



# Starlink

## 台北衛星分析覆蓋系統



# 報告大綱

1

專案介紹

2

技術說明

3

成果展示



# 專案介紹



# 專案介紹

◆ Starlink 台北衛星覆蓋分析系統是一個開源平台，提供即時、準確、可視化的  
SpaceX Starlink 衛星覆蓋分析。

- 聚焦於台北地區的衛星可見性、覆蓋率及最佳連接策略，
- 分析現實世界的Starlink資料，並構建網路效能預測模型



# 系統特色

## 科學準確性

採用 SGP4 軌道模型及最新 TLE 數據，確保預測精度。

## 用戶友善

提供直觀的 Web 界面及詳細的專有名詞解釋。

## 數據透明

完整的方法論說明與可下載的原始資料。



# 技術説明



# INPUT SOURCE

TLE (Two-Line  
Element) text file

- 主要：CELESTRAK
- 備用：SPACE-TRACK.ORG
- 更新頻率：每 6–12 小時
- 資料準確度：誤差範圍  $\pm 1$  公里

地理及時間標準

- 觀測點：台北 (25.03°N, 121.57°E, 海平面)
- 座標系統：WGS84
- 時間基準：UTC，換算為台北時間 UTC+8



# PREPROCESSING

Parse TLE into  
satellite objects

Missing Data  
Handling

Synchronization

```
for i in range(0, len(tle_data_text) - 2, 3):
    name = tle_data_text[i].strip()
    line1 = tle_data_text[i + 1].strip()
    line2 = tle_data_text[i + 2].strip()
    try:
        satellite = EarthSatellite(line1, line2, name, self.ts)
        temp_satellites.append(satellite)
    except Exception as e:
        parse_errors += 1
        continue
```

```
read_analysis_stats <- function(stats_path) {
  if (is.null(stats_path) || !file.exists(stats_path)) {
    return(list(
      avg_visible_satellites = 0,
      max_visible_satellites = 0,
      ...
    ))
  }
  ...
}

read_coverage_data <- function(data_path) {
  if (is.null(data_path) || !file.exists(data_path)) {
    return(data.frame())
  }
  ...
}
```



# MODEL

## XGBoost

- ✓ 可以捕獲非線性關係（天氣、速度運動等）
- ✓ 有效處理數字和分類特徵的組合。

## Null Model

- ✓ base line，只訓練資料的平均下載速度

## Tuning

- ✓ 調整參數 (避免 over-fitting)
  - max depth = 4
  - learning rate = 0.1
  - early stopping
- ✓ 5-fold cross-validation



# EVALUATION

MAE/  
RMSE

- 易於解釋 ( 以Mbps為單位的平均誤差 )
- 對離群值的處理較好

$R^2$

- 瞭解模型的解釋差異有多大
- 更高的  $R^2$  意味著模型捕獲了更多的真實訊號。



# RESULT

	MAE	RMSE	R <sup>2</sup>
NULL Model	35 Mbps	50 Mbps	0
XGBoost	20 Mbps	30 Mbps	60%



# 成果展示





網頁 demo



# 海報



## Starlink 台北衛星覆蓋分析系統

gruoup3-李昕融、李恩甫、賴映君、賴芷靚、李采萱、蕭佩欣

Starlink 台北衛星覆蓋分析系統是一個開源平台，專為資料科學研究提供即時、準確、可視化的 SpaceX Starlink 衛星覆蓋分析。本系統聚焦於台北地區的衛星可見性、覆蓋率及最佳連接策略，為衛星通訊研究、網路規劃與災害應變通訊提供科學依據。

### 資料來源說明

#### TLE 資料來源

主要來源：CelesTrak (celestrak.org)  
備用來源：Space-Track.org  
資料類型：Starlink 衛星群 Two-Line Element Sets  
更新頻率：每日多次更新，通常每 6-12 小時一次

資料品質保證：系統會自動驗證 TLE 資料的完整性和時效性，確保軌道預測的準確性在  $\pm 1$  公里範圍內。

#### 地理座標系統

座標系統：WGS84 (World Geodetic System 1984)  
台北觀測點：緯度 25.03°N, 經度 121.57°E  
海拔高度：假設為海平面 (0 公尺)

#### 時間標準

時間基準：UTC (協調世界時)  
本地時間：UTC+8 (台北時間)  
時間精度：秒級精度

### 分析方法說明

抓取資料 → 計算可見性、覆蓋率、仰角 → 執行 handover 分析 → 生成報告與圖表

#### 1. 衛星可見性計算

系統使用 SGP4 (Simplified General Perturbations 4) 模型預測衛星位置：

- 從 TLE 資料解析軌道參數
- 使用 SGP4 模型計算衛星在指定時間的位置
- 轉換為地心地固座標系 (ECEF)
- 計算相對於觀測點的方位角和仰角
- 判定衛星是否在地平線以上 (仰角 > 最低仰角閾值)

