

Βελτιστοποίηση Συστημάτων & Υδροπληροφορική

Χρήστος Μακρόπουλος (cmakro@mail.ntua.gr)

Ανδρέας Ευστρατιάδης (andreas@itia.ntua.gr)

Τομέας Υδατικών Πόρων
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Υδροπληροφορική (Hydroinformatics)

- Εφαρμογές πληροφορικής (ICTs) σε θέματα **βέλτιστης/βιώσιμης διαχείρισης υδάτων**
 - Αρχές στην υπολογιστική υδραυλική: μαθηματική προσομοίωση ροών, πρώτα μοντέλα (*Mike B. Abbott, 1979*)
 - Επέκταση/έμφαση προς:
 - Πολυκριτηριακή Βελτιστοποίηση με χρήση μεθόδων «τεχνητής νοημοσύνης» (Artificial Intelligence): πχ. νευρωνικά δίκτυα, γενετικός προγραμματισμός, θολή λογική, data-driven methods, data mining).
 - Σχέση τεχνικών-κοινωνικών συστημάτων (επέκταση έννοιας συστήματος: τεχνο-κοινωνικά συστήματα, socio-technical systems) πχ. Abbott MB, Vojinovic Z (2010). Realising social justice in the water sector, JOURNAL OF HYDROINFORMATICS, 12(1): 97-117
 - Journal of Hydroinformatics (<http://www.iwaponline.com/jh/>)
-

Εργαλεία Υδροπληροφορικής

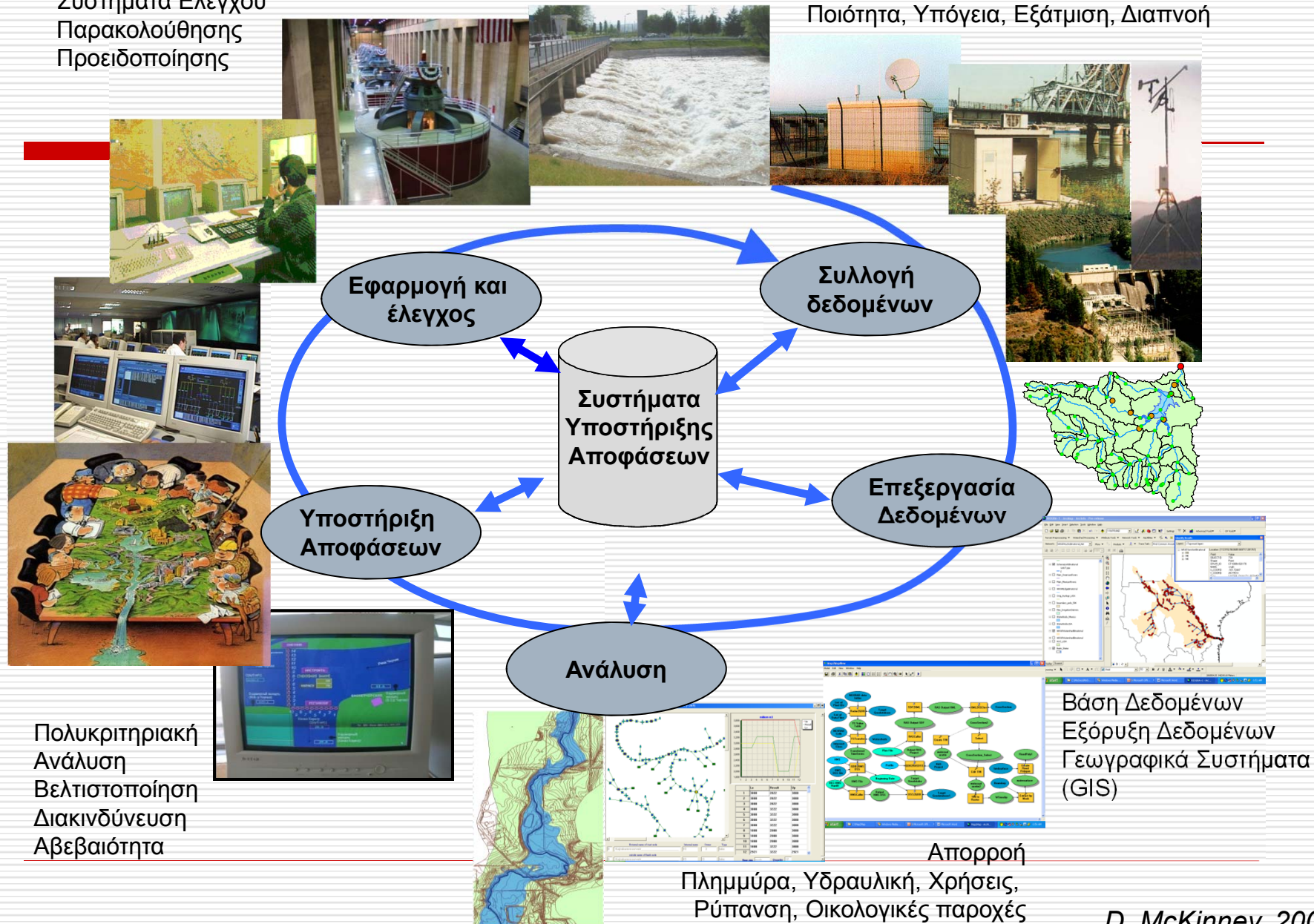
- ❑ Προγραμματισμός γενικά (C, VB, Delphi, Matlab κτλ)
- ❑ Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ArcGIS, MapINFO, IDRISI κτλ)
- ❑ Μοντέλα προσομοίωσης (DHI, Delft, WS, USEPA, USGS, USACE, κτλ)
- ❑ Βάσεις Δεδομένων
- ❑ Web-applications, hand-helds...



ToiletFinder UK

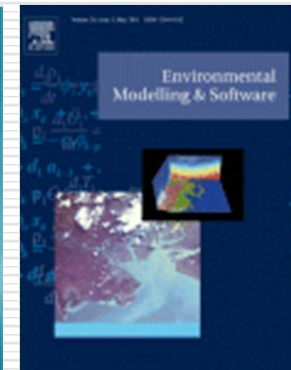
Συστήματα Ελέγχου
Παρακολούθησης
Προειδοποίησης

Βροχόπτωση, θερμοκρασία, Υγρασία, Παροχή
Ποιότητα, Υπόγεια, Εξάτμιση, Διαπνοή



Η παγκόσμια κοινότητα

- ❑ Mike Abbott (1991)
- ❑ Journal of Hydroinformatics
- ❑ Environmental Modelling and Software
- ❑ www.hydroinformatics.org
- ❑ [IAHR](http://www.iahr.org), [IWA](http://www.iwa.org), [IAHS](http://www.iahs.org)
- ❑ <http://www.iwawaterwiki.org>



Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση Σύνθετων Συστημάτων

- Σύνδεση διαφορετικών φυσικών μοντέλων
 - Χωρικές και χρονικές κλίμακες
 - Software interfacing
- Σύνδεση φυσικών, οικονομικών κοινωνικών εργαλείων
- Σύνδεση/σύνθεση στοιχείων από διαφορετικά εργαλεία
 - Διαφορετικών παρόχων
 - Χωρικά κατανεμημένων



Σύνδεση διαφορετικών φυσικών μοντέλων

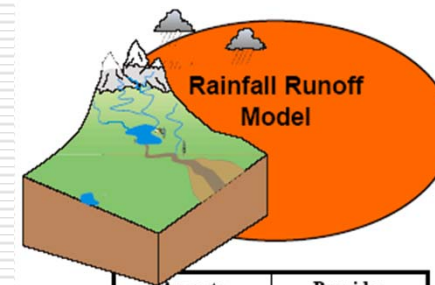
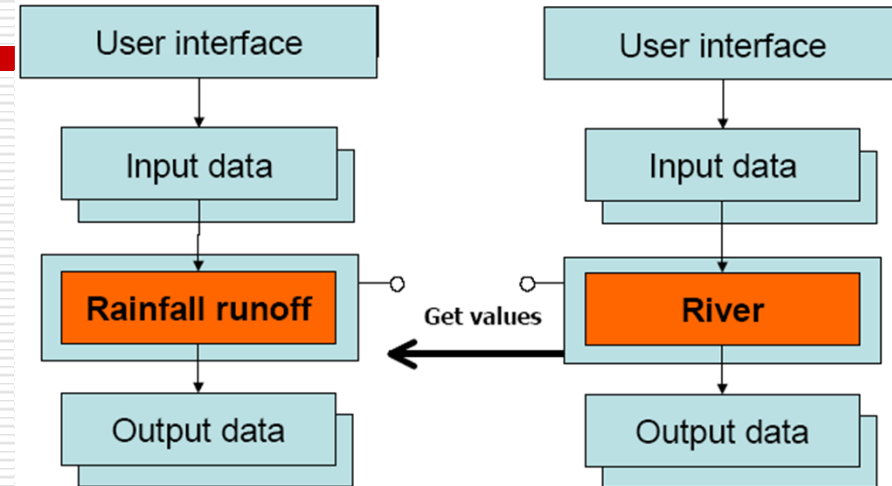
OpenMI

Output του βροχής απορροής = Input του υδατορέματος

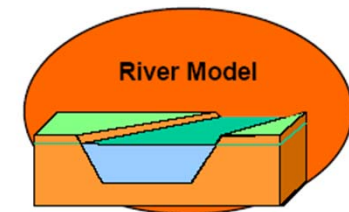
Open Source

Προδιαγραφές + εργαλεία

DHI-HR-Delft-EMΠ



Accepts	Provides
Rainfall (mm)	Runoff (m ³ /s)
Temperature (Deg C)	
Evaporation (mm)	

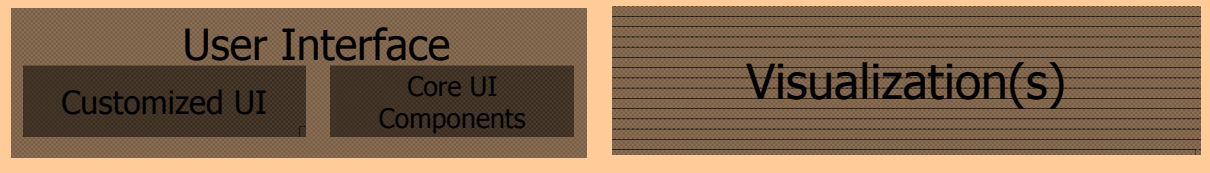


Accepts	Provides
Upstream Inflow (m ³ /s)	Outflow (m ³ /s)
Lateral inflow (m ³ /s)	
Abstractions (m ³ /s)	
Discharges (m ³ /s)	

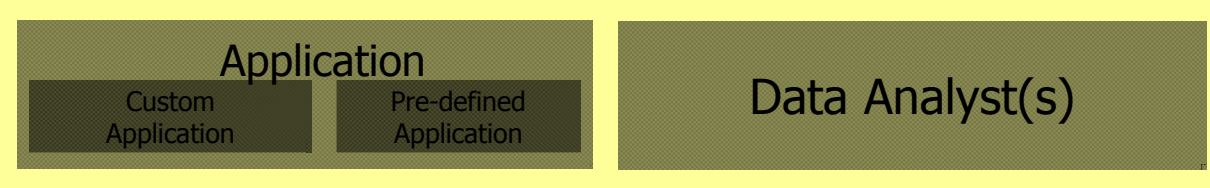
Πλατφόρμες Ανάπτυξης Εργαλείων

- Εργαλειο-θήκες (toolbox)
- Αντικειμενοστραφής προγραμματισμός
- Γεωγραφικά αντικείμενα.
- Ανοιχτές πλατφόρμες σύνδεσης με μαθηματικά μοντέλα
- Σύνδεση «δομικών στοιχείων» προγραμμάτων

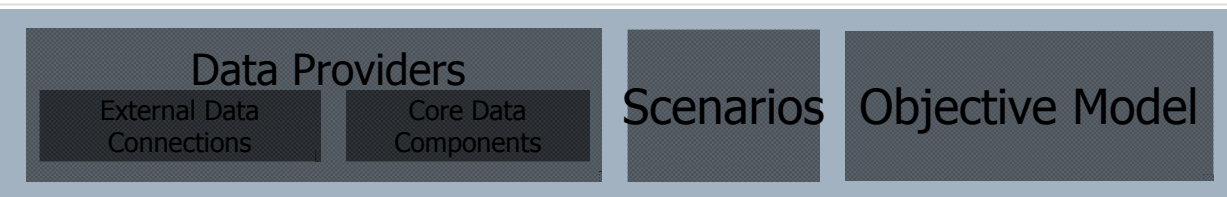
View



Control

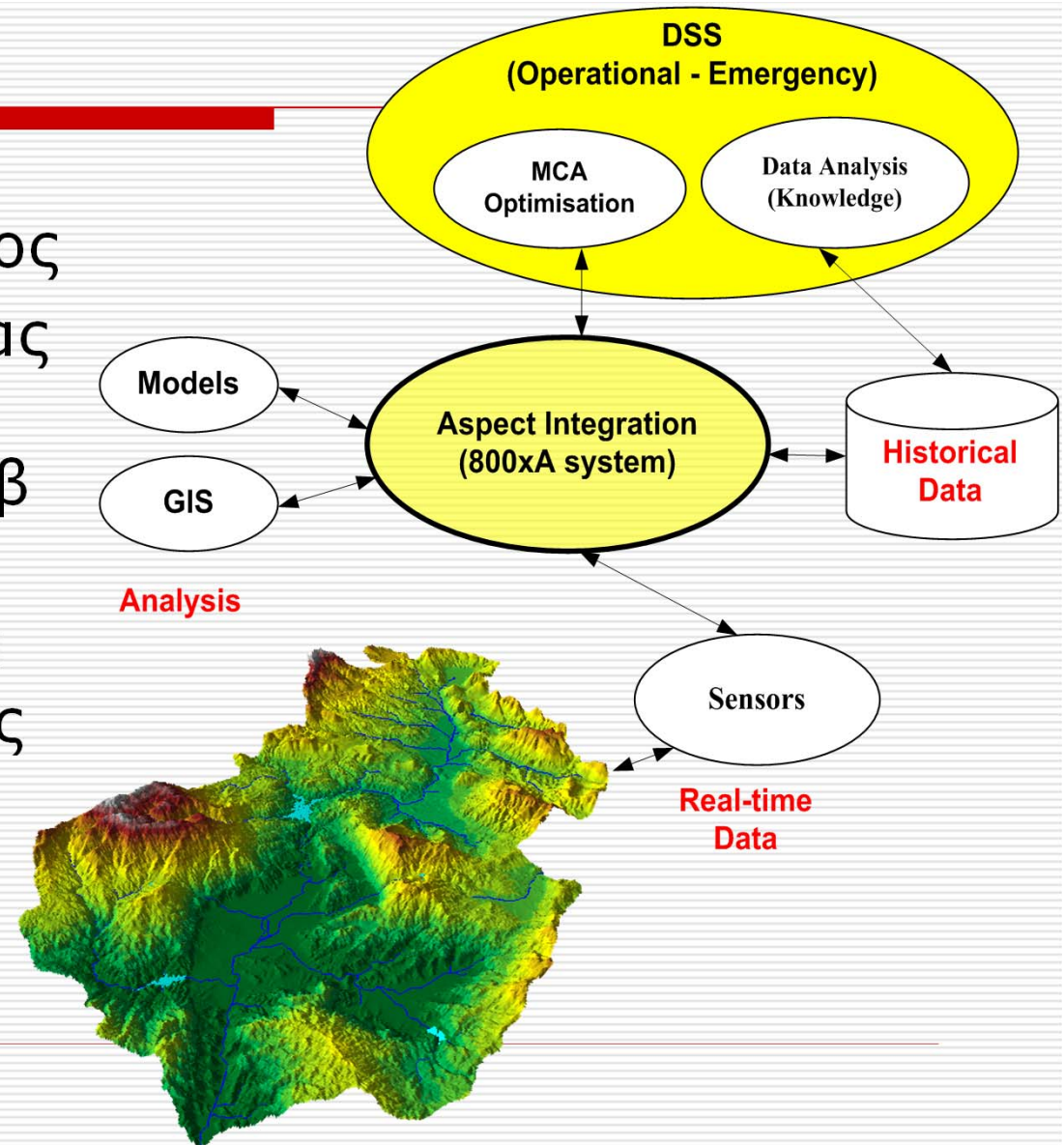


Model



Πλατφόρμες Σύνδεσης Εργαλείων

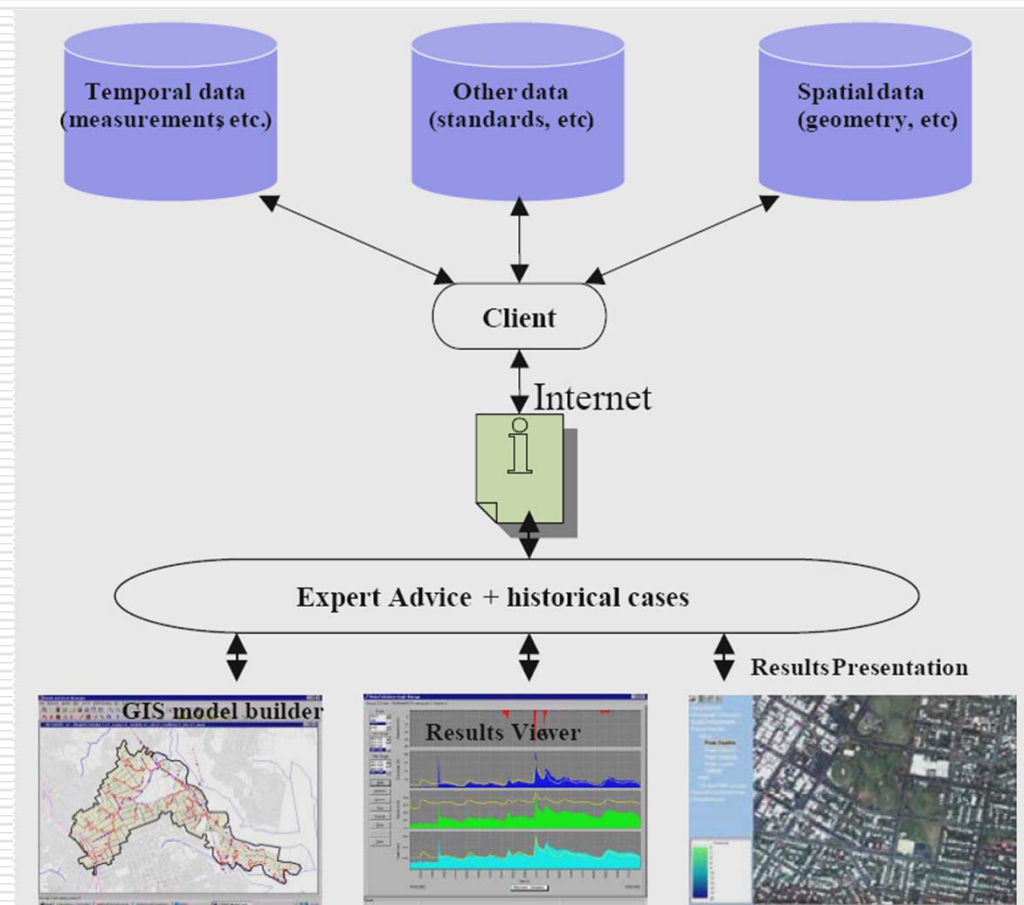
- Αφετηρία: βιομηχανία/αυτ.έλεγχος
- Διαχείριση επικοινωνίας μεταξύ εργαλείων/μοντέλων/βάσεων δεδομένων)
- Εφαρμογή: Επείγουσα Αντίδραση (πλημμύρες – περιστατικά ρύπανσης)



