دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی حمل و نقل

حمل و نقل ریلی

ظرفیت (Capacity)

قسمت دوم

مدرس: محمد تمنایی

بهار ۱۳۹۴

$$C = \frac{1440 - W}{T + t} \times K$$

$$C = \frac{T - W}{t_{fm} + t_r + t_{zu}}$$

Scott

UIC 405

. . .

محاسبه ظرفیت ←

UIC 406 ← محاسبه مصرف ظرفیت

Scott

- ✓ یکی از قدیمی ترین روشهای ریاضی ارائه شده در زمینه ظرفیت ریلی
- ✓ ظرفیت برای سیرگاه بحرانی بر اساس زمان سیر کندترین قطار در سیرگاه بحرانی محاسبه می‌شود

$$C = \frac{1440 - W}{T + t} \times K$$

C: ظرفیت بر اساس زوج قطار مختلط (باری و مسافری)

T: زمان سیر کندترین قطار باری درسیرگاه بحرانی (دقیقه)

t: سرفاصله ایمنی بین قطارهای هم‌جهت و قطارهای در جهت‌های مخالف

ضریب K بر اساس زمان توقف‌های برنامه‌ریزی شده و اجباری، نرخ تأخیرات پیش بینی نشده، وجود تقاطع و حق اولویت، تاخیر و حرکت خارج از برنامه قطارها و غیره اعمال می‌شود. این ضریب معمولاً برابر ۷۰٪ در نظر گرفته می‌شود.

UIC 405

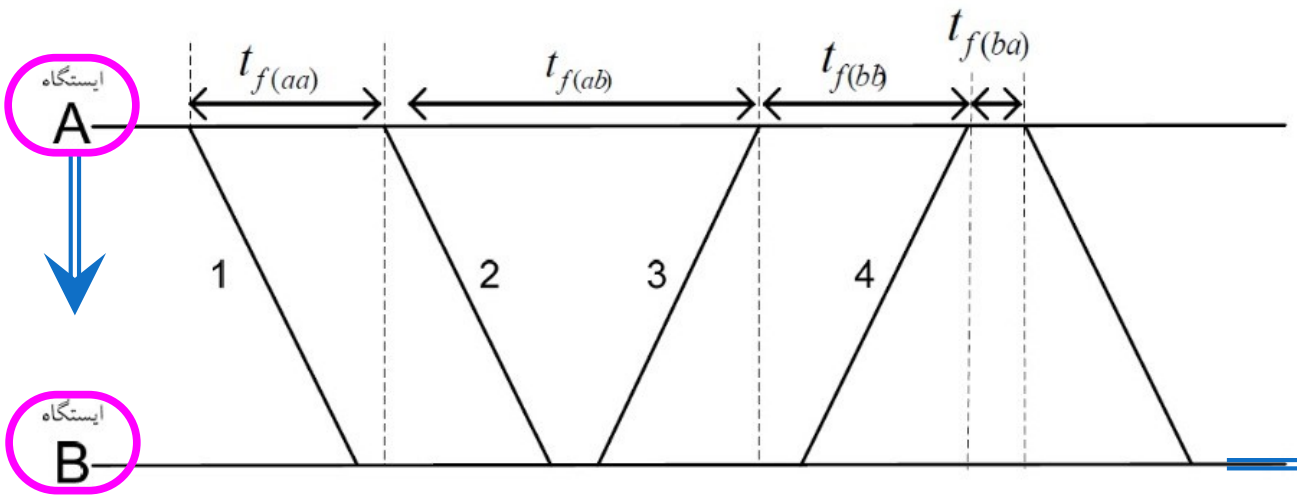
$$C = \frac{TimeWindow}{t_{fm} + t_r + t_{ZU}}$$

t_{fm}

$$t_{fm} = \frac{\sum (n_{ij} \times t_{fij})}{\sum n_{ij}}$$

محاسبه سرفاصله دو قطار قبلی و بعدی ۴ حالت می‌تواند رخ دهد:

رفت-رفت، رفت-برگشت، برگشت-برگشت، برگشت-رفت

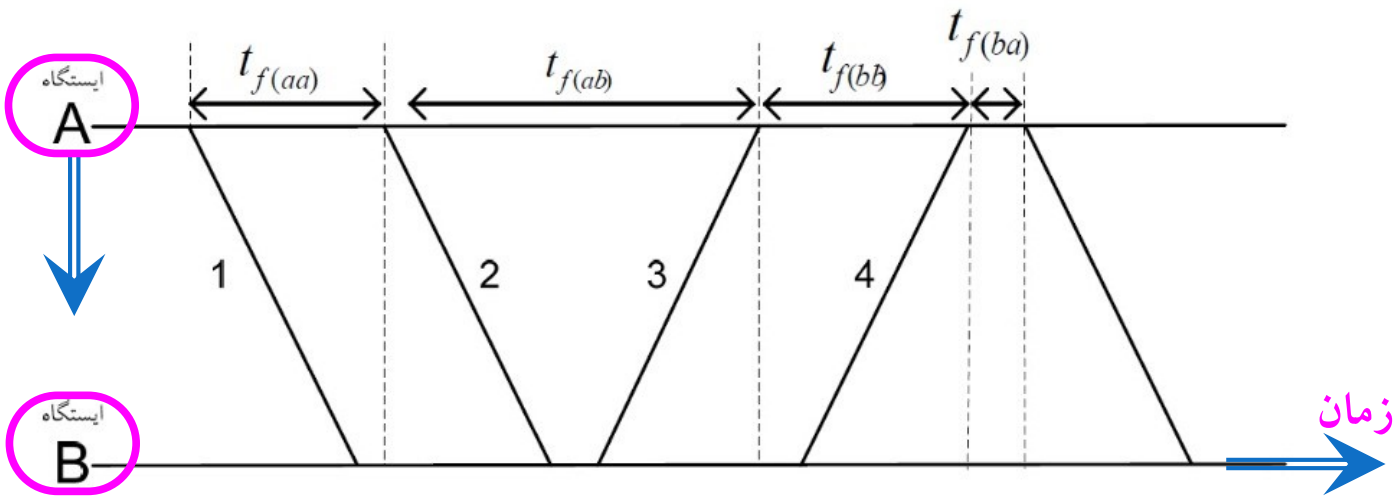


جهت رفت: مبدأ ایستگاه A و مقصد ایستگاه B

جهت برگشت: مبدأ ایستگاه B و مقصد ایستگاه A

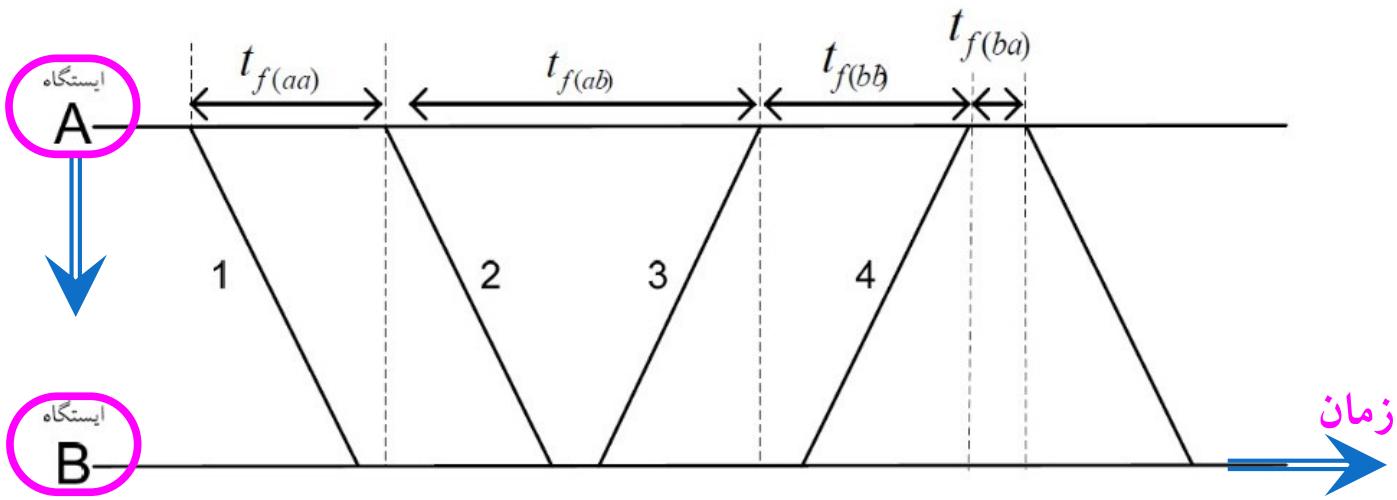
t_{fm}

$$t_{fm} = \frac{\sum (n_{ij} \times t_{fij})}{\sum n_{ij}}$$



جهت محاسبه t_{fm} هر ۴ نوع سرفاصله باید در نظر گرفته شوند

t_{fm}



محاسبه سرفاصله در هر چهار حالت:

t^* لحظه‌ای که قطار اول واردشونده در سیرگاه، نقطه مبدأ A را تجربه کند

قطار اول واردشونده به سیرگاه در جهت رفت باشد ← لحظه ورود این قطار به سیرگاه

قطار اول واردشونده به سیرگاه در جهت برگشت ← لحظه خروج این قطار از سیرگاه

پس از لحظه t^* اگر قطاری بخواهد از مبدأ A وارد سیرگاه شود، بایستی مدت زمانی را انتظار بکشد تا سیرگاه خالی شود.

