

Project Optimalisatietechnieken 2024 - 2025: probleembeschrijving

16 oktober 2024

Gegeven

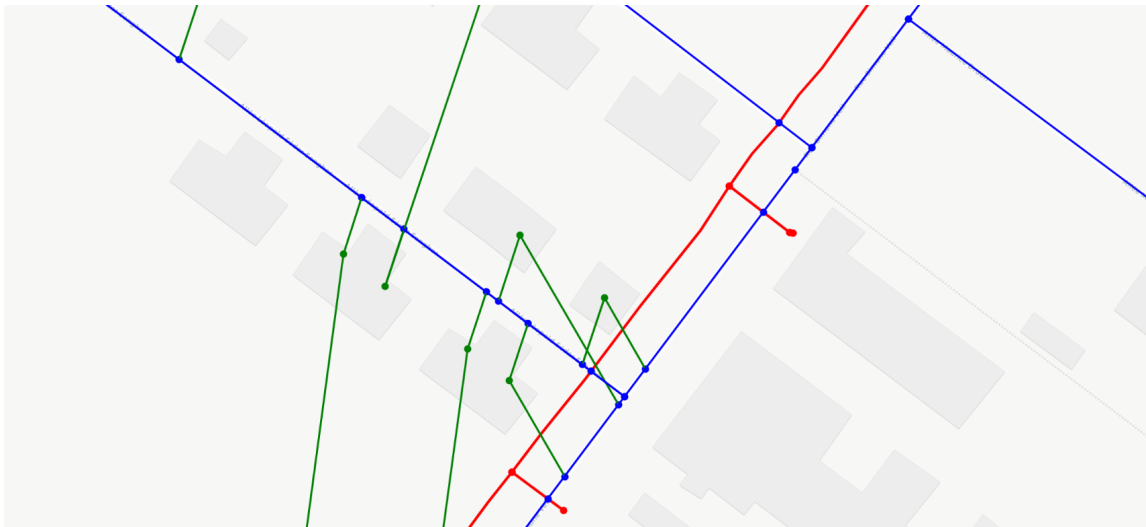
Gegeven een bestaand leidingnetwerk voor stadsverwarming en -koeling, bepaal de uitbreiding met de laagste kost die nodig is om een verzameling van nieuwe gebouwen (de *prospects*) aan te sluiten.

We stellen dit probleem voor aan de hand van een graaf, waarbij V de verzameling van alle knopen is en E de verzameling van alle bogen. Figuur 1 geeft een voorbeeld van deze graaf. Het grootste deel van deze graaf stelt het openbare weggennet voor, waarbij de bogen wegen of wegsegmenten voorstellen en de knopen kruispunten of punten op de weg. In Figuur 1 zijn deze knopen en bogen blauw gekleurd.

Een deel van de knopen stelt de prospects voor (deelverzameling $V^P \subset V$). Deze zijn verbonden met de knopen van het weggennet via de *off-street* bogen (deelverzameling $E^O \subset E$). We benoemen de deelverzameling van alle off-street bogen verbonden met prospect i als $E_i^O \subset E^O$. In Figuur 1 zijn prospectknopen en off-street bogen groen gekleurd.

Een ander deel van de knopen en bogen in de graaf stelt het bestaande leidingnetwerk voor. De deelverzameling van bogen die het bestaande leidingnetwerk voorstellen wordt benoemd als $E^L \subset E$. Sommige van deze bogen hebben als eindpunt een knoop in het weggennet. Het is via deze bogen dat nieuwe leidingen kunnen aangesloten worden aan het bestaande leidingnetwerk. In Figuur 1 zijn de delen van het bestaande leidingnetwerk rood gekleurd.

Voor elke boog $e \in E$ is een kost c_e gegeven. Deze werd berekend door de lengte van de boog te vermenigvuldigen met een factor die afhangt van waar de leiding loopt: langs wegen (afstand $\times 1$), door gebouwen (afstand $\times 20$), off-street (afstand $\times 10$) of in het bestaande netwerk (afstand $\times 0$).



Figuur 1: Illustratie van een deel van een graaf.

Tabel 1 toont een overzicht van de gebruikte symbolen.

Symbool	Beschrijving
V	Verzameling van alle knopen
$V^P \subset V$	Verzameling van knopen die prospects voorstellen
E	Verzameling van alle bogen
$E^O \subset E$	Verzameling van bogen die de off-street verbindingen voorstellen
$E_i^O \subset E^O$	Verzameling van off-street bogen verbonden met prospect i
$E^L \subset E$	Verzameling van bogen die het bestaande leidingnetwerk voorstellen
$c_e \geq 0$	Kost voor het gebruik van boog $e \in E$

Tabel 1: Overzicht van symbolen.

Gevraagd

Jullie moeten bepalen welke bogen van de graaf aan het bestaande leidingnetwerk worden toegevoegd, zodat 1) alle prospects verbonden zijn met het bestaande netwerk, en 2) een prospect niet verbonden is via een andere prospect (geen *relays*). Het doel is om de totale kost van de geselecteerde bogen te minimaliseren.

Bestandsformaten

Input

De graaf wordt aangeleverd in een JSON-bestand met de volgende elementen:

- **nodes**: de verzameling van alle knopen in een lijst van objecten $\{\text{id}, \text{coords}, \text{node_type}\}$
 - **id**: een unieke identifier van de knoop
 - **coords**: de lengte- en breedtegraad van het punt dat de knoop voorstelt. Dit kan je gebruiken in een visualisatie van het probleem
 - **node_type**: het type van de knoop, ofwel **regular** (wegennet en bestaande netwerk) of **prospect**
- **edges**: de verzameling van alle bogen in een lijst van objecten $\{\text{id}, \text{endpoint1}, \text{endpoint2}, \text{cost}, \text{edge_type}\}$
 - **id**: een unieke identifier van de boog
 - **endpoint1**: een eindpunt van de boog, dit is een **id** van een knoop
 - **endpoint2**: het andere eindpunt van de boog, dit is een **id** van een knoop
 - **cost**: de kost voor het gebruik van de boog
 - **edge_type**: het type van de boog, ofwel **regular** (wegennet), **existing** (bestaande netwerk) of **offstreet**

Output

Jullie oplossing moet worden weggeschreven naar JSON-bestand met de volgende structuur:

- **objective_value**: totale kost van de oplossing
- **edges**: lijst met daarin de **ids** van de gekozen bogen

Figuur 2 toont een voorbeeld van een JSON-bestand met deze structuur.

```
1  {  
2    "objective_value": 123456,  
3    "edges" : [  
4      6841,  
5      5980,  
6      56,  
7      1009,  
8      97651  
9    ]  
10 }
```

Figuur 2: Voorbeeld van output JSON-bestand.