Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

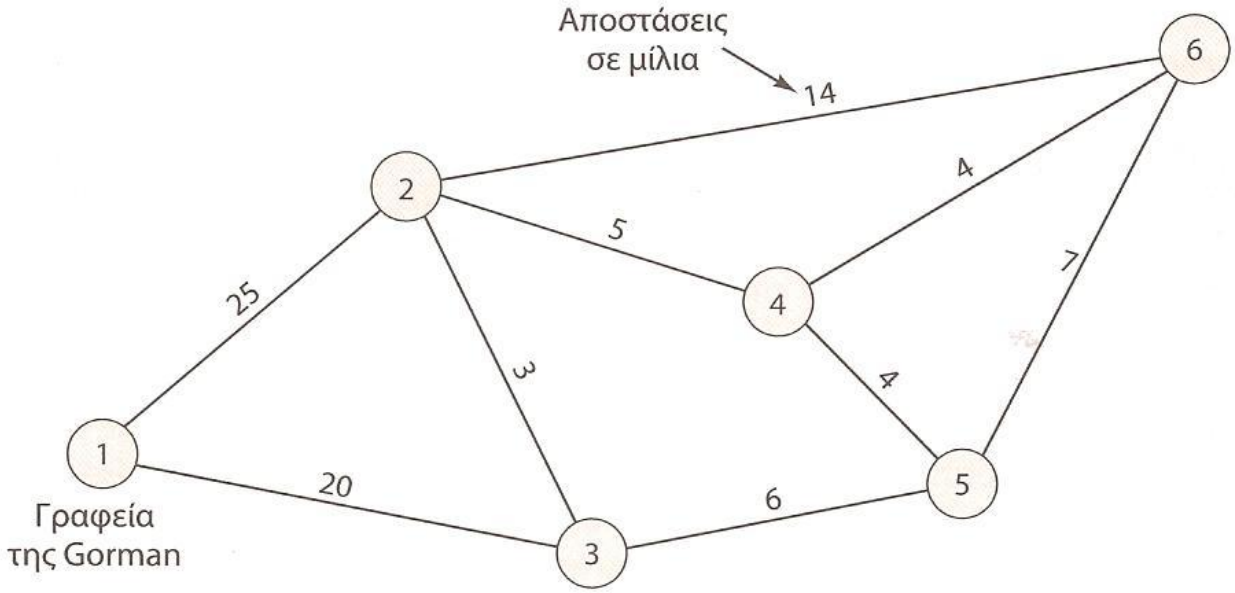
Προβλήματα

- Συντομότερης διαδρομής
- Πλανόδιου πωλητή
- Δρομολόγησης οχημάτων

Πρόβλημα συντομότερης διαδρομής

- Προσδιορισμός της συντομότερης (με το χαμηλότερο κόστος) διαδρομής μεταξύ δύο κόμβων ενός δικτύου
- Η Gorman Construction Company είναι μια κατασκευαστική εταιρία με έργα τοποθετημένα σε τρεις περιφέρειες
- Το πλήθος των απαιτούμενων μεταφορών προσωπικού, εξοπλισμού και υλικών, από τα γραφεία της Gorman προς τα εργοτάξια σε ημερήσια βάση, καθιστά το κόστος μεταφοράς μια παράμετρο εξαιρετικής σημαντικότητας
- Οι εναλλακτικές διαδρομές από τα γραφεία της Gorman προς τα εργοτάξια περιγράφονται από δίκτυο διαδρομών της επόμενης διαφάνειας
- Οι αποστάσεις μεταξύ των κόμβων μετριούνται σε μίλια και παρουσιάζονται επάνω από τις αντίστοιχες ακμές του δικτύου

