Archive of SID.ir

نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید
IERPS
ISSN: 2345-2269

نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید

سال یازدهم، شماره بیست و دوم، بهار و تابستان ۱۴۰۲، صفحه ۱۷۱-۱۸۵
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/IER.2023.5426

ارزیابی ریسک در صنایع غذایی با رویکرد ترکیبی FMEA و BWM در شرایط فازی شهودی (مطالعه موردی: کارخانه لبنیات تاشال قوچان)

فاطمه رحمتی‌نژاد[۱]، محمد زارعی‌محمودآبادی[۲*]، حسین صیادی‌تورانلو[۳]

۱. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران
۲. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران
۳. دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت ۱۴۰۱/۱۱/۱۳
پذیرش ۱۴۰۲/۳/۲۹
(مقاله پژوهشی)

کلمات کلیدی:
ارزیابی ریسک
تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن (FMEA)
روش بهترین-بدترین (BWM)
رویکرد فازی شهودی

خلاصه

شیر و فرآورده‌های آن به‌دلیل داشتن تنوع و تعدد ترکیبات موجود از ارزش غذایی بالایی برخوردار هستند. در فرآیند تهیه و تولید این محصولات با ارزش همواره خطرات زیادی وجود داشته است. به‌منظور تولید سالم این محصول و همچنین جلوگیری از هزینه‌های اضافه‌ای که در مراحل مختلف تولید ممکن است به مجموعه تولیدی تحمیل شود، شناسایی ریسک‌های موجود الزامی است. بدین منظور یک رویکرد ترکیبی جدید ارائه شده است و در مطالعه موردی به‌کار گرفته شده است. در این پژوهش به‌منظور گردآوری داده‌ها از سه روش مصاحبه، پرسشنامه، اسناد و مدارک کتابخانه‌ای استفاده شده است. ابتدا از طریق مصاحبه با خبرگان، عوامل ریسک شناسایی شدند. سپس پرسشنامه روش بهترین-بدترین و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی توزیع شده است. درادامه با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده، اوزان فازی شهودی فاکتورها و عوامل محاسبه شد. در پایان ماتریس تصمیم تشکیل شد و با استفاده از روش مجموع ساده وزین به اولویت‌بندی عوامل ریسک پرداخته شد که عوامل «عدم انجام صحیح هواگیری»، «بالا رفتن بار میکروبی شیر» و «نرسیدن فشار هموژنایزر به ۱۲۰ بار» اولویت‌های اول تا سوم را به‌خود اختصاص دادند. همچنین به‌منظور کنترل و کاهش عوامل ریسک شناسایی شده اقدامات اصلاحی ارائه شده است.

۱. مقدمه

صنعت غذا به‌طور کامل یک صنعت نیست بلکه مجموعه‌ای از چندین نوع صنعت است که طیف متنوعی از محصولات غذایی را تولید می‌کند. صنایع غذایی شامل کشاورزی، فرآوری مواد غذایی، توزیع، مقررات، خدمات مالی، تحقیق‌وتوسعه، بازاریابی، نگهداری، بسته‌بندی و تهیه است [۱]. خطرات ایمنی مواد غذایی در تمام دنیا بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۲]. اطمینان از ایمنی مواد غذایی برای کشورهای پیشرفته و در حال پیشرفت یک چالش است و به تلاش‌های مشترک دولت، نهادهای نظارتی، دانشگاهیان، مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان غذا بستگی دارد [۳]. در چرخه تأمین غذا از محل تولید اولیه (مزرعه) تا هنگام مصرف غذا همیشه با خطرات زیادی روبه‌رو خواهد شد که مشکلات زیادی را برای فرآیندهای بعدی و مصرف‌کنندگان نهایی به‌دنبال خواهد داشت. مسأله موفقیت در عرضه محصول جدید برای مدیران بسیار مهم است [۴-۵]. فرآیند تجزیه و تحلیل ریسک فرآیندی مبتنی‌بر علم و تجزیه‌وتحلیل جامع ریسک است. درصورتی‌که این فرآیند به‌صورت کامل اجرا شود منجربه توسعه سیستم تخصصی شده و مهارت‌ها را در زمینه مدیریت و ایمنی غذا گسترش می‌دهد [۶،۲]. درخصوص ایمنی مواد غذایی، تجزیه‌وتحلیل

* نویسنده مسئول: محمد زارعی محمودآبادی
تلفن: ۳۳۲۱۲۶۰۰-۰۳۵؛ پست الکترونیکی: zarei.m@meybod.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

ریسک باید به‌طور مداوم، شفاف و با شواهد علمی معتبر انجام شود. درصورت به‌دست آوردن اطلاعات و انجام تحقیقات جدید، تجزیه و تحلیل باید دوباره بررسی و ارزیابی شود [۲].

فرآیند ارزیابی ریسک برمبنای تجزیه‌وتحلیل ریسک با درنظر گرفتن عوامل اجتماعی، اقتصادی و جنبه‌های محیطی انجام می‌شود. فرآیند ارزیابی ریسک متشکل از مجموعه فرآیند تجزیه‌وتحلیل ریسک و سنجش ریسک است. در فرآیند ارزیابی ریسک به شناسایی حوادث، تهدیدات، خطرات احتمالی و ارزیابی و سنجش اقدامات کنترل و کاهش ریسک (مدیریت ریسک) پرداخته می‌شود [۷].

تاکنون تکنیک‌ها و روش‌های مختلفی توسط محققان به‌منظور شناسایی و ارزیابی ریسک ارائه شده است. تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن[1] (FMEA) یکی از این شیوه‌ها است که نخستین بار برای تجزیه‌وتحلیل حالات شکست در صنعت هوانوردی استفاده شده است. اصلی‌ترین هدف این تکنیک شناسایی و اولویت‌بندی حالات شکست است. عدد اولویت ریسک از حاصل‌ضرب سه مفهوم احتمال وقوع[2] (O)، شدت تأثیر[3] (S) و قابلیت کشف[4] (D) به‌دست می‌آید [۸]. وقوع به‌عنوان احتمال وقوع یک علت تعریف می‌شود، شدت، به‌میزان اثر بالقوه شکست بر روی قطعه و یا زیرسیستم بعدی و یا مشتری اشاره دارد، قابلیت کشف، به توانایی کشف علت بالقوه شکست قبل از رویداد حالت شکست اشاره می‌کند [۹]. فاکتورهای ریسک (احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت تشخیص) برای هر عامل توسط خبرگان با استفاده از مقیاس مطرح شده ارزیابی می‌شود. در محاسبه عدد اولویت ریسک شدت تأثیر و احتمال وقوع به‌صورت مستقیم و قابلیت تشخیص به‌صورت معکوس آورده می‌شود. بنابراین اگر مقدار قابلیت تشخیص زیاد (ریسک موردنظر به‌راحتی شناسایی نشود) ارزیابی شد، مفهوم آن این است که باید به عامل شکست مربوطه توجه بیشتری شود. بنابراین تکنیک معرفی شده قابلیت کم کردن احتمال وقوع این شکست را تعیین می‌کند [۱۰]. ولی محققان این تکنیک را به‌علت نقص‌هایی که در آن وجود دارد مورد انتقاد قرار داده‌اند. ممکن است ترکیبات مختلفی از احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت تشخیص دقیقاً مقدار عدد اولویت ریسک مشابهی را ایجاد کند. درحالی‌که ممکن است کاملاً متفاوت باشند. اهمیت نسبی احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت تشخیص مدنظر قرار نمی‌گیرد. به‌گونه‌ای‌که فرض می‌شود هر سه فاکتور ریسک اهمیت یکسانی دارند [۱۱-۱۳]. عدد اولویت ریسک در تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست سنتی از ضرب سه فاکتور تعیین می‌شود. که از ارزیابی ذهنی به‌دست می‌آیند و اهمیت نسبی عوامل درنظر گرفته نمی‌شود. پژوهش‌های زیادی برای برطرف کردن نقاط ضعفی که بیان شد، انجام شده است. برای مثال چانگ و همکاران در سال ۲۰۰۱ پژوهشی را انجام دادند که در آن، به‌منظور بهبود اثربخشی این تکنیک از تئوری خاکستری استفاده کردند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که استفاده از تئوری خاکستری در تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن، می‌تواند قابلیت اطمینان محصول و ثبات فرآیند را با کشف مشکلات بالقوه در طول مراحل طراحی محصول و برنامه‌ریزی فرآیند در مقایسه با تکنیک تجزیه‌وتحلیل شکست سنتی افزایش دهد [۱۲]. در پژوهشی دیگر براگلیا[5] و همکاران در سال ۲۰۰۳ به ارائه مدلی که از ترکیب تکنیک تجزیه‌وتحلیل بحرانی حالت شکست و اثرات آن[6] و تکنیک تاپسیس با استفاده از نظریه فازی تشکیل می‌شد، پرداختند. نتایج نشان داد که درصورت وجود داده‌های مبهم و کیفی استفاده از نظریه فازی مؤثرتر و کارآمدتر خواهد بود [۱۳].

درادامه نظریه فازی، مجموعه فازی شهودی[7] با سه خصوصیت درجه عضویت، درجه عدم عضویت و درجه تردید توسط آتاناسو[8] در سال ۱۹۸۳ مطرح شد که به‌شکل کامل‌تری ابهام را در مقایسه با مجموعه‌های فازی کلاسیک نشان می‌دهد [۱۴-۱۵]. همچنین می‌توان به‌دلیل ارزیابی عوامل ریسک از روش بهترین-بدترین[9] (BWM) که توسط رضایی در سال ۲۰۱۵ ارائه شد به‌منظور استخراج وزن معیارها استفاده کرد. روش بهترین-بدترین علاوه‌بر اینکه وزن‌ها را استخراج می‌کند، می‌تواند با سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ترکیب شود [۱۶].

هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی ریسک در صنایع غذایی با رویکرد ترکیبی تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن و روش بهترین-بدترین در شرایط فازی شهودی در کارخانه لبنیات تاشال قوچان است. در بخش بعدی به پژوهش‌های انجام شده مرتبط با موضوع پژوهش حاضر پرداخته می‌شود.

۲. پیشینه پژوهش

همان‌طور که در قسمت مقدمه توضیح داده شد، ارزیابی ریسک در صنایع غذایی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است به‌طوری‌که تاکنون به‌منظور انجام این مهم، فعالیت‌ها و پژوهش‌های زیادی انجام شده است. روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن یکی از روش‌هایی است که به‌منظور ارزیابی ریسک بسیار استفاده شده است. درادامه به برخی از پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با ارزیابی ریسک در صنایع غذایی و ارزیابی ریسک با رویکرد تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن پرداخته شده است.

