

# شبیه سازی حرکت قطارها

مدرس: دکتر مسعود یقینی

# ۱- 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.

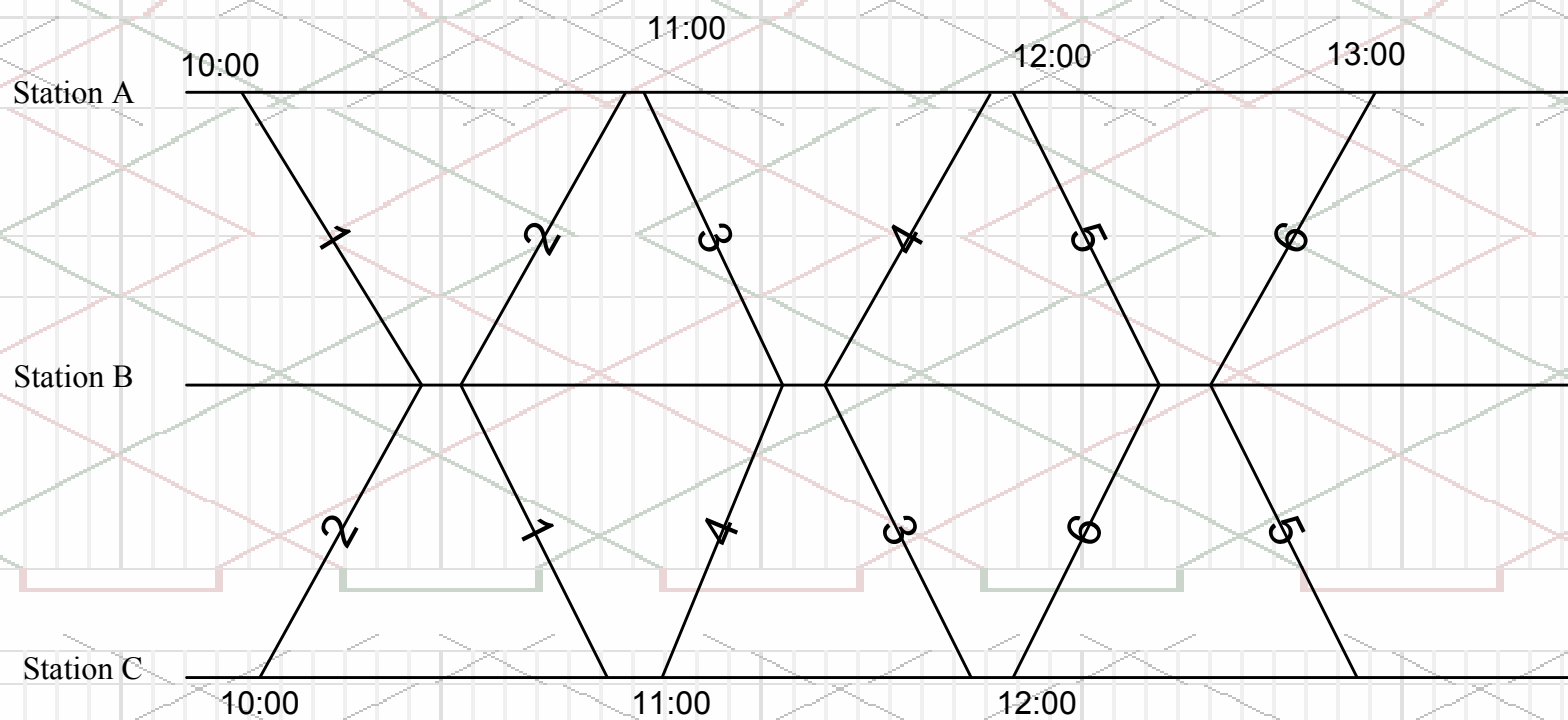
قطار	اعزام از A	زمان سیر در A-B (دقیقه)	ورود به B	اعزام از B	زمان سیر در B-C (دقیقه)	ورود به C
1	10:00	24	10:24	10:28	25	10:53
3	11:00	24	11:24	11:28	25	11:53
5	12:00	24	12:24	12:28	25	12:53

• 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.

## • گراف قطارها بدون تاخیر:



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	10:38
						-	-	END	13:00
2	B	Departure	10:37	7	17	1	B	Departure	10:38
						2	A	Arrival	11:01
						-	-	END	13:00
1	B	Departure	10:38	10	27	2	A	Arrival	11:01
						1	C	Arrival	11:03
						-	-	END	13:00

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	-	27	1	C	Arrival	11:03
1	C	Arrival	11:03	-	27	3	A	Departure	11:04
						-	-	END	13:00
						3	A	Departure	11:04
3	A	Departure	11:04	4	31	4	C	Departure	11:06
						-	-	END	13:00
						4	C	Departure	11:06
4	C	Departure	11:06	6	37	3	B	Arrival	11:28
						-	-	END	13:00
						4	B	Arrival	11:30
3	B	Arrival	11:28	-	37	4	B	Arrival	11:30
						3	B	Departure	11:33
						-	-	END	13:00
4	B	Arrival	11:30	-	37	3	B	Departure	11:33
						4	B	Departure	11:34
						-	-	END	13:00

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	Arrival	11:30	-	37	3	B	Departure	11:33
						4	B	Departure	11:34
						-	-	END	13:00
3	B	Departure	11:33	5	42	4	B	Departure	11:34
						3	C	Arrival	11:58
						-	-	END	13:00
4	B	Departure	11:34	6	48	3	C	Arrival	11:58
						4	A	Arrival	11:58
						-	-	END	13:00
3	C	Arrival	11:58	-	48	4	A	Arrival	11:58
						6	C	Departure	12:01
						-	-	END	13:00
4	A	Arrival	11:58	-	48	6	C	Departure	12:01
						5	A	Departure	12:01
						-	-	END	13:00
6	C	Departure	12:01	1	49	5	A	Departure	12:01
						6	B	Arrival	12:25
						-	-	END	13:00
5	A	Departure	12:01	1	50	6	B	Arrival	12:25
						5	B	Arrival	12:25
						-	-	END	13:00



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	Arrival	12:25	-	50	5	B	Arrival	12:25
						6	B	Departure	12:29
						-	-	END	13:00
5	B	Arrival	12:25	-	50	6	B	Departure	12:29
						5	B	Departure	12:29
						-	-	END	13:00
6	B	Departure	12:29	1	51	5	B	Departure	12:29
						6	A	Arrival	12:53
						-	-	END	13:00
5	B	Departure	12:29	1	52	6	A	Arrival	12:53
						5	C	Arrival	12:54
						-	-	END	13:00
6	A	Arrival	12:53	-	52	5	C	Arrival	12:54
						-	-	END	13:00
5	C	Arrival	12:54	-	52	-	-	END	13:00
-	-	END	13:00	-	52	-	-	-	-

## ۲- زمانبندی حرکت قطارها بوسیله شبیه سازی کامپیوتری

- 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

## اجزای مدل شبیه سازی:

- موجودیت (*Entity*)
- مشخصه ها (*Attribute*)
- متغیرها (*Variables*)
- منابع (*Resources*)
- صف (*Queue*)
- جمع کننده های آماری (*Statistical Accumulator*)
- پیشامدها (*Events*)

## برخی از کاربردهای شبیه سازی در راه آهن:

- شبیه سازی حرکت قطارها
- شبیه سازی سازماندهی قطارهای باری در منطقه مانوری
- شبیه سازی توزیع واگنهای خالی
- شبیه سازی چرخه لوکوموتیوها
- شبیه سازی سیکل کاری خدمه
- شبیه سازی ایستگاه ها
- شبیه سازی آلات ناقله مسافری

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

- نمودار تعداد قطار – میزان تاخیرات

- مدت زمان اشغالی بلاکها

• 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

## ورودیهای مدل شبیه سازی حرکت قطارها:

- برنامه حرکت قطارهای مسافری
- توزیع اعزام قطارهای باری
- توزیع تاخیرات قطارها
- اولویت قطارها
- زمان آزادسازی هر بلاک
- زمان استقرار قطارها در هر ایستگاه
- زمان سیر واقعی قطارهای مسافری و باری در هر بلاک
- نوع قطارها
- مدت زمان توقف هر قطار در هر ایستگاه
- توزیع تغییرات زمان سیرها
- مبدا و مقصد هر قطار
- زمان سیر هر قطار در فاصله سیگنال هشدار تا ایستگاه
- زمان حائل (Buffer Time)



## 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

## 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

## • 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

- صف (*Queue*):

- تعداد قطارهای موجود در یک ایستگاه جهت ورود به بلاک

- جمع کننده های آماری (*Statistical Accumulator*):

- تعداد قطار های 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.

