

بسم الله الرحمن الرحيم

برنامه ریزی حمل و نقل ریلی

فصل ۲۱: شبیه سازی حرکت قطارها

مدرس: دکتر مسعود یقینی

پائیز ۱۳۸۹

مقدمه

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

- شبیه سازی: به روشها و تکنیکهایی که برای تقلید یک سیستم واقعی بکار می روند، اطلاق می شود.
- شبیه سازی یکی از پر کاربردترین تکنیکهای تحقیق در عملیات می باشد.
- مدل: به مجموعه ای از مفروضات در مورد چگونگی کار کردن یک سیستم گفته می شود.
- انواع مدل‌های شبیه سازی:

- پویا / ایستا

- احتمالی / قطعی

- گسسته / پیوسته

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• اجزای یک مدل شبیه سازی:

– موجودیت (Entity)

– مشخصه ها (Attribute)

– متغیرها (Variables)

– منابع (Resources)

– صف (Queue)

– انباشتگرهای آماری (Statistical Accumulator)

– پیشامدها (Events)

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• برخی از کاربردهای شبیه سازی در راه آهن:

- شبیه سازی حرکت قطارها
- شبیه سازی عملیات مانور در محوطه های مانوری
- شبیه سازی توزیع واگنهای خالی
- شبیه سازی تخصیص لوکوموتیوها
- شبیه سازی سیکل کاری خدمه
- شبیه سازی ایستگاه های مسافری

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• شبیه سازی حرکت قطارها به سه منظور متفاوت انجام می شود:

– شبیه سازی برای محاسبه عملکرد قطارها

- محاسبه زمان سیر
- محاسبه سوخت مصرفی
- نمودار سرعت – مسافت

– شبیه سازی جهت زمانبندی حرکت قطارها

- زمانبندی حرکت قطارها
- میزان تاخیرات

– شبیه سازی بمنظور تجزیه و تحلیل ظرفیت

- محاسبه متوسط تاخیرات قطارها برای تعداد قطارهای مختلف
- مدت زمان اشغالی بلاکها

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• شبیه سازی کامپیوتری برای زمانبندی حرکت قطارها به دو صورت عمل می کنند:

- شبیه سازی صرف و نشان دادن Conflict ها
- شبیه سازی به علاوه ارائه زمان پیشنهادی

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• ورودیهای اصلی مدل شبیه سازی حرکت قطارها:

- برنامه حرکت قطارهای مسافری
- توزیع احتمال تاخیرات قطارهای مسافری
- توزیع احتمال فواصل زمان اعزام قطارهای باری
- مبدا و مقصد قطارهای باری
- توزیع احتمال مدت زمان توقف قطارهای باری در هر ایستگاه
- اولویت بندی قطارها
- مدت زمان آزادسازی هر بلاک
- مدت زمان گرفتن مجوز و ورود قطار به بلاکها برای قطاری که از حالت توقف وارد بلاک می شود
- توزیع احتمال زمان سیر قطارهای مسافری و باری در هر بلاک
- زمان سیر هر قطار در فاصله سیگنال هشدار تا شروع بلاک بعدی
- زمانهای حائل

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• خروجی های مدل شبیه سازی حرکت قطارها:

- زمان ورود و خروج هر قطار از هر ایستگاه
- میزان تاخیر هر قطار
- میانگین تاخیر قطارها در روز
- نمودار میزان تاخیرات بر حسب تعداد قطارهای اعزام شده
- تعداد قطارهای موجود در هر ایستگاه در مدت شبیه سازی
- تعداد قطار اعزام شده از هر ایستگاه
- زمان اشغال و آزاد شدن هر بلاک
- درصد اشغالی هر بلاک در مسیر رفت و برگشت

یک مثال ساده

یک مثال

- مثال: شبکه ای را که شامل ۳ ایستگاه در نظر بگیرید.
 - جدول زمانبندی قطارها برای مسیر A به C بشرح زیر است.
 - زمان آزاد سازی بلاک برای همه حالتها ۳ دقیقه فرض شده است.
 - کلیه قطارهای ورودی به ایستگاه B (از هر دو جهت) ۴ دقیقه توقف برنامه ریزی شده در ایستگاه B دارند.

قطار	اعزام از A	زمان سیر در A-B (دقیقه)	ورود به B	اعزام از B	زمان سیر در B-C (دقیقه)	ورود به C
1	10:00	24	10:24	10:28	25	10:53
3	11:00	24	11:24	11:28	25	11:53
5	12:00	24	12:24	12:28	25	12:53

یک مثال

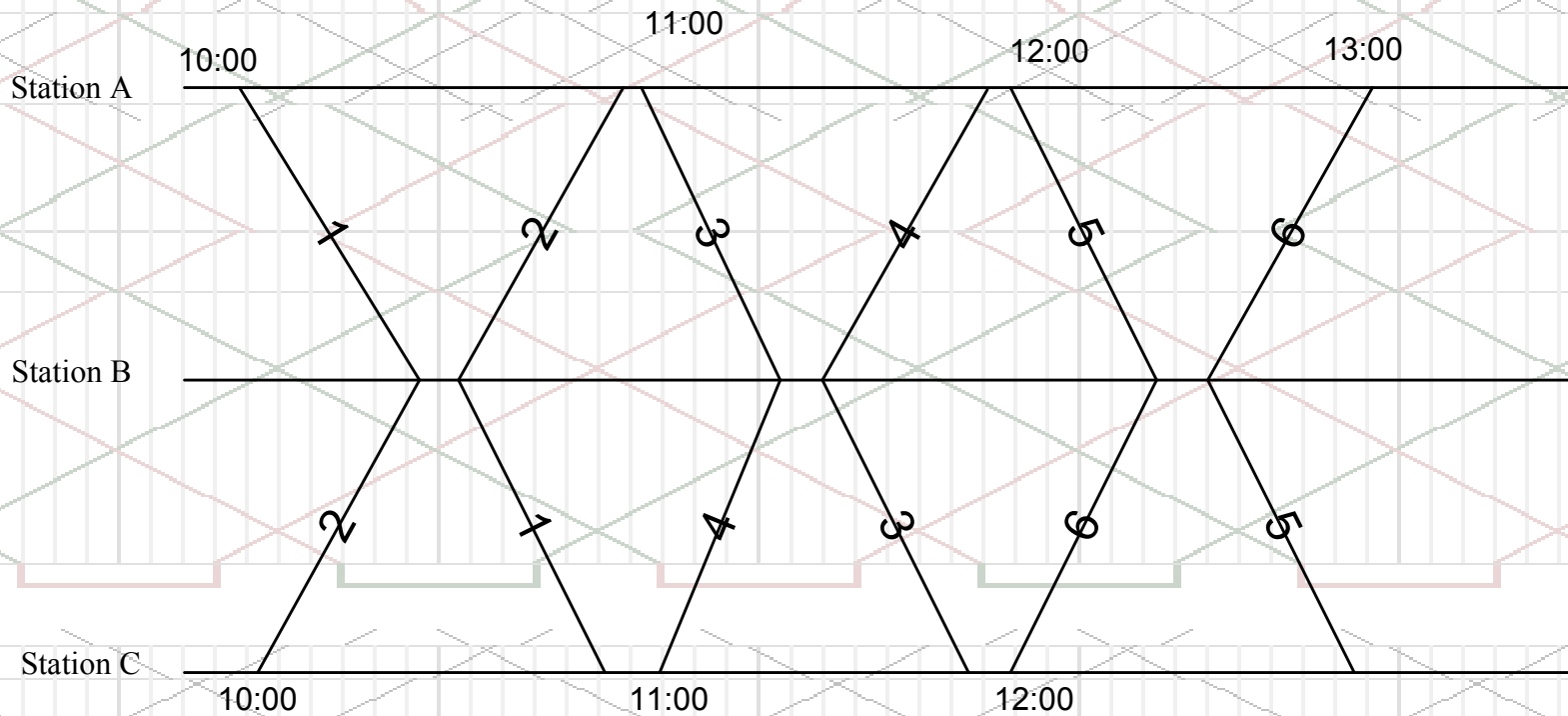
• جدول زمانبندی مسیر C به A بشرح زیر است.

قطار	اعزام از C	زمان سیر در C-B (دقیقه)	ورود به B	اعزام از B	زمان سیر در B-A (دقیقه)	ورود به A
2	10:00	24	10:24	10:28	24	10:52
4	11:00	24	11:24	11:28	24	11:52
6	12:00	24	12:24	12:28	24	12:52

• فرض کنید قطار شماره یک (ساعت ۱۰)، با ده دقیقه تاخیر از ایستگاه A اعزام شود. مجموع زمان تاخیرات را محاسبه کنید.

یک مثال

• گراف قطارها بدون تاخیر:



یک مثال

Just Finished Event				Train Delay Time	Total Delay Time	Event Calendar			
Train No.	Station	Event Type	Time			Train No.	Station	Event Type	Time
-	-	Init	10:00	-	-	2	C	Departure	10:00
						1	A	Departure	10:10
						-	0	END	13:00
2	C	Departure	10:00	0	0	1	A	Departure	10:10
						2	B	Arrival	10:24
						-	-	END	13:00
1	A	Departure	10:10	10	10	2	B	Arrival	10:24
						1	B	Arrival	10:34
						-	-	END	13:00
2	B	Arrival	10:24	-	10	1	B	Arrival	10:34
						2	B	Departure	10:37
						-	-	END	13:00
1	B	Arrival	10:34	-	10	2	B	Departure	10:37
						1	B	Departure	10:37
						-	-	END	13:00
2	B	Departure	10:37	9	19	1	B	Departure	10:37
						2	A	Arrival	11:01
						-	-	END	13:00
1	B	Departure	10:37	9	28	2	A	Arrival	11:01
						1	C	Arrival	11:02
						-	-	END	13:00

یک مثال

Just Finished Event				Train Delay Time	Total Delay Time	Event Calendar			
Train No.	Station	Event Type	Time			Train No.	Station	Event Type	Time
2	A	Arrival	11:01	-	28	1	C	Arrival	11:02
						3	A	Departure	11:04
						-	-	END	13:00
1	C	Arrival	11:02	-	28	3	A	Departure	11:04
						4	C	Departure	11:05
						-	-	END	13:00
3	A	Departure	11:04	4	32	4	C	Departure	11:05
						3	B	Arrival	11:28
						-	-	END	13:00
4	C	Departure	11:05	5	37	3	B	Arrival	11:28
						4	B	Arrival	11:29
						-	-	END	13:00
3	B	Arrival	11:28	-	37	4	B	Arrival	11:29
						3	B	Departure	11:32
						-	-	END	13:00
4	B	Arrival	11:29	-	37	3	B	Departure	11:32
						4	B	Departure	11:32
						-	-	END	13:00
3	B	Departure	11:32	4	41	4	B	Departure	11:32
						4	A	Arrival	11:56
						-	-	END	13:00

یک مثال

Just Finished Event				Train Delay Time	Total Delay Time	Event Calendar			
Train No.	Station	Event Type	Time			Train No.	Station	Event Type	Time
4	B	Departure	11:32	4	45	4	A	Arrival	11:56
						3	C	Arrival	11:57
						-	-	END	13:00
4	A	Arrival	11:56	-	45	3	C	Arrival	11:57
						6	C	Departure	12:00
						-	-	END	13:00
3	C	Arrival	11:57	-	45	6	C	Departure	12:00
						5	A	Departure	12:00
						-	-	END	13:00
6	C	Departure	12:00	-	45	5	A	Departure	12:00
						6	B	Arrival	12:24
						-	-	END	13:00
5	A	Departure	12:00	-	45	6	B	Arrival	12:24
						5	B	Arrival	12:24
						-	-	END	13:00
6	B	Arrival	12:24	-	45	5	B	Arrival	12:24
						6	B	Departure	12:28
						-	-	END	13:00
5	B	Arrival	12:24	-	45	6	B	Departure	12:28
						5	B	Departure	12:28
						-	-	END	13:00

یک مثال

Just Finished Event				Train Delay Time	Total Delay Time	Event Calendar			
Train No.	Station	Event Type	Time			Train No.	Station	Event Type	Time
6	B	Departure	12:28	-	45	5	B	Departure	12:28
						6	A	Arrival	12:52
						-	-	END	13:00
5	B	Departure	12:28	-	45	6	A	Arrival	12:52
						5	C	Arrival	12:53
						-	-	END	13:00
6	A	Arrival	12:52	-	45	5	C	Arrival	12:53
						-	-	END	13:00
5	C	Arrival	12:53	-	45	-	-	END	13:00
-	-	END	13:00	-	45	-	-	-	-

شبیه سازی حرکت قطارها در محور تهران - گرمسار

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• اجزای مدل:

– موجودیت (Entity):

• قطار

– مشخصه ها (Attribute):

• زمان اعزام

• نوع قطار

• اولویت قطار

• مبدا و مقصد قطار

• میزان توقف قطار در هر ایستگاه

• زمان سیر قطار در هر بلاک

• زمان سیر قطار در فاصله سیگنال هشدار

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• اجزای مدل (ادامه):

– متغیرها (Variables):

- زمان شبیه سازی
- وضعیت بلاکها (اشغال / آزاد)
- بلاک قبلی و بعدی هر قطار
- ایستگاه قبلی و بعدی هر قطار
- زمان آزاد شدن هر بلاک در صورت اشغال بودن

– منابع (Resources):

- بلاکها
- ایستگاه ها

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

- اجزای مدل (ادامه):

- صف (Queue):

- تعداد قطارهای موجود در یک ایستگاه جهت ورود به بلاک

- انباشتگرهای آماری (Statistical Accumulator):

- تعداد قطارهای اعزام شده از هر ایستگاه

- مجموع زمانهای توقف هر قطار

- میزان اشغالی بلاک ها

- پیشامدها (Events):

- اعزام قطار

- ورود قطار به ایستگاه جهت توقف

- ورود قطار به ایستگاه جهت عبور

- رسیدن قطار به نقطه ای که سیگنال هشدار دیده می شود.

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• مدل شبیه سازی حرکت قطارها:

– پویا

– گسسته

– احتمالی

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

- فایل‌های سیستم:

- فایل مشخصات قطار

- شماره قطارها
- مبدا و مقصد قطارها
- اولویت قطارها
- زمان اضافی
- نوع قطار

- زمان حرکت قطارها

- شماره قطارها
- زمان اعزام
- میزان توقف در ایستگاه‌های بین راهی

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

- فایل‌های سیستم: (ادامه)

- فایل بلاکها

- شماره بلاک
- زمان آزاد سازی بلاک ها

- فایل زمان سیر قطارها در بلاک ها

- شماره قطارها
- شماره بلاک
- زمان سیر
- زمان سیر در فاصله سیگنال هشدار

- فایل ایستگاه ها

- شماره ایستگاه
- زمان استقرار قطار در ایستگاه

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

- فایل‌های سیستم: (ادامه)

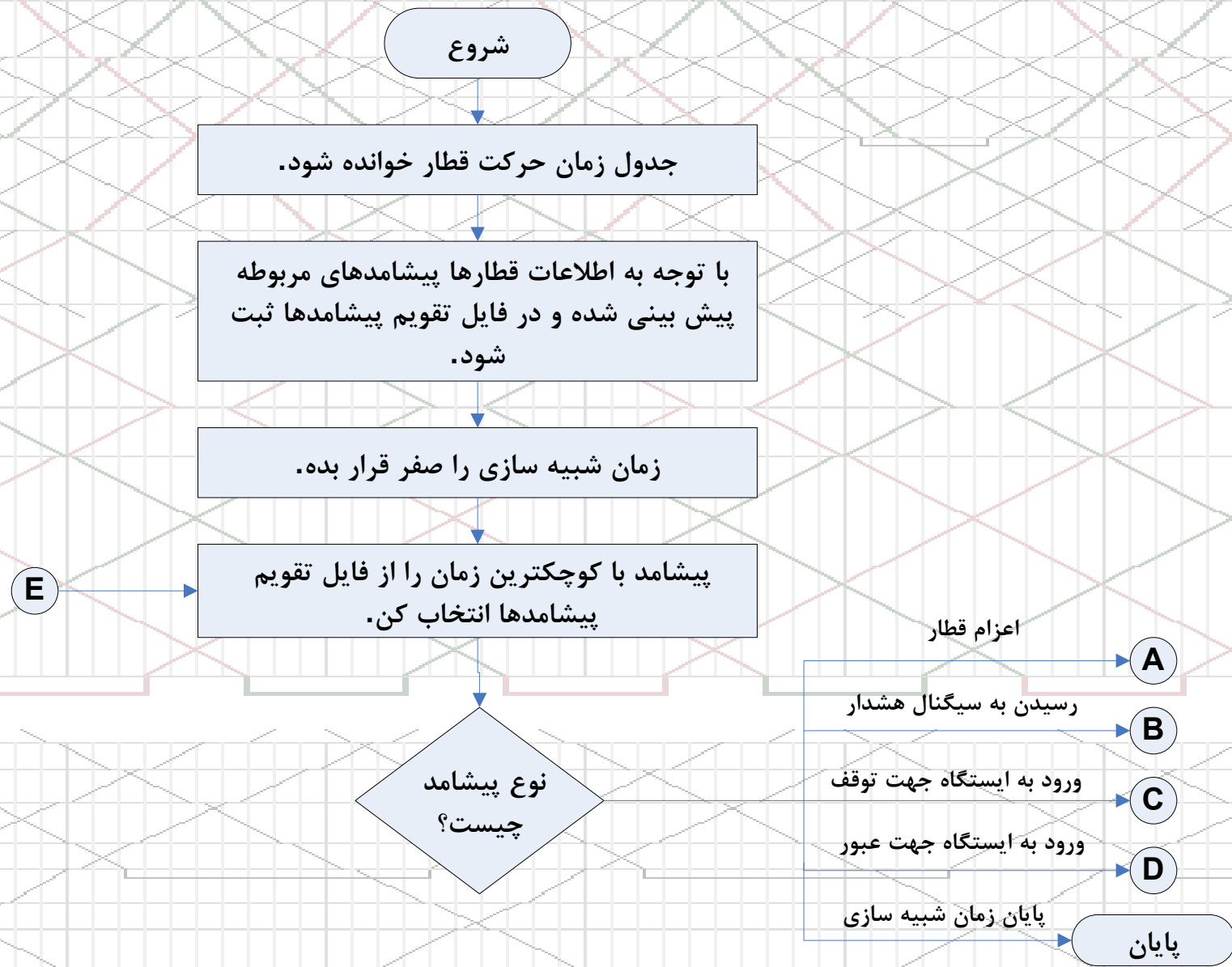
- فایل تقویم پیشامدها

- زمان پیشامد
- نوع پیشامد
- محل پیشامد
- شماره قطار

- فایل پیشامدها اتفاق افتاده

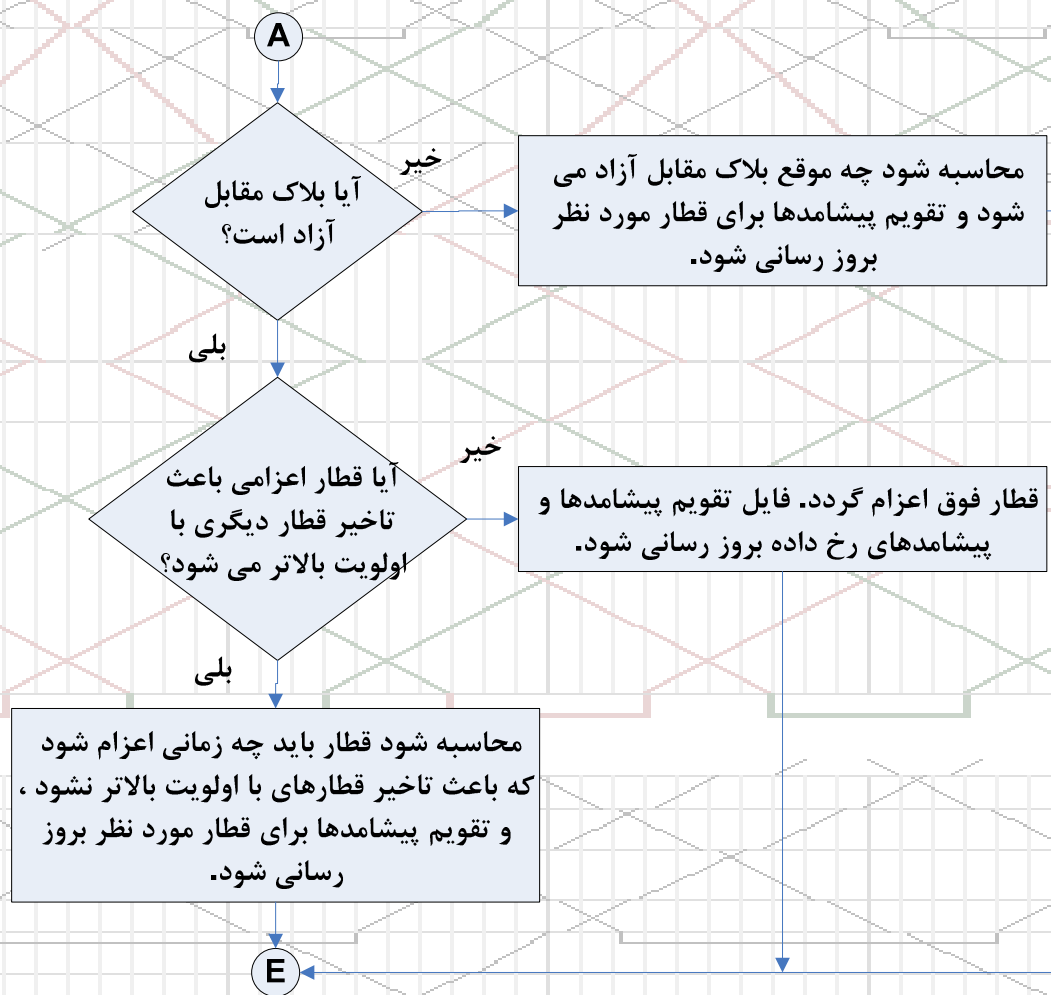
- زمان پیشامد
- نوع پیشامد
- محل پیشامد
- شماره قطار

زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی



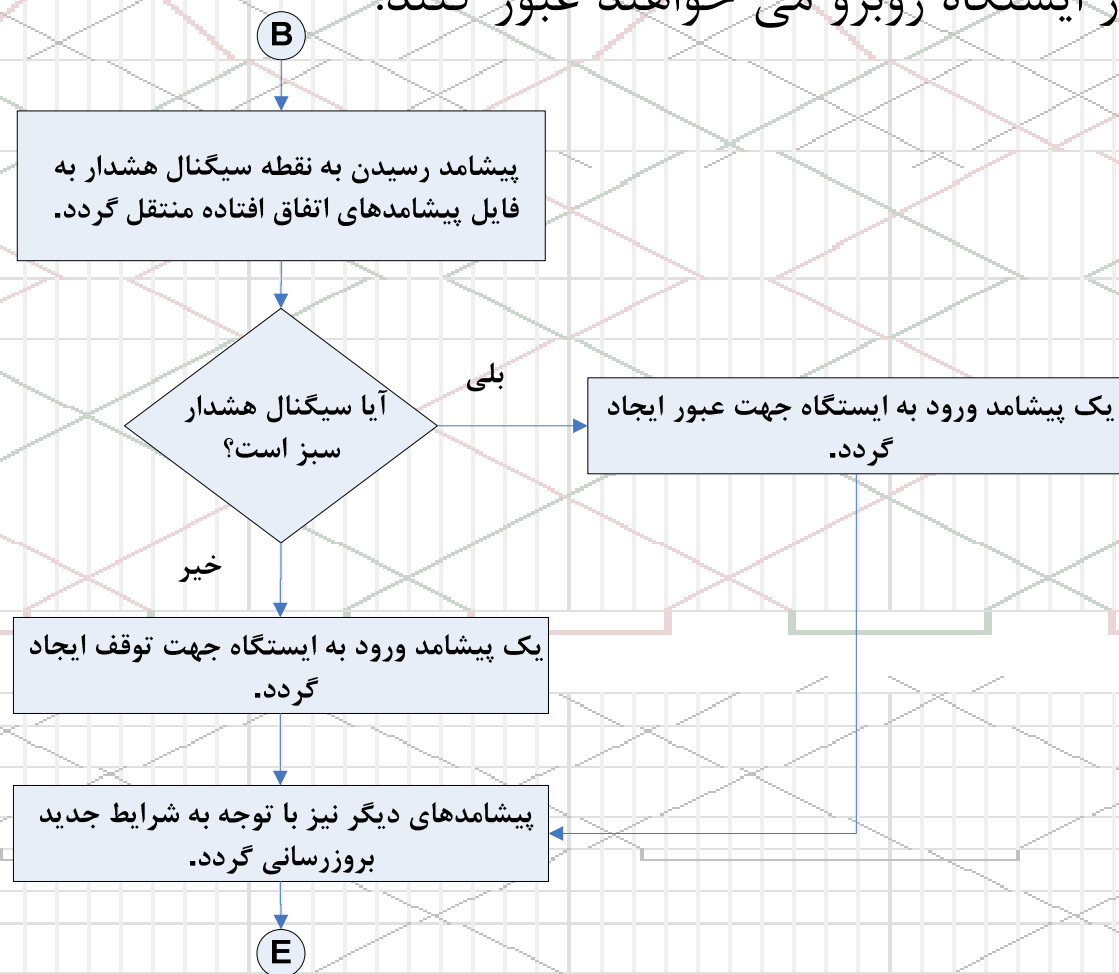
زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• شبیه سازی در حالتی که پیشامد مورد نظر اعزام قطار باشد:



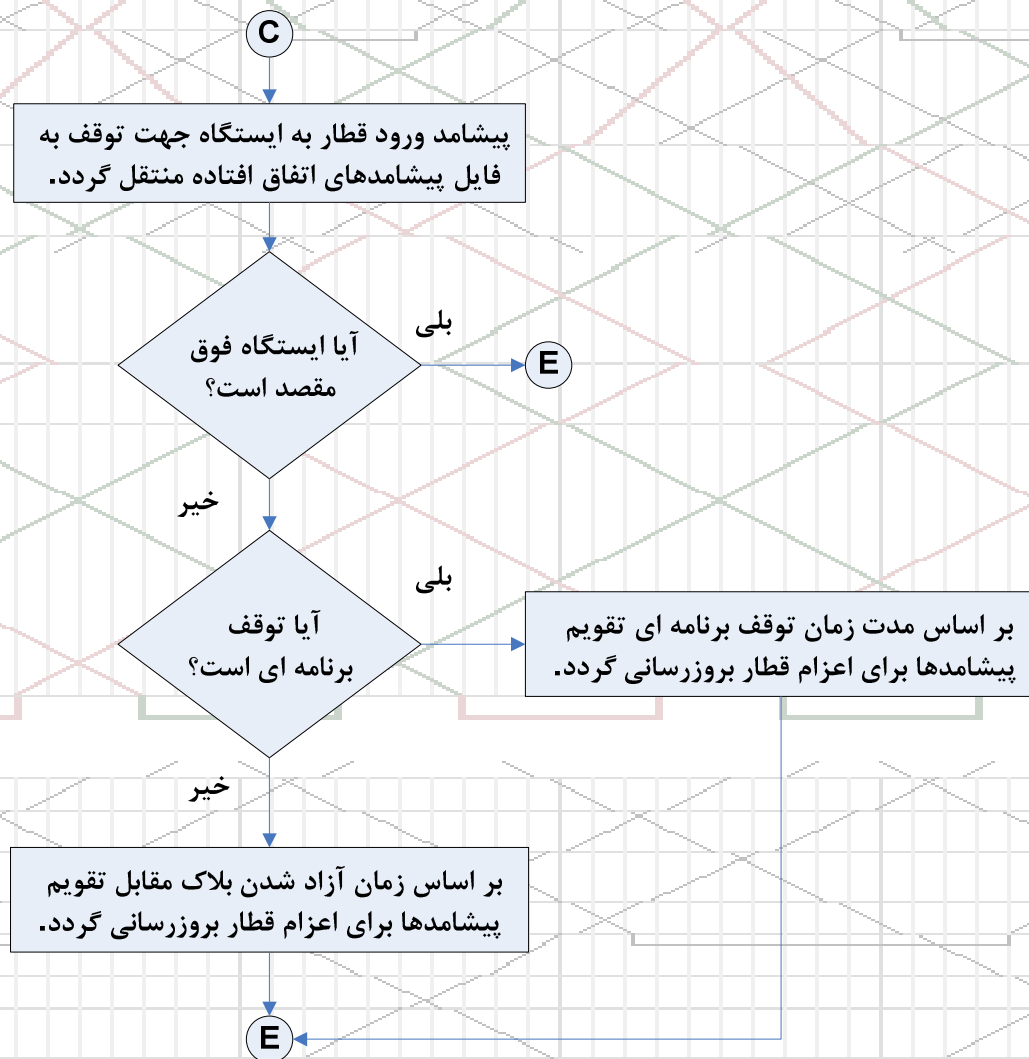
زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

- شبیه سازی قطار در حالتی که پیشامد مورد نظر رسیدن به نقطه ای که سیگنال هشدار (آزاد بودن بلاک بعدی) دیده می شود، است. قطارهایی دارای این پیشامد هستند که از ایستگاه روبرو می خواهند عبور کنند.



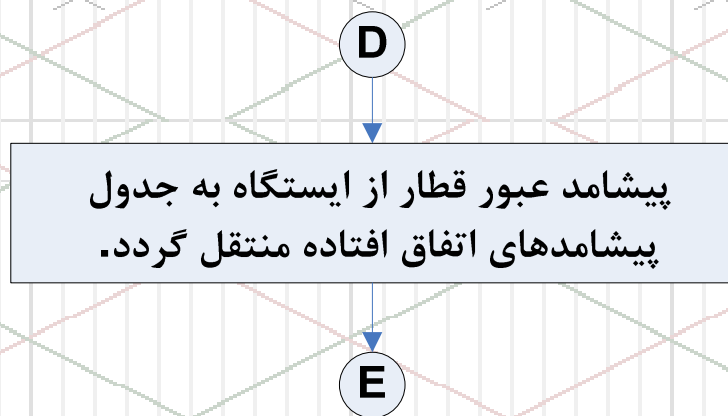
زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

- شبیه سازی در حالتی که پیشامد مورد نظر ورود قطار به ایستگاه جهت توقف باشد.



زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبکه سازی

- شبکه سازی حالتی که پیشامد مورد نظر ورود به ایستگاه جهت عبور باشد.



