Youbike

Youbike Distribution

Group K
Huan-Hsuan Tseng, Hong-Chi Chen, Po-Yu Cheng, Wen-Yi Tzeng

Outline

Introduction

Dataset & Method

Results

Conclusion

1 Introduction

1

Introduction

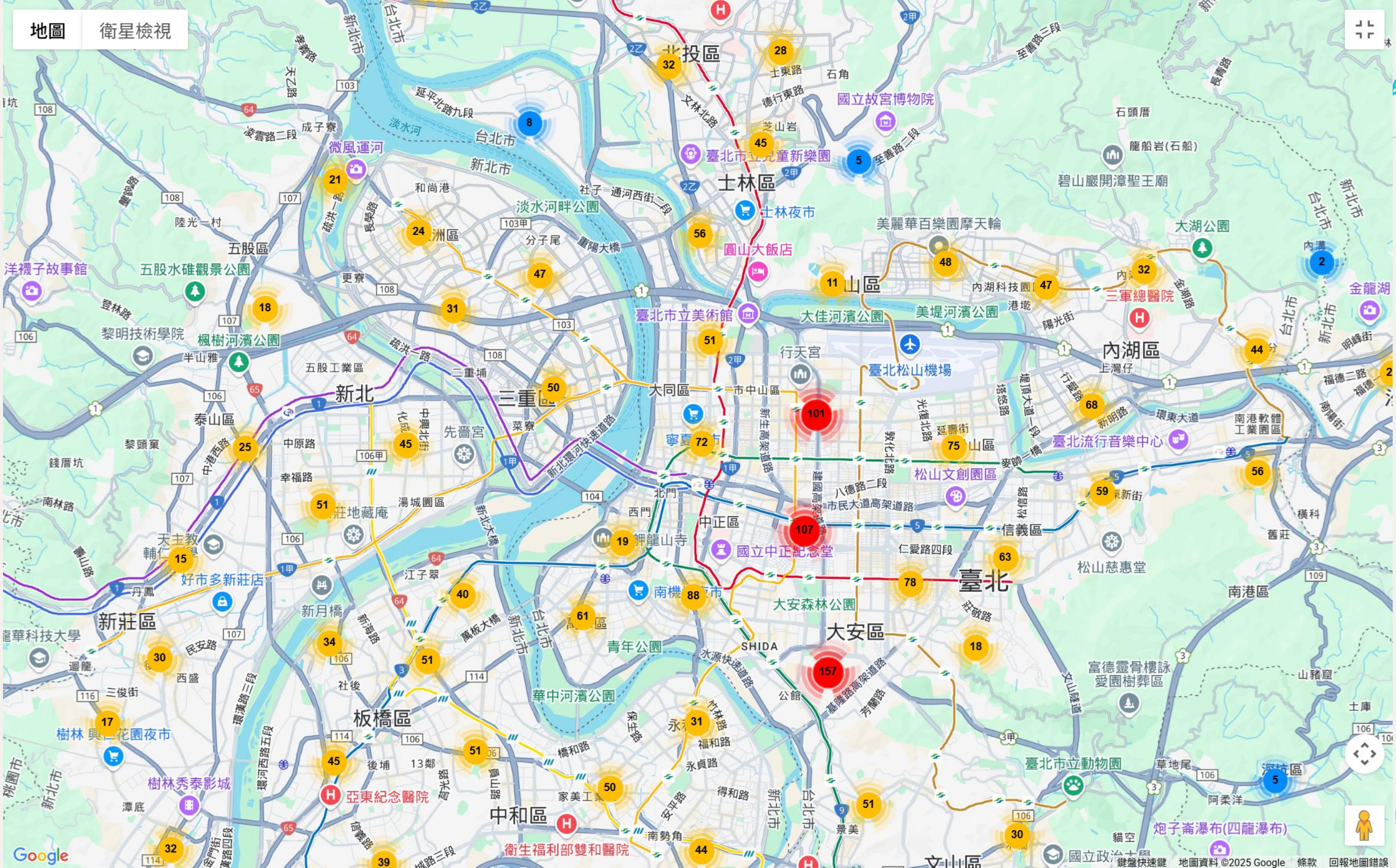
Motivation

Youbike

Youbike

1 Introduction

Problem Description



地圖
衛星檢視
北投區
士林區
士林夜市
國立故宮博物院
臺北市立兒童新樂園
圓山大飯店
臺北市立美術館
大佳河濱公園
美堤河濱公園
美麗華百樂園摩天輪
大湖公園
三軍總醫院
內湖區
內湖科技園區
臺北松山機場
行天宮
中山區
大同區
三重區
蘆洲區
五股區
五股水碓觀景公園
洋襪子故事館
黎明技術學院
楓樹河濱公園
泰山區
新莊區
新莊地藏庵
好市多新莊店
輔仁大學
龍華科技大學
樹林區
樹林 興仁花園夜市
樹林秀泰影城
板橋區
亞東紀念醫院
中和區
衛生福利部雙和醫院
永和區
華中河濱公園
青年公園
萬華區
龍山寺
南機場夜市
中正區
國立中正紀念堂
大安森林公園
大安區
SHIDA
公館
信義區
松山文創園區
臺北流行音樂中心
松山區
南港區
南港軟體工業園區
松山慈惠堂
富德靈骨樓詠愛園樹葬區
臺北市立動物園
深坑區
炮子崙瀑布(四龍瀑布)
國立政治大學
文山區
碧山巖開漳聖王廟
龍船岩(石船)
石頭厝
金龍湖
淡水河畔公園
淡水河
微風運河
延平北路九段
台北市
新北市
社子
通河西街二段
分子尾
重陽大橋
二重埔
五股工業區
先嗇宮
新北環河快速道路
基隆路高架道路
建國高架道路
市民大道高架道路
水源快速道路
仁愛路四段
八德路二段
北門
西門
景美
Google
鍵盤快速鍵
地圖資料 ©2025 Google
條款
回報地圖錯誤

Xizhi Dist.
Nanggang Dist.
內湖科技園區
後湖
樂群一路
港墘
美堤河濱公園
上塔悠
基隆河
迎風狗運動公園
大湖璞旅
評分最高
內湖輕工業區
五分
觀山河濱公園
民權大橋
山仔頂
HOLA 和樂家居 台北內湖店
葫蘆洲
潭美街
NITORI 宜得利家居 LaLaport南港店
環東大道
行善路
重陽路
南港路一段
松山區
臺北流行音樂中心
饒河街觀光夜市
市民大道七段
松山
頂東勢
臺北市立聯合醫院忠孝院區
東新街
永吉路
南港公園
松山文創園區
新眼光眼科診所(北市東區)I蕭裕泉醫師I
高階白內障.近視雷射手術專門
中央研究院
信義區
國立國父紀念館
暫停營業
松高路
一蘭 台灣台北本店
暫停營業
松山慈惠堂
台北101購物中心
虎山親山步道
三張犁
南港區
金龍湖
銘記越南文化美食
Ming Jih - Vietnamese...
明峰街
福德二路
汐止福泰大飯店
(原富士大飯店)
評分最高
橫科口
白匏湖
橫科
東勢坑
東勢街
新北市
台北市
地圖資料 ©2025 Google
台灣
條款
隱私權
提供產品意見回饋
1 公里

Neihu Dist.

內湖科技園區
後湖
港墘
美堤河濱公園
上塔悠
迎風狗運動公園
觀山河濱公園
民權大橋
HOLA 和樂家居 台北內湖店
松山區
饒河街觀光夜市
松山
臺北市立聯合醫院忠孝院區
松山文創園區
國立國父紀念館
暫停營業
信義區
一蘭 台灣台北本店
暫停營業
台北101購物中心
松山慈惠堂
虎山親山步
新眼光眼科診所(北市東區)l蕭裕泉醫師l
高階白內障.近視雷射手術專門
南港公園
中央研究院
南港區
臺北流行音樂中心
NITORI 宜得利家居 LaLaport南港店
葫蘆洲
山仔頂
五分
大湖璞旅
評分最高
金龍湖
銘記越南文化美食
Ming Jih - Vietnamese...
汐止區
樟樹灣
汐止福泰大飯店
(原富士大飯店)
評分最高
橫科口
李厝
白匏湖
橫科
東勢坑
台北市
新北市
地圖資料 ©2025 Google
台灣
條款
隱私權
提供產品意見回饋
1 公里

What are we aiming?

- Maximize the # of stations
- 30% ~ 70%

Scenarios

2 Dispatch Windows x 3 Truck Amt x 3 Distribution Time = 18 Scenarios

- 30 min
- 60 min

- 2 trucks
- 4 trucks
- 6 trucks

- 9 AM
- 5 PM
- 10 PM

What are we doing?

- Adjustment: # to move in/out
- Optimal truck routing
- Optimal distribution plan

2

Dataset and Method

2

Dataset and Method

Model Formulation

Parameters and Sets

- Station Set

$i \in N$

C_i: total capacity of station i

B_i: current number of bikes at station i

- Truck Set

$k \in K$

Q: maximum capacity per truck

- Time Parameters

t_{ij}: travel time between stations i and j

L: loading/unloading time per bike

T: total dispatch time window

Decision Variables

- Routing Variables

$x_{i,j,k} \in \{0,1\} \quad i,j \in N \cup \{0\},\ i \neq j,\ k \in K$: If truck k travels directly from station i to station j, then $x_{i,j,k} = 1$; otherwise, 0. We let node 0 represent the depot.

- Bike Collection and Delivery

$a_{i,k} \in \mathbb{Z}^+ \quad i \in N,\ k \in K$: The number of bikes truck k picks up from station i.

$b_{i,k} \in \mathbb{Z}^+ \quad i \in N,\ k \in K$: The number of bikes truck k drops off at station i.

- Station Balance Indicator

$y_i \in \{0,1\} \quad i \in N$: If station i is within 20%–70% available dock ratio after dispatch, then $y_i = 1$; otherwise, $y_i = 0$.

- Truck Loading State

$W_{i,k} \in \mathbb{Z}^+ \quad i \in N \cup \{0\},\ k \in K$: Represents the number of bikes carried by truck k upon leaving station i. For the depot (node 0), we let the model to decide the optimal $W_{0,k}$. We suppose we have infinite inventory (see [4]).

Objective Function

We aim to maximize the number of stations that achieve the balanced state after dispatch:

$$\max \sum_{i \in N} y_i .$$

Constraints: Stations

- Balanced Station Range

If station i is counted as balanced, the final number of bikes must lie between 30% and 70% of its capacity:

$$0.3\,C_i - M(1 - y_i) \;\le\; B_i + \sum_{k \in K} \left(b_{i,k} - a_{i,k}\right) \quad \forall i \in N,$$

$$B_i + \sum_{k \in K} \left(b_{i,k} - a_{i,k}\right) \;\le\; 0.7\,C_i + M\left(1 - y_i\right) \quad \forall i \in N.$$

Here, M is a sufficiently large constant. We set

$$M = \max_{i \in N} C_i.$$

Constraints: Stations

- Station Capacity

$$0 \le B_i + \sum_{k \in K} \left(b_{i,k} - a_{i,k}\right), \quad \forall i \in N.$$

$$B_i + \sum_{k \in K} \left(b_{i,k} - a_{i,k}\right) \le C_i, \quad \forall i \in N.$$

- Visitation-Operation Consistency

$$a_{i,k} \le Q \sum_{h \in N} x_{h,i,k}, \quad b_{i,k} \le Q \sum_{h \in N} x_{h,i,k}, \quad \forall i \in N,\ k \in K.$$

If truck k does not enter station i, then no $a_{i,k}$ or $b_{i,k}$ operations occur at that station. Conversely, if truck k does visit station i, those operations are allowed. Here, Q is the maximum capacity of a single truck, treated as a sufficiently large constant.

Constraints: Truck

- Route Continuity
  - Start and End at Depot

$$\sum_{i \in N} x_{0,i,k} = 1, \quad \sum_{i \in N} x_{i,0,k} = 1, \quad \forall k \in K.$$

  - Visitation

$$\sum_{h \in N \cup \{0\}} x_{h,i,k} \le 1, \quad \sum_{j \in N \cup \{0\}} x_{i,j,k} \le 1, \quad \forall i \in N,\ k \in K.$$

$$\sum_{h \in N \cup \{0\}} x_{h,i,k} = \sum_{j \in N \cup \{0\}} x_{i,j,k}, \quad \forall i \in N,\ k \in K.$$

  - Preventing Subtours

$$\sum_{i \in S,\, j \in S,\, i \neq j} x_{i,j,k} \le |S| - 1, \quad \forall S \subseteq N,\ |S| \ge 2,\ \forall k \in K.$$

- Total Time Window

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_{i,j}\, x_{i,j,k} + L \sum_{i \in N \cup \{0\}} \left(a_{i,k} + b_{i,k}\right) \le T, \quad \forall k \in K.$$

Constraints: Truck Loading and Capacity

- Load Flow

$$W_{j,k} \geq W_{i,k} + a_{j,k} - b_{j,k} - Q(1 - x_{i,j,k}), \quad \forall i, j \in N \cup \{0\}, \ i \neq j, \ k \in K,$$

$$W_{j,k} \leq W_{i,k} + a_{j,k} - b_{j,k} + Q(1 - x_{i,j,k}), \quad \forall i, j \in N \cup \{0\}, \ i \neq j, \ k \in K.$$

If $x_{i,j,k} = 1$, then $W_{j,k}$ is updated accordingly.

- Truck Capacity

$$0 \leq W_{i,k} \leq Q, \quad \forall i \in N, \ \forall k \in K.$$

Constraints: Flow & Domain

- Flow Constraints

$$\sum_{i \in N} a_{i,k} = \sum_{j \in N} b_{j,k}, \quad \forall k \in K.$$

- Variable Domains

$$x_{i,j,k} \in \{0,1\}, \quad i \neq j, \forall i,j \in N, \ \forall k \in K$$

$$y_i \in \{0,1\},$$

$$a_{i,k}, \ b_{i,k} \in \mathbb{Z}^+,$$

$$W_{i,k} \in \mathbb{Z}^+.$$

3 Results

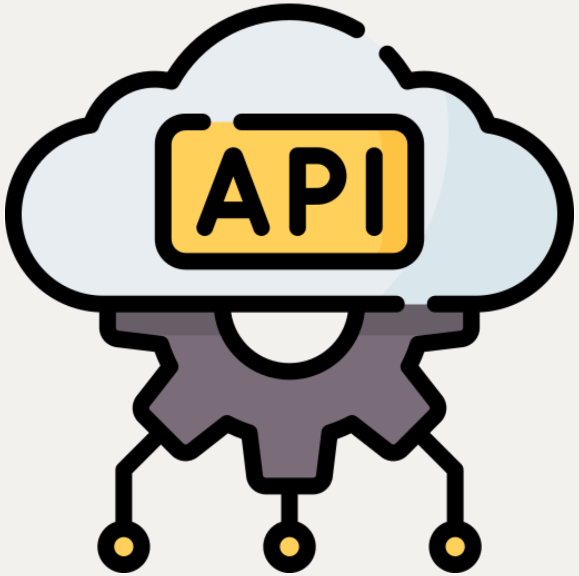
3

Results

Data Generation and Collection

Collection Pipeline

`fetch_snapshot.py`



Taipei Gov

30 min

Collection Pipeline

Title	Value
timestamp	2025-05-22T07:04+00:00
sno	500101001
sarea	大安區
sna	YouBike2.0_ 捷運科技大樓站
latitude	25.02605
longitude	121.5436

Table 3: Station metadata

Field	Value
total docks	28
available bikes	3
available docks	25
act	1
srcUpdateTime	2025-05-22 15:03:30

Table 4: Bike availability status

Filter Data

5/23 ~ 5/29

62 stations

25.062016°N

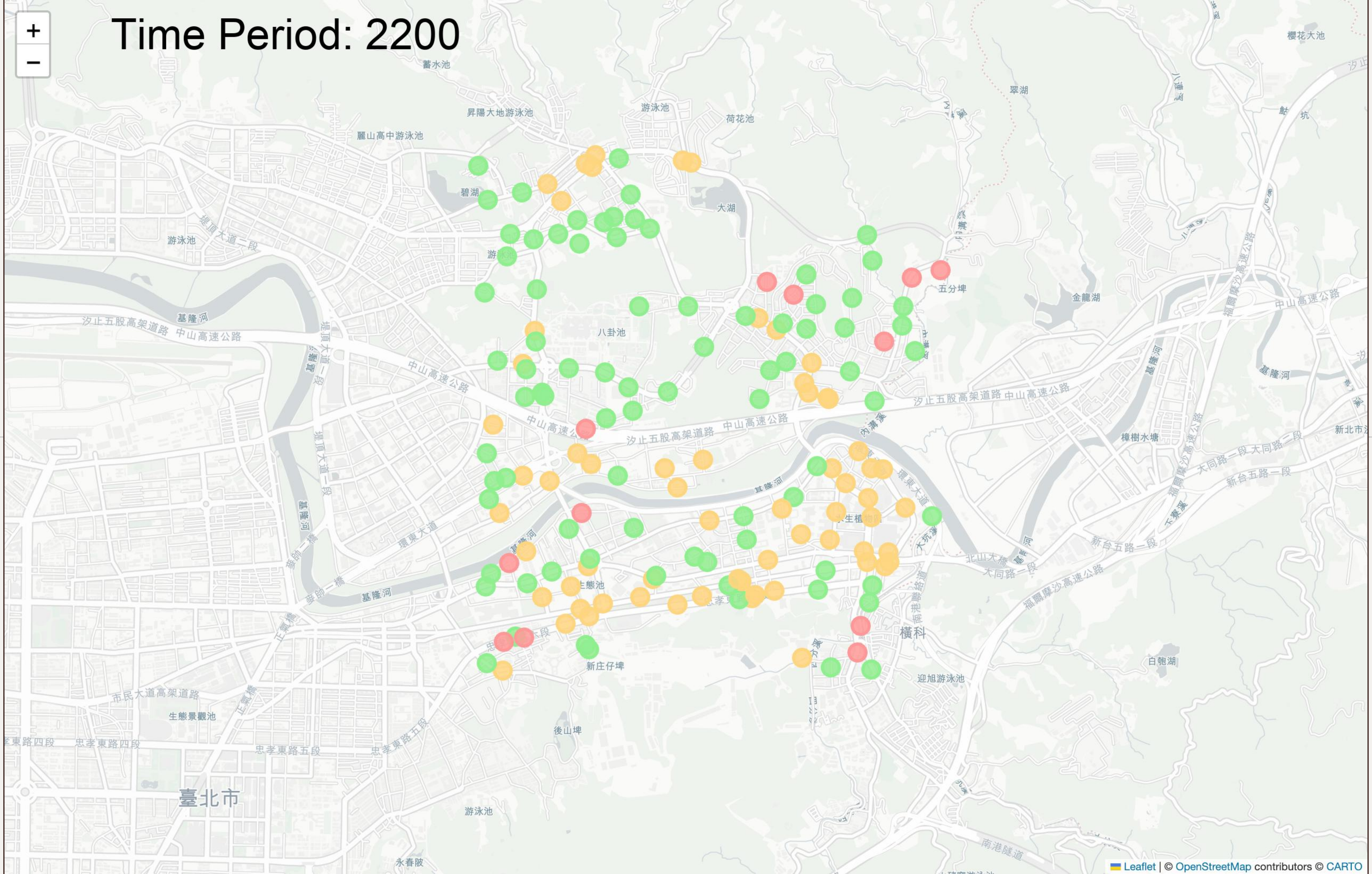
25.04615°N

121.591256°E 123.00000°E

Filter Data

24 hr x 2 samples/hr x 5 days = 240 records

Time Period: 2200



Generate Instance

- Weekly average
- Standard deviation

`generate_instance.py`

$$b_i := min\{\ max\ (0, X_i), C_i\ \}$$

$$\text{where } X_i \sim N\,(\mu_i\,, \sigma_i^2)$$

Generate Instance

10 PM

9 AM

5 PM

3

Results

Heuristic Algorithm

Inbound

(a) Start from the depot.

(b) Move to the nearest outskirts location that has available bikes; if no such location exists, load from the depot.

(c) Load up to Q bikes or as many as available.

(d) Travel to the most under-supplied station.

(e) Drop as many bikes as possible within the station's capacity.

(f) Return to the depot.

Outbound

(a) Start from the depot.

