

# Giải bài toán PESP ứng dụng trong lập lịch tàu chạy bằng phương pháp SAT

---

Sinh viên

Phạm Văn Phúc

Giảng viên hướng dẫn

TS. Tô Văn Khánh

Lớp

K66-CC

Ngành

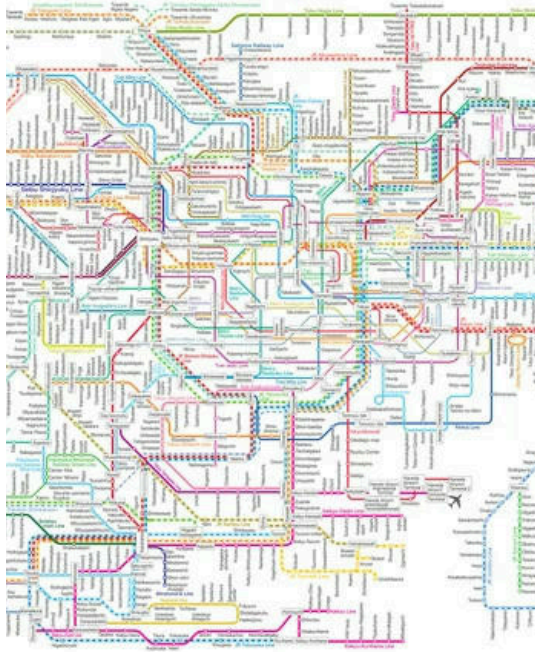
Công nghệ thông tin

12 - 2024

# Nội dung chính

1. Giới thiệu & Đặt vấn đề
2. Giải pháp cải tiến
3. Thực nghiệm & Đánh giá
4. Kết luận

# 1.1 Bài toán lập lịch tàu điện



1: Nhật



2: Đức



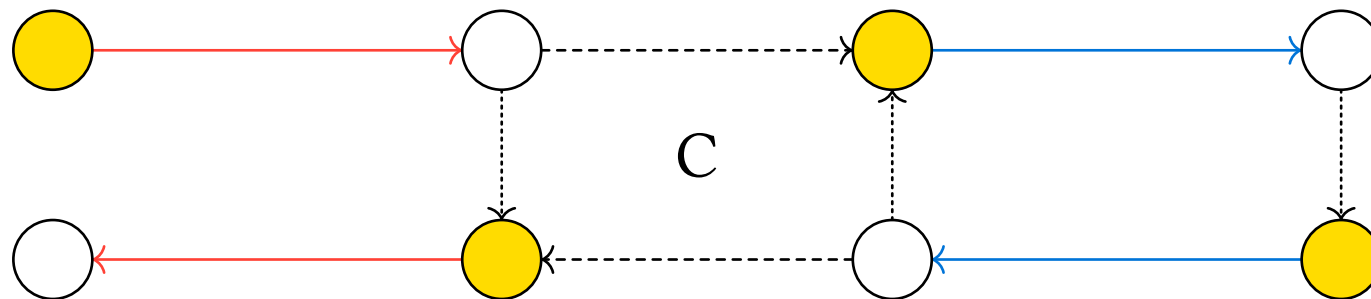
3: Việt Nam

# 1.1 Bài toán lập lịch tàu điện



Hai tàu A và B đều đi qua trạm C

# 1.1 Bài toán lập lịch tàu điện



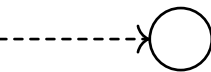
Cấp bến



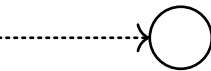
