

بسم الله الرحمن الرحيم

برنامه ریزی حرکت قطارها

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

مدرس: دکتر مسعود یقینی

پائیز ۱۳۸۸

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

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

- روش محاسبه هزینه‌ها:

i: اندیس ایستگاهها

I: مجموعه ایستگاهها

k_i: تعداد قطارهای مستقیم که در ایستگاه i ام تشکیل می‌شود.

c: ضریب تأخیر تجمع

m: تعداد واگنهای یک قطار

w: هزینه هر واگن ساعت

N_i: تعداد واگنهای بلاکهایی بین راهی i ام روی آنها عملیات مانور انجام می‌شود.

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:

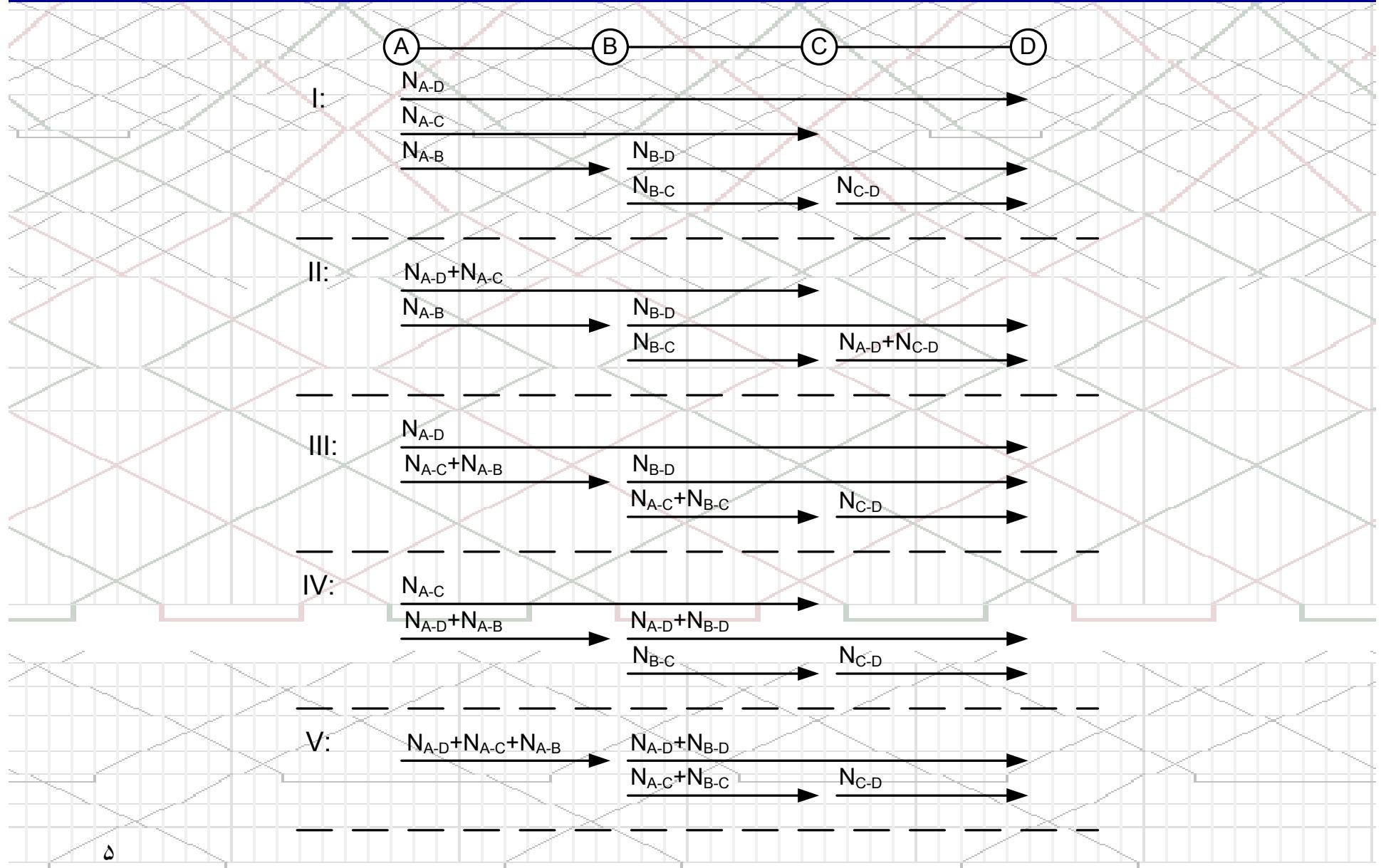


	A	B	C	D
A		90	60	100
B			80	120
C				100
D				

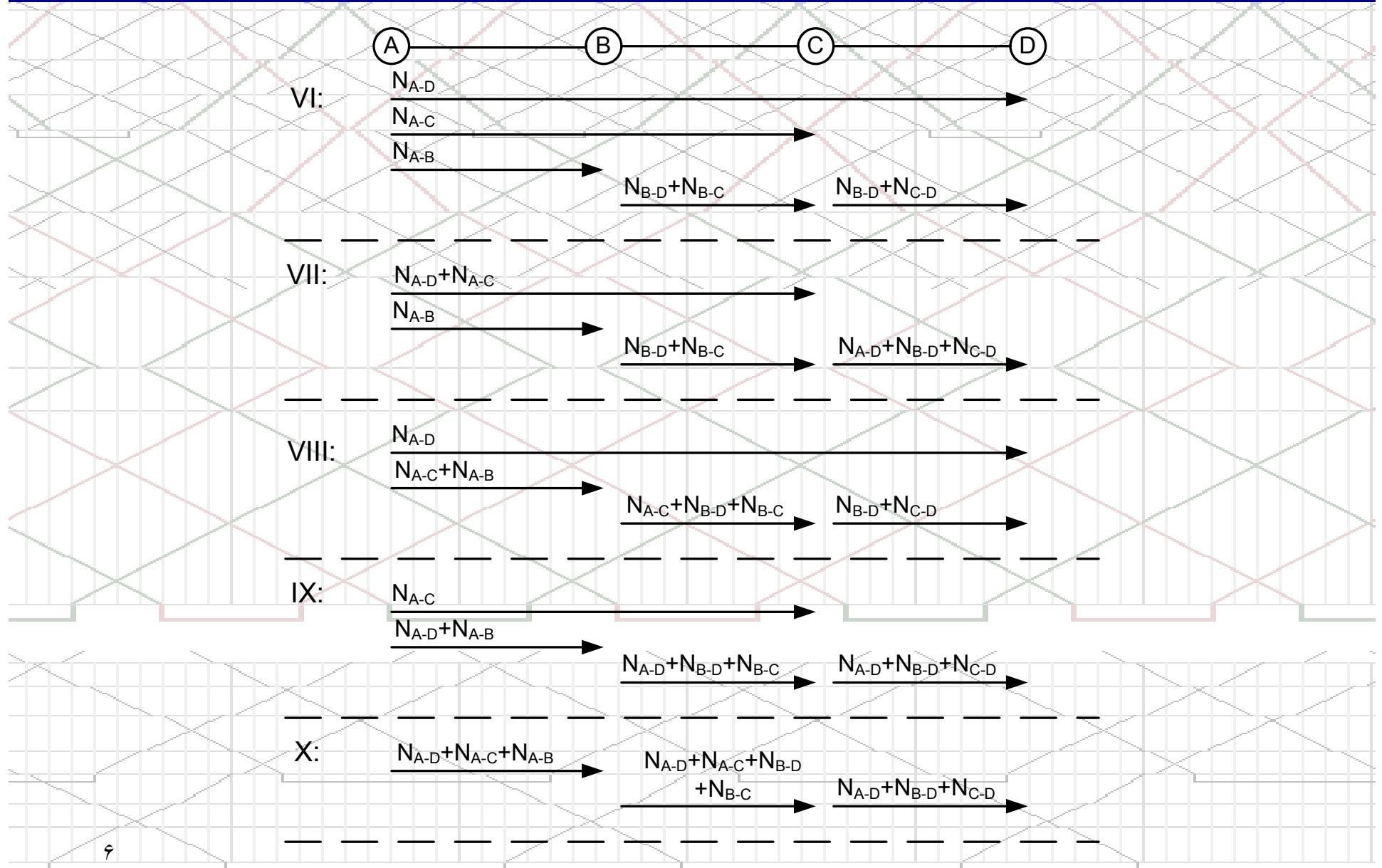
برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

- 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 بلک 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 تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه



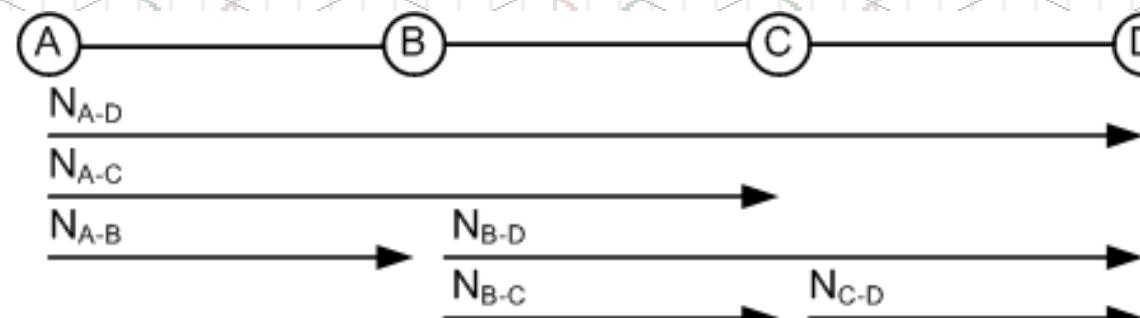
برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