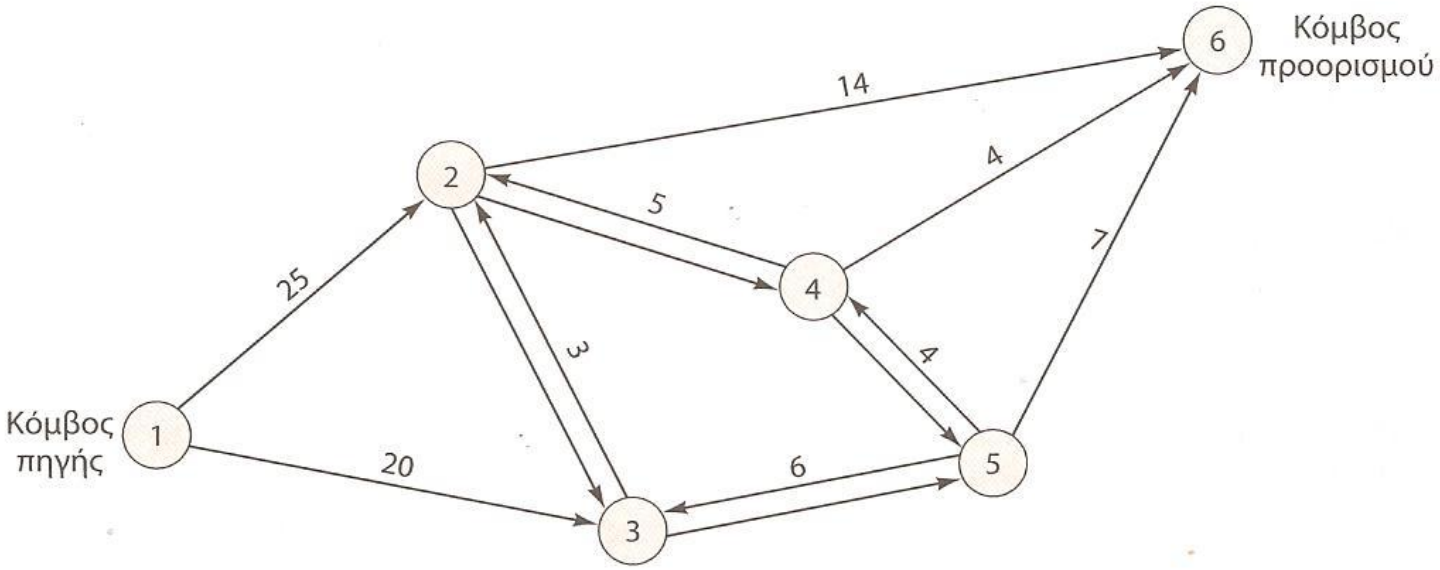
Πρόβλημα συντομότερης διαδρομής



Πρόβλημα συντομότερης διαδρομής

- Η εταιρία επιθυμεί να προσδιορίσει τη διαδρομή που θα ελαχιστοποιήσει τη συνολική απόσταση μεταξύ των γραφείων της (κόμβος 1), ενός κόμβου προορισμού (κόμβος 6) και τεσσάρων κόμβων μεταφόρτωσης (κόμβοι 2, 3, 4 και 5)
- Το δίκτυο μεταφόρτωσης για το πρόβλημα συντομότερης διαδρομής της Gorman απεικονίζεται στην επόμενη διαφάνεια
- Τα βέλη των ακμών αντιπροσωπεύουν την κατεύθυνση της ροής, η οποία είναι πάντοτε από τον κόμβο πηγής προς τον κόμβο προορισμού
- Σε κάθε ζεύγος κόμβων μεταφόρτωσης αντιστοιχούν δύο προσανατολισμένες ακμές
- Η απόσταση μεταξύ δύο κόμβων μεταφόρτωσης είναι η ίδια, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό της ακμής

Πρόβλημα συντομότερης διαδρομής



Πρόβλημα συντομότερης διαδρομής

- Για τον προσδιορισμό της συντομότερης διαδρομής μεταξύ του κόμβου 1 και του κόμβου 6, θεωρούμε ότι η προσφορά του κόμβου 1 και η ζήτηση του κόμβου 6 είναι ίση με τη μονάδα
- $\mathbf{x_{ij}}$: ο αριθμός των μονάδων που μεταφέρονται από τον κόμβο i στον κόμβο j
- Επειδή μόνο μία μονάδα θα μεταφερθεί από τον κόμβο 1 προς τον κόμβο 6, η τιμή του x_{ij} θα είναι 1 ή 0
- Συνεπώς, αν $x_{ij} = 1$, η ακμή από τον κόμβο i προς τον κόμβο j περιλαμβάνεται στη συντομότερη διαδρομή από τον κόμβο 1 στον κόμβο 6
- Αντίθετα, αν $x_{ij} = 0$, η ακμή από τον κόμβο i προς τον κόμβο j δεν περιλαμβάνεται στη συντομότερη διαδρομή από τον κόμβο 1 στον κόμβο 6

Πρόβλημα συντομότερης διαδρομής

- Επειδή στόχος μας είναι η ελαχιστοποίηση της διαδρομής (η εύρεση της διαδρομής με το μικρότερο κόστος) μεταξύ του κόμβου 1 και του κόμβου 6, η αντικειμενική συνάρτηση για το πρόβλημα της Gorman είναι:
  - **Min $25x_{12} + 20x_{13} + 3x_{23} + 3x_{32} + 5x_{24} + 5x_{42} + 14x_{26} + 6x_{35} + 6x_{53} + 4x_{45} + 4x_{54} + 4x_{46} + 7x_{56}$**
- Επειδή στον κόμβο πηγή η εξερχόμενη ροή πρέπει να είναι ίση με την προσφορά, ο περιορισμός για τον κόμβο 1 είναι:
  - **$x_{12} + x_{13} = 1$ (κόμβος 1)**
- Επειδή στον κόμβο προορισμό η εισερχόμενη ροή πρέπει να είναι ίση με τη ζήτησης, ο περιορισμός για τον κόμβο 6 είναι:
  - **$x_{26} + x_{46} + x_{56} = 1$ (κόμβος 6)**

