ارائه مدل پایانه کانتینر در بنادر با رویکرد پویایی سیستم

نسیم نهاوندی[1]، وحید حیدرپور[2]

چکیده

با توجه به ماهیت علت و معلولی بخش حمل‌ونقل دریایی و تأثیر متقابل متغیرها در این بخش و نیز پیچیدگی‌های حاکم بر آن لازم است تا به کمک ابزارهایی، سیاست‌های اتخاذ شده در این بخش مورد آزمون قرار گیرد. دغدغه موردنظر در این مقاله پیش‌بینی عملکرد ترمینال کانتینری از حیث تعداد کانتینر تخلیه و بارگیری شده، زمان کل حضور کشتی از زمان ورود به لنگرگاه تا خروج از بندر و در صد اشغال اسکله ترمینال کانتینری می‌باشد. در این تحقیق، مدل پویای عملکرد ترمینال کانتینر بنادر، با استفاده از روش پویای سیستم‌ها ارائه شده است. اعتبار مدل پیشنهادی با استفاده از داده‌های تاریخی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ بندر شهید رجایی مورد تائید قرارگرفته است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با افزایش ۱ دستگاه گنتری کرین تعداد کل کانتینرهای جابه‌جا شده ۱۲/۵٪ افزایش و متوسط زمان کشتی ۳۰٪ کاهش می‌یابد. با سرمایه‌گذاری و ساخت یک اسکله تعداد کل تخلیه/ بارگیری ۴٪ افزایش و متوسط زمان کشتی ۳۷٪ کاهش می‌یابد. درحالی‌که با ساخت ۱ اسکله و همچنین افزایش یک دستگاه گنتری کرین تعداد کل تخلیه/ بارگیری ۳۷٪ افزایش و زمان کشتی ۴۵٪ کاهش می‌یابد. مدل پیشنهادی کمک می‌نماید که مدیران، از اثرات تصمیمات و سیاست‌های خود در طراحی و توسعه آینده ترمینال‌های کانتینری و نتایج آن‌ها تصویر روشنی داشته باشند.

کلیدواژه‌ها: سیستم‌های پویا، عملکرد، ترمینال کانتینری، پیش‌بینی، بندر شهید رجایی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

---

[1] دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس.
[2] دکتری مدیریت و تولید، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی.

۱- مقدمه

حمل‌ونقل دریایی نقش عمده‌ای در تجارت دریایی و رشد اقتصادی جهان دارد. بیش از ۹۰ درصد کالاهای جهان از طریق حمل‌ونقل دریایی جابجا می‌شوند که این میزان به طور تخمینی ۹۹ درصد اقتصاد جهان را در بردارد [۱]. بنادر تجاری جهان در هر کشور به عنوان هسته فعالیت‌های تجاری می‌باشند که از آن شهرها و سرمایه‌های ملی و مناطق داخلی پر رونق پدید می‌آیند. هم زمان با رشد و توسعه سریع اقتصاد جهان، از سال ۱۹۶۰ میلادی، صنعت حمل‌ونقل جهان به سمت یک مد حمل‌ونقل به نام حمل‌ونقل کانتینر توسعه و گسترش پیدا کرده است. حمل‌ونقل کانتینری دارای مزایای زیادی از جمله ایمنی کالا، تسریع در حمل و همچنین باعث بهبود کارایی و کیفیت در صنعت حمل‌ونقل جهان شده است.

محققین در همه جای دنیا به فکر توسعه حمل‌ونقل کانتینری بوده و تمرکز بر روی تعداد کانتینر حمل‌ونقل شده در هر کشور به عنوان یکی از شاخص‌های مهم پیشرفت حمل‌ونقل آن کشور مطرح می‌باشد[۲]؛ بنابراین پیش‌بینی تعداد کانتینر برای اجرای سیاست‌های عملیاتی و توسعه امکانات بندر نقش حیاتی دارد. امروزه بنادر مدرن برای خوشه‌بندی بنادر بر اساس نوع کالای موجود در هر کانتینر، حمل سریع کالاهای کانتینر و در نتیجه جذب کشتی‌های بزرگ مانند سوپر پاناماکس با مشکلات جدی در زمینه پیش‌بینی تعداد کانتینر با استفاده از روش‌های پیش‌بینی بر مبنای داده‌های تاریخی از جمله رگرسیون روبرو هستند. چرا که مدل‌هایی که صرفاً بر اساس داده‌های قدیمی پیش‌بینی می‌کنند، به خاطر عدم بررسی عواملی مانند شرایط ملی بندر، شرایط اقتصاد جهانی، سیاست‌های ملی از انعطاف‌پذیری و چابکی موردنیاز مدل می‌کاهد. بنادر دارای سیستم‌های لجستیک پویا و پیچیده می‌باشند که از ارتباط عناصر بی‌شمار و تحت تأثیر عوامل تصادفی تشکیل شده‌اند.

بهره‌وری بنادر یک شرط مهم به منظور زنده ماندن در رقابت جهانی تجارت حمل‌ونقل می‌باشد. ایجاد زیرساخت‌ها، تجهیزات و توسعه امکانات در بنادر برای اجرا و خرید بسیار گران می‌باشند، از این رو استفاده ناکارا از آن‌ها باعث از دست دادن سرمایه و افزایش هزینه‌های عملیاتی بنادر می‌گردد؛ بنابراین اهدافی مانند داشتن ترمینال کانتینری با توان عملیاتی بالا، نرخ بهره‌وری بالای تجهیزات، کاهش زمان‌های تخلیه و بارگیری، کاهش زمان معطلی

کشتی‌ها، کاهش ترافیک و ازدحام کشتی و کامیون در ترمینال کانتینری و همچنین کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی از اهمیت به سزایی برخوردار است.

هدف از این مقاله، ارائه مدل پویایی سیستم برای عملکرد ترمینال کانتینر در بنادر است. به گونه‌ای که نه تنها متغیرهای درونی، بلکه تأثیر محیط خارجی سیستم نیز بر روی مدل مورد بررسی مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف از پژوهش انجام شده، ارائه مدلی انعطاف‌پذیر و پویا برای پیش‌بینی دقیق‌تر عملکرد بنادر می‌باشد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

توسعه امکانات صنعت لجستیک بندر بر اساس پیش‌بینی تعداد کانتینر تخلیه و بارگیری شده انجام می‌شود به عبارت دیگر پیش‌بینی حجم تعداد کانتینر تخلیه و بارگیری شده تأثیر بسیار زیادی در میزان توسعه بندر دارد.

داندوویک و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیق خود با عنوان "ارائه یک مدل شبیه‌سازی برای توسعه بنادر با در نظر گرفتن شرایط عملیاتی خاص" به کارایی مدل‌سازی با استفاده از پویایی سیستم برای رفتارهای پویایی فرایند حمل‌ونقل و پیدا کردن جواب بهینه برای حمل‌ونقل کالا با در نظر گرفتن نوع کالا و حجم ترافیک کالا، جهت حرکت کالا و فضای موردنیاز و انبارداری بحث شده است. در این مقاله اهداف به صورت چند بعدی در نظر گرفته شده‌اند و در آن‌ها مدل‌های شبیه‌سازی به صورت کیفی و کمی و همچنین غیرخطی طراحی شده‌اند.

در این تحقیق نویسنده سه زیرسیستم به شرح ذیل در مدل خود در نظر گرفته است:

- رسیدن کشتی به اسکله؛
-تخلیه و بارگیری کالا از کشتی به اسکله؛
-حمل کالا از اسکله به واگن‌ها، کامیون‌ها و محوطه‌ها و انبارهای داخل بندر؛

مدیریت سیستم حمل‌ونقل کالا در بنادر دارای اجزاء پیچیده زیادی می‌باشد که برای انتخاب تکنولوژی برتر استفاده از پویایی سیستم می‌تواند اختلاف‌های حادث شده در دنیای

واقعی را از قبل با شبیه‌سازی انجام شده کاهش دهد؛ و مانند بالا سناریوهای بهتر را قبل از استفاده در دنیای واقعی تجزیه‌وتحلیل نماید.

جی تا یو همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه خود تحت عنوان "تجزیه‌وتحلیل تأثیرات پویایی امنیت در بنادر" امنیت بنادر را به خاطر پیچیدگی‌های موجود در سیستم‌های بنادر به صورت کل‌نگر مورد بررسی قرار داده‌اند و به مطالعه سطوح امنیت بنادر و حجم کانتینر با استفاده از متدولوژی پویایی سیستم پرداخته‌اند. که دو طرح خوش‌بینانه و بدبینانه مورد مطالعه قرار گرفتند و در سناریوی خوش‌بینانه و بدبینانه سطح امنیت بنادر را با حجم عملیات کانتینری تحلیل نموده‌اند.

در مدل پویایی طراحی شده در این تحقیق پنج زیرسیستم به شرح ذیل دیده شده است.

۱- زیرسیستم تولید ناخالصی ملی؛
۲- حجم کانتینر که متغیری بنام کانتینر نیز به‌عنوان متغیر حالت دیده شده است؛
۳- زیرسیستم هزینه پردازش کالا؛
۴- زیرسیستم زمان پردازش کالا؛
۵- زیرسیستم قابلیت اعتماد؛

در کل مدل فوق دو متغیر حالت به نام سطح امنیت بندر و حجم کانتینر و همچنین دو متغیر نرخ نیز به نام نرخ رشد کانتینر و سطح تغییرات در امنیت بندر لحاظ شده است.

دور نیک و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود تحت عنوان " ارائه مدل مفهومی و شبیه‌سازی جهت بهینه‌سازی جریان مواد برای سیستم حمل کالا در بندر" سعی کرده است که کارایی مدل‌های شبیه‌سازی را با استفاده از پویایی سیستم در محیط‌هایی که رفتار پویایی دارند مانند سیستم حمل کالا در بندر را به تصویر بکشند.

در این تحقیق بخش‌های ذیل در مدل پیشنهادی بررسی شده است:

- رسیدن کشتی به محوطه اسکله؛
- تخلیه کالا از کشتی به اسکله؛

- حمل کالا از اسکله به واگن‌ها، کامیون‌ها و انبارها می‌باشد؛
همچنین تخلیه و بارگیری از کشتی به بندر را به دو زیرسیستم تقسیم می‌کند.
- زیرسیستم تخلیه و بارگیری کالا به بندر (BUTUL)؛
- زیرسیستم محیط احاطه کننده؛

زیرسیستم BUTUL حداقل از چهار بخش به شرح ذیل تقسیم شده است:

۱- حالت اشغال اسکله؛
۲- تعداد جرثقیل گنتری در کشتی و در اسکله (که فرض شده است که مشخص و در اختیار می‌باشد)؛
۳- تعداد کامیون فرک لیفت که فرض بر آن است که تعداد واقعی آن‌ها مشخص است؛
۴- انبارها (تعداد محوطه‌های در دسترس برای انبارداری)؛

زیرسیستم OS نیز دارای چهار بخش به شرح ذیل می‌باشد:

۱- زمان انتظار کشتی (در اسکله یا هنگام ورود)؛
۲- ظرفیت واگن‌ها؛
۳- ظرفیت کامیون‌ها؛
۴- دریافت‌کننده‌های کالا؛

بر اساس مدل دینامیکی شبیه‌سازی شده فوق‌الذکر نتایج ذیل از مدل استخراج می‌گردد.

- امکان شبیه‌سازی سرعت روزانه تخلیه از کشتی میسر می‌باشد؛
- تعداد کامیون‌های موردنیاز روزانه امکان‌پذیر است؛
- تعداد واگن‌های موردنیاز روزانه امکان‌پذیر است؛
- جلوگیری از انتظار در رسیدن کامیون‌های جدید واگن‌های جدید و همچنین اجتناب از ایست کامل تخلیه کالا و یا مدیریت بهینه انبار امکان‌پذیر می‌باشد؛

جین و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیق خود با عنوان "سرمایه‌گذاری بر روی کشتی‌های کانتینری در رودخانه یانگزو با استفاده از مدل سیستم‌های پویا "با استفاده از ابزار پویایی سیستم نسبت به ارائه مدل شبیه‌سازی برای الگوی سرمایه‌گذاری در انتخاب کشتی‌های

کانتینربر پرداخته است. از منظر توسعه ظرفیت ترمینال‌های کانتینری، ظرفیت کشتی‌های کانتینری باید با توسعه سطح ظرفیت ترمینال‌های کانتینر نیز هماهنگ باشد.

مشکل بحث شده در این تحقیق شرایط هیدروگرافی رودخانه یانگز واقع در کشور چین و عمق آب و سرعت آب در این محدوده می‌باشد که می‌تواند باعث محدودیت‌هایی در عملکرد کشتی و ظرفیت سالیانه آن‌ها به وجود آورد.

با توجه به اختلاف بین تقاضای کانتینر و عرضه محدود کشتی‌های کانتینربرکه می‌تواند علتی باشد برای افزایش قیمت حمل و همچنین انگیزه‌ای است برای سرمایه‌گذاری بر روی ساخت کشتی‌های کانتینری جدید که در این مقاله سعی شده است که تمامی المان‌های درگیر که سیستم مورد بحث را تشکیل می‌دهند به صورت پویا بررسی گردند. تخمین تقاضای حمل کانتینر در آینده و اطمینان از تعداد کشتی کانتینربر موردنیاز برای تقاضای احتمالی آینده کاری پیچیده و مشکل می‌باشد. با توجه به ظرفیت در دسترس محوطه‌های کانتینری در بنادر و ساخت کشتی‌های کانتینر بر که یک فرایند طولانی نیز می‌باشد و حدود ۲ الی ۴ سال به طول می‌انجامد، بنابراین تصمیم‌گیری بر روی سرمایه‌گذاری در این صنعت و تقاضای موجود در بازار، ظرفیت جدیدی را به وجود می‌آورد.

با استفاده از متدولوژی پویایی سیستم در این مقاله سعی شده است که الگویی شبیه‌سازی گردد که رشد کشتی‌های کانتینربر با بازار عرضه و تقاضای حمل کانتینر متناسب گردد.

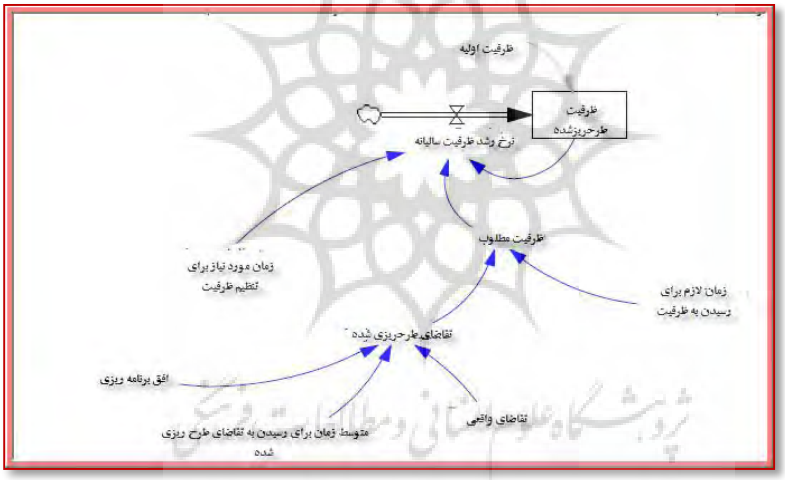
نتیجه اخذ شده از شبیه‌سازی ارائه شده نشان می‌دهد که توسعه ظرفیت کشتی‌های کانتینربر انگیزه‌ای برای کمبود عرضه کشتی‌های کانتینربر و لایروبی برای رسیدن به عمق آب در مسیر حرکت کشتی کانتینر خواهد بود.

سوارس و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای تحت عنوان "ارائه یک مدل برای پیش‌بینی ظرفیت یک ترمینال کانتینر با استفاده از پویایی سیستم " که در این تحقیق ترمینال کانتینری در کشور برزیل مطالعه شده است و مدلی برای ظرفیت و بهره‌وری در ترمینال

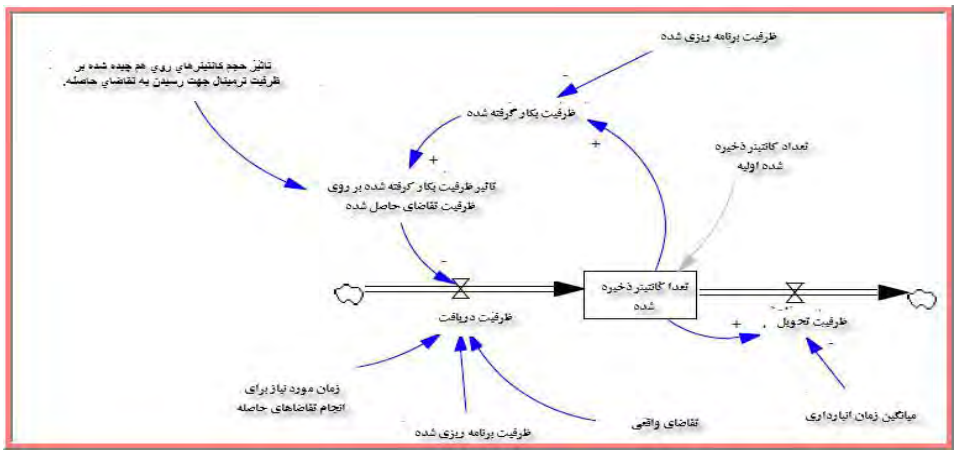
کانتینری بررسی شده ارائه گردیده است که در اشکال ۱ و ۲ و همچنین در ذیل به شرح آن‌ها پرداخته شده است.

مدل شکل شماره ۱ مدل ظرفیت ترمینال کانتینری می‌باشد که در آن متغیرهای درون‌زا شامل تقاضای واقعی، ظرفیت مناسب، تقاضای طرح شده و نرخ رشد ظرفیت سالیانه را در نظر گرفته است و در مورد متغیرهای برون‌زا نیز ظرفیت اولیه ترمینال، زمان، توسعه ترمینال، افق برنامه‌ریزی انجام شده و میانگین زمان‌برای تقاضای طرح شده مورد بررسی قرارگرفته است.

همچنین مدل شماره ۲، مدلی است که نمایانگر بهره‌وری ترمینال کانتینر منظور می‌باشد که دارای متغیر حالت تعداد کانتینر نگهداری شده در ترمینال و همچنین متغیرهای برون‌زای این مدل شامل متوسط زمان نگهداری کانتینر و همچنین زمان موردنیاز برای رسیدن به تقاضای جدید می‌باشد و بقیه متغیرها از نوع درون‌زا می‌باشند.



شکل ۱: مدل دینامیکی ظرفیت ترمینال کانتینر



شکل ۲: مدلی دینامیکی بهره‌وری در ترمینال کانتینر

یو همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی با عنوان "استفاده از مدل‌سازی با پویایی سیستم برای سیستم حمل‌ونقل شهری در شهر بندری" با استفاده از متدولوژی پویایی سیستم آنالیز سیستم حمل‌ونقل زمینی در یک شهر بندری را مدل‌سازی نموده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که در کشور چین برای انجام این تحقیق سه زیرسیستم ذیل برای مطالعه لازم می‌باشند:

اقتصاد، شبکه حمل‌ونقل و سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل می‌باشد.

نتایج حاصل شده نشان می‌دهد که توسعه اقتصادی در یک شهر بندری باعث جذب حجم زیادی از کالا در آن بندر می‌گردد، یک سیستم حمل‌ونقل شهری یکی از فاکتورهای اصلی جهت توسعه اقتصادی بندر می‌باشد، کالای بیش از حد در بندر تأثیر منفی بر روی اقتصاد بندر خواهد داشت و همچنین ظرفیت نگهداری انبارها در حمل‌ونقل زمینی در سال ۲۰۱۵ به صفر خواهد رسید و بین سال‌های ۲۰۲۰- ۲۰۱۵ نیازی به سرمایه‌گذاری در بنادر نیست و فقط افزایش ظرفیت انبارها در بنادر پیشنهاد شده است.

متغیرهای حالت در نظر گرفته شده در این تحقیق تولید ناخالص داخلی و میزان سرمایه‌گذاری ثابت و ظرفیت کل ریلی و ظرفیت کل جاده‌ای در شهر بندری منظور می‌باشد

و متغیرهای نرخ در نظر گرفته شده شامل میزان رشد تولید ناخالص ملی، میزان رشد ظرفیت ریلی و میزان رشد سرمایه‌گذاری ثابت و همچنین رشد ظرفیت جاده‌ای می‌باشد.

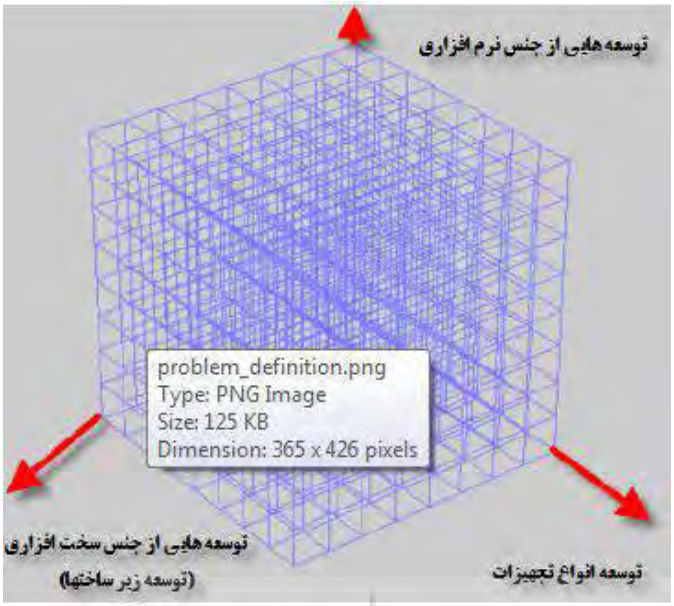
جانگ و همکاران با تأکید بر تحلیل ارتباط توسعه بندر و رشد تعداد کانتینر، به پیش‌بینی حجم تعداد کانتینر تخلیه و بارگیری شده در کره جنوبی پرداخته است. حجم تعداد کانتینر وارداتی و صادراتی در بنادر اصلی کره جنوبی به اندازه ۱٪ تولید ناخالص آن کشور می‌باشد [۳].

تعریف مسئله

هدف از این تحقیق، ارائه روشی برای ارزیابی عملکرد ترمینال کانتینر بنادر می‌باشد. بندر دارای یک سیستم پویا با الگوی تصادفی و پیچیده است که از موجودیت‌های متعددی که دارای روابط پیچیده‌اند، تشکیل شده است. پیچیدگی بنادر، نیاز به خدمت‌دهی به کشتی‌های مدرن از جانب بندر و هزینه‌های بالای این صنعت نیاز به ابزاری انعطاف‌پذیر و پویا را ضروری می‌سازد. ابزار انتخابی باید بتواند مدیریت بنادر را در ارزیابی نیازهای آینده آن، برای رسیدن به عملکردی بهتر یاری نماید و همچنین با تعیین شاخص‌های بهره‌وری، امکان مقایسه آن‌ها با استانداردها یا دیگر بنادر دنیا امکان‌پذیر نماید.

پویایی سیستم‌ها روشی برای مطالعه سیستم‌های پیچیده است که از حلقه‌های معنادار و بازخوردی تشکیل شده‌اند. از سیستم‌های پویا برای شناخت، درک و تجزیه‌وتحلیل رفتار و اجزای سیستم استفاده می‌شود تا امکان پیش‌بینی رفتارهای آینده به وجود آید. لذا می‌توان با استفاده از سیستم‌های پویا ارتباطات ناشی از تعامل متغیرها را شناسایی نمود و سپس رفتار سیستم را در دوره‌های زمانی آینده مورد بررسی قرار داد [۱۶]. در این مقاله از روش پویایی سیستم استفاده می‌شود.

در مدل پیشنهاد شده برای رسیدن به عملکرد موردنیاز مدیران، می‌توان در سه محور توسعه‌های نرم‌افزاری، توسعه سخت‌افزاری و توسعه انواع تجهیزات به طور هماهنگ و اثربخش اقدام نمود.



شکل ۳- محورهای توسعه برای رسیدن به عملکرد مطلوب

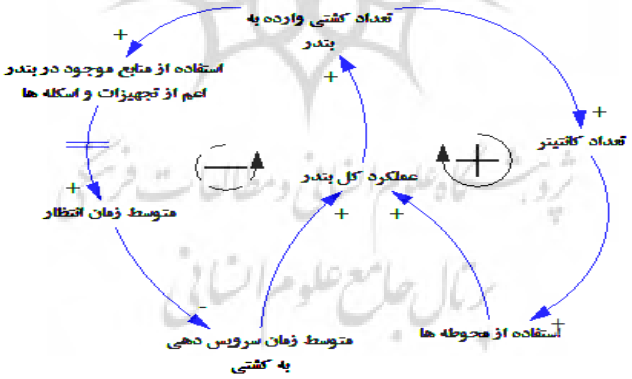
چنانچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود، برای دستیابی به عملکرد موردنیاز انتخاب‌های متعددی وجود دارد. توسعه‌هایی از جنس نرم‌افزار که شامل کاهش زمان سرویس‌دهی به کشتی‌ها، تعداد نیروی انسانی بخش‌های مختلف بندر، زمان‌های آماده‌سازی و سرویس‌دهی به کشتی‌ها می‌باشد. توسعه‌هایی از جنس سخت‌افزار مانند ایجاد یک اسکله جدید و یا توسعه پسکرانه‌ها و همچنین توسعه انواع تجهیزات مانند تعداد جرثقیل‌های کانتینری، تعداد کامیون‌های محوطه‌ای، تعداد یدک‌کش‌ها و تعداد قایق‌های راهنمابر. برای رسیدن به عملکرد موردنیاز مدیران بنادر، لازم است مصالحه‌ای کارا و اثربخش بین محورهای توسعه ذکر شده در بخش‌های مختلف بندر انجام شود. با ارائه مدل پیشنهادی و شبیه‌سازی ترمینال کانتینر با سیستم‌های پویا، می‌توان قبل از اجرا در دنیای واقعی، تعامل محورهای مختلف توسعه را مورد بررسی و تحلیل قرار داد. در این مقاله سعی بر آن است تا با استفاده از مدل پویایی سیستم ترمینال‌های کانتینری بنادر، با لحاظ کردن ساختارهای پایه‌ای برگرفته از مبانی موجود و ساختار ارتباطی قسمت‌های مختلف مدل، درصدد تحلیل و بررسی مدل به منظور مدیریت پیش‌دستانه تغییرات موردنیاز احتمالی و یا میزان پاسخگویی به نیازهای فعلی برآید.

۳- ارائه مدل پیشنهادی

بر اساس روش پویایی سیستم‌ها، مدل‌های علت و معلولی بر اساس مشاهدات بر روی رفتار سیستم و نیز با الهام از نظریه‌های معتبر در حوزه مبانی نظری مسئله شکل می‌گیرد. در شکل شماره ۴ و شماره ۵ نمائی کلی از نمودار علی-معلولی درباره عملکرد یک ترمینال کانتینری ارائه شده است.

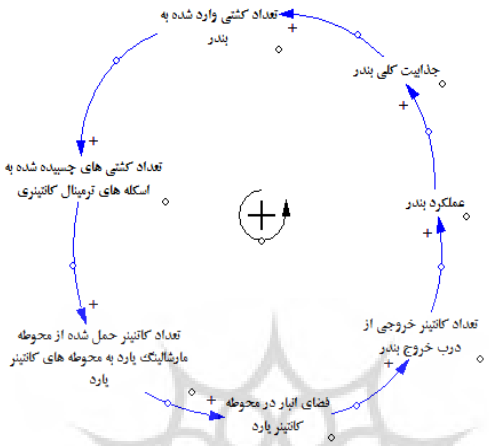
در شکل ۴ می‌توان دریافت که دو حلقه تقویت‌کننده اصلی تبیین کننده روابط پویای متغیرهای شناسایی شده است: در حلقه تضعیف کننده سمت چپ شکل وجود کشتی‌های وارده باعث افزایش استفاده از منابع موجود در بنادر اعم از تجهیزات دریایی و خشکی خواهد شد و این به نوبه خود متوسط زمان انتظار کشتی‌ها را افزایش می‌دهد و همچنین متوسط زمان سرویس‌دهی به کشتی‌ها را نیز افزایش می‌دهد و بدین ترتیب این حلقه می‌تواند در کاهش عملکرد بندر نقش داشته باشد، بدیهی است تأثیر فوق پس از یک تأخیر زمانی اتفاق خواهد افتاد.

در حلقه تقویت‌کننده سمت راست شکل ۲ تعداد کشتی وارده باعث افزایش تعداد کانتینر خواهد شد و در نتیجه افزایش استفاده از منابع بنادر را در بر خواهد داشت و در نهایت باعث افزایش عملکرد بندر می‌شود.



شکل ۴: نمودار علی- معلولی عملکرد ترمینال کانتینری

در شکل ۵ یک حلقه تقویت‌کننده نمایش داده شده است که تعداد کشتی وارده باعث افزایش تعداد کشتی پهلو داده شده و همچنین تعداد کانتینر وارده به محوطه‌های وارداتی بنادر می‌شود و این امر به نوبه خود باعث پر شدن فضای انبارها و تعداد کانتینرها و به طور کلی باعث افزایش عملکرد بندر و همچنین بالا بردن جذابیت کلی بندر برای جذب مشتریان یا همان کشتی‌های وارده می‌شود.



شکل ۵: نمودار علی-معلولی جذابیت ترمینال کانتینری

۴-۱- ارائه و تشریح مدل حالت و جریان

هدف اصلی نمودار جریان، بازنمایی ساختار جریانی دقیق سیستم در قالب ساختار سیاست‌های ظریف و جزئی آن به منظور تسهیل ایجاد مدل ریاضی برای شبیه‌سازی است [۱۷]. نمودار حالت -جریان هر یک از متغیرها با توجه به مبانی نظری مرور شده در پژوهش و مطالعات جامع انجام شده و مصاحبه به خبرگان ترسیم شد. در مدل پیشنهادی، کل ترمینال کانتینر به پنج بخش به شرح زیر تقسیم شده است:

۱- بخش دریا: وظیفه این زیرسیستم انتقال کشتی‌های وارده به لنگرگاه به‌وسیله شناورهای یدک‌کش و راهنمابر تا ورود به بندر و پهلودهی کنار اسکله و همچنین جداسازی کشتی و راهنمایی آن با شناورهای یدک‌کش و کشتی راهنمابر تا لنگرگاه می‌باشد.

۲- بخش حمل‌ونقل و نگهداری موقت کانتینر: این زیرسیستم مربوط به زمانی است که کشتی به اسکله پهلودهی شده است و تجهیزات اسکله‌ها که مهم‌ترین آن‌ها جرثقیل گنتری است برای تخلیه هر کانتینر در دسترس باشد. هر کانتینر توسط جرثقیل گنتری بر روی یک کامیون محوطه‌ای قرار داده شده و به محوطه موقت نگهداری کانتینر یا مارشالینگ یارد انتقال داده می‌شود و سپس توسط جرثقیل‌های محوطه کانتینر صفافی و روی هم چیده می‌شود. حداکثر ماندگاری هر کانتینر در این محوطه موقت پنج روز می‌باشد

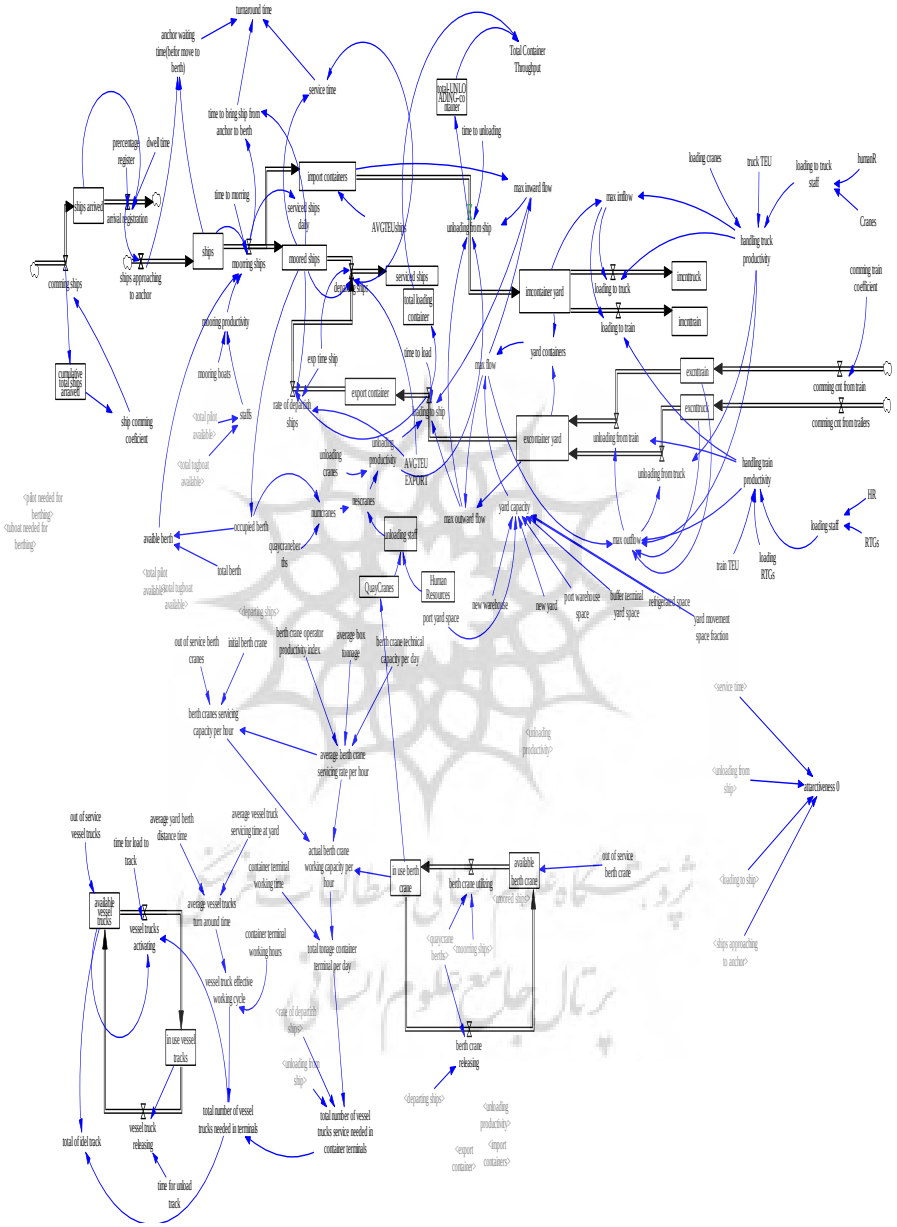
۳- بخش حمل کانتینر از محوطه موقت به محوطه اختصاصی کانتینر (کانتینر یارد): وظیفه این زیرسیستم حمل کانتینر از مارشالینگ یارد یا همان محوطه موقتی نگهداری کانتینر، به محوطه اختصاصی کانتینر می‌باشد. با استفاده از جرثقیل‌های محوطه و کامیون‌های محوطه تمامی کانتینرها از محوطه‌های بافر و موقتی که همجوار اسکله می‌باشند، به محوطه‌های اختصاصی ترمینال کانتینر انتقال می‌یابند. در این بخش تعداد کامیون‌ها و تعداد جرثقیل‌های محوطه و بهره‌وری مناسب آن‌ها می‌تواند نقش به سزایی در تسریع فرایند تخلیه و بارگیری ایجاد نماید.

۴- زیرسیستم تخصیص فضا به چیدن کانتینر در محوطه کانتینری: در این زیرسیستم پس از حمل کانتینرها از محوطه موقت نگهداری کانتینر به محوطه کانتینری، کانتینرها در این محل می‌توانند بیش از پنج روز در بندر روی هم چیده شوند تا فرایند گمرک و سایر فعالیت‌های قانونی و لازم برای ترخیص کانتینرها مهیا شود.

۵- زیرسیستم حمل کانتینر به خارج از بندر و یا به داخل بندر: وظیفه زیرسیستم فوق، انتقال کانتینرها از محوطه‌های کانتینری به درب خروج یا خارج از بندر برای کانتینرهای وارداتی یا بالعکس برای کانتینرهای صادراتی، توسط کامیون‌های جاده‌ای واگن‌های قطار می‌باشد. برای انجام این امر از جرثقیل‌های محوطه کانتینری مجدداً برای انتقال کانتینر از محوطه بر روی کامیون یا واگن‌های قطار (بالعکس) به منظور صادرات، واردات، ترانشیپ و ترانزیت به خارج از بندر و سایر شهرها استفاده می‌شود.

مدل حالت - جریان محوری‌ترین بخش یک شبیه‌سازی است که پس از برآورد پارامترها، اجرا شده و مبنای تحلیل سیاست‌ها و سناریوهای پیشنهادی قرار خواهد گرفت. بدین

منظورمی‌بایست متغیرهای حالت، جریان و متغیرهای کمکی موردنیاز برای طراحی مدل جریان مشخص شود. قابلیت مدل جریان منوط به وجود داده‌ها در مورد پارامترها، نرخ‌ها، مقادیر اولیه متغیرهای حالت و برخی متغیرهای کمکی و یا حداقل برآورد آن است. نمودار کامل حالت – جریان عملکرد یک ترمینال کانتینر بندر در شکل ۶ نمایش داده شده است.



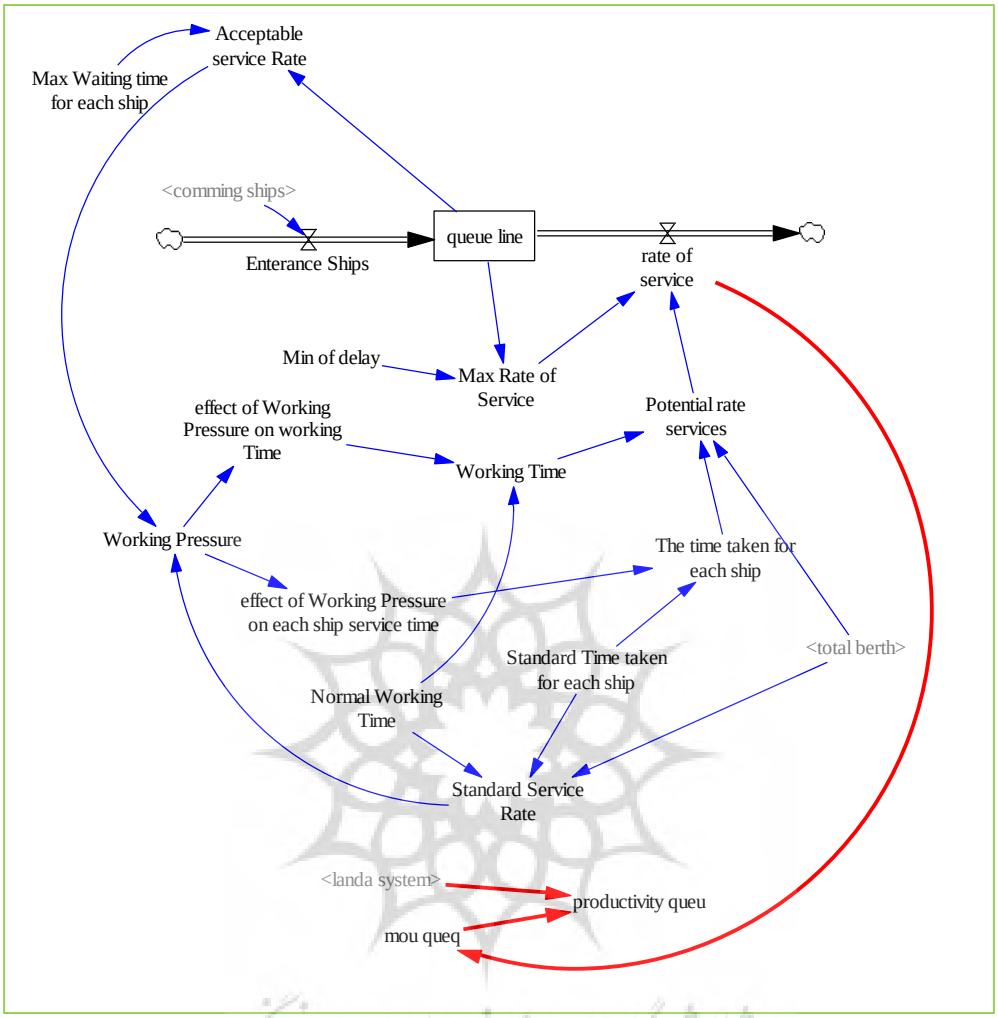
شکل ۶: نمودار حالت – جریان عملکرد ترمینال کانتینر در بندر

زیرسیستم صف مدل: همان‌گونه که از شکل ۷ مشاهده می‌گردد سه حلقه در مدل علی- معلولی روابط بین اجزای سیستم صف ورود به لنگرگاه به نام‌های B1 ، B2 ، B3 وجود دارد که در ذیل به تشریح آن‌ها پرداخته شده است.

حلقه B1: رابطه طول صف کشتی‌ها در لنگرگاه، حداکثر نرخ ارائه خدمت، خروج کشتی‌ها از بندر؛ در این حلقه همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش طول صف کشتی‌ها در لنگرگاه، حداکثر نرخ ارائه خدمت به کشتی‌ها افزایش می‌یابد و افزایش حداکثر نرخ ارائه خدمت باعث افزایش خروج کشتی‌ها از صف شده که در نتیجه باعث کاهش طول صف کشتی‌ها خواهد شد (بازخورد منفی).

حلقهB2 : رابطه طول صف کشتی‌ها در لنگرگاه، نرخ قابل قبول ارائه خدمت به کشتی‌ها، فشار کاری، زمان کاری، نرخ بالقوه ارائه خدمت به کشتی‌ها، خروج کشتی‌ها از بندر؛ این حلقه در شکل نشان می‌دهد که با افزایش طول صف کشتی‌ها در لنگرگاه، نرخ قابل قبول ارائه خدمت به کشتی‌ها افزایش می‌یابد، در نتیجه فشار کاری بر روی سرویس دهنده‌ها (اسکله‌ها) نیز افزایش یافته، بر زمان کاری اسکله‌ها تأثیر گذاشته و باعث می‌شود که خدمت دهندگان زمان کاری خود را افزایش دهند که سبب افزایش نرخ بالقوه ارائه خدمت به کشتی‌ها می‌شود و آن نیز منجر به افزایش خروج کشتی‌ها از صف شده، در نتیجه طول صف کاهش می‌یابد (بازخورد منفی).

حلقهB3 : رابطه طول صف کشتی‌ها در لنگرگاه، نرخ قابل قبول ارائه خدمت به کشتی‌ها، فشار کاری، زمان صرف شده برای هر کشتی، نرخ بالقوه ارائه خدمت، خروج کشتی‌ها؛ در این حلقه با افزایش طول صف کشتی‌ها در لنگرگاه، نرخ قابل قبول ارائه خدمت به کشتی‌ها افزایش می‌یابد و باعث می‌گردد که فشار کاری وارد بر خدمت دهندگان (اسکله‌ها) افزایش یابد که سبب افزایش نرخ بالقوه ارائه خدمت به کشتی‌ها خواهد شد و آن نیز منجر به افزایش خروج کشتی‌ها از صف شده و در نتیجه طول صف کشتی‌ها در لنگرگاه کاهش می‌یابد (بازخورد مثبت).



شکل ۷: مدل علی – معلولی روابط بین اجزای سیستم صف کشتی‌های ورودی/خروجی

۴-۲- معرفی متغیرها و معادلات حاکم بر مدل

داده‌های موردنیاز مدل از سامانه ترمینال کانتینر بندر شهید رجایی، فصلنامه‌ها و خبرگان سازمان بنادر و دریانوردی جمع آوری شده‌اند. از آنجا که مدل با جزئیات بالایی تهیه شده

است و تعداد ورودی‌ها، متغیرها و معادلات دینامیکی زیاد است، در جدول ۱ به برخی از متغیرها و معادلات مهم مدل پرداخته شده است.

جدول ۱- برخی از متغیرهای مدل

متغیر به کار رفته در مدل	معادله یا مقدار	واحد	توضیحات
coming ships	INTEGER(RANDOM POISSON(0,4,3.5,0,1,ship coming coefficient((	روز/کشتی	تابع توزیع پواسون برای کشتی‌های ورودی با میانگین ۳ کشتی در روز
ships arrived	coming ships-arrival registration	کشتی	تعداد کشتی متقاضی ورود به لنگرگاه
arrival registration	ships arrived*percentage register/dwell time	روز/کشتی	نرخ تقاضای ثبت ورود روزانه کشتی به لنگرگاه
ships	ships approaching to anchor-mooring ships	کشتی	تعداد کشتی وارده به بندر
mooring ships	IF THEN ELSE(ships>=0:AND: available berth>0, (MIN(mooring productivity, MIN(ships/time to mooring, available berth))), 0)	روز/کشتی	تعداد کشتی پهلو داده شده به اسکله‌ها در روز
service time	IF THEN ELSE(departing ships<>0, (moored ships/departing ships), 0)	روز	زمان سرویس‌دهی به کشتی‌ها در کنار اسکله
متغیر به کاررفته‌درمدل	معادله یا مقدار	واحد	توضیحات
Unloading from ship	IF THEN ELSE(max inward flow<= (unloading productivity), max inward flow/time to unloading, IF THEN ELSE(max outward flow		

نرخ تخلیه کانتینر از کشتی	روز / کانتینر	>= (unloading productivity), (unloading productivity)/time to unloading, (unloading productivity-max outward flow)/time to unloading))	
تعدادجرثقیل کانتینری (گنتری‌کرین)در دسترس	تعدادجرثقیل کانتینری	berth crane utilizing-berth crane releasing	In use berth crane
تعداد کامیون محوطه‌ای در دسترس	تعداد کامیون محوطه	vessel trucks activating-vessel truck releasing	In use vessel tracks
درصد جذابیت بندر بین بنادر منطقه	بدون واحد	IF THEN ELSE(service time>=0.5, (((1/service time)+((loading to ship + unloading from ship)/21917)+(ships approaching to anchor/22))/3)*100, 0)	attractiveness
توضیحات	واحد	معادله یا مقدار	متغیربه کاررفته‌درمدل
تعداد قایق راهنمابر در دسترس	تعداد قایق راهنمابر	-departure pilots +pilot daily service capacity-berthing pilots-pilot unused capacity	total pilot available
تعداد یدک کش در دسترس	تعداد یدک کش	tugboat daily service capacity-berthing tugboat-departure tugboat-tugboat unused capacity	total tugboat available
تعداد یدک کشی که در حال جسباندن و آوردن	روز / یدک کش	moored ships*"ship\tugboat ratio"	berthing tugboat

			کشتی به اسکله‌ها می‌باشند
departure tugboat	departing ships*"ship\tugboat ratio"	روز / یدک کش	تعداد یدک کشی که در حال جدا سازی کشتی از اسکله و خارج نمودن کشتی از بندر می‌باشند

۴-۳- اعتبار سنجی مدل

برای تعیین اعتبار مدل از روش‌های مختلفی به شرح ذیل استفاده شد.

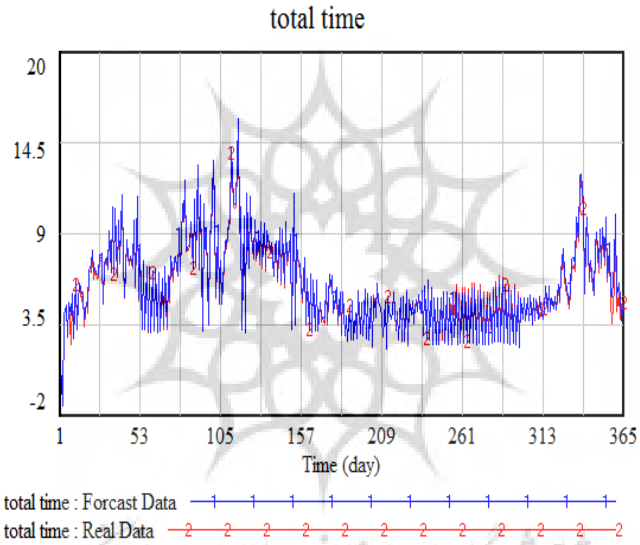
آزمون سازگاری ابعادی: این آزمون پاسخ به این سؤال است که "آیا ابعاد متغیرها در همه معادلات در دو سمت معادله، در حالت موازنه قرار دارد؟" به منظور پاسخ به این سؤال از گزینه موجود در نرم‌افزار برای اجرای آزمون سلامت مدل استفاده شده که با توجه به پاسخ مثبت نرم‌افزار، آزمون سازگاری ابعاد مدل تائید شد.

آزمون حدی: اگر متوسط تعداد کشتی‌های وارده در مدل برابر صفر شود، متغیرهای تأثیرپذیر مانند نرخ تخلیه یا نرخ بارگیری کانتینر، زمان سرویس‌دهی به کشتی‌ها، تعداد اسکله اشغالی صفر می‌شوند و از طرف دیگر اگر متوسط ورود کشتی‌ها نیز افزایش یابد، متغیرهای تأثیرپذیر مانند نرخ تخلیه یا نرخ بارگیری کانتینر، زمان سرویس‌دهی به کشتی‌ها، تعداد اسکله اشغالی افزایش یافته و پس از آن ثابت باقی می‌ماند و در لنگرگاه صف کشتی به وجود می‌آید.

آزمون تائید پارامتر: از بعد عددی تناقضی در صورت‌بندی مدل مشاهده نشد و از کارشناسان مدیریتی و افراد خبره حوزه سازمان بنادر و دریانوردی در تائید نهایی موفقیت مدل پویا استفاده شده و طبق نظر آن‌ها پارامترهای مدل مورد تائید بوده است [۱۸].

آزمون شبیه‌سازی با داده‌های تاریخی: مدل برای سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۴ توسط نرم‌افزار ونسیم اجرا شده است، در مدل پیشنهادی دو متغیر کلیدی "تعداد کل کانتینرهای تخلیه/بارگیری شده" و"کل زمان کشتی" در نظر گرفته شد. منظور از "کل زمان کشتی" از

زمان ورود کشتی به لنگرگاه تا خروج کشتی از بندر می‌باشد. در اشکال ۸ مقایسه بین اعداد داده‌های تاریخی و خروجی مدل شبیه‌سازی به تصویر کشیده شده است. بر اساس مطالعه سریانی اگر نرخ خطای متغیرهای کلیدی مدل شبیه‌سازی پیشنهادی با عملکرد واقعی کمتر از ۵ درصد باشد، اعتبار مدل مورد تائید قرار می‌گیرد [۱۹]. در محاسبات انجام شده بر روی این دو متغیر کلیدی، نرخ خطای محاسبه شده متغیر"تعداد کل کانتینرهای تخلیه/بارگیری شده" حدود ۰/۰۴۱ و همچنین، نرخ خطای محاسبه شده متغیر" زمان کل کشتی" ۰/۰۳۶ می‌باشد. با توجه به منبع ذکر شده این اعداد هر کدام کمتر از ۵ درصد می‌باشند و می‌توان به این نتیجه رسید که از منظر مقایسه با عملکرد دنیای واقعی نیز مدل پیشنهادی مورد تائید است.



شکل ۸- مقایسه داده‌های تاریخی و شبیه‌سازی کل زمان کشتی

۵- شبیه‌سازی و ارزیابی سیاست‌ها

در این بخش سیاست‌های مختلفی برای بهبود عملکرد ترمینال کانتینری بندر شهید رجائی ارائه شده است که نتایج اعمال این سیاست‌ها تحلیل و بررسی شده است. برای طراحی سیاست‌ها ابتدا نقاط اهرمی مسئله شناسایی شده که با توجه به مدل پیشنهادی در قالب جدول شماره ۲ به صورت سه سناریو، به شرح ذیل می‌باشد.

جدول ۲ – اطلاعات مدل پایه و سناریوهای بررسی شده

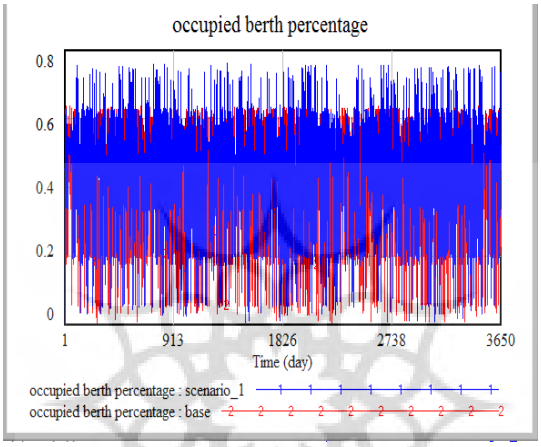
	مدل پایه	سناریو شماره۱	سناریو شماره۲	سناریو شماره۳
تعداد کل گنتری کرین	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸
تعداد اسکله (کانتینری)	۷	۷	۸	۸
میانگین ورود (کشتی در روز)	۲/۸	۴	۴	۴
تعداد گنتری کرین فعال روی هر اسکله	۲دستگاه	۳ دستگاه	۲ دستگاه	۳ دستگاه

جدول ۳ - نتایج سناریوهای بررسی شده

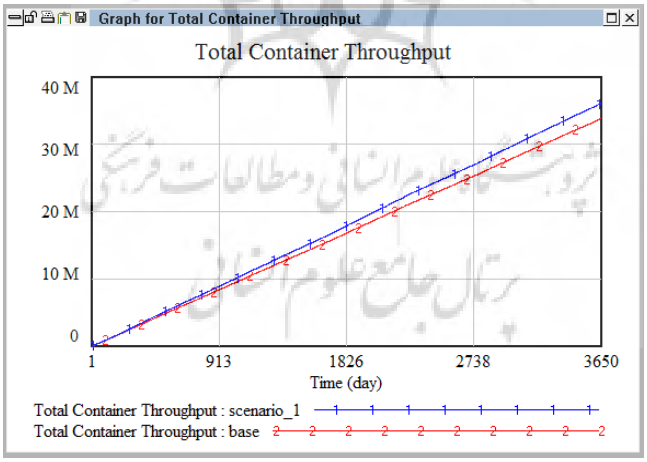
عملکرد	مدل پایه	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳
تعداد کل کانتینر تخلیه و بارگیری شده در طی ده سال	۳۲۰۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰۰	۳۳۵۰۰۰۰۰	۴۴۰۰۰۰۰۰
متوسط حضور کشتی (از زمان ورود به لنگرگاه تا خروج از بندر)	۴/۶ روز	۳/۲ روز	۲ /۹ روز	۲/۵ روز
درصد اشغال اسکله‌ها	٪۶۶	٪۷۲	٪۷۳	٪۸۲

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

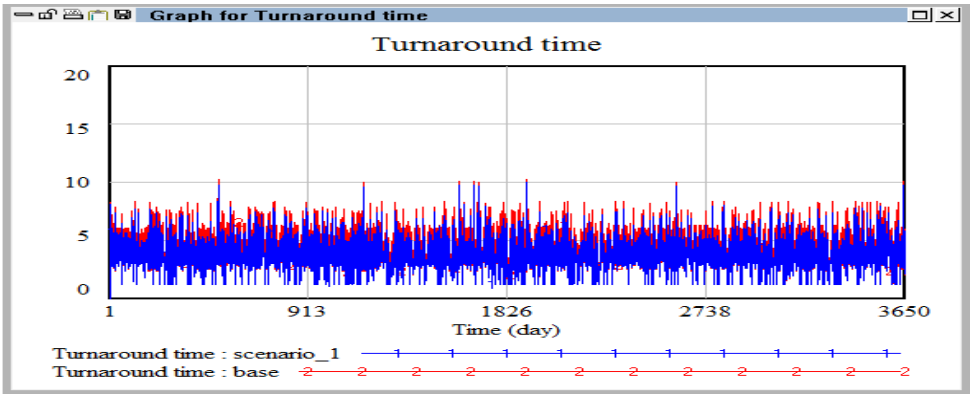
سناریو ۱. در این سناریو که توسعه بندر از نوع نرم‌افزاری محسوب شود، تعداد گنتری کرین های روی هر اسکله به جای دو دستگاه به سه دستگاه افزایش داده شده است. قابل ذکر است که تعداد کل گنتری کرین های ترمینال کانتینر ثابت است و با حرکت گنتری ها روی ریل می‌توان تعداد آن‌ها را روی هر اسکله تغییر داد. شکل ۹ نمایانگر آن است که درصد اشغال اسکله ۶٪ افزایش می‌یابد و شکل ۱۰ نمایانگر آن است که تعداد کل کانتینر جابه‌جا شده در طی ده سال از ۳۲ میلیون باکس به حدود ۳۶ میلیون باکس افزایش می‌یابد، در حالی که متوسط زمان کل حضور کشتی‌ها در بندر نیز مطابق شکل ۹ از ۴/۶ روز به ۳/۲ روز کاهش یافته است.



شکل ۹- تعداد اسکله اشغال شده در سناریو ۱ و مدل پایه

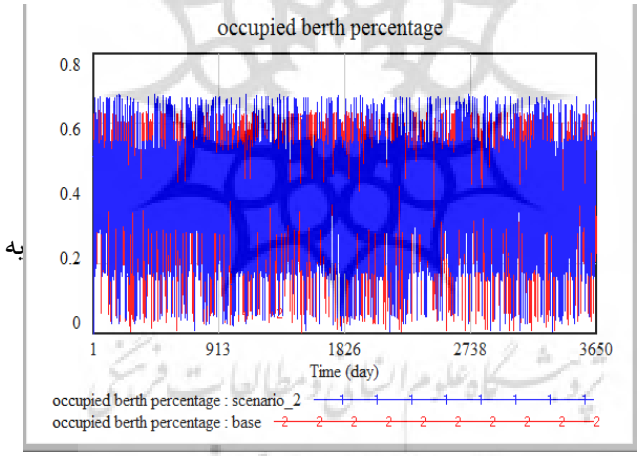


شکل ۱۰ – تعداد کل کانتینر تخلیه /بارگیری شده در سناریو ۱ و مدل پایه

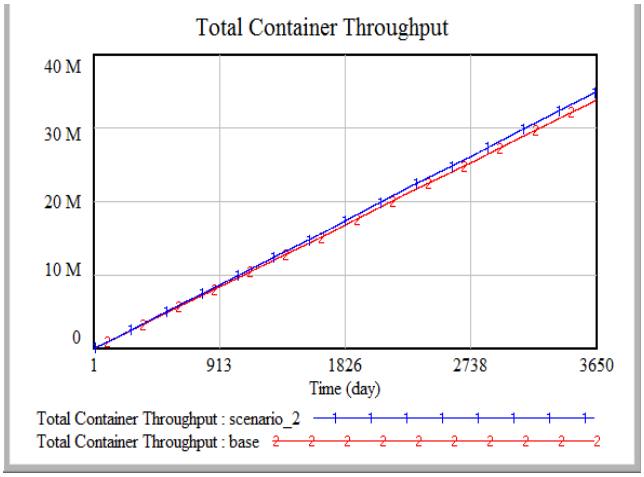


شکل ۱۱- زمان کل حضور کشتی از لنگرگاه تا خروج از بندر در سناریو ۱ و مدل پایه

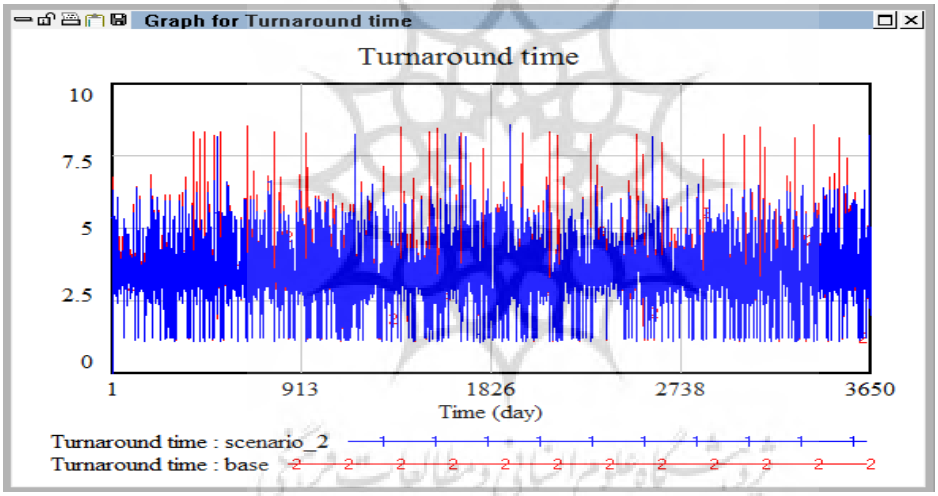
سناریو ۲. در این سناریو که از نوع سخت‌افزاری می‌باشد، تعداد اسکله‌ها یک اسکله اضافه شده و از ۷ اسکله به ۸ اسکله رسیده است. چنانچه در اشکال شماره ۱۰ الی ۱۲ نشان داده شده است، ضریب اشغال اسکله‌ها به طور متوسط ۷٪ افزایش، تعداد کل کانتینر تخلیه و بارگیری شده در طول ده سال حدود یک و نیم میلیون باکس افزایش و کل زمان حضور کشتی در بندر به طور متوسط به ۲/۹ روز کاهش یافته است.



شکل ۱۲- تعداد اسکله اشغال شده در سناریو ۲ و مدل پایه

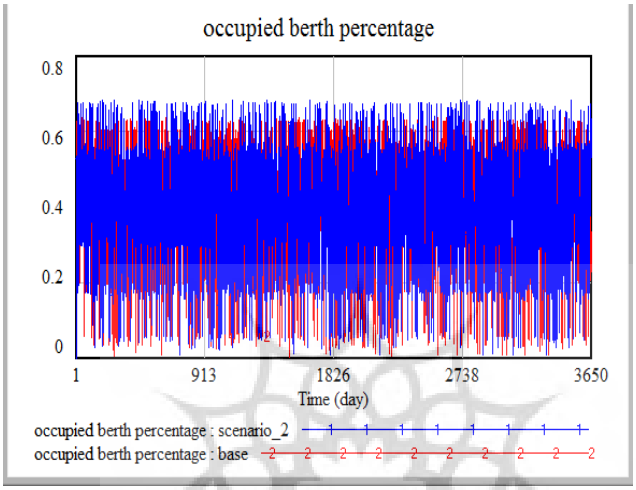


شکل ۱۳ – تعداد کل کانتینر بارگیری/تخلیه شده در سناریو ۲ و مدل پایه

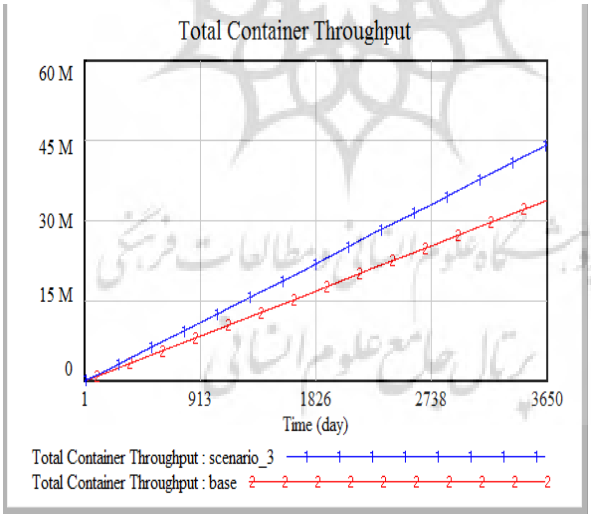


شکل ۱۴: زمان کل حضور کشتی از لنگرگاه تا خروج از بندر در سناریو ۲

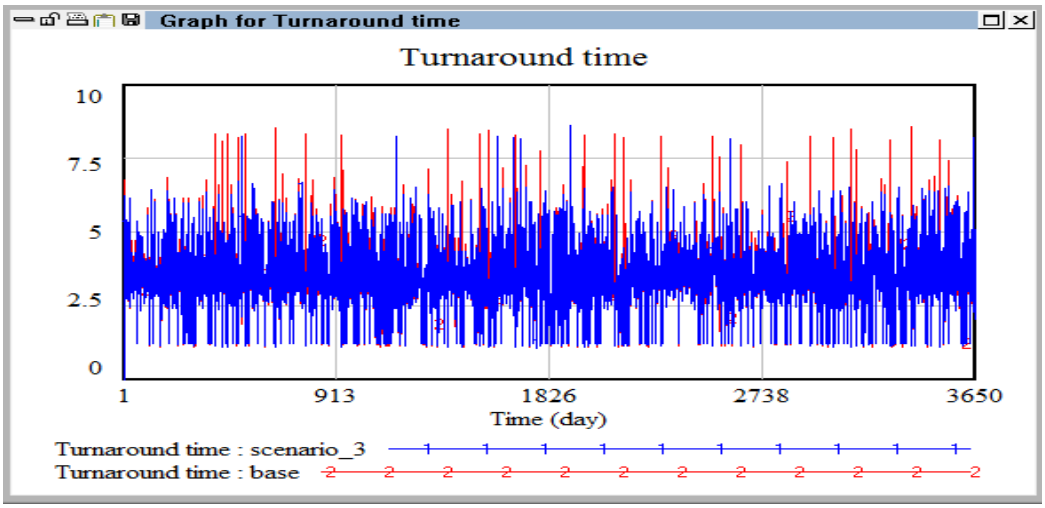
سناریو شماره ۳. این سناریو یک سناریو ترکیبی از سناریو ۱ و سناریو ۲ می‌باشد بدین معنی که تعداد اسکله‌ها از ۷ اسکله به ۸ اسکله و تعداد گنتری کرین روی هر اسکله نیز از تعداد ۲ دستگاه به تعداد ۳ دستگاه تغییر داده شده است. همان‌طور که از اشکال ۱۳ الی ۱۵ ملاحظه می‌شود، تعداد کل کانتینر تخلیه و بارگیری شده از ۳۲ میلیون باکس به ۴۴ میلیون افزایش، اشغال اسکله‌ها ۱۶٪ افزایش و زمان کل حضور کشتی در بندر نیز به طور متوسط به ۲/۵ روز تقلیل یافته است.



شکل ۱۵- درصد اشغال اسکله در سناریو ۳



شکل ۱۶ – تعداد کل کانتینر بارگیری/تخلیه شده در سناریو ۳



شکل ۱۷ - زمان کل حضور کشتی از لنگرگاه تا خروج از بندر در سناریو ۳

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آینده

بنادر دارای یک سیستم پویا با الگوی تصادفی و پیچیده هستند که از موجودیت‌های متعددی که دارای روابط پیچیده‌اند، تشکیل شده است. در این مقاله یک مدل پویایی سیستم برای عملکرد ترمینال کانتینر بنادر ارائه شده است. مدل پیشنهادی، کمک می‌نماید که مدیران، از پیامدها و نتایج تصمیمات خود قبل از اجرا در دنیای واقعی تصویر روشنی داشته باشند و سیاست‌های مختلف را مورد بررسی و تحلیل قرار دهند.

در این مقاله سه سناریو مورد بررسی قرارگرفته و نتایج هریک از نظر شاخص‌های تعداد تخلیه و بارگیری ترمینال کانتینر، زمان کل کشتی در بندر و در صد اشغال اسکله نشان داده شده است. در سناریوی اول که نیاز به هزینه سرمایه‌گذاری ندارد و می‌توان با حرکت جرثقیل‌ها بر روی ریل، آن‌ها را به اسکله‌ها اختصاص داد، می‌توان دید که با افزایش ۱ دستگاه گنتری کرین در اسکله، تعداد کل تخلیه و بارگیری ۱۲/۵٪ افزایش و متوسط زمان کشتی ۳۰٪ کاهش و درصد اشغال اسکله ۶٪ افزایش می‌یابد. در سناریوی دوم، با سرمایه‌گذاری و ساخت یک اسکله تعداد کل تخلیه/ بارگیری ۴٪ افزایش، متوسط زمان کشتی ۳۷٪ کاهش و درصد اشغال اسکله ۷٪ افزایش می‌یابد. در سناریوی سوم، با ساخت ۱ اسکله و همچنین

افزایش یک دستگاه گنتری کرین تعداد کل تخلیه/ بارگیری ۳۷٪ افزایش، زمان کشتی ۴۵٪ کاهش و در صد اشغال اسکله ۱۶٪ افزایش می‌یابد. لذا در شرایط رقابتی برای بندر که حجم تخلیه و بارگیری مهم است، بدون صرف هزینه می‌توان با استفاده از سناریوی اول حجم تخلیه و بارگیری را به میزان قابل قبول برای سازمان بنادر افزایش داد. با صرف هزینه و ساخت ۱ اسکله جدید، سازمان بنادر می‌تواند حجم را تا ۳۷٪ افزایش دهد.

در تحقیقات آینده می‌توان در مدل داده‌های مالی و مربوط به هزینه را وارد نمود و سناریوهای مختلف را با دید هزینه نیز بررسی نمود.

۷- قدردانی

نگارندگان مقاله از همکاری سازمان بنادر و دریانوردی برای انجام این تحقیق تشکر می‌نماید. این مقاله با حمایت علمی و مادی سازمان بنادر و دریانوردی به انجام رسیده است.

منابع

[۱] Lattila, L. & Saranen, J. "Multimodal Transportation Risk in Gulf of Finland Region." World Review of Intermodal Transportation Research, ۲۰۱۱: Vol. ۳, No. .۳۹٤-٤،۳۷٦

[۲]Branch, A,E. Element of port Operation and Managment. Chapman & Hall, New York ,NY.:۱۹٦۸, ۲۹۰-۲٥٤

[۳]Jang, BG. Yang, HJ. "Estimation of port Traffic in Korea." Journal of Korea Port Economic Association, ۲۰۰٥: Vol ۲۱(٤), pp .۲۷٤-۲٥٥

[٤]Kwon, N.J. Ahn, G.M. "A practical study on competitiveness Enhancement Strategy of container Terminal in Busan Port." Marine Korea, ۲۰۰۲: .۹۸-۹۰

[٥]Yoon, Sun Jin. "A study on System Dynamics Modeling to Strengthen the Competitiveness of a Container Terminal." International Conference on Computer Engineering and Application. Gold Cost Australia: Korea System Dynamics Research, ۲۰۰۷. .۳۷۲

[٦]Dundovic, C. Bilic, M. & Dvornik, J. "Contribution to the Development of a Simulation Model for a Seaport in Specfic Operating Conditions." Promet – Traffic&Transportation, ۲۰۰۹: Vol. ۲۱, ۳۳۱-۳٤۰.

[۷]Dvornik, J. Munitic, A. & Bilic, M. "Simulation Modelling and Heuristics Optimization of Material Flow of the Port Cargo System." Promet-Traffic&Transportation, ۲۰۰٦: Vol. ۱۸, ۱۲۳- ۱۳۵.

[۸]Cláudio J. M. Soares and Hostilio Xavier Ratton Neto. A Model for Predictable Capacity of a Container Terminal State: A System Dynamics Approach. Journal of Traffic and Transportation Engineering, ۲۰۱۳،۱٤۱-۱٥٤.

[۹]Gi-Tae Yeo, Ji-Yeong Pak, Zaili Yang, Analysis of dynamic effects on seaports adopting port security policy. Transportation Research Part A, ۲۰۱۳,.۲۸٥-۳۰۱

[۱۰]Dikos, G. Marcus, H. S. Papadatos, P. M. and Papakonstantinou, V. Niver Lines: A System-Dynamic Approach to Tanker Freight Modeling. ۲۰۰٦,Interfaces ۳٦(٤), ۳۲٦-۳٤۱.

[۱۱]Ying Wang, Chein-Chang and Gi-Tea Yeo. "Application and Improvement of s system Dynamics Model to forecast the Volume of Containers." Journal of Appled Science and Engineering Vol. ۱٦,No۲, ۲۰۱۳: ۱۸۷-۱۹٦.

[۱۲]Ataollah Shahpanah, Ahmad Asl Hashemi, Seyed Mojib Zahraee, Syed Ahmad Helm .Reduction of Ship Waiting Time at Port Container Terminal Through Enhancement of the Tug/Pilot Machine Operation. The journal of Teknologi, ۲۰۱٤, ٦۸(۳):.٦٦-٦۳

[۱۳]Ulf Speer, Kathrin Fischer, "Scheduling of Different Automated Yard Crane Systems at Container Terminals." Transportation Sciences, ۲۰۱٦،۲٦-٤۱

[۱٤]MIA JURJEVIĆ, SVJETLANA HESS, THE OPERATIONAL PLANNING MODEL OF TRANSHIPMENT. Science in Traffic and Transport, ۲۰۱٦,Vol. ۲۸(۲), ۸۱-۸۹.

[۱٥]Rabieh M. Karami MM. Ziaee M. yasobi A. Salari H. " Dynamic Analysis of Traffic- Injury Problem in Iran: System Dynamics approach", Modern Researches in Decision Making.۹۹-۱،۲۰۱٦،۷۱ ,

[۱۶]Hamidizadeh MR,"System Dynamics", Shahid Beheshti University,Iran, ۱۳۹٤،۳۰

[۱۷]Ahmadvand A, Mohammadiani Z, Khodadadi H, "Sustainable Urban Transportation System Dynamic Modeling for Traffic Improvement", Management Reserch in Iran, ۵۲-۹،۲۰۱۵،۳۱

[۱۸]Sterman. "Business Dynamics:System Thinking and Modeling for a Complex World", Boston :McGraw-Hill, .۲۰۰۰،۲۳۷

[۱۹]Suryani. E. Chou, S.H. Chen, C.H. "Air passenger demand forecasting and passenger terminal capacity expansion: a system dynamics framework." Expert System with Application, ۲۰۱۰: ۳۷, .۲۳۳۹-۲۳۲٤

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی