

شبیه‌سازی مدل درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم (مورد مطالعه: خط یک مترو اصفهان)

مقاله علمی - پژوهشی

احمد رضا جعفریان مقدم*، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
حسین ساکی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
محمد بهرامی، دانش آموخته کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ar.jafarian@trn.ui.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰

صفحه ۲۶۸-۲۴۷

چکیده

با علم بر اینکه سیستم مترو یک سیستم خدماتی و غیرانتفاعی است، درآمدزایی در ایستگاه‌های ریلی اهمیت زیادی دارد. باتوجه به ظرفیت ایستگاه‌های مترو برای تجاری‌سازی و کسب درآمد از آن، می‌توان در وهله اول هزینه‌ها را کاهش داد و سپس به سوددهی رسید. درآمدزایی در ایستگاه‌های ریلی به دو بخش مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود که در این پژوهش به بررسی راهکارهای درآمدزایی مستقیم پرداخته است. از راهکارها و شاخص‌های درآمدی می‌توان به درآمدزایی از طریق اجاره فضاهای تبلیغاتی و فضاهای تجاری در سالن‌های ایستگاه اشاره نمود. در این پژوهش شاخص‌های نوینی برای درآمدزایی ارائه شده است که می‌توان به ساخت نیروگاه‌های برق خورشیدی، ساخت پارکینگ، خرید زمین و ساخت و فروش آن، خرید و فروش ماشین‌آلات و در نهایت فروش ماشین‌آلات اسقاطی و فروش داده‌های فنی اشاره کرد. برای مدل‌سازی از روش پویایی سیستم بهره گرفته شد. سپس مدل ساخته شده در نرم‌افزار VENSIM اجرا شد. به منظور افزایش دقت، از داده‌های مالی سه شرکت بزرگ بهره‌برداری مترو تهران، اصفهان و مشهد در مدل استفاده شد. نتایج پیاده‌سازی مدل در خط یک متروی اصفهان نشان داد که با تمرکز بر روی فعالیت‌های جانبی بررسی شده می‌توان در پایان دوره ۵۰ ساله درآمد را به ۱۵۱ میلیارد تومان در سال افزایش داد. نرخ متوسط افزایش درآمد در ۵۰ سال، حدود ۲ درصد (برابر ۱۶/۸ میلیارد تومان) بدست آمد. میزان افزایش به صورت سالانه در ده سال اول برابر ۲۴/۷ میلیارد تومان، در ده سال دوم ۱۵۴ میلیارد، در ده سال سوم ۱۷۴ میلیارد تومان، در ده سال چهارم ۲۱۴ میلیارد تومان و در ده سال پنجم ۲۷۵ میلیارد تومان بوده است. در ادامه به بررسی تقابل و تعامل راهکارهای موردنظر پرداختیم که یافته‌ها حاکی از تغییر مقدار درآمد کل سالانه با تغییر هر یک از شاخص‌ها است.

واژه‌های کلیدی: تبلیغات، تجاری‌سازی، پویایی سیستم، درآمد، مترو

۱- مقدمه

در ایستگاه‌های ریلی، بدین جهت دارای اهمیت است که با افزایش هزینه‌های راه‌اندازی و نگهداری مترو به دلیل افزایش هزینه‌های ساخت و واردات تجهیزات موردنیاز این سیستم، شرکت‌ها نیازمند راهکارهایی برای ایجاد درآمد در ایستگاه‌های ریلی و یا افزایش درآمد حاصله از فضاهای در اختیار می‌باشند.

"مترو" یک مجموعه حمل‌ونقل قطار برقی با سرعت بالاست، همچنین هرگونه زمین و دارایی دیگری برای تسهیل اهداف حمل‌ونقل ریلی یا به عبارت دیگر در ارتباط با توقفگاه یا ایستگاه مسافران خطوط ریلی (شامل دسترسی‌ها، جلوخان، فروشگاه‌ها و پارکینگ خودرو) را ایستگاه مترو گویند. موضوع درآمدزایی

آن است که می‌توان یک پدیده واقعی را به صورت سیستمی در نظر گرفت. این راهکار، به منظور ارتقا عملکرد خود از نتایج نهایی، بازخورد می‌گیرد و از این بازخوردها به عنوان ورودی ثانویه استفاده کرده و تحلیل پویایی را فراهم می‌کند. بنابراین با ترکیب علم پویایی سیستم و درآمدزایی می‌توان انتظار یک الگوی جامع و کاربردی در زمینه بررسی درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو را داشت. در این مقاله ابتدا تأثیر هر یک از راهکارهای مرتبط با درآمدزایی را بررسی می‌کند، سپس اثر همزمان تمامی راهکارهای مورد نظر را با استفاده از روش پویایی سیستم بررسی می‌کند. مدل پیشنهادی مقاله، مدلی نوین و دارای نوآوری است. بخش دوم مقاله به بررسی مطالعات و تحقیقات گذشته پیرامون راهکارهای درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو اختصاص دارد. در این بخش، با مقایسه مطالعات مختلف، نوآوری‌های مدل پیشنهادی مقاله برجسته می‌شود. روش پویایی سیستم و عناصر مختلف آن در بخش سوم به اختصار تشریح می‌شوند. بخش چهارم به تشریح و تدوین مدل پویایی درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو و ارائه مدل پیشنهادی درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو می‌پردازد. در بخش پنجم، مدل پیشنهادی در خط یک مترو شهر اصفهان و با استفاده از نرم افزار Vensim6 پیاده‌سازی و اجرا می‌گردد. نتایج اجرای مدل، زمینه ارائه روند درآمدزایی برای ایستگاه‌های مترو را فراهم می‌آورد. روند درآمدزایی و سایر نتایج و پیشنهادها در بخش پایانی ارائه می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

پژوهش‌های مرتبط با درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو شامل مدل‌های تجربی و آماری می‌باشد که اغلب براساس ثبت داده‌های شرکت‌های مرتبط به درآمدزایی و صاحبان مشاغل و غرفه‌های تجاری توسعه می‌یابند. این پژوهش‌ها بر مفاهیمی چون واگذاری فضاهای تبلیغاتی و تجاری، ایجاد پارکینگ‌ها، فروش داده‌های فنی و ... متمرکز هستند. مدل‌های درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو را می‌توان به دو بخش درآمدزایی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم کرد که مدل‌های مستقیم به دو بخش عملیاتی و غیرعملیاتی تقسیم می‌شود. کشکی (کشکی، ۱۳۹۲) معتقد بود میزان استفاده از رسانه‌های امروزی در میان افراد جامعه بسیار قابل ملاحظه است. با استفاده از تبلیغات به‌عنوان شاخه‌ای از علوم ارتباطات و به کمک شیوه‌های گوناگون می‌توان در کوتاه‌ترین

همچنین سالانه مسافران زیادی از طریق خطوط ریلی در سراسر کشور جابجا می‌شوند؛ این امر ظرفیت بالایی برای جذب مشتری برای کسب‌وکار دارد. علاوه بر این اقشار مختلفی از مردم از نقاط مختلف شهر در این ایستگاه‌ها حضور می‌یابند. این ایستگاه‌ها مکانی مناسب برای معرفی انواع کالاها، برندها در حوزه‌های مختلف مصرفی، خدماتی، تولیدی و ... است که می‌تواند درآمد مناسبی برای مدیران و مسئولین ایستگاه‌ها به همراه داشته باشد (فلاح منشادی، ۱۳۹۳). از طرف دیگر درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو از آن جهت دارای اهمیت است که مسئولین مترو با توسعه زیرساخت‌ها براساس درآمدهای پایدار می‌توانند که دارند، می‌توانند میزان استفاده شهروندان از مترو در سفرهای درون‌شهری را افزایش دهد و در گام بعدی به واسطه این رشد، نرخ سفر با مترو در شهر و حومه، درآمد از محل فروش بلیت را به حد قطع وابستگی به یارانه‌های دولتی برساند (کاظمیان، ۱۳۹۴). در ایستگاه‌ها فضاهای متنوعی از جمله: لایت باکس‌ها، باکس‌های بنری، استندهای فلزی و سیمانی، تلویزیون و مانیتور و وجود بیلبوردهایی در ورودی اصلی ایستگاه وجود دارد که می‌تواند برای درآمدزایی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. ایستگاه‌های اصلی مترو در شهرهای بزرگ عموماً در مرکز شهر قرار دارند. بنابراین، ادغام توسعه تجاری مشترک در ایستگاه‌های راه‌آهن می‌تواند محیط ایستگاه را غنی کند و علاوه بر ایجاد درآمد قابل توجه، راحتی را نیز فراهم کند؛ به این دلیل که عرضه خدمات، محصولات و اطلاع‌رسانی‌های تبلیغاتی موردنیاز مسافران در حالی انجام می‌شود که لازم نیست آنان مسیر خود را تغییر داده و وقت و هزینه اضافی بپردازند.

مجموعه عوامل بالا باعث افزایش اعتبار و ارزش مکان‌های تجاری و تبلیغاتی در ایستگاه‌های مترو شده و عطش و اشتیاق صاحبان خدمات، آگهی، صنایع و ... را جهت اجاره فضا برمی‌انگیزاند که خود در صورت مدیریت صحیح و اصولی با رعایت نکات خاص و ایمنی ایستگاه‌های مترو می‌تواند منجر به درآمدزایی پایدار و قابل ملاحظه گردد.