• نوع مدل شبیه سازی حرکت قطارها:

— پویا

— گسسته

— احتمالی

## فایل‌های اطلاعاتی ورودی:

- **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

- **فایل بلاکها**

- شماره بلاک
- زمان آزاد سازی بلاک‌ها

## فایل‌های اطلاعاتی ورودی: (ادامه)

- فایل زمان سیر قطارها در بلاک‌ها

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

- فایل ایستگاه‌ها

—	شماره ایستگاه
—	زمان استقرار قطار در ایستگاه

فایل‌های اطلاعاتی که مدل تولید می کند:

- فایل تقویم پیشامدها

— زمان پیشامد

— نوع پیشامد

— محل پیشامد

— شماره قطار

- فایل پیشامدها اتفاق افتاده

— زمان پیشامد

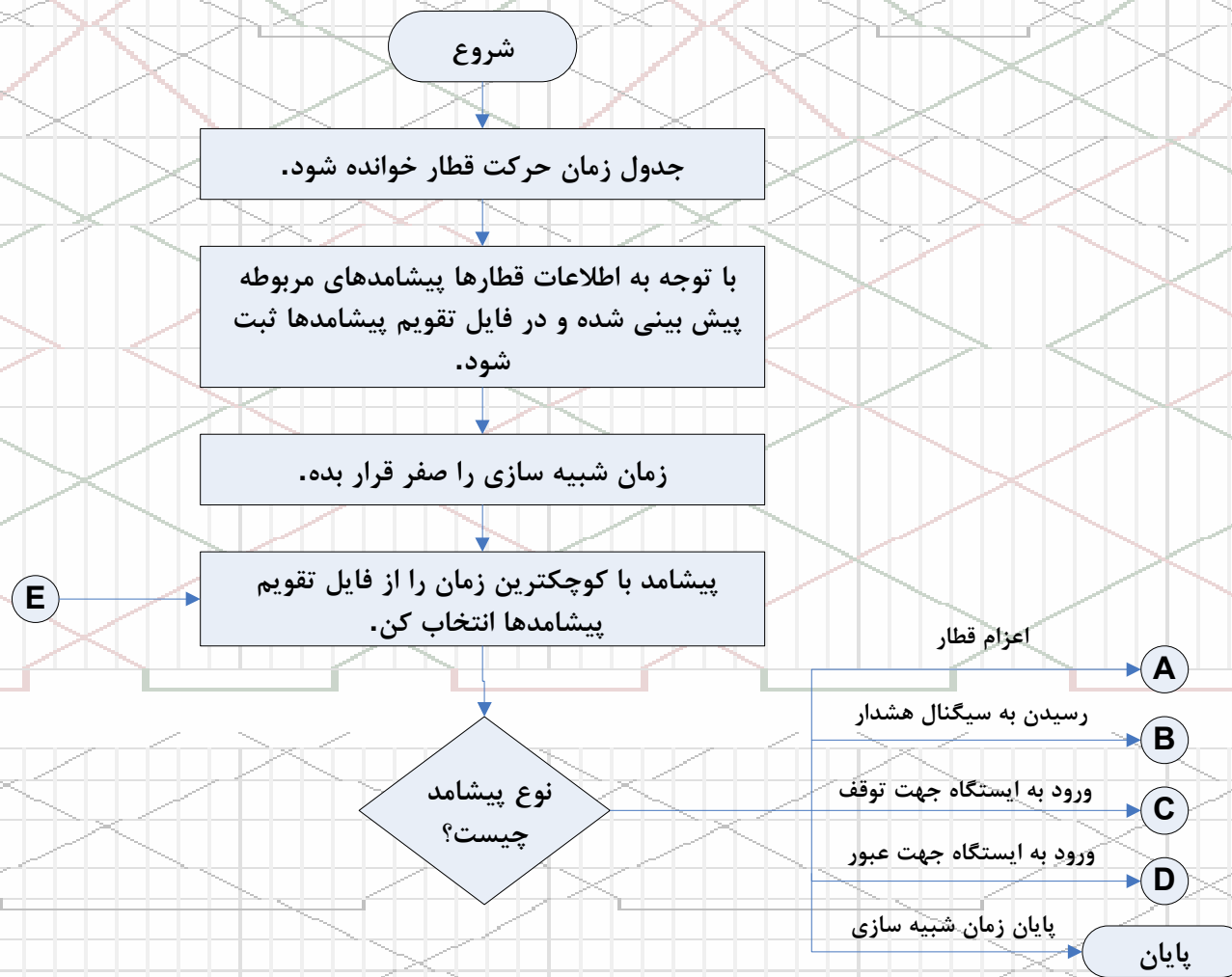
— نوع پیشامد

— محل پیشامد

— شماره قطار

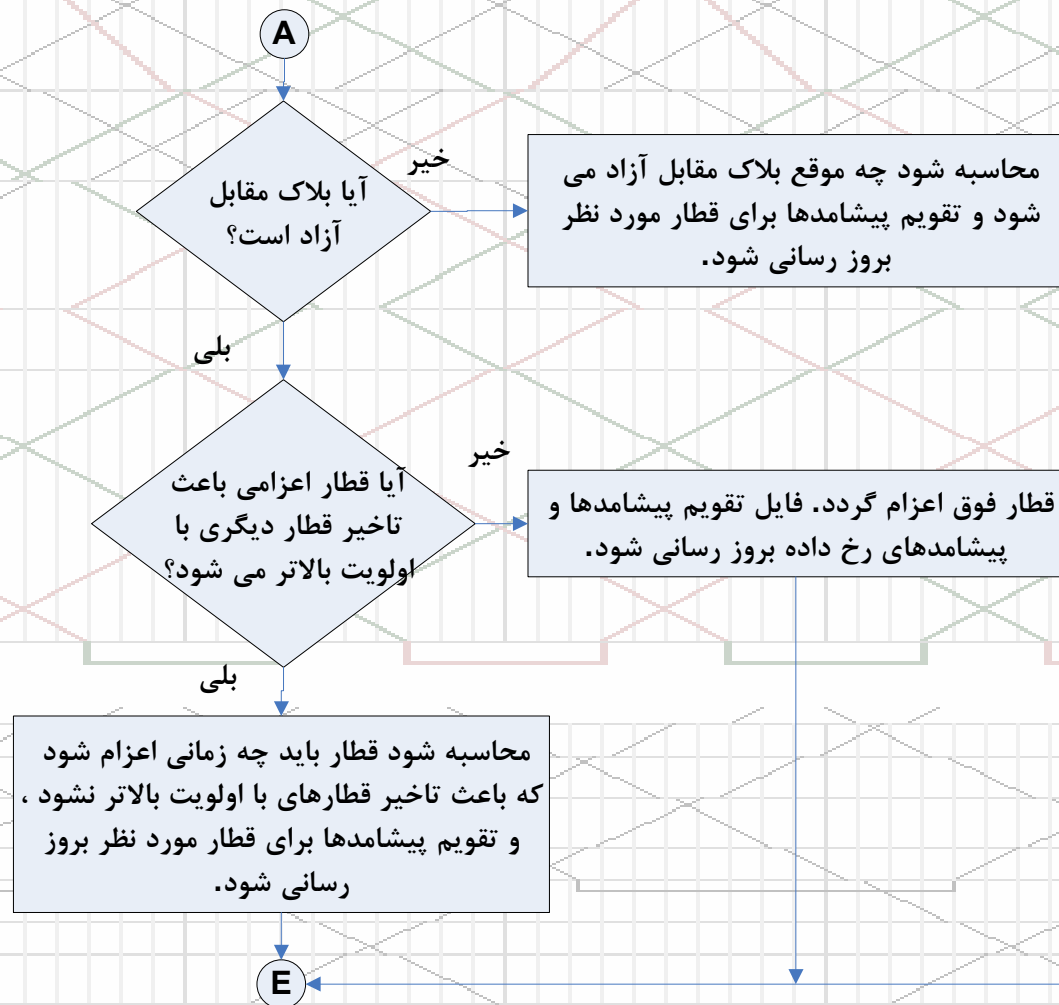


# الگوریتم مدل



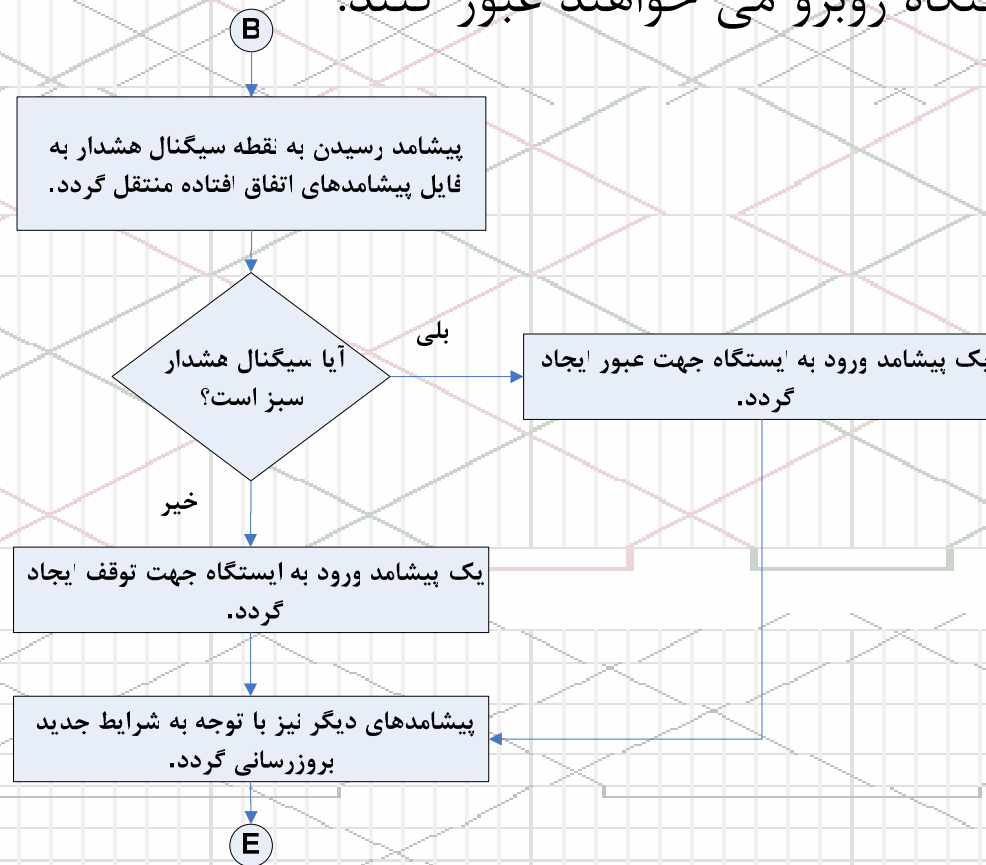
## الگوریتم مدل

- شبیه سازی در حالتی که پیشامد مورد نظر اعزام قطار باشد ، تعیین می گردد:



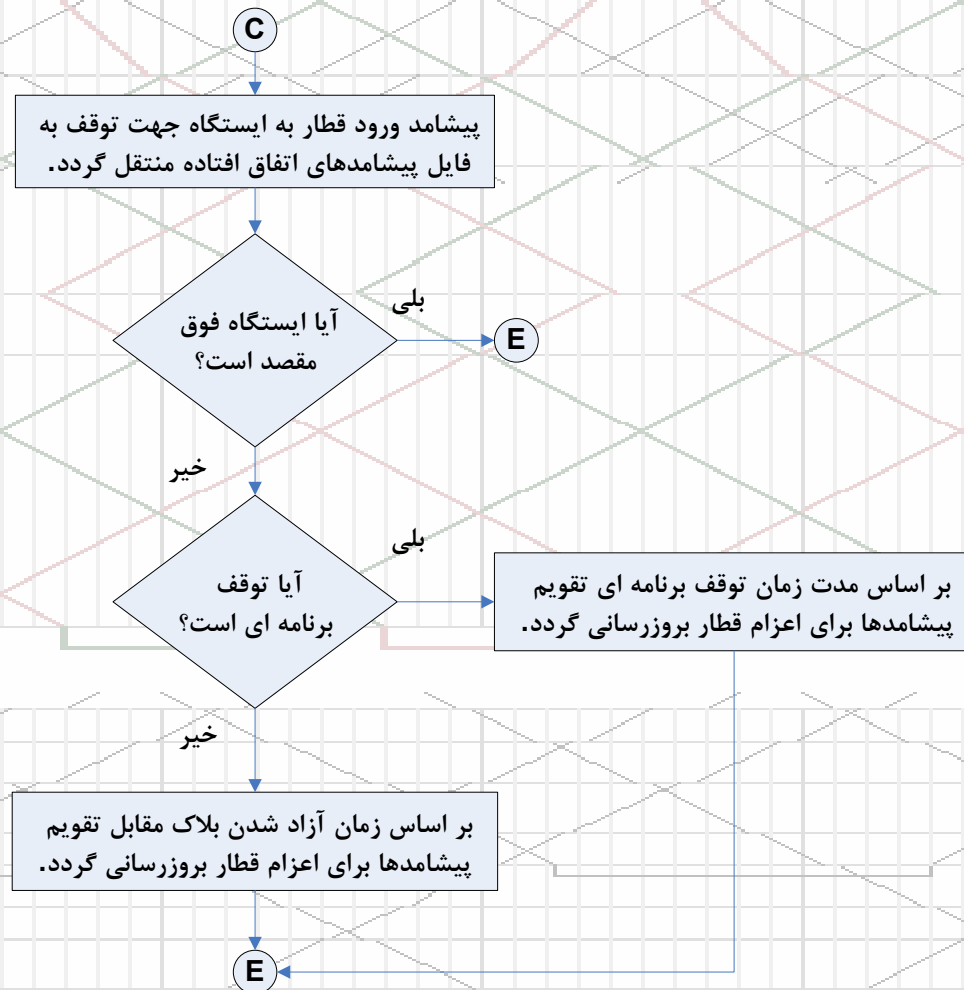
## الگوریتم مدل

- 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.



## الگوریتم مدل

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



## الگوریتم مدل

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

D



پیشامد عبور قطار از ایستگاه به جدول  
پیشامدهای اتفاق افتاده منتقل گردد.

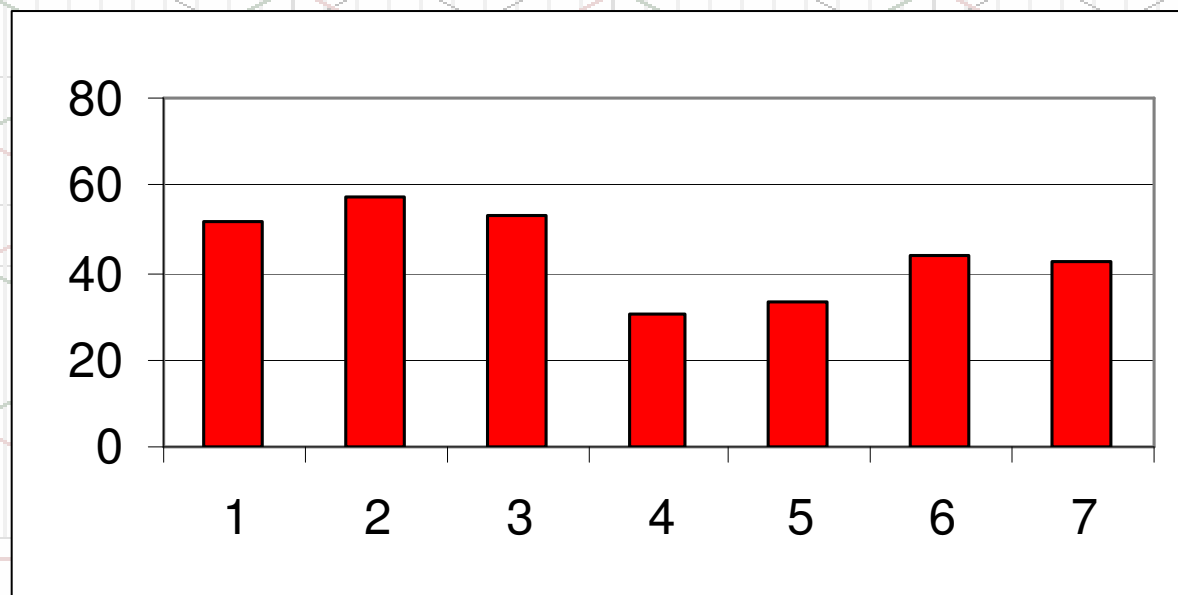


E

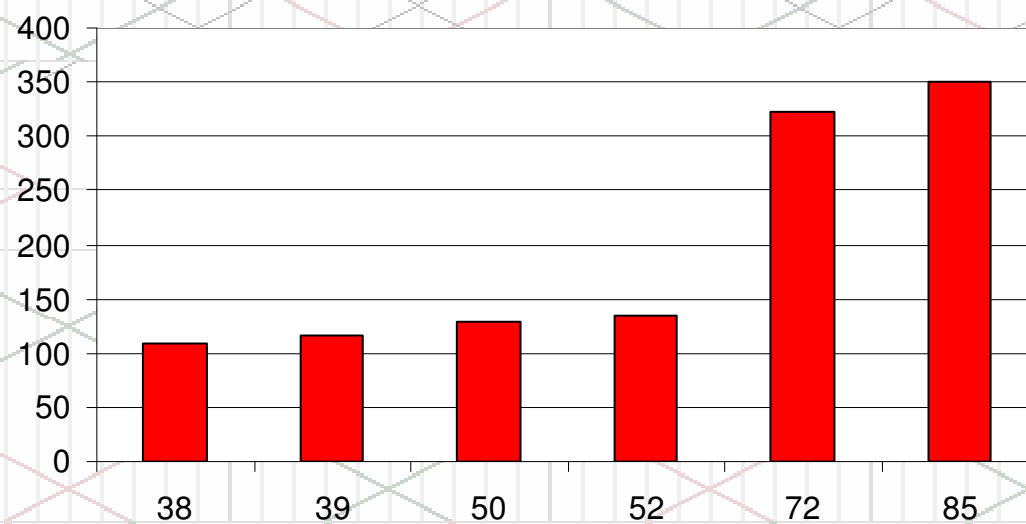
## • نتایج اجرای مدل برای خط تهران - گرمسار:

وضعیت	تعداد قطارهای مسافری اعزامی در روز	تعداد قطارهای باری اعزامی در روز	میانگین تاخیرات روزانه قطارهای مسافری	میانگین تاخیرات قطارهای مسافری	میانگین تاخیرات روزانه 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	۱۳۹۰.۶	۳۲۳.۳
وضعیت ۶	۲۸	۵۶	۲۰۷	۷.۶	۱۹۶۴۱	۳۵۰.۷

• نمودار درصد اشغالی بلاک در وضعیت ششم (مسیر رفت):



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





## ۳- معرفی 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 سازه ، اطلاعات کامل ناوگان مشتمل بر دیزل ها ، واگن ها و در نهایت قطار و سایر اطلاعات مرتبط، قادر به شبیه سازی و ارائه جدول پیشنهادی زمانبندی حرکت قطار ها می باشد

• این نرم افزار بطور کلی از چهار ماژول اصلی تهیه شده است:

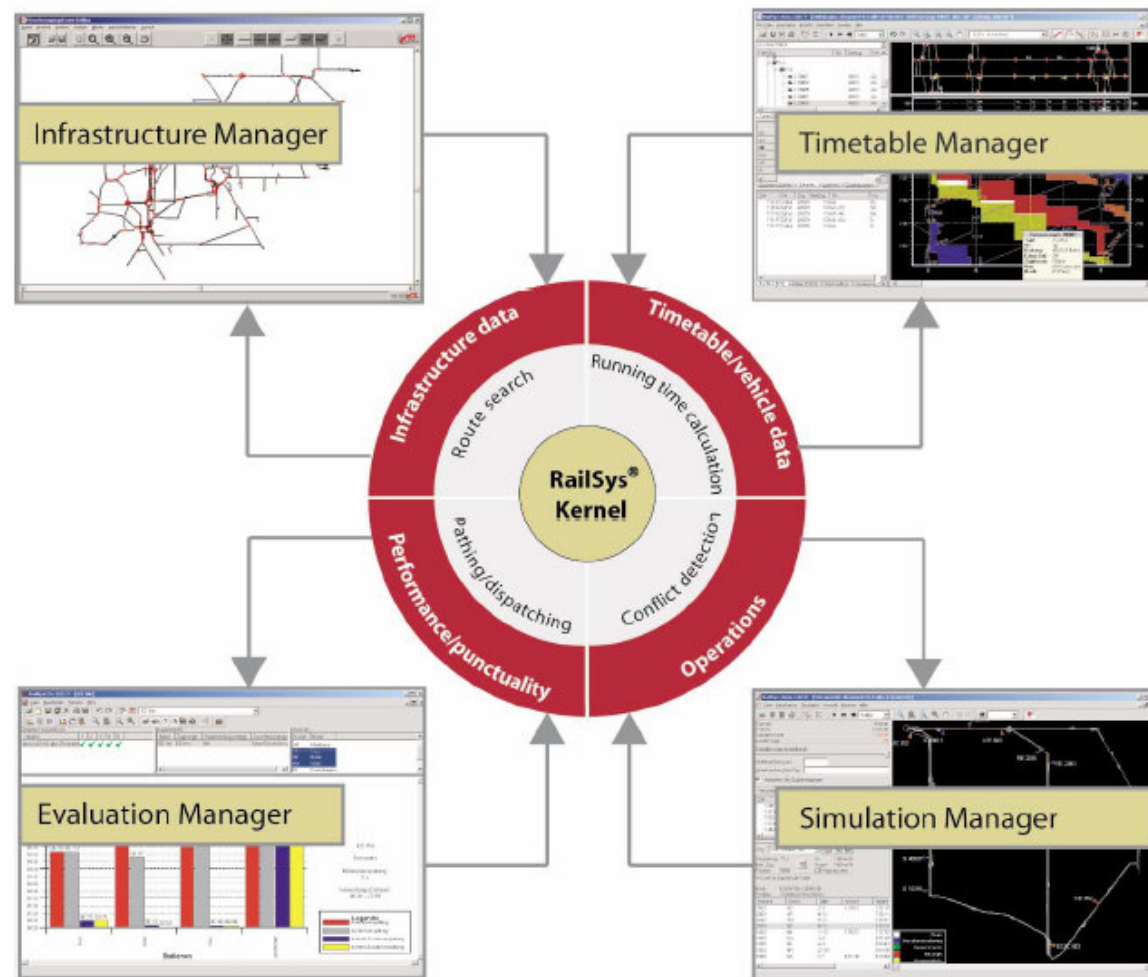
1. مدیریت زیر ساختار (Infrastructural Manager)

2. مدیریت جداول زمان بندی (Timetable Manager)

3. مدیریت شبیه سازی (Simulation Manager)

4. مدیریت ارزیابی و گزارشات (Statistical Manager)

# ماژولهای اصلی Railsys



## مدیریت زیر ساختار

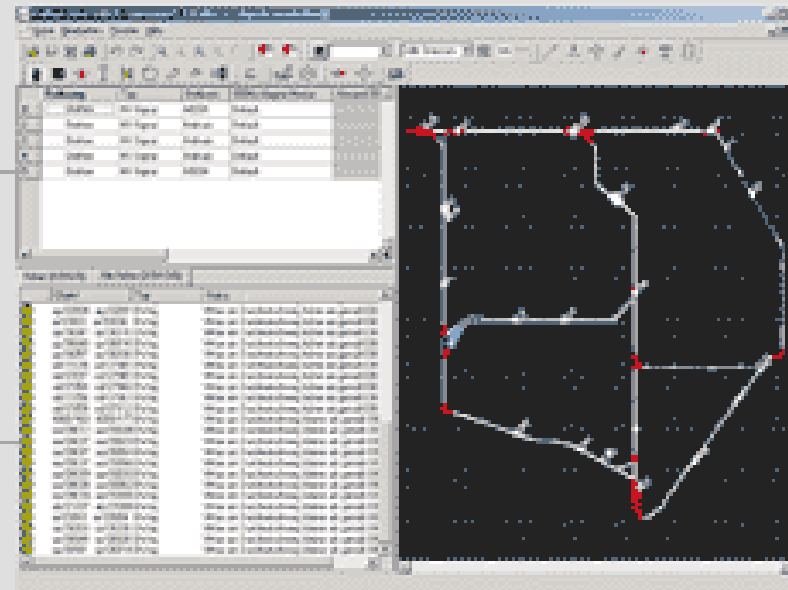
- در این قسمت امکان تعریف و نمایش گرافیکی کلیه المانهای لازم برای طراحی یک مسیر یا شبکه وجود دارد.
- دقت ورود این اطلاعات ۱ متر میباشد.
- دو حالت نمایش کلی و جزئی دارد.
- در این قسمت اطلاعات زیر وارد می شود:
  - شیب و فراز خط
  - قوسها
  - حداکثر مجاز سرعت
  - سیستم سیگنالینگ
  - تونلها
  - و ...

