



# **PRESENTING AN INTEGRATIVE APPROACH OF SERIES-PARALLEL RELIABILITY SYSTEMS AND MARKOV CHAINS FOR CALCULATING AVAILABILITY INDEX OF SUPPLY CHAINS- CASE STUDY: PANASONIC ELECTRICAL INDUSTRIES CO.**

**Abbas Miranzadeh, Mahdi Karbasian\* & Seyed Akbar Nilipour Tabatabayee:**

*Abbas miranzadeh : MSc student Department of Industrial Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University.*

*Mahdi karbasian: Associate Professor in the Department of Industrial Engineering, Malek Ashtar University.*

*Seyed akbar nilipour tabatabayee: Assistant professor in the Department of Industrial Engineering, Malek Ashtar University.*

## **Keywords**

Supply chain management,  
Markov chain,  
Reliability,  
Availability

## **ABSTRACT**

*While “availability index” can be a tool for the end user to choose the best supply chain for his/her purposes from among the existing supply chains, it can also be of help to managers to reduce access times as well as the number of faults which may occur in a supply chain. The purpose of this paper is presenting an Integrative approach of series-parallel Reliability systems and Markov Chains for calculating Availability index of supply chains.*

*Taking into consideration the time intervals in which machinery is working or failing at the following two layers of the supply chain: 1- the raw items supply chain and 2- at the end product assembly line, we have used a combination of continuous time Markov chains and reliability principles for each of the items in the two mentioned layers to calculate the availability index. Availability index of central sales stock was calculated by dividing the annual average of shortage by the annual average demand, and achieve number subtracted from one. At the end, we have offered a relation for calculating availability index of multilayer supply chains. And in the finding of this paper, using the model presented in this paper we have calculated availability index of rice cooker in Panasonic Electrical Industries co.*

© 2016 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 27, No. 2, All Rights Reserved



## ارائه رویکردی تلفیقی از سیستم‌های سری - موازی قابلیت اطمینان و زنجیره‌های مارکوف جهت محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره‌های تامین (مورد مطالعه: کارخانه صنایع الکتریکی پاناسونیک)

عباس میرانزاده، مهدی کرباسیان\* و سید اکبر نیلی پور طباطبایی

### چکیده:

با توجه به اینکه محاسبه شاخص دسترس پذیری می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب برای انتخاب بهترین زنجیره تامین از بین زنجیره های تامین موجود در اختیار مشتریان نهایی کالاها باشد می‌تواند به مدیران در جهت کاهش زمان دسترسی مشتریان نهایی به کالاها و همچنین کاهش خرابیهای موجود در سطوح مختلف زنجیره های تامین کمک شایانی نماید. هدف این مقاله ارائه رویکردی تلفیقی از سیستم‌های سری - موازی قابلیت اطمینان و زنجیره های مارکوف جهت محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره‌های تامین است. در این مقاله به منظور محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره تامین با در نظر گرفتن زمان خرابی و سالم بودن دستگاهها در سطوح تامین کنندگان قطعات اولیه و تولید کننده محصول نهایی از تلفیق زنجیره های مارکوف با زمان پیوسته و اصول قابلیت اطمینان در هر یک از اجزای این دو سطح استفاده شده است. البته جهت محاسبه شاخص دسترس پذیری در سطح انبارهای مرکزی فروش، متوسط کمبود سالیانه را بر تقاضای کل سالیانه محصول نهایی تقسیم کرده و مقدار بدست آمده را از یک کم کرده ایم. در پایان رابطه‌ای برای محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره های تامین چند سطحی ارائه شده است. در نهایت در قسمت یافته های این پژوهش شاخص دسترس پذیری زنجیره ی تامین برای محصول پلویز در کارخانه صنایع الکتریکی پاناسونیک با استفاده از الگوی ارائه شده در این پژوهش محاسبه شده است.

### کلمات کلیدی

زنجیره تامین،  
زنجیره‌های مارکوف،  
قابلیت اطمینان،  
شاخص دسترس پذیری

### ۱. مقدمه

مدیریت زنجیره تامین یکی از شاخه‌های مدیریت است که روز به روز در حال تکامل و پیشرفت است و به دنبال راه هایی برای کاهش هر چه بیشتر سیکل تامین محصول و تحویل به مشتری است و در این راه

از ابزارهای مختلفی جهت مدیریت و افزایش بهره‌وری استفاده می‌شود. علت تعریف و طراحی مدیریت زنجیره تامین، افزایش روز افزون رقابت پذیری و تلاش برای بقای سازمانهاست. سازمانها رمز این بقا را در ارضای نیازهای مشتری می‌دانند [۱].

از جمله دلایل اهمیت مدیریت زنجیره تامین، افزایش سرعت تغییر تکنولوژی و جهانی شدن تجارت می‌باشد به طوری که نواحی مختلف جهان را می‌توان مراحل یک زنجیره تامین در نظر گرفت. همچنین تمایل به منبع یابی بیرونی به منظور تهیه بخشی از محصولات کارخانه از دیگر دلایل اهمیت مدیریت زنجیره تامین می‌باشد. ظهور شکل‌های جدید ارتباطات متقابل سازمانی و افزایش توقعات مشتریان در زمینه هزینه محصولات و خدمات، کیفیت، تحویل، تکنولوژی و زمان سیکل تعهد شده با توجه به رقابت فزاینده در بازارهای جهانی، از جمله عواملی است که باعث ترک

تاریخ وصول: ۹۲/۰۹/۱۰

تاریخ تصویب: ۹۳/۰۴/۲۴

عباس میرانزاده، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، گروه مهندسی صنایع  
miranzadeh2005@yahoo.com  
سید اکبر نیلی پور طباطبایی دانشگاه صنعتی مالک اشتر،  
akbarnilipour@yahoo.com  
\*نویسنده مسئول مقاله: مهدی کرباسیان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر،  
mkarbasi@mut-es.ac.ir

خرید مواد اولیه در مدل لحاظ شده است. قابلیت اطمینان فازی تامین کنندگان و پیمانکاران به وسیله یک سیستم خیره فازی تعیین گردیده و هیچگونه فرضی پیرامون توزیع تقاضا نشده و برای کنترل و اصلاح انحراف پیش بینی از واقعیت، از تکنیک افق غلتان استفاده شده است. و در نهایت ذخیره اطمینان به نحوی تنظیم گردیده که هزینه کل مینیمم و سطح سرویس مشتری به یک حد از پیش تعیین شده رسیده است [۷]. لو و همکاران<sup>۴</sup>، مدل های زنجیره تامین بر پایه مدل متا را بنا نهادند و از این طریق قابلیت اطمینان زنجیره تامین را مورد آنالیز قرار دادند [۸].

گارگ و همکاران<sup>۳</sup>، ایده ی ترکیب زنجیره تامین و شش سیگما در راستای تحویل سریع و به موقع کالاها و محصولات به مشتریان نهایی در زنجیره های تامین را ارائه کردند. در این پژوهش یک روش ابتکاری برای طراحی شبکه ها توسعه داده شده است. در این پژوهش ارتباط بین حد تغییرات و مدت زمان انتظار دریافت کالاها در نظر گرفته شده است. آنها همچنین نشان دادند که زنجیره تامین شش سیگما را می توان به صورت یک برنامه ریزی ریاضی فرمولبندی کرد و یک ایده ی جدید برای مطالعه ی بهینه سازی زنجیره های تامین ارائه کردند [۹]. عبدال مالک و همکاران<sup>۴</sup>، با استفاده از تئوری صف به تنظیم ذخیره اطمینان در یک زنجیره تامین چند مرحله ای پرداخته است. این زنجیره از طریق منقاصه یا مشارکت بلند مدت با تعدادی از پیمانکاران در ارتباط می باشد. زنجیره تامین به عنوان یک سری از صف های پشت سر هم مدل شده و ذخیره اطمینان طوری تنظیم شده که علاوه بر داشتن یک ارتباط پیوسته با پیمانکاران، یک سطح سرویس مناسبی حاصل شود [۱۰]. مو و همکاران<sup>۵</sup>، قابلیت اطمینان زنجیره های تامین را به دو نوع تقسیم بندی نمودند: قابلیت اطمینان ذاتی و قابلیت اطمینان عملیاتی و دو روش برای آنالیز و تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان زنجیره های تامین ارائه دادند [۱۱].

امید و همکاران<sup>۶</sup>، انتخاب مناسب تامین کنندگان در یک زنجیره تامین ارائه کردند. برای این منظور آنها یک مدل برنامه ریزی چندهدفه فازی ارائه کردند که هر کدام از اهداف وزن متفاوتی دارند. هدف از ارائه این مدل از بین بردن هزینه های اضافی و افزایش سرویس دهی و در دسترس بودن تامین کنندگان انتخاب شده در نظر گرفته شدند [۱۲]. نیونوپیس و همکاران<sup>۷</sup>، از سیاست تقسیم استفاده کردند و قابلیت اطمینان تحویل کالاهای نهایی را در زنجیره های تامین تخمین زدند [۱۳]. وانگ و همکاران<sup>۸</sup>، مدل های قابلیت اطمینان را برای زنجیره های تامین در سایزهای بزرگ توسعه دادند و در نهایت مکان انبار و اطلاعات مربوط به تقاضا را تخمین زدند [۱۴]. بوگاتاج و همکاران<sup>۹</sup>، از برنامه ریزی خطی پارامتریک برای تخمین آسیب پذیری زنجیره تامین استفاده کردند [۱۵]. لین<sup>۱۰</sup>، یک شبکه زنجیره تامین چند سطحی را با در

سیستم های سنتی خرید و تدارک و حرکت به سمت سیستم مدیریت زنجیره تامین توسط سازمان ها در سطح دنیا شده است [۲]. البته مدیریت موفق زنجیره تامین مستلزم فهم این مسئله است که شرکت مورد نظر تنها یک بازیگر در زنجیره بلندی است که با تامین کنندگان آغاز شده و متصدیان حمل و نقل، توزیع کنندگان و مشتریان را نیز در بر می گیرد. باید توجه نمود که در محیط رقابتی امروز، رقابت دیگر به صورت شرکت به شرکت تعریف نمی شود، بلکه به صورت یک زنجیره تامین در برابر یک زنجیره تامین دیگر بیان می گردد. این امر نیازمند آن است که کل اعضای زنجیره تامین برای بدست آوردن مزیت رقابتی همکاری بسیار نزدیکی باهم داشته باشند و از طرف دیگر میزان در دسترس پذیری هر یک از اجزاء زنجیره تامین و در نهایت در دسترس پذیری کل زنجیره تامین درصد قابل قبولی باشد [۳]. در امور مهندسی مربوط به زنجیره های تامین در داخل صنایع و همین طور در زنجیره های مربوط به انجام خدمات و ... یک عامل مهم که باید همواره مورد ارزیابی قرار گرفته و اطلاع جامعی از آن در دست باشد، آگاهی از این امر است که سیستم های موجود با چند درصد اطمینان برای انجام ماموریت تعیین شده آمادگی دارند؟ به عبارت دیگر چه احتمالی وجود دارد که سیستم های مامور، در ضمن انجام کار دچار خرابی و رکودهای اضطراری بشوند. در یک برخورد حقیقی با مسئله، بدیهی است که اطمینان کامل (صد در صد) از انجام موفقیت آمیز ماموریت امکان پذیر نخواهد بود. در هر حال چنین امکاناتی را باید همواره در کنار عامل احتمال بیان نمود، به بیان دیگر، در بررسی امکانات و قابلیت های چنین سیستم هایی، باید میزان در دسترس پذیری و احتمال کارکرد موفقیت آمیز و بدون اشکال آن را ارزیابی نمود [۴]. در گذشته مطالعات زیادی در ارتباط با مدیریت ریسک در زنجیره تامین انجام شده است. در این قسمت به بررسی مطالعات پیشین در ارتباط با ریسک های زنجیره تامین پرداخته شده است و تعدادی از آنها بیان شده اند: شکراله و رستمی مهر در مقاله خود عوامل موثر در افزایش اطمینان به تک اعضای زنجیره تامین در راستای انجام وظایف خود (ارائه محصول یا خدمت در زمان معین با کمیت و کیفیت معین) و به دنبال آن قابلیت اطمینان را با استفاده از اصول احتمالات مورد بررسی قرار دادند [۵]. مونز و روبینستین<sup>۱</sup> یک زنجیره مارکوف زمان گسسته برای نحوه بیان احتمال انتقال وضعیت از حالت خراب به حالت سالم یا در حال کار برای زنجیره های تامین ارائه دادند [۶]. نورنگ و مالک، یک مدل دوهدفه فازی را بر اساس هزینه کل و سطح سرویس مشتری جهت تنظیم ذخیره اطمینان در زنجیره تامین شرکت قطعات محوری خراسان توسعه داده اند. همچنین انواع محدودیت های موجود در این واحد صنعتی مانند ظرفیت تولید، اندازه دسته در سفارش مواد اولیه و محدودیت مالی در

## ۲. محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره تامین

در این مقاله با استفاده از تکنیک های قابلیت اطمینان و سیستم های صف و ارائه رویکردی تلفیقی از سیستم های سری-موازی قابلیت اطمینان و زنجیره های مارکوف نسبت به محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره های تامین اقدام می‌گردد. متغیر وابسته در این مدل شاخص دسترس پذیری زنجیره تامین و متغیر مستقل زمان خرابی هر یک از ماشین آلات موجود در زنجیره تامین که از توزیع نمایی با پارامتر  $\lambda$  تبعیت می‌کند، می‌باشند. همچنین زمان تعمیر و تنظیم هر یک از دستگاه ها در واحدهای تولیدی مختلف زنجیره تامین با توزیع نمایی و نرخ  $\mu$  به عنوان متغیر مداخله گر معرفی می‌گردد و در هر واحد تولیدی یک خدمت دهنده وجود دارد. در این پژوهش زنجیره تامین مورد نظر را به چهار سطح تامین کنندگان، تولید کننده محصول نهایی، انبارهای مرکزی و مشتریان نهایی تقسیم می‌کنیم و دسترس پذیری هر یک از واحدهای تولیدی و در ادامه دسترس پذیری هر یک از سطوح و در نهایت شاخص دسترس پذیری کل زنجیره تامین از حاصلضرب دسترس پذیری هر یک از سطوح زنجیره به دست می‌آید چرا که سطوح مختلف زنجیره تامین به صورت سری در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. در این مساله فرض می‌شود که برای اینکه مشتری مورد نظر بتواند به محصول درخواستی خود برسد باید تامین کنندگان قطعات که به صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند و به صورت مستقل از هم کار می‌کنند همگی در دسترس باشند یعنی در سطح تامین کنندگان با یک سیستم  $m$  از  $m$  که  $m$  تعداد واحدهای تامین کننده در سطح تامین کنندگان زنجیره تامین است روبرو هستیم و همچنین واحد مونتاژ کارخانه تولیدکننده محصول نهایی که شامل دستگاههای نیمه اتوماتیک می‌باشد نیز باید در دسترس باشد.  $\pi_i$  نشان دهنده احتمال این است که تعداد اجزاء خراب در هر واحد تولیدی از زنجیره تامین در بلند مدت  $i$  عدد می‌باشد و به ترتیب  $\pi_i$ ها برای تمام واحدهای تولیدی به تفکیک سطوح زنجیره تامین محاسبه می‌شود و در ادامه با توجه به اینکه ماشین آلات موجود در هر واحد تولیدی به صورت سری در کنار یکدیگر قرار گرفته اند و برای آنها ماشین رزرو در نظر گرفته نشده است شاخص دسترس پذیری برای هر واحد تولیدی از زنجیره تامین از رابطه زیر:

$$A = \pi_0 \quad (1)$$

به دست می‌آید. البته جهت محاسبه شاخص دسترس پذیری در سطح انبارهای مرکزی فروش، متوسط کمبود سالیانه را بر تقاضای کل سالیانه محصول نهایی تقسیم کرده و مقدار بدست آمده از یک کم شده است. در نهایت با توجه به اینکه سطوح زنجیره تامین به صورت

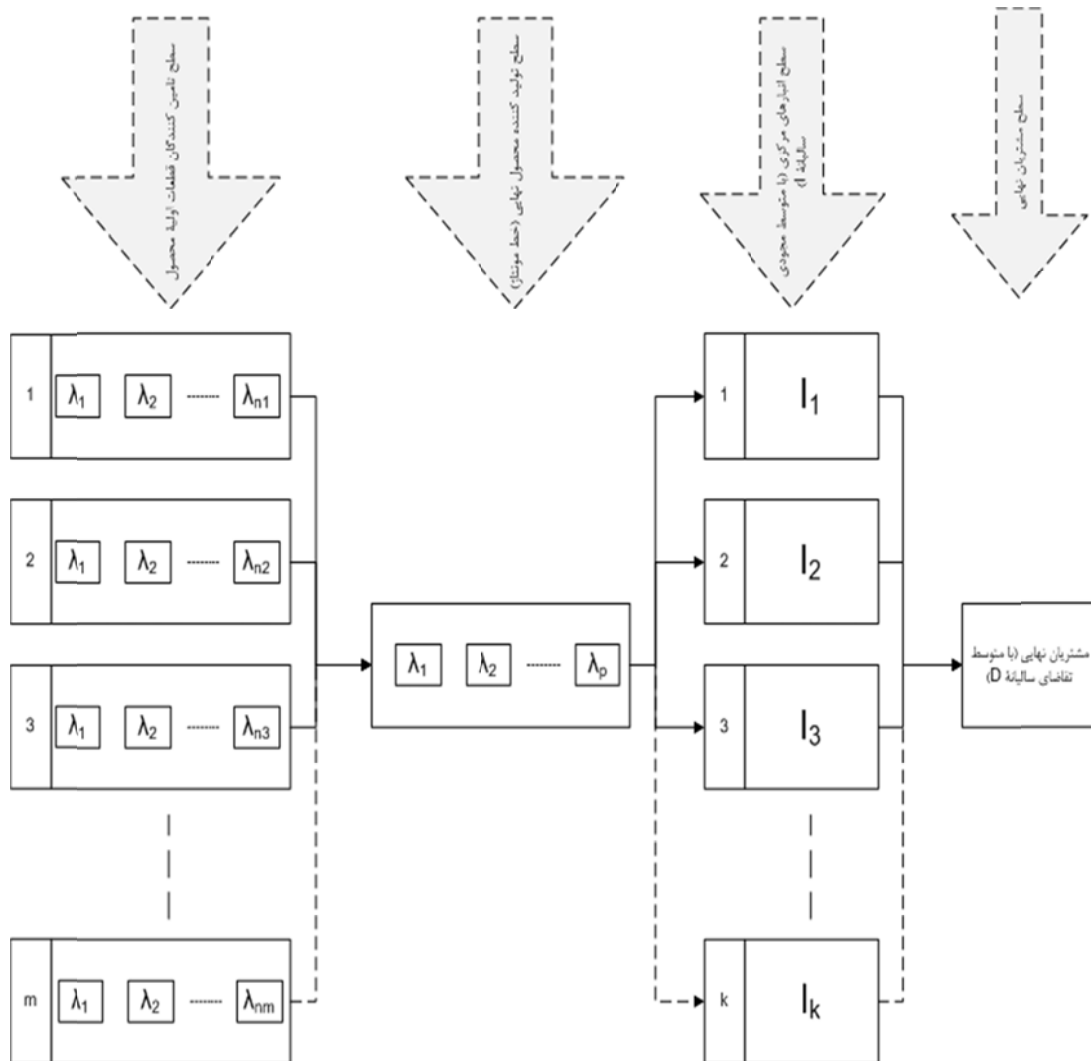
نظر گرفتن گره های شکست و با استفاده از مسیر های مینیمال مورد ارزیابی قرار دادند و قابلیت اطمینان زنجیره را محاسبه نمودند [۱۶]. کاردن والدس و همکاران<sup>۱۱</sup>، یک شبکه تولید و توزیع دو قسمتی را با تعدادی کارخانه تولیدی، چند مشتری و یک مجموعه از مراکز توزیع در نظر گرفته‌اند. مهمترین هدف آنها توسعه ادبیات موجود با دخالت دادن عدم قطعیت تقاضای مشتریان در محل مراکز توزیع و انتخاب راه حمل و نقل و همچنین طراحی شبکه‌ای که قادر به برآورده کردن اهداف اقتصادی و کیفی تصمیم‌گیرنده در دو سطح شبکه تامین باشد، بوده است. مسئله را به شکل یک مسئله منابع عدد صحیح دو مرحله‌ای فرمول‌بندی کرده‌اند تا به یک مجموعه پیکربندی‌های بهینه شبکه و تخصیص راه‌های حمل و نقل و جریانهای متناظر در جهت حداقل‌سازی همزمان هزینه و زمان انتظار مشتری برسند. آنها یک مدل بهینه‌سازی تصادفی تحت عدم قطعیت تقاضا توسعه داده‌اند که در آن ریسک موجود را با سناریوها نشان داده‌اند [۱۷]. تقی زاده و حافظی، از طریق ارزیابی روابط بین قسمتهای مختلف زنجیره تامین و با استفاده از اصول و قوانین احتمال و همچنین استفاده از SCOR، قابلیت اطمینان زنجیره در کارخانه خودروسازی تبریز را محاسبه نمودند. بدین منظور آنها ابتدا زنجیره تامین مورد نظر را به بخش‌های مختلف تامین کنندگان ابتدایی و ثانویه، مشتریان ابتدایی و نهایی و کارخانه تولید کننده تقسیم نمودند. براساس روابط بین قسمتهای مختلف، زنجیره تامین به زیر بخش های متفاوت تقسیم بندی شده و در ادامه قابلیت اطمینان هر سطح از زنجیره تامین و در نهایت قابلیت اطمینان کل زنجیره تامین محاسبه شده است [۱۸].

در این پژوهش با استفاده از تکنیک های قابلیت اطمینان و سیستم‌های صف و ارائه رویکردی تلفیقی از سیستم های سری - موازی قابلیت اطمینان و زنجیره های مارکوف نسبت به محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره های تامین اقدام می‌گردد و نوآوری این پژوهش نسبت به پژوهش های قبلی، استفاده و تلفیق دو رویکرد اصول قابلیت اطمینان و سیستمهای صف می‌باشد.

پژوهش حاضر در قالب سه بخش تدوین شده است. بخش اول شامل بیان داده های استفاده شده در مساله و روش انجام پژوهش شامل تلفیق سیستمهای سری-موازی قابلیت اطمینان و زنجیره‌های مارکوف جهت محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره تامین می‌باشد. در بخش دوم نتایج حاصل از یافته های پژوهش مطرح شده است. و در بخش سوم به نتیجه گیری و بحث در مورد یافته‌های پژوهش و همچنین تعمیم این پژوهش پرداخته شده است.

حاصل‌ضرب در دسترس پذیری هر یک از سطوح زنجیره به دست می‌آید. زنجیره تامین مورد نظر در شکل ۱ نشان داده شده است.

سری در کنار یکدیگر قرار گرفته اند با استفاده از اصول احتمال و قابلیت اطمینان، شاخص دسترس‌پذیری کل زنجیره تامین از



شکل ۱. زنجیره تامین به تفکیک سطوح مختلف

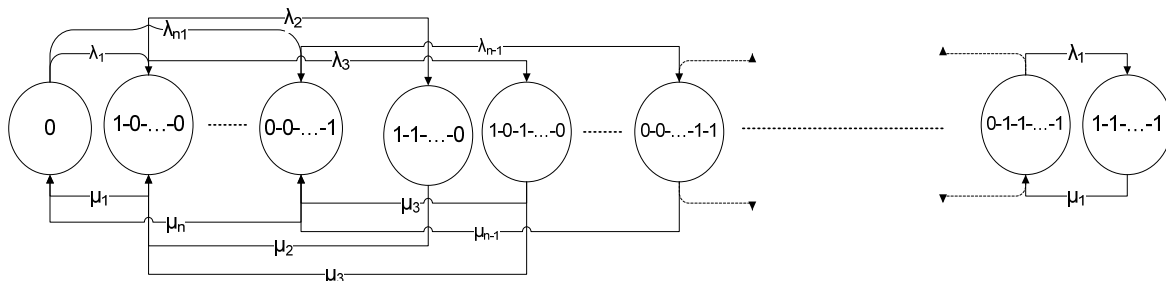
جزء اول سطح تامین کنندگان قطعات اولیه تشریح گردیده اند. همانطور که در شکل ۱ مشاهده میشود سطح تامین کنندگان قطعات اولیه دارای  $m$  جزء و هر یک از این اجزا به طور جداگانه و مستقل از جزء دیگر به زنجیره مارکوف تبدیل میشوند. البته این نکته قابل ذکر است که وضعیتهای موجود در هر یک از اجزای زنجیره تامین در دو سطح تامین کنندگان قطعات اولیه و تولید کننده محصول نهایی شامل وضعیتهای سالم و خراب دستگاههای موجود در هر از اجزا میشود.

همانطور که مشاهده می‌شود در این زنجیره تامین سطح تامین کنندگان قطعات اولیه دارای  $m$  جزء و سطح تولید کننده محصول نهایی دارای یک جزء می‌باشند. در مرحله بعد برای هر یک از اجزای زنجیره تامین در سطوح تامین کنندگان قطعات اولیه محصول و سطح تولید کننده محصول نهایی تشریح وضعیت کرده و برای هر یک از اجزاء مورد نظر نمودار آهنگ انتقال و در ادامه ماتریس آهنگ انتقال رسم می‌شود. وضعیتهای موجود در هر یک از اجزای این زنجیره تامین به صورتی که در جدول ۱ نشان داده شده است، تشریح می‌گردند، البته در این جدول فقط وضعیتهای

## جدول ۱. تشریح وضعیت‌های ماشین آلات در سطح تامین کنندگان قطعات اولیه جزء اول

شماره وضعیت	تشریح وضعیت
۰	صفر ماشین خراب
۱-۰-۰-۰-...	یک ماشین خراب و ماشین شماره ۱ خراب
۰-۱-۰-۰-...	یک ماشین خراب و ماشین شماره ۲ خراب
۰-۰-۱-۰-۰-...	یک ماشین خراب و ماشین شماره ۳ خراب
⋮	⋮
۰-۰-۰-...-۰-۱	یک ماشین خراب و ماشین شماره $n_1$ خراب
۱-۱-۰-۰-۰-...	دو ماشین خراب و ماشینهای شماره ۱ و ۲ خراب
۱-۰-۱-۰-۰-...	دو ماشین خراب و ماشینهای شماره ۱ و ۳ خراب
⋮	⋮
۰-۰-۰-...-۱-۱	دو ماشین خراب و ماشینهای شماره $(n_1-1)$ و $n_1$ خراب
۱-۱-۱-۰-۰-...	سه ماشین خراب و ماشینهای شماره ۱، ۲ و ۳ خراب
۱-۰-۱-۱-۰-۰-...	سه ماشین خراب و ماشینهای شماره ۱، ۳ و ۴ خراب
⋮	⋮
۰-۰-۰-...-۱-۱-۱	سه ماشین خراب و ماشینهای شماره $(n_1-2)$ ، $(n_1-1)$ و $n_1$ خراب
⋮	⋮
۱-۱-۰-...-۱-۱	$n_1$ ماشین خراب

با توجه به تعریف وضعیت‌ها میتوان مستقیماً دیاگرام آهنگ انتقال وضعیت را برای جزء اول به صورت نشان داده شده در شکل ۲ ترسیم نمود.



شکل ۲. دیاگرام آهنگ انتقال وضعیت برای جزء اول در سطح تامین کنندگان قطعات اولیه

جدول  $Q_{1-1}$  نشان داده شده در قالب جدول ۲، ماتریس آهنگ انتقال وضعیت برای جزء اول در سطح تامین کنندگان قطعات اولیه محصول می‌باشد.

با توجه به نمودار آهنگ انتقال ترسیم شده در قسمت قبل، میتوان در مرحله بعد ماتریس آهنگ انتقال را برای هر یک از اجزای زنجیره تامین در سطوح تامین کنندگان قطعات اولیه و سطح تولید کننده محصول نهایی ترسیم نمود.

جدول ۲. ماتریس آهنگ انتقال مربوط به جزء اول در سطح تامین کنندگان قطعات اولیه (ماتریس  $Q_{1-1}$ )

	$0$	$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\dots$	$\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\dots$	$\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 1 \end{matrix}$	$\dots$	$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{matrix}$
$0$	$-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n)$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\dots$	$\lambda_{n1}$	$0$	$0$	$0$	$\dots$	$0$	$0$	$0$	$\dots$	$0$
$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\mu_1$	$-(\mu_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \dots + \lambda_{n1})$	$0$	$0$	$\dots$	$0$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\dots$	$0$	$0$	$0$	$\dots$	$0$
$\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 1 \end{matrix}$	$\mu_2$	$0$	$-(\mu_2 + \lambda_1 + \lambda_3 + \dots + \lambda_{n1})$	$0$	$\dots$	$0$	$\lambda_1$	$0$	$0$	$\dots$	$0$	$0$	$0$	$\dots$	$0$
$\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\mu_3$	$0$	$0$	$-(\mu_3 + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4 + \dots + \lambda_{n1})$	$\dots$	$0$	$0$	$\lambda_1$	$0$	$\dots$	$0$	$0$	$0$	$\dots$	$0$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$\mu_{n1}$	$0$	$0$	$0$	$\dots$	$-(\mu_{n1} + \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_{n1-1})$	$0$	$0$	$0$	$\dots$	$\lambda_{n1-1}$	$0$	$0$	$\dots$	$0$
$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{matrix}$	$0$	$\mu_2$	$\mu_1$	$0$	$\dots$	$0$	$-(\mu_2 + \mu_1 + \lambda_3 + \lambda_4 + \dots + \lambda_n)$	$0$	$0$	$\dots$	$0$	$\lambda_3$	$0$	$\dots$	$0$
$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{matrix}$	$0$	$\mu_3$	$0$	$\mu_1$	$\dots$	$0$	$-(\mu_3 + \mu_1 + \lambda_2 + \lambda_4 + \dots + \lambda_{n1})$	$0$	$\dots$	$0$	$\lambda_2$	$\lambda_4$	$\dots$	$0$	$\dots$
$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$	$0$	$\mu_4$	$0$	$0$	$\dots$	$0$	$-(\mu_4 + \mu_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_{n1})$	$0$	$0$	$\dots$	$0$	$\lambda_3$	$\dots$	$0$	$\dots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$





$$\left\{ \begin{array}{l} (\pi_0 \pi_{1-0-0-0-0} \pi_{0-1-0-0-0} \pi_{0-0-1-0-0} \dots \pi_{0-0-0-0-1} \pi_{1-1-0-0-0} \pi_{1-0-1-0-0} \dots \pi_{1-1-1-0-0} \dots \pi_{1-1-1-1-1}) \times Q = 0 \\ \sum \pi_i = 1 \end{array} \right. \quad (3)$$

البته جهت محاسبه شاخص دسترس پذیری در سطح انبارهای مرکزی فروش، متوسط کمبود سالیانه را بر تقاضای کل سالیانه محصول نهایی تقسیم کرده و مقدار بدست آمده را از یک کم شده است که روش رسیدن به شاخص دسترس پذیری در سطح انبارهای مرکزی فروش در زیر ارائه شده است:

در این مدل کنترل موجودی، کمبود موجودی جایز است. در مدل تقاضای پس افت، تمامی تقاضاها باید پاسخ داده شوند بنابراین تقاضاهایی که با کمبود موجودی رو می‌شوند با یکدیگر جمع شده و تقاضای پس افت را تشکیل می‌دهند. زمانی که مواد سفارش داده شده انبار می‌رسند، ابتدا تقاضاهای پس افت ارضا می‌گردند و سپس مقدار مواد باقیمانده از سفارش بدست آمده، به انبار منتقل می‌شود. لازم به تذکر است که اگر تاخیر در تامین تقاضاها، هزینه‌ای در بر نداشته باشد، روش بهینه در سیستم موجودی آن است که هرگز موجودی در دست، از صفر بیشتر نشود و سیستم متحمل هزینه‌های نگهداری نگردد و با مراجعه مشتری نسبت به تامین تقاضا اقدام گردد و همچنین اگر هزینه‌های تقاضای پس افت خیلی گران باشد، هرگز سیستم نباید با کمبود روبرو شود و چنانچه هزینه تقاضای پس افت بین این دو باشد تعیین مقدار سفارش اقتصادی به نحو مناسب با هدف کمینه کردن هزینه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است.

معرفی پارامترهای بکار رفته در مدل تقاضای پس افت:

Q: مقدار هر بار سفارش

D: تقاضای سالیانه محصول نهایی

N: تعداد دوره‌ها در سال

b: مقدار کمبود در هر دوره

T: فاصله زمانی بین دو سفارش متوالی

t<sub>1</sub>: مدت زمانی از یک دوره که در آن کمبود وجود ندارد.

t<sub>2</sub>: مدت زمانی از یک دوره که با کمبود روبرو هستیم.

در این قسمت مشاهده می‌شود که:

$$t_2 = \frac{b}{D} \quad \text{مدت زمان وجود کمبود در یک دوره,} \quad t_1 = \frac{Q-b}{D} \quad \text{مدت زمان عدم وجود کمبود در یک دوره} \quad (6)$$

$$\Rightarrow T = t_1 + t_2 = \frac{Q-b}{D} + \frac{b}{D} = \frac{Q}{D}$$

$$N = \frac{1}{T} = \frac{D}{Q} \Rightarrow \text{تعداد دوره‌ها در سال} = N = \frac{1}{T} = \frac{D}{Q} \Rightarrow \text{متوسط کمبود در هر دوره} = \frac{bt_2}{2} = b \left( \frac{b}{2D} \right) = \frac{b^2}{2D} \quad (7)$$

$$\text{متوسط کمبود سالیانه} = \left( \frac{D}{Q} \right) \times \left( \frac{b^2}{2D} \right) = \frac{b^2}{2Q}$$

در ادامه درصد مشتریانی که در این مدل با کمبود روبرو می‌شوند را محاسبه می‌شود:

در ادامه با توجه به اینکه ماشین آلات موجود در هر واحد تولیدی به صورت سری در کنار یکدیگر قرار گرفته اند و برای آنها ماشین رزرو در نظر گرفته نشده است شاخص دسترس پذیری برای هر واحد تولیدی از زنجیره تامین از رابطه زیر:

$$A = p(\text{تعداد ماشین آلات خراب صفر باشد}) = \pi_0 \quad (4)$$

به دست می‌آید. در این مساله فرض می‌شود که برای اینکه مشتری مورد نظر بتواند به محصول درخواستی خود برسد باید تامین کنندگان قطعات که به صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند و به صورت مستقل از هم کار می‌کنند همگی در دسترس باشند یعنی در سطح تامین کنندگان با یک سیستم m از m که m تعداد واحدهای تامین کننده در سطح تامین کنندگان زنجیره تامین است روبرو هستیم و همچنین واحد مونتاژ کارخانه تولیدکننده محصول نهایی که شامل دستگاههای نیمه اتوماتیک می‌باشد نیز باید در دسترس باشد.

بنابراین شاخص در دسترس پذیری در سطح تامین کنندگان قطعات اولیه محصول به صورت زیر محاسبه میشود:

$$A_{(\text{سطح تامین کنندگان})} = \pi_{0-1} \times \pi_{0-2} \times \dots \times \pi_{0-M} \quad (5)$$

M تعداد واحدهای تولیدی در سطح تامین کنندگان قطعات اولیه محصول می‌باشد.

$\pi_{0-i}$  احتمال این را نشان میدهد که تعداد ماشین آلات خراب در بلند مدت و در واحد تولید کننده i ام از سطح تامین کنندگان قطعات اولیه صفر باشد.

و همچنین شاخص دسترس پذیری سطح تولیدکننده محصول نهایی که شامل خط مونتاژ و دستگاههای نیمه اتوماتیک است نیز مانند اجزاء سطح تامین کنندگان قطعات اولیه محاسبه میشود.

$$\text{درصد مشتریانی که با کمبود روبرو شده اند} = \frac{\text{متوسط کمبود سالیانه}}{\text{تقاضای کل سالیانه}} = \frac{\frac{b^2}{2Q}}{D} = \frac{b^2}{2QD} \quad (8)$$

$$\text{شاخص دسترس پذیری انبار} = \text{درصد مشتریانی که با کمبود روبرو نشده اند} \\ = 1 - \left( \text{درصد مشتریانی که با کمبود روبرو شده اند} \right) = 1 - \frac{b^2}{2QD} \quad (9)$$

سطح انبارهای مرکزی فروش می‌توان به این نکته اشاره کرد که میزان کمبود سالیانه و در نتیجه مقدار عددی شاخص دسترس پذیری در انبار مرکزی فروش به میزان تقاضای سالانه از محصول نهایی، هزینه‌های انبارداری و سیاستها و سیستم کنترل موجودی انبار و نوع سفارش دهی کالا بستگی دارد و از این موضوع میتوان استقلال این دو سطح از زنجیره تامین را نتیجه گیری نمود، با استفاده از اصول احتمال و قابلیت اطمینان، شاخص دسترس پذیری کل زنجیره تامین از حاصلضرب در دسترس پذیری هر یک از سطوح زنجیره به دست می‌آید:

$$A_{(\text{زنجیره تامین})} = A_{(\text{سطح تامین کنندگان قطعات اولیه})} \times A_{(\text{سطح تولید کننده محصول نهایی})} \times A_{(\text{سطح انبارهای مرکزی فروش})} \quad (10)$$

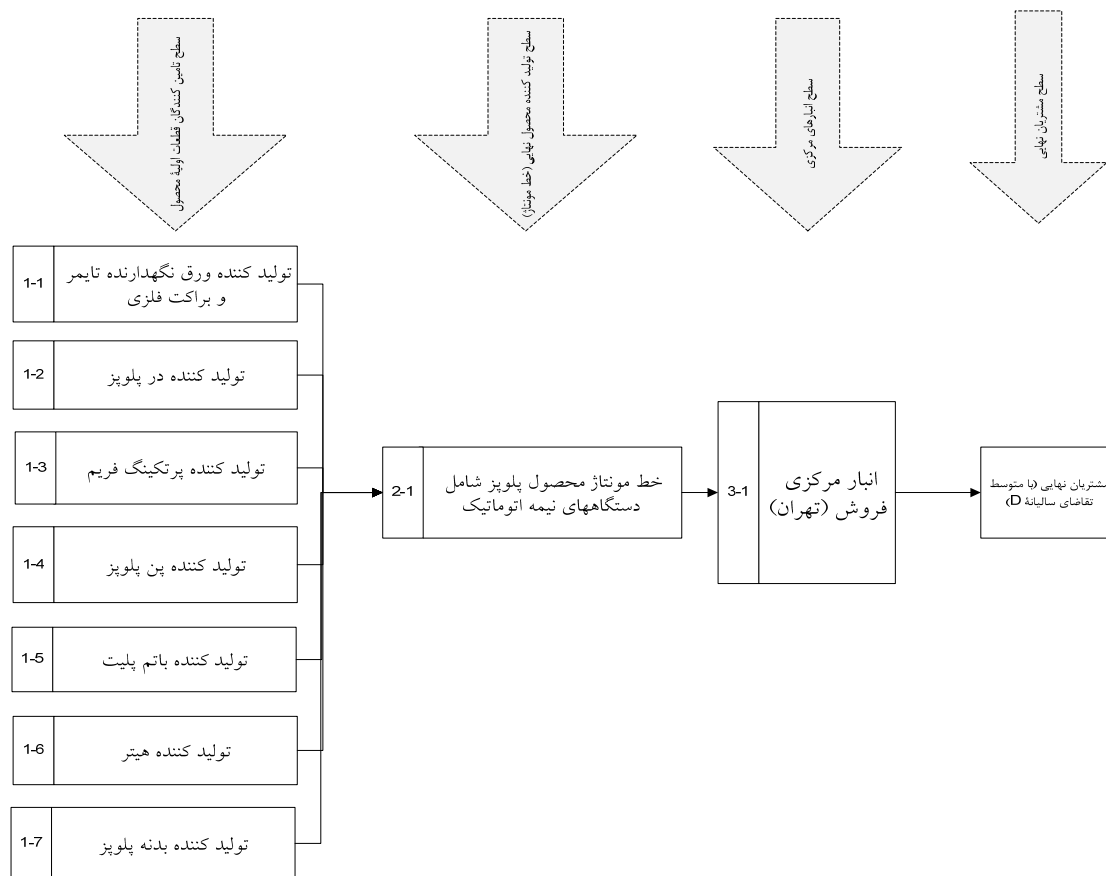
خط مونتاژ از نمودار مونتاژ محصول نهایی بدست آمده است. و در ادامه به تعیین سیستم صف و پارامترهای آن در هر واحد تولیدی پرداخته شده است. و در پایان شاخص دسترس پذیری خط مونتاژ برای محصول پلوپز بدست آمده است. در جدول ۳ منظور از نرخ خرابی، تعداد خرابیها در ساعت و نرخ تعمیر، تعداد تعمیرات انجام شده در ساعت می‌باشد. همچنین اطلاعات مربوط به انبار مرکزی فروش شامل سیستم کنترل موجودی و پارامترهای آن از فرمها و جداول موجود در قسمت فروش و بازاریابی این شرکت پاناسونیک بدست آمده است.

مجموع زمانهای صرف شده برای تعمیرات و مجموع زمان استفاده شده از تجهیز موجود در جدول ۳ مربوط به هر قطعه، از فرمهای موجود در بخش نگهداری و تعمیرات واحد تولیدی بدست آمده است.

در نهایت با توجه به اینکه سطوح زنجیره تامین به صورت سری در کنار یکدیگر قرار گرفته اند و عملکرد دستگاهها در هر یک از واحدهای تولیدی موجود در سطوح تامین کنندگان قطعات اولیه محصول و تولید کننده محصول نهایی مستقل از یکدیگر می‌باشند و همچنین شاخص دسترس پذیری برای سطوح تامین کننده قطعات اولیه و سطح تولید کننده محصول نهایی از لحاظ سالم و خراب بودن دستگاههای موجود در واحدهای تولیدی این سطوح محاسبه شده و مورد بررسی قرار گرفته است و همچنین با توجه به اینکه در خصوص استقلال سطح تولید کننده محصول نهایی و

### ۳. مطالعه موردی و یافته‌ها

تامین کنندگان قطعات نیمه ساخته این شرکت برای محصول پلوپز عبارت از تامین کننده (تولید کننده) ورق نگهدارنده تایمر و براکت فلزی، تامین کننده لید (در پلوپز)، تامین کننده پرتکینگ فریم پلوپز، تامین کننده پن پلوپز، تامین کننده باتم پلیت، تامین کننده هیتر، تامین کننده بدنه پلوپز می‌باشند. تولید کننده محصول نهایی شرکت صنایع الکتریکی پاناسونیک می‌باشد که شامل خط مونتاژی شامل دستگاههایی نیمه اتوماتیک برای مونتاژ قطعات پلوپز می‌باشد. در سطح انبارهای مرکزی فروش یک انبار در تهران می‌باشد. در شکل ۳ زنجیره تامین مربوط به محصول پلوپز نشان داده شده است. در این قسمت نمودار مراحل ساخت قطعات از نمودار فرایند جریان و در نهایت دستگاههای استفاده شده در



شکل ۳. زنجیره تامین محصول پلویز

مراحل ساخت قطعه ورق نگهدارنده تایمر و براکت فلزی و دستگاههای مورد استفاده در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. نمودار مراحل ساخت مربوط به قطعه ورق نگهدارنده تایمر و براکت فلزی

نمودار مراحل ساخت ورق نگهدارنده تایمر و براکت فلزی																
شماره عملیات	شرح عملیات	نام یا شماره ماشین	تعداد خرابیها در ماه	تعمیرات (دقیقه)	شده ماهیانه برای	مجموع زمان صرف	در ماه (دقیقه)	استفاده از تجهیزات	مجموع زمان برای	تعمیر (دقیقه)	متوسط زمان برای	استفاده از تجهیزات (دقیقه)	متوسط زمان	تجهیز	نرخ تعمیر (٪)	نرخ خرابی (٪)
۱	قیچی ورق به ابعاد مربوطه	قیچی	۲۴	۶۰۰	۶۰۰	۲۴	۵۰۰	۶۰۰	۲۵	۲۵	۲۰۸.۳۳	۲۰۸.۳۳	۲.۴	۲.۴	۰.۲۸	۰.۲۸
۲	فرم دادن براکت	پرس ۲۵ تن	۳۰	۶۶۰	۶۶۰	۳۰	۶۰۰	۶۶۰	۲۲	۲۲	۲۰۰	۲۰۰	۲.۷	۲.۷	۰.۳	۰.۳
۳	قلاویز کاری	دستگاه قلاویز	۲۵	۶۸۰	۶۸۰	۲۵	۵۵۰	۶۸۰	۲۷.۲	۲۷.۲	۲۲۰	۲۲۰	۲.۲	۲.۲	۰.۲۷	۰.۲۷

متعلق به قطعه ورق نگهدارنده تایمر و براکت فلزی در جدول ۴ نشان داده شده است.

مدل زنجیره مارکوف برای قطعه ی ورق نگهدارنده تایمر و براکت فلزی به صورت زیر است. وضعیت‌های موجود در زنجیره مارکوف

#### جدول ۴. وضعیتهای موجود در زنجیره مارکوف مربوط به قطعه ورق نگهدارنده تایمر و براکت فلزی

سطح تامین کنندگان قطعات اولیه محصول، جزء اول (ورق نگهدارنده تایمر و براکت فلزی)

شماره وضعیت	تشریح وضعیت
۰	صفر ماشین خراب
۱-۰-۰	یک ماشین خراب و ماشین شماره ۱ خراب
۰-۱-۰	یک ماشین خراب و ماشین شماره ۲ خراب
۰-۰-۱	یک ماشین خراب و ماشین شماره ۳ خراب
۱-۱-۰	دو ماشین خراب و ماشینهای شماره ۱ و ۲ خراب
۱-۰-۱	دو ماشین خراب و ماشینهای ۱ و ۳ خراب
۰-۱-۱	دو ماشین خراب و ماشینهای ۲ و ۳ خراب
۱-۱-۱	سه ماشین خراب

در این قسمت اعداد موجود در جدول ۵ در ماتریس آهنگ انتقال جایگذاری می‌شوند و ماتریس آنگ انتقال برای قطعه ورق نگهدارنده تایمر و براکت فلزی به صورت زیر می‌شود:

#### جدول ۵. ماتریس آهنگ انتقال برای قطعه ورق نگهدارنده تایمر

	۰	۱-۰-۰	۰-۱-۰	۰-۰-۱	۱-۱-۰	۱-۰-۱	۰-۱-۱	۱-۱-۱
۰	۰	-۰.۸۵	۰.۲۸	۰.۳	۰.۲۷	۰	۰	۰
۱-۰-۰	۰.۳	۲.۴	-۲.۹۷	۰	۰	۰.۲۷	۰	۰
۰-۱-۰	۰.۲۸	۰.۲۷	۰	-۳.۲۵	۰	۰	۰.۲۷	۰
۰-۰-۱	۰.۳	۰.۲۸	۰	-۲.۷۸	۰	۰.۲۸	۰	۰
۱-۱-۰	-۵.۳۷	۰	۲.۴	۰	۲.۷	۰	۰	۰.۲۷
۱-۰-۱	۰	-۴.۹	۰	۲.۴	۰	۲.۲	۰	۰.۳
۰-۱-۱	۰	۰	-۵.۱۸	۰	۲.۷	۰	۲.۴	۰.۲۸
۱-۱-۱	۲.۲	۲.۷	۲.۴	۲.۲	۲.۷	۲.۴	۲.۴	-۷.۳

در مرحله بعد مقادیر مجهول  $\pi_i$  را از حل دستگاه معادلات کلموگروف که در زیر نشان داده شده است محاسبه می‌شود:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\pi_0 \quad \pi_{1-0-0} \quad \pi_{0-1-0} \quad \pi_{0-0-1} \quad \pi_{1-1-0} \quad \pi_{1-0-1} \quad \pi_{0-1-1} \quad \pi_{1-1-1}] \times Q_{1-1} = 0 \\ \sum \pi_i = 1 \end{array} \right. \quad (11)$$

از حل دستگاه معادلات (۱۱) با استفاده از نرم افزار اکسل، مقادیر  $\pi_i$  به صورت زیر بدست آمده اند: نتایج در جدول ۶ نشان داده شده‌اند:

#### جدول ۶. مقادیر $\pi_i$ برای جزء اول از سطح تامین کنندگان

$\pi_i$	$\pi_0$	$\pi_{1-0-0}$	$\pi_{0-1-0}$	$\pi_{0-0-1}$	$\pi_{1-1-0}$	$\pi_{1-0-1}$	$\pi_{0-1-1}$	$\pi_{1-1-1}$
مقادیر $\pi_i$	۰.۷۱۶	۰.۰۸۶	۰.۰۷۹	۰.۰۸۹	۰.۰۰۹۴	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	۰.۰۰۱

بنابراین شاخص دسترس پذیری جزء اول از سطح تامین کنندگان بصورت زیر می‌شود:

$$\pi_0 = 0.716 \quad (12)$$

شاخص دسترس پذیری = احتمال اینکه در بلندمدت صفر دستگاه خراب باشد  $\pi_0 =$

و به همین ترتیب شاخص دسترس پذیری برای دیگر اعضای سطح تامین کنندگان و همچنین سطح تولید کننده محصول نهایی که یک خط مونتاژ و شامل دستگاههایی نیمه اتوماتیک است محاسبه و نتایج در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷. شاخص دسترس پذیری اجزای سطح تامین کنندگان و سطح تولید کننده محصول نهایی

جزء زنجیره تامین	۱-۱	۱-۲	۱-۳	۱-۴	۱-۵	۱-۶	۱-۷	۲-۱
شاخص دسترس پذیری	۰.۷۱۶	۰.۶۲	۰.۶۴	۰.۶۳	۰.۶۶	۰.۶۰۸	۰.۵۹۳	۰.۶۱۰

بطوریکه  $k=n$  باشد، در نظر گرفت. به عبارت دیگر همه اجزای این سطح باید در دسترس باشند. بنابراین شاخص دسترس پذیری سطح تامین کنندگان زنجیره تامین به صورت زیر بدست می‌آید:

و با توجه به اینکه سطح تامین کنندگان هر کدام بصورت جداگانه و مستقل از یکدیگر و به موازات هم، یکی از قطعات پلویز را تولید می‌کنند بنابراین برای اینکه این سطح از زنجیره تامین در دسترس باشد باید این سطح را به صورت یک سیستم  $k$  از  $n$

$$(1-7) \text{ دسترس پذیری} \times \dots \times (1-2) \text{ دسترس پذیری} \times (1-1) \text{ دسترس پذیری} = \text{شاخص دسترس پذیری سطح تامین کنندگان} \quad (13)$$

$$0.716 * 0.62 * 0.64 * 0.63 * 0.66 * 0.608 * 0.593 = 0.043$$

است که روش رسیدن به شاخص دسترس پذیری در سطح انبارهای مرکزی فروش در زیر ارائه شده است: در ادامه درصد مشتریانی که در این مدل با کمبود روبرو می‌شوند را محاسبه می‌شود:

البته جهت محاسبه شاخص دسترس پذیری در سطح انبارهای مرکزی فروش، متوسط کمبود سالیانه را بر تقاضای کل سالیانه محصول نهایی تقسیم کرده و مقدار بدست آمده را از یک کم شده

$$\frac{b^2}{2QD} = \frac{6.25}{2000} = 0.003125 \Rightarrow \text{درصد مشتریانی که با کمبود روبرو شده اند} = \frac{\text{متوسط کمبود سالیانه}}{\text{تقاضای کل سالیانه}} \quad (14)$$

$$\text{شاخص دسترس پذیری انبار} = \text{درصد مشتریانی که با کمبود روبرو نشده اند} = 1 - 0.003125 = 0.997$$

$$1 - (\text{درصد مشتریانی که با کمبود روبرو شده اند}) = 1 - 0.003125 = 0.997$$

مدیریت زنجیره تامین هر روز بیش از پیش، به عنوان عامل تعیین کننده توانایی در رقابت مطرح میشود و همچنین با توجه به نقش زمان در برآورده سازی نیازهای مشتریان نهایی، اهمیت و ضرورت محاسبه دسترس پذیری زنجیره‌های تامین در جهت ایجاد قدرت انتخاب برای مشتریان نهایی در جهت انتخاب در دسترس ترین زنجیره از بین زنجیره‌های مشابه روشن میشود. در این مقاله ابتدا به شناسایی سطوح مختلف زنجیره تامین پرداخته شده و یک زنجیره تامین با چهار سطح تامین کنندگان مواد اولیه، تولید کننده محصول نهایی و مشتریان نهایی در نظر گرفته شده است. در مرحله بعد هر یک از اجزای سطوح مختلف زنجیره شناسایی و در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. در مرحله بعد نمودار فرایند عملیات و ماشین آلات هر یک از اجزای زنجیره تا رسیدن قطعات اولیه و تبدیل آنها به محصول نهایی شناسایی میگردد. در ادامه در هر یک از اجزای سطوح تامین کنندگان قطعات اولیه و سطح تولید کننده محصول نهایی، با توجه به بی حافظه بودن زمان سالم بودن و خراب بودن هر یک از دستگاهها، از توزیع نمایی برای تشریح

در نهایت با توجه به اینکه سطوح زنجیره تامین به صورت سری در کنار یکدیگر قرار گرفته اند با استفاده از اصول احتمال و قابلیت اطمینان، شاخص دسترس پذیری کل زنجیره تامین از حاصلضرب در دسترس پذیری هر یک از سطوح زنجیره به دست می‌آید:

$$A_{\text{تأمین کنندگان قطعات اولیه}} = A_{\text{زنجیره تامین}} \times A_{\text{سطح تولید کننده محصول نهایی}} \times A_{\text{سطح انبارهای مرکزی فروش}} = 0.043 * 0.61 * 0.997 = 0.03 \quad (15)$$

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

امروزه سازندگان علاوه بر رقابت بر روی محصول و کیفیت آن بر روی گردش موجودی و سرعت ورود محصول به بازار نیز به رقابت می‌پردازند که این موضوع اهمیت مدیریت زنجیره تامین و میزان در دسترس بودن آن را بیش از پیش مشخص می‌سازد. محاسبه و بهینه سازی شاخص دسترس پذیری زنجیره تامین را میتوان زیرمجموعه‌ای از مدیریت زنجیره تامین دانست و با توجه به اینکه

$A$  (سطح انبارهای مرکزی فروش)

مطابق رابطه شماره (۱۵)، شاخص دسترس‌پذیری زنجیره تامین مورد مطالعه ۰.۰۳ بدست آمده است. که البته این مقدار خیلی کمی برای این شاخص می‌باشد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل این الگو نشان می‌دهد که هر چه زمان سالم کار کردن دستگاهها بیشتر و زمان تعمیر دستگاهها کمتر باشد شاخص دسترس‌پذیری کل زنجیره تامین بیشتر می‌باشد و بالعکس. بنابراین نتیجه‌ای که از یافته‌های این پژوهش گرفته میشود این است که شاخص دسترس‌پذیری یک زنجیره تامین متغیری وابسته به زمان خرابی و سالم بودن دستگاههای موجود در سطوح تامین کنندگان قطعات اولیه و سطح تولید کننده محصول نهایی می‌باشد. در این مقاله موضوعی که برای مشتریان نهایی اهمیت دارد این است که زنجیره تامین انتخابی آنها باید دارای شاخص دسترس‌پذیری بالایی باشد تا بتوانند در زمان مناسب به درخواستهای خود برسند. بنابراین میتوان گفت که این پژوهش استفاده از اصول قابلیت اطمینان و زنجیره‌های مارکوف در محاسبه شاخص دسترس‌پذیری زنجیره‌های تامین را برای رسیدن به اهداف مدیریتی در سطوح مختلف زنجیره تامین مثل ارزیابی عملکرد و بهبود وضعیت موجود به مدیران بخشهای مربوطه پیشنهاد میدهد که منجر به ارائه کالاها در زمان کمتر به مشتریان نهایی میگردد.

در این قسمت شباهت‌ها و تفاوت‌های مطالعه فعلی با گزیده‌ای از مطالعات قبلی مرتبط با این پژوهش در جدول شماره ۸ آورده شده است.

با مطالعه ادبیات موضوع مرتبط با زنجیره‌های تامین، تحقیقاتی یافت میشود که یا تنها بر شناسایی ریسک‌های زنجیره تامین تاکید داشته و یا بطور کلی به ارائه فرمولهایی کلی برای قابلیت اطمینان بدون در نظر گرفتن ریسک‌های موجود در زنجیره تامین پرداخته اند. و به نظر می‌رسد استفاده همزمان دو رویکرد استفاده شده در این پژوهش و همچنین محاسبه شاخص دسترس‌پذیری زنجیره‌های تامین کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

وضعیت‌های موجود در زنجیره مارکوف استفاده کردیم و در نهایت به این نتیجه رسیدیم که در هر یک از اجزای زنجیره تامین شاخص دسترس‌پذیری برابر با  $\pi_0$  حاصل از حل دستگاه کولموگروف زنجیره مارکوف می‌باشد. در ادامه برای اینکه مشتریان نهایی بتوانند در زمان مشخص به درخواستهای خود برسند باید تمامی اجزای سطح تامین کنندگان قطعات اولیه را به صورت یک سیستم موازی  $k$  از  $m$  به طوریکه  $k=m$  باشد در کنار یکدیگر قرار بگیرند و همچنین همگی باید در دسترس باشند، بنابراین شاخص دسترس‌پذیری برای سطح تامین کنندگان قطعات اولیه به صورت زیر می‌باشد:

$$A_{\text{(سطح تامین کنندگان)}} = \pi_{0-1} \times \pi_{0-2} \times \dots \times \pi_{0-M} \quad (16)$$

که  $M$  تعداد واحدهای تولیدی در سطح تامین کنندگان قطعات اولیه محصول می‌باشد.

$\pi_{0-i}$  احتمال این را نشان میدهد که تعداد ماشین آلات خراب در بلند مدت و در واحد تولید کننده  $i$  ام از سطح تامین کنندگان قطعات اولیه صفر باشد.

و همچنین شاخص دسترس‌پذیری برای سطح تولید کننده محصول نهایی که شامل یک خط مونتاژ و متشکل از دستگاههای نیمه اتوماتیک می‌باشد به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$A = \pi_0 \quad (17)$$

که  $\pi_0$  نشان دهنده احتمال اینست که در سطح تولید کننده محصول نهایی زنجیره تامین تعداد ماشین آلات خراب در بلند مدت صفر باشد.

و در پایان با توجه به اینکه جهت محاسبه شاخص دسترس‌پذیری در سطح انبارهای مرکزی فروش، متوسط کمبود سالیانه را بر تقاضای کل سالیانه محصول نهایی تقسیم کرده و مقدار بدست آمده از یک کم شده است. شاخص دسترس‌پذیری برای کل زنجیره تامین مورد نظر به صورت زیر محاسبه میگردد:

$$A_{\text{(زنجیره تامین)}} = A_{\text{(سطح تامین کنندگان قطعات اولیه)}} \times A_{\text{(سطح تولید کننده محصول نهایی)}} \quad (18)$$

جدول ۸. مقایسه تحقیق انجام شده با سایر پژوهش‌ها در این حوزه

نام نویسندگان	سال مطالعه	شرح مختصر مسئله مطرح شده	تفاوت نظری	نتایج کاربردی
شکراله و رستمی مهر	۱۳۸۶	بررسی عوامل موثر در افزایش اطمینان به تک تک اعضای زنجیره تامین	استفاده از اصول احتمالات جهت تعیین قابلیت اطمینان زنجیره تامین	محاسبه قابلیت اطمینان زنجیره تامین

نورنگ و مالک	۱۳۹۱	یک مدل دوهدفه فازی را بر اساس هزینه کل و سطح سرویس به مشتری جهت تنظیم ذخیره اطمینان در زنجیره تامین شرکت قطعات محوری خراسان توسعه داده اند. از طریق ارزیابی روابط بین قسمتهای مختلف زنجیره تامین و با استفاده از اصول و قوانین احتمال و همچنین استفاده از SCOR، قابلیت اطمینان زنجیره در کارخانه خودروسازی تبریز را محاسبه نمودند.	مدلسازی با استفاده از یک سیستم خبره فازی با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود در واحد صنعتی مانند ظرفیت تولید، اندازه دسته در سفارش مواد اولیه و غیره	قابلیت اطمینان فازی تامین کنندگان و پیمانکاران تعیین گردیده و در نهایت ذخیره اطمینان به نحوی تنظیم گردیده که هزینه کل مینیمم و سطح سرویس به مشتری به یک حد از پیش تعیین شده رسیده است.
تقی زاده و حافظی	۲۰۱۲	در کارخانه خودروسازی تبریز را محاسبه نمودند.	اصول و قوانین احتمال و همچنین از استفاده از مدل SCOR جهت محاسبه قابلیت اطمینان زنجیره تامین	محاسبه قابلیت اطمینان هر سطح از زنجیره تامین و در نهایت محاسبه قابلیت اطمینان کل زنجیره تامین
مونز و روبینستین	۱۹۸۵	گسسته برای نحوه بیان احتمال انتقال وضعیت از حالت سالم یا در حال کار برای زنجیره‌های تامین ارائه دادند.	زنجیره‌های مارکوف	ارائه نحوه بیان انتقال وضعیت از حالت خراب به سالم یا در حال کار برای زنجیره‌های تامین
لو و همکاران	۲۰۰۳	مدل‌های زنجیره تامین بر پایه مدل متا را بنا نهادند و از این طریق قابلیت اطمینان زنجیره تامین را مورد آنالیز قرار دادند.	محاسبه قابلیت اطمینان زنجیره تامین بر پایه مدل متا	محاسبه قابلیت اطمینان زنجیره تامین
امید و همکاران	۲۰۰۶	انتخاب مناسب تامین کنندگان در یک زنجیره تامین ارائه کردند. برای این منظور آنها یک مدل برنامه ریزی چندهدفه فازی ارائه کردند که هر کدام از اهداف وزن متفاوتی دارند.	مدل برنامه ریزی چند هدفه فازی	انتخاب مناسب تامین کنندگان در جهت از بین بردن هزینه‌های اضافی و افزایش سرویس دهی و در دسترس بودن تامین کنندگان انتخاب شده
نیوونوویس و همکاران	۲۰۰۶	از سیاست تقسیم استفاده کردند و قابلیت اطمینان تحویل کالاها را در زنجیره‌های تامین تخمین زدند.	استفاده از سیاست تقسیم	محاسبه قابلیت اطمینان زنجیره تامین
وانگ و همکاران	۲۰۰۶	مدلهای قابلیت اطمینان را برای زنجیره‌های تامین در سایزهای بزرگ توسعه دادند. و در نهایت مکان انبار و اطلاعات مربوط به تقاضا را تخمین زدند.	اصول قابلیت اطمینان	توسعه مدل‌های قابلیت اطمینان برای زنجیره‌های تامین در سایزهای بزرگ
لین	۲۰۰۹	یک شبکه زنجیره تامین چند سطحی را با در نظر گرفتن گره‌های شکست و با استفاده از مسیرهای مینیمال مورد ارزیابی قرار دادند و قابلیت اطمینان زنجیره را محاسبه نمودند.	استفاده از روش مسیرهای مینیمال	محاسبه قابلیت اطمینان زنجیره تامین

<p>حداقل سازی همزمان هزینه و زمان انتظار مشتری</p>	<p>مدلسازی عدد صحیح</p>	<p>یک شبکه تولید و توزیع دو قسمتی را با تعدادی کارخانه تولیدی، چند مشتری و یک مجموعه از مراکز توزیع در نظر گرفته‌اند. مهمترین هدف آنها توسعه ادبیات موجود با دخالت دادن عدم قطعیت تقاضای مشتریان در محل مراکز توزیع و انتخاب راه حمل‌ونقل و همچنین طراحی شبکه‌ای که قادر به برآورده کردن اهداف اقتصادی و کیفی تصمیم‌گیرنده در دوسطح شبکه تأمین باشد، بوده است.</p>	<p>۲۰۱۰</p>	<p>کاردن والداس و همکاران</p>
<p>محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره تامین</p>	<p>الگویی تلفیقی از زنجیره‌های مارکوف و سیستمهای سری- موازی قابلیت اطمینان</p>	<p>ارائه الگویی تلفیقی از سیستمهای سری- موازی قابلیت اطمینان و زنجیره‌های مارکوف جهت محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره‌های تامین</p>	<p>۱۳۹۲</p>	<p>پژوهش حاضر</p>

- محدودیت‌های ظرفیتی در سطح انبارهای مرکزی فروش مثل تعداد کالاهایی که می‌توانند در انبارها قرار گیرند در نظر گرفته نشده‌اند.
- میزان دسترسی به نیروی کار انسانی در این مقاله در نظر گرفته نشده است و فقط دسترس پذیری به دستگاهها مد نظر می‌باشد.
- با توجه به محدودیت‌های ذکر شده پیشنهادت زیر برای پژوهشهای آتی ارائه می‌شود:
- بهینه سازی زمان خرابی و سالم بودن دستگاهها در سطوح مختلف زنجیره تامین.
- میتوان بخش‌های مختلف زنجیره تامین را به صورت ریزبینانه تری مورد بررسی قرار داد و حتی ظرفیت‌های انبارهای نهایی و انبارهای در جریان ساخت را در محاسبه شاخص دسترس پذیری در نظر گرفت.
- میتوان میزان در دسترس بودن نیروی انسانی کار را نیز در هر یک از سطوح مختلف زنجیره تامین در نظر گرفت و در محاسبه شاخص دسترس پذیری زنجیره‌های تامین مد نظر قرار داد.

- مزایای استفاده و تلفیق اصول قابلیت اطمینان و زنجیره‌های مارکوف در اینگونه زنجیره‌های تامین به صورت زیر است:
- محاسبه یک شاخص با عنوان دسترس پذیری که مشتریان نهایی کالاها را در انتخاب زنجیره تامین مناسب از بین زنجیره‌های گوناگون مخیر می‌گذارد.
- با استفاده از نتایج این پژوهش میتوان عملکرد سیستم را مشاهده کرد و زمان خرابی هر یک از دستگاههای موجود در زنجیره تامین را با ارائه یک سیستم نگهداری و تعمیرات مناسب به حداقل رساند.
- امکان مقایسه بخش‌های مختلف زنجیره تامین را فراهم می‌کند.
- چگونگی عملکرد زنجیره تامین از لحاظ دسترسی مشتریان نهایی و یا مدت زمان خرابی هر یک از بخشهای زنجیره را نشان میدهد.
- علاوه بر مزایای ذکر شده در این مقاله محدودیت‌هایی نیز وجود دارد:
- در این مقاله فعالیت‌های زنجیره تامین از لحاظ زمان خرابی و سالم بودن دستگاهها بهینه سازی نمیشوند و فقط به منظور ارائه رویکردی جدید در جهت محاسبه شاخص دسترس پذیری برای مخیر گذاشتن مشتریان نهایی در جهت انتخاب یک زنجیره تامین با شاخص دسترس پذیری بالا مورد بررسی قرار میگیرند.

#### پی‌نوشت

1. Meunz and Rubinstein
2. Liu et al
3. Garg and et al
4. Abdel-malek and et al
5. Mu et al



- Automation Science & Engineering, 2004, No. 1, Vol. 1, pp. 38-57.
- [10] Abdel-Malek L, Kullpattaranirun T, Nanthavanij S. A framework for comparing outsourcing strategies in Multi-Layered supply chains, International Journal of Production Economics, 2004, No. 3, Vol. 97, pp. 318-328.
- [11] Mu D, Du ZB. The research on reliability of inherency and operation in supply chain, Logistics Technology, 2004, Vol. 12, pp. 37-39.
- [12] Amid A, Ghodsypour SH, O'Brien C. Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain, International Journal of Production Economics, 2006, No. 2, Vol. 104, pp. 394-407.
- [13] Nieuwenhuyse I, Vadaele N. The impact of delivery lot splitting on delivery reliability in a two-stage supply chain, International Journal of Production Economics, 2006, Vol. 104, pp. 694-708.
- [14] Wang N, Lu J. Reliability modeling in spatially distributed logistics systems, IEEE Transactions on Reliability, 2006, Vol. 55, pp. 525-534.
- [15] Bogataj D, Bogataj M. Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space, International Journal of Production Economics, 2007, Vol. 108, pp. 291-301.
- [16] Lin Y. System reliability evaluation for a multistate supply chain network with failure nodes using minimal paths, IEEE Transactions on Reliability, 2009, Vol. 58, No. 1, pp. 34-40.
- [17] Cardon-Valdes Y, Alvarez A, Ozdemir D. A bi-objective supply chain design problem with uncertainty, Transportation Research part C, 2010, Vol. 19, No. 5, pp. 821-832.
- [18] Taghizadeh H, Hafezi E. The investigation of supply chain's reliability measure: a case study, Journal of Industrial Engineering International, 2012, No. 1, Vol. 8, pp.1-10.
6. Amid and et al  
 7. Nieuwenhoyse et al  
 8. Wang et al  
 9. Bogataj et al  
 10. Lin  
 11. Cardon-valdes et al
- مراجع**
- [1] Benita MB. Supply chain design and analysis: models and methods, International Journal of Production Economics, 1998, No. 3, Vol. 55, pp. 281-294.
- [۲] غضنفری، م؛ فتح‌اله، م. نگرشی جامع بر مدیریت زنجیره تامین، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۹.
- [3] Chen IJ, Paulraj A. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements, Journal of Operations Management, 2004, Vol. 22, pp. 119-150.
- [۴] حاج شیرمحمدی، ع. برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات، چاپ هشتم، اصفهان، انتشارات غزل، ۱۳۸۱.
- [۵] شکراله‌ح؛ رستمی‌مهر، م. مدیریت ریسک زنجیره‌های تامین بر پایه قابلیت اطمینان. نخستین کنگره بین المللی مدیریت ریسک، ۲۸-۲۷ آذر، ۱۳۸۶، تهران.
- [6] Meunz LR, Rubinstein LV. Markov models for covariate dependence of binary sequences, Biometrics, 1985, Vol. 41, pp. 91-101.
- [۷] نورنگ، ا؛ مالک، م. توسعه یک مدل دوهدفه فازی جهت تنظیم ذخیره اطمینان در واحدهای ذخیره موجودی زنجیره تامین، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۱۳۹۱، دوره ۲۳، شماره ۲، صص. ۲۱۲-۲۲۵.
- [8] Liu J, Li J, Zhao J. The research on reliability of supply chain based on meta, 4th International Conference of Control and Automation, 12 June 2003, Montreal, pp. 849-853.
- [9] Garg D, Narahari Y, Viswanadham N. Design of six sigma supply chains, IEEE Transactions on