آقابراری و همکاران در سال ۱۴۰۱ در پژوهشی به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در شرکت تولید محصولات لبنی شادشیر پرداخته‌اند. برای این منظور، ابتدا معیارهای پایداری زنجیره‌تأمین با استفاده از مطالعه پژوهش‌های پیشین شناسایی شده و درادامه، تیم تصمیم‌گیری میزان اهمیت و مرتبط بودن هریک از معیارها را نسبت به یکدیگر تعیین کردند. برای تعیین وزن معیارها از روش دیمتل فازی

1. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)
2. Occurrence (O)
3. Severity (S)
4. Detection (D)
5. Braglia
6. Failure Modes, Effects and Criticality Analysis
7. Intuitionistic Fuzzy Set
8. Atanassov
9. Best-Worst Method (BWM)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

استفاده شده است و با استفاده از روش ویکور فازی، تأمین‌کنندگان ارزیابی و رتبه‌بندی شده‌اند؛ درنهایت تحلیل حساسیت برروی پارامترهای مهم مسأله انجام شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که معیارهای اقتصادی و اجتماعی دارای تأثیرگذاری بیشتری در انتخاب تأمین‌کنندگان در این زنجیره تأمین هستند [۱۷].

فلاح باغمورتینی در سال ۱۴۰۱ در پژوهشی به شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های عملیاتی موجود در شبکه هوایی توزیع برق پرداخته و راهکارهایی را در این جهت ارائه کرده است. با بررسی ادبیات پژوهش، حوادث ثبت شده در سامانه ۱۲۱ و با مصاحبه، ۲۱ ریسک عملیاتی شناسایی شده است. برای رفع محدودیت‌های روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن، از روش بهترین-بدترین (به‌منظور ارزیابی و اولویت‌بندی) استفاده کرده است و به‌منظور ارائه ریسک‌های پراهمیت و با تأثیر بالا و بررسی ارتباطات متقابل ریسک‌ها، روش نقشه‌شناختی فازی[1] مورد استفاده قرار گرفته است [۱۸].

خوئی نیز در پژوهشی دیگر در سال ۱۴۰۰ با عنوان چارچوب مدیریت ترکیبی برای مدیریت ریسک پروژه، به ارائه رویکردی جامع مبتنی‌بر رویکردهای چابک و سنتی جهت پاسخ به ریسک‌های موجود در پروژه‌های ساختمان‌سازی لوکس پرداخته است. ابتدا ریسک‌ها شناسایی شده است سپس ریسک‌های شناسایی شده با رویکرد تجزیه‌وتحلیل حالات و اثرات شکست فازی، وزن‌دهی شده و در گام بعد با تحلیل علل ریشه‌ای هر ریسک، راهکارهایی مبتنی‌بر رویکردهای چابک و سنتی جهت مقابله با آن‌ها ارائه کرد. در مرحله‌ی بعد گام‌های پروژه متناسب با اهمیت آن‌ها به جهت پیاده‌سازی مدیریت ریسک در آن‌ها با رویکرد بهترین-بدترین فازی رتبه‌بندی شده است. ایشان درنهایت چارچوبی جهت پیاده‌سازی مدل پیشنهادی که راهکارهای چابک و سنتی را پیاده‌سازی کند ارائه کرده است [۱۹].

حسینی در سال ۱۳۹۹ در پژوهشی توزیع‌کنندگان شرکت کاله را از منظر ریسک مورد ارزیابی قرار داده و پس از شناسایی ریسک‌ها باتوجه به پیشینه پژوهش به تعیین ریسک‌های مؤثر پرداخته است، سپس با استفاده از روش بهترین-بدترین فاصله‌ای اوزان را محاسبه کرده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد مهم‌ترین معیار، سهم بازار و سپس قوانین و مقررات است و سپس معیارهای دیگر در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. پس از رتبه‌بندی توزیع‌کنندگان با روش مجموع ساده وزین[2] و محاسبه میزان امتیاز هر توزیع‌کننده به رتبه‌بندی توزیع‌کنندگان پرداخته شده است و مدل‌سازی ریاضی را با دو هدف و محدودیت‌های عرضه و تقاضا فرموله کرده و به‌کمک روش معیار جامع به حل مسأله پرداخته است. با توجه به نتایج پژوهش مشخص شد که توزیع‌کننده دوم از امتیاز بیشتری برخوردار بوده است [۲۰].

همچنین صفایی میاندشتی در سال ۱۳۹۸ نیز با هدف شناسایی، اولویت‌بندی و پیش‌بینی ریسک ضایعات در فرآیند تولید با استفاده از تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن، سیستم استنتاج فازی[3] و شبکه‌های عصبی مصنوعی[4] پژوهشی را انجام داده است. در این پژوهش جهت بهبود تکنیک ارزیابی ریسک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن پارامترهای ورودی عوامل عدد اولویت ریسک به‌عنوان متغیرهای ورودی استنتاج فازی در سیستم‌های فرعی استنتاج بررسی شده است و در راستای بررسی احتمال وقوع از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی در زیر فرآیندهای ضایعات‌ساز با پیاده‌سازی ۱۴ مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه استفاده شده است و در راستای بهبود تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن و جهت رفع نقص یکسان بودن رتبه وقوع، شدت و قابلیت کشف با روش تحلیل سلسله مراتب فازی[5] اقدام به تعیین وزن این عوامل ریسک شد و درنهایت عدد اولویت ریسک براساس محاسبات فازی و وزن‌های تخصیص‌یافته با عنوان عدد اولویت ریسک فازی موزون محاسبه شد [۲۱]. صیادی تورانلو و آیت‌الله در سال ۱۳۹۸ در پژوهشی به ارائه مدلی جهت ارزیابی عوامل شکست با رویکرد تلفیقی آنتروپی و تاپسیس در محیط فازی شهودی پرداخته‌اند. اجرای مدل ارائه شده در این پژوهش مستلزم پیاده‌سازی و اجرای گام‌هایی است که در این پژوهش با عنوان ارزیابی عوامل شکست بیان شده است. پژوهشگران ابتدا به محاسبه اوزان خبرگان و معیارها با استفاده از روش آنتروپی فازی شهودی پرداخته، سپس با استفاده از این اوزان ماتریس‌های تجمیع و موزون نظرات خبرگان تشکیل و درنهایت باتوجه به نزدیکی هر عامل شکست از ایده‌آل مثبت و به‌تبع آن، دوری آن از ایده‌آل منفی و محاسبه شاخص ضریب نزدیکی و باتوجه به اینکه عاملی که از ضریب نزدیکی بیشتری برخوردار است، در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد، عوامل شکست را به‌صورت نزولی اولویت‌بندی کرده‌اند [۲۲].

از دیگر پژوهش‌های انجام شده در این رابطه می‌توان به پژوهش هی[6] و همکاران در سال ۲۰۲۲ اشاره کرد. آن‌ها باتوجه به رفتار روان‌شناختی کارشناسان و معناشناسی اصطلاحات زبان‌شناختی در فرآیند رتبه‌بندی ریسک، یک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن بهبودیافته براساس اطلاعات احتمالی و روش تودیم[7] (به زبان پرتغالی تصمیم‌گیری تعاملی و چندمعیاره) برای شناسایی ریسک‌ها در سیستم‌های توربین بادی ایجاد کردند. برای وزن‌دهی فاکتورهای ریسک از روش بهترین-بدترین استفاده کردند. علاوه‌بر این، برای نشان دادن کاربرد مدل پیشنهادی، از آن در یک سیستم توربین بادی دریایی شناور استفاده شد. اثربخشی و اعتبار مدل نیز با مقایسه با روش‌های دیگر تأیید شد [۲۳]. همچنین لیو[8] و همکاران در سال ۲۰۲۲ نیز ابتدا سیستم تجزیه‌وتحلیل و طبقه‌بندی عوامل انسانی[9] را برای برشمردن حالت‌های شکست عملکرد اتوبوس بین شهری اعمال کردند. سپس

1. Fuzzy Cognitive Map Method
2. Simple Additive Weighting (SAW) Method
3. Fuzzy Inference System
4. Artificial Neural Networks
5. Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) Method
6. He
7. TODIM
8. Liou
9. Human Factors Analysis and Classification System

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

روش بهترین-بدترین مبتنی‌بر عدد Z[1] را برای تعیین وزن عوامل خطر براساس حالت شکست و نتایج تحلیل اثرات استفاده کردند. برای محاسبه حاصل جمع ارزیابی درجه ریسک حالت‌های شکست و اولویت‌های بهبود از عدد Z استفاده شده است [۲۴].

خواجه[2] و همکاران در سال ۲۰۲۰ در پژوهشی از یک رویکرد ترکیبی چندمعیاره فازی به‌منظور ارائه مدل تصمیم‌گیری برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار استفاده کرده‌اند. در گام اول با بررسی تحقیقات قبلی، شاخص‌های مؤثر انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار درنظر گرفته شده، سپس با استفاده از روش دلفی فازی، شاخص‌ها از دیدگاه کارشناسان غربال شدند. در مرحله بعد، با کمک روش فازی شهودی بهترین-بدترین، وزن هر شاخص استخراج شد. درادامه، رویکرد ویکور[3] فازی شهودی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان موجود استفاده شد. به‌منظور بررسی قابلیت مدل پیشنهادی، یک مطالعه واقعی در صنعت تولید باتری‌های سرب اسیدی انجام شده است. درنهایت با تحلیل حساسیت و مقایسه نتایج مدل با رویکرد تاپسیس[4] فازی شهودی، کارایی رویکرد پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گرفته است [۲۵].

در پژوهشی دیگر یوکسان[5] در سال ۲۰۲۰ مدل تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن را با روش بهترین-بدترین و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نوتروسوفیک[6] ترکیب کرده و مدلی یکپارچه برای پروژه تأسیسات مکانیکی پیشنهاد داده است. اوزان پارامترهای وقوع، شدت و قابلیت کشف در تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن با روش بهترین-بدترین محاسبه شده است. سپس ۹ حالت خرابی برحسب پارامترهای وقوع، شدت و قابلیت کشف توسط روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نوتروسوفیک ارزیابی و همچنین شاخص‌های اولویت ریسک برای تعیین اولویت‌های ریسک حالت‌های شکست محاسبه شده است. درنهایت، اقدامات پیشگیرانه برای حالت‌های شکست شناسایی شده، پیشنهاد شده است [۲۶]. رمضان[7] و همکاران در سال ۲۰۱۹ نیز طی پژوهشی به کاربرد تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن برای ارزیابی ریسک در نانوایی پرداخته‌اند. روش نمونه‌گیری هدفمند بوده و به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات از برگه مشاهده، برگه مصاحبه و کاربرگ تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن به‌عنوان ابزار پژوهش استفاده کردند. نتایج نشان داد که ۲۳ خطر بالقوه در ۸ فرآیند تولید وجود دارد. بالاترین خطر، خطر لغزش با عدد اولویت ریسک ۱۴۰ و کمترین خطر، خطر انفجار با عدد اولویت ریسک ۱۰ است [۲۷]. همچنین پاپ[8] و همکاران در سال ۲۰۱۹ نیز در پژوهشی به بررسی کاربرد روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن در یک سیستم مدیریت ایمنی مواد غذایی پرداختند. برای هر دسته از خطرات احتمالی شناسایی شده (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) در تمام مراحل جریان فناوری عدد اولویت ریسک تعیین کردند. با استفاده از عدد اولویت ریسک می‌توان حالات بالقوه مشکلات ایمنی مواد غذایی را به‌صورت کمی ارزیابی کرد و به اولویت‌بندی اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی پرداخت. نتایج به‌دست آمده منجربه تدوین برخی نتیجه گیری‌ها و توصیه‌ها برای بهبود و گسترش کاربرد تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن در سیستم‌های مدیریت ایمنی مواد غذایی شد [۲۸].

