

# RaiNL

---

Team Bonsai 

Programmeertheorie - Universiteit van Amsterdam

Daphne Westerdijk, Willem Henkelman & Lieke Kollen



# Introductie

# Lijnvoering intercity treinen

- Verbinding: verbinding tussen twee stations
- Traject: route bestaande uit gekoppelde verbindingen
- Lijnvoering: alle trajecten samen

## 1. Noord- en Zuid-holland

- 22 stations en 28 verbindingen

## 2. Heel Nederland

- 61 stations en 89 verbindingen

## → Constrained optimization problem

- Doelfunctie voor kwaliteit maximaliseren
- Constraints: hard en soft



# Onderzoek

- Hoge kwaliteit lijnvoering

- Hard constraints:
  - Tijdsframe van het traject (2 uur/3 uur)
  - Aantal trajecten van de lijnvoering (7/20)
- Soft constraints:
  - Alle verbindingen worden bereden
  - Elke verbinding wordt 1 keer bereden

- Doelfunctie:  $K = P * 10000 - (T * 100 + \text{Min})$ 
  - $P$  = fractie gereden verbindingen
  - $T$  = aantal trajecten
  - $\text{Min}$  = totaal aantal minuten dat er gereden is
  - Upperbound Holland:  $K = 1 * 10000 - (4 * 100 + 381) = 9219$
  - Upperbound Nederland:  $K = 1 * 10000 - (9 * 100 + 1551) = 7549$

## Algoritmes

1. Random
2. Random greedy
3. Hill climber
4. Depth first
5. Breadth first

# Statespace

$$\text{Statespace} = (M_{\text{verbindingen}}^{M_{\text{trajectlengte}}})^{\text{Max}_{\text{trajecten}}}$$

1

Noord- en Zuid-holland

- Mediaan verbindingen per station = 3.5
- Mediaan trajectlengte = 9 (medaan is 12.5 min per verbinding, dus 9 stations in 2 uur)
- Max trajecten = 7

$$\text{Statespace} = (3.5^9)^7 = 1.89 * 10^{34}$$

2

Nederland

- Mediaan verbindingen per station = 4
- Mediaan trajectlengte = 12 (medaan is 15 min per verbinding, dus 12 stations in 3 uur)
- Max trajecten = 20

$$\text{Statespace} = (4^{12})^{20} = 3.12 * 10^{144}$$

# Methodes

# Algoritmes - Random

- Maak trajecten zolang max. nog niet bereikt is
  - Heuristiek: Nieuw traject met random start station
  - Heuristiek: Eerst onbereden verbindingen
    - Heuristiek: Als er nog onbereden verbindingen zijn maar niet binnen het tijdsframe → stop traject
  - Anders kies er een random uit de al wel bereden verbindingen
    - Als het traject door de gekozen verbinding boven de maximale tijdsframe zou uitkomen
      - Stop traject
  - Voeg de gekozen verbinding toe aan het traject en haal deze uit de onbereden verbinding lijst
- Bereken de score

# Algoritmes - Random greedy

- Zelfde code als random
  - Heuristiek: Random start station
  - Heuristiek: Eerst onbereden verbindingen
  - Heuristiek: Als er nog onbereden verbindingen zijn maar niet binnen het tijdsframe → stop traject
- Greedy
  - Heuristiek: Nog steeds een random start station
  - Connecties worden nu uitgekozen op basis van de min. of max. lengte



# Algoritmes - Hill climber

- Er wordt eerst een oplossing gegenereerd (random/random-greedy)
  - Hill climber algoritme wordt 100x gerunt
    - Heuristiek: Muteer eerste verbinding in een random gekozen traject
    - Heuristiek: Muteer laatste verbinding in een random gekozen traject
    - Bereken de score
    - Sla de best gevonden score+traject op

# Algoritmes - Depth first

- Zolang er nog items in de stack zitten
  - Pak het eerste startstation
  - Maak voor alle mogelijke verbindingen een nieuwe lijst ("kind") aan mits duration onder 120/180 min blijft
  - Voeg alle kinderen toe aan de stack
  - Als het kind een volledig traject is → voeg toe aan oplossingenlijst
- **Heuristiek:** Selecteer de trajecten met het hoogst aantal verbindingen uit de oplossingen per startstation
- **Heuristiek:** Selecteer daarna het traject met de kortste duration = best gevonden oplossing per startstation

# Algoritmes - Breadth first

- Zelfde code als Depth first
    - Heuristiek: Selecteer de trajecten met het hoogst aantal verbindingen uit de oplossingen per startstation
    - Heuristiek: Selecteer daarna het traject met de kortste duration = beste oplossing per startstation
- Alleen eerst alle neighbours af voordat je naar een nieuwe diepte gaat.

