10.30495/QJOPM.2019.668708

«Productivity Management»
Vol.13, No.50, Autumn 2019
Date of receipt: 2017.10.12
Date of acceptance:2018.05.19
"Research Article"

Supply Chain Analysis via the Queuing Theory Approach

Morteza Shafiee (Ph.D.)[1]*

Mahsa Rafatmah [2]

Abstract

An important issue in the supply chain concerns minimizing response time for the delivery of goods to the final destination, which can be achieved through selecting the correct route. The optimal path connecting the origin and destination nodes through the least intermediate nodes is called the shortest path. The shortest path in supply chain networks considered in this paper concerns the problem of sending an order from an original node to a destination node on a network which lacks a perfect and permanent fixed structure. The queuing theory measures were employed in the present enquiry to find out the shortest path. Initially, the supply chain and queuing network were concisely introduced and then, the two-input and three-stage supply chain of Balan Sanaat Company was displayed. Each input order to the supply chain is represented by two stochastic variables including the occurrence time and the number of commodities to be delivered. Further, the measures of the performance and productivity measures were extracted via the queuing network approach to serve the purpose of the study which was to compute the minimum response time for the delivery of items to the final destination along the three-stage network. The average number of items that can be delivered during this minimum response time constitutes the optimum capacity of the queuing network. At each stage of the queuing network, decisions regarding the most appropriate delivery route to the next node in the shortest possible time is made right at the preceding delivery node.

Key Words: Average Queue Length, Average Response Time, Average Waiting Time, Productivity, Supply Chain

۱-Associate professor, Department of Industrial Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran shafiee@iaushiraz.ac.ir

۲-Ph.D. Student, Department of Industrial Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

10.30495/QJOPM.2019.668708

«مدیریت بهره وری»
سال سیزدهم- شماره پنجاه- پاییز ۱۳۹۸
ص ص: ۲۳۴ – ۲۰۵
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۲۹
نوع مقاله: پژوهشی

تحلیل زنجیره تامین با استفاده از رویکرد تئوری صف

دکتر مرتضی شفیعی[۱*]
مهسا رفعت ماه[۲]

چکیده

مسأله مهم کوتاهترین مسیر در شبکه زنجیره تأمین، فرستادن یک سفارش، از مبدأ به مقصد، در یک شبکه که بدون ساختار کامل و دائمی است، می باشد. در این مقاله برای پیدا کردن کوتاهترین مسیر از معیارهای تئوری صف استفاده شده است. ابتدا زنجیره تأمین و شبکه صف به طور خیلی خلاصه معرفی شدند و سپس یک زنجیره تأمین مربوط به شرکت بالان صنعت که دارای سه مرحله و دو ورودی برای انجام سفارش ها می باشد نشان داده شده است. هر ورودی توسط دو متغیر تصادفی نشان داده می شود، یکی برای زمان رویداد و دیگری برای مقدار اقلامی که در هر سفارش باید تحویل داده شود و در ادامه از طریق رویکرد شبکه صف معیارهای سنجش عملکرد و بهره‌وری استخراج گردید. هدف این مقاله محاسبه کمترین زمان پاسخ گویی برای تحویل اقلام در طول سه مرحله شبکه است. میانگین تعداد اقلامی که با این کمترین زمان پاسخ گویی تحویل داده می شوند، مطلوب ترین ظرفیت شبکه است. بعد از سرویس‌دهی به‌وسیله آخرین گره در هر مرحله از شبکه صف، تصمیمی برای مسیر کالاها به گره مناسب در مرحله بعد که می تواند کمترین زمان پاسخ را تولید کند، گرفته می شود.

واژه های کلیدی: میانگین طول صف، میانگین زمان پاسخ گویی، میانگین زمان انتظار، بهره‌وری، زنجیره تامین

۱-دانشیار گروه مدیریت صنعتی،واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران(نویسنده مسؤول)shafiee@iaushiraz.ac.ir
۲-دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

مقدمه

در طول دو دهه اخیر، مدیران شاهد یک دوره تغییرات شگرف جهانی به واسطه پیشرفت در تکنولوژی، جهانی شدن بازارها و اوضاع جدید اقتصادی سیاسی بوده‌اند. با افزایش تعداد رقبا در کلاس جهانی، سازمان ها مجبور شدند که سریعا فرآیندهای درون سازمانی را برای باقی ماندن در صحنه رقابت جهانی بهبود بخشند. (مونژکا و هندفیلد[1]، ۱۹۹۸). در دهه ۱۹۹۰ به موازات بهبود در توانمندی های تولید، مدیران صنایع درک کردند که مواد و خدمات دریافتی از تأمین کنندگان مختلف تأثیر بسزایی در افزایش توانمندیهای سازمان به منظور برخورد با نیازمندی های مشتریان دارد؛ که این امر به نوبه خود، تأثیر مضاعفی در تمرکز سازمان و پایگاههای تأمین و استراتژی های منبع‌یابی برجا نهاد. همچنین مدیران دریافتند که صرفا تولید یک محصول با کیفیت مناسب، کافی نیست. در واقع تأمین محصولات با معیارهای موردنظر مشتری و با کیفیت و هزینه مورد نظر آنها، چالش های جدید مدیریت سازمان های امروزی به وجود آورد. (وال و وال[2]، ۲۰۰۵). با چنین نگرشی رویکردهای "زنجیره‌تأمین" و "مدیریت زنجیره‌تأمین" پای به عرصه وجود نهاد.

زنجیره تأمین را می توان به‌صورت شبکه‌ای از سازمان های مرتبط و به هم وابسته تعریف نمود، که به طور متقابل و با تشریک مساعی برای کنترل، مدیریت و بهبود جریانات مواد و اطلاعات از تأمین‌کنندگان به استفاده‌کنندگان نهایی با یکدیگر کار می‌کنند (آیتکن[3]، ۱۹۹۸، ۱۱۰). طرز عمل سفارش ها در زنجیره تأمین یک مسأله مهم تلقی می شود که تمرکز اصلی این مقاله می باشد. عمل سفارش‌دهی در طی زنجیره تأمین دارای فرایندها و فعالیت های متعددی می باشد، که در آن فعالیت ها، نشان‌دهنده کارآمدی سیستم هستند و می توانند زمان‌بندی شوند و برای انجام به زمان و منابع نیاز دارند. همچنین فرآیند، نشان‌دهنده عملکرد سیستم است که موجب توالی منطقی فعالیت ها برای تحقق بخشیدن به یک هدف از پیش تعریف شده می شوند (هسکت[4]، ۱۹۷۷، ۸۷–۹۶). یک فرایند متشکل از فعالیت‌هایی است که جهت محقق شدن نیازمند منابع می باشند. در فرآیند سفارش‌دهی، سفارش ها طی فعالیت های متوالی که نشان‌دهنده مراحل مورد نیاز در یک فرآیند معین

1-Monczka and Handfield
2-Wall and Wall
3-Aitken
4-Heskett

هستند، انجام می‌گیرند که در این عمل، فرایند باید با صرف منابع مشخص انجام شده و از جایگاه‌های متفاوتی بسته به نوع سفارش بگذرد(کوکشاروف[1]، ۲۰۱۶). باید توجه داشت که سفارش با توجه به نوع آن از مسیرهای متفاوتی می‌گذرد؛ عمل سفارش‌دهی در طی مراحل مختلف می تواند حالت احتمالی داشته باشد. زمانی که عمل سفارش‌دهی انجام شد، ارزیابی آن توسط مقایسه میان هدف و نتیجه صورت می‌گیرد.

همان طور که اشاره شد، عدم هماهنگی نتیجه و هدف باعث افزایش هزینه‌ها، از دست دادن مشتری و بازار می شود. این مورد یکی از چالش های اصلی در زنجیره تأمین می باشد. این مقاله در پی حل این مشکل یا پاسخ گویی به این چالش اساسی است. به واسطه اینکه عمل سفارش‌دهی و رسیدن سفارش ها به مقصد نهایی، بصورت صفی از سفارش ها در جریان است، در این مقاله از رویکرد صف برای حل مشکل مذکور استفاده می شود. زیرا مدل‌های صف بمنظور کمینه ساختن هزینه‌ی فعالیت، تعیین تعداد بهینهٔ خدمت‌دهنده به کار برده می شوند. رویکرد تئوری صف، نرخ متوسط ورود سفارش ها، نرخ متوسط خدمات مشتری، هزینه زمان انتظار سفارش (عدم رضایت مشتری) را در نظر می‌گیرد. همچنین علت دیگر استفاده از رویکرد صف در تحلیل زنجیره تامین این است که مدل های صف برای کسب اطلاعات در رابطه با معیارهای سنجش عملکرد، نظیر طول صف، زمان‌های پاسخ گویی و زمان‌های انتظار و سایر معیارهای سنجش عملکرد مانند (الف) احتمال اینکه تأخیر روی خواهد داد، (ب) احتمال اینکه تأخیر کل بیشتر از یک مقدار از پیش تعیین شده می باشد، (ج) احتمال اینکه تمامی تسهیلات خدماتی بیکار بماند و (د) زمان تلف شدهٔ مورد انتظار کل تسهیلات، مورد استفاده قرار می‌گیرند (هیلر[2]و همکاران، ۲۰۰۵، ۱۱۶۳–۱۱۷۲). در حقیقت چالش مطرح شده در این مقاله، ارائه شبکه‌ای فیزیکی از منابع با استفاده از یک مدل صف می باشد. هر منبع بعنوان یک خدمت‌دهنده مدل سازی می شود و فعالیت‌های انتظار در یک صف قرار دارند. یک فعالیت به طور دقیق‌تر، یک شیء منطقی است که دارای خصوصیاتی نظیر فرایند ارجاع (شماره سفارش) و مقدار تولید می‌باشد. در سراسر این مقاله فرض شده است که یک فرایند متناظر با هر سفارش می باشد.