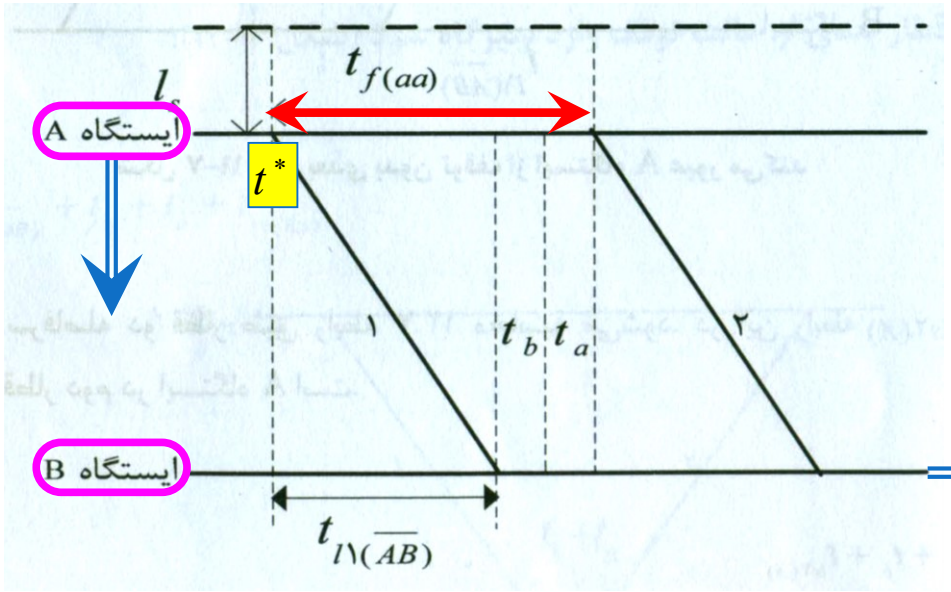
مدت زمان انتظار = سرفاصله

t_{fm}

نوع اول:

سرفاصله های رفت-رفت

حالت ۱: قطار دوم از حالت سکون شروع به حرکت کند



$$t_f = t_{L1(AB)} + t_b + t_a$$

زمان آزادسازی سیرگاه

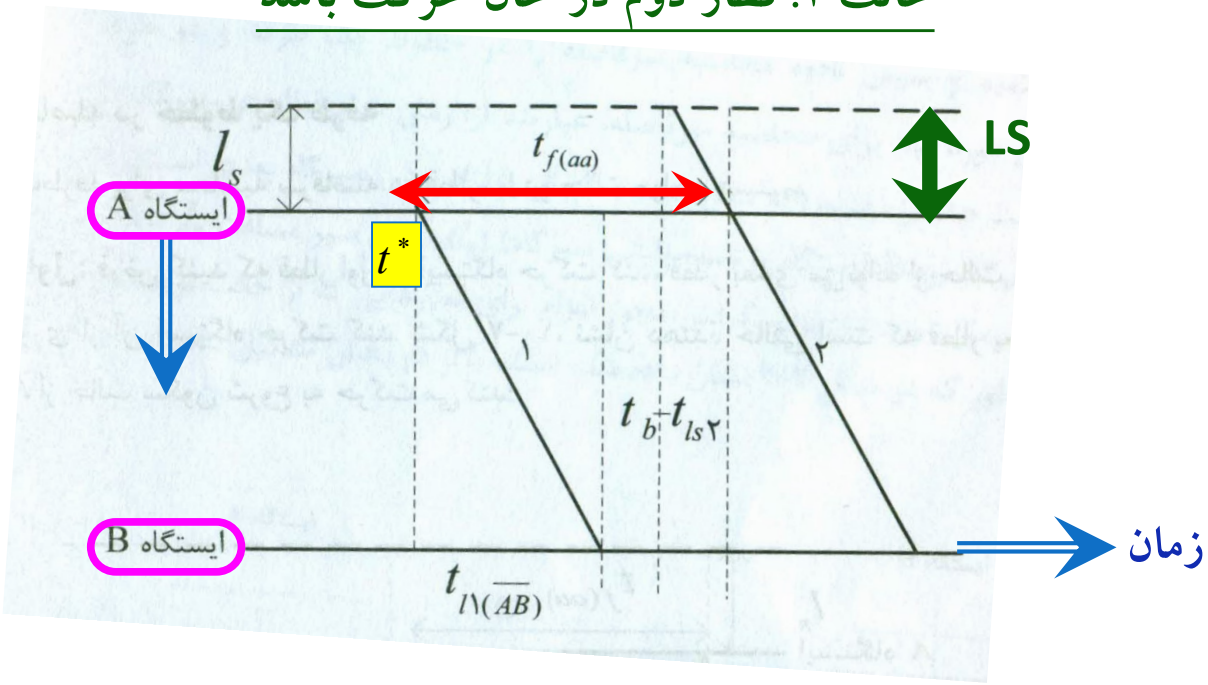
زمان اخذ مجوز ورود به سیرگاه برای قطاری که می خواهد از حالت توقف وارد سیرگاه گردد

t_{fm}

نوع اول:

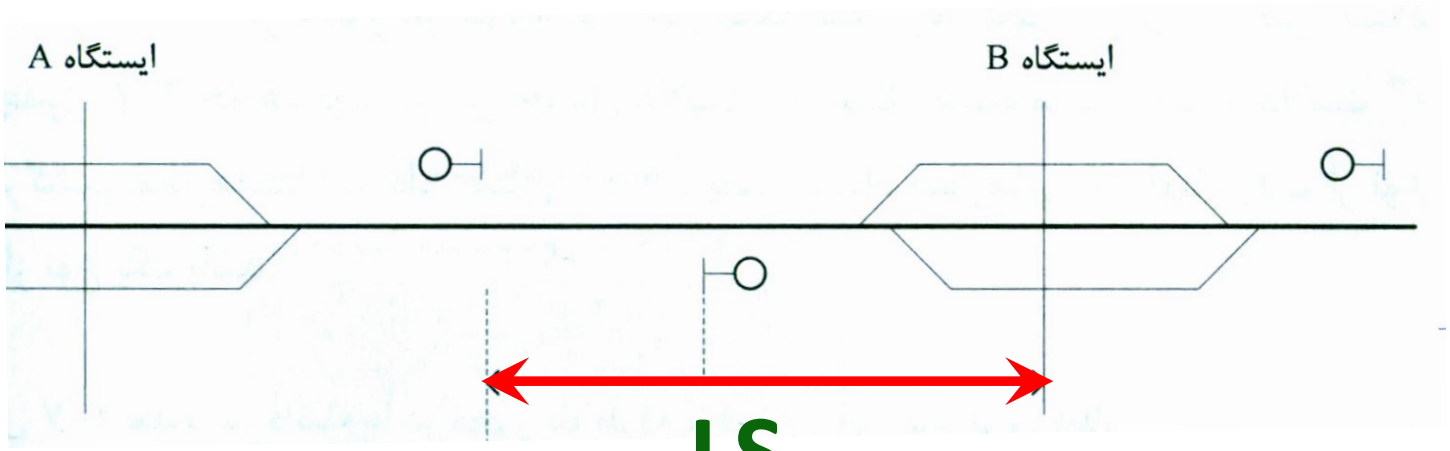
سرفاصله های رفت-رفت

حالت ۲: قطار دوم در حال حرکت باشد



$$t_f = t_{L1(AB)} + t_b + t_{LS2}$$

زمان طی فاصله LS توسط قطار ۲



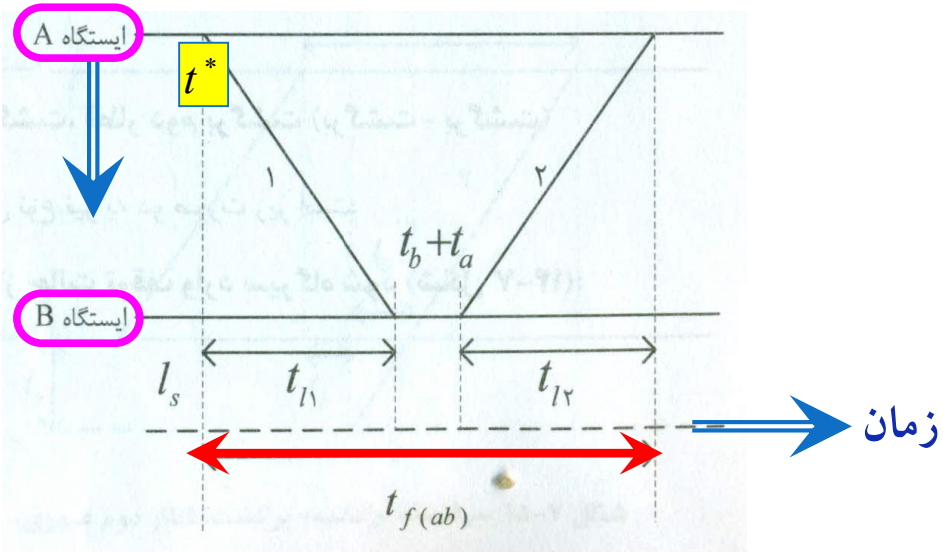
فاصله بین نقطه رویت علامت هشدار دهنده تا انتهای سیرگاه

t_{fm}

نوع دوم:

سرفاصله های رفت-برگشت

حالت ۱: قطار دوم از حالت سکون شروع به حرکت کند



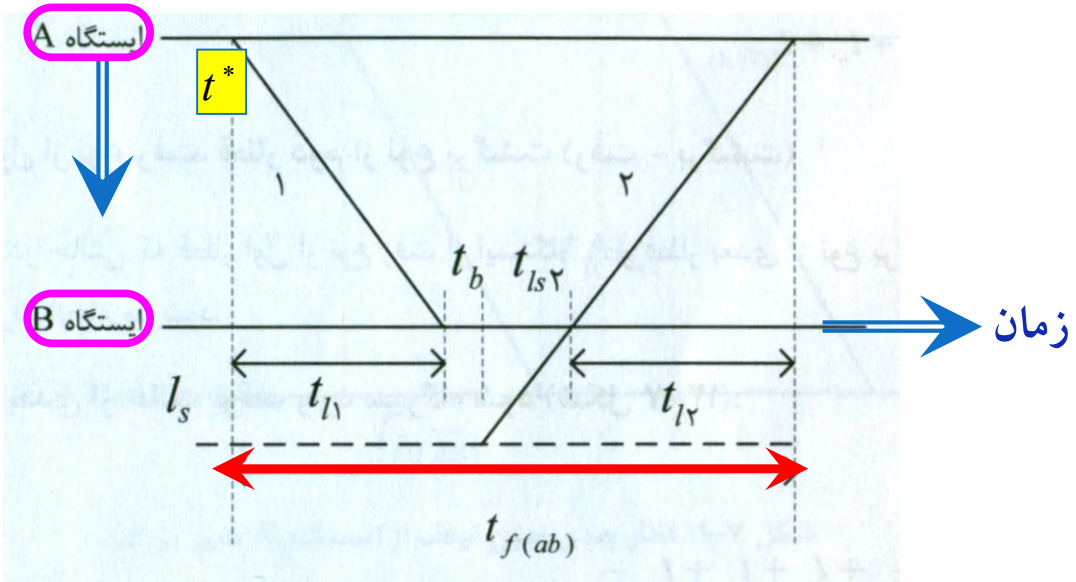
$$t_f = t_{L1(AB)} + t_b + t_a + t_{L2(BA)}$$

t_{fm}

نوع دوم:

سرفاصله های رفت-برگشت

حالت ۲: قطار دوم در حال حرکت باشد



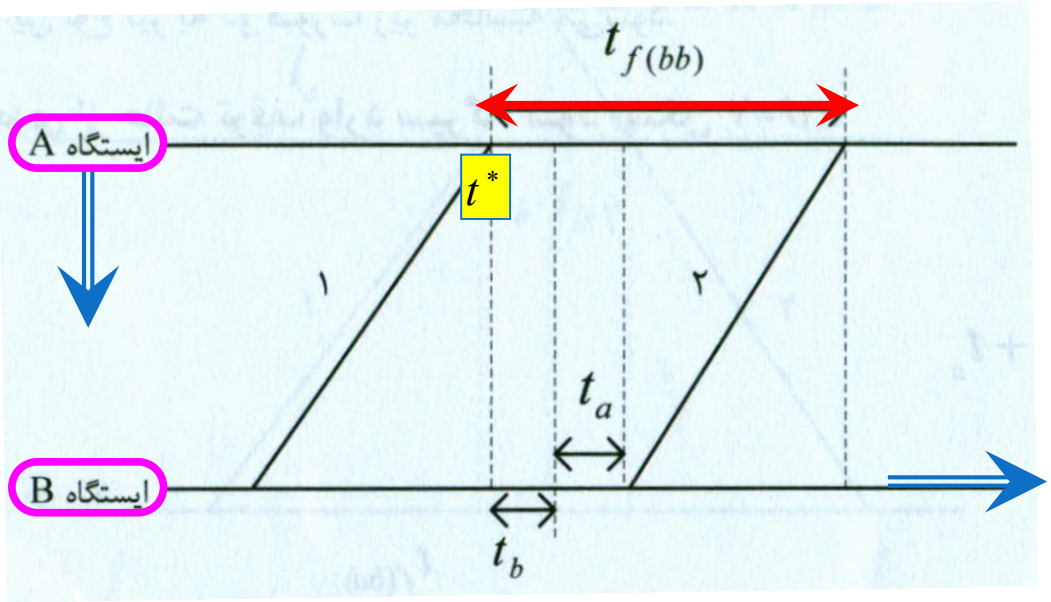
$$t_f = t_{L1(AB)} + t_b + t_{LS2(B)} + t_{L2(BA)}$$

t_{fm}

نوع سوم:

سرفاصله های برگشت-برگشت

حالت ۱: قطار دوم از حالت سکون شروع به حرکت کند



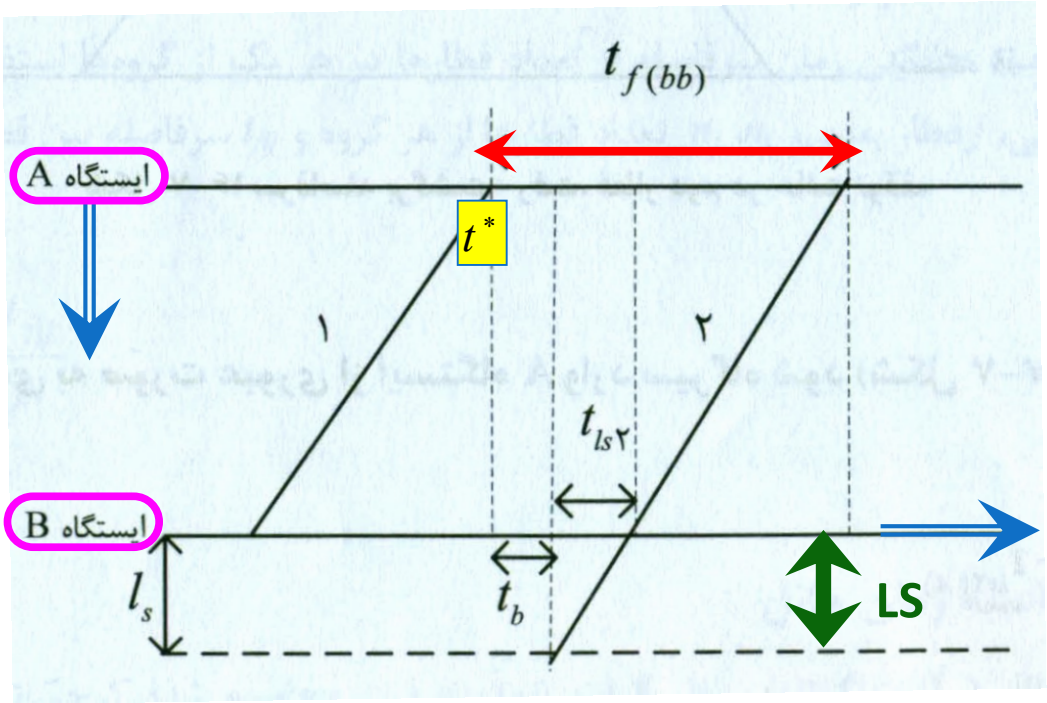
$$t_f = t_b + t_a + t_{L2(BA)}$$

t_{fm}

نوع سوم:

سرفاصله های برگشت-برگشت

حالت ۲: قطار دوم در حال حرکت باشد



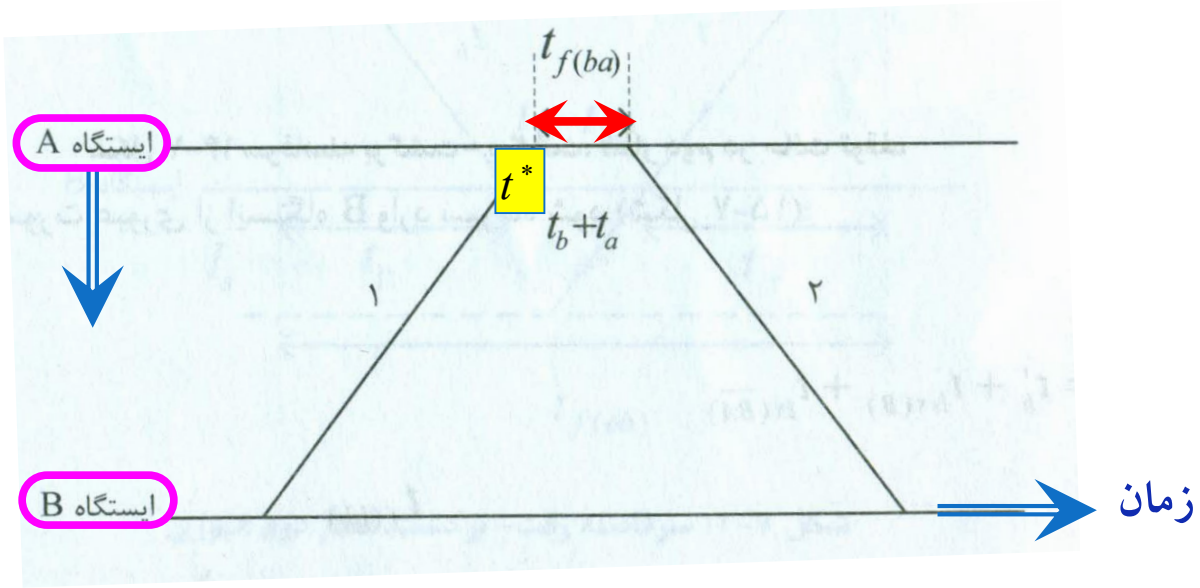
$$t_f = t_b + t_{LS\,2(B)} + t_{L\,2(BA)}$$

t_{fm}

نوع چهارم:

سرفاصله های برگشت-رفت

حالت ۱: قطار دوم از حالت سکون شروع به حرکت کند



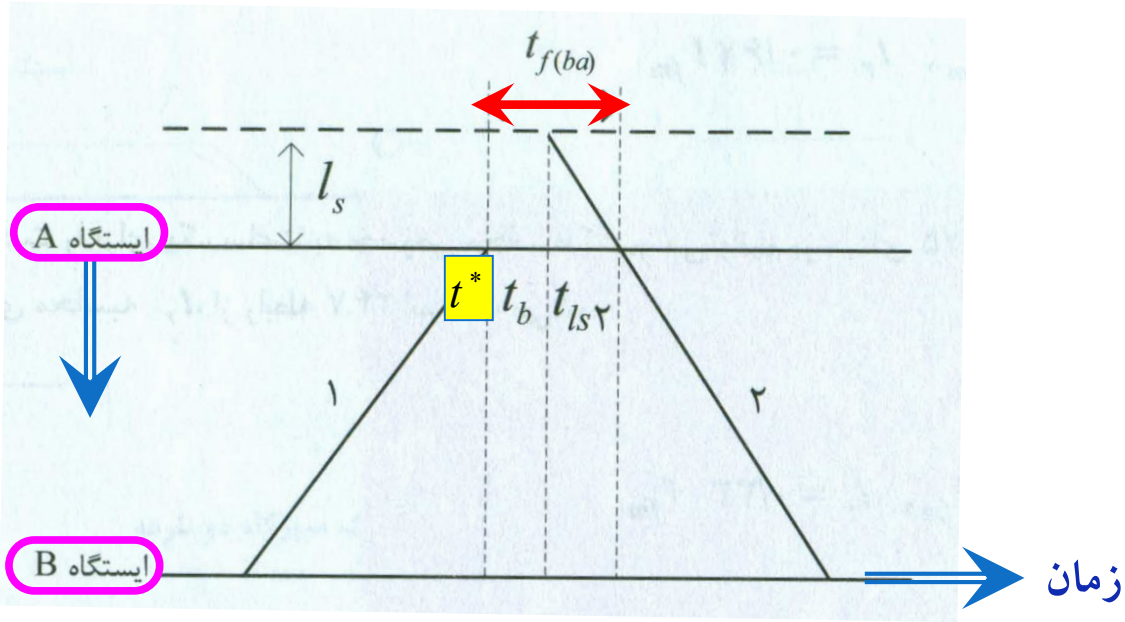
$$t_f = t_b + t_a$$

t_{fm}

نوع چهارم:

سرفاصله های برگشت-رفت

حالت ۲: قطار دوم در حال حرکت باشد



$$t_f = t_b + t_{LS\,2\,(A)}$$

t_{fm}

$$t_{fm} = \frac{\sum (n_{ij} \times t_{fij})}{\sum n_{ij}}$$

سرفاصله بین دو قطار:
زمان سیر قطار در سیرگاه + حداقل سرفاصله ایمن بین دو قطار

بر اساس اطلاعات واقعی سیر و حرکت می تواند محاسبه شود

محاسبه حداقل سرفاصله ایمن بین دو قطار

به تفکیک نوع قطار
(باری- مسافری تندرو- مسافری کندرو)

۱-سرفاصله باری-باری (F F)

۲-سرفاصله باری- مسافری سریع‌السیر (F P_1)

۳-سرفاصله باری- مسافری معمولی (F P_2)

۴-سرفاصله مسافری سریع‌السیر - باری (P_1 F)

۵-سرفاصله مسافری سریع‌السیر - مسافری سریع‌السیر (P_1 P_1)

۶-سرفاصله مسافری سریع‌السیر - مسافری معمولی (P_1 P_2)

۷-سرفاصله مسافری معمولی - باری (P_2 F)

۸-سرفاصله مسافری معمولی - مسافری سریع‌السیر (P_2 P_1)

۹-سرفاصله مسافری معمولی - مسافری معمولی (P_2 P_2)

+

به تفکیک ۴ نوع سرفاصله

رفت-رفت، رفت-برگشت، برگشت-رفت و برگشت-برگشت

t_{fm}

میانگین حداقل سرفاصله ایمن بین قطارها با انواع مختلف در ایران

نوع سرفاصله	رفت-رفت		برگشت-برگشت		رفت-برگشت		برگشت-رفت	
حالت دنباله روی قطارها	F F F P_1 P_1 F F P_2 P_2 F	P_1 P_1 P_1 P_2 P_2 P_1 P_2 P_2	F F F P_1 P_1 F F P_2 P_2 F	P_1 P_1 P_1 P_2 P_2 P_1 P_2 P_2	F F F P_1 P_1 F F P_2 P_2 F	P_1 P_1 P_1 P_2 P_2 P_1 P_2 P_2	F F F P_1 P_1 F F P_2 P_2 F	P_1 P_1 P_1 P_2 P_2 P_1 P_2 P_2
سیرگاه تک خطه	۲,۲ دقیقه	۶,۶ دقیقه	۲,۳ دقیقه	۶ دقیقه	۱,۷ دقیقه	۱,۹ دقیقه	۱,۸ دقیقه	۱,۴ دقیقه
سیرگاه دوخطه	۲,۱ دقیقه	۴,۱ دقیقه	۲,۱ دقیقه	۳,۸ دقیقه	--	--	--	--

حداقل فاصله زمانی ایمن بین قطارها:

- ✓ برابر با ۵ دقیقه، در حالت دو قطار هم‌جهت و هر دو از نوع مسافری
- ✓ برابر با ۲ دقیقه، در سایر حالات

مراحل تعیین ظرفیت به روش UIC 405

۱-تعیین سیرگاه بحرانی

۲-گروه‌بندی قطارها بر اساس زمان سیر

۳-تعیین تعداد قطارهای هریک از گروه‌ها

۴-محاسبه سرفاصله زمانی میانگین

۵-محاسبه زمان حائل

UIC 405

t_r زمان حائل = اختلاف بین زمان هدوی واقعی و کمترین هدوی قابل قبول

$$C = \frac{TimeWindow}{t_{fm} + t_r}$$

زمان در دسترس=
کل شبانه روز منهای زمان مسدودی

t_r در واقعیت روی نمی‌دهد؛

بلکه صرفاً تضمین می‌کند که مقدار ظرفیت با حفظ شرایط مطلوب بهره‌برداری

(عدم تجاوز از ضریب اشباع) محاسبه گردد.

مقدار زمان حائل، به سطح سرویس مورد نیاز بستگی دارد.

اکثر راه‌آهن‌ها قوانین پایه‌ای زیر را مورد استفاده قرار می دهند:

- زمان های حائل بزرگ برای زمانی که قطار دوم اولویت بیشتری نسبت به قطار اول دارد.
- زمان های حائل کوچک و کوتاه، برای زمانی که قطار اول نسبت قطار دوم اولویت بیشتری دارد.
- زمان حائل متوسط، زمانیکه هر دو قطار الویت یکسانی دارند.

UIC 405

t_r

$$C = \frac{TimeWindow}{t_{fm} + t_r}$$

- ✓ مفهوم ضریب اشباع (SC) Saturation Coefficient =

ماکزیمم میزان مجاز برای اشغال سیرگاه بحرانی نسبت به کل بازه زمانی در دسترس

- ✓ زمان حائل در مخرج رابطه UIC 405 با هدف در نظر گرفتن ضریب اشباع (SC)

$$C = \frac{TimeWindow}{t_{fm} + t_r} \equiv SC \times \frac{TimeWindow}{t_{fm}}$$

t_r

UIC 405

$$SC \times \frac{TimeWindow}{t_{fm}} = \frac{TimeWindow}{\frac{1}{SC} t_{fm}}$$

$$= \frac{TimeWindow}{\frac{1-SC+SC}{SC} t_{fm}} = \frac{TimeWindow}{t_{fm} + \frac{1-SC}{SC} t_{fm}}$$

$$\Rightarrow t_r = \frac{1-SC}{SC}$$

$$SC = 60\% \rightarrow t_r = 0.66\, t_{fm}$$

SC

UIC 405

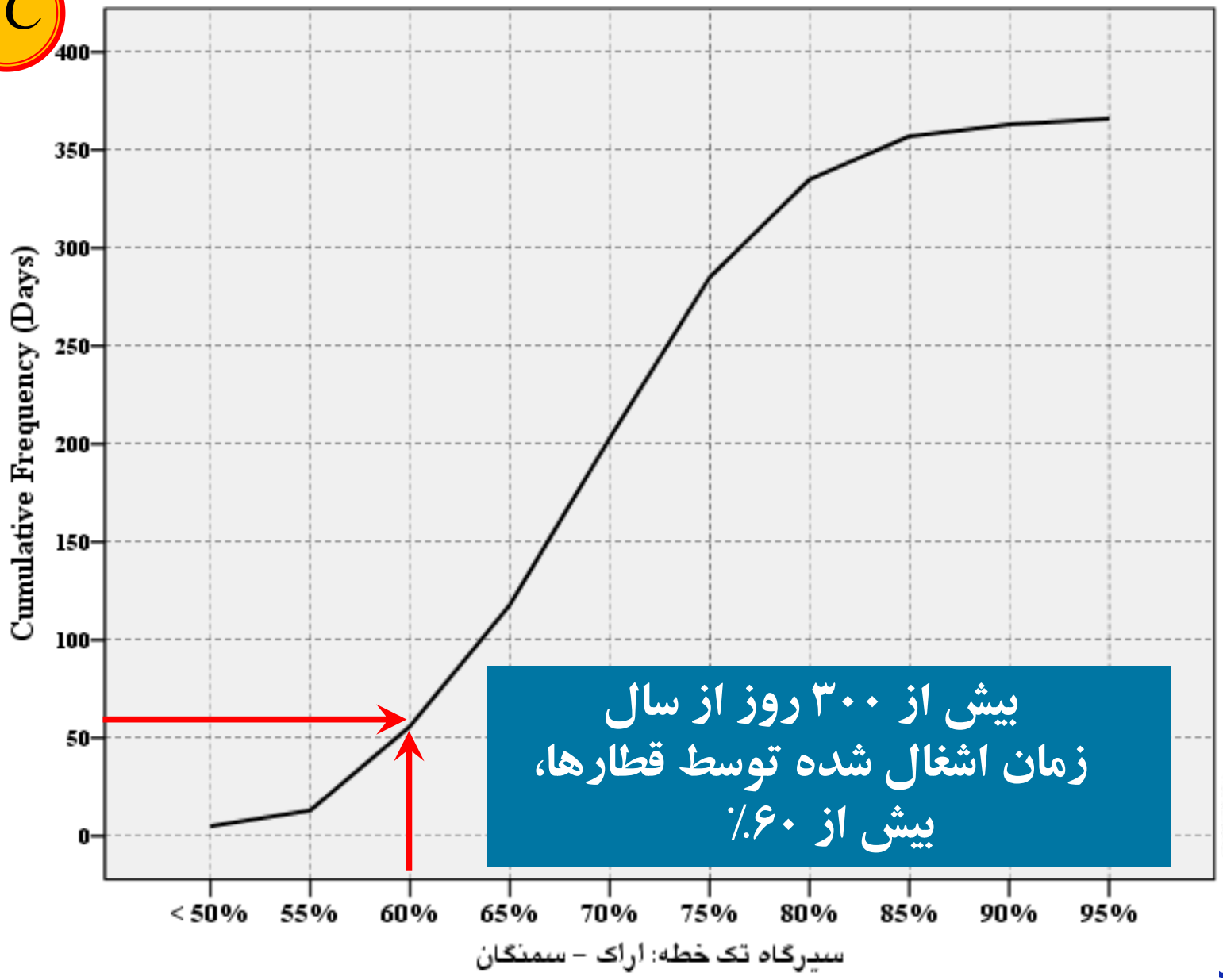
$$C = SC \times \frac{TimeWindow}{t_{fm}}$$

