

بسم الله الرحمن الرحيم

## برنامه ریزی حرکت قطارها

فصل ۱۰: برنامه ریزی تشکیل قطارها بر  
اساس بررسی حالت‌های ممکنه

مدرس: دکتر مسعود یقینی

پائیز ۱۳۸۹

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

- روش محاسبه هزینه ها:

$$\sum_{i \in I} [(k_i \cdot c \cdot m) \cdot w] + [(N_i \cdot t_i) \cdot w] + (N_i \cdot s_i)$$

- $i$ : اندیس ایستگاهها
- $I$ : مجموعه ایستگاهها
- $k_i$ : تعداد قطارهای مستقیم که در ایستگاه  $i$  ام تشکیل می شود.
- $c$ : ضریب تأخیر تجمع
- $m$ : تعداد واگنهای یک قطار
- $w$ : هزینه هر واگن ساعت
- $N_i$ : تعداد واگنهای بلاکهایی که در ایستگاههای بین راهی  $i$  ام روی آنها عملیات مانور انجام می شود.
- $t_i$ : زمان مورد نیاز در ایستگاه بین راهی  $i$  ام برای عملیات مانور برای جابجایی یک بلاک از یک قطار به قطار دیگر.
- $s_i$ : هزینه عملیات مانور برای جابجایی یک بلاک از یک قطار به قطار دیگر در ایستگاه بین راهی  $i$  ام

