**فصلنامه مهندسی مدیریت نوین**
**سال نهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۲**

# طراحی الگویی برای تعیین قابلیت اطمینان و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان قطعات الکترونیکی بر پایهٔ نرخ خرابی

**مهدی لطیفی[۱]، مرتضی شفیعی[۲]**

**چکیده**

انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب، اساس یک زنجیرهٔ تأمین موفق و عامل کلیدی برای بهبود قدرت رقابت‌پذیری است؛ بنابراین هدف این پژوهش، بررسی کیفیت و نرخ خرابی قطعاتی است که تأمین‌کنندگان ارائه می‌دهند و بدین منظور از رویکرد ارزیابی مبتنی بر نرخ خرابی استفاده شد و به تعیین قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان و رتبه‌بندی آنان پرداخته شد؛ بنابراین روش تحقیق مورد استفاده به لحاظ ماهیتی از نوع کاربردی است و روش آن زمینه‌ای-موردی است. همچنین برای مطالعهٔ موردی، تأمین‌کنندگان هفت زنجیرهٔ تأمین مجزای یک شرکت تولید لوازم برقی در شیراز، مورد بررسی قرار گرفتند که هریک از زنجیره‌ها نیز شامل هشت تأمین‌کننده بودند؛ و برای ارزیابی و استقرار الگوی قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان بر پایهٔ نرخ خرابی از یک سیستم موازی استفاده شد و در نهایت با محاسبهٔ قابلیت اطمینان، نرخ خرابی محصول تولیدی تأمین‌کنندگان به دست آورده شد که نتایج نشان داد، این نرخ خرابی معیار مناسبی برای مقایسهٔ کیفیت خروجی یا محصول تأمین‌کنندگان است و می‌توان بر اساس این نرخ به‌دست‌آمده، به رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان پرداخت.

**واژه‌های کلیدی:** زنجیرهٔ تأمین، تأمین‌کنندگان، قابلیت اطمینان، الگوی مبتنی بر نرخ خرابی.

---

۱-دانشجوی دکتری گروه مدیریت، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهاقان، ایران

۲-دانشیار گروه مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران (نویسنده مسؤول)

shafiee@iaushiraz.ac.ir

**تاریخ وصول۱۴۰۲/۵/۲۴** **تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۸/۲۱**

**مقدمه:**

انتخاب تأمین‌کنندگان به دلیل تأثیر تأمین‌کننده بر روی هزینه، کیفیت، تحویل خدمات، بخش مهمی در مدیریت خرید در یک زنجیرهٔ تأمین است (شمسی و شهرخی، ۱۳۹۹؛ کاگنیچی اوغلو ، ۲۰۰٦). در این میان، مسألهٔ انتخاب تأمین‌کنندگان قطعات الکترونیکی و راهبردی،با توجه به هزینهٔ بالای چرخهٔ عمر سیستم، شامل هزینه‌های خرید، بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری، یکی از مسائل اساسی است که در طول سال‌های گذشته موردتوجه بسیاری از مدیران و طراحان قرارگرفته است (هوشیار، ۲۰۰۵). هزینهٔ خرید قطعات به‌طور متوسط بیش از نیمی از هزینه‌های ساخت یک سیستم را تشکیل می‌دهد، ازاین‌رو شناسایی و انتخاب تأمین‌کنندگان تأثیر بسیار بالایی در موفقیت یک سیستم دارد (قدسی‌پور و اوبرین، ۱۹۹۷). مسائل انتخاب تأمین‌کنندگان را می‌توان به سه گروه کلی طبقه‌بندی کرد. گروه اول، با استفاده از معیارهای عملکردی مناسب به انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان می‌پردازد (هوانگ و کسکار، ۲۰۰۷). گروه دوم تأمین‌کنندگان را به کمک مجموعهٔ معینی از معیارهای عملکردی رتبه‌بندی می‌کند (لاش و یانکر، ۲۰۰۵). در گروه سوم، انتخاب تأمین‌کنندگان به‌عنوان بخشی از یک مسألهٔ بهینه‌سازی قابلیت اطمینان در نظر گرفته می‌شود (کاگنیچی اوغلو، ۲۰۰٦). در این پژوهش مسألهٔ انتخاب تأمین‌کنندگان به عنوان بخشی از مسألهٔ بهینه‌سازی قابلیت اطمینان در نظر گرفته‌شده است. درواقع انتخاب بهترین منابع و تأمین‌کنندگان در جهت افزایش کارایی زنجیرهٔ تأمین، کاهش هزینه‌ها، تحویل به‌موقع محصول با بالاترین کیفیت و افزایش رضایت‌مندی مشتری است (ها و همکاران، ۲۰۱۸)؛ و انتخاب اشتباه یک تأمین‌کننده می‌تواند موجب واژگونی موقعیت مالی و عملیاتی یک شرکت شود (محمدی‌گرفامی، ۲۰۰٦)؛ بنابراین مقولهٔ افزایش قابلیت اطمینان می‌تواند به عنوان نقش کلیدی در مسألهٔ انتخاب تأمین‌کنندگان و ایجاد ارزش برای سیستم زنجیرهٔ تأمین کمک فراوانی کند (ها و همکاران، ۲۰۱۸). در حقیقت قابلیت اطمینان زنجیرهٔ تأمین در سال‌های اخیر موردتوجه فزاینده‌ای قرارگرفته است، زیرا سبب کم کردن ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های زنجیرهٔ تأمین می‌شود (اختیاری و همکاران، ۱۳۹۸). ازاین‌رو در سال‌های اخیر تلاش شده است به مبحث قابلیت اطمینان زنجیرهٔ تأمین توجه بیشتری شود و

همان‌طور که ذکر شد، یکی از نکات مهم در افزایش قابلیت اطمینان در زنجیرهٔ تأمین توجه به سطح تأمین‌کنندگان است (نیلفروشان و طحانیان، ۱۳۹۵)؛ بنابراین با توجه به نقش زنجیره‌های تأمین در تولید به‌عنوان یکی از عوامل اصلی در زیربنای توسعه، بازار مالی و اقتصادی کشور و همچنین با توجه به اینکه تأمین‌کنندگان بخش عمده‌ای از زنجیرهٔ تأمین را تشکیل می‌دهند و می‌توانند تأثیر بسزایی در موفقیت استراتژیک زنجیرهٔ تأمین و به‌طور خاص بر عملکرد زنجیره ازلحاظ قیمت، کیفیت، فنّاوری و تحویل داشته باشند؛ بنابراین هدف از انجام این پژوهش این است که با رویکرد مبتنی بر نرخ خرابی به ارزیابی و بررسی قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان هفت زنجیره تأمین تولیدی یک شرکت تولید لوازم برقی در شیراز که هرکدام نیز دارای هشت تأمین‌کننده هستند، بپردازد و با محاسبات قابلیت اطمینان، نرخ خرابی محصول تولیدی تأمین‌کننده را برای مقایسهٔ کیفیت خروجی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان به دست آورد؛ که در این راستا برای پیاده‌سازی الگوی قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان مورد مطالعه پژوهش از یک رویکرد موازی استفاده‌شده است و همچنین برای محاسبهٔ قابلیت اطمینان تک‌تک تأمین‌کنندگان، با در نظر گرفتن تعداد خرابی و سالم بودن، از توزیع احتمال نمایی استفاده‌شده است. بنابراین مسألهٔ اصلی پژوهش حاضر پاسخگویی به سؤالات اصلی و فرعی زیر است:

**سؤال اصلی:**

- چگونه می‌توان بر اساس الگوی قابلیت اطمینان مبتنی بر نرخ خرابی، تأمین‌کننده مناسب در زنجیرهٔ تأمین تولیدی را انتخاب نمود؟

**سؤالات فرعی:**

- قابلیت اطمینان در زنجیره‌های تأمین تولیدی چیست و راهکارهای رسیدن به آن چگونه است؟
- میزان قابلیت اطمینان تک‌تک سطوح زنجیرهٔ تأمین تولیدی پژوهش چه قدر است؟
- میزان نرخ خرابی برای تک‌تک عوامل مؤثر در فرایند سطوح زنجیرهٔ تأمین تولیدی پژوهش چه قدر است؟

همچنین اهداف اصلی و فرعی پژوهش حاضر به شرح زیر است:

**هدف اصلی:**

- تعیین تأمین‌کنندهٔ مناسب در زنجیرهٔ تأمین تولیدی بر اساس قابلیت اطمینان

**اهداف فرعی:**

- آشنایی با قابلیت اطمینان در زنجیره‌های تأمین تولیدی و ارائهٔ راهکارهایی برای رسیدن به آن
- تعیین میزان قابلیت اطمینان تک‌تک سطوح زنجیرهٔ تأمین تولیدی پژوهش
- تعیین میزان نرخ خرابی برای تک‌تک عوامل مؤثر در فرایند سطوح زنجیرهٔ تأمین تولیدی پژوهش

همچنین اهمیت و ضرورت پژوهش حاضر از دو منظر لجستیک و راهبردی به شرح زیر است:

۱-از منظر محاسبهٔ قابلیت اطمینان زنجیرهٔ تأمین با رویکرد تأمین‌کننده برتر و ارائهٔ یک راهکار عملی به شرکت مورد مطالعه برای بهبود فرایندها و خدمات جهت رسیدن به سطح مطلوبی از قابلیت اطمینان.

۲-از منظر ارائهٔ یک مدل موازی برای ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان و انتخاب تأمین‌کننده برتر.

با توجه به خلأ موجود در زمینهٔ ارزیابی و محاسبهٔ قابلیت اطمینان، این پژوهش تا حد زیادی می‌تواند مشکلات ارزیابی تأمین‌کنندگان و محاسبهٔ قابلیت اطمینان در شرکت‌های تولید محصولات الکترونیکی را برطرف نموده و یک روش عملی و جدید ارائه دهد. در ادامه نیز ساختار کلی این پژوهش به شرح زیر آورده شده است:

ابتدا مبانی نظری مرتبط با موضوع و متغیرهای پژوهش شرح داده می‌شود سپس تاریخچه و پیشینهٔ پژوهش‌های داخلی و خارجی در ارتباط با موضوع پژوهش شرح داده می‌شود. پس‌ازآن نیز، به شرح روش پژوهش پرداخته‌شده است که در این رابطه، ابتدا به مفهوم قابلیت اطمینان سیستم‌ها و زنجیرهٔ تأمین پرداخته می‌شود. سپس روش‌شناسی مورد نظر

جهت به کارگیری روش‌های قابلیت اطمینان زنجیرهٔ تأمین در جهت شناسایی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان تشریح می‌شود و در ادامه نیز یافته‌های پژوهش و بحث و نتیجه‌گیری آورده شده است.

## مبانی نظری پژوهش

ارزیابی تأمین‌کنندگان و حمایت از بهبود مستمر به نقش بسیار مهمی برای مدیریت زنجیرهٔ تأمین تبدیل شده است. از آنجا که عملکرد یک سازمان در زنجیرهٔ تأمین به عملکرد تأمین‌کنندگان آن بستگی دارد، انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب در زنجیرهٔ تأمین به معیارهای ارزیابی نیاز دارد که شامل اطلاعاتی از قبیل توجه به مشتری، اولویت رقابتی، خرید استراتژیک، فناوری اطلاعات و حمایت مدیریت ارشد یک شرکت می‌شود. یک شرکت باید اولویت‌های برجستهٔ رقابتی برای انجام مدیریت تولید خود، مانند تولید محصولات با کیفیت بالا و با آرایش تدارکات عالی را دارا باشد، اولویت رقابتی که به حمایت مدیریت ارشد نزدیک است، پیش‌فرض ارزیابی است (تی‌سنگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ فلاح‌لاجیمی، ۱۳۹۶). در میان تأمین‌کنندگان با منابع مشترک، تولیدکنندگان باید به دنبال افرادی باشند که بتوانند روابط طولانی‌مدت با آنها را توسعه دهند (ها و کریشنان، ۲۰۰۸). در حال حاضر افزایش تقاضا، تغییرات سریع در عرصهٔ جهانی، وجود عدم اطمینان زیاد، وجود رقبای داخلی و افزایش حضور رقبای خارجی، موجب شده تا شرکت‌ها به طور روزافزون به تأمین‌کنندگان خود تکیه کرده و سعی کنند با تأمین‌کنندگانی همکاری داشته باشند که توانایی لازم در برآوردن نیازهای روزافزون و جدید مشتریان را داشته باشد (باقرزاده و دری، ۱۳۸۹). ازاین‌رو یکی از اجزای مهم مدیریت زنجیرهٔ تأمین مسألهٔ ارزیابی و رتبه‌بندی و انتخاب تأمین‌کنندگان است که روش‌های مختلفی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان و مدیریت زنجیرهٔ تأمین وجود دارد که در این پژوهش از رویکرد قابلیت اطمینان و مفاهیم آن در مدیریت زنجیرهٔ تأمین استفاده شده است. در واقع قابلیت اطمینان، چالش کیفیت در قرن بیست‌ویک، از شاخص‌ترین ابعاد مرغوبیت کالا و خدمات است، زیرا به خاطر پیچیدگی طراحی سیستم‌ها، هزینهٔ ضمانت محصول رو به افزایش است. بنابراین در هر جامعهٔ مدرن،

مهندسان و مدیران فنی مسئول برنامه‌ریزی طراحی، ساخت و بهره‌برداری از ساده‌ترین محصول تا پیچیده‌ترین سیستم‌ها هستند، ازکارافتادن محصول‌ها و سیستم‌ها موجب وقوع اختلال است و می‌تواند به‌عنوان تهدیدی برای جامعه تلقی شود. قابلیت اطمینان، یکی از مشخصه‌های کیفی قطعات، محصولات و سیستم‌های پیچیده و بزرگ است و یکی از خصوصیات کیفی که مشتریان از تولیدکنندگان محصولات انتظار دارند، قابلیت اطمینان است. قابلیت اطمینان در حقیقت کنترل کیفیتی است که در طول زمان پابرجاست و با توجه به اینکه کنترل کیفیت عیب و نقص را کاهش می‌دهد، قابلیت اطمینان احتمال نگرانی از کارکرد سیستم را به حداقل می‌رساند (طباطبایی و کرباسیان، ۱۳۹۳). متأسفانه هنگامی که از مشتریان در مورد معنا و مفهوم قابلیت اطمینان سؤال می‌شود، معمولاً پاسخ واضحی دریافت نمی‌شود. بعضی از مشتریان ممکن است پاسخ دهند که قابلیت اطمینان به وضعیتی اطلاق می‌شود که محصول همواره در سلامت کامل و بدون خرابی کار کند و یا به حالتی گفته می‌شود که تابع سلامتی محصول به‌گونه‌ای باشد که همیشه هنگامی‌که نیاز به بهره‌گیری از آن است، در شرایط مناسب قرار داشته باشد؛ اما در حقیقت قابلیت اطمینان، احتمال آن است که تولید، محصول و یا خدمتی برای یک دورهٔ زمانی خاص (که عمر طرح نامیده می‌شود) و تحت شرایط تعریف‌شده برای طرح (برای مثال درجه حرارت، فشار، ولتاژ و ...) به‌طور سالم و مناسب کار نماید. به‌عبارت‌دیگر، پایایی ممکن است به‌عنوان تابع سلامت بودن و یا اندازه موفقیت سیستم در تولید محصول مناسب تعریف شود (آریانژاد و همکاران، ۱۳۹۰)؛ بنابراین تعریف جامعی که بتوان در مورد قابلیت اطمینان ارائه داد عبارت است از احتمال اینکه یک سیستم یا محصول مأموریت خود را به صورت رضایت‌بخشی انجام دهد یا به بیان دقیق‌تر احتمال اینکه آن سیستم یا محصول مأموریت خود را به‌صورت رضایت‌بخشی برای یک دورهٔ زمانی مشخص و در شرایط کاری معینی انجام دهد (بلانکچارد و فابریکی، ۱۹۹۸).

از سوی دیگر در سال‌های اخیر با افزایش پیچیدگی و گسترش زنجیره‌های تأمین، مدیریت این زنجیره‌ها با عدم قطعیت‌های فراوانی (ناشی از عدم اطمینان به حلقه‌های زنجیره) مواجه شده و مجبور به ریسک شده است. نهایتاً اینکه بدون افزایش اطمینان و

اعتماد مابین اعضا نیل به مدیریت موفق و مطمئن زنجیرهٔ تأمین امکان‌پذیر نیست (پرایکه ، ۲۰۰۹)؛ بنابراین قابلیت اطمینان یک سیستم یا زنجیرهٔ تأمین عبارت است از احتمال عملکرد رضایت‌بخش آن سیستم تحت شرایط کار مشخص و برای مدت‌زمان معین. قابلیت اطمینان شامل چهار بخش اصلی احتمال، عملکرد رضایت‌بخش، زمان و شرایط کار معین است که احتمال آن با یک عدد بیان می‌شود که همان شاخص ارزیابی قابلیت اطمینان است که در بسیاری از موارد این شاخص مهم‌ترین شاخص به حساب می‌آید. همچنین می‌توان گفت عدم اطمینان در زنجیرهٔ تأمین، عملکرد زنجیرهٔ تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عدم اطمینان زنجیرهٔ تأمین از سه منبع حاصل می‌شود (استدلر، ۲۰۰۵):

الف) عدم اطمینان تأمین‌کننده که از عدم توانایی تأمین‌کننده در تأمین نیاز واحد تولیدی ناشی می‌شود.

ب) عدم اطمینان فرآیند که درنتیجه بی‌اعتمادی فرآیند تولید و به دلیل ازکارافتادگی ماشین‌آلات صورت می‌گیرد.

ج) عدم اطمینان تقاضا که از عدم توانایی در پیش‌بینی دقیق تقاضا ناشی می‌شود.

بنابراین با توجه به ادبیات موضوعی ذکر شده، به بررسی قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان یک شرکت تولیدی لوازم برقی در شیراز پرداخته می‌شود. در ادامه، تحقیقات سال‌های اخیر پیرامون موضوع ادبیات موضوعی پژوهش برای استفاده از تجربیات دیگر پژوهشگران و به دست آوردن پیش‌فرض مناسب از شاخص‌های مؤثر در ارزیابی عملکرد زنجیرهٔ تأمین ارائه‌شده است.

**پیشینه پژوهش**

ابراهیمی و باقری(۲۰۲۲) در پژوهشی به بهینه‌سازی سود و قابلیت اطمینان زنجیرهٔ تأمین نفت و گاز با استفاده از یک مدل ریاضی دوهدفه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که روش پیشنهادی این پژوهش به عنوان بهترین رویکرد از نظر زمان و مقادیر توابع هدف انتخاب‌شده است.

دای و همکارانش(۲۰۲۱) نیز در پژوهشی یک مدل نظریهٔ بازی را برای مطالعه تعاملات ردیابی زنجیرهٔ تأمین و بهینه‌سازی قابلیت اطمینان محصول در یک زنجیرهٔ تأمین رقابتی با

فراخوان محصول طراحی کردند و به این نتیجه رسیدند که قابلیت ردیابی و قابلیت اطمینان برای شناسایی منابع بسیاری از مشکلات کیفی محصول، به یکی از ویژگی‌های مهم زنجیرهٔ تأمین تبدیل‌شده است.

همچنین ژانگ و همکارانش(۲۰۲۰) نیز در پژوهشی به طراحی یک مدل قابلیت اطمینان برای سیستم زنجیرهٔ تأمین با استفاده از معادلات دیفرانسیل جزئی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سیستم زنجیرهٔ تأمین یک سیستم پویای پیچیده است و به دلیل وجود عوامل تأثیرگذار فراوان، سیستم زنجیرهٔ تأمین به‌طور مستقیم بر قابلیت اطمینان آن تأثیر می‌گذارد.

ازکان و کیلیک(۲۰۱۹) در پژوهشی با استفاده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو (MC) به تخمین قابلیت اطمینان شبکه‌های لجستیک و زنجیرهٔ تأمین (LaSCN) پرداختند. نتایج نشان داد که شبیه‌سازی پیشنهادی، قابلیت اطمینان شبکه‌ها را در زمان‌های مناسب برآورد می‌کند؛ بنابراین، الگوریتم پیشنهادی می‌تواند برای مشکلات طراحی LaSCN قابل‌اعتماد باشد و قابلیت اطمینان شبکه‌های کاندید را تخمین زند.

دیابات و همکاران(۲۰۱۹) نیز به طراحی یک شبکهٔ زنجیرهٔ تأمین محصول فاسدشدنی با ملاحظات قابلیت اطمینان و اختلال پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل پیشنهادی آنها، تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی را با هم ادغام می‌کند و هدف آن به حداقل رساندن زمان و هزینهٔ تحویل محصولات به مشتریان پس از وقوع فاجعه است و درعین‌حال امکان ایجاد اختلالات متعدد در امکانات و مسیرها را در بین آنها در نظر می‌گیرد.

ها و همکارانش(۲۰۱۸) نیز در پژوهشی، یک تعریف ریاضی در مورد قابلیت اطمینان زنجیرهٔ تأمین و توابع مرتبط بر اساس تئوری قابلیت اطمینان سنتی و متعاقباً مدل‌های قابلیت اطمینان ساختاری برای انواع مختلف زنجیره‌های تأمین ارائه کردند. نتایج این مقاله نشان داد که توابع پیشنهادی و مدل‌های قابلیت اطمینان ساختاری برای انواع مختلف زنجیرهٔ تأمین با مطالعهٔ موردی یک شرکت مونتاژ رایانه قابل اجرا هستند.

همچنین در ادامه، تحقیقات ایرانی مرتبط با موضوع پژوهش آورده شده است که به شرح زیر است:

شفیعی و همکاران(۱٤۰۰) در مطالعهٔ دیگری به ارزیابی عملکرد سطح کیفی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان تجهیزات ابزار دقیق شرکت پتروشیمی برزویه با رویکرد نش و تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به افزایش رقابت در عرصه تجارت جهانی و نیازهای بازارهای داخلی و خارجی، ارزیابی عملکرد سطح کیفی تأمین‌کنندگان امری ضروری برای شرکت پتروشیمی به‌شمار می‌آید، زیرا منجر به ارتقای توان رقابتی و افزایش فرصت‌های تجاری می‌شود.

شمشی و شهرخی(۱۳۹۹) نیز به انتخاب تأمین‌کنندگان قطعات سیستم‌های صنعتی با هدف کمینه کردن مجموع هزینه‌های احداث و بهره‌برداری و پیاده‌سازی آن برای سیستم تغذیهٔ آب بویلر بازیاب حرارتی (HRSG) در شرکت مپنا پرداختند و تأمین‌کنندگان را به‌وسیله مدل پیشنهادی رتبه‌بندی کردند.

فخرزاد و همکارانش(۱۳۹۸) نیز در پژوهشی به ارائه یک مدل زنجیرهٔ تأمین حلقه-بسته سبز در حالت چند دوره‌ای، چند سطحی و چند محصولی تحت عدم قطعیت پرداختند که اهداف آن شامل کمینه‌سازی هزینه‌های شبکهٔ زنجیرهٔ تأمین و کمینه‌سازی انتشار گازهای خروجی حاصل از جابه‌جایی وسیلهٔ نقلیه در بین مراکز است و حداکثرسازی قابلیت اطمینان تحویل تقاضا با توجه به قابلیت اطمینان تعریف‌شده برای تأمین‌کنندگان است.

مرتضوی و کرباسیان(۱۳۹۸) نیز در پژوهش خود به ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های چند وضعیتی تعمیرپذیر با در نظر گرفتن خرابی‌های وابسته به‌وسیله درخت خرابی پویا و شبکه بیزی پویا پرداختند و همچنین با در نظر گرفتن خرابی آبشاری به ارزیابی قابلیت اطمینان یک سیستم پمپاژ آب فشارقوی پرداخته‌اند.

همچنین ناصری و کریمی گوارشکی(۱۳۹۸) نیز در پژوهش خود به تخمین قابلیت اطمینان تأمین‌کننده در شرایط اختلال با استفاده از شبکه بیزین و با رویکرد فازی پرداختند. در این مقاله با بررسی اختلالات تأمین‌کنندگان و در نظر گرفتن رابطه موجود بین آنها و

با استفاده از روش تحلیل درخت خطا (FTA) و تبدیل آن به شبکهٔ بیزین، قابلیت اطمینان تأمین‌کننده تخمین زده‌شده است.

کرباسیان و همکارانش (۱۳۹۵) نیز در پژوهشی ارائه رویکردی تلفیقی از سیستم‌های سری–موازی قابلیت اطمینان و زنجیره‌های مارکوف جهت محاسبهٔ شاخص دسترس‌پذیری زنجیره‌های تأمین پرداختند. در این مقاله برای محاسبهٔ شاخص دسترس‌پذیری زنجیرهٔ تأمین با در نظر گرفتن زمان خرابی و سالم بودن دستگاه‌ها در سطوح تأمین‌کنندگان قطعات اولیه و تولیدکننده محصول نهایی از تلفیق زنجیره‌های مارکوف بازمان پیوسته و اصول قابلیت اطمینان در هر یک از اجزای این دو سطح استفاده شده است و همچنین رابطه‌ای برای محاسبهٔ شاخص دسترس‌پذیری زنجیره‌های تأمین چند سطحی ارائه کردند و در نهایت در قسمت یافته‌های این پژوهش شاخص دسترس‌پذیری زنجیرهٔ تأمین برای محصول پلوپز در کارخانه صنایع الکتریکی پاناسونیک با استفاده از الگوی ارائه‌شده در این پژوهش محاسبه‌شده است.

همچنین جولای و همکارانش(۱۳۹٤) نیز به توسعهٔ یک روش برای حل مسألهٔ قابلیت اطمینان پرداختند. آنها به تلاش برای گسترش یک روش ترکیبی شبیه‌سازی و بهینه‌سازی برای مسائل قابلیت اطمینان در یک سیستم سری- موازی پرداختند. آنها ابتدا به کمک شبیه‌سازی جمعیتی جواب‌های نسبتاً خوب را تولید کرده و در مرحله بعد به‌وسیلهٔ بهینه‌سازی ازدحام ذرات (POS) این جواب‌ها را بهبود دادند.

امینی و همکارانش(۱۳۹۲) نیز در پژوهش خود به ارائهٔ الگویی برای تخصیص قابلیت اطمینان قطعات الکترونیکی و مکانیکی پرداختند و با فرض نمایی بودن تابع عمر قطعات، به محاسبهٔ قابلیت اطمینان آنها پرداخته‌شده است.

## تحلیل شکاف پژوهش

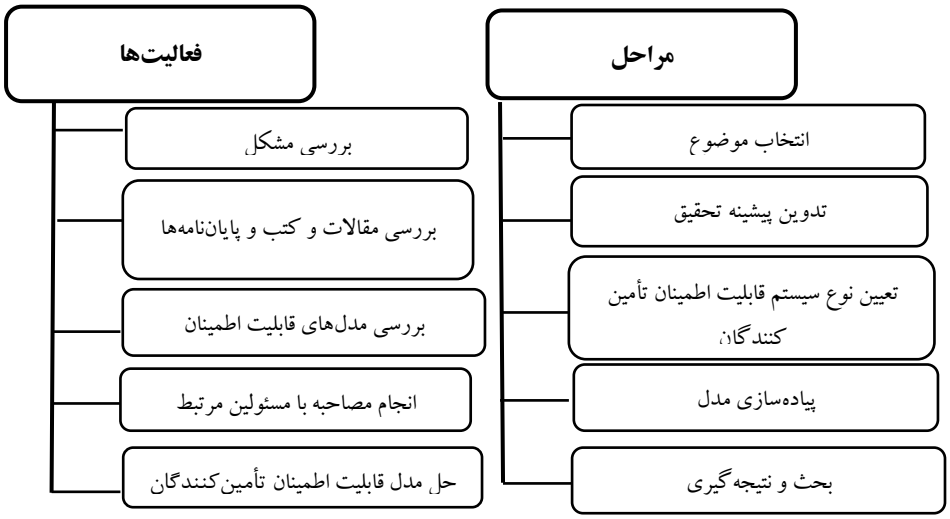
با نگاهی به پیشینهٔ پژوهش می‌توان دریافت که مطالعات قبلی هرکدام بخشی از جنبه‌های ارزیابی عملکرد زنجیرهٔ تأمین و مدیریت را در نظر گرفته‌اند؛ بنابراین در این پژوهش سعی

شده است جنبه‌های جامع‌تری از ارزیابی عملکرد در نظر گرفته شود و با رویکرد متفاوت قابلیت اطمینان با الگوی مبتنی بر نرخ خرابی به ارزیابی عملکرد زنجیرهٔ تأمین با هدف انتخاب بهترین تأمین‌کننده بپردازد. از دستاوردهای این پژوهش این است که مدلی طراحی کند که بتوان با آن قابلیت اطمینان و نرخ خرابی تک‌تک قطعات و مواد اولیه تأمین‌شده از سوی تأمین‌کنندگان را محاسبه کرد و با توجه به نتایج آن به رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان نیز پرداخت. درواقع اساس رویکرد استفاده شده در این پژوهش بر این است که مدیران با در نظر گرفتن روابط همکاری بین تأمین‌کنندگان بتوانند قابلیت اطمینان آنها را به دست بیاورند و همچنین بتوانند آنها را به‌طور کامل رتبه‌بندی کنند. از این منظر، رویکرد پیشنهادی ما برای استفاده در سازمان‌های مشابه نیز کاربردی‌تر است.

## روش پژوهش

روش تحقیق مورد استفاده به لحاظ ماهیتی از نوع کاربردی است و روش آن زمینه‌ای–موردی است. هدف از تحقیق کاربردی به دست آوردن درک یا دانش لازم برای تعیین ابزاری است که به‌وسیلهٔ آن نیازی مشخص و شناخته‌شده برطرف گردد. به عبارت دقیق‌تر تحقیق کاربردی تلاشی است برای پاسخ دادن به یک معضل و مشکل علمی که در دنیای واقعی وجود دارد. با توجه به این‌که برای نشان دادن کارایی مدل و یافته‌های تئوریک حاصل مدل به‌صورت عملی در شرایط واقعی در یک شرکت تولیدی به‌کاررفته شده؛ بنابراین روش تحقیق پژوهش حاضر از نوع زمینه‌ای–موردی است. همچنین پژوهش حاضر از لحاظ هدف جزو تحقیقات توسعه‌ای و از لحاظ مکان تحقیق به جهت استفاده از مقالات، پایان‌نامه‌ها و وب‌سایت‌های معتبر علمی مرتبط با موضوع، جزو تحقیقات کتابخانه‌ای و اینترنتی بوده است.

در این پژوهش، ابتدا به مفهوم قابلیت اطمینان سیستم‌ها و زنجیرهٔ تأمین پرداخته می‌شود. سپس روش‌شناسی مورد نظر جهت به‌کارگیری روش‌های قابلیت‌های اطمینان زنجیرهٔ تأمین در جهت شناسایی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان تشریح می‌شود؛ که روش‌شناسی مذکور در نمودار (۱) آورده شده است:




**نمودار ۱. الگوریتم ارائه الگو در ارزیابی قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان**

لذا با توجه به نمودار (۱) خلاصهٔ مراحل پژوهش به شرح زیر است:

الف-مطالعه در منابع الکترونیکی

یکی از دغدغه‌های دنیای کنونی افزایش قابلیت اطمینان از برآورد تقاضای مشتریان در یک زنجیرهٔ تأمین است، لذا برای حل این مسأله ابتدا به مطالعه در منابع الکترونیکی پرداخته‌شده است.

ب-مطالعه تحقیقات و بررسی‌های انجام‌شده در زمینهٔ مرتبط با تحقیق

برای این مهم پیشینهٔ تحقیقات در زمینهٔ زنجیرهٔ تأمین، قابلیت اطمینان و عدم اطمینان در زنجیرهٔ تأمین و تأمین‌کنندگان، بهینه‌سازی زنجیرهٔ تأمین و تأمین‌کنندگان بررسی شده است.

ج-استخراج شکاف‌های موجود در تحقیقات گذشته

بررسی فرایند و فعالیت‌های زنجیره‌های تأمین مورد مطالعه و محاسبهٔ قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان با رویکرد انتخاب تأمین‌کننده برتر

د-نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی

همچنین جامعهٔ آماری پژوهش شامل ۷ گروه از زنجیرهٔ تأمین‌های شرکت مورد مطالعه است که هر گروه از زنجیره‌های تأمین نیز شامل ۸ تأمین‌کننده می‌باشند و به‌طورکلی جامعهٔ آماری شامل ٥٦ تأمین‌کننده از گروه‌های مختلف زنجیرهٔ تأمین‌های شرکت است که این مهم در جدول (۱) به نمایش گذاشته‌شده است و با توجه به اینکه از تمامی جامعهٔ آماری در این پژوهش استفاده شده است؛ بنابراین در این پژوهش هیچ‌گونه نمونه‌گیری انجام‌نشده است.

همچنین بازهٔ زمانی در نظر گرفته‌شده در این پژوهش برای قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان زنجیره‌های تأمین مورد مطالعهٔ پژوهش، سه‌ساله و طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ در نظر گرفته شده است و لازم به ذکر است که تمامی این شرکت‌ها در دورهٔ زمانی انجام این تحقیق در شرکت مورد مطالعه فعالیت داشته‌اند. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نیز از توابع ریاضی برای محاسبهٔ قابلیت اطمینان استفاده‌شده است. همچنین برای پایایی و اعتبارسنجی مدل از روش اعتبارسنجی ساختاری استفاده شد. اعتبار ساختاری به معنای ایجاد روابطی در مدل است که به‌گونه‌ای رسا و کافی، نشان‌دهنده روابط جهان واقعی (با در نظر گرفتن هدف مطالعه) باشند که برای اعتبارسنجی این روش از نظر خبرگانی استفاده شد که سابقهٔ فعالیت در شرکت مورد مطالعه را داشته‌اند. ساختار مدل و توابع جدولی مورد استفاده در مدل و همچنین نتایج ارائه شده مورد تأیید آنان قرار گرفت.

**معرفی مدل مورد مطالعه پژوهش**

برای محاسبهٔ قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان و رتبه‌بندی آنها مبتنی بر نرخ خرابی، ابتدا در جدول (۱) به شرح زنجیره‌های تأمین مورد مطالعه پرداخته شده است:

**جدول ۱ جامعه آماری پژوهش**

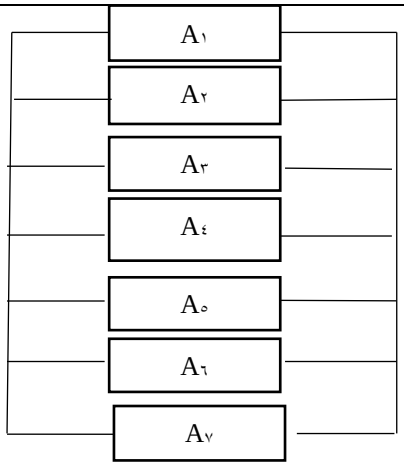
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **شرکت تأمین‌کنندگان قطعات الکترونیک** | | | | | | | |
| **تأمین‌کننده ۱** | تأمین‌کننده ۲ | تأمین‌کننده ۳ | تأمین‌کننده ٤ | تأمین‌کننده ٥ | تأمین‌کننده ٦ | تأمین‌کننده ۷ | تأمین‌کننده ۸ |
| **شرکت تأمین‌کنندگان سیم افشان** | | | | | | | |
| **تأمین‌کننده ۱** | تأمین‌کننده ۲ | تأمین‌کننده ۳ | تأمین‌کننده ٤ | تأمین‌کننده ٥ | تأمین‌کننده ٦ | تأمین‌کننده ۷ | تأمین‌کننده ۸ |
| **شرکت تأمین‌کنندگان پیچ** | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **تأمین‌کننده ۱** | تأمین‌کننده ۲ | تأمین‌کننده ۳ | تأمین‌کننده ٤ | تأمین‌کننده ٥ | تأمین‌کننده ٦ | تأمین‌کننده ۷ | تأمین‌کننده ۸ |
| **شرکت تأمین‌کنندگان کابل** | | | | | | | |
| **تأمین‌کننده ۱** | تأمین‌کننده ۲ | تأمین‌کننده ۳ | تأمین‌کننده ٤ | تأمین‌کننده ٥ | تأمین‌کننده ٦ | تأمین‌کننده ۷ | تأمین‌کننده ۸ |
| **شرکت تأمین‌کنندگان برد** | | | | | | | |
| **تأمین‌کننده ۱** | تأمین‌کننده ۲ | تأمین‌کننده ۳ | تأمین‌کننده ٤ | تأمین‌کننده ٥ | تأمین‌کننده ٦ | تأمین‌کننده ۷ | تأمین‌کننده ۸ |
| **شرکت تأمین‌کنندگان مواد ABS** | | | | | | | |
| **تأمین‌کننده ۱** | تأمین‌کننده ۲ | تأمین‌کننده ۳ | تأمین‌کننده ٤ | تأمین‌کننده ٥ | تأمین‌کننده ٦ | تأمین‌کننده ۷ | تأمین‌کننده ۸ |
| **شرکت تأمین‌کنندگان جعبه** | | | | | | | |
| **تأمین‌کننده ۱** | تأمین‌کننده ۲ | تأمین‌کننده ۳ | تأمین‌کننده ٤ | تأمین‌کننده ٥ | تأمین‌کننده ٦ | تأمین‌کننده ۷ | تأمین‌کننده ۸ |

سپس باید نوع ساختار سیستم مشخص شود و سپس به محاسبهٔ قابلیت اطمینان با یک سری کمیت‌های ارزیابی پایایی پرداخت. لذا برای ساخت مدل بررسی قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان مراحل زیر طی شده است:

-مرحلهٔ اول شامل ساختن ساختار سیستم تولید است. برای این کار نیازمند تعیین فرایندها و زیر فرایندها هستیم. با توجه به فرایند مدیریت زنجیرهٔ تأمین شرکت مورد مطالعه پژوهش، این فرایندها شامل مجموعهٔ تأمین‌کنندگان قطعات اولیه هستند که دارای زیر فرایندهای زیر می‌باشند: قطعات، پیچ، سیم، کابل، جعبه، مواد ABC، برد.

-مرحله دوم شامل تعیین نوع مدل محاسبهٔ قابلیت اطمینان است که در این پژوهش از ترکیب یک مدل موازی استفاده شده است که به شرح شکل (۱) است:




**شکل ۱.** ساختار مدل سیستم تولید موازی پژوهش

مؤلفه‌های گروه A قطعات اولیه مورد نیاز است که شامل ($A_1$= قطعات، $A_2$= پیچ، $A_3$= سیم، $A_4$= کابل، $A_5$= برد، $A_6$= جعبه، $A_7$= مواد ABS) هستند و دلیل اجرای سیستم موازی به این صورت است که اجزای بخش A نسبت به هم موازی هستند چون در یک سیستم موازی فقط لازم است یکی از قطعات کار کند تا سیستم بتواند وظیفهٔ خود را به انجام رساند یا برای خرابی سیستم همهٔ اجزا باید خراب باشند؛ و از آنجا که عملکرد هر ۸ تأمین‌کننده نسبت به هم مستقل هستند؛ لذا این اجزا نسبت به هم موازی‌اند.

–مرحلهٔ سوم نیز شامل مراحل محاسبهٔ قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان مورد نظر پژوهش است که همان‌طور که از شکل (۱) مشخص است، سیستم کلی قابلیت اطمینان پژوهش یک سیستم موازی است. لذا با توجه به دوره عمر تجهیزات و قطعات و توالی عملیاتی‌اش تابع محاسبه قابلیت اطمینان پژوهش به شرح زیر است:

اگر قابلیت اطمینان قطعات $A_1$ تا $A_7$ به ترتیب $R_{A_1}$ تا $R_{A_7}$ باشند، آنگاه قابلیت اطمینان کلی سیستم عبارت است از:

$$R_A = R_{A_1} + R_{A_2} + \cdots R_{A_7} - (R_{A_1} R_{A_2} \dots R_{A_7}) \qquad (۱)$$

همچنین برای پیاده‌سازی مدل و محاسبه قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان مربوط به هر مؤلفه ($A_1$ تا $A_7$) به‌صورت مراحل زیر عمل شده است تا بهترین تأمین‌کننده در هرکدام از بخش‌های ($A_1$ تا $A_7$) مشخص شود:

۱-مدت‌زمان میانگین طول عمر هر قطعه محاسبه شد؛ که برای این منظور برای تمامی قطعات بازهٔ زمانی سه سال در نظر گرفته شد و آن قطعات، در این بازهٔ زمانی مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین تعداد کل قطعاتی که قرار است که آزمایش به روی آنها انجام شود نیز مشخص شد. ۲- چگالی احتمال خرابی هر قطعه محاسبه شد. ۳- نرخ خرابی هر قطعه مشخص شد. ٤- قابلیت اطمینان (پایایی) هر قطعه محاسبه شد. ٥- ناپایایی هر قطعه مشخص شد؛ که برای محاسبهٔ این ٥ مرحله از یک سری کمیت‌های ارزیابی قابلیت اطمینان استفاده شده است که به شرح زیر است:

چنانچه در سیستمی $N_0$ تعداد قطعات آن سیستم در نظر گرفته شود و بعد از مدت‌زمان $t$ بعضی از قطعات سالم باشند و بعضی دیگر خراب‌شده باشند، $N_s$ مصرف تعداد قطعاتی است که بعد از گذشت زمان موردنظر سالم مانده‌اند و $N_f$ نیز مصرف تعداد قطعاتی است که بعد از گذشت مدت یادشده خراب‌شده‌اند. در این صورت می‌توان نوشت:

$$N_0=N_s+N_f \qquad (۲)$$

بنابراین با این شرایط در هر محدوده زمانی در طول مدت آزمایش تابع چگالی احتمال به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F(t)=\frac{1}{N_0}\frac{d_{N_f}}{d_t}=\frac{\Delta N_{f_t}(t)}{N_0\Delta t}=\frac{\text{نرخ تغییرات}(\text{تعداد خرابی در هر بزه زمانی})}{\text{تعداد کل قطعات هر بازه زمانی}}$$ تابع چگالی احتمال خرابی

(۳)

همچنین تابع نرخ خرابی نیز به‌صورت زیر قابل‌محاسبه است:

$$\lambda(t)=\frac{1}{N_0(t)}\frac{d_{N_{f(t)}}}{d_t}=\frac{1}{N_s}\frac{\Delta N_{f_t}(t)}{\Delta t}=\frac{\text{تعداد خرابی در هر بازه زمانی}}{\text{تعداد سالم‌ها}}$$ تابع نرخ خرابی

(٤)

بنابراین احتمال بقای قطعات به‌صورت زیر قابل‌محاسبه خواهد بود:

$$R(t)=\frac{F(t)}{\lambda(t)} \qquad (٥)$$

همچنین نا پایایی قطعات نیز به‌صورت زیر قابل‌محاسبه خواهد بود:

$$Q(t)=1-R(t) \qquad (٦)$$

**یافته‌های پژوهش**

برای محاسبهٔ قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان قطعات اولیه شرکت (شکل (۱) با در نظر گرفتن تعداد خرابی و سالم بودن قطعات و طبق رابطه‌های (۲) تا (٦) قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان قطعات اولیه مشخص و رتبه‌بندی شدند که نتایج آن در جدول‌های (۲) تا (۸) آورده شده است؛ که جدول (۲) نتایج قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان قطعات الکترونیکی و رتبه‌بندی آنها را نشان می‌دهد:

**جدول ۲ محاسبه تابع چگالی احتمال خرابی، تابع نرخ خرابی، قابلیت اطمینان، ناپایایی قطعات الکترونیکی**

| نام تأمین‌کنندگان | F(t) | λ(t) | R(t) | Q(t) | رتبه‌بندی نهایی |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ./۰۱۳٤ | ./۰۱۳۹ | ./۹٦ | ./۰٤ | ۲ |
| ۲ | ./۰۱۱۲ | ./۰۱۱٥ | ./۹۷ | ./۰۳ | ۱ |
| ۳ | ./۰۳۳٤ | ./۰۳۷۱ | ./۹۰ | ./۱۰ | ٥ |
| ٤ | ./۰۱٦۷ | ./۰۱۷٥ | ./۹٥ | ./۰٥ | ۳ |
| ٥ | ./۰۳۳٤ | ./۰۳۷۱ | ./۹۰ | ./۱۰ | ٥ |
| ٦ | ./۰٦٦۷ | ./۰۸۳٤ | ./۷۹ | ./۲۱ | ٦ |
| ۷ | ./۰۳۳٤ | ./۰۳۷۱ | ./۹۰ | ./۱۰ | ٥ |
| ۸ | ./۰۲۲۳ | ./۰۲۳۹ | ./۹۳ | ./۰۷ | ٤ |

همان‌طور که از جدول (۲) مشخص است، قابلیت اطمینان (پایایی) و ناپایی هر یک از تأمین‌کنندگان قطعات الکترونیکی بر اساس رابطه‌های ذکرشده محاسبه‌شده است؛ و به‌جز یک تأمین‌کننده، اکثر تأمین‌کنندگان قابلیت اطمینان بالای ۹۰ درصد داشته‌اند و این نشان‌دهنده این است که تأمین‌کنندگان قطعات الکترونیکی از قابلیت اطمینان بالایی

برخوردار هستند. حال بر اساس قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان می‌توان به رتبه‌بندی آنها پرداخت که همان‌طور که از جدول (۲) مشخص است، بهترین تأمین‌کننده مربوط به تأمین‌کننده ۲ است و پس از آن شرکت تأمین‌کننده ۱ در رتبهٔ دوم قرار دارد. همچنین شرکت تأمین‌کننده ٤ در رتبهٔ سوم و شرکت تأمین‌کننده ۸ در رتبهٔ چهارم قرار دارند. همچنین شرکت‌های ۳ و ۵ و ۷ هر سه دارای رتبهٔ یکسان و در رتبهٔ پنجم قرار دارند؛ و بدترین رتبه نیز مربوط به شرکت تأمین‌کننده ٦ است. جدول (۳) نتایج قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان سیم افشان و رتبه‌بندی آنها را نشان می‌دهد:

**جدول ۳ محاسبه تابع چگالی احتمال خرابی، تابع نرخ خرابی، قابلیت اطمینان، نا پایی سیم افشان**

| نام تأمین‌کنندگان | F(t) | λ(t) | R(t) | Q(t) | رتبه‌بندی نهایی |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ./۰۱۳٤ | ./۰۱۳۹ | /۹٦ | /۰٤ | ۱ |
| ۲ | ./۰۳۳٤ | ./۰۳۷۱ | /۹۰ | /۱۰ | ۳ |
| ۳ | ./۰٤۷۷ | ./۰۵۵٦ | /۸۵ | /۱۵ | ۵ |
| ٤ | ./۰٦٦۷ | ./۰۸۳٤ | /۷۹ | /۲۱ | ٦ |
| ۵ | ./۰۳۳٤ | ./۰۳۷۱ | /۹۰ | /۱۰ | ۳ |
| ٦ | ./۰٤٦۳ | ./۰۵۳۸ | /۸٦ | /۱٤ | ٤ |
| ۷ | ./۰۳۳٤ | ./۰۳۷۱ | /۹۰ | /۱۰ | ۳ |
| ۸ | ./۰۲٦۷ | ./۰۲۹۰ | /۹۲ | /۰۸ | ۲ |

همان‌طور که از جدول (۳) مشخص است، تنها سه تأمین‌کننده قابلیت اطمینان زیر ۹۰ درصد رادارند و مابقی تأمین‌کنندگان قابلیت اطمینان بالای ۹۰ درصد داشته‌اند و این نشان‌دهندهٔ این است که تأمین‌کنندگان سیم افشان از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار هستند. حال بر اساس قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان می‌توان به رتبه‌بندی آنها پرداخت که همان‌طور که از جدول (۲) مشخص است، بهترین تأمین‌کننده مربوط به تأمین‌کننده ۱ است و پس‌ازآن شرکت تأمین‌کننده ۸ در رتبهٔ دوم قرار دارد. همچنین شرکت‌های تأمین‌کنندگان ۲، ۵، ۷ هر سه دارای رتبهٔ یکسان و در رتبهٔ سوم قرار دارند.

پس‌ازآن شرکت تأمین‌کننده ٦ در رتبهٔ چهارم و شرکت تأمین‌کننده ۳ در رتبهٔ پنجم قرار دارند؛ و بدترین رتبه نیز مربوط به شرکت تأمین‌کننده ٤ است که در رتبهٔ آخر قرار دارد. جدول (٤) نتایج قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان پیچ و رتبه‌بندی آنها را نشان می‌دهد:

**جدول ٤ محاسبه تابع چگالی احتمال خرابی، تابع نرخ خرابی، قابلیت اطمینان، نا پایی پیچ**

| نام تأمین‌کنندگان | F(t) | λ(t) | R(t) | Q(t) | رتبه‌بندی نهایی |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | /۰۲۵۰ | /۰۲۷۱ | /۹۲ | /۰۸ | ٥ |
| ۲ | /۰۱۳۹ | /۰۱٤٥ | /۹٥۸ | /۰٥ | ۳ |
| ۳ | /۰۱۳٤ | /۰۱۳۹ | /۹٦ | /۰٤ | ۲ |
| ٤ | /۰۱۱۲ | /۰۱۱٥ | /۹۷ | /۰۳ | ۱ |
| ٥ | /۰۱٥۹ | /۰۱٦۷ | /۹٥۲ | /۰٥ | ٤ |
| ٦ | /۰۲۷۸ | /۰۳۰۳۱ | /۹۱ | /۰۹ | ٦ |
| ۷ | /۰۲ | /۰۲۲ | /۹۰ | /۱۰ | ۷ |
| ۸ | /۰۱٦۷ | /۰۲٦٤ | /٦۳ | /۳۷ | ۸ |

همان‌طور که از جدول (٤) مشخص است، تنها یک تأمین‌کننده قابلیت اطمینان زیر ۹۰ درصد را دارند و مابقی تأمین‌کنندگان قابلیت اطمینان بالای ۹۰ درصد داشته‌اند و این نشان‌دهنده این است که تأمین‌کنندگان پیچ از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار هستند. حال بر اساس قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان می‌توان به رتبه‌بندی آنها پرداخت که همان‌طور که از جدول (٤) مشخص است، بهترین تأمین‌کننده مربوط به تأمین‌کننده ٤ است و پس‌ازآن شرکت تأمین‌کننده ۳ در رتبهٔ دوم قرار دارد. همچنین شرکت‌های تأمین‌کننده ۲ و ٥، ۱، ٦ و ۷ به ترتیب رتبه‌های سوم تا هفتم را دارند و بدترین رتبه نیز مربوط به شرکت تأمین‌کنندهٔ ۸ است که در رتبهٔ هشتم قرار دارد. جدول (٥) نتایج قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان کابل و رتبه‌بندی آنها را نشان می‌دهد:

**جدول ٥ محاسبه تابع چگالی احتمال خرابی، تابع نرخ خرابی، قابلیت اطمینان، نا پایی کابل**

| نام تأمین‌کنندگان | F(t) | λ(t) | R(t) | Q(t) | رتبه‌بندی نهایی |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰۲/ | ۹۸/ | ۰۰۵٦/ | ۰۰۵۵/ | ۱ |
| ۲ | ۰٤/ | ۹٦/ | ۰۱۳۹/ | ۰۱۳٤/ | ۲ |
| ٤ | ۰۸/ | ۹۲/ | ۰۱٤۵/ | ۰۱۳٤/ | ۳ |
| ٦ | ۲۹/ | ۷۱/ | ۱٤/ | ۱/ | ٤ |
| ۳ | ۰۷/ | ۹۳/ | ۰۲۳۹/ | ۰۲۲۳/ | ۵ |
| ۳ | ۰۷/ | ۹۳/ | ۰۲۳۹/ | ۰۲۲۳/ | ٦ |
| ۵ | ۲۵/ | ۷۵/ | ۱۱/ | ۰۸۳٤/ | ۷ |
| ۷ | ٦۰/ | ٤۰/ | ۵/ | ۲/ | ۸ |

همان‌طور که از جدول (۵) مشخص است، تنها سه تأمین‌کنندهٔ قابلیت اطمینان زیر ۹۰ درصد را دارند و مابقی تأمین‌کنندگان قابلیت اطمینان بالای ۹۰ درصد داشته‌اند و این نشان‌دهنده این است که تأمین‌کنندگان کابل از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار هستند. حال بر اساس قابلیت اطمینان هر یک از تأمین‌کنندگان می‌توان به رتبه‌بندی آنها پرداخت که همان‌طور که از جدول (۵) مشخص است، بهترین تأمین‌کننده مربوط به تأمین‌کنندهٔ ۱ است و پس از آن شرکت تأمین‌کننده ۲ در رتبهٔ دوم قرار دارد. همچنین شرکت‌های تأمین‌کنندگان ۵ و ٦ دارای رتبهٔ یکسان و در جایگاه سوم قرار دارند. شرکت‌های تأمین‌کنندگان ۳ و ۷، ٤ نیز به ترتیب در رتبه‌های چهارم تا ششم قرار دارند و بدترین رتبه نیز مربوط به شرکت تأمین‌کننده ۸ است که در رتبهٔ هفتم قرار دارد. جداول (٦) نتایج قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان برد و رتبه‌بندی آنها را نشان می‌دهد:

**جدول ٦ محاسبه تابع چگالی احتمال خرابی، تابع نرخ خرابی، قابلیت اطمینان، نا پایی برد**

| نام تأمین‌کنندگان | F(t) | λ(t) | R(t) | Q(t) | رتبه‌بندی نهایی |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰۱۱۲/ | ۰۱۱۵/ | ۹۷/ | ۰۳/ | ۱ |
| ۲ | ۰۳۳٤/ | ۰۳۷۱/ | ۹۰/ | ۱۰/ | ۳ |
| ۳ | ۰۸۳٤/ | ۱۱/ | ۷۵/ | ۲۵/ | ۵ |
| ٤ | ۲/ | ۵/ | ٤۰/ | ٦۰/ | ٦ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ٥ | ./٠٤١٧ | ./٠٤٧٧ | ./٨٧ | ./١٣ | ٤ |
| ٦ | ./٠٨٣٤ | ./١١ | ./٩٣ | ./٠٧ | ٢ |
| ٧ | ./٠٨٣٤ | ./١١ | ./٧٥ | ./٢٥ | ٥ |
| ٨ | ./٠٣٣٤ | ./٠٣٧١ | ./٩٠ | ./١٠ | ٣ |

همان‌طور که از جدول (٦) چهار تأمین‌کننده قابلیت اطمینان زیر ۹۰ درصد را دارند و چهار تأمین‌کنندگان نیز قابلیت اطمینان بالای ۹۰ درصد داشته‌اند و این نشان دهندهٔ این است که تأمین‌کنندگان برد از قابلیت اطمینان متوسطی برخوردار هستند. حال بر اساس قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان می‌توان به رتبه‌بندی آنها پرداخت که همان‌طور که از جدول (٦) مشخص است، بهترین تأمین‌کننده مربوط به تأمین‌کنندهٔ ۱ است و پس‌ازآن شرکت تأمین‌کننده ٦ در رتبهٔ دوم قرار دارد. همچنین شرکت‌های تأمین‌کنندگان ۲ و ۸ دارای رتبهٔ یکسان و در جایگاه سوم قرار دارند و شرکت تأمین‌کننده ٥ نیز در رتبهٔ چهارم قرار دارد. همچنین شرکت‌های تأمین‌کنندگان ۳ و ۷ نیز دارای رتبهٔ یکسان و در جایگاه پنجم قرار دارند و بدترین رتبه نیز مربوط به شرکت تأمین‌کنندهٔ ٤ است که در رتبهٔ ششم قرار دارد. جداول (۷) نتایج قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان جعبه و رتبه‌بندی آنها را نشان می‌دهد:

**جدول ۷ محاسبه تابع چگالی احتمال خرابی، تابع نرخ خرابی، قابلیت اطمینان، نا پایی جعبه**

| نام تأمین‌کنندگان | F(t) | λ(t) | R(t) | Q(t) | رتبه‌بندی نهایی |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ./٠١٣٩ | ./٠١٤٥ | ./٩٥ | ./٠٥ | ٤ |
| ۲ | ./٠٣٣٤ | ./٠٣٧١ | ./٩٠ | ./١٠ | ٦ |
| ۳ | ./٠١٦٧ | ./٠١٧٦ | ./٩٤ | ./٠٦ | ٥ |
| ٤ | ./٠٠٦٦ | ./٠٠٦٨ | ./٩٧ | ./٠٣ | ١ |
| ٥ | ./٠٣٣٤ | ./٠٣٧١ | ./٩٠ | ./١٠ | ٦ |
| ٦ | ./٠٥ | ./٥٩ | ./٨٤ | ./١٦ | ٧ |
| ٧ | ./٠٠٨٣ | ./٠٠٨٦ | ./٩٦٥ | ./٠٤ | ٣ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ۸ | ./۰۱۱۱۱۱ | ./۰۱۱۵۰ | ./۹٦٦ | ./۰٤ | ۲ |

همان‌طور که از جدول (۷) مشخص است، تنها یک تأمین‌کننده قابلیت اطمینان زیر ۹۰ درصد دارد و مابقی تأمین‌کنندگان قابلیت اطمینان بالای ۹۰ درصد دارند و این نشان‌دهنده این است که تأمین‌کنندگان جعبه از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار هستند. حال بر اساس قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان می‌توان به رتبه‌بندی آنها پرداخت که همان‌طور که از جدول (۷) مشخص است، بهترین تأمین‌کننده مربوط به تأمین‌کنندهٔ ٤ است و پس از آن شرکت تأمین‌کننده ۸ صنعت در رتبهٔ دوم قرار دارد. همچنین شرکت‌های تأمین‌کنندگان ۷ و ۱ و ۳ دارای به ترتیب رتبه‌های سوم تا پنجم قرار دارد؛ و همچنین شرکت‌های تأمین‌کنندگان ۲ و ۵ در رتبهٔ یکسان و در جایگاه ششم قرار دارند؛ و بدترین رتبه نیز مربوط به شرکت تأمین‌کننده ٦ است که در رتبهٔ هفتم قرار دارد. جداول (۸) نتایج قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان مواد ABS و رتبه‌بندی آنها را نشان می‌دهد:

**جدول ۸ محاسبه تابع چگالی احتمال خرابی، تابع نرخ خرابی، قابلیت اطمینان، نا پایی مواد ABS**

| نام تأمین‌کنندگان | F(t) | λ(t) | R(t) | Q(t) | رتبه‌بندی نهایی |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ./۰۰۵۵ | ./۰۰۵۷ | ./۹٦ | ./۰٤ | ۲ |
| ۲ | ./۰۰۸٦ | ./۰۰۸۸ | ./۹۷ | ./۰۳ | ۱ |
| ۳ | ./۰۱۹ | ./۰۲۱ | ./۹۰ | ./۱۰ | ٤ |
| ٤ | ./۰٤۱ | ./۰٤۷ | ./۸۷ | ./۱۳ | ۵ |
| ۵ | ./۰۱۱ | ./۰۱۵ | ./۷۳ | ./۲۷ | ٦ |
| ٦ | ./۰۰۸٦ | ./۰۰۸۸ | ./۹۷ | ./۰۳ | ۱ |
| ۷ | ./۰۰۱۹ | ./۰۰۲۰ | ./۹۵ | ./۰۵ | ۳ |
| ۸ | ./۰٤۱ | ./۰٤۷ | ./۸۷ | ./۱۳ | ۵ |

همان‌طور که از جدول (۸) مشخص است، تنها سه تأمین‌کننده قابلیت اطمینان زیر ۹۰ درصد دارد و مابقی تأمین‌کنندگان قابلیت اطمینان بالای ۹۰ درصد دارند و این نشان‌دهنده این است که تأمین‌کنندگان مواد ABS از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار هستند. حال بر

اساس قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان می‌توان به رتبه‌بندی آنها پرداخت که همان‌طور که از جدول (۸) مشخص است، بهترین تأمین‌کننده مربوط به شرکت‌های تأمین‌کنندگان ۲ و ٦ است که هر دو رتبهٔ یکسان و در جایگاه اول قرار دارند؛ و پس‌ازآن شرکت تأمین‌کننده ۱ در رتبهٔ دوم قرار دارد. همچنین شرکت‌های تأمین‌کنندگان ۷ و ۳ به ترتیب در رتبه‌های سوم و چهارم قرار دارد؛ و همچنین شرکت‌های تأمین‌کنندگان ٤ و ۸ در رتبهٔ یکسان و در جایگاه پنجم قرار دارند؛ و بدترین رتبه نیز مربوط به شرکت تأمین‌کننده ۵ است که در رتبهٔ ششم قرار دارد.

همچنین در جدول (۹) تأمین‌کنندگان برتر هریک از زنجیره‌های تأمین مورد مطالعه آورده شده است:

**جدول (۹): تأمین‌کنندگان برتر ۷ زنجیرهٔ تأمین قطعات اولیه پژوهش از منظر رویکرد قابلیت اطمینان بر پایه نرخ خرابی**

| نام تأمین‌کنندگان برتر | نام زنجیرهٔ تأمین | F(t) | λ(t) | R(t) | Q(t) |
|---|---|---|---|---|---|
| **شماره ۲** | قطعات الکترونیک | ./۰۱۱۲ | ./۰۱۱۵ | /۹۷ | /۰۳. |
| **شماره ۱** | سیم افشان | ./۰۱۳٤ | ./۰۱۳۹ | /۹٦ | /۰٤. |
| **شماره ٤** | پیچ | ./۰۱۱۲ | ./۰۱۱۵ | /۹۷ | /۰۳. |
| **شماره ۱** | کابل | ./۰۰۵۵ | ./۰۰۵٦ | /۹۸ | /۰۲. |
| **شماره ۱** | برد | ./۰۱۱۲ | ./۰۱۱۵ | /۹۷ | /۰۳. |
| **شماره ٤** | جعبه | ./۰۱۳۹ | ./۰۱٤۵ | /۹۵ | /۰۵. |
| **شماره ۲ و شماره ٦** | مواد ABS | ./۰۰۸٦ | ./۰۰۸۸ | /۹۷ | /۰۳. |

لذا بر اساس این اطلاعات جداول (۲) تا (۸) مدیران شرکت می‌توانند در راستای کیفیت محصولات خود، کنترل و برنامه‌ریزی مؤثر داشته باشد و نسبت به انتخاب بهترین تأمین‌کننده برتر در این زمینه اقدام کنند؛ و همچنین به پیش‌بینی قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان بر اساس نرخ خرابی محصولات دریافتی بپردازند و همچنین نسبت به

قابلیت اطمینان تک‌تک قطعات دریافتی از سوی تأمین‌کنندگان خود اطلاعات لازم را کسب کنند.

همچنین نتایج این پژوهش از منظر ارزیابی زنجیرهٔ تأمین با رویکرد انتخاب تأمین‌کنندهٔ برتر با پژوهش‌های شفیعی و همکاران (۱٤۰۰)، شمشی و شهرخی (۱۳۹۹) همسو است. همچنین از منظر بررسی قابلیت اطمینان قطعات الکترونیکی با پژوهش امینی و همکارانش (۱۳۹۲) همسو است؛ و از منظر ارائه مدلی برای بررسی قابلیت اطمینان زنجیرهٔ تأمین با پژوهش‌های ابراهیمی و باقری (۲۰۲۲)، ژانگ و همکارانش (۲۰۲۰)، ها و همکارانش (۲۰۱۸) همسو است.

## بحث و نتیجه‌گیری

در دنیای پویای امروز، در هرلحظه ممکن است رویدادهایی رخ داده و بر عملکرد تمامی اجزای یک زنجیرهٔ تأمین تأثیر بسزایی داشته باشد و باعث اختلال در عملکرد کل زنجیرهٔ تأمین شود. لذا شرکت‌ها و سازمان‌ها درصدد افزایش قابلیت اطمینان در زنجیرهٔ تأمین برای تضمین بقای خود هستند. از سوی دیگر یکی از عوامل تأثیرگذار و اجزای مهم زنجیرهٔ تأمین در هر شرکت، تأمین‌کنندگان آن هستند. در واقع یکی از راه‌های تولید محصول با قیمت تمام شدهٔ کمتر و هزینهٔ کمتر، تأمین مواد اولیه و قطعات مورد نیاز ارزان‌تر از تأمین‌کنندگان است و از سوی دیگر کیفیت محصول پایانی نیز با کیفیت مواد اولیه پیوندی ناگسستنی دارد؛ بنابراین هرقدر بخش تولید شرکت، مواد مورد نیاز خود را در زمان معین و با کمیت و کیفیت مورد نظر دریافت کند با قابلیت اطمینان بالاتری می‌تواند محصول نهایی را به بخش توزیع شرکت تحویل نماید. نتیجه اینکه هرچه قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان شرکت بالا باشد کمک زیادی به افزایش قابلیت اطمینان زنجیرهٔ تأمین شرکت خواهد کرد. ازاین‌رو در این پژوهش این حوزه مدنظر قرار گرفته است و در این راستا به ارزیابی قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان هفت گروه از زنجیره‌های تأمین قطعات اولیه یک شرکت لوازم برقی در شیراز پرداخته شود چراکه؛ لزوم طرح بحث قابلیت اطمینان و عناوین مشابه با آن در تمام جنبه‌های کاربردی به‌صورت یک اصل و نیاز مسلم مورد

پذیرش قرارگرفته است؛ و بدین منظور ابتدا نوع سیستم فرایند تولیدی شرکت مورد مطالعه مشخص شد، سپس با توجه به نوع سیستم محاسبه قابلیت اطمینان پژوهش که یک سیستم موازی است، قابلیت اطمینان هر هفت زنجیرهٔ تأمین مورد مطالعه پژوهش (قطعات الکترونیکی، سیم افشان، پیچ، کابل، برد، جعبه و مواد ABS)، محاسبه شد؛ که در این راستا با استفاده از رویکرد ارزیابی مبتنی بر نرخ خرابی، هم قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان قطعات اولیه و هم نرخ خرابی و نا پایی هریک از تأمین‌کنندگان باهدف انتخاب تأمین‌کننده برتر محاسبه شد؛ و درنهایت تأمین‌کنندگان برتر در هر زنجیرهٔ تأمین مشخص شدند. تا مدیران شرکت بتوانند به زنجیرهٔ تأمینی دست یابند که دارای بیشترین سطح قابلیت اطمینان است همچنین بتوانند علاوه بر قابلیت اطمینان قطعات و محصولات تولیدی، مانع شکستگی و خرابی شوند و بدین‌وسیله می‌توان ازیک‌طرف راندمان تولید را بالابرده و از طرف دیگر زیان‌های ناشی از وقفه کار را به حداقل تقلیل رسانند. همچنین نتایج پژوهش نشان داد؛ الگوی ارائه‌شده در این پژوهش، الگوی مناسبی برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان است، زیرا این الگو هم توانایی در نظر گرفتن تعاملات تأمین‌کنندگان را دارد و هم نتایج رتبهٔ عملکردی از قدرت تفکیک‌پذیری بالایی برخوردار است. ازاین‌رو پیشنهاد می‌گردد که با توجه به نیاز و پاسخگویی زنجیرهٔ تأمین شرکت‌های تولیدی، مدیران و تصمیم‌گیران برای بهبود عملکرد خود به الگوی رویکرد استفاده‌شده در این پژوهش عنایت داشته باشند. همچنین برای پیشنهاد پژوهشی، راهکارهای زیر برای رسیدن به قابلیت اطمینان پیشنهاد می‌شود:

-طراحی

یکی از مسائل مهم در طراحی این است که هر چه تعداد عناصر و قطعات بکار رفته در یک سیستم بیشتر باشد، میزان قابلیت اطمینان آن سیستم کاهش می‌یابد؛ بنابراین چگونگی ارتباط منطقی عناصر و زیر بخش‌ها با یکدیگر در قابلیت اطمینان کل مجموعه مؤثر است؛ اما درمجموع می‌توان گفت که در طراحی باید سعی کرد از قطعات کمتر استفاده کرده و در ضمن به‌گونه‌ای در کنار یکدیگر قرار گیرند که قابلیت اطمینان بالا باشد. هنگام طراحی، پس‌ازآنکه طرح تکمیل شد، باید سیستم را مورد بررسی قرارداد و قطعات

و بخش‌هایی را که در قابلیت اطمینان تأثیر زیادی دارند شناسایی نمود و بر روی قابلیت اطمینان آنها کارکرد.

-فرآیند تولید

دومین عامل مهم تأثیرگذار در قابلیت اطمینان محصول فرآیند تولید است. در فرآیند تولید باید تکنیک‌های کنترل کیفیت بکار گرفته شود تا ریسک تولید و معایبی که ضمن آن اتفاق می‌افتد حداقل شود. بخصوص در طول تولید باید به عناصری که قابلیت اطمینان پائین تری دارند و یا حساس‌تر هستند توجه بیشتری شود تا اشکالی در آنها به وجود نیاید.

-حمل‌ونقل محصول تولیدشده برای رساندن به مشتری (مصرف‌کننده)

در لحظه استفاده، قابلیت اطمینان بستگی کامل به این دارد که محصول چگونه حمل شده و در هنگام حمل چگونه با آن رفتار شده است؛ بنابراین بسته‌بندی خوب و مناسب یکی از عوامل مؤثر در حفظ محصول هنگام حمل‌ونقل و درنتیجه قابلیت اطمینان محصول در هنگام مصرف است.

-خدمات و تعمیر

گرچه یک سازنده سعی خود را بر این می‌گذارد که محصول هیچ نقص و خرابی پیدا نکند، امَا به‌هرحال درصدی از محصولات دچار عیب می‌شوند و اشکالات گوناگون پیدا می‌کنند. منظور از این اشکالات و معایب، معایب ناشی از تمام شدن عمر مفید یا فرسودگی نیست بلکه خرابی ناشی از ۱۰۰٪ نبودن قابلیت اطمینان است که موجب می‌شود قبل از اتمام مدت مقرر، برخی از محصولات دچار عیب شوند؛ بنابراین مهم است که برای یک محصول، خدمات پس از فروش و خدمات تعمیر وجود داشته باشد. برای قطعات تعمیر پذیر، تعمیر یکی از عوامل مؤثر در قابلیت اطمینان است. مدت‌زمان صرف شده برای تعمیر و کیفیت تعمیر (اینکه پس از تعمیر، سیستم یا قطعه موردنظر، به چه میزان به سیستم یا قطعه نو و استفاده‌نشده شبیه شده است) دو پارامتر اساسی در تعمیراست. باید دقت شود که تعمیر یک سیستم یا قطعه با جایگزینی آن با یک قطعه یا سیستم نو تفاوت دارد.

همچنین برای انجام پژوهش‌های بعدی در آینده موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱-پیشنهاد می‌شود از الگوی به‌دست‌آمده در این پژوهش جهت ارزیابی و قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان سایر صنایع نیز استفاده شود.

۲-در نظر گرفتن الگوی قابلیت اطمینان ارائه‌شده برای دیگر لایه‌های زنجیره‌های تأمین تولیدی

۳-استفاده از سایر الگوریتم‌های تعیین قابلیت اطمینان عوامل خرابی مانند الگوریتم مونت‌کارلو و مقایسه نتایج حاصل از آن با نتایج پژوهش حاضر

٤-مسئله این پژوهش در شرایط قطعی برنامه‌ریزی‌شده است. لذا پیشنهاد می‌شود در آینده برای توسعهٔ بیشتر، استفاده از این مدل پژوهش را در شرایط تصادفی نیز برنامه‌ریزی نمود.

## منابع


- آریانژاد، میربهادرقلی؛ جوانشیر، حسن و خاتمی فیروزآبادی، علی. (۱۳۹۰). **قابلیت اطمینان**، تهران: انتشارات نص. چاپ اول.
- اختیاری، مصطفی؛ زندیه، مصطفی؛ عالم تبریز، اکبر و ربیعه، مسعود. (۱۳۹۸). ارائه یک مدل برنامه‌ریزی دوسطحی برای زنجیرهٔ تأمین چندمرحله‌ای با تأکید بر قابلیت اطمینان در شرایط عدم قطعیت، **مدیریت صنعتی**، ۱۱(۲)، ۱۷۷-۲۰٦.
- امینی، فریبا؛ کرباسیان، مهدی و سجادی، سید مجتبی. (۱۳۹۲). ارائه الگویی برای تخصیص قابلیت اطمینان قطعات الکترونیکی و مکانیکی (مطالعه موردی: دستگاه ٦۲۰)، اولین همایش ملی سامانه‌های هوشمند دریایی، شاهین‌شهر و میمه.
- باقرزاده‌آذر، محمد و دری، بهروز. (۱۳۸۹). به‌کارگیری ANP جهت انتخاب بهترین تأمین‌کننده در زنجیرهٔ تأمین. **پژوهش‌های مدیریت در ایران.** ۱٤(٤ پیاپی ٦۹)، ۲۷-٤۷.
- جولای، فریبرز؛ زارع‌شوریجه محمدعلی و جویبار، سبحان. (۱۳۹٤). توسعه یک روش برای حل مسئله قابلیت اطمینان مبتنی بر ترکیب تکنیک شبیه‌سازی و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در شرایط عدم اطمینان، **نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید**، ۳(۵):۷۹-۸۹.

- شفیعی، مرتضی؛ صالح، هیلدا و قادری، مهدی. (۱٤۰۰). الگو یابی در زنجیرهٔ تأمین با استفاده از تحلیل‌پوششی‌داده‌ها و شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم، **نشریه علمی مدیریت زنجیرهٔ تأمین**، ۲۳(۷۰)، ۵۵-۷۰.
- شمسی، محمدجواد و شهرخی، محمود. (۱۳۹۹). انتخاب تأمین‌کنندگان تجهیزات تعمیر پذیر باهدف کمینه کردن هزینه‌ها در فاز احداث و بهره‌برداری، **مجله مدیریت صنعتی**، ۱۲(٤)، ٦۳٤ – ٦٥٤.
- طباطبایی لیلا و کرباسیان، مهدی. (۱۳۹۳). **آشنایی باقابلیت اطمینان**، چاپ دوم، تهران: انتشارات دانش ارکان.
- فخرزاد، محمدباقر؛ طالب‌زاده، پریسا و گودرزیان، فریبا. (۱۳۹۸). طراحی شبکه زنجیرهٔ تأمین حلقه - بسته سبز با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان مراکز تأمین تحت شرایط عدم قطعیت، **پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید**، ۷(۱٤): ۱۸۸-۱۷۳.
- فلاح‌لاجیمی، حمیدرضا و کاظمی مریدانی، فاطمه. (۱۳۹٦). ارزیابی کارایی تأمین‌کنندگان در زنجیرهٔ تأمین پایدار با استفاده از رویکرد DEA(مورد مطالعه: شرکت چوب پلاست توسکا)، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت صنعتی، بابلسر.
- کرباسیان، مهدی؛ میران‌زاده، عباس و نیلی‌پور، اکبر. (۱۳۹۵). ارائه رویکردی تلفیقی از سیستم‌های سری-موازی قابلیت اطمینان و زنجیره‌های مارکوف جهت محاسبه شاخص دسترس‌پذیری زنجیره‌های تأمین بامطالعه موردی در شرکت پاناسونیک، **نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید**، ۲۷ (۲): ۱۷۳-۱۵۷.
- مرتضوی، سید محمد و کرباسیان، مهدی. (۱۳۹۸). ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های چند وضعیتی تعمیر پذیر با در نظر گرفتن خرابی‌های وابسته به‌وسیله‌ی درخت خرابی پویا و شبکه‌های بیزی پویا، **مهندسی صنایع و مدیریت (شریف ویژه علوم مهندسی)**، ۱-۳۵(۱-۱): ۹۱-۱۰٤.
- ناصری، پوریا و کریمی‌گوارشکی، محمدحسین. (۱۳۹۸). تخمین قابلیت اطمینان تأمین‌کننده در شرایط اختلال با استفاده از شبکه بیزین و با رویکرد فازی، **پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری**، ٤(۱): ۲۱۸-۱۹۷.

- نیلفروشان، نیما و طحانیان، احمدرضا. (۱۳۹۵). انتخاب تأمین‌کننده در زنجیرهٔ تأمین سبز (پایدار) جهت خرید رنگ موردنیاز خط‌کشی‌ها مطالعه موردی: معاونت حمل‌ونقل و شرکت مهندسی نیک‌اندیش، **نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات**، ۱(۲): ۱۳۱-۱۱۲.
- Blanchard, B. S., Fabrycky, W. J., & Fabrycky, W. J. (1998). *Systems engineering and analysis* (Vol. 4). Englewood Cliffs, NJ: Prentice hall.
- Dai, B., Nu, Y., Xie, X., & Li, J. (2021). Interactions of traceability and reliability optimization in a competitive supply chain with product recall. *European Journal of Operational Research*, *290*(1), 116-131.
- Diabat, A., Jabbarzadeh, A., & Khosrojerdi, A. (2019). A perishable product supply chain network design problem with reliability and disruption considerations. *International journal of production economics*, *212*, 125-138.
- Ebrahimi, S. B., & Bagheri, E. (2022). Optimizing profit and reliability using a bi-objective mathematical model for oil and gas supply chain under disruption risks. *Computers & Industrial Engineering*, *163*, 107849.
- Ghodsypour, S. H., & O'brien, C. (1997, August). An integrated method using the analytical hierarchy process with goal programming for multiple sourcing with discounted prices. In *Proceedings of the international conference on Production Research (ICPR), Osaka, Japan*.
- Ha, C., Jun, H. B., & Ok, C. (2018). A mathematical definition and basic structures for supply chain reliability: A procurement capability perspective. *Computers & Industrial Engineering*, *120*, 334-345.
- Houshyar, A. (2005). Reliability and maintainability of machinery and equipment, part 2: benchmarking, life-cyclecost, and predictive maintenance. *International Journal of Modelling and Simulation*, *25*(1), 1-11.
- Huang, S. H., & Keskar, H. (2007). Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. *International journal of production economics*, *105*(2), 510-523.

- Kagnicioglu, C. H. (2006). A fuzzy multiobjective programming approach for supplier selection in a supply chain. *The Business Review*, *6*(1), 107-115.
- Lasch, R., & Janker, C. G. (2005). Supplier selection and controlling using multivariate analysis. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *35*(6), 409-425.
- Mohammady Garfamy, R. (2006). A data envelopment analysis approach based on total cost of ownership for supplier selection. *Journal of Enterprise Information Management*, 19(6), 662–678.
- Ozkan, O., & Kilic, S. (2019). A Monte Carlo simulation for reliability estimation of logistics and supply chain networks. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(13), 2080-2085.
- Pryke, S. (Ed.). (2009). *Construction supply chain management: concepts and case studies* (Vol. 3). John Wiley & Sons.
- Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges. *European journal of operational research*, *163*(3), 575-588.
- Tseng, M. L., Chiang, J. H., & Lan, L. W. (2009). Selection of optimal supplier in supply chain management strategy with analytic network process and choquet integral. Computers & Industrial Engineering, 57(1), 330-340.
- Zhang, M., Chen, J., & Chang, S. H. (2020). An adaptive simulation analysis of reliability model for the system of supply chain based on partial differential equations. *Alexandria Engineering Journal*, *59*(4), 2401-2407.