

## بررسی بازار حمل و نقل ریلی باری در شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران با استفاده از دیدگاه سیستم دینامیکی

دکتر حسین قهرمانی<sup>1</sup>، نریمان نیکو<sup>2</sup>، محمد سعید یحیی<sup>3</sup>

1- استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران

2- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران

3- کارشناس، دانشگاه علم و صنعت ایران

### چکیده

امروزه بدلیل بعد مسافت بین مراکز تولید و مراکز جمعیتی و مصرفی کشور و قابلیت حمل کالاهای خطرناک و خاص در شرایط خاص اهمیت حمل نقل ریلی بیش از پیش نمایان می گردد. پیچیدگی مدیریت سیستم راه آهن به دلیل تعداد زیاد فاکتورها و اجزای تاثیر گذار بر آن است. این اثرات تاثیرات غیر خطی و پویا بر روی سیستم می گذارند. در این مقاله بخش های اصلی سیستم راه آهن کشور شامل بازار حمل و نقل، زیرساخت، قیمت گذاری مدل سازی شده است. در مقاله ارائه شده با استفاده از دیدگاه پویایی سیستم، سیستم راه آهن برای مدت 30 سال شبیه سازی شده است. در نهایت با بررسی اعتبار مدل به تحلیل حساسیت بر روی پارامترها پرداخته شده است. راه آهن می تواند با مدیریت بهتر ناوگان و افزایش ظرفیت واگن ها و همچنین دریافت بخشی از هزینه دسترسی از دولت و کاهش تعرفه دسترسی، ضمن کاهش هزینه ها، امکان ورود بخش خصوصی را تسهیل نماید. این مدل می تواند برای ارزیابی عملکرد سیاست های جدید بر روی سیستم راه آهن مورد استفاده قرار بگیرد.

کلید واژه: راه آهن، پویایی های سیستم، بازار حمل و نقل ریلی

<sup>1</sup> عضو هیئت علمی، دانشکده مهندسی راه آهن، h.garamani@iust.ac.ir

<sup>2</sup> مهندس حمل و نقل ریلی، دانشکده مهندسی راه آهن، 09195610725، narimanikoo@yahoo.com

<sup>3</sup> مهندس حمل و نقل ریلی، دانشکده مهندسی راه آهن، 09124113313، ms.yahyaie@yahoo.com

## 1- مقدمه

حمل و نقل از جمله ضروریات اقتصادی است و در ابعاد وسیع جهانی، مبادله کالاها و خدمات میان هر یک از مصرف کنندگان کره زمین شکلی از حرکات را پدید می آورد که در آن منابع اقتصادی نظیر سرمایه، نیروی کار، زمان و تکنولوژی بکار رفته است تا مصرف کننده را به کالاها و منابع، و تولیدکننده را به بازده برساند. به یک بیان، مجموعه حرکات انفعالی در سطح زمین، از اصول کلی تقاضا پیروی می کند و تقاضا برای حمل و نقل مشتق از سایر فعالیتهای اقتصادی و اجتماعی است و لذا محصول حمل و نقل در عین حال که یک تولید پیچیده و مرکبی است، تابع تغییرات تقاضا در نقاط و یا بخشهای دیگر اقتصاد نیز می باشد [1].

در مقایسه با سایر صنایع، توسعه صنعت ریلی شامل افزایش ناوگان ریلی و تعمیر و نگهداری هزینه زیادی را نیاز دارد. بدلیل محدودیت منابع دولتی توسعه این بخش مقدور نبوده و یا در بهترین شرایط اعتباری، به کندی صورت می پذیرد. به گونه ای که بیشترین تلاش دولتها هرگز پاسخگوی کمترین تقاضای جامعه نبوده است.

امکان حمل بار انبوه با هزینه کمتر و نیز نقش راه آهن در توسعه و پیشرفت شهرها و مناطق مختلف که، کمک شایانی را به اقتصاد کشور و دولت می نماید. امروزه با محدودیت منابع مالی و هزینه های هنگفت دولت و نیز بدلیل بعد مسافت بین مراکز تولید و مراکز جمعیتی و مصرفی کشور و قابلیت حمل کالاهای خطرناک و خاص در شرایط خاص اهمیت حمل و نقل ریلی بیش از پیش نمایان می گردد.

در این مقاله بخش های اصلی شامل بازار حمل و نقل، مالی، زیرساخت، قیمت گذاری مدل سازی شده است. در سال های گذشته، بودجه دولتی، تامین کننده هزینه های بهره برداری و تعمیر و نگهداری زیرساخت مورد استفاده قرار می گرفته است. که منجر به کاهش کیفیت خدمات و سهم حمل و نقل و در نتیجه کاهش درآمد راه آهن شده است.

امروزه هیچ کس هواپیمایی را بدون ارزیابی دقیق عملکرد آن نمی سازد و به پرواز در نمی آورد ولی ما بدون پیش مدل سازی، تغییرات بزرگی در سازمان تجاری به وجود می آوریم در صورتی که یک سازمان به پیچیدگی ساخت یک هواپیما می باشد این روشی که ارائه می گردد ما را در آزمایش، قبل از اجرای تغییرات یاری می نماید [2].

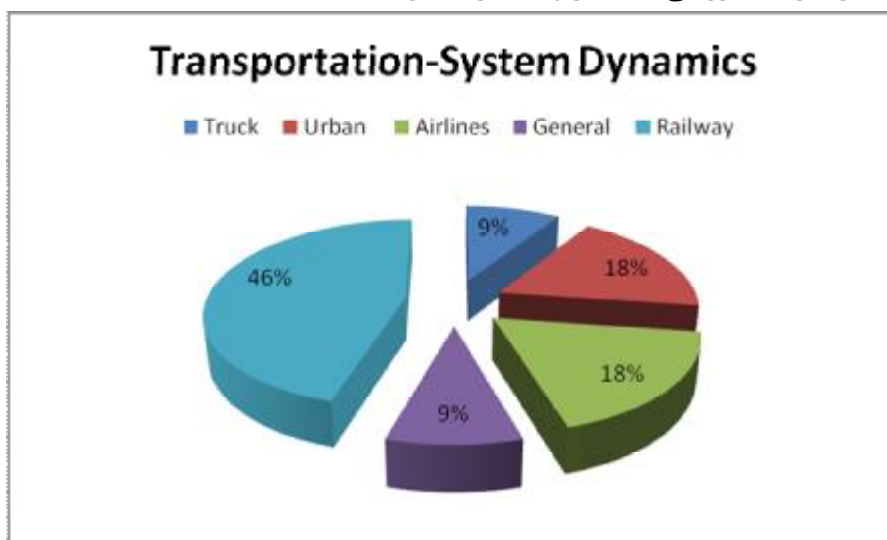
پیچیدگی مدیریت سیستم راه آهن به دلیل تعداد زیاد فاکتورها و اجزای تاثیر گذار بر آن بر می گردد. این اثرات تاثیرات غیر خطی و پویا بر روی سیستم می گذارند. روابط بین اجزای در این سیستم به ندرت خطی می باشد. در اغلب موارد با افزایش درجه غیرخطی، تحلیل مسائل با استفاده از مدیریت سنتی و رویکردهای کمی موجود در علم مدیریت دشوار خواهد شد.