Depth & Breadth first: maak een lijnvoering met deze beste trajecten per startstation.

# Resultaten

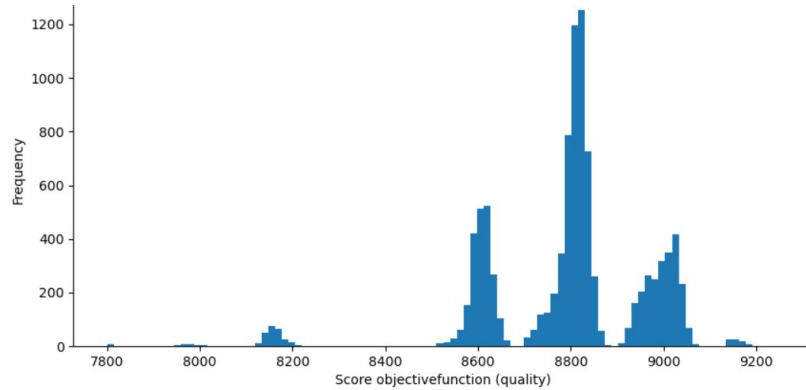
# Resultaten - Holland

	Zonder Hill climber	Met Hill climber
Random (10.000)	9202 (99.8%*)	9202 (99.8%*)
Random greedy - kortste verb. (10.000)	9198 (99.8%*)	9200 (99.8%*)
Random greedy - langste verb. (10.000)	9202 (99.8%*)	9202 (99.8%*)
Depth first (20)	7954 (86.3%*)	
Breadth first (20)	7557 (81.9%*)	

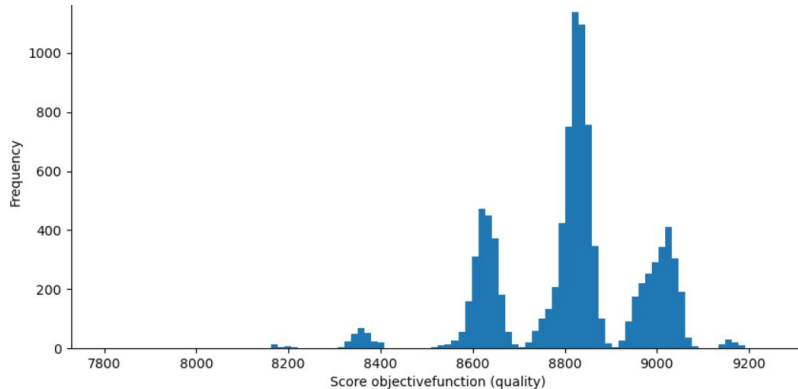
\*upperbound = 9219



# De Hill climber lijkt vooral lage scores te verbeteren

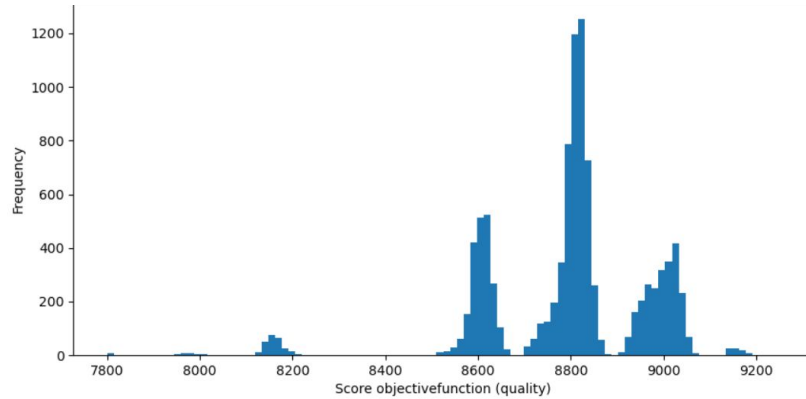


Zonder Hill climber

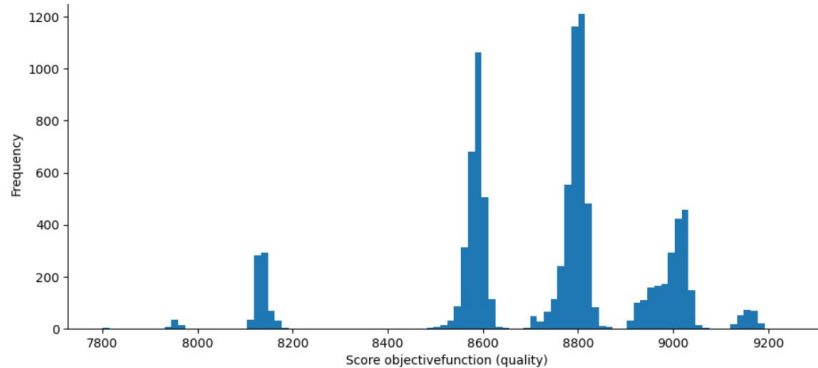


Met Hill climber

# De distributie van de algoritmes verschilt weinig



Random



Random greedy

# Resultaten - Nederland

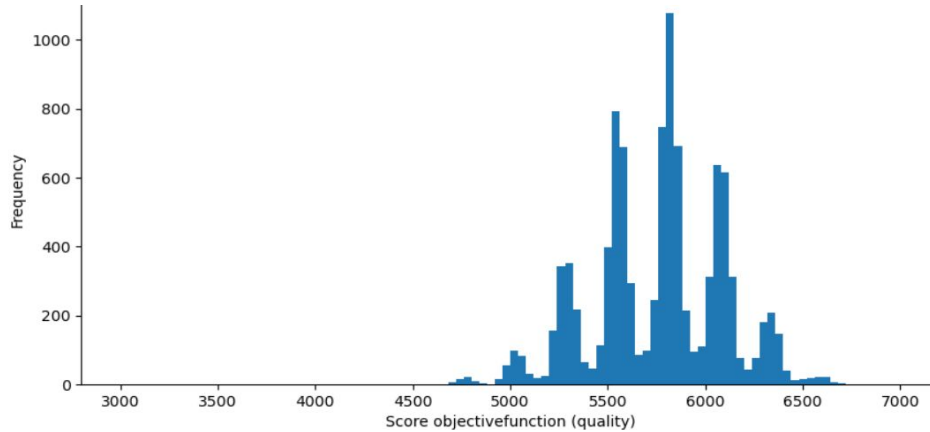
	Zonder Hill climber	Met Hill climber
Random (10.000)	6805 (90.1%*)	6835 (90.5%*)
Random greedy - kortste verb. (10.000)	6739 (89.3%*)	6739 (89.3%*)
Random greedy - langste verb. (10.000)	6695 (88.7%*)	6727 (89.1%*)
Depth first (20)	3224 (42.7%*)	
Breadth first (20)	3551 (47.0%*)	

\*upperbound = 7549

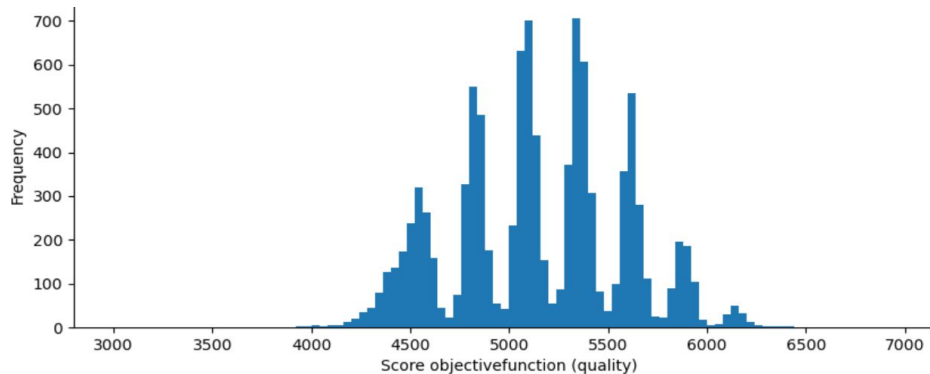




# De distributie van Random ligt meer naar rechts



Random



Random greedy

# Conclusies

# Conclusies

- De Hill climber lijkt vooral lage scores goed te verbeteren
- Holland: Random en Random greedy functioneren even goed
- Nederland: Random benadert de upper bound beter
- Holland vs Nederland: variatie
  - Holland zit procentueel dichterbij de upper bound
  - Het hill climber algoritme laat een grotere verbetering zien in Nederland dan in Holland
  - Depth/Breadth first zijn beter voor Holland

# Vervolgstappen

## Hill climber

### Hill climber optimaliseren

- Grotere stukken traject iteratief aanpassen
- Verbindingen verwijderen en toevoegen

## Random greedy

Een optie dat hij de verbindingen pakt die het dichtst bij het gemiddelde ligt.

## Constructief

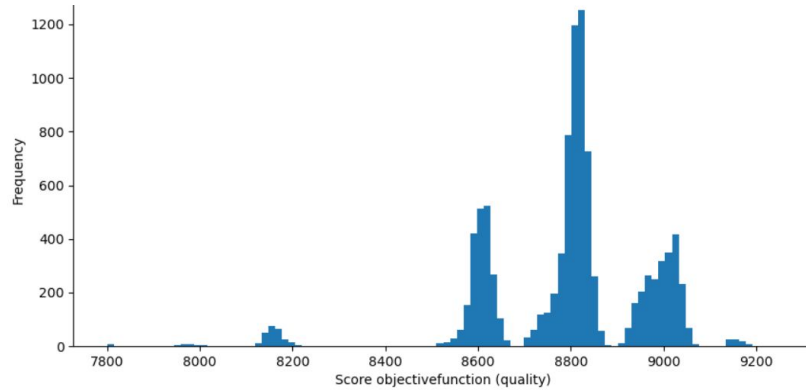
Een combinatie van onze Depth/Breadth first algoritme met Hill climber

Bedankt voor het luisteren!