در پژوهشی دیگر وانگ و سان[9] در سال ۲۰۱۲ مکانیسم قرارداد مدیریت انرژی و وضعیت اجرای پروژه‌های مهندسی انرژی در شرکت‌های چین را شرح داده‌اند، آن‌ها پروژه‌های قرارداد مدیریت انرژی را به‌عنوان موضوع مورد مطالعه درنظر گرفته‌اند و ریسک‌های پروژه‌ها را به‌طور نظام‌مند تجزیه‌وتحلیل کرده‌اند. این ریسک‌ها شامل ریسک سیاست، ریسک مالی، ریسک عملیاتی، ریسک کارایی و ریسک بازار است. براین اساس، پژوهشگران سیستم شاخص ارزیابی ریسک پروژه قرارداد مدیریت انرژی را مورد بحث قرار داده‌اند و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و مجموعه‌های فازی شهودی را برای ارزیابی ریسک‌های پروژه قرارداد مدیریت انرژی پیشنهاد کرده، سپس یک روش کمی برای شرکت‌های قرارداد مدیریت انرژی ارائه کرده‌اند [۲۹].

با مطالعه پژوهش‌های انجام شده مشاهده می‌شود که به‌منظور ارزیابی ریسک از ترکیب تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن با روش‌های مختلفی استفاده شده است. همچنین ارزیابی ریسک در صنایع غذایی گوناگونی انجام شده است. اما می‌توان نوآوری این پژوهش را بدین صورت خلاصه کرد که در روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست سنتی اهمیت نسبی احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت تشخیص مدنظر قرار نمی‌گیرد به‌طوری‌که فرض می‌شود هر سه فاکتور اهمیت یکسانی دارند. علاوه‌بر این وزن عوامل ریسک نیز در اولویت‌بندی درنظر گرفته نمی‌شود. همچنین اولویت‌بندی در محیط قطعی باعث می‌شود ابهامات موجود در قضاوت‌های ذهنی خبرگان از بین نرود. با استفاده از رویکرد پیشنهادی ارائه شده در پژوهش حاضر، محدودیت‌های روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست سنتی کاهش‌یافته است. به‌طوری‌که به‌جای محاسبه عدد اولویت ریسک، وزن فاکتورها (با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی) و وزن عوامل ریسک (با استفاده از روش بهترین-بدترین فازی شهودی فاصله‌ای) محاسبه شده و در اولویت‌بندی عوامل ریسک دخالت داشته‌اند. باتوجه به اینکه اوزان محاسبه شده در شرایط فازی شهودی (عدم قطعیت) انجام شده است بنابراین ابهامات موجود در قضاوت‌های ذهنی خبرگان ازبین رفته و اولویت‌بندی عوامل ریسک به‌طور مؤثرتر و کارآمدتر انجام شده است.

همچنین نوآوری این پژوهش را می‌توان ارزیابی ریسک در صنعت لبنیات؛ فرآیند تولید شیر پاستوریزه کم‌چرب دانست به‌طوری‌که ابتدا

1. Z- Number
2. Khajeh
3. VIKOR
4. TOPSIS
5. Yucesan
6. Neutrosophic Analytic Hierarchy Process
7. Ramadhan
8. Pop
9. Wang & Sun

Archive of SID.ir

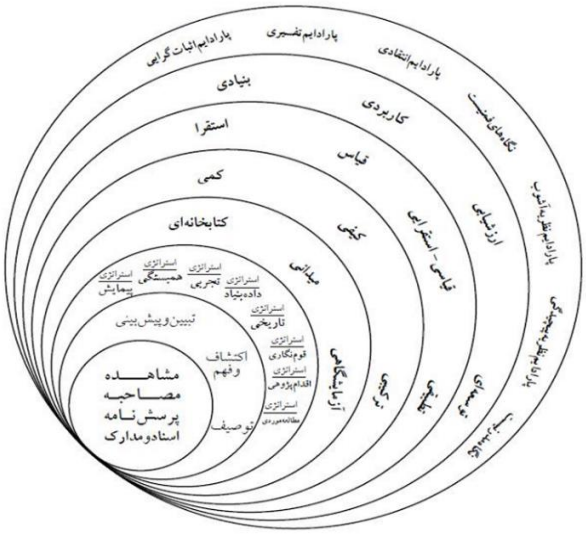
Archive of SID.ir

عوامل ریسک با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن شناسایی شده، سپس وزن فاکتورهای ریسک با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی و وزن عوامل ریسک با روش بهترین-بدترین فازی شهودی فاصله‌ای محاسبه شده که محاسبه وزن عوامل به‌صورت فاصله‌ای [حدپایین-حد بالا] باعث بالا رفتن دقت و ازبین بردن ابهامات بیشتر شده و درنهایت با استفاده از روش مجموع ساده وزین، عوامل ریسک اولویت‌بندی می‌شوند. همچنین به‌منظور کنترل و مدیریت ریسک‌های شناسایی شده اقدامات اصلاحی ارائه می‌شود.

۳. روش پژوهش

تاکنون پژوهشگران نحوه انجام پژوهش را به‌شیوه‌های گوناگون طبقه‌بندی کرده‌اند. دانایی‌فرد و همکاران در سال ۱۳۹۳ با اندکی تغییر در مدلی که ساندرز و همکاران در سال ۲۰۰۹ ارائه کردند، الگوی پیاز فرآیند پژوهش را به‌صورت شکل (۱) ارائه کرده‌اند. در این شکل به‌ترتیب لایه‌ها از بیرون به درون عبارت است از: فلسفه پژوهش، جهت‌گیری پژوهش، رویکردهای پژوهش، صبغه پژوهش، روش گردآوری داده‌ها، راهبرد پژوهش، اهداف پژوهش و ابزار گردآوری داده‌ها [۳۰].

با توجه به شکل (۱) روش‌شناسی پژوهش حاضر به‌شرح زیر است: فلسفه پژوهش حاضر از نوع اثبات‌گرایی، جهت‌گیری پژوهش از نوع کاربردی، رویکرد پژوهش از نوع استقرایی، صبغه پژوهش از نوع ترکیبی، روش جمع‌آوری داده‌ها میدانی-کتابخانه‌ای، راهبرد پژوهش از نوع پیمایشی، هدف پژوهش توصیفی و روش گردآوری داده‌ها مصاحبه، پرسشنامه، اسناد و مدارک کتابخانه‌ای است.



شکل (۱). پیاز پژوهش [۳۰]

جامعه مورد مطالعه این پژوهش کارخانه لبنیات تاشال قوچان است. پایایی پرسشنامه‌ها با استفاده از روش آلفای کرونباخ محاسبه شده است. نتایج حاکی از آن است که پرسشنامه‌ها از پایایی قابل‌قبولی ($0.7 \leq \alpha < 0.8$) برخوردار هستند. باتوجه به اینکه ابتدا ازنظر خبرگان برای شناسایی عوامل ریسک استفاده شده و آن‌ها نظرات خود را اعلام کردند، بنابراین عوامل شناسایی شده مورد تأیید است و پرسشنامه‌ها از روایی قابل‌قبولی نیز برخوردار هستند. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS، Excel و Lingo 11 استفاده شده است.

رویکرد پیشنهادی پژوهش به‌شرح ذیل است:

گام ۱: شناسایی عوامل ریسک؛

در این گام با استفاده از تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن به شناسایی عوامل ریسک پرداخته می‌شود. این تکنیک برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۶۰ در صنعت هوافضا مورد استفاده قرار گرفت [۳۱]. در آن زمان این تکنیک به‌طور خاص بر روی مسائل ایمنی متمرکز شد و طولی نکشید که به یک ابزار کلیدی برای بهبود ایمنی، به‌ویژه در صنایع فرآیند شیمیایی مطرح شد [۳۲]. این تکنیک یک "ابزار قابلیت اطمینان" مهندسی است که به تعریف، شناسایی، اولویت‌بندی و حذف شکست‌های احتمالی سیستم، طراحی یا فرآیند ساخت قبل از اینکه به‌دست مشتری برسد، کمک می‌کند. هدف آن از بین بردن حالت‌های شکست یا کاهش خطرات آن‌هاست [۳۳].

در این تکنیک با استفاده از عدد اولویت ریسک حالت‌های شکست اولویت‌بندی می‌شوند. به این صورت که ابتدا تمام حالت‌های شکست محصول یا سیستم توسط یک جلسه طوفان فکری نظام‌مند شناسایی می‌شود. سپس تجزیه‌وتحلیل بر روی حالت‌های شکست با درنظر گرفتن فاکتورهای ریسک (احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت تشخیص) انجام می‌شود و درنهایت از حاصل‌ضرب سه فاکتور وقوع (O) (احتمال وقوع یک علت)، شدت (S) (میزان اثر بالقوه شکست بر روی قطعه و یا زیرسیستم بعدی و یا مشتری) و قابلیت تشخیص (D) (توانایی کشف علت بالقوه شکست قبل از رویداد حالت شکست) عدد اولویت ریسک به‌دست آمده و حالت‌های شکست اولویت‌بندی می‌شوند [۳۴].

$$RPN = O \times S \times D \qquad (۱)$$

در این تکنیک پس از اینکه عوامل ریسک شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی می‌شوند، اقدامات اصلاحی توصیه می‌شود. اقدامات اصلاحی به‌منظور کاهش حالت‌های شکست یا از بین بردن علل احتمالی شکست ارائه می‌شود. برای ارائه اقدامات اصلاحی، باید کنترل‌های موجود، اهمیت نسبی موضوع، هزینه و اثربخشی اقدام اصلاحی درنظر گرفته شود [۳۵].

در این گام از پژوهش باید به‌منظور شناسایی عوامل ریسک ابتدا با خبرگان مصاحبه‌ای انجام شود. پس از اینکه عوامل ریسک شناسایی شدند باتوجه به هر فاکتور بهترین و بدترین عامل باید مشخص شود. یعنی از بین عوامل شناسایی شده باتوجه به فاکتور احتمال وقوع عاملی را که بیشترین احتمال وقوع (بهترین عامل در فاکتور احتمال وقوع) و کمترین احتمال وقوع (بدترین عامل در فاکتور احتمال وقوع) را دارند باید مشخص شود. همچنین از بین عواملی که شناسایی شده‌اند باتوجه

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

به فاکتور شدت تأثیر عاملی را که بیشترین شدت تأثیر (بهترین عامل در فاکتور شدت تأثیر) و کمترین شدت تأثیر (بدترین عامل در فاکتور شدت تأثیر) را دارند، باید مشخص شود و همچنین از بین عواملی که شناسایی شده‌اند باتوجه به فاکتور قابلیت تشخیص عاملی را که بیشترین قابلیت تشخیص (بدترین عامل در فاکتور قابلیت تشخیص) و کمترین قابلیت تشخیص (بهترین عامل در فاکتور قابلیت تشخیص) را دارند، باید مشخص شود (باتوجه به اینکه هرچه قابلیت تشخیص عاملی کمتر باشد باید به آن عامل بیشتر توجه شود پس عاملی که کمترین قابلیت تشخیص را داشته باشد باید به‌عنوان بهترین عامل و عاملی که بیشترین قابلیت تشخیص را داشته باشد باید به‌عنوان بدترین عامل درنظر گرفته شود).

گام ۲: تعیین اوزان فاکتورهای ریسک با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی [۳۶]؛

در این گام، ابتدا پرسشنامه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی بین خبرگان توزیع شده و از آن‌ها خواسته می‌شود تا با استفاده از عبارات کلامی به مقایسه بین فاکتورهای ریسک باتوجه به میزان اهمیت‌شان نسبت به یکدیگر بپردازند (این پرسشنامه درواقع ماتریس مقایسات زوجی است که فاکتورهای ریسک سطرها و ستون‌های آن را تشکیل می‌دهند). سپس عبارات کلامی را با اعداد فازی شهودی تطبیق داده و عدد متناظر برای مقایسات لحاظ می‌شود. درنهایت با استفاده از اعداد حاصل از مقایسه انجام شده، وزن فاکتورهای ریسک (احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت کشف) محاسبه می‌شود. جدول (۱) عبارات کلامی و اعداد فازی شهودی متناظر با آن‌ها را که در این پژوهش برای ارزیابی فاکتورهای ریسک استفاده شده است، نشان می‌دهد. به‌منظور انجام این گام طی کردن مراحل زیر الزامیست.

جدول (۱). عبارات کلامی و اعداد فازی شهودی متناظر با آن [۳۰]

میزان اهمیت	اعداد فازی شهودی مثلثی	معکوس اعداد فازی شهودی مثلثی
اهمیت برابر	(۱،۱،۱؛۱،۱،۱)	(۱،۱،۱؛۱،۱،۱)
اهمیت ضعیف	(۲،۳،۴؛۱،۳،۵)	(۱، ۱/۳، ۱/۵؛ ۱/۲، ۱/۳، ۱/۴)
اهمیت نسبتاً قوی	(۴،۵،۶؛ ۳،۵،۷)	(۱/۳، ۱/۵، ۱/۷؛ ۱/۴، ۱/۵، ۱/۶)
اهمیت خیلی قوی	(۶،۷،۸؛ ۵،۷،۹)	(۱/۵، ۱/۷، ۱/۹؛ ۱/۶، ۱/۷، ۱/۸)
اهمیت مطلق	(۸،۹،۹؛ ۷،۹،۹)	(۱/۷، ۱/۹، ۱/۹؛ ۱/۸، ۱/۹، ۱/۹)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی به‌شرح زیر است [۳۶]:

مرحله ۱: تعیین ساختار سلسله مراتبی: در این گام باتوجه به سطوح مختلف مسأله، ساختار سلسله مراتبی مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تعیین می‌شود. این ساختار مبنای انجام مقایسات زوجی قرار می‌گیرد.

مرحله ۲: بسط و توسعه ماتریس مقایسات فازی شهودی $\bar{\bar{A}}$. ماتریس قضاوت‌های فازی شهودی $\bar{\bar{A}}$ با استفاده از مقایسات زوجی در طول ارزیابی انجام می‌شود. ابهام‌های تصمیم‌گیرندگان از طریق اعداد فازی شهودی مثلثی $(\bar{\bar{a}}_{ij})$ نشان داده می‌شوند. عدد فازی شهودی مثلثی به‌شکل $\bar{\bar{a}}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, n_{ij})(l_{ij}^{'}, m_{ij}, n_{ij}^{'})$ نشان داده می‌شود. براین اساس ماتریس مقایسات زوجی به‌شکل زیر است:

$$\bar{\bar{A}} = \begin{bmatrix} 1 & \bar{\bar{a}}_{12} & \cdots & \bar{\bar{a}}_{1n} \\ \bar{\bar{a}}_{21} & 1 & \dots & \bar{\bar{a}}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{\bar{a}}_{n2} & \bar{\bar{a}}_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}; \qquad \bar{\bar{a}}_{ij} = \frac{1}{\bar{\bar{a}}_{ji}}$$

مرحله ۳: محاسبه شاخص سازگاری[1]: شاخص سازگاری در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، هرگونه ناسازگاری در بین قضاوت‌ها در ماتریس مقایسه را اندازه‌گیری می‌کند. همچنین برای تمام سلسله مراتب می‌توان انجام داد. در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از شاخص سازگاری و نرخ سازگاری[2] می‌توان به تشخیص هرگونه ناسازگاری در ماتریس قضاوت‌های فازی پرداخت. آستانه نرخ سازگاری کمتر از ۱۰٪ دارای نتایج قابل‌قبول است. در این روش محاسبه نرخ سازگاری براساس اعداد قطعی و همانند روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک انجام می‌شود.

مرحله ۴: محاسبه اوزان معیارها و گزینه‌ها: محاسبه اوزان اولویت مجموعه فازی شهودی باید برای سلسله مراتب زیرمعیارها و گزینه‌ها باتوجه به تمام معیارها انجام شود. بدین منظور می‌توان از روش میانگین هندسی برای محاسبه اوزان اولویت فازی شهودی استفاده کرد. میانگین هندسی $\bar{\bar{P}}_i$ برای هر سطر با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{\bar{P}}_i = (\bar{\bar{P}}_{i1} \otimes \dots \otimes \bar{\bar{P}}_{in})^{\frac{1}{n}} \qquad (۲)$$

وزن فازی شهودی بعد از نرمالایز شدن با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\bar{\bar{w}}_i = \bar{\bar{P}}_i \otimes (\bar{\bar{P}}_1 \oplus_{\dots} \oplus^1 \bar{\bar{P}}_n)^{-1} \qquad (۳)$$

گام ۳: تعیین اوزان فازی شهودی فاصله‌ای عوامل ریسک با رویکرد بهترین- بدترین؛

روش بهترین-بدترین برای اولین بار توسط جعفر رضایی در سال ۲۰۱۵ مطرح شد. این روش برمبنای مقایسه زوجی بنا شده است. در روش بهترین-بدترین، تصمیم‌گیرنده بهترین و بدترین شاخص را مشخص می‌کند و بین این دو شاخص (بهترین و بدترین) و سایر شاخص‌ها مقایسه زوجی انجام می‌دهد. سپس یک مسأله (رابطه (۴)) به‌منظور مشخص کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله کرده و محاسبه می‌کند.

$$\begin{aligned} & Min\ \varepsilon \\ & s.t: \\ & W_B - a_{Bj} * W_j \le \varepsilon \\ & W_j - a_{jw} * W_w \le \varepsilon \\ & \sum_{j=1}^{n} W_j = 1 \\ & W_j \ge 0; \qquad \forall j \end{aligned} \qquad (۴)$$

1. Consistency Index

2. Consistency Rate

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مراحل روش بهترین-بدترین به‌شرح زیر است:

مرحله ۱: تعیین مجموعه معیارهای تصمیم‌گیری؛

مرحله ۲: تعیین بهترین معیار (مهم‌ترین، مطلوب‌ترین) و بدترین معیار (کم اهمیت‌ترین، کمترین مطلوبیت)؛

مرحله ۳: مشخص کردن ارجحیت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها؛

مرحله ۴: تعیین ارجحیت همه معیارها نسبت به بدترین معیار؛

مرحله ۵: محاسبه مقادیر بهینه وزن‌ها [۱۶].

اعداد فازی شهودی نوع خاصی از مجموعه‌های فازی شهودی هستند که در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری کاربرد فراوانی دارند. با درک مفهوم مجموعه فازی شهودی به‌سادگی می‌توان به شناخت مفهوم عدد فازی شهودی دست یافت. انواع رایجی از اعداد فازی و به‌دنبال آن اعداد فازی شهودی توسط محققان مطرح شده است. اعداد $\mu_A(x)$,$\nu_A(x)$ و $\pi_A(x)$ به‌ترتیب نشان‌دهنده درجه عضویت، عدم عضویت و درجه تردید عنصر x در مجموعه A است [۳۶].

تعریف ۱. $\tilde{A}^I$ یک عدد فازی شهودی است اگر [۳۷]:

۱. طبیعی باشد. یعنی:

$$\forall x_0 \in X: \mu_{\tilde{A}^I}(x_0) = 1, \nu_{\tilde{A}^I}(x_0) = 0 \quad (۵)$$

۲. $\mu_{\tilde{A}^I}(x)$ محدب باشد. یعنی:

$$\mu_{\tilde{A}^I}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \min\{\mu_{\tilde{A}^I}(x_1), \mu_{\tilde{A}^I}(x_2)\}, \quad \forall x_1, x_2 \in X, \lambda \in [0,1] \quad (۶)$$

۳. $\nu_{\tilde{A}^I}(x)$ مقعر باشد. یعنی:

$$\nu_{\tilde{A}^I}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \max\{\nu_{\tilde{A}^I}(x_1), \nu_{\tilde{A}^I}(x_2)\}, \quad \forall x_1, x_2 \in X, \lambda \in [0,1] \quad (۷)$$

فاصله مورد انتظار یک عدد فازی شهودی به این صورت تعریف می‌شود که اگر $\tilde{A}^I = (a^1, a^2, a^3; a^{1'}, a^2, a^{3'})$ یک عدد فازی شهودی مثلثی باشد، آنگاه فاصله مورد انتظار برابر است با [۳۸]:

$$EI(\tilde{A}^I) = \left[\frac{a^{1'} + 2a^2 + a^1}{4}, \frac{a^3 + 2a^2 + a^{3'}}{4}\right] \quad (۸)$$

پس از توزیع پرسشنامه بهترین-بدترین فازی شهودی (این پرسشنامه درواقع ماتریس مقایسه زوجی بین بهترین عامل با سایر عوامل و سایر عوامل با بدترین عامل در هر فاکتور است؛ برای مثال در فاکتور احتمال وقوع ارجحیت بهترین عامل (عاملی که بیشترین احتمال وقوع را دارد) نسبت به سایر عوامل و ارجحیت سایر عوامل نسبت به بدترین عامل (عاملی که کمترین احتمال وقوع را دارد) با استفاده از عبارات کلامی انجام می‌شود. برای دو فاکتور دیگر نیز به‌همین صورت مقایسات انجام می‌شود) بین خبرگان، از آن‌ها خواسته می‌شود تا با استفاده از عبارات کلامی، به مقایسه بین بهترین عامل با سایر عوامل و مقایسه بین سایر عوامل با بدترین عامل، بپردازند. پس از مطابقت عبارات کلامی با اعداد فازی شهودی متناظر با آن‌ها، داده‌ها وارد نرم‌افزار اکسل می‌شوند و سپس با استفاده از میانگین هندسی، ماتریس تجمیع نظرات خبرگان به‌دست می‌آید. درادامه با استفاده از ماتریس تجمیع نظرات خبرگان، اوزان عوامل ریسک محاسبه می‌شود.

