

Βελτιστοποίηση Χρονοπρογραμματισμού Παρατηρήσεων Δορυφόρου

Γραμμική και Συνδυαστική Βελτιστοποίηση

Ζωγράφου Μαρία Νίκη
ΑΜ: 1096060



Στόχος

- Η παρατήρηση της Γης μέσω δορυφόρων (φυσικοί πόροι, καταστροφές, περιβαλλοντικές ζημιές π.χ. SMAP, Sentinel-2)
- Κάθε στόχος απαιτεί διαφορετικό χρόνο παρατήρησης (Απαιτήσεις αισθητήρα, Επιθυμητή ανάλυση, Περιοχή)
- Περιορισμοί δορυφόρων
 - φυσικοί (χρόνος ορατότητας/τροχιά)
 - τεχνικοί (μνήμη, ισχύς)

A mixed integer linear programming model for multi-satellite scheduling

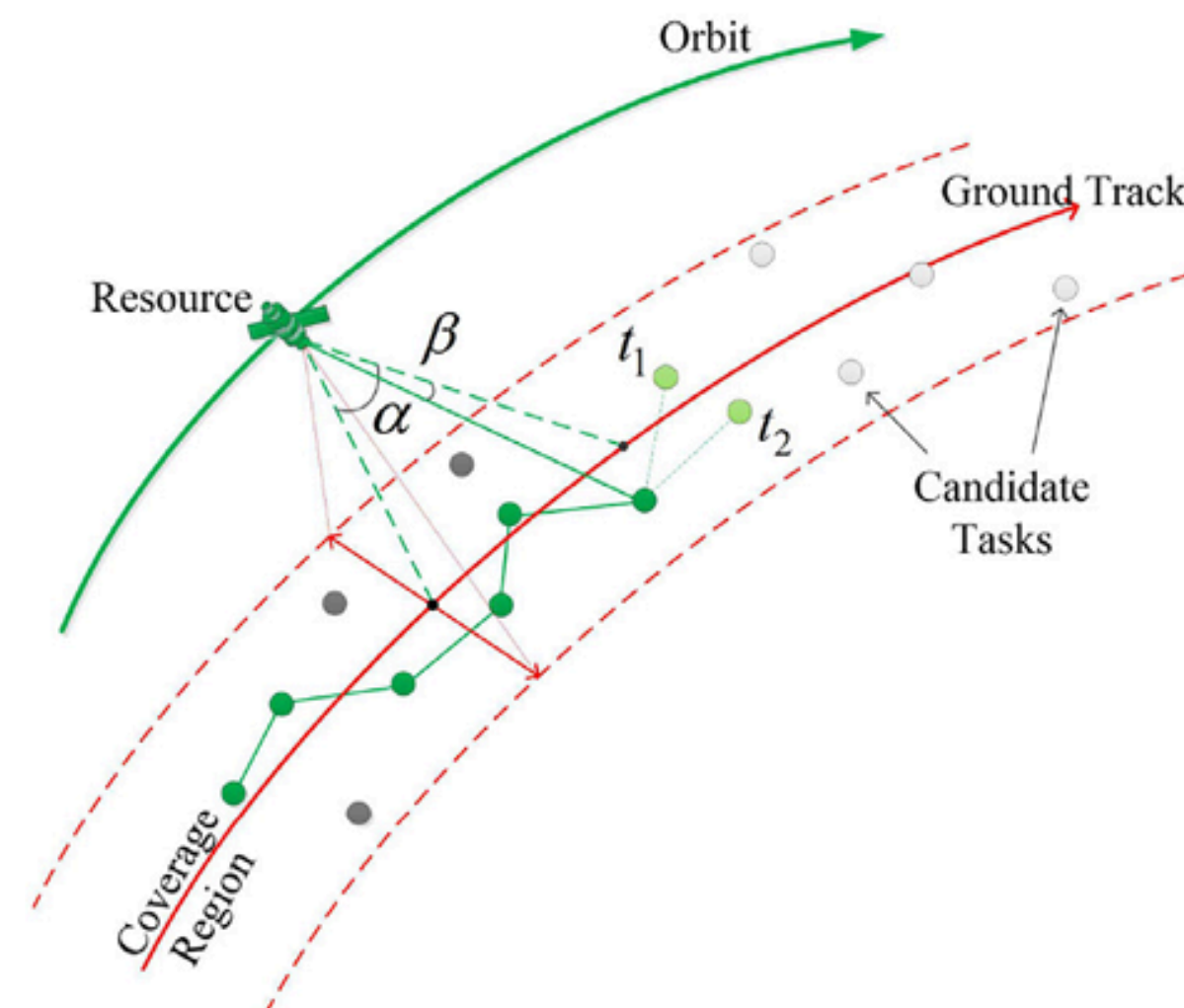
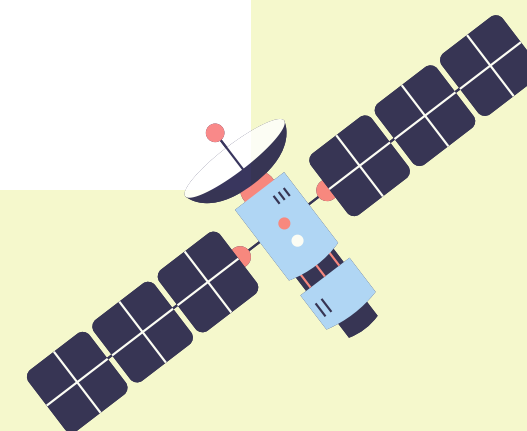
Xiaoyu Chen^{a,b}, Gerhard Reinelt^b, Guangming Dai^{a,*}, Andreas Spitz^b