Λογισμικό ως Υπηρεσία + Pick n' Mix

□ *WaterKnowledge Initiative* (M. Abbott)

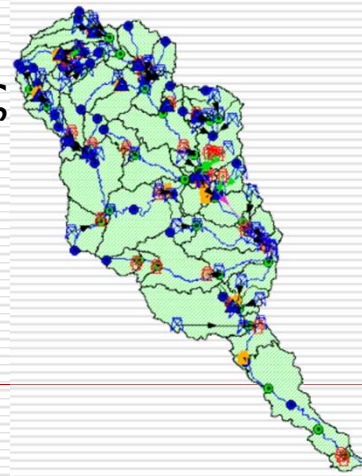
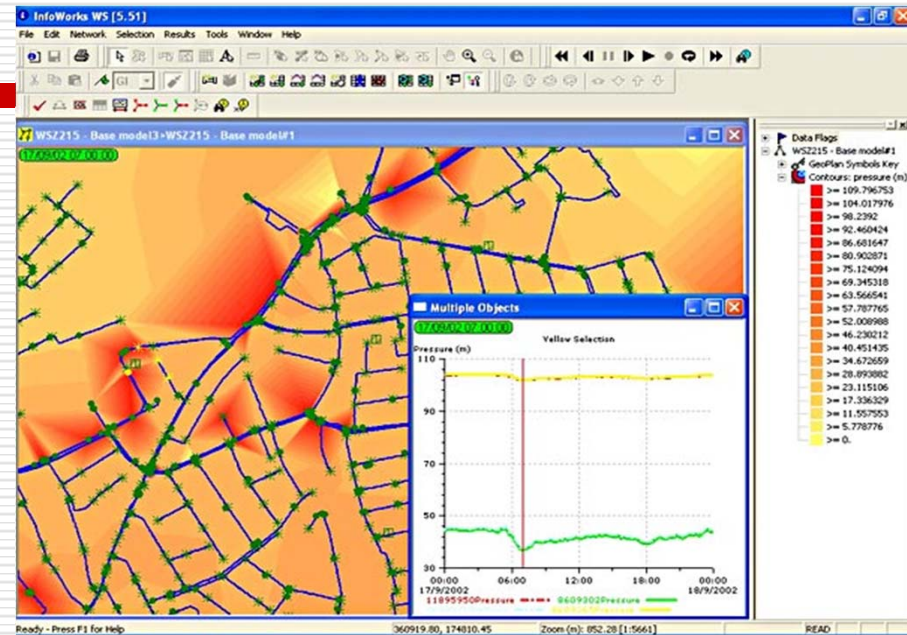
- Αλλαγή στο τρόπο λειτουργίας των εταιρειών λογισμικού περιβαλλοντικής ανάλυσης και προσομοίωσης: Από παροχή *software* σε παροχή *υπηρεσίας* μέσω **διαδικτύου**
- Επιλογή σε επίπεδο *στοιχείων προγραμμάτων*



Διασύνδεση: δεδομένα – ανάλυση - παρουσίαση

GIS:

- Οργάνωση Πληροφορίας
 - Geodatabases
 - Spatio-Temporal Data Models
- Αναλύση
 - Εργαλεία ανάλυσης ως μέρος του ΓΣΠ (πχ. *HydroTools* ArcGIS9)
 - ΓΣΠ λειτουργίες ως μέρος του πακέτου προσομοίωσης (*ArcObjects*: DHI/HR/Delft)
- Παρουσίαση (οπτικοποίηση: διαπραγμάτευση και λήψη αποφάσεων)



Εξοπλισμός: συλλογή και μετάδοση δεδομένων

- Τηλεμετρία
 - Ραντάρ/Δορυφόροι
 - LIDAR
- Ασύρματοι αισθητήρες
- Διαδίκτυο

The screenshot displays the website of the Hydrological Observatory of Athens. The header includes the logo and navigation links for 'LATEST MEASUREMENTS', 'RAINFALL EVENTS', and 'BIOCLIMATIC INDICATORS'. The main content area is divided into two sections: 'Latest Measurements' and 'Latest Rainfall Events'.

Latest Measurements

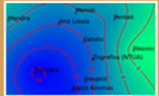
Zografou (NTUA) 19 Jan 2010, 14:00

Temperature	9.37 deg C
Humidity	47.97 %
Rainfall	0 mm
Wind speed	1.272 m/s
Wind gust	5.625 m/s
Wind direction	293.4 deg
Sunshine duration	3 min
Solar radiation	95.7 W/m ²
Net radiation	113.4 W/m ²
Barometric pressure	989 hPa

[View more](#)

Latest Rainfall Events

16 Jan 2010

 Start of event: 16 Jan 2011, 00:40
End of event: 16 Jan 2011, 06:30

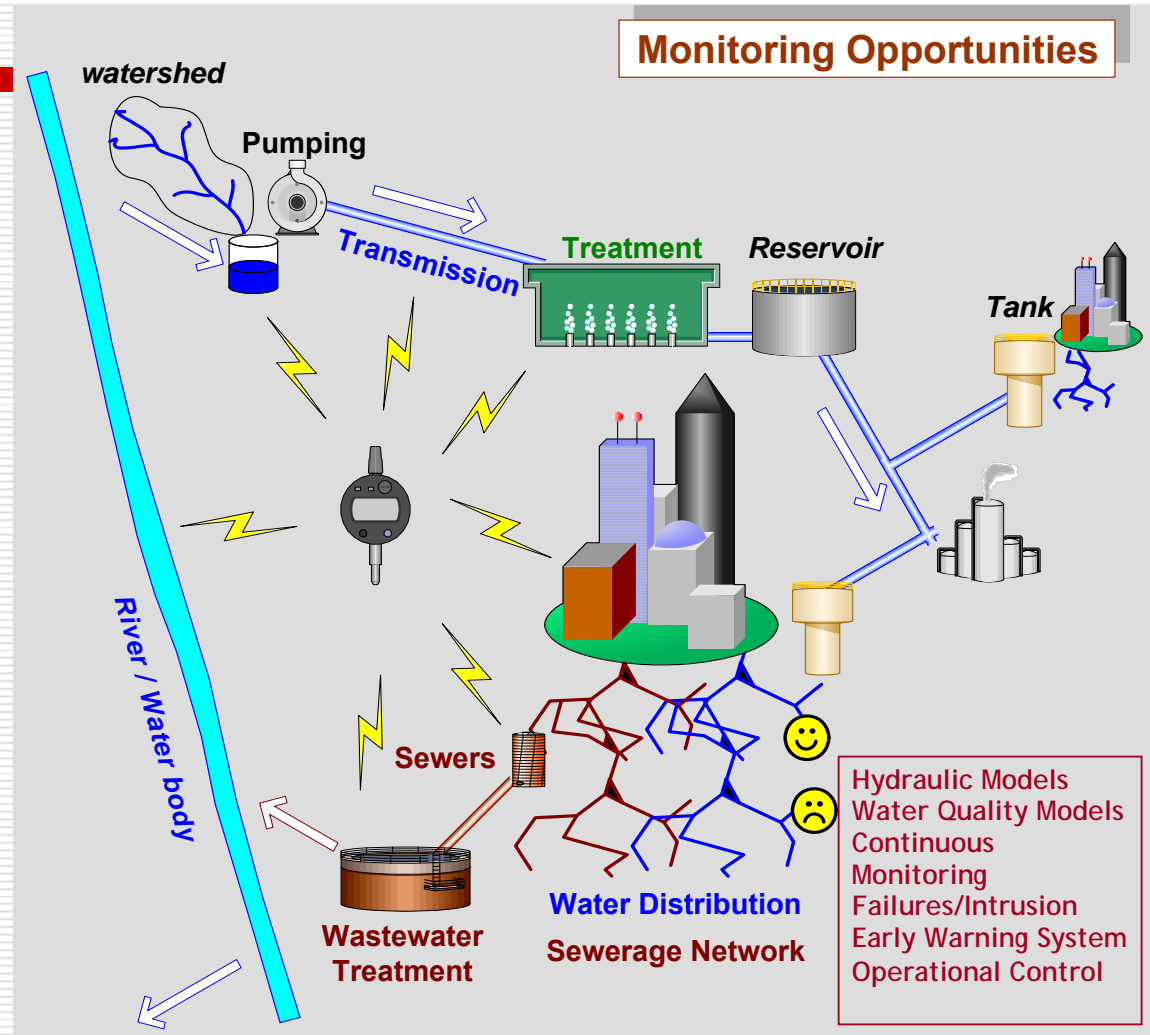
Total rainfall per station

Zografou (NTUA)	10.0	Psytalia	14.4
Pikermi	3.0	Penteli	7.6
Menidi	8.2	Mandra	7.2
Ilioupoli	10.8	Galatsi	10.2
Ano Liosia	10.0	Agios Kosmas	13.0

[View more](#)

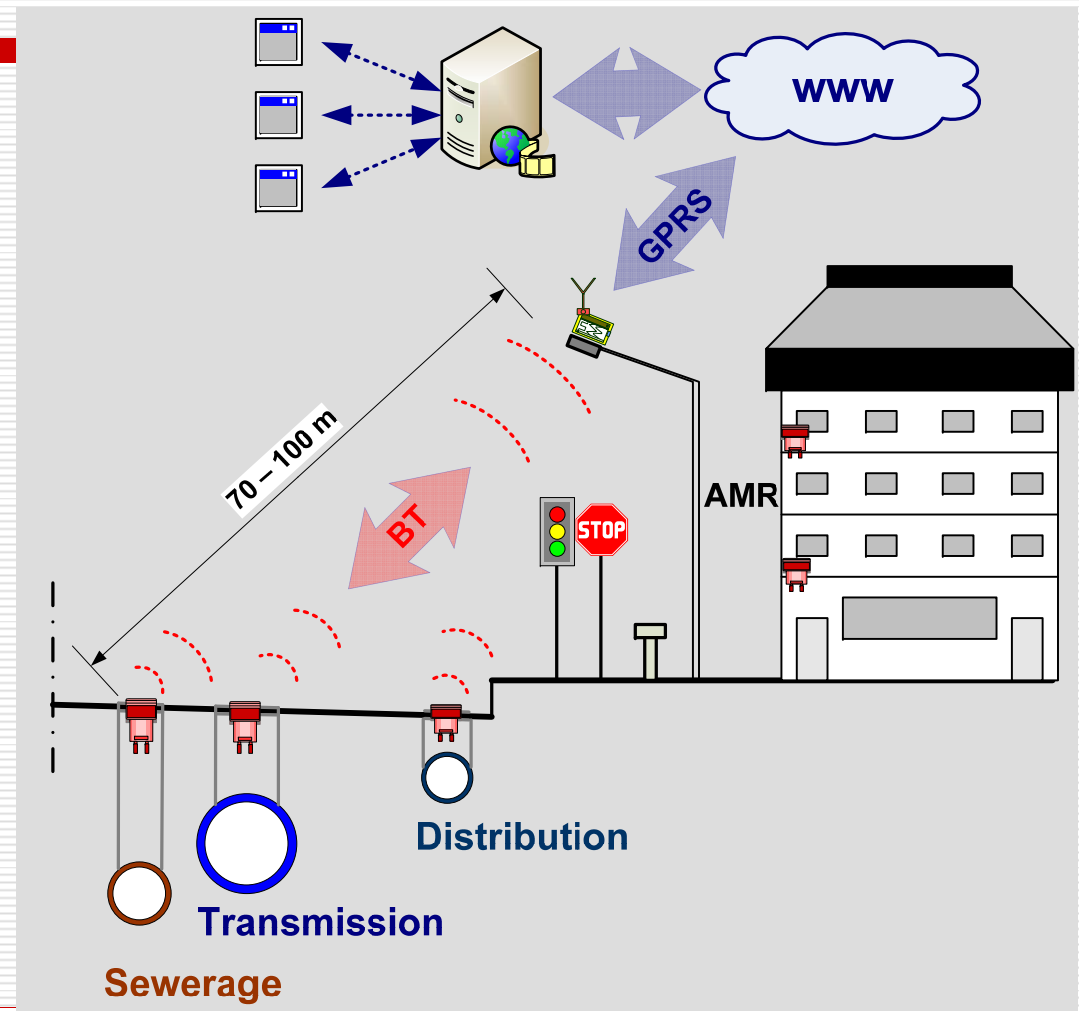
Ασύρματοι Αισθητήρες

- Πολύ-παραμετρικοί
- Φτηνοί
- Έξυπνοι (ανάλυση πληροφορίας στη πηγή / smart triggering)
- Κατανεμημένη Ευφυΐα
- Έλεγχος του Υδρολογικού κύκλου (Ποσότητα/Ποιότητα/Early Warning)
- Σύνδεση με υδρολογικά και υδραυλικά μοντέλα
- Ύδρευση
- Universal Sensors (Ασφάλειας)



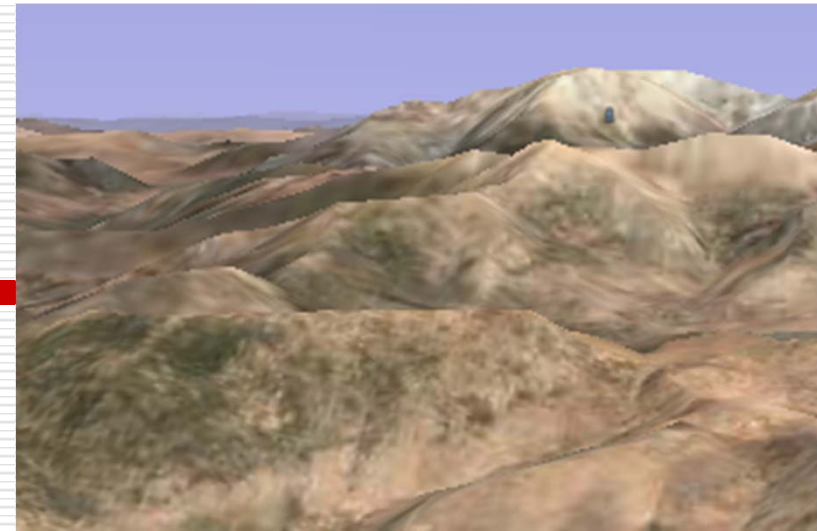
Ασύρματοι Αισθητήρες στο αστικό περιβάλλον

- Αντί για σταθερά δίκτυα τηλεμετρίας (κόστος)
- Μπαταρίες
- Μικρή ακτίνα εκπομπής
- Αναμετάδοση με GPRS
- Διαδίκτυο
- Εφαρμογές: Ύδρευση, Αποχέτευση, Ενέργεια, Υδραέριο, Τηλεπικοινωνίες)



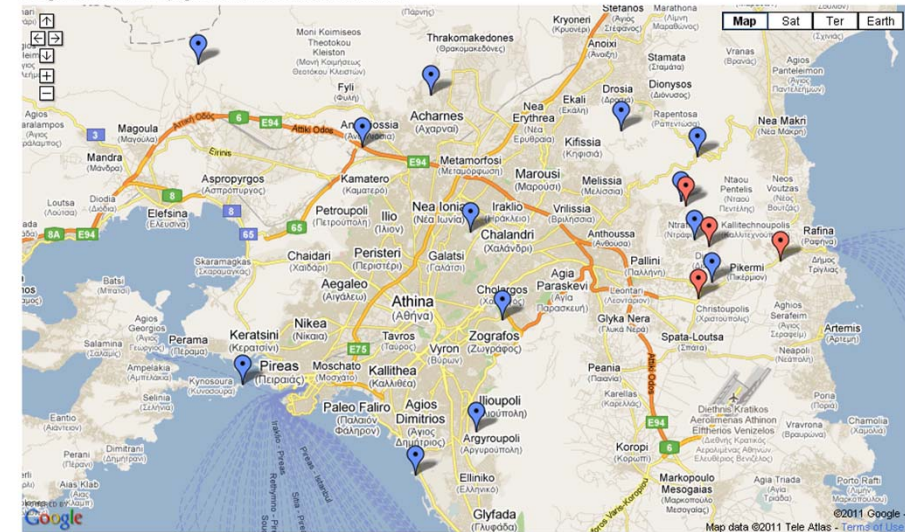
Διαδίκτυο

- ❑ **Google Earth:**
Προς πιο προσιτά σε όλους εργαλεία ανάλυσης;
- ❑ Χρήση σαν υπόστρωμα για ανάλυση και προσομοίωση



The Hydrological Observatory of Athens

This map displays the location of the hydrometeorological stations of the Hydrological Observatory of Athens. Click on a station location to navigate to the stations page and download historic timeseries.