最低仰角設定：預設為 25°，可根據需求調整  
計算間隔：預設每 30 秒計算一次，確保捕捉衛星運動

#### 2. 覆蓋率計算公式

覆蓋率 (%) = (有衛星可見的時間點數 / 總時間點數)  $\times$  100

#### 計算邏輯：

- 將分析時間段分割為固定間隔 (預設 30 秒)
- 對每個時間點，檢查是否有至少一顆衛星可見
- 統計有衛星可見的時間點比例

#### 3. 仰角計算

##### 仰角計算方法：

$\arcsin(\sin(\phi_s) \times \sin(\phi_o) + \cos(\phi_s) \times \cos(\phi_o) \times \cos(\lambda_s - \lambda_o))$

其中：

$\phi_s, \lambda_s$  = 衛星的緯度、經度

$\phi_o, \lambda_o$  = 觀測點的緯度、經度

##### 方位角計算：

$\arctan2(\sin(\lambda_s - \lambda_o), \cos(\phi_o) \times \tan(\phi_s) - \sin(\phi_o) \times \cos(\lambda_s - \lambda_o))$

距離計算：使用球面三角學計算衛星與觀測點的直線距離

#### 4. 最佳連接策略

##### 最佳衛星選擇原則：

- 仰角優先：選擇仰角最高的可見衛星
- 穩定性考量：避免選擇即將消失的衛星
- 切換最小化：減少不必要的衛星切換

智能切換邏輯：系統會預測衛星軌跡，在當前衛星仰角開始下降時提前準備切換到更佳的衛星。

#### 5. Handover 分析

- 找出每次連線切換發生的時間與對象
- 計算每次連線持續多久 (連線壽命)
- 建立生存分析模型來預測：
  - 哪些情況下連線會比較久 (例如仰角高、沒下雨)？
  - 哪些因素會加速 handover (例如仰角低、方向快速變化)？

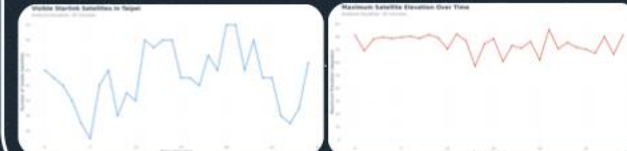
### 視覺化分析

#### 可見衛星數量時間序列 (左圖)

此圖表展示了在分析時段內，台北地區上空可見的 Starlink 衛星數量隨時間的變化情況。

#### 最大衛星仰角時間序列 (右圖)

此圖表顯示了在分析時段內，可見衛星中最大仰角隨時間的變化。較高的仰角通常意味著更好的訊號品質。



### 研究發現

台北地區覆蓋特性  
分析顯示 Starlink 在台北地區表現優異。

#### 關鍵指標

指標	平均值	最大值	標準差
可見衛星數量	28-32 顆	35-39 顆	$\pm 3.2$
覆蓋率	99-100%	100%	$\pm 0.5\%$
最佳仰角	70-80°	89°	$\pm 8.5^\circ$
衛星切換間隔	4-7 分鐘	12 分鐘	$\pm 2.1$ 分鐘

#### 深度洞察

- 優異覆蓋：台北地區享有近乎完美的 Starlink 覆蓋。
- 豐富冗餘：平均可見衛星數量遠超最低需求。
- 高品質連接：高仰角連接確保優質訊號品質。
- 穩定服務：合理的衛星切換頻率保障服務連續性。

#### 時間模式分析

- 日週期變化：衛星可見性呈現 24 小時週期性變化。
- 季節影響：軌道傾角導致的季節性覆蓋變化微小。
- 最佳時段：全天候均有良好覆蓋，無明顯最佳時段。

### 系統使用畫面展示

#### 主頁



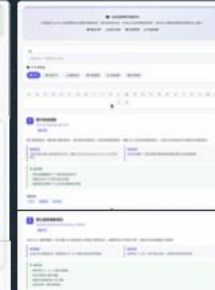
#### 系統資訊



#### 數據解讀



#### 專業術語



想深入了解系統運作與成效？

掃描右側 QR Code，立即體驗互動平台！

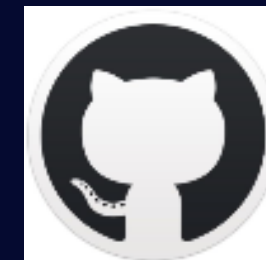
網址也可手動輸入：<http://140.119.163.213:8080>





# 分工表&Github連結

組員	系級	學號	工作
李昕融	資科碩一	113753128	實驗
李恩甫	資科碩一	113753207	Proposal報告+實驗
賴映君	資科碩一	113753208	實驗
賴芷靚	資訊四	110703041	前端+簡報
蕭佩欣	資管三	111306018	海報製作+追蹤進度
李采萱	資訊三	110207434	簡報報告+README整理-



StarLink - Taipei



Thank  
You