Πρόβλημα συντομότερης διαδρομής

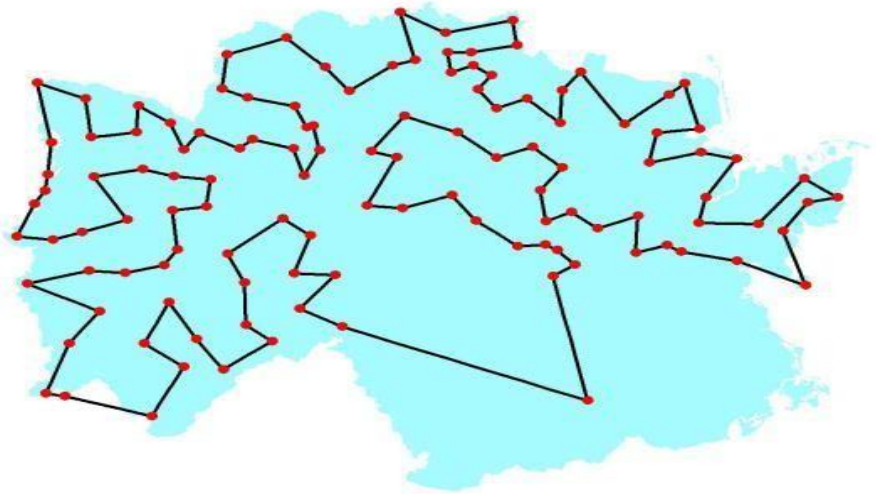
- Για τους κόμβους μεταφόρτωσης θα πρέπει η ροή από τον κόμβο μείον τη ροή προς τον κόμβο να είναι ίση με μηδέν
- Οι περιορισμοί για τους κόμβους μεταφόρτωσης είναι οι εξής:
  - $x_{23} + x_{24} + x_{26} - x_{12} - x_{32} - x_{42} = 0$ **(κόμβος 2)**
  - $x_{32} + x_{35} - x_{13} - x_{23} - x_{53} = 0$ **(κόμβος 3)**
  - $x_{42} + x_{45} + x_{46} - x_{24} - x_{54} = 0$ **(κόμβος 4)**
  - $x_{53} + x_{54} + x_{56} - x_{35} - x_{45} = 0$ **(κόμβος 5)**

Πρόβλημα συντομότερης διαδρομής

- Το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για το πρόβλημα ελάχιστης διαδρομής της Gorman Company είναι:
  - **Min $25x_{12} + 20x_{13} + 3x_{23} + 3x_{32} + 5x_{24} + 5x_{42} + 14x_{26} + 6x_{35} + 6x_{53} + 4x_{45} + 4x_{54} + 4x_{46} + 7x_{56}$**
  - **subject to**
  - **$x_{12} + x_{13} = 1$** **(κόμβος 1)**
  - **$x_{26} + x_{46} + x_{56} = 1$** **(κόμβος 6)**
  - **$x_{23} + x_{24} + x_{26} – x_{12} – x_{32} – x_{42} = 0$** **(κόμβος 2)**
  - **$x_{32} + x_{35} – x_{13} – x_{23} – x_{53} = 0$** **(κόμβος 3)**
  - **$x_{42} + x_{45} + x_{46} – x_{24} – x_{54} = 0$** **(κόμβος 4)**
  - **$x_{53} + x_{54} + x_{56} – x_{35} – x_{45} = 0$** **(κόμβος 5)**
  - **$x_{ij} \in \{0,1\}$ για κάθε i και j**

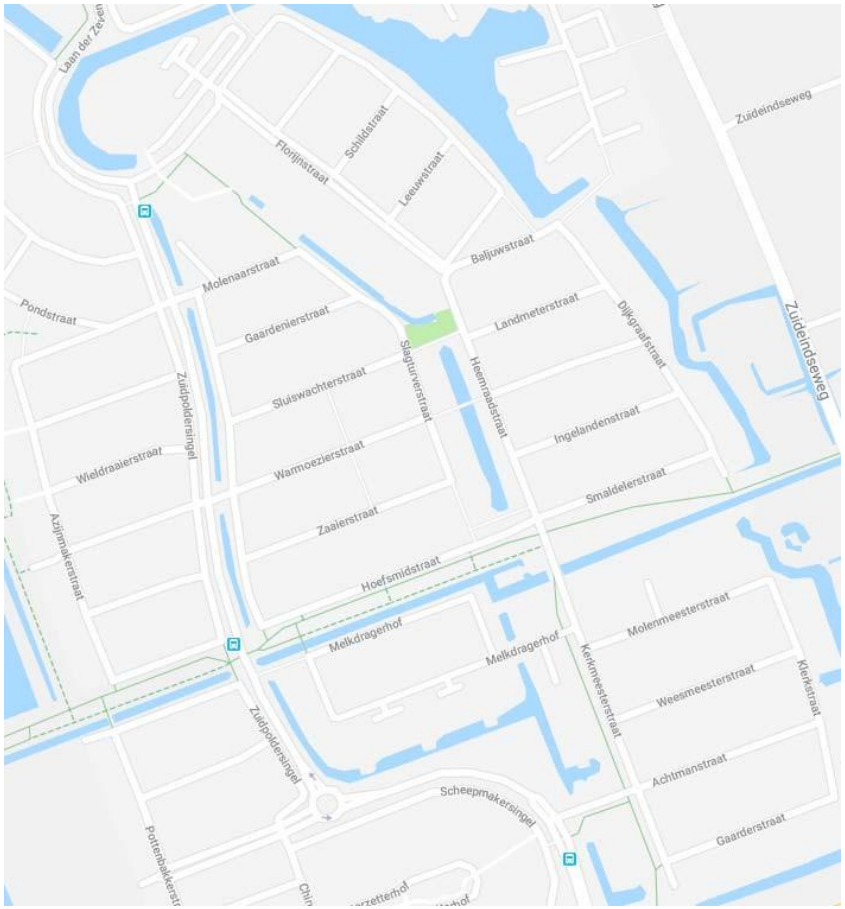
Πρόβλημα περιοδεύοντος πωλητή

- Το γνωστότερο και πιο απλό πρόβλημα της επιχειρησιακής έρευνας στα δίκτυα διανομής είναι αυτό του πλανόδιου πωλητή (ΠΠΠ) - Traveling Salesman Problem (TSP).
- Το πρόβλημα αυτό συνίσταται στην εύρεση μίας μόνο διαδρομής που να συνδέει k πόλεις (κόμβους) με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η συνολική διανυθείσα απόσταση.



