

Πληροφοριακά Συστήματα στην Εφοδιαστική

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Χειμερινό εξάμηνο 2020-21

Αικατερίνη Μαρινάγη - Μαρία Τζιφή

Εισαγωγή

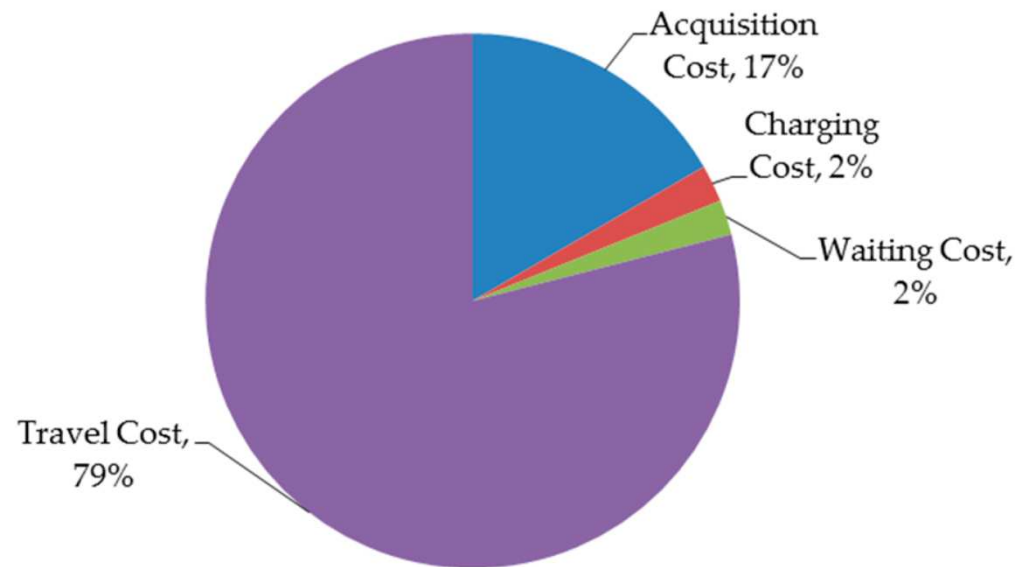
- Το εργαστήριο εστιάζει στο Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων - **Vehicle Routing Problem (VRP)** και τις επεκτάσεις του.
- Αυτά τα προβλήματα είναι μέρος της διαδικασίας των logistics.
- Θα μελετηθεί το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου (πλανόδιου) Πωλητή (**TSP**) και το πρόβλημα της Δρομολόγησης Οχημάτων (**VRP**), καθώς και η επίλυση πρακτικών προβλημάτων της εφοδιαστικής

Αναμενόμενα αποτελέσματα

- Μετά την ολοκλήρωση αυτού του μαθήματος θα κατανοήσετε πώς χρησιμοποιούνται τα συστήματα VRP στον τομέα της εφοδιαστικής.
- Θα γνωρίζετε τους τύπους των δεδομένων που χρησιμοποιούνται καθώς και τη δομή τους (format).
- Θα μπορείτε να λύσετε πραγματικά προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων.

Πρόβλημα μεταφορικού κόστους

- Το μεγαλύτερο μέρος του κόστους ενός προϊόντος οφείλεται στο μεταφορικό κόστος.
- Πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το κόστος



Πρόβλημα της Δρομολόγησης Οχημάτων (VRP)

