

«مدیریت بهره‌وری»

سال یازدهم - شماره چهل و یک - تابستان 1396

ص ص: 55 - 31

تاریخ دریافت: 95/07/26

تاریخ پذیرش: 96/03/20

ارتقای بهره‌وری زنجیره تأمین با به کارگیری نظریه شکست‌ناپذیری

زهرا خوش سپهر¹
سید حسین فخرپور^{2*}
دکتر محمدحسن ملکی³

چکیده

از آنجایی که زنجیره تأمین یکی از ارکان اساسی در سازمان‌های تولیدی و خدماتی است در صورت شکست این زنجیره ممکن است کل سازمان از بین برود؛ بنابراین سازمان‌ها باید برای حفظ پایداری‌شان سعی کنند زنجیره تأمین خود را شکست‌ناپذیر نمایند. با توجه به این که پژوهش حاضر از روش‌های پژوهش در عملیات نرم برای ارزیابی وزن‌ها و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان شرکت فولاد مبارکه اصفهان استفاده کرده است؛ بنابراین می‌توان آن را جزء پژوهش‌های کمی قرارداد. پژوهش حاضر از لحاظ جهت‌گیری کاربردی، از نظر هدف، توصیفی، از بعد گردآوری داده‌ها پیمایشی و از بعد زمانی مقطعی است. این پژوهش سعی در اندازه‌گیری میزان شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین در شرکت فولاد مبارکه اصفهان دارد. برای این منظور، ابتدا چارچوب نظری، از مرور جامع پیشینه و پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین به دست آمده است. با کمک این چارچوب معیارهای شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین استخراج و با برگزاری جلسات با خبرگان و استفاده از مصاحبه و پرسش‌نامه خبره‌سنجی (9 پرسش‌نامه) معیارها پالایش شده‌اند. سپس با استفاده از روش ANP، اهمیت هر یک از معیارها مشخص شده است. در بین معیارهای اصلی، معیار استقبال از ریسک (0/16) و یادگیری (0/15) بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند، در انتها از طریق روش ارس خاکستری تأمین‌کنندگان شرکت فولاد مبارکه اصفهان از نظر درجه شکست‌ناپذیری رتبه‌بندی شده‌اند و تأمین‌کننده پارس، در جایگاه اول قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: شکست‌ناپذیری، زنجیره تأمین، فرایند تحلیل شبکه، ارس خاکستری

1. کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، گرایش تولید و عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران.

khoshsepehr@ut.ac.ir

2. کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، گرایش تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، (نویسنده مسؤول) fakhrpour@ut.ac.ir

3. استادیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، دانشگاه قم، mh.maleki@qom.ac.ir

مقدمه

رقابت در جهان امروزی بیش از آنچه در بین شرکت‌ها وجود داشته باشد؛ بین زنجیره تأمین¹ قرار دارد. تمرکز بر کارایی² و پیچیدگی³ زنجیره تأمین آن را آسیب‌پذیر می‌کند و بهره‌وری‌اش را کاهش می‌دهد (سیمانگونسونگ و استیونسون⁴، 2014، 4495). بهره‌وری زنجیره تأمین سبب می‌شود تا شرکت‌ها بتوانند از تمام ظرفیت‌های موجود استفاده کرده و خود را ارتقا دهند. از سوی دیگر خطرات احتمالی با تأثیرات بسیار بالا⁵ به دلیل چرخه حیات کوتاه مدت محصولات، بازار آزاد و فن‌آوری جدید افزایش می‌یابد؛ بنابراین برای ایجاد زنجیره تأمینی که بتواند بدون شکست طراحی شود نیاز به مدیریتی دقیق است (زیتسمن⁶، 2014، 363).

عدم توجه برخی سازمان‌ها به زنجیره تأمین سبب شده است، بین آنچه سازمان تصور می‌کند به آن نیاز دارد و آنچه تأمین‌کننده تصور می‌کند سازمان به آن نیازمند است اختلاف زیادی وجود داشته باشد. از سوی دیگر اغلب نیاز مشتریان نیز از طریق زنجیره تأمینی برآورده می‌شود که مخالف با محصولات و خدمات ارائه شده است. همه این عوامل می‌توانند دست‌به‌دست هم دهند و سبب شکست⁷ زنجیره تأمین می‌شوند. شکنندگی زنجیره تأمین خود نیز منجر به شکست مسائل سیاسی ملی، بین‌المللی، مسائل محدودیت ظرفیت تولید و لجستیک می‌شود؛ بنابراین سازمان‌ها سعی دارند از طریق کاهش شکنندگی زنجیره تأمین این فعالیت‌ها را به بالاترین بهره‌وری برسانند (بندل⁸، 2014، 161).

برخی افراد بیان می‌کنند زنجیره تأمین ذاتاً و به‌صورت کلی خود مستعد شکست است؛ زیرا تأمین‌کنندگان در فعالیت‌های خود دارای روابط و ارتباطاتی هستند که فراتر از مرزهای سازمانی است و این امر به‌راحتی سبب اشتباه در زنجیره تأمین، به‌خصوص آن

-
1. Supply chain
 2. Performance
 3. Complexity
 4. Simangunsong & Stevenson
 5. Black swan
 6. Zitzmann
 7. Fragile
 8. Bendell

زنجیره‌تأمینی که خارج از مرزهای ملی قرار دارد می‌شود؛ و آن را به سمت شکست پیش می‌برد. خطرات درونی و بیرونی که زنجیره‌تأمین به‌طور عمومی با آن مواجه می‌شود، در عمل بیشتر و پیچیده‌تر از آن چیزی است که در سازمان تعریف شده است (بندل، 2014، 161).

سازمان‌ها از مکانیزم‌های مختلفی برای به حداقل رساندن شکنندگی و افزایش بهره‌وری زنجیره‌تأمین خود استفاده می‌کنند؛ زیرا انتخاب تأمین‌کننده ضعیف سبب شکنندگی سازمان می‌شود و انتخاب تأمین‌کننده مناسب پایداری¹ سازمان را افزایش می‌دهد. برخی سازمان‌ها برای جلوگیری از شکست، تأمین کالاها، موارد موردنیاز و همچنین ارسال محصول خود تا رسیدن به دست مشتری از تأمین‌کنندگان تک منبعی² یا چند منبعی³ استفاده می‌کنند. برخی دیگر برای جلوگیری از شکنندگی زنجیره‌تأمین خود سعی در برون‌سپاری⁴ فعالیت‌های کاری خود دارند؛ اما سازمان‌ها در انتخاب تأمین‌کننده باید به این نکته توجه داشته باشند که برای جابجایی مکان سازمانی باید ابتدا برنامه‌هایی راجع به انتقال و ادامه تأمین طراحی کنند (بندل، 2014، 162).

البته باید به این نکته توجه کرد که اگر بهبود انتخاب تأمین‌کنندگان با یادگیری از اشتباهات همراه باشد سبب شکست‌ناپذیری سازمان می‌شود و بهره‌وری سازمان و زنجیره‌تأمین را تا حد زیادی ارتقا می‌دهد؛ زیرا شکست‌ناپذیری سعی دارد از طریق شناسایی به‌موقع عوامل استرس‌زا و یادگیری از عواملی که موجب آسیب به زنجیره‌تأمین سازمان می‌شوند بهره‌وری بالا را در زنجیره‌تأمین تضمین کند (زایتمن، 2014، 373).

با توجه به این که بهره‌وری در زنجیره تأمین دارای مفهومی بیش از بهره‌وری هزینه است؛ شکست‌ناپذیری از طریق شناسایی به‌موقع نوسانات و یادگیری از اختلالات نوسانات تقاضا، چرخه حیات کوتاه‌مدت محصولات و اختلالات خارجی، زنجیره‌تأمین را مجبور به انعطاف‌پذیری، سازگاری و همچنین مشتری‌گرایی می‌کند در نتیجه بهره‌وری کل زنجیره بهبود می‌یابد. برای دستیابی به توسعه و بهره‌وری زنجیره‌تأمین مفاهیم

-
1. Robust
 2. Single-source
 3. Multi-source
 4. Outsourcing

مختلفی چون چابکی، پایداری و انعطاف‌پذیری تعریف‌شده است تا بتوان با کمک آن‌ها مفهوم شکست‌ناپذیری را به‌صورت کامل بیان کرد (زایتسن، 2014، 361).

چابکی¹ به معنای استفاده از دانش بازار در بهره‌برداری از فرصت سودآوری در بازار متغیر است. زنجیره‌تأمین چابک برای مقابله با تغییرات طراحی‌شده، بر نوسانات کوتاه‌مدت تقاضا و رفتار مصرف‌کننده تمرکز دارد (اسمارک و هولکومب²، 2015، 73). زنجیره‌تأمین چابک قادر است به نوسانات تقاضا واکنش نشان دهد و مزیت رقابتی را با تمرکز بیشتری انتقال دهد؛ اما نمی‌تواند هدایت عدم قطعیت را در زنجیره‌تأمین پیش‌بینی کند (چارلز، لاوراس و واسنهاو³، 2010، 725).

پایداری نیز عبارت است از توانایی یک سیستم برای حفظ قابلیت‌های خود در شرایط مختلف (کاستسین و منیچمن⁴، 2011، 729). زنجیره‌تأمین پایدار زنجیره‌تأمینی است که توانایی تطابق با تقاضا را دارد و با هزینه عملیاتی به‌خوبی منطبق می‌شود. زنجیره‌تأمین پایدار در محیطی با عدم اطمینان بالا سودآوری بالایی دارد؛ اما ساختارش توسعه و بهبود نمی‌یابد (هوانگ و میتال⁵، 2012، مارتال و گوئیتی⁶، 2010، 123).

انعطاف‌پذیری⁷ بر توانایی یک سیستم برای بازگشت به حالت اولیه خود یا حرکت به سمتی جدید بیش از آنچه تصور شده است دلالت دارد (مارتال و گوئیتی، 2010). تمرکز زنجیره‌تأمین انعطاف‌پذیر در اختلالات عمده شبکه ارزش است. اصولاً انعطاف‌پذیری زنجیره‌تأمین در رویدادهای مبهم با تأثیرگذاری بالا مناسب است (پتیت، فیکسل و کروکستون⁸، 2010، 18).

شکست‌ناپذیری⁹ حرکت صعودی یک سیستم در شرایط استرس‌زا و آشوبناک را نشان می‌دهد. شکست‌ناپذیری زنجیره‌تأمین به داشتن حرکت صعودی زنجیره‌تأمین در مقابل استرس‌ها اشاره دارد. در واقع یک زنجیره‌تأمین شکست‌ناپذیر به عدم قطعیت‌ها

1. Agile

2. Esmark & Holcomb

3. Charles, Lauras & Wassenhove

4. Kastsian & Monnigmann

5. Huang & Mital

6. Martel & Guitouni

7. Resilience

8. Pettit, Fiksel & Croxton

9. Antifragility

به صورت فعال پاسخ می‌دهد و از ساختار خود به صورت تهاجمی محافظت می‌کند و باعث صعود آن می‌شود (بندل، 2014، 169). صعود زنجیره تأمین باعث افزایش استفاده بهینه از منابع و امکانات و در نتیجه دستیابی به اهداف تعیین شده می‌شود.

بخش مهمی که برای جلوگیری از شکنندگی زنجیره تأمین و افزایش بهره‌وری آن در نظر گرفته شده است؛ مربوط به اطلاعات مورد نیاز است. زنجیره تأمین به اطلاعاتی نیاز دارد که مؤثر و کارآمد باشد. کیفیت خوب جریان اطلاعات نیاز اساسی شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین است. اگر تأمین‌کنندگان، اطلاعات بازار یا پیشگویی آن‌ها را به صورت صحیح و به موقع دریافت نکنند، در تأمین مواد اولیه و همچنین در عرضه محصول به مشتریان دچار خطا می‌شوند و این موضوع بر بهره‌وری زنجیره تأمین و رضایت سازمان‌ها و مشتریان تأثیر می‌گذارد و سبب می‌شود زنجیره تأمین به عقب بازگردد و اثر شلاقی در سیستم تکرار شود. با این کار نوسانات تقاضا از طریق زنجیره-تأمین به تدریج افزایش می‌یابد و سبب شکنندگی زنجیره تأمین می‌شود؛ اما با کسب اطلاعات درست از بازار و مشتریان اثر شلاقی کاهش و زنجیره تأمین به سمت شکست‌ناپذیری حرکت می‌کند و بهره‌وری‌اش افزایش می‌یابد.

گروه‌هایی که زنجیره تأمین خدمات را بر عهده دارند اغلب نسبت به تهیه‌کنندگان محصولات نیاز بیشتری به اطلاعات دارند. اطلاعات زنجیره تأمین خدمات اغلب اطلاعات شخصی افراد یا سوابق دریافت‌کننده خدمات است. به طور عمده ارائه این اطلاعات زمانی که حجم کاری زیاد و تنوع ارائه خدمت از طریق سازمان‌های خدمات‌رسانی عمومی کم باشد، ضعیف است و سبب شکنندگی زنجیره تأمین می‌شود.

به طور معمول اطلاعات تقاضای مشتریان مبهم است و غالباً الزامات تأمین، مدت‌زمان تأمین و نیاز به تأمین به اندازه کافی شناخته شده نیست و ارتباطات به درستی درک نشده‌اند. علاقه به واگذاری آشکار اطلاعات غیرتولیدی به تأمین‌کنندگان توسط سازمان‌ها به دستیابی به منافع سازمان بستگی دارد. ممکن است این امر سبب از بین رفتن اطلاعات تأمین‌کننده شود. به هر حال اثر واقعی کل فرایندها بهبود نخواهد یافت مگر اینکه فرایند اطلاعات تأمین‌کنندگان به صورت واقعی بهبود یابد و به درستی تا پایان یکپارچه شود. به طور کلی شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین بر گسترش ارتباطات بین فراهم‌آوردندگان اطلاعات، کاهش ناتوانی و یکپارچه‌سازی فرایندها از شروع تا پایان فعالیت،

توسعه یادگیری متقابل و بهبود مستمر تمرکز دارد. در واقع هر ارائه اطلاعاتی که اشتباه باشد یک فرصت برای بهبود و افزایش بهره‌وری سیستم فراهم می‌آورد و زنجیره تأمین را به سمت شکست‌ناپذیری حرکت می‌دهد.

نسیم نیکلاس طالب¹ (2012) در کتابی با عنوان «شکست‌ناپذیری: چیزی که از آشوب² به دست می‌آید» برای اولین بار مفهوم شکست‌ناپذیری را بیان کرد. وی در ابتدا سیستم‌ها را به سه دسته شکنده، پایدار و شکست‌ناپذیر تقسیم کرده است. طالب سیستم‌های شکنده را سیستمی می‌داند که در شرایط استرس‌زا به راحتی از بین می‌رود. سیستم پایدار نیز تنها تمایل به بقا دارد. این سیستم‌ها در شرایط استرس‌زا تنها سعی دارند ساختار خود را پایدار نگه‌دارند؛ اما وی سیستم‌های شکست‌ناپذیر را سیستمی می‌داند که نه تنها در برابر عوامل استرس‌زا نمی‌شکند و پایدار می‌ماند بلکه با یادگیری از این استرس‌ها در بلندمدت رشد می‌کند؛ و بهره‌وری خود را افزایش می‌دهد. وی بیان می‌کند که در بازارهای کنونی با رقابتی سخت و اقتصادی مهم، باید سعی شود تمام سیستم‌ها را به سمت شکست‌ناپذیری حرکت کنند (طالب، 2012).

جانسون و جورج³ (2013)، در مقاله‌ای با عنوان «ارائه چارچوبی برای ارزیابی شکست‌ناپذیری در نظامی از سیستم‌ها» پس از معرفی سیستم و عوامل استرس‌زا معیارهایی را برای شکست‌ناپذیری بیان کردند و بر اساس مدل‌های مفهومی سعی در شناخت بیشتر شکست‌ناپذیری کردند؛ اما از بین مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری یادگیری از عوامل استرس‌زا را می‌توان مهم‌ترین مؤلفه شکست‌ناپذیری معرفی کرد (جانسون و جورج، 2013).

بندل⁴ (2014) در یکی از فصل‌های کتابش با عنوان «چگونگی شکست‌ناپذیری کردن سازمان‌ها» زنجیره تأمین شکست‌ناپذیر را مورد بررسی قرار داده است و بیان می‌کند برای شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین باید اطلاعات به موقع و کاملاً درستی در اختیار زنجیره تأمین و سازمان قرار گیرد و ارتباطات بین مشتریان، تأمین‌کنندگان و سازمان‌ها به صورت دقیق برقرار باشد (بندل، 2014).

-
1. Nassim Nicholas Taleb
 2. disorder
 3. Johnson & Gheorghie
 4. Bendell

رافی¹ نیز (2015) معیارهایی را برای شکست‌ناپذیری نظام خدماتی ارائه داد و آن‌ها را در شرایط ریسک موردبررسی قرارداد (رافی، 2015).

زایتسمن (2014) در مقاله‌ای با عنوان «چگونه با عدم قطعیت در زنجیره تأمین مقابله کنیم؟ چارچوبی ادراکی برای چابکی، پایداری، انعطاف‌پذیری، تداوم و شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین» عدم قطعیت در زنجیره تأمین را در تمام نظریات مورد بررسی قرار می‌دهد و بیان می‌کند زنجیره تأمین شکست‌ناپذیر زنجیره تأمین است که در شرایط عدم اطمینان حرکت صعودیش بیش از حرکت نزولی آن است. این زنجیره می‌تواند تمام عدم قطعیت‌ها را شناسایی نموده و برای رفع آن‌ها تدابیر مناسبی بیندیشد. وی بیان می‌کند برای زنجیره تأمین که بتواند بدون شکست طراحی شود نیاز به مدیریت دقیق است؛ و زمانی که زنجیره تأمین شکست‌ناپذیر شود می‌توان به تمام عدم قطعیت‌ها پاسخ داد (زایتسمن 2014).

بنابراین با توجه به اهمیت زیادی بهره‌وری زنجیره تأمین در فرایند ادامه حیات و رشد سازمانی و حتی شکست‌ناپذیری سازمانی، در پژوهش حاضر پژوهشگران کوشیدند شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین را موردبررسی قرار دهند، مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین را استخراج کنند و در انتها با استفاده از روش ارس خاکستری² تأمین‌کنندگان شرکت فولاد مبارکه اصفهان را از نظر درجه شکست‌ناپذیری رتبه‌بندی کنند.

اما از آنجایی که مفهوم شکست‌ناپذیری مفهوم بسیار جدیدی است و در زنجیره-تأمین به صورت گسترده مورد بررسی قرار نگرفته است، بناچار نمی‌توان تمام مؤلفه‌های آن را به صراحت بیان کرد و چگونگی دستیابی به نتایج بهره‌ور در زنجیره تأمین را به صورت دقیق مشخص کرد؛ اما طبق بررسی پیشینه موضوع، دیدگاهی در مورد مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری وجود دارد که این مؤلفه‌ها را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد.

1. Rafi

2. Grey Additive Ratio Assessment

جدول شماره 1- معیارهای استخراج‌شده از مرور تئوری

معیار	تعریف	منبع
آنتروپی	از آنجایی که با افزایش آنتروپی رویدادهای مبهم افزایش می‌یابد شاید بتوان گفت که زنجیره‌تأمین شکست‌ناپذیر آنتروپی بالایی دارد؛ اما این آنتروپی بالا سبب مرگ آن‌ها نمی‌شود، زیرا ماهیت سیستم‌های شکست‌ناپذیر چند پارگی است.	
غیرمنتظره بودن	با افزایش عوامل استرس‌زا ممکن است سیستم‌های شکست‌ناپذیر برای حمایت از ساختار خود در ابتدا میزان خروجی‌ای کمتر از ورودی داشته باشند اما این موضوع در بلندمدت باعث افزایش سودآوری خواهد شد.	
بهره‌وری در مقابل خطر	اگر خطرهای سیستمی افزایش یابد هزینه بالقوه افزایش می‌یابد؛ اما اگر میزان این خطرات از حد مشخصی کاهش یابد یا خطری در سیستم موجود نباشد باعث شکست سیستم می‌شود.	
متادل‌سازی اتصال‌ها در مقابل آزادی‌ها	تعادل بین محدودیت‌ها و درجه آزادی، شرایطی بهینه برای یک سیستم است. یک سیستم بیش‌ازحد باز با رویدادهای مبهم بیشتری مواجه می‌شود. از آنجایی که سیستم‌های شکست‌ناپذیر رویدادهای مبهم را به‌موقع شناسایی می‌کنند پس بین اتصال‌ها و آزادی‌ها تعادل برقرار می‌کنند.	
اتصال (پیوستگی)	هر چه درجه اتصال بین سیستم و اجزای سیستم بیشتر شود، شکنندگی سیستم افزایش می‌یابد. پس در سیستم‌های شکست‌ناپذیر اتصال کمی میان اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها وجود دارد.	
غیریکنواختی (یادگیری از اشتباهات)	از طریق این یادگیری از اشتباهات کوچکی که در پاسخ به استرس‌های واردشده بر سیستم رخ داده است، سیستم‌ها در خود قابلیت ایجاد می‌کنند که می‌توانند در مقابل استرس‌های شدیدتر عملکرد خود را بهبود دهند.	
استرس کنترل‌شده	ایجاد استرس منظم و کنترل‌شده می‌تواند پایداری سیستم را افزایش دهد و به‌طور بالقوه منجر به شکست‌ناپذیری شود.	
وجود سیستم‌های پشتیبان	تنظیم‌کننده‌هایی در سیستم‌ها وجود دارد که تلاش می‌کنند تا خروجی‌ها و رفتار عوامل موجود در سیستم را کنترل کنند. به دلیل چند پارگی در سیستم‌های شکست‌ناپذیر، وجود تنظیم‌کننده‌ها می‌تواند ساختار این سیستم‌ها را حفظ کنند.	
جذب استرس	سیستم‌ها برای حرکت به سمت شکست‌ناپذیری باید توانایی جذب استرس را داشته باشند	
افزودگی	حشو یا فراوانی سیستم را پایدار می‌سازد و آن را محکم‌تر می‌کند (این به معنی شکنندگی کمتر است، اما شکست‌ناپذیری نیست).	

معیار	تعریف	منبع
اطلاعات	سیستم‌ها به اطلاعاتی نیاز دارند که مؤثر و کارآمد باشد. کیفیت خوب جریان اطلاعات نیاز اساسی شکست‌ناپذیری و سبب شکست‌ناپذیری این‌گونه سیستم‌ها می‌شود.	بنل، 2014 ص 4
ارتباطات	شکست‌ناپذیری بر گسترش ارتباطات بین فراهم آوردگان اطلاعات، کاهش ناتوانی و یکپارچه‌سازی فرایندهای ارتباطی، توسعه یادگیری متقابل و بهبود تمرکز دارد.	
ساختار سازمانی	سیستم‌های شکست‌ناپذیر ساختاری چندپاره دارند و این چند پارگی باعث می‌شود تا این سیستم‌ها بهینگی بخش‌های خاصی را در نظر نگیرند و بهینگی کل مهم باشد. در این سیستم‌ها همه وظایف به‌صورت شفاف تعیین نشده است و هر سیستم دارای ویژگی‌هایی است که علاوه بر تخصص خود می‌تواند تا حدی وظایف دیگر واحدها را انجام دهد.	
قابلیت اطمینان بالا	زمانی که قابلیت اطمینان یک سیستم بالا باشد سیستم به سمت شکست‌ناپذیری حرکت می‌کند. برخی ویژگی‌های چنین سیستم‌هایی عبارت‌اند از: مهارت بالایی کارکنان، پاسخ‌گویی در قبال مسؤلیت‌ها.	
سیستم‌های پیچیده	پیچیدگی اشاره به‌نوعی وابستگی دارد که در آن پیگیری علت نتایج دشوار می‌شود. درواقع در سیستم‌های پیچیده وظایف کارکنان به‌طور کامل مشخص نیست.	رافعی، 2015
مشکلات اضطراری	مشکلات اضطراری مربوط به یک سری عدم تقارن‌هاست؛ مانند عدم تقارن اطلاعات بین افراد اصلی و دیگر افراد و تضاد منافع میان ذی‌نفعان.	
روش‌های غیرقابل پیش‌بینی	روش‌های پیش‌بینی‌شده تلاش می‌کنند تا آینده را پیش‌گویی کنند، پس از انجام این کار خطرات یا پاداش آن را محاسبه می‌نمایند. یک روش غیرقابل‌پیش‌بینی هیچ‌گونه تلاشی برای پیش‌بینی آینده ندارد. یک رویکرد پیش‌گویانه متکی به یک سری زمانی برای پیش‌بینی آینده و مدیریت ریسک در محاسبه خطرات یا پاداش‌ها است.	
استدلال شفاف	در سیستم‌های شکست‌ناپذیر قواعد کاری به‌صورت شفاف بیان نشده است.	
انتخاب منطقی	بخش عقلایی انتخاب منطقی اشاره به این دارد که یک اشتباه را دو بار تکرار نکنید. با خطای کوچک امتحان کنید و پس‌ازآن از خطاها درس بگیرید. تا در بلندمدت سیستم را شکست‌ناپذیر کنید.	
مداخله ساده	مداخله‌های ساده به مشکلی اشاره دارد که در آن کارشناسان فاقد صلاحیت یا کم‌اطلاع احساس نیاز به دخالت در یک سیستم بدون درک ماهیت پیچیده سیستم می‌کنند.	
عدم تقارن اساسی	عدم تقارن اساسی به داشتن حرکت صعودی بیش از حرکت نزولی در شرایط آشوب اشاره دارد.	

ابزار و روش

پژوهش‌ها براساس هدف به سه دسته کاربردی، بنیادی و توسعه‌ای طبقه‌بندی می‌شوند. هدف پژوهش کاربردی توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است. هدف از انجام پژوهش حاضر ارائه چارچوبی جهت ارتقا بهره‌وری زنجیره‌تأمین با به‌کارگیری نظریه شکست‌ناپذیری در قالب یک مسأله تصمیم‌گیری چند شاخصه است. پژوهش حاضر از لحاظ جهت‌گیری کاربردی، از نظر هدف، توصیفی و از نظر استراتژی پیمایشی است. قلمرو زمانی پژوهش حاضر تابستان 1395 و قلمرو مکانی آن شرکت فولاد مبارکه اصفهان بوده است. جامعه آماری پژوهش حاضر 10 نفر از مدیران ارشد شرکت فولاد مبارکه اصفهان و 4 نفر از استادان دانشگاهی بوده‌اند. از میان آن‌ها 9 نفر به‌صورت هدفمند به‌عنوان نمونه انتخاب شده‌اند. شرط انتخاب، تجربه و تخصص لازم در زمینه زنجیره‌تأمین چابک و پایدار است. در این پژوهش از بررسی اسناد، مدارک، مقالات و کتاب‌های معتبر لاتین جهت ارائه چارچوب نظری و مدل مفهومی اولیه استفاده شده است. ابزار به کار گرفته‌شده در مرحله اندازه‌گیری، پرسش‌نامه است که در واقع چارچوب نهایی تأیید شده در جلسات گروه متمرکز بود. در طول این پژوهش از 3 پرسش‌نامه برای تأیید معیارها و زیر معیارهای زنجیره‌تأمین شکست‌ناپذیر (پرسش‌نامه خبره سنجی) و همچنین تعیین وزن (پرسش‌نامه مقایسات زوجی) و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان (پرسش‌نامه ارس خاکستری) استفاده شده است. پایایی پرسش‌نامه‌های خبره‌سنجی از طریق آزمون ویلکاکسون مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور پرسش‌نامه در فاصله دو هفته میان خبرگان توزیع شد. این آزمون به ازای تک‌تک سؤالات پرسش‌نامه برگزار شد و آزمون آماری ویلکاکسون به ازای تمامی سؤالات پرسش‌نامه در سطح 5 درصد معنادار بود؛ بنابراین پرسش‌نامه پایا است. همچنین برای ارزیابی پایایی جداول مقایسات زوجی از نرخ ناسازگاری استفاده شده است. از آنجایی که پایایی نتایج حاصل از پرسش‌نامه «تعیین اوزان و اهمیت معیارها و زیر معیارهای تأثیرگذار در شکست‌ناپذیری سازمانی با استفاده از فرایند تحلیل شبکه¹» ارتباط تنگاتنگی با سازگاری قضاوت پاسخ‌دهندگان آن دارد؛ بنابراین می‌توان با محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌های تصمیم حاصل از قضاوت هر یک از پاسخ‌دهندگان، از پایایی نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌های

1. Analytic Network Process (ANP)

مقایسه زوجی اطمینان حاصل کرد. با محاسبات انجام‌شده نرخ ناسازگاری معیارهای اصلی، $0/04$ و نرخ ناسازگاری زیر معیار اطلاعات، $0/00032$ ، نرخ ناسازگاری زیر معیار ارتباطات، $0/00021$ ، نرخ ناسازگاری استقبال از ریسک، $0/00681$ ، نرخ ناسازگاری تصمیم‌گیری، $0/04940$ ، نرخ ناسازگاری ساختار سازمانی، $0/02$ ، نرخ ناسازگاری قابلیت اطمینان بالا، $0/045$ و نرخ ناسازگاری زیر معیار یادگیری، $0/0086$ است. از آنجایی که نرخ ناسازگاری تمامی زیر معیارها کوچک‌تر از $0/1$ است، در نتیجه این پژوهش از پایای لازم برخوردار است. پرسش نامه‌ی ارس خاکستری نیز پرسش نامه‌ی استاندارد است در نتیجه دارای ماهیتی پایا است.

پس از به دست آوردن اطلاعات لازم از طریق پرسش نامه و تعیین معیارهای نهایی، وزن معیارها با استفاده از فرایند تحلیل شبکه محاسبه و با استفاده از داده‌های پرسش نامه ارس خاکستری ماتریس تصمیم خاکستری تشکیل و در نهایت با استفاده از ارس خاکستری زنجیره‌تأمین شرکت فولاد مبارکه اصفهان از نظر شکست‌ناپذیری رتبه‌بندی شد.

یافته‌ها

در این پژوهش پس از دستیابی به معیارهای ابتدایی شکست‌ناپذیری زنجیره-تأمین از مرور پیشینه، برای عملیاتی کردن آن در گام ابتدایی باید معیارها توسط خبرگان تأیید شوند. پس از آن در گام بعد با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه اهمیت هر یک از معیارها و زیر معیارها تعیین و در انتها با استفاده از روش ارس خاکستری تأمین‌کنندگان فولاد مبارکه اصفهان رتبه‌بندی می‌شوند.

گام اول: تأیید مؤلفه‌ها، ابعاد و شاخص‌ها با نظرهای خبرگان

پژوهشگران در ابتدا با مرور مباحث نظری و مصاحبه با خبرگان معیارهای شکست‌ناپذیری را استخراج کردند. در مرحله بعد این معیارها با استفاده از پرسش نامه خبره سنجی مورد ارزیابی 9 نفر از خبرگان پژوهش قرار گرفت. انتخاب این 9 نفر از خبرگان به صورت هدفمند و از طریق بررسی‌های لازم از نظر تجربه‌ی کاری آنها و آشنایی با قلمروی موضوعی این پژوهش انجام گرفته است. برای هر شاخص H_0 و H_1 با سطح اطمینان 95 درصد تشکیل شد. از طریق آزمون بینم میانگین معیارها مورد بررسی

قرار گرفت و معیارهایی که میانگین آن‌ها بزرگ‌تر یا مساوی 3 بود به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب شدند. معیارهای بیان‌شده در جدول 2 معیارهایی هستند که در آزمون بینم، فرض H_1 برای آن‌ها تأیید شده است.

جدول شماره 2- مؤلفه‌های تأیید شده از دیدگاه خبرگان

معیار	زیرمعیار	تعریف
اطلاعات	صحت اطلاعات	اطلاعات صحیح مهم‌ترین منبع شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین است.
	شفافیت اطلاعات	برای شکست‌ناپذیری زنجیره تأمین باید اطلاعات به‌صورت کامل و شفاف در اختیار تأمین‌کنندگان قرار گیرد.
	مرتبط بودن اطلاعات	اطلاعاتی که در اختیار زنجیره تأمین شکست‌ناپذیر قرار می‌گیرد باید کاملاً مرتبط با حوزه کاری زنجیره باشد.
	به‌موقع بودن اطلاعات	برای جلوگیری از شکست زنجیره تأمین باید اطلاعات در زمان مناسب در اختیار زنجیره قرار گیرد تا اقدامات مناسبی برای مبارزه با عوامل استرس‌زا صورت گیرد.
ارتباطات	مناسب بودن ارتباطات	برای شکست‌ناپذیر کردن زنجیره تأمین باید ارتباطات با تمام افراد سازمانی و مشتریانی که می‌توانند به شکست‌ناپذیر کردن آن کمک کنند برقرار باشد.
	منبع ارتباطات	افرادی که زنجیره تأمین با آن‌ها ارتباط برقرار می‌کند باید افرادی باشند که بتوانند با دادن اطلاعات درست زنجیره تأمین را با سرعت بیشتری به سمت شکست‌ناپذیری حرکت دهند.
	کانال صحیح ارتباطات	از طریق کانال‌های ارتباطی می‌توان ارتباطات صحیح‌تری با افرادی که می‌توانند زنجیره تأمین را به سمت شکست‌ناپذیری حرکت دهند برقرار کرد.
استقبال از ریسک	تمایل به پذیرش استرس متعادل	استرس زیاد سیستم‌ها و زنجیره تأمین را به سمت شکست حرکت می‌دهد، اما اگر استرس به‌صورت متعادل وارد سازمان شود باعث بهبود عملکرد زنجیره تأمین خواهد شد.
	وجود سازوکارهای جذب استرس	این ویژگی، زنجیره تأمین را توانا می‌سازد تا در صورت بروز یک عامل استرس‌زا را به‌موقع شناسایی و جذب کند.
	وجود سازوکارهای تحلیل استرس	این ویژگی استرس‌ها را در جهت به‌کارگیری تدابیر بهبود، تحلیل و بررسی می‌کند.
ساختار سازمانی	سیستم‌های پیچیده	در زنجیره تأمین شکست‌ناپذیر وظایف به‌صورت شفاف قابل تخصیص نیست و پیش‌بینی صحیح این سیستم‌ها دشوار است.
	دارای ساختار نسباً مستقل	سیستم‌های شکست‌ناپذیر از واحدهایی تشکیل شده‌اند که هر یک تا حدودی از هم مستقل هستند اما در کل فعالیت آن‌ها به هم وابسته است.

بهره‌وری در مقابل ریسک بالا	باوجود خطراتی که زنجیره‌تأمین شکست‌ناپذیر را تهدید می‌کند، اما از این عوامل استرس‌زا مزایای بسیاری نصیب زنجیره‌تأمین می‌شود.
روش‌های غیرقابل پیش‌بینی	در شکست‌ناپذیر کردن زنجیره‌تأمین روش‌های انجام فعالیت‌ها غیرقابل پیش‌بینی است.
مشکلات اضطراری	در سیستم‌های شکست‌ناپذیر از آنجایی که اطلاعات بصورت کاملاً شفاف بین ذی‌نفعان وجود ندارد بنابراین مشکلات اضطراری در سیستم‌ها رخ می‌دهد.
تخریب خلاق	در سیستم‌های شکست‌ناپذیر لازم است بعضی بخش‌ها که شکننده هستند یا کارایی کمی دارند با مکانیزم تخریب خلاق شکسته شده و بخش‌های جدید جایگزین آن‌ها شود.
تضمین‌گیری	برای شکست‌ناپذیر کردن زنجیره‌تأمین تمام وظایف و فعالیت‌ها باید مشخص و واضح باشد.
هم‌اندیشی اکتشافی	فراهم نمودن فضای مشارکت گروهی، آسیب‌پذیری زنجیره‌تأمین را کاهش داده و ایده‌های خلاقانه را ایجاد می‌نماید.
مداخلات ساده	برای شکست‌ناپذیر کردن زنجیره‌تأمین باید مداخله افراد غیرمتخصص از برنامه کاری حذف شود.
یادگیری از موارد ناشناخته	نوعی از یادگیری است که سیستم از طریق قوانین جدیدی که قبلاً برای آن ناشناخته بوده، اکنون با جذب و تحلیل استرس برای سازمان مورد شناسایی قرار می‌گیرد.
یادگیری از طریق ریسک کنترل شده	نوعی از یادگیری است که سیستم از طریق آن سطح متعادلی از خطر و آشوب را در خود ایجاد می‌کند.
یادگیری از اشتباهات	از طریق این یادگیری زنجیره‌تأمین از اشتباهات کوچکی که در پاسخ به استرس‌های وارد بر زنجیره‌تأمین رخ داده است، در خود قابلیت ایجاد می‌کند که می‌تواند در مقابل استرس‌های شدیدتر عملکرد خود را بهبود دهد.
یادگیری دو حلقه‌ای	این یادگیری هدف‌های موجود را زیر سؤال می‌برد و از طریق سیستم بازخورد به اصلاح آن‌ها می‌پردازد.
کارکنان آموزش‌دیده	کارکنان آموزش‌های لازم برای مواجهه با عوامل استرس‌زا متخصص لازم را برای نحوه‌ی برخورد با این عوامل رادارند.
مهارت زیاد	کارکنان دارای مهارت زیادی در نحوه‌ی انجام فعالیت‌های سازمانی در شرایط استرس‌زا هستند.
سیستم پاداش مؤثر	کارکنان درازای راه‌حلی مناسب در مقابل عوامل استرس‌زا مناسبی را دریافت می‌کنند.
یکپارچگی	از آنجایی که سیستم‌های شکست‌ناپذیر دارای ساختاری گسسته هستند برای ایجاد هماهنگی بین واحدهای مختلف سازوکارهای هماهنگ‌کننده‌ای طراحی می‌کنند که باعث نظم و هماهنگی بین بخش‌های مختلف می‌شود.
قابلیت اهمیت‌باز	

جدول 3 وزن معیارهای بدست آمده از نرم‌افزار Super Decision را نشان می‌دهد.

جدول شماره 3- وزن معیارهای اصلی	
وزن	معیارهای اصلی
0/14	اطلاعات
0/13	ارتباطات
0/16	استقبال از ریسک
0/12	ساختار سازمانی
0/151	تصمیم‌گیری
0/158	یادگیری
0/12	قابلیت اطمینان بالا

همان‌گونه که در جدول 3 قابل مشاهده است معیار استقبال از ریسک (0/16)، معیار یادگیری (0/158) و معیار تصمیم‌گیری (0/151) مهم‌ترین معیارهای زنجیره‌تأمین شکست‌ناپذیر هستند. پس‌از آن معیار اطلاعات (0/14) و ارتباطات (0/13) در جایگاه بعد قرار دارند. در بین زیر معیارهای استقبال از ریسک، وجود سازوکارهای جذب استرس (0/87) مهم‌ترین زیر معیار، در بین زیر معیارهای یادگیری، زیر معیار یادگیری از اشتباهات (0/46) مهم‌ترین زیر معیار، در بین زیر معیارهای تصمیم‌گیری، زیر معیار تخریب خلاق (0/36) مهم‌ترین زیر معیار، در بین زیر معیار اطلاعات، زیر معیار شفافیت اطلاعات (0/42) مهم‌ترین زیر معیار، در بین زیر معیارهای ارتباطات، زیر معیار کانال صحیح ارتباطات (0/57) در جایگاه اول قرار دارد. در بین زیر معیار قابلیت اطمینان بالا، زیر معیار کارکنان آموزش‌دیده (0/13) مهم‌ترین زیر معیار، در بین زیر معیار ساختار سازمانی، زیر معیار ساختار نسبتاً مستقل (0/26) مهم‌ترین زیر معیارها هستند.

پس از آن دومین پرسش نامه برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان شرکت فولاد مبارکه اصفهان ارسال گردید. با توجه به امتیازاتی که هر یک از خبرگان به تأمین‌کنندگان مورد نظر دادند، ماتریس تصمیم خاکستری تشکیل و پس‌از آن با استفاده از روش ارس خاکستری نتایج زیر به دست آمد.

گام سوم: رتبه‌بندی شرکت‌ها

قبل از بحث راجع به ارس خاکستری جا دارد شرح مختصری از رویکرد خاکستری بیان شود.

رویکرد خاکستری

نظریه خاکستری یک روش مؤثر برای حل مشکلات عدم قطعیت با استفاده از داده‌های گسسته و اطلاعات ناقص است. تئوری شامل پنج قسمت اصلی است: پیش‌بینی خاکستری، تجزیه و تحلیل رابطه‌ای خاکستری، تصمیم خاکستری، برنامه‌ریزی خاکستری و کنترل خاکستری است. (فو و همکاران، 2012). در واقع، نظریه سیستم خاکستری برای حل مسائل عدم اطمینان در مورد داده‌های گسسته و اطلاعات ناقص به کار می‌رود. ویژگی اصلی آن این است که می‌تواند به صورت مؤثری به تولید خروجی با استفاده از مقیاس به نسبت کوچکی از داده‌ها و یا انعطاف‌پذیری بالا در عامل‌ها بپردازد (فو¹ و همکاران، 2012).

چند پارامتر مهم و کاربردی در سیستم خاکستری وجود دارد. X معرف مجموعه‌ای از اعداد بسته و محدود است و عدد خاکستری $x \otimes$ ، معرف فاصله بین حد بالا و حد پایین مرزی از X ولی با توزیعی نامعین است. تعریف حدود بالا و پایین نیز در رابطه‌ی (1) به صورت زیر است:

$$\otimes x = [\underline{\otimes}x, \overline{\otimes}x] = [x' \in x \mid \underline{\otimes}x \leq x' \leq \overline{\otimes}x] \quad (1)$$

درجایی که $\underline{\otimes}x, \overline{\otimes}x$ به ترتیب حدود بالا و پایین عدد خاکستری $x \otimes$ است. تعدادی از روابط ریاضی موجود در اعداد خاکستری در رابطه‌های (1) الی (5) به نمایش درآمده‌است (فو و همکاران، 2012)

$$\otimes x_1 + \otimes x_2 = [\underline{x}_1 + \underline{x}_2, \overline{x}_1 + \overline{x}_2] \quad (2)$$

$$\otimes x_1 - \otimes x_2 = [\underline{x}_1 - \overline{x}_2, \overline{x}_1 - \underline{x}_2] \quad (3)$$

(4)

$$\otimes x_1 \otimes x_2 = [\min(\underline{x}_1 \underline{x}_2, \underline{x}_1 \bar{x}_2, \bar{x}_1 \underline{x}_2, \bar{x}_1 \bar{x}_2), \max(\underline{x}_1 \underline{x}_2, \underline{x}_1 \bar{x}_2, \bar{x}_1 \underline{x}_2, \bar{x}_1 \bar{x}_2)]$$

(5)

$$\otimes x_1 \div \otimes x_2 = [\underline{x}_1, \bar{x}_1] \times \left[\frac{1}{\underline{x}_2}, \frac{1}{\bar{x}_2} \right]$$

جدول شماره 4- مقیاس خاکستری واضح برای مقیاس اثر (فو و همکاران، 2012)

بی‌اثر ¹	بسیار کم اثر ²	کم اثر ³	اثر زیاد ⁴	اثر بسیار زیاد ⁵	نماد گفتاری
N	VL	L	H	VH	نماد ریاضی
[0,0]	[0,0.25]	[0.25,0.5]	[0.5,0.75]	[0.75,1]	اعداد خاکستری

ارس خاکستری

ارس خاکستری روشی است که می‌توان از طریق آن گزینه‌ها را بر اساس معیارهای خاصی رتبه‌بندی کرد (تورسکیس و زاوادسکاس⁶، 2010). برای اجرای این روش باید سعی شود ابتدا وزن معیارها از روش خاصی محاسبه (در این پژوهش از روش ANP وزن زیر معیار به دست آورده شده است) و پس از آن گام‌های زیر برای محاسبه ارس خاکستری باید در نظر گرفته شود (تورسکیس و زاوادسکاس، 2013).

1- انتخاب مجموعه گزینه‌ها و معیارهای تشریح کننده آن‌ها.

2- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری خاکستری که به صورت زیر است. در این ماتریس m تعداد گزینه‌ها و n تعداد معیارها را نشان می‌دهد.

1. No influence
2. Very low influence
3. Low influence
4. High influence
5. Very high influence
6. Turskis & Zavadskas

$$j = \overline{0, n}, \otimes x = \begin{bmatrix} \otimes x_{01} & \dots & \otimes x_{0j} & \dots & \otimes x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{i1} & \dots & \otimes x_{ij} & \dots & \otimes x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{m1} & \dots & \otimes x_{mj} & \dots & \otimes x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = \overline{0, m} \quad (6)$$

x_{ij} بیانگر ارزش گزینه‌ی j ام در معیار i ام است و مقدار بهینه نیز به صورت x_{0j} است. مقدار بهینه‌ی هر معیار به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\otimes x_{0j} = \max \otimes x_{ij} \quad (7)$$

اگر $\max \otimes x_{ij}$ مناسب باشد.

$$\otimes x_{0j} = \min \otimes x_{ij}^* \quad (8)$$

اگر $\min \otimes x_{ij}^*$ مناسب باشد.

توجه: ممکن است در یک مسئله میزان بهینه هر معیار از قبل مشخص شده باشد، در غیر این صورت برای یافتن مقدار بهینه از عبارت بالا استفاده می‌کنیم.

3- تعیین بردار وزن مشخصه است؛ که $W = W_n, \dots, W_2, W_1, w_{j \geq 0} \sum_{j=0}^n w_j = 1$ و $j=1, 2, \dots, n$ است.

4- بی مقیاس سازی تصمیم‌گیری، برای بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری از روابط زیر استفاده می‌شود.

$$j = \overline{0, n}, \otimes \bar{x} = \begin{bmatrix} \otimes \bar{x}_{01} & \dots & \otimes \bar{x}_{0j} & \dots & \otimes \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \bar{x}_{i1} & \dots & \otimes \bar{x}_{ij} & \dots & \otimes \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \bar{x}_{m1} & \dots & \otimes \bar{x}_{mj} & \dots & \otimes \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = \overline{0, m} \quad (9)$$

که در آن مقادیر نرمال داریه‌های مربوط به معیارهای افزایشی (Max) به صورت زیر:

$$\otimes \overline{x}_{ij} = \frac{\otimes x_{ij}}{\sum_{l=0}^m \otimes x_{il}} \quad (10)$$

و مقادیر نرمال شده درایه‌های مربوط به معیارهای کاهش‌ی (Min) به صورت زیر است.

$$\otimes \overline{x}_{ij} = \frac{\otimes x_{ij}}{\sum_{l=0}^m \otimes x_{il}} \quad \otimes x_{ij} = \frac{1}{\otimes x_{ij}^s} \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

5- محاسبه ماتریس تصمیم بی مقیاس وزین: برای محاسبه ماتریس بی مقیاس موزون از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود.

$$i = \overline{0, m} \quad \otimes \hat{x}_{ij} = \otimes \overline{x}_{ij} \times w_j \quad (12)$$

در این عبارت w_j وزن معیار j ام را نشان می‌دهد.

ماتریس بی مقیاس وزین به صورت زیر نشان داده شده است.

$$j = \overline{0, n}, \otimes \hat{x} = \begin{bmatrix} \otimes \hat{x}_{01} & \dots & \otimes \hat{x}_{0j} & \dots & \otimes \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \hat{x}_{i1} & \dots & \otimes \hat{x}_{ij} & \dots & \otimes \hat{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \hat{x}_{m1} & \dots & \otimes \hat{x}_{mj} & \dots & \otimes \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = \overline{0, m} \quad (13)$$

6- به دست آوردن ارزش تابع بهینگی

$$i = \overline{0, m}, \otimes S_i = \sum_{j=1}^n \otimes \hat{x}_{ij} \quad (14)$$

در این عبارت S_i ارزش تابع بهینگی گزینه‌ی i ام است.

گزینه‌ای که بیشترین مقدار بهینگی را دارد، بهترین گزینه و گزینه‌ای که کمترین مقدار را دارد، بدترین گزینه محسوب می‌شود.

7- تعیین میزان S_0

$$(S_{i\alpha} + S_{i\beta})S_0 = \frac{1}{2} \quad (15)$$

8- تعیین درجه مطلوبیت: درجه مطلوبیت هر گزینه توسط عبارت زیر تعیین می‌شود که در آن S_0 و S_i ارزش بهینگی هستند که از عبارت بالا به‌دست آمده‌اند.

$$i = \overline{0, m}, k_i = \frac{S_i}{S_0} \quad (16)$$

جدول شماره 5- نتایج به‌دست‌آمده از ارس خاکستری

s1	0.233765	si1	0.116883	94.14131
s2	0.231294	si2	0.115647	93.14618
s3	0.219778	si3	0.109889	88.5085
s4	0.218135	si4	0.109067	87.84664
s5	0.223662	si5	0.111831	90.07247
s6	0.233372	si6	0.116686	93.98305
s7	0.235806	si7	0.117903	94.96337
s8	0.247147	si8	0.123574	99.5305
s9	0.248313	si9	0.124156	100
s10	0.246229	si10	0.123114	99.16064

در نهایت با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در مراحل قبل بر اساس ترتیب نزولی به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌پردازیم. در جدول شماره 6 رتبه‌بندی زنجیره تأمین فولاد مبارکه اصفهان (خروجی روش ارس) ارائه شده است.

جدول شماره 6- رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان

رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان از روش ارس خاکستری	تأمین‌کنندگان
1	پارس
2	ایرانول
3	بهران
4	سیرجان
5	گل‌گهر
6	ززند
7	چادرملو
8	برق ایران
9	بافق
10	گاز ایران

بحث و نتایج

بهره‌وری در زنجیره‌تأمین شکست‌ناپذیر اشاره به زنجیره‌تأمینی دارد که بتواند در مقابل عوامل استرس‌زا به توسعه و پیشرفت خود ادامه دهد. در واقع اگر زنجیره‌تأمینی بخواهد شکست‌ناپذیر شود و از طریق شکست‌ناپذیری بهره‌وری خود و سازمان را افزایش دهد؛ باید بتواند با برقراری ارتباط مناسب با افرادی که اطلاعات مناسب را در اختیار دارند و آن را به‌صورت صحیح در اختیار زنجیره‌تأمین قرار می‌دهند در خود قابلیت ایجاد کند که در بلندمدت هیچ‌گونه آسیبی نبیند. در واقع ارتقا بهره‌وری در زنجیره‌تأمین شکست‌ناپذیر تنها از طریق یادگیری از عوامل استرس‌زا و بهبود در شرایط استرس‌زا امکان‌پذیر است.

شکست‌ناپذیر کردن زنجیره‌تأمین قابلیت را برای سازمان‌ها ایجاد می‌کند که بتوانند نسبت به بازارهای متغیر با سرعت بیشتری پیشرفت کنند؛ زیرا رقابت در بازارهای جهانی کنونی بیشتر به زنجیره‌تأمین مرتبط است. از این‌رو اگر سازمانی سعی در پیشرفت و گسترش خود در بازارهای جهانی داشته باشد و بخواهد شکست‌ناپذیر شود باید زنجیره‌تأمین خود را شکست‌ناپذیر کند.

از آنجایی که شکست‌ناپذیری زنجیره‌تأمین مفهومی بسیار جدید است، معیارهای شکست‌ناپذیری زنجیره‌تأمین به‌صورت گسترده و قطعی تعیین نشده است. بندل و زایتسمن هر یک زنجیره‌تأمین شکست‌ناپذیر را مورد بررسی قرار داده‌اند و با زنجیره‌های

تأمین چابک، پایدار، انعطاف‌پذیر و... مقایسه کرده‌اند، اما هیچ‌یک به صورت دقیق این معیارها را استخراج نکرده‌اند؛ بنابراین تفاوت این پژوهش با دیگر پژوهش‌ها در این است که این پژوهش شیوه رسیدن به معیارها را بیان و آن‌ها را در صنعت پیاده‌سازی کرده است.

در این پژوهش ابتدا تئوری شکست‌ناپذیری زنجیره‌تأمین مروری، معیارهای شکست‌ناپذیری زنجیره‌تأمین از دیدگاه پژوهشگران مختلف استخراج شده است. پس‌از آن با استفاده از فرایند تحلیل شبکه وزن معیارها و زیر معیارها تعیین شده است. نتایج حاصل از مقایسات نشانگر این است که معیار استقبال از ریسک (0/16)، معیار یادگیری (0/158) و معیار تصمیم‌گیری (0/151) مهم‌ترین معیارهای زنجیره‌تأمین شکست‌ناپذیر هستند. پس‌از آن با استفاده از روش ارس خاکستری تأمین‌کنندگان موجود در فولاد مبارکه اصفهان رتبه‌بندی شده‌اند و شرکت پارس از نظر درجه شکست‌ناپذیری زنجیره-تأمین در جایگاه اول قرار گرفت.

مزیت این پژوهش و بیان شکست‌ناپذیری زنجیره‌تأمین این است که شکست‌ناپذیری زنجیره‌تأمین مفهومی فراتر از زنجیره‌تأمین چابک، پایدار، انعطاف‌پذیر و دیگر پژوهش‌هایی می‌باشد که تاکنون انجام شده است؛ زیرا زنجیره‌تأمین به‌عنوان عضوی حیاتی در تولید محصولات و ارائه خدمات است و در صورتی که این بخش آسیب ببیند ممکن است کل بخش تولید و ارائه خدمات شکسته شود؛ اما اگر این زنجیره شکست‌ناپذیر شود می‌تواند بهره‌وری را هم در سازمان و هم در زنجیره‌تأمین ارتقا دهد و سازمان را راحت‌تر به سمت شکست‌ناپذیری حرکت دهد. در این صورت سازمان با توانی بیشتر در بازارهای جهانی به رقابت می‌پردازد.

بنابراین پیشنهاد پژوهش حاضر به فولاد مبارکه اصفهان این است که با ارائه اطلاعات به‌موقع و درست به تأمین‌کنندگان، همچنین برقراری ارتباط با افرادی که می‌توانند به بهبود مستمر زنجیره‌تأمین این شرکت کمک کنند، زنجیره‌تأمین خود را به سمت شکست‌ناپذیری پیش ببرند؛ زیرا در صورت شکست‌ناپذیری زنجیره‌تأمین فولاد مبارکه راحت‌تر و با سرعت بیشتری می‌تواند محصولات خود را تولید و با زمان کمتری به دست مشتریان برساند، در این صورت سریع‌تر از دیگر رقبا توسعه می‌یابد. از سوی دیگر فولاد مبارکه اصفهان باید سعی کند علاوه بر تمرکز بر اطلاعات و ارتباطات با

یادگیری از طریق ریسک کنترل‌شده زنجیره تأمین خود را بهبود داده و به توسعه بلندمدت و شکست‌ناپذیری آن کمک کند. از سوی دیگر این شرکت باید سعی کند شکست‌ناپذیری را علاوه بر زنجیره تأمین در دیگر بخش‌های سازمان یعنی لجستیک و... به کار گیرد.

در این پژوهش برای به دست آوردن وزن معیارها از روش ANP استفاده شده است اما می‌توان از روش‌های دیگری مانند AHP و آنتروپی‌شانون برای به دست آوردن وزن معیارها استفاده کرد. با توجه به اینکه تکنیک‌های MCDM بر این موضوع تأکید دارد که حل مسأله ای مشابه ممکن است جواب‌های نسبتاً متفاوتی داشته باشد، پیشنهاد می‌شود فرآیند پژوهش با استفاده از سایر روش‌ها تکرار شود و میزان سازگاری و نتایج تحقیقات با یکدیگر مقایسه گردد.

References

- Bendell, T.(2014), Building Anti-fragile Organisations: Risk, Opportunity and Governance in a Turbulent World. Routledge.
- Charles, A., Lauras, M., & Van Wassenhove, L. (2010), A model to define and assess the agility of supply chains: building on humanitarian experience. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40(8/9), 722-741.
- Fu, X. Zhu, Q., & Sarkis, J. (2012), evaluating green supplier development programs at a telecommunications systems provider. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 357-367.
- Gligor, D. M., Esmark, C. L., & Holcomb, M. C. (2015), Performance outcomes of supply chain agility: when should you be agile?. *Journal of Operations Management*, 33, 71-82.
- Goetschalckx, M. Huang, E., & Mital, P. (2012), Robust global supply network design. *Information Knowledge Systems Management*, 11(1-2), 119-130.
- Johnson, J., & Gheorghe, A.V.(2013), Antifragility analysis and measurement framework for systems of systems. *International Journal of Disaster Risk Science*, 4(4), 159-168.
- Kastsian, D., & Mönnigmann, M. (2011), Optimization of a vendor managed inventory supply chain with guaranteed stability and robustness. *International Journal of Production Economics*, 131(2), 727-735.
- Klibi, W., Martel, A., & Guitouni, A.(2010), The impact of operations anticipations on the quality of supply chain network design models. CIRRELT.

- Pettit, T. J., Fiksel, J., & Croxton, K. L. (2010), Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. *Journal of business logistics*, 31(1), 1-21.
- Rafi, U., & Masih, M. (2014), Are Islamic Banks Truly Shariah Compliant? An Application of Time Series Multivariate Forecasting Techniques to Islamic Bank Financing.
- Saaty, T. L., (1999), *Fundamentals of the Analytic Network Process*. ISAHP, Kobe.
- Simangunsong, E., Hendry, L. C., & Stevenson, M. (2012), Supply-chain uncertainty: a review and theoretical foundation for future research. *International Journal of Production Research*, 50(16), 4493-4523.
- Taleb, N. N. (2012), *Antifragile: Things that gain from disorder*. Random House Incorporated, 3.
- Turskis, Z., & Zavadskas, E. K. (2010), A novel method for multiple criteria analysis: grey additive ratio assessment (ARAS-G) method. *Informatica*, 21(4), 597-610.
- Turskis, Z., Zavadskas, E. K., & Kutut, V. (2013), A model based on ARAS-G and AHP methods for multiple criteria prioritizing of heritage value. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 12(01), 45-73.
- Zitzmann, I. (2014), How to cope with uncertainty in supply chains? Conceptual framework for agility, robustness, resilience, continuity and anti-fragility in supply chains. *Next generation supply chains: trends and opportunities*. Springer, Berlin, 361-374.

