



INTER-FACULTY MASTER PROGRAM on
COMPLEX SYSTEMS and NETWORKS

SCHOOL of MATHEMATICS
SCHOOL of BIOLOGY
SCHOOL of GEOLOGY
SCHOOL of ECONOMICS



ARISTOTLE UNIVERSITY of THESSALONIKI

Net Awareness 2: Analysis

Ι. Αντωνίου, Δ. Κουγιουμτζης,
Φ. Κολυβα-Μαχαιρα, Γ. Μητακιδης,
Χ. Μπρατσας, Π. Μωυσιαδης,
Α. Παπαδοπουλου, Ν. Φαρμακης, Ν. Χασαναγκας

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Α.Π.Θ

05-12-2014

Γιατι Συζηταμε για Πολυπλοκοτητα

- Μη Αναγωγιμες Αλληλεξαρτησεις
(Η Υποθεση Ανεξαρτησιας καταρριπτεται στα Πραγματικα Συστηματα)
Αναλυση σε Δομικες/Λειτουργικες Ενοτητες (Modules Comunities)
- Περιορισμοι στην Υπολογισιμοτητα (Αναλυτικη και Αριθμητικη)
- Περιορισμοι στην Επεξεργασιμοτητα,
ιδιαιτερα Μεγαλων Δεδομενων σε πραγματικο Χρονο.
- Περιορισμοι στην Προβλεψιμοτητα (Χαος)
- Περιορισμοι στην Ακριβεια και στην Ευκρινεια
- Περιορισμοι στην Αποφανσιμοτητα
- Περιορισμοι στην Υπολογισιμοτητα
- Αβεβαιοτητα
- Αναδυση Νεων Δομων/Λειτουργιων/Καινοτομιων
- «Αορατες» (Εμμεσες) Επιρροες-Αιτιασεις

Complexity Issues

- High Interdependence (Independence Fails)
- Limits to Computability (Analytics)
- Limits to Processability
- Limits to Predictability
- Emergence, Chaos, Innovation
- Limits to Decidability
- Uncertainty (limits to Accuracy-Precision)
- Invisible (Indirect) Influences

Τι είναι Σύστημα?

Σύστημα, από το ρήμα «συνίστημι», είναι κάθε συλλογή Οντων που καλούνται Συστατικά ή Μέρη τα οποία αλληλοσυνδεονται ώστε να συναποτελουν ένα «ολον».

Η σχέση των μερων οριζει το Σύστημα.

Γνωστοι Μηχανισμοι σχέσης είναι

- φυσικες αλληλεπιδρασεις-ζευξης Υλης, Ενεργειας, Πληροφοριας,
- Χωρο-Χρονικοι περιορισμοι,
- Ενσωματωση του Συστηματος σε ευρυτερο Σύστημα.

Ένα Σύστημα αφοριζεται

από το Περιβαλλον ή άλλα Συστηματα δια του Συνορου/Διεπαφης.

What is a System ?

System, from the verb «συνίστημι» is a Collection of interrelated Entities called Components or Parts or Structural Units, so as to form a whole

Relation Mechanisms:

- interaction
- coupling
- interdependence
- embedding within a larger System within the System Environment

the spatial boundaries

the temporal boundaries,

Structure Properties

Functionality

Πολυπλοκα Συστηματα κατά Prigogine 1980

Decomposability into Independent Components **fails**

Η Στρατηγικη Διαιρει και Βασιλευε **Καταρρει**

The Strategy Divide and Conquer **Fails**

Indecomposability

Interdependence

Οι Αλληλοεξαρτησεις

δεν Αιρονται



Ποιοι Μηχανισμοι Αλληλεξαρτησης

οδηγουν σε συγκεκριμενη Συμπεριφορα Μακραν της ισορροπιας?

Ποιοι Μηχανισμοι επιβιωνουν Μακραν της ισορροπιας?

Which Mechanisms survive far From thermodynamic Equilibrium?

Πως θα περιγραψουμε τις Αλληλοεξαρτησεις?

How to describe the Interdependencies?