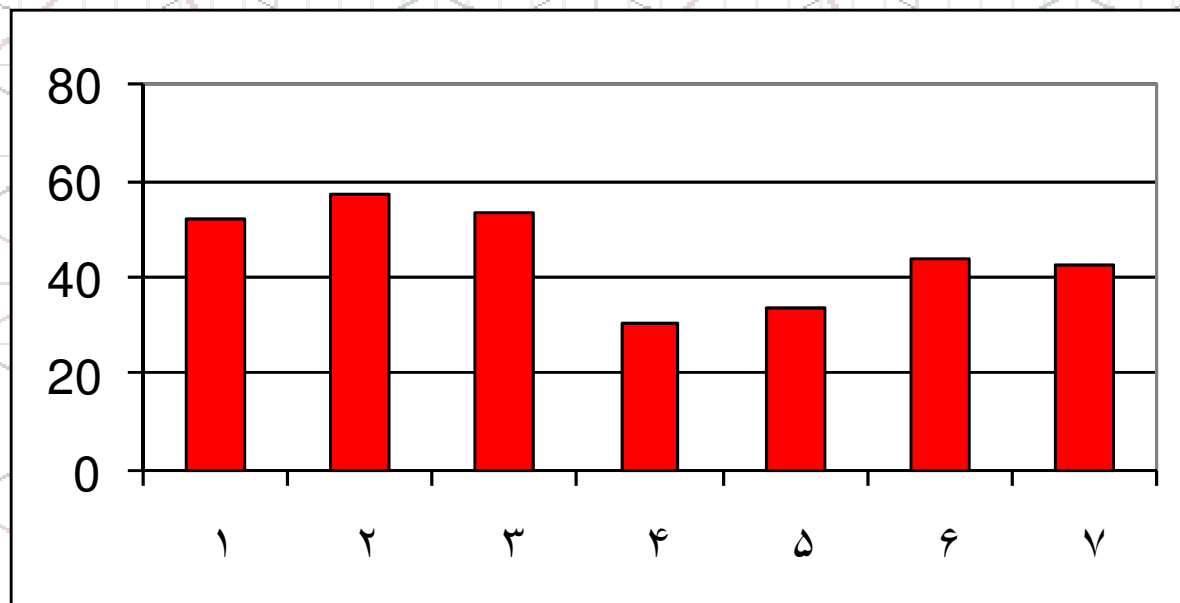
زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• نتایج اجرای مدل برای خط تهران - گرمسار:

وضعیت	تعداد قطارهای مسافری اعزامی در روز	تعداد قطارهای باری اعزامی در روز	میانگین تاخیرات روزانه قطارهای مسافری	میانگین تاخیرات روزانه قطارهای مسافری	میانگین تاخیرات قطارهای باری	میانگین تاخیرات قطارهای باری
وضعیت ۱	۲۸	۹	۱۵۱	۵.۵	۹۸۰	۱۰۸.۹
وضعیت ۲	۲۸	۱۲	۱۸۲	۶.۷	۱۱۶۳	۱۱۶.۳
وضعیت ۳	۲۸	۲۱	۱۹۱	۷	۲۷۰۰	۱۲۸.۵
وضعیت ۴	۲۸	۲۳	۲۰۲	۷.۴	۳۱۰۰	۱۳۴
وضعیت ۵	۲۸	۴۳	۱۸۷	۶.۸	۱۳۹۰۶	۳۲۳.۳
وضعیت ۶	۲۸	۵۶	۲۰۷	۷.۶	۱۹۶۴۱	۳۵۰.۷

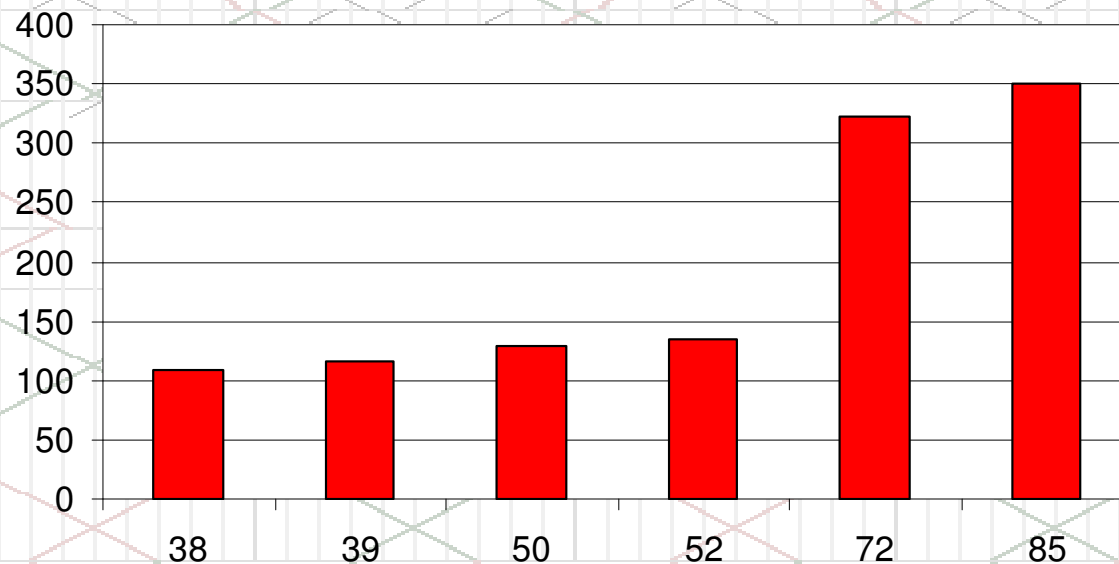
زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• نمودار درصد اشغالی بلاک:



زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی

• نمودار میانگین تاخیرات قطارهای باری بر حسب تعداد قطارهای اعزام شده:



نرم افزار Railsys

نرم افزار Railsys

- محصول شرکت RMCon آلمان

- Rail Management Consultants (RMCon)

- هدف:

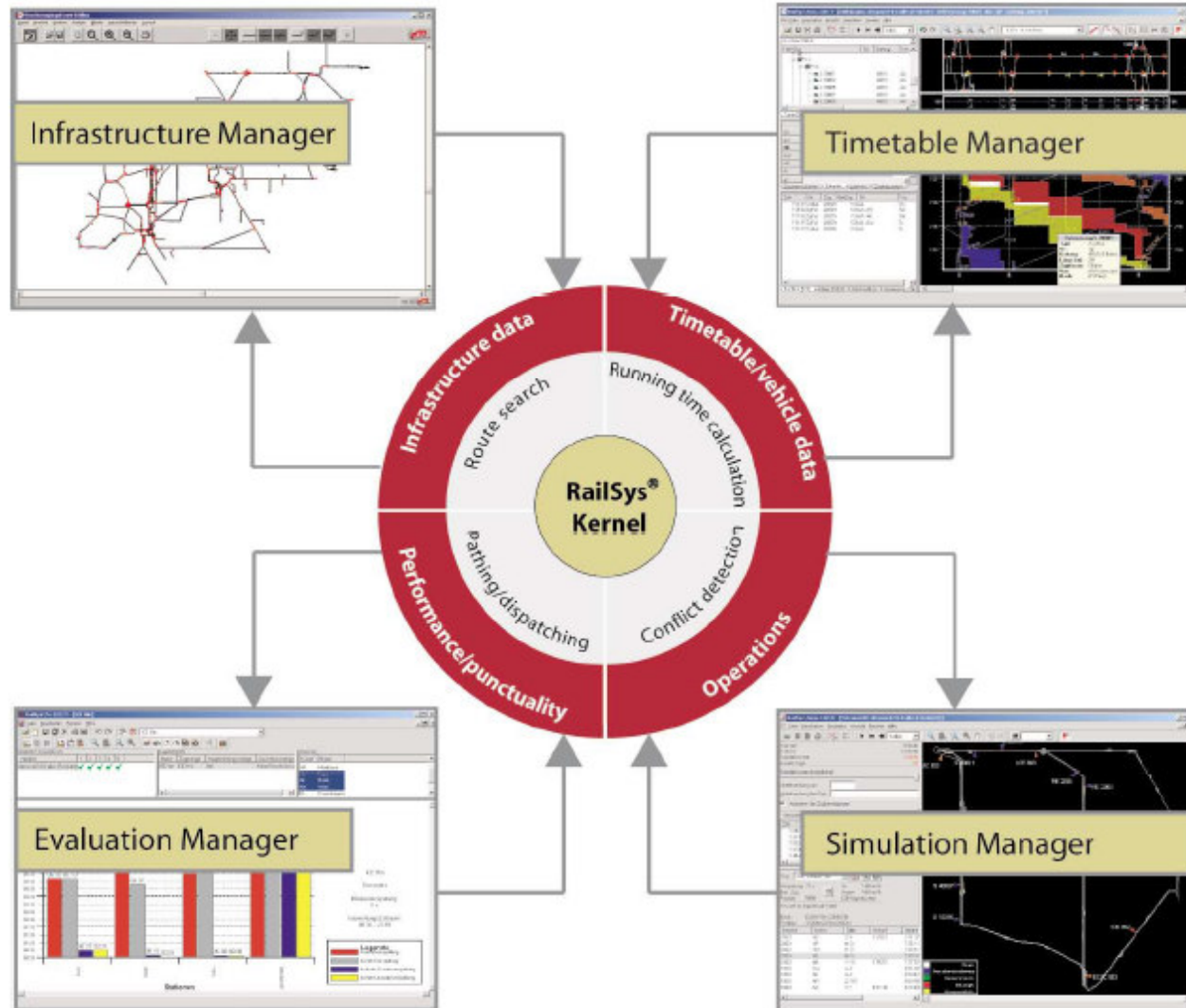
– این نرم افزار با اخذ اطلاعات جامع شبکه ریلی اعم از اطلاعات زیر ساختار، اطلاعات ناوگان مشتمل بر لکوموتیوها، واگن ها و در نهایت قطار و سایر اطلاعات مرتبط، قادر به شبیه سازی و ارائه جدول پیشنهادی زمانبندی حرکت قطار ها می باشد.

نرم افزار Railsys

- این نرم افزار بطور کلی از چهار ماژول اصلی تهیه شده است:
 - مدیریت زیر ساختار (Infrastructural Manager)
 - مدیریت جداول زمان بندی (Timetable Manager)
 - مدیریت شبیه سازی (Simulation Manager)
 - مدیریت ارزیابی و گزارشات (Statistical Manager)

نرم افزار Railsys

• ماژولهای اصلی Railsys



مدیریت زیر ساختار

• مدیریت زیر ساختار

– در این قسمت امکان تعریف و نمایش گرافیکی کلیه المانهای لازم برای طراحی یک مسیر یا شبکه وجود دارد.

– دقت ورود این اطلاعات ۱ متر میباشد.

– دو حالت نمایش کلی و جزئی دارد.

– برخی از اطلاعاتی که در این قسمت وارد سیستم می شود:

• شیب و فراز خط

• قوسها

• حداکثر مجاز سرعت

• سیستم سیگنالینگ

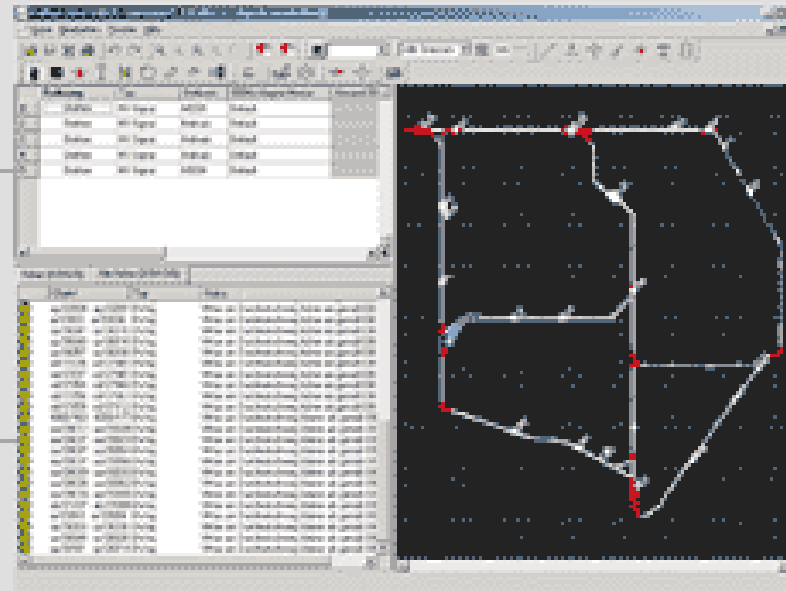
• تونلها

مدیریت زیر ساختار

Infrastructure Manager

Tabular data processing

Error list



Tool bar

Interactive graphic window

مدیریت زیر ساختار

The screenshot displays a software application window with a menu bar (Datei, Bearbeiten, Extras, Hilfe), a toolbar, and a main workspace. The workspace is divided into a data table on the left and a network diagram on the right.

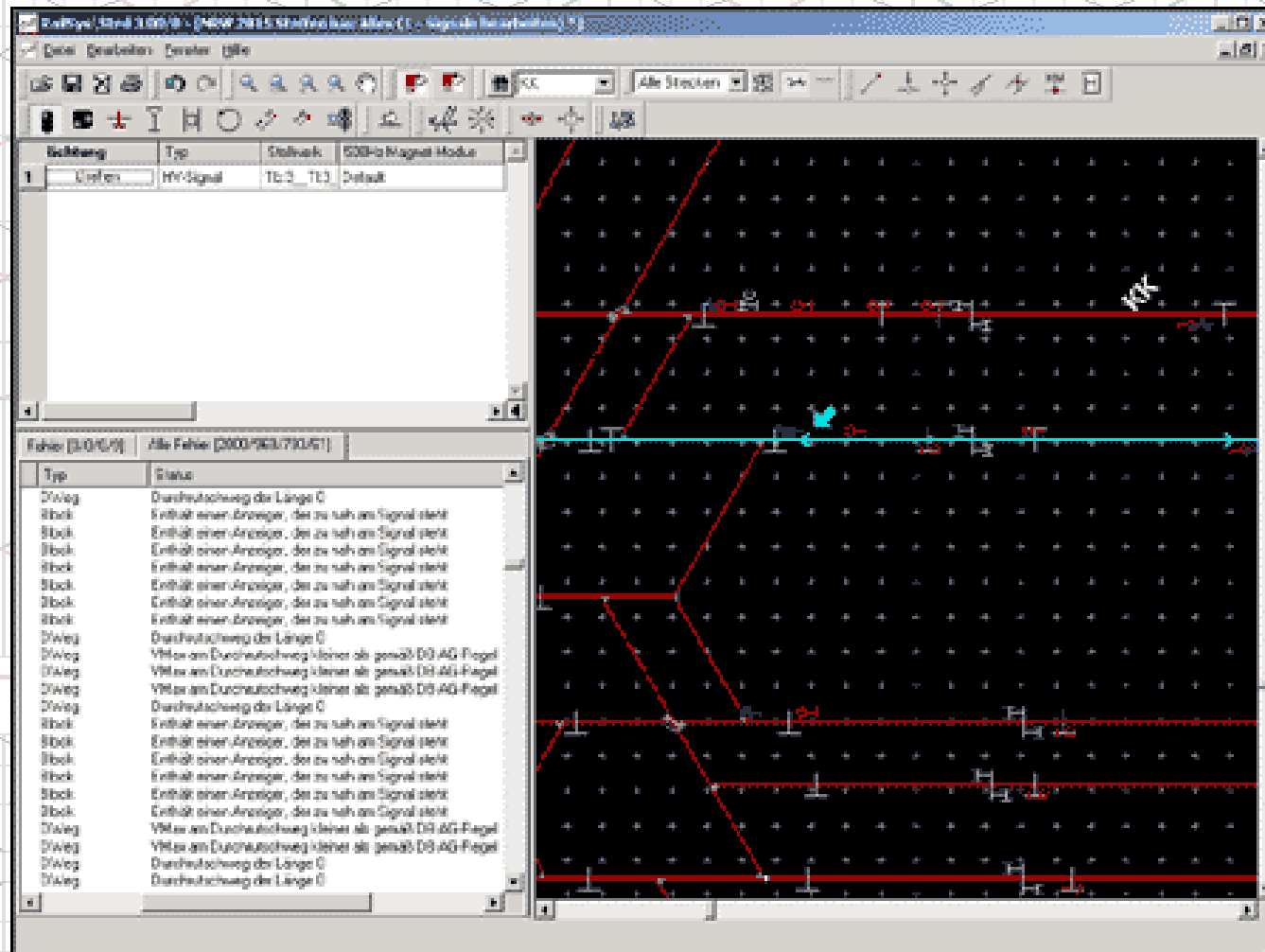
nr	Länge [m]	Wiss [km/h]	Wiss gegen [km/h]	Nöigung [‰]	Ergebnig
25	4341	11	100	130	15.000 ✓
26	4344	28	100	130	15.000 ✓
27	4343	0	100	130	15.000 ✓
28	4346	180	100	130	4.150 ✓
29	4345	0	100	130	4.150 ✓
30	4300	200	80	0	0.010
31	4305	0	100	0	0.010
32	4370	0	100	0	0.010

Below the table are buttons for 'Neu...' and 'Bearbeiten...'. A 'Fehler' (Errors) window is open, showing a list of error types and their statuses. The error list includes:

- DWeg: Durchschweg der Länge 0
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- DWeg: Durchschweg der Länge 0
- DWeg: Wert am Durchschweg kleiner als gemäß D0-AG-Feld
- DWeg: Wert am Durchschweg kleiner als gemäß D1-AG-Feld
- DWeg: Wert am Durchschweg kleiner als gemäß D0-AG-Feld
- DWeg: Durchschweg der Länge 0
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- Block: Enthält einen Anzeiger, der zu sich am Signal steht
- DWeg: Wert am Durchschweg kleiner als gemäß D0-AG-Feld
- DWeg: Wert am Durchschweg kleiner als gemäß D1-AG-Feld
- DWeg: Durchschweg der Länge 0
- DWeg: Durchschweg der Länge 0

The network diagram on the right shows a complex web of white lines representing connections, with red dots at various nodes and intersections.

مدیریت زیر ساختار



مدیریت جداول زمانبندی

- مدیریت جداول زمانبندی:

– با استفاده از ماژول مدیریت جداول زمانبندی، می توان اطلاعات قطارها را وارد سیستم نمود.

– زمان سیر به دو صورت در نرم افزار قابل استفاده است، یکی محاسبه زمان سیر توسط نرم افزار و دیگری وارد نمودن متوسط زمان سیر توسط کاربر.

– بعد از وارد کردن جدول زمانی اولیه، محلهای تلاقی قطارها بصورت گرافیکی بر روی کل شبکه نمایش داده می شود.

– نتایج جدول زمانبندی را می توان بصورت جدول Excel و یا بصورتی گرافیکی دریافت کرد.

