

شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک در یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی با روش پیش‌بینی مقدماتی شکست (مطالعه موردی: یخچال مدل کمبی گروه صنعتی انتخاب؛ اسنوا)

■ ابوالفضل میرزا رمضانی*

کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
اصفهان

■ مصطفی محمدی^۱

کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، کارشناس وحدت R&D گروه
صنعتی انتخاب

■ علیرضا منصوریان^۲

محقق و پژوهشگر دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی
مالک اشتر اصفهان

■ فاطمه قدیری^۳

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی
مالک اشتر اصفهان، مدیر آزمایشگاه یخچال اسنوا

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶ و تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۶

صفحات: ۴۵-۵۸

چکیده

مدیریت ریسک فرایندی است که طی آن ریسک‌ها شناسایی، ارزیابی و پاسخ داده می‌شود. اجرای نظام مدیریت ریسک در بخش‌های مختلف سازمان می‌تواند سازمان را در دستیابی هر چه بهتر به اهدافش باری نماید. استفاده از روش‌های مناسب برای مدیریت ریسک‌های منفی در محصولات می‌تواند منجر به بالا رفتن کیفیت محصول و افزایش رضایت مشتری گردد. در کشور ما شناسایی ریسک به شکل سنتی و شامل داده‌های تاریخچه‌ای، تحلیل نظری و نظرات افراد مطلع و متخصص انجام می‌شود. در صورتی که آشکار کردن و شناسایی ریسک‌ها به طور اساسی ریشه در یک عمل خلاقاله دارد و در عین حال باید آن را به طور سامانمند، جامع و با سعی و کوشش انجام داد. لذا وجود روشی سامانمند و اجرایی که بتوان به وسیله آن ریسک‌ها را شناسایی، تحلیل و ارزیابی کرد امری ضروری به نظر می‌رسد. تئوری حل ابداعی مسئله یا TRIZ به طور منحصر به فردی دارای این خصوصیات ذکر شده است. به دلیل آنکه یک رویکرد سامانمند برای پیدا کردن راه حل‌های خلاقاله برای مشکلات ابداعی فراهم می‌کند. هدف از این پژوهش استفاده از روش پیش‌بینی مقدماتی شکست یا AFP برای بهبود یک یخ‌ساز اتوماتیک در گروه صنعتی انتخاب است. این یخ‌ساز متعلق به محصول یخچال-فریز ترکیبی است که حجم ۳۴۸ و ۱۳۳ لیتر، با شاخص مصرف A+ است. این یخ‌ساز تمام اتوماتیک بوده و بدون دخالت کاربر یخ‌ها را تولید و ذخیره‌سازی می‌نماید. برای این منظور از متخصصین آزمایشگاه تحقیق و توسعه اسنوا استفاده شده که تخصص و آشنایی عمیقی از نحوه کارکرد و طراحی این یخ‌ساز دارند. با استفاده از این روش مراحل کارکرد یخ‌ساز، منابع موجود در سیستم و محیط آن و درختان سناریوی شکست این فرایند استخراج شد و حالات شکست متعددی کشف گردید. در انتها نتایج نوآورانه و بهینه‌ای برای بهبود این محصول جهت بالا رفتن کیفیت یخ و جلوگیری از آلودگی آب بدست آمد.

واژگان کلیدی: مدیریت ریسک، پیش‌بینی مقدماتی شکست، AFP، یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی.

* عهده دار مکاتبات

+ آدرس پست الکترونیکی: Abolfazlmr1936@gmail.com

۱ آدرس پست الکترونیکی: Mohammadi.m@entekhabgroup.ir

۲ آدرس پست الکترونیکی: Mansoorian@mut-es.ac.ir

۳ آدرس پست الکترونیکی: F.ghadiri@mut-es.ac.ir

سامانمند برای حل ابداعانه مسائل ارائه می‌دهد که طی سال‌های گذشته، در دنیا مورد توجه قرار گرفته است.

امروزه از خلاقیت و توانایی بالای ابزار اصلی تئوری حل ابداعی مسئله در موارد مختلفی بهره گرفته می‌شود که می‌توان به یافتن شکست‌های بالقوه و شناسایی ریسک‌ها در سیستم‌ها، کارخانه‌های تولیدی و فرایندها اشاره نمود. پیش‌بینی مقدماتی شکست (2-AFD^۶ یا AFP^۷)، فرم پیش‌رفته‌ای از تئوری حل خلاق مسئله است که یک ابزار به‌طور نسبی جدید از سری روش‌های تجزیه و تحلیل ریسک^۸ است که توانایی بالای برای شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌ها و شکست‌های بالقوه دارد. از این روش جهت یافتن شکست‌های بالقوه‌ای که در آینده امکان وقوع آنها وجود دارد و تاکنون شناسایی نشده‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش از یک رویکرد کامل‌اً متفاوت نسبت به روش‌های قبلی (که در واقع وجه تمایز این روش با دیگر روش‌ها محسوب می‌شود) برای شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌ها استفاده می‌کند.

متاسفانه این مبحث برای کشور ما موضوعی جدید است و تاکنون مورد توجه قرار نگرفته است؛ در حالی که تعیین مقدماتی شکست^۹ روشی شناخته‌شده است و از این روش در موارد گوناگونی استفاده می‌گردد. به عنوان مثال، پژوهشگرانی در تحقیق خود به پیوند دادن روش معروف تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن^{۱۰} و روش تعیین مقدماتی شکست پرداختند^[۱۵]. در موردی دیگر با ترکیب روش‌های تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن، تجزیه و تحلیل عملکردی براساس تئوری حل ابداعی مسئله و روش تعیین مقدماتی شکست روش جدیدی را ارائه دادند که قادر است تمام خرابی‌های ممکن را برای دستگاه‌های توسعه تولیدی جستجو کند^[۱۶] و همچینی از ادغام روش تعیین مقدماتی شکست به عنوان یک روش مدرن با دیگر روش‌های سنتی در جهت تحلیل قابلیت اطمینان محصول استفاده شده است^[۱۷].

از طرفی، وضعیت اقتصادی موجود در کشور و آینده مبهم نفت در اقتصاد جهان، بیش از هر زمان دیگری لزوم توجه به توسعه تولیدات غیرنفتی را آشکار کرده است. نبض حیات اقتصادی کشور در آینده پیشرو، در گرو توجه به این صنایع

مفهوم علمی از عدم قطعیت^۴ با حرفة مهندسی مکانیک در اوخر قرن ۱۹ به تدریج تکامل یافته و از اوایل قرن ۲۰ به عنوان یک عامل مهم به رسمیت شناخته شده است، به این صورت که توانایی کاهش عدم قطعیت یا عدم اطمینان، در عملکرد کلی سازمان تعیین کننده است و آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد^[۹]. ریسک به یک رویداد احتمالی در آینده اشاره دارد که می‌تواند تکمیل موقیت‌آمیز حداقل یکی از اهداف در نظر گرفته شده را تحت تأثیر قرار دهد^[۱۰]. در میان تعاریف عملیاتی و مفهومی ریسک، ریسک ناشی از اثر عدم قطعیت در اهداف است در نتیجه، ریسک با رسیدن به اهداف مرتبط است و لزوماً از نظر احتمالات تعریف نمی‌شود^[۱۱]. از نظر نوع تاثیرگذاری، ریسک‌ها، هم می‌توانند مثبت و هم منفی باشد. لذا جهت بهره بردن و یا عدم آسیب سازمان از وقوع ریسک‌ها، باید ریسک‌ها قبل از وقوع مدیریت شود. مدیریت ریسک به فعالیت‌های هماهنگ شده برای هدایت و کنترل یک سازمان با توجه به ریسک تعریف می‌شود^[۱۲]. مدیریت ریسک یک وظیفه کلیدی برای سازمان‌های پروره محور است، اصل اول مدیریت ریسک طبق ایزو ۳۱۰۰۰ ایجاد و محافظت از ارزش‌های شرکت است^[۱۳]. این فرایند ساختاربندی شده، با توجه به مثبت یا منفی بودن ریسک، منجر به افزایش/کاهش ریسک یا افزایش/کاهش فعالیت‌ها جهت به حداقل/حداقل رساندن یا ایجاد از بین بردن احتمال بوجود آمدن مسائل ریسکی در این پروره‌ها می‌شود. به‌طور معمول مدیریت ریسک شامل مراحل شناسایی، تجزیه و تحلیل و اداره (کنترل) ریسک می‌شود^[۱۴].

شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌ها دو بخش اصلی و مهم از فرایند مدیریت ریسک محسوب می‌گردد؛ در صورتی که به شکل مطلوب انجام گیرد، علاوه بر اینکه در برخورد با ریسک کمک شایانی می‌نماید، می‌تواند درصد موقیت کلی فرایند مدیریت ریسک را نیز افزایش دهد. از طرفی شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌هایی که تاکنون اتفاق نیفتاده‌اند ریشه در عملی خلاقانه دارد و نیازمند خلاقیت بالا و روشی سامانمند است؛ تئوری حل ابداعی مسئله^۵ و ابزار آن به میزان بالایی دارای این ویژگی‌های پادشاهی است. تئوری حل ابداعی مسئله یک روش نظاممند و

^۸ Risk Analysis

^۹ Anticipatory Failure Determination (AFD)

^{۱۰} Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

^۴ uncertainty

^۵ Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)

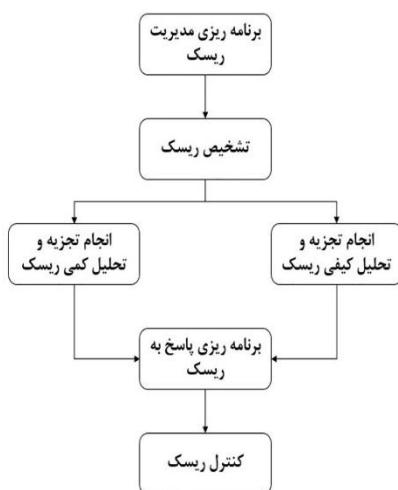
^۶ AFD Failure Prediction

^۷ Anticipatory Failure Prediction (AFP)

گرفته شده برای پروژه را تحت تاثیر قرار دهد^[۱۰]. به طور کلی تعاریف ریسک، در استانداردهای مختلف به سه گروه تقسیم می‌شوند: ۱. آنهای که با استفاده از یک تعریف منحصر اینها ریسک را تنها معادل تهدید می‌دانند؛ ۲. آنهای که به صراحت سخنی در مورد اینکه آیا ریسک دارای پیامدهای مثبت یا منفی است بیان نمی‌کنند؛ و ۳. آنهای که تعریف ریسک را شامل هر دو جنبه یعنی هم تهدید و هم فرصت می‌دانند^[۳].

۲-۲- فرایندهای مدیریت ریسک

امروزه لزوم استفاده از مدیریت ریسک و مزایای استفاده از آن برای هیچ سازمانی پوشیده نیست. استفاده از مدیریت ریسک در تمام سطوح سازمان می‌تواند باعث بهبود عملکرد سازمان گردد و شانس رسیدن به اهداف سازمان را افزایش دهد^[۱۹]. در هندبوک ناسا مدیریت ریسک به عنوان مجموعه‌ای از فعالیت‌ها باهدف دستیابی به موفقیت با ریسک، تعریف شده است^[۱۲]. استاندارد PMBOK، مدیریت ریسک پروژه را شامل فرآیندهای: انجام برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، شناسایی، تجزیه و تحلیل، برنامه‌ریزی پاسخ و کنترل ریسک در یک پروژه می‌داند(شکل شماره ۱). از این رو هدف از مدیریت ریسک پروژه را افزایش احتمال و تاثیر وقایع مثبت و کاهش احتمال و تاثیر وقایع منفی در پروژه تعریف می‌کند^{[۴] و [۲۰]}. در مجموع با درنظر گرفتن نظرات نویسنده‌گان و صاحبنظران مختلف در این حوزه، به شکل کلی می‌توان مدیریت ریسک را فرآیندی شامل مراحل شناسایی، ارزیابی، پاسخ‌دهی به ریسک و نظارت و بازرگانی در نظر گرفت.



شکل ۱: منطقه‌ی دانش مدیریت ریسک^{[۲۰] و [۴] PMBOK: ۲۰۱۳}

خواهد بود. صنعت لوازم خانگی یکی از صنایع با دامنه‌ای بسیار وسیع و متنوع است که می‌توان گفت همواره دارای ثباتی نسبی بوده است. پس از نفت، صنعت لوازم خانگی می‌تواند به بزرگ‌ترین صنعت سودآور کشور تبدیل شود. طبق آمار صنعت لوازم خانگی در جایگاه سوم صنایع کشور قرار دارد. تولید یخچال در داخل کشور هر چند با تقاضای داخلی روبرو است اما نیاز به فناوری بالاتر و فروش صادراتی دارد. صنعت یخچال‌سازی نیاز به فناوری بالاتر و پیشرفت‌های در کشور دارد^{[۱] و [۲]} تا بتوان با بالا بردن کیفیت این محصول، برای صادرات موفق عمل نمود. استفاده و به کارگیری علوم و روش‌های روز دنیا در صنایع کشور می‌تواند در این امر تاثیرگذار باشد.

لذا هدف از پژوهش حاضر، بهره‌گیری و استفاده از روش AFP برای یافتن ریسک‌های منفی و شکست‌های احتمالی در جهت بهبود کارکرد یک یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی متعلق به یخچال مدل کمبی(ترکیبی) است. برای پیاده‌سازی این روش از نظرات کارشناسان واحد تحقیق و توسعه^[۱۱] استفاده شده که اطلاعات دقیقی از مشخصات و نحوه کارکرد این یخ‌ساز دارند.

نوآوری جالب توجهی که علاوه بر نتایج بدست آمده از این پژوهش، وجود دارد و باید به آن اشاره نمود، استفاده و جاری‌سازی این روش برای اولین بار در ایران است. امید است معرفی و استفاده از این روش در این پژوهش، نقطه شروعی برای جلب توجه محققان دیگر به این موضوع باشد و به کارگیری آن موجب پیشرفت و توسعه کشور گردد.

۲ - مرور ادبیات موضوع

۲-۱- تعریف ریسک و انواع ریسک‌ها

تعریف متعددی از ریسک‌ها را می‌توان در ادبیات و مقالات یافت. در تعاریف ابتدایی ریسک را اساساً امکان وقوع یک نتیجه نامطلوب، به عنوان یک پیامد از هر رویداد می‌دانند. در تکمیل تعریف قبل، ریسک را نه تنها به عنوان یک اندازه‌گیری از احتمال وقوع، بلکه به عنوان عواقب دست نیافتن به هدف نیز تعریف می‌کنند^[۱۸]. همچنین می‌توان آن را امکان متحمل شدن ضرر نیز دانست^[۱۴]. تعاریف بیان شده بیشتر بر جنبه منفی ریسک تاکید دارد کما اینکه امروزه ریسک را رویدادی احتمالی می‌دانند که هم می‌تواند عواقب مثبت و هم منفی داشته باشد، به این صورت که ریسک به یک رویداد امکان‌پذیر در آینده اشاره دارد که می‌تواند تکمیل موقیت‌آمیز حداقل یکی از اهداف در نظر

متعددی به منظور بهره‌برداری در مرحله تعریف و حل مسئله در طی فرایندی نظاممند و منطقی است. عامل اصلی تمایز این روش با سایر تکنیک‌ها و روش‌های سنتی خلاقیت، جامعیت و رویکرد متفاوت آن در نحوه مواجهه با مسئله و عدم پذیرش سعی و خطا در حل ابداعانه مسائل و مسیر خلاقیت و نوآوری و ارائه فرایندی نظاممند بدین منظور است. درک صحیح تئوری حل ابداعی مسئله مزایای قابل توجهی را برای افراد و سازمان‌ها، به خصوص در فرایندهای تحقیق و توسعه و حل مسائل مربوطه در پی خواهد داشت. ارائه راهکارهای نوآورانه یکی از برتری‌های این روش نسبت به روش‌های دیگر است [۷ و ۸]. به طور مثال هیسا و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از ابزار تئوری حل خلاق مسئله یک مدل برای واحد تحقیق و توسعه یک شرکت فناورانه ارائه دادند که توانستند با استفاده از این مدل، مشکل دستگاه همزن پلاکت را با راهکارهای نوآورانه‌ای حل کنند [۲۲]. مولیک و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از تئوری حل خلاق مسئله و الگوریتم حل خلاق مسئله، سیستم انتقال اتوماتیک برای دوچرخه را طراحی کردند. ایده‌ها برای طراحی از زمینه‌های مختلف پیشنهاد و طبق پارامترهای مختلف مانند اندازه، وزن، پیچیدگی، قابلیت تولید، امکان سنجی، کارایی و هزینه با یکدیگر مقایسه شدند. در نهایت یک طرح انتخاب شد و تناقض موجود در این پیشنهاد به وسیله ماتریس تناقضات و ۴۰ اصل اختراعی تئوری حل خلاق مسئله برطرف گردید [۲۳]. در تولید لوازم پزشکی نیز از اصول نوآورانه تئوری حل خلاق مسئله و دیگر ابزار مشترک برای ساخت نمونه اولیه یک دستگاه برای تزریقات پزشکی استفاده شده است [۲۴]. امروزه با تلاش‌های دانشمندان حوزه‌های مختلف، روش‌هایی گوناگونی با استفاده از ابزار TRIZ ابداع و خلق شده است. روش تعیین مقدماتی شکست یکی از روش‌های مشتق شده از تئوری حل ابداعی مسئله است که به دو منظور ریشه‌یابی شکست و شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌های بالقوه سازمان بسط داده شده است [۷]. در ادامه ضمن معرفی کلیات روش تعیین مقدماتی شکست، به شکل مفصل روش پیش‌بینی مقدماتی شکست بیان خواهد شد.

۲-۴-۱ روش تعیین مقدماتی شکست

کاپلان و همکاران در کتاب خود به خواننده یک روش جدید برای کمک به انواع مختلفی از تحلیل‌های ریسک معرفی می‌کنند

۲-۳-۲-۳-۲ تکنیک و ابزارهای اجرایی رایج برای ارزیابی ریسک

در استاندارد ایزو ۳۱۰۰۰، ارزیابی ریسک، قسمتی از فرایند مدیریت ریسک شامل اقدامات شناسایی، تجزیه و تحلیل و سنجش ریسک تعریف می‌شود. روش‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک وجود دارد که با توجه به نیاز، از آنها بهره گرفته می‌شود. هر کدام از این روش‌ها میزان قدرتشان در بخش‌های شناسایی، تجزیه و تحلیل و سنجش ریسک‌ها متفاوت است. در یک نظرسنجی که توسط موسسه فرانهوفر^{۱۳} در سال ۲۰۱۱ انجام گرفت، از ۱۸۰ شرکت تولیدی خواسته شد که: «از چه روشی برای ارزیابی ریسک‌ها استفاده می‌کنند؟ و با چه چالش‌هایی برای ارزیابی و کنترل ریسک‌ها روبرو هستند؟» نتایج نشان داد که از تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن با ۶۰/۳ درصد بیشترین استفاده شده است. همچنین ارزیابی ریسک در کارگاه‌ها و جلسات تیم ۵۲/۵ درصد است. روش بررسی طرح براساس حالت شکست^{۱۴}، ۹/۵ درصد و تجزیه و تحلیل درخت شکست^{۱۵} با ۷/۳ درصد کمتر در تجزیه و تحلیل ریسک استفاده شده است [۵، ۶ و ۲۱].

۲-۴-۴ تئوری حل ابداعی مسئله

یکی از تکنیک‌های خلاقانه حل مسئله، تئوری حل ابداعی مسئله یا نوآوری نظامیافته است که در سال ۱۹۴۶ توسط گنریش آتشولر روسی پایه‌گذاری و طی سال‌های گذشته، به ابزاری کاربردی برای اختراع و حل مسائل فنی با پیچیدگی‌های گوناگون در دنیا تبدیل شده است. با توجه به حضور بیش از ۳۵۰ مرکز تحقیقاتی در زمینه تئوری حل ابداعی مسئله در دنیا، امروزه یکی از روش‌های بسیار مفید برای جلوگیری از اتلاف زمان و سرعت در نوآوری بهشمار می‌رود. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که این روش بین ۷۰ تا ۳۰۰ درصد به تولید ایده برای محصولات، خدمات جدید و ایجاد بهبود کیفیت سرعت می‌بخشد. کاربرد تئوری حل ابداعی مسئله تا حدی گسترش یافته که شرکت‌های بزرگی همچون سامسونگ، میتسوبیشی و فورد مراکز پژوهشی ویژه‌ای را در این زمینه تشکیل داده‌اند. همچنین بیش از ۳۰ درصد از سودآوری شرکت‌های بزرگی همچون سونی، سامسونگ و اچ‌پی با به کارگیری راهبردهای نوآورانه مدیریتی و فنی موجود در این روش حاصل شده است. TRIZ دارای ابزارهای توانمند

۱۲ Risk assessment

۱۳ Fraunhofer Institute

۱۴ Design Review Based On Failure Mode (DRBFM)

تجزیه و تحلیل درخت شکست است؛ اما تفاوت اصلی اش در این است که کاربران و استفاده کنندگان را با یک رویکرد بسیار فعال تر و تهاجمی‌تر برای پیدا کردن علل ریشه‌ای شکست‌ها و مشکلات آشنا می‌کند. درنتیجه، سیستم طراحی شده با این روش، کمتر در برابر شکست‌های پیش‌بینی نشده، آسیب‌پذیر خواهد بود. منطق تعیین مقدماتی شکست متکی بر پیدا کردن و ایجاد تمام راههای از بین بردن سیستمی است که ما در حال طراحی آن هستیم. پس از استفاده از این روش، فرایند طراحی سیستم می‌تواند بسیار مطمئن‌تر دنبال شود، زیرا حالتی که منجر به شکست می‌شود حذف شده است و یا حداقل، در هنگام اجرا، اقدامات اصلاحی مناسب در نظر گرفته خواهد شد. به طور کلی تعیین مقدماتی شکست در مورد ابداع شکست‌هاست. این مفهوم ساده‌ای برای تئوری حل خلاق مسئله محسوب می‌گردد چون اگر می‌توان یک شکست را ابداع کرد، پس می‌توان از دیگر ابزار تئوری حل خلاق مسئله برای حذف آن نیز استفاده نمود. تعیین مقدماتی شکست، معمولاً به عنوان یک فرایند سامانمند انجام می‌گیرد و دارای گام‌های مختلفی است که در ادامه توضیح داده می‌شود. روش AFD ایده‌های مختلفی برای شناسایی سناریوهای شکست را ارائه می‌دهد [۲۶ و ۲۷].

۲-۴-۲- اصطلاحات سناریوسازی در روش پیش‌بینی مقدماتی شکست

براساس زبان تئوری ساختار سناریو، روش پیش‌بینی مقدماتی شکست به دنبال پیش‌بینی همه حالات ممکن است. سه بخش اصلی این روش برای سناریوسازی شامل یافتن موارد ذیل است:

- ✓ ^{۱۸}IE‌ها (رویدادهای آغازین):
- ✓ ^{۱۹}MS‌ها (حالات میانی):
- ✓ ^{۲۰}ES‌ها (حالات پایانی):

تمام سناریوهای ممکن که منجر به این حالات می‌شود، ایده‌ی این روش «پیدا کردن شکست‌های بالقوه سیستم و پیدا کردن علت آنها، قبل از وقوع شکست است.» دستیابی به این موضوع نیازمند ارزیابی کامل ریسک است که در ادامه‌ی کشف مجموعه کامل از حالات مختلف شکست ($S_i^{۲۱}$) صورت می‌گیرد؛ بنابراین می‌توان گفت: « AFP » فرایندی است برای پیدا کردن مجموعه‌ای کامل از سناریوها (S_i)» [۲۵ و ۲۷].

که برای شناسایی و فاش کردن حالت خرابی بالقوه در سیستم‌ها، کارخانه‌های تولیدی و فرآیندها، قبل از رسیدن به مرحله ضرردهی کاربرد دارد. این روش جدید را به نام، تعیین مقدماتی شکست معرفی می‌کنند که یک ابزار ایده‌پردازی تئوری حل ابداعی مسئله^{۱۶} برای آنالیز ریسک و به طور خاص، زیرمجموعه‌ای از تجزیه و تحلیل ریسک است و به عنوان تئوری سناریوسازی نیز خوانده می‌شود.

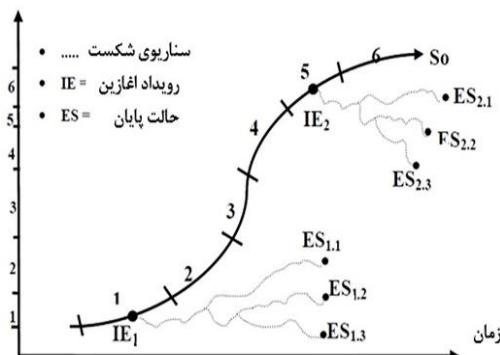
ارتباط این تئوری با آنالیز ریسک در این واقعیت نهفته است که آشکار کردن و شناسایی حالات شکست اساساً در یک عمل خلاقانه ریشه دارد و در عین حال باید آن را به طور سامانمند، جامع و با سعی و کوشش انجام داد. تئوری حل خلاق مسئله به دلیل آنکه یک رویکرد سامانمند برای پیدا کردن راه حل‌های خلاقانه و ابداعی برای مشکلات فراهم می‌کند، به طور منحصر به فردی مجهز به ابزار لازم جهت انجام این کار است. تعیین مقدماتی شکست را می‌توان در زمینه‌های مختلف از فعالیت‌های انسانی (فن‌آوری، کسب و کار، حتی زندگی روزمره) استفاده کرد در واقع هر زمان که نیاز به وجود ایده برای موارد زیر باشد:

- آشکارسازی علل ریشه‌ای خطأ، اقدام ناموفق، نارسانی تولید؛
 - پیش‌بینی مشکلات آینده، حوادث، اشتباهات و غیره؛
 - توسعه موثر، راههای ساده برای جلوگیری از این مشکلات.
- تعیین مقدماتی شکست دارای دو برنامه گستردۀ است: AFD-1 برای شناسایی علل ریشه‌ای سیستمی که در حال حاضر شکست‌خورده است و AFD-2 ابزار دیگری برای شناسایی شکست‌های بالقوه که امکان دارد در آینده اتفاق بیفتد و هنوز رخداده است [۲۵ و ۲۶].

روش تعیین مقدماتی شکست متفاوت از دیگر روش‌های ارزیابی سنتی ریسک است که تمرکز آن بر روی تولید سناریوهای خرابی به صورت ابداع مشکلات از طریق فرایند تفکر معکوس است. این بدان معناست که هدف اصلی از تعیین مقدماتی شکست "شناسایی و بدست آوردن آگاهی از سناریوهای احتمالی است که می‌تواند به شکست سیستم و عملیات ما منجر شود، بنابراین این امکان وجود دارد که قبلاً هم اتفاق نیفتاده باشد". تعیین مقدماتی شکست دارای چندین وجه تشابه با روش‌های معروف و تثیت‌شده‌ای مانند تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن، مطالعه خطر و قابلیت بهره‌برداری^{۱۷} و

به انتهای می‌رسد، حالت پایانی گفته می‌شود. به عنوان مثال، دو درخت سناریو شکست در شکل شماره ۳ توصیف شده است.

فاز عملیاتی



شکل ۳: دو درخت سناریو شکست در S_0 و 25 [۲۷ و ۲۵]

اولین درخت شکست در طول مرحله عملیاتی «گرفتن نرdban» از انبار» است که از رویداد IE_1 «افتادن ناگهانی نرdban» سرچشم گرفته و در یکی از سه حالت $(ES_{1.1}, ES_{1.2}, ES_{1.3})$ به پایان می‌رسد. درخت شکست دوم در طول مرحله عملیاتی «اجام وظایف تعمیر و نگهداری» رخداده است که نشات گرفته از رویداد IE_2 «تنظیم نامن نرdban» است که در یکی از سه حالت $(ES_{2.1}, ES_{2.2}, ES_{2.3})$ به پایان می‌رسد.

حالات پایانی برای رویداد آغازین «افتادن ناگهانی نرdban» به شرح زیر است:

- $ES_{1.1}$: صدمه به اموال
- $ES_{1.2}$: صدمات جانی جدی به خود
- $ES_{1.3}$: صدمه به دیگران

حالات پایانی برای رویداد آغازین دوم «تنظیم نامن نرdban» به شرح زیر است:

- $ES_{2.1}$: سقوط از ارتفاع
- $ES_{2.2}$: سقوط اجسام
- $ES_{2.3}$: صدمه به اموال

پیش‌بینی مقدماتی شکست از ۱۰ گام تشکیل شده است که در ادامه به طور مختصر این گام‌ها توضیح داده خواهد شد [۲۷ و ۲۵]:

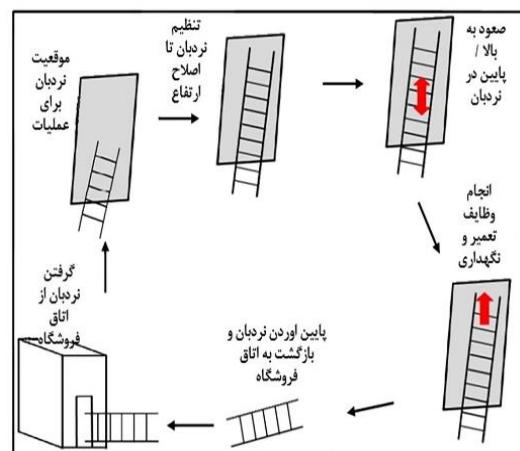
۱-۳-۲- فرمولاسیون مسئله اصلی

در مرحله اول مسئله اصلی باید توسط نامگذاری سیستم، بیان هدف آن و همچنین توصیف شکست‌های بالقوه، حوادث مضر و یا پدیده‌های نامطلوب که می‌تواند در این عملیات رخداد، فرموله شود.

۱-۳-۳- شناسایی سناریوی موفقیت

۳- تشریح روش پیش‌بینی مقدماتی شکست:

روش AFP به دنبال پیدا کردن تمام یا اکثر حالات و سناریوهای مهمی است که می‌تواند به شکست در سیستم منجر شود. این موارد شامل مجموعه‌ای از سناریوهای شکست است که قبلاً اتفاق افتاده است و همچنین مجموعه‌ای کامل از سناریوهای شکست پیش‌بینی شده‌ای که پیش از این هرگز تجربه نشده است. قبل از ارائه مراحل مختلف این روش، لازم است تئوری ساختار سناریو^{۲۲} معرفی گردد. به عنوان یک مثال ساده، در این قسمت روند استفاده از نرdban برای فعالیت‌های تعمیر و نگهداری بیان می‌گردد که یک آشنایی اولیه با روند تجزیه و تحلیل برای پیش‌بینی شکست خواهد بود. در شکل شماره ۲ برنامه‌ریزی سناریوهای عملیاتی «استفاده از نرdban برای فعالیت‌های نگهداری» نشان داده شده است [۲۷ و ۲۵]:



شکل ۲: برنامه‌ریزی سناریوهای عملیاتی «استفاده از نرdban برای فعالیت‌های تعمیر و نگهداری» [۲۷ و ۲۵]

شکل شماره ۲ شرح مصور برنامه‌ریزی سناریوهای عملیاتی «استفاده از نرdban برای فعالیت‌های تعمیر و نگهداری» است. سناریوی موفقیت (نمایش سیر تکاملی سیستم براساس زمان (t) و فاز عملیاتی) که با S_0 نمایش داده می‌شود برای تجزیه و تحلیل ریسک در نظر گرفته شده است و در هر سناریوی شکست (که انحرافی از تعریف ابتدایی سناریو موفقیت می‌باشد) باید نقطه انحراف از حالت نرمال عملیات سیستم نشان داده شود. نقطه انحراف یک نقطه خاص است که در آن یک رویداد آغازین رخداد که می‌تواند درنتیجه شکست داخلی در سیستم یا اغتشاش خارجی که پیش‌بینی شده، باشد. هر رویداد آغازین می‌تواند شروع‌کننده چندین سناریو مختلف شود که به مجموع آن درخت سناریو گفته می‌شود. جایی که مسیر درختان سناریو

این مرحله شامل مطلع شدن از «منابع» موجود در سیستم و محیط آن می‌شود که برای ایجاد و تولید اثرات زیان‌بار و مضر لازم است. این امر ناشی از این دیدگاه است که «استفاده از روش‌های شناسایی شده برای تولید پدیده‌ای خاص، به منابع خاصی نیاز خواهد داشت.» در واقع این مفهوم را منتقل می‌کند: «برای هر شکست و یا اشکالی که به طور خودبه‌خود رخ می‌دهد، همه اجزای لازم باید در سیستم یا محیط آن وجود داشته باشد.» بنابراین به منظور جستجو برای منابع لازم، باید منابعی که در تحقق عملیات، مورد نیاز است و همچنین منابعی که ممکن است ابزاری برای کمک به شکست باشد، شناسایی گردد.

۳-۶- استفاده از پایگاه دانش (استفاده از چک‌لیست‌ها)

بعد از شناسایی منابع، این گام به دنبال جزئیات بیشتری از حالات شکست ذکر شده و همچنین شناسایی حالات شکست جدید دیگری با استفاده از چک‌لیست‌های تعریف شده در تعیین مقدماتی شکست است. روش ارائه شده برای این کار بدین صورت است که برای هر رویداد آغازین که در مراحل قبل یافت شده، درخت سناریوهای خروجی ترسیم می‌شود و حالت‌های جدید آغازین و میانی پدیدار شده، نام‌گذاری می‌شود.

این مرحله، شامل استفاده از پایگاه دانش است که یک ذخیره برای اطلاعات و یا داده‌است. مجموعه چک‌لیست‌هایی که در روش تعیین مقدماتی شکست گنجانیده شده است باید به منظور پیدا کردن رویدادهای آغازین، حالات میانی و حالات پایانی مضر جدید (نسبت به آنچه قبلًا یافت شده است) بررسی گردد. هر سناریوی جدید بدست آمده شماره‌گذاری شده و وارد درخت سناریویی که از قبل ایجاد شده می‌شود.

۳-۷- ابداع راه حل جدید برای شکست (ریسک سازی)

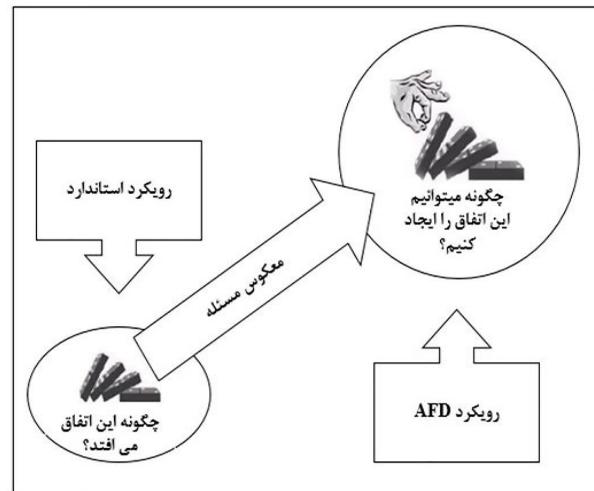
آنچه تاکنون در مرحله ۳-۴، ۳-۵ و ۳-۶ انجام شده است، تلاش برای دستیابی به راهکارهایی بود که به واسطه آنها بتوان تمام پدیده‌های نامطلوب ممکن را ایجاد کرد. برای این امر از سوالات «چه اثری می‌تواند پدیده‌های نامطلوب را ایجاد کند؟» و «چه منابعی نیاز داریم برای پیاده‌سازی این اصل؟» و «چه منابعی داریم؟» استفاده شده است. در این مرحله، سعی بر این است، از میان تمام موارد شناسایی شده، حالات پایانی مضر و حالات میانی مهم تعیین گردد؛ سپس باید به دنبال راههای ابتکاری و خلاق دیگری بود که می‌تواند این واقعی را ایجاد کنند.

۳-۸- تشدید (تقویت) و پوشاندن اثرات مضر

قبل از انجام ارزیابی ریسک این عملیات، سناریوهای موفقیت این عملیات باید به منظور آگاهی از سناریوهای شکست بدرستی درک و بهوضوح مشخص شود. این امر می‌تواند توسط روش‌های گوناگونی صورت بگیرد. به عنوان مثال، مراحل به صورت عملیات و نتایج حاصله از هر عملیات لیست گردد.

۳-۹- تدوین و فرموله کردن معکوس مسئله

این مرحله شامل ایجاد یا تولید همه شکست‌های احتمالی است که با فرایند معکوس‌سازی مسئله، پیش‌بینی می‌شود در سیس که تم رخ دهد. منظور از معکوس‌سازی، "تمام شکست‌هایی است فرد فکر می‌کند می‌تواند در سیستم بوجود آورد. هدف اصلی از معکوس‌سازی مسائل، مقابله با پدیده روانی به نام انکار است که انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تفکر فرد را در مورد پدیده تغییر می‌دهد (شکل شماره ۴).



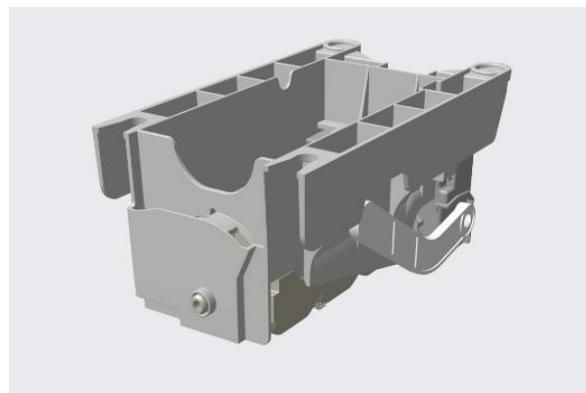
شکل ۴: فرایند معکوس و وارونه فکر کردن به مسئله [۲۵ و ۲۷]

۴- شناسایی راههای آشکار و بدیهی بذرگشتن

عملکرد سیستم

این قسمت شامل نوشتمن تمام راههای احتمالی، ولی آشکار و بدیهی برای ایجاد و تولید شکست در سیستم است. این فرآیند می‌تواند توسط تجزیه سناریوهای موفقیت به بخش‌ها یا اجزای مختلف انجام شود. به این صورت که با درنظر گرفتن هر بخش پرسیده می‌شود که: «چه چیزی می‌تواند در این بخش باشتابه انجام شود؟». در این راه، هر راه بدیهی و آشکار ایجاد و تولید شکست در سیستم از طریق رویدادهای آغازین، حالات پایانی مضر^{۳۳} و حالات میانی احتمالی مشخص می‌گردد، پسازان، با ترکیب آنها با یکدیگر سناریوهای کامل ریسک^{۳۴} بدست می‌آید.

۳-۱۰- شناسایی و استفاده از منابع موجود



شکل ۵: نمایی کلی از یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی

این یخ‌ساز متعلق به محصول یخچال-فریز کمبی (ترکیبی) است. به طور خلاصه می‌توان گفت به یخچال فریزرها که فریزر آنها در قسمت پایین و یخچال آنها در بالا قرار گرفته است، اصطلاحاً کمبی گفته می‌شود. حجم مفید یخچال و فریزر به ترتیب برابر ۳۴۸ و ۱۳۳ لیتر، با شاخص مصرف A^+ است که یخ‌ساز مذکور در طبقه اول فریزر به عنوان یک تجهیز جانبی نصب شده است. این محصول قابلیت فعال‌سازی و همچنین جدا شدن توسط کاربر را نیز داشته و به عنوان یک آپشن برای این محصول شناخته می‌شود. این یخ‌ساز تمام اتوماتیک بوده و بدون دخالت کاربر یخ‌ها را تولید و ذخیره‌سازی می‌نماید. با توجه به شرایط محیطی و تنظیمات عملکردی محصول، میزان تولید یخ در آن متفاوت است؛ اما به طور میانگین این یخ‌ساز قابلیت تولید ۲۴ قطعه یخ در روز را دارد. در ادامه، نتایج بدست‌آمده از بکار بردن روش AFP جهت بهبود این محصول بیان می‌گردد.

۴-۱- فرمولاسیون یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی

هدف اصلی یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی، ساخت و نگهداری یخ به صورت اتوماتیک است. از مخاطرات اصلی آن می‌توان به تشکیل پوره یخ بر روی استراکچر یخ‌ساز و جلوگیری از کارکرد صحیح آن، عدم تخلیه مناسب یخ‌ها (جدا نشدن یخ از قالب) و عدم یخ‌سازی (افزایش مدت زمان) در اثر عدم تمرکز هوای سرد بر روی یخ‌ساز اشاره کرد. هدف از انجام این روش بر روی این فرایند، بهبود کارایی یخ‌ساز است.

۴-۲- شناسایی سناریوی موفقیت در یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی

در این مرحله روند انجام کار یخ‌ساز به طور کامل و با جزئیات شرح داده می‌شود (جدول شماره ۱).

جدول ۱: مشخص کردن سناریوی موفقیت یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی

نتایج	عملیات	ردیف
پر شدن قالب‌های یخ‌ساز	آب‌گیری	۱

پس از شناسایی حالات پایانی مضر و سناریوهای شکست، انجام تشدید و تقویت شکست پیشنهاد می‌شود. در اینجا منظور از تقویت و پوشاندن اثرات مضر اتخاذ اقدامات احتیاطی و غافل نشدن از ریسک‌هایی با احتمال وقوع ناچیز است. تقویت امر مهمی است؛ زیرا به فرد اجازه می‌دهد توجه کاملی به حالات شکستی داشته باشد که احتمال وقوع ناچیز دارد و می‌تواند در آینده یک اتفاق ناگهانی باشد. هنگامی که چنین حالات شکستی تشدید می‌شود، اقدامات احتیاطی در نظر گرفته شده برای جلوگیری یا به حداقل رساندن عواقب شکست قطعاً به موقع و در جای خود انجام می‌گیرد.

۴-۳- تجزیه و تحلیل اثرات مضر ظاهر شده

این مرحله شامل تجزیه و تحلیل و سازماندهی مجدد درختان سناریو است با توجه به تمام حالات شکستی که تاکنون در مراحل قبل یافت شده‌اند که به منظور رسیدن به درک مناسبی از آنها انجام می‌گیرد. ترکیب کردن این درختان سناریو باهم، مجموعه‌ای جامع از سناریوهای کامل ریسک را برای مسئله تشکیل می‌دهد.

۴-۴- پیشگیری از شکست

برای پیشگیری از شکست باید عملکرد فرضیه شکست یا سناریوی مدنظر بررسی گردد. باید اقدامات جلوگیری از شکست به دقت مطالعه شود و فرضیه و یا سناریوهای شکست به طور کامل درک شود. راههای عمومی و رایج پیشنهادشده توسط کاپلان برای از بین بردن یا کاهش علل این پدیدهای ناخواسته به شرح زیر بیان می‌شود:

- از بین بردن ریشه و علل شکست؛
- معرفی یک فرایند که تاثیرات زیان‌بار شکست را از بین برد یا معکوس کند.

۴- کاربرد روش AFP در بهبود کیفیت یک یخ‌ساز اتوماتیک

این پژوهش به دنبال ایجاد بهبود در یک یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی است (شکل شماره ۵).

✓ حالات پایان مضر (HES):

HES₁: نارضایتی مشتری

HES₂: کاهش فروش

HES₃: ضربه به برنده شرکت

HES₄: افزایش هزینه‌ها

HES₅: محصول باکیفیت پایین

در ادامه با ترکیب حالات استخراج شده از جمله رویدادهای آغازین، حالات میانی و حالات پایانی، سناریوهای احتمالی ریسک بدست آمد:

S₁: IE₅ \rightarrow MS₁ \rightarrow MS₂ \rightarrow HES₁ \rightarrow HES₃

S₂: IE₁ \rightarrow MS₁ \rightarrow MS₃ \rightarrow HES₁ \rightarrow HES₂

S₃: IE₂ \rightarrow MS₁ \rightarrow HES₄

S₄: IE₃ \rightarrow MS₄ \rightarrow HES₁ \rightarrow HES₄

S₅: IE₃ \rightarrow MS₁ \rightarrow HES₁

S₆: IE₄ \rightarrow MS₅ \rightarrow HES₁

S₇: IE₄ \rightarrow MS₆ \rightarrow HES₁

در ادامه با دید کامل و جامعی که از این سناریوها بدست آمد، جزئیات بیشتری توسط اعضای تیم طراحی یخچال به این سناریوها اضافه گردید:

S₁: IE₅ \rightarrow MS₁ \rightarrow MS₂ \rightarrow HES₁ \rightarrow HES₃

S₂: IE₁ \rightarrow MS₁ \rightarrow MS₃ \rightarrow HES₁ \rightarrow HES₂

S₃: IE₂ \rightarrow MS₁ \rightarrow IE₃ \rightarrow IE₄ \rightarrow MS₂ \rightarrow HES₄

S₄: IE₃ \rightarrow MS₄ \rightarrow IE₄ \rightarrow HES₁ \rightarrow HES₄

S₅: IE₃ \rightarrow MS₁ \rightarrow IE₄ \rightarrow MS₂ \rightarrow HES₁

S₆: IE₄ \rightarrow MS₅ \rightarrow IE₅ \rightarrow MS₂ \rightarrow HES₁

S₇: IE₄ \rightarrow MS₆ \rightarrow IE₅ \rightarrow MS₃ \rightarrow HES₁

۴-۵-شناسایی و استفاده از منابع موجود

با استفاده از کارشناسان، کلیه منابع موجود در یخ‌ساز و محیط اطرافش که احتمال ایجاد شکست‌های آتی را به همراه دارد شناسایی شده، که نتایج در جدول شماره ۲ بیان شده است. در تئوری حل ابداعی مسئله ۷ دسته‌بندی از مواد مختلف تعریف شده است که در این تحقیق از این دسته‌بندی برای کشف منابع موجود در یخ‌ساز استفاده شده است.

جدول ۲: منابع موجود در یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی

مشخصات	نوع منابع
آب موجود در قالبها پلاستیک مخصوص فلز	منابع مواد
برق و الکتریسیته انرژی مکانیکی مربوط به پارویی و موتور یخچال جریان هوای	منبع اثر(زمینه)
فضای خالی پشت یخ‌ساز(بین دیواره یخچال و یخ‌ساز) فضای خالی بین یخ‌ساز و مخزن حرکت رفت و برگشت قالب (تودرتون) لوله آبریز یخ‌ساز با استراکچر محصول (تودرتون) بهینه‌سازی برنامه شرط زمانی تحلیل	منابع مکانی
منابع زمانی	

ردیف	عملیات	نتایج
۲	اندازه‌گیری دمای آب به طور مستمر	اطمینان از بی‌زدگی کامل آب
۳	عمل کردن پارویی یخ‌ساز	اطمینان از ظرفیت کافی جهت تخلیه یخ
۴	عمل کردن موتور و چرخش قالب	تخلیه یخ در مخزن یخ‌ساز

۴-۳- تدوین و فرموله کردن معکوس مسئله برای یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی

در این مرحله، هدف ایجاد یک فرایند معکوس است که در آن به جای سعی برای یافتن ریسک‌ها و شکست‌ها محصول، بتوان آنها را ایجاد کرد. در واقع مزیت و برتری این روش نسبت به دیگر روش‌های رایج، استفاده از تفکر معکوس در بهبود سیستم‌ها است؛ بدین صورت که ابتدا بدیهی ترین سناریوهای ریسک استخراج می‌شود. سپس با استفاده از دیگر ابزار TRIZ سعی می‌شود تا به ریسک موردنظر دست یافت و در آخر با جلوگیری از وقوع و یا کاهش تاثیر آن، محصول از نظر کارایی بهبود داده شود.

۴-۴- شناسایی آراهای آشکار و بدیهی بدتر شدن عملکرد یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی

برای ایجاد سناریوهای شکست احتمالی در روند یخ‌سازی، رویدادهای آغازین، میان حالت‌ها و رویدادهای پایانی مضر در روند کارکرد یخ‌ساز استخراج می‌گردد. این کار با مشورت از اعضای تیم تحقیق و توسعه آزمایشگاه یخچال گروه صنعتی انتخاب صورت گرفت. بدین منظور جلسات متعدد با نفراتی تشکیل گردید که ضمن تخصص لازم، شناخت عمیقی از کارکرد و نحوه طراحی این یخ‌ساز داشتند.

✓ رویدادهای آغازین (IE):

IE₁: یخ‌زدگی آب باقی مانده در لوله آبریز

IE₂: خرایی حس‌گر اندازه‌گیری دما

IE₃: عدم تشخیص صحیح از جانب پارویی یخ‌ساز

IE₄: عملکرد نامناسب چرخش موتور یخ‌ساز

IE₅: خرایی شیر بر قی آبگیری یخ‌ساز

✓ حالات میانی (Ms):

Ms₁: درست عمل نکردن آبگیری قالب‌ها

Ms₂: عدم یخ‌سازی

Ms₃: عدم یخ‌سازی مناسب

Ms₄: پر شدن بیش از حد مخزن یخ

Ms₅: عدم چرخش پادساعت‌گرد موتور

Ms₆: عدم چرخش ساعت‌گرد موتور

یکی از مواد اولیه موجود در فرایند بخش سازی، «آب» است که ماده تشکیل دهنده اصلی بخش ساز (بخ) نیز می باشد. این آب در حالت عادی از فیلتر تعبیه شده عبور می کند و به طور طبیعی نمی تواند مشکل ساز باشد. آب در مرحله آبگیری و تبدیل آن به بخ در هیچ منطقه ای با مواد آلوده کننده برخورد نمی کند. در واقع مسئله ثانویه، آلوده شدن آب در فرایند بخش سازی است. اگر بتوان آب را در مسیر فرایند بخش سازی، آلوده کرد، مسئله اصلی حل خواهد شد.

• توصیف شرایط ایده‌آل

شرایط ایده‌آل برای این مسئله این است که آب با همین شرایط و همین منابع موجود در سیستم و محیط آن آلوده شود.

- جستجوی راه حل هایی برای دستیابی به حالت ایده‌آل: یکی از دلایل آلودگی آب را کد ماندن به مدت مشخصی است. اگر آب به مدت مشخصی در شرایط نامساعد قرار گیرد و همچنین راکد باشد به مرور زمان ناسالم و میکروبی می شود. در فرایند بخش سازی، آب در دو قسمت از این بخش ساز می تواند راکد باشد. مرحله اول قبل از شیر برقی و مرحله دوم بعد از لوله انتقال آب (بعد از باز شدن شیر برقی)، به علت شرایط قرارگیری انتقال آب، مقداری آب داخل لوله انتقال آب باقی می ماند. در هر دو لوله، مقداری آب داخل لوله از بخش اول قرار داشتن در گرمترین نقطه بیرون بودن لوله از بخش اول قرار داشتن در گرمترین نقطه بخش اول که به طور معمول دمای آن ۱۰ درجه از دمای محیط بالاتر است، به طور طبیعی در صورت راکد بودن آب، آلودگی بعد از مدتی می تواند بروز پیدا کند.

٤-٨- تجزیه و تحلیل اثرات مضر ظاهر شده

درخت سناریوی بروز شده با تمام حالات جدید ظاهر شده رسم گردید (شکل شماره ۶). دقیقت در نوع سناریوها نشان می دهد که تراکم و پیچیدگی سناریوهای شکست احتمالی در عملیات ۱ و ۲ است.

نوع منابع	مشخصات
اندازه گیری همزمان و بخش سازی	حسگر دمایی
منابع اطلاعاتی	حسگر تعیین موقعیت دفترچه راهنمای محصول برنامه کنترلی برای بخش سازی
منابع کارکردی	دوران و چرخش موتور

٤-۶- استفاده از پایگاه دانش (چک لیست ها)

در این تعیین مقدماتی شکست چک لیست های متعددی تعریف شده است که در این تحقیق از دو چک لیست "مناطق ضعیف و خطرناک معمول" و "اثرات مضر رایج" که می توانست در آشکار کردن شکست های نهان در این محصول مشمر ثمر باشد، استفاده شده است (جدول شماره ۳).

استفاده از این چک لیست ها مشخص نمود "امکان صدمه به انسان" می تواند جزو حالات پایانی مضر قرار گیرد. "امکان صدمه به انسان" در HES₅ دسته بندی شده است. همچنین منطقه "انتقال آب" به عنوان مورد جدیدی در عملیات آبگیری کشف شد که با IE₆ نام گذاری می گردد؛ بنابراین یک سناریوی جدید با استفاده از بررسی چک لیست ها به سناریوهای قبلی اضافه گردید:

S₈: IE₆ ↔ HES₅

٤-٧- ابداع راه حل جدید برای ایجاد شکست در بخش ساز اتوماتیک پیچشی

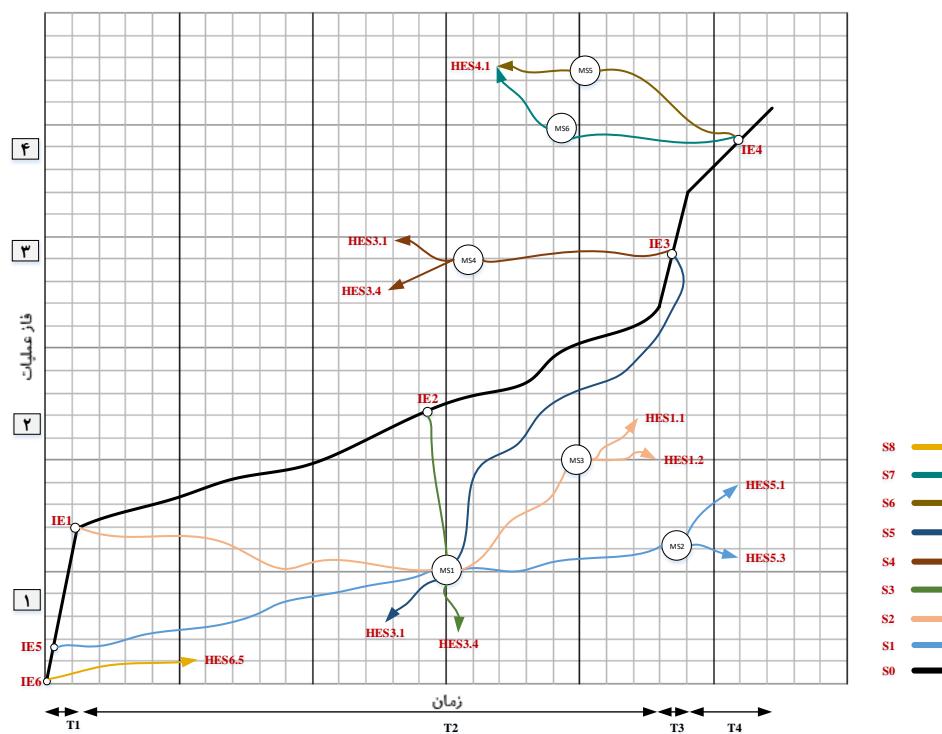
معمولا در این مرحله، تیم تحقیق با چندین سناریو احتمالی روبرو خواهد شد. نکته حائز اهمیت، تمرکز بر روی بهترین سناریوی کشف شده است. با جمع بندی مطالعه فوق، جالب ترین سناریوی بدست آمده، آلودگی بخها و صدمه به استفاده کننده (کاربر) است؛ بنابراین به یافتن راهی برای ایجاد این آلودگی نیاز است. در این قسمت از الگوریتم حل خلاق مسئله ۲۵ برای یافتن این راه استفاده گردید.

• مسئله ثانویه

جدول ۳: استفاده از چک لیست ها در آشکار سازی شکست ها در بخش اتوماتیک پیچشی

چک لیست مناطق ضعیف و خطرناک معمول در یک سیستم	
۱. لوله آبریز برای انتقال آب داخل قالب - تجمع قطرات بخ به مرور زمان در داخل لوله آبریز و گرفتگی لوله - مختلط کردن فرآیند آبگیری	مناطق دارای جمع شدگی و تمرکز جریان (غلظت جریان)
۲. تجمع آب داخل قالب ها - فشار بالای آب ورودی می تواند قالب را بیش از حد پر کرده و مانع عملکرد صحیح موتور گردد	

۳. مخزن یخساز - خرابی پارویی و پر شدن بیش از حد مخزن و عدم بازگشت قالب یخ به ابتدای مسیرش	
۴. مخزن یخساز - خرابی پارویی و عدم تشخیص در بر بودن مخزن و در نتیجه عدم تخلیه	
۱. موتور یخساز - در اثر عدم طراحی مناسب، موتور در زمان نادرست می‌ایستد و باعث شکستن چرخ‌دنده‌های یخساز می‌شود	مناطق در معرض فعالیتهایی با زمینه‌هایی باشد بالا
۲. آلدگی آب - در اثر سوراخ شدن لوله انتقال آب و تزریق فوم یخچال به داخل آب امکان ایجاد آلدگی برای آب را فراهم می‌کند	مناطق متضاد و ناسازگار (تعارض مناطق)
منطقه مخزن یخ - می‌توان آب را با یخ داخل مخزن ترکیب کرد و یخها را از حالت استفاده خارج کرد	مناطق بدسابقه
۱. خرد شدن چرخ‌دنده‌ها	
۲. تشکیل پوره‌های یخ	
۳. چسبندگی یخ‌ها به هم	
۱. آب موجود در ورودی شیر برقی - آلدگی شدن آب و صدمه به سلامت انسان	مناطق اتصال سیستم‌های مختلف با یکدیگر
۲. قرارگیری مخزن در داخل فریزر - قرار دادن بیش از حد مواد غذایی توسط کاربر در کشوی اول فریزر امکان انحراف مخزن از مکان خود را به وجود می‌آورد	مناطق چند عملکردی (چندبخشی)
قالب یخساز - سوراخ شدن یا شکستگی در قالب در اثر تنش حرارتی و تنش پیچشی	مناطق متتمرکز از انرژی بالقوه
قالب یخساز - شکسته شدن قالب در اثر دوران	
چک‌لیست اثرات مضر رایج	
خرابی حسگرهای	الکتریکی
صدای بیش از حد یخساز تغییر فرم یخ‌ها از فرم مکعبی	روانشناسی و احساس



شکل ۶: درخت سناریوی یخ ساز اتوماتیک پیچشی

ایجاد آن در یخ ساز یافت شد و ۳ پاسخ مناسب جهت برخورد با این حالت مضر توسط متخصصین داده شد.

۶ - نتیجه‌گیری

استفاده از مدیریت ریسک در سازمان‌ها، به ویژه در سازمان‌های پرورش محور، یک وظیفه کلیدی است و باعث ایجاد و محافظت از ارزش‌ها، بهبود عملکرد و همچنین بالا بردن شانس دست یابی به اهداف سازمانی می‌شود. عموماً مدیریت ریسک به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شود، از مهم‌ترین این بخش‌ها شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌ها است. بنابراین، استفاده از ابزار شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌ها است. بنابراین، استفاده از ابزار ریسک‌های را رویکردی که بتواند با خلاقيت و توان بالا تمام ریسک‌های موجود را شناسایي و تجزیه و تحلیل کند، ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از تئوری حل خلاق مسئله برای حل مشکلات واحدهای تحقیق و توسعه به دلیل ارائه راهکارهای نوآورانه بسیار مناسب و مرسوم است.

در این پژوهش ضمن مرور ادبیات موضوع در حوزه‌های مدیریت ریسک و همچنین تئوری حل خلاق مسئله، یکی از فرم‌های پیشرفت‌های این تئوری به نام تعیین مقدماتی شکست معرفی گردید که برای شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌ها و شکست‌ها توانایی بالایی دارد. تعیین مقدماتی شکست به دو منظور ریشه‌یابی شکست (AFD-1) و شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌های بالقوه سازمان (AFD-2) یا AFP (BSP) بسط داده شده است. وجه تمایز این روش در نوع نگاه این روش در حل مسئله است که در آن به جای نگاه سنتی به ریسک، در واقع سعی در ایجاد شکست‌ها و ریسک سازی دارد.

در این تحقیق از روش پیش‌بینی مقدماتی شکست، برای بهبود و افزایش کیفیت یک یخ‌ساز اتوماتیک پیچشی متعلق به یخچال مدل کمبی گروه صنعتی انتخاب (اسنو) استفاده گردید. برای این منظور از افراد متخصص و کاملاً آشنا به فرایند طراحی یخ‌ساز حاضر در آزمایشگاه یخچال گروه صنعتی انتخاب بهره گرفته شده است. با استفاده از این روش سامانمند، محصول مذکور مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و سناریوهای ریسک متعددی برای ایجاد شکست در این یخ‌ساز بدست آمد. با بررسی این سناریوهای و همچنین ابزارهای ایجاد خلاقيت و حل مسئله موجود در این روش، یک سناریوی ریسک جدید با نام آلدود شدن آب، که قبلاً توسط کارشناسان پیش‌بینی نمی‌شد بدست آمد و در ادامه فرایند ریسک سازی که به نوعی اساس روش تعیین مقدماتی شکست است، دو قسمت از این یخ‌ساز، که امکان آلدودگی آب در آنها وجود دارد، کشف شد. در آخر با تجزیه و تحلیل

۴-۹- پیشگیری از شکست

• از بین بردن ریشه شکست

منبع اصلی این شکست در راکد ماندن آب است. برای از بین بردن این شکست به طور کامل، نیاز به تغییرات بنیادی در طراحی مسیر انتقال آب به یخ‌ساز، تغییر مکان فیلتر و بهبود کارایی فیلتر است. موارد عنوان شده موجب عدم آلدودگی آب ورودی به یخ‌ساز یا رفع آلدودگی ایجاد شده می‌شود. استفاده از این راه حل نیاز به هزینه بالایی دارد؛ لذا در این مورد چندان عملیاتی به نظر نمی‌رسد (هزینه صورت گرفته نسبت به فایده معقول نیست).

• معرفی یک فرایند معکوس کننده آثار شکست

نخستین راه حلی که برای کاهش اثرات این شکست می‌توان پیشنهاد داد، استفاده از یک شیر برقی دو وضعیته است. بدین صورت که با تعریف برنامه مناسب برای شیر برقی، شیر بعد از مدت مشخص شده‌ای که از یخ‌ساز استفاده نشد، مقدار مشخصی از حجم آب که راکد مانده است را به طور اتوماتیک تخلیه کند. استفاده از این روش نیز هزینه‌بر است و با توجه به اضافه شدن وظایف شیر برقی، احتمال خطأ در این وسیله بالا رفته و قابلیت اطمینانی که برای محصول در نظر گرفته شده است را کاهش می‌دهد. پیچیده شدن ساختار مکانیکی شیر برقی نیز ریسک خرابی در این قطعه را افزایش داده که در نهایت موجب به افزایش ریسک خرابی در محصول می‌شود.

راه حل دوم، قرار دادن سه راهی تقسیم آب، قبل از شیر برقی معرفی می‌شود. در این روش مسیر آب قبل از شیر برقی به تجهیز مصرف کننده ثالثی مانند ماشین لباس‌شویی، دستگاه تصفیه آب، شیر آب مصرف خانگی و ... متصل می‌گردد تا آب در این قسمت به طور مداوم در داخل لوله جریان یابد. از ویژگی‌های این روش قیمت پایین و عدم پیچیدگی این قطعه است.

۵ - یافته‌های تحقیق

در این تحقیق با استفاده از روش تعیین مقدماتی شکست، در ابتدا ۷ سناریوی بدیهی برای ایجاد شکست در یخ‌ساز توسط محققین بدست آمد. در ادامه با تمرکز بر روی این سناریوهای ابزارهای موجود در روش تعیین مقدماتی شکست، تعداد ۱۶ سناریوی شکست دیگر کشف شد که تاکنون طراحان و متخصصین یخ‌ساز آنها را در نظر نمی‌گرفتند. هر کدام از این سناریوهای در صورت بسط داده شدن می‌توانست یک بهبود موثر در این محصول ایجاد کند. از بین این تعداد سناریوی، سناریوی "آلدودگی آب" مورد بررسی قرار گرفت و یک راه منطقی برای

گوناگون با سطح بلوغ مختلف دانست. همچنین با توجه به اینکه در کشور ما عموما برای شناسایی ریسک‌ها، از روش‌هایی استفاده می‌گردد که بر مبنای آزمون و خطاب و مبتنی بر تجربیات گذشته است، می‌تواند گزینه مناسبی جهت پیش‌بینی، شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌ها در یک محصول، فرایند، سیستم یا سازمان باشد. با توجه به اینکه این روش انعطاف‌بالایی دارد، پیشنهاد می‌گردد برای تحقیقات آتی از ادغام گام‌های این روش در بهبود روش‌هایی مانند تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن، مطالعه خطر و قابلیت بهره‌برداری و ... استفاده گردد و یا به قسمت پاسخ‌دهی این روش که تنها دو پیشنهاد عمومی ارائه می‌کند، دیگر ابزار تئوری حل خلاق مسئله را ادغام کرد و نتایج آن را نشان داد.

پاسخ‌های ممکن، ۳ پیشنهاد اجرایی در دو بخش پیشگیری و کم کردن تاثیر، برای این مسئله ارائه گردید. نتایج بدست‌آمده از این روش از نظر متخصصین محصول و همچنین در مقایسه با پیشنهاد استفاده از تئوری حل خلاق مسئله در واحدهای تحقیق و توسعه، کاملاً قابل قبول و نوآورانه بود و در عین حال کاربردی بودن این روش در مدیریت ریسک‌های منفی و بهبود کیفیت محصولات را نشان داد.

استفاده از این روش به دلیل سامانمند بودن، توانایی، خلاقیت، قدرت بالای حل مسئله و با توجه به اینکه یکی از مزیت‌های تئوری حل خلاق مسئله و ابزار آن از جمله روش تعیین مقدماتی شکست، فهم و درک راحت‌تر این روش برای افراد با توانایی و تخصص‌های مختلف است و به نوعی یک ماهیت بین‌رشته‌ای دارد؛ لذا می‌توان آن را قابل اجرا در سازمان‌های

۷ - فهرست منابع

- [۱] روزنامه دنیای اقتصاد؛ "فاقاچاک، چگونه در حال نابودی صنعت لوازم خانگی است؟"، ۴ آذر ماه ۱۳۹۶.
بازیابی از <https://donya-e-eqtesad.com>
- [۲] روزنامه صمت(وزارت صنعت، معدن و تجارت)؛ (۱۳۹۴، آذر ۷). "یخچال‌سازی، صنعتی سرد، نیازمند بازاری گرم"، ۷ آذر ماه ۱۳۹۴.
بازیابی از <https://www.smtnews.ir>
- [۳] میرزارمضانی، ابوالفضل؛ گلستان هاشمی، سید مهدی؛ ناصریان، سید محمد مسعود؛ "ارائه مدل مدیریت ریسک‌های فناورانه در فرایند توسعه محصول جدید با رویکرد TRIZ"، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، دوره ۱۶، شماره ۳۲، صص ۵۶-۳۹. ۱۳۹۷.
- [۴] معظم جزی، زهره؛ حامدی، مریم؛ اسماعیلیان، غلامرضا؛ "شناسایی، تحلیل کیفی و خوشبندی ریسک‌های پروژه‌های خطوط هوایی برق براساس استاندارد PMBOK"، مدیریت و مهندسی صنایع، دوره ۳۲، شماره ۱، صص ۴۶-۳۵. ۱۳۹۵.
- [۵] کاظمی، نسترن؛ بزرگی امیری، علی؛ محمدپور عمران، "ارائه یک مدل ترکیبی از ANP Fuzzy بازه‌بی، FMEA بازه‌بی و TOPSIS Fuzzy بازه‌بی برای انتخاب تأمین کنندگان تحت شرایط ریسک"، مدیریت و مهندسی صنایع، دوره ۳۳، شماره ۱، صص ۱-۱۲۳. ۱۳۹۶.
- [۶] عبدالله زاده، غلامرضا؛ حقیقی، فرشید رضا؛ طاهری، محمدمجود؛ راستگو، سیما؛ "ازیابی خطرپذیری لرزه‌ای پل‌های شهر با بدلسر در حالت بهره‌برداری با استفاده از روش FMEA-FUZZY"، پژوهشنامه حمل و نقل، شماره ۳، جلد ۱۳، صص ۱۳۹۵-۱۲۳.
- [۷] میرزارمضانی، ابوالفضل؛ گلستانی هاشمی، سید مهدی؛ چشم به راه، محسن؛ کرباسیان، مهدی؛ "مدیریت ریسک با روش TRIZ; AFD"، چهارمین کنگره بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مطالعات مدیریت، حسابداری و اقتصاد، ۱۳۹۷.
- [۸] جعفری، مصطفی؛ ضرغامی، حمیدرضا؛ "توسعه توانمندی حل ابداعانه مسائل و سرعت بخشی به تحقیق و توسعه اثربخش با به کارگیری TRIZ"، فصلنامه تخصصی پارک‌ها و مراکز رشد، دوره ۸، شماره ۲۹، صص ۱۳۹۰-۱۲۳.
- [۹] Sicotte, He' le`ne; Bourgault, Mario; "Dimensions of uncertainty and their moderating effect on new product development project performance", R&D Management, Vol. 3, 2008.
- [۱۰] Ayala-Cruz, Jorge; "Project risk planning in high-tech new product development", Academia Revista Latinoamericana de Administración, Vol. 29, Issue 2, pp. 110-112, 2016.

- [11] da Silva, Etges; Paula Beck, Ana; Nogueira Cortimiglia, Marcelo; “A systematic review of risk management in innovation-oriented firms”, Journal of Risk Research 22.3: 364-381, 2019.
- [12] Oehmen, Josef; et al.; “Analysis of the effect of risk management practices on the performance of new product development programs”, Technovation, Vol. 38, Issue 8, pp. 441-445, 2014.
- [13] Willumsen, Pelle; et al.; “Value creation through project risk management”, International Journal of Project Management, 2019.
- [14] Macfarlane, Ian; “Managing risk for successful product development”, R & D Enterprise: Asia Pacific, Vol. 3, Issue 4, pp. 25-28, 2000.
- [15] Thurnes, Christian M.; et al.; “Using TRIZ to invent failures – concept and application to go beyond traditional FMEA”, Procedia Engineering, Vol. 131, pp. 426-450, 2015.
- [16] Russo, Davide; Birolinib, Valentino; Rossano, Ceresolib; “FIT: a TRIZ based Failure Identification tool for Product-Service Systems”, Procedia CIRP, Vol. 47, pp. 210-215, 2016.
- [17] da Silva, Renan Favarão; Aurélio de Carvalho, Marco; “Anticipatory Failure Determination (AFD) for Product Reliability Analysis: A Comparison Between AFD and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) for Identifying Potential Failure Modes”, Advances in Systematic Creativity, pp. 181-200, 2019.
- [18] Ferreira, Viviane Vasconcellos; Ogliari, André; “Guidelines for a risk management methodology for product design”, Product: Management & Development, Vol. 3, 2005.
- [19] Salavati, Mehran; Tuyserkani, Milad; Mousavi, Seyyede Anahita; Falahi, Nafiseh; Abdi, Farshid; “Improving new product development performance by risk management”, Journal of Business & Industrial Marketing, pp. 418-425, 2016.
- [20] Project Management Institute; *PROJECT RISK MANAGEMENT*, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) – Sixth Edition, USA: Project Management Institute, Inc., pp. 395-458, 2017.
- [21] Zentis, Thomas; Schmitt, Robert; “Technical Risk Management for an Ensured and Efficient Product Development on the Example of Medical Engineering”, Smart Product Engineering, pp. 387-398, 2013.
- [22] Hsia, T. C.; et al.; “Using Systematic Innovation Process to Improve the Manufacturing Technology of Platelet Agitators”, Testing and Evaluation, Vol. 44, Issue 3, 2016.
- [23] Moullick, Enanko; Kiran, Wani; “Development of an Innovative Transmission System for Two-Wheelers Using TRIZ Methodology”, SAE Technical Paper 2019-26-0369, 2019.
<https://doi.org/10.4271/2019-26-0369>
- [24] Mawale, Mahesh B.; Abhaykumar, Kuthe; Anupama, Mawale; “Rapid prototyping assisted fabrication of a device for medical infusion therapy using TRIZ”, Health and Technology, Vol. 9, Issue 2, pp. 167-173, 2019.
- [25] Kaplan, Stan; et al.; New Tools for Failure and Risk Analysis: Anticipatory Failure Determination(AFD) and the Theory of Scenario Structuring, Ideation Intl Inc, October 8, 1999
- [26] Regazzoni, Daniele; Russo, Davide; “TRIZ tools to enhance risk management”, Procedia Engineering, Vol. 9, pp. 40-51, 2011.
- [27] Adesanya, Adeleke; “Strengths and weaknesses of anticipatory failure determination in identifying black swan type of events”, Master's thesis in Offshore technology / risk management, 2014.