(b) Travel to the most overfilled station (with bike-to-capacity ratio over 0.7).

(c) Pick up excess bikes, up to a maximum of Q.

(d) Deliver these bikes to the outskirts location with the most available space (lowest bike-to-capacity ratio).

(e) Return to the depot.

3

Results

Gurobi Optimizer

Folder structure of optimization results

```
163434_小南港_limit300s_時速60/
    2trucks_30min/
        morning_9am/
            instance_1/
                route.txt/
                station_results.csv
        evening_5pm/
        night_10pm/
    2trucks_60min/
    4trucks_30min/
    4trucks_60min/
    6trucks_30min/
    6trucks_60min/
```

Optimization Results

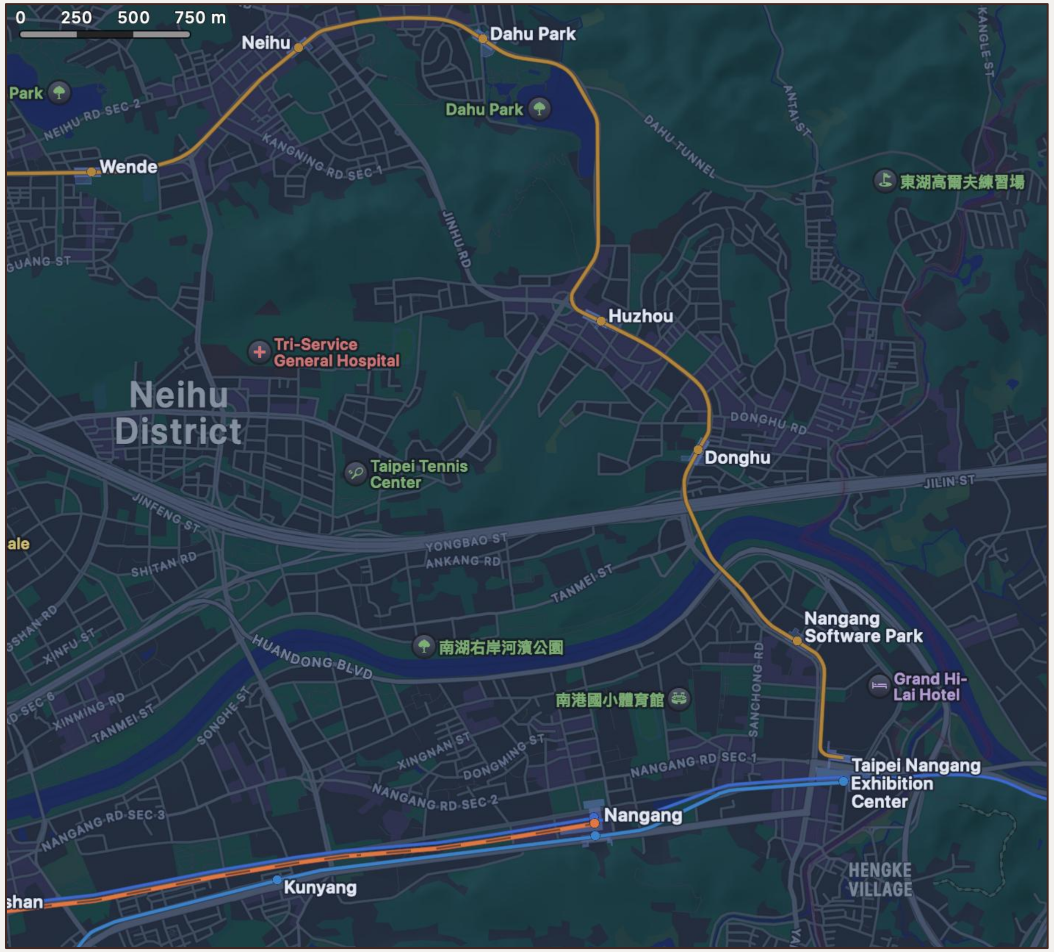
Truck ID	Route Summary
Truck 0	0 → 500111088(-4) → 500111067(-5) → ...→ 0
Truck 1	0 → 500111053() → 500111113() → ...→ 0
Truck 2	0 → 500111013() → 500111051() → ...→ 0
Truck 3	0 → 500111037(+2) → 500108104() → ...→ 0