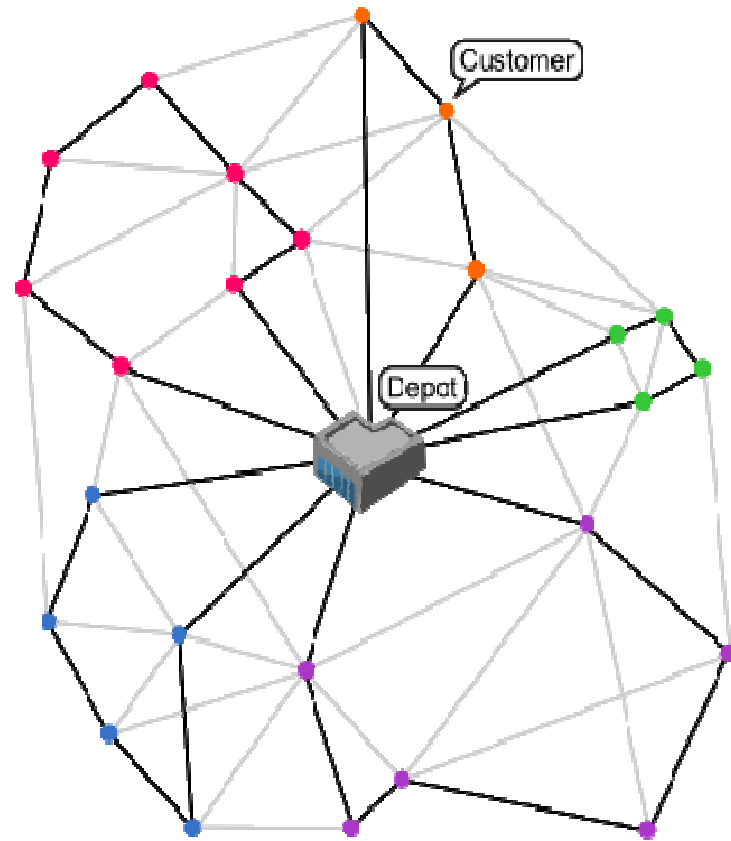
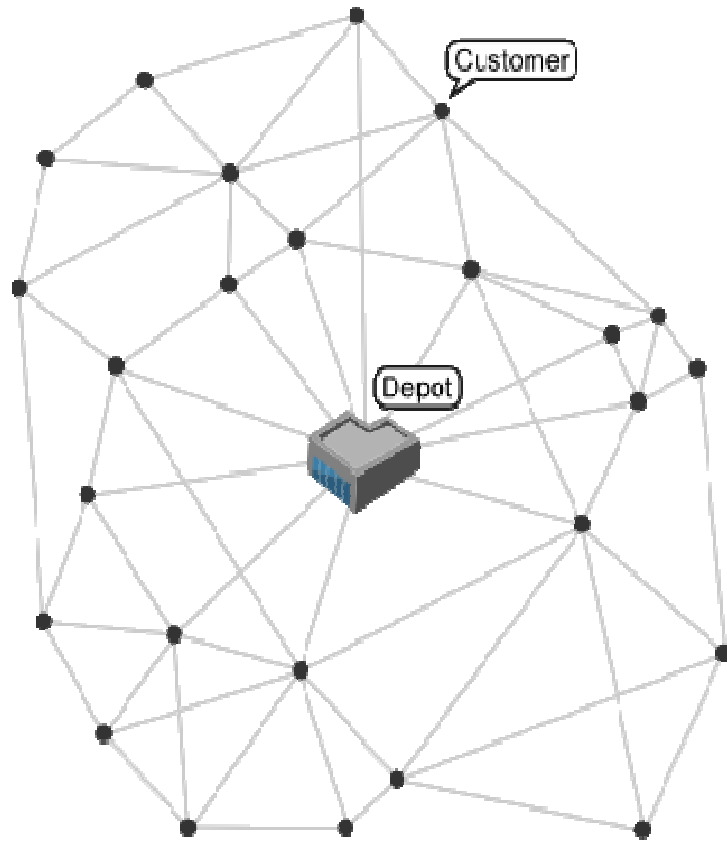
- Το Πρόβλημα της Δρομολόγησης Οχημάτων (VRP) είναι ένα συνδυαστικό πρόβλημα βελτιστοποίησης το οποίο απαντά στο ερώτημα:
- **«Ποιό είναι το βέλτιστο σύνολο των διαδρομών που πρέπει να διασχίσει ένας στόλος οχημάτων προκειμένου να παραδώσει ένα δεδομένο σύνολο πελατών;».**
- Ο στόχος του VRP είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους των διαδρομών

- Το VRP έχει πολλές προφανείς εφαρμογές στην εφοδιαστική.
- Μία αυτοματοποιημένη λύση με τη χρήση προγραμμάτων βελτιστοποίησης μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση κόστους από 5% ως 20%! σε μια εταιρεία ή οργανισμό

Πρόβλημα VRP

- Το πρόβλημα της δρομολόγησης οχημάτων VRP (Vehicle Routing Problem) αφορά ένα σύνολο προβλημάτων στα οποία πρέπει να:
 - Καθοριστεί ένας αριθμός διαδρομών
 - για έναν αριθμό οχημάτων
 - τα οποία έχουν ως βάση μια ή περισσότερες αποθήκες
 - και πρέπει να εξυπηρετήσουν έναν αριθμό γεωγραφικά διασκορπισμένων πελατών
 - έτσι ώστε να ικανοποιούνται όλες οι απαιτήσεις των πελατών και οι επιχειρησιακοί περιορισμοί και να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος μεταφοράς
- Κόστος μεταφοράς: νομισματικό, χρόνος, απόσταση, άλλο.

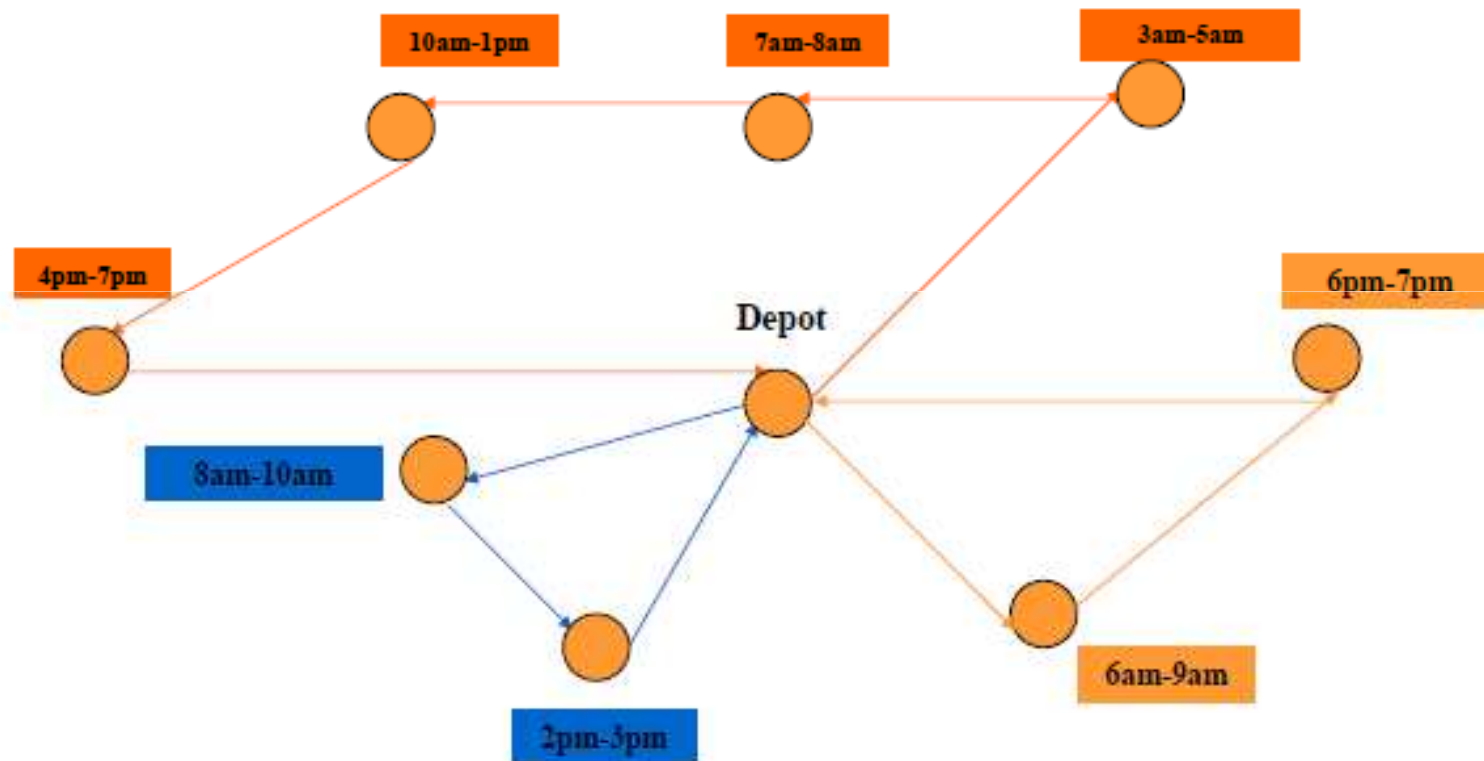
VRP: 1 αποθήκη, 25 κόμβοι, 5 οχήματα



Δεδομένα προβλήματος VRP

- Πλήθος οχημάτων
- Συντεταγμένες αποθήκης
- Συντεταγμένες σημείων διανομής
- Χωρητικότητα οχημάτων (capacity)
- Χρονικά παράθυρα παράδοσης (time windows)
- Ποσότητα αγαθών (demand) που παραδίδονται στον πελάτη
- Άλλοι ειδικοί περιορισμοί, όπως:
 - οι πελάτες πραγματοποιούν επιστροφές αγαθών,
 - χρησιμοποιούνται περισσότερες από μία αποθήκες
 - πολλά οχήματα μπορούν να εξυπηρετούν έναν πελάτη
 - οι παραδόσεις γίνονται συγκεκριμένες ημέρες της εβδομάδας

Χρονικά παράθυρα εξυπηρέτησης πελατών



Το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή

- Το **πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή** (Traveling Salesman Problem – TSP) αφορά την εύρεση της συντομότερης διαδρομής με αφετηρία ένα σημείο (π.χ. αποθήκη) την επίσκεψη ενός αριθμού πελατών και επιστροφή στην αφετηρία, έχοντας επισκεφθεί κάθε πελάτη ακριβώς μια φορά.
- Το κόστος είναι ανάλογο με την απόσταση μεταξύ των πόλεων, ή ο χρόνος μετάβασης ή μια σύνθετη συνάρτηση απόστασης και χρόνου
- Το πρόβλημα TSP είναι ένα παράδειγμα προβλήματος **Βελτιστοποίησης** (optimization), όπου στόχος είναι να βρούμε ένα συνδυασμό παραμέτρων που θα δίνουν υψηλότερη ή χαμηλότερη τιμή σε μια παράμετρο.

Πρόβλημα TSP



TSP ένα δύσκολο πρόβλημα

- Διαγωνισμός 1962
- Procter & Gamble:
- Βέλτιστη διαδρομή σε 33 πόλεις των ΗΠΑ

HELP! WE'RE LOST!

HELP "CAR 54"... AND WIN CASH
54... \$1,000 PRIZES
ONE... \$10,000 GRAND PRIZE

START and FINISH

Help Teddy and Malbone find the shortest round trip route to visit all 33 locations shown on the map. As you do it draw connecting straight lines from location to location to show the shortest round trip route.

HERE'S THE CORRECT START...
Begin at Chicago, Illinois. From there, lines show correct route as far as Erie, Pennsylvania. Next, do you go to Danville, Pennsylvania or Kane, West Virginia? Check the easy instructions on back of this entry blank for details.

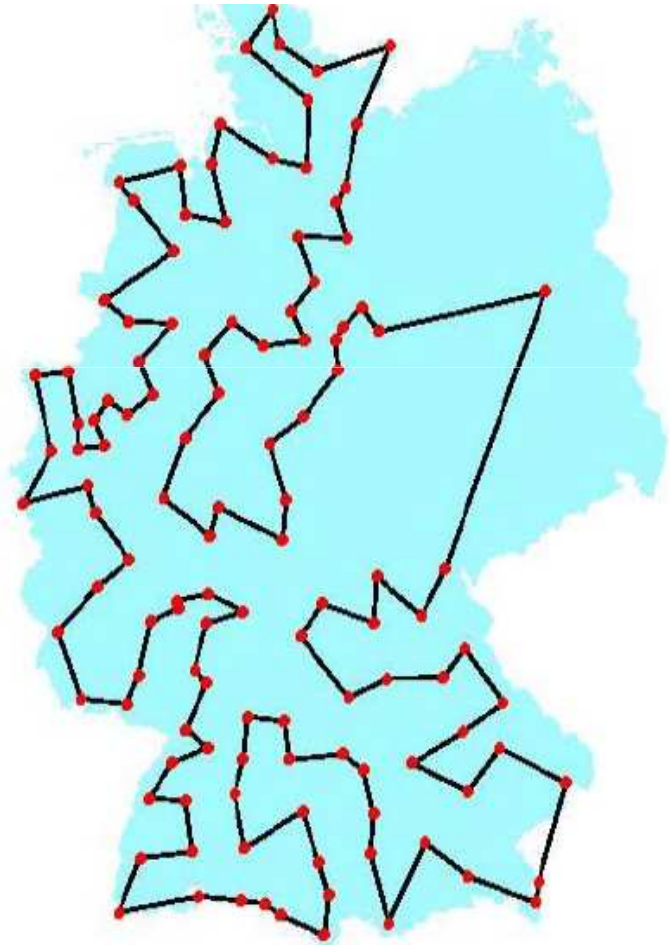
© PROCTER & GAMBLE 1962

OFFICIAL RULES ON REVERSE SIDE

Γνωστά προβλήματα

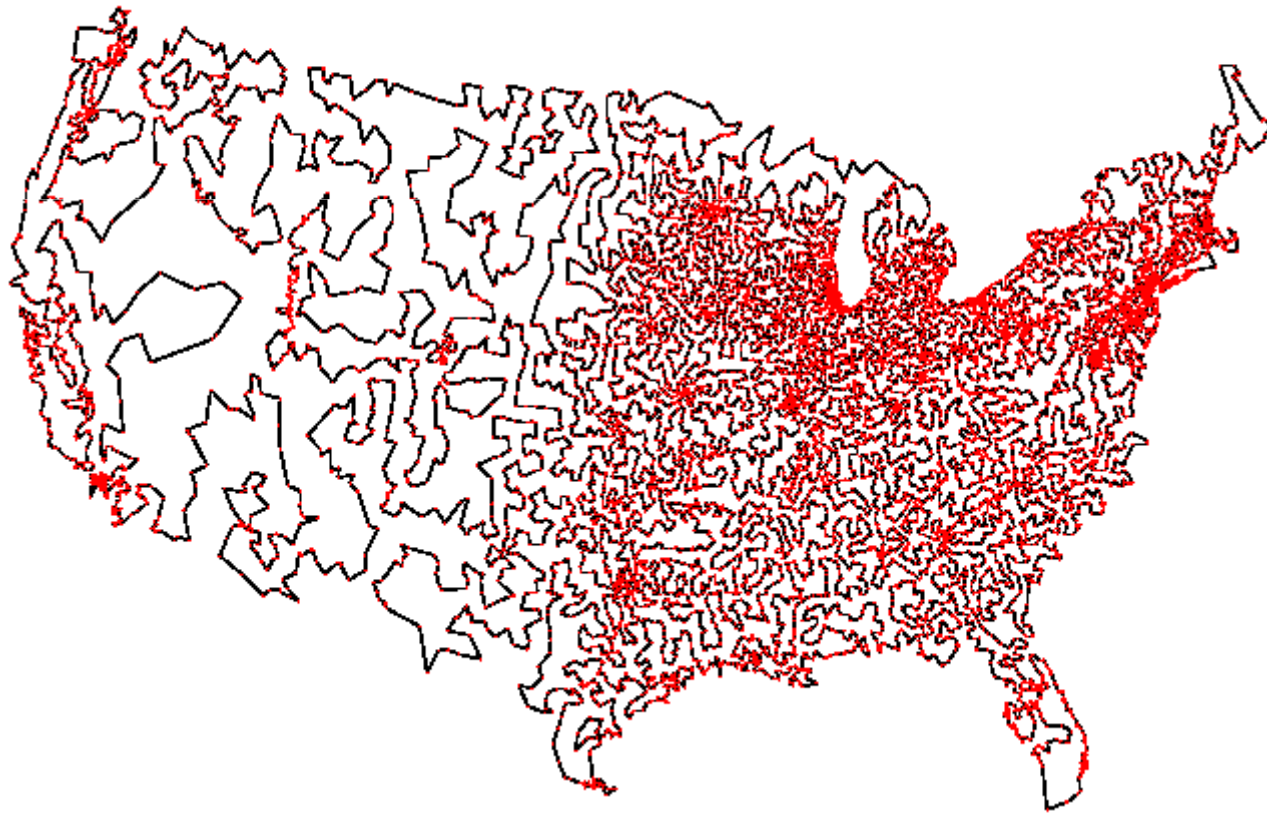
1977

Ο Groetschel βρήκε τη βέλτιστη διαδρομή για 120 πόλεις της Ανατολικής Γερμανίας



Γνωστά προβλήματα

- 1988: Προηγμένος αλγόριθμος έλυσε το πρόβλημα για 13.500 πόλεις των ΗΠΑ



Γνωστά προβλήματα

Ελλάδα:

