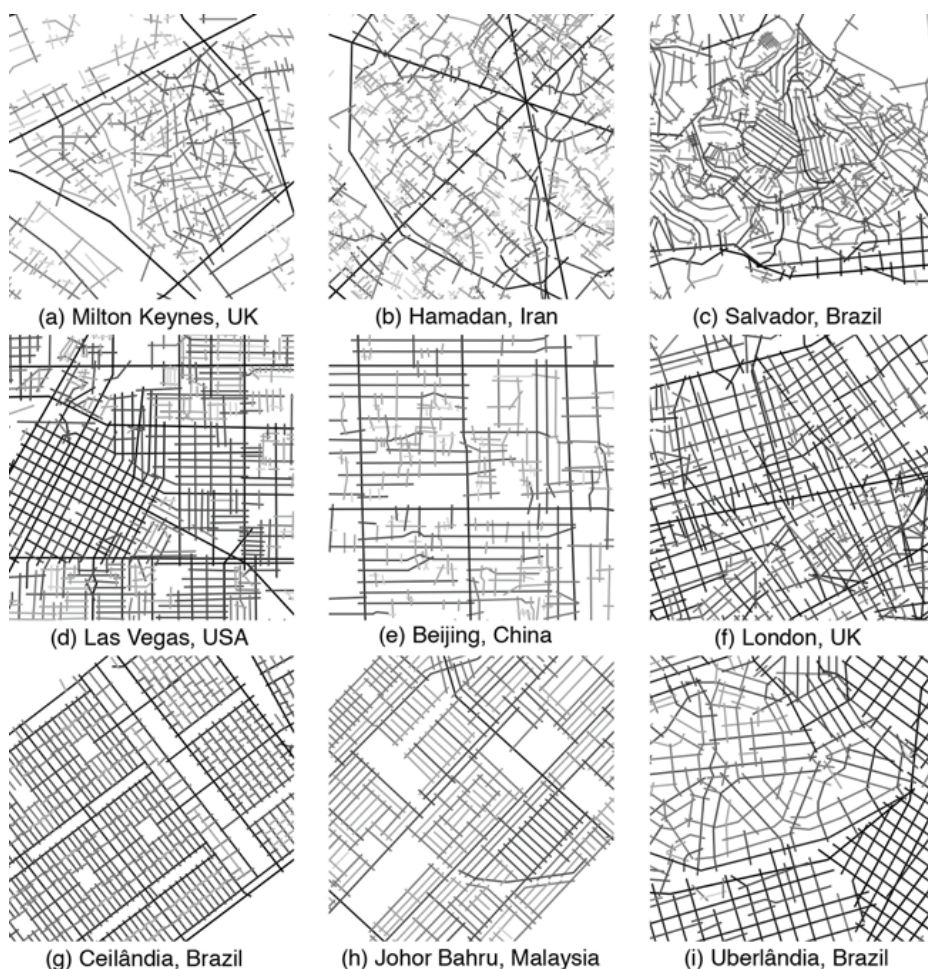


Παρά τους περιορισμούς αυτούς, τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά, καθώς αποκομίστηκαν σημαντικοί κλάδοι στο δενδρικό διάγραμμα.

Σε αυτό τον τομέα/εργασία, αναδείχθηκε ότι η γραμμές συνέχειας (continuity lines) είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την αναπαράσταση και ανάλυση του αστικού δικτύου. Αυτή η περιγραφική τεχνική ενσωματώνεται πλήρως στις πρόσφατες εξελίξεις στην επιστήμη δικτύων και την ανάλυση της θεωρίας των γράφων, αντλώντας συμβολές από τομείς όπως η στατική μηχανική, η βιολογία και τα μαθηματικά.

Εξερευνήθηκαν μόνο μερικά από αυτά τα πρωτοποριακά εργαλεία σε μια μεγάλη βάση δεδομένων continuity maps, η οποία περιλαμβάνει πόλεις από 22 χώρες. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν εντυπωσιακές ιδιότητες τέτοιων αντικειμένων. Διαπιστώνεται, λοιπόν, ότι η χωρική οργάνωση που βρίσκεται κάτω από το αστικό δίκτυο είναι πολύ περισσότερο πολύπλοκη από τους απλούς γεωμετρικούς και τοπολογικούς συσχετισμούς όπως ένα δενδρικό ή απόλυτου καννάβου δίκτυο.

Το αστικό δίκτυο αποτελεί μια δομή διαφορετικού είδους. Διατηρεί μια καθαρή ιεραρχία δενδρικού τύπου, ενώ παράλληλα επιτρέπει σύντομες περιγραφές διαδρομών ως δίκτυο. Επιπλέον, αναδεικνύεται ότι ενώ αποτελείται από σύνολα στοιχείων/κομματιών τα οποία ακολουθούν τους καθολικούς/παγκόσμιους νόμους, τέτοια στοιχεία είναι διατεταγμένα με αμέτρητους τρόπους, αντανakλώντας της ιδιαίτερη ιστορία της κάθε πόλης.



Εικόνα 41:

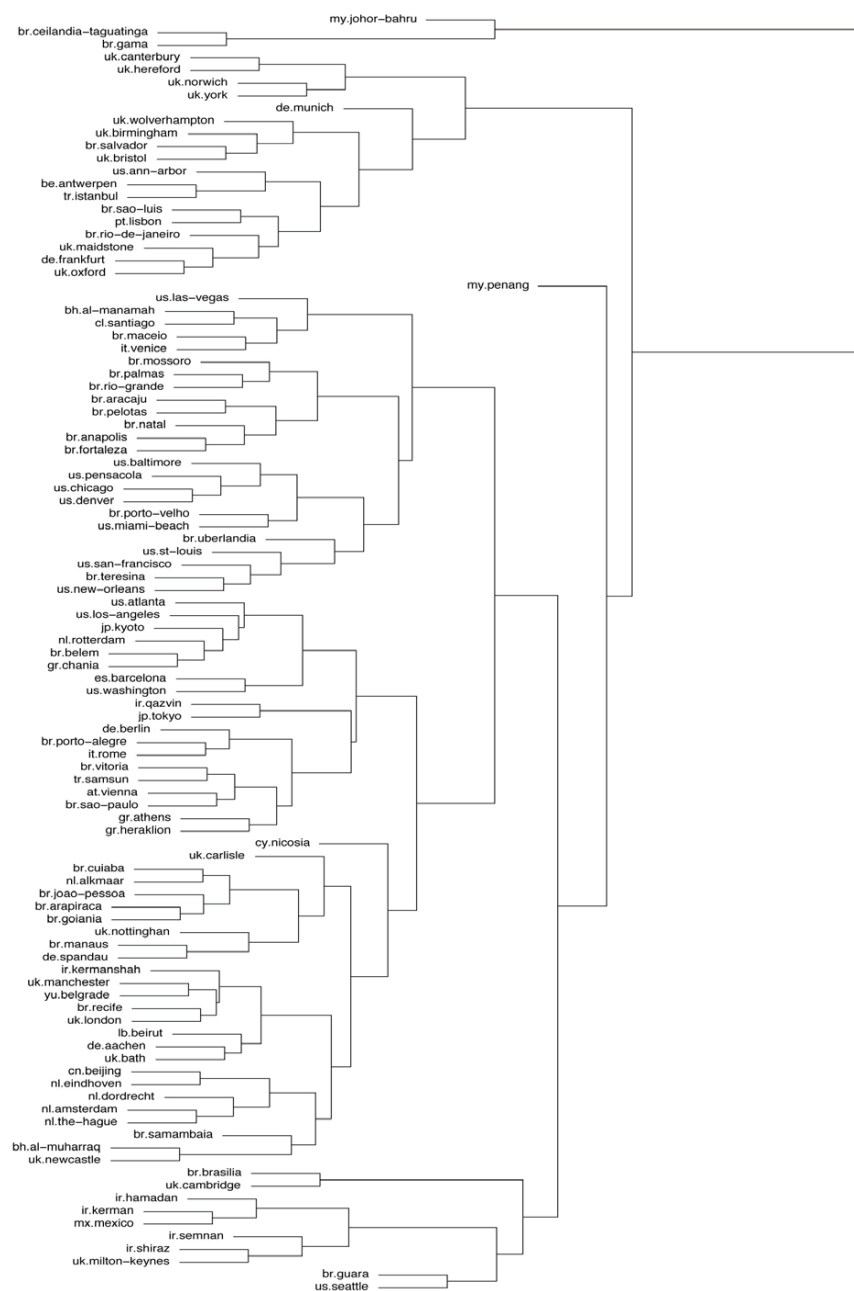
Αστικά δίκτυα παγκοσμίως, από μελέτη της Space Syntax. Από αριστερά προς τα δεξιά, ο βαθμός συσσωμάτωσης αυξάνεται. π.χ. το εύρος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως “κανονικό-μη κανονικό”. Από πάνω προς τα κάτω, ο συντελεστής του δικτύου αυξάνεται. π.χ. το εύρος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως “δενδροειδές-ακανόνιστο”.



Χαρακτηρίσα τέτοιες διατάξεις και πρότεινα μια αναδυόμενη ταξινόμηση για τα αστικά δίκτυα.

Το στοίχημα εξακολουθεί να είναι η πλήρης κατανόηση των κανόνων που διέπουν αυτές τις χωρικές και δικτυακές δομές. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να χαρακτηρίσουμε το “supergrid” και τις σχέσεις του με τις γειτονιές.

Οι επόμενοι στόχοι περιέχουν την χρήση πρωτοποριακών μεθόδων συσταδοποίησης, όχι μόνο για την ταυτοποίηση/εντοπισμό και εξαγωγή του supergrid και των μορφολογικά καθορισμένων γειτονιών του, αλλά και για τη δημιουργία νέων ισχυρών διαδικασιών ταξινόμησης. Τέλος, ελπίζω η μέθοδος και τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν παραπάνω να ρίξουν λίγο φως στα πολύπλοκα αστικά φαινόμενα και στον τρόπο διαχείρισής τους.



Εικόνα 42:

Το δενδρόγραμμα ομαδοποίησης, δημιουργημένο με τη μέθοδο μέση συνδεσιμότητας.

Απεικονίζει την ομοιότητα μεταξύ των πόλεων, λαμβάνοντας υπ όψιν 3 μεταβλητές:

το βαθμό συσσωμάτωσης, τη βελτίωση περιγραφικότητας και τον μέσο συντελεστή δικτύου.









## Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η εποχή της πληροφορίας αναδεικνύει ένα μεγάλο εύρος παραμέτρων που επηρεάζουν σε ανάλογο βαθμό τον τρόπο που κατανοούμε την πόλη, μέσω μιας χωρικής επιστήμης που προσπαθεί να λάβει υπόψη τομείς κοινωνικών αλληλεπιδράσεων, οικονομίας, πολιτικής, για να υπηρετήσει τις ανάγκες της κοινωνίας, στο σχεδιαστικό πλαίσιο.

Αναγνωρίζοντας την πολυπλοκότητα ενός συστήματος όπως η πόλη, στην εργασία αυτή προσπαθήσαμε να δημιουργήσουμε ένα ερευνητικό υπόβαθρο για να απαντήσουμε θεωρητικά και έμπρακτα, στο πως μπορεί πλέον να εξελιχθεί ο τομέας της αρχιτεκτονικής ώστε να ανταπεξέλθει στις ανάγκες του σήμερα.

Ως αναγκαία εκκίνηση για την κατανόηση της μετάβασης αυτής, επιχειρήθηκε μια εισαγωγή σε έναν νέο τρόπο αρχιτεκτονικής σκέψης, με βάση τον οποίο η **αντίληψη του σχηματισμού της μορφής αντικαθίσταται από την διαδικασία αναζήτησης την μορφής.**

Ο συλλογισμός αυτός, θέτει νέα ερωτήματα και πεδία προβληματισμού στους αρχιτέκτονες και σχεδιαστές, οι οποίοι καλούνται να αναζητήσουν απαντήσεις σε θεωρίες οι οποίες μέχρι πρότινος δεν είχαν μεγάλη σημασία για τον κλάδο, όπως η θεωρία της πολυπλοκότητας και οι δικτυακές δομές.

Η προσπάθεια διαχείριση της πολυπλοκότητας και ένταξης της στην διαδικασία του σχεδιασμού οδηγεί τους αρχιτέκτονες στην στρατηγική διαδικασία της επίλυσης του κόμβου, κατά την οποία το ενδιαφέρον και η προσοχή των σχεδιαστών στρέφεται από την **κεντρική ιδέα της σύνθεσης στην ανάδειξη των σχέσεων** που αναπτύσσονται μεταξύ διαφορετικών στοιχείων, τα οποία μέσω της επεξεργασίας και συσχέτισης πλήθους παραμέτρων, οδηγούν σε αναδυόμενα αποτελέσματα, συνήθως μέσα από συλλογικές δραστηριότητες που αυτά αναπτύσσουν.

Η **θεωρία της συναρμολόγησης**, αποτελεί για την εργασία αυτή την αφορμή για την παρουσίαση μιας **οντολογίας που αφορά την μορφογένεση συνόλων τα οποία απαρτίζονται από ξεχωριστά μέρη, και την αντίληψη υπαρχόντων συστημάτων ως τέτοια**, με σκοπό τη κατανόηση της πολυπλοκότητας της πόλης.

Στη συνέχεια η **εφαρμογή ψηφιακών διαδικασιών ανάλυσης και επεξεργασίας παραμέτρων στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό**, σε συνδυασμό με την θεωρία της συναρμολόγησης όπως αυτή αναπτύχθηκε από τους κυριότερους εκφραστές της, φαίνεται να αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο επεμβαίνουμε στην σύγχρονη πόλη.

Μπορεί να εκφραστεί και ως αφορμή για την συγκρότηση ενός νέου διαφορετικού τρόπου αρχιτεκτονικής σκέψης, η οποία σε αντίθεση με παλαιότερες πρακτικές, θα **συλλαμβάνει την πόλη ως ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων στοιχείων.**

Πιο συγκεκριμένα στην αρχιτεκτονική, οι κομβικότερες τεχνικές προσέγγισης της πολυπλοκότητας, που παρουσιάστηκαν παραπάνω, αποτελούν παράδειγμα **αυξανόμενης δυνατότητας ανάλυση σχέσεων και αλληλεπιδράσεων της πόλης.**

Η ανάλυση πυκνότητας και σχέσεων μέσω των Φρακταλικών Δομών, οι



προσμιώσεις ενδιάμεσης κεντρικότητας, συνδεσμολογίας και η δημιουργία σεναρίων εξέλιξης μέσω των **Cellular Automata**, η ανάλυση της πόλης ως σύστημα κόμβων και εις βάθος επεξεργασία και συσχέτισή τους μέσω των **Νευρωνικών Δικτύων**, και η διεξοδική μελέτη των δυνατοτήτων αλληλεπίδρασης μεταξύ τους, μέσω των **Continuation Maps**, αναδεικνύουν τη δυνατότητα εξέλιξης της αρχιτεκτονικής, με την εισαγωγή και εκμετάλλευσης αναλύσεων από άλλους τομείς της επιστήμης, με στόχο τη δημιουργία ενός πληρέστερου σχεδιαστικού υποβάθρου συμπτηγμένης πληροφορίας, το οποίο φαίνεται αναγκαίο εργαλείο για τον σύγχρονο αρχιτέκτονα.

Γενικότερα όμως, οι τεχνικές αυτές μπορούν να ιδωθούν ως **μέσο για την κατανόηση της πολυπλοκότητας των δικτυακών συστημάτων** από τον αρχιτέκτονα και ως μέσο για την **εκ νέου κωδικοποίηση πληροφορίας σε αρχιτεκτονικό σχέδιο**.

Είναι ένα μέσο το οποίο φαίνεται να βελτιστοποιεί τα αποτελέσματά του όταν αντιμετωπίζεται **διεπιστημονικά**.