$SC = 0.6$

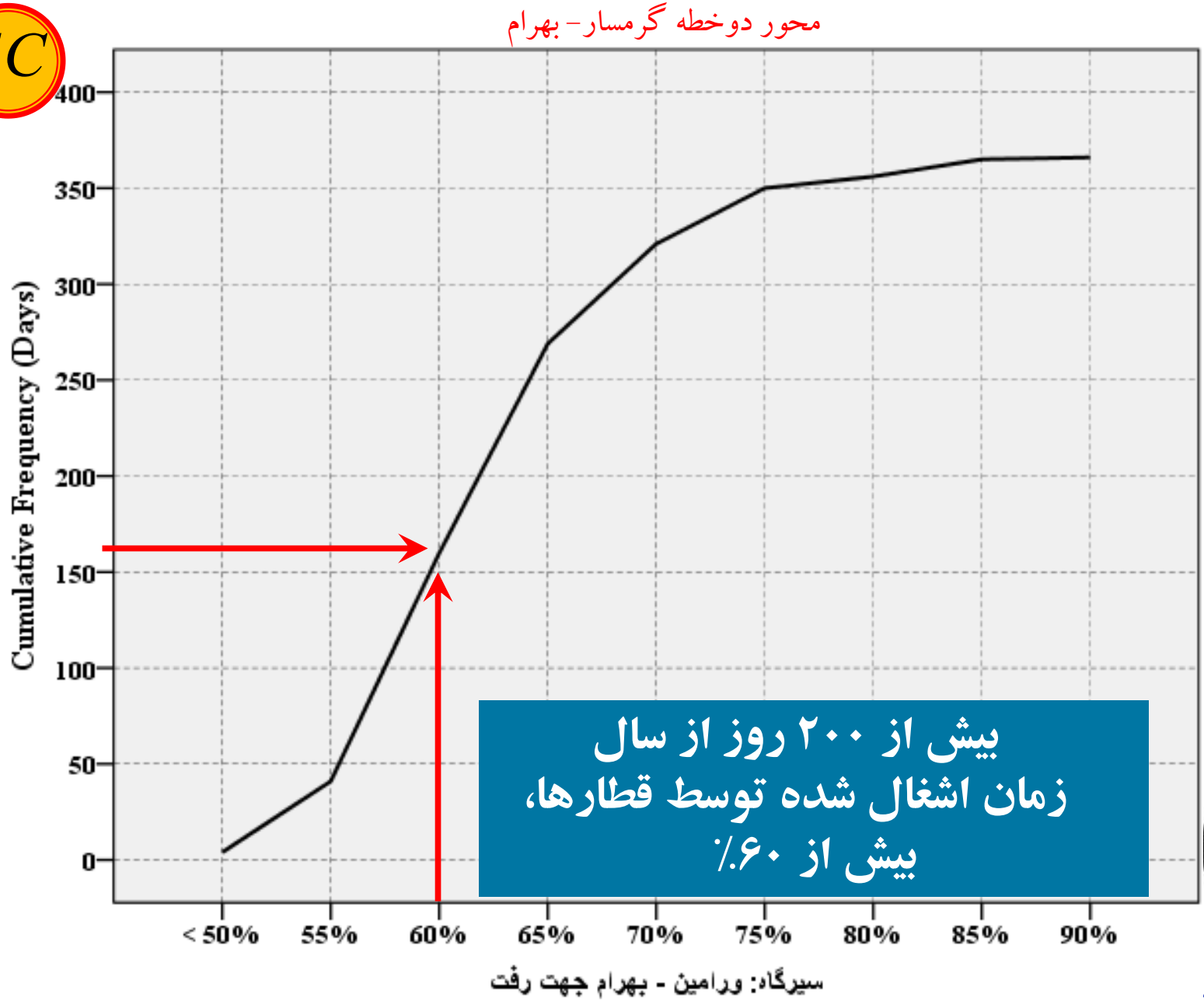
ضریب اشباع برای راه آهن ایران ؟

SC

محور تک خطه اراک- سمنگان



بیش از ۳۰۰ روز از سال
زمان اشغال شده توسط قطارها،
بیش از ۶۰٪



بیش از ۲۰۰ روز از سال
زمان اشغال شده توسط قطارها،
بیش از ۶۰٪

SC

رابطه مناسب برای تحلیل ظرفیت در راه آهن ایران:

سیرگاه تک خطه:

$$C = 0.75 \times \frac{1440 - W}{t_{fm}}$$

سیرگاه دوخطه:

$$C = 0.8 \times \frac{1440 - W}{t_{fm}}$$

محاسبه ظرفیت هر سیرگاه از شبکه (واحد: تعداد قطار)

روشهای افزایش ظرفیت در راه آهن

- ✓ دوخطه سازی
- ✓ تراک بندی
- ✓ برقی سازی
- ✓ افزایش بار محوری مجاز
- ✓ بازگشایی و احداث ایستگاه
- ✓ اعزام قطارهای باری طویل و سنگین (لکوترول، دالگاژ)
- ✓ یکسان سازی سرعت قطارها
- ✓ اضافه کردن خطوط پهلوگیری در ایستگاه
- ✓ ...

✓ دوخطه سازی

ظرفیت‌های متوسط کریدور ریلی (تعداد قطار در روز)

تعدادخط مسیر ریلی	سیستم کنترل	ماکزیمم عملی ترافیک تعداد قطار در روز به صورت	
		مختلط باری و مسافری	قطار خاص باری یا مسافری
۱	CTC or TCS	۳۰	۴۸
۲	CTC or TCS	۷۵	۱۰۰

"National Rail Freight Infrastructure Capacity and Investment Study, Final report", 2007

راهنمای "Transit Capacity and Quality of Service Manual" (۲۰۰۳):

- ✓ مسیرهای دوخطه معمولا ظرفیتی در حدود ۴ برابر مسیر تک خطه دارند.
- ✓ در حالیکه ظرفیت خطوط چهارخطه تنها در حدود ۵۰ درصد بیشتر از ظرفیت مسیرهای دوخطه است.

علت: استقلال حرکت قطارها در دو جهت

در مسیرهای تک خطه، عملکرد قطارهای عبوری در یک جهت به عملکرد قطارها در جهت دیگر بستگی دارد.

در شرایطی که نتوان با سایر روشهای نرم افزاری و سخت افزاری مشکلات را حل کرد دوخطه سازی استفاده می شود.

✓ تراک بندی

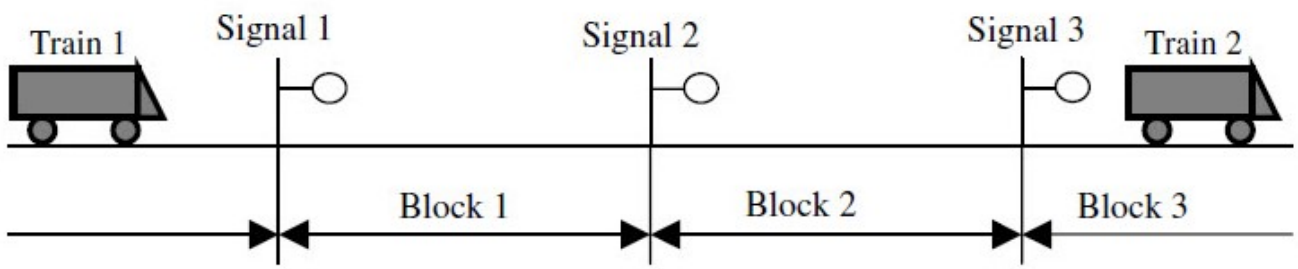
سیستم تراک‌بندی با تقسیم هر سیرگاه به چند تراک، امکان سیر همزمان چند قطار در سیرگاه بین دو ایستگاه را فراهم می کند؛ با این شرط که در هر لحظه دو قطار اجازه ندارند با هم در یک تراک حضور داشته‌باشند.

تراک‌بندی شامل دو نوع است:

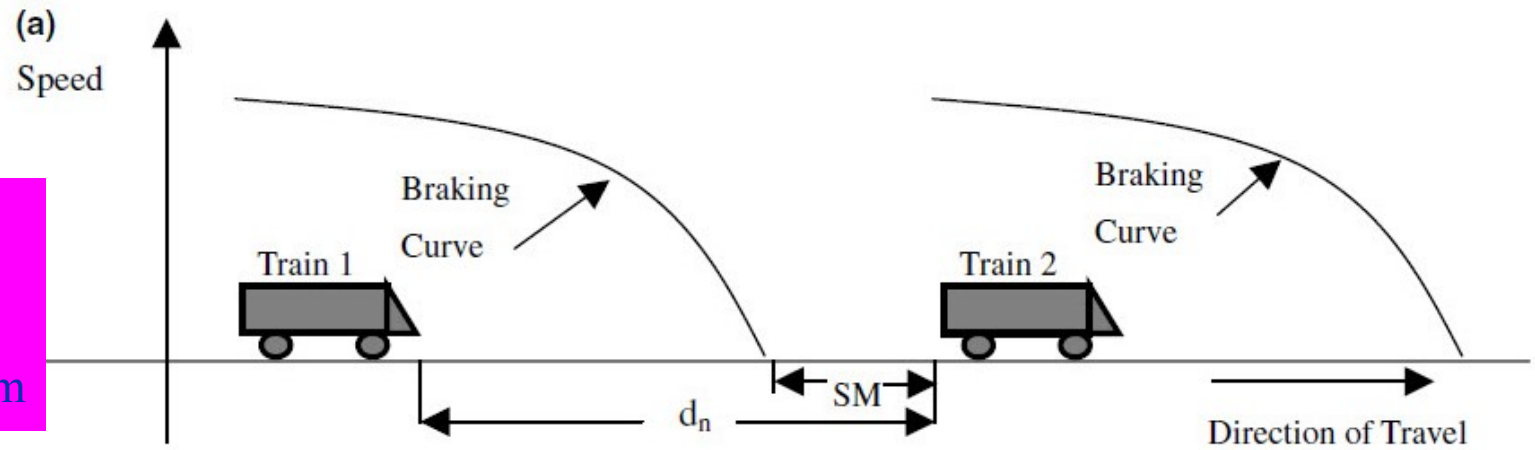
- سیستم بلاک-ثابت
- سیستم بلاک-متحرک

✓ تراک بندی

سیستم بلاک ثابت
Fixed-block signalling system



سیستم بلاک متحرک
moving-block signalling system



قطار۱ به دنبال قطار۲ در حرکت است
در سیستم بلاک متحرک، هنگامی که سرفاصله بین قطار ۱ و ۲ کمتر از حداقل فاصله ثابت مجاز (dn) شود، قطار۱ باید سرعت خود را کاهش دهد.

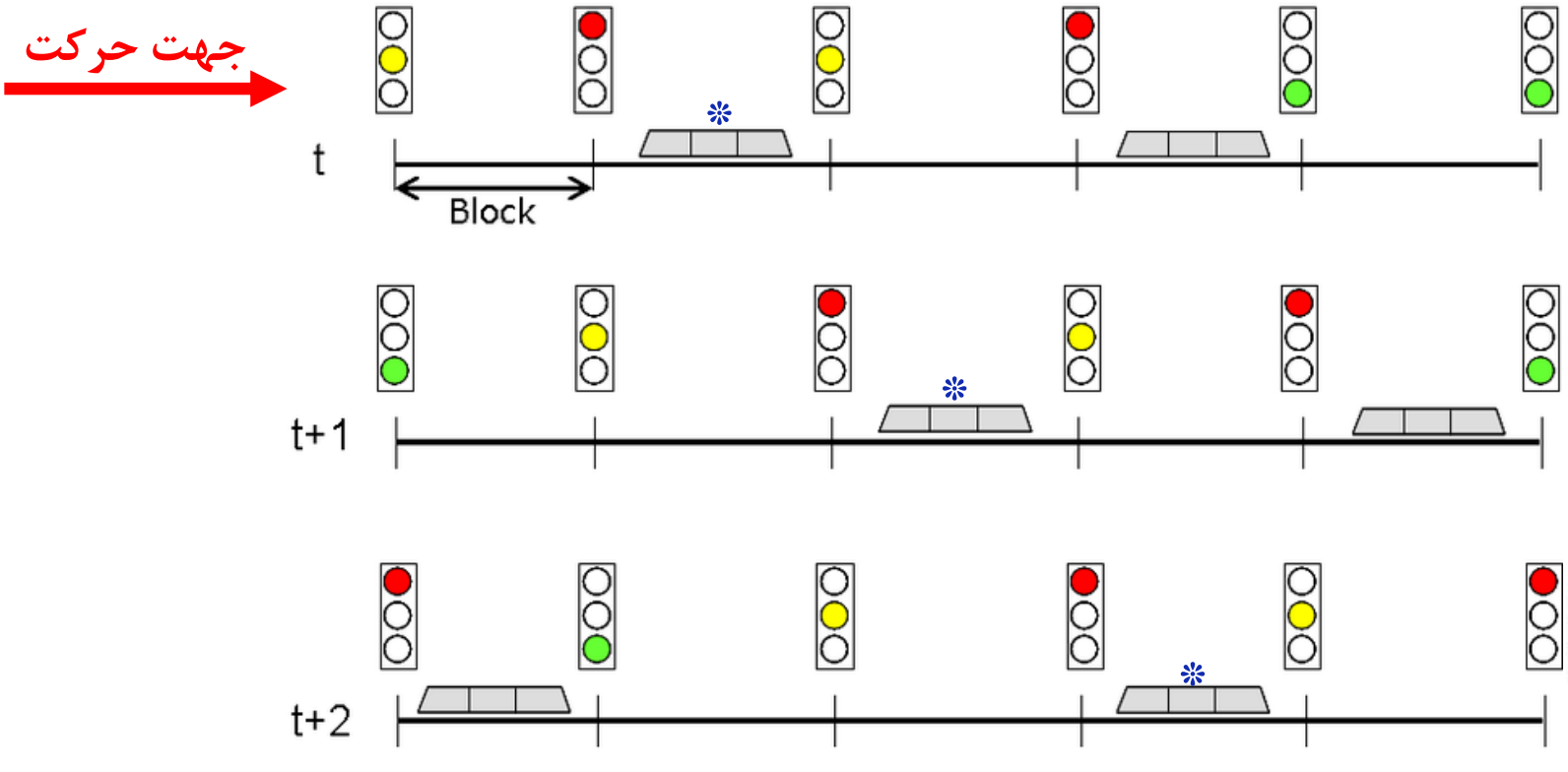
Reference:
Li, et al. 2005, "Cellular automaton model for railway traffic".

✓ تراک بندی

سیستم‌های رایج تراک‌بندی بلاک-ثابت مورداستفاده در دنیا عبارتند از سیستم‌های تراک‌بندی سه‌نما و چهارنما.

در سیستم سه‌نما، سیگنالینگ تراک‌ها متوالیاً به صورت قرمز، زرد و سبز است؛

در سیستم چهارنما، سیگنالینگ به صورت قرمز، زرد، سبز و سبز می‌باشد.



استفاده از علائم راهنمایی در سیستم تراک بندی

✓ تراک بندی

تراک بندی در محورهای دوخطه:

کاهش سرفاصله قطارهای رفت-رفت و یا برگشت-برگشت

در محورهای دوخطه: میزان افزایش ظرفیت = میزان کاهش زمان سیر قطارهای هم‌جهت

(مثلا اگر تراک‌بندی در محورهای دوخطه با کاهش ۵۰ درصدی سرفاصله قطارها انجام گردد ظرفیت به ۲ برابر افزایش می‌یابد).

تراک بندی در محورهای تک خطه:

کاهش سرفاصله قطارهای رفت-رفت و یا برگشت-برگشت

عدم کاهش سرفاصله قطارهای رفت-برگشت و یا برگشت-رفت

افزایش ظرفیت در محورهای دوخطه: تا چندین برابر

افزایش ظرفیت در محورهای تک خطه: حداکثر تا ۵۰٪

✓ تراک بندی

ظرفیت سیرگاههای محور تک خطه سیستان- اصفهان در صورت تراک بندی

نام سیرگاه	t fm (دقیقه)			درصد افزایش ظرفیت	
	بدون تراک‌بندی	تراک بندی با ۵۰ ٪ کاهش زمان سیر قطارهای همجهت	تراک بندی با ۶۶ ٪ کاهش زمان سیر قطارهای همجهت	تراک بندی با ۵۰ ٪ کاهش زمان سیر قطارهای همجهت	تراک بندی با ۶۶ ٪ کاهش زمان سیر قطارهای همجهت
درود- قارون	۱۸,۳	۱۳,۶	۱۲,۰	٪۲۶	٪۳۴
قارون- بیشه	۲۵,۵	۱۹,۱	۱۶,۹	٪۲۵	٪۳۴
بیشه -سپیددشت	۲۰,۹	۱۵,۶	۱۳,۸	٪۲۵	٪۳۴
سپیددشت-چمسنگر	۲۵,۸	۱۹,۲	۱۷,۰	٪۲۵	٪۳۴
چمسنگر -کشور	۲۴,۷	۱۸,۴	۱۶,۳	٪۲۶	٪۳۴
کشور -تنگ هفت	۲۰,۹	۱۵,۶	۱۳,۷	٪۲۶	٪۳۴
تنگ هفت -تنگ پنج	۲۳,۲	۱۷,۲	۱۵,۲	٪۲۶	٪۳۵
تنگ پنج -تله زنگلد	۲۶,۹	۲۰,۰	۱۷,۶	٪۲۶	٪۳۵
تله زنگلد -شهبازان	۲۱,۶	۱۶,۲	۱۴,۳	٪۲۵	٪۳۴
شهبازان -مازو	۲۳,۰	۱۷,۱	۱۵,۱	٪۲۶	٪۳۴
مازو -بالارود	۳۱,۴	۲۳,۳	۲۰,۶	٪۲۶	٪۳۴
بالارود -گل محک	۱۹,۵	۱۴,۶	۱۲,۹	٪۲۵	٪۳۴
گل محک -دوکوهه	۱۹,۷	۱۴,۷	۱۲,۹	٪۲۶	٪۳۴
دوکوهه -اندیمشک	۱۷,۶	۱۳,۱	۱۱,۶	٪۲۵	٪۳۴
میانگین افزایش ظرفیت				٪۲۶	٪۳۴

✓ تراک بندی

- ✓ سرفاصله اعزام قطارها پس از اجرای تراک‌بندی، بسته به شرایط خاص محورها و میزان تقاضای بار آنها متغیر است.
- ✓ این سرفاصله نباید کمتر از ۴ دقیقه منظور گردد.
- ✓ حداقل فاصله تراک‌ها بایستی برابر با ماکزیمم دو مقدار زیر باشد:

  الف) طول یک قطار باری کامل گذرنده از محور

  ب) طول خط ترمز قطارها.
- ✓ طول خط ترمز قطارها بسته به سرعت حرکت قطارهای محور متغیر است.

  برای سرعت ۱۲۰ km/h، حدود ۷۰۰ متر

  برای سرعت ۱۶۰ km/h حدود ۱ کیلومتر

  برای قطارهای سریع السیر با سرعت ۳۰۰ km/h بیش از ۳ کیلومتر.
- ✓ روش تراک‌بندی تاکنون در هیچ نقطه از راه‌آهن ایران اجرایی نشده‌است.
- ✓ مناسب‌ترین محور جهت اجرای تراک‌بندی در شبکه ریلی ایران، محور دوخطه تهران-مشهد می‌باشد
- ✓ سرفاصله پیشنهاد شده: ۸ دقیقه (جهت جابجایی سالانه ۵۰ میلیون مسافر)

✓ برقی سازی

استفاده از کشنده برقی به طور خاص در دو زمینه زیر موجب افزایش ظرفیت خواهدشد:

-افزایش سرعت متوسط به علت کشش و شتاب‌های مثبت و منفی بالاتر کشنده برقی

-افزایش ظرفیت تناژی هر قطار باری

نمونه ای از راه‌آهن برقی شامل تجهیزات کابلی و برق رسانی بالا سری

✓ برقی سازی

- ✓ توان یک لوکوموتیو برقی در حدود ۷۵۰۰ کیلووات (۱۰۰۰۰ اسب بخار) می‌باشد که در مقایسه با توان لوکوموتیوهای دیزلی (حدود ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ اسب بخار)، حداقل ۲,۵ برابر بیشتر است.
- ✓ لوکوموتیو دیزلی بیش از ۱.۵ میلیون قطعه با کدگذاری‌های خاص دارد. در حالی که کار کردن با لوکوموتیو برقی به مراتب آسان‌تر است.
- ✓ هزینه خرید لوکوموتیو برقی حدود ۲۰٪ بیشتر است ولی هزینه تعمیر و نگهداری آن کمتر است.
- ✓ هزینه‌های نصب دکل بالاسری برق برای لوکوموتیوهای برقی در هر ۵۰ متر باید در نظر گرفته شوند. این هزینه‌ها برای هر کیلومتر حدود ۳۵۰ هزار دلار می‌باشد.
- ✓ در لوکوموتیو دیزلی هزینه انرژی بیشتری مصرف می‌شود. یک لوکوموتیو دیزلی برای جابجایی هر ۱۰۰۰ تن در یک کیلومتر، سوختی معادل ۳۳ لیتر گازوئیل مصرف می‌کند.

✓ برقی سازی

نتایج مقایسه شاخص‌های عملکرد کشش دیزلی و برقی در روسیه

ردیف	عنوان/سال	کشش دیزلی	کشش برقی	نسبت
۱	متوسط بارگذاری خط (میلیون تن- کیلومتر بازای کیلومتر)	۵,۷	۲۳,۱	۴,۰۵
۲	متوسط وزن ناخالص قطار باری (تن)	۲۹۳۷	۳۴۸۵	۱,۲
۳	سرعت متوسط سیر قطار باری (کیلومتربرساعت)	۳۳,۲	۴۰,۷	۱,۲۲
۴	هزینه‌های تعمیر و نگهداری بازای هر تن-کیلومتر	۱۵۰	۱۰۰	۰,۶۷
۵	مصرف سوخت (کیلوگرم بازای هر ۱۰۰۰۰ تن-کیلومتر)	۸۳,۸	۳۸,۲	۰,۴۶

✓ بازگشایی و احداث ایستگاه

بازگشایی ایستگاه با کوتاه کردن قسمت‌های طویل مسیر باعث کوچک شدن سیرگاه و کم شدن زمان سیر آن و در نتیجه افزایش قطارهای اعزامی و افزایش ظرفیت می‌گردد.

✓ افزایش بار محوری مجاز

$$G = \frac{365 \times N_f \times \gamma \times \lambda}{Y}$$

- G: بار خالص قابل حمل در سال
- N_f: تعداد قطار روزانه
- γ: وزن ناخالص یک قطار
- λ: نسبت بار خالص بارگیری شده به کل وزن
- Y: ضریب نوسان

افزایش بار محوری مجاز ← افزایش λ ← افزایش بار خالص قابل حمل

- ✓ افزایش بار محوری سبب کاهش تعداد واگن مورد نیاز برای حمل تقاضا می شود.
- ✓ این تاثیر، در زمان وجود محدودیت در طول مفید خطوط ایستگاههای مسیر نمایانگر می شود.
- ✓ بار محوری مجاز در محورهای ریلی ایران: ۲۰، ۲۲.۵ و ۲۵ تن است.
- ✓ هم اکنون در کشورهایی مثل آمریکا، کانادا و روسیه که میزان حمل و نقل بار آنها بسیار زیاد می باشد، تا ۳۲.۵ تن بار محوری را دارامی باشند
- ✓ بالا بردن بار محوری از ۲۰ تن به ۳۰ تن به تغییرات عمده در زیرساخت مسیرهای موجود (نوع پروفیل ریل، ضخامت بالاست و زیر بالاست، مقاومت بستر و . . .) وتقویت ابنیه آن (بویژه پل ها) و همچنین ناوگان نیازمند است.
- ✓ افزایش بار محوری از ۲۰ به ۲۲.۵ و ۲۵ تن به ترتیب ۱۲.۵ و ۲۵ درصد قابلیت حمل بار توسط هر واگن را افزایش می دهد.

- ✓ **اعزام قطارهای باری طویل و سنگین (لکوترول، دالگاژ)**

قطارهای طویل دارای تعداد زیادی واگن می باشند که طول آنها بیشتر از طول قطارهای تک دیزله است.

قطارهای طویل به دو صورت لکوترول و دالگاژ تشکیل می‌شوند.

پیش نیازهای مربوط به «اعزام قطارهای طویل»:

- ✓ افزایش طول خطوط ایستگاهها
- ✓ قابلیت تحمل نیرو توسط قلاب کشنده ها
- ✓ هماهنگی گسترده با سایر قطارهای باری و مسافری عبوری در مسیر
- ✓ بهبود سیستم تهویه تونل‌ها

یکی از دلایل شکست لکوترول در ایران

(دهه ۱۳۷۰ شمسی- در محور دورود-اندیمشک)

- ✓ **اعزام قطارهای باری طویل و سنگین (لکوترول، دالگاژ)**

سیستم لکوترول

سیستمی که کنترل لوکوموتیوهای توزیع شده در طول قطار را به عهده دارد لکوترول نامیده میشود.

عدم استفاده از لکوترول:

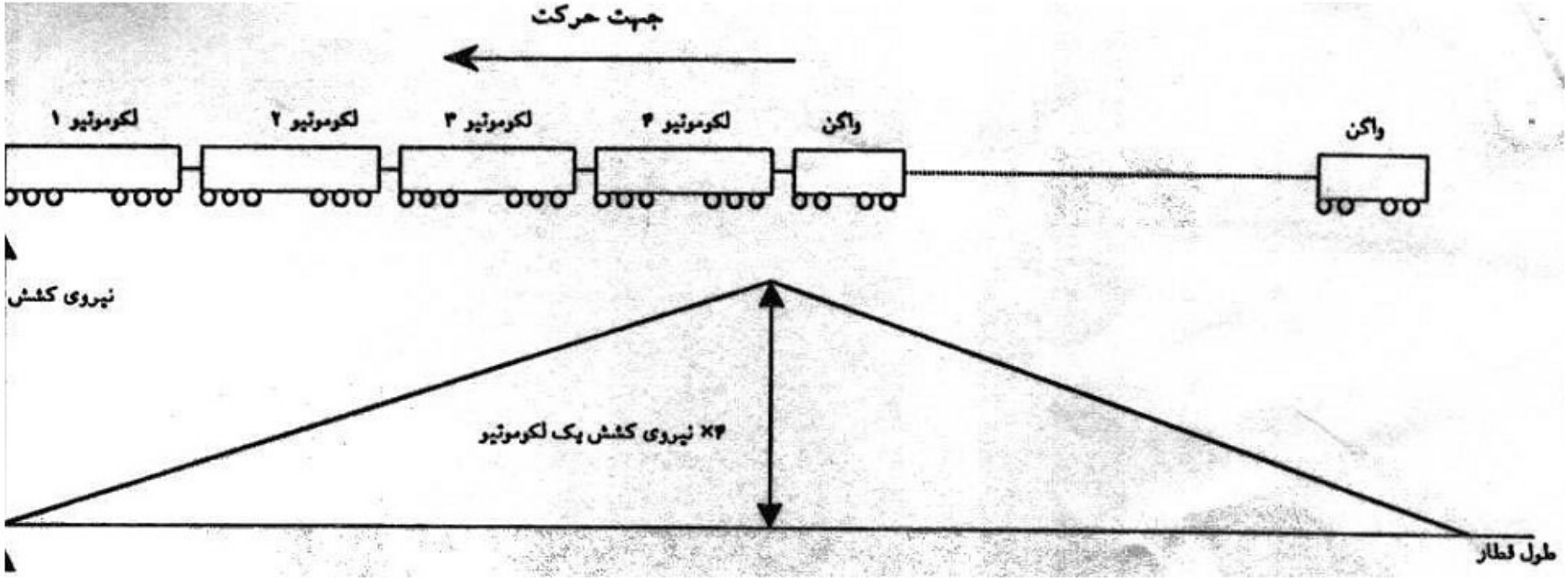
افزایش تعداد لوکومتیوها و طول قطار، توسط پارامتر حداکثر کشش قابل تحمل قلابها و افت فشار هوا در لوله اصلی ترمز محدود می‌گردد.

