

# دومین کنگره مشترک سیستم‌های فازی و هوشمند ایران

## 2nd Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems

زمان‌بندی حرکت قطارها با استفاده از الگوریتم ژنتیک

۷ الی ۹ آبان ماه ۱۳۸۷ 28-30 October 2008

امید غلامی، شهریار لطفی، مهرزاد خاکی جامعی

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد نرم‌افزار ۲. عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز، دانشکده ریاضی ۳. کارشناسی ارشد مکترونیک

Email: 1.gholami\_iran@yahoo.com, 2. shahriar\_lotfi@tabrizu.ac.ir 3.khaki\_mehrzad@yahoo.com

چکیده - از وسایل حمل و نقل عمومی که امروزه نقش بسیار عمده‌ای در اقتصاد و زندگی مردم پیدا کرده است، راه‌آهن می‌باشد. ارزانی، راحتی، آسایش و کم‌خطر بودن این وسیله نقلیه باعث شده است مردم نسبت به آن استقبال نشان دهند. این امر مسئولین راه‌آهن را بر آن می‌دارد که در مواقعی مانند روزهای تعطیل سعی کنند از حداکثر ظرفیت خطوط استفاده نمایند. اما از سوی دیگر به علت گنجایش پایین خطوط و تعداد بالای قطارها، افزایش تعداد قطار باعث تاخیر بیش از حد قطارها و نارضایتی مردم و مشکلات دیگر می‌شود زیرا خطوط راه‌آهن در کشور ما یک طرفه می‌باشد و در هنگام تلاقی قطارها یکی از آنها باید پشت خط معطل بماند. چینش و زمان‌بندی مناسب حرکت قطارها می‌تواند این تاخیر را به حداقل برساند. بر این اساس یک زمان‌بندی مناسب لازم است تا از این تاخیرها کاسته شود. در این مقاله با کمک الگوریتم ژنتیک روش جدیدی برای تخمین ساعت مناسب حرکت و چینش قطارها ارائه شده است تا بدین طریق بتوان حداقل زمان تاخیر را برای قطارها تا رسیدن به مقصد به وجود آورد. شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهند این روش در کاهش میزان تاخیر بسیار موثر است.

کلمات کلیدی - زمان‌بندی با الگوریتم ژنتیک، زمان‌بندی قطارها.

### ۱- مقدمه

در یکی دو قرن اخیر یکی از اختراعات بشری که بسیار مورد استقبال مردم قرار گرفته و توانسته نقش محوری را در جابه‌جایی بار و مسافر داشته باشد حمل و نقل ریلی بوده است. این استقبال از یک سو و نیازهای موجود و نیز ارزانی و کاهش هزینه باعث شده تا مسئولین امر سعی نمایند تا از حداکثر ظرفیت این بخش استفاده نمایند.

البته در پی‌گیری این هدف با مشکل بزرگی مواجه‌اند که به آن اشاره خواهد شد. همان‌طور که می‌دانید، در کشور ما و بسیاری از کشورهای دیگر، خطوط راه‌آهن به صورت دو طرفه وجود ندارد. منظور این است که بین هر دو ایستگاه موجود بطور مثال از A به B فقط یک مسیر خط آهن وجود دارد. بنابراین در هر زمان فقط یک قطار می‌تواند از این مسیر استفاده نماید. این موضوع باعث می‌شود که اگر قطاری بخواهد از A به B و قطار دیگری از B به A حرکت نماید، مانند شکل ۱ فقط یکی از آنها می‌تواند وارد خط شود و قطار دیگر باید پشت خط معطل بماند تا آن قطار برسد و خط را آزاد نماید و وی بتواند به

سمت مقصد حرکت کند.



شکل ۱: تاخیر قطار در ایستگاه برای آزاد شدن خط

هنگامی که تعداد قطارهایی که روی یک مسیر و برعکس در حرکتند، زیاد باشد زمان این تاخیرها بسیار زیاد خواهد شد تا جایی که مشاهده می‌شود که قطارها مسیری که بطور قانونی باید در ۷ الی ۸ ساعت طی نمایند را با سه الی چهار ساعت تاخیر (گاهی نیز بیشتر) می‌پیمایند. این امر مشکلاتی را برای مسئولین راه‌آهن در پی داشته که به بعضی از آنها اشاره می‌نماییم:

- نارضایتی مسافری از کیفیت خدمات
- خسارات مالی به شرکت مربوط: با تاخیرهای زیاد قطار شرکت مجبور می‌باشد به مسافری جریمه پرداخت نماید. همچنین گاهی مسافری از روی نارضایتی به اموال عمومی آسیب وارد می‌نماید.