تا کنون پژوهش‌های زیادی در زمینه درآمدزایی در ایستگاه‌های ریلی به خصوص ایستگاه‌های مترو انجام شده است. در بیشتر این پژوهش‌ها راهکارهای درآمدزایی به صورت تک متغیره، خطی و یا بدون در نظر گرفتن تأثیر زمان بررسی شده‌اند. پژوهشگران زیادی توسط علم پویایی سیستم به بررسی و مدل‌سازی مسائل واقعی دنیا پرداخته‌اند. در این نظریه، فرض بر

Liao, 2018) به عنوان مدل سود شرکت‌های مترو و عملکرد شبه بازار مترو شنژن به تجزیه و تحلیل فرمول و عملکرد مدل سود مبتنی بر شبه بازاریابی آغاز شده در مترو شنژن می‌پردازد و این مطالعه نتیجه می‌گیرد که این مدل سود مبتنی بر اصل شبه بازار می‌تواند شرکت‌های مترو را برای دستیابی به توسعه و پایداری خود قادر سازد. ابوطالب و همکاران (Abutaleb, McDougall, Basson, Hassan, & Mahmood, 2019) می‌گویند با بررسی یافته‌های ادبیات خرده‌فروشی و طراحی شهری، درک توسعه مراکز خرید (TOD) بهتر می‌شود و پایداری اقتصادی شبکه‌های حمل و نقل ریلی را افزایش می‌دهد. سپس ژانگ و همکاران (L. Zhang & Zhuang, 2019) نتیجه می‌گیرند که فروشگاه‌های خرده‌فروشی و رستوران‌ها تحت تأثیر دسترسی مترو و عابر پیاده قرار می‌گیرند و با علم به این موضوع می‌توان برای درآمدزایی در ایستگاه‌ها برنامه‌ریزی‌های خرید و کلان انجام داد. در پژوهشی تینسا (Tinessa, Pagliara, Biggiero, & Veneri, 2021) با بررسی قابلیت پیاده‌روی، دسترسی به ایستگاه‌های مترو و انتخاب مکان خرده‌فروشی به این نتیجه رسید که خرده‌فروشان بیشتر مایل به پرداخت هزینه برای تعیین محل فعالیت خود در نزدیکی مناطق عابر پیاده و ایستگاه‌های مترو هستند. با استفاده از این نتیجه‌گیری می‌توان برای کسب درآمد از اجاره دادن فضای مترو به خرده‌فروشان استفاده کرد. غیر از موارد فوق، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که در بین ۱۲ مترو مشهور دنیا تنها مترو هنگ‌کنگ است که حدود ۲۵ درصد درآمد‌های کل خود را از درآمد‌های تبلیغاتی، اجاره پارکینگ، اجاره زمین بدست می‌آورد. قسمت عمده درآمد مترو لندن از فروش بلیت بدست می‌آید. درآمد غیرعملیاتی سهم ناچیزی در درآمد‌های مترو لندن دارند. در مترو لس‌آنجلس، درآمد عملیاتی که بیشتر با کرایه‌ها (فروش بلیت) حاصل می‌شود همچنان سهم اندکی (تنها ۹ درصد) از درآمد کل مترو لس‌آنجلس را تشکیل می‌دهد. مشارکت شرکت‌های مترو با بخش خصوصی در برون‌سپاری فعالیت‌ها و متکی نبودن شرکت‌های مترو به بودجه دولت مرکزی، یارانه بخش دولتی و فرهنگ‌سازی در جهت استفاده حداکثری مردم از حمل و نقل عمومی از جمله راهکارهای افزایش درآمد سیستم مترو در جهان بوده است.

در زمینه پویایی سیستم نیز پژوهش‌هایی صورت گرفته است که می‌توان به چند پژوهش اشاره کرد: صمدی و همکاران (صمدی، شیرازی، نقی و روحی، ۲۰۱۱) در سال ۱۳۹۱ در پژوهشی با

زمان اثری مطلوب باقی گذاشت. در ادامه خاینان (خاینان، ۱۳۹۳) مواردی چون افزایش درآمد‌های پایدار و ایجاد درآمد‌های غیرعملیاتی (درآمد‌های تبلیغاتی، درآمد اجاره غرفه‌ها و مکان‌های تجاری)، مانند مترو هنگ‌کنگ و تأمین مالی با روش‌های نوین مانند مجتمع‌های ایستگاهی را به‌عنوان راهکارهای درآمدزایی در مترو پیشنهاد داد. همچنین اسلام‌دوست (اسلام‌دوست، ۱۳۹۵) معتقد است تبلیغات ایستگاه‌های متروی تهران از جمله عنصرهای گرافیک محیطی متغیرند که در کنار بحث کسب درآمد در مترو، در زمینه‌های گوناگون تجاری، فرهنگی، هنری، مذهبی و ... در ایستگاه‌ها به کار برده می‌شوند. مسگری (مسگری، ۱۳۹۷) با بررسی عامل‌های مؤثر بر درآمد شهرداری‌ها به ارائه راهکارهای مناسب برای کسب درآمد پایدار پرداخته است. بر این اساس چگونگی و ترکیب تأمین منابع‌های درآمدی شهرداری‌ها به منظور ارائه خدمات، امری ضروری به نظر می‌رسد. تبلیغات محیطی در شهرها، ایستگاه‌های اتوبوس، تاکسی و مترو می‌تواند به متنوع کردن درآمد و درآمد پایدار شهرداری‌ها کمک کند. لی و همکاران (C. Li, Yamamoto, & Morikawa, 2005) با بررسی تجزیه و تحلیل برداشت‌های کاربر از ایستگاه‌های راه‌آهن، به تأثیرات امکانات خرده‌فروشی اضافی می‌پردازد و در پایان این مطالعه نتیجه می‌گیرد که استفاده‌کنندگان از مترو سه نوع برداشت از ایستگاه‌ها دارند: راحتی، لذت‌بخشی و شلوغی، داده‌های رفتار خرید آشکار شده تأیید می‌کند که این متغیرهای نهفته در انتخاب مقصد خرید کاربر مترو تأثیر می‌گذارد و می‌توان با این نتیجه‌گیری برای درآمدزایی در مترو برنامه‌ریزی کرد. همچنین کاستیلو و همکار (Castillo-Manzano & López-Valpuesta, 2009) نتیجه‌گیری می‌کند که یک مدل برنامه‌ریزی جدید برای کارهای زیرساخت حمل و نقل شهری با پشتیبانی لابی‌های انجمن تجاری کوچک شروع به رواج کرده است. این مدل به دنبال به‌حداقل رساندن تأثیر اثرات خارجی منفی مربوط به کار بر روی بافت خرده‌فروشی شهری است. در ادامه ژیانو رانگ و همکار (Xiao-rong & Hai-xiao, 2017) در پژوهشی با عنوان اثرات ادغام ایستگاه مترو و چند بازار بزرگ بر فعالیت‌های مصرف‌کنندگان، نتیجه می‌گیرد که ادغام ایستگاه مترو و بازارهای بزرگ چندگانه می‌تواند دامنه تابش ایستگاه و بازار را گسترش دهد که این گسترش موجب درآمد پایدار مترو می‌شود. سپس در پژوهشی ژانگ و همکاران (H. Zhang &

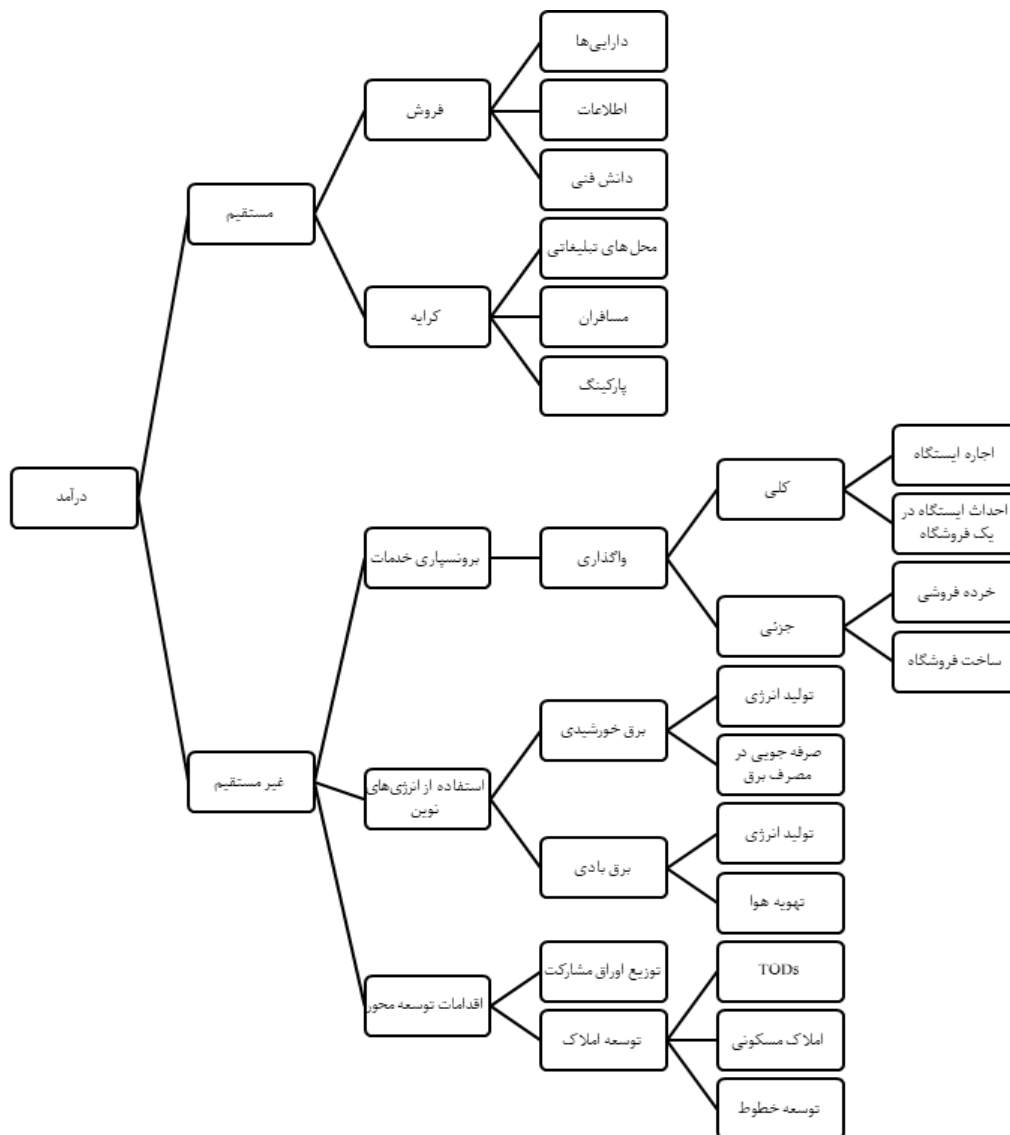
توزیع آب و جمع‌آوری فاضلاب، با استفاده از مدل پویایی سیستم، به این نتیجه می‌رسد که ابزار پشتیبانی تصمیم پیشنهادی به شرکت‌های آب کمک می‌کند تا استراتژی‌های مدیریتی مختلف را برای برآوردن خدمات زیرساختی و شاخص‌های عملکرد مالی، مطابقت با قوانین و تصمیم‌گیری بهینه مدیریت دارایی ارزیابی کنند.

درآمد در ایستگاه‌های مترو به دو صورت کلی، مستقیم و غیرمستقیم است که در زیر هر یک از آنها تعریف می‌شوند. درآمدزایی مستقیم در ایستگاه‌های مترو مشتمل بر دو سرفصل «درآمد عملیاتی» و «درآمد ثانویه (غیرعملیاتی)» است. درآمد عملیاتی حاصل از فروش بلیت است و درآمدهای ثانویه نیز عمدتاً از محل تبلیغات محیطی در مترو و نیز اجاره اماکن و غرفه‌های متعلق به ایستگاه‌های مترو حاصل می‌شود. درآمدزایی غیرمستقیم زیرمجموعه‌های بسیاری دارد، برای مثال می‌توان به درآمدهای حاصله از کاهش مصرف سوخت، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، کاهش سرانه تصادفات و ... اشاره کرد. درآمدهای غیرمستقیم عموماً بر میزان درآمدهای سالانه تأثیر مثبت زیادی می‌گذارند که این تأثیرات، محاسبات درآمدزایی مستقیم که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته‌اند را دچار خطا یا پرش‌های بیش از حد می‌کنند (علیزاده، ۱۳۹۳). به همین دلیل از محاسبه و مطالعه درآمدهای غیرمستقیم در این پژوهش صرف‌نظر شده است. در پژوهش‌های گذشته که در بالا به آنها اشاره شد، چندین شاخص و روش پرکاربرد دیده شد. در جمع‌بندی این موارد می‌توان به جدول ۱ اشاره کرد که در ستون اول آن مشخصات پژوهشگران ذکر شده است و در زیرستون دوم شاخص‌هایی که در پژوهش‌های پیشین مورد بررسی قرار گرفته‌اند، آورده شده است. در این بین برخی از راهکارهای ارائه شده دارای نوآوری در زمینه درآمدزایی هستند. پژوهشگران پیشین برای تصدیق راهکارهای ارائه شده از دو روش مدل‌سازی عددی و استفاده از پرسش‌نامه بهره گرفته‌اند. در ادامه شاخص‌های مهم و پرتکرار برای درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو به صورت نمودار درختی آورده شده‌اند که در شکل ۲ قابل مشاهده است.

استفاده از مدل‌های سیستم پویا به پیش‌بینی وضعیت گردشگران ایران در سال ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۴ پرداخته است که نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل پایه با استفاده از نرم‌افزار ونسیم نشان می‌دهد که با ادامه وضعیت کنونی، در سال ۱۴۰۴ شاهد ورود حدود پنج و نیم میلیون گردشگر خواهیم بود. سپس نوروژی و همکاران (نوروژی، مینا، معماری، ژاله و عسکری‌فر، ۲۰۱۸) در سال ۱۳۹۵ در پژوهشی به عنوان تعیین سیاست بهینه در افزایش درآمد مسابقات ورزشی مبتنی بر قیمت بلیت، با استفاده از رویکرد پویایی سیستم پرداخت که هدف از انجام این تحقیق ارائه مدل پویای تعیین سیاست درآمدی ناشی از فروش بلیت مسابقات در لیگ برتر فوتبال ایران بوده است. بر این اساس سه سیاست افزایش مطلوبیت زمان برگزاری مسابقه، روش فروش بلیت و تبلیغات قبل از شروع مسابقه بررسی شده و نتایج مدل نشان داده است که ابتدا تبلیغ و پس از آن، زمان مسابقه بیشترین تأثیر را بر قیمت و در نتیجه بر درآمد مسابقه دارد. در ادامه این پژوهش‌ها رفیعیان (رفیعیان، ۱۳۹۵) در سال ۱۳۹۵ با بررسی برنامه‌ریزی مدیریت توسعه شهری با استفاده از رویکرد پویایی سیستم، نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که تغییرات جمعیت اثر مستقیمی بر میزان استفاده از زمین دارد. همچنین فقیه و جوانمردی (فقیه و جوانمردی، ۲۰۱۴) در سال ۲۰۱۴ با پژوهشی به عنوان کارآفرینی ورزشی: مدلی پویا از عوامل اقتصادی اساسی در لیگ برتر انگلیس با استفاده از مدل پویایی سیستم به بررسی عوامل اقتصادی و تأثیر حمایت هواداران پرداخت. سپس لی و همکاران (M. Li, Zhu, Xue, Liu, & Zhang, 2014) در سال ۲۰۱۴ در پژوهشی به عنوان مشکل هزینه‌های دارویی بالا برای بیماران در بیمارستان‌های چین: یک مدل شبیه‌سازی سیستم پویا، با ساخت یک مدل سیستم پویا به بررسی دو مشکل یعنی قیمت‌های بالای غیرمنطقی داروها و سطح بالای هزینه‌های دارویی نسبت به هزینه‌های پزشکی بیماران، می‌پردازد و اقدامات متقابل و راه‌حل‌های ممکن را پیشنهاد می‌کند. در ادامه گنجی دوست و همکاران (Gonj-doost, D. & C. 2015) در سال ۲۰۱۵ در پژوهشی یک مدل سیستم دینامیک به عنوان یک ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری برای مدیریت یکپارچه دارایی سیستم‌های

جدول ۱. جمع‌بندی مطالعات انجام‌گرفته

شاخص‌های مورد بررسی در پژوهش‌های پیشین							مشخصات
پرسش‌نامه	مدل عددی	ارائه راهکار	نوآوری	تبلیغات	تأثیر فرهنگی	سال انتشار	
×	×	×	×	✓	✓	۱۳۸۴	معمدی
×	×	✓	×	✓	✓	۱۳۹۲	امینی نژاد کشکی
×	×	✓	✓	✓	×	۱۳۹۳	خاینان و کاهه
×	×	✓	×	✓	✓	۱۳۹۵	اسلام‌دوست
×	×	✓	×	✓	×	۱۳۹۷	مسگری و همکار
✓	✓	✓	×	×	✓	۱۳۸۴	سی لی و همکار
×	✓	✓	×	×	×	۱۳۸۷	خوزه کاستیلو و همکار
×	✓	✓	✓	×	✓	۱۳۹۶	لین ژیانو رانگ و همکار
×	✓	✓	×	×	✓	۱۳۹۸	هونگ ژانگ و همکاران
×	×	✓	✓	✓	✓	۱۳۹۹	روبن راوز و همکار
✓	✓	✓	×	✓	✓	۱۴۰۰	ایمان ابوطالب
×	✓	✓	×	×	×	۱۳۹۹	لینگ ژو ژانگ و همکار
✓	✓	✓	×	✓	✓	۱۳۹۹	فیوره تنیسا و همکاران
×	✓	✓	✓	✓	✓	۱۳۸۹	صمدی و همکاران
✓	✓	✓	×	×	✓	۱۳۹۴	رفعیان و همکاران
×	✓	✓	✓	×	×	۱۳۹۴	گنجی دوست
✓	✓	✓	×	×	✓	۱۳۹۳	فقیه و جوانمردی
✓	✓	✓	×	✓	✓	۱۳۹۸	نوروزی و همکاران
✓	✓	✓	×	×	×	۱۳۹۳	می‌نالی

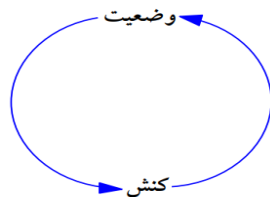


شکل ۱. متغیرهای پر کاربرد و نوآورانه درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو

۳- تئوری پویایی سیستم (SD)

پویایی سیستم در دهه ۱۹۵۰ توسط فارستر توسعه داده شد. (احدی و همکاران، ۱۳۹۲) از این متدولوژی برای تجزیه و تحلیل روابط متقابل دنیای اقتصاد و محیط زیست توسط فارستر و همکاران استفاده گردید. پویایی سیستم (SD) متدولوژی تحلیل وضعیت‌هایی است که در طول زمان تغییر می‌کند. همچنین به طور گسترده به منظور تحلیل مجموعه متنوعی از سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و مهندسی مورد استفاده قرار گرفته است. در تئوری SD، رفتار سیستم توسط حلقه‌های بازخوردی کنترل می‌شود. SD دارای سه مزیت عمده است: (۱) بیان روابط عناصر مختلف با استفاده روابط علت و معلولی، (۲) تعیین پارامتر یا ساختاری که نیاز به تغییر در جهت بهبود رفتار را دارد و (۳) استفاده از این روش بدون نیاز به دانش

ریاضیاتی زیاد. چهار جزء اصلی برای ساخت یک مدل SD وجود دارد، ۱- جریان، ۲- حالت، ۳- اتصال دهنده، ۴- حالت و تبدیل کننده‌ها (استرمن، ۲۰۰۱). حلقه‌های بازخوردی در SD با استفاده از حلقه‌های علت و معلولی بیان می‌شوند. سیستم پویا با استفاده از حلقه‌های بازخوردی است که می‌تواند وضعیت خود را بررسی و سپس نسبت به اصلاح آن اقدام نماید (شکل ۲). بنابراین، با استفاده از تئوری SD می‌توان رفتار سیستم پیچیده را به کمک اجزای اصلی و ترکیب حلقه‌های مختلف بازخوردی تقویت کننده و متعادل کننده مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. بر همین اساس، در مقاله حاضر نیز از مزایای SD به منظور ارائه یک مدل درآمدزایی پویا و منطبق با دنیای واقعی برای ایستگاه‌های مترو استفاده شده است.



شکل ۲. حلقه‌های علت و معلولی

۴-ارائه مدل پویای پیشنهادی درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو

متغیرهای مورد استفاده در مدل پویای درآمدزایی در جدول ۲ ارائه شده است.

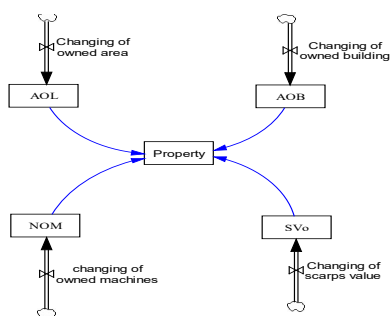
جدول ۲. متغیرهای استفاده شده در مدل پویای درآمدزایی

نام متغیر	متغیرهای وابسته (شاخص)	تعریف
Property	دارایی‌ها و املاک	تمام دارایی‌هایی که می‌توان به نحوی (فروش، به سازی، استفاده و...) از آنها درآمد کسب کرد (زمین‌های تحت اختیار، ساختمان‌های تحت اختیار، ماشین‌آلات، ضایعات و ماشین‌آلات اسقاطی).
Commercial space renting	اجاره فضاهای تجاری	اجاره دادن فضاهای تجاری داخل و خارج ایستگاه و ساخت فضاهای جدید.
Parking	پارکینگ	ایجاد پارکینگ برای پارک کردن وسایل نقلیه کاربران به جنبه ایجاد درآمد و جذب مسافر.
Passengers ticket	کرایه مسافران	درآمد حاصل از نرخ بلیت فروخته شده به ازای هر مسافر.
Advertising space renting	اجاره فضاهای تبلیغاتی	ایجاد فضاهای تبلیغاتی در ایستگاه‌ها و اجاره دادن آنها و درآمدزایی.
Powerplant construction	ساخت نیروگاه	ساخت نیروگاه‌های برق خورشیدی و فروش توان تولیدی نیروگاه به وزارت نیرو.
Knowledge and data selling	دانش فنی و اطلاعات	داده‌های ایستگاه‌ها و هر دانشی که در طول سال‌ها در پروژه‌های مختلف کسب شده است.
Inflation	تورم	تورم عموماً به معنی افزایش غیرمتناسب سطح عمومی قیمت در نظر گرفته می‌شود.
Total income	درآمد کل	کل درآمد سالانه موجود به علاوه درآمد ایجاد شده.

در مدل پویای درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو ۸ شاخص اصلی و یک شاخه تورم وجود دارد که روابط علی و معلولی آنها را می‌توان در ادامه مشاهده کرد.

الف) دارایی‌ها

دارایی‌های در نظر گرفته شده و مدل شده چهار دسته‌اند، ۱- زمین‌های تحت اختیار، ۲- ساختمان‌های تحت اختیار، ۳- ماشین‌آلات تحت اختیار و ۴- حجم ضایعات. نمودار علی و جریان آن در شکل ۳ قابل مشاهده است و شرح معادلات بین متغیرهای نرخ و حالت در این زیرمدل در جدول ۳ بیان شده است.



شکل ۳. نمودار علت معلولی زیر مدل دارایی‌ها و املاک

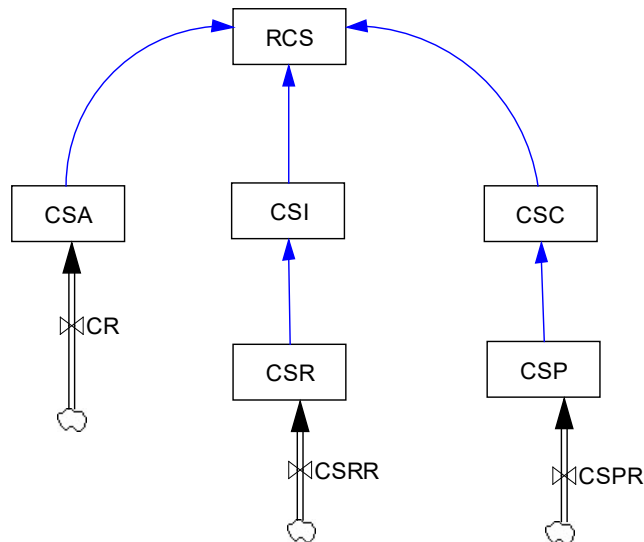
جدول ۳. معادلات پارامترهای زیرمدل دارایی‌ها

فرمول	واحد	نرخ/اولیه	سرواژه	متغیرهای مستقل
LENTY-LEXIT	M ²	۱۰۰۰	AOL	مساحت زمین‌های تحت اختیار
(ABR*TOTAL INCOME)/LP	M ²	۰	LENTY	افزایش زمین‌های تحت اختیار
ALS+PA+PPC	M ²	۰	LEXIT	کاهش زمین‌های تحت اختیار
0.5	%	۰/۵	ALBR	نرخ خرید زمین
0.3	%	۰/۳	ALSR	نرخ فروش زمین
ALSR*AOL	M ²	۰	ALS	میزان زمین فروخته شده
ALS*LP	Toman	۰	LS	ارزش زمین فروخته شده
AOL*LP	Toman	۰	LB	ارزش زمین خریداری شده
1.5e+07*INFLATION	Toman	۱۵۰۰۰۰۰۰	LP	قیمت زمین
BENTRY-BEXIT	M ²	۱۰۰	AOB	مساحت ساختمان‌های تحت اختیار
(ABUR*TOTAL INCOME)/BP	M ²	۰	BENTRY	افزایش ساختمان‌های تحت اختیار
ABuS+CSA	M ²	۰	BEXIT	کاهش ساختمان‌های تحت اختیار
0.3	%	۰/۳	ABR	نرخ ساخت ساختمان
0.1	%	۰/۱	ABSR	نرخ فروش ساختمان
ABSR*AOB	M ²	۰	ABuS	میزان ساختمان فروخته شده
ABuS*BP	Toman	۰	BS	ارزش ساختمان فروخته شده
AOB*BP	Toman	۰	BB	ارزش ساختمان ساخته شده
2e+07*INFLATION	Toman	۲۰۰۰۰۰۰۰	BP	قیمت ساختمان
MBUY-MSELL	Car	۱۰	NOM	تعداد ماشین‌آلات
(AMBR*TOTAL INCOME)/MP	Car	۰	MBUY	افزایش ماشین‌آلات
AMS+SVo	Car	۰	MSELL	کاهش ماشین‌آلات
0.2	%	۰/۲	AMBR	نرخ خرید ماشین‌آلات
0.1	%	۰/۱	AMSR	نرخ فروش ماشین‌آلات
AMSR*NOM	Car	۰	AMS	میزان ماشین‌آلات فروخته شده
AMS*MP	Toman	۰	MS	ارزش ماشین‌آلات فروخته شده
NOM*MP	Toman	۰	MB	ارزش ماشین‌آلات خریداری شده
1.5e+09*INFLATION	Toman	۱۵۰۰۰۰۰۰۰	MP	قیمت ماشین‌آلات
SENTRY-SSELL	Car	۰	SVo	حجم ماشین‌آلات اسقاطی
AScR	Car	۰	SENTRY	افزایش اسقاطی
ASS	Car	۰	SSELL	کاهش اسقاطی
0.2	%	۰/۲	SCR	نرخ اسقاط
NOM*SCR	Car	۰	AScR	حجم اسقاط سالانه
SVo	Car	۰	ASS	فروش ماشین‌آلات اسقاطی
ASS*SP	Toman	۰	SS	ارزش ماشین‌آلات اسقاطی فروخته شده
7.5e+08*INFLATION	Toman	۷۵۰۰۰۰۰۰۰	SP	قیمت فروش ماشین‌آلات اسقاطی

ب) اجاره فضاهای تجاری

در مدل پیشنهادی درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو برای این زیر مدل سه متغیر اصلی و جریان در نظر گرفته شد، که عبارتند از:

- ۱- مساحت فضاهای تجاری، ۲- اجاره بهای فضاهای تجاری و
- ۳- هزینه‌های ساخت و نگهداری این فضاها. نمودار علی و جریان این زیر مدل در شکل ۴ قابل مشاهده است. همچنین روابط این زیر مدل در جدول ۴ آورده شده‌اند.



شکل ۴. نمودار علت معلولی زیر مدل اجاره فضاهای تجاری

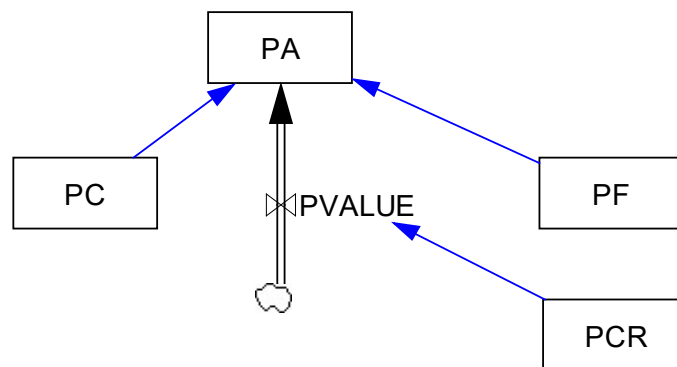
جدول ۳. معادلات پارامترهای زیرمدل اجاره فضاهای تجاری

متغیرهای مستقل	سرواژه	نرخ/اولیه	واحد	فرمول
فضاهای تجاری اجاره داده شده	RCS	۰	M ²	CS INCREASE
افزایش فضاهای تجاری	CSINCREASE	۰	M ²	CSA
نرخ تجاری‌سازی	CR	۰/۵	%	0.5
فضای تجاری‌سازی شده	CSA	۰	M ²	AOB*CR
نرخ اجاره فضاهای تجاری	CSRR	۴۷۶۷۸۵	Toman	476785*INFLATION
نرخ آماده‌سازی فضاهای تجاری	CSP	۵۰۰۰۰۰۰	Toman	5e+07*INFLATION
درآمد حاصله از فضاهای تجاری اجاره داده شده	CSI	۰	Toman	CSRR*RCS
هزینه پرداخت شده برای فضاهای تجاری	CSC	۰	Toman	RCS*CSP

پ) کرایه پارکینگ

برای این قسمت سه متغیر اصلی نرخ کرایه، مساحت پارکینگ و هزینه ساخت لحاظ شده است. نمودار علی و جریان این زیر

مدل را می‌توان در شکل ۵ و روابط بین آن‌ها را در جدول ۴ مشاهده کرد.



شکل ۵. نمودار علت معلولی زیر مدل اجاره فضای پارکینگ

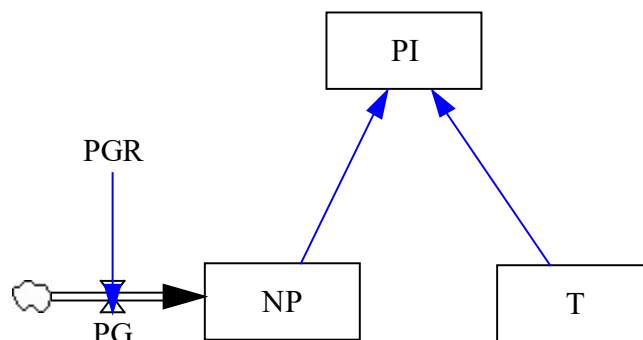
جدول ۴. معادلات پارامترهای زیرمدل اجاره فضای پارکینگ

فرمول	واحد	نرخ/اولیه	سرواژه	متغیرهای مستقل
PVALUE	M ²	۰	PA	مساحت پارکینگ
AOL*PCR	M ²	۰	PV	افزایش حجم پارکینگ
0.4	%	۰/۴	PCR	نرخ ساخت پارکینگ
5	M ² /NOM	۵	PANR	نرخ مساحت معمول برای پارک
PA/PANR	NOM	۰	PN	تعداد پارکینگ‌ها
6e+07*INFLATION	Toman	۶۰۰۰۰۰۰۰	PP	قیمت ساخت پارکینگ
PN*PF	Toman	۰	PAI	درآمد حاصل از پارکینگ
5000*INFLATION	Toman	۵۰۰۰	PF	کرایه پارکینگ
PN*PP	Toman	۰	PC	هزینه پرداخت شده برای ساخت پارکینگ

تعداد مسافران خود با ضریب رشد سالانه رشد مسافری افزایش می‌یابد. نمودار علی و جریان این زیر مدل را می‌توان در شکل ۶ و جدول فرمول‌های آن را در جدول ۵ مشاهده کرد.

ت) کرایه مسافران

در این بخش، برای مدل کردن درآمد حاصل از بلیت فروشی از دو متغیر اصلی نرخ بلیت و تعداد مسافران استفاده شده است که



شکل ۶. نمودار علت معلولی زیر مدل کرایه مسافران

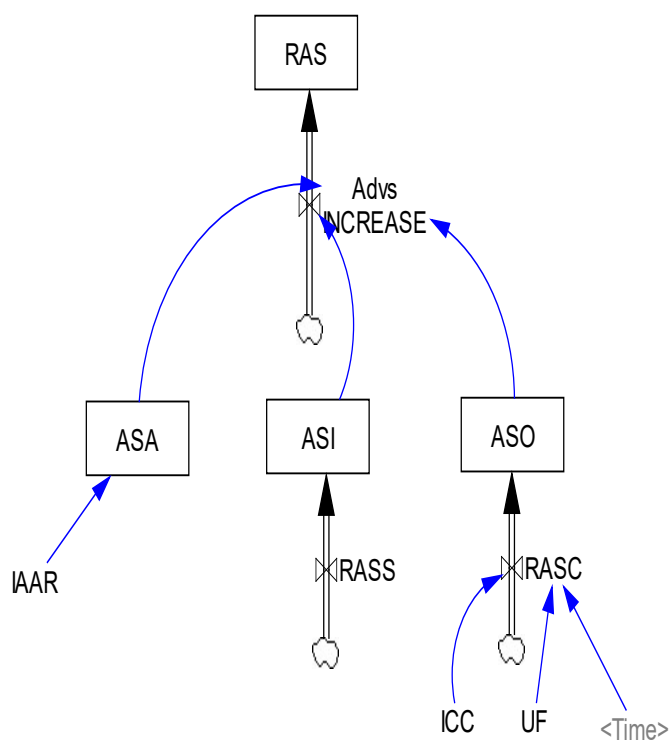
جدول ۵. معادلات پارامترهای زیرمدل کرایه مسافران

فرمول	واحد	نرخ/اولیه	سرواژه	متغیرهای مستقل
PINCREASE-PDECREASE	People	۲۲۵۰۰۰۰۰	NP	تعداد مسافران
62500	People	۶۲۵۰۰	DP	مسافران روزانه
0.05	%	۰/۰۵	PGR	نرخ افزایش مسافران سالانه
DP*PGR	People	۶۲۵۰۰	PG	میزان رشد مسافران
PG*30*12	People	۰	AP	مسافران سالانه
AP	People	۰	PINCREASE	افزایش مسافران
NP	People	۰	PDECREASE	کاهش مسافران
0.1	%	۰/۱	TRR	نرخ افزایش بهای بلیت
1600*TRR	Toman	۱۶۰۰	T	بهای بلیت
NP*T	Toman	۰	PI	درآمد حاصل از مسافران

ث) اجاره فضاهای تبلیغاتی

۷ می‌توان نمودار جریان و علی و در جدول ۶ روابط بین آنها را مشاهده کرد.

برای مدل کردن این زیر مدل، سه متغیر اصلی مساحت فضای تبلیغاتی، هزینه آماده سازی فضاهای تبلیغاتی و اجاره بهای فضاهای تبلیغاتی در نظر گرفته شده است، که در شکل



شکل ۷. نمودار علت معلولی زیر مدل اجاره فضاهای تبلیغاتی

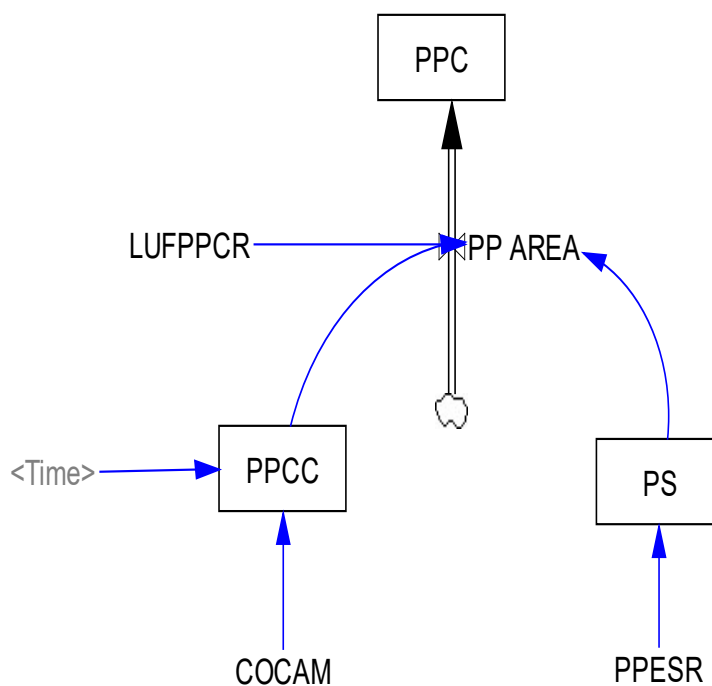
جدول ۶. معادلات پارامترهای زیرمدل اجاره فضاهای تبلیغاتی

متغیرهای مستقل	سرواژه	نرخ/اولیه	واحد	فرمول
اجاره فضاهای تبلیغاتی	RAS	۱۰۰	M ²	AdvS INCREASE
نرخ کرایه فضاهای تبلیغاتی	RASS	۵۰۰۰۰۰	Toman	500000*INFLATION
نرخ افزایش مساحت فضاهای تبلیغاتی	IAAR	۰/۲	%	0.2
مساحت فضای تبلیغاتی	ASA	۱۰۰	M ²	100*IAAR
افزایش فضاهای تبلیغاتی	AdvS INCREASE	۰	M ²	ASA
درآمد فضاهای تبلیغاتی	ASI	۰	Toman	RASS*RAS
هزینه ساخت اولیه	ICC	۱۹۰۰۰۰۰	Toman	1.9e+06*INFLATION
هزینه به‌روزرسانی	UF	۱۹۰۰۰۰	Toman	ICC*0.1
هزینه فضاهای تبلیغاتی	ASO	۰	Toman	IFTHEN ELSE (Time<=1,ICC*RAS,RAS*UF)

ج) ساخت نیروگاه برق خورشیدی

قرار گرفت. نمودار علی این زیر مدل در شکل ۸ و روابط بین آنها در جدول ۷ آورده شده‌اند.

در این بخش، دو متغیر اصلی هزینه ساخت و نرخ فروش و یک متغیر کمکی میزان استفاده از زمین برای ساخت نیروگاه، مد نظر



شکل ۸. نمودار علت معلولی زیر مدل ساخت نیروگاه برق خورشیدی

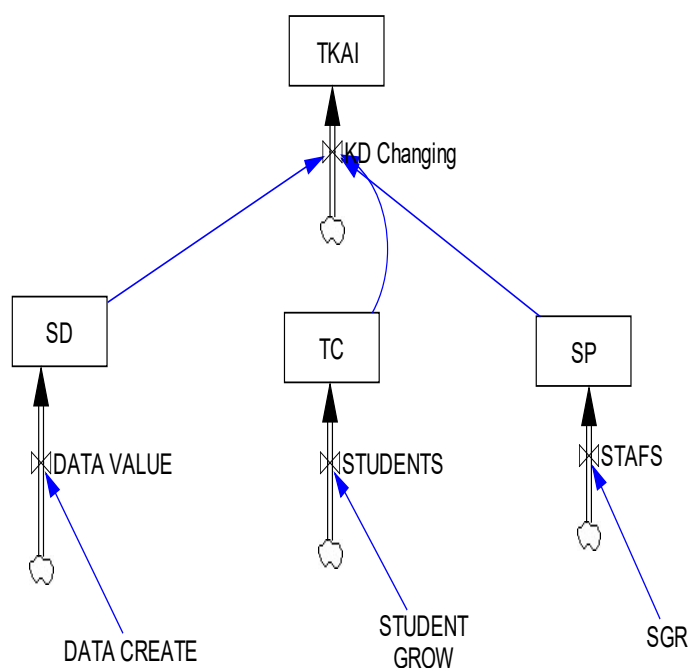
جدول ۷. معادلات پارامترهای زیرمدل ساخت نیروگاه برق خورشیدی

فرمول	واحد	نرخ/اولیه	سرواژه	متغیرهای مستقل
PP AREA	M ²	۱۰۰۰	PPC	مساحت نیروگاه
AOL*LUFPPCR	M ²	۱۰۰۰	PPAREA	مساحت در نظر گرفته شده برای نیروگاه
0.5	%	۰/۵	LUFPPC	مساحت زمین استفاده شده برای نیروگاه
1.5e+06*INFLATION	Toman	۱۵۰۰۰۰۰	PPCC	هزینه ساخت نیروگاه
IF THEN ELSE (Time<=1,PPC*PPCC,PPC*PPCC*0.1)	Toman	۰	COCAM	هزینه نگهداری و ساخت نیروگاه
300000*INFLATION	Toman	۳۰۰۰۰	PPESR	نرخ فروش انرژی تولیدی در نیروگاه
PPC*PPESR	Toman	۰	PS	انرژی فروخته شده

ج) فروش دانش فنی و اطلاعات

لحاظ گردید. نمودار علی و جریان این زیر مدل در شکل ۱۰ و روابط این زیر مدل را در جدول ۹ قابل مشاهده است.

در مدل سازی این زیر مدل، سه متغیر فروش داده ها، برگزاری کلاس های آموزشی و هزینه کارکنان بخش جمع آوری اطلاعات



شکل ۱۰. نمودار علت معلولی زیر مدل فروش دانش فنی و اطلاعات

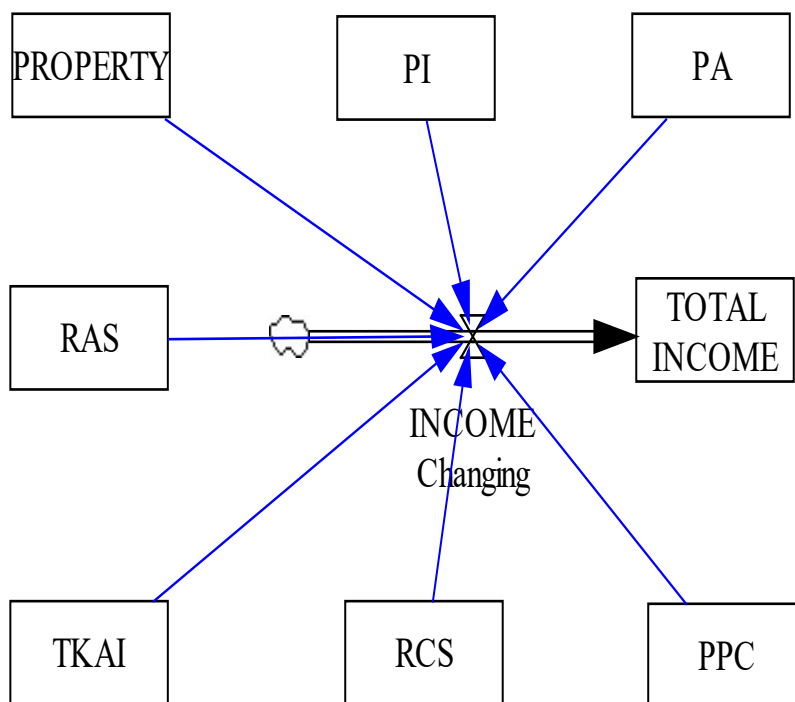
جدول ۹. معادلات پارامترهای زیرمدل فروش دانش فنی و اطلاعات

متغیرهای مستقل	سرواژه	نرخ/اولیه	واحد	فرمول
دانش فنی و اطلاعات	TKAI	۰	Toman	IINCOME-ICOST
هزینه پرداختی برای اطلاعات و دانش فنی	ICOST	۰	Toman	(SGR*STAFF PAYMENT)+COTC
درآمد حاصل از اطلاعات و دانش فنی	IINCOME	۰	Toman	(D*SD)+(TC*TCU)
داده‌ها	D	۱۰۰۰	MB	1000
نرخ فروش داده‌ها	SD	۴۷۲	Toman	472*INFLATION
متقاضیان کلاس‌های آموزشی	TCU	۱۰۰	People	100
کلاس‌های آموزشی	TC	۱۰۰۰۰۰۰	Toman	1e+06*INFLATION
هزینه برگزاری کلاس‌های آموزشی	COTC	۱۰۰۰۰۰	Toman	0.1*TC
حقوق کارکنان بخش جمع‌آوری داده‌ها	SP	۱۰۰۰۰۰۰	Toman	1e+07*INFLATION
نرخ افزایش کارکنان بخش جمع‌آوری داده‌ها	SGR	۰/۲	%	0.2

ح) درآمد کل

نتیجه این فرایند درآمد کل را ارائه می‌کند. نمودار این روند در شکل ۱۰ و روابط آن در جدول ۹ قابل مشاهده است.

در این بخش، تمامی هر ۷ زیر مدل با یکدیگر و همزمان برآورد شده و نرخ‌های مثبت و منفی آنها با یکدیگر محاسبه می‌شود.

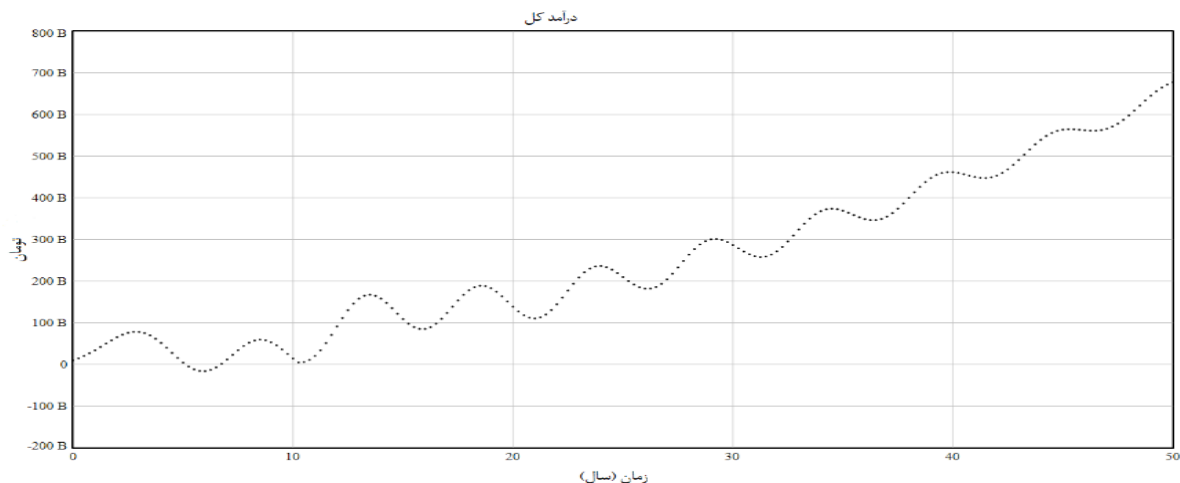


شکل ۱۰. نمودار علت معلولی زیر مدل ساخت نیروگاه برق خورشیدی

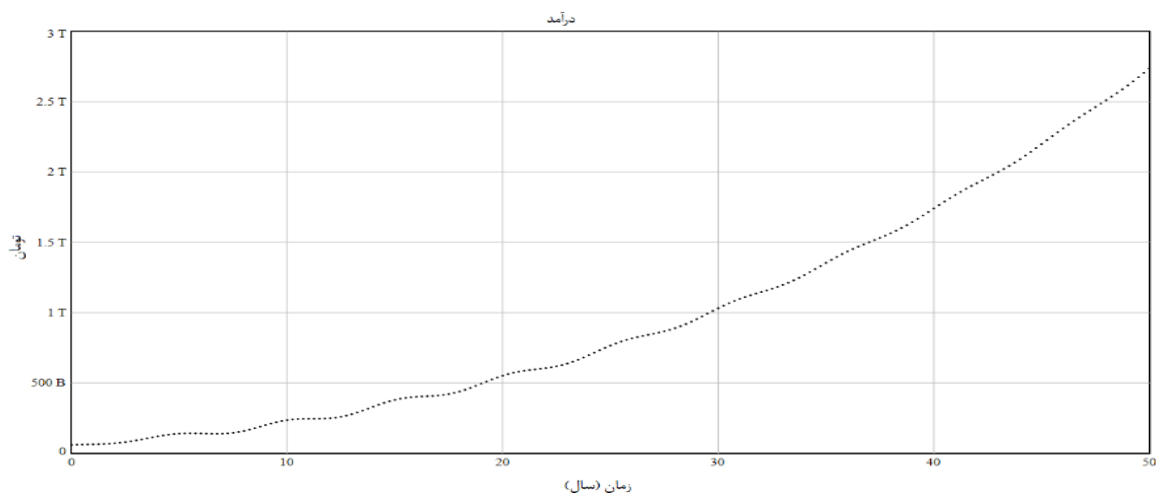
پیاده‌سازی، اعتبارسنجی و تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی

نتایج نمودارها نشان می‌دهد که سطح درآمد در ابتدا کمتر از هزینه‌هاست که این پدیده به دلیل هزینه‌های اجرای اولیه است. سپس در ادامه، روند سینوسی را مشاهده می‌کنیم؛ دلیل این پدیده برابری حدودی هزینه‌های باقی مانده ساخت و هزینه‌های نگهداری با درآمدهای اولیه است. در ادامه روند، میزان درآمد سالانه افزایش می‌یابد و میزان سینوسی بودن آن کاهش می‌یابد. دلیل این پدیده، کاهش و یا حذف نرخ‌های ساخت اولیه می‌باشد و همچنین که هزینه‌های نگهداری سالانه کمتر از درآمدهای سالانه می‌باشند.

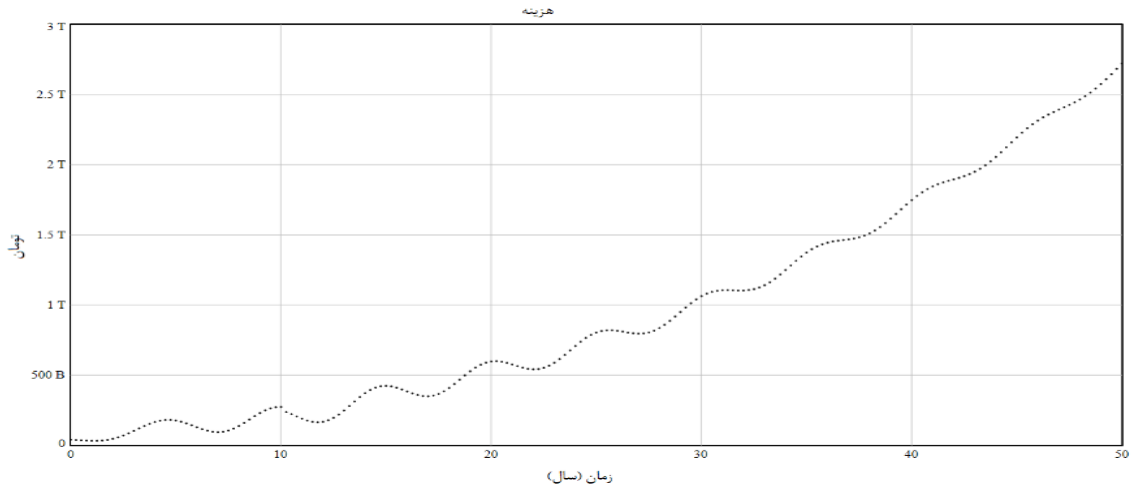
در این بخش، مدل پیشنهادی در ایستگاه‌های مترو با استفاده از نرم افزار Vensim6 مدل‌سازی شد و نتایج آن با نتایج واقعی بدست آمده از متروهای تهران، مشهد و اصفهان مقایسه شد. با تعیین روابط و مقادیر متغیرها و پارامترهای مدل، مدل پیشنهادی درآمدزایی توسط نرم افزار Vensim6 اجرا گردید. در مدل پایه، زمان شبیه‌سازی برای ۵۰ سال و گام‌های شبیه‌سازی نیز هر سه ماه رشد دارد. نتایج استخراجی از نمودارهای نرخ درآمد به ترتیب در شکل‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴ قابل مشاهده است.



شکل ۱۲. روند درآمد کل مترو



شکل ۱۳. روند درآمد خالص سالانه



شکل ۱۴. روند هزینه‌های سالانه

در این پژوهش، به منظور اعتبارسنجی مدل SD از نتایج تحقیقات بارالس (۱۹۹۴) در قالب روابط (۱) تا (۳) استفاده شده است. طبق تحقیقات بارالس (۱۹۹۴) مدلی دارای اعتبار است که نرخ خطای کمتر از ۵ درصد داشته باشد.

(روابط ۱ تا ۳)

$$\text{Error rate} = \frac{|\bar{s} - \bar{A}|}{\bar{A}}$$

$$\bar{s} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n s_i$$

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n A_i$$

$$\text{Error rate} = \frac{50 - 40}{50} = 0.2$$

تحلیل حساسیت خروجی‌های مدل پیشنهادی با ایجاد تغییرات در سه متغیر ثابت نرخ تورم و نرخ تجاری‌سازی فضاها و نرخ بلیت انجام می‌شود. نتایج تحلیل حساسیت در شکل‌های ۱۵ تا ۱۷ قابل مشاهده است.

که \bar{s} میانگین داده‌های واقعی و \bar{A} میانگین داده‌های محاسبه شده از مدل با استفاده از نرم افزار است. طبق گزارش‌های شهرداری و سازمان قطار شهری درآمد شرکت مترو بین ۲۰ تا ۵۰ میلیارد تومان در سال است. که برای مدل‌سازی در نرم افزار، میانه حدودی این مقدار یعنی ۳۶ میلیارد تومان در سال به عنوان نرخ اولیه لحاظ شده است. این مقدار در دوره اولیه به ۴۰ میلیارد تومان رسیده است. بنابر مدل اعتبار سنجی بارلاس، میزان خطا ۰/۲ می‌باشد که این نشان دهنده دقت خوب مدل است.

الف) نرخ تورم

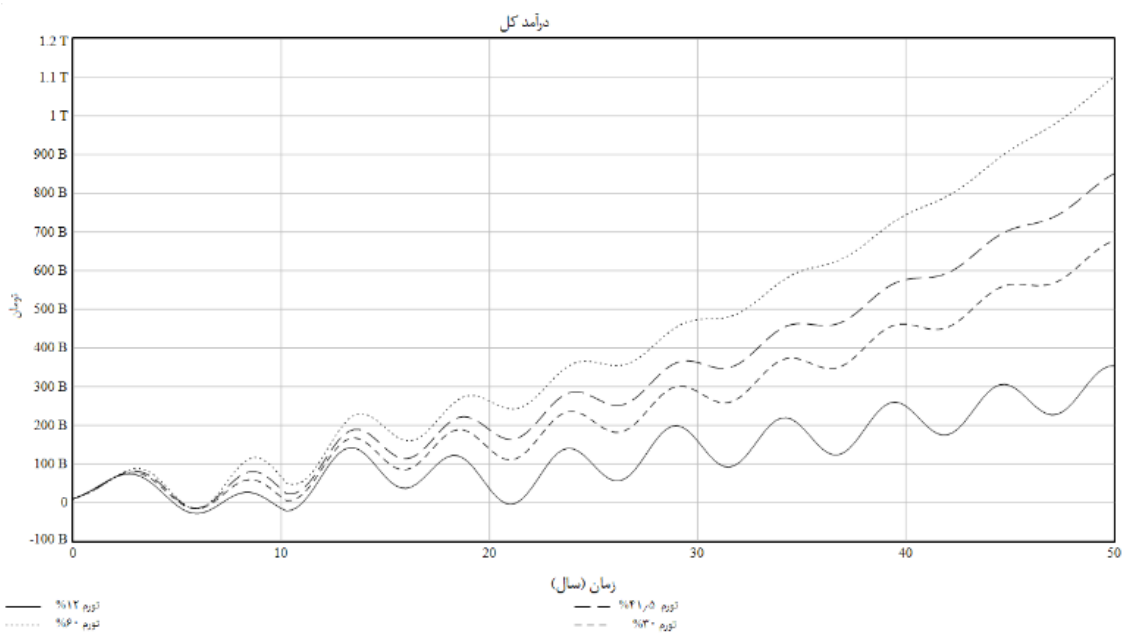
-با تورم ۴۱ درصد، افزایش درآمد کل در پایان دوره ۵۰ ساله از ۱۰ میلیارد تومان به ۸۵۱ میلیارد تومان

-با تورم ۱۲ درصد، افزایش درآمد کل در پایان دوره ۵۰ ساله از ۱۰ میلیارد تومان به ۳۵۴ میلیارد تومان

-با تورم ۶۳ درصد، افزایش درآمد کل در پایان دوره ۵۰ ساله از ۱۰ میلیارد تومان به ۱۱۰۰ میلیارد تومان

-با تورم ۳۰ درصد، افزایش درآمد کل در پایان دوره ۵۰ ساله از ۱۰ میلیارد تومان به ۶۷۷ میلیارد تومان

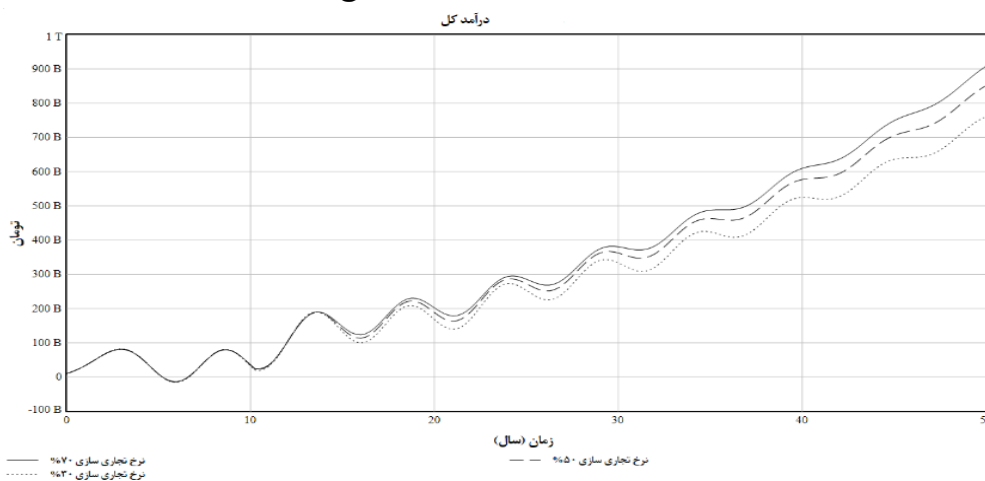
با مقایسه نتایج بدست آمده با یکدیگر می‌توان نتیجه گرفت که با رشد تورم از ۱۲ درصد در سال به ۶۳ درصد در سال نرخ درآمد کل در سال می‌رسد. درآمد سالانه از ۳۵۴ میلیارد تومان در سال به ۱۱۰۰ میلیارد تومان



شکل ۱۵. تغییر در نرخ تورم سالانه و تاثیر آن بر میزان درآمد سالانه

ب) نرخ تجاری سازی فضا

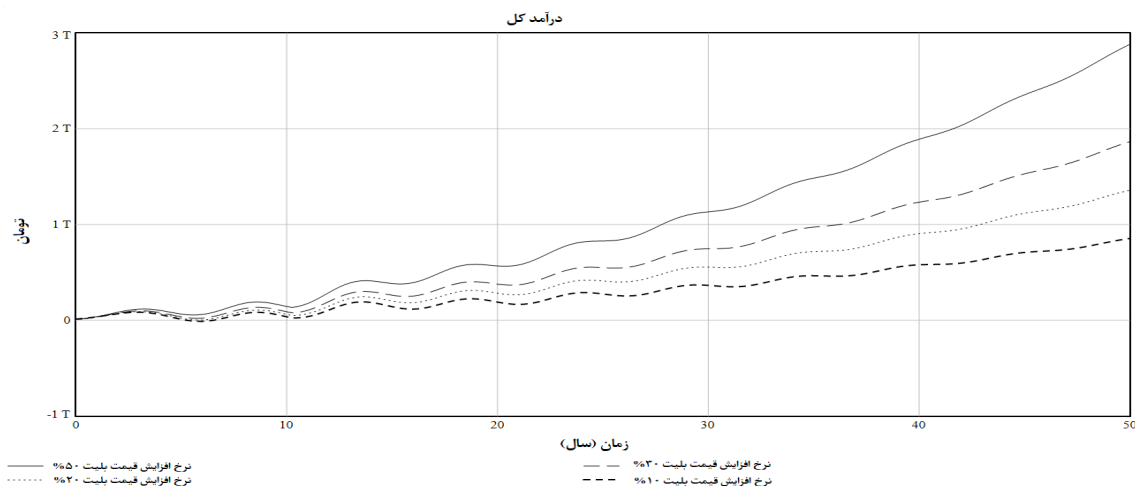
با افزایش نرخ تجاری سازی از ۳۰ درصد به ۵۰ درصد و ۷۰ درصد، ابتدا تاثیر قابل توجهی بر روند درآمد سالانه مشاهده نمی‌شود. سپس در ادامه روند (دوره‌های ۳۰ تا ۵۰) می‌توان تاثیر مثبت این نرخ را بر درآمد کل سالانه را مشاهده کرد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶. تغییر در نرخ تجاری سازی سالانه و تاثیر آن بر میزان درآمد سالانه