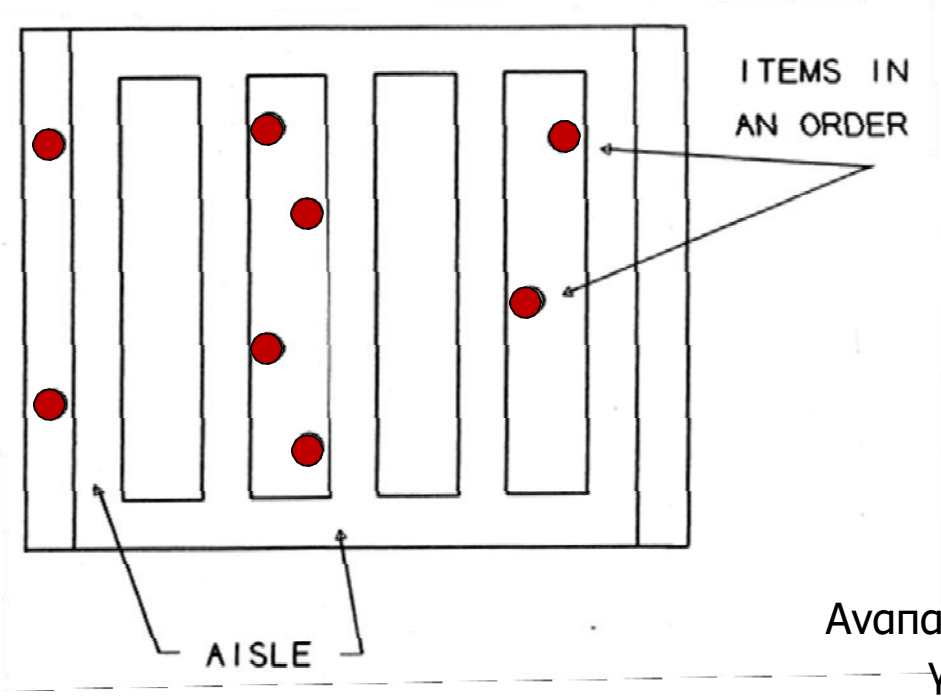
Πρόβλημα περιοδεύοντος πωλητή

Εφαρμογή: Διανομή δεμάτων

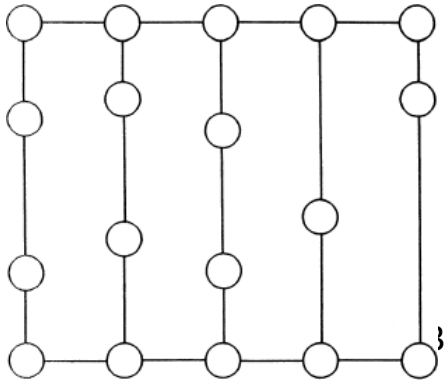


Πρόβλημα περιοδεύοντος πωλητή

Συλλογή δεμάτων σε αποθήκη



Αναπαράσταση σε γράφο



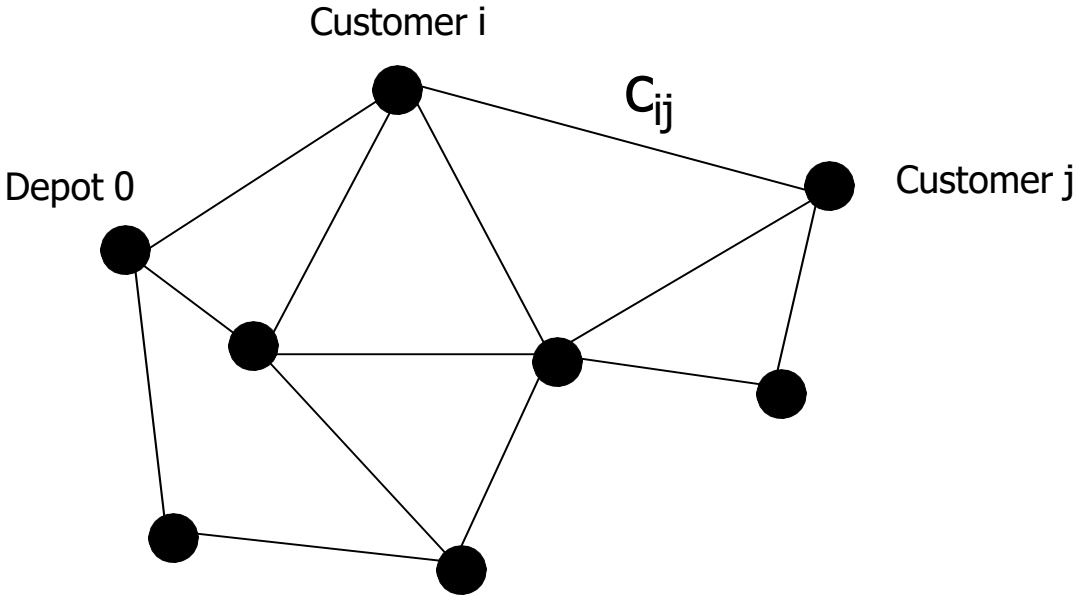
Πρόβλημα περιοδεύοντος πωλητή

Προγραμματισμός εργασιών

- Εργασίες σε μηχανήματα
- Παραδείγματα:
  - Εμφιάλωση γάλατος
  - εργασίες: γέμισμα φιαλών (πλήρες, 2% κλπ)
  - κόστος: καθαρισμός μηχανήματος μεταξύ διαφορετικών προϊόντων

