Journal of Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950
Vol. 12, Issue 2, No. 25, Summer 2021
http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.126931.1325

(Research Paper)

Designing a Multi-Objective Mathematical Model for Determining the Reliable Suppliers of One-shot Systems based on Risk Assessment

Meysam Azimian
Industrial Engineering Group, Industrial Engineering & Management Center, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran, meysamazimian@yahoo.com
Mahdi Karbasian*
Industrial Engineering Group, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan, Iran, mkarbasi@mut-es.ac.ir
Karim Atashgar
Industrial Engineering Group, Industrial Engineering & Management Center, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran, atashgar@alumni.iust.ac.ir

Purpose: This study aims to propose a multi-objective model for determining reliable suppliers of one-shot systems.

Design/methodology/approach: First, based on the evaluation indicators, the risk of each supplier is estimated. The subsets' risks are also evaluated using the causal-effect matrix. Considering possible events for the one-shot case and analyzing a fault tree led the researchers to meet the best composition of equipment.

Findings: The proposed model is capable of leading practitioners to allocate suppliers effectively when a one-shot case is considered.

Research limitations/implications: The results of this study are referred to the current equipment of the focused one-shot system. Also, the results are limited to potential risks identified, evaluations related to comments, and the proposed model for the considered time interval.

* Corresponding author

2423-6950 / © 2021 The Authors. Published by University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Practical implications: Based on the findings, applying the proposed approach can lead to an effective management tool for selecting suppliers with acceptable risk in one-shot systems.

Social implication: A one-shot device is defined as a unit that can be used only once, hence the device cannot be used for testing more times. Each subset used in one-shot systems, regardless of how it supplies, has a specific risk level. Depending on what any subset provides, it also affects the factors influencing the overall system failure. Therefore, selecting appropriate suppliers is significant to ensure correct function of a system.

Originality/value: The proposed model can be used as a fast and reliable method for determining appropriate suppliers for one-shot systems, whose results can be relied upon with a suitable approximation in respect of the sensitivity analysis. To the best of the authors' knowledge, nobody else have addressed the problem in such a way.

Keywords: One-shot systems, Allocating suppliers, Multi-objective modelling, Goal programming

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۲، شماره ۲، پیاپی ۲۵، تابستان ۱۴۰۰
دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۴ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۳ ص ۴۷- ۷۰
http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.126931.1325

(مقالهٔ پژوهشی)

طراحی یک مدل ریاضی چندهدفه برای تعیین تأمین‌کنندگان قابل اطمینان سامانه‌های تک‌کاره برپایهٔ ارزیابی ریسک

میثم عظیمیان[۱]، مهدی کرباسیان[*۲]، کریم آتشگر[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران، meysamazimian@yahoo.com
۲- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین شهر، اصفهان، ایران، mkarbasi@mut-es.ac.ir
۳- دانشیار، گروه مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران، atashgar@alumni.iust.ac.ir

چکیده: سامانه‌های تک‌کاره در حالت آماده به کار نگهداری می‌شوند و پس از استفاده از بین می‌روند یا نیاز به تعمیرات و بازسازی اساسی در آنها وجود دارد. هر زیرمجموعهٔ مورد استفاده در سامانه‌های تک‌کاره، مستقل از چگونگی تأمین آن، سطح ریسک مشخصی دارد. همچنین، این موضوع که هر زیرمجموعه از چه تأمین‌کننده‌ای تهیه شود، بر تقویت یا تضعیف عوامل تأثیرگذار در وقوع خرابی کل سامانه مؤثر است؛ بنابراین، هدف اصلی این پژوهش، ارائهٔ مدلی چندهدفه برای تعیین تأمین‌کنندگان تجهیزات تک‌کاره است. درابتدا، با تعیین شاخص‌های ارزیابی، مقدار ریسک هر تأمین‌کننده برآورد شده است. درادامه نیز ریسک ذاتی تجهیزات به کار رفته در سامانهٔ تک‌کاره با استفاده از ماتریس علت- حادثه به دست آمده است؛ سپس با تعیین حوادث قابل وقوع برای سامانه و ترسیم درخت‌های خطا، بهترین ترکیب تأمین‌کنندگان تجهیزات با مدل‌سازی چندهدفه مشخص شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده در مطالعهٔ کاربردی این پژوهش، تخصیص‌ها با استفاده از مدل چندهدفهٔ پیشنهادی تعیین و با تحلیل حساسیت، عملکرد مدل تأیید شده است.

واژه‌های کلیدی: تجهیزات تک‌کاره، تخصیص تأمین‌کنندگان، مدل‌سازی چندهدفه، برنامه‌ریزی آرمانی

* نویسنده مسئول

2423-6950 / © 2021 The Authors. Published by University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱- مقدمه

تجهیزات تک‌کاره[۱]، شامل سفینه‌های فضایی، انواع موشک، کیسهٔ هوای خودرو، باتری‌های حرارتی، کپسول‌های آتش‌نشانی و مخازن تحت فشار (لینگ و هو[۲]، ۲۰۲۰) تجهیزاتی است که پس از استفاده از بین می‌رود یا نیاز به تعمیرات و بازسازی اساسی در آنها وجود دارد (وو و همکاران[۳]، ۲۰۲۰)؛ درنتیجه، عملکرد درست و بدون نقص اینگونه تجهیزات در هنگام استفاده، بسیار مهم است (پتروویچ و همکاران[۴]، ۲۰۱۸). به‌طور کلی، مقالات منتشرشده دربارهٔ پایش وضعیت و نگهداری از قابلیت اطمینان تجهیزات و سامانه‌های تک‌کاره به دو دستهٔ کلی تقسیم می‌شود: ۱- برخی از پژوهشگران مانند دانسون و دنیس[۵] (۲۰۰۲)، یاتس و مصلح[۶] (۲۰۰۶)، وینتر و والیس[۷] (۲۰۰۸)، فن و همکاران[۸] (۲۰۰۹)، گوا و همکاران[۹] (۲۰۱۰)، مهرورز و همکاران[۱۰] (۲۰۱۸)، لینگ و هو (۲۰۲۰) و وو و همکاران (۲۰۲۰) بر تعیین حجم بهینهٔ نمونه برای تأیید قابلیت اطمینان تجهیزات پس از انجام‌دادن آزمایش‌ها روی نمونه‌ها متمرکز بوده‌اند. در این رویکرد به تعیین اندازهٔ نمونه توجه شده است و برای مواقعی مناسب به نظر می‌رسد که تجهیزات تک‌کاره به تعداد فراوان در انبار موجود است و امکان بازرسی تمامی آنها وجود ندارد. ۲- رویکرد دیگر بر تعیین زمان بهینهٔ بازرسی و تعویض اینگونه تجهیزات در مقاطع زمانی مختلف، بر استفاده از روابط قابلیت اطمینان متمرکز بوده است. کایو و همکاران[۱۱] (۱۹۹۴)، هاریجا[۱۲] (۱۹۹۶)، ایتو و ناکاگاوا[۱۳] (۲۰۰۰)، گرال و همکاران[۱۴] (۲۰۰۲)، لی و فام[۱۵] (۲۰۰۵)، یان و همکاران[۱۶] (۲۰۱۲)، یان و همکاران[۱۷] (۲۰۱۴)، کیتاگاوا و همکاران[۱۸] (۲۰۱۶)، مرادی و همکاران[۱۹] (۲۰۱۷) و شریفی و تقی‌پور[۲۰] (۲۰۲۰) با استفاده از پارامترهای مرتبط با توزیع احتمال خرابی، به طول عمر باقیماندهٔ تجهیزات به‌عنوان معیاری برای تعیین زمان بازرسی یا تعویض آنها توجه کرده‌اند. برای برآورد پارامترهای مرتبط با توزیع خرابی تجهیزات تک‌کاره نیز از آزمون‌های شتاب عمر موریس[۲۱] (۱۹۸۷)، کایو و همکاران (۱۹۹۴)، فن و همکاران (۲۰۰۹)، گوا و همکاران (۲۰۱۰)، مهرورز و همکاران (۲۰۱۸) و لینگ و هو (۲۰۲۰) و روش حداکثر درست‌نمایی بلاکریشنان و همکاران[۲۲] (۲۰۱۹) استفاده شده است.

بنابراین، نکتهٔ مهم این است که با تأمین مناسب تجهیزات در زمان تعویض دوره‌ای آنها، ریسک انباشتهٔ سیستم در حد لازم حفظ می‌شود (عظیمیان و همکاران[۲۳]، ۲۰۱۷). درواقع، مدیریت خرید و زنجیره تأمین و دستیابی به سطح قابل قبولی در زمینهٔ تأمین، قابلیت اطمینان کل مجموعه را افزایش می‌دهد (باراک و جوانمرد[۲۴]، ۲۰۲۰). در این رویکرد، برای تأمین زیرمجموعه‌های ایمن و قابل اعتماد هر محصول، ریسک‌های داخلی و خارجی زنجیره تأمین ارزیابی می‌شود (فرتاج و همکاران[۲۵]، ۲۰۲۰). در سال‌های گذشته، روش‌های زیادی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان ارائه شده است؛ با وجود این، متخصصان اعتقاد دارند درعمل، روش بهینهٔ منحصربه‌فردی برای ارزیابی وجود ندارد (دی الیوریا و همکاران[۲۶]، ۲۰۱۷)؛ بنابراین، شرکت‌ها از روش‌های متفاوتی برای این مسئله براساس نیازمندی‌های مشخص خود استفاده می‌کنند. همین امر، یافتن بهترین روش ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده را دشوار می‌کند (زارع‌طلب و همکاران[۲۷]، ۲۰۲۰). برای این منظور باید به بسیاری از معیارهای عملکرد کمیّ وکیفی مانند کیفیت، قیمت، انعطاف‌پذیری و زمان تحویل برای تعیین مناسب‌ترین تأمین‌کننده توجه شود (رشیدی و کولینینس[۲۸]، ۲۰۱۹).

توجه به این نکته نیز ضروری است که شرکت‌ها معمولاً با تعداد زیادی از اقلام مورد نیاز و تأمین‌کنندگان داوطلب مواجه هستند و اتخاذ سیاست‌های یکسان دربارهٔ تأمین اقلام مختلف، منطقی به نظر نمی‌رسد و خرید اثربخش و مدیریت تأمین کارا نیازمند در نظر گرفتن اهمیت اقلام است (قهرودی و همکاران[۲۹]، ۲۰۱۹).

همانگونه که اشاره شد، تاکنون مطالعات بسیار زیادی در حوزهٔ ارزیابی و مدیریت زنجیره تأمین انجام شده است که در آنها تکنیک‌ها و روش‌های علمی مختلفی به کار رفته است؛ بنابراین، برای انتخاب تأمین‌کنندگان موجه تجهیزات مستقر در سامانه‌های تک‌کاره، تأثیر تأمین تجهیزات در وقوع خرابی‌های احتمالی سامانه بررسی می‌شود. درواقع، علت درست کارنکردن و خرابی زیرمجموعه‌های موجود در سامانه‌های تک‌کاره ممکن است تأمین نامناسب زیرمجموعه‌ها باشد (عظیمیان و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین، برای تعیین اثر چگونگی تأمین هر زیرمجموعه بر خرابی کل سامانه با استفاده از تحلیل ریسک و قابلیت اطمینان، از روش تحلیل درخت خطا[۳۰] می‌توان استفاده کرد. نتیجهٔ تحلیل مذکور، مجموعه‌ای از ترکیبات اجزای ایجادکنندهٔ خرابی به همراه احتمال هر خرابی است که موجب خرابی کل ساختار می‌شود (پیاده و همکاران[۳۱]، ۲۰۱۸). همچنین، در انتخاب تأمین‌کنندگان بهینه به معیارهای گوناگون کمّی و کیفی و اهداف مدیریتی مختلف توجه می‌شود؛ بنابراین، رویکرد مدل‌سازی ریاضی به‌عنوان روشی سریع و مطمئن برای انتخاب گروه بهینهٔ تأمین‌کنندگان می‌تواند مد نظر قرار گیرد. در این رویکرد، برای تصمیم‌گیری مناسب با در نظر گرفتن اهداف گوناگون مدیریتی، روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه[۳۲] و استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی[۳۳]، تکنیک‌های مناسبی است (فائز و همکاران[۳۴]، ۲۰۰۹).

بنابراین، در مدل ارائه‌شده این پژوهش، هر تجهیز خارج از چگونگی تأمین آن، یک سطح ریسک یا درجهٔ اهمیت ذاتی دارد که براساس تأثیر تجهیز در حوادث احتمالی قابل وقوع برای سامانه تعیین می‌شود. تأمین‌کنندگان نیز سطح ریسکی مطابق با ارزیابی عملکردشان دارند؛ درنتیجه، با ارزیابی ریسک تأمین‌کنندگان و تأثیر آن بر ریسک تجهیزات و پس از آن بر وقوع حوادث احتمالی سامانه، امکان تعیین تأمین‌کنندگان موجه برای کاهش ریسک انباشتهٔ سامانه وجود دارد.

درادامه، پس از مروری اجمالی بر مطالعات گذشته و تدوین نوآوری پژوهش حاضر، روش‌شناسی پژوهش و مدل ریاضی ارائه و مدل پیشنهادی در قالب مطالعهٔ کاربردی آزموده شده است. درپایان نیز یافته‌ها تحلیل حساسیت و بحث شده و نتیجه‌گیری مناسب ارائه شده است.

۲- پیشینهٔ پژوهش

در جدول شمارهٔ ۱، مقایسه‌ای بین نمونه‌ای از مطالعات پیشین در حوزهٔ مدیریت زنجیره تأمین و مطالعهٔ حاضر ارائه شده است. به نظر می‌رسد پژوهشی دربارهٔ کاربرد هم‌زمان روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، مدل‌سازی چندهدفه و تجزیه‌وتحلیل درخت خطا برای انتخاب تأمین‌کنندگان اینگونه تجهیزات برای کاهش ریسک سامانه انجام نشده است؛ بنابراین، نوآوری این پژوهش، مدل‌سازی چندهدفه برای کاهش ریسک کلی تأمین با انتخاب بهترین ترکیب تأمین‌کنندگان تجهیزات مورد استفاده در سامانه‌های تک‌کاره است. همچنین، با توجه به کاربرد گسترده و حساس تجهیزات تک‌کاره در صنایع پیشرفتهٔ دفاعی، پزشکی، خودرو و غیره، تعیین روشی مطمئن برای انتخاب تأمین‌کنندگان بهینه برای اطمینان از عملکرد درست اینگونه تجهیزات در زمان استفاده، به نیازی اساسی در سازمان‌ها تبدیل شده است؛ بنابراین، برای آزمون روش پیشنهادی، سامانهٔ استراتژیک تک‌کاره‌ای وابسته به دانشگاه صنعتی مالک اشتر بررسی شده است.

جدول ۱- روش‌های استفاده‌شده در این پژوهش برای انتخاب بهترین ترکیب تأمین‌کنندگان تجهیزات تک‌کاره

عنوان	منابع	تک‌کاره		روش‌های علمی استفاده‌شده برای ارزیابی زنجیره تأمین											
		بله	خیر	FTA	MADM	CEM[۳۳]	FIS[۳۲]	FCBR[۳۱]	FMEA[۴۰]	DEA[۳۹]	DSS[۳۸]	QFD[۳۷]	GT[۳۶]	OR[۳۵]
مشکل تخصیص افزونگی با سیستم‌های مؤلفهٔ چندمرحله‌ای و انتخاب تأمین‌کنندهٔ قابل اعتماد	(زارع‌طلب و همکاران، ۲۰۲۰)		×											×
سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای مدیریت تقاضا در زنجیره‌های تأمین بهداشت و درمان با توجه به شیوع بیماری‌های اپیدمی؛ مطالعهٔ موردی: بیماری کروناویروس ۲۰۱۹	(گووینداں و همکاران[۴۴]، ۲۰۲۰)		×								×			
قراردادهای اضطراری عرضه برای ارائه‌دهندهٔ خدمات محدود منابع محلی	(قهرودی و همکاران، ۲۰۱۹)		×										×	
مقایسه‌ای از DEA فازی و TOPSIS فازی در انتخاب تأمین‌کنندهٔ پایدار	(رشیدی و کولینینس، ۲۰۱۹)		×		×					×				
یک مدل ریاضی چندهدفه با یکپارچه‌سازی نگرانی‌های زیست‌محیطی برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش براساس QFD فازی در صنعت نوشیدنی	(بابر و حسن‌زاده[۴۵]، ۲۰۱۸)		×									×		×
طراحی یک شبکهٔ بیوسوخت با توجه به قابلیت اطمینان لینک‌ها و تأثیر خطر ابتلا به ریسک در بیوپالایشگاه‌ها	(سالمی و وحدانی[۴۶]، ۲۰۱۸)		×											×
انتخاب ترکیب تأمین‌کنندگان بهینه با استفاده از یک مدل ترکیبی از MADM و FTA	(عظیمیان و همکاران، ۲۰۱۷)		×	×	×	×								
تقسیم‌بندی تأمین‌کنندهٔ معیارهای چندگانه با استفاده از روش‌های outranking و عملکرد ارزش	(سگورا و ماروتو[۴۷]، ۲۰۱۷)		×		×									

عنوان	منابع	تک‌کاره		روش‌های علمی استفاده‌شده برای ارزیابی زنجیره تأمین										
		بله	خیر	FTA	MADM	CEM[۳۳]	FIS[۳۲]	FCBR[۳۱]	FMEA[۴۰]	DEA[۳۹]	DSS[۳۸]	QFD[۳۷]	GT[۳۶]	OR[۳۵]
انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از نظریهٔ خاکستری؛ مطالعهٔ موردی از صنعت بانکداری هند	(تاکور و انباناندام[۴۸]، ۲۰۱۵)		×		×									
یک مدل پیش‌بینی‌کنندهٔ فازی با شبیه‌سازی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده	(تاوان و همکاران[۴۹]، ۲۰۱۶)		×		×		×							
یک روش ترکیبی برای انتخاب تأمین‌کننده و ارزیابی عملکرد	(زیدان و همکاران[۵۰]، ۲۰۱۱)		×		×					×				
برای طبقه‌بندی اقلام خرید براساس مدل کرالجیک و با استفاده از رویکرد FMEA-DEA	(عرب‌زاد و قربانی[۵۱]، ۲۰۱۱)		×						×	×				
یکپارچه‌سازی شبکهٔ عصبی مصنوعی و روش‌های MADM برای انتخاب عرضه‌کنندهٔ سبز	(کائو و همکاران[۵۲]، ۲۰۱۰)		×		×					×				
انتخاب فروشنده و تخصیص سفارش با استفاده از فازی CBR و برنامه‌نویسی ریاضی	(فائز و همکاران، ۲۰۰۹)		×					×						×
انتخاب تأمین‌کننده: مدل ترکیبی با استفاده از DEA، درخت تصمیم‌گیری و شبکهٔ عصبی	(وو[۵۳]، ۲۰۰۹)		×							×				
فرایند شبکهٔ تحلیلی و ادغام برنامه‌نویسی آرمانی چنددوره‌ای در تصمیم‌گیری‌های خرید	(دمیرتاس و یوستان[۵۴]، ۲۰۰۹)		×		×									×
طراحی یک مدل ریاضی چندهدفه برای تعیین تأمین‌کنندگان قابلیت اطمینان سامانه‌های تک‌کاره برپایهٔ ارزیابی ریسک	پژوهش حاضر	×		×	×	×								×

۳- روش تحقیق و ارائهٔ مدل پیشنهادی

برای درست کارنکردن یا خرابی زیرمجموعه‌های (زیرسیستم‌ها) قابل تأمین سامانه‌های تک‌کاره ممکن است علت‌های گوناگونی شناسایی شود. در رویهٔ پیشنهادی این پژوهش به این نکته توجه شده است که یکی از مهم‌ترین این علل به تأمین نامناسب زیرمجموعه برمی‌گردد؛ به عبارتی، اگر احتمال تأمین نامناسب زیرمجموعه زیاد باشد،

احتمال خرابی و عملکرد نادرست زیرمجموعه در سامانه نیز افزایش می‌یابد (عظیمیان و همکاران، ۲۰۱۷)؛ بنابراین، در این پژوهش، به هر تأمین‌کننده، با توجه به شاخص‌های در نظر گرفته شده (که ماهیت آنها مرتبط با احتمال خراب‌شدن زیرمجموعهٔ تأمین‌شده است)، یک عدد ریسک تخصیص و به هر زیرسیستم نیز یک سطح ریسک ذاتی یا درجهٔ اهمیت نسبت داده می‌شود؛ سپس، در پی تلفیق عدد ریسک هر تأمین‌کننده و سطح ریسک ذاتی هر زیرسیستم، از تجزیه‌وتحلیل درخت خطا می‌توان استفاده و درجهٔ بحرانی و سطح ریسک هر درخت خطا را محاسبه کرد. به این ترتیب، در کل سامانه، اثر چگونگی تأمین هر زیرمجموعه از هر تأمین‌کننده را می‌توان تعیین کرد. در این زمینه، محاسبات تجزیه‌وتحلیل درخت خطا را به‌ازای سناریوهای موجه از تأمین‌کنندگان می‌توان انجام داد و درنهایت، گروه بهینهٔ تأمین‌کنندگان را ازنظر ریسک تأمین سامانه مشخص کرد (عظیمیان و همکاران، ۲۰۱۷).

همچنین، با توجه به میزان دسترسی به اطلاعات و زمان انجام‌دادن کار، رویکرد مدل‌سازی ریاضی به‌عنوان روشی سریع و مطمئن برای انتخاب گروه بهینهٔ تأمین‌کنندگان مد نظر قرار می‌گیرد. در رویکرد مدل‌سازی، انتخاب تأمین‌کنندهٔ هر زیرمجموعه براساس یک مدل ریاضی انجام می‌شود. واضح است استفاده از مدل ریاضی نسبت به رویکرد سناریوسازی، معتبرتر است و نتایج دقیق‌تری به دنبال دارد؛ اما اطلاعات مورد نیاز در این رویکرد، بیشتر از اطلاعات رویکرد قبل است. برای ساختن تابع هدف مدل ریاضی فقط با توجه به عدد ریسک هر تأمین‌کننده، همواره نتایج مدل به‌گونه‌ای می‌شود که براساس آن، هر زیرمجموعه را باید از تأمین‌کننده با کمترین عدد ریسک تهیه کرد. در این حالت، دو مشکل ممکن است به وجود آید: یکی اینکه به شاخص‌های تأثیرگذار دیگر در انتخاب تأمین کنندگان، مانند هزینه توجه نشده است و دیگر اینکه ممکن است مدل بدون جواب موجه شود. برای رفع این مشکلات، مدلی چندهدفه در این پژوهش پیشنهاد شده است. در این مدل، اهداف مختلف مانند کاهش هزینه و کاهش اثر تأمین‌کننده بر درجهٔ بحرانی درخت خطا را می‌توان مد نظر قرارداد. در این رویکرد، رویّهٔ ذیل برای محاسبهٔ سطح ریسک نهایی سامانهٔ تک‌کاره براساس چگونگی تأمین زیرمجموعه‌های آن ارائه شده است:

گام ۱: تهیهٔ فهرستی از رویدادهای رأس[۵۵] که عملکرد سامانهٔ تک‌کاره را دچار مشکل می‌کند؛

گام ۲: شناسایی تأمین‌کنندگان بالقوه و تخصیص یک عدد ریسک به هر تأمین‌کننده؛

گام ۳: طراحی یک درخت خطا برای هر یک از رویدادهای رأس با در نظر گرفتن رابطهٔ زیرمجموعه‌ها؛

گام ۴: برآورد شدت خسارت برای رویداد رأس در هر یک از درخت‌های خطا؛

گام ۵: برآورد اهمیت یا ریسک ذاتی هر زیرمجموعه در درخت‌های خطا و

گام ۶: ساخت مدل ریاضی چندهدفه و حل آن برای تعیین گروه بهینهٔ تأمین‌کنندگان.

در رویّهٔ ارائه‌شده، پس از حل مدل مشخص می‌شود هر زیرمجموعه در سامانه باید از کدام تأمین‌کننده تهیه شود. درادامه، توضیحات بیشتری دربارهٔ چگونگی ساخت مدل ریاضی ارائه شده است.

در این پژوهش، مدلی ریاضی با دو تابع هدف کمینه‌سازی هزینه‌های تأمین و کمینه‌سازی شدت خسارت در صورت بروز خطر در سامانه ارائه شده است. همچنین، هر مدل ریاضی با فرضیات خاصی ارائه می‌شود. در مدل ارائه‌شده در این پژوهش فرض می‌شود:

- تأمین‌کنندگان، ظرفیت تأمین مشخص دارند؛
- هر زیرمجموعه را یکی از تأمین‌کنندگان باید تهیه کند و
- هر تأمین‌کننده ممکن است فقط توانایی ارائهٔ زیرمجموعه‌های خاصی را داشته باشد.

نکتهٔ مهم دیگر این است که ممکن است یک زیرمجموعهٔ مشخص در چندین قسمت یک درخت خطا یا حتی در چندین درخت خطای مختلف ظاهر شود. در این صورت، ملاک تصمیم‌گیری برای ساخت یک ضریب برای آن زیرمجموعه، درختی است که بیشترین درجهٔ بحرانی‌بودن را دارد. همچنین، اهمیت و میزان اثرگذاری یک زیرمجموعه ممکن است در درخت‌های مختلف به یک میزان نباشد. در این حالت نیز منطقی است که بزرگ‌ترین اهمیت زیرمجموعه در بین درخت‌های مختلف، ملاک تصمیم‌گیری باشد.

درنهایت، خروجی مدل ریاضی مشخص می‌کند، هر زیرمجموعه با توجه به مجموعه اهداف در نظر گرفته شده و محدودیت‌ها، باید از چه تأمین‌کننده‌ای تهیه شود. مجموعه‌ها، اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای مسئله در جدول شمارهٔ ۲ آورده شده است. همچنین، توابع هدف و محدودیت‌های مسئله در جدول شمارهٔ ۳ دیده می‌شود.

جدول ۲- مجموعه‌ها، اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای مسئله

مجموعه‌ها	
I	مجموعهٔ تجهیزات (زیرمجموعه‌ها)
J	مجموعهٔ تأمین‌کنندگان
اندیس‌ها	
$i \in I$	عضو متعلق به مجموعهٔ تجهیزات
$j \in J$	عضو متعلق به مجموعهٔ تأمین‌کنندگان
پارامترها	
c_{ij}	هزینهٔ تأمین تجهیزات iام توسط تأمین‌کنندهٔ jام
Lc_i	بزرگ‌ترین شدت خسارت از بین درخت‌هایی که زیرمجموعهٔ iام در آن قرار دارد
R_j	ریسک تأمین‌کنندهٔ jام
E_i	بیشترین اهمیت (ریسک ذاتی) زیرمجموعهٔ iام از بین زیرمجموعه‌های دیگر
cap_j	ظرفیت تأمین‌کنندهٔ jام (بیشترین تعداد زیرمجموعه‌هایی که می‌تواند تأمین کند)
U_i	مجموعهٔ تأمین‌کنندگانی که می‌توانند زیرمجموعهٔ i را تأمین کنند
متغیر	
x_{ij}	اگر زیرمجموعهٔ (تجهیزات) ام به تأمین‌کنندهٔ jام متصل باشد، یک؛ در غیر این صورت، صفر.

جدول ۳- توابع هدف و محدودیت‌های مسئله

توابع هدف		
$Min\ Z1 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ij}.c_{ij}$		(۱)
$Min\ Z2 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ij}.Lc_i.R_j.E_i$		(۲)
محدودیت‌ها		
$\sum_{i \in I} x_{ij} \le cap_j$	$\forall j \in J$	(۱)
$\sum_{j \in U_i} x_{ij} = 1$	$\forall i \in I$	(۲)
$x_{ij} \in \{0,1\}$		(3)

تابع هدف (۱)، هزینه‌های تخصیص برای تأمین تجهیزات را به کمترین حد ممکن می‌رساند. تابع هدف (۲)، مجموع شدت خسارت در هر تخصیص را برای تأمین تجهیز به کمترین حد ممکن می‌رساند.

محدودیت (۱)، تعداد تخصیص هر تأمین‌کننده را براساس ظرفیت تعیین‌شده تضمین می‌کند. محدودیت (۲)، تخصیص هر تجهیز به هر تأمین‌کننده را براساس پارامتر U_i تعیین می‌کند. محدودیت (۳)، بیان‌کنندهٔ مقدار موجه متغیرهای تصمیم است.

درادامه، از برنامه‌ریزی لکسیکوگرافی آرمانی[۵۶] برای حل مدل استفاده شده است. در این تکنیک، ابتدا تابع هدف اولویت‌دار مشخص می‌شود و مقدار بهینهٔ آن به دست می‌آید؛ سپس، این تابع هدف در محدودیت قرار داده شده، به‌صورت آرمانی با تابع هدف دیگر مسئله در نظر گرفته می‌شود. اکنون، با داشتن آرمان‌های به‌دست‌آمده از دو تابع هدف، مقدار بهینهٔ مسئلهٔ آرمانی با داشتن دو تابع هدف قابل محاسبه است.

در این پژوهش، فرض شده است تابع هدف دوم در اولویت اول قرار دارد؛ پس ابتدا مدل ذیل حل می‌شود:

$$Min\ Z2 = \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{ij}.Lc_i.R_j.E_i$$

محدودیت‌ها:

$$\sum_{i\in I} x_{ij} \le cap_j \qquad \forall j \in J \qquad (۱)$$

$$\sum_{j\in U_i} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in I \qquad (۲)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad (۳)$$

از مرحلهٔ قبل Z_2^* به دست می‌آید و درادامه، مدل آرمانی ذیل تشکیل می‌شود.

$$Min\ Z_1 = \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{ij}.c_{ij} + d_2^- - d_2^+$$

محدودیت‌ها:

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{ij}.Lc_i.R_j.E_i + d_2^- - d_2^+ = Z_2^* \qquad (۱)$$

$$\sum_{i\in I} x_{ij} \le cap_j \qquad \forall j \in \ldots \qquad (۲)$$

$$\sum_{j\in U_i} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in \qquad (۳)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad (۴)$$

اکنون، با به دست آوردن Z_1^* از مرحلهٔ پیش، مدل آرمانی ذیل با در نظر گرفتن دو تابع هدف ایجاد می‌شود.

$$Min\ d_3 = d_1^+ + d_2^+$$

محدودیت‌ها:

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{ij}.Lc_i.R_j.E_i + d_2^- - d_2^+ = Z_2^* \quad (۱)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{ij}.c_{ij} + d_1^- - d_1^+ = Z_1^* \quad (۲)$$

$$\sum_{i\in I} x_{ij} \le cap_j \qquad \forall j \in . \quad (۳)$$

$$\sum_{j\in U_i} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in \quad (۴)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (۵)$$

در این پژوهش برای حل مدل‌های مذکور، ابتدا از نرم‌افزار GAMS 24.1.2[۵۷] استفاده شده است. GAMS یک سیستم مدل‌سازی سطح بالا برای برنامه‌نویسی و بهینه‌سازی ریاضی است. این نرم‌افزار، یک کامپایلر زبان و حل‌کننده‌هایی با عملکرد مطلوب دارد. GAMS برای مدل‌سازی‌های پیچیده و گسترده طراحی شده است و مدل‌های بزرگ را حل می‌کند. همچنین، در این پژوهش، از نرم‌افزار مذکور برای تحلیل حساسیت نتایج استفاده شده است. درادامه نیز برای امکان تأیید نتایج و ایجاد بستری برای امکان حل مدل با تعداد مجموعه‌های بیشتر، الگوریتم ژنتیک با کدنویسی در نرم‌افزار متلب[۵۸] به کار رفته است. درپایان نیز براساس مجموعهٔ موجه تأمین‌کنندگان و استفاده از تجزیه‌وتحلیل درخت‌های خطا، ریسک انباشتهٔ کل سامانه تعیین شده است.

گفتنی است در این پژوهش، مقدار ریسک تأمین‌کنندگان ($\boldsymbol{R_j}$) با استفاده از روابط شمارهٔ (۱) و (۲) تعیین می‌شود (عظیمیان و همکاران، ۲۰۱۷).

$$S_j = \sum_a W_a S_{ja} \quad (1)$$

به‌گونه‌ای که در رابطهٔ شمارهٔ (۱)، W_a وزن شاخص a، S_{ja} امتیاز تأمین‌کنندهٔ jام نسبت به شاخص aام و S_j امتیاز کلی تأمین‌کنندهٔ jام است.

$$R_j = \frac{\sum_a W_a Y_a - S_j}{\sum_a W_a Y_a} \quad (2)$$

و در رابطهٔ شمارهٔ (۲)، Y_a بیشترین امتیاز قابل تصور برای هر تأمین‌کننده در شاخص a و R_j عدد ریسک تأمین‌کنندهٔ jام است.

ریسک ذاتی هر زیرمجموعه نیز با رابطهٔ شمارهٔ (۳) محاسبه می‌شود (عظیمیان و همکاران، ۲۰۱۷).

$$E_i = \sum_b SW_{i.b} ew_b \,.\, 0 \le E_i \le 1 \quad (3)$$

به‌گونه‌ای که E_i ریسک ذاتی زیرمجموعهٔ i، $SW_{i.b}$ وزن زیرمجموعهٔ i دربارهٔ وقوع حادثهٔ خرابی b و ew_b وزن حادثهٔ خرابی b است.

۴- مطالعهٔ کاربردی و یافته‌ها

دانشگاه صنعتی مالک اشتر، زیرمجموعهٔ وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری ایران است. در این دانشگاه، انواع پروژه‌های تحقیقاتی، اجرایی و ساخت به‌طور هم‌زمان در حال انجام‌شدن است و بهبود عملکرد آنها از اولویت‌های مدیریت دانشگاه است؛ به همین علت، روش پیشنهادی این پژوهش برای ارزیابی ریسک تأمین یک سامانهٔ تک‌کارهٔ استراتژیک در این دانشگاه آزموده شده است. تیم تصمیم‌گیری از مدیران گروه‌های پژوهشی مرتبط با ساخت محصول استراتژیک، مدیر پروژهٔ ساخت محصول، مدیر امور بازرگانی و خرید و دو نفر از استادان دانشگاه صنعتی مالک اشتر تشکیل شده است. علت انتخاب این افراد، دسترس‌پذیری و صاحب‌نظربودن آنهاست. مراحل بعدی مطالعهٔ کاربردی، به‌ترتیب درادامه آورده شده است.

۴-۱- تخصیص عدد ریسک به تأمین‌کنندگان

در این مطالعه با استفاده از رابطه‌های شمارهٔ (۱) و (۲) و میانگین هندسی نظرات تیم تصمیم‌گیری دربارهٔ ارزش هر شاخص برای هر تأمین‌کننده براساس طیف پنج گزینه‌ای لیکرت، نتایج به‌شرح جدول شمارهٔ ۴ به دست آمده است. همچنین، در رابطهٔ شمارهٔ (۲)، بیشترین امتیاز قابل قبول برای هر تأمین‌کننده در شاخص‌های تعریف‌شده، عدد پنج است.

جدول ۴- ارزیابی نهایی و اختصاص عدد ریسک به تأمین‌کنندگان (عظیمیان و همکاران، ۲۰۱۷)

J	شاخص‌های ارزیابی نهایی					امتیاز کل	عدد ریسک
	I_1=0.13	I_2=0.17	I_3=0.3	I_4=0.23	I_5=0.17	S_j (رابطهٔ ۱)	R_j (رابطهٔ ۲)
۱	۳	۴	۲	۳	۱	۲/۵۳	۰/۴۹۴
۲	۵	۲	۳	۵	۲	۳/۳۸	۰/۳۲۴
۳	۳	۵	۲	۳	۲	۲/۸۷	۰/۴۲۶
۴	۴	۳	۵	۴	۲	۳/۷۹	۰/۲۴۲
۵	۳	۳	۵	۲	۳	۳/۳۷	۰/۳۲۶
۶	۴	۳	۵	۲	۳	۳/۵	۰/۳
۷	۵	۵	۳	۲	۳	۳/۳۷	۰/۳۲۶
۸	۲	۳	۴	۳	۲	۳	۰/۴
۹	۳	۴	۵	۲	۴	۳/۷۱	۰/۲۵۸
۱۰	۳	۳	۵	۴	۳	۳/۸۳	۰/۲۳۴

۴-۲- ارزیابی ریسک ذاتی زیرمجموعه‌ها

در این مرحله، بدون در نظر گرفتن چگونگی تأمین تجهیزات و زیرمجموعه‌های سامانهٔ تک‌کاره، میزان اهمیت ذاتی هر تجهیز در محصول نهایی ارزیابی شده است؛ بنابراین، با در نظر گرفتن ۲۱ تجهیز قابل تأمین در سامانهٔ مد نظر و استفاده از رابطهٔ شمارهٔ (۳)، نتایج به‌شرح جدول شمارهٔ ۵ به دست آمده است.

جدول ۵- ماتریس علت– حادثه (عظیمیان و همکاران، ۲۰۱۷)

I	حوادث				ریسک ذاتی هر تجهیز E_i (رابطهٔ ۳)
	A_1	A_2	A_3	A_4	
۱	۱	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۴۸
۲	۰	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۲۲
۳	۰/۲	۰	۰/۶	۰/۴	۰/۳۵
۴	۰/۴	۰	۱	۰	۰/۳۴
۵	۱	۰	۰/۸	۰	۰/۳۲
۶	۰	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۰/۵۸
۷	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۸	۰/۴۸
۸	۰	۰	۰/۲	۱	۰/۴۵
۹	۰	۰/۴	۰	۰/۲	۰/۱۷
۱۰	۰	۰/۶	۰	۰/۸	۰/۴۵
۱۱	۰/۴	۰	۰	۰/۶	۰/۲۶
۱۲	۱	۱	۰/۴	۰	۰/۴۳
۱۳	۰/۲	۰	۰	۰/۶	۰/۲۵
۱۴	۰/۶	۰/۸	۰/۶	۰/۶	۰/۶۵
۱۵	۰/۴	۰	۱	۰/۲	۰/۴۲
۱۶	۰	۰/۶	۱	۰	۰/۴۵
۱۷	۰	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۵۵
۱۸	۰/۶	۰/۶	۰/۴	۰	۰/۳۱
۱۹	۰/۴	۰/۶	۱	۰	۰/۴۸
۲۰	۰/۸	۰/۲	۱	۰/۶	۰/۶۵
۲۱	۰/۲	۰	۰	۰/۶	۰/۲۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۴-۳- ترسیم درخت خطا و تعیین Lc_i

در این مرحله با توجه به چگونگی رابطهٔ تجهیزات اثرگذار بر حوادث، درخت خطای هر حادثه ترسیم شده است. درادامه نیز شدت خسارت یا ضرر عاید از وقوع رویداد رأس تعیین و مقدار Lc_iها (بزرگ‌ترین شدت خسارت از بین درخت‌هایی که زیرمجموعهٔ iام در آن قرار دارد) برای هر تجهیز مطابق جدول شمارهٔ ۶ به دست آمد.

جدول ۶- مقادیر Lc_i

I	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
Lc_i	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۴	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
I	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱					
Lc_i	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۴	۰/۴	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵					

۴-۴- تعیین ظرفیت و مجموعه‌های قابل تأمین توسط تأمین‌کنندگان ($U_i.cap_j$)

در این مرحله، دو پارامتر تأثیرگذار بر محدودیت‌های مدل‌سازی، شامل مجموعهٔ تأمین‌کنندگانی که زیرمجموعهٔ i را تأمین می‌کنند (U_i) مطابق جدول شمارهٔ ۷ و بیشترین تعداد زیرمجموعه‌هایی که تأمین‌کنندهٔ jام تأمین می‌کند (cap_j) مطابق جدول شمارهٔ ۸ و براساس نظرات تیم تصمیم‌گیری برپایهٔ سوابق عملکردی تأمین‌کنندگان مشخص شده است.

جدول ۷- مقادیر U_i

I	۱	۲	۳	۴	۵	
U_i	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۴،۵}	
I	۶	۷	۸	۹	۱۰	
U_i	{۴،۵}	{۴،۵}	{۴،۵}	{۴،۵}	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	
I	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	
U_i	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	
I	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
U_i	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۱،۲،۳،۹،۱۰}	{۶،۷،۸}	{۶،۷،۸}	{۶،۷،۸}	{۶،۷،۸}

جدول ۸- مقادیر cap_j

J	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
Cap_j	۴	۲	۳	۱	۴	۱	۴	۱	۱	۴

۴-۵- تعیین هزینه‌های تأمین تجهیزات توسط تأمین‌کنندگان

در این مرحله با توجه به اینکه هدف اول پیش‌بینی‌شده در مدل‌سازی این پژوهش، کاهش هزینه‌های تأمین است، هزینهٔ تأمین تجهیزات توسط تأمین‌کنندگان به‌شرح جدول شمارهٔ ۹ و با نظر مدیران بازرگانی تعیین شده است.

جدول ۹- هزینهٔ تأمین تجهیزات توسط تأمین‌کنندگان

		J									
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I	۱	۵۸/۵۸	۹۲/۱۶	۷۷/۵۱	۶۵/۰۶	۶۴/۶۱	۶۱/۲۰	۶۷/۴۹	۹۲/۸۱	۵۳/۳۵	۷۵/۰۱
	۲	۹۹/۹۰	۷۸/۹۳	۹۹/۵۷	۸۸/۱۱	۵۶/۵۳	۸۱/۸۹	۵۷/۹۷	۶۹/۵۰	۸۳/۴۴	۷۱/۷۶
	۳	۶۷/۹۸	۶۷/۵۷	۵۶/۵۷	۵۷/۵۰	۷۹/۴۵	۹۱/۵۴	۶۱/۵۴	۸۳/۲۸	۸۸/۶۹	۶۵/۱۸
	۴	۵۵/۵۲	۷۵/۱۱	۵۸	۹۳/۶۲	۶۳/۲۵	۶۴/۲۹	۷۹/۶۹	۸۶/۱۳	۸۱/۴۱	۷۳/۱۹
	۵	۷۰/۶۶	۵۵/۸۸	۶۵/۷۱	۵۲/۳۲	۶۶/۹۲	۵۹/۱۰	۸۲/۲۸	۷۸/۰۳	۸۸/۴۹	۶۴/۸۹
	۶	۸۳/۰۵	۸۷/۷۹	۸۱/۳۷	۶۴/۱۹	۵۴/۳۲	۵۵/۱۲	۸۲/۰۶	۷۷/۲۶	۵۷/۵۱	۸۹/۶۱
	۷	۵۳/۶۳	۵۸/۷۸	۷۶/۲۸	۸۷/۵۱	۵۸/۹۰	۵۱/۷۰	۷۹/۲۵	۸۱/۰۶	۶۹/۴۶	۶۷/۹۳
	۸	۶۲/۱۵	۶۲/۳۲	۵۶/۲۵	۹۶/۶۷	۶۸/۹۹	۸۹/۱۷	۶۵	۵۶/۲۷	۸۷/۴۴	۵۳/۴۶
	۹	۶۰/۱۰	۵۰/۲۵	۶۳/۴۸	۷۴/۹۹	۵۷/۵۶	۵۸/۷۰	۶۶/۵۳	۶۵/۸۴	۶۶/۱۰	۹۸/۱۹
	۱۰	۹۹/۶۸	۶۸/۴۹	۶۸/۶۴	۸۸/۵۹	۶۹/۸۳	۹۵/۶۵	۵۵/۹۷	۸۶/۷۷	۵۲/۷۷	۷۸/۸۱
	۱۱	۵۲/۵۷	۵۰/۳	۷۰/۰۶	۷۵/۹۹	۸۱/۴۴	۶۱/۲۸	۶۹/۸۰	۶۳/۸۰	۵۷/۶۱	۹۶/۸۱
	۱۲	۷۱/۱۳	۵۶/۷۳	۶۹/۳۰	۶۸/۷۳	۶۳/۴۲	۹۷/۴۱	۵۹/۴۴	۶۴/۸۷	۵۳/۷۲	۷۰/۰۶

		J									
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۱۳	۵۵/۰۸	۶۹/۱۹	۶۶/۲۰	۵۹/۶۰	۵۵/۶۱	۷۹/۸۲	۷۵/۵۷	۵۲/۲۵	۸۹/۱۵	۹۷/۲۸
	۱۴	۷۹/۸۲	۸۰/۳۶	۶۸/۱۲	۷۹/۷۰	۸۸/۹۹	۷۵/۳۲	۵۷/۹۶	۸۲/۸۴	۷۶/۱۹	۵۶/۲۲
	۱۵	۹۹/۳۳	۶۱/۴۰	۸۳/۷۸	۸۸/۸۳	۹۶/۶۲	۶۰/۰۶	۶۴/۸۵	۵۹/۸۶	۶۲/۳۱	۸۲/۳۲
	۱۶	۸۶/۷۴	۵۴/۷۲	۵۱/۵۷	۷۰/۷۰	۵۹/۳۴	۸۴/۶۳	۸۸/۱۴	۵۷/۷۴	۶۹/۴۶	۸۴/۷۷
	۱۷	۹۲/۲۹	۸۰/۶۳	۹۸/۷۹	۵۱/۳۴	۵۹/۳۷	۵۴/۳۵	۷۷/۰۲	۵۶/۳۴	۸۶/۷۰	۵۵/۶۶
	۱۸	۷۴/۴۱	۸۹/۷۸	۷۴/۶۰	۷۶/۶۷	۵۰/۵۳	۷۷/۱۹	۷۲/۵۵	۹۸/۷۶	۵۹/۱۹	۵۸/۱۷
	۱۹	۵۱/۲۳	۵۸/۸۹	۵۳/۰۶	۵۰/۸۳	۹۱/۷۸	۸۰/۰۸	۵۱/۳۵	۵۹/۸۰	۹۷/۵۳	۶۶/۷۷
	۲۰	۷۹/۷۱	۶۲/۹۶	۸۲/۰۳	۵۷/۷۶	۷۳	۶۹/۶۶	۹۰/۲۷	۷۷/۰۵	۶۹/۵۳	۷۶/۸۹
	۲۱	۹۶/۶۳	۶۷/۴۳	۵۰/۴۱	۹۷/۴۴	۷۸/۵۹	۶۶/۶۹	۹۹/۱۹	۸۸/۳۲	۵۵/۵۰	۹۹/۷۴

۴-۶- حل مدل با نرم‌افزار گمز و تعیین تأمین‌کنندگان موجه تجهیزات

در این مرحله، کدنویسی در نرم‌افزار گمز انجام شده و نتایج تخصیص تجهیزات به تأمین‌کنندگان مطابق جدول شمارهٔ ۱۰ به دست آمده است. همچنین، مقدار بهینهٔ تابع هدف اول، ۱۴۸۹/۳۴۹ و مقدار بهینهٔ تابع هدف دوم، ۰/۸۰۹ محاسبه شده است.

جدول ۱۰- نتایج تخصیص تأمین‌کنندگان به تجهیزات

		J									
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I	۱		۱								
	۲	۱									
	۳									۱	
	۴			۱							
	۵					۱					
	۶				۱						
	۷					۱					
	۸					۱					
	۹					۱					
	۱۰										۱
	۱۱			۱							
	۱۲		۱								
	۱۳	۱									
	۱۴										۱
	۱۵			۱							
	۱۶										۱
	۱۷										۱
	۱۸							۱			
	۱۹							۱			
	۲۰						۱				
	۲۱							۱			

۴-۷- صحت‌سنجی مدل با تحلیل حساسیت نتایج

در تحلیل اولیه، برای صحت‌سنجی مدل، ابتدا، ظرفیت تأمین‌کنندهٔ سوم به‌صورت جدول شمارهٔ ۱۱ تغییر داده می‌شود. گفتنی است علت انتخاب تأمین‌کنندهٔ سوم، تکمیل ظرفیت و تخصیص مناسب زیرمجموعه‌ها به این تأمین‌کننده و هزینه‌های نسبتاً کم آن بوده است.

جدول ۱۱- تحلیل حساسیت اولیه بر تأمین‌کنندهٔ شمارهٔ ۳

پارامتر	تغییرات ظرفیت تأمین‌کنندهٔ سوم	مقدار تابع هدف Z_1 (مقدار هزینه)	مقدار تابع هدف Z_2 (مقدار ریسک)	تعداد تخصیص به تأمین‌کنندهٔ سوم
Cap_3	+٪۷۰	۱۵۰۰/۴۷۰	۰/۸۰۱	۵
	+٪۴۰	۱۵۰۰/۱۲۱	۰/۸۰۵	۴
	۰	۱۴۸۹/۳۵۰	۰/۸۰۹	۳
	-٪۴۰	۱۴۷۱/۸۵۹	۰/۸۱۴	۲
	-٪۶۰	۱۴۶۹/۳۷۵	۰/۸۲۰	۱

همانگونه که در جدول شمارهٔ ۸ قابل مشاهده است، درابتدا، به تأمین‌کنندهٔ سوم، ۳ زیرمجموعه مطابق ظرفیت کامل آن تخصیص داده شده است؛ بنابراین، با افزایش میزان ظرفیت، مقدار تابع هدف دوم کاهش و مقدار تابع هدف اول افزایش می‌یابد؛ زیرا در برنامه‌ریزی لکسیکوگرافی آرمانی، تابع هدف دوم در اولویت بالاتری نسبت به تابع هدف اول در نظر گرفته شده است؛ درنتیجه، مدل باید به سمتی حرکت کند که مقدار ریسک را تا حد ممکن به کمترین حد ممکن برساند و این مهم با تخصیص به تأمین‌کنندهٔ سوم و افزایش تخصیص به آن محقق می‌شود. همچنین، با کاهش میزان ظرفیت تأمین‌کنندهٔ سوم، مدل، راهی برای کاهش حداکثری ریسک خود ندارد؛ بنابراین، به‌ناچار به اندازهٔ ظرفیت کاهش‌یافته به تأمین‌کنندهٔ سوم تخصیص می‌دهد و به دنبال تأمین‌کننده‌هایی می‌گردد تا کمترین تغییر را در تابع هدف دوم داشته باشد. همچنین، تابع هدف اول در اولویت دوم قرار دارد؛ پس مدل به دنبال آن است که تابع هدف دوم به کمترین میزان کاهش پیدا کند (یعنی در اولویت دوم)؛ به همین علت، هزینه‌های تابع هدف اول کاهش پیدا کرده است. درادامه، صحت‌سنجی عملکرد مدل، با توجه به ریسک ذاتی زیاد تأمین‌کنندهٔ اول، در این قسمت مطابق جدول شمارهٔ ۱۲، تغییرات ریسک تأمین‌کنندهٔ اول و آثار آن بر توابع هدف بررسی شده است.

جدول ۱۲- تحلیل حساسیت اولیه بر تأمین‌کنندهٔ شمارهٔ یک

پارامتر	تغییرات ظرفیت تأمین‌کنندهٔ اول	مقدار تابع هدف Z_1 (مقدار هزینه)	مقدار تابع هدف Z_2 (مقدار ریسک)	تعداد تخصیص به تأمین‌کنندهٔ اول
R_1	+٪۶۰	۱۴۸۹/۴۳۹	۰/۸۴۴	۲
	۰	۱۴۸۹/۳۵۰	۰/۸۰۹	۲
	-٪۶۰	۱۵۶۰/۹۴۰	۰/۷۰۳	۴

همانگونه که دیده می‌شود، با کاهش ریسک تأمین‌کنندهٔ اول، میزان تابع هدف دوم کاهش؛ ولی هزینه‌های آن افزایش پیدا کرده است. درواقع، تابع هدف دوم در اولویت قرار دارد؛ درنتیجه، مدل ابتدا می‌کوشد تابع هدف دوم، سپس تابع هدف اول را به بهترین مقدار برساند؛ به همین علت، برای تأمین‌کنندهٔ اول، تخصیص بیشتری در نظر گرفته شده است تا کاهش مقدار تابع هدف را به دنبال داشته باشد. دربارهٔ افزایش میزان ریسک، مدل با افزایش شدید تابع هدف دوم روبرو شده است؛ پس می‌کوشد آن را به کمترین مقدار خود برساند؛ درنتیجه، کمترین زیرمجموعه را به تأمین‌کنندهٔ اول تخصیص می‌دهد.

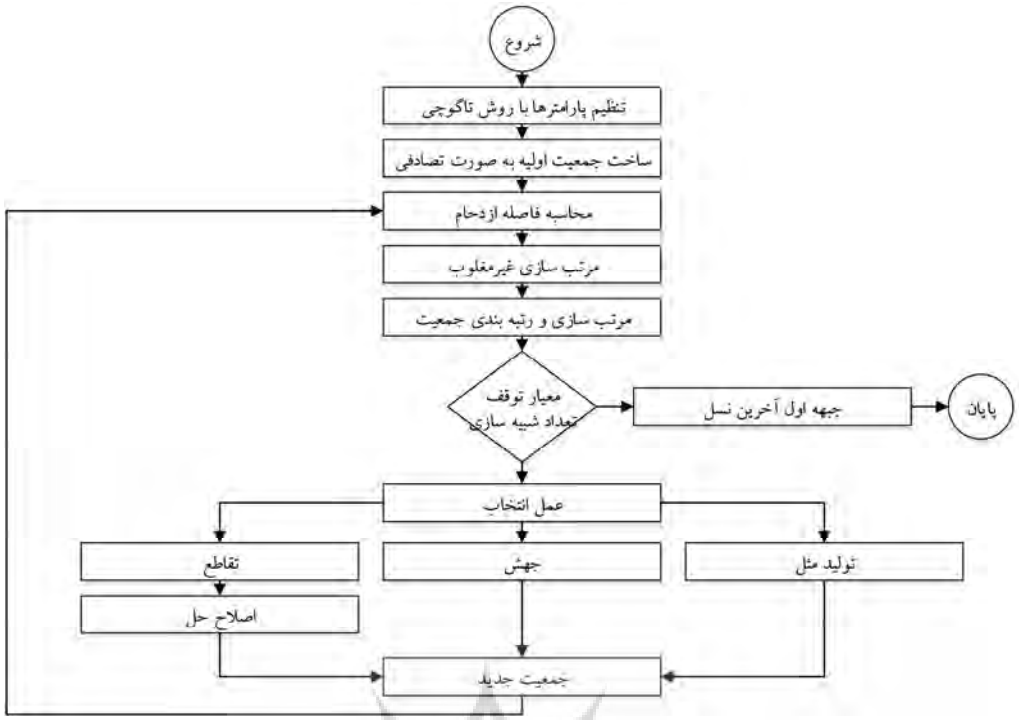
۴-۸- حل مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک[۵۹]

دراینجا برای امکان تأیید نهایی نتایج به‌دست‌آمده از نرم‌افزار گمز و امکان ایجاد بستر مناسب برای حل مدل با تعداد تأمین‌کنندگان و زیرمجموعه‌های بیشتر، مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک (NSGA-II[۶۰]) و در نرم‌افزار متلب[۶۱] کدنویسی شده است.

الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی غیرمغلوب[۶۲]، یکی از سریع‌ترین و توانمندترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی است که نسبت به سایر روش‌ها، پیچیدگی عملیاتی کمتری دارد و با استفاده از اصل غیرمغلوب‌بودن و محاسبهٔ فاصلهٔ ازدحام[۶۳]، نقاط بهینهٔ پارتو[۶۴] را به دست می‌آورد. نکات برجستهٔ این روش بهینه‌سازی را به‌شرح ذیل می‌توان خلاصه کرد:

- جوابی که به‌طور قطع، هیچ جواب دیگری بهتر از آن نباشد، امتیاز بیشتری دارد؛
- جواب‌ها براساس اینکه چند جواب بهتر از آنها وجود دارد، رتبه‌بندی و مرتب می‌شود؛
- شایستگی (برازندگی) برای جواب‌ها براساس رتبهٔ آنها و غلبه‌نکردن سایر جواب‌ها بر آن اختصاص می‌یابد و
- از شیوهٔ اشتراک برازندگی برای جواب‌های نزدیک استفاده می‌شود تا به این ترتیب، پراکندگی جواب‌ها به‌شکل مطلوبی تنظیم و جواب‌های یکنواخت در فضای جست‌وجو پخش و از ایجاد حلقهٔ لوپ جلوگیری شود.

با توجه به حساسیت نسبتاً زیادی که چگونگی عملکرد و کیفیت جواب‌های الگوریتم NSGA به پارامترهای اشتراک برازندگی و سایر پارامترها دارد، نسخهٔ دوم الگوریتم با نام NSGA-II را دب و همکاران در سال ۲۰۰۲ معرفی کردند. برخلاف الگوریتم قبلی، که از نخبه‌گرایی فقط در یک بعد استفاده می‌کرد، NSGA-II از سازوکاری کاملاً روشن برای فراهم‌کردن چگالی در بین جواب‌های بهینهٔ پارتو نیز استفاده می‌کند. در بیشتر مواقع، این الگوریتم، شباهتی به NSGA ندارد؛ ولی مبتکران، نام NSGA-II را به‌علت نقطهٔ پیدایش آن، یعنی همان NSGA برای آن حفظ کردند (دب و همکاران[۶۵]، ۲۰۰۲). روند انجام الگوریتم به‌صورت خلاصه در شکل شمارهٔ یک آورده شده است.



شکل ۱- مراحل انجام‌دادن الگوریتم NSGA-II

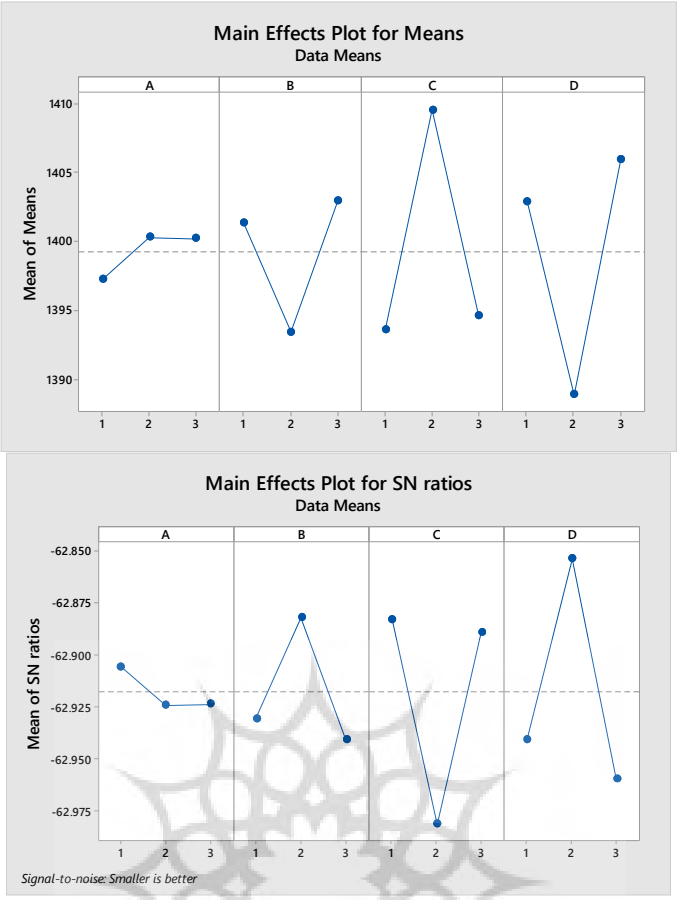
۴-۸-۱- تنظیم پارامترهای الگوریتم NSGA-II با روش تاگوچی[۶۶]

پارامترهای الگوریتم ژنتیک، شامل تعداد تکرار، تعداد جمعیت، احتمال تقاطع و احتمال جهش است که باید در ابتدای کار مشخص شود؛ بنابراین، در این پژوهش، پارامترهای مذکور با روش تاگوچی تعیین شده است. به این منظور، مطابق جدول شمارهٔ ۱۳، ابتدا، سه سطح برای هر یک از پارامترها تعیین و برای هر یک از آنها مقادیر لازم با سعی و خطا تعیین شده است.

جدول ۱۳- تعیین مقدار پارامترهای الگوریتم NSGA-II

پارامتر	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
تعداد تکرار	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
تعداد جمعیت	۵۰	۶۰	۸۰
احتمال تقاطع	۰/۷۵	۰/۸	۰/۹۵
احتمال جهش	۰/۱	۰/۱۷	۰/۲۵

درادامه، براساس روش تاگوچی، معیار فاصله تا نقطهٔ ایدئال (MID[۶۷]) با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب[۶۸] بررسی و نتایج تحلیل در شکل شمارهٔ ۲ آورده شده است.



شکل ۲- نتایج تحلیل تاگوچی با نرم‌افزار مینی‌تب

با توجه به دو نمودار ارائه‌شده در شکل شمارهٔ ۴، محور افقی شمارهٔ سطوح و محور عمودی در نمودار مذکور، میانگین و در نمودار ذیل، انحراف از معیار را نشان می‌دهد. اگر در نمودار مذکور، هر کدام از پارامترها، که سطح کمتری داشت، در نمودار ذیل نیز همان پارامتر در همان سطح، بیشترین مقدار خود را داشت، به‌عنوان سطح مد نظر انتخاب می‌شود؛ بنابراین، مقدار نهایی پارامترها به‌صورت جدول شمارهٔ ۱۴ تعیین شده است.

جدول ۱۴- پارامترهای نهایی الگوریتم NSGA-II

پارامتر	مقادیر
تعداد تکرار	۸۰
تعداد جمعیت	۶۰
احتمال تقاطع	۰/۷۵
احتمال جهش	۰/۱۷

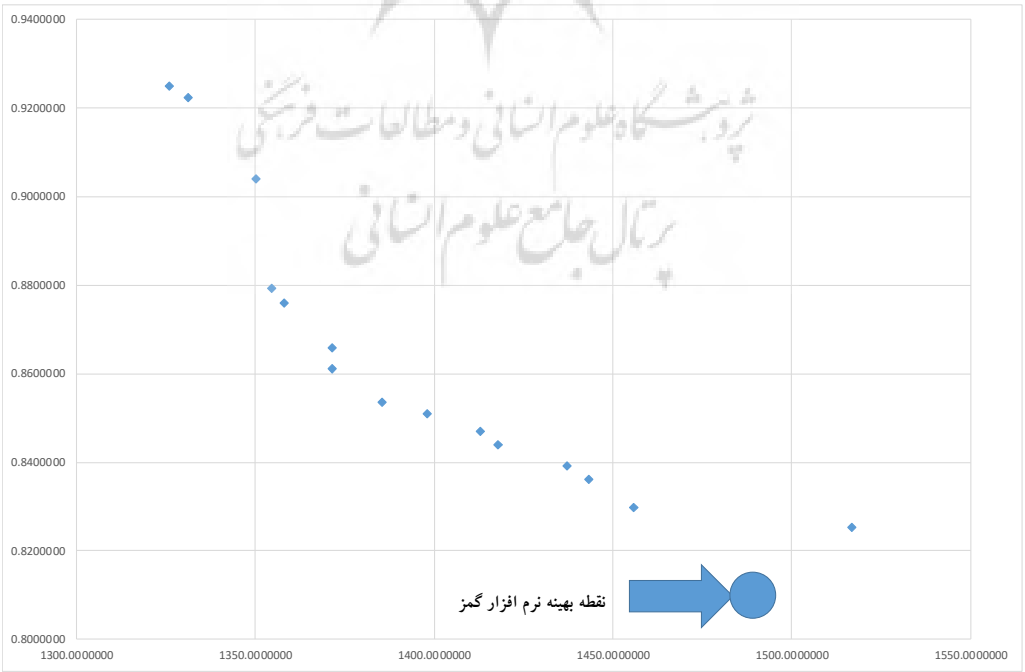
۴-۸-۲- نتایج الگوریتم NSGA-II

در این قسمت با توجه به پارامترهای به‌دست‌آمده از نمونهٔ موردی و کدنویسی مدل در نرم‌افزار متلب، این بار مسئله با الگوریتم NSGA-II حل و نتایج نهایی مطابق جدول شمارهٔ ۱۵ به دست آمده است.

جدول ۱۵- نتایج نهایی نقاط پاریتو فرانت؛ مطالعهٔ موردی با الگوریتم NSGA-II

نقاط پاریتو فرانت	Z_1	Z_2
۱	۱۵۱۶/۶۹۸	۰/۸۲۵۱۹۴
۲	۱۳۲۶/۰۷۷	۰/۹۲۴۹۱۲
۳	۱۳۵۰/۰۶۵	۰/۹۰۳۹۶۲
۴	۱۴۵۵/۷۲۸	۰/۸۲۹۷۶۹
۵	۱۳۳۱/۳۷۳	۰/۹۲۲۲۹۲
۶	۱۳۵۴/۴۹۸	۰/۸۷۹۱۳۲
۷	۱۳۸۵/۴۶۲	۰/۸۵۳۴۸۲
۸	۱۳۵۸/۰۴۵	۰/۸۷۵۹۷۲
۹	۱۳۷۱/۴۱۳	۰/۸۶۵۷۵۷
۱۰	۱۴۳۷/۱۷۷	۰/۸۳۹۱۵۹
۱۱	۱۳۹۷/۹۳	۰/۸۵۰۹۷۷
۱۲	۱۴۱۷/۸۰۶	۰/۸۴۳۸۸۷
۱۳	۱۳۷۱/۵۲۱	۰/۸۶۱۰۹۷
۱۴	۱۴۴۳/۲۶۴	۰/۸۳۶۰۱۴
۱۵	۱۴۱۲/۹۳۸	۰/۸۴۶۹۶۲

همچنین، مطابق نتایج جدول شمارهٔ ۱۲، نمودار پاریتو فرانت مطابق شکل شمارهٔ ۳ است.



شکل ۳- نمودار پاریتو فرانت

۵- بحث

براساس روش پیشنهادشده در این پژوهش، بهترین سناریوی تخصیص زیرمجموعه‌ها و تجهیزات سامانه‌های تک‌کاره به تأمین‌کنندگان واجد شرایط برای کاهش ریسک کل سامانه با مدل‌سازی چندهدفه تعیین شده است. در مدل ارائه‌شده در این پژوهش، دو تابع هدف برای کاهش ریسک کل سامانه و کاهش هزینه‌های تأمین در نظر گرفته شده است. همچنین، تابع هدف اول، اولویت بالاتری در این پژوهش دارد. درواقع، در مدل این مسئله، اینگونه فرض شده است که علت خرابی و افزایش ریسک سامانه‌های تک‌کاره می‌تواند به‌علت تأمین نامناسب تجهیزات و زیرمجموعه‌های آن باشد؛ بنابراین، با توجه به اینکه هر زیرمجموعه، درجهٔ اهمیت و ریسک جداگانه‌ای دارد، چگونگی تأمین آن توسط تأمین‌کنندهٔ مناسب، امکان افزایش ریسک ذاتی تجهیز دارد که نتیجهٔ آن، افزایش احتمال خرابی کل سامانه است؛ درنتیجه، با تعیین میزان درجهٔ اهمیت ذاتی هر تجهیز براساس درجهٔ اهمیت آن در وقوع خرابی‌های سامانه و تعیین ریسک تأمین‌کنندگان، بهترین تخصیص را برای کاهش ریسک کل سامانه می‌توان ایجاد کرد. در این موضوع، تأثیر تأمین تجهیز بر خرابی کل سامانه با استفاده از تجزیه‌وتحلیل درخت خرابی‌های سامانه میسر می‌شود؛ بنابراین، براساس نتایج به‌دست‌آمده در مطالعهٔ کاربردی این پژوهش در جدول شمارهٔ ۷، تخصیص‌ها با استفاده از مدل چندهدفهٔ پیشنهادی تعیین شده است. همچنین، بهترین مقدار دو تابع هدف مسئله برای تابع هدف اول، ۱۴۸۹/۳۴۹ و برای تابع هدف دوم، ۰/۸۰۹ به دست آمده است. همچنین، با تحلیل حساسیت انجام‌شده در جدول‌های شمارهٔ ۸ و ۹، عملکرد مدل پیشنهادی بررسی شده است که نتایج به‌دست‌آمدهٔ عملکرد صحیح آن را تأیید می‌کند. علاوه بر این، براساس نتایج الگوریتم ژنتیک و نمودار پاریتو فرانت به‌دست‌آمده (شکل شمارهٔ ۳)، نقطهٔ بهینهٔ مسئله در جایگاهی بهتر از نمودار پاریتو فرانت قرار دارد و این موضوع نیز تأییدکنندهٔ رفتار مدل و حل آن با نرم‌افزار گمز است. درواقع، الگوریتم‌های فراابتکاری، همیشه جواب‌هایی بدتر یا درنهایت، برابر با جواب بهینه ارائه می‌کند. در پژوهش مشابهی، عظیمیان و همکاران (۲۰۱۷)، ترکیب تأمین‌کنندگان بهینهٔ تجهیزات یک سامانهٔ استراتژیک را با استفاده از تحلیل ریسک و روش سناریوسازی به دست آورده‌اند. در این مطالعه، پژوهشگران با تعیین سناریوهای ممکن تأمین تجهیزات توسط تأمین‌کنندگان، ریسک تلفیقی تجهیز پس از تأمین را محاسبه و با استفاده از تجزیه‌وتحلیل درخت خطا، ریسک کل سامانه را برآورد کرده‌اند؛ بنابراین، روش مدل‌سازی ریاضی و مدل چندهدفهٔ ارائه‌شده در مطالعهٔ حاضر، علاوه بر تحلیل ریسک، کاهش هزینه‌های تأمین را نیز در نظر گرفته است. همچنین، رویکرد جدید به‌عنوان روشی سریع و مطمئن برای انتخاب گروه بهینهٔ تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن تمامی سناریوهای ممکن و اعمال محدودیت‌های مدیریتی می‌تواند مد نظر قرار گیرد؛ بنابراین، مدل ارائه‌شده در این پژوهش، به‌عنوان ابزاری مطمئن برای تخصیص تأمین‌کنندگان موجه تجهیزات تک‌کاره می‌تواند در اختیار مدیران سازمان‌ها قرار گیرد. درنهایت، برای تأثیر هرچه بیشتر تحلیل‌های مذکور بر بهبود عملکرد تأمین و به‌تبع آن، کاهش ریسک محصول نهایی، مدیریت سازمان می‌تواند از روش‌های نوین بازاریابی و مدیریت خرید برای ارتباط با تأمین‌کنندگان مناسب‌تر و کوشش برای کاهش ریسک محصولات خریداری‌شده و تقویت تأمین‌کنندگان و پیمانکاران سازمان استفاده کند.

۶- نتیجه‌گیری

این پژوهش، رویکردی تلفیقی از مدل‌سازی چندهدفه و روش تجزیه‌وتحلیل درخت خطا برای تعیین بهترین سناریوی تأمین تجهیزات یک سامانهٔ تک‌کاره برای کاهش ریسک کلی تأمین آن ارائه کرده است. درابتدا، با تعیین تأمین‌کنندگانی که شرایط لازم را برای تأمین تجهیزات دارند، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه این تأمین‌کنندگان ارزیابی و یک عدد ریسک به هر کدام از آنها تخصیص داده شده است؛ سپس، رویدادها و حوادثی که ممکن است برای محصول مد نظر حادث شود، شناسایی و زیرسیستم‌ها و تجهیزاتی که باعث بروز این حوادث می‌شود نیز شناسایی و با استفاده از ماتریس حادثه– علت، تحلیل کمّی آنها انجام شده و ریسک ذاتی هر تجهیز به دست آمده است. درادامه، ظرفیت تأمین‌کنندگان و تجهیزات قابل تأمین توسط هر تأمین‌کننده به‌عنوان پارامترهای مسئله تعیین شده است. درنهایت، با حل مدل با نرم‌افزار گمز و الگوریتم ژنتیک، بهترین تخصیص تعیین شده است. بدین‌ترتیب، با انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان، ریسک خرابی سیستم‌ها را می‌توان کاهش داد. برای صحیح کارنکردن یا خرابی زیرمجموعه‌های تأمین‌شدهٔ یک محصول، ممکن است علل گوناگونی وجود داشته باشد. در رویّهٔ پیشنهادشده در این مقاله، به این نکته توجه شده است که یکی از مهم‌ترین این علل به تأمین نامناسب زیرمجموعه مرتبط است؛ به عبارتی، اگر احتمال تأمین نامناسب زیرمجموعه زیاد باشد، احتمال خرابی و عملکرد نامناسب زیرمجموعه در سیستم بیشتر است. اگر تعداد سناریوهای موجه، محدود باشد، تعیین سناریوی بهینه از بین آنها با روش‌های ارزیابی کیفی و قیاسی میسر است؛ بنابراین، برای مواردی که تعداد تأمین‌کنندگان و زیرمجموعه‌ها زیاد باشد، مدل ریاضی پیشنهادی در این پژوهش راهگشاست. محدودیت‌های این پژوهش نیز شامل وجود ظرفیت تأمین مشخص برای هر تأمین‌کننده، الزام بر تأمین هر زیرمجموعه توسط یکی از تأمین‌کنندگان و توانایی ارائهٔ زیرمجموعه‌های خاص توسط هر تأمین‌کننده است. همچنین، از روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چندمعیاره یا روش‌های فازی برای تعیین عدد ریسک و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان می‌توان استفاده کرد یا از ماتریس کرالجیک برای تعیین اهمیت و ریسک ذاتی تجهیزات بهره برد. علاوه بر این، با در نظر گرفتن عوامل دیگری، که در خرابی تجهیزات تأثیرگذار است، مدل ریاضی مسئله را می‌توان توسعه و تعداد توابع هدف و محدودیت‌ها را افزایش داد. درپایان به پژوهشگران توصیه می‌شود الگوی پیشنهادی را در سایر سازمان‌های مرتبط آزمون و بررسی کنند.

References

- Arabzad, S., and Ghorbani, M. (2011). "Using Integrated FMEA-DEA Approach to classify Purchasing Items Based on Kraljic Model". *International Journal of Business and Science*, 2(21): 253-257.
- Azimian, M., Javadi, H., Farshchiha, A., and Nosohi, I. (2017). "Selection the Optimum Suppliers Compound Using a Mixed Model of MADM and Fault Tree Analysis". *Production and Operation Management*, 8(1): 45-64. (in Persian).
- Babber, C., and Hassanzadeh Amin, S. (2018). "A Multi-objective Mathematical Model Integrating Environmental Concerns for Supplier Selection and Order Allocation based on Fuzzy QFD in Beverage Industry". *Expert Systems with Applications*, 92: 27-38.
- Balakrishnan, N., Castilla, E., Martin, N., and Pardo, L. (2019). "Robust Estimators and Test Statistics for One-Shot Device Testing Under the Exponential Distribution". *IEEE Transactions on Information Theory*, 66(5): 3080-3096.

- Barak, S., and Javanmard, S. (2020). "Outsourcing modelling using a novel interval-valued fuzzy quantitative strategic planning matrix (QSPM) and multiple criteria decision-making (MCDMs)". *International journal of Production Economics*, 222: 107494.

- De Oliveria, U., Silva Marins, F., Rocha, H., and Salomon, V. (2017). "The ISO 31000 standard in supply chain risk management". *Journal of Cleaner Production*, 151: 616-633.

- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyarivan, T. (2002). "A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II". *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2): 182-197.

- Demirtas, A., and Ustun, O. (2009). "Analytic Network Process and Multi-period Goal Programming Integration in Purchasing Decisions". *Computers and Industrial Engineering*, 56: 677-690.

- Dunson, D., and Dinse, G. (2002). "Bayesian Models for Multivariate Current Status Data with Informative Censoring". *Biometrics*, 58: 79-88.

- Faez, F., Ghodsypour, S., and O'Brien, C. (2009). "Vendor Selection and Order Allocation Using an Integrated Fuzzy Case-based Reasoning and Mathematical Programming Model". *International Journal of Production Economics*, 121(2): 395-408.

- Fan, T., Balakrishnam, N., and Chang, C. (2009). "The Beysian Approach for Highly Reliable Electero-Explosive Decvices Using One-Shot Device Testing". *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 79(9): 1143-1154.

- Fartaj, S.R., Kabir, G., Eghujovbo, V., Ali, S., and Paul, S. (2020). "Modeling Transportation Disruption in the Supply Chain of Automotive Parts Manufacturing Company". *International Journal of Producction Economics*, 22: 1-45.

- Ghahroodi, S., Hanbali, A., Zijm, W., and Timmer, J. (2019). "Emergency Supply Contracts for a Service Provider Limmited Local Resources". *Reliability Engineering and System Safty*, 189: 445-460.

- Govindan, K., Mina, H., and Alavi, B. (2020). "A Decision Support System for Demand Management in Healthcare Supply Chains Considering the Epidemic Outbreaks: A Case Study of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 138: 101967.

- Grall, A., Bérenguer, C., and Dieulle, L. (2002). "A Condition-Based Maintenance Policy for Stochastically Deteriorating Systems". *Reliability Engineering and System Safety*, 76: 167-180.

- Guo, H., Honecker, S., Mettes, A., and Ogden, D. (2010). "Reliability Estimation for One-Shot Systems with Zero Component Test Failures". *Annual Reliability and Maintain Ability Symposium,IEEE*, (pp. 1-7). San Jose, CA, USA: IEEE. doi:10.1109/RAMS.2010.5448016.

- Hariga, M. (1996). "A Maintenance Inspection Model for a Single Machine with General Failure Distribution". *Microelectronics Reliability*, 36: 353-358.

- Ito, K., and Nakagawa, T. (2000). "Optimal Inspection Policies for a Storage System with Degradation at Periodic Tests". *Mathematical and Computer Modelling*, 31: 191-195.

- Kaio, N., Dohi, T., and Osaki, S. (1994). "Inspection Policy with Failure due to Inspection". *Microelectronics Reliability*, 34: 599-602.

- Kitagaw, T., Yuge, T., and Yanagi, S. (2016). "Periodic and Non-Perodic Inspection Policies for a One-Shot System with Minimal Repir". *Journal of Japan Industrial Management Association*, 66(4): 387-395.

- Kuo, R., Wang, Y., and Tien, F. (2010). "Integration of Artificial Neural Network and MADAM Methods For Green Supplier Selection". *Journal of Cleaner Production*, 18(12): 1161-1170.

- Li, W., and Pham, H. (2005). "An Inspection-Maintenance Model for Systems with Multiple Competing Processes". *IEEE Transactions on Reliability*, 54: 318-327.

- Ling, M., and Hu, X. (2020). "Optimal Design of Simple Step-stress Accelerated Life Tests for One-shot Devices Under Weibull Distributions". ***Reliability Engineering and System Safety***, 193: 106630.

- Mehrvars, A., Sanei Monfared, M., Farsi, M., and Shafiei, M. (2018). "Monitoring the States and Maintaining the Reliability of the One-Shot Systems". ***Journal of Sharif Industrial Engineering and Management***, 34-1(1/1): 73-85. (in Persian).

- Moradi, M., Karbasian, M., and Yousefi, O. (2017). "Providing a Mathematical Model to Determine the Optimal Time to Replace Parts in One-Shot Systems, Case Study: Composite Pressure Vessel". ***3rd International Conference on Industrial and System Engineering.13 and 14.*** (pp 1-5). Mashhad.Iran: Ferdowsi University. (in Persian).

- Morris, M. (1987). "A Sequential Experimental Design for Estimating a Scale Parameter from Quantal Life Testing Data". ***Technometrics***, 29: 173-181.

- Petrovic, S., Milosavljevic, P., and Lozanovic Sajic, J. (2018). "Rapid Evaluation of maintenance process using statistical process control and simulation". ***International Journal of Simulation Model***, 17: 119-132.

- Piadeh, F., Ahmadi, M., and Behzadian, K. (2018). "Reliability assessment for hybrid systems of advanced treatment units of industrial wastewater reuse using combined event tree and fuzzy fault tree analyses". ***Journal of Cleaner Production***, 201: 958-973.

- Rashidi, K., and Cullinance, K. (2019). "A Comparison of Fuzzy DEA and Fuzzy Topsis in Sustainable Supplier Selection: Implications for Sourcing Strategy". ***Expert Systems with Applications***, 121: 266-281.

- Salimi, F., and Vahdani, B. (2018). "Designing a Bio-fuel Network Considering Links Reliability and Risk-pooling Effect in Bio-refineries". ***Reliability Engineering and System Safety***, 174: 96-107.

- Segura, M., and Maroto, C. (2017). "A Multiple Criteria Supplier Segmentation Using Outranking and Value Function Methods". ***Expert Systems with Applications***, 69: 87-100.

- Sharifi, M., and Taghipour, S. (2020). "Optimal Inspection Interval for a k-out-of-n System with Non-identical Components". ***Journal of Manufacturing Systems***, 55: 233-247.

- Tavan, M., Fallahpour, A., Dicaprio, D., and Santes-Artega, F. (2016). "A Hybrid Inteligent Fuzzy Predictive Model with Simulation for Supplier Evaluation and Selection". ***Expert Systems with Applications***, 61: 129-144.

- Thakur, V., and Anbanandam, R.(2015). "Supplier selection using grey theory: a case study from Indian banking industry". ***Journal of Enterprise Information Management***, 28(2): 769-787.

- Vinter, Z., and Valis, D. (2008). "Reliability Modelling Of Automatic Gun With Pyrotechnic Charging". ***Advances In Military Technology***, 3(1): 33.

- Wu, D. (2009). "Supplier Selection: A Hybrid Model Using DEA, Decision Tree and Neural Network". ***Expert Systems with Applications***, 36: 9105-9112.

- Wu, H., Li, Y.F., and Bérenguer, C. (2020). "Optimal Inspection and Maintenance for a Repairable k-out-of-n: G Warm Standby System". ***Reliability Engineering and System Safety***, 193: 106669.

- Wu, S.J., Hsu, C.C., and Huang, S.R. (2020). "Optimal Designs and Reliability Sampling Plans for One-shot Devices with Cost Considerations". ***Reliability Engineering and System Safety***, 197: 106795.

- Yates, S., and Mosleh, A. (2006). "A Bayesian Approach to Reliability Demonstration for Aerospace Systems". ***Reliability and Maintainability Symposium. Annual.*** Newport Beach, CA, USA. IEEE. doi:10.1109/RAMS.2006.1677441.

- Yun, W., Kim, H., and Han, Y. (2012). "Simulation-Based Inspection Policies for a One-Shot System in Storage". ***5th Asia-Pacific Int. Symp. Advanced Reliability and Maintenance Modeling (APARM 2012)***, (pp 621-628).

- Yun, W.Y., Han, Y., and Kim, H.W. (2014). "Simulation-Based Inspection Policies for a One-Shot System in Storage Over a Finite Time Span". *Communications in Statistics-Simuation and Computation*, 43: 1979-2003.

- Zaretalab, A., Hajipour, V., and Tavana, M. (2020). "Redundancy Allocation Problem with Multi-State Component Systems and Reliable Supplier Selection". *Reliability Engineering and System Safty*, 193: 106629.

- Zeydan, M., Çolpan, C., and Çobanog, C.(2011). "A Combined Methodology for Supplier Selection and Performance Evaluation". *Expert Systems with Applications*, 38(3): 2741-2751.

[1]- One-Shot
[2]- Ling, M. and Hu, X.
[3]- Wu, S.J., Hsu, C.C., and Huang, S.R
[4]- Petrovic, S., Milosavljevic, P., and Lozanovic Sajic, J.
[5]- Dunson and Dinse
[6]- Yates and Mosleh
[7]- Vinter and Valis
[8]- Fan, Balakrishnam and Chang
[9]- Guo, Honecker, Mettes and Ogden
[10]- Mehrvars, Sanei Monfared, Farsi and Shafiei
[11] -Kaio, Dohi and Osaki
[12]- Hariga
[13] -Ito and Nakagawa.
[14] -Grall, Bérenguer and Dieulle
[15] -Li and Pham
[16] -Yun, Kim and Han
[17] -Yun, W.-Y., Han, Y. and Kim, H.-W.
[18] -Kitagaw, Yuge and Yanagi
[19] -Moradi, Karbasian andYousefi
[20] -Sharifi, M., and Taghipour, S.
[21] -Morris
[22] -Balakrishnan, Castilla, Martin, and Pardo
[23]- Azimian, M., Javadi, H., Farshchiha, A., and Nosohi, I.
[24]- Barak, S., and Javanmard, S.
[25]- Fartaj, S.-R., Kabir, G., Eghujovbo, V., Ali, S., and Paul, S.
[26] De Oliveria,U.,Silva Marins, F., Rocha, H., Salomon, V.
[27]- Zaretalab, A., Hajipour, V., and Tavana, M.
[28]- Rashidi, K., and Cullinance, K.
[29]- Ghahroodi, S., Hanbali, A., Zijm, W., and Timmer, J.
[30]- Fault Tree Analysis (FTA)
[31]- Piadeh, F., Ahmadi, M., and Behzadian, K.
[32]- Multi-Objective Decision Making (MODM)
[33]- Goal Programing
[34]- Faez, Ghodsypour, and O'Brien
[35]- Operational Research
[36]- Group Technology
[37]- Quality Function Deployment
[38]- Decision Support System
[39]- Data Envelopment Analysis
[40]- Failure Mode and Effect Analysis
[41]- Fuzzy Case-based Reasoning
[42]- Fuzzy Inferences System
[43]- Cause and Effect Matrix
[44]- Govindan, K., Mina, H., and Alavi, B.
[45]- Babber and Hassanzadeh Amin
[46]- Salimi and Vahdani
[47] Segura & Maroto
[48] Thakur & Anbanandam

[49] Tavan, Fallahpour, Dicaprio, & Santes-Artega
[50] Zeydan, Çolpan, & Çobanog
[51] Arabzad & Ghorbani
[52] Kuo, Wang, & Tien
[53] Wu D.
[54] Demirtas & Ustun
[55] Top Event
[56] Lexicographic Goal Programming
[57] The General Algebraic Modeling System
[58] Matlab Software
[59] Genetic Algoritm
[60] NSGA-II: Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II
[61] MATLAB software
[62] Non-dominated Sorting
[63] Crowding Distance
[64] Pareto Front
[65] Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T
[66] Taguchi
[67] Mean Ideal Distance
[68] Minitab

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی