Journal of Research in
Progress studies: Systems and Strategies
Spring 2020, Volume 1, Issue 1: 9 – 33

# Assessment of Supply Chain Performance Management Policy Using Discrete Event Simulation

**Mojtaba Nouri**[1] **Hossein Bazargani** [2*] **Hossein Safari** [3] **Afshin Gholipour** [4]

## Abstract

With the ever-increasing competition in industries, the importance of supply chain in various companies has increased as well. Nowadays, each company in supply chain competes with rival companies. Regardingly, strategic analysis and organization of supply chain structure is crucial for survival and competition in the business arena. Simulation is among the most widely used research tools on operations which enables system performance analysis before its occurrence. The supply chain can be considered as a system and through its simulation, supply chain system performance can be evaluated before implementation. A four-level supply chain network including retailer, distributor, manufacturer, supplier has been investigated in this paper. Supply chain consists of a single product and demand per customer has been considered equal to one and shortage is not allowed as well. In this supply chain network, if the product sold to a costumer is defective, it will be returned from the costumer and instead, a new product is given to the customer. The defective product is then shipped back to the factory and after inspection, it will be either repaired or disposed. ARNA Software and a research sample in the rotational molding industry have been employed to simulate such supply chain. The simulation in this project aims to create a separate production line to produce a polyethylene tank.

**Keywords:** Supply Chain, Simulation, Discrete Event, ARNA Software

[1] MSc in Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, University of Science and Technology, Tehran, Iran. m.noori@iust.ac.ir
[2*]Corresponding Author: PhD in Production and Operation Management, Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. bazargani_h@ut.ac.ir
[3] Professor of Industrial Management Department, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. hsafari@ut.ac.ir
[4] MSc in Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Babol Noshirvani University, Babol, Iran. a.gholipour@iust.ac.ir

نشریه علمی
پژوهش‌های پیشرفت: سیستم‌ها و راهبردها
بهار ۱۳۹۹، سال ۱، شماره ۱: ۳۳ ـ ۹

# ارزیابی سیاست در مدیریت عملکرد سیستم زنجیره تأمین با استفاده از شبیه‌سازی گسسته پیشامد

مجتبی نوری[۱] حسین بازرگانی[۲*] حسین صفری[۳] افشین قلی‌پور[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۸

## چکیده

با افزایش رقابت در صنایع، اهمیت زنجیره تأمین در شرکت‌های مختلف نیز افزایش یافته است. امروزه هر شرکت در زنجیره‌ی تأمین، با شرکت‌های رقیب، رقابت می‌کند. در این راستا طراحی، سازماندهی و تجزیه‌وتحلیل استراتژیک ساختار زنجیره تأمین، برای بقا و رقابت در عرصه تجارت، امری ضروری است. شبیه‌سازی یکی از پر کاربردترین ابزار علم تحقیق در عملیات است که ارزیابی عملکرد سیستم را پیش از پدید آمدن ممکن می‌کند. می‌توان زنجیره تامین را به عنوان یک سیستم در نظر گرفت و با شبیه‌سازی آن، عملکرد سیستم زنجیره تأمین را قبل از اجرا ارزیابی کرد. در این مقاله یک شبکه زنجیره تأمین چهار سطحی شامل خرده‌فروش، توزیع‌کننده، تولیدکننده، تأمین‌کننده مورد بررسی قرارگرفته است. زنجیره تأمین تک‌محصولی بوده و مقدار تقاضای هر مشتری برابر یک می‌باشد و کمبود نیز مجاز نمی‌باشد. در این شبکه زنجیره تأمین اگر محصول فروخته‌شده به مشتری معیوب باشد، محصول معیوب از مشتری پس گرفته و به‌جای آن محصول جدیدی به مشتری داده می‌شود و محصول معیوب تا کارخانه حمل و بعد از بررسی، تعمیر یا امحا می‌گردد. برای شبیه‌سازی این زنجیره تأمین از نرم‌افزار ارنا و از یک نمونهٔ پژوهشی در صنعت قالب‌گیری دورانی استفاده شده است. هدف از شبیه‌سازی این مسئله، ایجاد خط تولید جداگانه به‌منظور تولید نوعی مخزن پلی‌اتیلنی می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها: : زنجیره تأمین، شبیه‌سازی، گسسته پیشامد، نرم‌افزار ارنا**

---

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران m.noori@iust.ac.ir
[۲ *] نویسنده مسئول: دکتری مدیریت تولید و عملیات، گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران bazargani_h@ut.ac.ir
[۳] استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران hsafari@ut.ac.ir
[۴] کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی دانشگاه نوشیروانی بابل، بابل، ایران a.gholipour@iust.ac.ir

## ۱-مقدمه

زنجیره تأمین[1] سیستمی از سازمان‌ها، مردم، فناوری، فعالیت‌ها، اطلاعات و منابع درگیر در انتقال محصول یا خدمات، از تأمین‌کننده به مشتری است(Copacino, 2019). فعالیت‌های زنجیره تأمین؛ منابع طبیعی، مواد اولیه و قطعات را به یک محصول نهایی تبدیل می‌کند که به مشتری نهایی تحویل داده می‌شود. در سیستم‌های پیشرفته زنجیره تأمین، محصولات استفاده‌شده ممکن است در هر نقطه‌ای که مقدار باقیمانده قابل بازیافت باشد، دوباره وارد زنجیره تأمین شوند(Hugos, 2018). زنجیره تأمین، یک ابزار قوی برای هر شرکت در دست‌یابی به اهداف و آرمان تجاری است. با توجه به شرایط محیطی(اعم از داخلی و خارجی)، سازمان‌ها موظف‌اند تا زنجیره تأمین خود را از زمانی به زمان دیگر، دوباره طراحی کنند و یا طرح‌های پیشنهادی را در زنجیره تأمین فعلی بگنجانند (Pettit, Croxton, & Fiksel, 2019).

طبق اثر شلاقی[2]، یک طرح به‌راحتی می‌تواند در کل حوزه‌های زنجیره تأمین نفوذ نماید(Raghunathan, Tang, & Yue, 2019). اثر یک طرح ضعیف بر روی تجارت بسیار زیاد است. طرح ضعیف باعث ایجاد چرخه‌های مازاد تولید و انبار، برآورد ضعیف تولید، ظرفیت‌های نامتعادل، خدمات ضعیف به مشتری، طرح‌های تولید غیرقطعی و قیمت‌های بالای اقلام موجودی، یا در بعضی مواقع حتی از دست رفتن فرصت‌های فروش می‌شود. تفکیک شبیه‌سازی وقایع، امکان ارزیابی عملکرد را قبل از اجرای یک سیستم فراهم می‌کند. این کار شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا تحلیل‌های قوی«چه خواهد شد – اگر ...» را انجام دهند که خود منجر به برنامه‌ریزی برای تصمیم‌گیری بهتر می‌گردد(Kshetri, 2018). این کار همچنین امکان مقایسه راهکارهای عملکردی مختلف را بدون ایجاد وقفه در سیستم واقعی فراهم می‌کند. در نهایت، امکان تراکم زمان پدید می‌آید، به‌طوری‌که تصمیمات اساسی به‌موقع قابل اتخاذ خواهند بود(ویسی، همت، ۱۳۸۳).

شبیه‌سازی زنجیره تأمین به ارزیابی سیستم کمک می‌کند و امکان بررسی سیستم را با تغییر شرایط امکان‌پذیر می‌سازد و در نهایت می‌توان شرایط بهینه را برای سیستم در نظر

[1] supply chain
[2] Bullwhip

گرفت(BenMoussa, Dubois, De Guio, Rasovska, & Benmoussa, 2018).
شبیه‌سازی تقلیدی از عملکرد فرایند یا سیستم واقعی با گذشت زمان است. شبیه‌سازی صرف‌نظر از این‌که با دست یا کامپیوتر انجام شود، به ایجاد ساختگی تاریخچه‌ی سیستم و بررسی آن به‌منظور دست‌یابی به نتیجه‌گیری‌هایی در مورد ویژگی‌های عملکرد سیستم واقعی مربوط می‌شود(سجادی، سید مجتبی، امامی اسکاردی، فاطمه؛ توان، فرشته، ۱۳۹۳).

در این مقاله یک شبکه زنجیره تأمین چهار سطحی شامل خرده‌فروش، توزیع‌کننده، تولیدکننده، تأمین‌کننده مورد بررسی قرارگرفته است. زنجیره تأمین تک‌محصولی بوده و مقدار تقاضای هر مشتری برابر یک می‌باشد و کمبود نیز مجاز نمی‌باشد. در این شبکه زنجیره تأمین اگر محصول فروخته‌شده به مشتری معیوب باشد، محصول معیوب از مشتری پس گرفته می‌شود و به‌جای آن محصول جدیدی به مشتری داده می‌شود و محصول معیوب تا کارخانه حمل شده و بعد از بررسی، تعمیر یا امحا می‌گردد. برای شبیه‌سازی این زنجیره تأمین از نرم‌افزار ارنا و از یک نمونهٔ پژوهشی در صنعت قالب‌گیری دورانی استفاده شده است. هدف از شبیه‌سازی این مسئله، ایجاد خط تولید جداگانه به‌منظور تولید نوعی مخزن پلی‌اتیلنی می‌باشد.

## ۲-مبانی نظری و پیشینه پژوهش

از شبیه‌سازی تعاریف زیادی ارائه شده است، اما جامع‌ترین و کامل‌ترین تعریف را شانون ارائه کرده است. شانون شبیه‌سازی را چنین تعریف می‌کند: «شبیه‌سازی عبارت از فرایند طراحی مدلی از سیستم واقعی و انجام آزمایش‌هایی با این مدل است که با هدف پی بردن به رفتار سیستم، یا ارزیابی استراتژی‌هایی گوناگون (در محدوده‌ای که به وسیله معیار یا مجموعه‌ای از معیارها اعمال شده است) برای عملیات صورت می‌گیرد». بنابراین درمی‌یابیم که فرایند شبیه‌سازی، هم شامل ساخت مدل و هم شامل استفاده تحلیلی از آن برای مطالعه‌ی یک مسئله است. در تعریف فوق، سیستم واقعی به معنای سیستمی است که وجود دارد یا قابلیت ایجاد شدن را دارد(سجادی، سید مجتبی، امامی اسکاردی، فاطمه؛ توان، فرشته، ۱۳۹۳).

در طیف گسترده‌ای از مسائل واقعی، بنا به وجود پیچیدگی ساختاری در این مسائل، نمی‌توان از مدل‌های تحلیلی که مبتنی بر فرمول‌های ریاضی هستند، بهره جست. علاوه بر این در مدل‌های ذهنی، ساختِ یک مدل تحلیلی با فرمول‌های مناسب، غالباً دشوار و غیرممکن است. حتی فرمول‌ها و روابط حوزه‌ی آمار مهندسی که برای توصیف ارتباط بین متغیرها به کار گرفته می‌شوند، زمانی که رفتار بین عوامل، حالت پویایی دارند، غیرکاربردی می‌شوند. این همان‌جایی است که نوع دیگری از مدل‌سازی که مبتنی بر شبیه‌سازی است بسیار مؤثر و کارآمد خواهد بود (Borshchev, 2013; Nakamura, 2019).

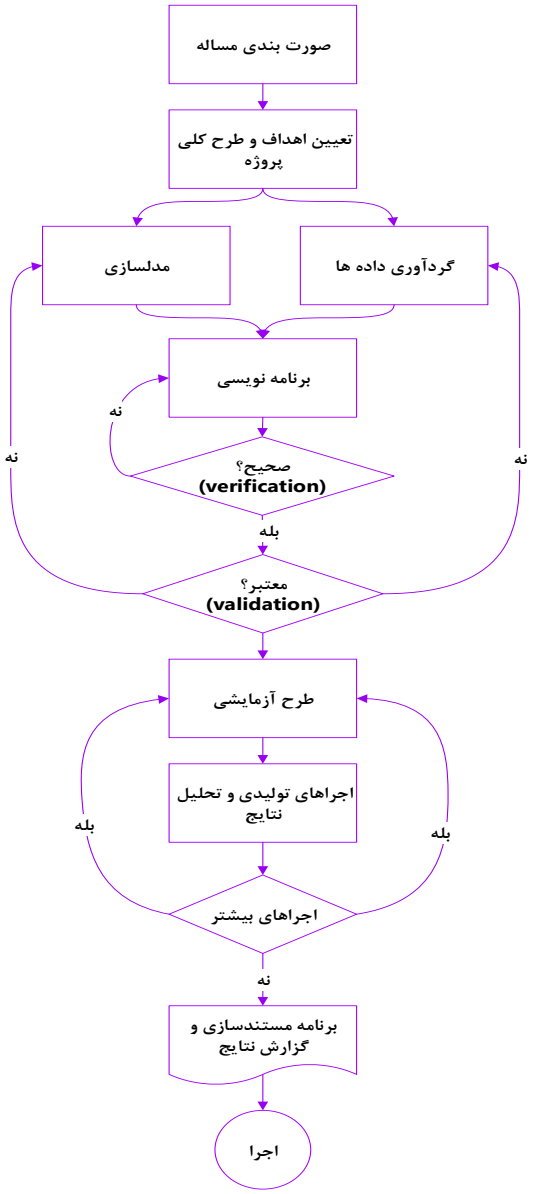
شبیه‌سازی را می‌توان برای انجام مقاصد زیر به کار گرفت (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2005; Kan et al., 2018; Small, Doll, Bergman, & Heggestad, 2018):

۱. با شبیه‌سازی بررسی و آزمایش رابطه‌های متقابل هر سیستم یا زیرسیستم پیچیده میسر است.
۲. تغییرات اطلاعاتی، سازمانی و محیطی را می‌توان شبیه‌سازی کرد و به مشاهده تأثیر این تغییرات بر رفتار مدل پرداخت.
۳. شناخت به‌دست‌آمده از طریق طراحی مدل شبیه‌سازی، می‌تواند به هنگام پیشنهاد انجام اصلاحات در سیستم در دست بررسی، ارزش فراوانی داشته باشد.
۴. با ایجاد تغییر در ورودی‌های شبیه‌سازی و بررسی خروجی‌های به‌دست‌آمده، می‌توان شناخت ارزشمندی درباره مهم‌ترین متغیرها و چگونگی رابطه متقابل آن‌ها به دست آورد.
۵. شبیه‌سازی را می‌توان همچون ابزاری آموزشی به‌منظور تقویت روش‌های تحلیلی پاسخ‌یابی به کار گرفت.
۶. از شبیه‌سازی می‌توان به‌منظور آزمایش طرح‌ها یا خط‌مشی‌های جدید پیش از اجرای آن‌ها استفاده کرد و آمادگی لازم را برای روبه‌رو شدن با پیشامدهای ممکن به دست آورد.
۷. شبیه‌سازی را می‌توان به‌منظور تحقیق درباره پاسخ‌های تحلیلی مورد استفاده قرارداد.

شکل زیرمجموعه گام‌هایی را نشان می‌دهد که مدل‌ساز را در شبیه‌سازی به‌طور کامل و مطمئن هدایت می‌کند. شکل‌های همانند همراه با تشریح گام‌ها را می‌توان در منابع دیگر (Gordon,

1978; Law, Kelton, & Kelton, 2000; Pires dos Santos, Dean, Weaver, & Hovanski, 2019; Shannon, 1975; Silva, 2018; Ying & Lin, 2019) نیز یافت.

گام‌های اساسی بررسی مبتنی بر شبیه‌سازی به شرح زیر است (Banks et al., 2005; Zeigler, Muzy, & Kofman, 2018):




**شکل ۱ – مراحل اساسی شبیه‌سازی(Banks et al., 2005; Zeigler et al., 2018)**

در سال ۱۹۶۱، مهندس شرکت آی‌بی‌ام[1]، جفری گردون[2]، اولین نرم‌افزار مدل‌سازی به روش گسسته پیشامد(جی‌پی‌اس‌اس[3]) را معرفی کرد. عملیات مدل شامل تأخیرها، خدمات به‌وسیله منابع مختلف، فرایند انتخاب انشعابات، از هم جدا شدن و دیگر موارد می‌باشند. تا زمانی که عامل‌ها به خاطر منابع محدود رقابت می‌کنند و می‌توانند تأخیر داشته باشند، صف‌ها[4] بخشی از مدل‌های گسسته پیشامد خواهند بود.

نهاده‌ها[5] می‌توانند مشتریان، بیماران، تماس‌های تلفنی، اسناد فیزیکی و الکترونیکی، قطعات، محصولات، پالت، تراکنش‌های رایانه، وسایل نقلیه، وظایف، پروژه‌ها، ایده‌ها و... را شامل شوند. منابع[6] شامل کارکنان، پزشکان، اپراتورها، کارگرها، سرویس‌دهندگان، پردازنده رایانه، حافظه رایانه، تجهیزات و حمل‌ونقل هستند. زمان‌های خدمت و زمان‌های ورودی عامل‌ها معمولاً تصادفی هستند و به دلیل اینکه از توزیع احتمالی استنتاج شده است، مدل‌های گسسته پیشامد نیز تصادفی هستند. به عبارت ساده‌تر، بایستی مدل برای مدت زمان خاص یا تعداد تکرار مشخصی پیش از تولید خروجی معنی‌داری اجرا شود(Grigoryev, 2018).

نمونه خروجی‌های مورد انتظار از مدل گسسته پیشامد شامل موارد زیر است:

۱. بهره‌وری منابع(درصد اشغال منابع)

۲. زمان صرف شده در سیستم یا بخشی از آن به‌وسیله یک عامل

۳. زمان‌های انتظار

۴. طول صف

۵. عملکرد سیستم[7]

۶. گلوگاه‌ها[8]

---

[1] IBM
[2] Geoffrey Gordon
[3] GPSS
[4] Queue
[5] Entity
[6] Resources
[7] System Throughput
[8] Bottlenecks

در یکی از پژوهش‌ها با رویکرد ساخت بر اساس سفارش، با ثابت در نظر گرفتن ظرفیت، مدلی با کمک شبیه‌سازی گسسته پیشامد طراحی شد که این روش منجر به بهبود زمان تحویل سفارش‌ها نشد ولی به تصمیم‌گیران توصیه شد تا تعدادی از سفارش‌ها را قبول نکنند (Rogers & Nandi, 2007). در پژوهشی دیگر سیاست مدیریت موجودی ساخت برای انبار و دیگر سیاست‌ها مقایسه شده و سیاستی ترکیبی به‌صورت بهینه با کمک شبیه‌سازی گسسته پیشامد ارائه شد. برای این امر هزینه سیاست‌های مختلف، محاسبه و مقایسه شدند(Sharda & Akiya, 2012).

سجادی و همکاران یک سیستم زنجیره تأمین سه سطحی شامل تعدادی تأمین‌کننده، تولیدکننده، با هدف به حداقل رساندن شاخص عملکردی زمان حاصل از سیستم، شامل زمان حمل و نقل، زمان تولید و زمان توزیع محصولات، در یک دوره بررسی کردند. سیستم زنجیره تأمین مفروض به‌صورت تک‌محصولی و غیر قطعی در نظر گرفته شده است و به دلیل پیچیدگی و عدم‌قطعیت، از ابزار شبیه‌سازی ارنا برای ارزیابی رفتار تقریبی سیستم زنجیره تأمین استفاده شده است و با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از مقایسه سناریوهای مختلف، اقدامات لازم برای بهبود سیستم مورد نظر انجام شده است(سجادی، سید مجتبی، امامی اسکاردی، فاطمه؛ توان، فرشته، ۱۳۹۳، الف).

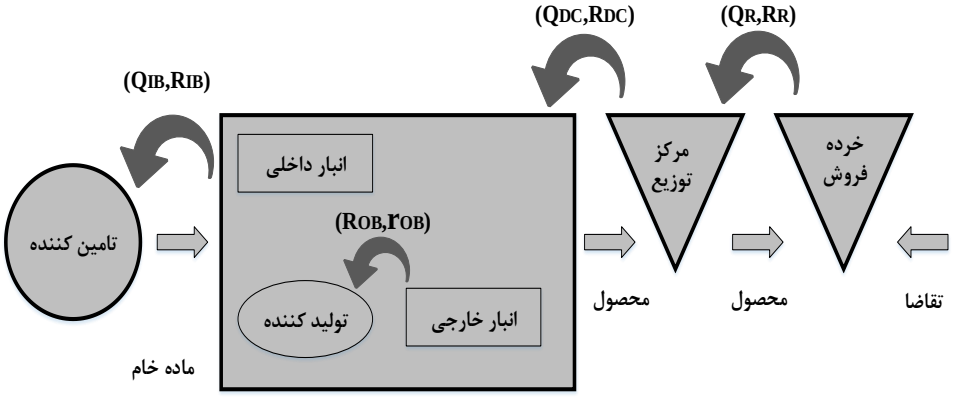
آزوگاق و همکاران نشان دادند که چگونه شبیه‌سازی با نرم‌افزار ارنا می‌تواند برای سیستم‌های پیچیده زنجیره تأمین مورد استفاده قرار بگیرد. آن‌ها با تمرکز بر بررسی عملکرد سیستم‌های پیچیده در زمینه زنجیره تأمین، یک رویکرد مدل‌سازی ساختاری مبتنی بر ASDI (تحلیل، مشخصات، طراحی و پیاده‌سازی) با ترکیب مدل‌سازی شبکه‌های پتری و شبیه‌سازی با نرم‌افزار ارنا ارائه دادند(Azougagh, Benhida, & Elfezazi, 2016). بنزامن و همکاران بر تأثیر تراکم ترافیک بر انتشار کربن دی‌اکسید با استفاده از شبیه‌سازی حرکت خودرو در جاده‌ها تمرکز کردند. آن‌ها یکپارچه‌سازی شاخص‌های عملکرد زنجیره تأمین مانند تعداد دفعات سفر کامیون، زمان سفر و عوامل انتشار کربن دی‌اکسید را با استفاده از نرم‌افزار ارنا مورد بحث قرار دادند. و سی‌ودو سناریو براساس برنامه اعزام وسایل نقلیه، هماهنگ‌سازی نور و نورپردازی و تنظیم پیمایش در شبیه‌سازی ارائه دادند(Benzaman, Al-Dhaheri, & Claudio, 2016).

ویِیرا به شبیه‌سازی اثر شلاقی در زنجیره تأمین با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی ارنا پرداخت. ساختار در نظر گرفته‌شده در این زنجیره عرضه، سنتی است که توسط تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان(یا عمده فروشان)، خرده‌فروشان و مشتریان تشکیل شده‌است(Vieira, 2004). بِنکو، سطح خدمات مشتری (میزان تقاضای مشتریان کاملاً رضایت‌بخش)، میانگین میزان موجودی و میزان پیش‌فرض قیمت، میزان و تعداد فروش از دست‌رفته و هزینه موجودی را در یک زنجیره تأمین، با استفاده از نرم‌افزار ارنا شبیه‌سازی نمود(Benkő, 2010).

## ۳-روش‌شناسی پژوهش

نمونهٔ پژوهشی واقعی در یک شرکت تولیدکننده مخازن و قطعات پلی‌اتیلنی صورت گرفته است. این شرکت تولیدکننده‌ای پیشرو در صنعت قالب‌گیری دورانی در ایران است و فعالیت خود را از سال ۱۳۸۵ آغاز نموده است. این شرکت بالغ بر ۵۰ محصول پلی‌اتیلنی اعم از مخزن، وان، تانکر، منبع ذخیره، سمپاش و غیره تولید می‌کند. واضح است که درآمد شرکت از طریق تولید و عرضهٔ محصولات با توجه به میزان تقاضا در هر محصول، صورت می‌پذیرد. اما مسئلهٔ اصلی در این شرکت، میزان کمبودی است که بر اثر عدم تامین به موقع تقاضا، ایجاد می‌گردد. در بین محصولات تولیدی، بیشترین تقاضا و سودآوری از تولید منبع مخزن ذخیرهٔ مواد شیمیایی ۱۰۰۰ لیتری حاصل می‌شود. از طرفی بیشترین میزان کمبود نیز در این محصول رخ می‌دهد. از این‌روی، به‌دلیل اینکه مخزن ۱۰۰۰ لیتری پرفروش‌ترین محصول این شرکت است و از اهمیت استراژیک بالایی برخوردار است، مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از شبیه‌سازی زنجیرهٔ تامین مخزن‌های ۱۰۰۰ لیتری، تخصیص ظرفیت‌های هر سطح به این محصول با بالاترین اولویت می‌باشد. یعنی بر اساس تقاضا، بخشی از ظرفیت تولید، انبارها، سفارش خرید مواد اولیه و غیره، به‌گونه‌ای تخصیص یابد که تولید و تامین محصول با کمبود روبه‌رو نگردد یا به حداقل کاهش یابد. در مدل شبیه‌سازی ارائه شده در بخش ۴، تقاضای هر مشتری برابر با یک مخزن در نظر گرفته شده است زیرا معمولا مشتریان بیش از یک مخزن خریداری نمی‌کنند.

زنجیره تأمین چهار سطحی بوده و شامل خرده‌فروش، توزیع‌کننده، تولیدکننده و تأمین‌کننده می‌باشد. کارخانه تولیدکننده دارای انبار[1] داخلی و انبار خارجی است، در انبار داخلی مواد اولیه و در انبار خارجی محصول نهایی ذخیره می‌شود. خرده‌فروش از سیاست کنترل موجودی (Q,R)، توزیع‌کننده از سیاست کنترل موجودی (Q,R)، انبار خارجی تولیدکننده از سیاست کنترل موجودی (R,r) و انبار داخلی تولیدکننده از سیاست کنترل موجودی (Q,R) استفاده می‌کند.




**شکل۲- زنجیره تأمین چهار سطحی**

در این مسئله، زنجیره تأمین تک‌محصولی بوده و مقدار تقاضای هر مشتری برابر یک است. کمبود برای توزیع‌کننده و تولیدکننده به‌صورت فروش از دست‌رفته مجاز است ولی تأمین‌کننده، هیچ‌گاه دچار کمبود نمی‌شود. در این مسئله محصولات معیوب فروخته‌شده به مشتریان از آن‌ها پس گرفته می‌شود و محصولی دیگر به آن‌ها داده می‌شود، محصول معیوب از خرده‌فروش به توزیع‌کننده و از آنجا به تولیدکننده فرستاده می‌شود و تولیدکننده پس از تعمیر محصول معیوب، آن را در انبار خارجی قرار می‌دهد.

هدف از شبیه‌سازی این مسئله، به دست آوردن اطلاعاتی است که تحلیل زنجیره تأمین را راحت‌تر می‌کند، مانند: تعداد مشتریان خرده‌فروش، تعداد تقاضای ازدست‌رفته، تعداد سفارشات

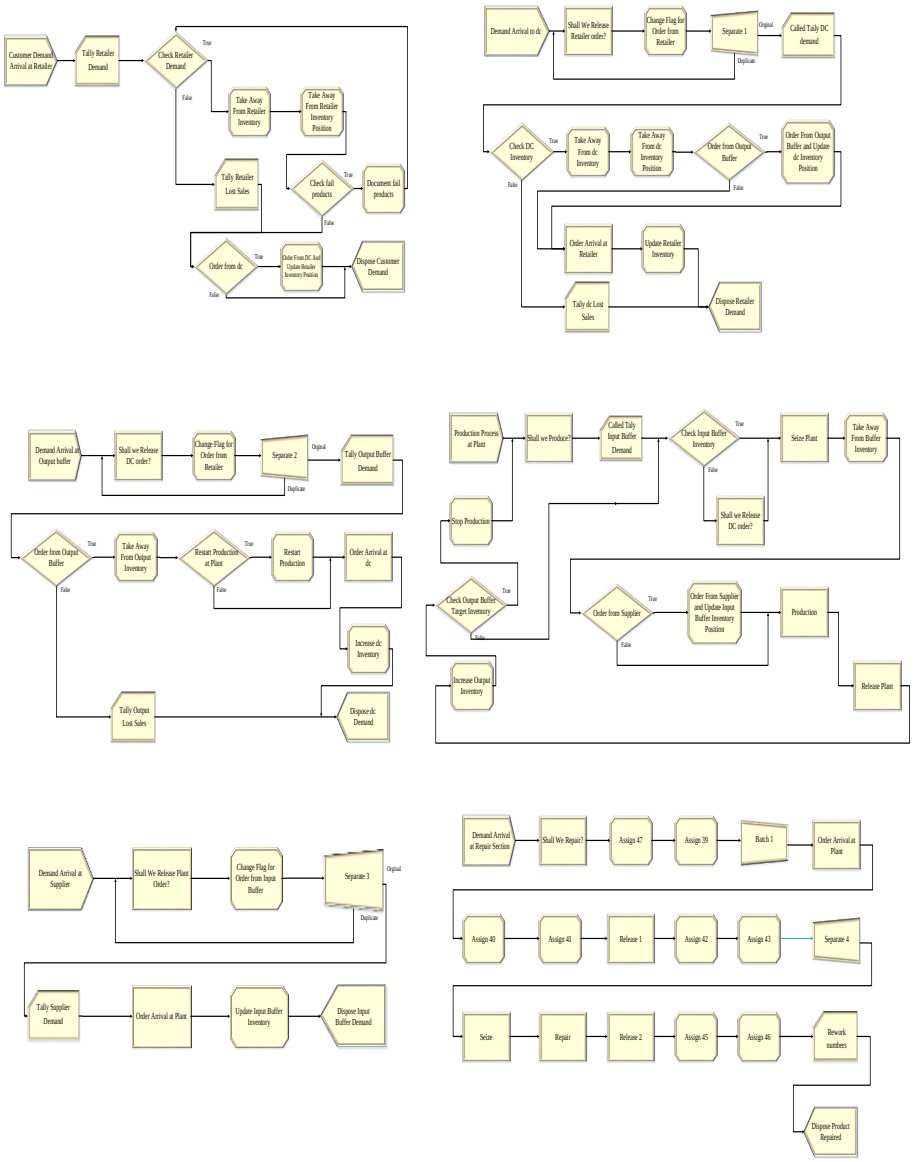
[1] buffer

خرده‌فروش به توزیع‌کننده، تعداد سفارشات توزیع‌کننده به تولیدکننده، میزان سفارشات تولیدکننده به تأمین‌کننده، تعداد دفعات راه‌اندازی خط تولید، تعداد محصول تولیدشده، تعداد محصول تعمیرشده، متوسط کمبود توزیع‌کننده، متوسط کمبود تولیدکننده و غیره. برای شبیه‌سازی این زنجیره تأمین از نرم‌افزار ارنا[1] استفاده می‌شود.

## ٤-یافته‌های پژوهش

مدل ارنا این زنجیره تأمین از ۶ بخش تشکیل می‌شود. مدیریت موجودی در بخش‌های خرده‌فروش، مرکز توزیع، انبار خارجی تولیدکننده، انبار داخلی تولیدکننده، تأمین‌کننده و محصولات معیوب مدنظر است. در شکل۳، نمای کلی از شبیه‌سازی این مسئله با نرم‌افزار ارنا نشان داده شده است و در ادامه شبیه‌سازی مدیریت هر بخش تشریح می‌گردد.

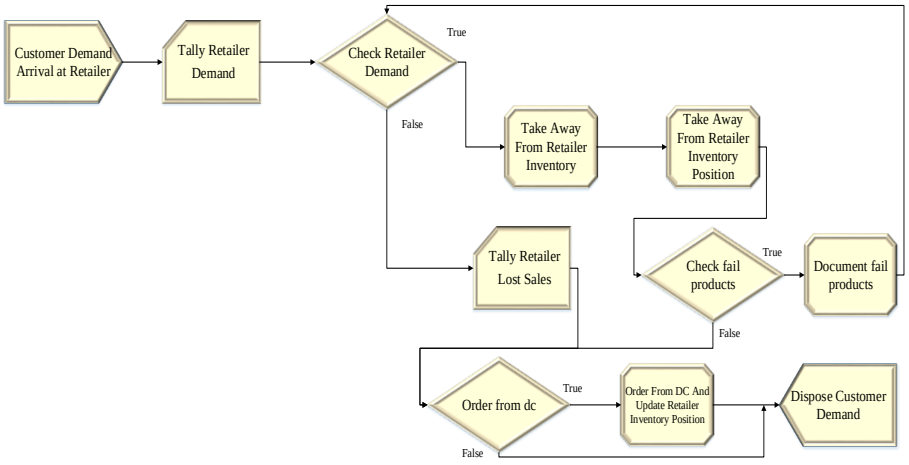
[1] Arena




**شکل۳- مدل شبیه‌سازی‌شده با ارنا**

الف) مدیریت موجودی بخش خرده‌فروش

در این بخش مشتریان به خرده‌فروش مراجعه می‌کنند. اگر خرده‌فروش محصول نداشته باشد، تقاضای مشتریان رد می‌شود و اگر محصول داشته باشد به آن‌ها تحویل داده می‌شود. سپس مقدار موجودی در دست خرده‌فروش و موقعیت موجودی خرده‌فروش کاهش می‌یابد. اگر محصول داده‌شده به مشتریان معیوب باشد، محصول معیوب از آن‌ها پس گرفته می‌شود و محصولی دیگر به آن‌ها داده می‌شود. در آخر، اگر مقدار موقعیت موجودی از نقطه سفارش مجدد خرده‌فروش کمتر باشد خرده‌فروش به مرکز توزیع سفارش می‌دهد. شمای کلی از شبیه‌سازی این بخش در شکل۴ آمده است.

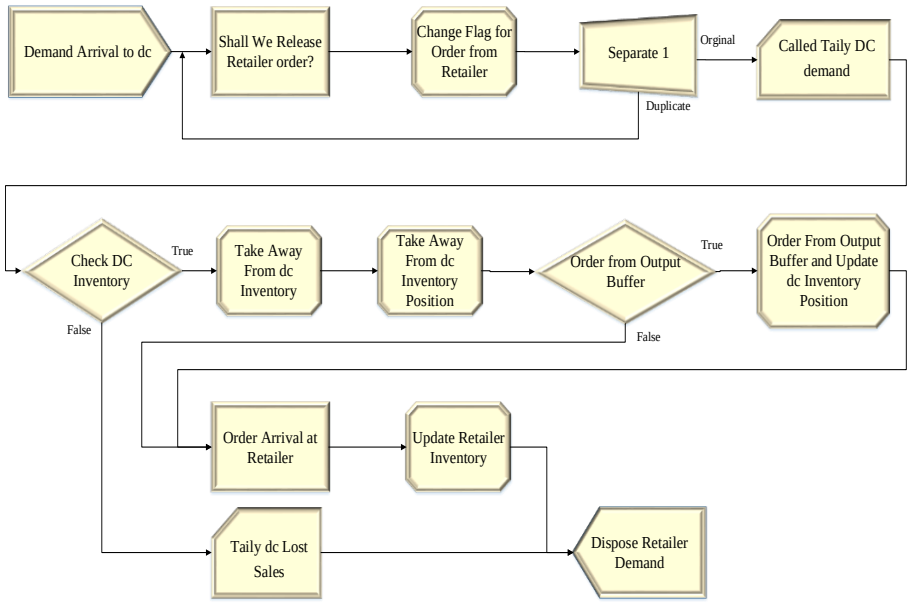



**شکل٤- شبیه‌سازی خرده‌فروش**

ب ) مدیریت موجودی بخش مرکز توزیع

با رسیدن سفارش خرده‌فروش به مرکز توزیع، بخش مدیریت موجودی مرکز توزیع فعال می‌شود. در ابتدا موجودی در دست مرکز توزیع چک می‌شود. اگر موجودی در دست از مقدار سفارش خرده‌فروش کمتر باشد، به سفارش پاسخ داده نمی‌شود و سفارش از دست می‌رود. چنانچه

موجودی در دست از مقدار سفارش خرده‌فروش بیشتر باشد، به سفارش پاسخ داده می‌شود و مقدار موجودی در دست مرکز توزیع و موقعیت موجودی مرکز توزیع به‌اندازه سفارش خرده‌فروش کاهش می‌یابد. در مرحله بعد موقعیت موجودی مرکز توزیع چک می‌شود، اگر مقدار موقعیت موجودی مرکز توزیع از نقطه سفارش مجدد مرکز توزیع کمتر باشد مرکز توزیع به تولیدکننده سفارش می‌دهد. در مرحله بعد محصولات برای خرده‌فروش فرستاده می‌شود و با رسیدن محصولات به خرده‌فروش موجودی در دست خرده‌فروش افزایش می‌یابد. شمای کلی از شبیه‌سازی این بخش در شکل۵ آمده است.

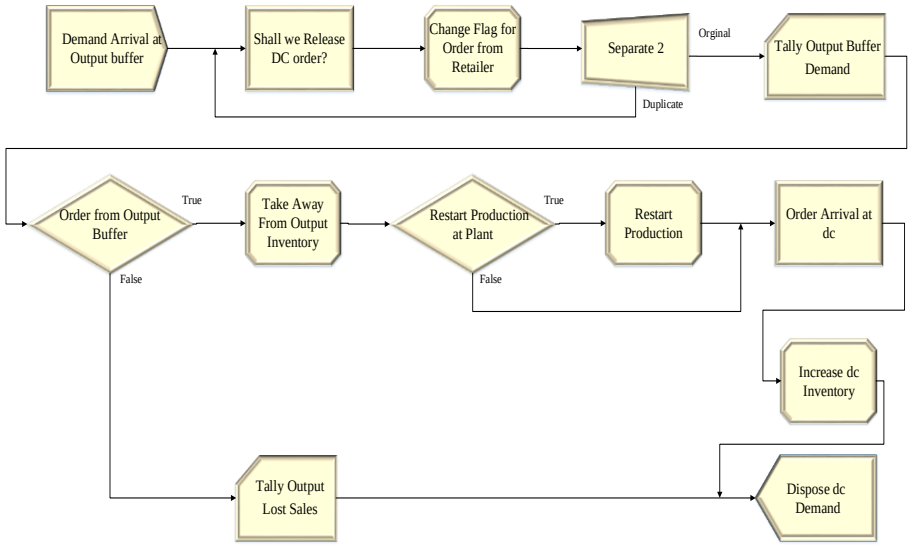



**شکل۵- شبیه‌سازی مرکز توزیع**

ج ) مدیریت موجودی بخش انبار خارجی تولیدکننده

با رسیدن سفارش مرکز توزیع به تولیدکننده، بخش مدیریت موجودی انبار خارجی تولیدکننده

فعال می‌شود، در ابتدا موجودی انبار خارجی تولیدکننده چک می‌شود، اگر موجودی از مقدار سفارش مرکز توزیع کمتر باشد، به سفارش پاسخ داده نمی‌شود و سفارش از دست می‌رود. ولی اگر موجودی از مقدار سفارش مرکز توزیع بیشتر باشد، به سفارش پاسخ داده می‌شود و مقدار موجودی انبار خارجی تولیدکننده به‌اندازه سفارش مرکز توزیع کاهش می‌یابد. در مرحله بعد موجودی انبار خارجی تولیدکننده چک می‌شود، اگر مقدار موجودی انبار خارجی تولیدکننده از نقطه سفارش مجدد انبار خارجی تولیدکننده کمتر باشد سفارش تولید محصول داده می‌شود. در مرحله بعد محصولات برای مرکز توزیع فرستاده می‌شود و با رسیدن محصولات به مرکز توزیع، موجودی در دست مرکز توزیع افزایش می‌یابد. شمای کلی از شبیه‌سازی این بخش در شکل۶ آمده است.

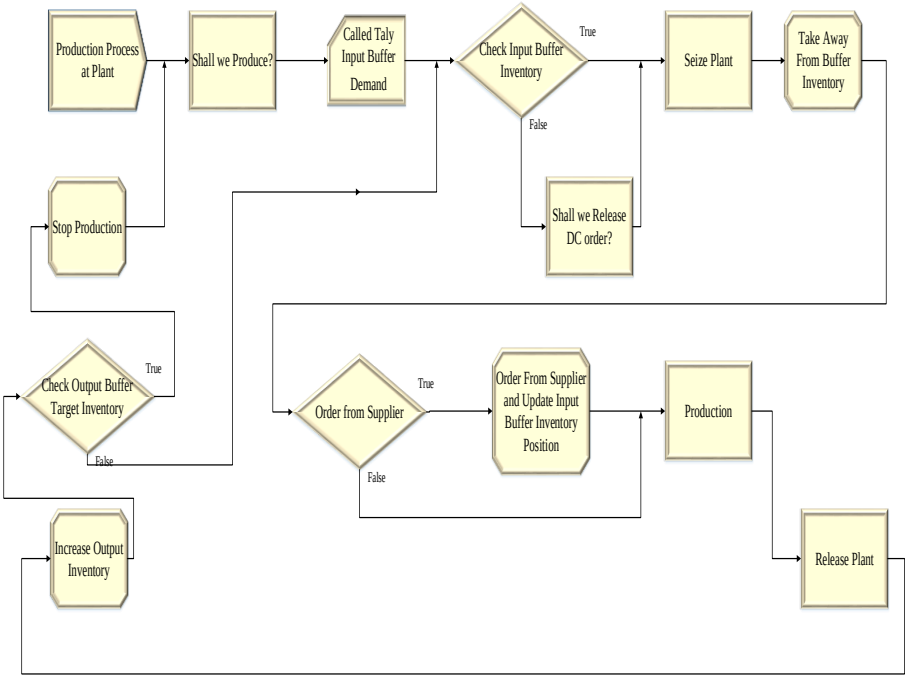



**شکل٦- شبیه‌سازی انبار خارجی تولیدکننده**

د ) مدیریت موجودی بخش انبار داخلی تولیدکننده

با رسیدن سفارش انبار خارجی تولیدکننده به انبار داخلی تولیدکننده، قسمت مدیریت موجودی

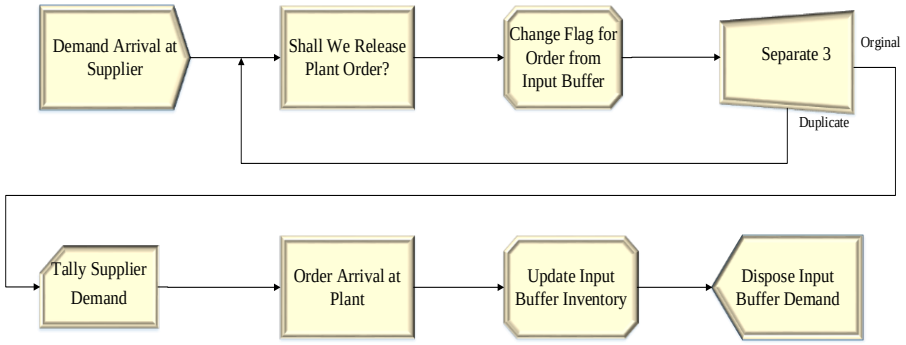
انبار داخلی تولیدکننده فعال می‌شود. در ابتدا موجودی در دست انبار داخلی تولیدکننده چک می‌شود، اگر بزرگ‌تر از صفر بود کارخانه آماده تولید می‌شود در غیر این صورت منتظر می‌ماند تا مواد اولیه تأمین شود. در مرحله بعد مقدار موقعیت موجودی انبار داخلی تولیدکننده و موجودی در دست انبار داخلی تولیدکننده کم می‌شود. سپس مقدار موقعیت موجودی انبار داخلی تولیدکننده چک می‌شود، اگر از نقطه سفارش مجدد انبار داخلی تولیدکننده کمتر باشد انبار داخلی به تأمین‌کننده سفارش می‌دهد. در مرحله بعد محصول نهایی تولید می‌شود و به انبار خارجی تولیدکننده تحویل داده می‌شود. با توجه به این‌که سیاست کنترل موجودی انبار خارجی تولیدکننده(R, r) است در مرحله آخر کنترل می‌شود که موجودی انبار خارجی تولیدکننده به مقدار سطح حداکثر موجودی انبار خارجی تولیدکننده رسیده است یا نه، اگر رسیده باشد تولید متوقف می‌شود در غیر این صورت تولید ادامه می‌یابد. شمای کلی از شبیه‌سازی این بخش در شکل۷ آمده است.



**شکل۷- شبیه‌سازی انبار داخلی تولیدکننده**

ه) مدیریت موجودی بخش تأمین‌کننده

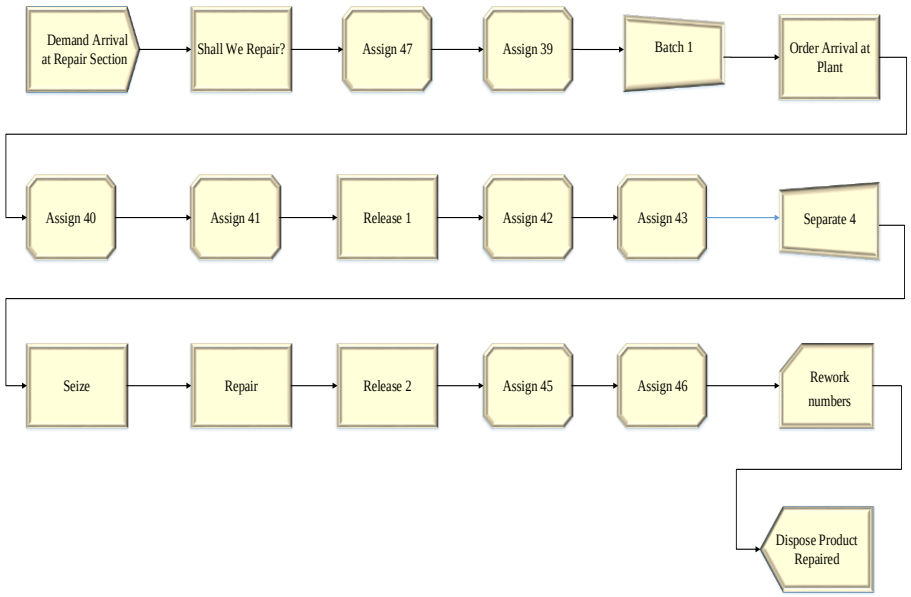
با رسیدن سفارش انبار داخلی تولیدکننده به تأمین‌کننده، قسمت مدیریت موجودی بخش تأمین‌کننده فعال می‌شود. در این مرحله مواد اولیه از تأمین‌کننده به انبار داخلی تولیدکننده حمل می‌شود و به انبار داخلی تولیدکننده تحویل داده می‌شود و موجودی در دست انبار داخلی تولیدکننده افزایش می‌یابد. شمای کلی از شبیه‌سازی این بخش در شکل۸ آمده است.




**شکل۸- شبیه‌سازی تأمین‌کننده**

ی ) مدیریت موجودی بخش محصولات معیوب

محصولات معیوبی که توسط خرده‌فروش از مشتریان پس گرفته شد، در این بخش مدیریت می‌شوند. ابتدا محصولات معیوب از خرده‌فروش در دسته‌های n تایی به مرکز توزیع فرستاده می‌شوند و از آنجا به تولید کننده فرستاده می‌شوند. در مرحله بعد تولیدکننده روی محصولات معیوب عملیات تعمیر انجام می‌دهد و محصولات تعمیرشده در انبار خارجی تولیدکننده قرار می‌گیرد. شمای کلی از شبیه‌سازی این بخش در شکل۹ آمده است.




**شکل۹- شبیه‌سازی بخش محصولات معیوب**

همانطور که پیش‌تر بیان شد در مدل شبیه‌سازی ارائه شده در بخش ۴، تقاضای هر مشتری برابر با یک مخزن در نظر گرفته‌شده‌است زیرا معمولا مشتریان بیش از یک مخزن خریداری نمی‌کنند. به‌منظور انجام شبیه‌سازی در این صنعت، فرض شده است که شرکت فقط مخزن ۱۰۰۰ لیتری به فروش می‌رساند. مخزن ۱۰۰۰ لیتری پرفروش‌ترین محصول این شرکت است و به‌دلیل اهمیت استراژیک آن، مورد بررسی قرار گرفته است.

در این مسئله، زنجیره تأمین دارای چهار سطح خرده‌فروش، توزیع‌کننده، تولیدکننده و تأمین‌کننده است. کارخانه تولیدکننده دارای انبار داخلی و انبار خارجی است. در انبار داخلی مواد

اولیه و در انبار خارجی محصول نهایی ذخیره می‌شود. در این بخش مطابق با مسئله شبیه‌سازی‌شده، مقدار پارامترها به شرح جدول۱ است.

**جدول۱- ورودی‌های مدل شبیه‌سازی‌شده**

| نام پارامتر | مقدار | واحد |
|---|---|---|
| مقدار اولیه موجودی در دست خرده‌فروش | ۵۰ | عدد |
| مقدار اولیه موقعیت موجودی خرده‌فروش | ۵۰ | عدد |
| مقدار اولیه موجودی در دست توزیع‌کننده | ۵۰ | عدد |
| مقدار اولیه موقعیت موجودی توزیع‌کننده | ۵۰ | عدد |
| مقدار اولیه موجودی انبار خارجی تولیدکننده | ۳۵ | عدد |
| مقدار اولیه موجودی در دست انبار خارجی تولیدکننده | ۵۰ | عدد |
| مقدار اولیه موقعیت موجودی انبار داخلی تولیدکننده | ۵۰ | عدد |
| مقدار هر بار سفارش خرده‌فروش به توزیع‌کننده | ۱۰ | عدد |
| مقدار هر بار سفارش توزیع‌کننده به انبار خارجی تولیدکننده | ۲۰ | عدد |
| مقدار هر بار سفارش انبار داخلی تولیدکننده به تأمین‌کننده | ۱۳ | عدد |
| نقطه سفارش مجدد خرده‌فروش | ۵ | عدد |
| نقطه سفارش مجدد توزیع‌کننده | ۱۰ | عدد |
| نقطه سفارش مجدد انبار خارجی تولیدکننده | ۱۰ | عدد |
| نقطه سفارش مجدد انبار داخلی تولیدکننده | ۱۰ | عدد |
| سطح حداکثر موجودی انبار خارجی تولیدکننده | ۳۰ | عدد |
| نرخ ورود مشتری | POIS(1) | ساعت |
| مدت‌زمان حمل کالا از توزیع‌کننده به خرده‌فروش | ERLA(1,2) | ساعت |
| مدت‌زمان حمل کالا از انبار خارجی تولیدکننده به توزیع‌کننده | ERLA(1,2) | ساعت |
| مدت‌زمان حمل کالا از تأمین‌کننده به انبار داخلی تولیدکننده | ERLA(1,2) | ساعت |
| مدت‌زمان حمل کالای معیوب از خرده‌فروش به توزیع‌کننده | ERLA(1,2) | ساعت |
| مدت‌زمان حمل کالای معیوب از توزیع‌کننده به انبار خارجی تولیدکننده | ERLA(1,2) | ساعت |
| زمان تولید هر مخزن | ERLA(5,3) | دقیقه |
| زمان تعمیر هر مخزن | NORM(20,5) | دقیقه |
| مقدار زمان کل شبیه‌سازی | ۱۹۶ | ساعت |

نرخ ورود مشتری، از توزیع آماری پواسون با پارامتر $\lambda = 1$ پیروی می‌کند. مدت‌زمان حمل کالا از توزیع‌کننده به خرده‌فروش، مدت‌زمان حمل کالا از انبار خارجی تولیدکننده به توزیع‌کننده،

مدت‌زمان حمل کالا از تأمین‌کننده به انبار داخلی تولیدکننده، مدت‌زمان حمل کالای معیوب از خرده‌فروش به توزیع‌کننده، مدت‌زمان حمل کالای معیوب از خرده‌فروش به توزیع‌کننده و مدت‌زمان حمل کالای معیوب از توزیع‌کننده به انبار خارجی تولیدکننده، از توزیع آماری ارلانگ با پارامترهای $\beta = 1$ و $\lambda = 2$ پیروی می‌کنند. زمان تولید هر مخزن از توزیع آماری ارلانگ با پارامترهای $\beta = 5$ و $\lambda = 3$ و زمان تعمیر هر مخزن از توزیع نرمال با میانگین ۲۰ دقیقه و انحراف معیار ۵ دقیقه پیروی می‌کند. این شبیه‌سازی به مدت ۱۹۶ ساعت انجام‌شده است و نتایج به‌دست‌آمده از آن به شرح جدول۲ است.

**جدول۲- خروجی‌های مدل شبیه‌سازی‌شده**

| نام پارامتر | مقدار |
|---|---|
| تعداد کل مشتریان خرده‌فروش | ۱۷۷ |
| تعداد مشتریان ازدست‌رفته خرده‌فروش | ۱ |
| تعداد محصول معیوب پس گرفته‌شده از مشتری توسط خرده‌فروش | ۱۶ |
| تعداد محصول تعمیر شده | ۱۵ |
| تعداد محصول تولیدشده | ۱۵۰ |
| تعداد سفارش خرده‌فروش به توزیع‌کننده | ۱۵ |
| تعداد سفارش توزیع‌کننده به انبار خارجی تولیدکننده | ۶ |
| تعداد سفارش انبار داخلی تولیدکننده به تأمین‌کننده | ۹ |
| تعداد دفعات راه‌اندازی خط تولید | ۲ |
| متوسط کمبود توزیع‌کننده | ۰ |
| متوسط کمبود انبار خارجی تولیدکننده | ۰ |
| متوسط موجودی خرده‌فروش | ۱۲ |
| متوسط موجودی توزیع‌کننده | ۳۰ |
| متوسط موجودی انبار خارجی تولیدکننده | ۴۱ |
| متوسط موجودی انبار داخلی تولیدکننده | ۳۱ |

جدول۲، اطلاعات مربوط به نتایج حاصل از طراحی زنجیره‌تامین به‌منظور تولید و توزیع مخزن ۱۰۰۰ لیتری پلی اتیلینی را نشان می‌دهد. این نتایج کمک می‌کند تا شرکت در طراحی زنجیره‌تامین مذکور، با استفاده از شبیه‌سازی، مواردی مانند تعداد مشتریان خرده‌فروش، تعداد مشتریان از دست‌رفته خرده‌فروش، تعداد محصولات تولید شده، تعداد محصولات معیوب، تعداد محصولات تعمیر شده،

متوسط موجودی انبارها، متوسط کمبود در هر انبار و تعداد دفعات راه‌اندازی خط تولید را پیش‌بینی کند. بر این اساس، شرکت می‌تواند به تمامی تقاضای مخزن ۱۰۰۰ لیتری پاسخ دهد و از وقوع کمبود جلوگیری کند.

## ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

زنجیره تأمین، یک ابزار قوی برای هر شرکت در دست‌یابی به اهداف و آرمان تجاری است. با توجه به شرایط محیطی (اعم از داخلی و خارجی)، سازمان‌ها موظف‌اند تا زنجیره تأمین خود را از زمانی به زمان دیگر، دوباره طراحی کنند و یا طرح‌های پیشنهادی را در زنجیره تأمین فعلی بگنجانند. طبق اثر شلاقی، یک طرح به‌راحتی می‌تواند در کل حوزه‌های زنجیره تأمین نفوذ نماید. اثر یک طرح ضعیف بر روی تجارت بسیار زیاد است. طرح ضعیف باعث ایجاد چرخه‌های مازاد تولید و انبار، برآورد ضعیف تولید، ظرفیت‌های نامتعادل، خدمات ضعیف به مشتری، طرح‌های تولید غیرقطعی، و قیمت‌های بالای اقلام موجودی، یا در بعضی مواقع حتی از دست رفتن فرصت‌های فروش می‌شود. تفکیک شبیه‌سازی وقایع، امکان ارزیابی عملکرد را قبل از اجرای یک سیستم فراهم می‌کند. این کار شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا تحلیل‌های قوی «چه خواهد شد – اگر ...» را انجام دهند که خود منجر به برنامه‌ریزی برای تصمیم‌گیری بهتر می‌گردد. این کار همچنین امکان مقایسه راهکارهای عملکردی مختلف را بدون ایجاد وقفه در سیستم واقعی فراهم می‌کند. در نهایت، امکان تراکم زمان پدید می‌آید، به‌طوری‌که تصمیمات اساسی به‌موقع قابل اتخاذ خواهند بود. از طرفی، فرایند شبیه‌سازی، هم شامل ساخت مدل و هم شامل استفاده تحلیلی از آن برای مطالعه‌ی یک مسئله است. شبیه‌سازی تقلیدی از عملکرد فرایند یا سیستم واقعی با گذشت زمان است و صرف‌نظر از این‌که با دست یا کامپیوتر انجام شود، به ایجاد ساختگی تاریخچه‌ی سیستم و بررسی آن به‌منظور دست‌یابی به نتیجه‌گیری‌هایی در مورد ویژگی‌های عملکرد سیستم واقعی مربوط می‌شود. در نتیجه استفاده از شبیه‌سازی در بررسی عملکرد، طراحی و بازطراحی زنجیره تامین، می‌تواند بسیار مفید باشد. شبیه‌سازی زنجیره تأمین به ارزیابی سیستم کمک می‌کند و امکان بررسی سیستم را با تغییر شرایط امکان‌پذیر می‌سازد و در نهایت می‌توان شرایط بهینه را برای سیستم در نظر گرفت.

در این مقاله، ارزیابی عملکرد یک شبکه زنجیره تأمین از طریق شبیه‌سازی گسسته پیشامد انجام شد. شبکه زنجیره تأمین به‌صورت چهار سطحی در نظر گرفته‌شده است که شامل خرده‌فروش، توزیع‌کننده، تولیدکننده و تأمین‌کننده است. زنجیره تأمین مورد بررسی، تک‌محصولی بوده و مقدار تقاضای هر مشتری برابر یک است و کمبود نیز مجاز نیست. در این شبکه زنجیره تأمین اگر محصول فروخته‌شده به مشتری، معیوب باشد، محصول معیوب از مشتری پس گرفته و به‌جای آن، یک محصول جدید به مشتری داده می‌شود و محصول معیوب تا کارخانه، حمل و بعد از بررسی، تعمیر یا امحا می‌گردد. این زنجیره تأمین با نرم‌افزار ارنا شبیه‌سازی گردید. با توجه به نتایج شبیه‌سازی، می‌توان مشکلات سیستم را شناسایی و حل نمود.

به‌منظور تفسیر کاربردی مدل شبیه‌سازی‌شده، یک نمونهٔ پژوهشی ارائه گردید. تعیین تعداد کل مشتریان خرده‌فروش، تعداد مشتریان ازدست‌رفته خرده‌فروش(کمبود)، تعداد محصول معیوب پس-گرفته‌شده از مشتری توسط خرده‌فروش، محصول تعمیر شده و تولیدشده، تعداد سفارش خرده‌فروش به توزیع‌کننده، تعداد سفارش توزیع‌کننده به انبار خارجی تولیدکننده، تعداد سفارش انبار داخلی تولیدکننده به تأمین‌کننده، تعداد دفعات راه‌اندازی خط تولید و غیره به تعیین سیاست‌های زنجیره تأمین کمک می‌کند.

در این مقاله، نمونهٔ پژوهشی واقعی در یک شرکت تولیدکننده مخازن و قطعات پلی‌اتیلنی صورت گرفته است. این شرکت بالغ بر ۵۰ محصول پلی‌اتیلنی اعم از مخزن، وان، تانکر، منبع ذخیره، سمپاش و غیره تولید می‌کند. مسئلهٔ مورد بررسی در این شرکت، میزان کمبودی است که بر اثر عدم تامین به موقع تقاضا، ایجاد می‌گردد. در بین محصولات تولیدی، بیشترین تقاضا و سودآوری از تولید منبع مخزن ذخیرهٔ مواد شیمیایی ۱۰۰۰ لیتری حاصل می‌شود. از طرفی بیشترین میزان کمبود نیز در این محصول رخ می‌دهد. از این‌روی، به‌دلیل اینکه مخزن ۱۰۰۰ لیتری پرفروش‌ترین محصول این شرکت است و از اهمیت استراتژیک بالایی برخوردار است، مورد بررسی قرار گرفت. هدف از شبیه‌سازی زنجیرهٔ تامین مخزن‌های ۱۰۰۰ لیتری، تخصیص ظرفیت‌های هر سطح به این محصول با بالاترین اولویت می‌باشد. یعنی بر اساس تقاضا، بخشی از ظرفیت تولید، انبارها، سفارش خرید مواد اولیه و

غیره، به‌گونه‌ای تخصیص یابد که تولید و تامین محصول با کمبود روبه‌رو نگردد یا به حداقل کاهش یابد. در مدل شبیه‌سازی ارائه شده، تقاضای هر مشتری برابر با یک مخزن در نظر گرفته‌شده‌است زیرا معمولا مشتریان بیش از یک مخزن خریداری نمی‌کنند.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی کمک می‌کند تا شرکت در طراحی زنجیره‌تامین به‌منظور تولید و توزیع مخازن ۱۰۰۰ لیتری پلی‌اتیلنی، با استفاده از شبیه‌سازی، مواردی مانند تعداد مشتریان خرده-فروش، تعداد مشتریان از دست‌رفته خرده‌فروش، تعداد محصولات تولیدشده، تعداد محصولات معیوب، تعداد محصولات تعمیرشده، متوسط موجودی انبارها، متوسط کمبود در هر انبار و تعداد دفعات راه‌اندازی خط تولید را پیش‌بینی کند. عدم پیروی از سیاستی که توسط شبیه‌سازی پیشنهاد می‌شود، می‌تواند به ادامهٔ روند فعلی و مواجهه با کمبود بیشتری در تولید مخزن ۱۰۰۰ لیتری که پرفروش‌ترین محصول شرکت است، گردد. حتی نارسایی‌ها در پاسخگویی به تقاضای مشتری می-تواند در میزان تقاضای سایر محصولات اثرات منفی و غیرقابل جبرانی داشته‌باشد. اثراتی که موجب کاهش تقاضا و در نتیجه رکود شرکت خواهد شد.

در این مقاله، بر اساس نیاز شرکت، تنها به شبیه‌سازی طراحی زنجیره‌تامین یک محصول استراتژیک اشاره شد. حال‌آن‌که با شبیه‌سازی زنجیره‌تامین سایر محصولات این شرکت، می‌توان به عملکرد زنجیره تامین همه‌ی محصولات ارتقاء بخشید. استفاده از سایر رویکردهای شبیه‌سازی، ممکن است نتایج دیگری را به دست دهد. در نتیجه، استفاده از پویایی‌سیستم‌ها و شبیه‌سازی عامل‌بنیان نیز به-عنوان کارهای آتی، می‌تواند اثرات مثبتی در روند شبیه‌سازی داشته باشد. همچنین به‌منظور توسعه مدل شبیه‌سازی شده، می‌توان سناریوهای مختلفی را برای سیستم در نظر گرفت و بهترین گزینه را با توجه به زمان و هزینه، برای اجرا در سیستم انتخاب نمود. با استفاده از شبیه‌سازی زنجیره تأمین، می-توان تأمین‌کنندگان مختلفی را در نظر گرفت که امکان رساندن تأمین مواد اولیه را دارند. همچنین می‌توان فرآیند تولید در زنجیره تأمین را به‌صورت جزئی‌تر مورد بررسی قرار داد. به‌عنوان‌مثال، فرآیند برنامه‌ریزی تولید، بسته‌بندی و جمع‌آوری محصول را شبیه‌سازی نمود.

## منابع

ویسی، همت(۱۳۸۳)، مدلسازی زنجیره تامین با استفاده از شبیه‌سازی. فصلنامه لجستیک، شماره بیستم، سال ششم.

سجادی، سید مجتبی؛ امامی اسکاردی، فاطمه؛ توان، فرشته(۱۳۹۳)، شبیه‌سازی زنجیره تامین تک-محصولی غیرقطعی با هدف به حداقل رساندن شاخص عملکردی زمان حمل، تولید و توزیع. دومین کنفرانس بین المللی مدیریت چالش‌ها و راهکارها.

سجادی، سید مجتبی؛ امامی اسکاردی، فاطمه؛ توان، فرشته(۱۳۹۳)، ارائه یک مدلی شبیه‌سازی به‌منظور کمینه‌کردن مجموع میانگین هزینه‌های، تولید، حمل‌ونقل، نگهداری و سفارش‌دهی در زنجیره تامین غیرقطعی، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت چالش‌ها و راهکارها.

Azougagh, Y., Benhida, K., & Elfezazi, S. (2016). Contribution to the modelling and analysis of logistics system performance by Petri nets and simulation models: Application in a supply chain. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *114*, 012065. IOP Publishing.

Banks, J., Carson II, J., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2005). Discrete—Event System Simulation (Vols. 1–1). Retrieved from http://thuvienso.bvu.edu.vn/handle/TVDHBRVT/15995

Benkő, J. (2010). Modeling supply chain simulation. Official Proceedings of the Institute of Logistics of the University of Miskolc. Presented at the Advanced Logistic Systems. Retrieved from http://web.alt.uni-miskolc.hu/als/cikkek/2010/ALS4_p93_103_Benko.pdf

BenMoussa, F. Z., Dubois, S., De Guio, R., Rasovska, I., & Benmoussa, R. (2018). Integrating the Theory of Inventive Problem Solving with Discrete Event Simulation in Supply Chain Management. International TRIZ Future Conference, 330–347. Springer.

Benzaman, B., Al-Dhaheri, A., & Claudio, D. (2016). Discrete event simulation of green supply chain with traffic congestion factor. 2016 Winter Simulation Conference (WSC), 1654–1665. IEEE.

Borshchev, A. (2013). The big book of simulation modeling: Multimethod modeling with AnyLogic 6. AnyLogic North America.

Copacino, W. C. (2019). Supply chain management: The basics and beyond. Routledge.

Gordon, G. (1978). System simulation (Vol. 1). Prentice-Hall Englewood Cliffs.

Grigoryev, I. (2018). AnyLogic 8 in Three Days: A Quick Course in Simulation Modeling. Retrieved from https://www.amazon.com/AnyLogic-Three-Days-Simulation-Modeling-ebook/dp/B07FYP8Y3C

Hugos, M. H. (2018). Essentials of supply chain management. John Wiley & Sons.

Kan, G., He, X., Li, J., Ding, L., Zhang, D., Lei, T., … Bao, Z. (2018). A novel hybrid data-

driven model for multi-input single-output system simulation. Neural Computing and Applications, 29(7), 577–593.
Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. International Journal of Information Management, 39, 80–89.
Law, A. M., Kelton, W. D., & Kelton, W. D. (2000). Simulation modeling and analysis (Vol. 3). McGraw-Hill New York.
Nakamura, M. (2019). Production system simulation device, production system simulation method, and production system simulation program. Google Patents.
Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2019). The Evolution of Resilience in Supply Chain Management: A Retrospective on Ensuring Supply Chain Resilience. Journal of Business Logistics, 40(1), 56–65.
Pires dos Santos, R., Dean, D. L., Weaver, J. M., & Hovanski, Y. (2019). Identifying the relative importance of predictive variables in artificial neural networks based on data produced through a discrete event simulation of a manufacturing environment. International Journal of Modelling and Simulation, 39(4), 234–245.
Raghunathan, S., Tang, C. S., & Yue, X. (2019). Bullwhip Effect of Multiple Products with Interdependent Product Demands. In Handbook of Ripple Effects in the Supply Chain (pp. 145–161). Springer.
Rogers, P., & Nandi, A. (2007). Judicious order acceptance and order release in make-to-order manufacturing systems. Production Planning and Control, 18(7), 610–625.
Shannon, R. E. (1975). Systems simulation; the art and science.
Sharda, B., & Akiya, N. (2012). Selecting make-to-stock and postponement policies for different products in a chemical plant: A case study using discrete event simulation. International Journal of Production Economics, 136(1), 161–171.
Silva, M. (2018). On the history of discrete event systems. Annual Reviews in Control, 45, 213–222.
Small, E. E., Doll, J. L., Bergman, S. M., & Heggestad, E. D. (2018). Brown & Smith communication solutions: A staffing system simulation. Management Teaching Review, 3(1), 37–45.
Vieira, G. E. (2004). Ideas for modeling and simulation of supply chains with arena. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004., 2, 1418–1427. IEEE.
Ying, H., & Lin, F. (2019). Online Self-learning Fuzzy Discrete Event Systems. IEEE Transactions on Fuzzy Systems.
Zeigler, B. P., Muzy, A., & Kofman, E. (2018). Theory of Modeling and Simulation: Discrete Event & Iterative System Computational Foundations. Academic press.