Station ID	Balanced	Final Bikes	Latitude	Longitude
500108041	1	7	25.06181	121.59447
500108104	1	8	25.06007	121.60138
500108169	1	14	25.06153	121.60033
500108173	1	5	25.06099	121.59662
500111003	1	20	25.05014	121.59238

route.txt

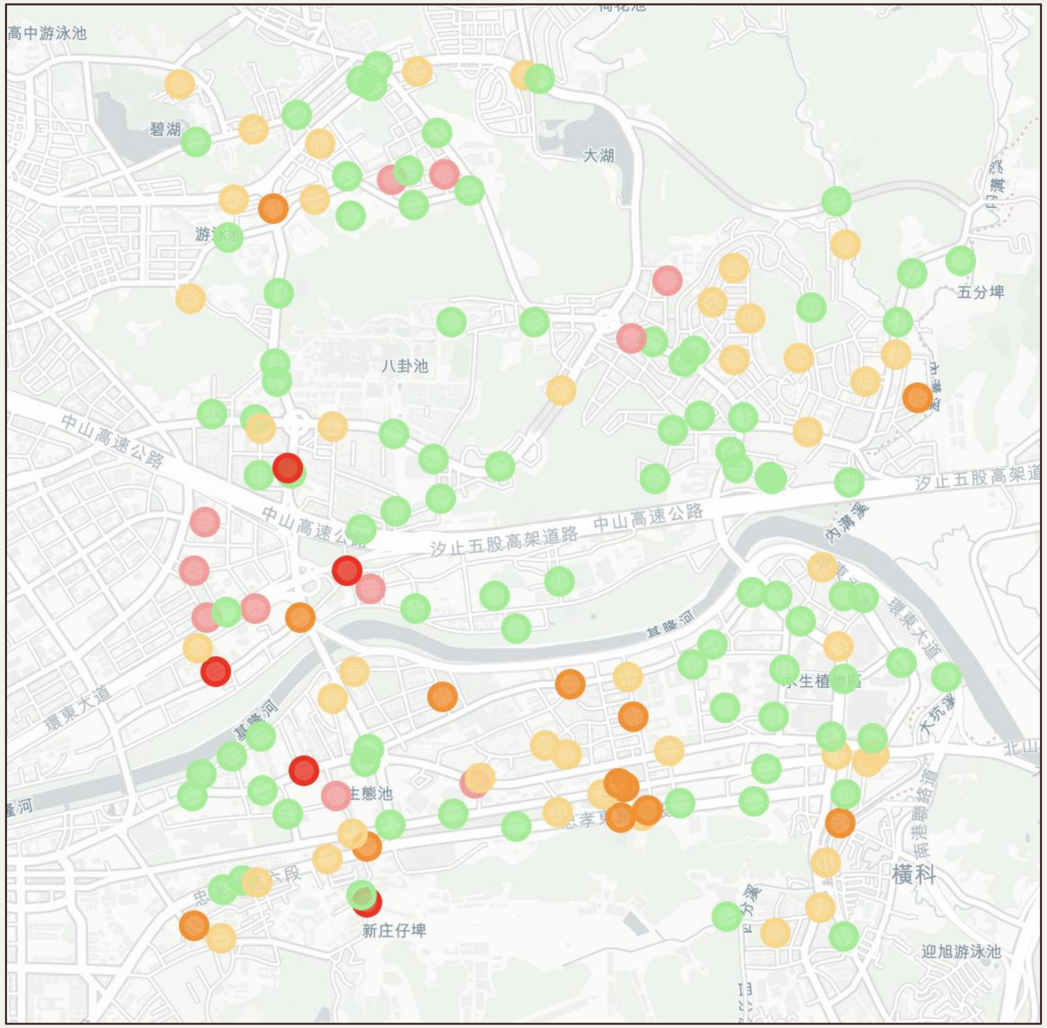
station_results.csv

Initially…



157 stations

Initially…

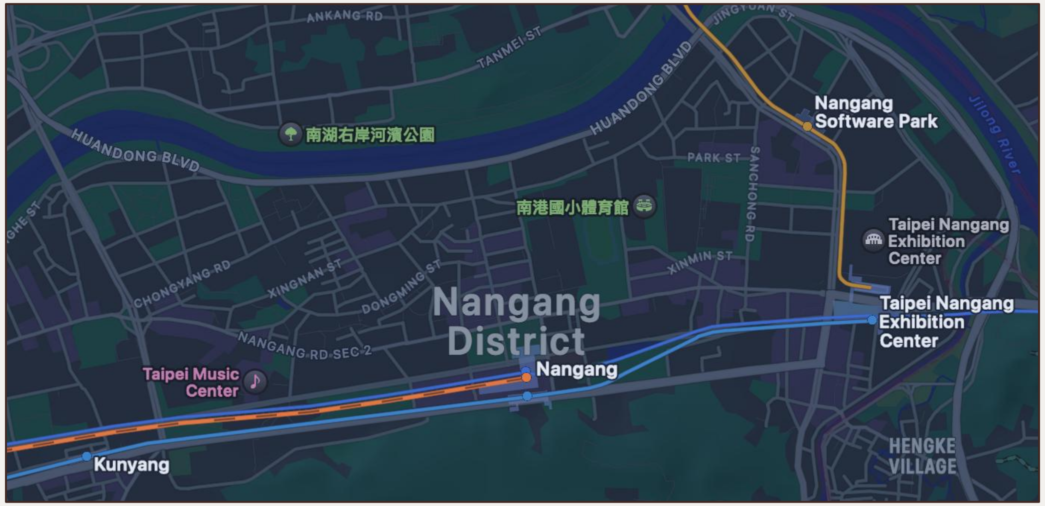


157 stations
with large optimality gaps

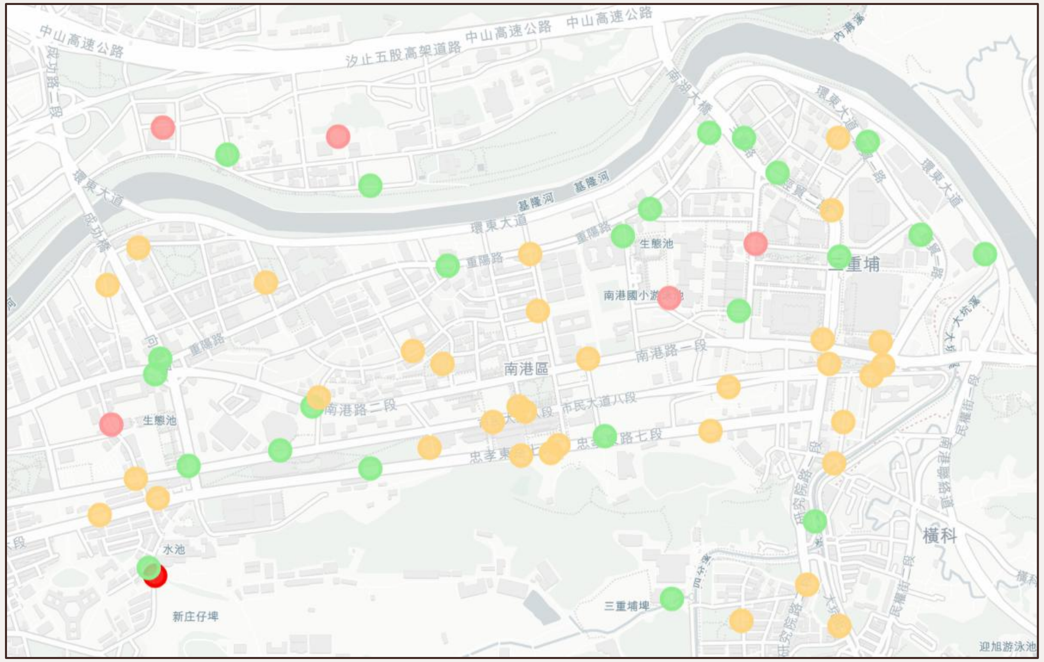
Metric	Value
Average MIP Gap	0.5141
Standard Deviation	0.2298
Minimum MIP Gap	0.1111
Maximum MIP Gap	0.9394