مدل برنامه‌ریزی خطی روش بهترین-بدترین قطعی به‌شرح زیر است (برای مثال، مدل زیر برای فاکتور S نوشته شده است):

$$\begin{aligned} &Min\ \varepsilon_S \\ &s.t: \\ &W_{BS} - a_{BjS} * W_{jS} \le \varepsilon_S \\ &W_{jS} - a_{jwS} * W_{wS} \le \varepsilon_S \\ &\sum_{j=1}^{n} W_{jS} = 1 \\ &W_{jS} \ge 0; \quad \forall j \end{aligned} \quad (۹)$$

باتوجه به اینکه مقایسات a_{jw} و a_{Bj} در شرایط فازی شهودی انجام می‌شود، مدل به‌صورت زیر تغییر خواهد کرد:

$$\begin{aligned} &Min\ \varepsilon_S \\ &s.t: \\ &W_{BS} - (a^1_{BjS}, a^2_{BjS}, a^3_{BjS};\ a^{1'}_{BjS}, a^2_{BjS}, a^{3'}_{BjS}) * W_{jS} \le \varepsilon_S \\ &W_{jS} - (a^1_{jwS}, a^2_{jwS}, a^3_{jwS};\ a^{1'}_{jwS}, a^2_{jwS}, a^{3'}_{jwS}) * W_{wS} \le \varepsilon_S \\ &\sum_{j=1}^{n} W_{jS} = 1 \\ &W_{jS} \ge 0; \quad \forall j \end{aligned} \quad (۱۰)$$

به‌منظور محاسبه فاصله مورد انتظار a_{jw} و a_{Bj} که به‌صورت بازه‌ای [حد پایین-حد بالا] به‌دست می‌آید از رابطه (۸) استفاده می‌شود. بنابراین، مدل به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\begin{aligned} &Min\ \varepsilon_S \\ &s.t: \\ &W_{BS} - \left[\frac{a^1_{BjS} + 2a^2_{BjS} + a^{1'}_{BjS}}{4}, \frac{a^3_{BjS} + 2a^2_{BjS} + a^{3'}_{BjS}}{4}\right] * W_{jS} \le \varepsilon_S \\ &W_{jS} - \left[\frac{a^1_{jwS} + 2a^2_{jwS} + a^{1'}_{jwS}}{4}, \frac{a^3_{jwS} + 2a^2_{jwS} + a^{3'}_{jwS}}{4}\right] * W_{wS} \le \varepsilon_S \\ &\sum_{j=1}^{n} W_{jS} = 1 \\ &W_{jS} \ge 0\ ;\ \forall j \end{aligned} \quad (۱۱)$$

با محاسبه فاصله مورد انتظار، برای هر عامل در هر فاکتور، ۲ وزن (وزن اول از مقایسه بین بهترین عامل با عامل مورد نظر و وزن دوم از مقایسه بین عامل موردنظر با بدترین عامل) به‌صورت بازه‌ای [حد پایین-حد بالا] به‌دست می‌آید.

پس از کدنویسی مدل برنامه‌ریزی خطی روش بهترین-بدترین در نرم‌افزار لینگو، دو به دو حدها را به‌عنوان داده وارد نرم‌افزار کرده (حد پایین مقایسه بین بهترین عامل با سایر عوامل با حد پایین مقایسه بین سایر عوامل با بدترین عامل، حد پایین مقایسه بین بهترین عامل با سایر عوامل با حد بالا مقایسه بین سایر عوامل با بدترین عامل، حد بالا مقایسه بین بهترین عامل با سایر عوامل با حد پایین مقایسه بین سایر عوامل با بدترین عامل، حد بالا مقایسه بین بهترین عامل با سایر عوامل با حد بالا مقایسه بین سایر عوامل با بدترین عامل) درنهایت برای هر عامل ریسک در هر فاکتور چهار وزن به‌دست می‌آید که کمترین مقدار به‌عنوان حد پایین و بیشترین مقدار به‌عنوان حد بالا برای هر عامل در هر فاکتور درنظر گرفته می‌شود.

گام ۴: در این گام ابتدا با استفاده از اوزان فازی شهودی فاکتورها و اوزان فازی شهودی فاصله‌ای عوامل به تشکیل ماتریس تصمیم اولویت‌بندی عوامل ریسک اقدام می‌شود. ماتریس به‌شرح زیر است:

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول (۲). ماتریس تصمیم اولویت‌بندی عوامل ریسک

FM_i	FM_1	FM_i	FM_{26}	-
O	$[W_{1O}^L, W_{1O}^U]$	$[W_{iO}^L, W_{iO}^U]$	$[W_{26O}^L, W_{26O}^U]$	W_O
S	$[W_{1S}^L, W_{1S}^U]$	$[W_{iS}^L, W_{iS}^U]$	$[W_{26S}^L, W_{26S}^U]$	W_S
D	$[W_{1D}^L, W_{1D}^U]$	$[W_{iD}^L, W_{iD}^U]$	$[W_{26D}^L, W_{26D}^U]$	W_D
$Average$	$[\frac{\sum_{j=O}^{D} W_{1j}^L * W_j}{3}, \frac{\sum_{j=O}^{D} W_{1j}^U * W_j}{3}]$	$[\frac{\sum_{j=O}^{D} W_{ij}^L * W_j}{3}, \frac{\sum_{j=O}^{D} W_{ij}^U * W_j}{3}]$	$[\frac{\sum_{j=O}^{D} W_{26j}^L * W_j}{3}, \frac{\sum_{j=O}^{D} W_{26j}^U * W_j}{3}]$	-
SAW	$\frac{(\sum_{j=O}^{D} W_{1j}^L * W_j + \sum_{j=O}^{D} W_{1j}^U * W_j)}{6}$	$\frac{(\sum_{j=O}^{D} W_{ij}^L * W_j + \sum_{j=O}^{D} W_{ij}^U * W_j)}{6}$	$\frac{(\sum_{j=O}^{D} W_{26j}^L * W_j + \sum_{j=O}^{D} W_{26j}^U * W_j)}{6}$	-

سپس اولویت‌بندی عوامل ریسک براساس روش مجموع ساده وزین (SAW) انجام می‌شود.

روش مجموع ساده وزین یکی از قدیمی‌ترین روش‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری چندشاخصه است به‌طوری‌که با مفروض بودن اوزان اهمیت شاخص‌ها، مناسب‌ترین گزینه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$A^* = \{A_i |\ \underset{i}{Max} \frac{\sum_j w_j r_{ij}}{\sum_j w_j}\} \quad (۱۲)$$

اگر $\sum_j w_j = 1$ باشد، آن‌گاه:

$$A^* = \{A_i |\ \underset{i}{Max} \sum_j w_j r_{ij}\} \quad (۱۳)$$

این روش نیاز به مقیاس‌های مشابه و یا اندازه‌گیری‌های «بی‌مقیاس شده» دارد تا بتوان آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد [۳۹].

باتوجه به رابطه (۱۲) و میانگین اوزان عوامل ریسک، رابطه فوق به‌منظور اولویت‌بندی عوامل ریسک به‌صورت زیر تغییر می‌کند.

$$A^* = \{A_i |\ Max \frac{\sum_{i=1}^{26}(\sum_{j=O}^{D} W_{ij}^L * W_j + \sum_{j=O}^{D} W_{ij}^U * W_j)}{6}\} \quad (۱۴)$$

گام ۵. ارائه اقدامات اصلاحی و مدیریت ریسک: در این گام پس از اینکه ریسک‌های موجود شناسایی و اولویت‌بندی شدند، برای مقابله با ریسک و کاهش میزان اثرات آن، اقدامات اصلاحی پیشنهاد می‌شود. اقدامات اصلاحی باید به‌ترتیب اولویت عوامل ریسک ارائه شود.

در روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست سنتی اهمیت نسبی احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت تشخیص مدنظر قرار نمی‌گیرد به‌طوری‌که فرض می‌شود هر سه فاکتور اهمیت یکسانی دارند. علاوه‌بر این وزن عوامل ریسک نیز در اولویت‌بندی درنظر گرفته نمی‌شود. همچنین اولویت‌بندی در محیط قطعی باعث می‌شود ابهامات موجود در قضاوت‌های ذهنی خبرگان از بین نرود.

با استفاده از رویکرد پیشنهادی ارائه شده در پژوهش حاضر، محدودیت‌های روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست سنتی کاهش‌یافته است. به‌طوری‌که به‌جای محاسبه عدد اولویت ریسک، وزن فاکتورها (با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی) و وزن عوامل ریسک (با استفاده از روش بهترین-بدترین فازی شهودی فاصله‌ای) محاسبه شده و در اولویت‌بندی عوامل ریسک دخالت داشته‌اند. باتوجه به اینکه اوزان محاسبه شده در شرایط فازی شهودی (عدم قطعیت) انجام شده است بنابراین ابهامات موجود در قضاوت‌های ذهنی خبرگان ازبین رفته و اولویت‌بندی عوامل ریسک به‌طور مؤثرتر و کارآمدتر انجام شده است.

۴. یافته‌ها

گام ۱: پژوهش حاضر در کارخانه لبنیات تاشال قوچان بخش تولید شیر پاستوریزه کم‌چرب انجام شده است. بنابراین ابتدا با مصاحبه با ۱۲ نفر از خبرگان (مدیران، کارشناسان و کارکنان خط تولید) ۲۶ عامل ریسک در ۱۰ فرآیند شناسایی شدند. که به‌صورت $FM_i\ (i = 1, \dots, 26)$ نشان داده می‌شوند. درادامه از خبرگان خواسته شد تا بهترین و بدترین عامل را باتوجه به هر فاکتور (احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت تشخیص) مشخص کنند.

بهترین و بدترین عامل باتوجه به هر فاکتور به‌شرح ذیل است:

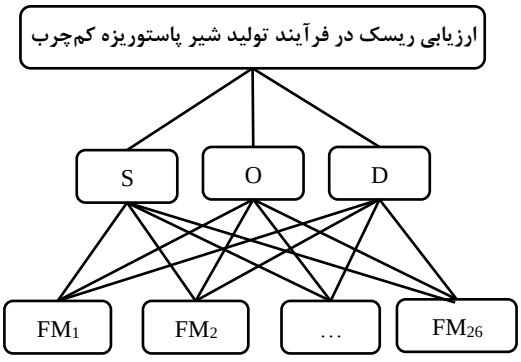
در فاکتور احتمال وقوع بهترین عامل "بالا رفتن بار میکروبی شیر" و بدترین عامل "نشتی لوله‌های انتقال شیر از تانکر حمل شیر به مخازن" است.

در فاکتور شدت تأثیر بهترین عامل "بار میکروبی از خروجی پاستور مثبت شود" و بدترین عامل "خرابی پمپ" است.

در فاکتور قابلیت تشخیص بهترین عامل "عدم انجام صحیح هواگیری" و بدترین عامل "بار میکروبی از خروجی پاستور مثبت شود" است.

در جدول (۳) عوامل ریسک تشریح و طبقه‌بندی شده است.

گام ۲: در این گام اوزان فازی شهودی فاکتورهای ریسک در فرآیند تولید شیر پاستوریزه کم‌چرب با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی تعیین می‌شود. درخت سلسله مراتبی مسأله به شکل زیر است.



شکل (۲). درخت سلسله مراتبی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول (۳). تشریح و طبقه‌بندی عوامل ریسک

فرآیند	عوامل ریسک	شرح عوامل ریسک
حمل‌ونقل از دامداری‌ها به کارخانه	FM_1	بالا رفتن بار میکروبی شیر
	FM_2	ورود میکروب‌های بیماری‌زا به شیر
نمونه‌برداری و کنترل کیفیت	FM_3	عدم تشخیص میکروب‌های موجود در شیر
	FM_4	عدم نمونه‌برداری صحیح از تانکر ذخیره شیر
	FM_5	عدم ارزیابی صحیح خواص ارگانولپتیکی
دریافت شیر و ذخیره‌سازی	FM_6	خرابی پمپ
	FM_7	نشتی لوله‌های انتقال شیر از تانکر حمل شیر به مخازن
	FM_8	عدم شستشوی صحیح مخازن یا CIP
	FM_9	عدم انجام صحیح هواگیری
حرارت مقدماتی	FM_{10}	نرسیدن دمای شیر به ۴۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد قبل از ورود به سپراتور
جداسازی (چربی از شیر)	FM_{11}	کاهش سرعت سپراتور
	FM_{12}	سر و صدای زیاد سپراتور
هموژنیزاسیون	FM_{13}	شیر در هموژنایزر در محدوده ۸۰-۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار نداشته باشد
	FM_{14}	نرسیدن فشار هموژنایزر به ۱۲۰ بار
	FM_{15}	خرابی قطعات هموژنایزر
پاستوریزاسیون	FM_{16}	عدم حرارت‌دهی شیر به مدت ۱۵-۲۰ ثانیه در دمای ۷۲-۷۵ درجه سانتی‌گراد
	FM_{17}	بار میکروبی از خروجی پاستور مثبت شود
	FM_{18}	پس از پاستوریزاسیون دمای شیر به ۴ درجه سانتی‌گراد نرسد
بسته‌بندی	FM_{19}	دستگاه متوقف شود (دستگاه Pre-Pak رول را برای بسته‌بندی ندهد، ریل تحویل به خوبی کار نکند، دستگاه پُرکن به خوبی کار نکند و ...)
	FM_{20}	دستگاه تاریخ مصرف اشتباه درج کند یا تاریخ درج نکند
نگهداری در انبار	FM_{21}	چیدمان نادرست در انبار
	FM_{22}	عدم خروج محصولات با تاریخ انقضای نزدیک
	FM_{23}	عدم مدیریت درست بر محصولات بازگشتی از بازار
	FM_{24}	تنظیم نادرست دمای انبار
حمل‌ونقل	FM_{25}	آسیب‌دیدگی بسته‌ها (شامل پارگی پاکت‌ها در هنگام حمل به انبار و از انبار به ماشین‌های حمل)
	FM_{26}	بالا بودن دمای سردخانه ماشین حمل

ابتدا پرسشنامه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی (ماتریس مقایسات زوجی) طراحی و بین خبرگان، توزیع شد. از خبرگان خواسته شد، باتوجه به میزان اهمیت، فاکتورها را نسبت به یکدیگر بسنجند. پس از جمع‌آوری پرسشنامه، با مطابقت مقایسات انجام شده با اعداد فازی شهودی مثلثی متناظر با آن، داده‌ها وارد نرم‌افزار اکسل شدند.

نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی محاسبه شده و نتایج نشان داد که مقایسات انجام شده از سازگاری قابل قبول برخوردار بوده است.

سپس با استفاده از روابط (۲) و (۳) اوزان فازی شهودی فاکتورهای ریسک محاسبه شده است. فاکتورهای شدت تأثیر، احتمال وقوع و قابلیت تشخیص به‌ترتیب وزن‌های ۰/۳۴۶۳۰۴، ۰/۳۲۷۳۷ و ۰/۳۲۶۳۲۶ را به‌خود اختصاص دادند.

گام ۳: در این گام اوزان فازی شهودی فاصله‌ای عوامل ریسک در فرآیند تولید شیر پاستوریزه کم‌چرب با روش بهترین-بدترین تعیین می‌شود.

بدین منظور پرسشنامه روش بهترین-بدترین طراحی شده و بین خبرگان توزیع شده است. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها با مطابقت مقایسات انجام شده با اعداد فازی شهودی مثلثی، داده‌ها وارد نرم‌افزار اکسل شدند. سپس با استفاده از میانگین هندسی، ماتریس تجمیع نظرات خبرگان محاسبه شد. درادامه با استفاده از رابطه (۸) فاصله مورد انتظار محاسبه شده است. با محاسبه فاصله مورد انتظار برای هر عامل دو وزن (وزن اول از مقایسه بین بهترین عامل با عامل موردنظر

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

و وزن دوم از مقایسه بین عامل موردنظر با بدترین عامل) که هر کدام دارای دو حد بالا و دو حد پایین بود، به‌دست آمد. پس از کدنویسی مدل برنامه‌ریزی خطی روش بهترین-بدترین در نرم‌افزار لینگو، حدها را دو به دو (حد پایینِ مقایسه بین بهترین عامل با سایر عوامل با حد پایینِ مقایسه بین سایر عوامل با بدترین عامل، حد پایینِ مقایسه بین بهترین عامل با سایر عوامل با حد بالای مقایسه بین سایر عوامل با بدترین عامل، حد بالای مقایسه بین بهترین عامل با سایر عوامل با حد پایینِ مقایسه بین سایر عوامل با بدترین عامل، حد بالای مقایسه بین بهترین عامل با سایر عوامل با حد بالای مقایسه بین سایر عوامل با بدترین عامل) وارد نرم‌افزار کرده، درنهایت برای هر عامل ریسک در هر فاکتور چهار وزن به‌دست می‌آید که کمترین مقدار به‌عنوان حد پایین و بیشترین مقدار به‌عنوان حد بالا برای هر عامل در هر فاکتور درنظر گرفته می‌شود.

گام۴: اولویت‌بندی عوامل ریسک با رویکرد SAW؛

ابتدا به تشکیل ماتریس تصمیم اولویت‌بندی عوامل ریسک پرداخته شده است و سپس اولویت عوامل ریسک انجام شده است. اولویت‌ها به‌شرح جدول (۴) است.

گام ۵. ارائه اقدامات اصلاحی و مدیریت ریسک: در این گام اقداماتی در جهت کاهش و کنترل ریسک‌های شناسایی شده براساس اولویت‌بندی انجام شده در قالب جدول (۵) آورده شده است. در این جدول به راهبردهای مقابله با ریسک‌ها نیز اشاره شده است.

جدول (۴). ماتریس تصمیم اولویت‌بندی عوامل ریسک

عوامل ریسک (FM_i)	احتمال وقوع	شدت تأثیر	احتمال کشف	میانگین	SAW	اولویت
FM_1	[۰/۱۲۴۷۹، ۰/۱۵۷۳۲]	[۰/۰۲۵۶ ،۰/۰۳۶۱]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۱۹۳ ،۰/۰۲۴۱]	۰/۰۲۱۷	۲
FM_2	[۰/۰۵۵۹ ، ۰/۰۷۶۰]	[۰/۰۱۶۷ ،۰/۰۱۹۱]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۱۰۷ ،۰/۰۱۳۳]	۰/۰۱۲۰	۸
FM_3	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۱۶۷ ،۰/۰۱۹۱]	[۰/۰۳۴۱ ،۰/۰۳۷۸]	[۰/۰۰۸۵ ،۰/۰۰۹۳]	۰/۰۰۸۹	۱۴
FM_4	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۲۵۶ ،۰/۰۳۶۱]	[۰/۰۳۴۱ ،۰/۰۳۷۸]	[۰/۰۰۹۶ ،۰/۰۱۱۲]	۰/۰۱۰۴	۱۰
FM_5	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۲۵۶ ،۰/۰۳۶۱]	[۰/۰۳۴۱ ،۰/۰۳۷۸]	[۰/۰۰۹۶ ،۰/۰۱۱۲]	۰/۰۱۰۴	۱۰
FM_6	[۰/۰۳۶۴ ، ۰/۰۴۰۲۶]	[۰/۰۰۹۸ ،۰/۰۱۰۷]	[۰/۰۱۹۴ ،۰/۰۲۱۸]	[۰/۰۰۷۵ ،۰/۰۰۸۲]	۰/۰۰۷۹	۱۷
FM_7	[۰/۰۳۶۴ ، ۰/۰۴۰۲۶]	[۰/۰۱۲۴ ،۰/۰۱۳۰]	[۰/۰۱۹۴ ،۰/۰۲۱۸]	[۰/۰۰۷۵ ،۰/۰۰۸۲]	۰/۰۰۷۹	۱۷
FM_8	[۰/۰۳۶۴ ، ۰/۰۴۰۲۶]	[۰/۰۲۵۶ ،۰/۰۳۶۱]	[۰/۰۳۴۱ ،۰/۰۳۷۸]	[۰/۰۱۰۶ ،۰/۰۱۲۶]	۰/۰۱۱۶	۹
FM_9	[۰/۰۳۶۴ ، ۰/۰۴۰۲۶]	[۰/۰۲۵۶ ،۰/۰۳۶۱]	[۰/۱۶۰۸ ،۰/۱۹۶۲]	[۰/۰۲۴۴ ،۰/۰۲۹۹]	۰/۰۲۷۱	۱
FM_{10}	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۸۱۲ ،۰/۰۹۶۴]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۱۵۰ ،۰/۰۱۶۹]	۰/۰۱۶۰	۴
FM_{11}	[۰/۰۳۶۴ ، ۰/۰۴۰۲۶]	[۰/۰۱۶۷ ،۰/۰۱۹۱]	[۰/۰۵۲۳ ،۰/۰۷۱۴]	[۰/۰۱۱۶ ،۰/۰۱۴۳]	۰/۰۱۲۹	۷
FM_{12}	[۰/۰۳۶۴ ، ۰/۰۴۰۲۶]	[۰/۰۱۶۷ ،۰/۰۱۹۱]	[۰/۰۳۴۱ ،۰/۰۳۷۸]	[۰/۰۰۹۶ ،۰/۰۱۰۷]	۰/۰۱۰۱	۱۱
FM_{13}	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۸۱۲ ،۰/۰۹۶۴]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۱۵۰ ،۰/۰۱۶۹]	۰/۰۱۶۰	۴
FM_{14}	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۸۱۲ ،۰/۰۹۶۴]	[۰/۰۳۴۱ ،۰/۰۳۷۸]	[۰/۰۱۶۰ ،۰/۰۱۸۲]	۰/۰۱۷۱	۳
FM_{15}	[۰/۰۲۰۵ ،۰/۰۲۳۴]	[۰/۰۱۶۷ ،۰/۰۱۹۱]	[۰/۰۳۴۱ ،۰/۰۳۷۸]	[۰/۰۰۷۸ ،۰/۰۰۸۸]	۰/۰۰۸۳	۱۶
FM_{16}	[۰/۰۲۰۵ ،۰/۰۲۳۴]	[۰/۰۸۱۲ ،۰/۰۹۶۴]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۱۴۳ ،۰/۰۱۶۴]	۰/۰۱۵۴	۵
FM_{17}	[۰/۰۲۰۵ ،۰/۰۲۳۴]	[۰/۰۸۱۲ ،۰/۰۹۶۴]	[۰/۰۱۹۴ ،۰/۰۲۱۸]	[۰/۰۱۳۷ ،۰/۰۱۶۰]	۰/۰۱۴۹	۶
FM_{18}	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۲۵۶ ،۰/۰۳۶۱]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۰۸۶ ،۰/۰۰۹۹]	۰/۰۰۹۳	۱۲
FM_{19}	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۱۲۴ ،۰/۰۱۳۰]	[۰/۰۱۹۴ ،۰/۰۲۱۸]	[۰/۰۰۶۵ ،۰/۰۰۶۸]	۰/۰۰۶۶	۲۱
FM_{20}	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۱۶۷ ،۰/۰۱۹۱]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۰۷۶ ،۰/۰۰۷۹]	۰/۰۰۷۸	۱۸
FM_{21}	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۱۲۴ ،۰/۰۱۳۰]	[۰/۰۱۹۴ ،۰/۰۲۱۸]	[۰/۰۰۶۵ ،۰/۰۰۶۸]	۰/۰۰۶۶	۲۱
FM_{22}	[۰/۰۲۰۵ ،۰/۰۲۳۴]	[۰/۰۱۶۷ ،۰/۰۱۹۱]	[۰/۰۱۹۴ ،۰/۰۲۱۸]	[۰/۰۰۶۳ ،۰/۰۰۷۱]	۰/۰۰۶۷	۲۰
FM_{23}	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۱۶۷ ،۰/۰۱۹۱]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۰۷۶ ،۰/۰۰۷۹]	۰/۰۰۷۸	۱۸
FM_{24}	[۰/۰۲۰۵ ،۰/۰۲۳۴]	[۰/۰۲۵۶ ،۰/۰۳۶۱]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۰۷۹ ،۰/۰۰۹۵]	۰/۰۰۸۷	۱۵
FM_{25}	[۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۲۷۳]	[۰/۰۱۲۴ ،۰/۰۱۳۰]	[۰/۰۲۵۳ ،۰/۰۲۵۷]	[۰/۰۰۷۱ ،۰/۰۰۷۲]	۰/۰۰۷۲	۱۹
FM_{26}	[۰/۰۳۶۴ ، ۰/۰۴۰۲۶]	[۰/۰۲۱۴ ،۰/۰۱۳۰]	[۰/۰۳۴۱ ،۰/۰۳۷۸]	[۰/۰۰۸۸ ،۰/۰۰۹۷]	۰/۰۰۹۲	۱۳
وزن	۰/۳۲۷۳۷	۰/۳۴۶۳۰۴	۰/۳۲۶۳۲۶	-	-	-

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول (۵). اقدامات اصلاحی و راهبرد مقابله با ریسک

اولویت	عوامل ریسک	شرح عوامل ریسک	اقدامات اصلاحی	راهبرد مقابله با ریسک
۱	$FM_{۹}$	عدم انجام صحیح هواگیری	انجام آزمایش شیر در حین فرآیند، انجام تست کارایی دستگاه هواگیر به‌صورت دوره‌ای،	کاهش
۲	$FM_{۱}$	بالا رفتن بار میکروبی شیر	انجام شستشوی مناسب و صحیح تانکر حمل شیر	قبول
۳	$FM_{۱۴}$	نرسیدن فشار هموژنایزر به ۱۲۰ بار	انجام کالیبراسیون گیج هموژنایزر از لحاظ فشار، بازرسی چشمی، انجام تست کارایی دستگاه هموژنایزر به‌صورت دوره‌ای،	کاهش
۴	$FM_{۱۰}$	نرسیدن دمای شیر به ۴۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد قبل از ورود به سپراتور	انجام کالیبراسیون گیج سپراتور از لحاظ دما، بازرسی چشمی	کاهش
	$FM_{۱۳}$	شیر در هموژنایزر در محدوده ۸۰-۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار نداشته باشد	انجام کالیبراسیون گیج هموژنایزر از لحاظ دما، بازرسی چشمی	کاهش
۶	$FM_{۱۶}$	عدم حرارت‌دهی شیر به مدت ۱۵-۲۰ ثانیه در دمای ۷۲-۷۵ درجه سانتی‌گراد	انجام کالیبراسیون گیج پاستور از لحاظ دما و زمان، بازرسی چشمی	کاهش
۷	$FM_{۱۷}$	بار میکروبی از خروجی پاستور مثبت شود	اطمینان از کارایی صحیح دستگاه، انجام آزمایش تست فسفاتاز قلیایی	انتقال
۸	$FM_{۱۱}$	کاهش سرعت سپراتور	تعمیرات دوره‌ای، بازرسی چشمی	کاهش
۹	$FM_{۲}$	ورود میکروب‌های بیماری‌زا به شیر	انجام شستشوی مناسب و صحیح تانکر حمل شیر، انجام تست کارایی تانکر حمل شیر به‌صورت دوره‌ای	کاهش
۱۰	$FM_{۸}$	عدم شستشوی صحیح مخازن یا CIP	آموزش صحیح به کارکنان	کاهش
۱۱	$FM_{۴}$	عدم نمونه‌برداری صحیح از تانکر حمل شیر	انجام تست کارایی وسایل آزمایشگاهی	کاهش
	$FM_{۵}$	عدم ارزیابی صحیح خواص ارگانولپتیکی	انجام تست کارایی وسایل آزمایشگاهی	کاهش
۱۳	$FM_{۱۲}$	سر و صدای زیاد سپراتور	بازرسی چشمی، انجام تست کارایی دستگاه سپراتور به‌صورت دوره‌ای، تعمیرات دوره‌ای	کاهش
۱۴	$FM_{۱۸}$	پس از پاستوریزاسیون دمای شیر به ۴ درجه نرسد	انجام کالیبراسیون گیج، انجام تست کارایی دستگاه	کاهش
۱۵	$FM_{۲۶}$	بالا بودن دمای سردخانه ماشین حمل	بازرسی چشمی، انجام تعمیرات دوره‌ای	کاهش
۱۶	$FM_{۳}$	عدم تشخیص میکروب‌های موجود در شیر	انجام آزمایش شیر در حین فرآیند، انجام تست کارایی وسایل آزمایشگاهی	کاهش
۱۷	$FM_{۲۴}$	تنظیم نادرست دمای انبار	بازرسی چشمی به‌صورت روزانه	کاهش
۱۸	$FM_{۱۵}$	خرابی قطعات هموژنایزر	انجام تعمیرات دوره‌ای	کاهش
۱۹	$FM_{۶}$	خرابی پمپ	انجام تعمیرات دوره‌ای، بازرسی چشمی	کاهش
	$FM_{۷}$	نشتی لوله‌های انتقال شیر از تانکر حمل شیر به مخازن	بازرسی چشمی، تعویض لوله‌های انتقال درصورت فرسودگی	کاهش
۲۱	$FM_{۲۰}$	دستگاه تاریخ مصرف اشتباه درج کند یا تاریخ درج نکند	بازرسی چشمی، انجام تعمیرات دوره‌ای، تعویض دستگاه درصورت کهنگی	کاهش
	$FM_{۲۳}$	عدم مدیریت درست بر محصولات بازگشتی از بازار	آموزش صحیح به کارکنان توسط انباردار، پیدا کردن بازار فروش، نظارت دقیق توسط انباردار	کاهش
۲۳	$FM_{۲۵}$	آسیب‌دیدگی بسته‌ها (شامل پارگی پاکت‌ها در هنگام حمل به انبار و از انبار به ماشین‌های حمل)	آموزش صحیح به کارکنان	کاهش
۲۴	$FM_{۲۲}$	عدم خروج محصولات با تاریخ انقضای نزدیک	نظارت دقیق توسط انباردار، آموزش صحیح به کارکنان	کاهش
۲۵	$FM_{۱۹}$	دستگاه متوقف شود (دستگاه Pre-Pak رول را برای بسته‌بندی ندهد، ریل تحویل به خوبی کار نکند، دستگاه پُرکن به خوبی کار نکند و ...)	بازرسی چشمی، انجام تعمیرات دوره‌ای، تعویض دستگاه درصورت کهنگی	کاهش
	$FM_{۲۱}$	چیدمان نادرست در انبار	آموزش صحیح به کارکنان	کاهش

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۶. بحث و نتیجه‌گیری

رویکرد پیشنهادی پژوهش حاضر از ترکیب تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن با روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، بهترین-بدترین و مجموع ساده وزین در شرایط فازی شهودی و راهکارهایی در جهت کاهش و کنترل عوامل ریسک ارائه شده است و از این رویکرد در خط تولید شیر پاستوریزه کم‌چرب در کارخانه لبنیات تاشال استفاده شد.

رویکرد پیشنهادی ارائه شده، محدودیت‌های روش تجزیه‌وتحلیل حالات و اثرات شکست سنتی را کاهش داده است. در این پژوهش ابتدا ریسک‌های موجود شناسایی شدند و در گام بعد وزن فاکتورهای ریسک (احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت تشخیص) در شرایط فازی شهودی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه شد. سپس وزن عوامل ریسک در شرایط فازی شهودی و به‌صورت فاصله‌ای با استفاده از روش بهترین-بدترین به‌دست آمد. درنهایت با استفاده از روش مجوع ساده وزین رتبه‌بندی عوامل ریسک صورت پذیرفت و به‌منظور کنترل و کاهش ریسک‌های شناسایی شده، اقدامات اصلاحی در قالب جدولی آورده شد.

در خط تولید شیر پاستوریزه کم‌چرب ۲۶ عامل ریسک در ۱۰ فرآیند شناسایی شدند. فاکتورهای شدت تأثیر، احتمال وقوع و قابلیت کشف به‌ترتیب وزن‌های ۰/۳۴۶۳۰۴، ۰/۳۲۷۳۷ و ۰/۳۲۶۳۲۶ را به‌خود اختصاص دادند. فاکتور شدت تأثیر بیشترین وزن را دارد، بنابراین فاکتور شدت تأثیر در اولویت‌بندی عوامل بیشترین تأثیر را دارد.

در فاکتور احتمال وقوع بهترین عامل (عاملی که بیشترین احتمال وقوع را دارد) "بالا رفتن بار میکروبی شیر" و بدترین عامل (عاملی که کمترین احتمال وقوع را دارد) "نشتی لوله‌های انتقال شیر از تانکر حمل شیر به مخازن" است. در فاکتور شدت تأثیر بهترین عامل (عاملی که بیشترین شدت تأثیر را دارد) "بار میکروبی از خروجی پاستور مثبت شود" و بدترین عامل (عاملی که کمترین شدت تأثیر را دارد) "خرابی پمپ" است. در فاکتور قابلیت تشخیص بهترین عامل (عاملی که شناسایی آن به‌راحتی انجام نمی‌شود) "عدم انجام صحیح هواگیری" و بدترین عامل "بار میکروبی از خروجی پاستور مثبت شود" (عاملی که شناسایی آن به‌راحتی انجام می‌شود) است.

باتوجه به جدول (۴) وزن هر عامل در هر فاکتور به‌صورت فاصله‌ای (به‌منظور بالا بردن دقت و کاهش ابهامات) به‌دست آمده است. ریسک‌هایی که بیشترین وزن را دارند برای کاهش و کنترل باید در اولویت قرار گیرند.

جدول (۵) اقدامات اصلاحی به‌منظور کنترل و کاهش عوامل ریسک را نشان می‌دهد. اقدامات اصلاحی آورده شده به‌طور کلی به آموزش صحیح کارکنان، تعمیرات دوره‌ای و انجام تست کارایی ابزار و دستگاه‌ها اشاره می‌کند. در جدول (۵) علاوه‌بر اقدامات اصلاحی، به راهبردهای مقابله با ریسک نیز اشاره شده است.

احتمال وقوع اغلب ریسک‌ها را می‌توان با انجام اقدامات اصلاحی به حداقل رساند بنابراین راهبرد مقابله با آن‌ها از نوع کاهش است. اما باتوجه به اینکه شیرخام یک محیط کشت ایده‌آل برای میکروارگانیسم‌ها است و دوشش آن در خارج از حیطه کنترل مدیران و کارشناسان کارخانه انجام می‌شود، با انجام اقدامات اصلاحی باز هم امکان "افزایش بار میکروبی شیر" و "ورود میکروب‌های بیماری‌زا به شیر" وجود دارد بنابراین راهبرد مقابله با آن از نوع قبول ریسک است.

باتوجه به اینکه بیشتر اقدامات اصلاحی شامل تعمیرات دوره‌ای و انجام تست کارایی ابزار و دستگاه‌ها است، بنابراین به مدیران و کارشناسان خط تولید شیر پیشنهاد می‌شود به‌منظور جلوگیری از وقوع اغلب ریسک‌های شناسایی شده، تعمیرات دوره‌ای و انجام تست کارایی ابزار و دستگاه‌ها را در اولویت قرار دهند.

همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی رویکرد پیشنهادی به‌گونه‌ای توسعه یابد که اقدامات اصلاحی متناسب با هر عامل نیز در شرایط فازی شهودی مشخص و ارزیابی شود. از رویکرد پیشنهادی پژوهش حاضر به‌منظور شناسایی و اولویت‌بندی عوامل ریسک در سایر صنایع تولیدی و خدماتی نیز می‌توان استفاده کرد.

مراجع

[1] Sadiku, M. N., Ashaolu, T. J., Musa, S. M., (2019). Food Technology: A Tutorial. Food Technology 3(6).

[2] Samimi, A., Samimi, M., (2020). Investigation of Risk Management in Food Industry. International Journal of Advanced Studies in Humanities and Social Science 9, 195-204. (10.22034/ijashss.2020.253984.1016)

[3] Arisseto-Bragotto, A.P., Feltes, M.M.C., Block, J.M., (2017). Food quality and safety progress in the Brazilian food and beverage industry: chemical hazards. Food Quality and Safety 1, 117-129. (10.1093/fqsafe/fyx009)

[4] Trujillo-Ponce, A., Samaniego-Medina, R., Cardone-Riportella, C., (2014). Examining what best explains corporate credit risk: accounting-based versus market-based models. Journal of Business Economics and Management 15, 253-276. (10.3846/16111699.2012.720598)

[5] Mohammadnazar, D., Samimi, A., (2019). Nessacities of studying HSE management position and role in Iran oil industry. Journal of Chemical Reviews 1, 252-259. (10.33945/SAMI/JCR.2019.4.1)

[6] Osinovskaya, I., (2015). Prinyatie upravlencheskih reshenij v usloviyah riska [Management decision-making under risk]. Economy and Entrepreneurship 8, 767-770.

[7] Rausand, M., 2013. Risk assessment: theory, methods, and applications. John Wiley & Sons.

[8] Segismundo, A., Augusto Cauchick Miguel, P., (2008). Failure mode and effects analysis (FMEA) in the context of risk management in new product development: A case study in an automotive company. International Journal of Quality & Reliability Management 25, 899-912. (10.1108/02656710810908061)

[9] Press, D., (2003). Guidelines for failure mode and effects analysis (FMEA), for automotive, aerospace, and general manufacturing industries. CRC Press.

[10] McDermott, R., Mikulak, R.J., Beauregard, M., (1996). The basics of FMEA. Steiner Books.

[11] Pillay, A., Wang, J., (2003). Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. Reliability Engineering & System Safety 79, 69-85. (10.1016/S0951-8320(02)00179-5)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

[12] Chang, C.L., Liu, P.H., Wei, C.C., (2001). Failure mode and effects analysis using grey theory. Integrated Manufacturing Systems 12, 211-216. (10.1108/09576060110391174)
[13] Braglia, M., Frosolini, M., Montanari, R., (2003). Fuzzy TOPSIS approach for failure mode, effects and criticality analysis. Quality and reliability engineering international 19, 425-443. (10.1002/qre.528)
[14] Szmidt, E., Kacprzyk, J., (1996). Intuitionistic fuzzy sets in-group decision making. Notes on IFS 2.
[15] Zhang, X., Liu, P., (2010). Method for aggregating triangular fuzzy intuitionistic fuzzy information and its application to decision making. Technological and economic development of economy 16, 280-290. (10.3846/tede.2010.18)
[16] Rezaei, J., 2015. Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega 53, 49-57. (10.1016/j.omega.2014.11.009)
[۱۷] آقابراری کاظمی، سحر. اسدی گنگرج، ابراهیم. دیوسالار، علی. (۱۴۰۱). انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در زنجیره‌تأمین صنایع لبنی با استفاده از روش ترکیبی دیمتل فازی و ویکور فازی؛ مطالعه موردی. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید. سال دهم. شماره بیست‌ویکم. صفحه ۱۸۵-۱۷۱. (10.22084/ier.2023.27191.2107)
[۱۸] فلاح باغمورتینی، الهام. (۱۴۰۱). رویکرد تلفیقی FCM، FMEA و BWM برای مدیریت ریسک عملیاتی زنجیره‌تأمین شبکه توزیع برق (مطالعه موردی: شرکت توزیع برق استان یزد). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
[۱۹] خوئی، محمدامین. (۱۴۰۰). چارچوب مدیریت ترکیبی برای مدیریت ریسک پروژه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
[۲۰] حسینی، سیده خدیجه. (۱۳۹۹). ارزیابی ریسک توزیع‌کنندگان در صنایع غذایی با استفاده از توابع خطی قطعه‌ای و تخصیص سفارش به آن‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.
[۲۱] صفایی میاندشتی، معصومه. (۱۳۹۸). شناسایی، اولویت‌بندی و پیش‌بینی ریسک ضایعات با استفاده از رویکرد FMEA فازی و شبکه عصبی مصنوعی (موردمطالعه: شرکت لبنی ویژه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهد.
[۲۲] صیادی تورانلو, حسین، آیت‌الله، آرزوالسادات (۱۳۹۸). طراحی مدل تجزیه‌وتحلیل شکست و آثار آن (FMEA) در محیط فازی شهودی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت صنعتی.
[23] He, S., Wang, Y., Peng, J., Wang, J., (2022). Risk ranking of wind turbine systems through an improved FMEA based on probabilistic linguistic information and the TODIM method. Journal of the Operational Research Society 73, 467-480. (10.1080/01605682.2020.1854629)
[24] Liou, J.J., Liu, P.C., Luo, S.-S., Lo, H.-W., Wu, Y.-Z., (2022). A hybrid model integrating FMEA and HFACS to assess the risk of inter-city bus accidents. Complex & Intelligent Systems 8, 2451-2470. (10.1007/s40747-022-00657-1)
[25] Khajeh, M., et al. (2020). Assessing and Selecting Sustainable Suppliers in Intuitionistic Fuzzy Set with Hybrid Multi-Criteria Best-Worst and VIKOR Approach. Journal of Operational Research and Its Applications 17(1): 25-48. (20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2)
[26] YÜCESAN, M., (2020). FMEA analysis in mechanical installation project based on best worst and neutrosophic AHP integrated model. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi 19, 363-382. (10.17755/esosder.569291)
[27] Ramadhan, R.F., Widowati, E., Mardiana, M., (2019). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Application for Safety Risk Assessment Design of â€ œXâ€ Bakery. Unnes Journal of Public Health 8, 38-44. (10.15294/ujph.v8i1.22534)
[28] Pop, C., Frunză, G., Ciobanu, M., (2019). Study regarding application of the FMEA method within a food safety management system. Scientific Papers-Animal Science Series 71, 189-196.
[29] Wang, J. and Y. Sun (2012). The intuitionistic fuzzy sets on evaluation of risks in projects of energy management contract. Systems Engineering Procedia 3: 30-35. (10.1016/j.sepro.2011.11.004)
[۳۰] دانایی‌فرد؛ حسن، الوانی؛ سیدمهدی، آذر؛ عادل. (۱۳۹۳). روش‌شناسی پژوهش کمی در مدیریت: رویکردی جامع. تهران: انتشارات صفار، چاپ نهم.
[31] Carlson, C., (2012). Effective FMEAs: achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis. John Wiley & Sons.
[32] McDermott, R.E., Mikulak, R.J., Beauregard, M.R., (2009). FMEA. New York: Taylor & Francis Group.
[33] [Stamatis, D.H., 2019. Risk Management Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Quality Press.
[34] Liu, H.-C., (2016). FMEA using uncertainty theories and MCDM methods, FMEA using uncertainty theories and MCDM methods, Springer, pp. 13-27.
[35] Carlson, C., (2012). Effective FMEAs: achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis. John Wiley & Sons.
[۳۶] صیادی تورانلو، حسین، آیت‌الله، آرزوالسادات. (۱۳۹۷). نظریه مجموعه فازی شهودی و کاربرد آن در مدیریت. رفسنجان: انتشارات دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان.
[37] Mahapatra, G., Roy, T., (2009). Reliability evaluation using triangular intuitionistic fuzzy numbers arithmetic operations. World Academy of Science, Engineering and Technology 50, 574-581.
[38] Grzegorzewski, P., (2003). Distances and orderings in a family of intuitionistic fuzzy numbers, EUSFLAT Conf., Citeseer, pp. 223-227.
[۳۹] اصغرپور، محمدجواد. (۱۳۹۳). تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Spring and Summer 2023, Volume 11., No. 22., pp. 171-185
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/IER.2023.5426

Risk Assessment in the Food Industry with the Combined Approach of FMEA and BWM in Intuitionistic Fuzzy Conditions (Case Study: Tashal Quchan Dairy Factory)

F. Rahmatinezhad[1], M. Zarei Mahmoudabadi[2*], H. Sayyadi Tooranloo[3]

[1.] MAin Industrial Management, Department of Industrial Management, Meybod University, Meybod, Iran
[2.] Associate Professor Department of Industrial Management, Meybod University, Meybod, Iran
[3.] Associate Professor Department of Industrial Management, Meybod University, Meybod, Iran

ARTICLE INFO

***Article history*:**

Received: 2023/2/2
Accepted:2023/6/19

***Keywords*:**

Risk Assessment
Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)
Best-Worst Method (BWM)
Intuitionistic Fuzzy Approach

ABSTRACT

Milk and its products have a high nutritional value due to the variety and abundance of available compounds. There have always been many risks in the process of preparing and producing these valuable products. In order to produce this product in a healthy way and to prevent additional costs that may be imposed on the production complex at different stages of production, it is necessary to identify the existing risks. For this purpose, a new hybrid approach has been presented and used in a case study. In this research, in order to collect data, three methods of interview, questionnaire, documents, and library documents were used. First, risk items were identified through interviews with experts. Then, the Best-Worst Method and Analytic Hierarchy Process fuzzy questionnaires were distributed. Next, using the collected data, intuitive fuzzy weights of factors and items were calculated. Ultimately, the decision matrix was formed and the risk items were prioritized using the Simple Additive Weighting method. Items “not performing proper ventilation and vacuum”, “increasing the microbial load of milk” and “the pressure of the homogenizer not reaching 120 bar” were assigned the first to third priority. In addition, in order to control and reduce the identified risk items, corrective actions have been presented.

[*] Corresponding author. M. Zarei Mahmoudabadi
Tel.:035-33212600; E-mail address: zarei.m@meybod.ac.ir

Archive of SID.ir