رفتار دینامیکی چنین سیستم هایی ناشی از ساختارشان می باشد که شامل روابط علی، معلولی گوناگون می باشد. در این سیستم ها حلقه بازخوردی اطلاعاتی نیز وجود دارد که جلوبرنده این سیستم ها می

باشد. سیاست های داخلی تاثیر زیادی بر شکل دهی عملکردشان می گذارد. این مدل می تواند برای ارزیابی عملکرد سیاست های جدید بر روی سیستم راه آهن مورد استفاده قرار بگیرد.

## 2- مروری بر مدل های پویایی سیستم ارائه شده برای سیستم های حمل و نقل

اصول و مکانیزم های پویایی های سیستم ابتدا در دهه های 1940 و 1950 مطرح و بررسی هایی روی آنها انجام شده است. مسائل موجود در این سیستم از دو ویژگی پویایی و ساختار بازخوردی برخوردارند. نمودارهای علی-معلولی و جریان مدلسازی پویا، شیوه ساده ای برای نمایش ساختارهای حلقوی پیش از تدوین معادلات سیستم است. نمودارهای جریان مشتمل بر متغیرهای نرخ، سطح، کمکی و عناصر ثابت و یکسری عملیات است [3]. در این قسمت با بررسی حدود 50 مقاله در زمینه پویایی های سیستم ، 8 مقاله مرتبط با حمل و نقل شناسایی و دسته بندی شدند. همانطوری که در شکل 1 نشان داده شده است، 46 درصد از کارهای بررسی شده مربوط به راه آهن است.



شکل 1: دسته بندی مقالات بررسی شده بر اساس کاربرد

لوئیس و دیگران (2005) بخش های اصلی حمل و نقل ریلی شامل بازار حمل و نقل ، مالی ، زیر ساخت ، تعرفه و سیاست گذاری دولت مدل سازی شده است [ 4]. در کتاب آقای پروفیلدس (2006) ارتباط بین اجزای زیر ساخت در راه آهن مورد بررسی قرار گرفته است [ 5]. جیفنگ (2008) با استفاده از دیدگاه پویایی سیستم به مدل سازی حمل و نقل شهری با استفاده از زیرمدل های جمعیت، توسعه اقتصادی، تعداد وسایل نقلیه، اثرات زیست محیطی، تقاضای حمل و نقل، عرضه سفر و تراکم ترافیکی بر اساس داده های شهر دالیان چین پرداخته است. در انتها پیشنهاد نموده است که با محدود کردن تعداد وسایل نقلیه ، می توان سیستم حمل و نقل دالیان را بهبود بخشید [6]. سورینانی و دیگران (2009) با استفاده از فرضیه پویایی سیستم، به بررسی پیش بینی تقاضای مسافری حمل و نقل هوایی به بررسی چگونگی گسترش ترمینال های مسافری برای پاسخگویی به حجم تقاضا در آینده می پردازد [ 7]. مونتاکی و

دیگران (2009) با استفاده از دیدگاه پویایی سیستم به ارزیابی عملکرد فرودگاه ها پرداخته است. و با استفاده از مدل ارائه شده به ارزیابی عملکرد فرودگاه آتن با تقاضاها و منابع مختلف پرداخته است [8].

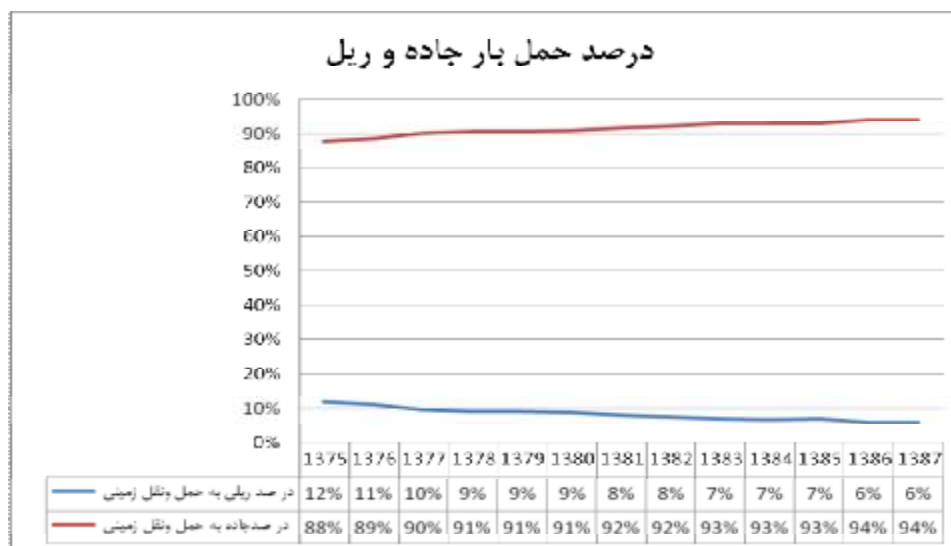
### 3- شناخت سیستم

در این قسمت برای شناسایی با سیستم مورد بررسی و مفروضات در نظر گرفته شده برای مدل بر اساس آمار و اطلاعات موجود، به بررسی بازار حمل و نقل ریلی باری در شرکت راه آهن ج.ا. می پردازیم. آمار حمل میلیون تن، تن کیلومتر، درآمد داخلی برای حمل و نقل ریلی و جاده ای ارائه شده است.



شکل 2: بار جابجا شده حمل و نقل ریلی

نمودارها بیانگر آنست که حمل و نقل ریلی در زمینه حمل بار در سالهای مختلف دارای رشد بوده اند. حمل و نقل ریلی در سالهایی با کاهش نرخ بار مواجه بوده است. متوسط نرخ رشد تقاضای حمل و نقل بار ریلی معادل 3% بوده است. شکل 3



شکل 3: درصد حمل بار

در سالهای اخیر تعداد 22 شرکت حمل و نقل ریلی در بخش بار با حدود 15 هزار دستگاه واگن بار و تعداد 6 شرکت حمل و نقل مسافری ریلی در کشور با حدود 430 دستگاه (30 درصد) واگن های مسافری مشغول به بهره برداری از خطوط ریلی کشور می باشند که عمدتاً مالکیت واگن را دارا می باشند ارتباط بین پارامترها به صورت جدول 1 وارد مدل شده است.