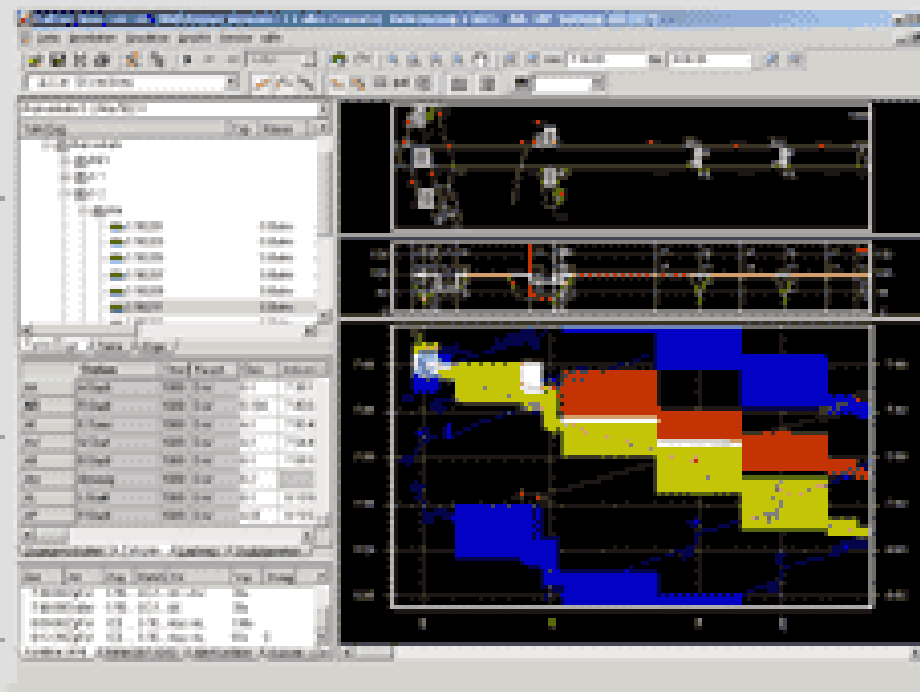
مدیریت جداول زمانبندی

Timetable Manager

*Hierarchical train
and pattern list*

Timetable tabular

Conflicts



Track layout

*Speed
distance graph*

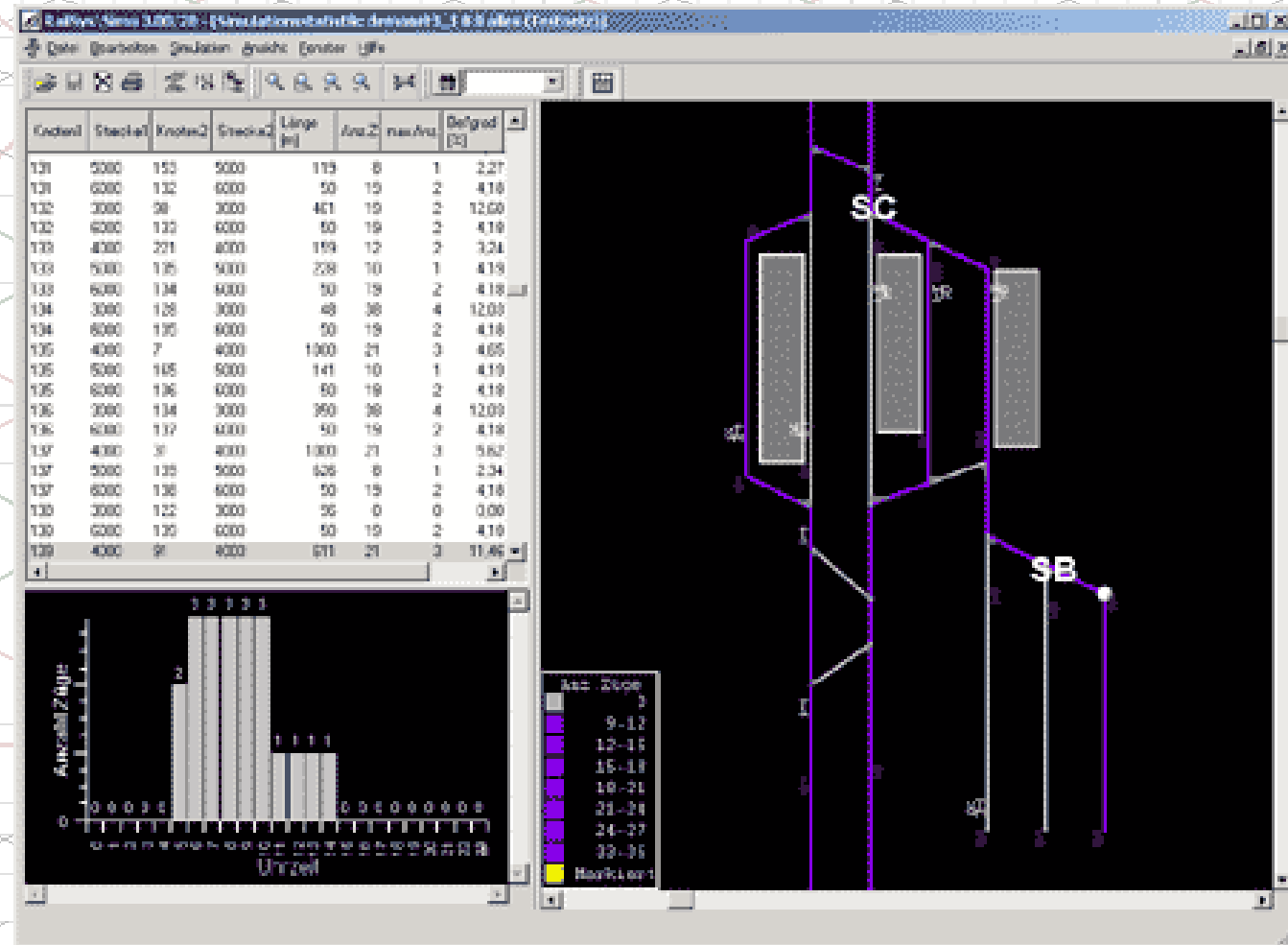
*Graphical
timetable*

مدیریت شبیه سازی

• مدیریت شبیه سازی

- این ماژول در حقیقت قلب این نرم افزار میباشد، و توسط آن شبیه سازی و زمان بندی حرکت قطارها انجام می شود.
- حرکت قطارها را می توان روی شبکه بصورت انیمیشن مشاهده کرد.
- این ماژول زمانهای پیشنهادی را برای زمانبندی قطارها پیشنهاد می دهد.

مدیریت شبکه سازی



مدیریت ارزیابی و گزارشات

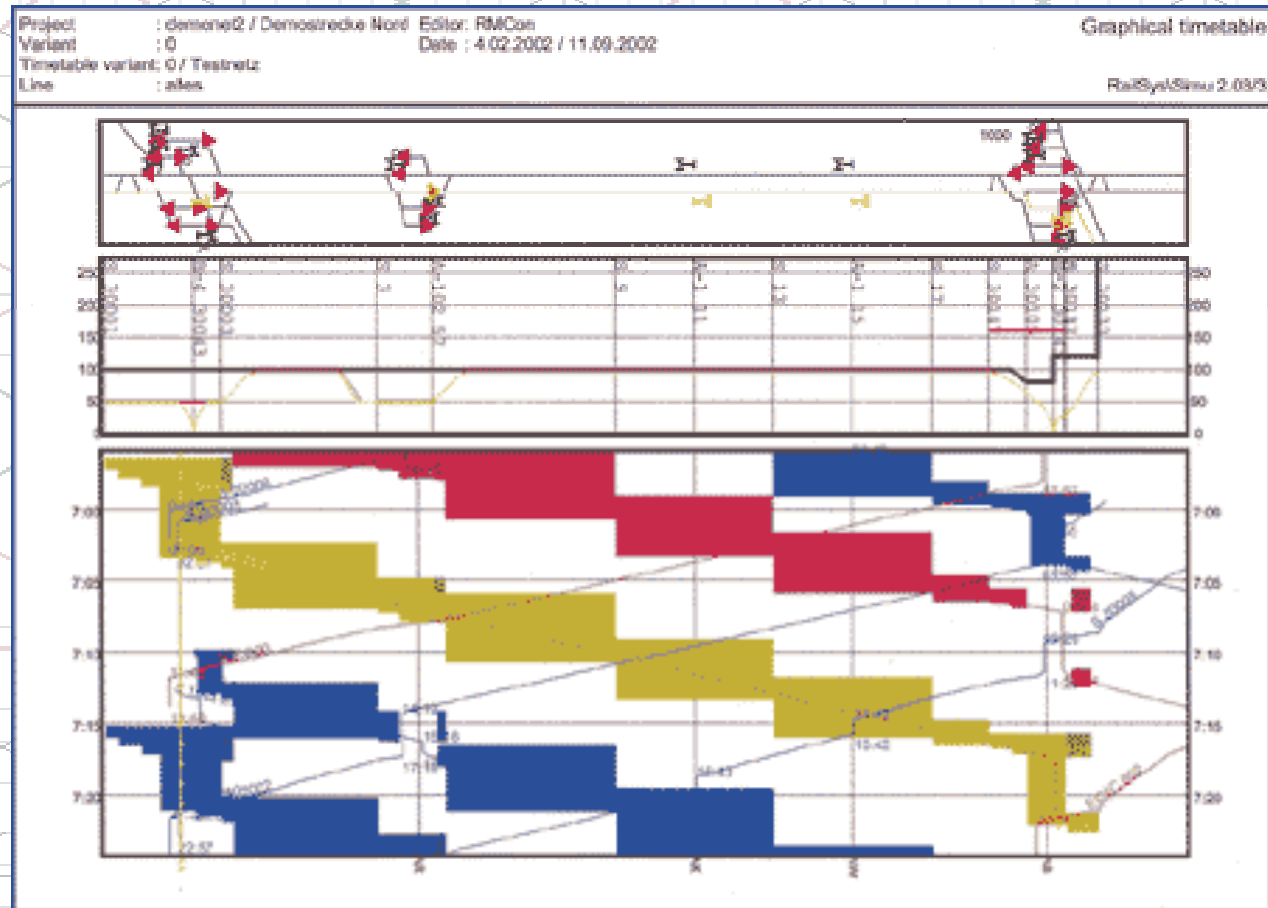
• مدیریت ارزیابی و گزارشات

– از طریق این ماژول می توان گزارشات متنوعی را با فرمت های مختلف از سیستم گرفت از جمله:

- میانگین تاخیر هر قطار (در اعزام و در رسیدن به مقصد)
- تعداد قطارهایی که تاخیر داشته اند (در اعزام و در رسیدن به مقصد)
- توزیع احتمالی تاخیرات
- تاخیرات در هر ایستگاه

مدیریت ارزیابی و گزارشات

• زمانبندی حرکت قطارها بصورت گرافیکی



مدیریت ارزیابی و گزارشات

زمانبندی حرکت قطارها بصورت جدول زمانی

RailSys/Simu++
 2.00/3

User: amh01
 Project: demonet2
 Variant: 0

Wednesday, 11. September 2002
 11:59:12

Page 1 of 1

Table of running times

Train number: 301 (3 ICE 3)

Station	Station/ Track	Arrival	Departure	Drift time	Drift time margin	Dwell time margin	Running time	Minimum running time	Running time margin	Complete margin
AA	Amsterdam	05:29:55	05:34:35	05:35	03:00	02:00				02:00
AR	Roos	05:39:25	05:39:25							
AK	Kopenhagen	05:43:41	05:43:41							
AW	Wien	05:46:16	05:46:16							
AB	Berlin	05:49:26	05:49:26	04:49	02:00	02:40	14:31	13:42	00:49	00:29
KK	Köln	05:58:45	05:58:45							
MM	Malland	06:02:43	06:02:43							
PP	Prag	06:07:19	06:07:19							
DD	Düsseldorf	06:11:09	06:13:29	02:39	02:00	00:30	17:03	16:05	00:58	01:28
GG	Göteborg	06:20:00	06:20:00							
MM	Moskva	06:23:39	06:23:39							
BB	Birmingham	06:28:03	06:28:03							
YY	York	06:31:21	06:31:21							
VV	Valencia	06:36:32	06:36:32							
HH	Hannover	06:37:46	06:37:46				24:07	22:17	01:50	01:50

پایان