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

**مثال:** برای شبکه فرضی زیر بلاکها و سایر پارامترهای موجود بشرح زیر است:

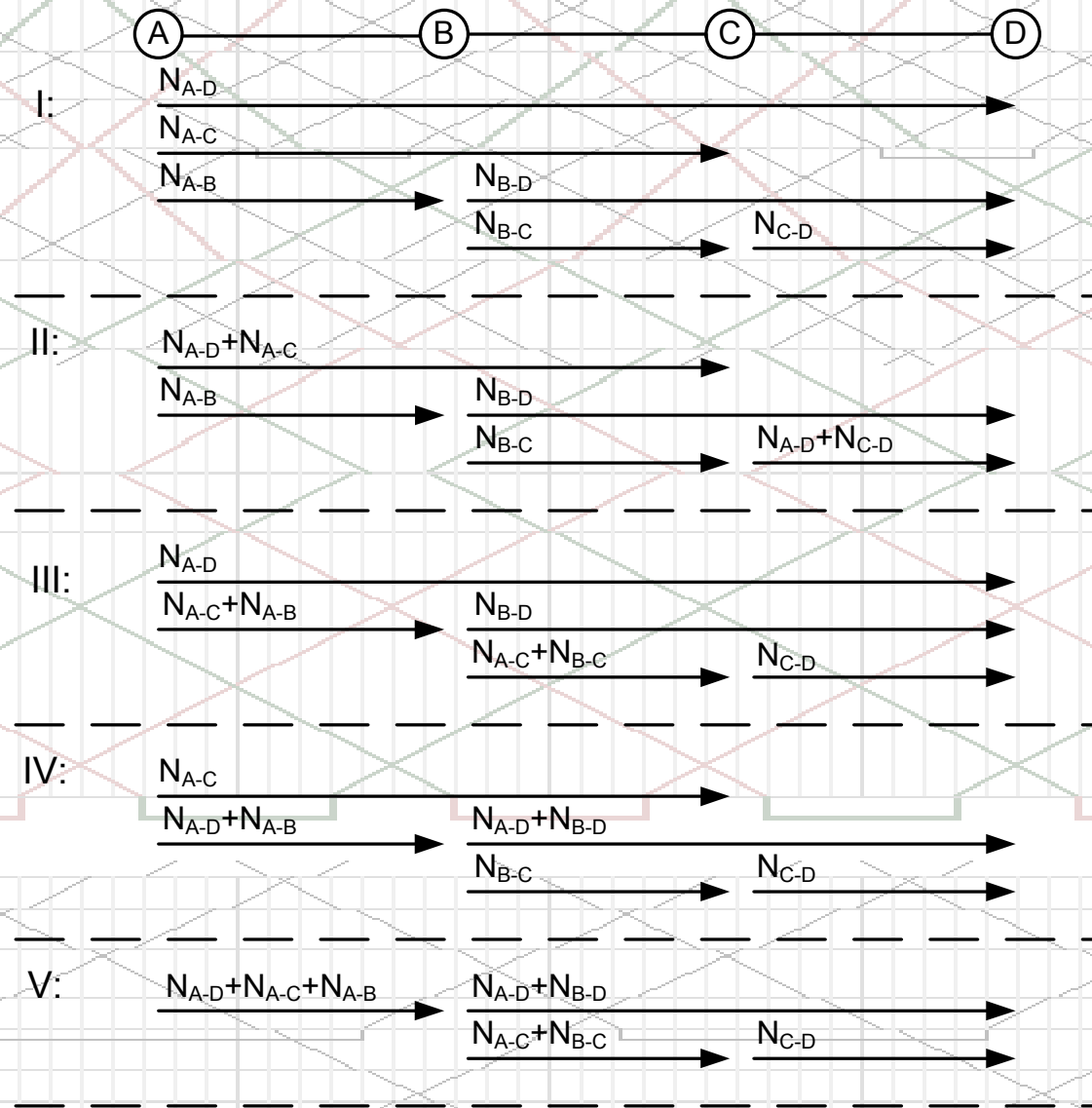


|   | A | B  | C  | D   |
|---|---|----|----|-----|
| A |   | 90 | 60 | 100 |
| B |   |    | 80 | 120 |
| C |   |    |    | 100 |
| D |   |    |    |     |

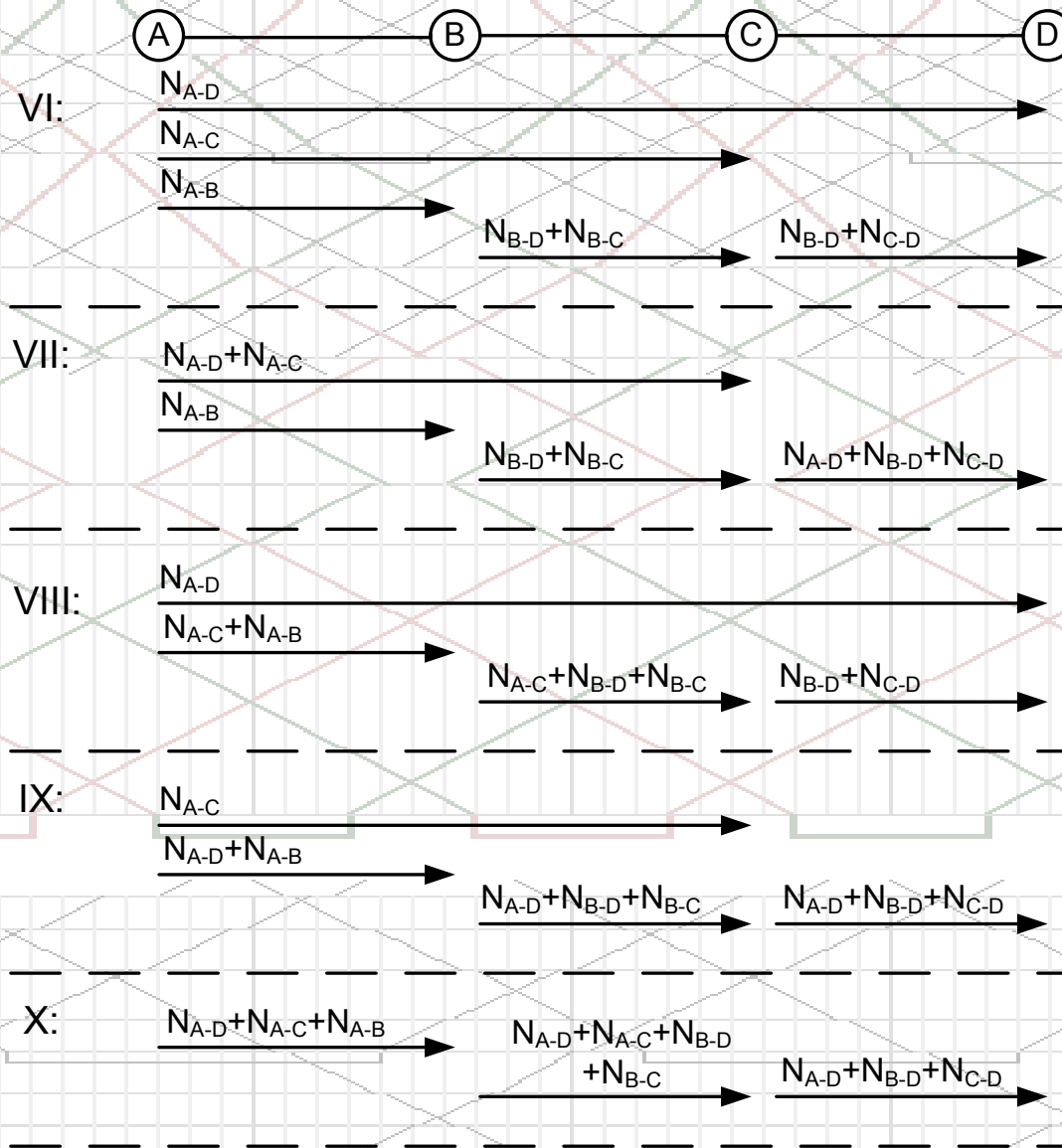
## برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