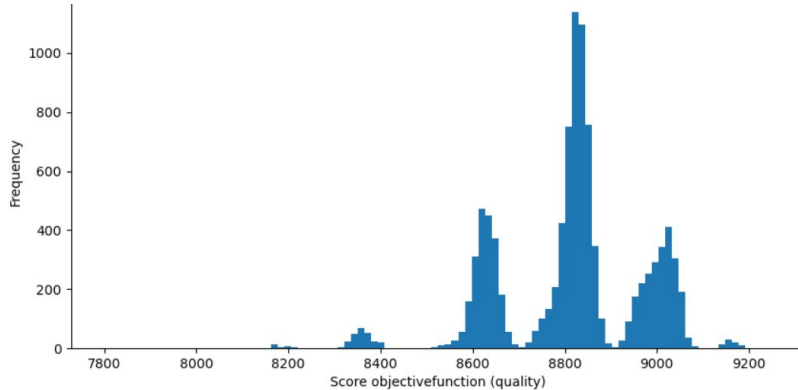


# Appendix

# Holland - Random (10.000x)

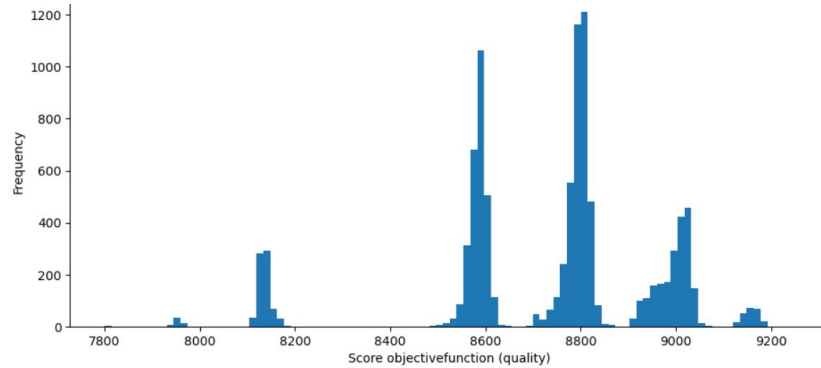


Zonder hill climber

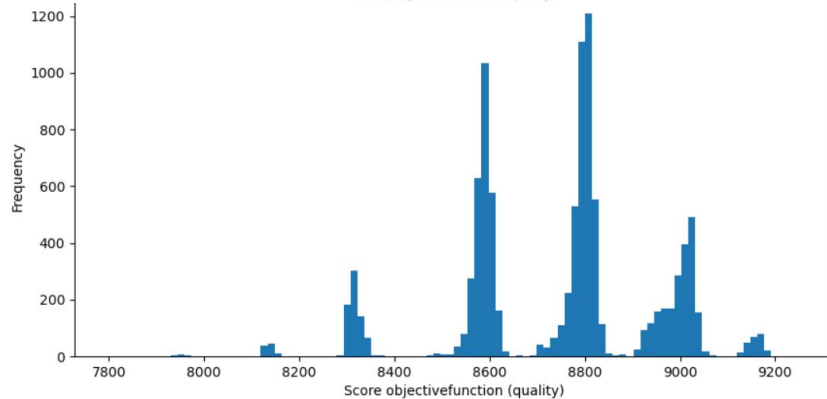


Met hill climber

# Holland - Random greedy min (10.000x)



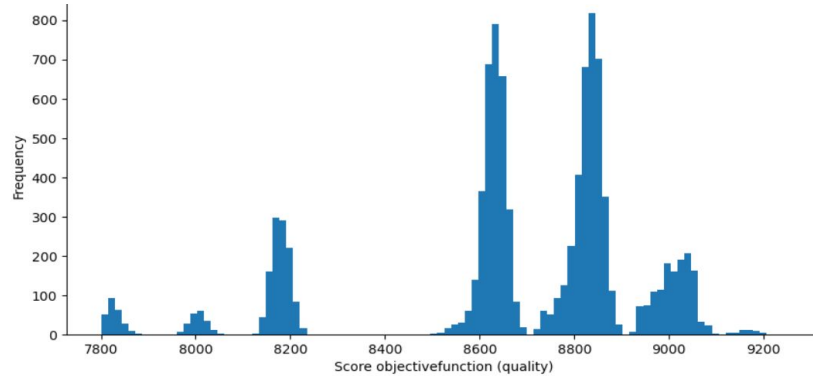
Zonder hill climber



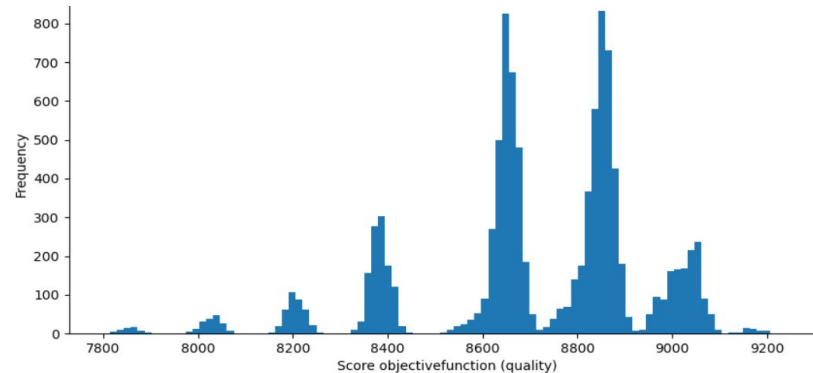