## مدیریت زیر ساختار

### Infrastructure Manager

Tabular data  
processing

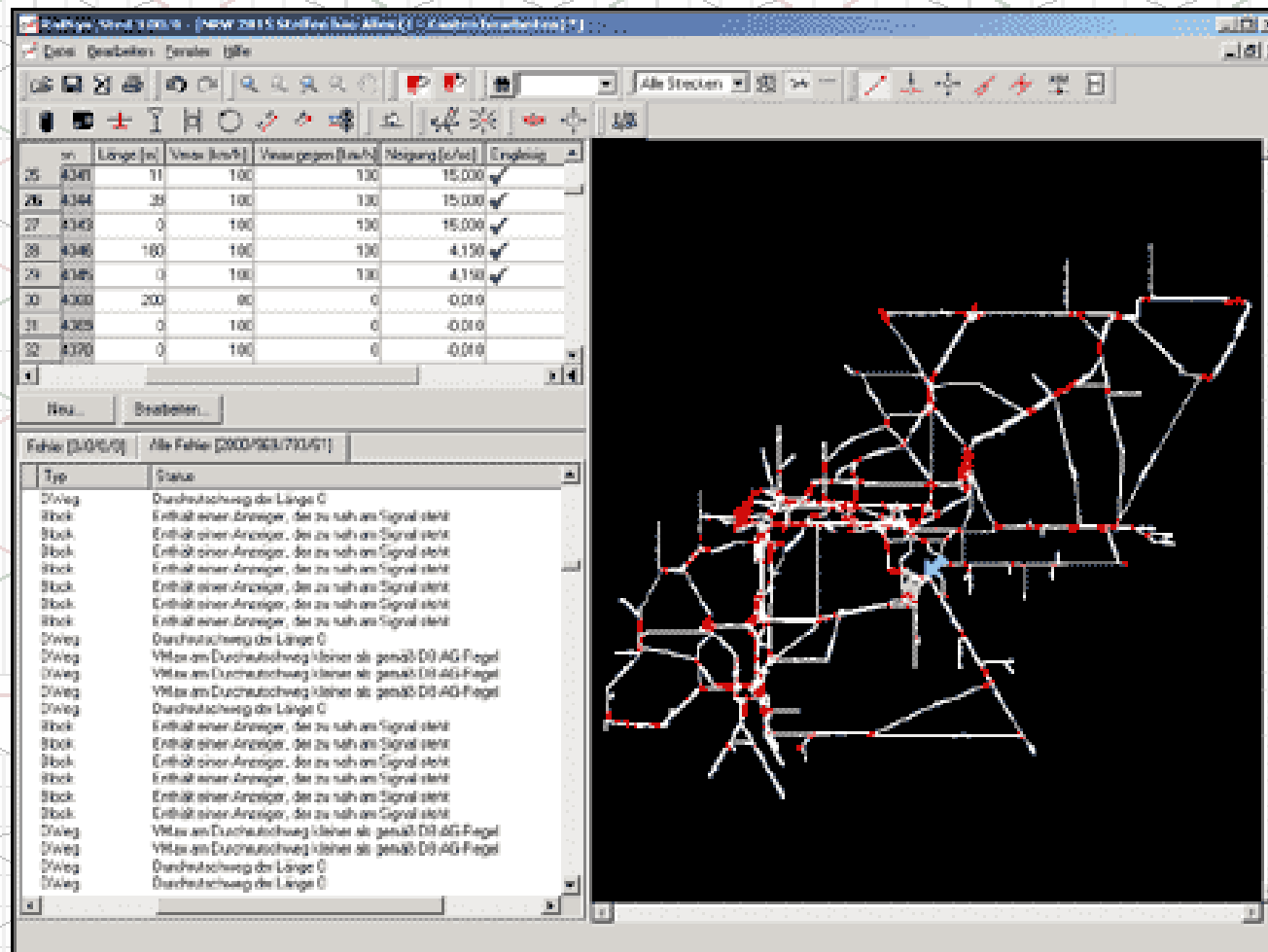
Error list



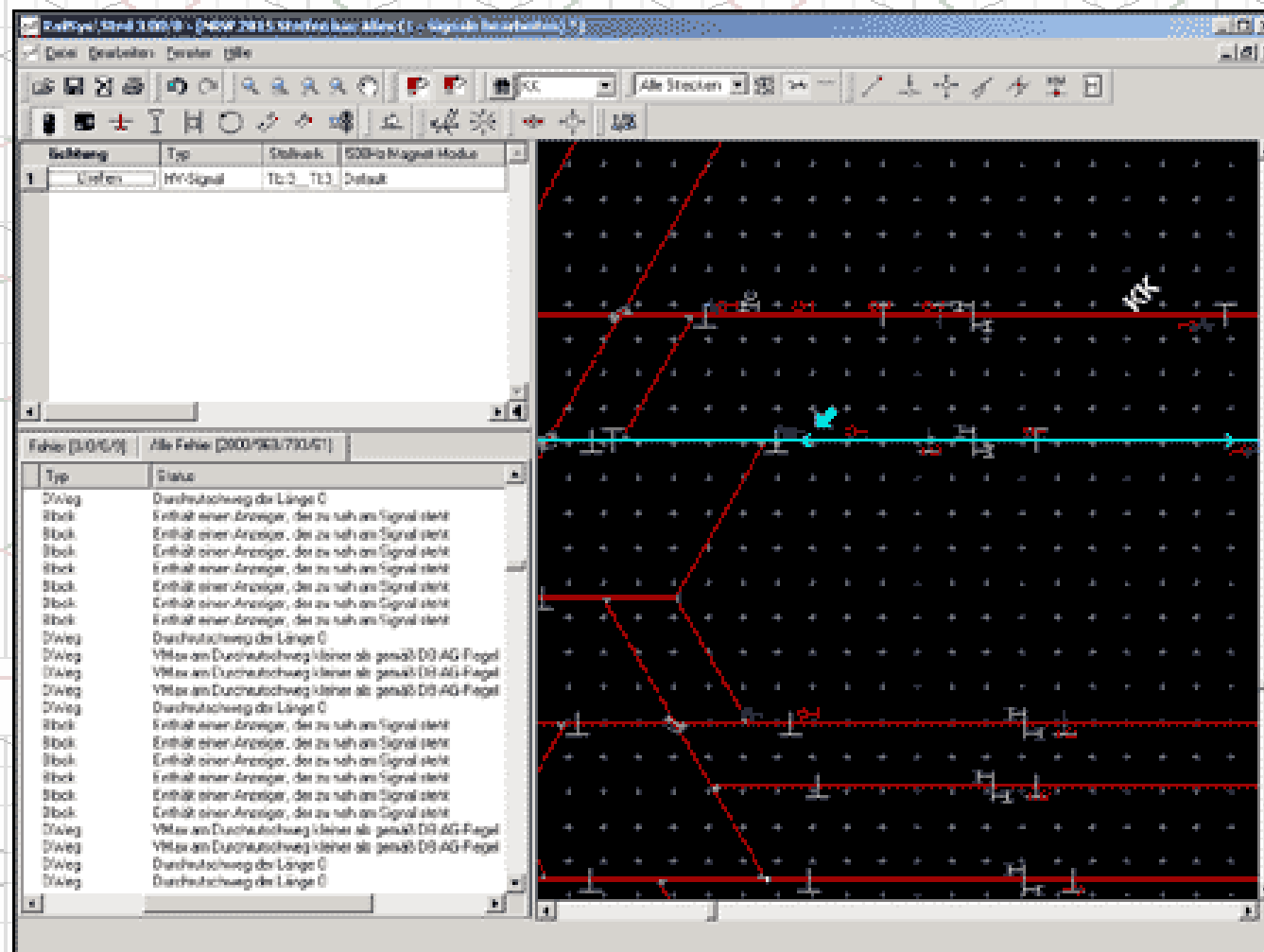
Tool bar

Interactive  
graphic window

# مدیریت زیر ساختار



# مدیریت زیر ساختار





## مدیریت جداول زمانبندی

- با استفاده از ماژول مدیریت جداول زمانبندی و با استفاده از دیالوگ باکسهای متنوع مشخصات قطارها می توان به اطلاعات قطارها و زمانهای آنها را وارد نمود.
- برای اطلاعات وارد شده قطارها نرم افزار حداقل زمان سیر را محاسبه می کند.
- 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.

