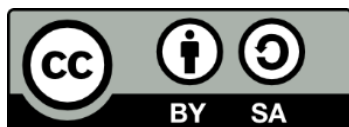


Ευρετικές Μέθοδοι

Ενότητα 3: Ευρετικές μέθοδοι αρχικοποίησης και βελτίωσης για το TSP

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

Ευρετικές μέθοδοι αρχικοποίησης (construction heuristics)

- Ευρετικές μέθοδοι μιας εφαρμογής (single-pass heuristics)
- Κατασκευάζουν μια αρχική λύση εκ του μηδενός
 - Σειρά βημάτων
 - Σε κάθε βήμα κατασκευάζεται μόνο ένα μέρος της λύσης
 - Συνήθως μια μεταβλητή απόφασης ανά βήμα
- Τερματισμός με την ολοκλήρωση υπολογισμού μιας λύσης
- Δεν εφαρμόζονται βήματα περαιτέρω βελτίωσης

Ευρετικές μέθοδοι βελτίωσης (improvement heuristics)

- Εκκινούν από μια πλήρη αρχική λύση
- Βελτιώνουν την αρχική λύση
 - Αρκετά βήματα
 - Πιθανές κινήσεις ορίζουν μια «γειτονιά»
 - Δεν υπάρχει η έννοια της διαφοροποίησης (diversification): η αντικειμενική τιμή συνεχώς βελτιώνεται
 - Τερματισμός όταν δεν είναι δυνατή περαιτέρω βελτίωση

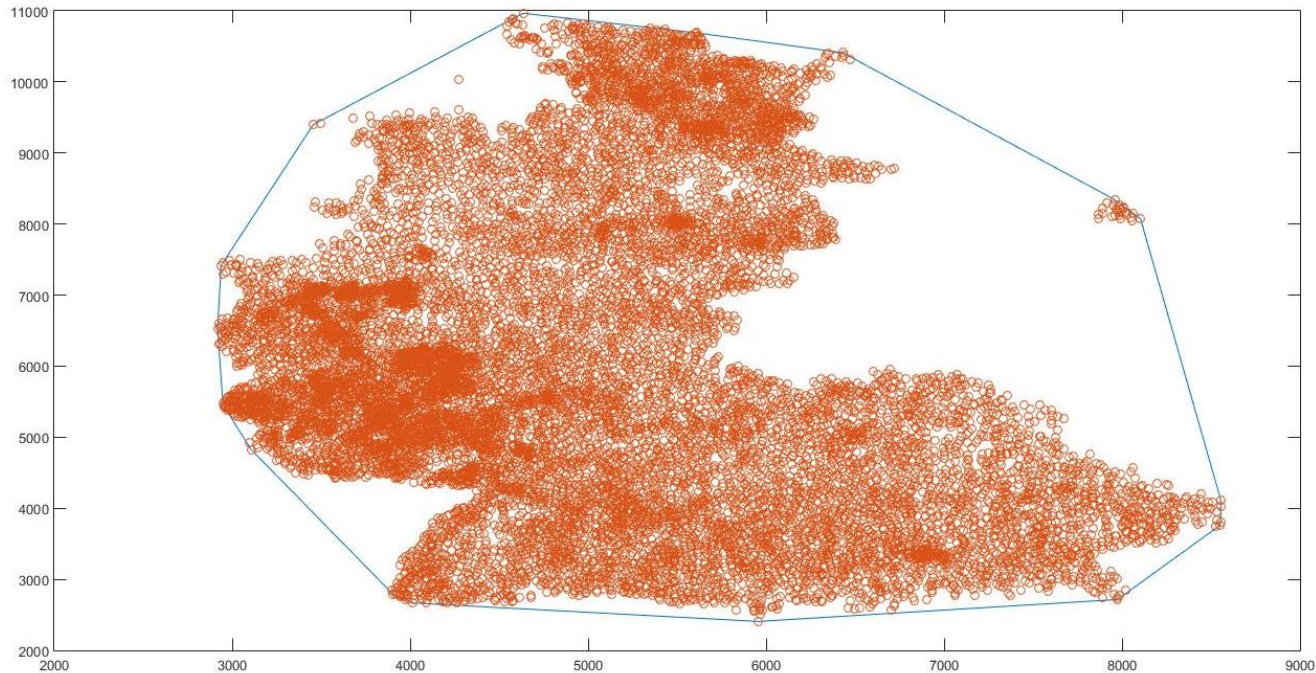
Άπληστη αναζήτηση (greedy search)

- Οι ευρετικές μέθοδοι κατασκευής & βελτίωσης αποτελούν συνήθως άπληστες τεχνικές.
- Επιλέγουμε εκείνη την εναλλακτική λύση με τη μεγαλύτερη αντικειμενική τιμή (σε πρόβλημα μεγιστοποίησης)
- Δεν βλέπουμε μπροστά & αποτελεί μια γρήγορη, μυωπική αναζήτηση που οδηγεί σε υπό-βέλτιστες λύσεις.

Μέθοδοι κατασκευής μιας αρχικής διαδρομής για το TSP

Insertion Heuristics για το TSP

- Για προβλήματα με Ευκλείδειες αποστάσεις, μπορούμε να βρούμε μια καλή αρχική υπό-διαδρομή εάν ακολουθήσουμε το κυρτό περίβλημα (convex hull) όλων των κόμβων.



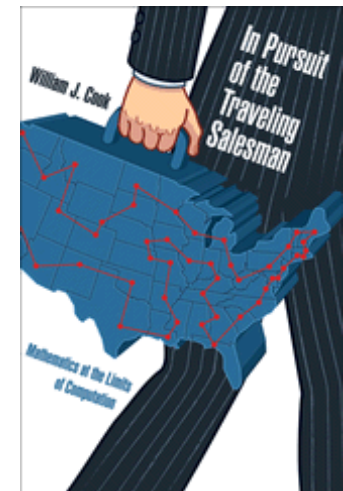
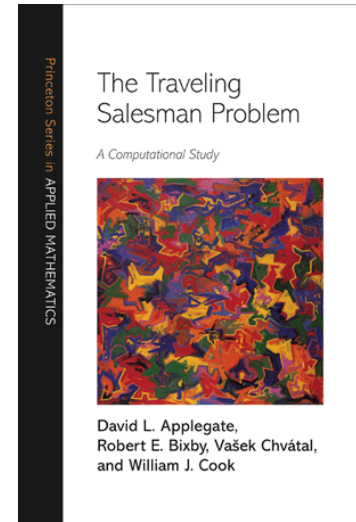
Μέθοδοι βελτίωσης μιας αρχικής διαδρομής για το TSP

Improving Solutions: 2-opt

- Οι διαδρομές που έχουν υπολογιστεί με κάποιο από τα διάφορα construction heuristics της προηγούμενης ενότητας συνήθως είναι μέτριας ποιότητας...
- Έστω ότι τώρα μας ενδιαφέρει να βελτιώσουμε μια ήδη υπάρχουσα διαδρομή. Γενικά, οι ευρετικές μέθοδοι βελτίωσης μιας λύσης χαρακτηρίζονται από μια συγκεκριμένη ενέργεια τροποποίησης της υπάρχουσας διαδρομής. Παράδειγμα τρόπου βελτίωσης είναι η ευρετική μέθοδος 2-opt η οποία πραγματοποιεί κινήσεις 2-exchange.
- Εποπτική παρουσίαση των παραπάνω:
 - <http://www-e.uni-magdeburg.de/mertens/TSP>

Βιβλιογραφία στο TSP

- David L. Applegate, Robert E. Bixby, Vasek Chvátal & William J. Cook, *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*, Princeton University Press, 2006.
- William J. Cook, *In Pursuit of the Traveling Salesman: Mathematics at the Limits of Computation*, Princeton University Press, 2012.

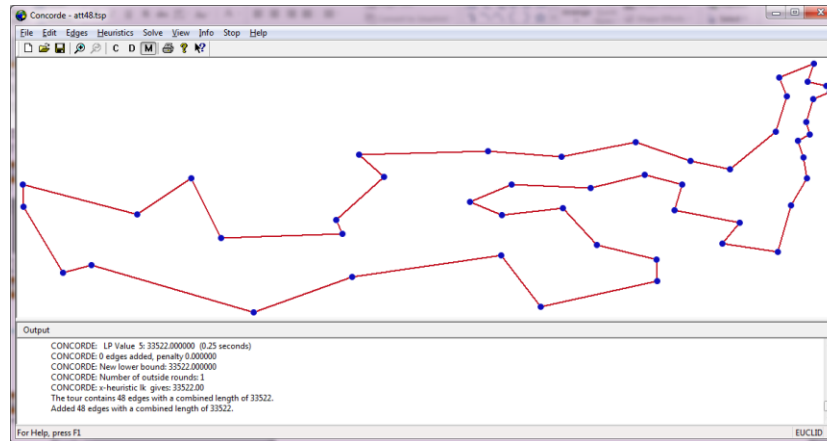


Ενδεικτικές παραλλαγές του TSP

- Asymmetric Traveling Salesman Problem
- Symmetric Traveling Salesman Problem
- Time-dependent TSP
- TSP with time windows
- ...

Λύτης προβλημάτων TSP

- Concorde TSP solver (διατίθεται δωρεάν για ακαδημαϊκή χρήση):
- <http://www.tsp.gatech.edu/concorde/downloads/downloads.htm>



Συλλογές μετρόπροβλημάτων (benchmark problems)

Υλικό για TSP

- Καλές πηγές ενημέρωσης:
 - TSP: <http://www.tsp.gatech.edu>
 - **Animated Examples of Heuristic Algorithms:**
 - <http://www-e.uni-magdeburg.de/mertens/TSP>
 - **Benchmark problems**
- **TSPLIB:** <http://elib.zib.de/pub/mp-testdata/tsp/tsplib/tsplib.html>
 - Περισσότερα από 100 στιγμιότυπα με έως και 85.900 κόμβους
 - Κάποια στιγμιότυπα είναι από πραγματικές εφαρμογές
 - Στιγμιότυπα από σχεδίαση ψηφιακών κυκλωμάτων
 - Τυχαία κατασκευασμένα Ευκλείδεια στιγμιότυπα (είτε ομοιόμορφα κατανεμημένα είτε συσταδοποιημένα)
 - Μερικά στιγμιότυπα παρέχονται από το *8th DIMACS challenge*
 - <http://dimacs.rutgers.edu/Challenges/TSP>