Met hill climber



# Holland - Random greedy max (10.000x)

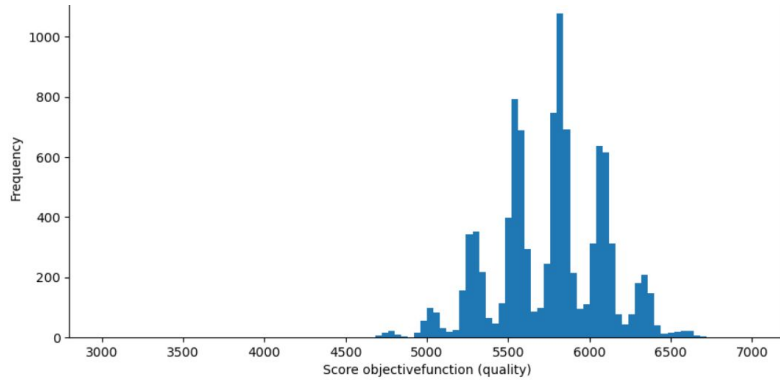


Zonder hill climber

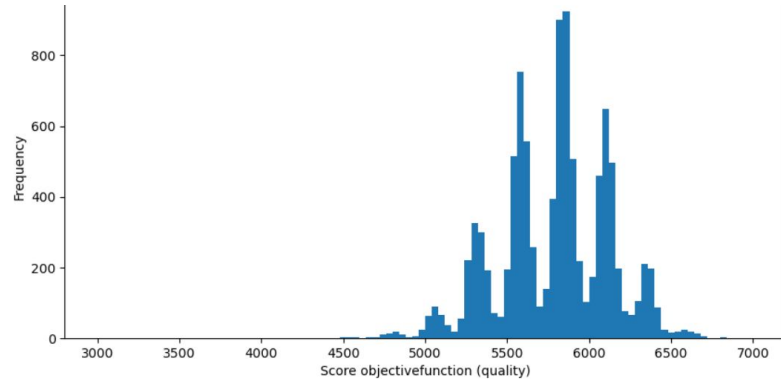


Met hill climber

# Nederland - Random (10.000x)

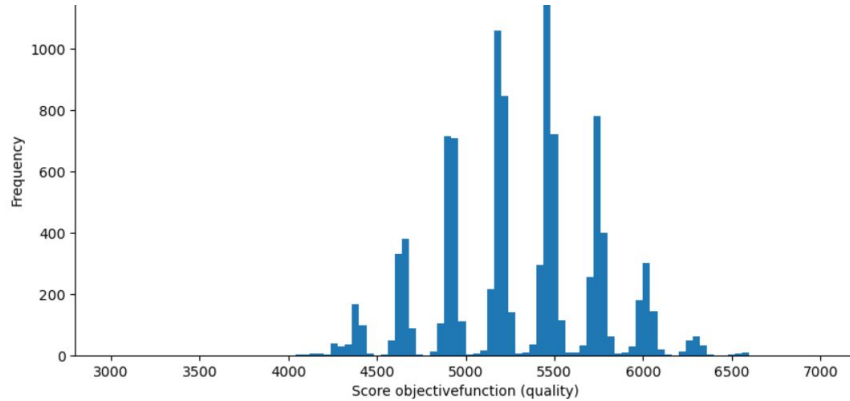


Zonder hill climber

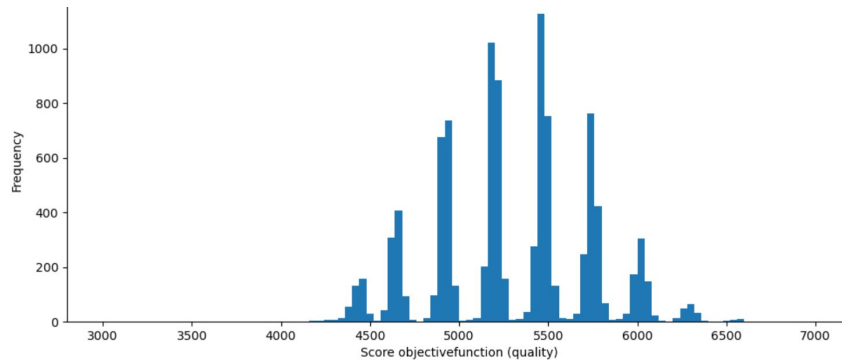


Met hill climber