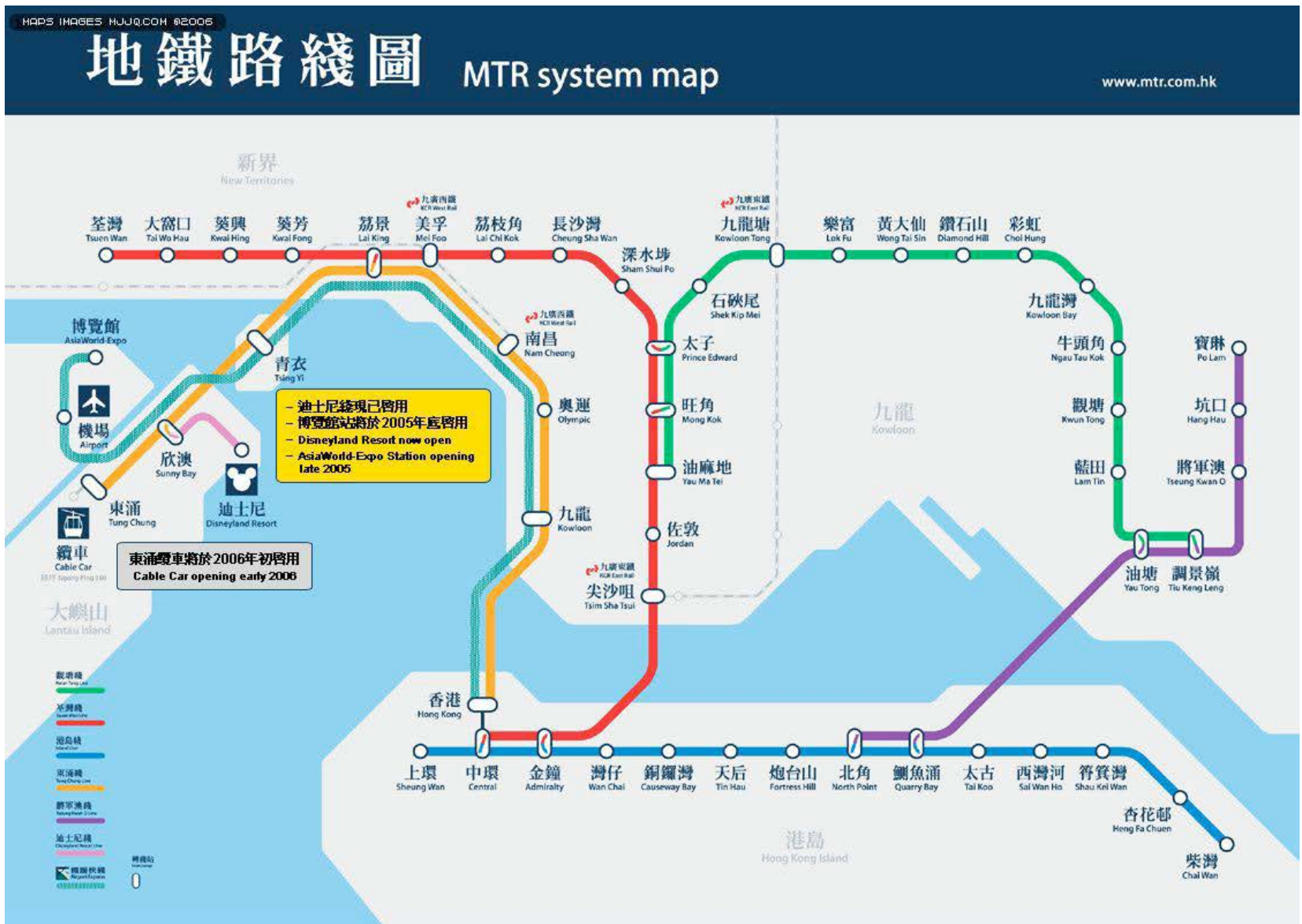
Knowledge Networks	Language
	Logical Inference Decisions
	Mathematical Systems and Theories
	Web
	Semantic Networks
	Ontologies, Semantic Web
Biomedical Networks	Genetic, Protein, Metabolic, Phenotypic
	Brain, Connectomics
	Disease Spread in the Organism, in Society
	Ecological, Species Interaction, Pollination
Socio-Economic Networks	Organizations,
	Business Ecosystems (EU)
	Management, Projects, Workflow Nets
	Transport, Supply Nets
	Financial Nets
	World Trade Web
	Social Nets, Communities, Influence
	Friendship, Sexual Nets, Trust, Gossip
War, Conflict, Criminal Nets, Terrorist Nets	



Δικτυα Πρωτεινων

Protein-protein interaction network

Proteins known to be involved in infertility (yellow nodes) and interaction partners (grey nodes).



Δικτυα Μεταφορας

Transport Networks

Geodesic path is the shortest path from one vertex to another, through the network

Τυχαία Δικτυα. Τηλεφωνικές Συδέσεις

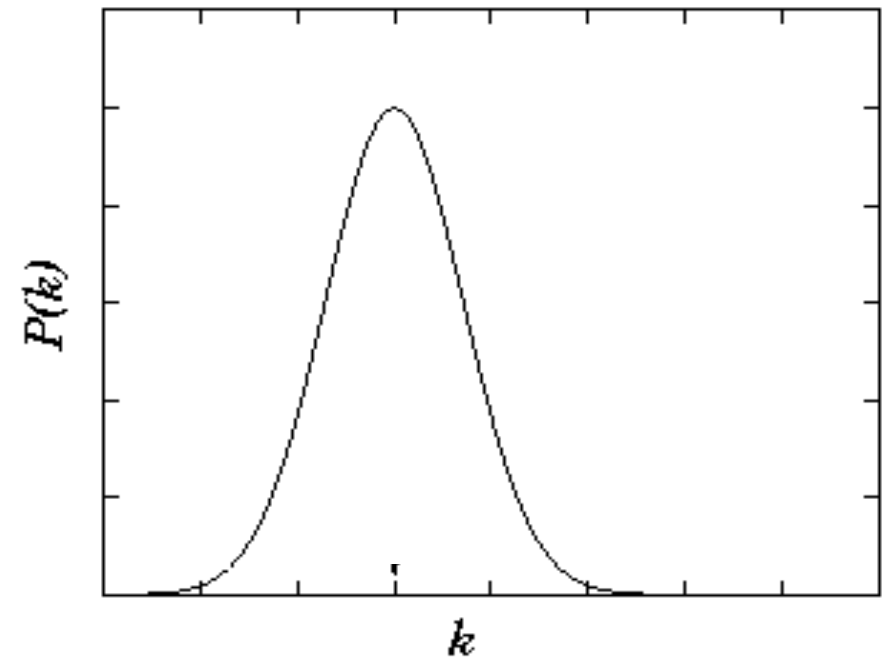
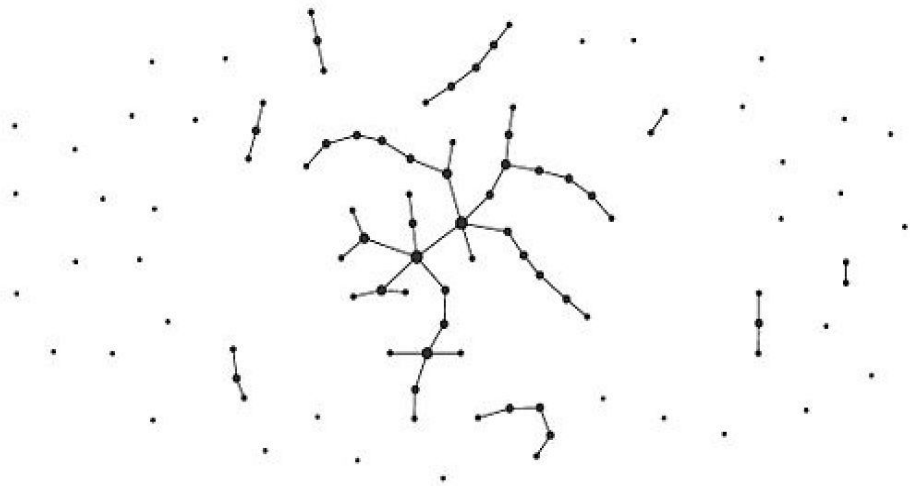
Random Nets. Telephone Networks

Renyi, Erdos 1960

PSTN

(Public Switched Telephone Network)

Random Networks



Τα Ζωντα Δικτυα

The Networks of Life

Ανακαλύπτονται 2 νέα είδη Δικτυων Επικοινωνιας

-Τα Δικτυα Μικροκοσμων (Small Worlds)

Κοινωνικα Δικτυα Social Nets

Επιληψια Epilepsy

Συγχρονισμος Πυγολαμπιδων Synchronization of Fireflies

[Strogats, Watts 1998]