Intelligent Systems  
Scientific Society Of Iran

اگر قطار مسافری به پست خط منتظر بماند زمانی بیشتری را نسبت به زمانی که قطار باربری باید منتظر بماند صرف نماید.

• عدم استفاده بهینه از منابع زمانی را که قطارها تاخیر داشته‌اند را می‌توانستند به خط‌های دیگر سرویس دهند.

فرض کنید در یک روز خاص پنج قطار بخواهند از A به F و چهار قطار در مسیر برعکس حرکت نمایند. همان‌طور که مشاهده می‌شود پارامترهای مختلفی برای حرکت قطارها وجود دارد و یک برنامه‌ریز باید خیلی با دقت عمل نماید تا بتواند به بهترین شیوه چینش و زمان حرکت را برای آنها تعیین نماید تا حداقل میزان تاخیر را داشته باشند و بدین ترتیب کیفیت خدمات خویش را بالا ببرد.

• افزایش مصرف سوخت: برای موتورهای دیزلی در طول مسیر امکان خاموش کردن لکوموتیو وجود ندارد.

مواردی را که ذکر شد بخشی از مشکلات و آسیب‌هایی بود که می‌توان از قبال چنین اتفاقاتی ذکر نمود.

## ۲- زمان‌بندی حرکت قطارها

الگوریتم ژنتیک می‌تواند راه حل مناسبی را برای شیوه چینش این قطارها بدست آورد تا، تا حد ممکن، میزان تاخیر پایین بیاید.

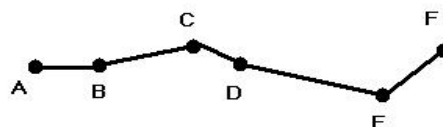
حال که با مشکل آشنا شده‌اید بهتر است با یک مثال فرضی ایده شرح داده شود. فرض کنید خطوط راه‌آهن مانند شکل ۲ ایستگاه‌های بین A تا F را به یکدیگر پیوند می‌دهد. اگر چند قطار بخواهند از A به سمت F حرکت نمایند و در همان زمان نیز چند قطار بخواهند مسیر برگشت را طی نمایند در بین راه این قطارها به یکدیگر خواهند رسید و باید یکی از آنها در ایستگاه منتظر بماند تا قطاری که از روبرو می‌آید از خط استفاده نماید و به ایستگاه فعلی برسد و این قطار که با تاخیر مواجه شده به حرکت خویش ادامه دهد.

## ۳- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک می‌تواند با یک زمان‌بندی ابتدایی شروع به ارزیابی نموده و با تغییراتی در زمان حرکت قطارها به یک جواب مناسب با حداقل تاخیر برای قطارها دست یابد.

## ۳-۱- جواب مناسب با کمک الگوریتم ژنتیک

قبل از تشریح راه حل، بهتر است بیان شود الگوریتم ژنتیک چیست و چه کمکی می‌تواند به حل مساله بنماید.



شکل ۲: یک مسیر حرکت قطار فرضی با شش ایستگاه

پارامترهای زیادی در میزان تاخیر موثراند [۷] که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

- برنامه حرکت قطارها: قطارها به نوع‌های مختلف تقسیم می‌شوند به عنوان مثال قطار عادی در تمام ایستگاه‌ها توقف دارد ولی قطار سریع‌السیر فقط در چند ایستگاه بزرگ توقف دارد.
- مسافت بین دو ایستگاه.
- سرعت حرکت قطار: قطارهای مختلف دارای سرعت‌های مختلفی می‌باشند بطور مثال فرض کنید دو قطار که یکی از آنها قطار مسافری است و با سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت و قطار روبرو قطار باربری، که با سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کند به یکدیگر برسند.

در هر تولید الگوریتم ژنتیک با استفاده از عملگرهای خود مانند جهش، ترکیب جمعیت جدیدی را ایجاد می‌کند [۳].

پارامترهای زیادی در میزان تاخیر موثراند [۷] که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

• برنامه حرکت قطارها: قطارها به نوع‌های مختلف تقسیم می‌شوند به عنوان مثال قطار عادی در تمام ایستگاه‌ها توقف دارد ولی قطار سریع‌السیر فقط در چند ایستگاه بزرگ توقف دارد.