# Nederland - Random greedy min (10.000x)

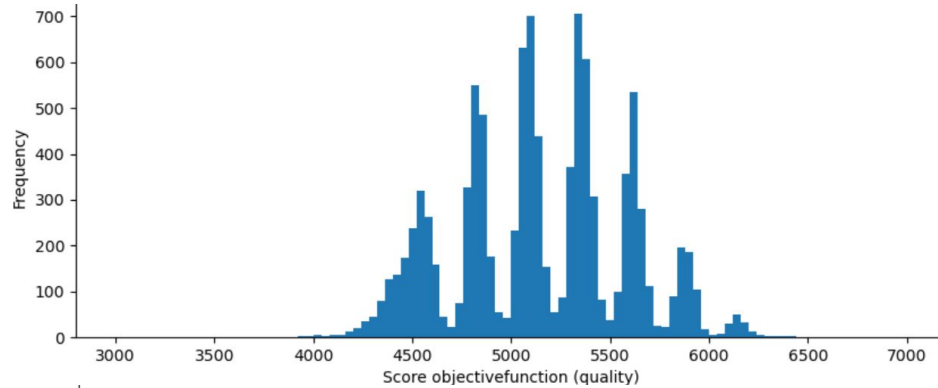


Zonder hill climber

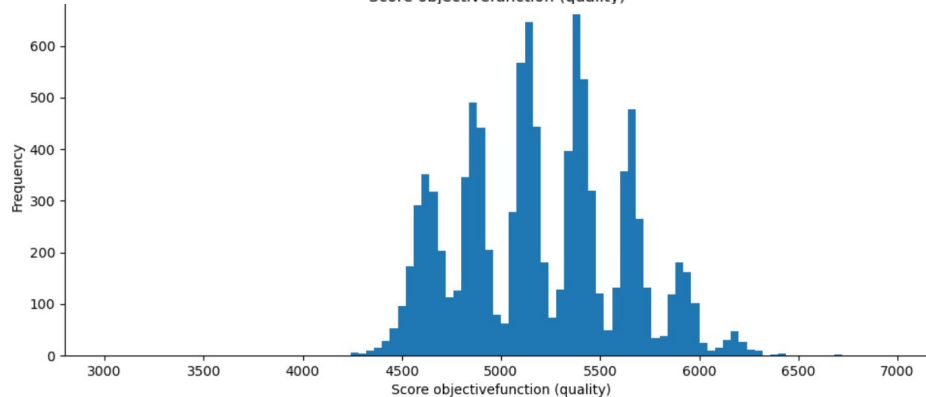


Met hill climber

# Nederland - Random greedy max (10.000x)

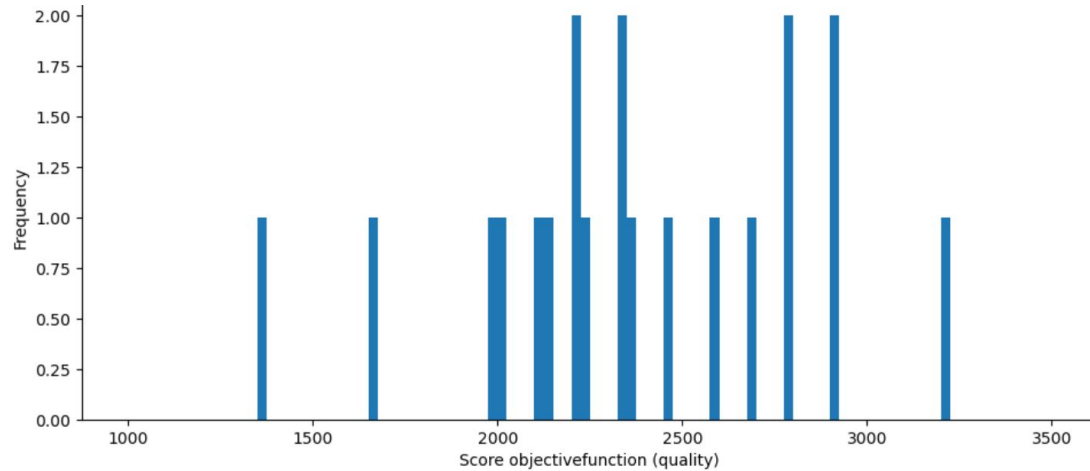


Zonder hill climber



Met hill climber

# Nederland - Depth first (20x)



# 1 miljoen runs van Random greedy

