

Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος:

Βελτιστοποίηση Συστημάτων Υδατικών Πόρων –Υδροπληροφορική



Εισαγωγή στην υδροπληροφορική και βελτιστοποίηση συστημάτων υδατικών πόρων

Ανδρέας Ευστρατιάδης, Χρήστος Μακρόπουλος
Γιάννης Τσουκαλάς & Διονύσης Νικολόπουλος

Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Φεβρουάριος 2018

Εισαγωγικές έννοιες υδροπληροφορικής και βελτιστοποίησης συστημάτων υδατικών πόρων

- **Υδροπληροφορική (hydroinformatics)**
 - Γενικός ορισμός: Εφαρμογές πληροφορικής και τεχνολογίας επικοινωνιών (information & communications technologies, ICTs) σε προβλήματα ανάλυσης και διαχείρισης συστημάτων υδατικών πόρων
 - Αρχικό πεδίο εφαρμογής (δεκαετία 1980): Αριθμητικά μοντέλα υπολογιστικής υδραυλικής (computational hydraulics)
 - Προϊόντα hardware και software
- **Βελτιστοποίηση συστημάτων υδατικών πόρων (water resource systems optimization)**
 - Κατηγορία προβλημάτων υδροπληροφορικής
 - Συστημική προσέγγιση προβλημάτων υδατικών πόρων (εφαρμογές θεωρίας ανάλυσης συστημάτων, δεκαετία 1970)
 - Βελτιστοποίηση (κλασικές προσεγγίσεις)
 - Σύγχρονη προσέγγιση:
 - Συνδυασμός προσομοίωσης-βελτιστοποίησης
 - Πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση
 - Ανάλυση αβεβαιοτήτων

Εφαρμογές υδροπληροφορικής

□ Τυπικές εφαρμογές:

- Μετρητικά συστήματα
- Συστήματα (τηλε)μετάδοσης και αποθήκευσης δεδομένων
- Συστήματα οργάνωσης, ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων (βάσεις δεδομένων, συστήματα γεωγραφικής πληροφορίας)
- Αριθμητικοί επιλυτές
- Μαθηματικά μοντέλα (προσομοίωση, βελτιστοποίηση)
- Αλγόριθμοι επίλυσης ειδικών προβλημάτων
- Συστήματα λήψης αποφάσεων
- Συστήματα βέλτιστου ελέγχου
- Συστήματα πρόγνωσης

□ Έμφαση σε:

- Χειρισμός μεγάλου όγκου δεδομένων (big data)
- Μετα-δεδομένα (metadata) και μετα-μοντέλα (metamodels)
- Επικοινωνία μοντέλων σε πραγματικό χρόνο – ανταλλαγή δεδομένων
- Εφαρμογές διαδικτύου
- Διαδραστικές εφαρμογές
- Υπηρεσίες (services)

Ρετρό εφαρμογές υδροπληροφορικής

Υδρομετεωρολογικός Χάρτης

Πλαίσιο Ομάδα Σταθμοί Κριτήρια Επιλογές Οδηγίες

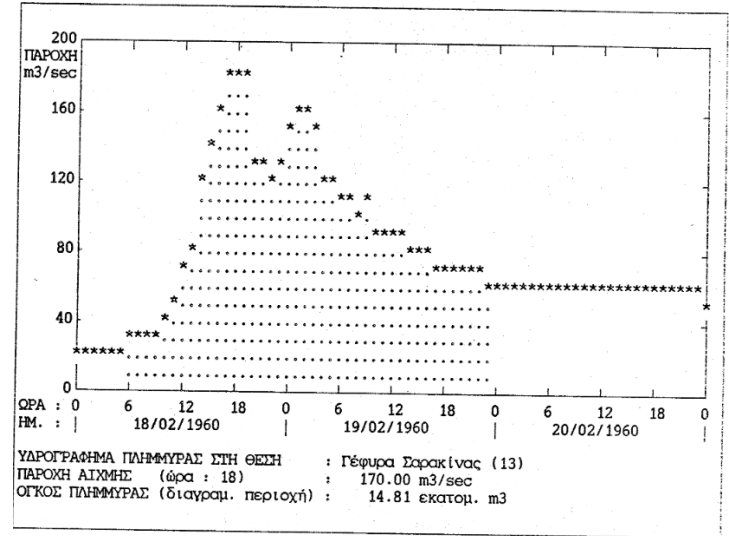
**Γραφικό περιβάλλον
Unix/X-Windows
Χάρτες
Μητρώο μετρητικών σταθμών**

Μητρώο σταθμών

Πλαίσιο Ομάδα Κριτήρια Λειτουργίες Επιλογές Οδηγίες

Όνομα	Νομός	Υψηρείδα	φ	λ
ΑΓΙΟΣ ΑΝΗΤΡΙΟΣ	ΑΙΤΣΑΚΑΚ	ΔΕΗ	37.40.00	21.50.00
ΑΓΡΑΦΙΩΤΗΣ	ΕΥΡΥΤΑΝ	ΔΕΗ	39.01.00	21.36.00
ΑΧΕΛΩΟΣ ΑΥΛΑΚΙ	ΚΑΡΑΪΤΣΑ	ΔΕΗ	39.10.00	21.17.00
			21.44.00	
			21.41.00	
			21.41.00	

ΑΡΧΕΙΟ 9



Γενετική προσομοίωση D:\SIMULATE\5000.GSM

Αρχείο Επιτεργασία Λειτουργίες Οδηγίες

0 5000 702.10

Πιθανότητα αστοχίας 0.01000

	Εόργος	Μήνιος	Υάικη	Σύνολο
Απορροή	321.143	311.041	353.246	985.430
Βροχή	3.945	27.040	7.941	38.926
Εξάτμιση	3.807	24.511	24.649	52.967
Διαρροή	0.000	12.678	96.162	108.840
Υπερχειλίση	74.778	31.170	4.279	110.227
Υδροευσή	0.000	516.216	187.357	703.573
Αρδευσή	0.000	0.000	48.905	48.905
Ανταλλαγή	-246.491	246.491	0.000	0.000

Υδατικό ισοζύγιο (hm3)

Υδατικό ισοζύγιο / Διαγράμματα / Υδατικό σύστημα / Αρχείο

Υδροπληροφορική → υποστήριξη αποφάσεων

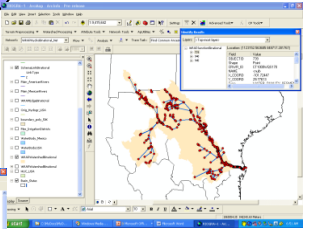
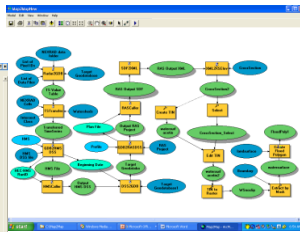
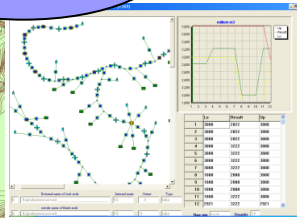
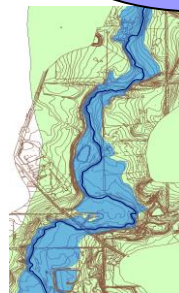
Συστήματα ελέγχου
Παρακολούθησης
Προειδοποίησης



Μετρητικά δίκτυα φυσικών διεργασιών



Πολυκριτηριακή
ανάλυση
Βελτιστοποίηση
Διακινδύνευση
Αβεβαιότητα



Βάσεις δεδομένων
Εξόρυξη δεδομένων
Συστήματα Γεωγραφικής
Πληροφορίας (GIS)

Προσομοίωση φυσικών και
ανθρωπογενών διεργασιών

Προβλήματα βελτιστοποίησης υδατικών πόρων

□ Ευθύ πρόβλημα βελτιστοποίησης

- Αφορά σε τεχνητά συστήματα (υδροσυστήματα) ή σε φυσικά συστήματα, με γνωστές ιδιότητες.
- Θεωρείται πλήρως γνωστή η εσωτερική δομή του συστήματος (φυσικό υπόβαθρο, εξισώσεις λειτουργίας, ιδιότητες).
- Βελτιστοποίηση χαρακτηριστικών μεγεθών σχεδιασμού (*μεταβλητές σχεδιασμού, design variables*) ή μεταβλητών που σχετίζονται με τη λειτουργία του συστήματος (*μεταβλητές απόφασης, decision variables*) ή τον έλεγχο του σε πραγματικό (ή σχεδόν πραγματικό) χρόνο (*μεταβλητές ελέγχου, control variables*).
- Χρησιμοποιεί υποθετικά δεδομένα εισόδου (σενάρια, συνθετικές χρονοσειρές).

□ Αντίστροφο πρόβλημα (πρόβλημα βαθμονόμησης, *calibration*)

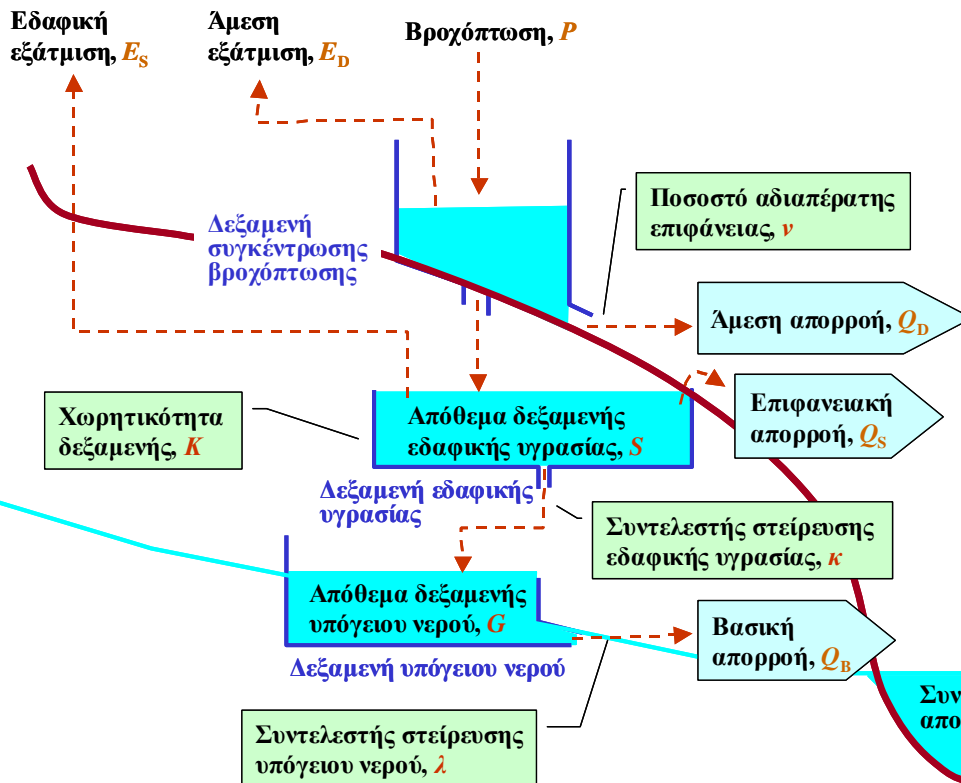
- Αφορά σε φυσικά συστήματα ή τεχνητά συστήματα ιδιαίτερα πολύπλοκης δομής.
- Άγνωστη η εσωτερική δομή του συστήματος (εξισώσεις λειτουργίας), η οποία περιγράφεται από απλοποιημένα εννοιολογικά μοντέλα.
- Χαρακτηριστικά μεγέθη των εξισώσεων (παράμετροι) θεωρούνται άγνωστα.
- Βελτιστοποίηση παραμέτρων, ώστε οι προσομοιωμένες αποκρίσεις του μοντέλου να προσεγγίζουν τις παρατηρημένες τιμές του πραγματικού συστήματος.
- Χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα εισόδου (μετρήσεις πεδίου).

Διάρθρωση μαθήματος

- **Βελτιστοποίηση συστημάτων υδατικών πόρων**
 - Κλασικές μαθηματικές τεχνικές
 - Γραμμική και δικτυακή βελτιστοποίηση
 - Μη γραμμική βελτιστοποίηση – Μέθοδοι τοπικής και ολικής αναζήτησης
 - Γενετικοί-εξελικτικοί αλγόριθμοι
 - Πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση
- **Υδροπληροφορική**
 - Βασικές αρχές προγραμματισμού – MATLAB
 - Νευρωνικά δίκτυα (neural networks)
 - Ανάλυση αβεβαιότητας – Προσομοίωση Monte Carlo
 - Υποκατάστατα μοντέλα (surrogate modelling)
 - Κυψελοειδή αυτόματα (cellular automata)
 - Ασαφής λογική (fuzzy logic)
 - Εξόρυξη δεδομένων (data mining)
 - Σύγχρονες τεχνολογίες μέτρησης – τηλεμετρία (remote sensing)
- **Άσκηση: υδρολογικά μοντέλα (MATLAB)**

Θέμα εξαμήνου (MATLAB)

- Εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων εισόδου
- Κατάστρωση μοντέλων (εννοιολογικό, νευρωνικό)
- Βαθμονόμηση (βελτιστοποίηση) παραμέτρων
- Ανάλυση αβεβαιότητας παραμέτρων
- Απεικόνιση αποτελεσμάτων



http://www.water-switch-on.eu/completed_experiments.html

Virtual Water-Science Laboratory

Portal / Virtual Water-Science Laboratory / Completed experiments

Explore the collaborative experiments carried out in the SWITCH-ON Laboratory!

Completed experiments

EXP #1: REPRODUCIBILITY ASSESSMENT OF CALIBRATION AND VALIDATION OF A LUMPED RAINFALL-RUNOFF MODEL ACROSS SELECTED EUROPEAN CATCHMENTS Involved partners: BRISTOL, SMHI, TUD, TUW, UNIBO

Define science questions	The experiment aims to assess the reproducibility of the model. The experiment addresses the following scientific questions: 1. What factors control reproducibility in hydrological modeling? 2. What is the way forward to ensure reproducibility in hydrological modeling?
Set up experiment protocols	Identical implementations of the TUWmodel
Collect input data	15 catchments (located in Sweden, Germany, France, Italy, Austria, Spain, Portugal, Greece, Turkey, and the UK)
Repurpose data to input files	Estimation of potential evaporation data from the catchments
Compute model outputs	TUW model: R code
Share results & Explore the findings	Recalling the science questions, the main findings of the experiment are: 1. The reproducibility is preliminarily good. 2. In the case different research groups

http://www.water-switch-on.eu/completed_experiments.html