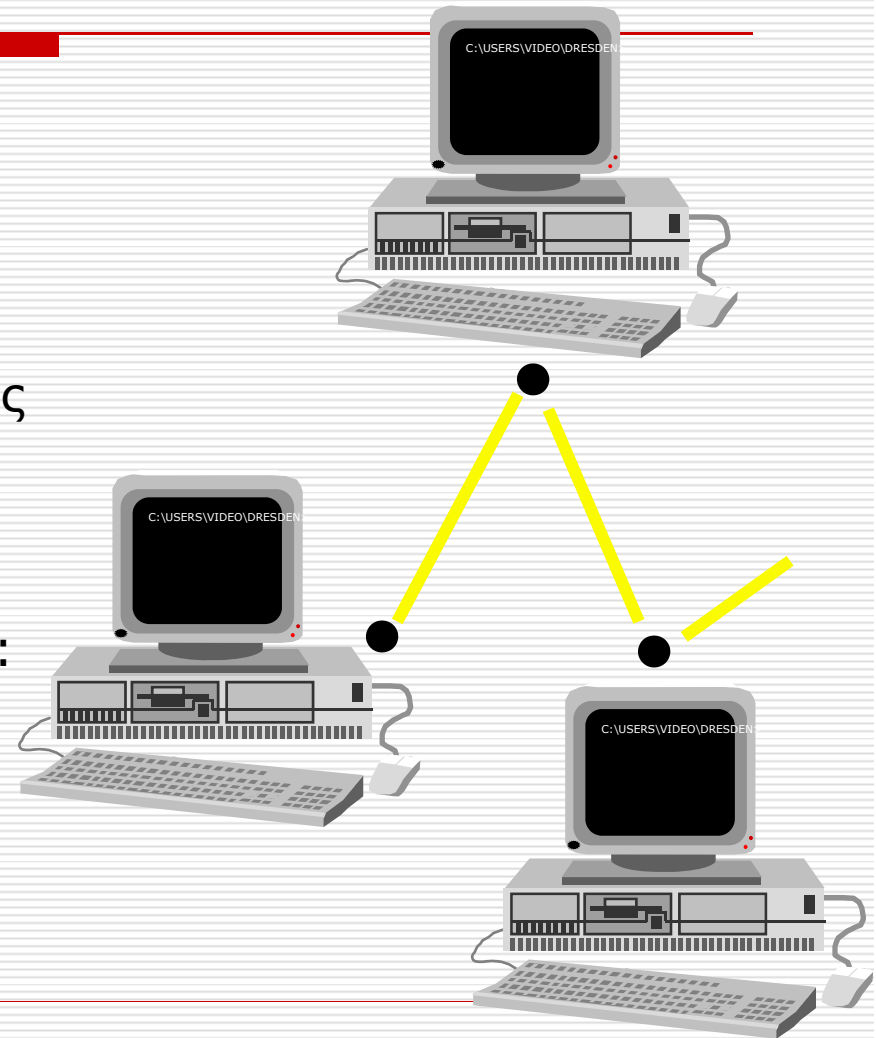
[View Hydrological Observatory of Athens in a larger map](#)

 Meteorological Station  Flow Measuring Station

Συλλογή και επεξεργασία πληροφοριών

- Από Δεδομένα σε Πληροφορία σε Γνώση
 - Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining)
 - Αναζήτηση Γνώσης (Knowledge Discovery)
 - Λογική βασισμένη σε περιπτώσεις (CBR)
 - Νευρωνικά Δίκτυα/Ασαφής Λογική
- Κατανεμημένη Πληροφορία (Internet-based, distributed dbases: πχ. ΕΤΥΜΠ+)
- Κατανεμημένη Ανάλυση (Grid Computing – Ανάλυση στη «πηγή»)

- Από Γνώση σε Δράση:
 - Early Warning
 - Αντιμετώπιση καταστροφών

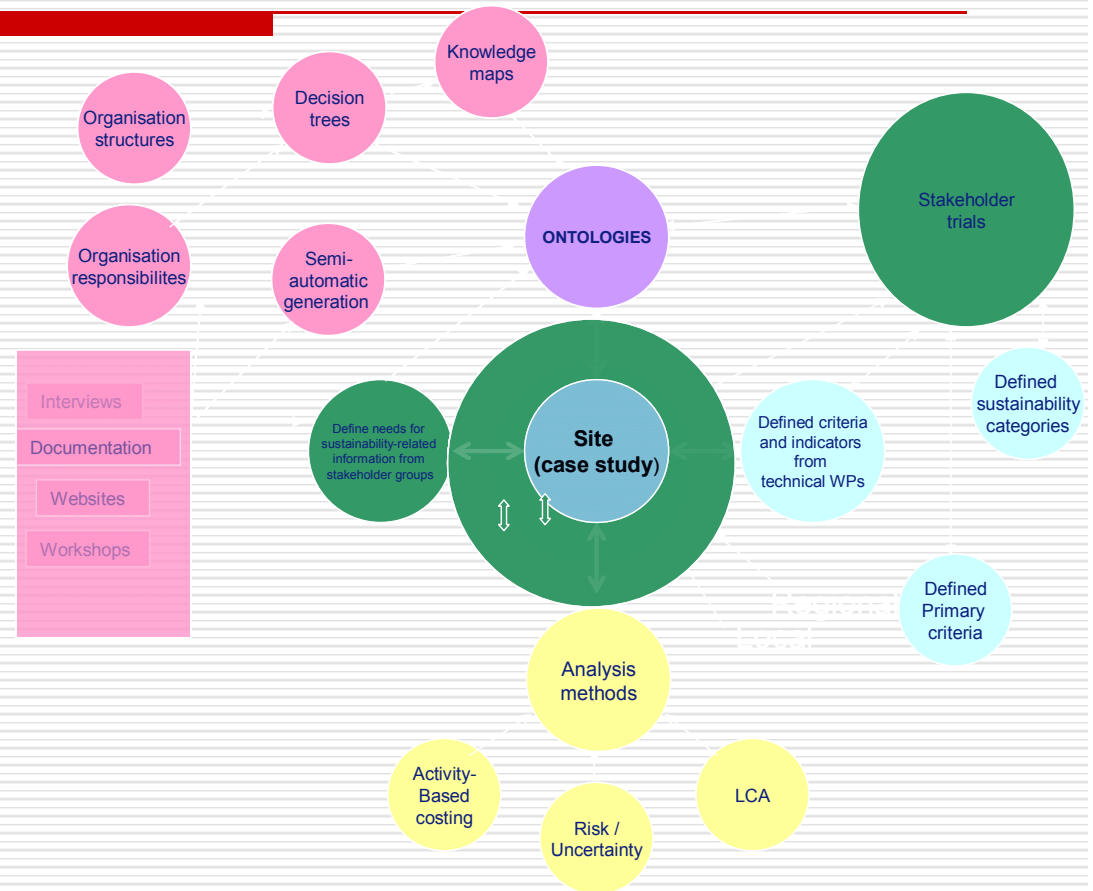
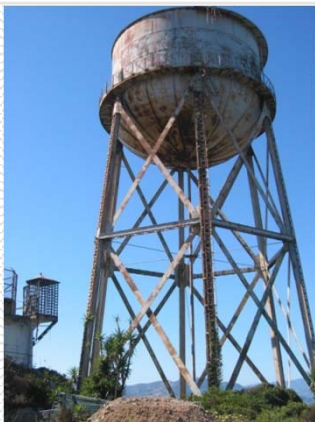


Κωδικοποίηση και Παρουσίαση Γνώσης (Οντολογίες)

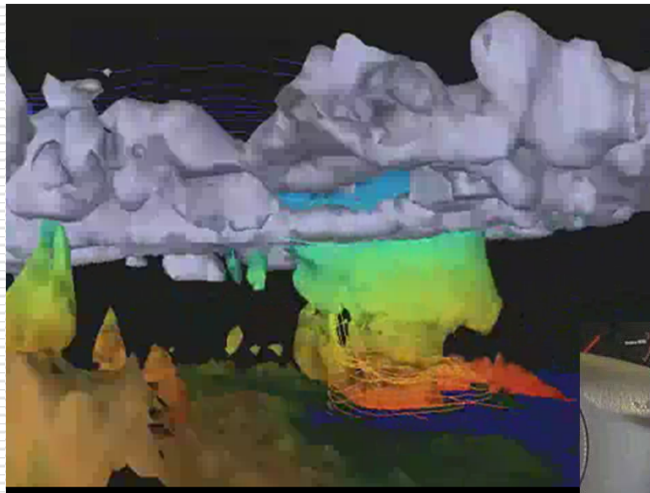
Σημσιολογική «διαλειτουργικότητα»

- Σημσιολογικής ολοκλήρωσης
- Σημσιολογικής ετερογένειας
- Είδη και επίπεδα ολοκλήρωσης

“Tank” ???



Αναλυτικότερη Προσομοίωση

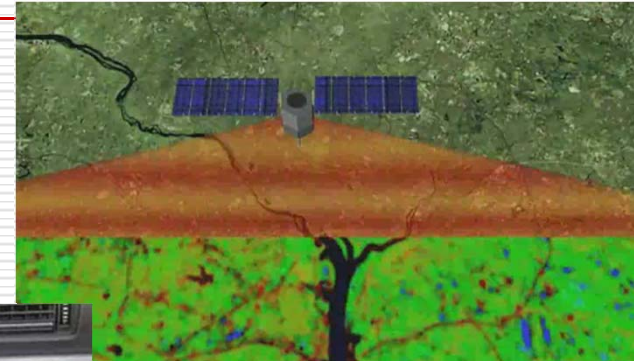


Υποστήριξη
Απόφασης
και
Μετάδοση
στον χρήστη

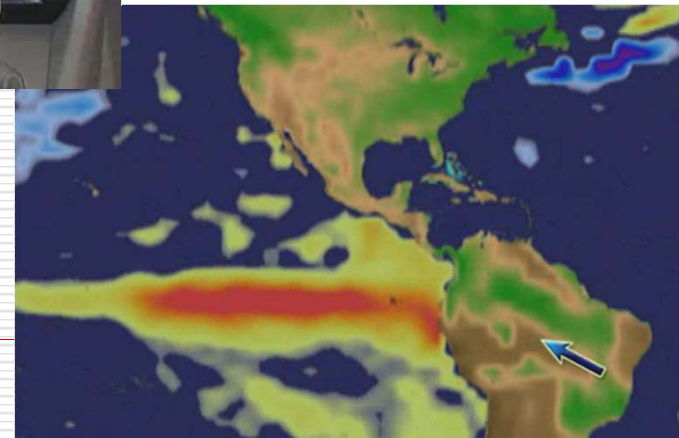
Υπολογιστική
Δύναμη (GRID)



Λεπτομερείς Παρατηρήσεις



Ακριβέστερες
Μακρο-Μικρο:
Προβλέψεις



Υδροπληροφορική: Βελτιστοποίηση Συστημάτων

- Ποιο είναι το πρόβλημα;
 - Όλα τα προβλήματα μηχανικού είναι (ουσιαστικά) προβλήματα βελτιστοποίησης!
-

Συνάρτηση;

Maximum

Fermat, Newton,
Euler, Lagrange,
Gauss...

- Σύνθετη-Απλή
 - Γνωστή-Άγνωστη
 - Σύνδεση παραμέτρων ελέγχου με στόχους;
 - Είναι τα προβλήματα σχεδιασμού, προβλήματα βελτιστοποίησης;
-

Minimum

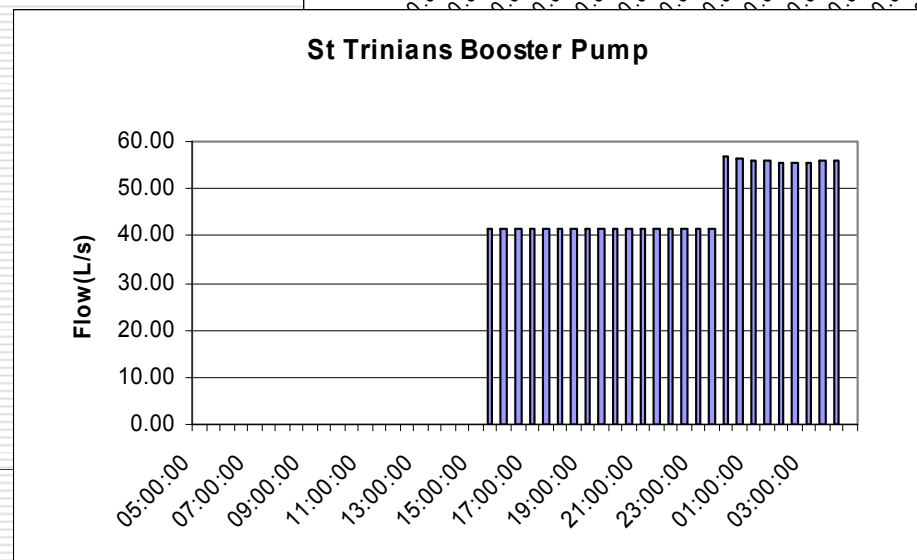
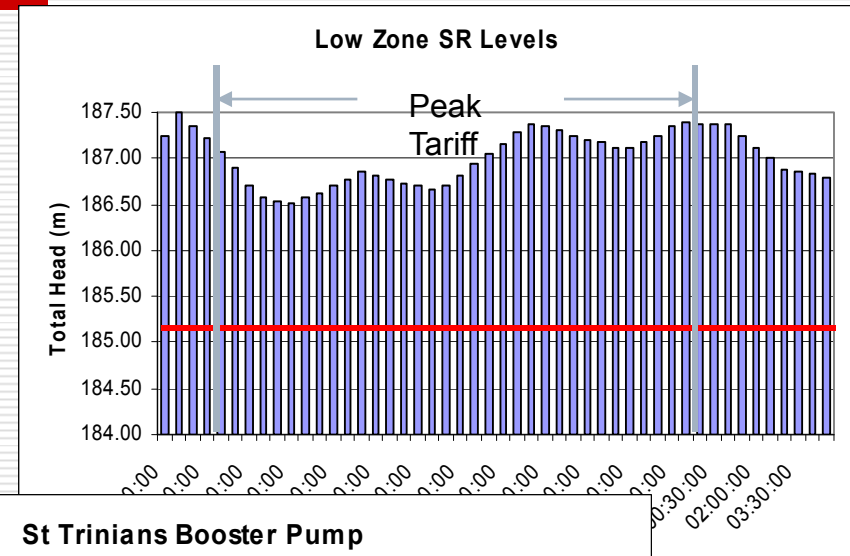
Βελτίωση Δικτύων Ύδρευσης

- ❑ Απώλειες σε νερό: 50%
- ❑ Μήκος αγωγών:
Αθήνας – 7000 km!
- ❑ Αντικατάσταση; Ποιόν;
- ❑ Αλλαγή πίεσης; Πού;
- ❑ Στόχοι; Νερό; Ενέργεια;
Κόστος; Πίεση;



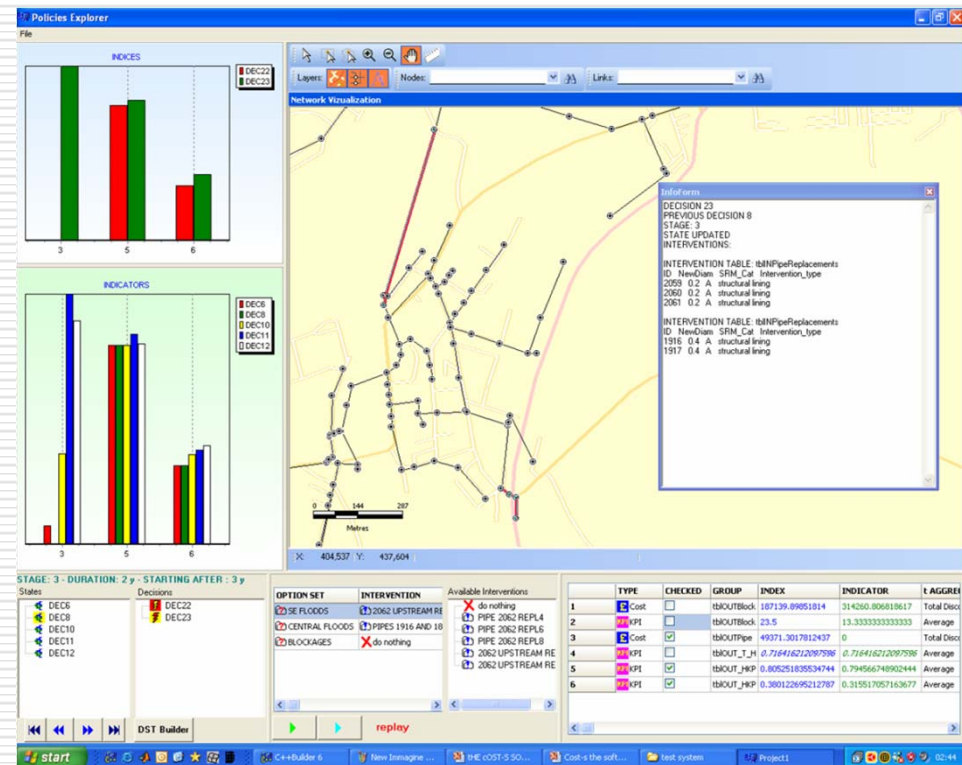
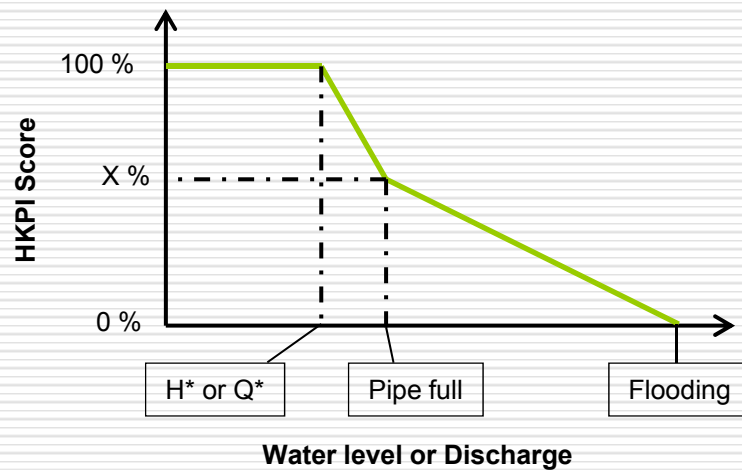
Βέλτιστη Λειτουργία Δικτύων Ύδρευσης

- ❑ Βελτιστοποίηση λειτουργίας αντλιών (scheduling)
- ❑ Στόχοι; Ενέργεια; Ποιότητα νερού;



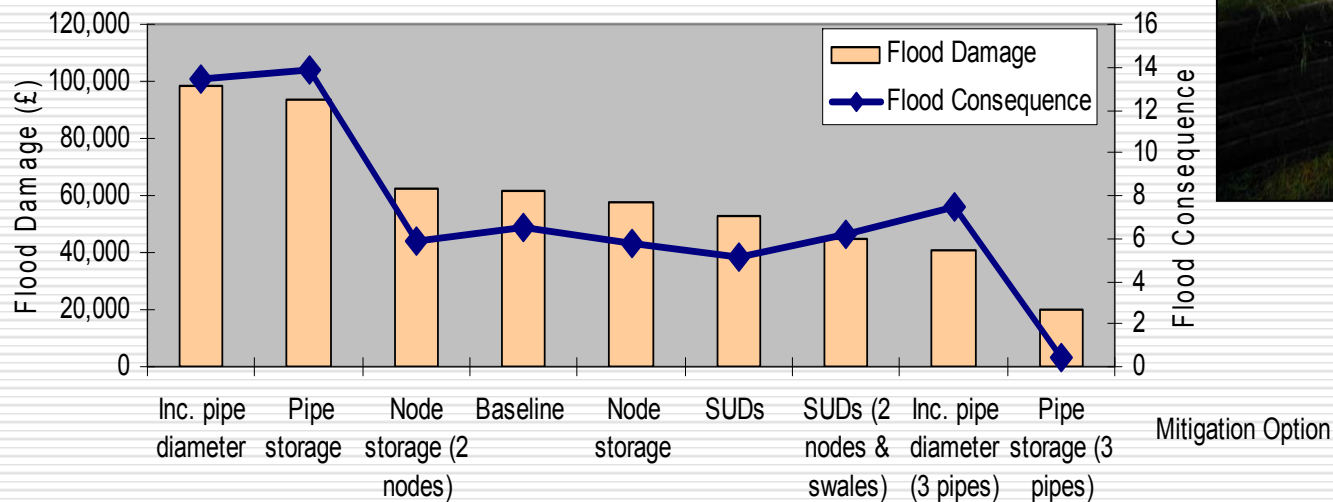
Επιδιόρθωση Δικτύων Ακαθάρτων

- ❑ Λειτουργία με ελάχιστο κόστος (ενέργεια)
- ❑ Ελάχιστες διακοπές λειτουργίας (αποφράξεις)
- ❑ Για το χρόνο ζωής του έργου (αλλαγές;)



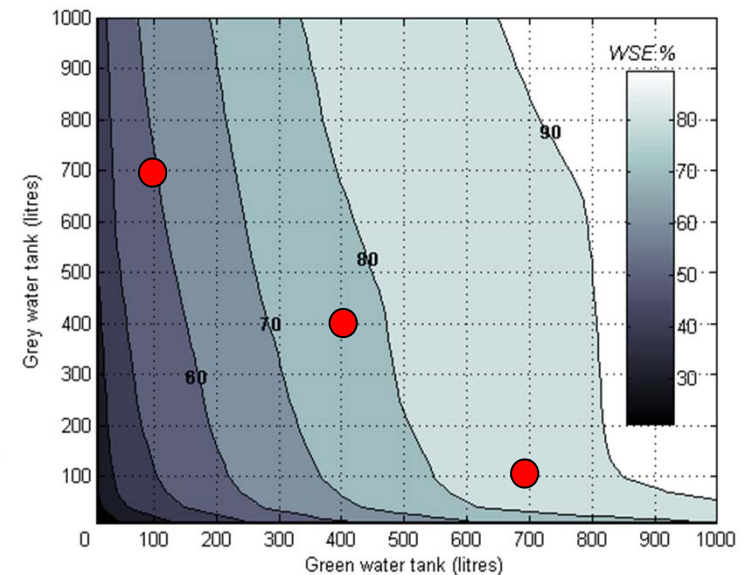
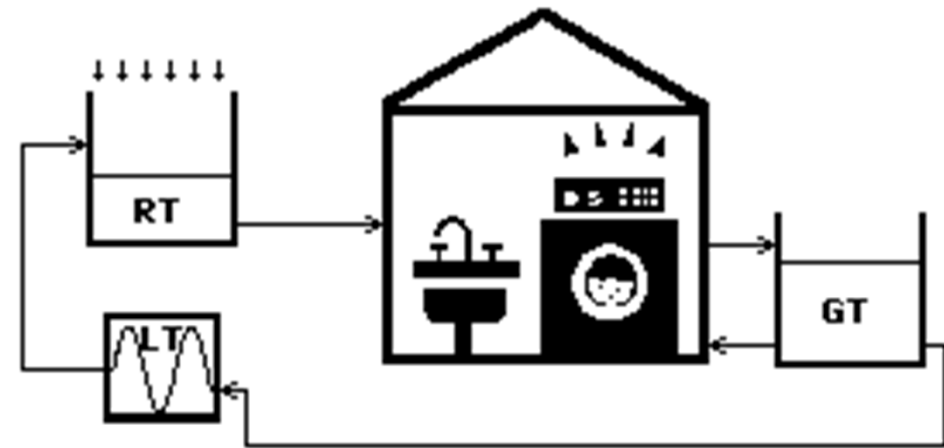
Βελτιστοποίηση Αντιπλημμυρικών Έργων και Σχεδίων

- Για διάφορα κλιματικά σενάρια
- Επιδιόρθωση δικτύων;
- Βέλτιστη παρέμβαση για μείωση του οικονομικού και κοινωνικού κόστους...

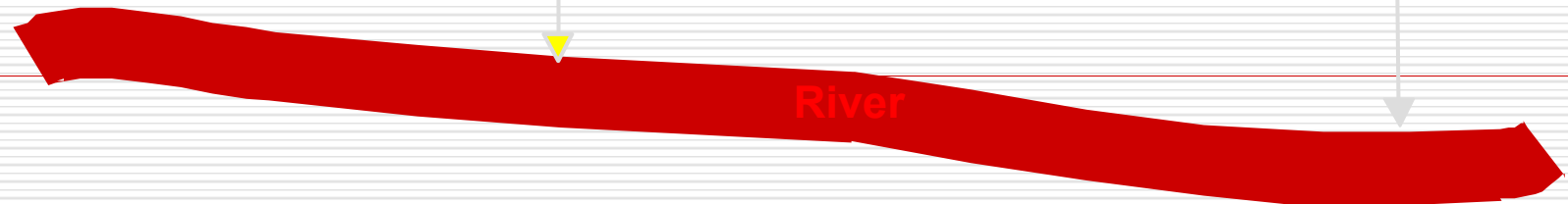
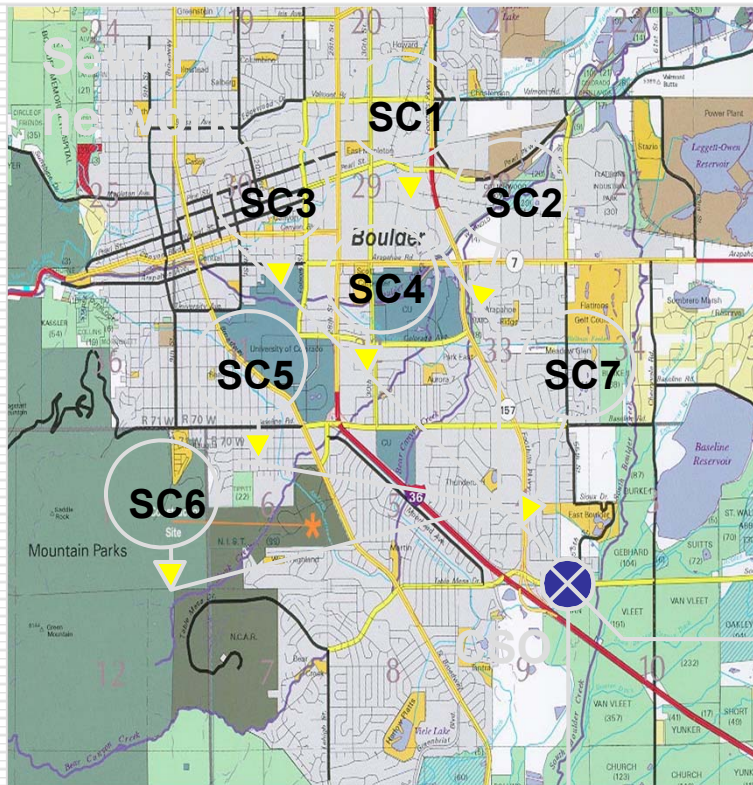


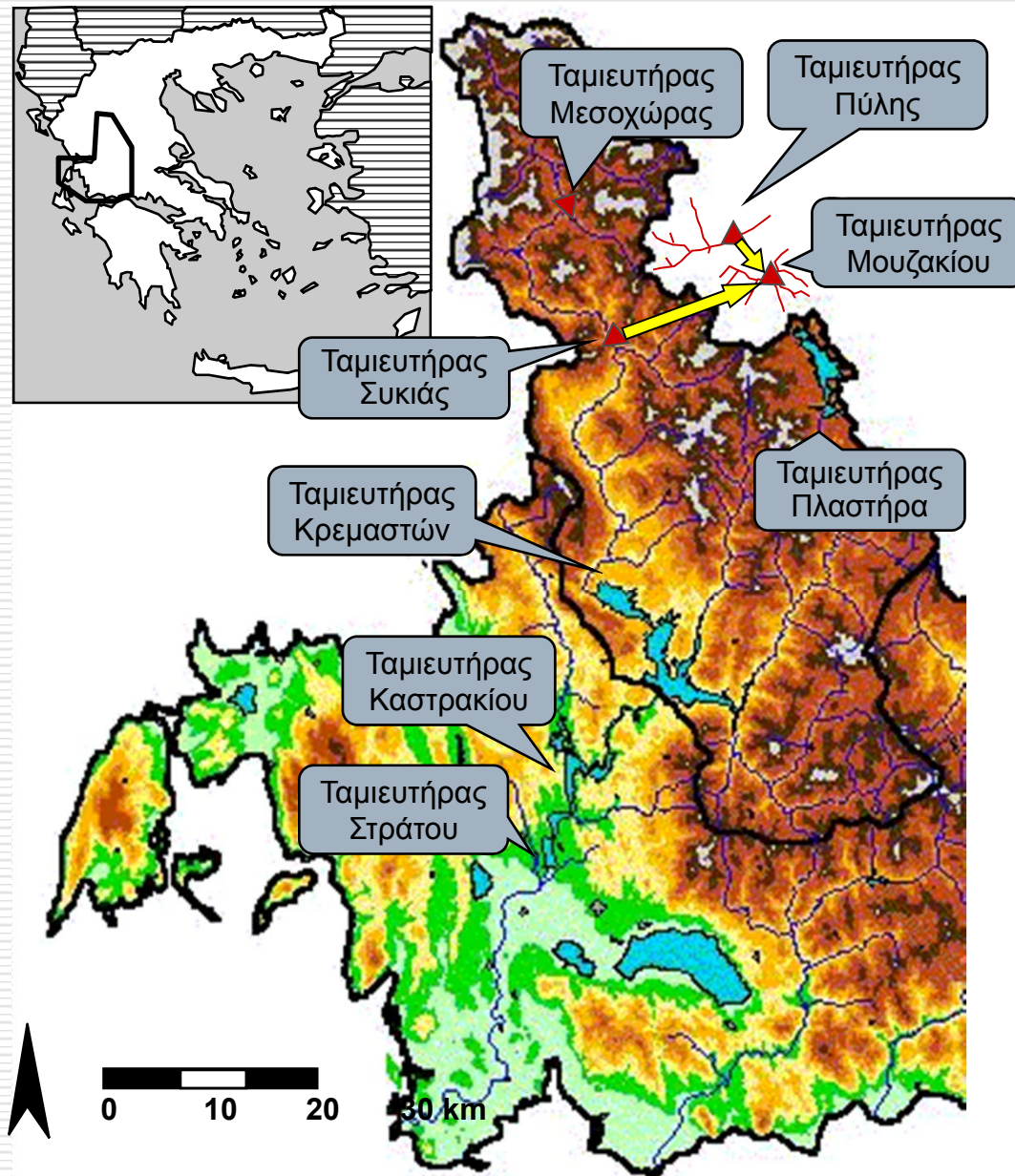
Ποιο απλά προβλήματα;

- ❑ Ανακύκλωση Νερού
- ❑ Βέλτιστες διαστάσεις συστήματος (δεξαμενές επεξεργασμένου και ανεπεξέργαστου νερού) για την επίτευξη μέγιστης μείωσης αναγκών σε πόσιμο νερό



Βελτιστοποίηση Ενιαίων Συστημάτων: Δίκτυα αποχέτευσης, βιολογικοί καθαρισμοί, υδάτινοι αποδέκτες





Βελτιστοποίηση σχεδιασμού υδροσυστημάτων

- Σχεδιασμός νέου συστήματος ή ένταξη νέων έργων σε υφιστάμενο σύστημα (ταμιευτήρες, ΥΗΣ, υδραγωγεία)
- Διερεύνηση γενικής διάταξης και χαρακτηριστικών μεγεθών νέων έργων
- Βελτιστοποίηση βασικών ενεργειακών και οικονομικών μεγεθών συστήματος

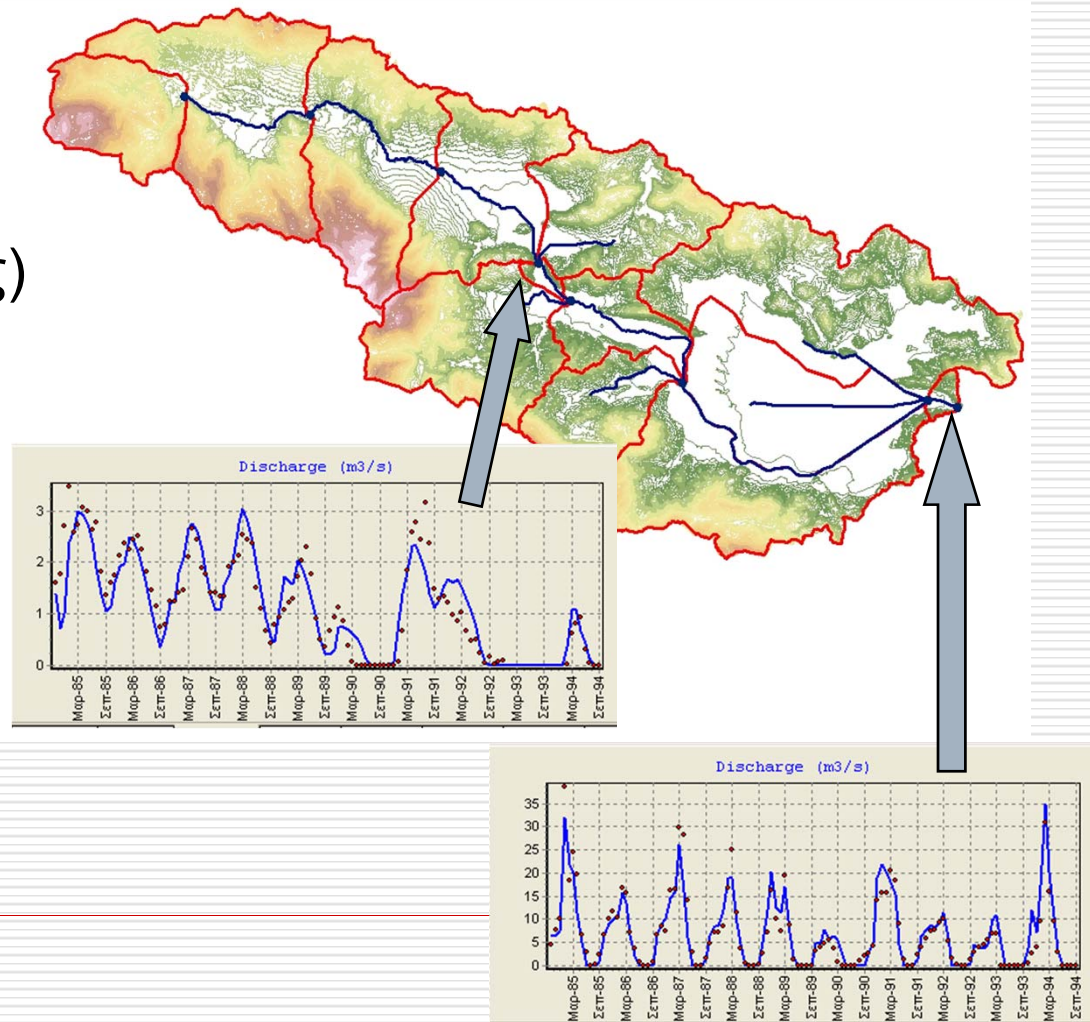
Βελτιστοποίηση διαχείρισης υδροσυστημάτων



- ❑ Μεγάλη χωρική κλίμακα
- ❑ Συστήματα πολλαπλού σκοπού
- ❑ Ανταγωνιστικά κριτήρια (πχ;)
- ❑ Βελτιστοποίηση υπό καθεστώς αβεβαιότητας (εισροές, ζήτηση, έργα)

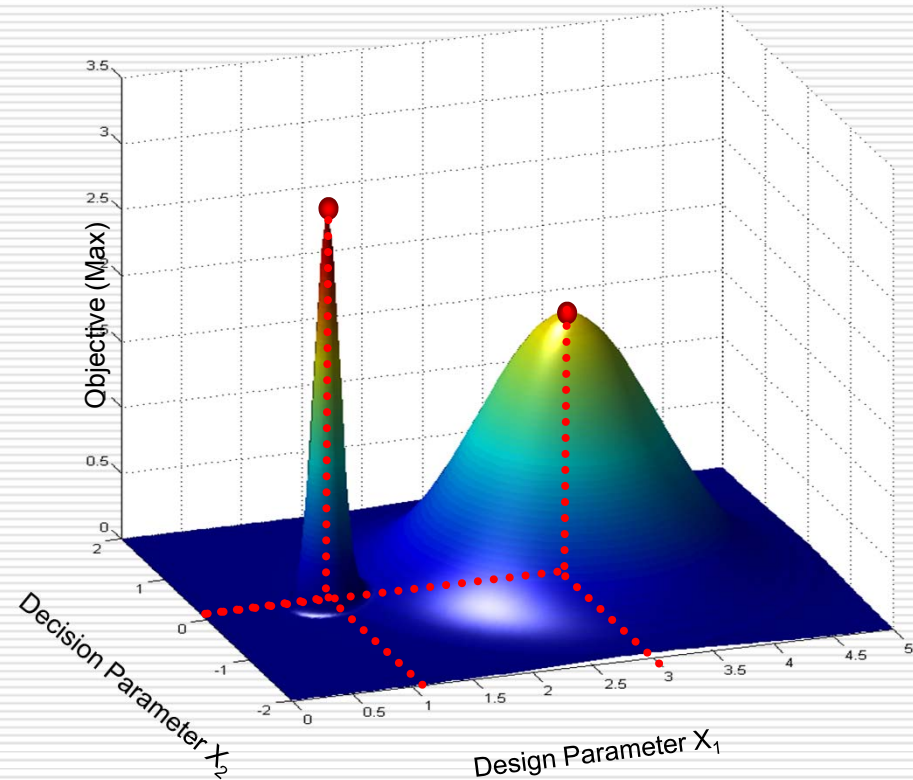
Βέλτιστη προσαρμογή (βαθμονόμηση) (υδρο) μοντέλων

- Αναπαράσταση σύνθετων φυσικών συστημάτων (λεκάνες απορροής, υδροφορείς)
- Διεργασίες με έντονη χωρική ετερογένεια
- Έμμεση εκτίμηση παραμέτρων, μέσω «σύγκρισης» των αποκρίσεων του μοντέλου με μετρήσεις



Βέλτιστη λύση: όχι πάντα η κορυφή της καμπύλης

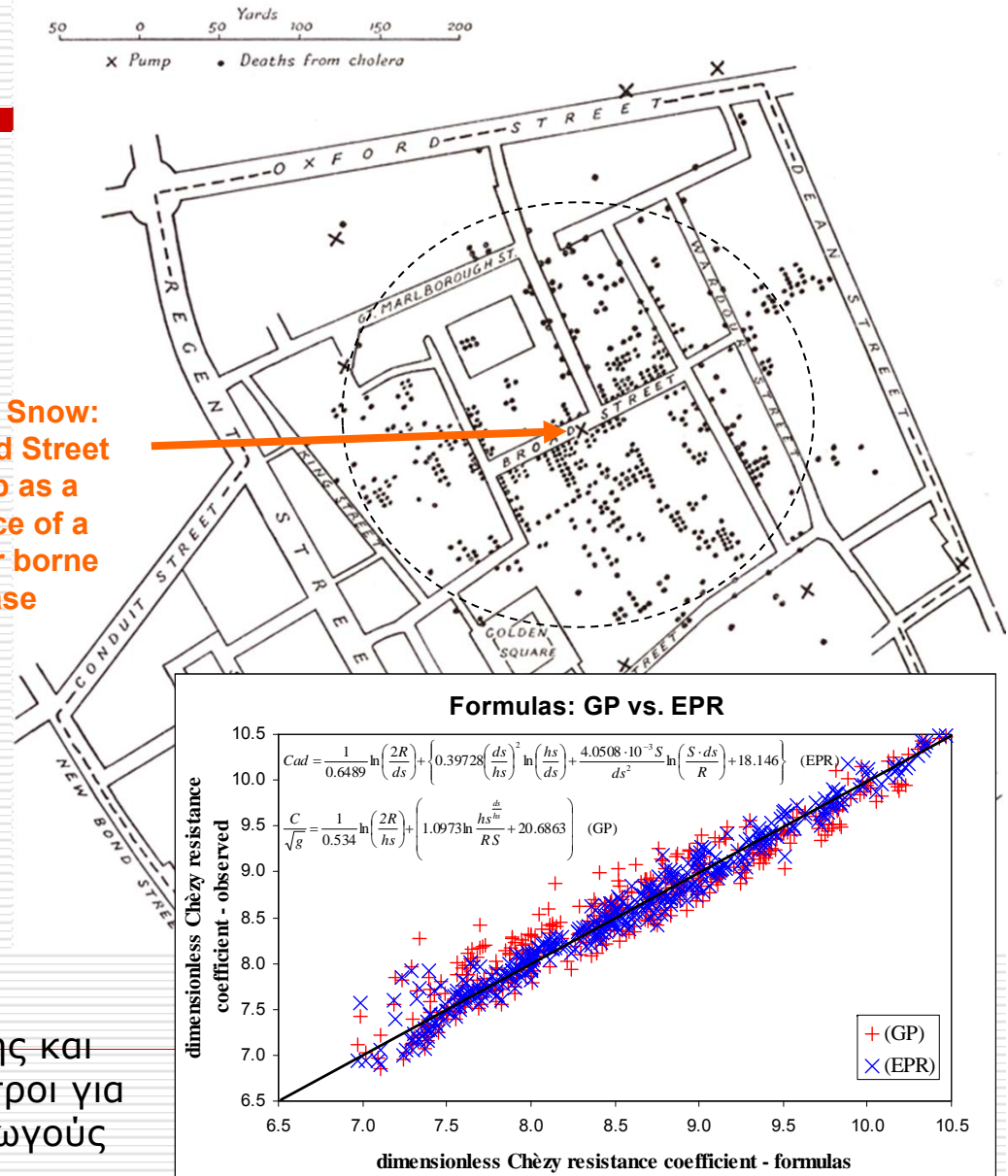
- ❑ Αβεβαιότητα στις παραμέτρους
- ❑ Αβεβαιότητα στην αντίληψή μας για το πρόβλημα
- ❑ Μεταβολές στα δεδομένα και τις διεργασίες του συστήματος
- ❑ «Εύρωστη» λύση (robust solution)



Βελτιστοποίηση και πιο «αφηρημένων» προβλημάτων

- «Εξόρυξη» δεδομένων
- Αναζήτηση δεδομένων με περισσότερη/πιο χαρακτηριστική πληροφορία
- Μέτρο ποσότητα πληροφορίας; (εντροπία;)

John Snow:
Broad Street
Pump as a
source of a
water borne
disease



Δίκτυα
ύδρευσης και
παράμετροι για
τους αγωγούς

Βελτιστοποίηση Συστημάτων

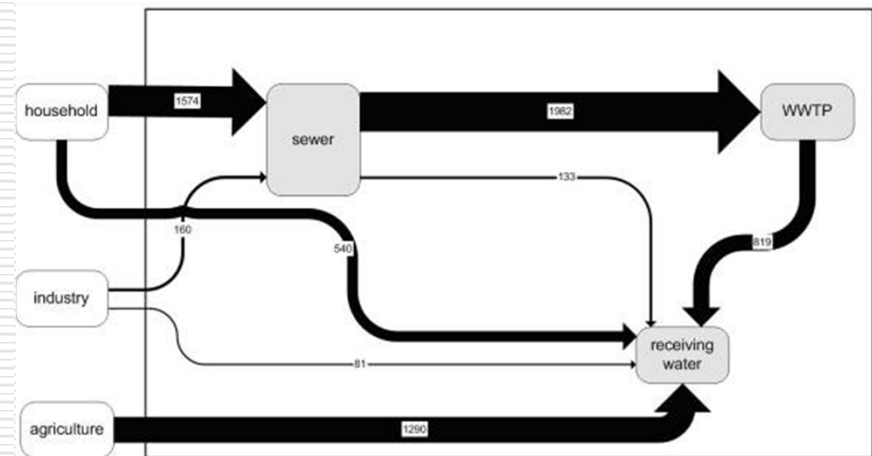
- Όσο και αν τα προβλήματα αυτά είναι διαφορετικά (συνιστώσες, διεργασίες, παράμετροι, κριτήρια, ... γνωστικά πεδία)
 - Με την εφαρμογή μιας σωστής **αφαιρετικής διαδικασίας** μπορούν να διατυπωθούν με τρόπο που να αντιμετωπίζονται από **τυποποιημένους** αλγόριθμους βελτιστοποίησης
 - Είναι σημαντικό να μπορείτε να δείτε **μέσα σε κάθε πρόβλημα, ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης!**
 - Ο αφαιρετικός αυτός τρόπος σκέψης ονομάζεται: «Συστημική προσέγγιση»
-

Συστημική Προσέγγιση

- **Ανάλυση συστημάτων** (systems analysis): Μεθοδολογική αντιμετώπιση πολύπλοκων δομών ή φαινομένων, για τα οποία δεν υπάρχει αναλυτική λύση.
 - Αποσκοπεί στην αναγνώριση του τρόπου **με τον οποίο λειτουργεί ένα σύστημα, χωρίς λεπτομερειακή θεώρηση των σχέσεων ή φυσικών διεργασιών που το διέπουν** (Grigg, 1996).
-

Διαδικασία Συστημικής Ανάλυσης

- Αποδόμηση του σύνθετου προβλήματος σε μικρότερα μέρη και ανάλυση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των (σημαντικών) συνιστωσών του
- Αναπαράσταση εισόδων, εξόδων και εσωτερικών διεργασιών συστήματος (προσομοίωση)
- Ορισμός μεταβλητών ελέγχου (παράμετροι) και κριτηρίων/μέτρων αξιολόγησης
- Επιλογή μεθοδολογίας βελτιστοποίησης



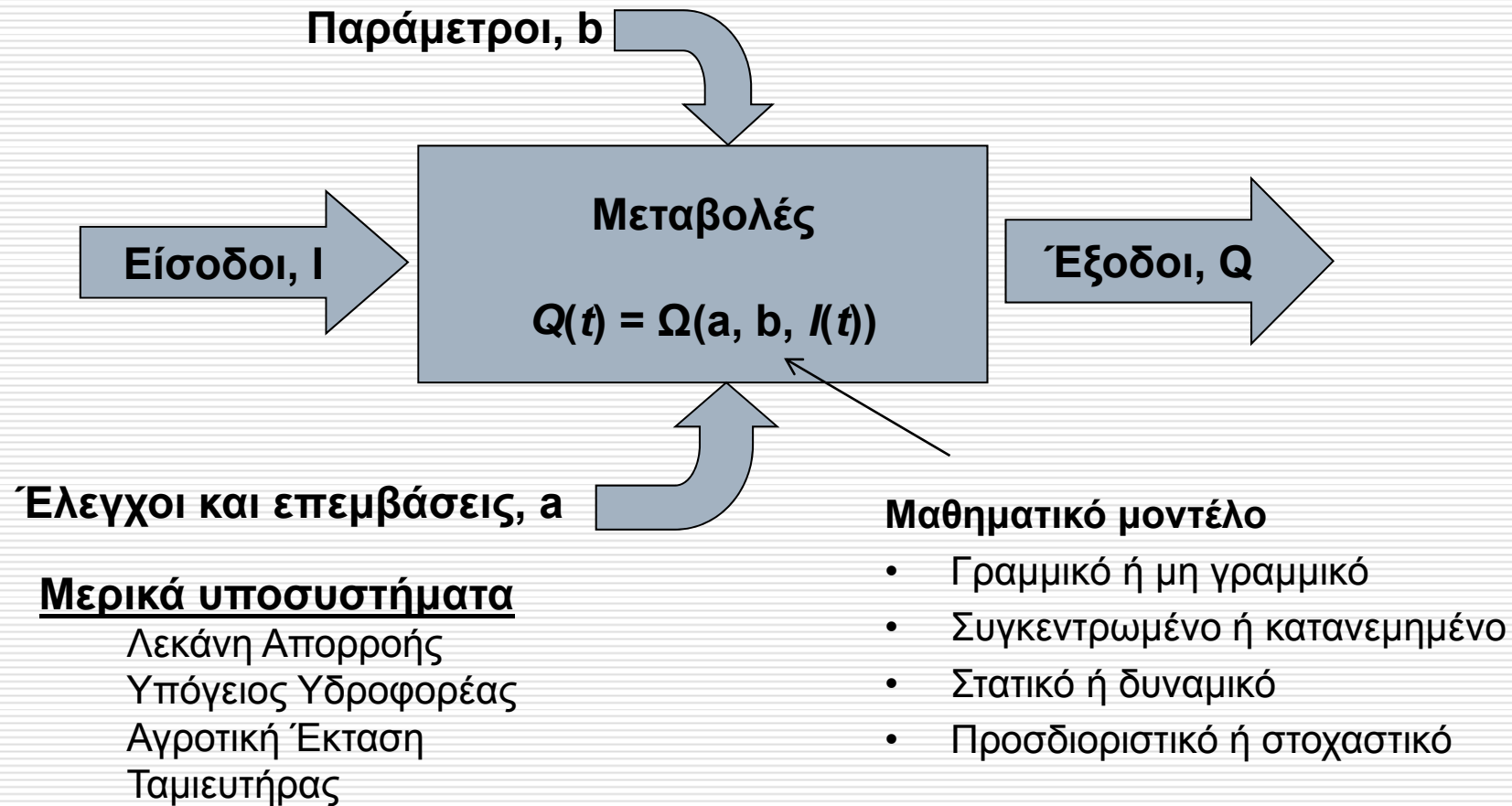
Από πού προκύπτει ένα σύστημα;

- Μία διάκριση, χωρίζει τον κόσμο σε δύο μέρη, στο «εκείνο» και στο «αυτό», ή στο «περιβάλλον» και στο «σύστημα».
 - Βέβαια, ο κόσμος γύρω μας δεν είναι χωρισμένος σε συστήματα, υποσυστήματα και περιβάλλοντα...
 - *Ποιο το σύνορο, οι είσοδοι/έξοδοι και οι παράμετροι ελέγχου για τη διαστασιολόγηση ενός ταμειευτήρα;*
-

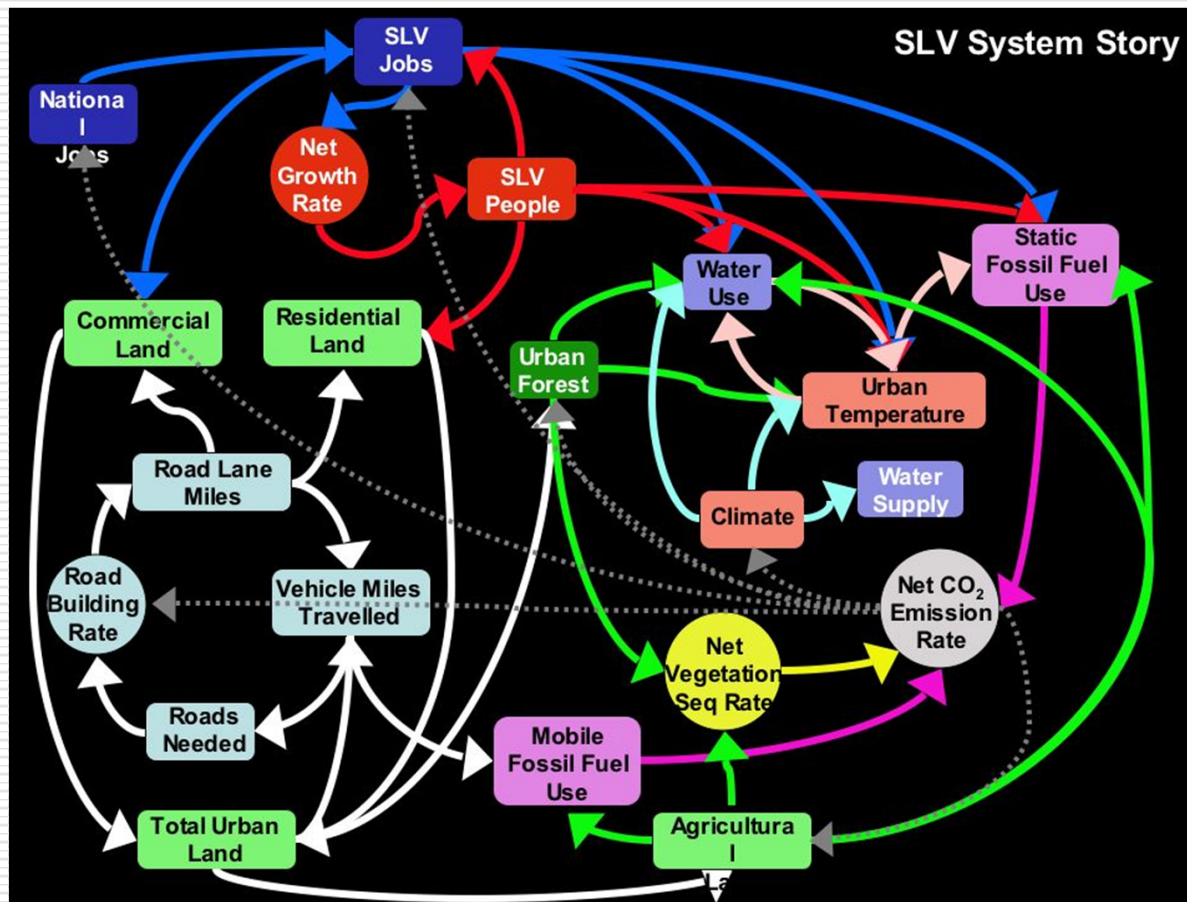
Βασικές Έννοιες Συστημάτων

- **Σύστημα:** (system): Σύνολο ανεξάρτητων μεταξύ τους στοιχείων, το οποίο χαρακτηρίζεται από:
 - ένα όριο που καθορίζει αν το στοιχείο ανήκει στο σύστημα ή στο περιβάλλον
 - αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον (είσοδοι-φορτίσεις, έξοδοι-αποκρίσεις)
 - σχέσεις μεταξύ των στοιχείων του και των εισόδων και εξόδων (Mays & Tung, 1992).
-

Αναπαράσταση Συστήματος



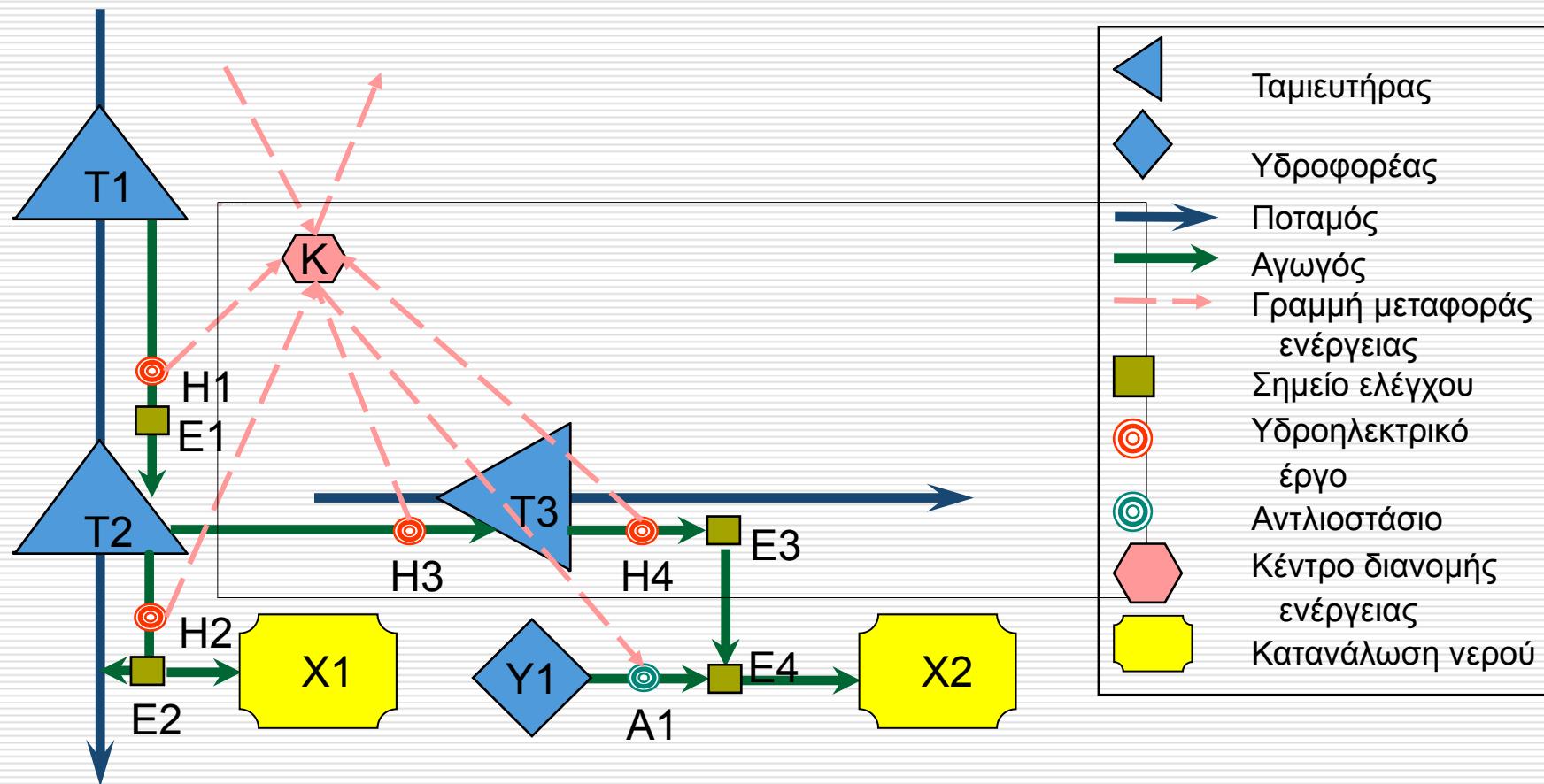
Συστήματα συστημάτων...



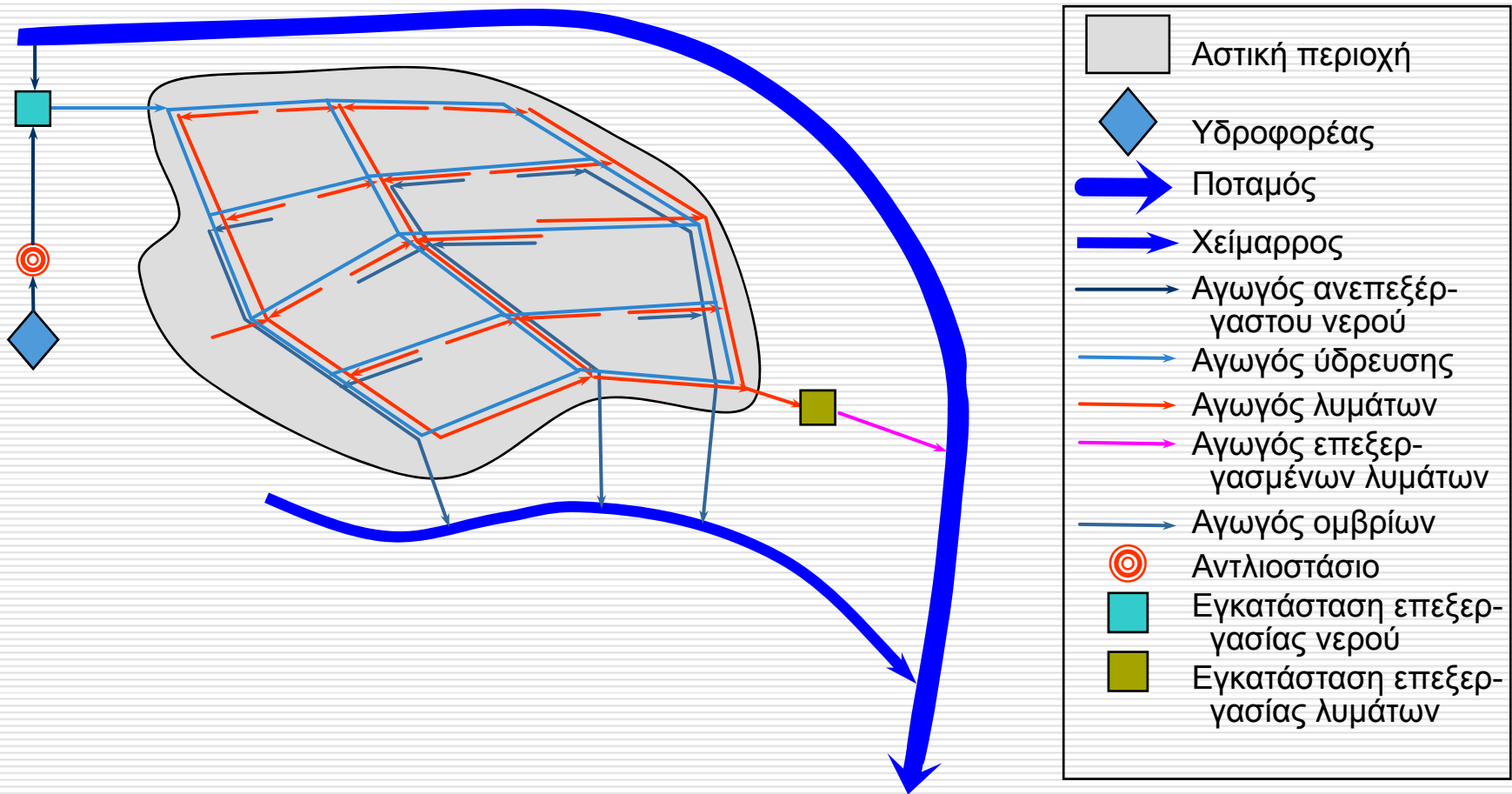
Σύνορα;

Πηγή Παν/μιο UTAH: System dynamics model exploring possible CO₂ and trace gas emission consequences of various alternative urban futures

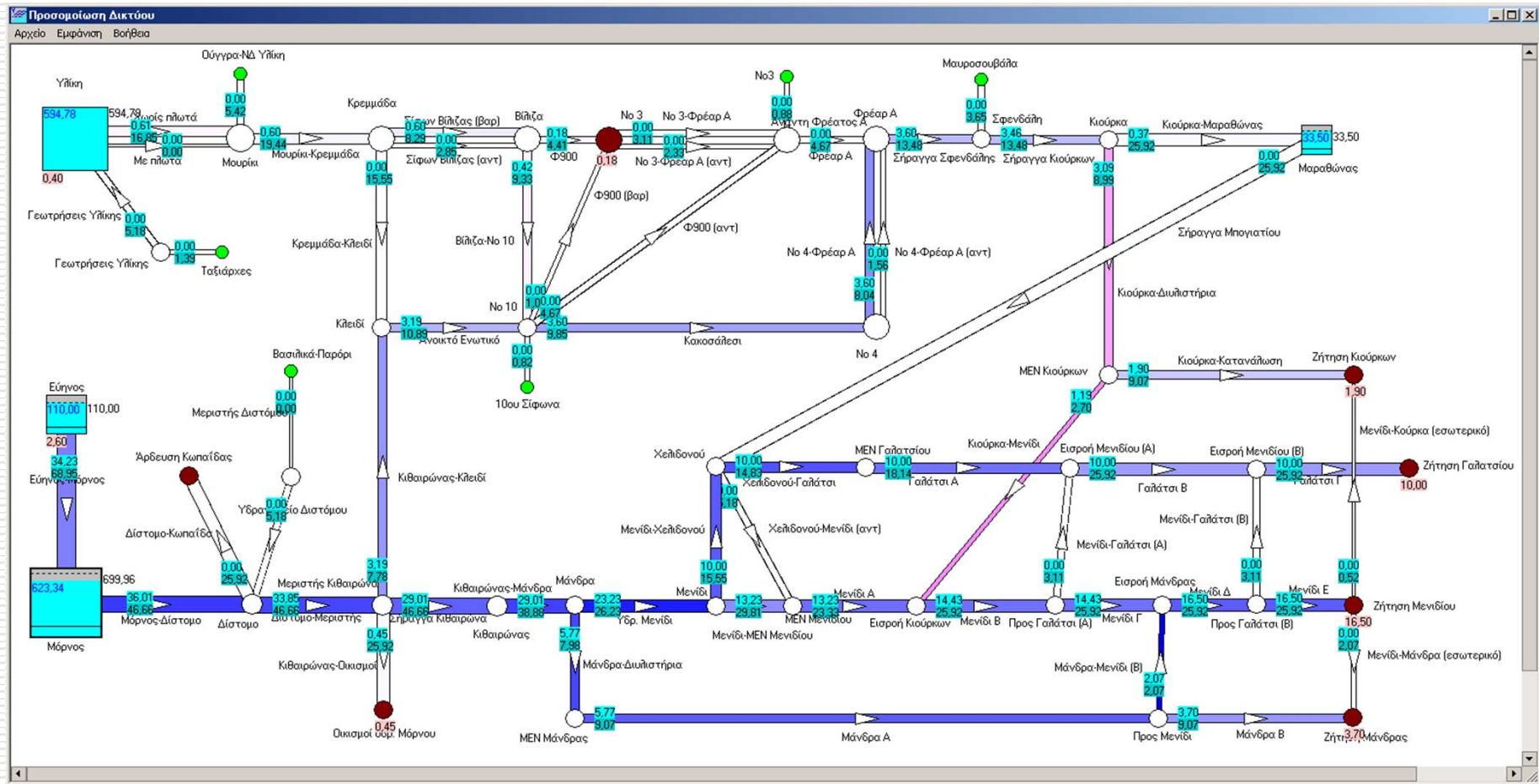
Σχηματική αναπαράσταση συστήματος υδατικών πόρων



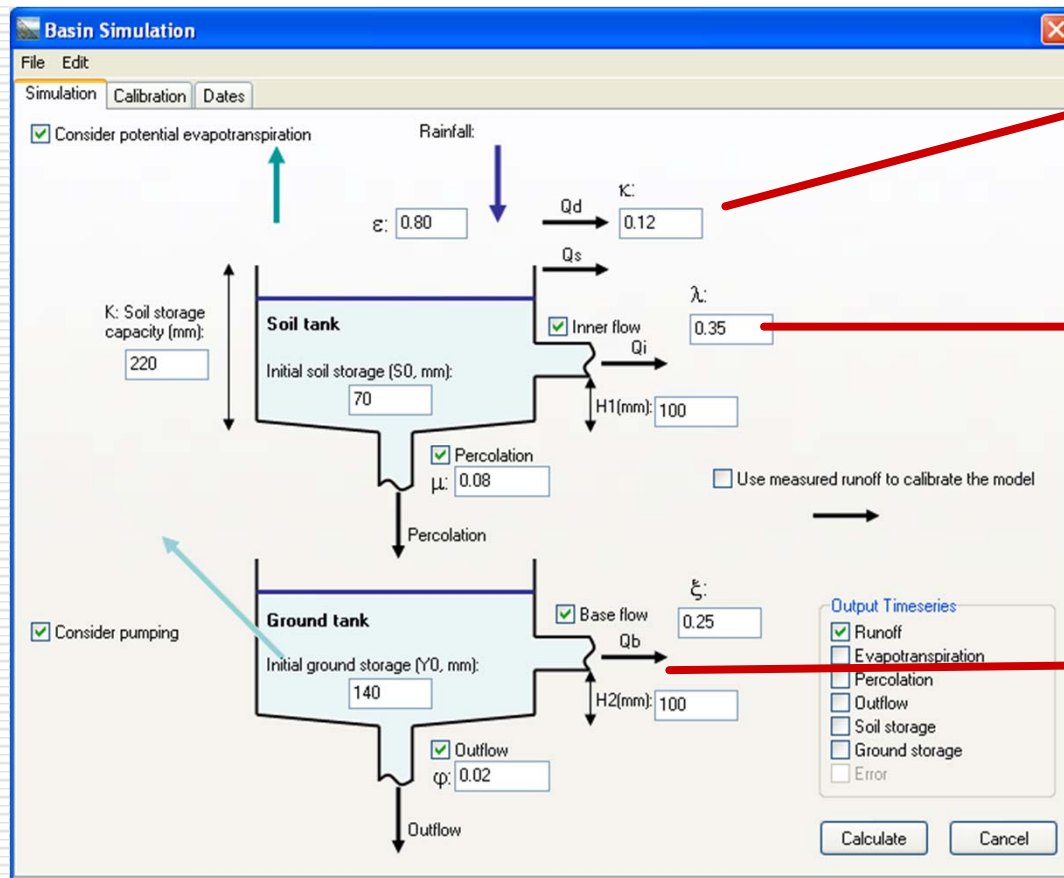
Σχηματική αναπαράσταση αστικού υδροσυστήματος



Παράδειγμα 1: Σχηματική αναπαράσταση υδροδοτικού συστήματος Αθήνας



Παράδειγμα 2: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας λεκάνης



Διεργασίες εδάφους

- Άμεση απορροή
- Άμεση εξατμοδιαπνοή
- Διήθηση

Διεργασίες ακόρεστης ζώνης

- Απορροή λόγω κορεσμού
- Υποδερμική απορροή
- Εδαφική εξατμοδιαπνοή
- Κατείσδυση
- Αποθήκευση υγρασίας

Διεργασίες κορεσμένης ζώνης

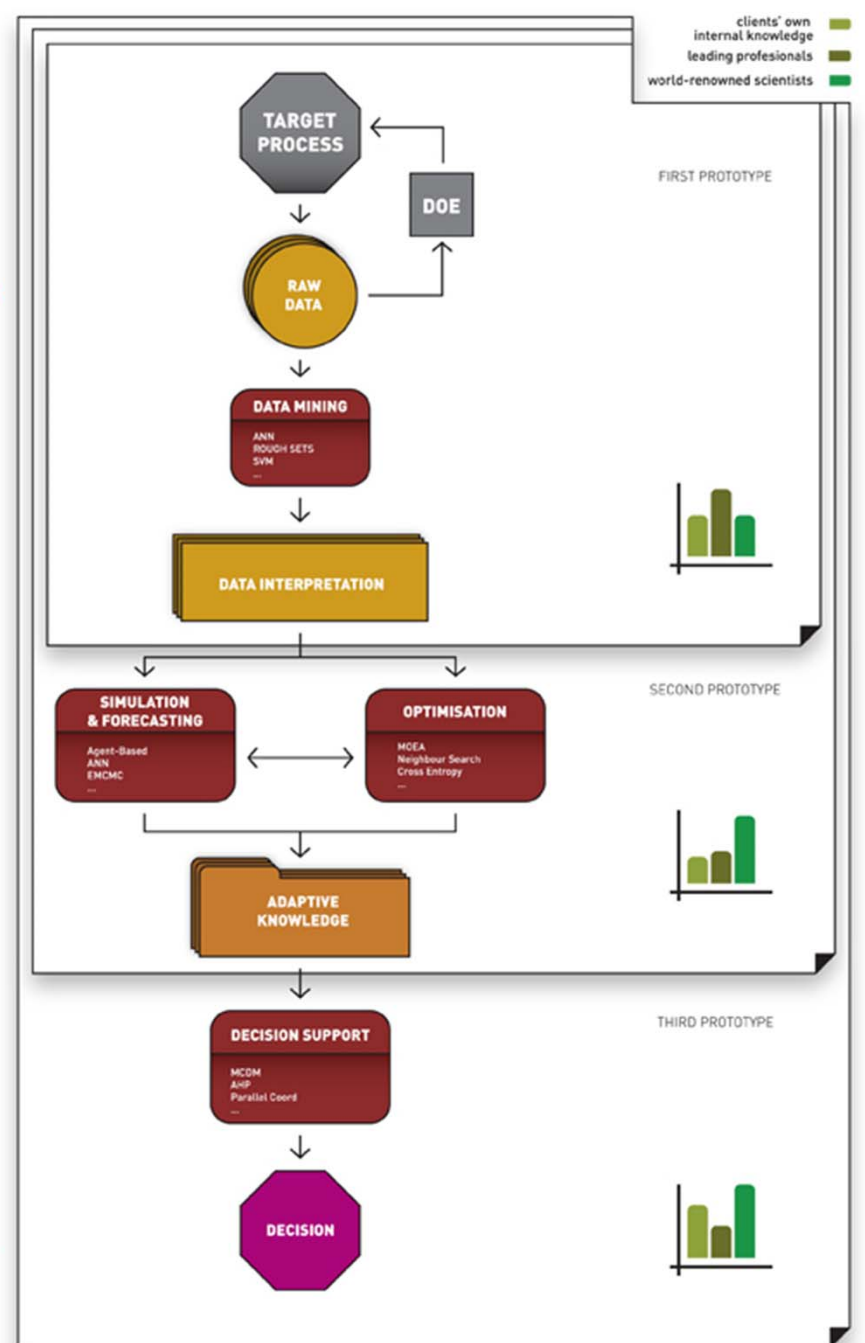
- Βασική απορροή
- Υπόγεια εκροή (απώλειες)
- Άντληση
- Αποθήκευση υπόγειου νερού

Εργαλεία Βελτιστοποίησης Συστημάτων

- ❑ Μαθηματικές μέθοδοι βελτιστοποίησης
 - ❑ Αλγόριθμοι γραμμικής βελτιστοποίησης
 - ❑ Αλγόριθμοι δικτυακής βελτιστοποίησης
 - ❑ Μέθοδοι αναζήτησης τοπικών ακρότατων
 - ❑ Τεχνικές ολικής βελτιστοποίησης
 - ❑ Κλασικοί γενετικοί αλγόριθμοι
 - ❑ Υβριδικοί εξελικτικοί αλγόριθμοι
-

Βελτιστοποίηση Συστημάτων

- Τα εργαλεία και οι μέθοδοι αυτές είναι γενικές
- Εφαρμόζονται σε υδατικούς πόρους, δίκτυα τηλεπικοινωνίας, εργοτάξια, βιομηχανική παραγωγή, business processes, βάσεις δεδομένων ...
- ... **accenture?**

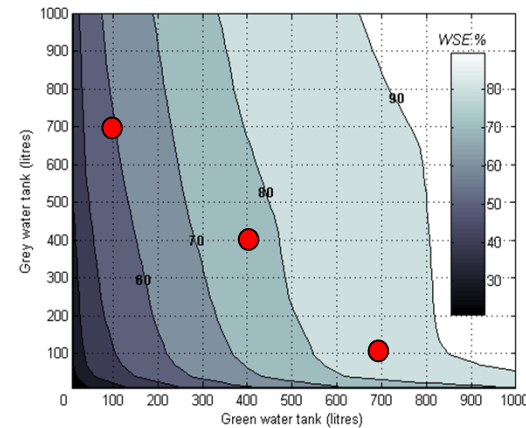


Πρόγραμμα Μαθήματος

Εβδομάδα	Περιεχόμενο
1	Εισαγωγή στην ανάλυση συστημάτων υδατικών πόρων και την Υδροπληροφορική
2	Θεμελιώδεις έννοιες - Μαθηματικές μέθοδοι βελτιστοποίησης
3	Βασικές Αρχές Προγραμματισμού (<i>Matlab</i>)
4	Γραμμική βελτιστοποίηση
5	Θεωρία γράφων - Δικτυακή βελτιστοποίηση
6	Αναζήτηση τοπικών ακροτάτων
7	Ολική βελτιστοποίηση (global optimisation)
8	Κλασικοί γενετικοί αλγόριθμοι
9	Υβριδικοί εξελικτικοί αλγόριθμοι
10	Πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση
11	Συστήματα - Προσομοίωση - Δυναμικά συστήματα
12	Βελτιστοποίηση συστημάτων υπό καθεστώς αβεβαιότητας
13	Ειδικά θέματα (Νευρωνικά Δίκτυα, Θολή Λογική)

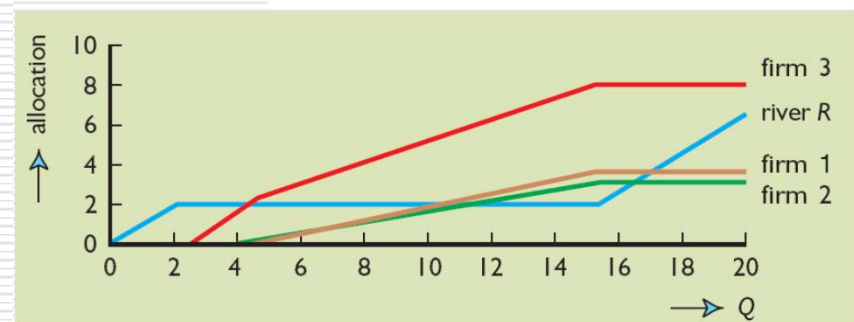
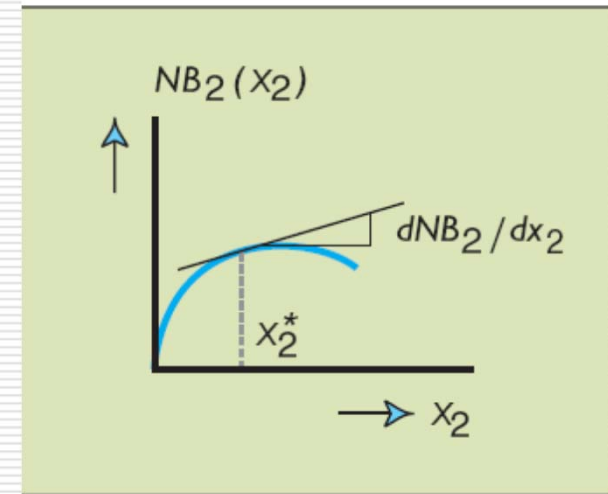
Μάθημα 1: Εισαγωγή

- Η βελτιστοποίηση σας καθημερινό εργαλείο δουλειάς, από «απλά» μέχρι σύνθετα προβλήματα
- Όλα τα προβλήματα μπορεί να τεθούν ως βελτιστοποίηση
- Η συστημική προσέγγιση ως απαραίτητο στοιχείο αφαίρεσης πριν την εφαρμογή μεθόδων βελτιστοποίησης
- Η βέλτιστη λύση δεν είναι πάντα η κορυφή μιας καμπύλης..



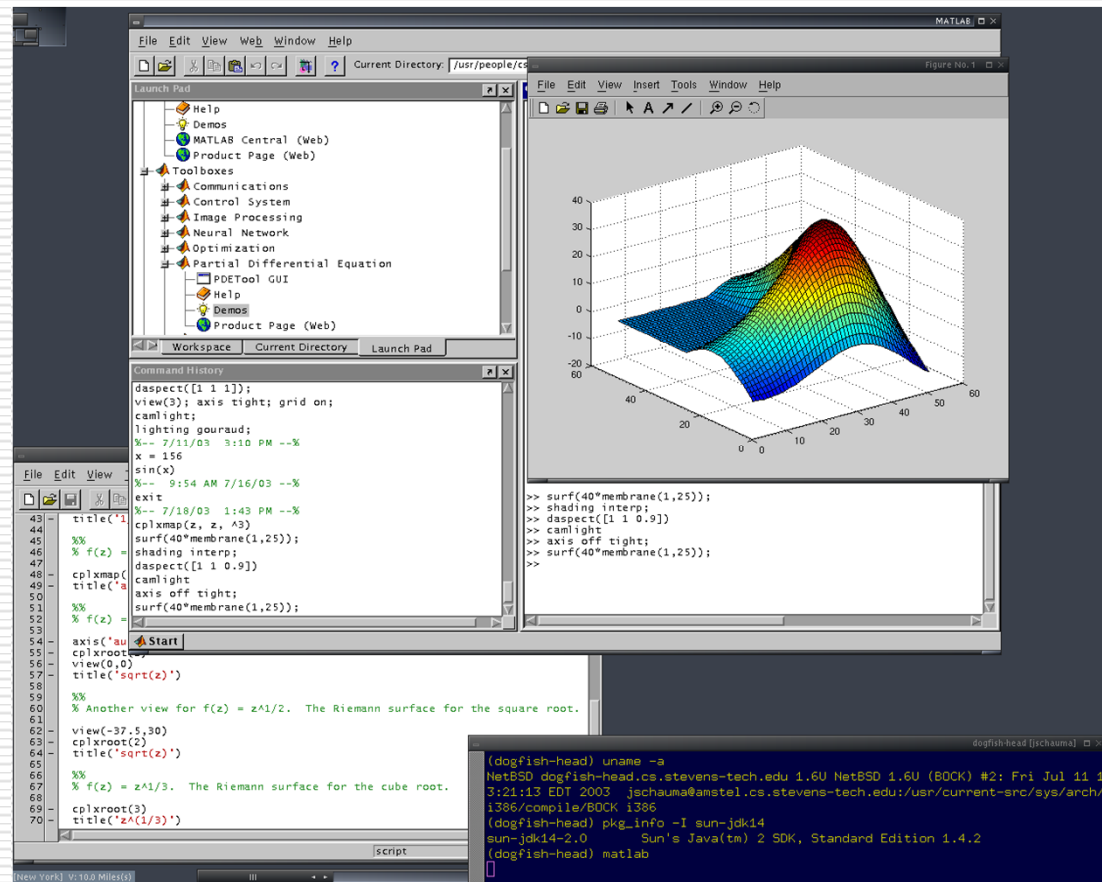
Μάθημα 2: Θεμελιώδεις έννοιες - Μαθηματικές μέθοδοι βελτιστοποίησης

- Επίλυση προβλημάτων (αναλυτικά, δοκιμή και πλάνη, βελτιστοποίηση)
- Σχέση προσομοίωσης και βελτιστοποίησης
- Βασική γεωμετρία χώρου λύσεων. Πολλαπλοί στόχοι (Παρέτο)
- Αναλυτικές μέθοδοι (gradient, hill-climbing method, Lagrange)
- *Εφαρμογές:*
 - Σχεδιασμός υδραυλικών διατομών



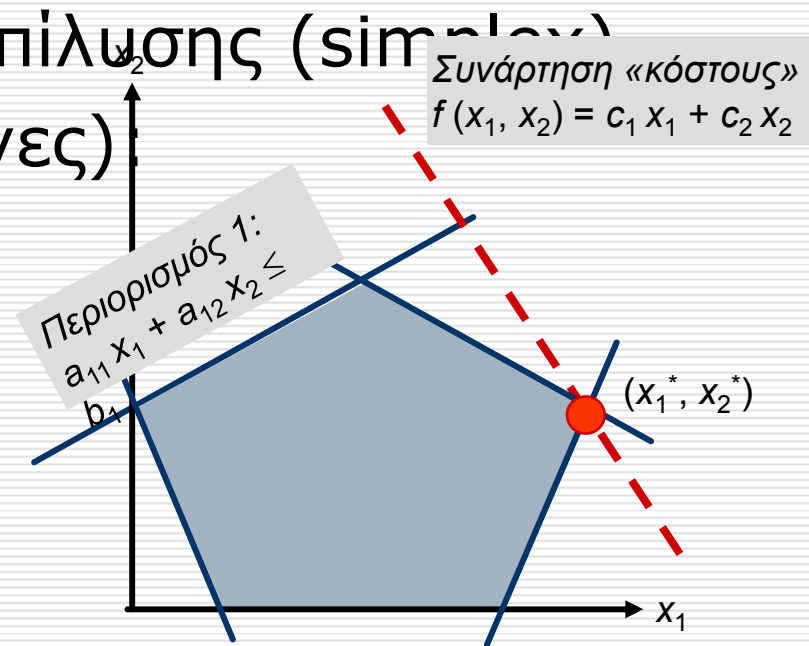
Μάθημα 3: Βασικές Αρχές Προγραμματισμού

- ❑ Ψευδοκώδικας
- ❑ Διαγράμματα ροής
- ❑ MATLAB
 - Το πρόγραμμα
 - Βασική λογική
 - Πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό



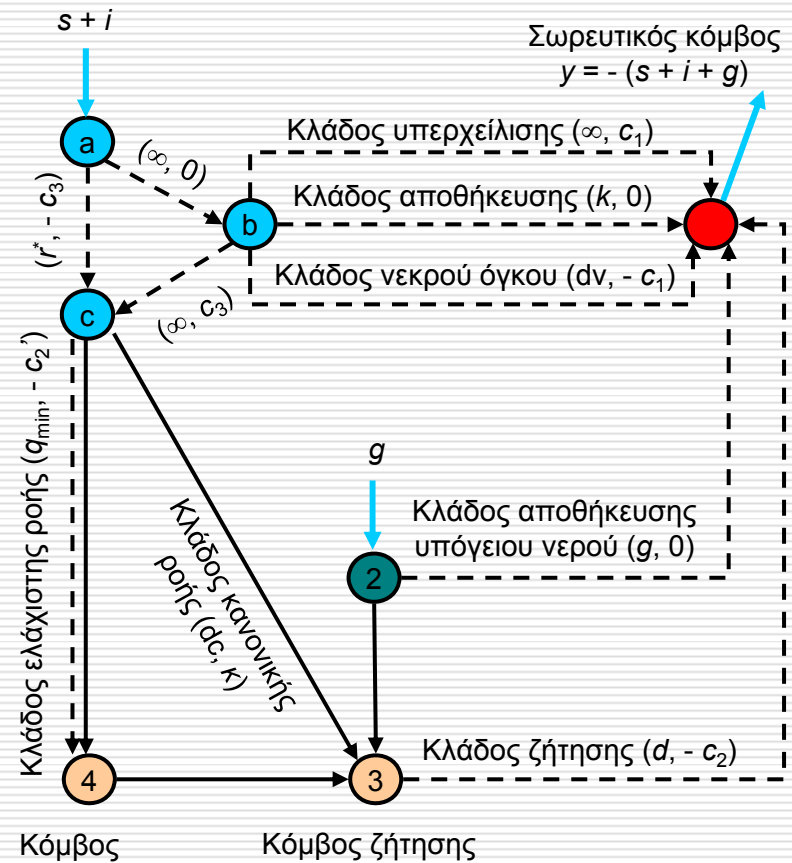
Μάθημα 4: Γραμμική βελτιστοποίηση

- Βελτιστοποίηση γραμμικών συναρτήσεων, κάτω από ένα σύνολο γραμμικών περιορισμών
- Τυποποιημένη μέθοδος επίλυσης (simplex)
- Εφαρμογές (απλοποιημένες)
 - Εκτίμηση ωφέλιμης χωρητικότητας / απολήψιμου δυναμικού ταμειευτήρα
 - Στρατηγική διαχείριση υδατικών πόρων
 - Χειρισμός ποσοτικών και ποιοτικών περιορισμών



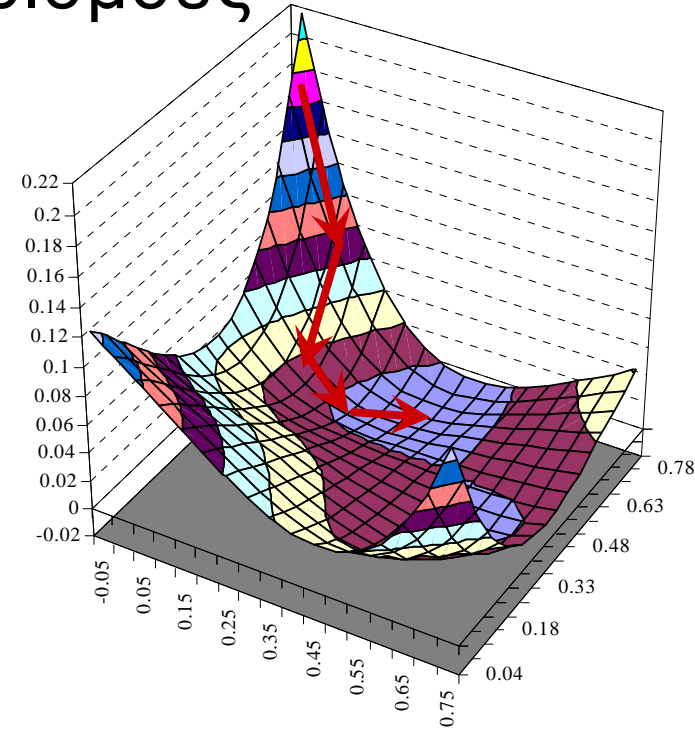
Μάθημα 5: Graphs / Δικτυακή βελτιστοποίηση

- Ειδική μορφή γραμμικής βελτιστοποίησης
- Πρόσφορη για εφαρμογές δικτυακής απεικόνισης
- 2-3 τάξεις μεγέθους ταχύτεροι επιλυτές
- Εφαρμογές:
 - Βέλτιστη κατανομή ροών σε μοντέλα διαχείρισης
 - Χρονικός προγραμματισμός



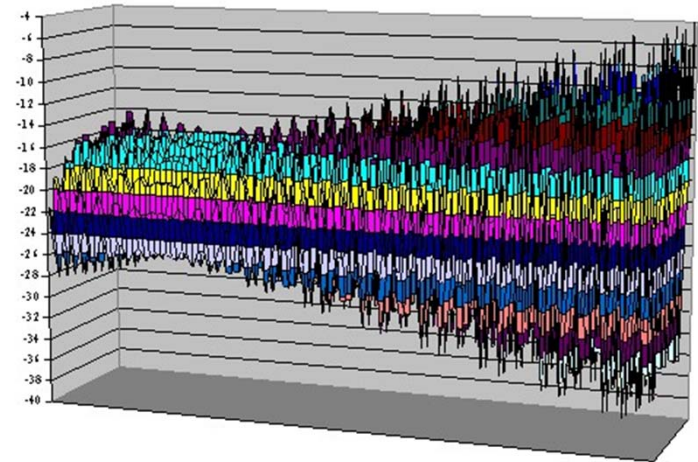
Μάθημα 6: Αναζήτηση τοπικών ακροτάτων

- Βελτιστοποίηση μη γραμμικών συναρτήσεων, χωρίς εξωτερικούς περιορισμούς
- Δεν απαιτείται αναλυτική έκφραση της συνάρτησης (= αποτέλεσμα μοντέλου)
- Προσδιοριστικές τεχνικές αριθμητικής ανάλυσης
- Κατάλληλες για κυρτούς χώρους (μοναδικό ακρότατο)



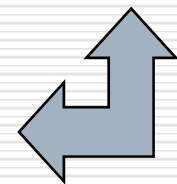
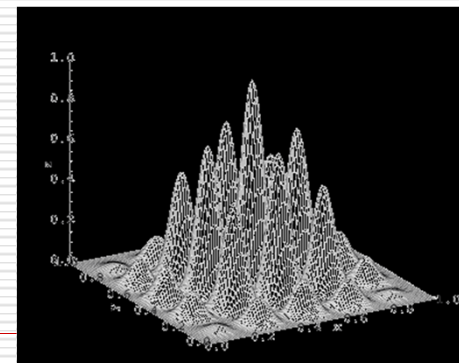
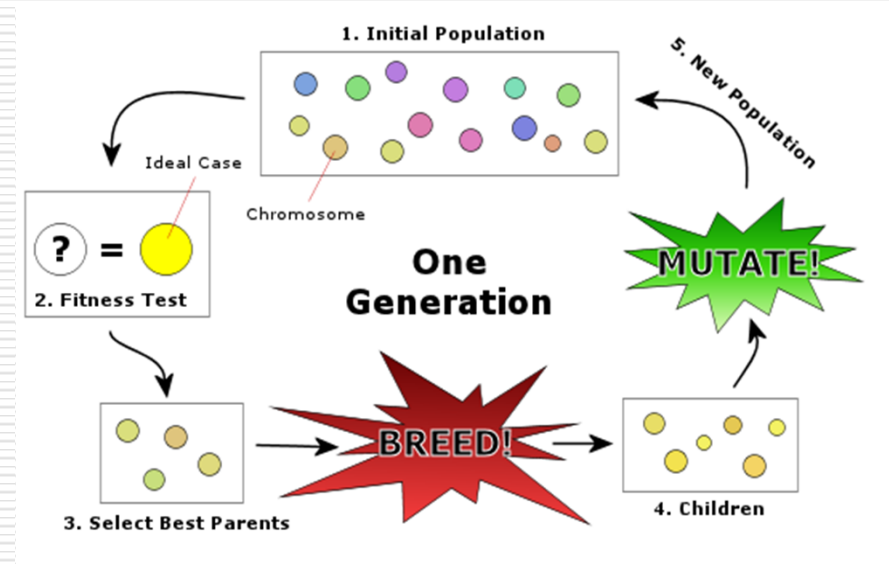
Μάθημα 7: Ολική βελτιστοποίηση

- ❑ Στοχαστικοί αλγόριθμοι (τυχειότητα)
- ❑ Εντοπίζουν μια πρόσφορη (όχι την εγγυημένα βέλτιστη) λύση, σε μη κυρτούς χώρους με πολλαπλά ακρότατα και σύνθετη γεωμετρία
- ❑ Εφαρμογές:
 - Αυτόματη βαθμονόμηση υδρολογικών μοντέλων
 - Βελτιστοποίηση κανόνων λειτουργίας συστημάτων ταμιευτήρων



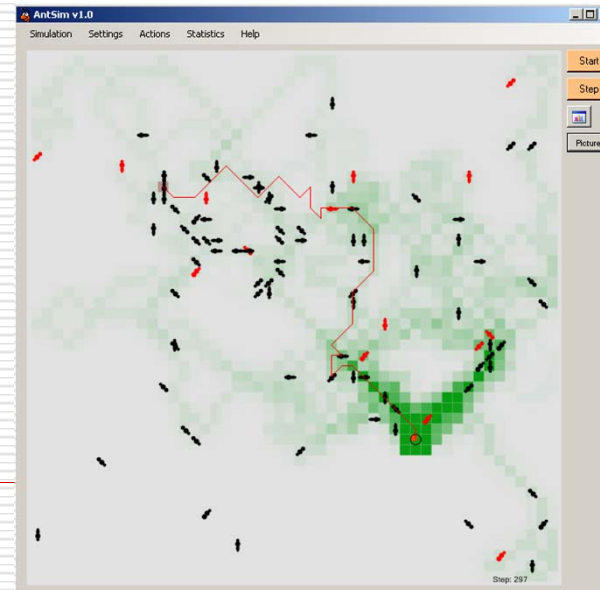
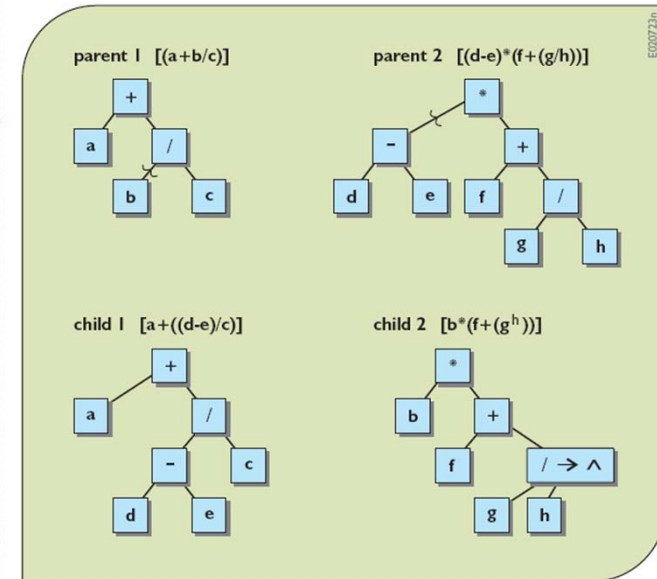
Μάθημα 8: Κλασικοί γενετικοί αλγόριθμοι

- Θεωρία Εξέλιξης (Δαρβίνος) και βελτιστοποίηση
- Άτομα, χρωμοσώματα, εξελικτικοί τελεστές
- Θεώρημα Σχήματος (Schema Theorem)
- Εφαρμογές:
 - Βελτιστοποίηση δικτύων ύδρευσης
 - Κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων



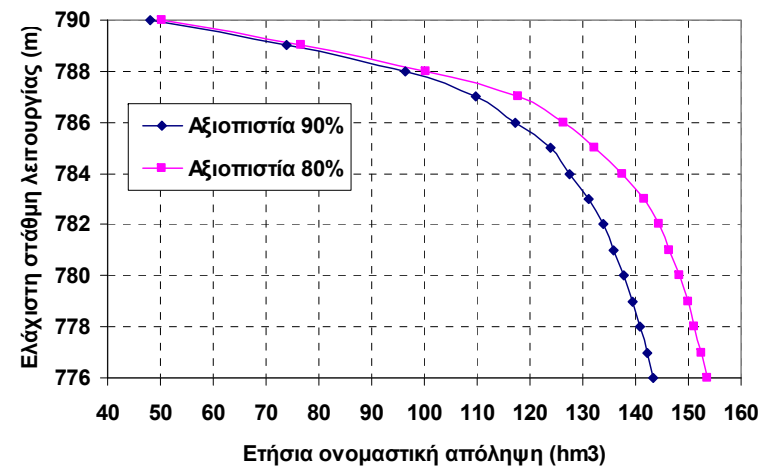
Μάθημα 9: Προχωρημένοι/Υβριδικοί Εξελικτικοί Αλγόριθμοι

- Hybrid algorithms
 - Συνδυασμός αλγορίθμων τοπικής αναζήτησης και αλγορίθμων βασισμένων σε πληθυσμούς.
- Γενετικός προγραμματισμός - Evolutionary Polynomial Regression
- Ant Colony Optimization
 - Αναλογία με τον τρόπο επιλογής του συντομότερου δρόμου από αποικίες μυρμηγκιών
- Swarm Intelligence (agent-based, global intelligence)
- Simulated Annealing (Υβριδικό)
 - Αναλογία με την αναδόμηση των μορίων των μετάλλων κατά τη διαδικασία της ανακρυστάλλωσης.
- Εφαρμογή:
 - Τρωτότητα Αγωγών σε Αστικά Δίκτυα



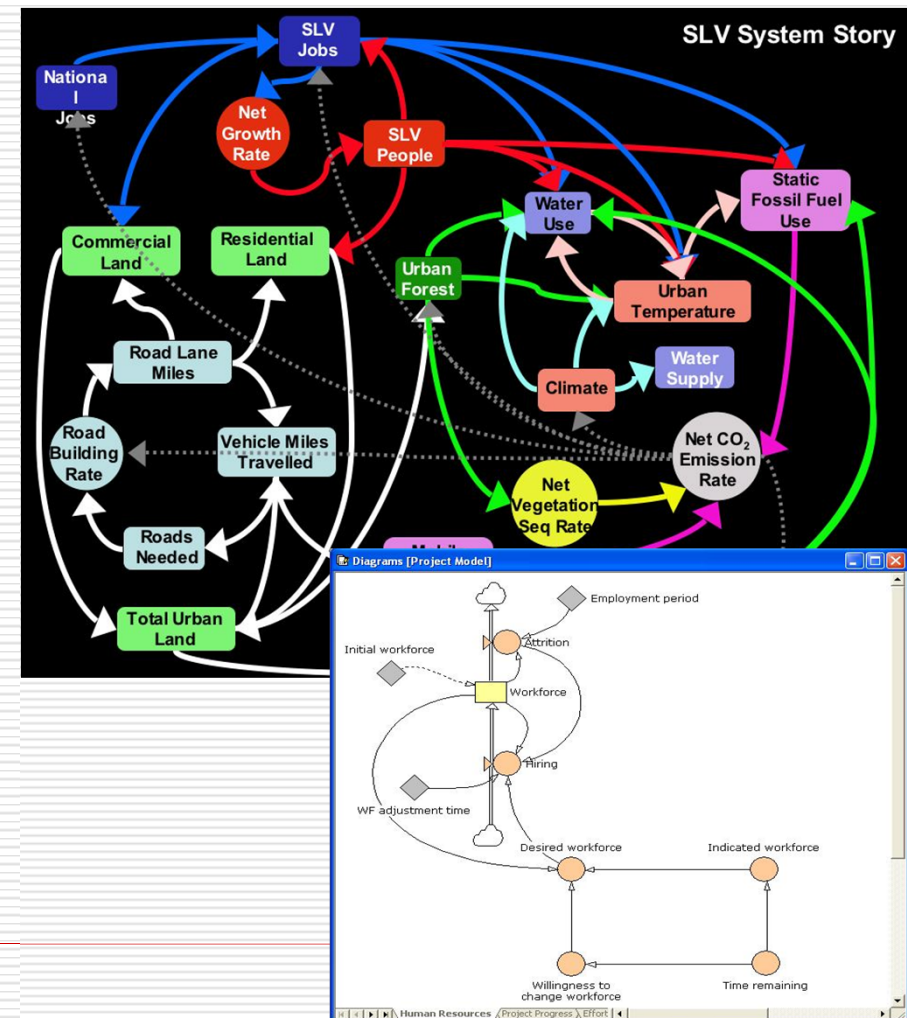
Μάθημα 10: Πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση

- Λήψη αποφάσεων με ανταγωνιστικά κριτήρια
- Πολλαπλές βέλτιστες λύσεις (μέτωπο Pareto), η επιλογή των οποίων συνεπάγεται διαφορετικούς συμβιβασμούς
- Μέθοδοι υπολογισμού βαρών
- Εντοπισμός «καλύτερου» συμβιβασμού
- Εφαρμογές:
 - Σχέση ασφαλούς απόληξης - χωρητικότητας ταμιευτήρα
 - Διαχείριση ταμιευτήρα με ανταγωνιστικές χρήσεις
 - Βαθμονόμηση μοντέλου με πολλαπλά μέτρα προσαρμογής



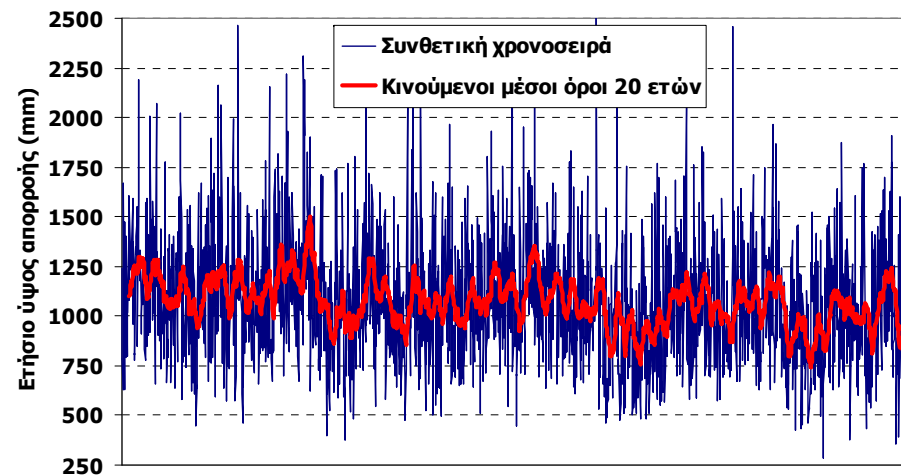
Μάθημα 11: Συστήματα, Προσομοίωση, Δυναμικά Συστήματα

- Συστημική Ανάλυση (Systems Analysis)
- System Dynamics
 - Βασικές αρχές
 - Ροές και αποθέματα (stocks and flows)
- Εφαρμογές σε Διαχείριση Υδατικών Πόρων



Μάθημα 12: Βελτιστοποίηση συστημάτων υπό καθεστώς αβεβαιότητας

- Συστήματα υδατικών πόρων → μη προβλέψιμες μελλοντικές εισροές → ελαχιστοποίηση διακινδύνευσης στην ικανοποίηση των χρήσεων νερού
- Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών εισροών
- Εφαρμογές:
 - Διαστασιολόγηση ταμιευτήρα για διάφορα υδροκλιματικά σενάρια
 - Στοχαστική βελτιστοποίηση υδροσυστημάτων



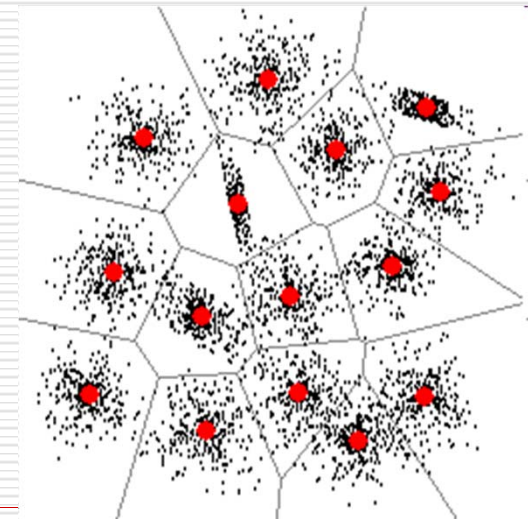
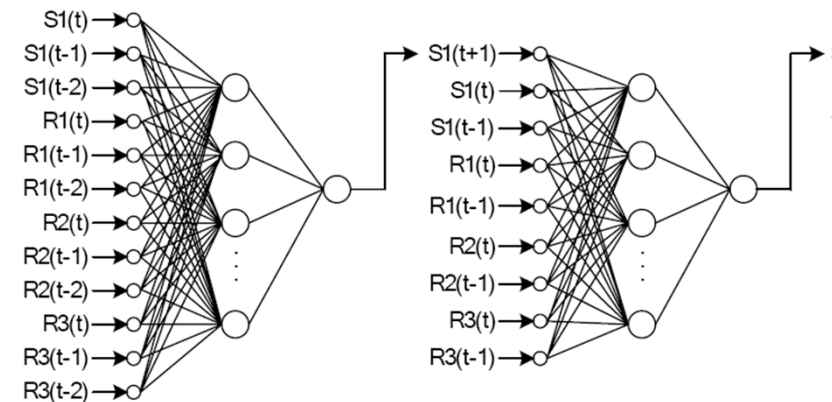
Μάθημα 13: Ειδικά θέματα υδροπληροφορικής

□ Data Driven Models

- Νευρωνικά δίκτυα
- Νευρωνικά δίκτυα με ασαφή λογική
- Support Vector Machines

□ Data Mining

- Εφαρμογές:
 - Πρόβλεψη πλημμύρας



Διαδικαστικά:

- ❑ Υλικό Μαθήματος στο mycourses.ntua.gr
 - ❑ http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php?cidReq=PSTGR1031
 - ❑ Γραφτείτε μέσα στις επόμενες 2 εβδομάδες (ανοιχτό).
 - ❑ **Ανακοινώσεις** και **πρόσθετο υλικό** θα δημοσιοποιούνται εκεί.
-

Βασική βιβλιογραφία

- Abrahart, See, Solomatine (eds). *Practical Hydroinformatics: Computational Intelligence and Technological Developments in Water Applications*, Springer, 506p, ISBN: 978-3-540-79880-4, 2008. **(E-BOOK)**
 - Biswas, A. K., *Systems Approach to Water Management*, McGraw-Hill, New York, 1976.
 - Grigg, N. S., *Water Resources Management*, McGraw-Hill, New York, 1996.
 - Loucks, D. P., Stedinger, J. R., and Haith, D. A., *Water Resource System Planning and Analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1981.
 - Loucks, D. P. and E. van Beek, *Water Resources Systems Planning and Management - An Introduction to Methods, Models and Applications*, UNESCO, 2005 **(E-BOOK)**
 - Mays, L. W., and Y.-K. Tung, *Hydrosystems Engineering and Management* McGraw-Hill, New York, 1992.
 - Mays, L. W., and Y.-K. Tung, Systems analysis, in *Water Resources Handbook*, edited by L. W. Mays, McGraw-Hill, New York, 1996.
 - Winston, W, L., and S. C. Albright, *Practical Management Science, Spreadsheet modeling and Applications*, Duxbury, Belmont, 1997.
-

Απορίες/Ερωτήσεις;