جدول 1: ارتباط بین پارامترها

سال	درآمد	افزایش تعرفه	افزایش هزینه دسترسی
1385	3185500	0.11	0.16
1386	2765975	0.16	0.2
1387		0.27	0.4
1388		0.175	0.15

هزینه توسعه ناوگان در بخش ریلی شامل هزینه ای خرید لکوموتیو ، واگنهای باری یا مسافری میباشد . قیمت واگنهای باری به طور میانگین بین 40 تا 70 هزار دلار میباشد . هزینه خرید لکوموتیو نیز چیزی در حدود 1 تا 2 میلیون دلار میباشد . با توجه به قیمت تقریبی دیزلهای آلستوم حدود 2 میلیون دلار و با فرض بالاتر بودن 10% قیمت برقی مشابه قیمت دیزلی و برقی به ترتیب 2 و 2/2 میلیون دلار می باشد. طبق استاندارد جهانی هزینه نگهداری لکوموتیو برقی به دلیل ماهیت آن به مراتب کمتر از دیزلی است. این مقدار برای هر تن - لکوموتیو 0/16 دلار پرداخت می شود که برای هر تن لکوموتیو دیزلی 0.83 دلار پرداخت میشود که این نسبت تقریباً "1 به 5 است. هزینه های مطالعاتی حمل و نقل ریلی %2/5 کل هزینه ها در نظر گرفته می شود. هزینه نگهداری خط معمولاً درصد قابل توجهی از هزینه کل شبکه راه آهن را به خود اختصاص می دهد. در خطوط با بار متوسط بار (30000 تا 40000 تن در روز گروه UIC4) اصلاح خصوصیات هندسی بعد از بار 20 تا 50 میلیون انجام می شود و هر 40 تا 50 سال ریل تعویض می گردد. بر اساس اطلاعات بدست آمده، میانگین عمر برای لکوموتیوها 29 سال، برای واگن های مسافری حدود 25 سال و برای واگن های باری 18 سال در نظر گرفته شده است [5 و 9]

#### 4- مفهوم سیستم راه آهن

سیستم گروهی از بخش های مرتبط می باشد که یک الگو واحد را تشکیل می دهد. تقریباً هر چیز مرتبط با سیستم ، جزئی از یک یا چند سیستم می باشد. با توجه به این نکته ما در زمان روبرو شدن با مسائل مدیریتی ، به دنبال مشکلی در خارج از سیستم می باشیم ، اما با رویکرد سیستمی ، ساختار داخلی سیستم اهمیت بیشتری نسبت به پیشامدهای خارجی، در تولید مشکل دارد [2].

شناخت سیستم شامل مراحل زیر می باشد:

- تعیین مرزیا محدوده بسته سیستم
- شناخت روابط علی و معلولی
- تعیین چارچوب و ساختار مسئله

در پویایی سیستم تمامی عوامل تاثیرگذار بر روی سیستم باید در محدوده مطالعه سیستم در نظر گرفته شوند. تعیین مرز سیستم به هدف مطالعه ما بستگی دارد. پویایی سیستم دارای دیدگاهی واقع گرایانه و عملگرایانه به ارتباط بین محیط و سیستم می پردازد

دو متغیر حالت و نرخ برای ارائه ساختار سیستم و بازخوران لازم و کافی هستند. در ساختار سیستم باید برای هر کمیتی که لازم است تا وضعیت سیستم مشخص شود، یک متغیر حالت قرار داد. متغیر نرخ موجب تغییر متغیر حالت است. - متغیر نرخ را به طور لحظه‌ای نمی‌توان اندازه‌گیری کرد. گذشت زمان برای اندازه‌گیری آن لازم است. متغیر نرخ معرف عملی است که برای تغییر حالت انجام می‌پذیرد. - متغیر نرخ بر اساس سیاست‌های تصمیم‌گیری و با استفاده از اطلاعات مربوط به وضعیت سیستم جهت تغییر حالت سیستم تعیین می‌شود [3].

#### 5- نمودار علی و معلولی و جریان

با ایده گرفتن از کارهای معرفی شده در صفحات قبل، در این مقاله، سیستم بازار حمل و نقل ریلی باری، با فرض وجود بازار رقابتی از دیدگاه پویایی سیستم مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این سیستم حلقه‌های مربوط به تعرفه، زیرساخت راه آهن، ورود شرکت‌های بهره‌بردار خصوصی و ... به صورت یکپارچه در نظر گرفته شده است. در سیستم مورد نظر فرضیه سیستم دینامیکی برقرار می‌باشد. نمودار علی، معلولی سیستم مورد نظر در ادامه آمده است.

اولین قدم در حل مسئله از طریق پویایی سیستم، شناخت و تعریف مسئله و مشکل می‌باشد. پویایی سیستم برای تشریح دلایل رخ دادن مسائل و ارائه راهکارهای غلبه بر آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

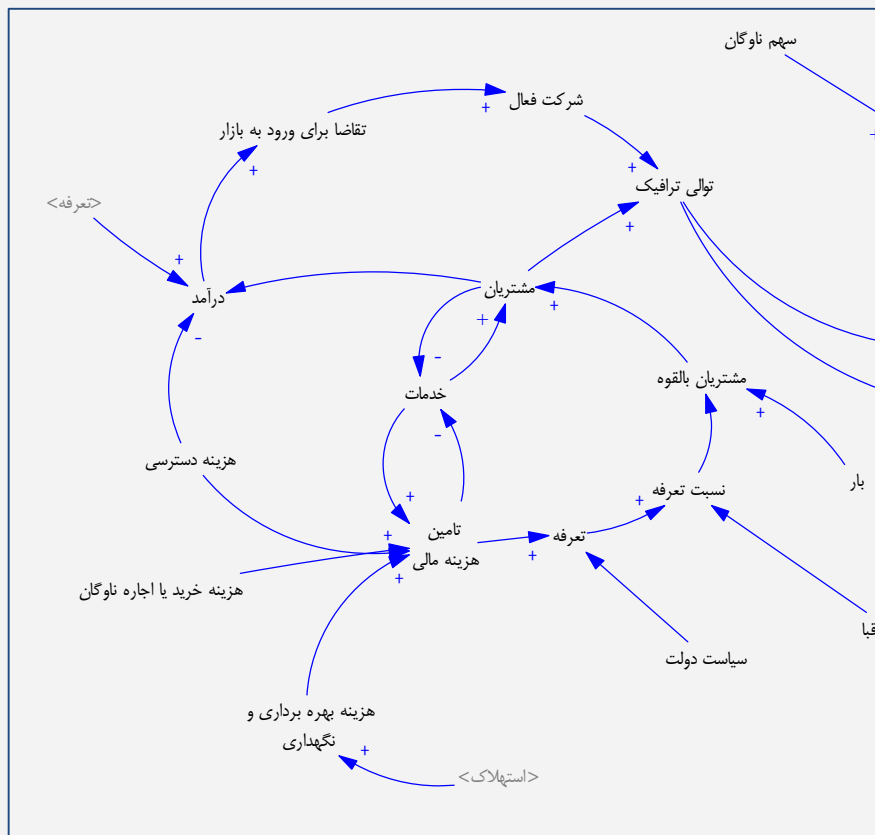
نمودار علی و معلولی شکل رابطه علی و معلولی بین خدمات، تعرفه نسبی، سیاست دولت و تامین مالی را نشان می‌دهد. علامت مثبت بدین معنا می‌باشد که با افزایش متغیر علی، متغیر معلول نیز افزایش می‌یابد و به صورت هم جهت تغییر می‌نماید، در حالی که اگر علامت روی نمودار منفی باشد، به معنا تاثیر معکوس و خلاف جهت متغیرهای علی و معلولی می‌باشد.

تامین هزینه مالی، شاخص مهمی برای بیان عملکرد راه آهن محسوب می‌گردد. تامین هزینه مالی از خدمات تاثیر می‌پذیرد. اگر شرکتی قصد بهبود خدمات یا افزودن محصولی جدید را دارد، نیازمند صرف هزینه می‌باشد که بر روی عملکرد مالی شرکت، تاثیر گذار خواهد بود. هر چند با افزایش عملکرد مالی، امکان بهبود خدمات امکانپذیر خواهد بود. از طرفی بهبود خدمات منجر به افزایش تعداد مشتریان، و افزایش بار ترافیکی که بر شرایط امکانات و زیر ساخت راه آهن تاثیر گذار است.

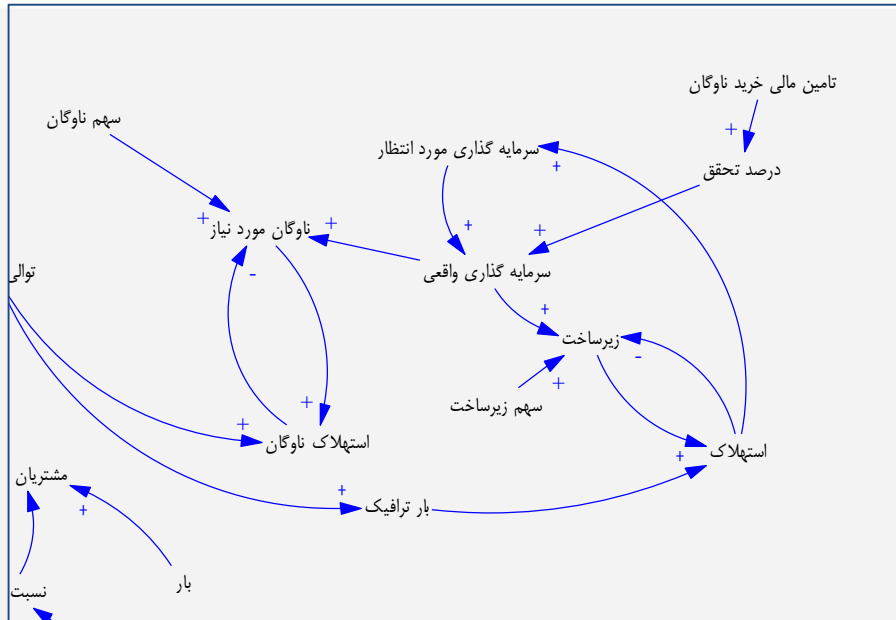
نمودار علی و معلولی شکل رابطه علی و معلولی بین خدمات، تعرفه نسبی، سیاست دولت و تامین مالی را نشان می‌دهد. علامت مثبت بدین معنا می‌باشد که با افزایش متغیر علی، متغیر معلول نیز افزایش می‌یابد و به صورت هم جهت تغییر می‌نماید، در حالی که اگر علامت روی نمودار منفی باشد، به معنا تاثیر معکوس و خلاف جهت متغیرهای علی و معلولی می‌باشد.

یابدو به صورت هم جهت تغییر می نماید، در حالی که اگر علامت روی نمودار منفی باشد، به معنا تاثیر معکوس و خلاف جهت متغیرهای علی و معلولی می باشد.

تامین هزینه مالی ، شاخص مهمی برای بیان عملکرد راه آهن محسوب می گردد. تامین هزینه مالی از خدمات تاثیر می پذیرد. اگر شرکتی قصد بهبود خدمات یا افزودن محصولی جدید را دارد، نیازمند صرف هزینه می باشد که بر روی عملکرد مالی شرکت، تاثیر گذار خواهد بود. هر چند با افزایش عملکرد مالی ، امکان بهبود خدمات امکانپذیر خواهد بود. از طرفی بهبود خدمات منجر به افزایش تعداد مشتریان ، و افزایش بار ترافیکی که بر شرایط امکانات و زیر ساخت راه آهن تاثیر گذار است. با افزایش درآمد شرکت ها، نرخ افزایش هزینه دسترسی افزایش یافته و در نتیجه نرخ تعرفه افزایش می یابد. هزینه دسترسی و تقاضا بر روی نرخ ورد به بازار شرکت های خصوصی افزایش یافته و بر روی نرخ آنها تاثیر می گذارد. افزایش تقاضا بر روی تعداد واگن های مورد نیاز تاثیر می گذارد و تعداد واگن های بیشتر، نیاز به لکوموتیو های بیشتری در شبکه برای حمل خواهد داشت. طول عمر خطوط هم از شرایط بار ترافیکی و میزان تعمیر و نگهداری تاثیر می پذیرد. با افزایش تعداد خطوط ، به سرمایه گذاری کمتری برای افزایش خطوط نیازمندیم. تعمیر و نگهداری و بار ترافیکی بر روی کیفیت زیر ساخت تاثیر می گذارد. تعمیر و نگهداری زیر ساخت بر عهده ی دولت است.



شکل 4: نمودار علی و معلولی



شکل 5: ادامه نمودار علی و معلولی

با فرض جریان مشخص و پیوسته، فرآیند تجاری مثل یک سیستم لوله کشی مدل می شود. می توان فرض نمود که متغیر حالت مثل تانک هایی پر از مایع می باشد که متغیر نرخ مثل دریچه ای باشد نرخ جریان مایه را در تانک کنترل می نماید .

برای کامل کردن معادلات با ید موارد زیر را داشته باشیم :

- مقدار اولیه متغیر حالت
- معادله هر جریان

معادلات استفاده شده به شرح جدول زیر است. بر اساس نمودار علی و معلولی و با وارد کردن روابط ریاضی ، معادلات جریان در محیط نرم افزار وارد گردید.

جدول 2: معادلات جریان

1	اثر عملکرد مالی = 0.5
2	استهلاك = طول خطوط / عمر زیرساخت
3	استهلاك لکوموتیو = لکوموتیو / طول عمر لکوموتیو
4	استهلاك ناوگان = واگن باری / طول عمر واگن باری
5	بار حمل شده = ظرفیت متوسط هر واگن * نرخ بهره برداری از واگن باری * واگن باری
6	تعداد متوسط واگن = 2000
7	تعرفه حمل = INTEG (نرخ تعرفه, 450)
8	تقاضای باری = INTEG (نرخ تقاضای باری, 33)
9	درآمد = واگن باری * تعرفه حمل

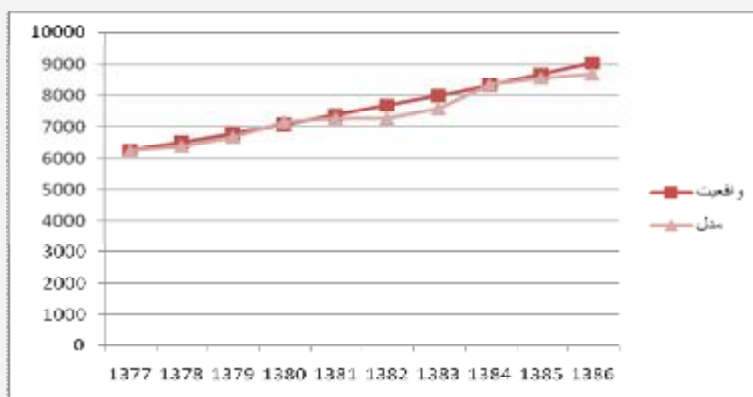


10	درآمد خالص = درآمد - مجموع هزینه ها - هزینه های مطالعات
11	درصد پاسخگویی به تقاضا = بار حمل شده / تقاضای باری
12	رشد تقاضای باری = 0.06
13	زمان تامین لکوموتیو = 15
14	زمان تامین ناوگان = 100 * اثر بر روی ورود به بازار
15	زمان ساخت و تامین سرمایه = 3
16	زیرساخت افزوده شده = اثر عملکرد مالی * سرمایه گذاری مورد نیاز
17	سهم هزینه مطالعات = 0.025
18	طول خط مطلوب = 25000
19	طول خطوط = INTEG (زیرساخت افزوده شده - استهلاک, 6264)
20	طول عمر لکوموتیو = 25
21	طول عمر واگن باری = 18
22	ظرفیت متوسط هر واگن = e-0055.5
23	عمر زیرساخت = اثر ناشی از اختلاف هزینه * عمر طبیعی خطوط
24	عمر طبیعی خطوط = 40
25	لکوموتیو = INTEG (لکوموتیو افزوده شده - استهلاک لکوموتیو, 650)
26	لکوموتیو افزوده شده = STEP ((لکوموتیو مورد نیاز - لکوموتیو) / زمان تامین لکومو, زمان تامین لکومو)
27	لکوموتیو مورد نیاز = واگن مورد نیاز برای حمل / تعداد متوسط واگن
28	مجموع هزینه ها = هزینه تامین مالی خرید لکوموتیو + هزینه تامین مالی خرید ناوگان + هزینه ساخت خطوط + هزینه تعمیر و نگهداری زیرساخت
29	ناوگان افزوده شده = (واگن مورد نیاز برای حمل - واگن باری) / زمان تامین ناوگان
30	نرخ افزایش = اثر بر روی هزینه دسترسی * هزینه دسترسی به خط
31	نرخ بهره برداری از واگن باری = 0.6
32	نرخ تعرفه = تعرفه حمل * درصد افزایش تعرفه
33	نرخ تقاضای باری = تقاضای باری * رشد تقاضای باری
34	هزینه تامین مالی خرید لکوموتیو = لکوموتیو افزوده شده * هزینه خرید لکوموتیو
35	هزینه تامین مالی خرید ناوگان = ناوگان افزوده شده * هزینه خرید یک واگن
36	هزینه تعمیر و نگهداری زیرساخت = طول خطوط * هزینه تعمیر و نگهداری واحد
37	هزینه تعمیر و نگهداری واحد = 443

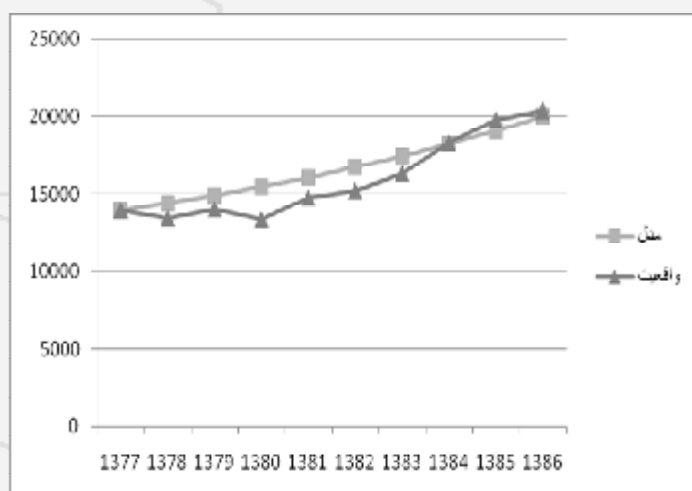
هزینه خرید لکوموتیو=20000	38
هزینه خرید یک واگن=600	39
هزینه دسترسی به خط = INTEG (نرخ افزایش, 350)	40
هزینه ساخت خطوط = زیرساخت افزوده شده * هزینه ساخت یک کیلومتر خط	41
هزینه ساخت یک کیلومتر خط=10000	42
هزینه های مطالعات=سهم هزینه مطالعات * مجموع هزینه ها	43
واگن باری = INTEG (ناوگان افزوده شده - استهلاک ناوگان, 15000)	44
واگن مورد نیاز برای حمل = تقاضای باری / ظرفیت متوسط هر واگن	45

### 6- اعتبارسنجی مدل

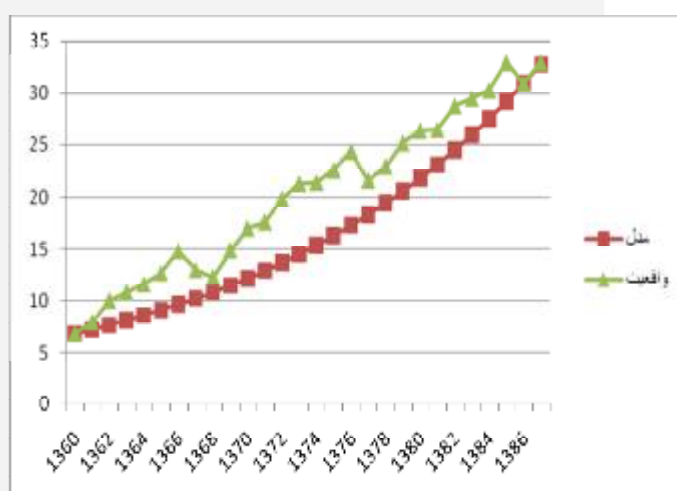
در این قسمت با مقایسه نتایج ارائه شده مدل و آنچه در واقعیت رخ داده است به ارزیابی مدل ارائه شده پرداختیم. همانطوری که در شکل های 6 تا 8 نشان داده شده است مدل از دقت خوبی برخوردار است.



شکل 6: اعتبارسنجی طول خطوط



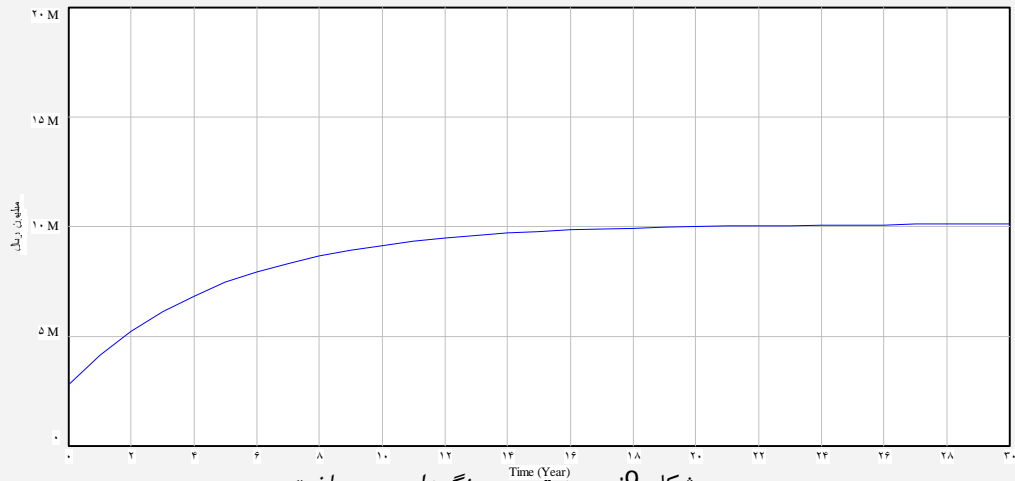
شکل 8: تعداد واگن باری موجود در شبکه



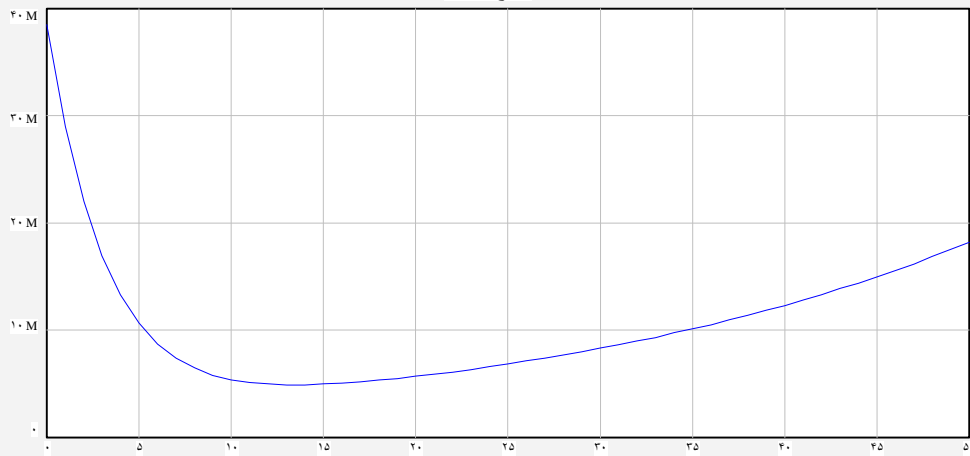
شکل 7: میلیون تن بار

7- نتایج شبیه سازی

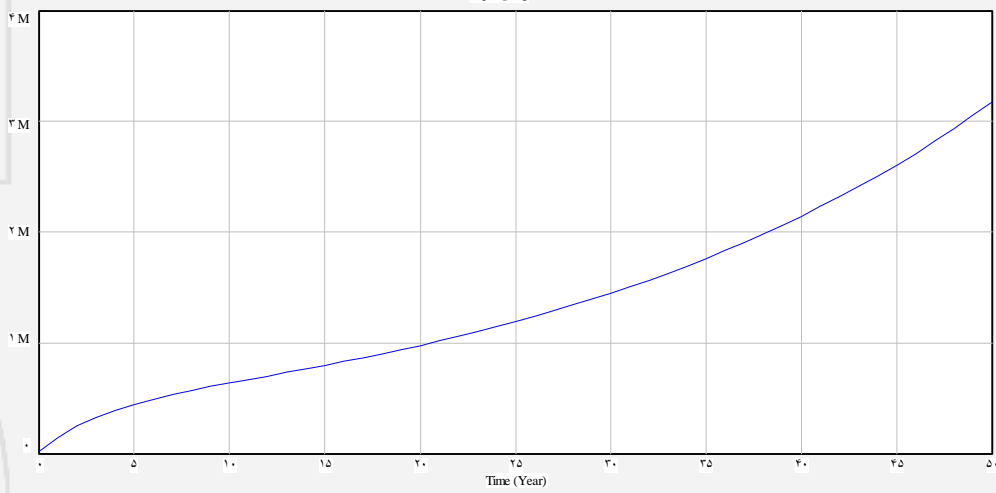
در نهایت با استفاده از نرم افزار VENSIM، مدل برای 30 سال شبیه سازی گردید. برخی از نتایج دست آمده در نمودارهای زیر آمده است.



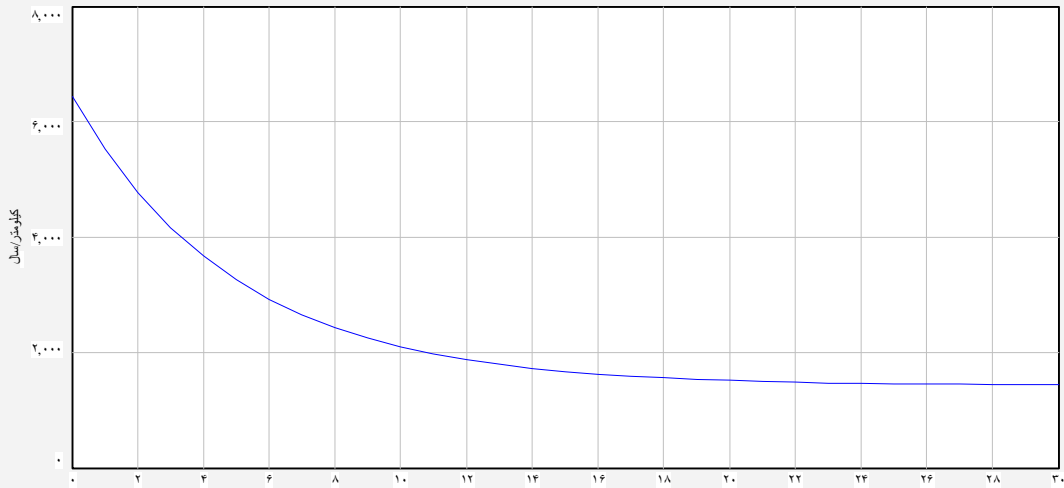
شکل 9: هزینه تعمیر و نگهداری زیرساخت



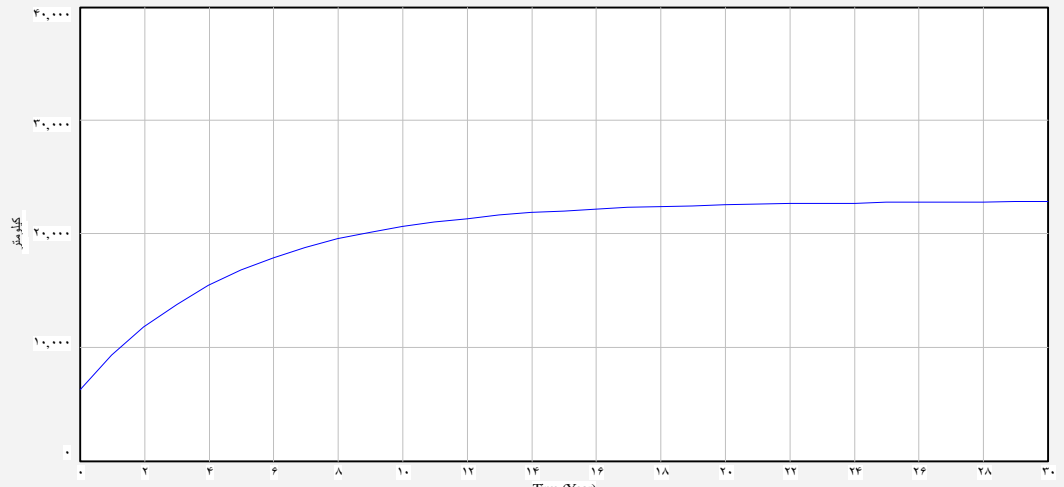
شکل 10: مجموع هزینه ها



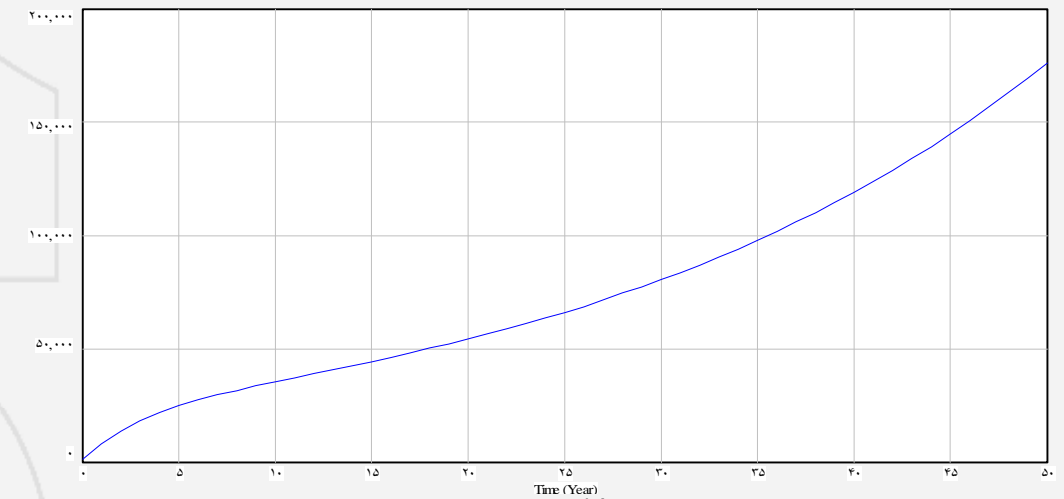
شکل 11: تعداد واگن باری



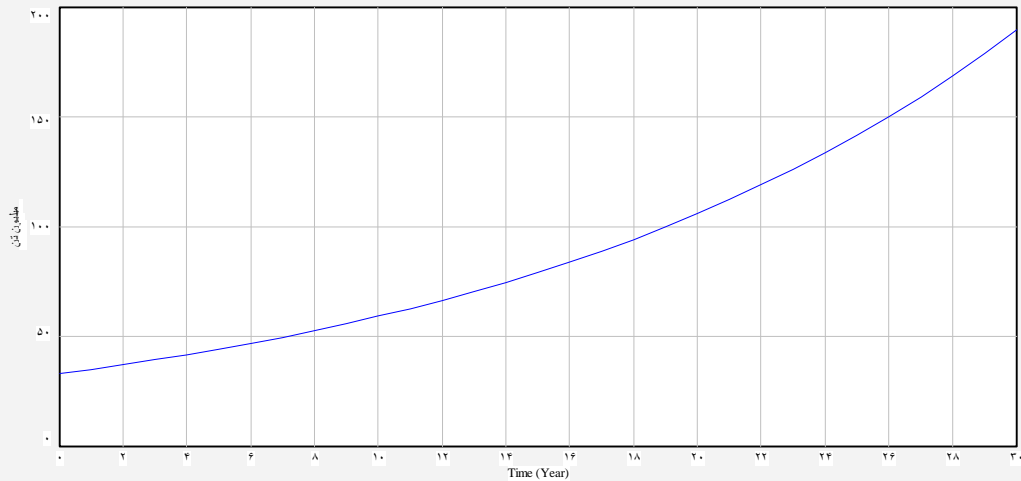
شکل 12: سرمایہ گذاری مورد نیاز



شکل 13: طول خطوط



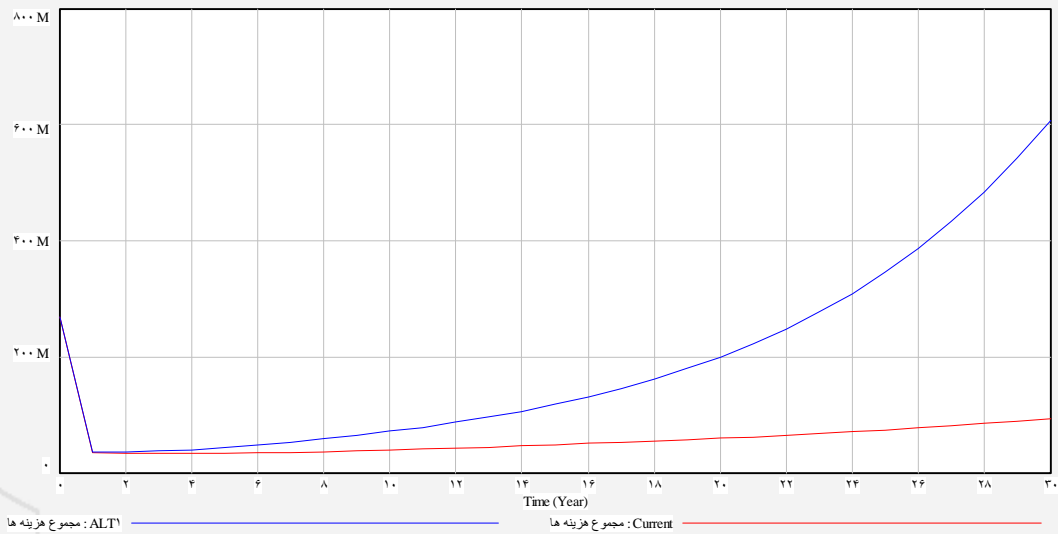
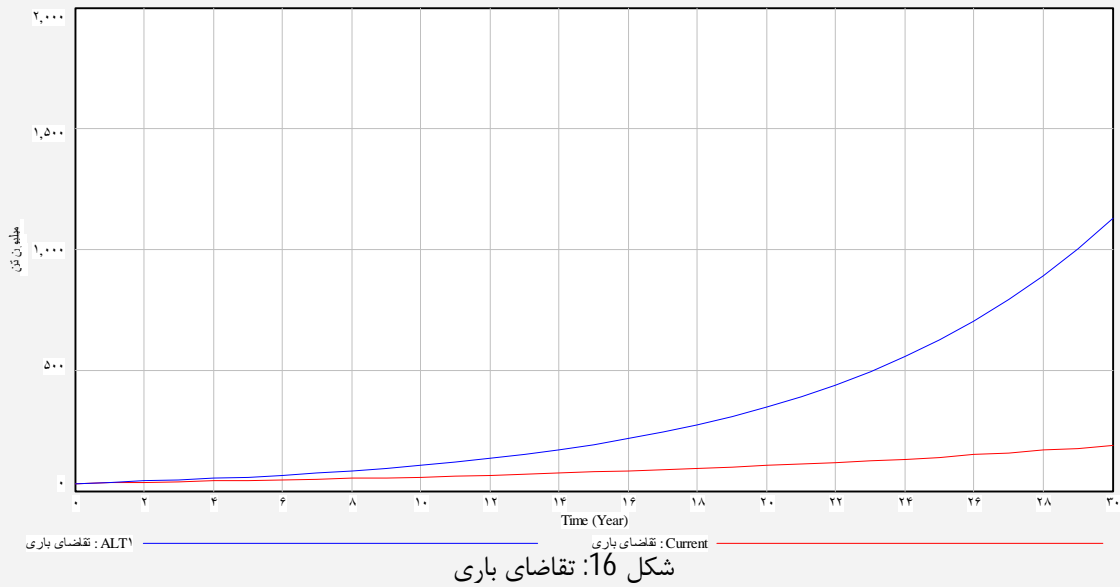
شکل 14: استهلاك ناوگان