Fig. 1. Resource observation.

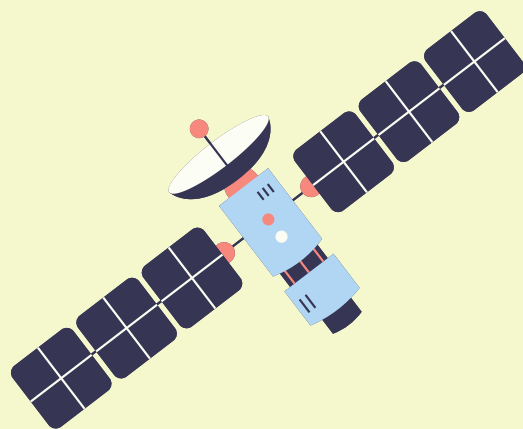


Μοντελοποίηση

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$Z = \max \sum \frac{p_i * \frac{e_i}{90}}{(d_i + 0.1)} * \left(\frac{1}{1 + 0.1 * c d_i} \right) * x_i$$

- p_i : προτεραιότητα στόχου
- e_i : γωνία ανύψωσης
- v_i : όγκος δεδομένων
- c_i : βαθμός σύγκρουσης
- $x_i \in \{0,1\}$: δυαδική απόφαση για την επιλογή της παρατήρησης



Μοντελοποίηση

Περιορισμοί

Σύγκρουση χρόνου:

$$x_i + x_j \leq 1 \quad \forall i < j$$

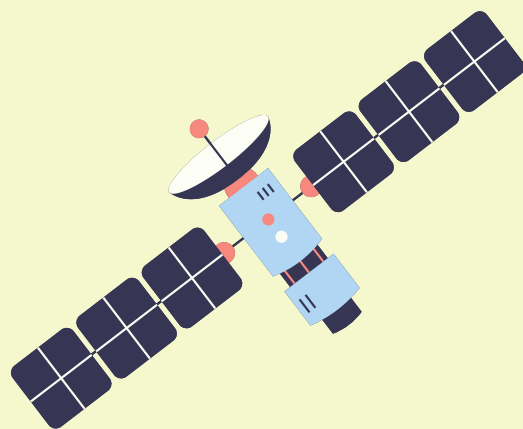
$$|\tau_j - \tau_i| \geq \text{timeGap}$$

Όχι ταυτόχρονες παρατηρήσεις στον ίδιο δορυφόρο
και χρειάζεται επαρκές χρονικό κενό

