فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۹۷، زمستان ۱۳۹۹، ۲۱-۱

تخمین قابلیت اطمینان تأمین‌کننده با استفاده از آنالیز درخت خطا و با رویکرد فازی

پوریا ناصری* سید اویس پیغمبرزاده**

مهدی کرباسیان***

دریافت: ۹۷/۱۱/۲ پذیرش: ۹۸/۵/۲۸

تأمین‌کننده / قابلیت اطمینان / آنالیز درخت خطا / تئوری فازی / بلوک دیاگرام / قابلیت اطمینان

چکیده

امروزه تأمین‌کنندگان نقش بسیار مهمی برای شرکت‌ها و سازمان‌ها دارند. انتخاب صحیح تأمین‌کنندگان می‌تواند به‌عنوان یک مزیت رقابتی مهم در بازار برای شرکت‌ها و سازمان‌ها مطرح شود. از آن جایی که تأمین‌کنندگان رابطه تنگاتنگی با سازمان‌ها دارند و تولید و خدمات نهایی آن‌ها، هم از لحاظ کیفیت و هم هزینه به تأمین‌کنندگان وابسته است. یکی از راه‌کارها در شرایط بحرانی و اختلال، استفاده از تأمین‌کنندگان قابل اعتماد برای گذر از شرایط بحرانی و تأمین مواد اولیه لازم است. در این مقاله با بررسی اختلالات تأمین‌کنندگان و در نظر گرفتن رابطه موجود بین آن‌ها با استفاده از تکنیک آنالیز درخت خطا (FTA) و تبدیل به بلوک دیاگرام، قابلیت اطمینان تأمین‌کننده تخمین زده شده‌است. به علت دقیق نبودن اطلاعات ورودی از تئوری فازی برای دست‌یابی به حد بالا و پایین قابلیت اطمینان استفاده می‌شود تا به شرکت‌ها و سازمان‌ها برای انتخاب مطمئن‌تر تأمین‌کنندگان کمک شود. در

*. دانشجوی دکتری مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی مالک اشتر tala8617@gmail.com

**. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی مالک اشتر ovais.peyghambar@gmail.com

***. دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر mkarbasian@yahoo.com

■ پوریا ناصری، نویسنده مسئول.

این مقاله برای اعتبار سنجی مدل ارائه شده قابلیت اطمینان دو تأمین‌کننده پژوهشکده زیر سطحی اصفهان مورد مطالعه قرار گرفته می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: C11

مقدمه

اختلال در زنجیره‌تأمین، گروهی از ریسک‌ها هستند که به صورت غیر قابل پیش‌بینی یا تا حدودی قابل پیش‌بینی، جریان مواد را در زنجیره‌تأمین مختل می‌کند. برای دست‌یابی به تأمین‌کننده با قابلیت اطمینان بالا لازم است که ابتدا اختلال‌هایی که ممکن است برای تأمین‌کننده به وجود آید را مورد بررسی قرار دهیم. از مهمترین این اختلال‌ها می‌توان به خطرات طبیعی مانند سونامی و زلزله و خشک سالی، بی‌ثباتی اجتماعی و سیاسی، آشفتگی قانونی، شکست‌های اقتصادی، حملات تروریستی، اعتصاب کارکنان، وابستگی به یک تأمین‌کننده، ورشکستگی و تروریسم اشاره کرد[1].

هالیکاس و همکاران نشان دادند اگر چه برون‌سپاری در منابع اولیه باعث ایجاد رقابت و ارزش افزوده بیشتر می‌شود اما ممکن است که تأمین‌کنندگان با اختلالاتی روبرو شوند و منجر به ایجاد ضررهای بیشتر برای سازمان شود. همچنین دو رویکرد مدیریت کردن ریسک زنجیره‌تأمین و امکان یادگیری سازمان‌ها در زنجیره را بهترین راه‌حل برای ایجاد شرایط اطمینان بخش‌تر با تأمین‌کنندگان پیشنهاد دادند[2]. کریستفر تنگ نیز مزیت هزینه کمتر و سهم بازار را عاملی برای برون‌سپاری مطرح کرد و دیدگاه‌های کمّی برای مدیریت کردن ریسک‌های زنجیره و تأمین‌کنندگان بیان نمود[3]. نیوونهیوس و واندائل در یک اثبات تحلیلی قابلیت اطمینان شکاف زیاد تحویل از تأمین‌کننده و ثبات برنامه زمانبندی تولید از خریدار را بهبود می‌بخشند که برای برآورد قابلیت اطمینان تحویل در مدت سیاست شکاف زیاد، ویژگی‌های سیستم ارائه می‌شود[4]. بورک و همکاران نیز مطالعه جامعی را در انتخاب سیاست‌های تک و دو منبعی انجام دادند. آن‌ها با بیان معایب و مزایای هر کدام از سیاست‌های تک یا دو منبعی عدم قطعیت محیطی را عامل اصلی برای انتخاب یکی از این سیاست‌ها معرفی کردند. بورک سیاست تک منبعی را سیاست غالب برشمرد و پیشنهاد کرد که تنها زمانی که منبع مورد نظر ظرفیت پایینی داشته و یا احتمال شکست آن وجود داشته باشد باید به سراغ چند منبعی رفت[5]. کستانتینو و گلاک بیان داشتند که اختلال تحریم باعث شکست منابع غیر قابل

1. Grady, (2007).
2. Halikas, (2005).
3. Tang, (2006).
4. Nieuwenhuyse, (2007).
5. Burke, (2007).

اعتماد می‌شود و در نتیجه برای رسیدگی به تحریم‌ها باید از استراتژی‌های مناسب تک، دو، سه یا چند منبعی استفاده کرد[1]. داورزنی و همکاران یک محیط تک محصول که در آن یک شرکت می‌تواند از چند منبع استفاده کند را مورد مطالعه قرار می‌دهد. یک تأمین‌کننده دارای ظرفیت غیر قابل اعتماد است در حالیکه دیگران قابل اعتماد هستند اما کیفیت محصول پایین‌تری داشته باشد[2]. زو و همکاران یک روش آماری را برای ساخت یک مدل برای تشخیص زودهنگام مشکلات قابلیت اطمینان با استفاده از پایگاه داده‌ها و زنجیره‌تأمین بالادست ارائه نموده‌اند که این با توجه به ارتباطات بالادست زنجیره‌تأمین با کیفیت/تست اطلاعات به‌عنوان متغیرهای کمکی برای تشخیص زود هنگام مشکلات قابلیت اطمینان است[3]. داورزنی و ذگردی تحقیقات جامعی در مزیت و معایب سیاست‌های مختلف تعداد تأمین‌کننده با توجه به شرایط ایران انجام دادند و توانستند با مدل‌های تحقیق در عملیات سهم هریک از تأمین‌کنندگان را در سیاست‌های مختلف به طور بهینه مشخص کنند[4]. دانسی و همکاران نشان دادند که در شبکه‌های زنجیره‌تأمین ادغام دو عمل خارجی و داخلی می‌تواند تاثیر مثبت و مهمی بر روی پاسخگویی بگذارد که استفاده از یک شبکه تأمین‌کننده بین‌المللی به‌عنوان یک عامل احتمالی در رابطه بین شیوه‌های ادغام و پاسخگویی عمل می‌کند[5]. کاظمی و علیزاده مشخصه‌های مهم برای تأمین‌کنندگان بر اساس ادبیات تحقیق و مصاحبه با مدیران و پرسشنامه با ایجاد ماتریس مقایسه ارزیابی بر اساس AHP تعیین نمودند. سپس بر اساس یک رویکرد جدید تحلیل پوششی داده‌ها، وزن نسبی مشخصه‌ها تعیین و سرانجام تأمین‌کنندگان بر اساس روش TOPSIS رتبه‌بندی می‌شوند[6]. رادفر و صالحی یک مدل ترکیبی برای انتخاب تأمین‌کنندگان و رتبه‌بندی آنها پیشنهاد می‌کنند. در این تحقیق یک مدل دو مرحله‌ای طراحی شده است که تأمین‌کنندگان را رتبه‌بندی می‌کند و در آن هر تأمین‌کننده دارای چندین ورودی و خروجی است. در مرحله اول تأمین‌کنندگان به‌وسیله تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی می‌شوند و برای دقیق شدن داده‌ها در این مرحله از رویکرد

1. Costantine, (2011).
2. Davarzani, (2010).
3. Zhou, (2012).
4. Zegordi, (2012).
5. Danese, (2013).
6. Kazemi, (2014).

فازی استفاده می‌شود. در مرحله دوم برای غنی کردن ارزیابی، تأمین‌کنندگان را به‌وسیله روش رتبه‌بندی سازمان تحلیل و ارزیابی می‌کنند[1]. آزادی و همکاران در مقاله خود با استفاده از مدل یکپارچه تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد فازی به دنبال انتخاب بهترین تأمین‌کننده یکپارچه پایدار هستند. بررسی‌ها بر روی مطالعه موردی نشان می‌دهد که مدل ارائه شده می‌تواند اثربخشی و بهره‌وری را در محیط نامشخص با سطوح مختلف α اندازه‌گیری کند. همچنین این مدل پیشنهادی می‌تواند به تصمیم گیرندگان برای مقابله با عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در هنگام انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار کمک کند[2]. کیانی و همکاران ۹ معیار کیفیت، زمان تحویل، تاریخ عملکرد و شش ریسک در زنجیره‌تأمین از جمله ریسک عرضه، ریسک تقاضا، ریسک تولید، ریسک تدارکات، ریسک اطلاعات و ریسک محیط زیست برای ارزیابی تأمین‌کنندگان در نظر می‌گیرند و با استفاده از روش TOPSIS فازی تأمین‌کنندگان را رتبه‌بندی می‌کنند[3]. ونکاسین و گو در مقاله خود تأمین‌کنندگان را بر اساس مقادیر الویتی که با استفاده از PROMETHEE فازی و AHP فازی ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، رتبه‌بندی می‌کنند[4]. کریلماز و رارول روند مدیریت ریسک زنجیره‌تأمین را مورد بررسی قرار می‌دهند و یک روش برای مرحله کاهش ریسک پیشنهاد می‌دهند. در اولین مرحله از روش پیشنهادی، یک طرح اولیه از طریق یک مدل برنامه‌ریزی خطی با توجه به معیار هزینه به‌دست می‌آید و در مرحله دوم با افزودن معیار ریسک به برنامه‌ریزی به‌عنوان الویت دوم، طرح تجدیدنظر می‌شود[5]. جان لیو و همکاران در مقاله خود یک روش یکپارچه‌سازی ارزیابی ریسک‌های تأمین‌کننده را بر اساس زنجیره‌تأمین و تجزیه و تحلیل جریان پایدار برای کاهش ریسک‌ها پیشنهاد می‌دهد[6]. وحیدی و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی دوبعدی تصادفی - امکان‌پذیر برای انتخاب گزینه‌های تأمین‌کننده پایدار و تخصیص سفارش در خطرات عملیاتی و خرابکاری پیشنهاد می‌دهند. آنها یک چارچوب سیستماتیک SWOT-QFD ترکیبی را برای انتخاب معیارهای پایدار بر اساس یک استراتژی سازنده پیشنهاد می‌دهند[7]. معماری و

1. RadPar (2014)
2. Burke, (2007).
3. Kianimavi, (2016).
4. Venkatesan, (2018).
5. Kirilmaz, (2017).
6. Liu, (2017).
7. Torabi, (2016).

همکاران یک روش TOPSIS با ۹ معیار و ۳۰ زیرمعیار برای انتخاب مناسب یک تأمین‌کننده پایدار ارائه می‌دهند. رویکرد پیشنهادی یک رتبه‌بندی از تأمین‌کنندگان پایدار و یک راه حل قابل اعتماد برای برای تصمیم‌گیری‌های پایدار فراهم می‌کند[1]. طاهردوست و برارد تصویری کلی از تحقیقات در مورد مدیریت زنجیره‌تأمین، معیارهای انتخاب تأمین‌کننده و روش‌های ارزیابی انتخاب تأمین‌کننده (تصمیم‌گیری چند معیار) ارائه می‌دهند. خلاصه فرآیند انتخاب تأمین‌کننده می‌تواند برای شرکت‌ها در درک صحیح از مفهوم به منظور بهبود موفقیت و رقابت خود مفید باشد. آنها در تحقیق خود نشان می‌دهند که استفاده از یک تکنیک تصمیم‌گیری ساختار یافته، به ویژه در شرایط پیچیده‌ای که هم معیارهای کیفی و هم کمّی را شامل می‌شود، می‌تواند بسیار مهم باشد[2].

اختلال و ایجاد بحران در عرصه صنعت یک کشور، می‌تواند خسارت‌های جبران ناپذیری به آن صنعت وارد نماید و تاثیرات شگرفی را بر افکار مشتری بر جای بگذارد. به همین منظور یکی از راه‌کارهای موجود در پدافند غیر عامل، تخمین قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان برای به حداقل رساندن ضررهای ناشی از بحران و اختلال در صنعت مربوطه است. با توجه به فضای رقابتی موجود در بازار، در این تحقیق با بررسی کلیه‌ی اختلالات تأمین‌کننده و ریشه‌یابی آن‌ها به کمک تکنیک درخت خطا و تبدیل آن به بلوک دیاگرام، قابلیت اطمینان دو تأمین‌کننده پژوهشکده زیرسطحی به‌دست آورده می‌شود. چون اطلاعات ورودی برای احتمال رویداد هر اختلال دقیق نمی‌باشد تجزیه و تحلیل این اطلاعات با استفاده از تئوری فازی انجام می‌گیرد.

۱. قابلیت اطمینان PROBIST[3] به صورت عدد فازی مثلثی

در واقع قابلیت اطمینان PROBIST همان تئوری گذشته است که شامل مفروضات احتمالی و حالت صفر و یکی سیستم که شامل مفروضات احتمالی و حالت صفر و یکی سیستم می‌باشد. در این تئوری، قابلیت اطمینان سیستم به صورت احتمالی محاسبه می‌شود. در این تئوری، حالت سیستم اجزاء یک حالت صفر و یک است، یعنی یا سیستم در حال کارکردن و یا ناتوان در کار کردن است. در مطالعات اخیر نشان داده شده است که این قابلیت اطمینان

1. Memari, (2019).
2. Taherdost, (2014).
3. Probability of Binary State.

می‌تواند در قالب اعداد فازی نیز بیان گردد. ازجمله حالت‌های مثلثی ذوزنقه‌ای و نرمال که در این تحقیق اعداد فازی مثلثی مورد استفاده قرار گرفته است. بخش اصلی و مهم تئوری مجموعه‌های فازی، گرفتن اطلاعات از خبره‌ها می‌باشد. بنابراین قضاوت یک خبره نقش حیاتی را در ارزیابی قابلیت اطمینان دارا می‌باشد. قابلیت اطمینان ابتدایی به صورت بازه $[l,r]$ در نظر گرفته می‌شود که ارزش قطعی یا میانی این عدد فازی مثلثی (m) برابر است با:

$$\frac{l+r}{2} \qquad (۱)$$

مقادیر قابلیت اطمینان PROBIST سیستم از نظر n نفر خبره به دست می‌آید که به صورت عدد فازی مثلثی مانند زیر اتخاذ می‌گردد:

$$E^i = (m^i - d^i, m^i, m^i + d^i) \qquad (۲)$$

ولی نیاز است که از نظرات خبره‌ها به ارزش واحدی برای قابلیت اطمینان PROBIST رسیده شود، که این مقدار به صورت زیر قابل نمایش است[1].

$$F = (f-g, f, f+g) = \begin{cases} g = \dfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d^i \\ f = \dfrac{min\, m^i + max\, m^i}{2} \end{cases} \qquad 1 \le i \le n \qquad (۳)$$

قابلیت اطمینان سیستم سری با PROBIST فازی

یک سیستم سری به صورت شکل(۱) است:

شکل ۱- سیستم سری

برای به دست آوردن قابلیت اطمینان PROBIST فازی از برش α استفاده می‌شود. در این صورت قابلیت اطمینان سیستم طبق رابطه (۵) قابل محاسبه است.

1. Verma, (2004).

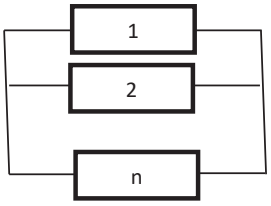
$$[R_{ss}] = \prod_{i=1}^{n} R_i \qquad (۴)$$

اگر n تعداد اجزا و R_i قابلیت اطمینان هر جزء باشد قابلیت اطمینان سیستم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$[R_{ss}]_\alpha = \prod_{i=1}^{n} [R_{i1}]_\alpha = \left\{ \prod_{i=1}^{n} [l_i + (m_i - l_i)\alpha], \prod_{i=1}^{n} [r_i - (m_i - r_i)\alpha] \right\} ; \ \forall \alpha \epsilon [0,1] \qquad (۵)$$

قابلیت اطمینان سیستم موازی با PROBIST فازی

یک سیستم موازی به صورت شکل(۲) را در نظر بگیرید.



شکل۲ - سیستم موازی

قابلیت اطمینان سیستم در این حالت برابر است با:

$$[R_{PS}] = \prod_{i=1}^{n} [(1 - R_i)] \qquad (۶)$$

حال اگر دوباره R_i به صورت عدد فازی مثلثی در نظر گرفته شود، داریم:

$$R_i = [l_i, m_i, r_i] \qquad (۷)$$

در این صورت با استفاده از برش α. قابلیت اطمینان سیستم طبق رابطه (۸) محاسبه می‌شود:

(۸)

$$[R_{ss}]_\alpha = \prod_{i=1}^{n} [R_i]_\alpha = \left\{ \prod_{i=1}^{n} [l_i + (m_i - l_i)\alpha], \prod_{i=1}^{n} [r_i - (m_i - r_i)\alpha] \right\} ; \ \forall \alpha \epsilon [0,1]$$

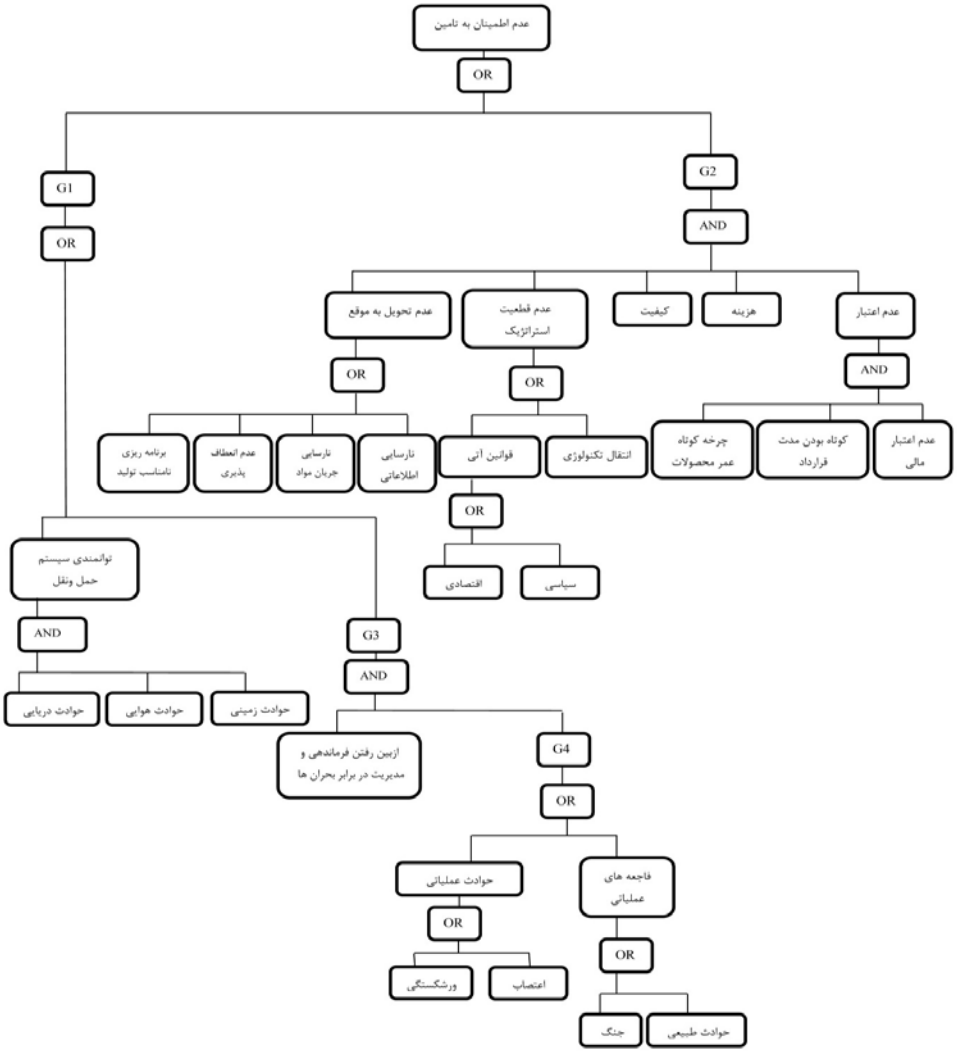
۲. روش تحقیق

تاکنون روش‌های مختلفی جهت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان با استفاده از روش‌هایی چون تصمیم‌گیری چند معیاره، سیستم‌های خبره، شبیه‌سازی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری مورد بررسی قرار گرفته است ولی در این تحقیق قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان را در شرایط بحران و اختلال مانند شرایط تحریم مورد بررسی قرار می‌دهد. در روش حل موجود نظرات خبرگان صنعت موردنظر که به صورت متغیرهای زبانی هستند به متغیرهای کمّی تبدیل و برای کاهش خطای انسانی خبرگان از تئوری فازی استفاده می‌شود و حد بالا و پایینی را برای احتمال‌های هریک از رخدادهای درخت خطای تأمین‌کننده به‌دست آورده می‌شود و با استفاده از تکنیک آنالیز درخت خطا قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان در سطوح مختلف محاسبه می‌شود. برای به‌دست آوردن درخت خطای تأمین‌کننده، با استفاده از منابع علمی موجود در این زمینه و همچنین بهره‌گیری از نظر کارشناسان مربوطه عواملی که ممکن است موجب اخلال در عملکرد تأمین‌کننده شود و یا باعث پایین آوردن قابلیت اطمینان آن شود به‌دست آورده می‌شود که در جدول (۱) با ذکر منبع آورده شده است و درخت موجود در این زمینه و همچنین بهره‌گیری از نظر کارشناسان مربوطه عواملی که ممکن است موجب اخلال در عملکرد تأمین‌کننده شود و یا باعث پایین آوردن قابلیت اطمینان آن شود به‌دست آورده می‌شود و درخت خطای موردنظر رسم گردیده می‌شود. بعد از شناسایی عواملی که باعث کاهش اطمینان تأمین‌کنندگان می‌شوند باید درخت خطای متناسب با رخدادها رسم شود. درخت خرابی یک مدل نمادین منطقی از بالا به پایین است که در حوزه شکست تولید می‌شود. این مدل راه‌های خرابی را از یک پیشامد اصلی نامطلوب از قبل تعیین شده (پیشامد بالایی) تا خرابی‌های سیستم (آغازگرهای درخت) دنبال می‌کند. خرابی‌ها و شکست‌های سیستم هر کدام از آن جهت که علت به وجود آمدن خرابی دیگری در درخت خرابی هستند آغازگر نامیده می‌شوند. تجزیه و تحلیل درخت خرابی یک وسیله نیرومند خطایاب برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده می‌باشد و به‌عنوان یک وسیله کمکی برای بهبود طراحی استفاده می‌شود[1]. شکل (۳) درخت خطای هر تأمین‌کننده و مجموعه اختلالاتی که باعث عمل نکردن تأمین‌کننده می‌شود را نمایش می‌دهد.

1. Karbasian, (2012).

جدول ۱. منابع رخدادهای درخت خطا

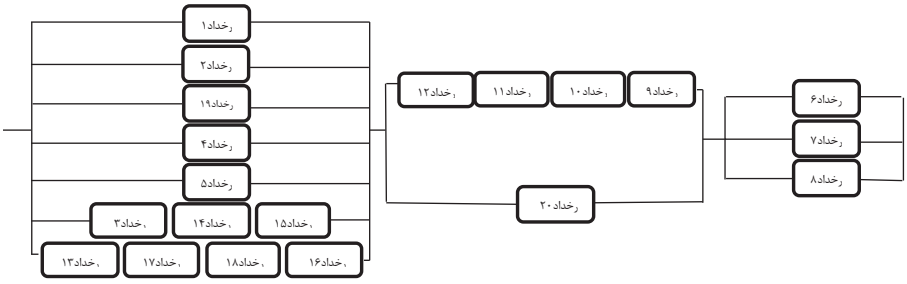
رخداد۱	هزینه	Wu, T., Blackhurst, J. & Grady, P.O.(2007).	رخداد۱۱	حوادث طبیعی	Tuncel, G., & Alpan, G. (2010). Hittle, B., & Leonard, K.M. (2011).
رخداد۲	کیفیت	Peck, H.(2005).	رخداد۱۲	جنگ	Wu, T., Blackhurst, J. & Grady, P.O.(2007).
رخداد۳	انتقال تکنولوژی	Juttner, U. (2005).	رخداد۱۳	برنامه ریزی	Moeinzadeh, P., & Hajfathaliha, A.(2010).Tang, O., & Nurmaya Musa, S. (2011).
رخداد۴	چرخه کوتاه عمر محصولات	Hendricks, K. & Singhal, V.R. (2005)	رخداد۱۴	سیاسی	Wu, T., Blackhurst, J., & Grady, P.O. (2007). Vilko, J., Hallikas, J.M. (2012). Tuncel, G., & Alpan, G(2010)
رخداد۵	کوتاه بودن مدت قرارداد	متناسب با شرایط پژوهشکده زیرسطحی	رخداد۱۵	اقتصادی	Manuj, I., & Mentzer, J. (2008) Moeinzadeh, P., & Hajfathaliha, A. (2010)
رخداد۶	حوادث زمینی	متناسب با شرایط پژوهشکده زیرسطحی	رخداد۱۶	نارسایی اطلاعاتی	Hendricks, K. & Singhal, V.R. (2005).
رخداد۷	حوادث دریایی	متناسب با شرایط پژوهشکده زیرسطحی	رخداد۱۷	نارسایی جریان مواد	متناسب با شرایط پژوهشکده زیرسطحی
رخداد۸	حوادث هوایی	متناسب با شرایط پژوهشکده زیرسطحی	رخداد۱۸	عدم انعطاف پذبری	Hendricks, K. & Singhal, V.R. (2005)
رخداد۹	ورشکستگی	Wu, T., Blackhurst, J. & Grady, P.O.(2007)	رخداد۱۹	عدم اعتبار مالی	Tang, C.(2006).
رخداد۱۰	اعتصاب	Wu, T., Blackhurst, J. & Grady, P.O.(2007)	رخداد۲۰	ازبین بردن فرماندهی و مدیریت در برابر بحران ها	Hendricks, K. & Singhal, V.R. (2005)



شکل۳- درخت خطای تأمین‌کننده

بر این اساس بلوک دیاگرام متناسب با درخت خطا رسم می‌شود. بلوک دیاگرام نمایشی از چیدمان فیزیکی اجزای یک سیستم است. این بلوک‌ها نشان می‌دهند که چگونه هر جزء باید برای موفقیت در سیستم عمل کند. با توجه به نمودار بلوکی و تکنیک‌های متناسب با هر

چیدمان می‌توان قابلیت اطمینان یک سیستم را محاسبه نمود[1]. در شکل (۴) بلوک دیاگرام مربوط به درخت خطای تأمین‌کننده رسم شده است.



شکل۴ -بلوک دیاگرام مربوط به درخت خطای تأمین‌کننده

این مجموعه از ترکیب زیر سیستم‌های سری و موازی تشکیل شده است. برای انجام دقیق‌تر محاسبات سیستم را مطابق شکل (۴) به زیر سیستم‌های کوچکتر تقسیم می‌کنیم که در جدول (۲) نمایش داده شده است.

جدول۲- زیرسیستم‌های درخت خطا

زیرسیستم	نوع زیرسیستم	رویدادها
A	سری	۳، ۱۴، ۱۵
B	سری	۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸
C	سری	۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲
D	موازی	۱، ۲، ۱۹، ۴، ۵
E	موازی	۶، ۷، ۸

در این قسمت، ارزیابی احتمال شکست رویداد اصلی یک درخت خطا با استفاده از عملیات محاسباتی فازی ارائه شده است. در این تجزیه تحلیل، پارامترهای مربوط به ویژگی‌های زمان تا خرابی اجزای اصلی به‌عنوان اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته و برای ساده شدن محاسبات، توابع توزیع امکان برای احتمال شکست نیز به‌عنوان اعداد فازی مثلثی تخمین زده شده‌اند.

1. Clemens, (1992).

اعداد فازی مثلثی به‌عنوان ورودی‌های اصلی در نظر گرفته می‌شوند. در تجزیه و تحلیل درخت خطای سنتی، احتمال شکست اجزای سیستم به‌عنوان ارزش‌های دقیق تلقی می‌شوند. در یک محیط پویا و متغیر یا در یک سیستم که داده‌ها برای استنتاج آماری کافی نمی‌باشد، برآورد میزان دقیق یا احتمال شکست اجزای سیستم اغلب بسیار دشوار است. زمانی که اطلاعات دقیق مربوط به شکست موجود نیست، ممکن است لازم باشد که احتمال رویداد اصلی با برآوردهای ناقص احتمالات که شاید توسط ارزیابی ذهنی طراحان سیستم یا کارشناسان فراهم شده باشد، محاسبه شود. محاسبات فازی ظرفیت مقابله با چنین موقعیت‌هایی را دارند[1]. میسرا و وبر الگوریتمی بر اساس روش گسسته مطرح کردند که توزیع امکان اختیاری برای رویدادها را میسر می‌کند و دقت آن از روش ترسیمی بیشتر می‌باشد. در هر دو مقاله رویدادهای ریشه به‌عنوان اعداد فازی در نظر گرفته شده‌اند و پس از آن احتمال شکست سیستم محاسبه شده است[2]. در ادامه برای به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز در حوزه مطالعه موردی انجام شده از روش مصاحبه با نخبگان فعال در صنعت مورد نظر استفاده شده‌است و هدف از مصاحبه به‌دست آوردن احتمال هر یک از رویدادهای درخت خطاست.

با استفاده از مصاحبه‌های ساختار یافته و نیمه ساختار یافته مستندات موجود در صنعت، اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شده است. نکته مهم این‌که اطلاعات گردآوری شده از طریق مصاحبه، مورد تایید افراد مطلع و خبره در مبحث مورد نظر می‌باشند که از آن جمله می‌توان به ۵ نفر از مدیران، کارشناسان و مهندسین فعال در بخش تأمین مواد اولیه و مدیریت پروژه فعال در صنعت اشاره کرد که با تجربه کافی در حوزه مورد نظر، اطلاعات خوبی را در اختیار دارند. اعداد فازی به دست آمده رویدادها، برای هر دو تأمین‌کننده مطابق جدول شماره (۳) و (۴) می‌باشد. در ادامه پاسخ‌های فرم مصاحبه را از متغیرهای زبانی به کمیت‌های فازی با دامنه تغییر [۰,۱] تبدیل می‌کنیم.

1. Colombo, (1987).
2. Misra, (1989).

جدول۳- احتمال وقابلیت اطمینان رخدادهای تأمین‌کننده اول

رویدادها	P_i	$R_i = 1 - P_i$	رویدادها	P_i	$R_i = 1 - P_i$
رویداد ۱	(۰٫۴ ،۰٫۵ ،۰٫۶)	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	رویداد ۱۱	(۰٫۲ ،۰٫۱ ،۰٫۰)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)
رویداد ۲	(۰٫۴ ،۰٫۵ ،۰٫۶)	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	رویداد ۱۲	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)
رویداد ۳	(۰٫۶ ،۰٫۷ ،۰٫۸)	(۰٫۴ ،۰٫۳ ،۰٫۲)	رویداد ۱۳	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)
رویداد ۴	(۰٫۲ ،۰٫۳ ،۰٫۴)	(۰٫۸ ،۰٫۷ ،۰٫۶)	رویداد ۱۴	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)
رویداد ۵	(۰٫۶ ،۰٫۷ ،۰٫۸)	(۰٫۴ ،۰٫۳ ،۰٫۲)	رویداد ۱۵	(۰٫۲ ،۰٫۱ ،۰٫۰)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)
رویداد ۶	(۰٫۶ ،۰٫۷ ،۰٫۸)	(۰٫۴ ،۰٫۳ ،۰٫۲)	رویداد ۱۶	(۰٫۸ ،۰٫۷ ،۰٫۶)	(۰٫۴ ،۰٫۳ ،۰٫۲)
رویداد ۷	(۰٫۰ ،۰٫۱ ،۰٫۲)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)	رویداد ۱۷	(۰٫۸ ،۰٫۷ ،۰٫۶)	(۰٫۴ ،۰٫۳ ،۰٫۲)
رویداد ۸	(۰٫۸ ،۰٫۹ ،۱٫۰)	(۰٫۲ ،۰٫۱ ،۰٫۰)	رویداد ۱۸	(۰٫۸ ،۰٫۷ ،۰٫۶)	(۰٫۴ ،۰٫۳ ،۰٫۲)
رویداد ۹	(۰٫۰ ،۰٫۱ ،۰٫۲)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)	رویداد ۱۹	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)
رویداد ۱۰	(۰٫۴ ،۰٫۵ ،۰٫۶)	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	رویداد ۲۰	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)

جدول ۴- احتمال وقابلیت اطمینان رخدادهای تأمین‌کننده دوم

رویدادها	P_i	$R_i = 1 - P_i$	رویدادها	P_i	$R_i = 1 - P_i$
رویداد ۱	(۰٫۶ ،۰٫۷ ،۰٫۸)	(۰٫۲ ،۰٫۳ ،۰٫۴)	رویداد ۱۱	(۰٫۲ ،۰٫۱ ،۰٫۰)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)
رویداد ۲	(۰٫۰ ،۰٫۱ ،۰٫۲)	(۰٫۸ ،۰٫۹ ،۱٫۰)	رویداد ۱۲	(۰٫۲ ،۰٫۱ ،۰٫۰)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)
رویداد ۳	(۰٫۲ ،۰٫۳ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۷ ،۰٫۸)	رویداد ۱۳	(۰٫۲ ،۰٫۱ ،۰٫۰)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)
رویداد ۴	(۰٫۲ ،۰٫۳ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۷ ،۰٫۸)	رویداد ۱۴	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)
رویداد ۵	(۰٫۸ ،۰٫۹ ،۱٫۰)	(۰٫۰ ،۰٫۱ ،۰٫۲)	رویداد ۱۵	(۰٫۲ ،۰٫۱ ،۰٫۰)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)
رویداد ۶	(۰٫۶ ،۰٫۵ ،۰٫۴)	(۰٫۴ ،۰٫۵ ،۰٫۶)	رویداد ۱۶	(۰٫۴ ،۰٫۳ ،۰٫۲)	(۰٫۸ ،۰٫۷ ،۰٫۶)
رویداد ۷	(۰٫۴ ،۰٫۵ ،۰٫۶)	(۰٫۴ ،۰٫۵ ،۰٫۶)	رویداد ۱۷	(۰٫۴ ،۰٫۳ ،۰٫۲)	(۰٫۸ ،۰٫۷ ،۰٫۶)
رویداد ۸	(۰٫۲ ،۰٫۳ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۷ ،۰٫۸)	رویداد ۱۸	(۰٫۲ ،۰٫۱ ،۰٫۰)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)
رویداد ۹	(۰٫۲ ،۰٫۳ ،۰٫۴)	(۰٫۶ ،۰٫۷ ،۰٫۸)	رویداد ۱۹	(۰٫۲ ،۰٫۱ ،۰٫۰)	(۱٫۰ ،۰٫۹ ،۰٫۸)

با استفاده از فرمول‌های(۶) و (۹) محاسبات فازی را برای دست‌یابی به قابلیت اطمینان زیر سیستم‌های دو تأمین‌کننده انجام می‌دهیم. اعداد محاسبه شده در جدول‌های شماره (۵) و (۶) نمایش داده شده است.

جدول ۵- قابلیت اطمینان زیرسیستم‌های تأمین‌کننده اول

A	A		B		C		D		E	
۰٫۰	A(۰٫۰)	۰٫۴۸۰۰ ۰٫۱۹۲۰	B(۰٫۰)	۰٫۶۴۰۰ ۰٫۲۳۰۴	C(۰٫۰)	۰٫۴۸۰۰ ۰٫۱۵۳۶	(۰٫۰)D	۱٫۰۰۰۰ ۰٫۹۸۷۲	E(۰٫۰)	۰٫۹۶۸۰ ۰٫۸۵۶۰
۰٫۱	A(۰٫۱)	۰٫۴۶۱۴ ۰٫۲۰۲۵	B(۰٫۱)	۰٫۶۱۱۶ ۰٫۲۴۴۱	C(۰٫۱)	۰٫۴۵۶۸ ۰٫۱۶۴۰	(۰٫۱)D	۰٫۹۹۹۹ ۰٫۹۸۸۹	E(۰٫۱)	۰٫۹۶۴۶ ۰٫۸۶۴۲
۰٫۲	A(۰٫۲)	۰٫۴۴۳۳ ۰٫۲۱۳۵	B(۰٫۲)	۰٫۵۸۴۳ ۰٫۲۵۸۴	C(۰٫۲)	۰٫۴۳۴۴ ۰٫۱۷۵۰	(۰٫۲)D	۰٫۹۹۹۹ ۰٫۹۹۰۵	E(۰٫۲)	۰٫۹۶۱۱ ۰٫۸۷۲۱
۰٫۳	A(۰٫۳)	۰٫۴۲۵۷ ۰٫۲۲۴۸	B(۰٫۳)	۰٫۵۵۷۸ ۰٫۲۷۳۴	C(۰٫۳)	۰٫۴۱۲۹ ۰٫۱۸۶۶	(۰٫۳)D	۰٫۹۹۹۸ ۰٫۹۹۲۰	E(۰٫۳)	۰٫۹۵۷۴ ۰٫۸۷۹۷
۰٫۴	A(۰٫۴)	۰٫۴۰۵۸ ۰٫۲۳۶۵	B(۰٫۴)	۰٫۵۳۲۳ ۰٫۲۸۹۰	C(۰٫۴)	۰٫۳۹۲۲ ۰٫۱۹۸۶	(۰٫۴)D	۰٫۹۹۹۷ ۰٫۹۹۳۲	E(۰٫۴)	۰٫۹۵۳۵ ۰٫۸۸۷۱
۰٫۵	A(۰٫۵)	۰٫۳۹۱۸ ۰٫۲۴۸۶	B(۰٫۵)	۰٫۵۰۷۶ ۰٫۳۰۵۲	C(۰٫۵)	۰٫۳۷۲۲ ۰٫۲۱۱۳	(۰٫۵)D	۰٫۹۹۹۶ ۰٫۹۹۴۳	E(۰٫۵)	۰٫۹۴۹۳ ۰٫۸۹۴۱
۰٫۶	A(۰٫۶)	۰٫۳۷۵۶ ۰٫۲۶۱۰	B(۰٫۶)	۰٫۴۸۳۸ ۰٫۳۲۲۱	C(۰٫۶)	۰٫۳۵۳۰ ۰٫۲۲۴۵	(۰٫۶)D	۰٫۹۹۹۴ ۰٫۹۹۵۳	E(۰٫۶)	۰٫۹۴۴۹ ۰٫۹۰۰۸
۰٫۷	A(۰٫۷)	۰٫۳۵۹۸ ۰٫۲۷۳۹	B(۰٫۷)	۰٫۴۶۰۹ ۰٫۳۳۹۷	C(۰٫۷)	۰٫۳۳۴۶ ۰٫۲۳۸۳	(۰٫۷)D	۰٫۹۹۹۲ ۰٫۹۹۶۲	E(۰٫۷)	۰٫۹۴۰۳ ۰٫۹۰۷۳
۰٫۸	A(۰٫۸)	۰٫۳۴۴۴ ۰٫۲۸۷۲	B(۰٫۸)	۰٫۴۳۸۷ ۰٫۳۵۸۰	C(۰٫۸)	۰٫۳۱۶۸ ۰٫۲۵۲۷	(۰٫۸)D	۰٫۹۹۸۹ ۰٫۹۹۶۹	E(۰٫۸)	۰٫۹۳۵۴ ۰٫۹۱۳۴
۰٫۹	A(۰٫۹)	۰٫۳۲۹۵ ۰٫۳۰۰۹	B(۰٫۹)	۰٫۴۱۷۴ ۰٫۳۷۷۱	C(۰٫۹)	۰٫۲۹۹۸ ۰٫۲۶۷۸	(۰٫۹)D	۰٫۹۹۸۵ ۰٫۹۹۵۷	E(۰٫۹)	۰٫۹۳۰۳ ۰٫۹۱۹۳
۱٫۰	A(۱٫۰)	۰٫۳۱۵۰ ۰٫۳۱۵۰	B(۱٫۰)	۰٫۳۹۶۹ ۰٫۳۹۶۹	C(۱٫۰)	۰٫۲۸۳۵ ۰٫۲۸۳۵	(۱٫۰)D	۰٫۹۹۸۱ ۰٫۹۹۸۱	E(۱٫۰)	۰٫۹۲۵۰ ۰٫۹۲۵۰

جدول۶- قابلیت اطمینان زیرسیستم‌های تأمین‌کننده دوم

A	A		B		C		D		E	
۰٫۰	A(۰٫۰)	۰٫۲۴۰۰	B(۰٫۰)	۰٫۰۳۸۴	C(۰٫۰)	۰٫۳۶۰۰	D(۰٫۰)	۰٫۹۹۲۳	E(۰٫۰)	۰٫۱
		۰٫۰۶۴۰		٫۰۰۳۲		۰٫۱۰۲۴		۰٫۹۳۰۸		۸۴۰۰٫۰
۰٫۱	A(۰٫۱)	۰٫۲۲۷۷	B(۰٫۱)	۰٫۰۳۴۹	C(۰٫۱)	۰٫۳۴۱۱	D(۰٫۱)	۰٫۹۹۱۱	E(۰٫۱)	۰٫۹۹۵۰
		۰٫۰۶۹۰		۰٫۰۰۳۷		۰٫۱۱۰۲		۰٫۹۳۶۷		۰٫۸۵۱۴
۰٫۲	A(۰٫۲)	۰٫۲۱۵۹	B(۰٫۲)	۰٫۰۳۱۸	C(۰٫۲)	۰٫۳۲۳۰	D(۰٫۲)	۰٫۹۸۹۸	E(۰٫۲)	۰٫۹۸۹۸
		۰٫۰۷۵۷		۰٫۰۰۴۴		۰٫۱۱۸۶		۰٫۹۴۱۲		۰٫۸۶۲۴
۰٫۳	A(۰٫۳)	۰٫۲۰۴۵	B(۰٫۳)	۰٫۰۲۸۸	C(۰٫۳)	۰٫۳۰۵۶	D(۰٫۳)	۰٫۹۸۸۴	E(۰٫۳)	۰٫۹۸۴۳
		۰٫۰۸۲۰		۰٫۰۰۵۲		۰٫۱۲۷۳		۰٫۹۴۷۲		۰٫۸۷۳۰
۰٫۴	A(۰٫۴)	۰٫۱۹۳۵	B(۰٫۴)	۰٫۰۲۶۱	C(۰٫۴)	۰٫۲۸۹۰	D(۰٫۴)	۰٫۹۸۶۹	E(۰٫۴)	۰٫۹۷۸۴
		۰٫۰۸۸۷		۰٫۰۰۶۰		۰٫۱۳۶۶		۰٫۹۵۱۹		۰٫۸۸۳۲
۰٫۵	A(۰٫۵)	۰٫۱۸۲۸	B(۰٫۵)	۰٫۰۲۳۵	C(۰٫۵)	۰٫۲۷۳۰	D(۰٫۵)	۰٫۹۸۵۱	E(۰٫۵)	۰٫۹۷۲۳
		۰٫۰۹۵۶		۰٫۰۰۷۰		۰٫۱۴۶۳		۰٫۹۵۶۳		۰٫۸۹۳۱
۰٫۶	A(۰٫۶)	۰٫۱۷۲۵	B(۰٫۶)	۰٫۰۲۱۲	C(۰٫۶)	۰٫۲۵۷۶	D(۰٫۶)	۰٫۹۸۳۲	E(۰٫۶)	۰٫۹۶۵۹
		۰٫۱۰۲۸		۰٫۰۰۸۰		۰٫۱۵۶۴		۰٫۹۶۰۳		۰٫۹۰۲۶
۰٫۷	A(۰٫۷)	۰٫۱۶۲۶	B(۰٫۷)	۰٫۰۱۹۰	C(۰٫۷)	۰٫۲۴۲۹	D(۰٫۷)	۰٫۹۸۱۲	E(۰٫۷)	۰٫۹۵۹۱
		۰٫۱۱۰۴		۰٫۰۰۹۲		۰٫۱۶۷۱		۰٫۹۶۱۴		۰٫۹۱۱۷
۰٫۸	A(۰٫۸)	۰٫۱۵۳۵	B(۰٫۸)	۰٫۰۱۷۰	C(۰٫۸)	۰٫۲۲۸۸	D(۰٫۸)	۰٫۹۷۸۹	E(۰٫۸)	۰٫۹۵۲۱
		۰٫۱۱۸۲		۰٫۰۱۰۵		۰٫۱۷۸۴		۰٫۹۶۷۶		۰٫۹۲۰۵
۰٫۹	A(۰٫۹)	۰٫۱۴۳۸	B(۰٫۹)	۰٫۰۱۵۱	C(۰٫۹)	۰٫۲۱۵۳	D(۰٫۹)	۰٫۹۷۶۴	E(۰٫۹)	۰٫۹۴۴۷
		۰٫۱۲۶۴		۰٫۰۱۱۹		۰٫۱۹۰۱		۰٫۹۷۰۸		۰٫۹۲۸۹
۱٫۰	A(۱٫۰)	۰٫۱۳۵۰	B(۱٫۰)	۰٫۰۱۳۵	C(۱٫۰)	۰٫۲۰۲۵	D(۱٫۰)	۰٫۹۷۳۷	E(۱٫۰)	۰٫۹۳۷۰
		۰٫۱۳۵۰		۰٫۰۱۳۵		۰٫۲۰۲۵		۰٫۹۷۳۷		۰٫۹۳۷۰

زیر سیستم C به همراه رویداد بیستم یک زیر سیستم موازی دیگر را تشکیل می‌دهد و در نهایت با توجه به محاسبات انجام شده بر روی کل زیرسیستم‌ها، قابلیت اطمینان کل سیستم با توجه به فرمول (۶) در جدول (۷) نشان داده شده است. با توجه به جدول (۷) حد بالا و پایین قابلیت اطمینان دو تأمین‌کننده با توجه به شرایط صنعت و خدمات مورد نظر خود و با

توجه به سطح مورد انتظار می‌تواند قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان موجود را تحلیل و بررسی نماید.

جدول ۷- قابلیت اطمینان کل تأمین‌کننده اول و دوم

	تأمین‌کننده اول		تأمین‌کننده دوم	
α	پایین	بالا	پایین	بالا
۰,۰	۰,۷۰۵۳	۰,۹۶۸۰	۰,۳۶۲۵	۰,۷۳۹۷
۰,۱	۰,۷۲۲۰	۰,۹۵۹۱	۰,۳۸۰۶	۰,۷۲۱۲
۰,۲	۰,۷۳۸۴	۰,۹۵۰۰	۰,۳۹۸۹	۰,۷۰۳۲
۰,۳	۰,۷۵۴۵	۰,۹۴۰۳	۰,۴۱۷۴	۰,۶۸۴۱
۰,۴	۰,۷۷۰۴	۰,۹۳۰۱	۰,۴۳۶۱	۰,۶۶۵۳
۰,۵	۰,۷۸۵۸	۰,۹۱۹۳	۰,۴۵۵۰	۰,۶۴۶۳
۰,۶	۰,۸۰۱۰	۰,۹۰۷۹	۰,۴۷۳۹	۰,۶۲۷۲
۰,۷	۰,۸۱۵۸	۰,۸۹۶۲	۰,۴۹۳۰	۰,۶۰۸۱
۰,۸	۰,۸۳۰۲	۰,۸۸۶۳	۰,۵۱۲۲	۰,۵۸۹۰
۰,۹	۰,۸۴۴۲	۰,۸۷۱۰	۰,۵۳۱۳	۰,۵۶۹۷
۱,۰	۰,۸۵۷۹	۰,۸۵۷۹	۰,۵۵۰۶	۰,۵۵۰۶

نتیجه‌گیری و ملاحظات

آنچه این تحقیق را از تحقیقات پیشین متمایز می‌کند، بررسی قابل اعتماد بودن تأمین‌کننده در شرایط بحرانی است و نگاه منسجم به اختلالات تأمین‌کننده است. تاکنون بررسی میزان اطمینان و اعتمادپذیری وسایل، تسهیلات و نهایتاً سیستم‌های صنعتی امری متداول بود اما در این تحقیق به دنبال تعیین ضریب قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان با در نظرگیری تمام پیچیدگی‌های محیطی آن بوده است. با استفاده از تکنیک آنالیز درخت خطا تمامی مواردی که باعث عملکرد نامناسب تأمین‌کننده در شرایط بحرانی می‌شود را ریشه یابی کرده و با دست‌یابی به قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان روش جدیدی برای انتخاب تأمین‌کننده مطمئن‌تر ارائه داده شد. استفاده از این راهکار موجب می‌شود که کمترین ضرر ممکن را در مقایسه با دیگر رقبا متحمل شد و سهم بیشتری از بازار هدف را به‌دست آورد.

برای به‌دست آوردن قابلیت اطمینان تأمین‌کننده پژوهشکده زیرسطحی در ابتدا عواملی که موجب می‌شود تأمین‌کننده قابل اعتماد نباشد و یا باعث کاهش اعتماد آن شود را به صورت درخت خطا که یکی از ابزارهای محاسبه قابلیت اطمینان است بیان می‌شد. سپس درخت خطا را به بلوک دیاگرام تبدیل نموده و پس از آن با استفاده از احتمالات به‌دست آمده از مصاحبه‌های ساختار یافته و نیمه ساختار یافته و مستندات موجود در صنعت، اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری گردید. نکته مهم این‌که اطلاعات گردآوری شده از طریق مصاحبه، مورد تایید افراد مطلع و خبره در مبحث مورد نظر می‌باشند که از آن جمله می‌توان به پنج نفر از مدیران، کارشناسان و مهندسین فعال در بخش تأمین مواد اولیه و مدیریت پروژه فعال در صنعت اشاره کرد. برای هر یک از رخدادها و فازی نمودن آن قابلیت اطمینان تأمین‌کننده محاسبه می‌شود. با این روش می‌توان حد بالا و پایینی برای قابلیت اطمبنان هریک از تأمین‌کنندگان به‌دست آورد و شرکت‌ها و سازمان‌ها می‌توانند با این روش با در نظر گرفتن سطح α مناسب مورد نظر خود قابلیت اطمینان هریک از تأمین‌کنندگان بالقوه خود را محاسبه کنند و متناسب با آن تأمین‌کننده‌هایی که قابلیت اطمینان بیشتری داشته باشند را به‌عنوان یک قدرت رقابتی انتخاب کنند و حضوری قدرتمند در بازار داشته باشند. با توجه به قابلیت اطمینان بالای به‌دست آمده برای دو تأمین‌کننده پژوهشکده زیرسطحی، و مقایسه آن‌ها می‌توانند با اطمینان بیشتری حجم مبادلاتی خود را با شرکت A نسبت به شرکت B افزایش دهد. برای مطالعات آتی می‌توان پیشنهادهای زیر را مطرح کرد:

۱. قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان را با رویکرد شبکه‌های بیزین محاسبه نمود.
۲. استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره به‌صورت فازی برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان، بخصوص برای الویت‌بندی تأمین‌کنندگان از تکنیک‌های TOPSIS و ELECTRE استفاده نمود.
۳. استفاده از روش‌های این تحقیق برای ارزیابی و انتخاب مشتری

منابع

Azadi, M.; Jafarian, M.; Farzipoor Saen, R.; Mirhedayatian, S.M.; (2015). “A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context”; Computers & Operations Research; Volume 54, Pages 274-285.

Burke, J. G.; Janice, E.; Carrillo.; (2007) . “Single versus multiple supplier sourcing strategies” European Journal of Operational Research 182: 95-112.

Clemens, P. L.; “Transformation Fault Tree/Reliability Block Digram/Event Tree” lecyure presentation, Sverdrup technology, Inc(1992).

Colombo, A. G.; “Uncertainty propagation in fault tree analysis, Reliability Modelling and Application” (edited by Colombo, A. G. and Keller, A. Z.) (1987): 95-1 03.

Costantino, N.; PellegrinoR.; (2010) . “Choosing between single and multiple sourcing based on supplier default risk” Journal of Purchasing & Supply Management 16: 27-40.

Danese, P.; Romano, P.; Formentini M.; (2013) . “The impact of supply chain integration on responsiveness:The moderating effect of using an international supplier network” Transportation Research Part E 49: 125-140.

Davarzani, H.; Zegordi, S. H.; (2011). “Contingent management of supply chain disruption: Effects of dual or triple sourcing”Scientia Iranica E 18: 1517-1528.

Hallikas, J.; Puumalainen, K.; Vesterinen T.; Virolainen V.; (2005) . “Risk-based classification of supplier relationships” Journal of Purchasing & Supply Management 11:72-82.

Hendricks, K. & Singhal, V.R. (2005). “the effect of supply chain disruption on long-term shareholder value, profitability, and share price volatility. Atianta: Research report, Georgia Institute of technology, USA.

Hittle, B., & Leonard, K.M. (2011.) “Decision making in advance of a supply chain crisis”, Management Decision, 49(7): 1182-1193.

Juttner, U. (2005). “ supply chain risk management: Understanding the business requirements from a practitioner perspective”. The International Journal of logistics management, 16, 120-141.

Karbasian, M.; Radpour, H.; “Systems engineering toolset for design engineers” Publications Arkane danesh; (2012).

Kazemi, M.; Alizadeh, A.; (2014) .“Optimum Selection Of Suppliers Based On AHP-DEA-TOPSIS Combined approach“;Journal Of Operational Reserch And Its Applications ; Page(s) 37 - 53.

KianiMavi R., Goh M., KianiMavi N., (2016), “Supplier Selection with Shannon Entropy and Fuzzy TOPSIS in the Context of Supply Chain Risk Management”, Procedia - Social and Behavioral Sciences, PP. 216-225.

Kırılmaz O., Erol S., (2017), "A proactive approach to supply chain risk management: Shifting orders among suppliers to mitigate the supply side risks", Journal of Purchasing and Supply Management, Volume 23, Issue 1, Pages 54-65.

Liu J., An R., Xiao Y., Yang Y., Wang Q., (2017), "Implications from substance flow analysis, supply chain and supplier' risk evaluation in iron and steel industry in Mainland China", Resources Policy, Volume 51, Pages 272-282.

Manuj, I., & Mentzer, J. (2008.) "Global supply chain risk management strategies". International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 38(3): 192-223.

Memari A., Dargi A., Akbari Jokar M.R., Ahmad R., Abdul Rahim A., (2019), "Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method", Journal of Manufacturing Systems, Volume 50, Pages 9-24.

Misra, K. B.; Weber, G.; "A new method for fuzzy fault tree analysis" Microelectronics and Reliability (1989) 29(2): 195-216.

Moeinzadeh, P., & Hajfathaliha, A. (2010.) "A Combined Fuzzy Decision Making Approach to Supply Chain Risk Assessment". International Journal of Human and Social Sciences, 5(13): 859-875.

Nieuwenhuyse, I. V.; Vandaele, N.; (2007) ."The impact of delivery lot splitting on delivery reliability in a two-stage supply chain" International Journal of Production Economics 104 (2): 694-708.

Peck, H.(2005). "Drivers of supply chain vulnerability : An integrated framework". International Journal of physical disruption & logistics management, 35, 210-232.

Radfar,R.; Salahi, F.; "Evaluation and ranking of suppliers with fuzzy DEA and PROMETHEE approach"; International Journal of Industrial Mathematics SUMMER 2014 , Volume 6 , Number 3; Page(s) 189 - 197.

Taherdoost H., Brard A., "Analyzing the Process of Supplier Selection Criteria and Methods", Procedia Manufacturing, Volume 32, Pages 1024-1034.

Tang, C.(2006). "Robust strategies for mitigating supply chain disruption". International Journal of Logistics: Research and Application, 9, 33-45.

Tang, C. S.; (2006). "Perspectives in supply chain risk management" Int, J. Of Production Economics 103 :451-488.

Tang, O., & Nurmaya Musa, S. (2011). "Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management". International Journal Production Economics, 133: 25-34.

Tuncel, G., & Alpan, G.(2010.) "Risk assessment and management for supply chain networks: A case study". Computers in Industry, 61: 250-259.

Vahidi F., Torabi A., Ramezankhani M., (2018), "Sustainable supplier selection and order

allocation under operational and disruption risks", Journal of Cleaner Production, Volume 174, Pages 1351-1365.

Venkatesan S., Goh M., (2016), " Multi-objective supplier selection and order allocation under disruption risk". Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Volume 95, Pages 124-142.

Verma, A. K.;Srividya;Gaonkar P; Rajesh.; "Profust reliability evaluation: an application to degrading diesel engine power plant" in proceeding of the International Confrance on Sustainable Habitat for cold climates. Leh, Ladakh, (2004) 16-18.

Vilko, J., Hallikas, J.M. (2012.) " Risk assessment in multi modal supply chains". International Journal of Production Economics, 140: 586-595.

Wu, T., Blackhurst, J., & Chidambaram, V. (2006.) " A model for inbound supply risk analysis. Computers in Industry", 57: 350-365.

Wu, T.;grady, P.; (2007). "Methodology for Supply Chain Distruption Analysis. international journal of production research" 45: 1665-1682.

Zegordi, S. H.; Davarzani, H.; (2012) ."Developing a supply chain disruption analysis model: Application of colored Petri-nets" Expert Systems with Applications 39: 2102-2111.

Zhou, C.; Chinnam, R. B.; Korostelev, A.; (2012). "Hazard rate models for early detection of reliability problems using information from warranty databases and upstream supply chain" International Journal of Production Economics, 139: 180-195.