شکل 15: تقاضای باری

با توجه به شکل های 9 تا 15، مجموع هزینه ها تا حدود 10 سال آینده کاهش و سپس افزایش می یابد. بار حمل شده همواره سیر صعودی خواهد داشت اما میران حمل شده ابتدا با جهش ناگهانی است، سپس به صورت نمایی افزایش می یابد که می تواند به دلیل ورود واگن های بیشتری بخش خصوصی به این صنعت باشد. درصد افزایش تعرفه که از هزینه دسترسی تاثیر می پذیرد، افزایش یافته و مقداری ثابت به خود می گیرد. بخش خصوصی تمایل بیشتری به ورود به این صنعت پیدا خواهد نمود. میزان استهلاك ناوگان رفتاری نوسانی خواهد داشت. تعدا لکوموتیو ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می نماید. میزان طول خطوط طبیعتا رفتاری هدفجوی پیدا نموده است. و این رفتار در مورد میزان سرمایه گذاری لازم برای احداث خطوط نیز صدق می نماید. رفتار هزینه تعمیر و نگهداری نیز، رفتاری هدف جو است.

همانطوری که در نمودارهای 16 و 17 می بینید، با تغییر ظرفیت و افزایش 67 تن برای هر واگن، تعدا واگن مورد نیاز کاهش قابل توجهی پیدا نموده و مجموع هزینه ها کاهش پیدا می نماید. تغییرات در نرخ ورود به بازار، تقریبا ثابت، و ورود به بازار با نرخ ثابتی انجام می گردد. میزان لکوموتیو افزوده شده در طول 30 سال کاهش پیدا نموده که با توجه به نیاز کمتر بوده است. درصد پاسخ گویی به تقاضا در مقدار نسبت ثابتی باقی می ماند. با مدیریت بهتر ناوگان و بهره برداری تا 80 درصد آن، در صورتی که رشد تقاضای باری را دو برابر نماییم. با توجه به نیاز به تعدا بیشتری واگن، نرخ ورود به بازار افزایش پیدا نمود.



### 8- نتیجه گیری

در این مقاله با استفاده از نرم افزار VENSIM، مدل برای 30 سال شبیه سازی گردیده و با مقایسه نتایج ارائه شده مدل و آنچه در واقعیت رخ داده است به ارزیابی مدل ارائه شده پرداختیم. زیر نشان داده شده است مدل از دقت خوبی برخوردار است.

مجموع هزینه ها تا حدود 10 سال آینده کاهش و سپس افزایش می یابد. بار حمل شده همواره سیر صعودی خواهد داشت اما میران حمل شده ابتدا با جهش ناگهانی است، سپس به صورت نمایی افزایش می یابد که می تواند به دلیل ورود واگن های بیشتری بخش خص.صی به این صنعت باشد. درصد افزایش

تعرفه که از هزینه دسترسی تاثیر می پذیرد، افزایش یافته و مقداری ثابت به خود می گیرد. بخش خصوصی تمایل بیشتری به ورود به این صنعت پیدا خواهد نمود. میزان استهلاک ناوگان رفتاری نوسانی خواهد داشت. تعدا لکوموتیو ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می نماید. میزان طول خطوط طبیعتا رفتاری هدفجوی پیدا نموده است. و این رفتار در مورد میزان سرمایه گذاری لازم برای احداث خطوط نیز صدق می نماید. رفتار هزینه تعمیر و نگهداری نیز، رفتاری هدف جو است. با افزایش ظرفیت هر واگن، تعدا واگن مورد نیاز کاهش قابل توجهی پیدا نموده و مجموع هزینه ها کاهش پیدا می نماید. تغییرات در نرخ ورود به بازار، تقریبا ثابت، و ورود به بازار با نرخ ثابتی انجام می گردد. میزان لکوموتیو افزوده شده در طول 30 سال کاهش پیدا نموده که با توجه به نیاز کمتر بوده است. با مدیریت بهتر ناوگان و بهره برداری تا 80 درصد آن، تعداد واگن های باری کاهش پیدا می نماید و درصد پاسخگویی به تقاضا افزایش پیدا نموده است. در صورتی که رشد تقاضای باری را دو برابر نماییم. با توجه به نیاز به تعدا بیشتری واگن، نرخ ورود به بازار افزایش پیدا نمود. بنابراین راه آهن می تواند با مدیریت بهتر ناوگان و افزایش ظرفیت واگن ها و همچنین در یافت بخشی از هزینه دسترسی از دولت و کاهش تعرفه دسترسی از ضمن کاهش هزینه ها، امکان ورود بخش خصوصی را تسهیل نماییم.

## مراجع

1. اصول کاربردی اقتصاد حمل و نقل، 1382، دکتر سید ابراهیم بیضایی، انتشارات سمت.
2. Craig W.Kirkwood, 2006, System Dynamics Methods, A Quick Introduction, College of Business, Arizona State University
3. پویایی های سیستم، 1379، دکتر محمدرضا حمیدی زاده، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
4. S. LUBIS & et al, 2005, RAIL SECTOR POLICY ANALYSIS USING SYSTEM DYNAMIC APPROACH,
5. V.A.Profilidis Railway Management and Engineering; 2006
6. Jifeng, System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application, 2008
7. Suryani & et al, 2010, Air passenger demand forecasting and passenger terminal capacity expansion: A system dynamics framework,
8. Manataki & et al, 2010, Assessing airport terminal performance using a system dynamics model.
9. آمار فعالیت های راه آهن جمهوری اسلامی ایران - پایگاه اینترنتی راه آهن جمهوری اسلامی ایران / سالنامه های راه آهن از سال 1382 تا سال 1386