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

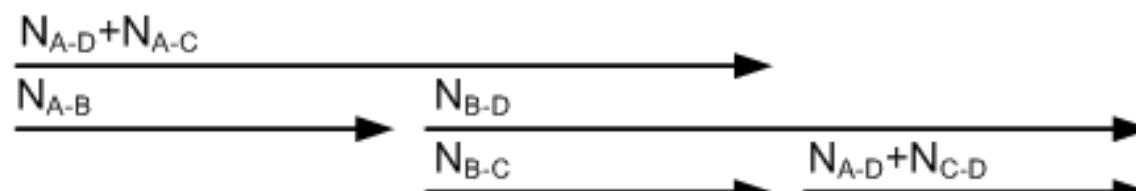
I:



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

II:



هزینه ها	جمع	C	B	A	ایستگاه
--	5	1	2	2	تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود
6000	3000	600	1200	1200	تأخير واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)
300	100	100	0	--	تعداد واگن برای عملیات مانور
600	300	300	0	--	تأخير واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)
6900					جمع هزینه ها

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

III:

$$\frac{N_{A-D}}{N_{A-C}+N_{A-B}} \rightarrow \frac{N_{B-D}}{N_{A-C}+N_{B-C}} \rightarrow \frac{N_{C-D}}{N_{C-B}}$$

هزینه ها	جمع	C	B	A	ایستگاه
--	5	1	2	2	تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود
۶۰۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	تأخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)
۱۸۰	۶۰	۰	۶۰	--	تعداد واگن برای عملیات مانور
۳۶۰	۱۸۰	۰	۱۸۰	--	تأخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)
۶۵۴۰					جمع هزینه ها

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

IV:

$$\frac{N_{A-C}}{N_{A-D} + N_{A-B}}$$

$$N_{A-D} + N_{B-D}$$

$$N_{B-C}$$

$$N_{C-D}$$

هزینه ها	جمع	C	B	A	ایستگاه
--	5	1	2	2	تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود
۶۰۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	تأخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)
۳۰۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	--	تعداد واگن برای عملیات مانور
۶۰۰	۳۰۰	۰	۳۰۰	--	تأخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)
۶۹۰۰					جمع هزینه ها

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

V:

$$\frac{N_{A-D} + N_{A-C} + N_{A-B}}{N_{A-C} + N_{B-C}}$$

$$\frac{N_{A-D} + N_{B-D}}{N_{A-C} + N_{B-C}}$$

$$N_{C-D}$$

هزینه ها	جمع	C	B	A	ایستگاه
--	٤	١	٢	١	تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود
٤٨٠٠	٢٤٠٠	٦٠٠	١٢٠٠	٦٠٠	تأخیر واگنهای برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)
٤٨٠	١٦٠	٠	١٦٠	--	تعداد واگن برای عملیات مانور
٩٦٠	٤٨٠	٠	٤٨٠	--	تأخیر واگنهای برای عملیات مانور (واگن ساعت)
٦٢٤٠					جمع هزینه ها

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

VI:

$$\frac{N_{A-D}}{N_{A-C}}$$

$$\frac{N_{A-B}}{N_{B-D}+N_{B-C}}$$

$$\frac{N_{B-D}+N_{C-D}}{N_{B-C}}$$

هزینه ها	جمع	C	B	A	ایستگاه
--	5	1	1	3	تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود
۶۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۱۸۰۰	تأخیر واگنها برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)
۳۶۰	۱۲۰	۱۲۰	۰	--	تعداد واگن برای عملیات مانور
۷۲۰	۳۶۰	۳۶۰	۰	--	تأخیر واگنها برای عملیات مانور (واگن ساعت)
۷۰۸۰					جمع هزینه ها