Χωρητικότητα μνήμης:

$$\sum_{i \in O} d_i * x_i \leq M$$

Άθροισμα δεδομένων \leq χώρος μνήμης



Μοντελοποίηση

Περιορισμοί

Κατανάλωση ισχύος ανά παράθυρο:

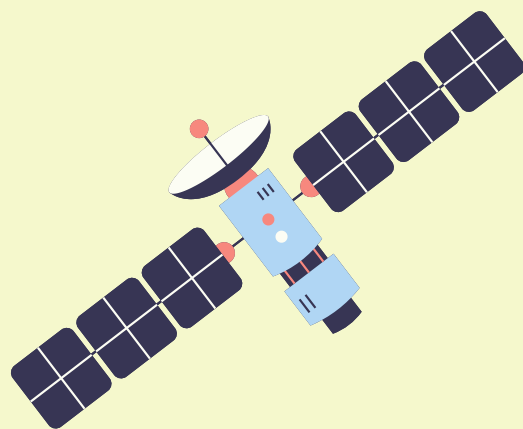
$$\sum_{i \in O_w} p_i * x_i \leq P$$

Ανά χρονικό παράθυρο, 4 ωρών,
Κατανάλωση από σύνολο παρατηρήσεων

Περιορισμοί Κάλυψης Στόχων:

$$\sum_{i \in S_t} x_i \leq 1$$

το πολύ μία παρατήρηση ανά στόχο



Σενάρια

```
=== Enhanced Satellite Observation Scheduling using MILP ===
```

```
Features: Setup Time Constraints + Conflict Degree Weighting
```

```
Chose mode:
```

1. Run example scenario
2. Run scenarios from JSON file PREMADE
3. Generate custom scenario

```
3
```

```
Enter scenario name (e.g., 'custom_scenario') or leave empty for default: test1
```

```
Enter number of satellites (e.g., 3): 7
```

```
Enter number of targets (e.g., 5): 35
```

```
Enter scheduling time horizon in hours (default 24): 48
```

```
Created scenario with 7 satellites and 35 targets
```

```
Sat-1: Setup time = 1.8 minutes
```

```
Sat-2: Setup time = 3.0 minutes
```

```
Sat-3: Setup time = 2.3 minutes
```

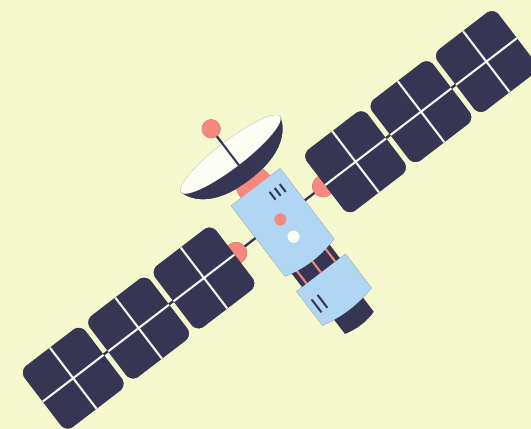
```
Sat-4: Setup time = 2.5 minutes
```

```
Sat-5: Setup time = 2.9 minutes
```

```
Sat-6: Setup time = 2.8 minutes
```

```
Sat-7: Setup time = 3.4 minutes
```

```
Use conflict degree weighting? (yes/no, default: yes): y
```



```
Generated 855 observation opportunities
Enhanced model built with 855 potential observations
Found 912 temporal conflicts (including setup time)
Conflict degree weighting: ENABLED
Solving enhanced MILP model...
Solution status: Optimal
Optimal objective value: 209.455
Selected 35 observations

[**TIMER**] MILP solve time: 0.58 seconds
Schedule validation: All setup time constraints satisfied ✓
```

=== Enhanced Solution Analysis ===

Total observations scheduled: 35

Total data volume: 0.09 GB

Conflict Degree Statistics:

Average conflict degree: 0.77

Max conflict degree: 2

Min conflict degree: 0

Enhanced Satellite Statistics:

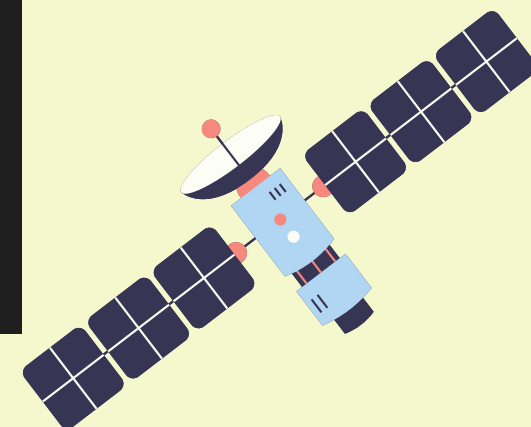
Sat-1:

Observations: 4

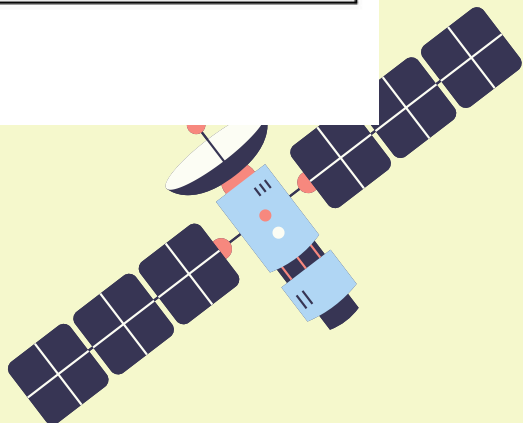
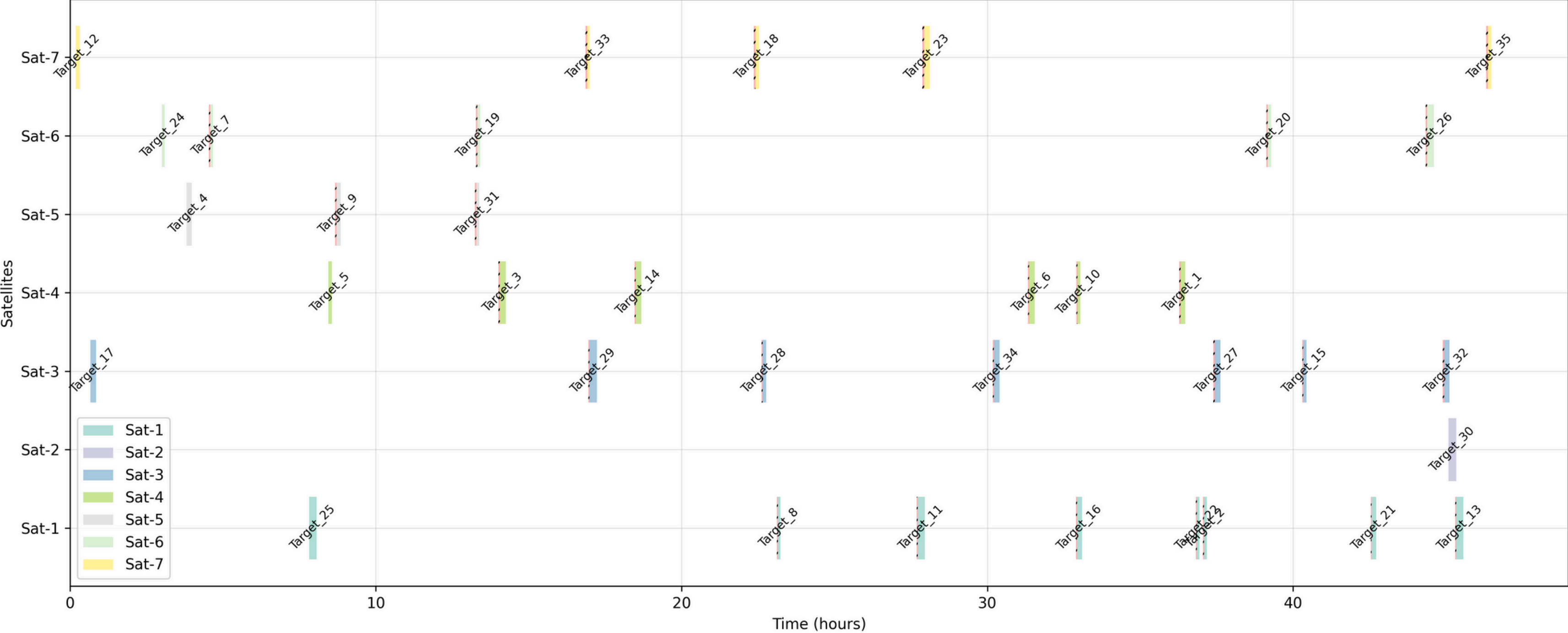
Data volume: 0.01 GB