در طول چند دهه اخیر، مدیران شاهد یک دوره تغییرات شگرف جهانی به واسطه پیشرفت در تکنولوژی، جهانی شدن بازارها و تثبیت اقتصاد سیاسی بوده‌اند. با افزایش تعداد

1.Vladislav Koksharov
2.Hillier

رقبا در کلاس جهانی، سازمان ها مجبور شدند که سریعاً فرایندهای درون سازمانی را برای باقی ماندن در صحنه رقابت بهبود بخشند. در دهه ۱۹۸۰ شرکت ها به دنبال تکنیک‌ها و راهبردهایی بودند که با استفاده از آنها بتوانند هزینه‌های تولیدی خود را کاهش داده و در بازارهای مختلف رقابت کنند. بعضی از این تکنیک‌ها عبارت بودند از: سیستم "تولید به هنگام"، سیستم کانبان، تولید ناب، مدیریت کیفیت جامع و غیره. شرکت ها توانستند با استفاده از این تکنیک‌ها هزینه‌های تولید خود را در حد ممکن کاهش دهند. ولی شرکت های رقیب نیز با استفاده از همین تکنیک‌ها، هزینه های تولید خود را در حد ممکن کاهش دادند. پس برای کاهش هزینه‌ها و ماندن در بازار رقابتی باید سایر فرصت‌های بالقوه برای کاهش هزینه‌ها پیدا کرد. یکی از این گزینه‌ها که فرصت‌های بالقوۀ زیادی برای کاهش هزینه در آن وجود دارد، زنجیره‌تأمین است. یک زنجیره‌تأمین شامل همه مراحلی (اعضای زنجیره) است که چه مستقیم و چه غیر مستقیم، در برآورده‌سازی درخواست یک مشتری نقش دارند (تیموری و همکاران، ۱۳۸۸). مدیریت زنجیره‌تأمین یکپارچگی فرایندهای کلیدی کسب و کار از کاربر نهائی تا تأمین‌کنندگان اصلی را شامل می شود که محصولات، خدمات و اطلاعات را همراه با ارزش افزوده برای مشتریان و دیگر ذینفعان فراهم می‌آورد (لامبرت[1] و همکاران، ۲۰۰۰).

زنجیره تأمین سیستمی است که اعضای بالادستی شامل تولیدکننده‌های مواد خام و تولیدکننده‌ها از طریق جریان مواد و اطلاعات با اعضای پایین‌دستی زنجیره تأمین، یعنی توزیع‌کننده‌ها و عوامل خرده‌فروشی و درنهایت مصرف‌کننده ارتباط برقرار می کنند (تیندال[2]، ۲۰۰۰). اهمیت مدیریت زنجیره تأمین در تعریف زنجیره تأمین نهفته است. استدلر زنجیره تأمین را این چنین تعریف می‌کند: زنجیره تأمین مجموعه سازمان‌هایی هستند که به سازمان های بالادست و پایین دست تقسیم شده‌اند و با یک محصول یا خدمت و از راه انجام فعالیت هاو فرایندهای مختلف در پی ایجاد ارزش برای مشتری نهایی هستند (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹). زنجیره تأمین یک محصول می‌تواند خیلی کوچک باشد، اما امروزه با توجه به افزایش ظرفیت‌های تولید، تولید انبوه، انبارش‌های گسترده و کانال‌های مختلف تأمین و توزیع محصولات، تعداد حلقه‌های زنجیره تأمین به طور تصاعدی افزایش پیدا کرده است که در این شرایط مدیریت و در نتیجه یکپارچگی آن بسیار مهم می‌باشد. تیموری (۱۳۸۹)از

1.Lambert
2.Tyndall

وجود چندین عامل در موفقیت زنجیره تأمین نام می‌برد. وی اولین عامل را خواست و حمایت مدیریت ارشد از روند یکپارچگی سازمان با تأمین‌کنندگان و مشتریان برای ایجاد زنجیره تأمین می‌داند (تیموری و هکاران، ۱۳۸۸).

در این ساختار وظیفه مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت تمام شبکه، از تأمین‌کننده‌ها گرفته تا مشتری نهایی برای دستیابی به بهترین خروجی برای کل سیستم می باشد. صادقی مقدم (۱۳۸۸) در تعریفی، مدیریت زنجیره تأمین را یک مجموعه از روش‌هایی می‌داند که برای یکپارچه کردن مؤثر عرضه‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشگاه‌ها به کار می‌رود تا محصولات مورد نیاز به مقدار مشخص و در زمان و مکان معین تولید شده و به مشتریان عرضه شود تا هزینه‌های کل زنجیره حداقل شود و در ضمن نیاز مشتریان با سطح سرویس بالا برآورده شود (صادقی و همکاران، ۱۳۸۸). در چهارچوب زنجیره تأمین، یکپارچگی به عنوان میزانی که تمام فعالیت های یک سازمان و فعالیت های تأمین‌کنندگان، مشتریان و اعضای دیگر زنجیره تأمین که با هم به صورت مجتمع هستند، تعریف می شود (حسینی بهاران‌چی، ۲۰۰۹).

تجمع زنجیره تامین یا به عبارت دیگر مفهوم یکپارچگی زنجیره تأمین به عنوان بستری برای هر نوع بهبود است، چنان‌که بدون اجرای مفهوم یکپارچگی، عملکرد هیچ زنجیره تأمینی قابلیت ارزیابی را نخواهد داشت. یکپارچگی زنجیره تأمین اشاره به پذیرش، استفاده از همکاری، هماهنگی ساختارها، فرایندها، فناوری و شیوه ایجاد و حفظ یک مجرای بدون درز برای جریان دقیق و به موقع اطلاعات و مواد و کالا در طول زنجیره تأمین دارد (شفیعی و همکاران، ۱۳۸۸).

یکپارچگی زنجیره تأمین منجر به بهبود قابل توجهی در کاهش هزینه‌ها،کیفیت تحویل و چرخه زمانی کوتاه‌تری می شود (کاسینز[1] و همکاران، ۲۰۰۵). به همین دلیل است که مدیران برای دستیابی به یکپارچگی زنجیره تأمین باید اطمینان حاصل کنند که تمام گروه‌های عملیاتی در سازمان به صورت یکپارچه و مجتمع در حال فعالیت‌اند (شفیعی و همکاران، ۱۳۸۸).

به اعتقاد لامبرت و کوپر (۲۰۰۰)، چارچوب مفهومی زنجیره‌تأمین شامل سه عنصر می‌باشد که ارتباط نزدیکی بین آنها برقرار است: ساختار زنجیره‌تأمین (شبکه‌ای از شرکت‌ها)،

1.Cousins

فرایندهای کسب و کار زنجیره‌تأمین و اجزای زنجیره‌تأمین. ساختار شبکه زنجیره‌تأمین، متشکل از تمام شرکت هایی است که در زنجیره تولید، خدمات از مواد خام گرفته تا مصرف کننده نهائی، و روابط میان آن‌ها (که به وسیله آن‌ها فعالیت های تجاری یا فرایندهای کسب و کار انجام می شود) مشارکت دارند. طبق نظر لامبرت و همکاران این ساختار از یک شرکت مرکزی (شرکت کنترل‌کننده) و چندین شرکت مرتبط (تأمین‌کنندگان و مشتریان) تشکیل شده است. ابعادی که باید در نظر گرفته شود، شامل طول زنجیره‌تأمین و تعداد تأمین‌کنندگان و مشتریان در هر سطح می باشد (لامبرت و همکاران، ۲۰۰۰). نکته قابل توجه اینکه، زنجیره‌تأمین به شکل زنجیره پدید نمی‌آید، بلکه بیشتر شبیه شاخه‌های درختی است که ریشه‌ها و شاخه‌های آن نماد یک شبکه‌اند (کوپر۱ و همکاران، ۱۹۹۷). فرایندهای کسب و کار، فعالیت هایی هستند که خروجی ویژه‌ای با ارزش افزوده را برای مشتری به وجود می‌آورند.

از طرف دیگر، در صحنه تحولات اقتصادی و در دنیای پررقابت کنونی به دلیل وجود تعداد زیادی از تامین‌کنندگان رقابت فشرده بین آنها از یک طرف و افزایش انتظارات مصرف کنندگان مبنی بر ارائه کیفیت بالاتر و خدمت‌رسانی سریعتر، فشارهایی برروی تولیدکنندگان وارد آمد، که قبلا وجود نداشت. در این شرایط شرکت ها به این نتیجه رسیدند که به تنهایی نمی توانند از عهده همه امور برآیند و علاوه بر توجه به امور و منابع داخلی، نیاز به مدیریت منابع مرتبط با خارج از شرکت، جهت دستیابی به مزایای رقابتی، با هدف کسب سهم بیشتر بازار دارند. بر این اساس مدیریت زنجیره تأمین شکل گرفت و فعالیت هایی مانند تهیه مواد، برنامه‌ریزی محصول و تولید و انبارداری و کنترل موجودی، توزیع و تحویل و خدمت به مشتری، که قبلا همگی در سطح شرکت انجام می‌شد، به سطح زنجیره تأمین انتقال یافت. مدیریت زنجیره تأمین از شاخه‌های نوظهور مدیریت است و روز به روز در حال تکامل و پیشرفت بوده و دنبال راهکارهایی برای کاهش هرچه بیشتر سیکل تولید محصول، کاهش هزینه و زمان و ارائه خدمات مطلوب تا رسیدن به دست مشتری جهت دستیابی به مزایای رقابتی و انتقال این مزایا به مشتریان است (مسلمی،۱۳۹۰).

1.Cooper

به باور هندفیلد[1]و نیکلس[2] زنجیره تأمین شامل همه فعالیت های مرتبط با جریان و انتقال کالاها از مرحله مواد خام به مصرف‌کننده نهایی و جریان‌های اطلاعاتی و مالی مرتبط با آن است و مدیریت زنجیره‌تأمین یعنی یکپارچه‌سازی این فعالیت ها از طریق بهبود روابط زنجیره تأمین برای رسیدن به یک مزیت رقابتی پایدار (هندفیلد و همکاران، ۱۹۹۹).

برخورداری از زنجیره تأمین کارا و پاسخگو برای رقابت در بازار امروز یک فاکتور کلیدی است.

برای اندازه‌گیری و تحلیل عملکرد زنجیره‌تأمین به دلیل نیاز به سر و کار داشتن با چندین اندازه عملکرد، که مربوط به هر یک از اعضای زنجیره تأمین می باشد، و ادغام و هماهنگ کردن عملکرد این اعضا، دشوار و چالش انگیز می شود. دو مانع در اندازه‌گیری عملکرد زنجیره‌های ارزش وجود دارد. یک، وجود چند اندازه عامل هایی که مشخص کننده عملکرد هر عضو در یک زنجیره‌تأمین می باشد، و دیگری، وجود تضاد میان اعضای زنجیره نسبت به مقادیر عملکرد مشخص (ژو[3] و همکاران، ۲۰۱۴).

در زمینه مدیریت زنجیره‌تأمین همچنین می توان گفت: مدیریت کارآمد زنجیره‌تأمین به یک شرکت امکان می دهد تا تولید و انتقال محصولات در کل کانال تولید و توزیع را از تأمین مواد اولیه و قطعات گرفته تا قرار دادن محصول تمام شده در دستان مشتری هماهنگ سازد. مدیریت زنجیره تامین بر تمام فعالیت های مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام (استخراج) تا تحویل به مصرف کننده نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها مشتمل می‌شود. به طور کلی، زنجیره تامین زنجیره‌ای است که همه فعالیت های مرتبط با جریان کالا و تبدیل مواد، از مرحله تهیه ماده اولیه تا مرحله تحویل کالای نهایی به مصرف کننده را شامل می شود.(لادن[4]و همکارن، ۲۰۱۵)

دامنه دید مدیریت زنجیره تأمین فراتر از یک سازمان بوده و همه چیز را که در تولید و ارسال یک محصول یا خدمت دخالت دارد، در نظر گرفته و همه آنها را به‌گونه‌ای به هم متصل می کند که به صورت یک تیم کارآمد عمل کند. یعنی اینکه، مشتریان، تامین‌کنندکان

1.Handfield
2.Nichols
3.Zhu
4.Laydon

و شرکت های حمل و نقل و حتی در این اواخر رقبای تجاری با هم متحد شده و یک شبکه تشکیل می دهند تا از وقت و منابع به کار گرفته شده بهترین استفاده ممکن شود.

برخورداری از زنجیره تأمین کارا و پاسخگو برای رقابت در بازار امروز یک فاکتور کلیدی است. به طور سنتی، سازمان ها بر کاهش هزینه تولید به واسطه تولید انبوه تمرکز دارند. تا سال ۱۹۸۰، رهبری هزینه در تولید، از اولویت‌های مورد توجه برنامه‌ریزان و مدیران در یک سیستم صنعتی نبود. در دهه ۹۰، زمان خروجی (زمان خدمت‌دهی) به عنوان یک عامل استراتژیک بین رقبا مطرح شد، که نتیجه این تغییر تمرکز، شناسایی راهها برای کاهش زمان رهبری تولید بود (مانیش و همکاران[1]، ۱۹۹، ۲۱۴). تجزیه و تحلیل زمان مصرف شده در سیستم تولیدی به طور طبیعی باعث افزایش علاقه به علم پویای شبکه های صف شد. متأسفانه استفاده از مدل صف در صنعت محدود شده است اما به سرعت در حال رشد است. کاربرد تحلیلی صف در صنعت بر مبنای تئوری شبکه صف می باشد، که شروع آن از سال ۱۹۵۰ بوده است. و در طی ۲۰ سال بواسطه پیشرفت در ارتباطات کامپیوتری بیشترین پیشرفت و کاربرد را در جوامع داشت. در سال ۱۹۷۰ محققان به کاربرد یک کلاس از سیستم های خودکار که سیستم های صنعتی انعطاف‌پذیر نامیده می شد، پی‌بردند. آنها اثبات کردند که مزیتهای تحلیلی صف بیشتر از دیگر مدل هاست، اما استفاده از مدل های صف در صنعت محدود باقی ماند. در سال ۱۹۸۰، راه حل های جدیدی برای مدل ها، بر مبنای روشهای "تجزیه گره" ارائه شد. این تغییر در استراتژی های تولیدی و صنعتی از کاهش هزینه به کاهش زمان رهبری، کاربرد مدل های صف را افزایش داد. این تئوری قابلیت تجزیه و تحلیل در بیشتر سیستم های عمومی را دارد. لازم بذکر است که تجزیه و تحلیل زمان انتظار، مرکز کاهش زمان رهبری را تشکیل می داد. مدل های صف اکنون به وسیله بسیاری از تحلیلگران صنعتی، مدیران و مربیان مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارتباط نزدیک بین محققان و کاربران صنعتی، در رشد و استفاده از این مدل، مهم و حیاتی به شمار می‌آید. تاکید بر چنین ارتباطی، همراه با ارتباطات بهتر سیستم های عملیاتی، تداوم رشد کاربردهای صنعتی مدل های صف را تضمین می کند (مانیش و همکاران، ۱۹۹، ۲۱۶).

هنر تئوری صف در این است که ابتدا یک مدل ساده بسازد و سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل ها ریاضی نتایج به دست آمده با نتایج واقعی را مقایسه کند و با افزودن جزئیات

1.Manish

لازم به مدل، مدل ساخته شده را با سیستم واقعی هماهنگ کند. درواقع، صف یک خط انتظار است، مانند انتظار مشتریان پشت کانترهای سوپرمارکت. تئوری صف یک تئوری ریاضی برای خطوط انتظار می باشد. به طور کلی تئوری صف به دنبال استفاده از مدل سازی ریاضی و تجزیه و تحلیل سیستمی است که بتواند به نحو مطلوب به تقاضاهای تصادفی خدمت رسانی کند. یک تئوری صف به طور کلی بیانگر دو مطلب است: ۱) موقعیت فیزیکی سیستم، از طریق مشخص کردن تعداد و آرایش خدمت دهندگان که به مشتریان سرویس می دهند و ۲) ماهیت تقاضا، که می توان از طریق متغیر گرفتن فرایند ورود به سیستم و همچنین نحوه سرویس‌دهی به مشتریان، آنرا مشخص کرد (داد و همکاران، ۱۳۸۷، ۲۴).

یکی از کاربردهای تئوری صف در مدل سازی شبکه زنجیره تأمین، تخمین زمان پاسخ گویی در این شبکه است که از طریق پیدا کردن کوتاهترین مسیر بتوان به این مهم دست پیدا کرد (بهاسکار[1]، ۲۰۱۰). مسأله کوتاهترین مسیر در شبکه زنجیره تأمین دینامیکی که در این مقاله لحاظ گردیده، مسأله مربوط به فرستادن یک سفارش از یک گره مبدأ به یک گره مقصد با حداقل تأخیر در یک شبکه است. این شبکه دارای ساختار کامل و همیشگی نبوده و در معرض تغییرات گوناگونی مانند حجم ترافیک و ... می باشد. مسیر مطلوبی که گره های مبدأ و مقصد را از طریق چندین گره میانی به هم متصل می کند، کوتاهترین مسیر نامیده می شود. زیرا کوتاه‌ترین زمان پاسخ گویی را ارائه می دهد. وقتی کوتاهترین مسیر شناخته شد، باید مواظب باشیم که بفهمیم سفارش ها آمده در این مسیر ذخیره نشوند، زیرا بدین وسیله باعث به وجود آمدن تراکم در کوتاهترین جریان مسیر می شوند. بنابراین صلاح است که میزان خدمات را افزایش دهیم یا خدمت سرورها را برروی تمام جریانات مسیرهای طولانی، کاهش دهیم. بدین وسیله سفارش ها آمده را برای متعادل کردن بار (ترافیک به دست آمده)، توزیع مجدد کنیم (بهاسکار، ۲۰۱۰).

میری نژاد و همکاران، در مقاله ای با عنوان "کاربرد سیستم های صف و شبکه های پتری در مدل‌سازی زنجیره تأمین" سعی بر مدل‌سازی زنجیره تأمین با استفاده از شبکه‌های پتری بدلیل فهم ساده دارند. در این مقاله ابتدا فرایندهای مارکوف و مدل های صف به طور خیلی خلاصه معرفی می‌گردند، به نمونه‌های کاربرد سیستم‌های صف در مدل سازی زنجیره تأمین اشاره می‌شود، شبکه های پتری و چند نوع از آن معرفی می‌شوند، مثال هایی از کاربرد

1.Bhaskar

شبکه‌های پتری در مدل‌سازی زنجیره تأمین و در آخر تبدیل شبکه پتری به زنجیره مارکوف ذکر می شوند. این محققان در پژوهش خود به مدل سازی رویدادها در زنجیره تأمین با استفاده از شبکه‌های پتری رنگی می پردازند. آنها رویدادها را نتایج فعالیت های زنجیره تأمین معرفی می کنند و در این رابطه هفت مدل از به وجود آمدن رویدادها را ارائه می کنند و در نهایت به این نتیجه می‌رسند که می توان اثر تغییرات پیشنهاد شده در زنجیره‌های تأمین را به وسیله اضافه کردن رویدادهای جدید یا قوانین رویداد شبیه‌سازی کرد و از آنجا که زنجیره‌های تأمین بیشتر از طریق شرکاء یکپارچه شده‌اند، به رویدادها بلادرنگ پاسخ داده می شود. همچنین براین اعتقادند که شبکه‌های پتری دارای مزیت سادگی هستند و همین ویژگی باعث توفیق این روش مدل سازی شده است. آنها استفاده از شبکه‌های پتری در مدل سازی عدم قطعیت را مناسب می‌دانند و عنوان می کنند که این روش در رویدادهای زنجیره‌تأمین و برنامه‌ریزی تولید و سایر جنبه‌های تولید کاربرد فراوانی می تواند داشته باشد (میری‌نژادو همکاران، ۱۳۸۹).

سلیمانی و همکاران، در مقاله ای تحت عنوان "مدل سازی زنجیره تأمین گاز طبیعی با سیستم داینامیک" سعی کرده اند با استفاده از سیستم داینامیک، زنجیره تأمین گاز طبیعی در سطوح تأمین (اکتشاف) و مصرف گاز طبیعی، مدل سازی و شبیه سازی شود. به کارگیری سیستم داینامیک به آنها کمک کرده است که توجه خود را از نشانه های مسأله به علل ریشه‌ای آن معطوف کرده و مسأله را به جای آنکه تکه تکه و جزئی شناسایی و تعریف کنند، در کلیت مورد بررسی قرار دهند. در پژوهش مذکور نخست نمودار علت–معلولی سیستم ترسیم و سپس با استفاده از آن نمودار جریان مدل طراحی شده است. پس از شبیه سازی و اجرا، مدل با استفاده از داده های موجود اعتبار سنجی شده است و با توجه به تحلیل حساسیت انجام گرفته، راهکار بهتر در زنجیره تأمین گاز طبیعی که تخلیه میادین را کاهش و حجم ذخائر قابل استحصال کشور را افزایش می دهد، ارائه شد. این راهکار، کاهش مصرف است که می تواند از طریق اصلاح الگوی مصرف، افزایش بهره‌وری، کاهش تلفات و گازهای سوزانده شده، ارتقای تکنولوژی، کاهش تزریق گاز به میادین نفتی از طریق افزایش تزریق آب به میادین نفتی باشد (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۰).

مصلح شیرازی و همکاران، در پژوهش خود با عنوان "مدل سازی زنجیره تأمین بنزین شرکت پالایش و پخش فرآورده های نفتی با استفاده از پویایی شناسی سیستم" به استفاده از مدل پویایی سیستم می‌پردازند وچنین بیان می‌دارند که: مدیریت زنجیره تأمین بنزین

نیازمند تصمیات آینده نگر و طراحی ظرفیت های جدید با رویکردی جامع و به هم پیوسته است. یکی از ابزارهای مدیریتی براساس این نگرش، علم پویایی سیستم می باشد. این علم توانایی شبیه سازی زنجیره تأمین‌های مختلف را دارد، به کمک این شبیه سازی پیامدهای نامشخص تصمیم گیری‌ها آشکار می‌شود. هدف عمده این روش شبیه‌سازی، تسریع و تسهیل یادگیری رفتار سیستم‌ها در شرایط فعلی و آینده است. در این پژوهش مدل مربوط به زنجیره تأمین بنزین شرکت پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی استان فارس به وسیله پویایی شناسی سیستم برای شناخت و ارزیابی روند و عوامل اثرگذار بر آن، تهیه و توسعه داده شده است (مصلح شیرازی و همکاران، ۱۳۹۰).

ویزواندهام[1] و همکاران، در پژوهش خود با عنوان "مدل سازی عملکرد زنجیره تامین به وسیلهٔ شبکه‌های صف" چنین بیان می دارند که شبکه‌های زنجیره تأمین از ترکیب عوامل موثر بر یکدیگر در میان کمپانیها تشکیل شده‌اند. که هدفشان تولید و تحویل محصولات به مشتریان در زمان و مکان به‌خصوص به وسیلهٔ آنها می باشد. محاسبه کل زمان رهبری برای ورود سفارشها به شبکه‌ای چنین پیچیده از کمپانی ها، یک تمرین مهم است. در این پژوهش آنها مدل های تجزیه و تحلیلی برای ارزیابی میانگین زمان رهبری زنجیره‌های تأمین را ارائه می دهند. به ویژه آنها چگونگی استفاده از مدل های صف پیوسته برای محاسبه میانگین و واریانس زمان رهبری را شرح داده‌اند. این محققان دو کاربرد از یک روش تقریبی آسان را برای محاسبه زمان رهبری در یک کلاس از سیستم های صف پیوسته ارائه داده‌اند. برای موردی که ورودی ها معین هستند و زمان خدمت به‌طور نرمال توزیع می شوند، آنها یک رویکرد تقریباً آسان را ارائه می دهند. مخصوصا این محققان استفاده از روش فوق را در سطوح خدمت گذاری و در نوع سفارش ها مختلف زنجیره‌های تأمین، شرح می دهند (ویزواندهام و همکاران، ۲۰۰۱).

چانگ[2] و همکاران، در مقاله ای تحت عنوان "مدل سازی زنجیره تامین با استفاده از شبیه سازی" به بررسی فرضیات مدیریت زنجیره تامین و نیازها برای مدل سازی زنجیره تامین می پردازد. به اعتقاد آنها، در بازار جهانی امروز مدیریت زنجیره تامین به دنبال یک فاکتور کلیدی برای تجارت موفق می باشد. سازمان های جهانی با شناخت فرایند های

1.Viswandham
2.Chang

صنعتی غیر متداخل، فرایندهای توزیع غیر متداخل و فقدان ارتباطات با تامین کنندگان و مشتریها برای موفقیت شان نیازمند یک برنامه‌ی سازمانی زنجیره تامین می باشند. تاثیر برنامه سازمان در زنجیره تامین قبل از اجرایشان غیرقابل پیش بینی است. شبیه سازی این اجازه را می‌دهد که ارزیابی عملکرد قبل از اجرای طرح، عملی باشد. ساختار این مقاله مراحل زیر را دنبال می‌کند: ۱) مقایسه راه حل‌های صنعتی در ناحیه ۲) مرور وظایف و سودهای مدیریت زنجیره تامین ۳) عنوان ضرورت شبیه سازی رویداد گسسته برای مدل های زنجیره تامین و ۴) پیشنهاد روشها و نیازهای داده‌ای برای شبیه سازی واقعی مدیریت زنجیره تامین (چانک و همکاران، ۲۰۰۱).

چائولو[1] و همکاران، در پژوهش خود با عنوان "مدل سازی زنجیره تامین با استفاده از مجموعه های فازی و نظریه احتمال در یک محیط نامطمئن" چنین بیان می دارند که: مدیریت یک زنجیره کارا و موثر بسیار مشکل است. زیرا منابع نامطمئن مختلف و روابط درونی پیچیده در سطوح مختلف بین سازمان های مختلف زنجیره تامین وجود دارد. از این رو آنها یک مدل فازی جدید در زنجیره تامین بر مبنای نظریه احتمال برای ارزیابی کلی عملکردهای زنجیره تامین را توسعه می دهد. مدل پیشنهادی این اجازه را به تصمیم گیران می دهد تا نگرش های همراه با خطر خود را بیان کنند و تجارت در خدمت‌دهی به مشتریان و موجودی سرمایه گذاری در زنجیره تامین را تجزیه و تحلیل کنند و یک استراتژی موجودی مناسب برای زنجیره تامین را انتخاب کنند. در نهایت یک مثال توضیحی، مفهوم این مقاله را تأیید می کند (چائولو و همکاران، ۲۰۰۶).

همان طور که دیده شد، استفاده از مدل سازی صف در شبیه‌سازی و تحلیل فزآیند زنجیره تامین، بسیار کم مورد توجه قرار گرفته است. از دست دادن مشتری، مشتریان ناراضی، سهم بازار از دست داده و... عوامل بسیار مهمی در تحلیل زنجیره تامین هستند. امروزه مدیران زنجیره تامین به دنبال کاهش زمان انتظار مشتریان هستند تا بدین وسیله بتوانند فاکتورهای زنجیره را بهبود بخشند. از این رو در این مقاله با رویکرد جدیدی از تئوری صف به تجزیه و تحلیل و کاهش زمان انتظار مشتریان در زنجیره تامین پرداخته شده است. به عبارت بهتر، تمام سفارش ها در طول زنجیره تامین بصورت اجزایی در نظر گرفته شده اند که در صفی از فعالیت ها قرار دارند. لذا ما با پیدا کردن کوتاهترین مسیری که سفارش ها باید طی نمایند، زمان انتظار مشتریان را کاهش خواهیم داد. تاکید می شود که در این مقاله برای اولین بار از تئوری صف برای پیدا کردن کوتاهترین مسیر انجام سفارش ها و نهایتاً کاهش زمان انتظار مشتریان استفاده شده است.

1.Chao L.

ابزار و روش

از آنجایی که هدف پژوهش طراحی مدلی برای پیدا کردن کوتاهترین مسیر انجام سفارش ها در طول زنجیره تامین است، پس تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر نحوه گردآوری اطلاعات توصیفی از نوع زمینه‌ای موردی و به طور مشخص مبتنی بر مدل سازی ریاضی است.

با توجه به تعاریف ارائه شده و ذکر تحقیقات گذشته، محققین، مدل و مراحل مفهومی زیر را به منظور بررسی و تحلیل قابلیت اطمینان سیستم تولیدی ارائه کردند.

شناسایی مسأله: فرایندهای انجام شده واقعی در عمل منجر به ایجاد انحرافات بین اهداف و عملکرد می‌گردد، یکی از روش‌های اصلاحی، امکان مسیریابی مجدد جریان از یک رویداد به یک منبع جایگزین دیگر می باشد. در نتیجه در اینجا ما با یک مسأله مسیریابی روبرو هستیم. که باید بهترین و کوتاهترین مسیر انتخاب گردد.

هدف مدل سازی: در این پژوهش هدف، محاسبهٔ حداقل زمان پاسخ گویی برای تحویل یک قلم کالا به مقصد نهایی در راستای چند مرحله از شبکه صف می باشد. شایان ذکر است که این زمان حداقل با توجه به کوتاهترین مسیر انجام سفارش محاسبه و تعیین می شود.

تعیین محدوده بسته سیستم: مرز بسته سیستم اجزایی از ساختار سیستم است که برای تولید رفتار موردنظر ضروری باشد. شایان ذکر است که در تمامی زنجیره‌های تأمین با توجه به تعداد رده‌های زنجیره و اعضای آن، این مدل قابلیت استفاده را دارد. در این مقاله از یک سیستم سه عضوی استفاده شده است.

رهیافت شبکه صف به مدل سازی زنجیره تأمین: در این مقاله یک نوع محصول را در زنجیره تأمین مورد بررسی قرار گرفته است. سفارش های از یک طرف می‌رسند؛ اما فرایندها می توانند در چند مکان مختلف شروع شوند. در اینجا چند مرحله وجود دارد (یعنی چند فعالیت در هر فرایند) و به خاطر ساختار شبکه، مسیرهای متفاوتی بسته به ترافیک شبکه ایجاد می شوند که دلالت بر نیاز به فعالیت حمل و نقل دارد. تمام جریانات فیزیکی در یک انبار مرکزی با هم جمع می شوند. در ورودی های شبکه صف، سفارش ها از مشتریان دریافت می شود و سفارش ها در حال انتظار باقی می‌مانند تا به کار گرفته شوند. فرض می شود مقدار اقلامی که در هر سفارش تحویل داده می شوند، به طور یکنواخت توزیع شده‌اند. همچنین نرخ‌های ورود در ورودی iام با λ_i نمایش داده می شود. از نقطه نظر مشتری، زنجیره تأمین معادل یک صف است. صف در حال دریافت سفارش ها می باشد.

سفارش ها منتظر می‌مانند تا به کار گرفته شوند. خدمت، یک مرکز تولید است و نتایج، محصولات و اقلام و غیره هستند. لازم بذکر است که در این حالت وضعیت سفارش ها توسط ۱) رخداد ۲) مقدار و ۳) تأخیر مشخص می شوند. می توان گفت که: رخداد (λ): می تواند در ماهیت پواسون یا اتفاقی و یا قطعی باشد. مقدار: مقدار اقلامی است که باید تحویل داده شوند. آنها در طبیعت (توزیع یکنواخت) اتفاقی هستند. تأخیر: شاخص اصلی تاخیر QoS[۱] می باشد.

به این دلیل که رخداد (λ) با توزیع پواسون در طبیعت اتفاقی است و مقدار مشاغلی که برای هر رخداد (λ) بایستی پردازش شود، به طور یکنواخت توزیع می شوند، ما یک متغیر تصادفی هم ارز (Z) در نظر می گیریم که تابعی از X و Y است. $X \triangleq$ متغیر تصادفی، نمایش دهنده زمان وقوع سفارش است. $Y \triangleq$ متغیر تصادفی، نمایش دهنده تعداد اقلام در هر سفارش است. $Z \triangleq XY$ زمان وقوع، همراه با تعداد اقلام در هر سفارش را نمایش می دهد. توزیع تجمعی تابع Z در زیر آمده است:

$$f_Z(z) = P(Z \le z) = \int_{A_z} \int f_{XY}(x,y)dxdy \qquad (۱)$$

جایی که Az زیرمجموعه R^2 است و به وسیله $A_z = \{(x,y) \mid (x,y) \le z\}$ نشان داده می شود. چون $f_x(x)$ و $f_y(y)$ مستقل هستند (ما فرض می کنیم که با هر رخدادی، تعداد اقلام تصادفی هستند)، بنابراین فرض $f_{XY}(x,y) = f_X(x) f_Y(y)$ را داریم. از این رو،

$$f_Z(z) = \int_{A_z} \int f_X(x) f_Y(y) \qquad (۲)$$

X متغیر تصادفی توزیع نمایی و Y ، متغیر تصادفی توزیع یکنواخت بین a و b می باشد، (b>a) . بنابراین

$$f_Y(y) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, a<u<b \\ 0 \quad , \text{ساپر نقاط} \end{cases} \quad \& \quad f_X(x) = \begin{cases} \lambda_e^{-\lambda x} \ , \ x \ge 0 \\ 0 \qquad , \ x<0 \end{cases} \qquad (۳)$$

---

۱. Quality of Service.

ناحیه ΔD_Z به طوری که $z < xy < z + dz$ ، بخشی از منحنی خطی بین فضای بیرونی هذلولی قائم الزاویه یا دو پهلوست که در آن $y = \frac{z+dz}{x}$ و $y = \frac{z}{x}$ می باشد. x ، $\frac{z}{x'}$ و $\left|\frac{dz}{dy}\right| = |x|$ مختصات نقاطی از این ناحیه است که بر طبق آن خواهیم داشت: $\left|\frac{dz}{dz}\right| = \frac{1}{|x|}$ در نتیجه ناحیه ای از معادلات دیفرانسیل $\frac{1}{|x|}dxdz$ را داریم و چون، متغیرهای تصادفی X و Y مستقل هستند. احتمال تابع چگالی Z به صورت زیر می باشد (پاپولیس[1]، ۱۹۹۱)، (روهاتقی[2]، ۱۹۷۶).

$$f_z(z) = \frac{\lambda}{b-a} \int_{\frac{z}{d}}^{\frac{z}{c}} \frac{e^{-\lambda x}}{|x|} dx \quad \forall \cdot < z < \infty \qquad (٤)$$

با جایگزین کردن $dt = \lambda dx$ و $t = \lambda x$ با متغیرهای انتگرال رابطه بالا (در تابع چگالی Z)، حالت زیر به دست می آید:

$$f_z(z) = \frac{\lambda}{b-a}\left(E_1\left(\frac{\lambda z}{b}\right) - E_1\left(\frac{\lambda z}{a}\right)\right) \qquad (٥)$$

به طوری که $E_1(x) = \int_x^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$ است، این عبارت انتگرال نمایی است که توسط $E_n(x) = \int_1^\infty \frac{e^{-xt}}{t^n} dt$ در $n = 1$ تعریف می‌شود. حال داریم $E_1(x) = E_i(-x)$، به طوری که $E_i(x) = -\int_{-x}^\infty \frac{e^{-t}}{t} dt$ است، دوباره این عبارت تابع انتگرال نمایی است. با جایگزینی رابطه بین $E_1(x)$ و $E_i(x)$ ، تابع زیر به دست می آید:

$$f_z(z) = \frac{\lambda}{b-a}\left(E_i\left(\frac{\lambda z}{a}\right) - E_i\left(\frac{\lambda z}{a}\right)\right) \qquad (٦)$$

1.Papoulis
2.Rohatgi

اکنون ارزش متوسط زمان وقوع، $E(z)$ توسط انتگرال زیر نشان داده می شود:

$$E(z)=\int_0^{\infty} zf(z)dz=\frac{\lambda}{b-a}\int_0^{\infty} z\left(E_i\left(-\frac{\lambda z}{a}\right)-E_i\left(-\frac{\lambda z}{b}\right)\right)dz \qquad (۷)$$

این انتگرال به صورت زیر می تواند تجزیه و تحلیل گردد:

(۸)

$$E(z)=\frac{\lambda}{b-a}\frac{z^{۲}}{۲}\left[\left(E_i\left(-\frac{\lambda z}{a}\right)-E_i\left(-\frac{\lambda z}{b}\right)\right)+\left(\frac{az}{۲\lambda}+\frac{a^{۲}}{۲\lambda^{۲}}\right)\exp\left(-\frac{\lambda z}{a}\right)-\left(\frac{bz}{۲\lambda}+\frac{b^{۲}}{۲\lambda^{۲}}\right)\exp(-\frac{\lambda z}{b})\right]=\left(\frac{b+a}{۲\lambda}\right)$$

بنابراین زمان بین ورود سفارش ها (زمان وقوع و مقدار) با میانگین $E(z)$ به طور نمایی توزیع می شود. زمان سفارشها، مستقل و متغیرهای تصادفی توزیع یکنواخت می باشند، توزیع مشترک با میانگین $\frac{1}{\mu}$، جایی که μ نرخ خدمت است، نمایی است. اجازه دهید $N(t)$ تعداد سفارش ها در سیستم را (هم آنهایی که صف بندی شده اند و هم آنهایی که در سرویس می باشند) در زمان t مشخص کند. زمانی که $\{N(t)\,|\,t\geq 0\}$ یک فرایند مرگ– تولد با حداقل نرخ ورود است. یعنی:

$$\Lambda_k=\lambda^{(0)}=\frac{1}{E(z)}=\frac{2\lambda}{b+a} \qquad (۹)$$

برای $k\geq 1$ نرخ خدمت μ_k را برابر با μ در نظر می گیریم $(k\geq 1\ ,\ \mu_k=\mu)$

$$\rho=\frac{\text{متوسط زمان خدمت}}{\text{متوسط زمان ورود}}=\frac{A_k}{\mu_k}=\frac{1}{\mu E(z)}=\frac{2\lambda}{\mu(b+a)}\ \forall a,b>0,b>a$$

مقدار، ρ یک پارامتر مهم است، که شدت ترافیک سیستم نامیده می شود. شدت ترافیک معمولا در ارلنگ ها بیان می شود. از فرایند مرگ–تولد برای زنجیره های مارکوف استفاده می شود، احتمال یکنواخت k فعالیت در یک سیستم با ورودی های بسته ای به صورت زیر داده می شود:

(۱۰)

$$\prod_k=(\exp(-(1-\rho))^k\prod_0=\exp(-k(1-\rho))\prod_0\ \forall a,b>0,b>a$$

اگر مجموع رابطه بالا را از 0 تا ∞ در نظر بگیریم و نتیجه را مساوی ۱ قرار دهیم، خواهیم داشت:

$$\prod_0 = \exp(1-\rho)-1 \ , \quad \rho<1 \qquad (۱۱)$$

برای مثال وقتی که شدت ترافیک کمتر از واحد است. می توان نشان داد که میانگین و واریانس تعداد مشتریان به صورت زیر می باشد:

$$E(N)=\sum_{k=0}^{\infty} k\prod_k = \prod_0 \sum_{k=0}^{\infty} k\exp(-k(1-\rho)) = \frac{1}{1-\exp(-(1-\rho))} \qquad (۱۲)$$

$$\sigma_N^2 = \sum_{k=0}^{\infty} (k-E(N))^2 \prod_k = \frac{\exp(-(1-\rho))}{(1-\exp(1-\rho)))^2}$$

در حالت ثابت، گذاشتن متغیر تصادفی R دلالت بر زمان پاسخ گویی دارد (به عنوان زمان سپری شده از لحظه ورود شغل تا تکمیل شدنش تعریف می شود). به منظور محاسبه‌ی متوسط زمان پاسخ، E(R)، ما از قضیه معروف Little استفاده می کنیم، که بیان می کند: متوسط تعداد مشاغل در یک سیستم صف در حالت یکنواخت برابر است با حاصلضرب نرخ ورودی در متوسط زمان پاسخ. یعنی $(E(N)=\lambda E(R))$. بنابراین:

$$\mathrm{E(R)} = \frac{\mathrm{E(N)}}{\lambda} = \frac{۱}{\lambda(۱-\exp(-(۱-\rho)))} \qquad (۱۳)$$

نکته اینکه در حال حاضر در سیستم تراکم است، در اینجا به این نکته می توان توجه کرد که با افزایش متوسط زمان پاسخ E(R)، ρ افزایش می‌یابد. گذاشتن متغیر تصادفی W دلالت بر زمان انتظار در صف دارد. با توجه به نکات گفته شده متوسط زمان انتظار عبارتست از:

$$E(W)=E(R)-\frac{1}{\mu}=\frac{\mu-\lambda+\lambda\exp(-(1-\frac{2\lambda}{\mu(b+a)}))}{1-\exp(-(1-\frac{2\lambda}{\mu(b+a)}))} \qquad (۱٤)$$

$$\forall a,b>0, b>a.$$

حال اگر متغیر تصادفی Q نشان دهنده تعداد مشاغل منتظر در صف باشد (به استثنای آنهایی که در سرویس هستند)، آنگاه متوسط تعداد مشاغل، $E(Q)$، در صف تعیین می شود، ما در اینجا با استفاده از فرمول Little ، $E(Q)$ را به دست می آوریم:

$$E(Q)=\lambda E(W)=\frac{\mu-\lambda+\lambda\exp(-(1-\frac{2\lambda}{\mu(b+a)}))}{\mu(1-\exp(-(1-\frac{2\lambda}{\mu(b+a)})))} \qquad (۱۵)$$

توجه داشته باشید که متوسط تعداد مشاغل موجود در سرور به حالت زیر است:

$$E(N)-E(Q)=\frac{\lambda\mu-\mu+\lambda-\lambda\exp(-(۱-\rho))}{\lambda\mu(۱-\exp(-(۱-\rho)))} \qquad (۱۶)$$

و بهره‌وری سرورها از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho_i^j=\frac{\lambda^{(0)}}{\mu_i}=\frac{2\lambda}{(a+b)\,\mu_i} \qquad (۱۷)$$

۳-۱ -تعیین معیارهای سنجش عملکرد

با توجه به نکات گفته شده، عملکرد سیستم تک‌سروری توسط متوسط طول صف، متوسط زمان انتظار، متوسط زمان پاسخ گویی در سیستم اندازه‌گیری می شود (روهاتقی، ۱۹۷۶). لذا داریم:

متوسط طول صف:

$$E\left[N_i^{(j)}=\frac{1}{1-\exp(-(1-\rho_i^{(j)}))}\right] \qquad (۱۸)$$

متوسط زمان پاسخ گویی:

$$E\left[R_i^{(j)}\right]=\frac{E\left[N_i^{(j)}\right]}{\lambda^{(0)}}=\frac{a+b}{2\lambda(1-\exp(-(1-\rho_i^{(j)})))} \qquad (۱۹)$$

متوسط زمان انتظار:

(۲۰)

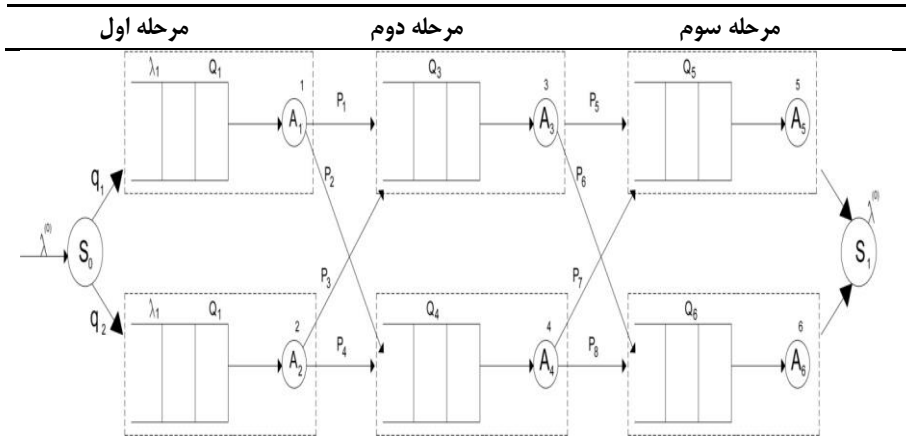
$$E\left[W_i^{(j)}\right]=E\left[R_i^{(j)}\right]-\frac{1}{\mu_i}=\frac{(a+b)\mu_i-2\lambda(1-\exp(-(1-\rho_i^{(j)})))}{2\lambda\mu_i(1-\exp(-(1-\rho_i^{(j)})))}$$

طراحی مدل زنجیره تأمین از شرکت مورد مطالعه

اولین گام جهت مدل سازی، شناسایی زنجیره تأمین، اجزاء آن و نحوه ارتباط این اجزاء با یکدیگر است. از آنجا که این پژوهش در شرکت صنعتی بالان صنعت انجام می‌گیرد، در ابتدا یک محصول خاص (کاور اصلی راهبند) در زنجیره تأمین این شرکت جهت بررسی انتخاب می شود. این زنجیره از سه مرحله اصلی تشکیل شده است که این مراحل عبارتند از: ۱) برش (قیچی) ۲) خمکاری و ۳) نقاشی. شایان ذکر است که تعداد بیشتر مراحل و فعالیت ها هیچ اشکالی در مدل ایجاد نکرده و براحتی قابل تحلیل بررسی است. برای درک بیشتر، زنجیره تأمین به وسیله فرایندی با سه فعالیت (مرحله)، طبق شکل ۲ مدل سازی می‌گردد. لازم بذکر است که: برش توسط دو ماشینA_1 (برش واترجت) و A_2 (برش لیزری) انجام می‌پذیرد. خمکاری توسط دو ماشین A_3 (خمکاری کلاسیک) وA_4 (خمکاری CNC) صورت می‌پذیرد. نقاشی توسط دو ماشینA_5 (نقاشی کلاسیک) وA_6 (رنگ الکترواستاتیک) انجام می‌گیرد.

در این مدل، دو ورودی برای شبکه لحاظ گردیده است. دو ورودی در مرحله اول سفارش ها را از مشتریان (S_0) دریافت می کنند و سفارش ها در حال انتظار باقی می‌مانند، تا به کار گرفته شوند. بعد از اینکه سفارش ها در مرحله اول سرویس‌دهی شدند، وارد مرحله دوم می شوند. برای هر خروجی A_1و A_2 در مرحله اول، دو مسیر ممکن وجود دارد، خروجی های A_1 و A_2 مرحله اول با رویدادهای A_3و A_4 در مرحله دوم مرتبط است و خرو جی‌های مرحله دوم با رویدادهای A_5و A_6 مرحله سوم در ارتباط می باشند و در نهایت خروجی های مرحله سوم به S_1 میرسند. در نتیجه گزینه‌های مسیریابی بصورت زیر به وجود می‌آیند:

$V_1: \ A_5 \ A_1 \ A_3$
$V_2:, A_6 \ A_3 \ A_1$
$V_3:, A_5 \ A_4 \ A_1$
$V_4: A_1 \ A_4 \ A_6$
$V_5: A_2 \ A_3 \ A_5,$
$V_6:, A_6 \ A_3 \ A_2$
$V_7:, A_5 \ A_4 \ A_2$
$V_8: A_6 \ A_4 \ A_2$



شکل شماره۲. مدل زنجیره تامین محصول

معرفی پارامترهای مدل

در این مقاله Aها نشاندهنده فعالیت ها در زنجیره می باشند. (A_1و A_2) فعالیت برش را در مرحله اول نشان می دهند، (A_4و A_3)نشان دهنده فعالیت خمکاری در مرحله دوم و (A_5،A_6)نشان دهنده فعالیت نقاشی در مرحله سوم می باشند، که در شکل این فعالیت ها را بصورت گره نشان داده شده است.گره‌های (Q_2،A_2) و (Q_1،A_1) مربوط به مرحله اول گره‌های (Q_4،A_4) و (Q_3،A_3) مربوط به مرحله دوم و گره‌های (Q_6،A_6) و (Q_5،A_5) متعلق به مرحله سوم می باشند. لازم به ذکر است که Qها نماد صف ایجاد شده در پشت فعالیت ها می باشند.

در این حالت با یک شبکه صفی با دو ورودی مواجه هستیم، دو ورودی مرحله اول (A_1و A_2)سفارش ها را از S_0 با نرخ‌های ورودی λ_1 و λ_2 دریافت می کنند. نرخ ورودی در (S_0)، $\lambda^{(0)}$ می باشد. احتمال ورودی ها در Q_1 و Q_2 به ترتیب q_1 و q_2 می باشند، واضح است که $q_1+q_2 = 1$ خواهد بود، $\lambda_1 = q_1\ \lambda^{(0)}$ نرخ ورودی در Q_1 و $\lambda_2 = q_2\ \lambda^{(0)}$ نرخ ورودی در Q_2 می باشند. نرخ خدمت‌دهی، خدمت‌دهندگان A_1 و A_2 (ماشین‌های A_1 و A_2)، به ترتیب μ_1 و μ_2 معرفی می شوند. پس از آنکه سفارش ها (ورقه‌های فلزی) توسط ماشین A_1 برش خوردند با احتمال p_1 به ماشین A_3 و با احتمال $p_1+ p_2 = 1$ به ماشین A_4 در مرحله دوم فرستاده می شوند. واضح است که p_2

می باشد، بنابراین نرخ ورودی در Q_3 برابر $\lambda_1 p_1$ و نرخ ورود در Q_4 برابر با $\lambda_1 p_2$ خواهد بود و همچنین خروجی های ماشین A_2 با احتمال p_3 به ماشین A_3 و با احتمال p_4 به ماشین A_4 در مرحله دوم که خمکاری می باشد، فرستاده می شوند. در اینجا نیز روشن است که $p_3 + p_4 = 1$ می باشد. بنابراین نرخ ورودی در Q_3 برابر $\lambda_2 p_3$ و نرخ ورود در Q_4 برابر با $\lambda_2 p_4$ خواهد بود. نرخ خدمت‌دهی ماشین‌های A_3 و A_4 به ترتیب μ_3 و μ_4 می باشد. پس از آنکه ورقه‌ها در مرحله دوم توسط ماشین‌های خمکاری سرویس شدند، وارد مرحله سوم که مرحله نقاشی است، می شوند. در اینجا خروجی های ماشین A_3 با احتمال p_5 به ماشین A_5 و با احتمال p_6 به ماشین A_6 فرستاده می شوند. به خوبی روشن است که $p_5 + p_6 = 1$ می باشد و خروجی های ماشین A_4 با احتمال p_7 به ماشین A_5 و با احتمال p_8 به ماشین A_6 فرستاده می شوند، و نیز خواهیم داشت: $p_7 + p_8 = 1$. در اینجا با در نظر گرفتن مسیر قبلی، نرخ ورودی محاسبه می‌گردد. به عنوان مثال اگر نرخ ورودی Q_3، $\lambda_1 p_1$ باشد، نرخ ورودی Q_6 برابر با ($\lambda_1 p_1\ p_5$)خواهد بود و به همین ترتیب با در نظر گرفتن مسیرهای قبلی نرخ‌های ورودی در Q_5 و Q_6 تعیین می‌گردند. نرخ خدمت‌دهی ماشین‌های A_5 و A_6 به ترتیب μ_5 و μ_6 خواهد بود. در نهایت سفارش ها بعد از اتمام خدمت در سرویس‌دهنده‌های A_5 و A_6 با نرخ خروجی $\lambda^{(0)}$ وارد S_1 می شوند. (در اینجا نرخ ورودی برابر تعداد کل سفارش ها و نرخ خدمت‌دهی برابر زمان خدمت‌دهی ماشینها در نظر گرفته شده است). در نتیجه از شکل ۲ خواهیم داشت:

$$\lambda_2 = q_2\lambda^{(0)} \quad , \lambda_1 + \lambda_2 = \lambda^{(0)} \quad \lambda_1 = q_1\,\lambda^{(0)}$$
$$p_1 + p_2 = p_3 + p_4 = p_5 + p_6 = p_7 + p_8 = q_1 + q_2 = 1$$

حالت اول) در این حالت نرخهای ورودی متعددی را که کارخانه، بر اساس سفارش ها در طول یک سال دارد را در نظر می گیریم (نرخ ورودی برابر با تعداد کل سفارش ها می باشد): λ=۶۰،۷۰،۸۰،۹۰،۱۰۰. ارزش a برابر ۵۵ و ارزش b برابر ۱۰۵ خواهد بود (مقادیر a و b که از توزیع یکنواخت پیروی می کنند از طریق حل این دو معادله به دست می آیند ($\frac{\sum x_i}{n} = \frac{a+b}{2}$ و $\frac{\sum x_i^2}{n} = \frac{(b-a)^2}{12} + \frac{(b+a)^2}{4}$). لازم بذکر است که مقادیر نرخ‌های

خدمت‌دهی بر اساس مستندات کارخانه به صورت زیر می باشد. (نرخ های خدمت دهی برابر با زمان خدمت‌دهی دستگاه‌ها می باشد).

$$\mu_1 = 10، \mu_2 = 2، \mu_3 = 8، \mu_4 = 3، \mu_5 = 17، \mu_6 = 24$$

و احتمال ورودی ها در صفها برابر خواهد بود:

$$(p_1, p_2) = (0.5,0.5) \text{ , } (p_3, p_4) = (0.5,0.5) \text{ , } (p_5, p_6) = (0.5,0.5),$$
$$(p_7, p_8) = (0.5,0.5) \text{ , } (q_1, q_2) = (0.5,0.5)$$

برای هر مقدار λ، روابط ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ به صورت زیر تخمین زده خواهد شد و نتایج را برای مسیرهای مختلف از طریق جداول زیر بیان می شود:

جدول شماره ۱. بهره‌وری ماشین ها(گره‌ها) در شبکه

بهره وری	نرخ ورودی (۱۰۰ ... ۶۰ ، ۷۰)=λ	بهره وری	نرخ ورودی (۱۰۰ ... ۶۰ ، ۷۰)=λ
$\rho_1^{(A_1)}$	$\frac{\lambda}{1600}$	$\rho_4^{(A4)}$	$\frac{\lambda}{960}$
$\rho_2^{(A2)}$	$\frac{\lambda}{1600}$	$\rho_5^{(A_5)}$	$\frac{\lambda}{1882}$
$\rho_3^{(A_3)}$	$\frac{\lambda}{2560}$	$\rho_6^{(A6)}$	$\frac{\lambda}{15360}$

جدول شماره ۲. محاسبه حداقل زمان پاسخ گویی(حالت اول)

مسیر	سنجه عملکرد	۶۰ λ	۷۰ λ	۸۰ λ	۹۰ λ	۱۰۰λ
$V_1; A_1A_3A_5$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۲۹/۹۲	۲۵/۶۹	۲۲/۴۴	۲۰/۶۰	۱۸/۰۳
$V_2; A_1A_3A_6$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۲۹/۸۱	۲۵/۶	۲۲/۴۲	۱۹/۹۹	۱۷/۹۷
$V_3; A_1A_4A_5$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۳۰/۱۷	۲۵/۸۷	۲۲/۷۴	۲۰/۲۷	۱۸/۲۵
$V_4; A_1A_4A_6$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۳۰/۰۲	۲۶/۷۸	۲۲/۶۶	۲۰/۰۲	۱۸/۱۹
$V_5; A_2A_3A_5$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۳۵/۲	۳۰/۴	۲۶/۸۴	۲۴/۰۷	۲۱/۸۵
$V_6; A_2A_3A_6$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۳۵/۰۹	۳۰/۳۱	۲۶/۷۶	۲۴/۰۰	۲۱/۷۹
$V_7; A_2A_4A_5$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۳۵/۴۱	۳۰/۵۸	۲۷/۰۸	۲۴/۲۸	۲۲/۰۷
$V_8; A_2A_4A_6$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۳۵/۳۰	۳۰/۴۹	۲۷/۰۰	۲۴/۲۱	۲۲/۰۱

با توجه جدول فوق به این نتیجه می رسیم که مطلوب ترین مسیر از موارد مسیریابی، مسیر V2 می باشد بخاطر اینکه حداقل زمان پاسخ گویی را برای دسته معینی از خصوصیات (احتمال ورود یک مسیر جدید، نرخ ورود و نرخ های خدمات) را به وجود می آورد. و در این مسیر برای λ=100 نسبت به دیگر نرخ ورودی ها کمترین زمان پاسخ گویی را داریم. رویدادها در مسیر بهینهٔ V2 عبارتند از (Q4، A4)، (Q15, A15)، (Q7،A7) و (Q13،A13). انتخاب مسیر بهینه به نرخ ورود در هر صف، نسبت خدمات هر خدمت رسان، و احتمال ورود به یک رویداد خاص بستگی دارد. تعداد کل اقلام در تمامی رویدادهای مطلوب ترین مسیر، ظرفیت شبکهٔ دارای دو ورودی را تشکیل می دهد. تصمیم مسیریابی در هر مرحله ی شبکه با توجه به اینکه کدام مسیر برای دستیابی به حداقل زمان پاسخ گویی انتخاب می شود، در آخرین رویداد گرفته می شود.

حالت دوم) دراینجا حالتی را عنوان می شود که چگونه نرخ خدمت دهی نصف می گردد و براساس آن زمان سرویس دو برابر و طول صف افزایش می‌یابد در نتیجه تمام متغیرها را مانند حالت قبلی در نظر می گیریم؛ بجز احتمالات q_1 و q_2. این احتمالات را به دو گونه $(q_1, q_2) = (1,0)$, $(q_1, q_2) = (0,1)$ در نظر می گیریم و با حالت قبلی مقایسه می کنیم. نرخ‌های خدمت‌دهی خدمت‌دهندگان، نسبت به ارزش اصلی شان که در حالت اول بیان شد، نصف می شوند. تمام مشخصات دیگر بدون تغییر باقی می‌مانند. اکنون دوباره نرخ ورودی را λ =۶۰،۷۰...۱۰۰ در نظر می گیریم و ارزشهای a و b به ترتیب ۵۵ و ۱۰۵ است. برای $(q_1, q_2) = (1,0)$ مسیرهای $A_1A_3A_5V_1$:، $A_1A_3A_6V_2$:، $A_1A_4A_5V_3$: و $A_1A_4A_6V_4$: را خواهیم داشت و همچنین برای $(q_1, q_2) = (0,1)$ مسیرهای $A_2A_3A_5V_5$:، $A_2A_3A_6V_6$:، $A_2A_4A_5V_7$: و $A_2A_4A_6V_8$: را داریم. بهره‌وریها، متوسط طول صف، متوسط زمان پاسخ گویی و متوسط زمان انتظار برای تمامی ارزش های λ و مسیرهای ذکر شده محاسبه خواهند شد و بهره‌وریها و متوسط زمان پاسخ گویی طبق جداول زیر تخمین زده خواهد شد:

جدول شماره۳. بهره‌وری ماشین‌ها در شبکه

بهره وری	نرخ ورودی (۱۰۰ ... ۶۰ ، ۷۰)=λ	بهره وری	نرخ ورودی (۱۰۰ ... ۶۰ ، ۷۰)=λ
$\rho_1^{(A_1)}$	$\frac{\lambda}{800}$	$\rho_4^{(A4)}$	$\frac{\lambda}{480}$
$\rho_2^{(A2)}$	$\frac{\lambda}{160}$	$\rho_5^{(A_5)}$	$\frac{\lambda}{5440}$
$\rho_3^{(A_3)}$	$\frac{\lambda}{1280}$	$\rho_6^{(A6)}$	$\frac{\lambda}{7680}$

جدول شماره٤. محاسبه حداقل زمان پاسخ گویی(حالت دوم)

مسیر	سنجه عملکرد	٦٠ λ	٧٠ λ	٨٠ λ	٩٠ λ	١٠٠λ
$V_1; A_1A_3A_5$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۱۵/۰۳	۱۲/۹۳	۱۱/۳۶	۱۰/۱۹	۹/۱۵
$V_2; A_1A_3A_6$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۱۵/۰۳	۱۲/۹۳	۱۱/۳۱	۱۰/۰۹	۹/۱۲
$V_3; A_1A_4A_5$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۱۵/۲۱	۱۳/۱۶	۱۱/۶۲	۱۰/۳۹	۹/۴۲
$V_4; A_1A_4A_6$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۱۵/۲۱	۱۳/۱۶	۱۱/۵۸	۱۰/۳۶	۹/۳۹
$V_5; A_2A_3A_5$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۱۵/۷۰	۱۳/۶۷	۱۲/۲۲	۱۱/۳۱	۱۰/۳۴
$V_6; A_2A_3A_6$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۱۵/۷۰	۱۳/۶۷	۱۲/۲۰	۱۱/۰۹	۱۰/۳۱
$V_7; A_2A_4A_5$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۱۵/۸۸	۱۳/۹۰	۱۲/۴۸	۱۱/۴۰	۱۰/۶۴
$V_8; A_2A_4A_6$	$\sum(R_i^{(A_i)})$	۱۵/۸۸	۱۳/۹۰	۱۲/۴۴	۱۱/۳۶	۱۰/۵۸

در اینجا مسیر بهینه، مسیر V_2، برای نرخ ورودی ۱۰۰ انتخاب می شود. در این حالت، نرخ سرویس سرویس‌دهندگان نصف می‌گردد، یعنی، زمان سرویس دو برابر می شود، به این دلیل تعداد کمتری از ورودی ها برای یک نرخ ورود به خصوص، سرویس‌دهی می شوند و همچنین بهره‌وری در حالت دوم، دو برابر ارزشهای قبلیشان می‌گردد.

در انتها این بخش شایان ذکر است که ما می توان مراحل تولید را افزایش داد و این مراحل را به هر تعداد که بخواهیم تعمیم دهیم زیرا هدف این مقاله محاسبه‌ی حداقل زمان پاسخ گویی برای تحویل یک قلم کالا به مقصد نهایی در راستای چند مرحله از شبکه صف می باشد. که در اینجا ما سه مرحله را در نظر گرفیم ولیکن می توان به خوبی تعداد مراحل را تعمیم داد و با استفاده از راه حل ارایه شده به نتیجه مطلوب رسید.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله زنجیرهٔ تأمین یک محصول خاص مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. از آنجایی که محصول باید در طول یک زنجیره از عرضه‌کننده تا مشتری نهایی در حال حرکت باشد؛ و در صفی از فعالیت ها، در انتظار و یا در حال پردازش باشد؛ ماهیت مسأله به مسائل صف تبدیل می شود و در این مقاله با استفاده از منطق و تئوری صف به دنبال کاهش زمان انتظار محصول در طول زنجیره یا به عبارت دیگر افزایش سرعت تولید و کاهش زمان رسیدن محصول به مشتری می باشد. با توجه به اینکه محصولات ممکن است که از مسیرهای گوناگونی در شبکه تولید عبور کنند و این امر باعث طولانی شدن زمان رسیدن کالا به مشتری نهایی می‌گردد، این مقاله سعی در کاهش زمان انتظار کالا در صف فعالیت ها دارد تا به طراحی مجدد سیر فرآیندها و فعالیت ها این زمان را تا جایی که امکان دارد کاهش دهد. برای این منظور ابتدا مرز سیستم طراحی شده است و سپس رویکرد صف در تحلیل فعالیت های زنجیره تامین به کار گرفته شده و معیارهای سنجش عملکرد زنجیره تامین بر اساس آن معرفی شده است. نکته بسیار مهم اینکه رویکرد طراحی شده در هر سیستم تولیدی و با هر تعداد مراحل قابلیت استفاده دارد. برای سادگی و نشان دادن کارایی مدل در این مقاله از یک سیستم تولیدی سه مرحله‌ای در شرکت بالان صنعت استفاده شده است. لذا می–توان گفت که هدف این مقاله محاسبه حداقل زمان پاسخ گویی برای تحویل یک قلم کالا به مقصد نهایی در راستای سه مرحله از شبکه صف می باشد. برای رسیدن به این منظور مدل خود را برای یک محصول شرکت بالان صنعت در دو حالت به اجرا درآوردیم و نتایج مربوطه را کسب کردیم با توجه به نتایج به دست آمده از حالت اول به این نتیجه می رسیم که مطلوب‌ترین مسیر از موارد مسیریابی، مسیر V2 می باشد، زیرا حداقل زمان پاسخ گویی برای دسته معینی از خصوصیات را به‌وجود می‌آورد و در این مسیر برای $\lambda=100$ نسبت به دیگر نرخ ورودی ها کمترین زمان پاسخ گویی را داریم و همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده از حالت دوم، مسیر بهینه مسیر V2 برای نرخ ورودی ۱۰۰ انتخاب می شود در این حالت نرخ سرویس دهندگان نصف می‌گردد، یعنی زمان سرویس دو برابر می شود، به این دلیل تعداد کمتری از ورودی ها برای یک نرخ ورود به‌خصوص، سرویس‌دهی می شوند و در نتیجه طول صف افزایش می‌یابد پس در نهایت می توان چنین نتیجه گرفت که مطلوب ترین مسیر از موارد مسیریابی، مسیر V2 می باشد بخاطر اینکه حداقل زمان پاسخ گویی را برای دستهٔ معینی از خصوصیات (احتمال ورود یک مسیر جدید،

نرخ ورود و نرخ های خدمات) به وجود می آورد. رویدادها در مسیر بهینهٔ V2 عبارتند از $(Q_1, A_1), (Q_3, A_3), (Q_6, A_6)$. انتخاب مسیر بهینه به نرخ ورود در هر صف، نسبت خدمات هر خدمت رسان، و احتمال ورود یک رویداد خاص بستگی دارد. تعداد کل متناظر اقلام در تمامی رویدادهای مطلوب ترین مسیر، ظرفیت شبکهٔ دارای دو ورودی را تشکیل می دهد. تصمیم مسیریابی در هر مرحلهٔ شبکه با توجه به اینکه کدام مسیر برای دستیابی به حداقل زمان پاسخ گویی انتخاب می شود، در آخرین رویداد گرفته می شود. معیارهای سنجش عملکرد مانند میانگین طول صف به دست آورده و ترسیم می شوند. معیارهای سنجش عملکرد نظیر متوسط زمان پاسخ گویی، میانگین زمان انتظار و احتمالات وضعیت پایدار نیز به دست آورده می شوند.

تجزیه و تحلیل گلوگاه ها با استفاده از مدل های شبکه صف، برای تجزیه و تحلیل عملکرد و برنامه‌ریزی ظرفیت کامپیوتر و سیستم ارتباطات مهم است. برای اینکه سرویس-دهندگان حالت اول و دوم همانند یک گلوگاه عمل کنند، بهره‌وری سرورها باید بیشتر و یا نزدیک به یک باشد. از آنجا که هیچ کدام از سرویس‌دهندگان دارای بهره‌وری نزدیک به یک برای نرخ‌های ورودی داده شده نیستند، مدل زنجیره با خصوصیات داده شده برای اجرا عملی می باشد. محدودیت بیان ریاضی داده‌هایمان فقط هنگامی که یکی یا بعضی از بهره‌وریها به یک نزدیک شوند یا بیشتر از یک گردند، رخ می دهد. این هنگامی اتفاق می‌افتد که:

الف) نرخ‌های ورودی، خیلی بیشتر از آنچه که در نظر گرفته شد، گرفته شوند، یا ب) هنگامی که خصوصیات مانند احتمالات و نرخ‌های خدمت چنان ارزش گذاری شوند که بهره‌وری نزدیک به یک حاصل گردد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

References

Abdulmalek, F. A., Rajgopal, J. (2017). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. International Journal of Production Economics, 107, 223–236.

Aitken J, (1998). Supply Chain Integration within the Context of a Supplier Association, Cranfield University, Ph.D. Thesis.

Alaghe Band A., Razavi M., (2008). Modeling and control of the supply chain using Linear Control Systems, International Management Conference, the fifth year, P 360.

Azar A., Mirghafoori A., (2004). Hierarchical model of the supply chain, Islamic Encyclopedia of Human Sciences Portal, P 32.

Bhaskar V., (2010), Modeling a supply chain using a network of queues, Applied mathematical modeling 34(1): 2074-2088.

Chang y. Harris M. (2001). Supply chain modeling using simulation, Ijsst, info. 2(1): 18-26.

Chao L., (2006). Supply chain modeling using fuzzy sets and possibility in an uncertain environment, Intelligent Control and Automation, The sixth word congress, 3608-3612.

Conner, K.R., Prahalad, C.K., A resource-based theory of the firm: knowledge versus opportunism. Organizational science 7 (5): 477-501, 1996.

Cooper, M. C., Ellram, L. M., Gardner, J. T., Hanks, A. M., (1997). Meshing multiple alliances. J. Bus. Logist. 18, 67-89.

Cousins P.D., Mengus B.;"The implications of socialization and integration in supply chain management"; Journal of Operations Management, September 2005.

Daad A., Afshar Kazemi M., (2008). Improved layout East garment factory production line using simulation systems queue, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, MS Thesis, P. 24.

Fleisch, E., Tellkamp, C. (2005). Inventory inaccuracy and supply chain performance: A Simulation study of a retail supply chain. International Journalof Production Economics, 95, 373–385.

Handfield R.B. Nichols E.L., (1999). Introduction to supply chain management, New Jersey: Prentice Hall Inc.

Heskett L., (1977). Logistics: essential to strategy, Harvard Business Review. 85 (6):85–96.

Hillier F.Lieberman G., (2005). Introduction to Operation Research, eighth ed., McGraw Hill, NY, USA.

Hosseini Baharanchi S.R.; "Investigation of the impact of supply chain integration on product innovation and quality"; Transaction: Industrial Engineering , Vol.16, No. 1, Sharif University of Technology, June 2009.

Hosseini S.M., Mohammadi A., Pishvaee M.S.; "Production systems and supply chain strategy selection"; Strategic Management Studies, No. 2, Summer 1389.

Hyun J.K., Jiyoon S.S., Wook K., (2016). Strategy for Improving Efficiency of Supply Chain Quality Management in Buyer-Supplier Dyads: The Suppliers' Perspective.

Lambert, D. M., Cooper, M. C., (2000). Issues in supply chain management. Ind. Market Manag. 29, 65-83.

Manish K. Govil M. Fu C., (1999). Queuing theory in manufacturing: a survey, Journal of Manufacturing System, 4(2):457-469.

Miri Nejad M., Qadri S., (2009). Queuing systems and networks Petri use in modeling the supply chain, International Conference on Industrial Engineering, year VII.

Mosleh Shirazi A., Farhadi P., (2011). Gasoline supply chain modeling Oil Refining and Distribution Company using system dynamics, MA dissertation, School of Management, University of Shiraz.

Papoulis A., (1991). Probability, Random Variables and Stochastic Processes, Third ed, NewYork: McGraw Hill.

Rohatgi V.K., (1976). An introduction to probability theory, Mathematical Statistics, NewYork: Wiley.

Sadeghi Moghadam M.R., Momeni M., Nalchygr S.; "Integrated planning, supply, manufacturing and distribution supply chains using genetic algorithms"; Industrial Management, Vol. 1, No. 2, Summer 1388.

Sadeghimoghadam M., (2006) .Modeling of supply chain with genetic algorithm approach, the journal Science Teacher, 46(1): 226-211.

Shafiee M., Rezaee Z., Ebrahimi A.; "Strategic supply chain management"; Termeh Publication, Tehran, 1388.

Soleimani G., Timurid A., Makooye A., (2011). Dynamic system modeling natural gas supply chain, National Conference on Energy, the eighth year.

Tajima, M. (20١٦). Strategic value of RFID in supply chain management. Journal of Purchasing and Supply Management, 13, 261–273.

Teimoory, A., Ahmady, M., (1388). Supply Chain Management, Iran University of Science and Technology.(Persian)

Timuri A., Ahmad M.; "Supply chain management"; Tehran: Iranian Center for Science and Technology Press, 1388.

Trivedi K., (1982). Probability and Statistics with Reliability, Queuing and Computer Science Applications, New Jersey: Prentice Hall.

Tyndall G.; "The global supply chain challenge"; Supply Chain Management Review ,Vol. 3, No. 4, 2000.

Viswandham N., (2001). Performance modeling of supply chain using queueing networks, Robotics and automation, conference publication, Singapore, 529-534.

Vladislav Koksharov, (2016). Supply Chain Modelling, A Practical Approach, Applied Mathematical Modeling, 8(2):120-132.

Youngsu L., Suk-Chul R., (2017). Quantitative Model for Supply Chain Visibility: Process Capability Perspective, 2(1) - 14-25.

Zhu, J., (2014). Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets, Third Edition. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. ISBN 978-3-319-06647-9.