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

VII:

$$\frac{N_{A-D} + N_{A-C}}{N_{A-B}}$$

$$N_{B-D} + N_{B-C}$$

$$N_{A-D} + N_{B-D} + N_{C-D}$$

هزینه ها	جمع	C	B	A	ایستگاه
--	٤	١	١	٢	تعداد نوع قطاری که در هر ایستگاه تشکیل می شود
٤٨٠٠	٢٤٠٠	٦٠٠	٦٠٠	١٢٠٠	تأخیر واگنهای برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)
٦٦٠	٢٢٠	٢٢٠	٠	--	تعداد واگن برای عملیات مانور
١٣٢٠	٦٦٠	٦٦٠	٠	--	تأخیر واگنهای برای عملیات مانور (واگن ساعت)
٦٧٨٠					جمع هزینه ها

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

VIII:

$$\frac{N_{A-D}}{N_{A-C}+N_{A-B}}$$

$$N_{A-C}+N_{B-D}+N_{B-C}$$

$$N_{B-D}+N_{C-D}$$

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	تأخیر واگنهای برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)
۵۴۰	۱۸۰	۱۲۰	۶۰	--	تعداد واگن برای عملیات مانور
۱۰۸۰	۵۴۰	۳۶۰	۱۸۰	--	تأخیر واگنهای برای عملیات مانور (واگن ساعت)
۶۴۲۰					جمع هزینه ها

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

IX:

$$\frac{N_{A-C}}{N_{A-D}+N_{A-B}}$$

$$N_{A-D}+N_{B-D}+N_{B-C}$$

$$N_{A-D}+N_{B-D}+N_{C-D}$$

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	تأخیر واگنهای برای تشکیل قطارها (واگن ساعت)
۹۶	۳۲۰	۲۲۰	۱۰۰	--	تعداد واگن برای عملیات مانور
۱۹۲	۹۶۰	۶۶۰	۳۰۰	--	تأخیر واگنهای برای عملیات مانور (واگن ساعت)
۷۶۸۰					جمع هزینه ها

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

X:

$$N_{A-D} + N_{A-C} + N_{A-B}$$

$$N_{A-D} + N_{A-C} + N_{B-D} \\ + N_{B-C}$$

$$N_{A-D} + N_{B-D} + N_{C-D}$$

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

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

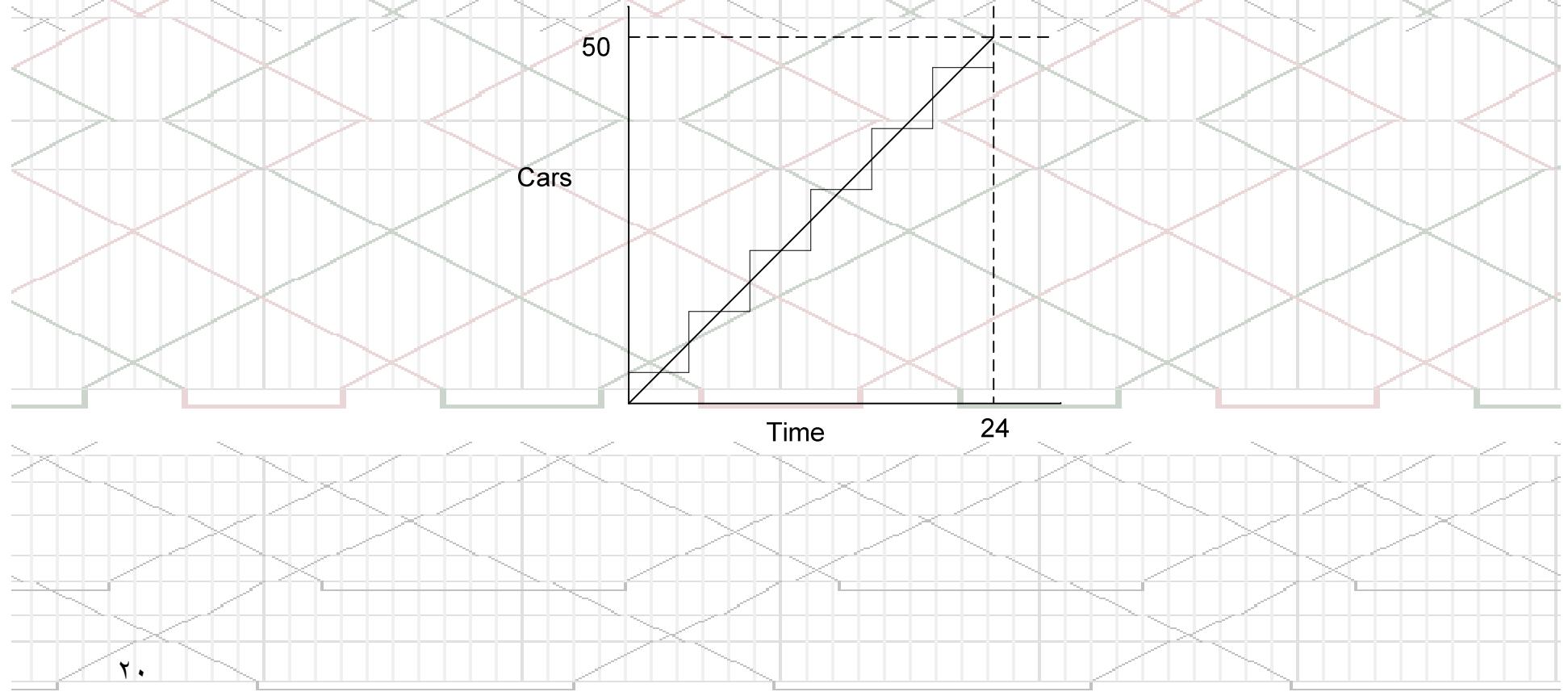
جمع هزینه ها	برنامه ها
۷۲۰۰	۱ برنامه
۶۹۰۰	۲ برنامه
۶۵۴۰	۳ برنامه
۶۹۰۰	۴ برنامه
۶۲۴۰	۵ برنامه
۷۰۸۰	۶ برنامه
۶۷۸۰	۷ برنامه
۶۴۲۰	۸ برنامه
۷۶۸۰	۹ برنامه
۷۰۲۰	۱۰ برنامه