Target Coverage:

```
✓ Target_1 (Priority: 0.6)
✓ Target_2 (Priority: 0.6)
✓ Target_3 (Priority: 0.8)
✓ Target_4 (Priority: 0.8)
✓ Target_5 (Priority: 0.8)
✓ Target_6 (Priority: 0.9)
✓ Target_7 (Priority: 0.5)
✓ Target_8 (Priority: 0.5)
✓ Target_9 (Priority: 0.6)
✓ Target_10 (Priority: 0.7)
✓ Target_11 (Priority: 1.0)
✓ Target_12 (Priority: 0.6)
✓ Target_13 (Priority: 0.7)
✓ Target_14 (Priority: 0.8)
✓ Target_15 (Priority: 0.9)
✓ Target_16 (Priority: 0.7)
✓ Target_17 (Priority: 1.0)
✓ Target_18 (Priority: 0.8)
✓ Target_19 (Priority: 0.7)
✓ Target_20 (Priority: 0.8)
✓ Target_21 (Priority: 0.9)
✓ Target_22 (Priority: 1.0)
✓ Target_23 (Priority: 0.5)
✓ Target_24 (Priority: 0.9)
✓ Target_25 (Priority: 0.7)
✓ Target_26 (Priority: 1.0)
✓ Target_27 (Priority: 0.9)
```



Enhanced Satellite Observation Schedule (Red = Setup Time)



Ανάλυση Ευαισθησίας

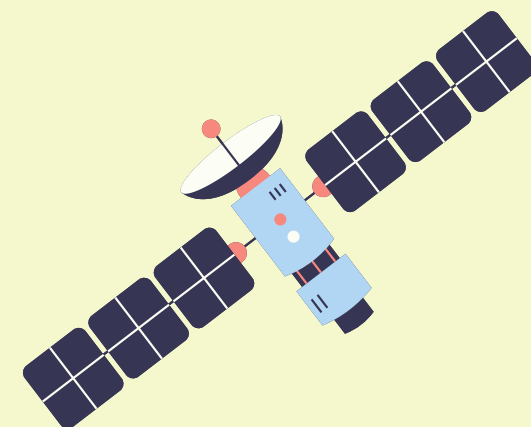
conflict degree penalty

Conflict Penalty	Δορυφόροι	Στόχοι	Επιλεγμένες Παρατηρήσεις	Χρονικός Ορίζοντας (ώρες)	Όγκος Δεδομένων (GB)	Χρόνος επίλυσης (s)
True	3	50	42	24	0.11	1.35
False	3	50	44	24	0.11	1.18
True	1	20	11	6	0.03	0.11
False	1	20	11	6	0.03	0.10
True	2	100	32	6	0.08	5.10
False	2	100	34	6	0.09	5.47
True	10	200	151	24	0.37	393.97
False	10	200	161	24	0.45	293.37

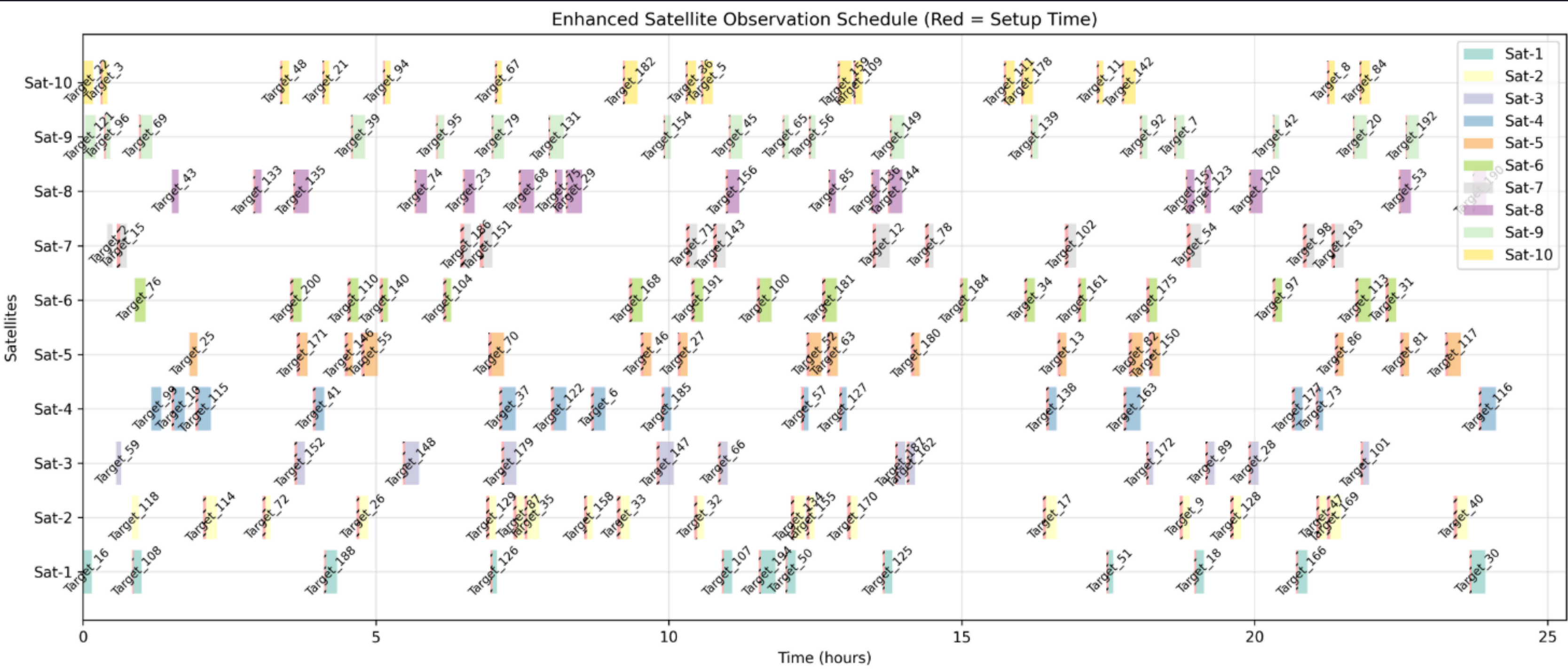
μεγαλύτερο αριθμό επιλεγμένων παρατηρήσεων

vs

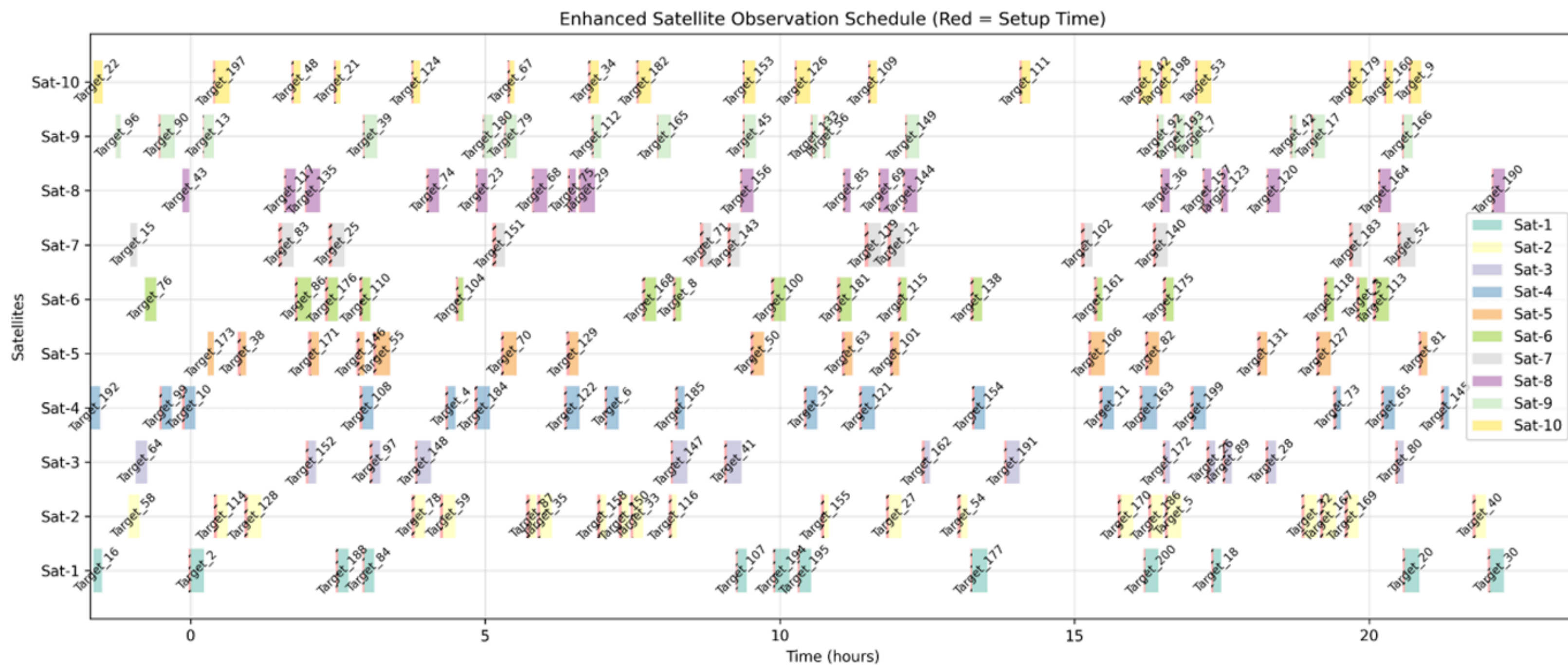
ισορροπημένα προγράμματα παρατήρηση

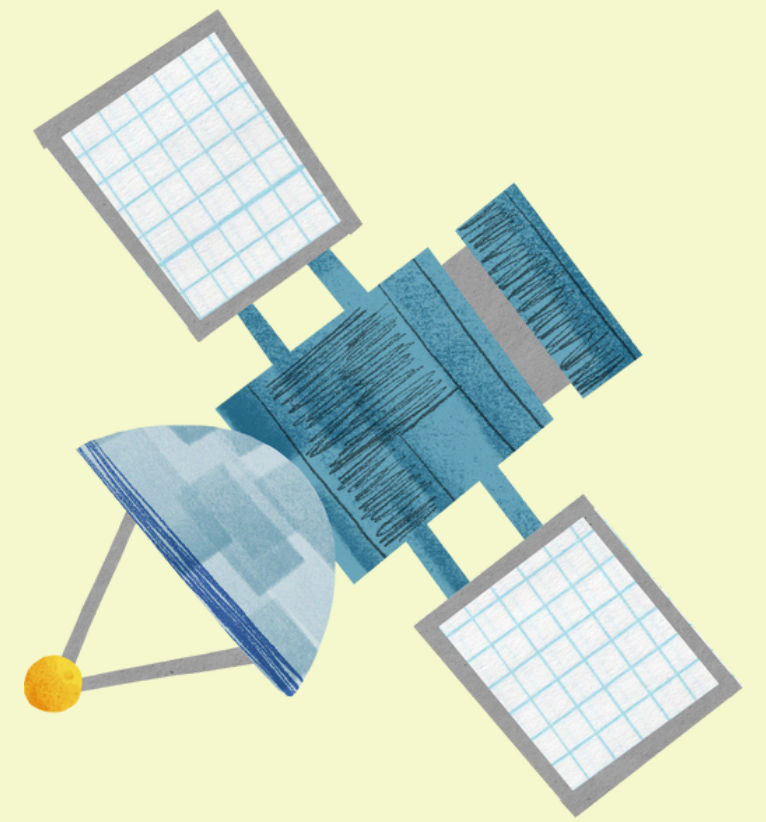


penalty-conflict: True



penalty-conflict:False





Ευχαριστώ για τον
χρόνο σας!