- تعداد واگنهای هر قطار ۵۰
- ضریب تأخیر برای ایستگاه A و B برای قطارها به سایر ایستگاهها ۱۲ ساعت در نظر گرفته شود.
- متوسط زمان توقف برای عملیات مانور برای انتقال یک بلاک از یک قطار به قطار بعدی در ایستگاه B و C، ۳ ساعت است.
- ارزش هر واگن ساعت برای راه آهن ۲ واحد پولی است.
- هزینه عملیات مانور برای هر واگن در ایستگاه B و C، ۳ واحد پولی محاسبه شود.
- برنامه بهینه تشکیل قطارها را تعیین کنید.

# برنامه ریزی قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



# برنامه ریزی قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



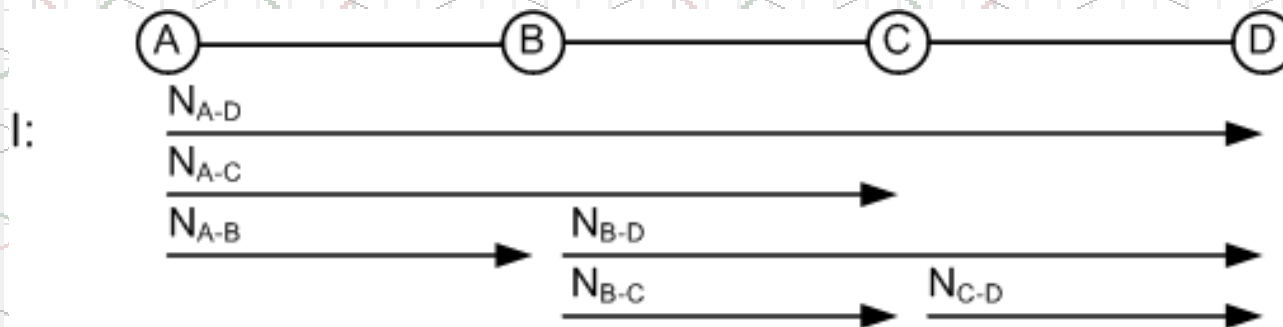
# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



| از مبدأ A                     | از مبدأ B           | از مبدأ C |
|-------------------------------|---------------------|-----------|
| $N_{A-D}, N_{A-C}, N_{A-B}$   | $N_{B-D}, N_{B-C}$  | $N_{C-D}$ |
| $N_{A-D} + N_{A-C}, N_{A-B}$  | $N_{B-D} + N_{B-C}$ |           |
| $N_{A-C} + N_{A-B}, N_{A-D}$  |                     |           |
| $N_{A-D} + N_{A-B}, N_{A-C}$  |                     |           |
| $N_{A-D} + N_{A-C} + N_{A-B}$ |                     |           |

$$5 \times 2 \times 1 = 10$$

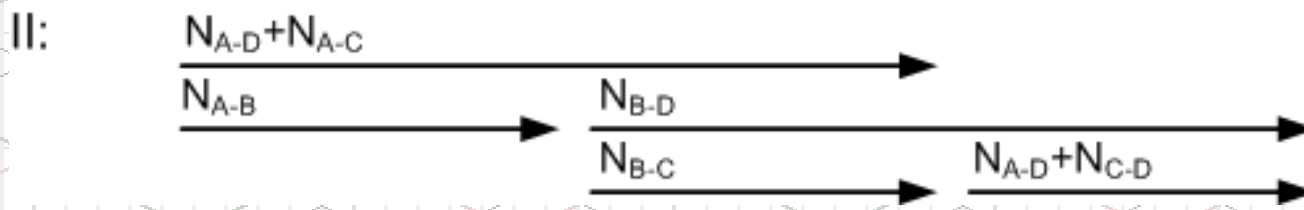
# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



| هزینه ها | جمع  | C   | B    | A    | ایستگاه                                       |
|----------|------|-----|------|------|---|
| --       | ۶    | ۱   | ۲    | ۳    | تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود |
| ۷۲۰۰     | ۳۶۰۰ | ۶۰۰ | ۱۲۰۰ | ۱۸۰۰ | تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)    |
| ۰        | ۰    | ۰   | ۰    | --   | تعداد واگن برای عملیات مانور                  |
| ۰        | ۰    | ۰   | ۰    | --   | تاخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)    |
| ۷۲۰۰     |      |     |      |      | جمع هزینه ها                                  |