Rời ga



Tàu chạy



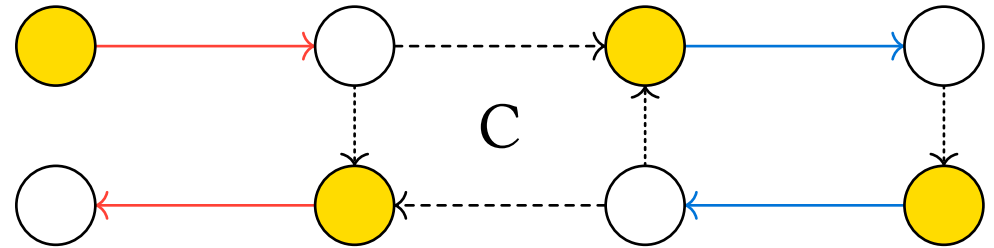
Đổi chuyển



Khứ hồi

# 1.1 Bài toán lập lịch tàu điện

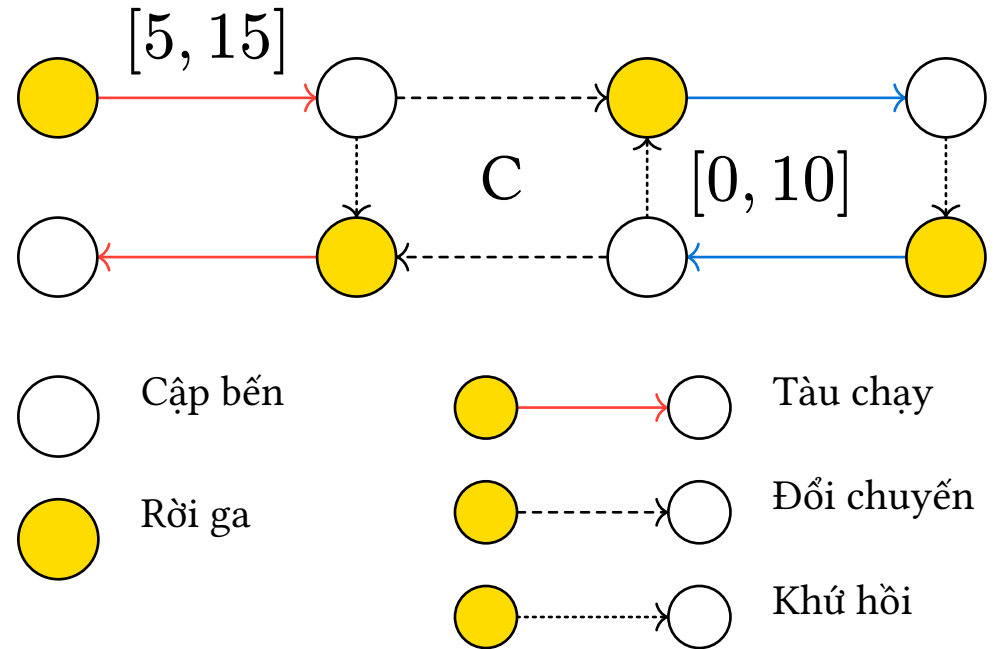
- Tính kết nối
- Thời gian bảo dưỡng cuối trạm
- Thời gian giãn cách tối thiểu
- Thời gian hồi phục



## 2.1 Mô hình PESP

PESP<sup>1</sup> được giới thiệu bởi Serafini và Ukovich, nhằm giải quyết bài toán lập lịch tuần hoàn.

- $\pi_B - \pi_A \in [5, 15]_{60}$
- $\pi_C - \pi_A \in [0, 10]_{60}$

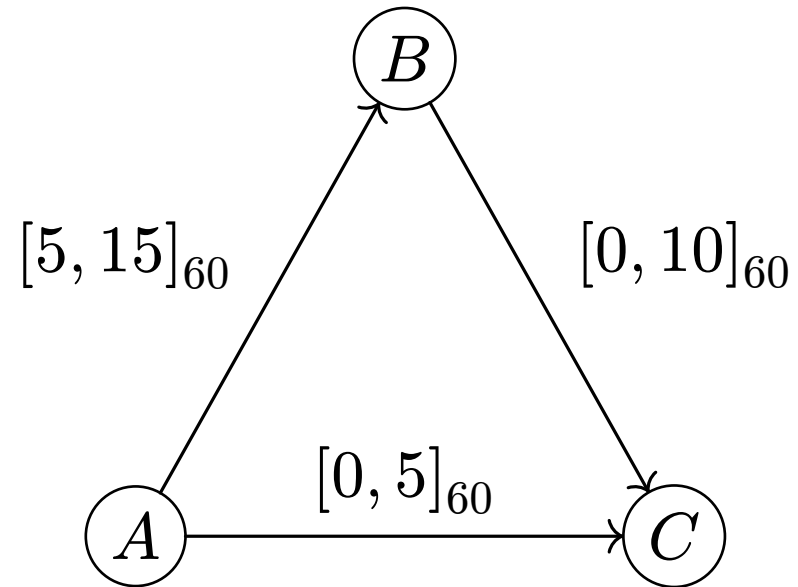


<sup>1</sup>Periodic Event Scheduling Problem

## 2.1 Mô hình PESP

PESP thuộc lớp bài toán *thỏa mãn ràng buộc*<sup>2</sup>.