قطار سنگین مجهز به لکوترول:

یک یا چند لوکوموتیو در ابتدای قطار تحت عنوان راهنما (Leader) + لوکوموتیوهای پیرو (Follower) که در طول قطار توزیع شده اند.

- ✓ اعزام قطارهای باری طویل و سنگین (لکوترول، دالگاژ)

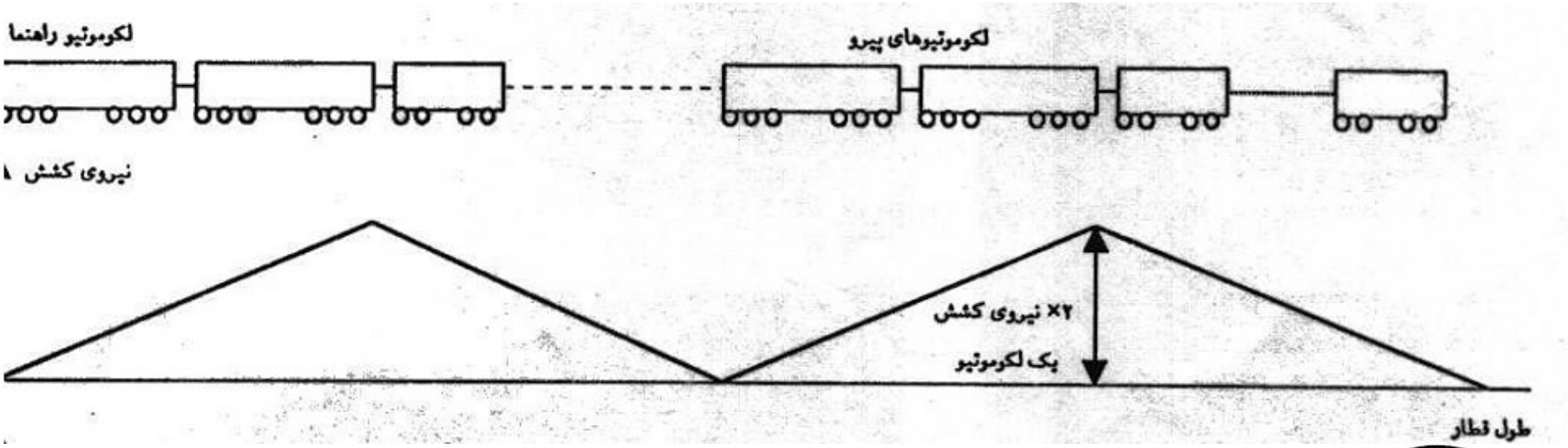
سیستم لکوترول



قطار معمولی با چند لوکوموتیو در جلوی قطار

- ✓ اعزام قطارهای باری طویل و سنگین (لکوترول، دالگاژ)

سیستم لکوترول



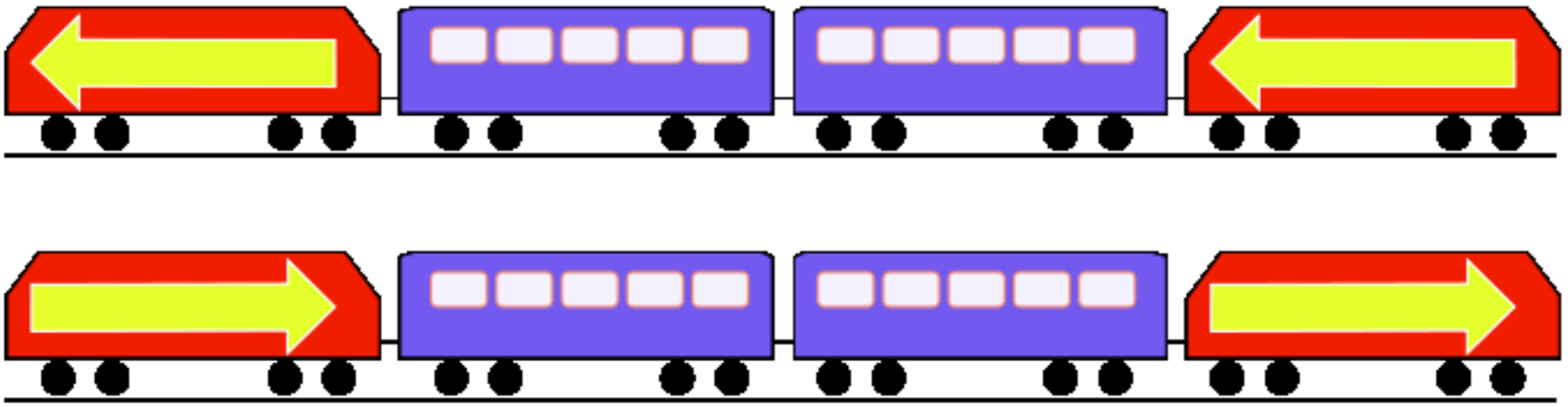
سیستم لکوترول

- ✓ **اعزام قطارهای باری طویل و سنگین (لکوترول، دالگاژ)**

سیستم دالگاژ (کلمه روسی به معنای «هل دادن از پشت»)

یک دیزل کمکی در یکی از ایستگاههای طرفین سیرگاه بحرانی از انتها به قطار متصل شده، سرعت سیر قطار افزایش‌یافته، سیرگاه از حالت بحرانی خارج خواهد شد.

این روش برای حل مشکلات سیرگاه بحرانی، یک روش موقتی به حساب می آید.



آرایش لوکوموتیوها و واگن ها در سیستم فشاری-کششی (دالگاژ)

✓ **یکسان سازی سرعت قطارها**

یکسان سازی سرعت قطارها باعث حذف توقف قطارها در ایستگاهها برای سبقت گیری قطارهای سریعتر و در نتیجه افزایش ظرفیت می گردد.

با افزایش تعداد قطارهای مسافری به خصوص قطارهای مسافری پراکنده در گراف حرکت مسیر، تعداد توقفات نیز افزایش می یابد.

- ✓ **افزایش سقف سرعت مجاز**

بایستی با توجه به پروفیل مسیر و ویژگی‌های هندسی قوس‌ها انجام شود.

به عنوان مثال، در قوس با شعاع ۳۰۰ متر، نمی‌توان با سرعت بیش از ۶۰ کیلومتربرساعت حرکت نمود.

در صورت اصلاح هندسی قوس می‌توان سرعت مجاز و ظرفیت را افزایش داد.

کدام روش افزایش ظرفیت ؟

تعیین اولویت راهکارهای افزایش ظرفیت

بودجه عمرانی راه آهن در سال ۱۳۹۳
۱۵۰۰ میلیارد تومان

این بودجه محدود
به کدام راهکارها
باید اختصاص یابد
تا جذب بهینه تقاضا حاصل گردد؟

- ✓ الف) مطلوبست محاسبه ظرفیت هریک از سیرگاههای مربوط به محور ریلی و تعیین ظرفیت محور (به روش UIC 405)
- ✓ ب) مطلوبست محاسبه مصرف ظرفیت هریک از سیرگاههای مربوط به محور ریلی و تعیین مصرف ظرفیت محور (به روش UIC 406- 2013)
- ✓ ج) برای هر سیرگاه مطلوبست مقایسه مقدار حجم به ظرفیت (با استفاده از الف) با مقدار مصرف ظرفیت (قسمت ب)

(محاسبات توسط هریک از دانشجویان بایستی برای دو محور (تک خطه و دوخطه) تعیین شده صورت پذیرد)

شماره دانشجویی	کد محور تک خطه	کد محور دوخطه
۹۳۰۷۷۵۴	۸۴	۴۵
۹۳۱۰۴۳۴	۸۳	۱۴
۹۳۱۸۰۰۴	۸۲	۲۰
۹۳۰۷۸۵۴	۷۷	۲
۹۳۱۰۹۱۴	۶۰	۸
۹۳۱۸۹۱۴	۴۹	۲
۹۳۰۹۲۴۴	۴۱	۲۰
۹۳۱۳۱۱۴	۳۹	۱۶
۹۳۲۰۳۹۴	۲۸	۴۵
۹۳۰۹۴۶۴	۲۴	۴۳
۹۳۰۳۷۹۴	۶	۸

مراجع

- پروژه تحقیقاتی «تحلیل تقاضای حمل و نقل بار و ظرفیت محورهای اصلی شبکه راه آهن کشور»، دانشگاه صنعتی اصفهان، کارفرما: راه آهن جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۲-۹۴.
- مسعود یقینی، محمدجواد لسان، ۱۳۸۹: «برنامه ریزی عملیات حمل و نقل ریلی». انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
- UIC, Capacity (UIC code 406). 2013, International Union of Railways (UIC): Paris, France.