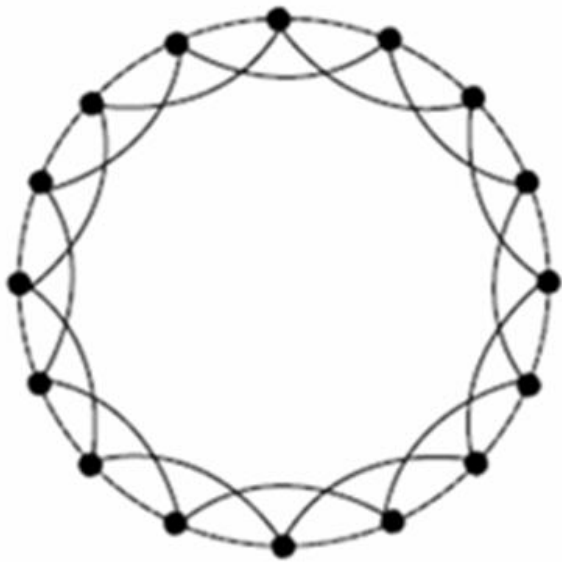
-Τα Αυτο-ομοια Δικτυα (Self-Similar,Scale-Free)

Διαδικτυο The World Wide Web

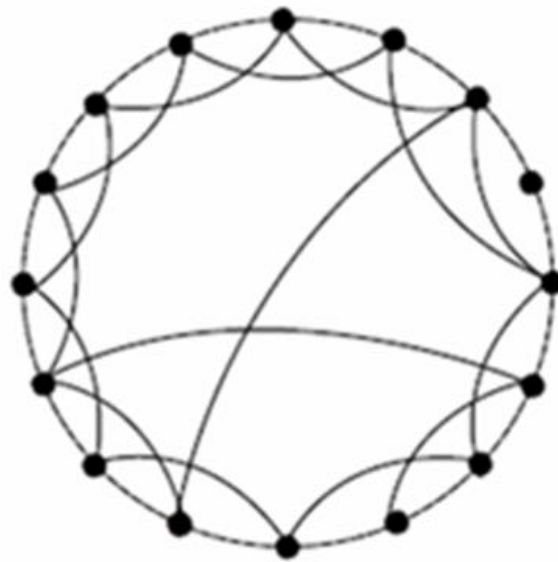
[Barabasi,Albert 1999]

Συγχρονισμός Synchronization

Μικρές Διαδρομές Επικοινωνίας Small Communication Pathways



$p = 0$



$p \ll 1$



$p = 1$

Fractals Αυτο-Ομοια Δικτυα

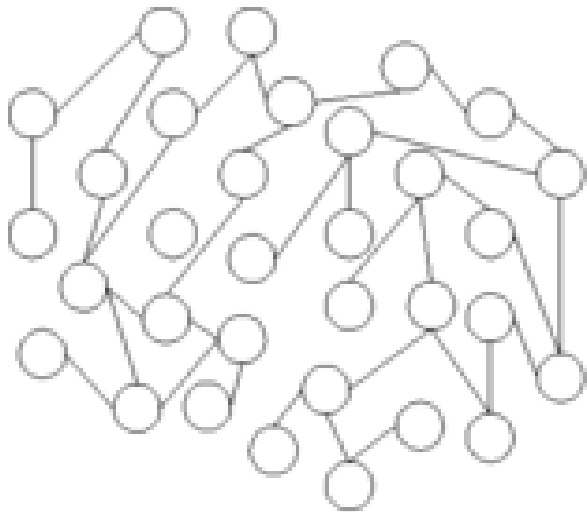
Αναξαγορας:

“αρχας των οντων ομοιομερειας απεφηνατο” [Αετιος, DK 59A46]

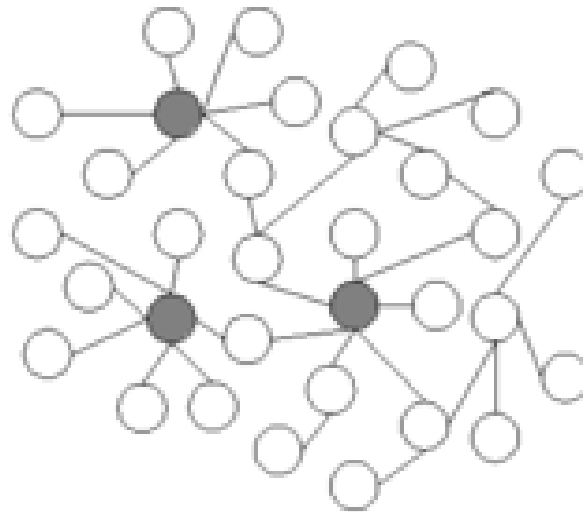
Σμαραγδινος Πιναξ Αλχημιστων:

Emerald tablet Alchemy:

«Τα Ανω ως και τα Κατω»



(a) Random network



(b) Scale-free network

$P(k) \sim k^{-\gamma}$ Νομος Δυναμης Power Law

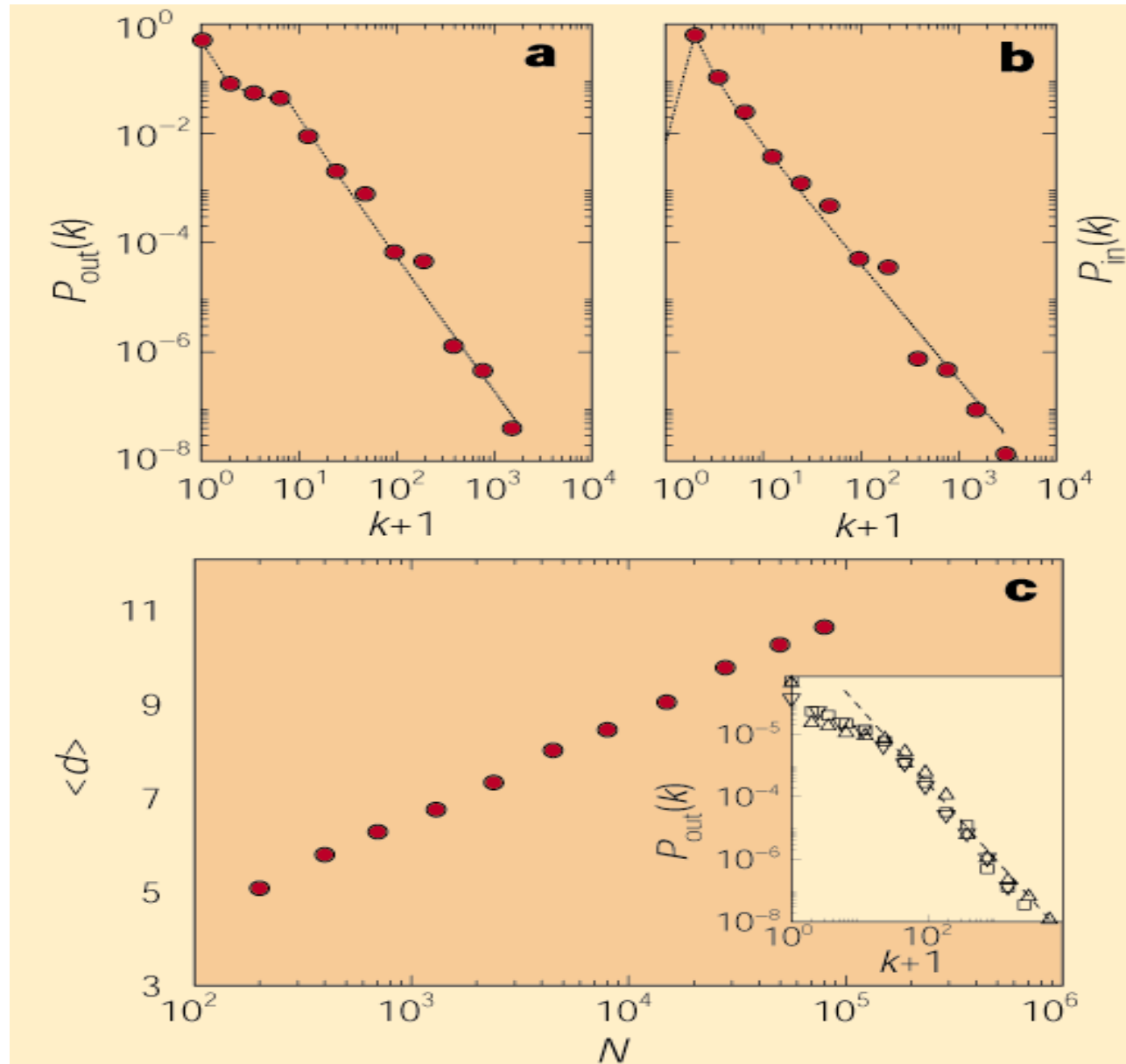
World-Wide Web.

The Distribution of the Number of Links follows the Power law

Ο Παγκόσμιος Ιστός

Η Κατανομή του αριθμού των Συνδεσεων ακολουθεί

τον Νομο Δυναμής



Αναλυση
Ευπαθειας
Διαδικτυου

Analyzing
Web
Vulnerability



**Προγραμμα Μεταπτυχιακων Σπουδων
στην Επιστημη του Διαδικτυου
2009-10 εως 2013-4**

Τα Δικτυα ως Πλαισιο Αναλυσης
Του Διαδικτυου, του Παγκοσμιου Ιστου
Και των Πολυπλοκων Συστηματων

2015-2025 ΟΡΑΜΑ

Τα Δικτυα ως Κοινο Πλαισιο Αναλυσης

- Της Δομης,
 - Της Λειτουργιας
 - Του Σχεδιασμου-Θεραπειας
- των Πολυπλοκων Συστηματων
- Ενοποιηση-Διαλειτουργικοτητα**
της Γνωσης

ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗ:

Προγραμμα Μεταπτυχιακων Σπουδων στα Πολυπλοκα Συστηματα και Δικτυα 2014-15 εως 2021-2

Τα Δικτυα ως Κοινο Πλαισιο Αναλυσης

- Της Δομης,
- Της Λειτουργιας
- Του Σχεδιασμου-Θεραπειας
των Πολυπλοκων Συστηματων

ΠΜΣ στα Πολυπλοκα Συστήματα και Δίκτυα

Προσφέρει:

- Μεθοδολογία Αναλυσης Δικτυων
Net ANALYTICS
- Δυνατοτητες Παρεμβασης σε Δικτυα
Net HEALING
- Αναλυση Δεδομενων

Net ANALYTICS

NET OBSERVATION-IDENTIFICATION

(Statistical Analysis: Static-Temporal)

NET DIAGNOSTICS: Characterize the Net

Structure **(Statistical-Topological Indices)**

- Roles of Individuals or Groups **(Centralities Analysis)**
- Structural Units = Modules = Clusters **(Modularity Analysis)**

Functions **(Dynamical Models)**

- Evolution of the Net (Change Nodes-Links)
- Flow within the Net: Influence-Propagation-Diffusion-Synchronization
- Interoperability in Communication, Transport
- Congestion, Bottlenecks
- Robustness, Stability, Resilience, Vulnerability
- Agility
- Adaptability

Παρεμβάση.

Net HEALING

Policy Implementation :

Optimization Possibilities (trade-off):

Time, Space (Memory), Cost,

Robustness-Agility-Adaptability

Interoperability-Influence Control, Targetting,

Stabilization

(Re)Design,

Intervention: Non-Invasive (Regulate the Weights)

Invasive (Change Nodes-Weights)

Αναλυση Δεδομενων

Monitoring-Control of Data in Real Time:

Data sets, (Big Data)

Data bases (relational, semantic),

Ontologies,

Semantic Web

Linked Data

Knowledge Processing

Οργάνωση προς

Συζήτηση-Αποσαφηνίσεις-Εναρμόνιση

- Μαθηματικά-Εργαλεία Αναλυσης Δικτυων
- Δικτυα Γνωσης
- Γεωλογικά και Φυσικά Δικτυα
- Βιο-Ιατρικά Δικτυα
- Κοινωνικο-Οικονομικά Δικτυα

Οργάνωση προς

Συζήτηση-Αποσαφηνίσεις-Εναρμόνιση

- **Μαθηματικά-Εργαλεία Αναλυσης Δικτυων**
- **Δικτυα Γνωσης**

Τι Θα γνωρίζουν οι Φοιτητες

στις αρχες του Εαρινου Εξαμηνου

Στατιστική
Ανάλυση Δικτύων
Πως βρισκω το
Δικτυο

Δειγματοληψια για ευρεση των Συνδεσεων **ΦΑΡΜΑΚΗΣ**

Αναλυση Χρονοσειρων για την ευρεση Δυναμικων-
Λειτουργικων Συνδεσεων **ΚΟΥΓΙΟΥΜΤΖΗΣ**

Αναλυση Clusters ως βαση για την ευρεση
Modules-Κοινοτητων-Ομαδων **ΚΟΛΥΒΑ-ΜΑΧΑΙΡΑ**

Θεωρία Δικτύων
και Δυναμικά
Συστήματα
Πως περιγραφω
ενα γνωστο
Δικτυο


Θεωρια Γραφων (Δεδομενο το Δικτυο)
Οι βασικοι Στατιστικοι-Τοπολογικοι Δεικτες
Τα βασικα Δικτυα και μοντελα αναπτυξης
(Τυχαια, Μικροκοσμοι, Αυτο-ομοια)
ΜΩΥΣΙΑΔΗΣ, ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ

Τα βασικα Δυναμικα και Στοχαστικα Μοντελα **ΑΝΤΩΝΙΟΥ**

Μοντελα Semi-Markov (Μεταβασεις + Διαρκειες)
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

Δίκτυα Γνώσης και
Σημασιολογικός
Ιστός

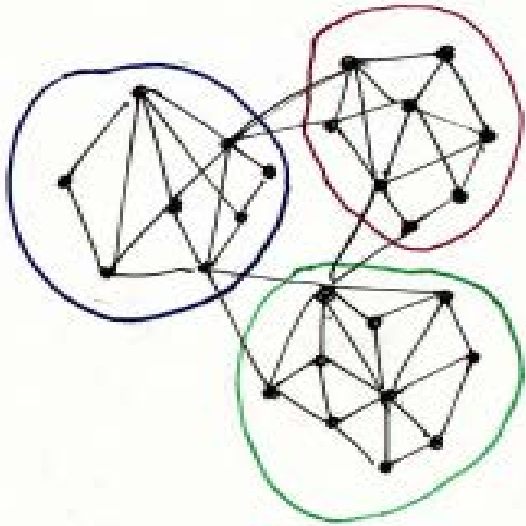
Πως διαχειριζομαστε Μεγαλα Δεδομενα
Πως γινεται η Σημασιολογικη Επεξεργασια
Πως διαδυνδεονται δεδομενα μεσω Οντολογιων
Πως διαμορφωνεται και αξιοποιειται η Γνωση
Το WWW ως Δικτυο Γνωσης και Γνωσιακης Επεξεργασιας
ΜΗΤΑΚΙΔΗΣ, ΜΠΡΑΤΣΑΣ, ΚΕΧΑΓΙΑΣ, ΤΖΟΥΝΑΚΗΣ

Centrality (Κεντρικότητα) of Individuals or Clusters	Role of Individual or Cluster With High Centrality
Βαθμός (Degree Centrality)	Hub (Out) Ομφαλός Authority, Guru (In) Αυθεντία, Εγκυρος
Εγγύτης (Closeness Centrality)	Accessible (In), Προσβασιμος Propagator (Out) Διαδοτης
Διαμεσότης (Betweenness Centrality)	Intermediary, Broker, Bottleneck Διαμεσολαβητης [Χατζιαβατης] 
Ιδιοκεντρικότητα (Eigenvector Centrality)	Regulators, Manipulators Ρυθμιστης
Articulation	Articulation, Γεφυροποιος They Connect different Modules-Groups.

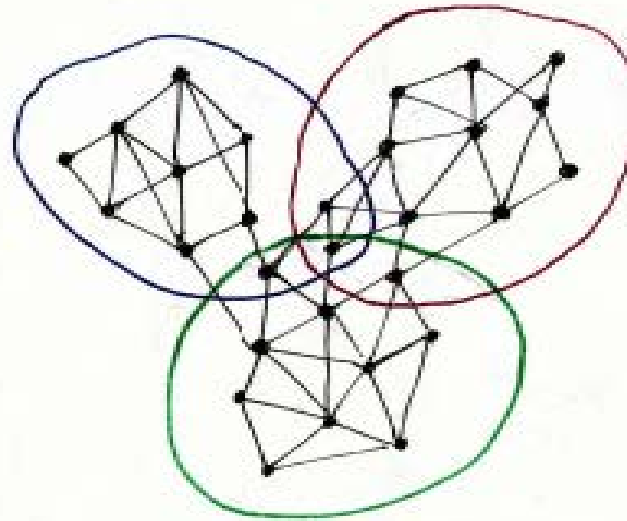
Community Structure, Modular Decomposition

Find the Clusters of vertices with high density of edges and a low density of edges in between the Clusters

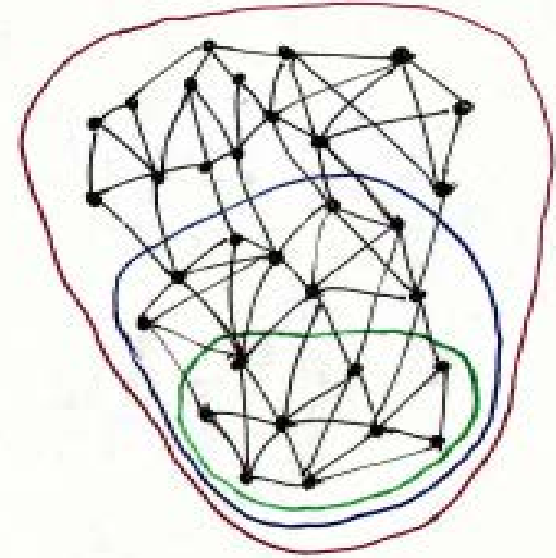
Partition



Overlapping Clusters



Hierarchical-Nested



- Children Friendship Network of Citation
- Research Interest Networks
- World Wide Web: subject of Webpages
- Metabolic Networks: Functional units
- Linguistic Networks: similar linguistic categories
- Brain
- Mind Semantic Network
- Knowledge
- Organizations