Επιπλέον, ακόμα και αν δε χρησιμοποιείται για συνθετικό σκοπό, η ανάλυση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα κατά τη χρήση του, αποτελεί πολύτιμο αντικείμενο μελέτης για την **κατανόηση των αλληλεπιδράσεων**.

Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ένα τέτοιο σύστημα, αντίθετα με τις παραδοσιακές μεθόδους, εισάγει το στοιχείο της **μη προβλεψιμότητας** στο σχεδιασμό.

Η **μη προβλεψιμότητα, μέσω της αυτοματοποίησης**, ενυπάρχει σε αυτή τη διαδικασία, καθώς ένα μεγάλο μέρος της πραγματοποιείται άμεσα, με τη χρήση των πολύπλοκων υπολογιστικών συστημάτων, όπως αναλύθηκε παραπάνω. Έπειτα και από αυτό το στάδιο, έρχεται το σημείο το οποίο **ο συνειδητός σχεδιασμός εξακολουθεί να είναι το κρίσιμο στοιχείο**. Μετά το στάδιο της

ανάλυσης, σε συνθετικό επίπεδο, η επεξεργασία ενός εξαγόμενου αποτελέσματος από ένα σύστημα ψηφιακής επεξεργασίας, δεν μπορεί να είναι επιφανειακή.

Είναι μάλλον πιο χρήσιμο να αντιμετωπίζεται ως **πιθανή επιλογή ή βασικό στοιχείο** πάνω στο οποίο ο αρχιτέκτονας καλείται να προσαρμόσει οποιαδήποτε άλλη απόφαση κατά τη σχεδιαστική διαδικασία, καθώς πλέον έχει λάβει υπ όψιν σημαντικό πλήθος παραμέτρων.

Η ανάπτυξη και η μελέτη των ζητημάτων τα οποία προκύπτουν με αυτόν τον τρόπο είναι η βάση για τη βαθύτερη κατανόηση του ίδιου του σχεδιασμού και τα τελικά αποτελέσματα έχουν σημασία, αλλά ακόμα μεγαλύτερη έχει η **διαδικασία από την οποία προέκυψαν**.

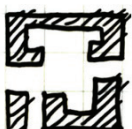


## Βιβλιογραφία

### Βιβλία

#### Ξενόγλωσσα

- \_E. Abbott, Flatlands
- \_Italo Calvino, Αόρατες Πόλεις
- \_Patrick Geddes, Civics as Applied Sociology (1905, P.6)
- \_Michael Batty, The New Science of Cities (2013)
- \_Michale Batty και Paul longley, Fractal Cities (1994)
- \_Jane Jacobs, The Death and Life of Great American Cities (1961)
- \_Richard Meier, A Communications Theory of Urban Growth (1962)
- \_Peter Hagget και Richard Chorley, Network Analysis in Geography (1969)
- \_Kostas Terzidis, Algorithmic Architecture (2006)
- \_Kostas Terzidis, Algorithms for a visual design Using the processing language (2009)
- \_Kostas Terzidis, Exrpessive Form - A conceptual approach to computational design (2003)
- \_Kostas Terzidis,
- \_Jos P. Van Leeuwen και Harry J.P. Timmermans, Recent Advances in Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning. (2004)
- \_Marvin Minsky, The society of mind (1985)
- \_R.Banham, The new Brutalism (1953)
- \_W.Ross Ashby- Mechanisms of Intelligence: Ashby's Writings on Cybernetics(1940)
- \_John Hollan-
- \_Stuart Kaufman,
- \_John von Neuman
- \_F.P.Heylighen - Complexity and Self-organization (2008)
- \_Greg Lynn - Composites, Surfaces, and Software: High Performance Architecture (2010)
- \_Warren Weaver - Lady Luck and the Theory of probability (1963)
- \_Nikos Salingaros - Principles of Urban Structure (2005)
- \_Manuel DeLanda -A New Philosophy of Society: Assemblage Theory and Social Complexity
- \_Edgar Morin - From the Concept of System to the Paradigm of Complexity.
- \_Negroponte - Architecture Machine (1970)
- \_G.Deleuze, F.Guattari - A thousand plateus (1980)
- \_J.F.LaFont - La topologie ordinaire de Jacques Lacan (1986)
- \_Henri Poincaré - The three body problem and the equation of dynamics (1882)
- \_Leonhard Euler - Introduction to analysis of the infinite. (1748)
- \_Frei Otto - Occupying and Connecting: Thoughts on Territories and Spheres of Influence with Particular Reference to Human Settlement (2009)
- \_H.L.Bergson - Matter and memory (1896)
- \_B.Massumi - A User's Guide to Capitalism and Schizophrenia: Deviations from Deleuze and Guattari.
- \_Stephen Perella - Hypersurface Architecture (Architectural Design) (1998)
- \_Marcos Novak - Next Babylon: Accidents to Play In in V2\_'s The Art of the Accident. (1998)
- \_Lars Spuybroek - NOX (2004)
- \_Kas Oosterhuis- Hyperbody: First decade of interactive architecture (2012)
- \_Pierre Levy, Collective Intelligence: Mankind's Emerging World in Cyberspace (1999)
- \_Neil Leach - Computational Design (2017)
- \_Hamdi - Small Change: About the Art of Practice and the Limits of Planning in Cities. (2004)
- \_M.Batty και Longley,1994. Fractal Cities: A Geometry of Form and Function.(1994)
- \_A.Marshall - Principles of Economics. London: Macmillan(1890).