Alternatively

62 stations

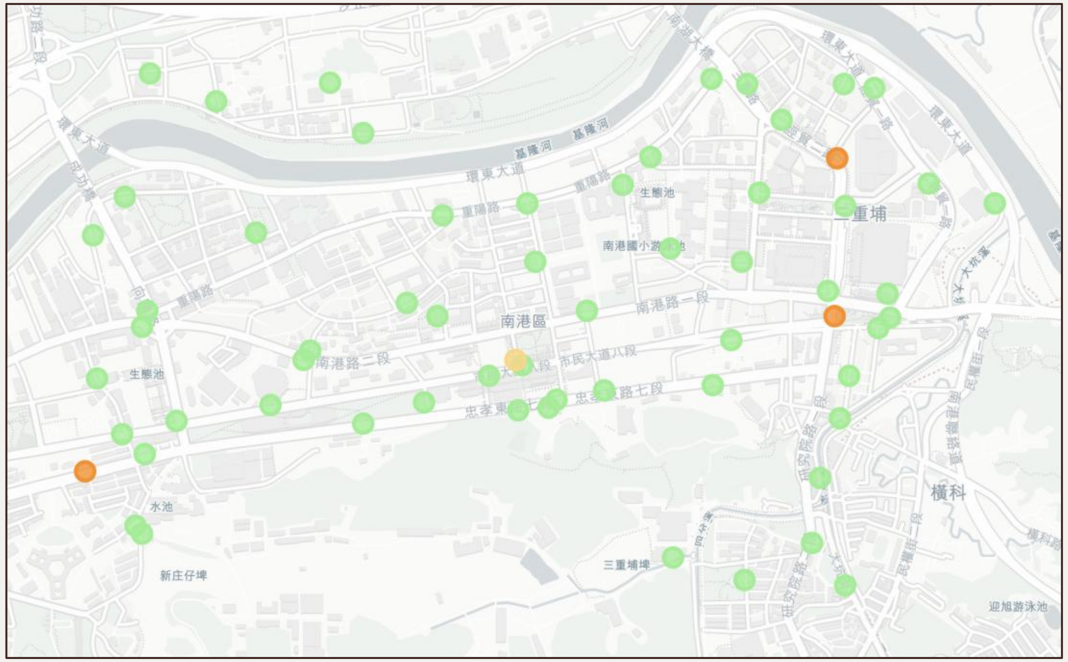


Alternatively



62 stations

Alternatively



62 stations

with small optimality gaps

Metric	Value
Average MIP Gap	0.1239
Standard Deviation	0.0728
Minimum MIP Gap	0.0129
Maximum MIP Gap	0.4151

3

Results

Performance Evaluation

Comparisons

No Redistribution

Gurobi Optimization

Heuristic Algorithm

Numeric Result

Scenario	09:00 (AM)	17:00 (PM)	22:00 (Night)
2 trucks, 30 min	66.77%	79.03%	69.03%
2 trucks, 60 min	77.10%	89.35%	80.32%
4 trucks, 30 min	74.19%	84.52%	68.71%
4 trucks, 60 min	88.39%	**98.71%**	89.68%
6 trucks, 30 min	76.45%	87.74%	76.77%
6 trucks, 60 min	**95.16%**	98.06%	**97.74%**

Table 8: Average balance ratio for each scenario across time periods

$$\text{Gap} = \frac{Z^{\text{gurobi}} - Z^{\text{heu}}}{Z^{\text{gurobi}}} \times 100\%.$$

Result

- **Longer** time windows and **more trucks** **->** higher balance ratios.

Best

4/6 trucks + 60 min

Weakest

2 trucks + 30 min

4 Conclusion

Conclusion

Scheduled collection pipeline: To obtain Taipei City Government's public data for long period, we use GitHub Action to load it automatically.

YouBike visualizer with map and threshold indication: we can process all raw data, restrict our concerning area, and calculate threshold for all stations. Then, output a HTML file for visualization.

Gurobi: Using simplex method to try our best to find the optimal solution.

Heuristic Solution: Performing our proposed heuristic above.

Youbike

Thank you!