Được chứng minh là bài toán *NP-hard*<sup>3</sup>



---

<sup>2</sup>Constraint satisfaction problem

<sup>3</sup>M. A. Odijk, Construction of Periodic Timetables. Pt. 1. A Cutting Plane Algorithm. TU Delft, 1994



## 2.2 Giải pháp hiện tại

Tất cả phương pháp giải *thỏa mãn ràng buộc* đều có thể giải bài toán PESP.

- Thuật toán quay lui
- Local Search
- Quy hoạch số nguyên (Mixed Integer Programming)

## 2.3 Hạn chế

Độ phức tạp thời gian cao, không thể giải những bài toán đủ khó đáp ứng nhu cầu thực tế.

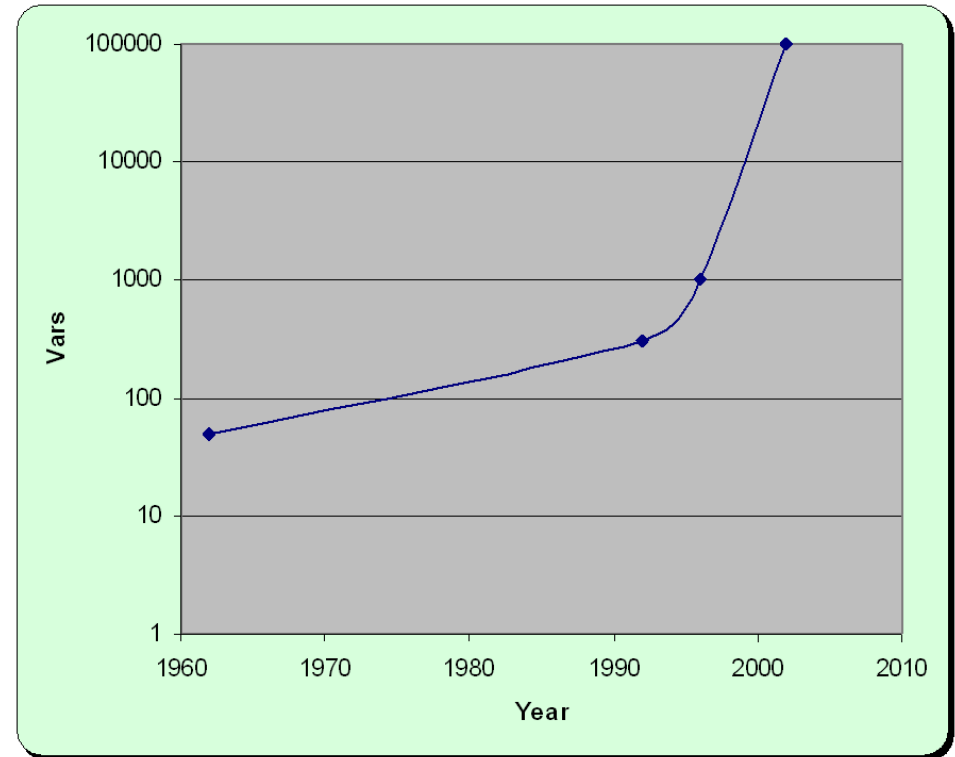
| Số ràng buộc | Thời gian giải (s) |
|--------------|--------------------|
| 100          | 50.54              |
| 500          | 219.72             |
| 1000         | 2453.61            |
| 2000         | >86,400 (24h)      |
| 4000         | >86,400 (24h)      |
| 10,000       | >86,400 (24h)      |

Bảng 1: Thời gian giải PESP sử dụng CBC solver

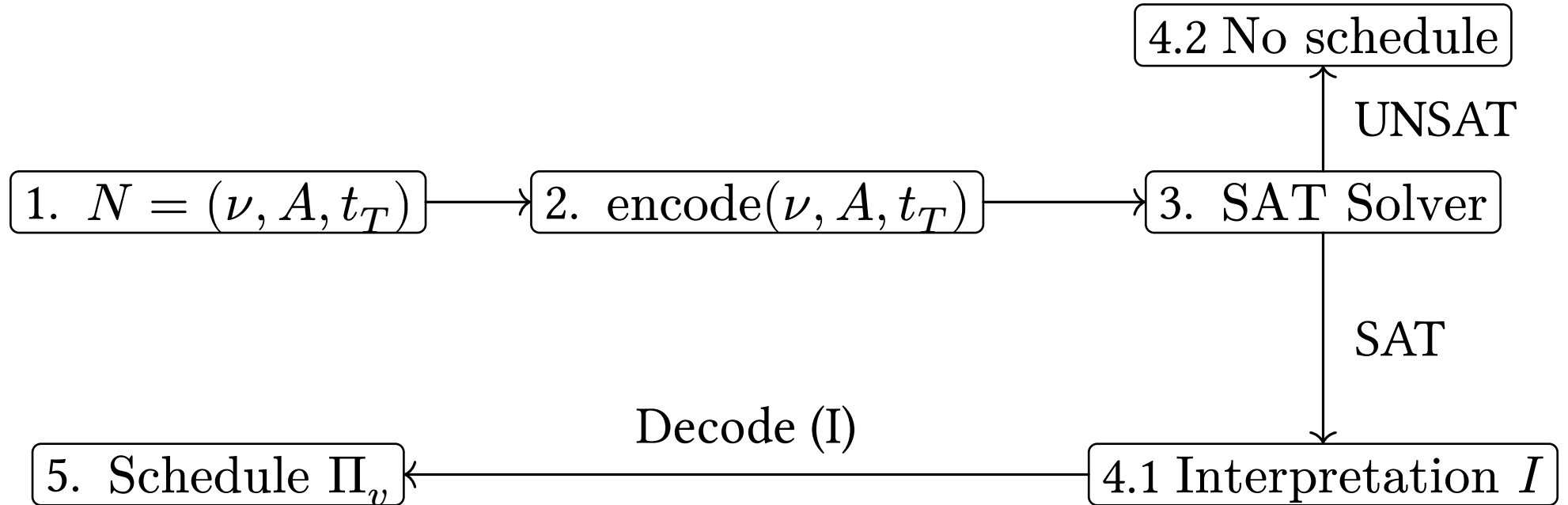
## 2.1 Tiến bộ của SAT Solver

SAT Solver hiện tại đã giải được bài toán hàng triệu mệnh đề.

- Social Golfer Problem
- Nurse Scheduling Problem
- Course Scheduling Problem



## 2.2 Phương pháp giải bài toán PESP sử dụng SAT Solver



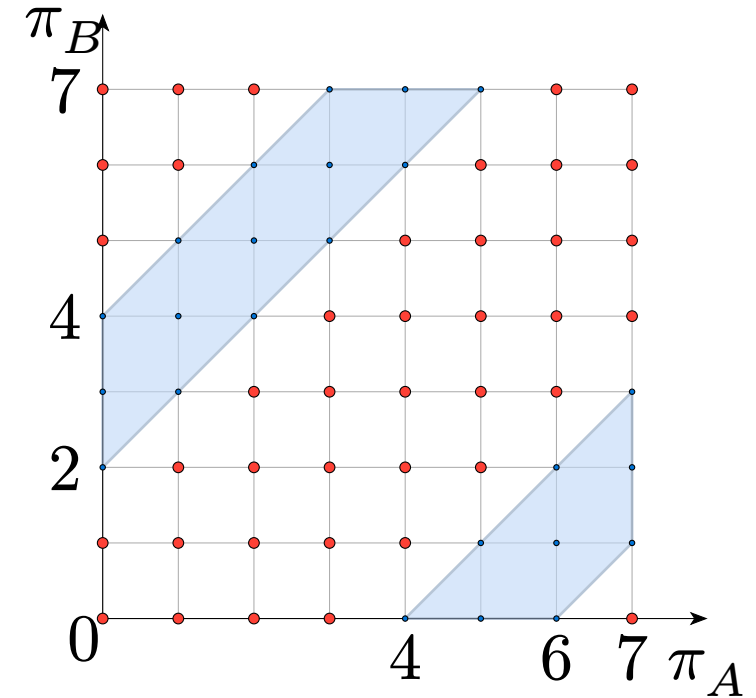
## 2.3 Giải bài toán PESP sử dụng SAT Solver

### Mã hóa trực tiếp

Sinh ra mệnh đề loại tất cả điểm không thỏa mãn.

$$a = (A, B, [2, 4]_8)$$

→ Cần chiến lược tốt hơn để loại vùng không thỏa mãn



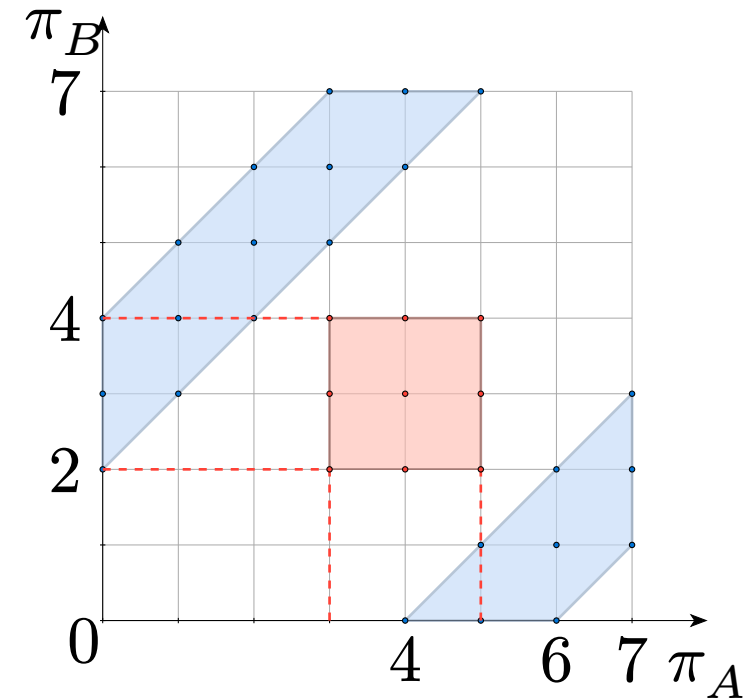
## 2.4 Giải bài toán PESP sử dụng SAT Solver

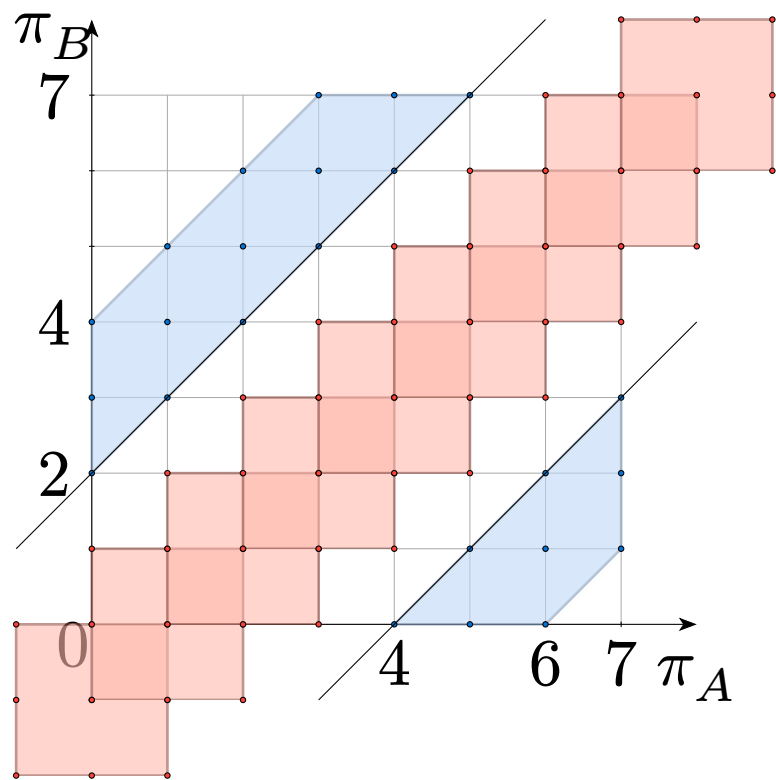
### Mã hóa thú tự

Sinh ra mệnh đề loại tất cả các hình chữ nhật.

$$a = (A, B, [2, 4]_8)$$

→ Hình chữ nhật để mô tả trong không gian logic





## 3.1 Dữ liệu thực nghiệm

PESPLib<sup>4</sup>:

- 22 file dữ liệu được chuẩn hóa từ 4000-12,000 ràng buộc
- Được sử dụng trong nhiều nghiên cứu<sup>56</sup>

---

<sup>4</sup><https://timpasslib.aalto.fi/>

<sup>5</sup>M. Goerigk and A. Schöbel, “An empirical analysis of robustness concepts for timetabling,” *Erlebach*, vol. 14, pp. 100–113, 2010

<sup>6</sup>J.-W. Goossens, “Models and algorithms for railway line planning problems,” p. , 2004.



## 3.2 Kết quả thực nghiệm

| Instance | Constraints | Direct (ms) | Order (ms) |
|----------|-------------|-------------|------------|
| R1L1     | 6,385       | 3,266       | 280        |
| R1L1v    | 6,495       | 3,055       | 393        |
| R1L2     | 6,543       | 3,101       | 291        |
| R1L3     | 7,031       | 3,287       | 331        |
| R2L1     | 7,361       | 3,442       | 387        |
| BL2      | 7,485       | 2,683       | 317        |
| R2L2     | 7,563       | 3,815       | 383        |
| BL1      | 7,985       | 2,663       | 327        |
| R2L3     | 8,286       | 3,903       | 633        |
| R1L4     | 8,528       | 3,813       | 446        |
| R3L1     | 9,145       | 3,853       | 475        |

### 3.3 Kết quả thực nghiệm

| Instance | Constraints | Direct (ms) | Order (ms) |
|----------|-------------|-------------|------------|
| R3L2     | 9,251       | 3,809       | 452        |
| BL3      | 9,308       | 3,083       | 395        |
| R4L1     | 10,262      | 4,374       | 598        |
| R4L2     | 10,735      | 4,448       | 494        |
| R3L3     | 11,169      | 4,710       | 506        |
| R2L4     | 13,173      | 7,447       | 561        |
| R4L3     | 13,238      | 6,711       | 629        |
| BL4      | 13,499      | 23,416      | 437        |
| R3L4     | 15,657      | 7,485       | 702        |
| R4L4     | 17,754      | 7,387       | 638        |
| R4L4v    | 18,020      | 8,286       | 681        |

# Kết luận

- Cùng với sự tiến bộ của SAT Solver, ta có thể giải các bài toán PESP phức tạp trong một khoảng thời gian hợp lý
- Phương pháp vẫn tiếp được cải tiến bởi nhiều nghiên cứu<sup>78</sup>.

---

<sup>7</sup>Borndörfer, Ralf, Niels Lindner, and Sarah Roth. “A concurrent approach to the periodic event scheduling problem.” - 2020

<sup>8</sup>B Masing, N Lindner, C Liebchen 23rd symposium on algorithmic approaches for transportation modelling - 2023

Trân trọng cảm ơn thầy cô đã lắng nghe

```
↪ go test -cover ./...
```

```
github.com/ppvan/pesp-sat/cmd/pep
```

```
coverage: 0.0% of statements
```

```
ok github.com/ppvan/pesp-sat/internal/encoding
```

```
(cached)
```

```
coverage: 95.5% of statements
```

```
ok github.com/ppvan/pesp-sat/internal/models
```

```
(cached)
```

```
coverage: 96.3% of statements
```