- \_E.Glaeser -Why Economists Still Like Cities. City Journal (1996).
- \_H.E.Stanley, και N. Ostrowsky -. On Growth and Form: Fractal and Non-Fractal Patterns in Physics. New York(1985).
- \_G.B.West, J. H. Brown και B. J. Enquist - A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology(1997).

---

## Ελληνικά

---

- \_Ψηφιακός Τοπικισμός, Τοπικότητα-Σμήνος-Πλήθος, Δημήτρης Παπαλεξόπουλος,
- \_Ο επαναπροσδιορισμός της τοπικότητας και τα δίκτυα, Δημήτρης Παπαλεξόπουλος.
- \_Μηχανές του γίγνεσθαι, Δημήτρης Παπαλεξόπουλος.
- \_Η αναπαράσταση του συνεχούς, Δημήτρης Παπαλεξόπουλος 2006.
- \_Πολυδιάστατες δομές σύγκρισης χώρων: εννοιολογικά σχήματα και με'τρηση χωρικών ποιοτήτων, Α.Λάσκαρη-Διδακτορική διατριβή
- \_Το αστικό σώμα ως δικτυακή συγκρότηση:Αυτοποιητική και εμπρόσθετη λειτουργία, Ε.Ανδρουτσοπούλου-Διδακτορική διατριβή.

---

## Άρθρα και δημοσιεύσεις

---

- SPACE SYNTAX AND THE DUTCH CITY
- The supergrid, Dr Stephen Read
- Parametric Urbanism, Sebastian Wooff
- Topological infrastructure analysis of the built environment, C.Derix-A.Holden
- Digital Intuition: Autonomous classifiers for spatial analysis and empirical design, C.Derix
- Decentralized Version Control and Mass Collective Collaboration in Design, Yasushi Sakai, Daisuke Tsunoda
- Dimensionality Reduction for Parametric Design Exploration, J.Harding
- Self-Organizing Map and Cellular Automata combined technique for advanced mesh generation in urban and architectural design, Álvaro Castro Castilla, Nuria Gómez Blas
- Algorithmic clustering of spatial entities, P.Kyriakidis
- A Self-Organizing Neural System for Urban Design, A.Wadhwa, B.Lonsway
- Simplexity (and Complicity) in Architecture, B.Kolarevic
- Optimal Distribution of Architecture Programs with Multiple-Constrain Genetic Algorithm, T.Narahara, K.Terzidis
- Extreme Spatial Experience:
- Altering the Perception of Space, K.Terzidis, B.Samareh.
- File to Factory and Real-Time Behavior in ONL-Architecture, K.Oosterhuis
- Generative Processes in Architectural Design, J. Riiber
- Parametric Urban Patterns: Exploring and integrating graph-based spatial properties in parametric urban modelling, M.Bielik, S.Schneider, R.König.