Θεωρία Πληροφορίας, Εντροπία και Πολυπλοκότητα	Συντακτική Πληροφορία. Η Εντροπία ως δεικτης Πολυπλοκοτητος-Ποικιλοτητος Εντροπιες (Μεταβλητων, Δεικτων) Δικτυου Εντροπια Σημασιολογικου Δικτυου. Εντροπια Οντολογιων ΑΝΤΩΝΙΟΥ, ΓΙΑΛΑΜΠΟΥΚΙΔΗΣ
	Εκτιμησεις Ασφαλειας Δικτυων ΛΟΥΚΟΣ
	Φυσικη Γλωσσα και Σημασιολογια ΤΑΝΤΟΣ

Οργάνωση προς

Συζήτηση-Αποσαφηνίσεις-Εναρμόνιση

- Γεωλογικά και Φυσικά Δίκτυα
- Βιο-Ιατρικά Δίκτυα
- Κοινωνικο-Οικονομικά Δίκτυα

Τι Εφαρμογές

προτιθενται να αναπτυξουν

οι Χρηστες της Θεωρίας Δικτυων

**Δικτυα Ζωης
και**

**Γεω-
οικολογικα
Συστηματα**

**Βιοχημικα Δικτυα Αντιδρασεις,
Γενετικα, Πρωτεινες, Μεταβολικα,
Φαινοτυπικα**

ΣΚΟΥΡΑΣ, ΣΓΑΡΔΕΛΗΣ, ΣΠΥΡΟΥ

**Οικοσυστηματα και Δικτυα
Πληθυσμων-Τροφης-
Τοπων-Προστασιας**

ΣΓΑΡΔΕΛΗΣ, ΜΑΖΑΡΗΣ, ΠΑΝΤΗΣ, ΧΙΝΤΗΡΟΓΛΟΥ

**Δικτυα Εγκεφαλικης Λειτουργιας
(Connectomics) ΜΠΑΜΙΔΗΣ**

**Γεωσυστήματα,
Ατμοσφαιρικα Συστηματα**

**η Γη και η Ατμόσφαιρα
ως Σύστημα Συστημάτων,
Γεωποικιλότητα**

ΚΑΡΑΚΩΣΤΑΣ, ΠΑΥΛΙΔΗΣ, ΤΣΟΚΑΣ

Το Διαδίκτυο και ο Νους ως Οικοσυστηματα

ΠΑΥΛΙΔΗΣ, ΠΑΝΤΗΣ, ΑΝΤΩΝΙΟΥ

**Κοινωνικο-
οικονομικά
Δίκτυα**

Συνοχή κοινωνικών δικτύων (συνεκτικές συνιστώσες, κλίκες, πυρήνες-περιφέρειες).

Θεώρημα Arrow σε δίκτυα.

Κανόνες ψηφοφορίας και χωρικό μοντέλο.

Δικτυακά παίγνια.

Δικτυακές αγορές (θεωρία ανταλλαγής, δικτυακές αγορές εργασίας, ισχυροί-ασθενείς δεσμοί).

Νομική Οντολογία και Νομικά Ζητήματα στο Web. Συμπεριφορά Χρηστών του Web.

Δικτυακή Οικονομία και Συναλλαγές.

Δίκτυα Γνώσης Επιχειρήσεων και Οργανισμών, Διάχυση καινοτομίας σε δίκτυα γνώσης,

Δίκτυα Παραγωγής ,

Δίκτυα Διαχείρισης,

Επιχειρείν στο Web και Επιχειρήσεις του Web.

**ΒΑΡΣΑΚΕΛΗΣ, ΒΕΓΛΗΣ, ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΗΣ, ΚΙΤΣΙΟΣ,
ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ, ΖΗΚΟΠΟΥΛΟΣ, ΚΑΛΛΙΡΗΣ, ΝΟΥΣΚΑΛΗΣ,
ΠΕΤΡΙΔΟΥ, ΧΑΣΑΝΑΓΑΣ**