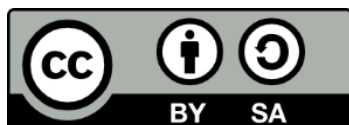


Ευρετικές Μέθοδοι

Ενότητα 1: Εισαγωγή στις ευρετικές μεθόδους

Άγγελος Σιφαλέρας
Μεταπτυχιακό Εφαρμοσμένης Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Μακεδονίας» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

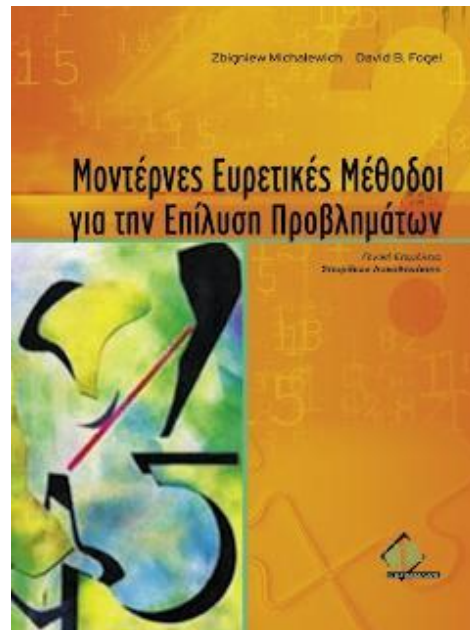
Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Μαρινάκης Ι., Μαρινάκη Μ., Ματσατσίνης Ν., Ζοπουνίδης Κ., *Μεθευρετικοί και Εξελικτικοί Αλγόριθμοι σε Προβλήματα Διοικητικής Επιστήμης*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2011.



Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Michalewicz Z., Fogel D., Μοντέρνες Ευρετικές Μέθοδοι για την Επίλυση Προβλημάτων, BROKEN HILL PUBLISHERS LTD, 2011.



Μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων βελτιστοποίησης

- Ακριβείς αλγόριθμοι (exact algorithms)
- Προσεγγιστικοί αλγόριθμοι (approximate algorithms)

Εισαγωγή

ἔυρισκειν

- Ορισμός Heuristics (Ελληνική λέξη = εύρεση, ανακάλυψη): “η μελέτη των μεθόδων και κανόνων σχετικά με την ανακάλυψη και εφεύρεση”.
- Στην επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης εφαρμόζονται κυρίως διάφοροι ακριβείς αλγόριθμοι μαθηματικού προγραμματισμού (exact optimization algorithms).
- Ωστόσο, σε προβλήματα συνδυαστικής ή ολικής βελτιστοποίησης οι συμβατικές μέθοδοι δεν είναι συνήθως αρκετά αποτελεσματικές, ειδικά, όταν ο χώρος αναζήτησης του προβλήματος είναι μεγάλος και πολύπλοκος.
- Η πλειοψηφία αυτών των υπολογιστικών προβλημάτων ανήκουν στην κλάση NP-hard, και δεν είναι δυνατή η εύρεση λύσης σε πολυωνυμικό χρόνο (εκτός αν $P = NP$).

Περιεχόμενο μαθήματος

- Στα πλαίσια του μαθήματος, θα παρουσιαστούν τα ακόλουθα θέματα:
- Εισαγωγή σε δύσκολα υπολογιστικά προβλήματα συνδυαστικής και ολικής βελτιστοποίησης και στις μεθόδους εξαντλητική αναζήτησης.
- Βασικές έννοιες, π.χ., αναπαράσταση λύσης, τοπική αναζήτηση, γειτονικές περιοχές και τοπικά βέλτιστα.
- Εισαγωγή στην αναζήτηση με χρήση μεταβαλλόμενης γειτονιάς, καθώς και σε γενετικούς αλγορίθμους, αλγορίθμους εμπνευσμένους από τη φύση, (π.χ., νοημοσύνη σμήνους), αναζήτηση ταμπού, προσομοιωμένη ανόπτηση.
- Εφαρμογές μεθευρετικών μεθόδων, π.χ., σε προβλήματα δρομολόγησης, αποθεμάτων κ.α.
- Έλεγχος στατιστικών υποθέσεων και αναφορά υπολογιστικών πειραμάτων βασισμένων ειδικά σε ευρετικές μεθόδους.

Στόχος

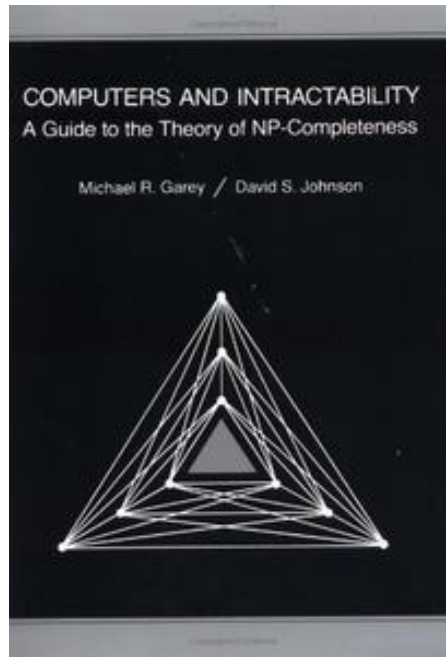
- Στόχος του προτεινόμενου μαθήματος είναι να δώσει μια λεπτομερή εισαγωγή στη χρήση των σύγχρονων μεθευρετικών μεθόδων στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων βελτιστοποίησης μεγάλης διάστασης, όπου ένας συμβιβασμός είναι αναγκαίος μεταξύ της ποιότητας της λύσης και του χρόνου επίλυσης.
- Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές που θα παρακολουθήσουν επιτυχώς το προτεινόμενο μάθημα θα αναπτύξουν δεξιότητες σχετικά με i) τη μοντελοποίηση σύνθετων πρακτικών προβλημάτων και ii) την αλγοριθμική επίλυση σε σύντομο υπολογιστικό χρόνο.
- Ο στόχος είναι να παρουσιαστεί ένα ολοκληρωμένο σύνολο μεθόδων, το οποίο θα προσφερθεί στο φοιτητή, ο οποίος βλέποντας τα χαρακτηριστικά και τις διαφορές των μεθόδων να μπορεί να επιλέξει την πιο κατάλληλη μέθοδο για το πρόβλημα βελτιστοποίησης που έχει να επιλύσει.

Σύντομη εισαγωγή στην υπολογιστική πολυπλοκότητα

- Εισαγωγή
- Προβλήματα
- Υπολογιστικά προβλήματα
- Στιγμιότυπα – περιπτώσεις
- Διάσταση προβλήματος: αριθμός που δηλώνει πόσο μεγάλο είναι ένα πρόβλημα.
- Ασυμπτωτικός ρυθμός αύξησης (Asymptotic growth rate): Ένας τρόπος σύγκρισης συναρτήσεων που αγνοεί σταθερές και δεδομένα εισόδου μικρής διάστασης.

P, NP, και NP-πλήρη προβλήματα

- M. Garey, D. Johnson, *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, W. H. Freeman Publications, (1979).



Εύκολα προβλήματα συνδυαστικής βελτιστοποίησης

- Το πρόβλημα της εύρεσης ελαχίστων δρόμων (Shortest Path Problem)
- Το πρόβλημα του εύρεσης ελαχίστου δένδρου καλύμματος (Minimum Spanning Tree Problem)
- Το γραμμικό πρόβλημα αντιστοίχισης (Linear Assignment Problem)
- ...

Εξαντλητική αναζήτηση (exhaustive search)

- Το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή (Traveling Salesman Problem – TSP)
- Το πρόβλημα του σακιδίου (Knapsack Problem)
- Προβλήματα μη γραμμικού προγραμματισμού (Non Linear Programming ή NLP)

Μεθοδολογίες επίλυσης για TSP

- Το TSP ανήκει στην κατηγορία προβλημάτων NP-Complete. Ως εκ τούτου, δεν αναμένεται κάποιος αποτελεσματικός αλγόριθμος (εκτός αν $P = NP$), παρά μόνο κάποιες βελτιωμένες προσεγγιστικές λύσεις.
- Ευρετικές μέθοδοι (heuristics)
 - Nearest-neighbor
 - The Greedy Algorithm
 - r-opt heuristics
 - ...
- Μεθευρετικές μέθοδοι (metaheuristics)
 - Variable neighbourhood search
 - Simulated annealing
 - Tabu search
 - Genetic algorithms
 - Ant colony optimization
 - ...
- Exact algorithms
 - Αλγόριθμοι κλάδου και φραγής
 - Cutting planes methods
 - ...

Ευρετικές μέθοδοι (heuristics) για το TSP

- Heuristics για το TSP:
 - Ευρετικές μέθοδοι κατασκευής διαδρομής ή Construction Heuristics.
 - Nearest-neighbor
 - The Greedy Algorithm
 - Insertion Heuristics
 - Cheapest Insertion
 - Farthest Insertion
 - Random Insertion
 - Ευρετικές μέθοδοι βελτίωσης της υπάρχουσας λύσης ή Improving Solutions.
 - r-opt heuristics
 - Sub-Tour reversal algorithm
 - Node and edge-insertion
 - ...
- ...

Heuristics σε MIP

- Η γρήγορη εύρεση καλών προσωρινών εφικτών ακεραίων λύσεων (incumbents), έχει εξαιρετική σημασία στην αναζήτηση ενός MIP για αρκετούς λόγους:
 - Πρώτον, ίσως είναι αδύνατον να καταλήξουμε σε βελτιστότητα. Για παράδειγμα, το αντίστοιχο MIP ίσως να είναι πολύ δύσκολο, ή μπορεί να υπάρχουν περιορισμοί στο μέγιστο χρόνο επίλυσης από τον χρήστη (π.χ., αεροπορικά δρομολόγια σε καθημερινή βάση...). Σε κάθε περίπτωση, επιθυμούμε να έχουμε τη καλύτερη δυνατή εφικτή λύση κατά τον τερματισμό του αλγορίθμου.
 - Δεύτερον, οι καλές εφικτές λύσεις επίσης βοηθούν στη διαδικασία αναζήτησης πριν τον τερματισμό. Όσο καλύτερη είναι η αντικειμενική τιμή της προσωρινής λύσης (incumbent), τόσο πιο πιθανό είναι η τιμή ενός γραμμικού υπό-προβλήματος χαλάρωσης (LP relaxation) να την υπερβαίνει (σε ένα πρόβλημα ελαχιστοποίησης) οπότε μπορούμε να μην κάνουμε επιπλέον διακλαδώσεις σε αυτόν τον κόμβο (fathomed node).

Ευρετικές Μέθοδοι & αρχικοποίηση MIP

- Christophel, Philipp M., Leena Suhl, and Uwe H. Suhl. “Finding Feasible Solutions to Hard Mixed-integer Programming Problems Using Hybrid Heuristics”. In Operations Research Proceedings 2005, pp. 355-360. Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- Bertacco, Livio, Matteo Fischetti, and Andrea Lodi. “A feasibility pump heuristic for general mixed-integer problems”. Discrete Optimization 4, no. 1 (2007): 63-76.
- Lazić, Jasmina, Raca Todosijević, Saïd Hanafi, and Nenad Mladenović. “Variable and single neighbourhood diving for MIP feasibility”. To appear in Yugoslav Journal of Operations Research, (2015).

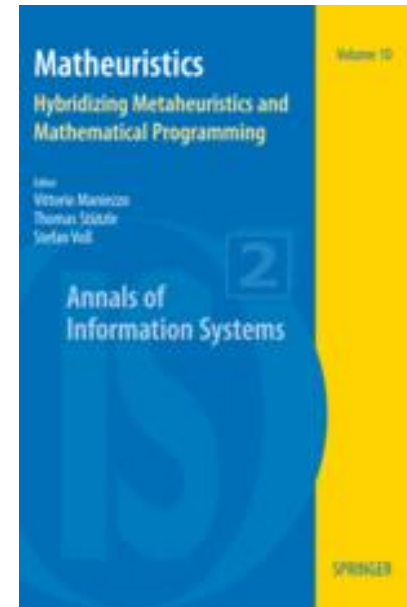
Matheuristics

- 5th International Workshop on Model-Based Metaheuristics (Matheuristics 2014)

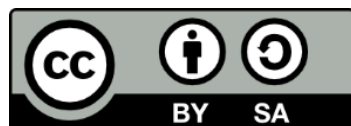
<http://iwi.econ.uni-hamburg.de/mh14>



- Maniezzo, Vittorio, Stützle, Thomas, Voß, Stefan, “Matheuristics: Hybridizing Metaheuristics and Mathematical Programming”, Annals of Information Systems Series, Vol. 10, 2010.



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΕΥΡΕΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Άγγελος Σιφαλέρας