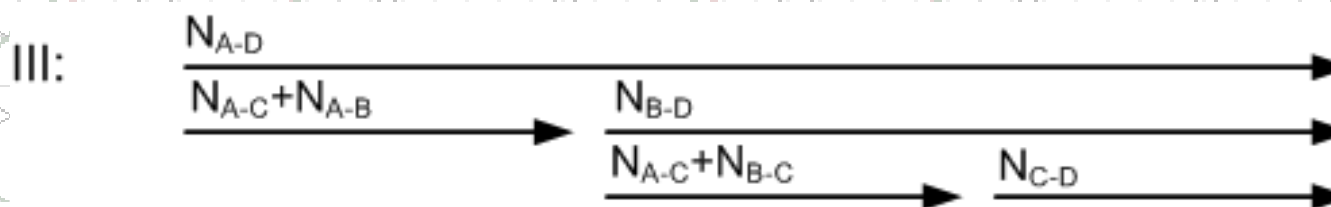


# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



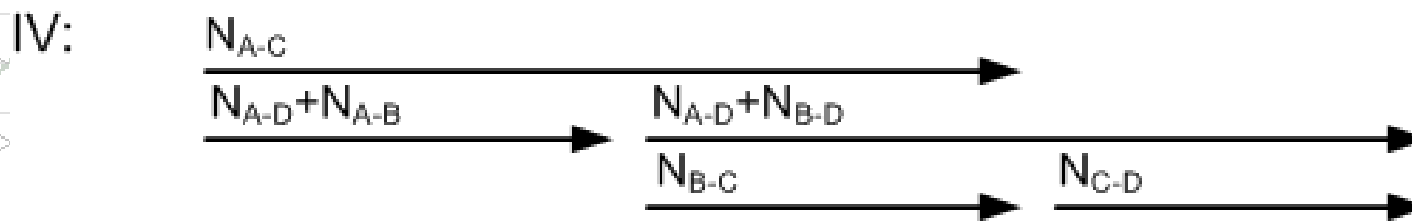
| ایستگاه                                       | A    | B    | C   | جمع  | هزینه ها |
|---|------|------|-----|------|----------|
| تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود | ۲    | ۲    | ۱   | ۵    | --       |
| تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)    | ۱۲۰۰ | ۱۲۰۰ | ۶۰۰ | ۳۰۰۰ | ۶۰۰۰     |
| تعداد واگن برای عملیات مانور                  | --   | ۰    | ۱۰۰ | ۱۰۰  | ۳۰۰      |
| تأخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)    | --   | ۰    | ۳۰۰ | ۳۰۰  | ۶۰۰      |
| جمع هزینه ها                                  |      |      |     |      | ۶۹۰۰     |

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



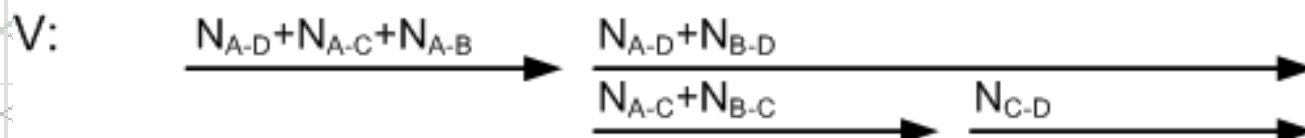
| هزینه ها | جمع  | C   | B    | A    | ایستگاه                                       |
|----------|------|-----|------|------|---|
| --       | ۵    | ۱   | ۲    | ۲    | تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود |
| ۶۰۰۰     | ۳۰۰۰ | ۶۰۰ | ۱۲۰۰ | ۱۲۰۰ | تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)    |
| ۱۸۰      | ۶۰   | ۰   | ۶۰   | --   | تعداد واگن برای عملیات مانور                  |
| ۳۶۰      | ۱۸۰  | ۰   | ۱۸۰  | --   | تاخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)    |
| ۶۵۴۰     |      |     |      |      | جمع هزینه ها                                  |

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



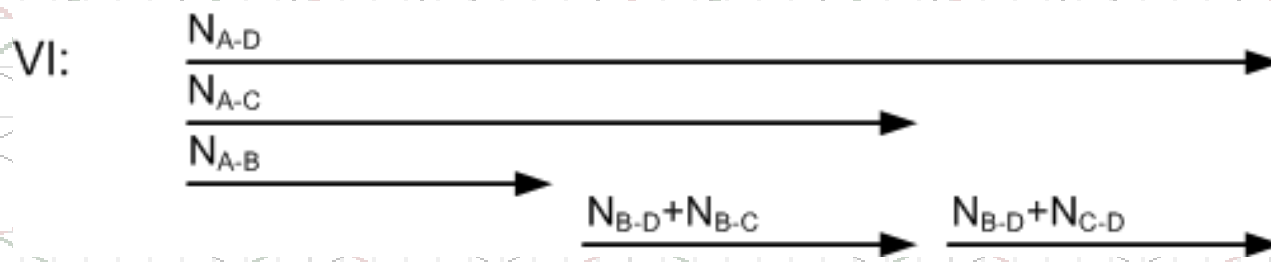
| هزینه ها | جمع  | C   | B    | A    | ایستگاه                                       |
|----------|------|-----|------|------|---|
| --       | ۵    | ۱   | ۲    | ۲    | تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود |
| ۶۰۰۰     | ۳۰۰۰ | ۶۰۰ | ۱۲۰۰ | ۱۲۰۰ | تاخیر واگن‌ها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)   |
| ۳۰۰      | ۱۰۰  | ۰   | ۱۰۰  | --   | تعداد واگن برای عملیات مانور                  |
| ۶۰۰      | ۳۰۰  | ۰   | ۳۰۰  | --   | تاخیر واگن‌ها برای عملیات مانور (واگن ساعت)   |
| ۶۹۰۰     |      |     |      |      | جمع هزینه ها                                  |

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



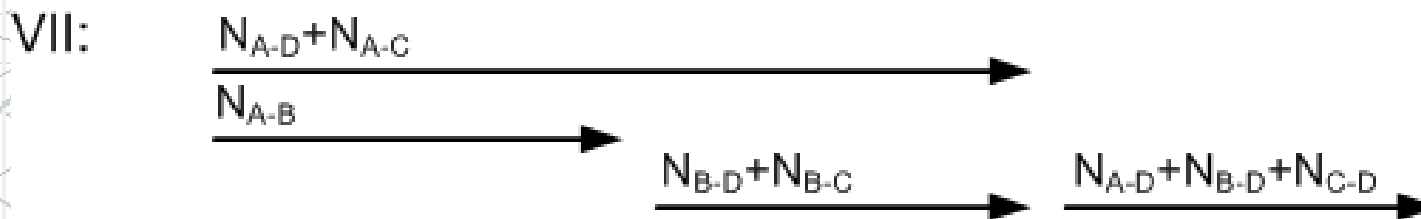
| هزینه ها | جمع  | C   | B    | A   | ایستگاه                                       |
|----------|------|-----|------|-----|---|
| --       | ۴    | ۱   | ۲    | ۱   | تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود |
| ۴۸۰۰     | ۲۴۰۰ | ۶۰۰ | ۱۲۰۰ | ۶۰۰ | تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)    |
| ۴۸۰      | ۱۶۰  | ۰   | ۱۶۰  | --  | تعداد واگن برای عملیات مانور                  |
| ۹۶۰      | ۴۸۰  | ۰   | ۴۸۰  | --  | تاخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)    |
| ۶۲۴۰     |      |     |      |     | جمع هزینه ها                                  |

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



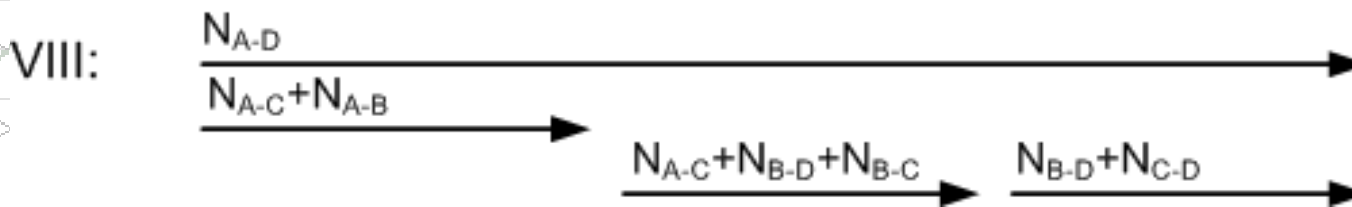
| هزینه ها | جمع  | C   | B   | A    | ایستگاه                                       |
|----------|------|-----|-----|------|---|
| --       | ۵    | ۱   | ۱   | ۳    | تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود |
| ۶۰۰۰     | ۳۰۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۱۸۰۰ | تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)    |
| ۳۶۰      | ۱۲۰  | ۱۲۰ | ۰   | --   | تعداد واگن برای عملیات مانور                  |
| ۷۲۰      | ۳۶۰  | ۳۶۰ | ۰   | --   | تاخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)    |
| ۷۰۸۰     |      |     |     |      | جمع هزینه ها                                  |