Πρόβλημα περιοδεύοντος πωλητή

- Έστω n πόλεις (πελάτες) με γνωστό κόστος μετακίνησης c_{ij} από την πόλη i στην πόλη j. ΄Ενας πωλητής (όχημα) ξεκινάει από μια πόλη (αρχικός κόμβος του δικτύου) & σκοπός του είναι να επισκεφθεί κάθε πόλη του δικτύου μια και μόνο φορά.
- Ζητούμενο είναι να βρεθεί η βέλτιστη διαδρομή, δηλαδή η διαδρομή με το λιγότερο δυνατό συνολικό κόστος.



Μαθηματική διατύπωση

Μαθ. Μοντέλο (ελλιπές)

- X_{ij} = 0 αν ο σύνδεσμος (i, j) δεν ανήκει στη διαδρομή
  = 1 αν ο σύνδεσμος (i, j) ανήκει στη διαδρομή
- C_{ij} = πίνακας κόστους; κόστος / απόσταση από i στο j

$$MIN \quad \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$$

$$SUB \quad \sum_j x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in N$$

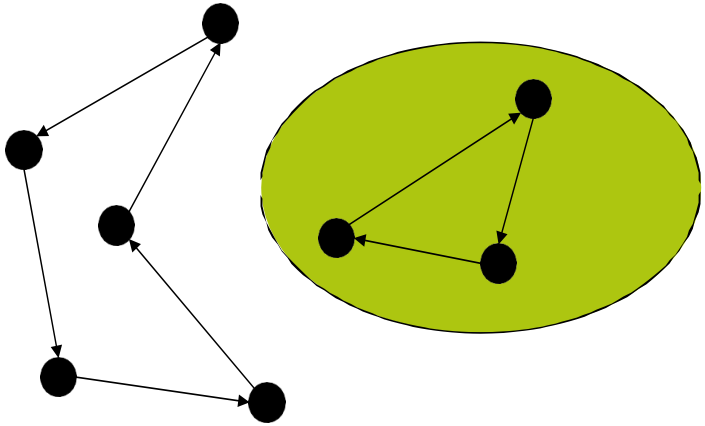
$$\sum_i x_{ij} = 1 \qquad \forall j \in N$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in N, j \in N$$

Αποφυγή «υπό-διαδρομών»

- Πώς να αποφύγουμε υπο-διαδρομές?

,



Η διαδρομή που τελικά θα ακολουθηθεί πρέπει να περιλαμβάνει επίσκεψη σε κάθε πόλη ακριβώς μία φορά και η ροή να είναι συνεχόμενη.

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \qquad \forall S \subset N (S \neq \varnothing, S \neq N)$$

Οι εξισώσεις διασφαλίζουν τη μη ύπαρξη **«υπό-διαδρομών»** (sub-tours), διαδρομών δηλαδή που ξεκινούν και επιστρέφουν στον ίδιο κόμβο αλλά δεν περιλαμβάνουν όλες τις πόλεις.

Πρόβλημα περιοδεύοντος πωλητή

$$\min z = \sum_{i \in C} \sum_{j \in C} c_{ijk} x_{ijk}$$

Όπου z το συνολικό κόστος μετακίνησης
c_{ij} το κόστος μετακίνησης από την πόλη i στην πόλη j

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad \forall j \in N$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in N$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N (S \neq \varnothing, S \neq N)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i, j \in N$$

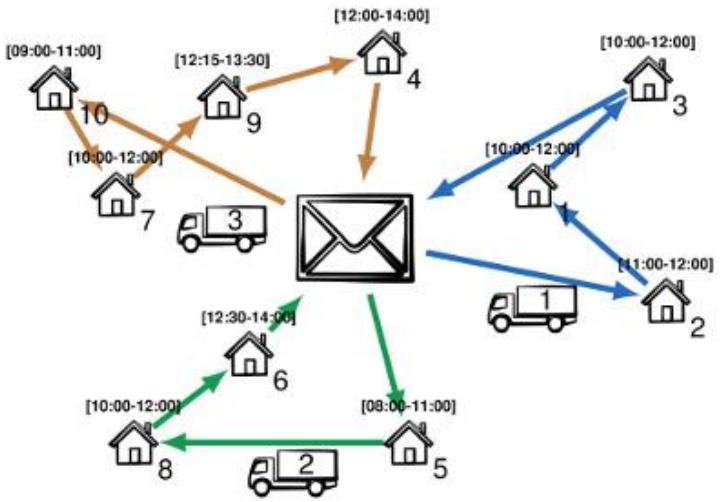
x_{ij} =1 αν ο σύνδεσμος ij βρίσκεται στη διαδρομή του πωλητή, 0 αλλιώς