• مسافت بین دو ایستگاه.

• سرعت حرکت قطار: قطارهای مختلف دارای سرعت‌های مختلفی می‌باشند بطور مثال فرض کنید دو قطار که یکی از آنها قطار مسافری است و با سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت و قطار روبرو قطار باربری، که با سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کند به یکدیگر برسند.



# دومین کنگره مشترک سیستمهای فازی و هوشمند ایران

## 2nd Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems

اعضای با احتمال برآزش بالاتر احتمال بیشتری برای بقا و

زنده ماندن و انجام جفت گیری یا عمل ترکیب دارند.

۱۳۸۷ آبان ماه ۱۷

0001001011011100111000000100010010111000

شکل ۳: نمایی از یک کروموزم زمان بندی قطار

در کروموزم بالا ده عدد اول ساعت ۱:۱۵، ده عدد دوم ساعت ۷:۴۲، ده عدد بعدی ساعت ۰:۱۷ و ده عدد آخر ساعت چهارم یعنی ساعت ۳:۰۴ را نشان می دهند.

می توان این ساعت ها را به قطارها اختصاص داد و توسط برنامه شبیه سازی که در ادامه توضیح داده خواهد شد ارزیابی انجام گیرد تا مشخص گردد متوسط زمان تاخیر این مجموعه چقدر می باشد. شکل ۴ هشت کروموزم را برای پنج قطار به همراه متوسط زمان تاخیر آنها نشان می دهد.

زمان تاخیر	زمان	دقیقه
70	0000001111000001000000010101100000011110000000011	1
42	0000101100000010110000000111000000001000000101100	2
70	000011010000001001000000010000000010110000001000001	3
43	0000011001000010011000001011000000010100000101010	4
67	0000101000000101000000010011000001001100000000000	5
40	0000000110000001010000001010000001001000000000110	6
45	00001010100000000000000001110000000101000000001010	7
67	0000101000000010100000001001100000100110000000000	8

شکل ۴: مجموعه هشت کروموزم پیشنهادی برای پنج قطار

زمان متوسط تاخیر یک پارامتر مناسب برای تعیین میزان کارایی ساعت های حرکت پیشنهادی می باشد و به عنوان تابع ارزیابی (برآزش) مورد استفاده قرار می گیرد. از این مرحله به بعد کار را باید به دست الگوریتم ژنتیک سپرد تا یک مجموعه جواب مناسب را به دست آورد. برنامه ژنتیکی در مرحله اول اقدام به ایجاد تعدادی کروموزم تصادفی به عنوان نسل اول یا جمعیت اولیه می نماید تعداد این جمعیت اولیه متغیر می باشد و توسط کاربر می تواند بین پنج تا ده کروموزم تعیین گردد. سپس این کروموزم ها مورد ارزیابی قرار می گیرند، تا میزان برآزش آنها مشخص گردد. در مرحله بعد با کمک ترکیب و جهش نسل بعدی را می سازد (تعداد جهش ها توسط کاربر تعیین می شود). بعد از ایجاد هر فرزند جدید، فرزند توسط برنامه شبیه ساز ارزیابی می شود.

سپس از بین فرزندان نسل جدید و نسل قبلی تعدادی از

الگوریتم ژنتیک بطور موفقیت آمیزی بر روی مسائل بهینه سازی مانند مسیریابی کابل ها، زمان بندی ها، کنترل تطبیقی، تئوری بازی ها، مسایل حمل و نقل، مسئله فروشنده دوره گرد، بهینه سازی تقاضاهای بانک اطلاعاتی، یادگیری ماشین و غیره اعمال می گردند [۲].

شیوه کار بدین صورت که الگوریتم ژنتیک با یک دسته صفر و یک سروکار دارد که به اصطلاح یک کروموزم را می سازند. در جمعیت در دسترس تعدادی از این کروموزم ها وجود دارند و با تلفیق بخش هایی از این ژن ها یا با دستکاری آنها سعی در به دست آوردن نتایج جدید برای مساله خود دارد. الگوریتم ژنتیک از روی نسل فعلی نسل جدیدی را می سازد و سپس بهترین ها را انتخاب می کند و عملیات خود را بر روی آنها تکرار می نماید با این امید که بعد از چند نسل به یک جواب مناسب (نه بهترین) برسد.