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



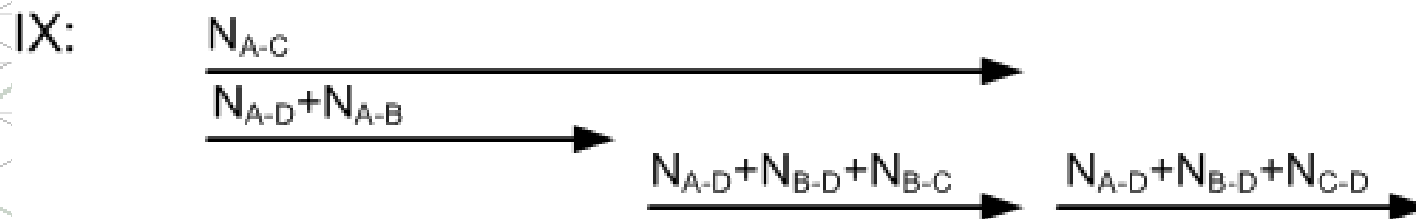
| هزینه ها | جمع  | C   | B   | A    | ایستگاه                                       |
|----------|------|-----|-----|------|---|
| --       | ۴    | ۱   | ۱   | ۲    | تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود |
| ۴۸۰۰     | ۲۴۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۱۲۰۰ | تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)    |
| ۶۶۰      | ۲۲۰  | ۲۲۰ | ۰   | --   | تعداد واگن برای عملیات مانور                  |
| ۱۳۲۰     | ۶۶۰  | ۶۶۰ | ۰   | --   | تاخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)    |
| ۶۷۸۰     |      |     |     |      | جمع هزینه ها                                  |

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



| هزینه ها | جمع  | C   | B   | A    | ایستگاه                                       |
|----------|------|-----|-----|------|---|
| --       | ۴    | ۱   | ۱   | ۲    | تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود |
| ۴۸۰۰     | ۲۴۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۱۲۰۰ | تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)    |
| ۵۴۰      | ۱۸۰  | ۱۲۰ | ۶۰  | --   | تعداد واگن برای عملیات مانور                  |
| ۱۰۸۰     | ۵۴۰  | ۳۶۰ | ۱۸۰ | --   | تاخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)    |
| ۶۴۲۰     |      |     |     |      | جمع هزینه ها                                  |

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



| هزینه ها | جمع  | C   | B   | A    | ایستگاه                                       |
|----------|------|-----|-----|------|---|
| --       | ۴    | ۱   | ۱   | ۲    | تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود |
| ۴۸۰۰     | ۲۴۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۱۲۰۰ | تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)    |
| ۹۶۰      | ۳۲۰  | ۲۲۰ | ۱۰۰ | --   | تعداد واگن برای عملیات مانور                  |
| ۱۹۲۰     | ۹۶۰  | ۶۶۰ | ۳۰۰ | --   | تاخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)    |
| ۷۶۸۰     |      |     |     |      | جمع هزینه ها                                  |



# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

$$X: \xrightarrow{N_{A-D}+N_{A-C}+N_{A-B}} N_{A-D}+N_{A-C}+N_{B-D} + N_{B-C} \xrightarrow{N_{A-D}+N_{B-D}+N_{C-D}}$$

| ایستگاه                                       | A   | B   | C   | جمع  | هزینه ها |
|---|-----|-----|-----|------|----------|
| تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود | ۱   | ۱   | ۱   | ۳    | --       |
| تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)    | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۱۸۰۰ | ۳۶۰۰     |
| تعداد واگن برای عملیات مانور                  | --  | ۱۶۰ | ۲۲۰ | ۳۸۰  | ۱۱۴۰     |
| تاخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)    | --  | ۴۸۰ | ۶۶۰ | ۱۱۴۰ | ۲۲۸۰     |
| جمع هزینه ها                                  |     |     |     |      | ۷۰۲۰     |