N ο συνολικός αριθμός των πόλεων που αποτελούν το δίκτυο $N = \{1,2,3.....,n\}$

S μη κενό υποσύνολο του N, $S \neq N$

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Το πρόβλημα της δρομολόγησης οχημάτων (Vehicle Routing Problem) είναι ένα συνδυαστικό πρόβλημα βελτιστοποίησης το οποίο έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών.
- Αυτό το πρόβλημα συνίσταται στο σχεδιασμό του βέλτιστου συνόλου των δρομολογίων ενός στόλου οχημάτων, προκειμένου να εξυπηρετήσει ένα δεδομένο σύνολο των πελατών.
  - Το ενδιαφέρον για το VRP προέρχεται από πρακτική σημασία του, καθώς επίσης και από τη δυσκολία του.
- Πιο γενική αλλά και ακόμα πιο δύσκολη ως προς την επίλυση μορφή του προβλήματος του περιοδεύοντος πωλητή



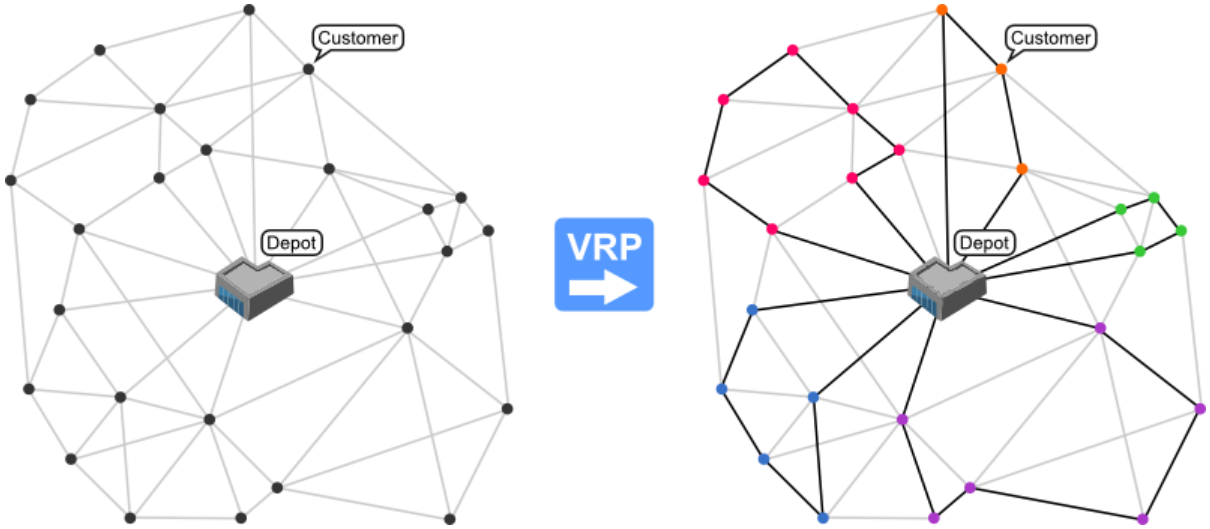
Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Το VRP είναι ένα συνδυαστικό πρόβλημα βελτιστοποίησης και ακέραιου προγραμματισμού η λύση του οποίου επιδιώκει να εξυπηρετήσει έναν αριθμό πελατών χρησιμοποιώντας ένα στόλο οχημάτων.
- Παρουσιάστηκε από τους Dantzig and Ramser το 1959 και είναι ένα σημαντικό πρόβλημα στους τομείς της μεταφοράς, διανομής και logistics.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Ορισμός: Το VRP είναι ένα γενικό όνομα και χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ολόκληρη κλάση προβλημάτων στα οποία ένα ή περισσότερα οχήματα καλείται να εξυπηρετήσει ένα σύνολο από πελάτες οποίοι βρίσκονται διασκορπισμένοι σε μια γεωγραφικοί περιοχή.
- Στην περίπτωση που έχουμε περισσότερα από ένα οχήματα,
  - τα οχήματα μπορούν να ξεκινάνε από την ίδια ή από διαφορετικές αποθήκες.
- Στόχος είναι να εξυπηρετηθούν όλοι οι πελάτες (οι οποίοι έχουν γνωστές απαιτήσεις) με το ελάχιστο δυνατό κόστος.
- Η διαδρομή που θα προταθεί θα πρέπει, να ξεκινά και να τερματίζει την «εργασία» του στην αποθήκη.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων



Μαθηματική διατύπωση

$$\min \sum_{i \in C} \sum_{j \in C} \sum_{k \in W} c_{ijk} x_{ijk}$$

$$\sum_{i \in C} \sum_{k \in W} x_{ijk} = 1 \qquad \forall j \in C$$

$$\sum_{j \in C} \sum_{k \in W} x_{ijk} = 1 \qquad \forall i \in C$$

$$\sum_{i \in C} x_{ipk} = \sum_{j \in C} x_{pjk} \qquad \forall p \in C, k \in W$$

$$\sum_{i \in C} d_i \left(\sum_{j \in C} x_{jk} \right) \le Q_k \qquad \forall k \in W$$

$$\sum_{j \in C / \{0\}} x_{0jk} \le 1 \qquad \forall k \in W$$

$$\sum_{i \in C / \{0\}} x_{i0k} \le 1 \qquad \forall k \in W$$

$$x_{ijk} \in S \qquad \forall i \in C, j \in C, k \in W$$

$$S = \left\{ x_{ijk} : \sum_{i \in B} \sum_{j \in B} x_{ijk} \le |B| - 1 \; for B \subseteq C / \{0\}; |B| \ge 2 \right.$$

c_{ijk}	το κόστος που ατιστοιχεί στο τόξο ij
x_{ijk}	=1 αν οσύνδεσμος ij βρίσκεται στη διαδρομή του οχήματος k, 0 αλλιώς