### ۳-۱-۱- ایجاد کروموزم

در مسئله مورد بحث، باید برای هر قطار یک زمان حرکت مناسب تعیین شود تا بتواند تاخیر را به حداقل برساند. در قدم اول برای آن که بتوان زمان حرکت قطار را بصورت یک کروموزم با یک سلسله صفر و یک نشان داد بصورت زیر رفتار می شود، فرض کنید ساعت حرکت قطار ۱:۱۵ باشد ابتدا باید این ساعت به دقیقه تبدیل شود.

$$۱*۶۰+۱۵=۷۵ \quad (۱)$$

پس زمان مورد نظر ۷۵ دقیقه می باشد. سپس این عدد به باینری تبدیل می شود که برابر است با ۱۰۰۱۰۱۱. برای اینکه تمام ساعت ها به یک شیوه استاندارد نمایش داده شوند این قرارداد ایجاد شده است که کلیه زمان حرکت ها باید ۱۰ رقمی باشند بنابراین عدد بالا که دارای ۷ رقم می باشد باید به ۱۰ رقم تبدیل شود بنابراین قبل آن سه عدد صفر اضافه می شود تا به شکل ۰۰۰۱۰۰۱۰۱۱ تبدیل شود. یک پیشنهاد برای ساعت حرکت بدین نحو می باشد که به هر قطار یک ساعت پیشنهاد شود و هر ساعت نیز ده رقمی باشد بنابراین اگر چهار قطار وجود داشته باشد یک رشته اعداد به شکل ۳ که کروموزم نامیده می شود

# دومین کنگره مشترک سیستمهای فازی و هوشمند ایران

## 2nd Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems

۳-۱-۲- ترکیب

در شکل ۶ نشان داده شده که برای عمل ترکیب از ترکیب نوع یکنواخت استفاده شده است و نرخ انتخاب کروموزم از والد اول بین ۰/۱ تا ۰/۵ است که قابل تنظیم توسط کاربر می باشد. بدین ترتیب که در هر عملیات یک فرزند ساخته شده و عامل های سازنده فرزند به تصادف از والدین وی به ارث می رسد. در این نوع ترکیب نقطه برش خاصی وجود ندارد و هر بیت به تصادف از یکی از والدین گرفته می شود [۴].

والد ۱	01010010110101101110
والد ۲	10010101001010101010

فرزند 01010000111001101010

شکل ۶: فرزند حاصل از ترکیب نوع یکنواخت

### ۳-۲- برنامه شبیه ساز

در برنامه ژنتیکی بالا نیاز به یک برنامه شبیه ساز می باشد تا براساس زمان حرکت، شبیه سازی از حرکت انجام داده و زمان تاخیر را محاسبه کند. این زمان تاخیر به عنوان تابع برازش مورد استفاده قرار می گیرد. این برنامه باید دارای خصوصیات زیر باشد [۶،۷،۸]:

- با دادن زمان حرکت های متفاوت به هر قطار برنامه شبیه ساز شروع به شبیه سازی حرکت قطارها در بین خطوط نماید و در انتهای شبیه سازی متوسط زمان تاخیر قطارها را بدهد. مقدار مورد نظر به عنوان تابع برازش بکار می رود که باید مقدار حداقل داشته باشد.

- بتوان مسیر حرکت و ایستگاهها را مشخص نمود.
- بتوان قطارها را تعریف نمود.
- برای هر قطار بتوان یک برنامه حرکت ذکر نمود. این برنامه حرکت باید شامل مدت زمان طی نمودن هر بخش از مسیر و زمان توقف در ایستگاهها بسته به نوع قطار دارد و برای هر قطار با توجه به خصوصیات آن تعیین می گردد.

### ۳-۲-۱- تابع برازش

با ایجاد یک برنامه شبیه سازی اهداف ذکر شده در بالا برآورده شد. برای این منظور اطلاعات مربوط به قطارها، مسیر حرکت و برنامه حرکت قطارها را در یک پایگاه داده

بهترین کروموزمها انتخاب می شوند (براساس کمترین

زمان تاخیر) و بقیه کروموزمها دور انداخته می شوند. این کروموزمها به عنوان نسل جدید انتخاب شده اند و مراحل از اول تکرار می شود. این عملیات بارها تکرار می شود تا بتوان به یک جواب قابل قبول دست یافت.

پارامترهای الگوریتم ژنتیک به صورت زیر می باشد:

- تعداد دفعات تکرار الگوریتم و یا به عبارتی تعداد نسل ها همان طور که در شکل ۵ دیده می شود قابل تنظیم توسط کاربر می باشد و بین دو الی پنجاه قابل تغییر است.

- تعداد ترکیب کروموزمهای انتخابی برای هر نسل می تواند توسط کاربر تعیین شود

- به فرزندان تازه تولید اجازه داده می شود در ترکیب های بعدی در همین نسل شرکت نماید.

- نرخ جهش در هر نسل یک به پنجاه انتخاب شده است.

- بعد از پایان ایجاد یک جمعیت میانی افرادی که دارای کمترین زمان تاخیر از این جمعیت میانی و نسل قبلی باشند بدون هیچ الویتی برای ایجاد نسل بعدی انتخاب می شوند.

- شرط پایان برنامه شبیه ساز ایجاد تعداد نسلهای تعیین شده توسط کاربر می باشد.

تخمین با کمک الگوریتم ژنتیک

Generation Number: 1

Crossover Number: 1

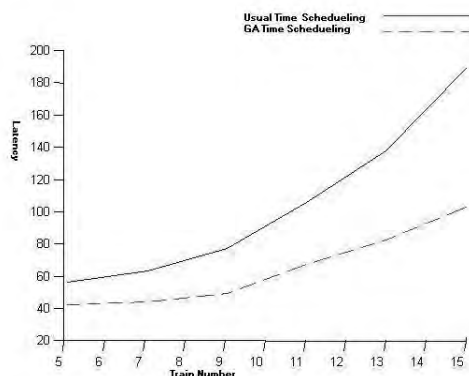
Selection Number: 5

Uniform Rate: 5

Genetic Running

شکل ۵: پارامترهای قابل تنظیم در الگوریتم ژنتیک





شکل ۷: نتایج حاصل از زمان‌بندی با کمک الگوریتم ژنتیک

همان‌طور که دیده می‌شود الگوریتم پیشنهادی توانست نتایج قابل قبولی آرایه نماید و متوسط تاخیر را کاهش دهد.

برای تعداد پنج قطار الی پانزده قطار از حدود ۲۰ دقیقه الی ۱:۵۰ دقیقه کاهش زمان تاخیر به دست آمده است. اگر فرض شود اثر این کاهش تاخیر به طور متوسط برای هر قطار حدوداً ۱ ساعت باشد و صرفه جویی حاصل از آن از جهت سوخت، پرسنل، استفاده بهینه از منابع و غیره ۵۰۰.۰۰۰ هزار ریال باشد می‌تواند منفعت اقتصادی حاصل از این کاهش تاخیر را چنین محاسبه نمود که در روز حداقل یکصد قطار از ایستگاهی مانند تهران خارج و یا به آن وارد می‌شود بنابراین صرفه‌جویی روزانه آن مبلغی ۵۰.۰۰۰.۰۰۰ میلیون و در طول یک سال ۱۸.۲۵۰.۰۰۰.۰۰۰ ریال صرفه‌جویی به دنبال خواهد داشت.

#### ۵- نتیجه‌گیری

نکته مهم در اجرای این برنامه این می‌باشد که آنچه را در نظر گرفته شده یک مسیر ساده می‌باشد در حالی که در خطوط راه آهن مسیرهای مختلف به یکدیگر متصل می‌گردند و هنگام شبیه‌سازی باید تمام این مسیرها را در نظر داشت که می‌توان به عنوان یک کار توسعه‌ای در نظر گرفت. همچنین این برنامه مانند بیشتر برنامه‌هایی که از الگوریتم ژنتیک بهره می‌برند کند می‌باشد، بر این اساس می‌توان راه‌کار الگوریتم ژنتیک موازی [۵] را برای افزایش سرعت در نظر داشت. نکته دیگر این می‌باشد که می‌توان به عنوان فعالیت بعدی به قطارها الویت داد تا در هنگام

SQL Server ذخیره شد و با کمک این اطلاعات

شبیه‌سازی انجام شده و در نهایت میانگین زمان تاخیرها بدست می‌آید. این میانگین بصورت زیر می‌باشد:

$$\text{Late} = \text{Ft} - (\text{St} + \text{Pt}) \quad (2)$$

Late زمان تاخیر برای هر قطار می‌باشد، Ft زمان رسیدن به مقصد برای قطار، Pt زمان مورد نیاز برای طی مسیر طبق برنامه می‌باشد و St زمان شروع حرکت می‌باشد. سپس با جمع نمودن زمان تاخیر برای قطارهای مختلف میانگین آنها محاسبه می‌گردد.

$$\text{Ave} = (\sum \text{Late}_i * w_i) / (n * \sum w_i) \quad (3)$$

Late<sub>i</sub> زمان تاخیر قطار شماره i می‌باشد، w<sub>i</sub> ارزش وزنی قطار (میزان اهمیت قطار) که عددی بین یک تا نه و قابل تنظیم توسط کاربر می‌باشد و n تعداد قطارها را مشخص می‌نماید. مقدار میانگین زمان تاخیر به عنوان تابع برازندگی می‌باشد که مقدار آن باید حداقل باشد. با دادن ترتیب و ساعت حرکت‌های مختلف به قطارها مشاهده می‌شود که در زمان متوسط تاخیر ایجاد شده تغییرات چشم‌گیری ایجاد می‌شود که گاهی اوقات اختلاف آنها به سه الی چهار ساعت خواهد رسید.

چنانچه اگر سعی شود بدون هدف و به صورت تصادفی زمان‌های مختلفی آزمایش شود تا به یک ترکیب مناسب دست یافت، بطور عمده کاری وقت گیر و غیر علمی خواهد بود. در چنین مواردی الگوریتم ژنتیک به کمک خواهد آمد تا مساله را به سوی ترکیبی مناسب راهنمایی نماید.

#### ۴- ارزیابی

برای ارزیابی کارایی برنامه، اجراهای متعددی از برنامه گرفته شد تا بتوان متوسط تاخیر را حساب نمود. برای این منظور تعداد قطارها را از پنج الی پانزده تغییر داده شد و هر دفعه میزان متوسط تاخیر را بدست آمد. سپس این مقدار با زمان‌بندی دستی یکی از خطوط راه‌آهن کشور مقایسه شد و نتایج حاصل بصورت شکل ۷ به دست آمد. برای سادگی زمان تاخیر به صورت یک عدد طبیعی نشان داده شده است.

# دومین کنگره مشترک سیستمهای فازی و هوشمند ایران

## 2nd Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems

سرویس‌دهی دو قطار در یک خط بر اساس الگوریتم ژنتیک

28-30 October 2008

۷ الی ۹ آبان ماه ۱۳۸۷

نماید.

همان‌طور که دیده شد با کمک الگوریتم ژنتیک می‌توان به یک جواب بهینه (نه بطور کامل) برای مساله زمان-بندی حرکت قطارها دست یافت و با این روش کاهش چشم‌گیری در هزینه‌های شرکت‌های مسافرتی ایجاد نمود و از سوی دیگر رضایت مشتری را نیز به همراه داشت و با حداکثر استفاده از منابع و کاهش مصرف سوخت به اقتصاد کشور کمک نمود.

### مراجع

- [1] Ford, D.B.ed., *Evolutionary Computation*, IEEE Press, 1998.
- [2] Goldenberg, D.E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison Wesley, 1989.
- [3] Michalewicz, Z., *Genetic Algorithms + Data Structure = Evolution Programs*, Springer, 1999.
- [4] Jasper Moller, *Seminar on Algorithms and Models for Railway Optimization Crew scheduling*, moellerj@fmi.uni-konstanz.de, University of Konstanz computer & information science, 2002.
- [5] S.S. Chin, *Genetic Algorithms for Tasks Scheduling and Reliability in Distributed Computing Systems, Industrial & Systems Engineering*, The Ohio State University, 2004.
- [6] L. Ingotlotti1, P. Tormos, A. Lova, F. Barber, M.A. Salido and M. Abril, A *DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS) FOR THE RAILWAY SCHEDULING PROBLEM*, Department of Railway Engineering University of UMC, 2003.
- [7] Marco Luethi, Giorgio Medeossi, *Rescheduling and Train Control: A New Framework for Railroad Traffic Control in Heavily Used Networks*, Swiss Federal Institute of Technology, Department of Civil Engineering University of Trieste, 2006.
- [8] R. L. BURDETT and E. KOZAN, A *SEQUENCING APPROACH FOR TRAIN TIMETABLING*, School of Mathematical Sciences, Queensland University of Technology, Australia, {r.burdett, e.kozan}@qut.edu.au, 2007.

Intelligent Systems  
Scientific Society Of Iran