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

| برنامه ها | جمع هزینه ها |
|-----------|--------------|
| برنامه ۱  | ۷۲۰۰         |
| برنامه ۲  | ۶۹۰۰         |
| برنامه ۳  | ۶۵۴۰         |
| برنامه ۴  | ۶۹۰۰         |
| برنامه ۵  | ۶۲۴۰         |
| برنامه ۶  | ۷۰۸۰         |
| برنامه ۷  | ۶۷۸۰         |
| برنامه ۸  | ۶۴۲۰         |
| برنامه ۹  | ۷۶۸۰         |
| برنامه ۱۰ | ۷۰۲۰         |

## برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

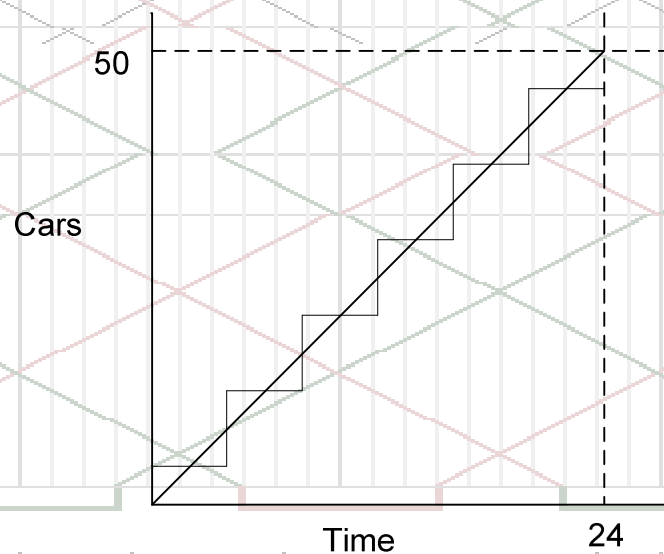
- سوال: همانطور که ملاحظه می شود اگر ما بخواهیم برای یک مسیر مستقیم قطار داشته باشیم (مثلاً برای مسیر A به C) مقدار  $c.m$  را به مجموع زمانهای تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها اضافه می کنیم، ولی اگر قطار مستقیم اعزام نشود و غیر مستقیم بخواهیم واگنهای آن مسیر را ارسال کنیم (یعنی از A به B و B به C) این زمان را اضافه نمی کنیم؟

- پاسخ: بعلت اینکه در هر حالت مجموع زمان تاخیرات واگنها (B) برای A-B و B-C تغییر نمی کند، و همانطور که قبلاً گفتیم B ارتباطی با تعداد واگن ندارد و هر قدر تعداد واگن کم یا زیاد شود تأثیری روی این زمان ندارد.

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

- مثلاً فرض کنیم که ۵۰ واگن از A-B اعزام می شود.