برنامه ریزی تشکیل قطارها بر اساس تعیین حالت‌های ممکنه

- سوال: همانطور که ملاحظه می‌شود اگر ما بخواهیم برای یک مسیر مستقیم قطار داشته باشیم (مثلًاً برای مسیر A به C) مقدار $c.m$ را به مجموع زمان‌های تاخیر واگنها برای تشکیل قطارها اضافه می‌کنیم، 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 نمی‌کنیم؟
- پاسخ: بعلت اینکه در هر حالت مجموع زمان تاخیرات واگنها (B) برای $B-C$ و $A-B$ تغییر نمی‌کند، و همانطور که قبلاً گفتم 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 می‌شود.

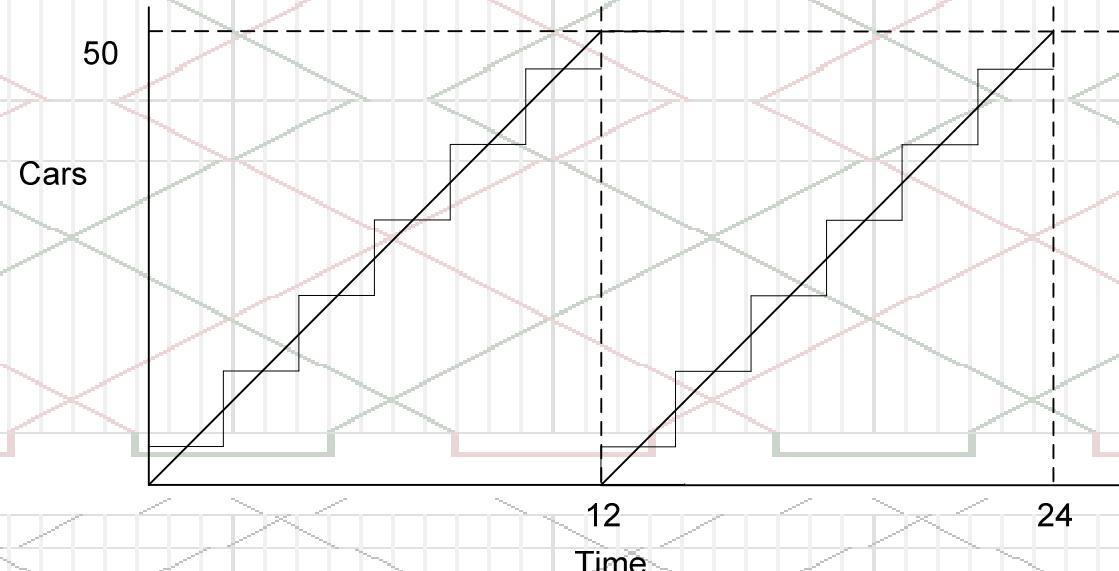
$$B = 24/2 * 50 = 12 * 50 = 600 \text{ Car/Hours}$$


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 قبل‌ایک 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	1.39×10^9
9	5.7×10^{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 n	$f(n)$	تعداد حالات مختلف $q(n)$
2	1	1
3	2	2
4	5	10
5	15	150
6	52	7,800
7	203	1,583,400
8	877	1.39×10^9
9	4,140	5.7×10^{12}

پایان