C	το σύνολο των κόμβων
W	το σύνολο των οχημάτων
I,j,p	κόμβοι που ανήκουν στο C
k	όχημα που ανήκει στο W
d_i	η ζήτηση για τον κόμβο i
c_{ij}	το κόστος που αντιστοιχεί στο τόξο ij
Q_k	η χωρητικότητα για το όχημα k

MTZ (Miller–Tucker–Zemlin) constraints

- Το MTZ επιβάλλει μια **σειρά επίσκεψης** στους κόμβους.
- Σε κάθε πελάτη i αντιστοιχούμε μια βοηθητική μεταβλητή u_i
- Η u_i δηλώνει **τη θέση του πελάτη i στη διαδρομή**
- Έτσι **απαγορεύονται οι κύκλοι** που δεν περνάνε από το depot.
- Αν ένα όχημα μετακινηθεί από τον πελάτη i στον j, τότε ο j πρέπει να εξυπηρετηθεί μετά τον i.

$$u_i - u_j + n x_{ij} \leq n-1 \quad \forall, i, j$$

Αν δεν χρησιμοποιείται το τόξο ($x_{ij}=0$):
ui−uj≤n−1
Ισχύει πάντα

Αν χρησιμοποιείται το τόξο ($x_{ij}=1$):
ui−uj≤−1⇒
uj≥ui+1 ⇒ ο κόμβος j πρέπει να έρχεται **μετά** τον i.

MTZ με βάση το φορτίο

- $u_i - u_j + Q x_{ij} \leq Q - d_j$
- Q = χωρητικότητα οχήματος , d_j = ζήτηση πελάτη j
- **Αν ΔΕΝ πάμε από i σε j (x[i,j] = 0):** $u_i - u_j \leq Q - d_j$.
- **Αν ΠΑΜΕ από i σε j (x[i,j] = 1):** $u_i - u_j + Q \leq Q - d_j \Rightarrow u_i - u_j \leq -d_j \Rightarrow u_j \geq u_i + d_j$
- Το φορτίο μετά τον πελάτη j είναι τουλάχιστον: **το φορτίο μετά τον i συν τη ζήτηση του j**

•Η ακολουθία u[i] στα τόξα **είναι αυστηρά αυξανόμενη κατά ζήτηση**.
•Επειδή υπάρχει άνω φράγμα Q, **δεν μπορούν να σχηματιστούν κλειστοί κύκλοι** (subtours) μόνο μεταξύ πελατών, που δεν περνούν από το depot γιατί το φορτίο θα "ξεφύγει" από τη χωρητικότητα.

• Ταυτόχρονα εξασφαλίζεται:
  - **χωρητικότητα** (δεν υπερβαίνουμε ποτέ το Q)
  - και **εξάλειψη υπο-δρομών** (subtours) στους πελάτες.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Προεκτάσεις του VRP:
  - Στο βασικό πρόβλημα VRP κάνουμε κάποιες υποθέσεις όπως για παράδειγμα
    - Να έχουμε μια αποθήκη
    - Τα οχήματα μας να είναι ομογενή
    - Μια διαδρομή να αντιστοιχεί σε ένα όχημα.
  - Αυτές όμως οι υποθέσεις αναιρούνται όταν λαμβάνουμε υπόψη περισσότερους περιορισμούς.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Προεκτάσεις του VRP:
  - Capacitated VRP: τα οχήματα έχουν ίδια ικανότητα στην ποσότητα των αντικειμένων που μπορούν να μεταφέρουν.
  - Στόχος είναι: Η ελαχιστοποίηση του στόλου των οχημάτων και το χρόνο του ταξιδιού. Επίσης η συνολική ζήτηση των προϊόντων για κάθε διαδρομή δεν μπορεί να υπερβαίνει την ικανότητα του οχήματος, το οποίο εξυπηρετεί το δρομολόγιο αυτό.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Multiple Depot VRP: Μια εταιρεία μπορεί να έχει πολλές αποθήκες, από όπου μπορεί να εξυπηρετήσει τους πελάτες του. Εάν οι πελάτες συγκεντρώνονται γύρω από τις αποθήκες, τότε το πρόβλημα της διανομής θα πρέπει να μοντελοποιηθεί ως ένα σύνολο ανεξάρτητων VRPs. Ωστόσο, εάν οι πελάτες και οι αποθήκες είναι «ανακατεμένες» τότε ένα multi-Depot πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων πρέπει να λυθεί.
- Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του στόλου των οχημάτων και του χρόνου ταξιδιού. Η συνολική ζήτηση των εμπορευμάτων θα πρέπει να εξυπηρετείται από διάφορες αποθήκες.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Periodic VRP: Σε γενικές γραμμές είναι ίδιο με το βασικό πρόβλημα VRP με τη διαφορά ότι χρονικό ορίζοντας προγραμματισμού εργασιών για Μ μέρες.

- Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του στόλου των οχημάτων και του χρόνου ταξιδιού που απαιτείται για να παρέχει σε όλους τους πελάτες προϊόντα.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Split Delivery VRP: είναι μια «χαλάρωση» του VRP όπου εδώ επιτρέπεται ότι ο ίδιος πελάτης να μπορεί να εξυπηρετηθεί από διαφορετικά οχήματα, εφόσον αυτό μειώνει το συνολικό κόστος. Αυτή η «χαλάρωση» είναι πολύ σημαντική, αν τα μεγέθη των παραγγελιών των πελατών είναι πολύ μεγάλα η οποία ξεπερνά την ικανότητα ενός οχήματος.

- Στόχος είναι Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του στόλου των οχημάτων και του χρόνου ταξιδιού που απαιτείται για να παρέχει σε όλους τους πελάτες προιόντα.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Stochastic VRP: Στοχαστικό ονομάζεται το πρόβλημα VRP όπου μία ή περισσότερες συνιστώσες του προβλήματος είναι τυχαία.
- Παραδείγματα:
  - **Στοχαστικός πελάτης:** Κάθε πελάτης παρουσιάζεται με πιθανότητα π και απουσιάζει με πιθανότητα 1-π.
  - **Στοχαστικές απαιτήσεις:** Η απαίτηση για προϊόντα ενός ή περισσοτέρων πελατών είναι τυχαία.
  - **Στοχαστικοί χρόνοι:** Ο χρόνος παράδοσης ενός ή περισσοτέρων προϊόντων ή ο χρόνος ταξιδιού ενός ή περισσοτέρων οχημάτων είναι τυχαίος.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Συνήθως τα στοχαστικά προβλήματα VRP επιλύονται σε δύο στάδια.
  - **1ο στάδιο:** Προτείνεται μία λύση η οποία δεν λαμβάνει αυτή τη στοχαστικότητα υπόψη.
  - **2ο στάδιο:** Η λύση που προτάθηκε στο 1ο στάδιο μεταβάλλεται με τέτοιο τρόπο ώστε να συμπεριλάβει την όποια στοχαστικότητα.

- Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του στόλου των οχημάτων και του χρόνο ταξιδιού που απαιτείται για να παρέχει σε όλους τους πελάτες τα προϊόντα που αιτούνται.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- VRP with Backhauls: Είναι ένα VRP στο οποίο οι πελάτες μπορούν να απαιτήσουν ή να επιστρέψουν κάποια προϊόντα.
- Έτσι, το VRP with Backhauls χρειάζεται να λάβει υπόψη το γεγονός ότι τα προϊόντα που οι πελάτες επιστρέφουν στην «αποθήκη» θα πρέπει να χωράνε στο όχημα.
- Η βασική υπόθεση είναι ότι σε όλες τις παραδόσεις προϊόντων θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι μπορεί να έχουμε και επιστροφές.
- Οι ποσότητα των προϊόντων που πρέπει να παραδώσουν ή να παραλάβουν είναι σταθερή και γνωστή εκ των προτέρων.
- **Στόχος** είναι να βρεθεί ένα σύνολο δρομολογίων που ελαχιστοποιεί την συνολική απόσταση που πρέπει να διανύσουν.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- VRP with Pick-Up and Delivering: Σε αυτή την παραλλαγή του VRP προβλήματος το όχημα ή τα οχήματα που εργάζονται θα πρέπει να παραδώσουν και να παραλάβουν προϊόντα.
  - Ο βασικός περιορισμός που υπάρχει είναι ότι τα οχήματα που συμμετέχουν στην εργασία έχουν περιορισμό στο φορτίο που μπορούν να κουβαλήσουν.
  - Αν υποθέσουμε ότι
    - Το φορτίο που μπορούν να κουβαλήσουν είναι C
    - Τα προϊόντα που πρέπει να παραδώσουν σε ένα πελάτη είναι D.
    - Τα προϊόντα που πρέπει να παραλάβουν από τον ίδιο πελάτη είναι P.
  - Τότε στόχος είναι να βρεθεί μια διαδρομή (όταν έχουμε ένα όχημα) η οποία ελαχιστοποιεί το χρόνο παράδοσης-παραλαβής και λαμβάνει υπόψη του τον περιορισμό C<= D+P.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- VRP with Satellite Facilities: Μια σημαντική πτυχή του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων (VRP), η οποία έχει σε μεγάλο βαθμό αγνοηθεί είναι η χρήση των «δορυφορικών» εγκαταστάσεων (παράρτημα εγκαταστάσεων) για την ανασυγκρότηση των οχημάτων κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής.
- Όταν είναι εφικτό, η δορυφορική αναπλήρωση επιτρέπει στους οδηγούς να συνεχίσουν να κάνουν παραδόσεις μέχρι τη λήξη της βάρδιας τους, χωρίς κατ 'ανάγκη την επιστροφή στην κεντρική αποθήκη.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- VRP with Time Windows: Τα οχήματα που συμμετέχουν στην παράδοση των προϊόντων θα πρέπει να εξυπηρετήσουν τους σταθμούς εργασίας σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα.

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

- Μέθοδοι επίλυσης
  - Exact Approaches
    - Branch and bound
    - Branch and cut
  - Heuristics
  - Metaheuristics
    - Ant Algorithms
    - Genetic Algorithms
    - Simulated Annealing
    - Tabu Search

Πηγές για μελέτη

- https://pyvrp.org/setup/introduction_to_vrp.html
- https://developers.google.com/optimization/routing
- https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.10.010