$$B = 24/2 * 50 = 12 * 50 = 600 \quad \text{Car/Hours}$$

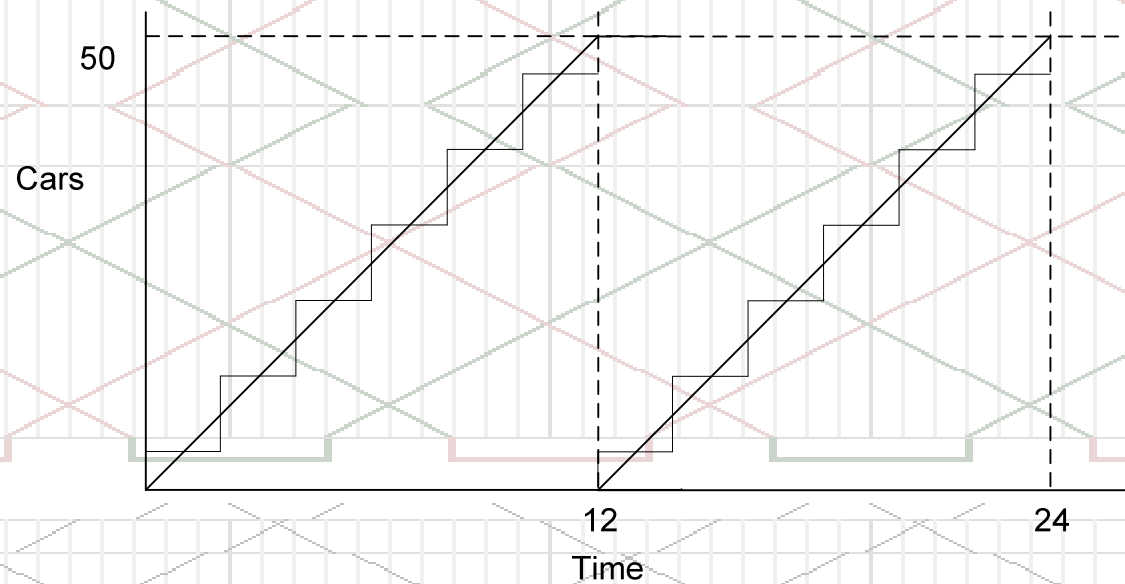


# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

- فرض کنیم ۵۰ به ۱۰۰ می‌رسد:

$$B = 12/2 * 50 + 12/2 * 50 = (6+6) * 50 = 12 * 50 = 600$$

Car/Hours



## برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

- سوال: چرا زمان و هزینه عملیات مانور را در مبداء و مقصد در نظر نمی‌گیریم؟

- پاسخ: بعلت اینکه مقادیر ثابتی هستند که تاثیری در جواب مساله ندارند.

- سوال: چرا زمانی که واگنهای  $A$  به  $C$  وارد ایستگاه  $B$  می‌شود ما فقط زمان عملیات مانور را در نظر می‌گیریم و زمان تاخیر برای تجمع برای رفتن از  $B$  به  $C$  را در نظر نمی‌گیریم؟

- پاسخ: بعلت اینکه این برای حرکت از  $B$  به  $C$  قبلاً یک  $c.m$  محاسبه کرده ایم و دوباره این مقدار نباید حساب کنیم.

- سوال: در صورتیکه در شبکه ساده خطی ۹ ایستگاه داشته باشیم چند حالت ممکنه برای تشکیل قطارها خواهیم داشت؟

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

• جدول حالت ممکنه برای ۲ تا ۹ ایستگاه:

| تعداد ایستگاه | تعداد حالات مختلف   |
|---------------|---------------------|
| 2             | 1                   |
| 3             | 2                   |
| 4             | 10                  |
| 5             | 150                 |
| 6             | 7,800               |
| 7             | 1,583,400           |
| 8             | $1.39 \cdot 10^9$   |
| 9             | $5.7 \cdot 10^{12}$ |

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

- $q(n)$ : تعداد حالات مختلف
- $f(n)$ : تعداد اضافه شده به ازای یک ایستگاه اضافی
- $n$ : تعداد ایستگاه

$$q(n) = f(n) \cdot q(n-1)$$

$$f(n) = \sum_{i=0}^{n-2} C_{n-2}^i f[(n-1)-i] \quad \forall n \geq 3$$

$$f(2), f(1) = 1$$



# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

• برای ۳ ایستگاه:

$$n = 3$$

$$q(3) = f(3).q(3-1)$$

$$f(3) = \sum_{i=0}^{3-2} C_{3-2}^i f[(3-1)-i]$$

$$f(3) = \sum_{i=0}^1 C_1^i f(2-i) = C_1^0 f(2) + C_1^1 f(1) = 2$$

$$q(3) = q(2) \times f(3) = 1 \times 2 = 2$$

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

• برای ۴ ایستگاه:

$$n = 4$$

$$f(4) = \sum_{i=0}^2 C_2^i f(3-i)$$

$$= C_2^0 f(3) + C_2^1 f(2) + C_2^2 f(1) = 5$$

$$q(4) = q(3) \times f(4) = 2 \times 5 = 10$$

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

• برای ۵ ایستگاه:

$$n = 5$$

$$f(5) = \sum_{i=0}^3 C_3^i f(4-i)$$

$$= C_3^0 f(4) + C_3^1 f(3) + C_3^2 f(2) + C_3^3 f(1) = 15$$

$$q(5) = q(4) \times f(5) = 10 \times 15 = 150$$

# برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

• جدول حالت ممکنه برای ۲ تا ۹ ایستگاه:

| تعداد ایستگاه<br>$n$ | $f(n)$ | تعداد حالات مختلف<br>$q(n)$ |
|----------------------|--------|-----------------------------|
| 2                    | 1      | 1                           |
| 3                    | 2      | 2                           |
| 4                    | 5      | 10                          |
| 5                    | 15     | 150                         |
| 6                    | 52     | 7,800                       |
| 7                    | 203    | 1,583,400                   |
| 8                    | 877    | $1.39 \cdot 10^9$           |
| 9                    | 4,140  | $5.7 \cdot 10^{12}$         |

پایان