Μορφοποίηση benchmark προβλημάτων .tsp

NAME: example_1

TYPE: TSP

COMMENT: Generated by CCutil_writetsplib

DIMENSION: 11

EDGE_WEIGHT_TYPE: EUC_2D

NODE_COORD_SECTION

1 72.743919 16.071047

2 4.153569 41.981262

3 79.027680 95.034639

4 14.145329 40.690329

5 66.258736 70.360424

6 22.656941 52.076785

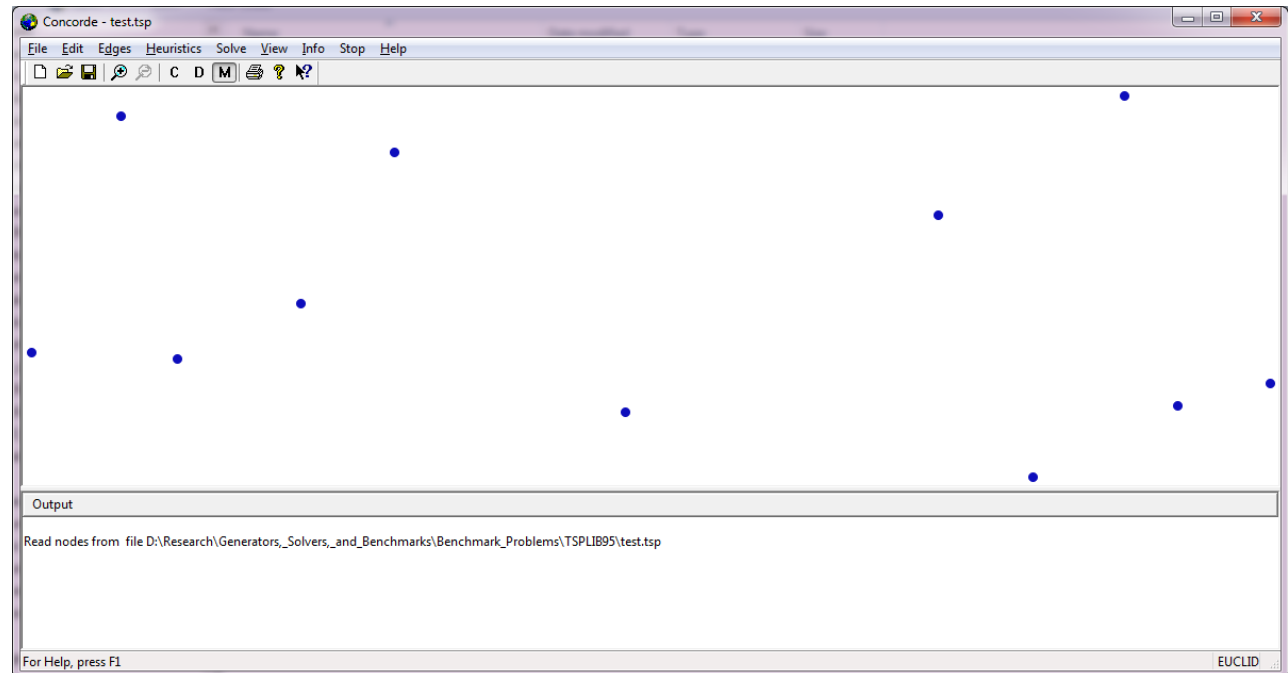
7 82.680746 31.058687

8 88.995025 35.560167

9 29.037801 83.519553

10 44.845361 29.608939

11 10.309278 91.061453



OR Library

- Το δυαδικό 0-1 πολυδιάστατο πρόβλημα σακιδίου (*0-1 Multidimensional Knapsack Problem* ή *MKP*) έχει μελετηθεί ιδιαίτερα και κάποιες από τις πρώτες εφαρμογές του σχετίζονται με capital budgeting και επιλογή έργων.
- Τα 270 στιγμιότυπα της *OR Library* προτάθηκαν στην παρακάτω εργασία:
- P. C. Chu and J. E. Beasley. A Genetic Algorithm for the Multidimensional Knapsack Problem, *J. Heuristics* 4(1):63-86 (1998).
- URL: <http://www.cs.nott.ac.uk/~jqd/mkp>

Άλλες ενδεικτικές συλλογές μετρόπροβλημάτων

- SATLIB - The Satisfiability Library
 - URL: <http://www.cs.ubc.ca/~hoos/SATLIB/benchm.html>
- Jamil, Momin & Xin–She Yang (2013). “A literature survey of benchmark functions for global optimisation problems”, International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation, 4(2): 150-194.
 - URL: <http://dx.doi.org/10.1504/IJMMNO.2013.055204>
- Floudas, C.A., Pardalos, P.M., Adjiman, C., Esposito, W.R., Gümüs, Z.H., Harding, S.T., Klepeis, J.L., Meyer, C.A., Schweiger, C.A.. Handbook of Test Problems in Local and Global Optimization, in Nonconvex Optimization and Its Applications, volume 33, Kluwer Academic Publishers, 1999.

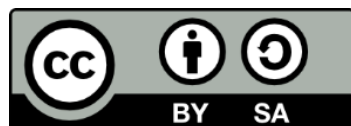
Κατηγοριοποίηση μεθευρετικών μεθόδων

- Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες:
 - Trajectory-based
 - Ένας trajectory-based αλγόριθμος τυπικά χρησιμοποιεί μια λύση κάθε φορά, η οποία θα ακολουθήσει κάποιο μονοπάτι καθώς προχωρούν οι επαναλήψεις, (π.χ., hill-climbing, simulated annealing).
 - Population-based
 - Οι population-based αλγόριθμοι όπως ο Particle Swarm Optimization (PSO), χρησιμοποιεί πολλαπλούς πράκτορες οι οποίοι αλληλοεπιδρούν και ακολουθούν πολλαπλά μονοπάτια.

Μοντέρνες ευρετικές μέθοδοι

- Μοντέρνες ευρετικές μέθοδοι
 - Μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων
 - Κατά της διάρκεια αναζήτησης χρησιμοποιούν βήματα εντατικοποίησης (intensification) για εκμετάλλευση (exploitation) & διαφοροποίησης (diversification) για εξερεύνηση (exploration).
- Η εντατικοποίηση βοηθάει στη βελτίωση της ποιότητας της λύσης.
- Η διαφοροποίηση εξερευνά νέες περιοχές του χώρου αναζήτησης, ταυτόχρονα με αποδοχή ολόκληρων ή μερικών λύσεων οι οποίες είναι κατώτερες της τρέχουσας λύσης.

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΕΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Άγγελος Σιφαλέρας