پ) نرخ بلیت

در شاخص قیمت بلیت، نرخ افزایش سالانه برای نرخ‌های ۲۰ درصد، ۳۰ درصد و ۵۰ درصد بررسی شد. نتیجه نشانگر این است که با افزایش نرخ و قیمت بلیت درآمد کل سالانه افزایش می‌یابد. دلیل افزایش این است که با بالا رفتن نرخ افزایش قیمت بلیت در هر دوره، قیمت بلیت نیز به همان صورت افزایش می‌یابد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷. تغییر در نرخ افزایش قیمت سالانه بلیت و تاثیر آن بر میزان درآمد سالانه

۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج مدل ساخته شده تاثیر گذارترین راهکارها بر درآمدزایی به ترتیب: مساحت فضاهای تبلیغاتی، تعداد مسافران، نرخ بلیت، پارکینگ، نیروگاه‌های برق خورشیدی، ساختمان‌های در اختیار و زمین‌های در اختیاراند. می‌توان نتیجه گرفت که، ترتیب‌بندی شاخص‌ها با توجه به میزان تاثیر آن‌ها، با سرمایه‌گذاری بیشتر روی شاخص‌های مؤثرتر بر درآمد کل می‌توان درآمدزایی بیشتری را نیز شاهد باشیم. با استفاده از فرمول ارزش خالص فعلی (فرمول ۴) می‌توان ارزش فعلی درآمد نهایی مدل‌سازی را محاسبه کرد.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0$$

(۴)

تومان بدست می‌آید؛ این میزان برابر ۱۶/۱ میلیارد تومان افزایش است. با توجه به فعالیت‌های انجام گرفته در این پژوهش و محدودیت‌های موجود در این زمینه، می‌توان در پژوهش‌های آتی راهکارها، شاخص‌ها و روابط زیر را نیز لحاظ نمود:

-باتوجه به مطالعات انجام شده و مدل ایجاد شده، پیشنهاد می‌شود که شاخص‌های توسعه خط، نرخ افزایش یا کاهش مسافران به واسطه تجاری‌سازی و توسعه خط نیز بررسی شوند.
-نرخ تورم در مدل‌سازی به صورت متغیر در نظر گرفته شود.
-استفاده از داده‌های غیردقیق و ارائه راهکارهای نوین در مدل‌سازی

مدل پیشنهادی این مقاله، یک مدل پویای درآمدزایی در ایستگاه‌های مترو است که تاثیر همزمان پارامترهای مختلف درآمدی را بر میزان درآمد ایستگاه‌های مترو مورد ارزیابی قرار می‌دهد. مطابق نتایج به دست آمده از اجرای مدل، بیشترین درآمدزایی برای افزایش فضاهای تبلیغاتی می‌باشد. بیشترین مقدار درآمدزایی برای مدل‌سازی در انتهای دوره ۵۰ ساله مشاهده می‌شود؛ دلیل این پدیده آن است که هزینه‌های ساخت اولیه حذف شده و پروژه‌های احداث شده به دوره سوددهی رسیده‌اند.

که در اینجا C_t جریان خالص نقدی، C_0 سرمایه گذاری اولیه، r نرخ تنزیل و T دوره زمانی مدل است. با انجام هم‌زمان تمام راهکارهای ارائه شده تحت شرایط خاص بررسی شده در این پژوهش، می‌توان درآمد سالانه را تا ۸۵۱ میلیارد تومان در سال افزایش داد. نرخ متوسط افزایش در ۵۰ سال به صورت میانگین ۲ درصد (برابر ۱۶/۸ میلیارد تومان) بدست آمد. میزان افزایش به صورت سالانه در ده سال اول برابر ۲۴/۷ میلیارد تومان، در ده سال دوم ۱۵۴ میلیارد، در ده سال سوم ۱۷۴ میلیارد تومان، در ده سال چهارم ۲۱۴ میلیارد تومان و در ده سال پنجم ۲۷۵ میلیارد تومان بوده است. با استفاده از فرمول محاسبه ارزش زمان صفر، ارزش درآمد نهایی حاصل از این فعالیت برابر ۲۶/۱ میلیارد

۶-مراجع

- اسلام دوست، محمد (۱۳۹۵). تاثیر گرافیک محیطی متروی تهران بر فرهنگ و هویت. *نشریه هنرها اینان*، ب. (۱۳۹۳). روش های تأمین درآمد در سیستم های حمل و نقل ریلی مورد مطالعه: متروهای هنگ کنگ، انگلستان و آمریکا چهاردهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیکی زیبا، هنرهای تجسمی، ۲۱.
- رفیعیان، م. (۱۳۹۵). برنامه ریزی مدیریت توسعه شهری با استفاده از رویکرد پویایی سیستم (بررسی موردی: منطقه ۱۸ تهران). *نشریه نامه معماری و شهرسازی*، ۱۶.
- صمدی، شیرازی، م.، نقی، ع. و روحی. (۲۰۱۱). طراحی یک مدل دینامیک برای صنعت گردشگری در ایران با استفاده از رویکرد پویایی شناسی سیستم برای افق ایران ۱۴۰۴. *فصلنامه علمی مدل سازی اقتصادی*، ۶(۱۷)، ۸۹-۶۵.
- علیزاده (۱۳۹۳). برآورد اندازه اقتصاد زیرزمینی در ایران و بررسی عوامل مؤثر بر آن. *اقتصاد مالی*، ۷(۲۵)، ۶۹-۳۱.
- فقیه و جوانمردی (۲۰۱۴). کارآفرینی ورزشی: مدلی پویا از عوامل اقتصادی اساسی در لیگ برتر انگلیس با استفاده از مدل پویایی سیستم علم ورزش، ۱۳.
- فلاح منشادی، الهام (۱۳۹۳). تحلیل و بررسی اقدامات لازم برای اجرایی شدن حمل و نقل یکپارچه شهری در کلانشهرها؛ نمونه موردی: شهر تهران. *فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی شهری*، ۶(۲۰)، ۹۸-۸۳.
- کاظمیان، رضا (۱۳۹۴). مزیت های حمل و نقل ریلی درون شهری نسبت به جاده ای، بر اساس رویکرد توسعه پایدار، مطالعه موردی خط ۴ متروی تهران. *فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی شهری*، ۶(۲۳)، ۷۷-۹۴.
- کشکی، ش. ا. ن. (۱۳۹۲). بررسی تاثیر نقش تبلیغات در قالب رسانه های مختلف ارتباطی و راه های کسب درآمد. *اولین کنفرانس ملی نوآوری در مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات*.
- مسگری، س. (۱۳۹۷). بررسی عوامل مؤثر بر درآمد شهرداریها و ارائه راهبردهای مناسب به منظور ایجاد درآمد پایدار. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۳۳.
- Abutaleb, A., McDougall, K., Basson, M., Hassan, R., & Mahmood, M. N. (2019). Towards a conceptual framework for understanding the attractiveness of rail transit-oriented shopping mall developments (TOSMDs). *Urban Rail Transit*, 5(4), 225-239 .
- Castillo-Manzano, J. I., & López-Valpuesta, L. (2009). Urban retail fabric and the metro: A complex relationship. Lessons from middle-sized Spanish cities. *Cities*, 26(3), 141-147 .
- Gonj-doost, A., D, B., & C, D. (2015). A dynamic system model as a decision support tool for integrated asset management of water distribution and wastewater collection systems, using a system dynamics model. *JARWW*, 25 .
- Li, C., Yamamoto, T., & Morikawa, T. (2005). Analysis of user impressions of railway stations, focusing on the effects of adjunct retail facilities. *WIT Transactions on The Built Environment*, 77 .
- Li, M., Zhu, Y., Xue, C., Liu, Y., & Zhang, L. (2014). The problem of unreasonably high pharmaceutical fees for patients in Chinese hospitals: A system dynamics simulation model . *Computers in Biology and Medicine*, 47, 58-65 .
- Tinessa, F., Pagliara, F., Biggiero, L., & Veneri, G. D. (2021). Walkability, accessibility to metro stations and retail location choice: Some evidence from the case study of Naples. *Research in Transportation Business & Management*, 40, 100549 .
- Xiao-rong, L., & Hai-xiao, P. (2017). The effects of the integration of metro station and mega-multi-mall on consumers' activities: A case study of Shanghai. *Transportation research procedia*, 25, 2574-2582 .
- Zhang ,H., & Liao, R. (2018). Profit Model of Metro Enterprises and Quasi-Market Based Practice of Shenzhen Metro. *Urban Rail Transit*, 4(2), 98-115 .
- Zhang, L., & Zhuang, Y. (2019). Analysis of multiple network accessibilities and commercial space use in metro station areas: An empirical case study of Shanghai, China. *International Journal of High-Rise Buildings*, 8(1), 49-56 .

Simulation of Revenue Model in Metro Stations using System Dynamics (Case Study: Isfahan Metro Line 1)

Ahmad Reza Jafarian-Moghaddam, Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Hossein Saki, M.Sc., Grad., Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Mohammad Bahrami, M.Sc., Grad., Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

E-mail: ar.jafarian@trn.ui.ac.ir

Received: April 2025- Accepted: November 2025

ABSTRACT

The metro system is a non-profit service, so it's crucial to generate income in railway stations. By leveraging the commercial potential of metro stations, it's possible to reduce costs and eventually become profitable. The income generation at railway stations is categorized into direct and indirect. This study specifically looks at solutions for direct income generation, such as renting out advertising spaces and commercial areas within station halls. In this research, new income-generating indicators have been introduced. These indicators can be applied to the construction of solar power plants, building of parking lots, buying land for construction and sale, purchasing and selling machinery, and ultimately selling scrap machinery and technical data. The system dynamics method was utilized for modeling, and the model was implemented in VENSIM software. To improve accuracy, we utilized technical and financial data from three major metro companies in Tehran, Isfahan, and Mashhad. After implementing the model on Isfahan Metro Line 1, the results revealed that by focusing on the ancillary activities, the annual income could increase to 851 billion tomans over a span of 50 years. In the last 50 years, the average income has increased by 2%, which is equivalent to 8.16 billion tomans. The annual income increase was 7.24 billion tomans in the first ten years, 154 billion tomans in the second ten years, 174 billion tomans in the third ten years, 214 billion tomans in the fourth ten years, and 275 billion tomans in the fifth ten years. We have analyzed the proposed solutions and their impact on the total annual income, showing how each indicator affects the income.

Keywords: Advertising, Commercialization, System Dynamics, Income, Metro