9882 πόλεις

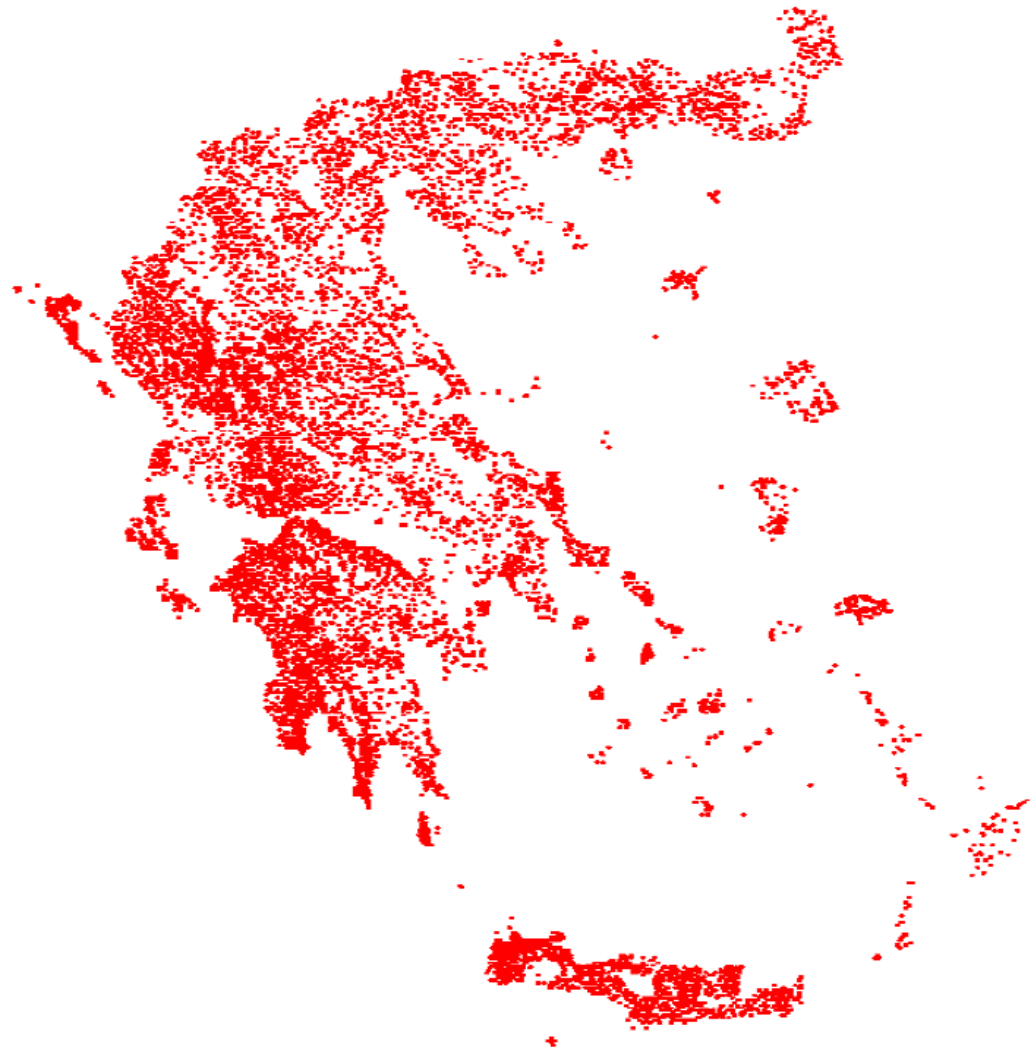
Λύση: 22-03-2002

Concorde –c 24,

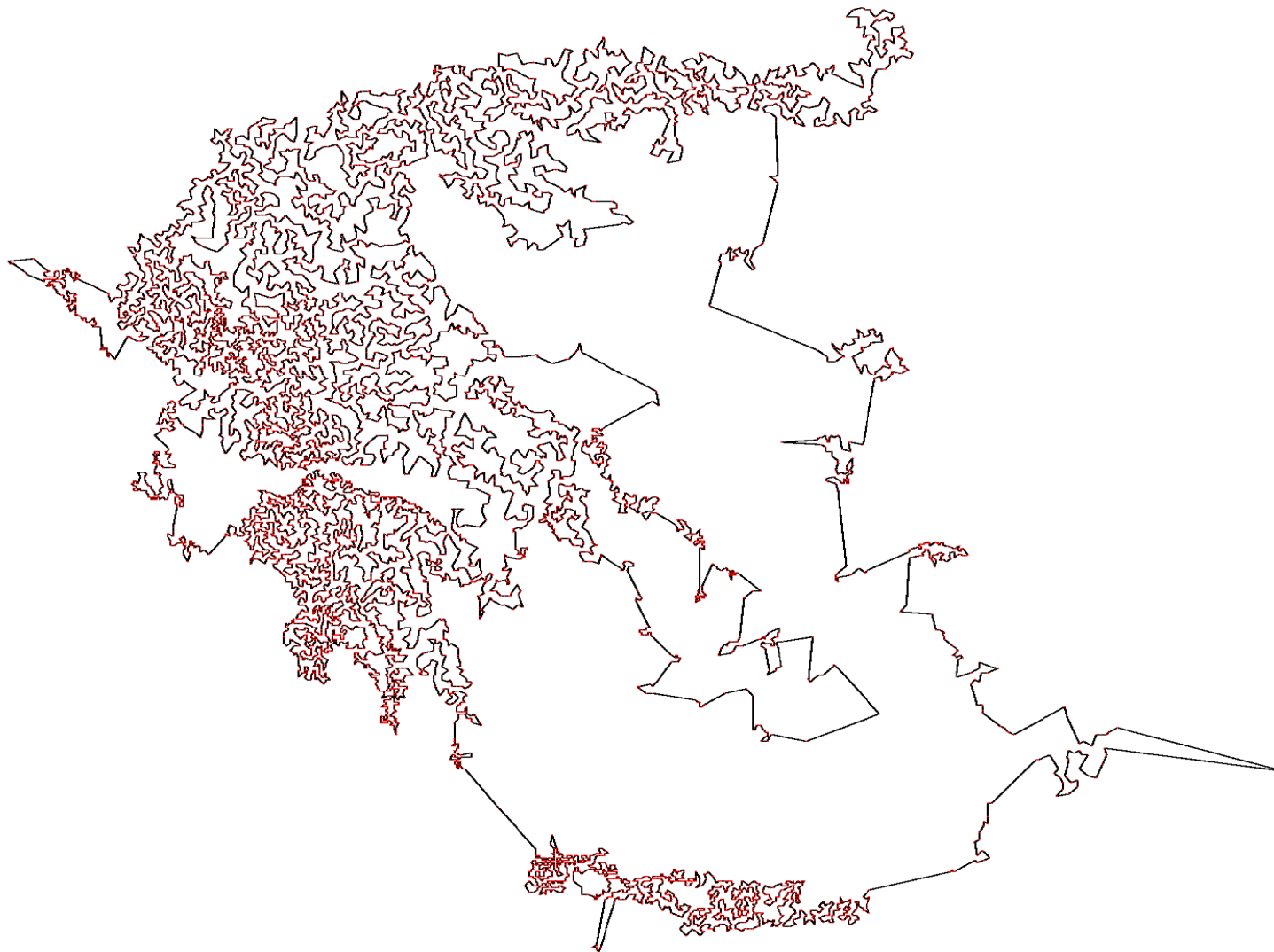
QSopt LP Solver,

LKH+tmerge tour

Χρόνος: 7.9 million sec



Γνωστά προβλήματα



Πολυπλοκότητα N!

- Στη θεωρία της υπολογιστικής πολυπλοκότητας, το TSP πρόβλημα ανήκει στα NP-problems (Nondeterministic Polynomial time problems)
- Μεταθέσεις N στοιχείων: $N! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times (N-1) \times N$
 - Π.χ. {A,B,Γ} $3! = 3 \times 2 \times 1 = 6$
 - Μεταθέσεις: ABΓ, ΑΓΒ, ΒΑΓ, ΒΓΑ, ΓΑΒ, ΓΒΑ
 - Αν γνωρίζω ότι το Α είναι πάντα πρώτο τότε αναζητώ τις μεταθέσεις των υπολοίπων στοιχείων, άρα $(N-1)!$
- $10! = 3.628.200$
- $11! = 39.910.200$
- $12! = 478.922.400$
- $20! \sim 2.43 \times 10^{18}$
- **TSP με 20 πόλεις:** χρειάζεται 1 δευτερόλεπτο για να επιλυθεί από έναν Η/Υ
- **TSP με 22 πόλεις:** περίπου 7 λεπτά (420 δευτερόλεπτα, με 121.645.100.408.832.000 υπολογισμούς το δευτερόλεπτο).
- **TSP με 30 πόλεις,** (50% περισσότερες): οι υπολογισμοί που απαιτούνται είναι 8.841.761.993.739.701.954.543.616.000.000 που με τον ίδιο Η/Υ θα ολοκληρωθούν σε 72.684.900.288.000 δευτερόλεπτα ή σε 2,3 εκατομμύρια χρόνια.

Προσεγγιστικές λύσεις TSP

- Δυναμικός προγραμματισμός
 - Ο χρόνος εύρεσης λύσης μειώνεται δραστικά, αλλά ακόμα και οι καλύτερες προσεγγίσεις απαιτούν εκθετικό χρόνο : 2^n
 - TSP για 30 πόλεις λύνεται σε 10 λεπτά
- Ευρετικοί Αλγόριθμοι (Heuristics)
 - Χρησιμοποιούν μια ευρετική μέθοδο για την εύρεση λύσης.
 - Η λύση δεν είναι η βέλτιστη, αλλά πολύ κοντά σε αυτή

Concorde

- Concorde: κώδικας για το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή (TSP) και κάποια σχετικά προβλήματα βελτιστοποίησης.
- Ο κώδικας είναι γραμμένος σε ANSI C programming language και είναι για ακαδημαϊκή χρήση
- για άλλες χρήσεις: bico@uwaterloo.ca for licensing options.
- Concorde's TSP solver : έχει χρησιμοποιηθεί για εύρεση βέλτιστης λύσης σε προβλήματα με 15,112 πόλεις (TSPLIB).

Optaplanner

- Το OptaPlanner είναι λογισμικό επίλυσης περιορισμών (constraint satisfaction solver).
- Λύνει προβλήματα σχεδιασμού ενεργειών (planning problems) όπως : Vehicle Routing, Employee Rostering, Cloud Optimization, Job Scheduling, Bin Packing, κ.α.
- Κάθε οργανισμός αντιμετωπίζει το πρόβλημα της αξιοποίησης περιορισμένων πόρων (π.χ. εργαζόμενοι, εργαλεία, χρόνο, χρήμα) ώστε να προσφέρει προϊόντα και υπηρεσίες στους πελάτες.
- Το OptaPlanner βελτιστοποιεί τα προβλήματα σχεδιασμού ενεργειών έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις με τους λιγότερους δυνατούς πόρους