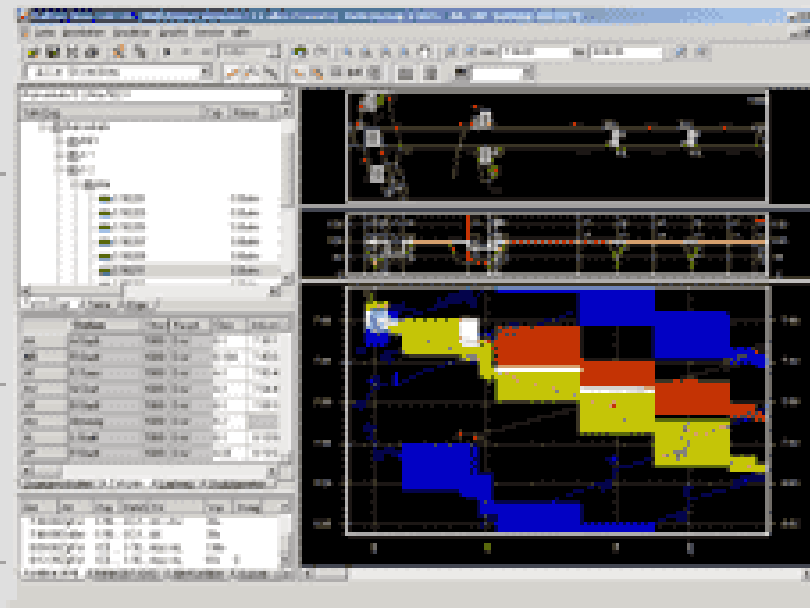
# مدیریت جداول زمانبندی

## Timetable Manager

*Hierarchical train  
and pattern list*

*Timetable tabular*

*Conflicts*

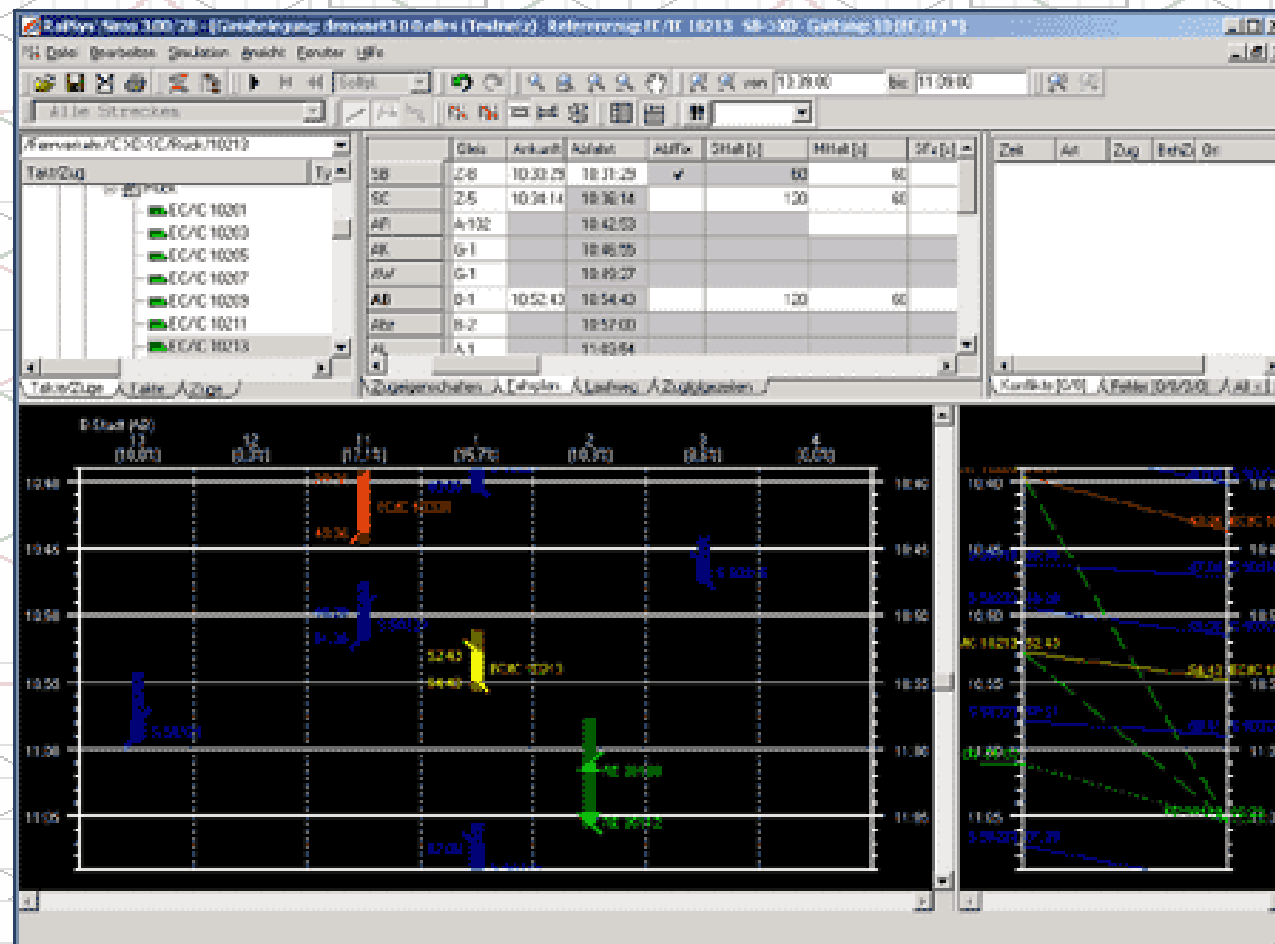


*Track layout*

*Speed  
distance graph*

*Graphical  
timetable*

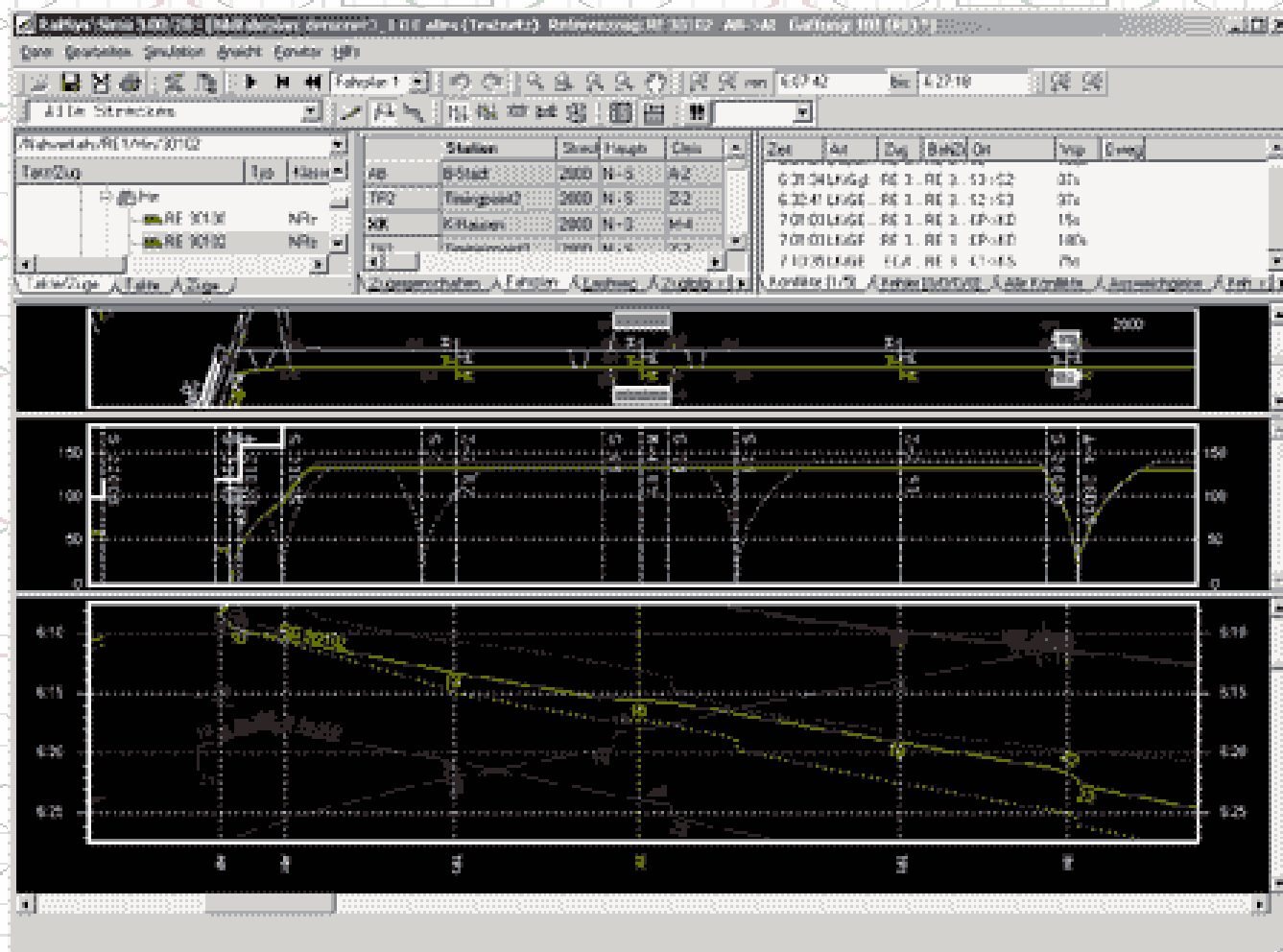
# مدیریت جداول زمانبندی



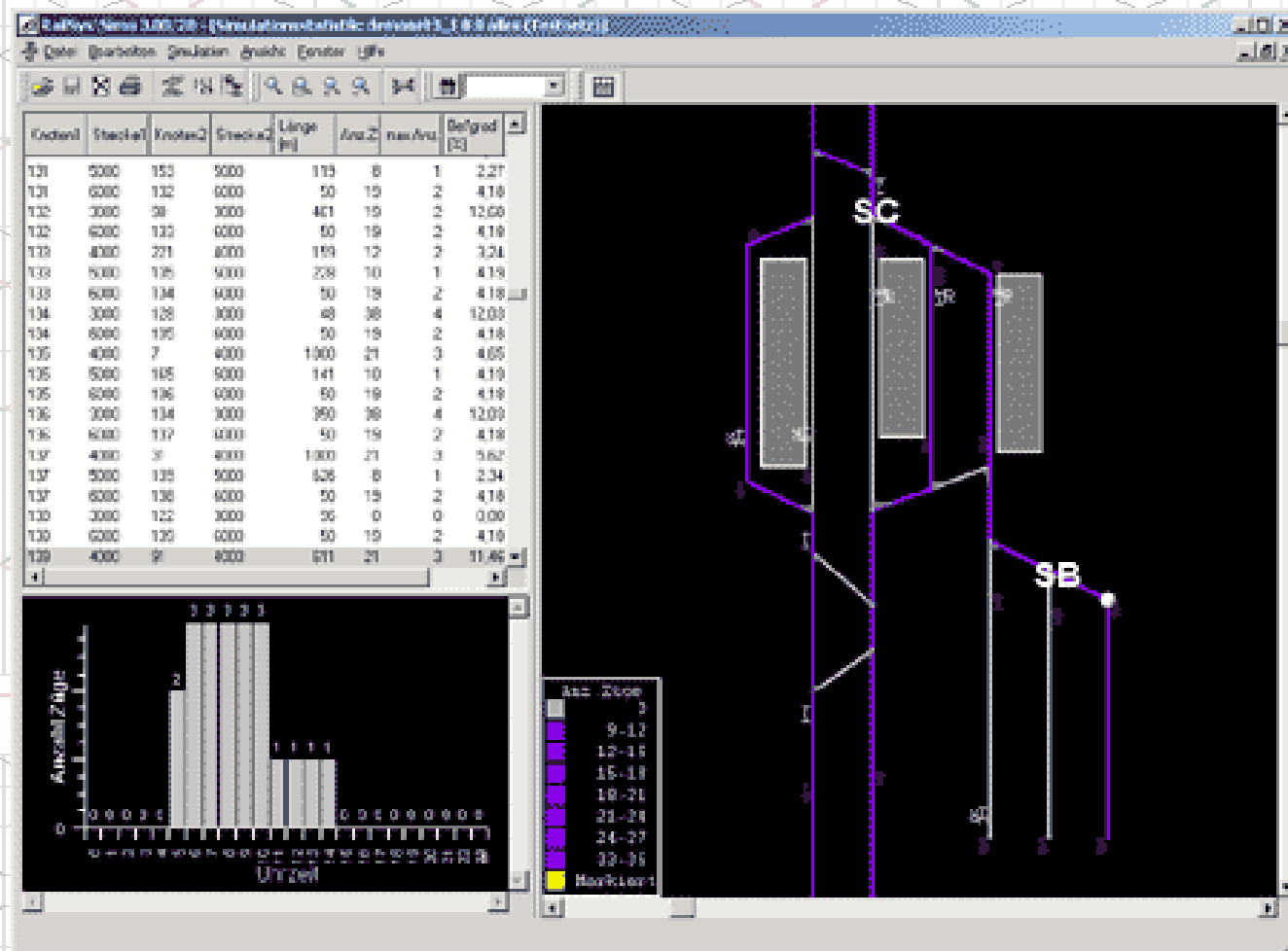
## مدیریت شبیه سازی

- این ماژول در حقیقت قلب این سیستم نرم افزاری میباشد، عملیات شبیه سازی و زمان بندی حرکت قطارها را انجام میدهد.
- حرکت قطارها را می توان روی شبکه مشاهده کرد.
- این ماژول زمانهای پیشنهادی را برای زمانبندی قطارها پیشنهاد می دهد.

# مدیریت شبیه سازی



# مدیریت شبیه سازی



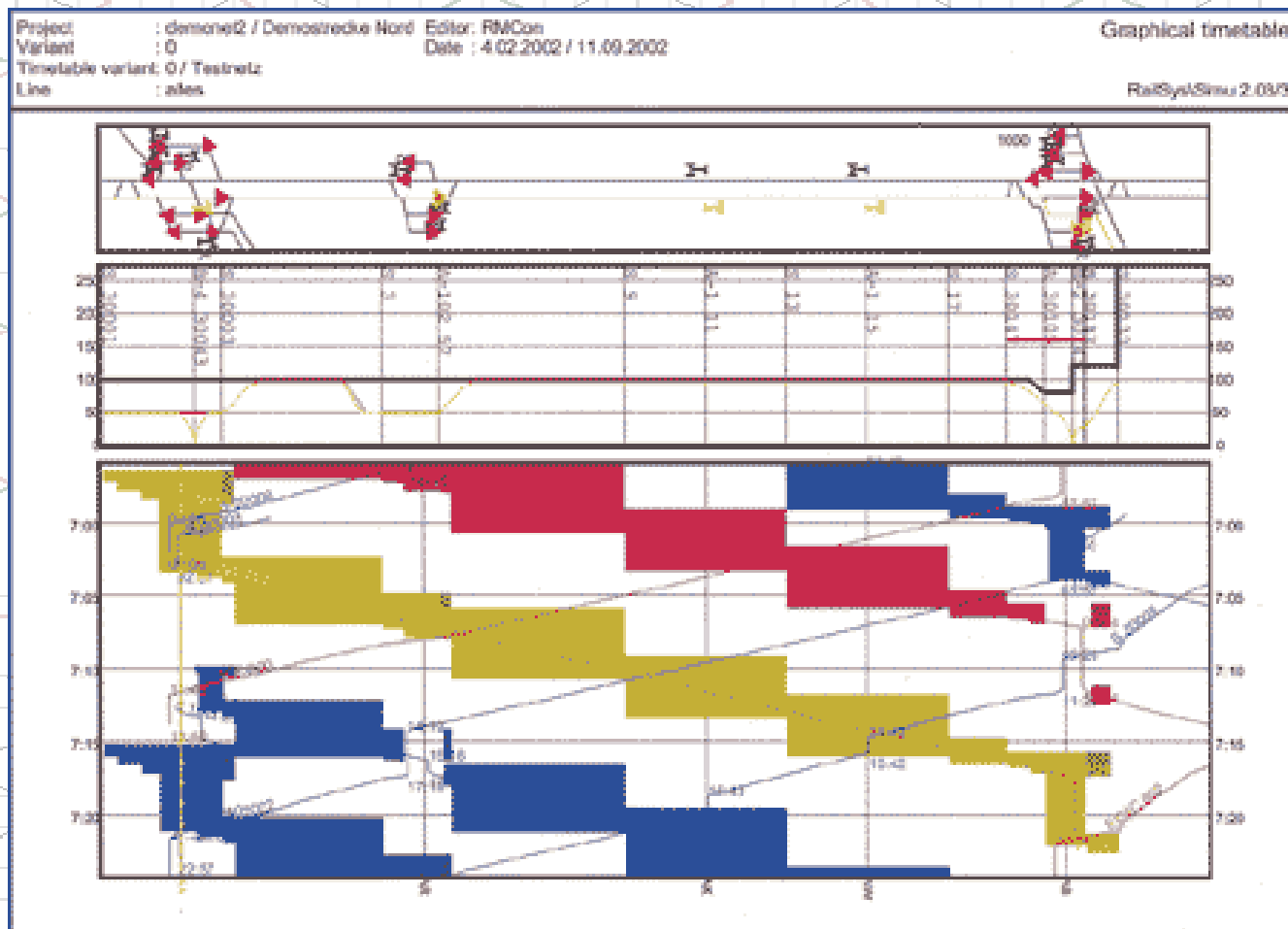
## مدیریت ارزیابی و گزارشات

- از طریق این مازول می توان گزارشات متنوعی را با فرمتهای 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
- و ....

# مدیریت ارزیابی و گزارشات

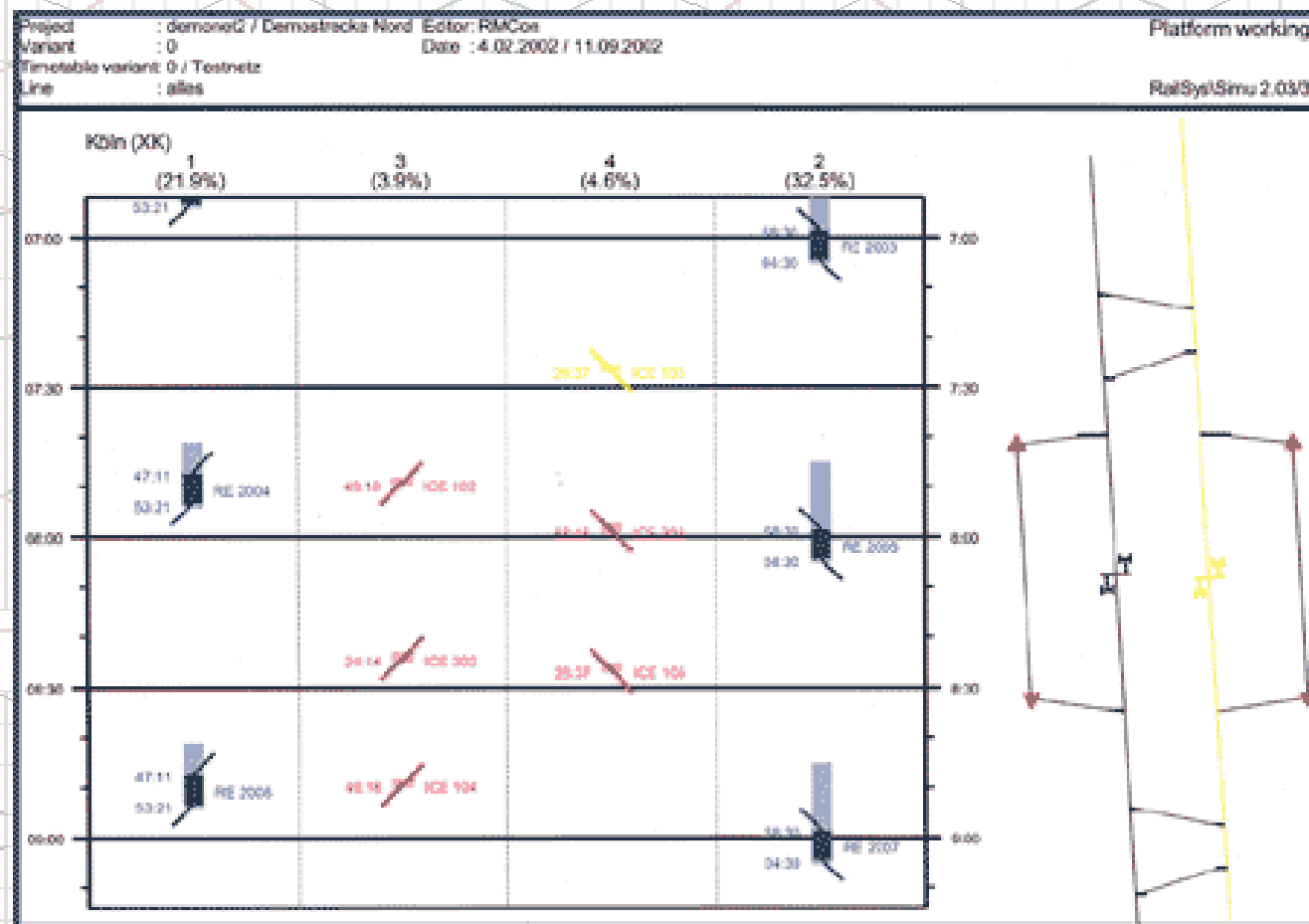
- زمانبندی حرکت قطارها بصورت گرافیکی





# مدیریت ارزیابی و گزارشات

## • میزان اشغالی خطوط



# مدیریت ارزیابی و گزارشات

## • زمانبندی حرکت قطارها بصورت جدول زمانی

RailSys/Simu++  
2.03/3

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	Dwell time	Minimum Dwell time	Dwell time margin	Running time	Minimum running time	Running time margin	Complete margin
AA	Amsterdam	05:29:55	05:34:15	04:20	03:00	02:00				02:00
AR	Rom	05:39:25	05:39:25							
AK	Kopenhagen	05:43:41	05:43:41							
AW	Wien	05:45:16	05:45:16							
AB	Berlin	05:49:26	05:54:06	04:40	02:00	02:40	14:31	13:42	00:49	00:29
KK	Köln	05:58:45	05:58:45							
XM	Malland	06:02:43	06:02:43							
XP	Prag	06:07:19	06:07:19							
XD	Düsseldorf	06:11:09	06:13:39	02:30	02:00	00:30	17:03	16:05	00:58	01:28
QG	Qlzburg	06:20:00	06:20:00							
QM	Madrid	06:23:39	06:23:39							
OB	Birmingham	06:28:03	06:28:03							
OY	York	06:31:21	06:31:21							
QV	Valencia	06:35:32	06:35:32							
EH	Hannover	06:37:46	06:37:46				24:07	22:17	01:50	01:50

# شبیه سازی حرکت قطارها