Industrial Management Studies
Vol. 22, No. 73, Summer 2024; P 185-240
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2024.78742.2907

ATU PRESS

Original Research
Accepted: 05/06/2024
Revised: 30/05/2024
Received: 28/03/2020
eISSN: 2476-602X
ISSN: 2251/8029

Designing a Model for Monitoring Supplier Cooperation Strategy Using Fuzzy Profile Monitoring of Unforeseen Costs

Poorya Naseri * PhD Student Department of Industrial Engineering, Faculty of management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

Mortaza Abbasi Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

Karim Atashgar Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

This article investigates the selection of a cooperation model with suppliers and the continuous monitoring of the collaboration strategy over time by tracking the supplier's performance. A multiple fuzzy profile monitoring model is proposed and implemented in two stages to oversee the supplier's unforeseen costs. In the first stage, criteria and indicators for evaluating the delivery process and quality are identified based on literature reviews and expert opinions from industry leaders. In the second stage, a two-phase monitoring approach is adopted. First, using the T^2 method, the model's parameters based on successive differences are calculated and separately monitored for the multiple fuzzy profiles of delivery and quality processes. In the second phase, the likelihood ratio method is applied to track the profiles over time, enabling the control chart to signal any warning in the shortest possible time. In the final stage, the results from the fuzzy profiles of delivery and quality processes,

* Corresponding Author: mohtashami07@gmail.com
How to Cite: Naseri, P., Abbasi, M., Atashgar, K. (2024). Designing a Model for Monitoring Supplier Cooperation Strategy Using Fuzzy Profile Monitoring of Unforeseen Costs, *Industrial Management Studies, 22(73),* 185-240.

combined with artificial intelligence and the fuzzy inference system tool, are used to monitor unforeseen costs, make decisions regarding the supplier, and assess the adopted strategy. This model has been implemented in Iran's automotive industry, specifically within Iran Khodro Company and its gearbox parts supplier, Niromoharkeh Company.

1. Introduction

Most of the reviewed articles focus either on the impact of supplier selection and cooperation strategies on performance or on the monitoring and evaluation of supplier performance, without considering the integration of these two aspects. However, this article offers a novel approach by combining both the selection of the cooperation model with the supplier and the continuous monitoring of the cooperation strategy over time. By doing so, it evaluates the supplier's performance while simultaneously assessing the collaboration strategy, ensuring that performance and strategic alignment are tracked and optimized throughout the partnership. This integrated approach allows organizations to avoid the costly consequences of choosing an unsuitable cooperation strategy. Unlike previous studies, which primarily monitored and evaluated suppliers qualitatively, this research introduces a fuzzy regression model to integrate performance variables. By considering the combined effects of these variables, the model continuously monitors the supplier's performance over time. Additionally, the research leverages artificial intelligence to assist in selecting the appropriate cooperation model with the supplier. This advanced combination of fuzzy modelling and AI provides a more accurate and dynamic method for ensuring optimal supplier performance and strategy alignment over time.

2. Methodology

This article focuses on monitoring supplier performance and selecting and tracking the cooperation strategy with suppliers. The performance indicator investigated is the unforeseen costs incurred by suppliers, which are crucial for understanding supplier reliability. The unknown factors contributing to these unforeseen costs are evaluated based on past transaction data, specifically in terms of delivery time and product quality. A multi-fuzzy profile monitoring model is presented to control these unforeseen costs by focusing on the delivery and

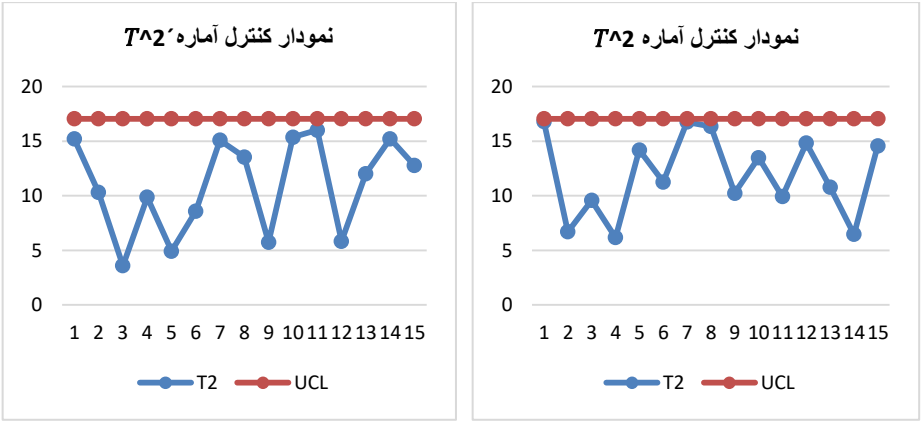
quality processes. This model can significantly enhance both the delivery and quality processes for organizations where supplier performance in these areas directly impacts production efficiency, final product pricing, and market competitiveness. By continuously monitoring the duration of delivery and quality under fuzzy conditions, the model allows organizations to detect inefficiencies or potential issues early, enabling them to make informed adjustments in their cooperation strategies. This helps companies optimize their supply chain and minimize disruptions that could affect their competitiveness in the marketplace.

3. Findings

3.1. Monitoring in phase 1

In phase one of control, to monitor a multivariate multiple profile, it is necessary to estimate the parameters of the regression model. In fact, estimating these parameters and ensuring the suitability and correctness of the designed regression model in the condition that the process is in steady state, makes the process controllers statistically confident that they can statistically control the process profile in phase two.

Fig 1. Control chart of T^2 and $\acute{T}^2$ statistics



3.2. Monitoring in phase 2

In phase 2, the emphasis is on the rapid discovery of trends and shifts, and this issue is usually measured by the parameters of the sequence length distribution. One of the methods used in phase 2 is the likelihood ratio method. This method is an extension of for the case of multiple multivariate linear profiles, which was carried out by Ivzian et al. (2012).

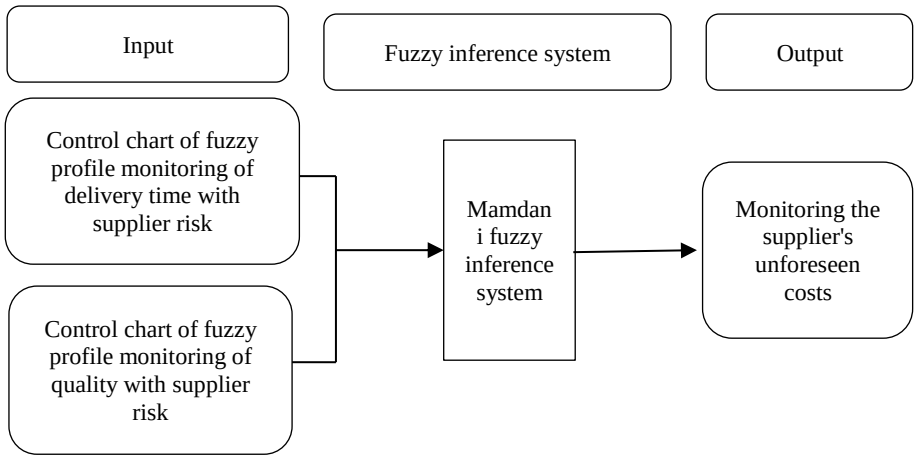
Table 1. Statistical values of $ELRT_k$ and $E\acute{L}\acute{R}T_k$

K	$ELRT_k$	K	$ELRT_k$	K	$ELRT_k$	K	$EL\acute{R}T_k$		$EL\acute{R}T_k$		$EL\acute{R}T_k$
1	2.871075	6	2.845867	11	4.469785	1	15.23641	6	11.02083	11	11.81261
2	8.200089	7	18.55599	12	1.605389	2	3.610007	7	5.128915	12	13.87762
3	1.157885	8	11.82122	13	4.508461	3	15.63346	8	6.304939	13	3.227308
4	8.749965	9	9.011472	14	5.480349	4	3.357757	9	8.467988	14	6.50861
5	4.324868	10	6.379532	15	5.812649	5	10.93463	10	12.94285	15	0.25071

3.3. Fuzzy inference system

We use the fuzzy inference system to create a decision support system for how to interact with the supplier. Figure 1 shows the structure of the fuzzy expert system.

Fig 2. Fuzzy expert system structure



In the figure on the right, if the input of the control chart for monitoring the fuzzy profile of the supplier's delivery time is 0.72 and the input of the control chart for monitoring the quality of the fuzzy profile of the supplier is considered to be 0.35, the output value is 0.375, which, due to the unforeseen costs, allows the organization to continue cooperating with the supplier according to the contract. In the figure on the left, if the input of the fuzzy profile monitoring control chart of the supplier's delivery time is 0.757 and the input of the fuzzy profile monitoring control chart of the supplier's quality is 0.859, the output value is 0.712, which, according to the unforeseen costs, allows the organization to cooperate strategically with the supplier and maintain a long-term relationship. By changing the control charts for monitoring the fuzzy profiles of delivery time and supplier quality over time, the strategy of cooperation with the supplier can change, and the model of cooperation with the supplier is monitored over time. In case of changes in the supplier's conditions, by paying attention to the performance indicators, the cooperation strategy with the supplier can also change. Figure 4 shows the level diagram between input 1 and input 2 and their effect on the output.

Figure 3. Getting output based on different inputs

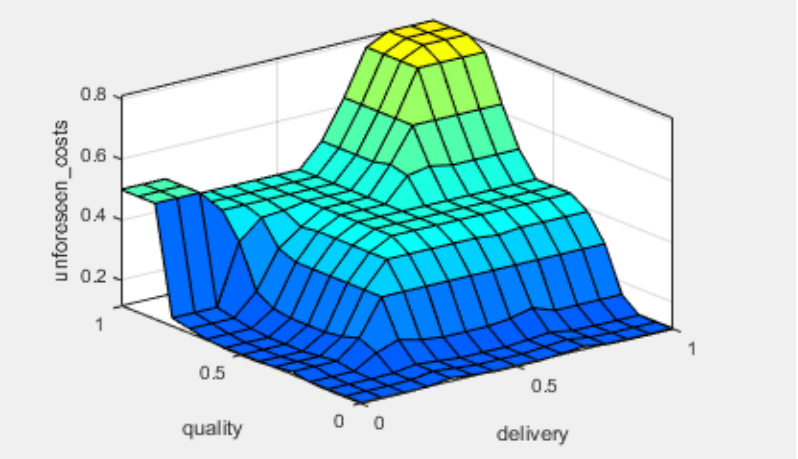
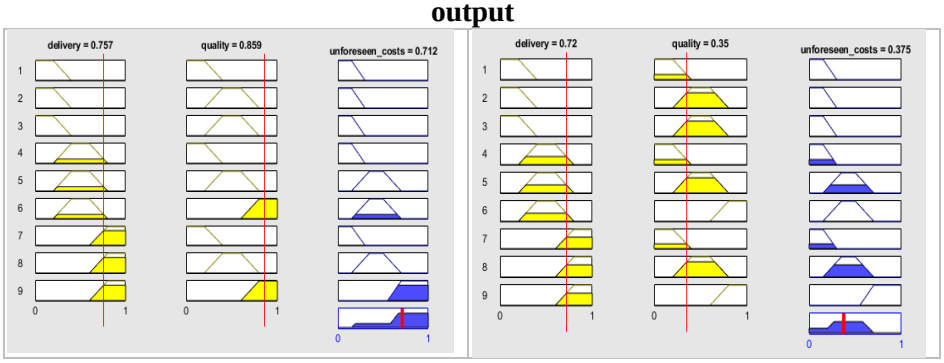


Figure 4. Level diagram between input 1 and 2 and their effect on output



4. Discussion and Conclusion

This article focuses on monitoring performance and choosing and monitoring the cooperation strategy with the supplier. Unforeseen costs were investigated as a supplier's performance indicator, and the unknown factors of unforeseen costs were measured based on the data of the suppliers' past transactions in terms of delivery time and product quality. A model for multi-fuzzy profile monitoring of delivery and quality processes to control the supplier's unanticipated costs is presented, which can improve delivery and quality processes for organizations where the delivery time and quality of supplier products play a significant role in their production, final product price, and market retention. It monitors and checks the length of time in fuzzy conditions. By reviewing the literature and using the opinions of elites and industry experts, indicators related to the delivery process and quality were extracted as independent variables, and delivery time and quality were considered as response variables in the form of two multiple-phase regressions separately.

To monitor the fuzzy profile, the T^2 method based on successive differences was used in phase 1, and the likelihood ratio method in phase 2. The historical data were graded based on the Likert scale and converted into fuzzy quantitative data by industry experts by sampling the process review. Delivery, quality, and risk were evaluated through persuasion and review. In the first phase, model parameters were obtained and monitored. In the second phase, by simulating the data in control, the effectiveness of the model was investigated in finding the warning. By examining different situations for the control charts of delivery time and quality and using the tool of the fuzzy inference

system, the organization may be alerted to investigate any dissatisfaction with unforeseen costs as quickly as possible and decide whether to continue or terminate cooperation with the supplier. In this research, other supplier evaluation indicators, in addition to the delivery process, quality, and risk indicators, can be used to monitor the supplier realistically.

Keywords: Cooperation with Supplier, Unforeseen Cost, Multiple Fuzzy Profile Monitoring, Fuzzy Inference System.

مقاله پژوهشی
تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۱/۰۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶
ISSN: 2251/8029
eISSN: 2476-602X

مطالعات مدیریت صنعتی
سال بیست و دوم، شماره ۷۳، تابستان ۱۴۰۳، ص ۱۸۵ تا ۲۴۰
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2024.78742.2907

طراحی مدلی برای انتخاب و پایش استراتژی همکاری با تأمین‌کننده با استفاده از پایش پروفایلی فازی هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده

پوریا ناصری * دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

مرتضی عباسی استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

کریم آتشگر دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

چکیده

استراتژی همکاری با تأمین‌کننده نقش مهمی در قدرت سازمان در بازار امروز دارد. توانایی نظارت بر عملکرد تأمین‌کننده و پایش استراتژی همکاری بین سازمان و تأمین‌کننده یک قابلیت حیاتی برای حفظ رابطه قوی سازمان و تأمین‌کننده است. این مقاله با پایش مستمر عملکرد تأمین‌کننده در طول زمان به بررسی انتخاب مدل همکاری با تأمین‌کننده و پایش استراتژی همکاری در طول زمان می‌پردازد. برای این منظور یک مدل پایش پروفایلی فازی چندگانه در دو مرحله برای پایش هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده تأمین‌کننده ارائه‌شده است. در گام نخست معیارها و شاخص‌ها برای ارزیابی فرآیند تحویل، کیفیت با توجه به منابع کتابخانه‌ای و نظر کارشناسان و نخبگان صنعت موردنظر استخراج می‌شود. در مرحله بعد، در فاز یک‌پایش با استفاده از روش T^2 پارامترهای مدل مبنی بر تفاوت‌های متوالی را برای پروفایل فازی چندگانه فرآیند تحویل و کیفیت به‌صورت جداگانه محاسبه و پایش می‌شوند و در فاز دوم از روش نسبت درستنمایی برای نظارت بر پروفایل‌ها به‌صورت فازی در طول زمان استفاده می‌شود تا در صورت وجود هشدار در کمترین زمان ممکن نمودار کنترلی آن را نشان دهد. در آخرین مرحله با استفاده از نتایج

* نویسنده مسئول: mohtashami07@gmail.com

پروفایل‌های فازی فرآیند تحویل و کیفیت و با استفاده از هوش مصنوعی و ابزار سیستم استنتاج فازی به پایش هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده و تصمیم‌گیری در مورد تأمین‌کننده و پایش استراتژی اتخاذشده پرداخته می‌شود. این مدل در صنعت خودروسازی شرکت ایران‌خودرو و تأمین‌کننده قطعات گیربکس توسط شرکت نیرومحرکه اجراشده است. با توجه پایش مستمر عملکرد شرکت تأمین‌کننده در هزینه‌های غیرقابل‌پیش‌بینی، شرکت ایران‌خودرو استراتژی همکاری بلندمدت را انتخاب و پایش می‌کند.

کلیدواژه‌ها: استراتژی همکاری با تأمین‌کننده، هزینه پیش‌بینی‌نشده، پایش پروفایل فازی چندگانه، سیستم استنتاج فازی.

مقدمه

Amy H.I. Lee., (2007) معتقدند امروزه در دنیای تجارت، سازمان‌ها برای بقا بـه ارتقـای بهره‌وری و نوآوری نیاز دارند. با تغییرات سریع بازار، سازمان‌ها در بازارهای جدید به دنبال تمرکز برای ارتقاء بهره‌وری، توسعه فناوری، رابطه با تأمین‌کننده و مشتریان خود هستند. بـه همین دلیل روابط خریدار و تأمین‌کننده در دستیابی به نتایج موفقیت‌آمیز تجارت نقش مهـم و پررنگی دارد [۱] . در جهان امروز یکی از مسئولیت‌های مهم مـدیران شـرکت‌ها ارزیـابی عملکرد و نظارت بر تأمین‌کنندگانی است که مواد اولیه، ترکیبات و خـدمات لازم را بـرای تولید محصولات داخلی تأمین می‌کنند. امروزه دیگر مبنـای تـأمین صـرفاً بـر مبنـای قیمـت نیست و با توجه به افزایش رقابت و گسـترش روابـط معیارهـای دیگـری همچـون کیفیـت، تحویل، انعطاف‌پذیری و ...را نیز شـامل می‌شـود؛ بنـابراین نیـاز بـه مـدل‌های ارزیـابی قـوی وجود دارد که به‌طور فعال بتواند چندین معیار تأمین‌کننده را پایش کند.

Talluri, S.; Sarkis, J. (2002)بـر ایـن باورنـد کـه مشـارکت طولانی‌مـدت بـین خریداران و تأمین‌کنندگان در عملیات زنجیره تأمین ضروری اسـت. بـه‌منظور ایجـاد چنـین رابطه‌ای، خریداران باید به‌طور مداوم عملکرد تأمین‌کنندگان را از طریق متغیرهای مختلـف کنترل کنند و برای بهبود، بازخورد ارائه دهند [۲] . Dey, P.K.; Bhattacharya, A.; Ho, W. (2015) .نظـارت بـر تأمین‌کننـده فرآینـدی مسـتقل، امـا به‌هم‌پیوسـته اسـت کـه فرآینـد انتخاب تأمین‌کننده را دنبال می‌کند] ۳ [. بعـلاوه، بـرای اینکـه بتواننـد اطلاعـات لازم را در مورد انتظارات خریداران در مورد کـارایی بـه تأمین‌کننـدگان ارائـه دهنـد، خریـداران بایـد مرتباً عملکرد تأمین‌کنندگان را ازنظر معیارهای ملموس و نامحسوس اندازه‌گیری و نظـارت کنند] ۲ [. فقط با نظـارت بـر روابـط در طـول زمـان، می‌تـوان رونـدها و تغییراتـی را کـه از عملکـرد ضـعیف بـالقوه در آینـده خبـر می‌دهنـد، شناسـایی کـرد. قبـل از تـأثیر منفـی در مشارکت باید علت عملکرد ضعیف را بررسی و برطرف کرد. واضح اسـت کـه شـرکت‌ها منابع مـدیریتی زیـادی را صـرف نظـارت و مـدیریت روابـط بـا تأمین‌کننـدگان مهـم خـود می‌کنند. پایش تأمین‌کنندگان در طول مدت همکـاری می‌توانـد بـه‌عنوان ابـزاری قـوی در

دست سازمان‌ها و شرکت‌ها باشد تا بتوانند به کنترل فعالیت‌های تأمین‌کننده در قبال سازمان و شرکت بپردازند و هرگاه تأمین‌کننده در هرلحظه از زمان همکاری شرایط لازم سازمان را جهت انجام همکاری از دست دهد به تغییر استراتژی با تأمین‌کننده موردنظر بپردازند.

سؤالات اصلی این پژوهش به‌صورت زیر بیان می‌شود:

۱- آیا می‌شود مشخصه‌های هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده تأمین‌کننده که شامل زمان تحویل و کیفیت می‌باشد را به‌صورت یک تابع رگرسیونی با چند متغیر مستقل در نظر گرفت؟

۲- آیا امکان دستیابی به یک تعریف از شرایط تحت کنترل آماری در فرآیند برای تأمین‌کننده در طول دوره همکاری رسید؟

۳- آیا می‌توان عملکرد تأمین‌کننده در حوزه کیفیت و زمان تحویل را در طول زمان ارزیابی نمود و بجای ارزیابی پایان دوره در هرلحظه از زمان اختلال پیش‌آمده را در سریع‌ترین زمان ممکن تشخیص و برای اصلاح اقدام نمود؟

۴- آیا می‌توان با توجه به عملکرد تأمین‌کننده استراتژی همکاری با تأمین‌کننده را انتخاب و پایش نمود؟

پیشینه پژوهش

Chen, S.-P., and W. Y. Wu. (2017) نشان دادند که شرکت‌ها می‌توانند از طریق مشارکت‌های قوی هزینه‌های معاملات را به حداقل برسانند. هرچه شرکت‌های بیشتری فرآیندهای غیر اصلی کسب‌وکار خود را به خارج از کشور بسپارند، توانایی مدیریت مؤثر روابط با تأمین‌کنندگان از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود [۴] . Villena, V. H., and C. W. Craighead. (2017) از داده‌های دوگانه برای بررسی تأثیر عدم تقارن بر عملکرد روابط خریدار و تأمین‌کننده استفاده کردند [۵] . همان‌طور که توسط Son et al. (2016) ذکرشده است، مدیران زنجیره تأمین باید به روش‌هایی مجهز باشند تا ارزیابی بهتری از جنبه‌های روابط استراتژیک خود داشته باشند که باید توجه آن‌ها را معطوف کنند [۶] .

Faraz et al. (2016)به این نکته اهمیت دادند که هر دو شریک تأمین‌کننده خریدار استراتژیک (نوع A) باید ازلحاظ روابط با یکدیگر درک یکسانی داشته باشند. آن‌ها تصور کردند که وقتی اختلاف‌نظرهایی بین خریداران و تأمین‌کنندگان وجود داشته باشد، عملکرد زنجیره تأمین به‌طور قابل‌توجهی خراب می‌شود [۷] . ازاین‌رو، Faraz et al. (2018)یک نمودار کنترل T^2 طراحی کردند تا اختلافات را در طول زمان کنترل کنند تا بر روابط خریدار – تأمین‌کننده نظارت باشد [۸] . Autry et al. (2014) بیشتر ادبیات مربوط به روابط خریدار و تأمین‌کننده را به دو جریان تحقیق عمده تقسیم کردند. اولی به‌طور خاص بر روابط ناملموس اجتماعی بین خریدار و تأمین‌کننده متمرکز است، درحالی‌که جریان دوم بر روابط محسوسی است که هر دو سازمان را به هم گره می‌زند] ۹ [. بااین‌حال، حتی باوجوداین جریان‌های تحقیقاتی توسعه‌یافته و گسترده، موارد مهمی در مورد چگونگی مدیریت و نظارت موفقیت‌آمیز بر روابط خریدار و تأمین‌کننده باقی‌مانده است. ارائه روش‌هایی که نظارت دقیق و کمی را به روش‌هایی که تنها به ادراکات ذهنی متکی است دارای اهمیت ویژه‌تری است [۸] . Suraraksa, J., Shin, K.S., (2019) یک چارچوب سامانمند مدیریت تأمین‌کننده برای ادغام مراحل انتخاب و نظارت بر تأمین‌کننده را که مستقل از یکدیگر نباشند ارائه دادند. روش پیشنهادی یک رویکرد کمی و کیفی را باهم ترکیب می‌کند و با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP[1]) تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM[2]) را برای ارزیابی اولویت‌های این معیارها تنظیم می‌کند. ایشان تفاوت مجموعه معیارهای انتخاب تأمین‌کننده و نظارت بر تأمین‌کننده را بررسی می‌کنند [۱۰] . Liang C., & Li Q., (2006) سه چالش مهم زیر را برای بهبود عملکرد پایداری یک سازمان تعریف کردند. اول، ارزیابی پایداری، مستلزم در نظر گرفتن تأثیرات نه‌تنها عوامل اقتصادی، بلکه عوامل زیست‌محیطی و اجتماعی هم است. دوم، یافتن شاخص‌های پایداری مناسب و جمع‌آوری داده‌های لازم برای تعیین کمیت عملکرد پایداری و سوم اینکه پایداری را باید در متن کل سیستم مشاهده کرد. نویسندگان بر ارزیابی عملیات

1. Analytic Hierarchy Process
2. Multi-Criteria Decision-Making

زنجیره تأمین متمرکزشده‌اند که بازده اقتصادی را به حداکثر می‌رساند، تأثیرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند و انتظارات اجتماعی را برآورده می‌کند [۱۱] . Dey, P.K.; Cheffi,W. (2013) بسیاری از معیارهای تجربی را برای اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تأمین سبز (GSC[1]) مشخص کردند و چارچوب‌های کمی و کیفی را پیشنهاد داده‌اند. عملکرد GSC با استفاده از AHP اندازه‌گیری و محک زده می‌شود. با ادغام فرآیندهای زنجیره تأمین با سطوح تصمیم‌گیری سازمانی، چه استراتژیک و چه عملیاتی، نویسندگان یک چارچوب ابتکاری اندازه‌گیری عملکرد GSC را ایجاد کردند [۱۲] . Yakovleva, et al (2012) روشی احتمالی برای ترکیب داده‌های آماری کمی با نظر کارشناسان ارائه دادند. نویسندگان شاخص‌های پایداری، جمع‌آوری داده‌ها، تکمیل تحول داده‌ها با استفاده از تجدید ارزیابی و تعیین درجه اهمیت با استفاده از AHP را ایجاد کردند. ذینفعان ممکن است از این شاخص‌ها برای ارزیابی و هدایت عملکرد پایداری در زنجیره تأمین مواد غذایی استفاده کنند [۱۳] . Giannakis et al. (2019) با استفاده از روش ANP[2] برای به دست آوردن معیارهای ارزیابی مربوط به پایداری و با در نظر گرفتن روابط متقابل به انتخاب و ارزیابی پایداری تأمین‌کننده می‌پردازند [۱۴] . Pradhan, S.K., Routroy, S. (2016) از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM[3]) برای پایش شفافیت عملکرد زنجیره تأمین در حضور توسعه تأمین‌کننده (SD) رونمایی می‌کنند [۱۵] .

Torres-Ruiz et al. (2017) با توسعه یک مدل تصمیم‌گیری یک چارچوب ارزیابی ریسک پایداری تأمین را پیشنهاد می‌دهند تا خطرات احتمالی پایداری زنجیره تأمین برای بخش‌های مختلف تأمین‌کننده راکمی کند. آن‌ها ریسک پایداری را برای چهار بخش اقتصادی، محیط اجتماعی داخلی و خارجی و زیست‌محیطی تأمین‌کننده ارزیابی می‌کنند و با در نظر گرفتن نظارت و کاهش خطر باعث ایجاد مشارکت‌های طولانی‌مدت می‌شود [۱۶] .Maestrini et al. (2018) به‌طور تجربی رابطه بین دو روش اصلی اندازه‌گیری عملکرد و مدیریت (به‌عنوان‌مثال نظارت و مشوق‌ها) و عملکرد عملیاتی

1. Green Supply Chain
2. Analytic Network Process
3. Interpretive structural modeling

تأمین‌کنندگان را بررسی می‌کنند. یک چارچوب نظری برای شناسایی اثر واسطه‌گری همخوانی هدف و فرصت‌طلبی تأمین‌کننده در رابطه مستقیم بین نظارت / مشوق‌ها و عملکرد عملیاتی تأمین‌کنندگان ارائه‌شده است [۱۷] . Wang, et al. (2020) کاربرد تحلیل مؤلفه اصلی (PCA[1]) و دینامیکی (DPCA) در تشخیص و تشخیص عیب یک سیستم زنجیره تأمین را بررسی می‌کنند. به‌منظور نظارت بر زنجیره تأمین، داده‌هایی مانند سطح موجودی، تقاضای بازار و مقدار محصولات در حال حمل‌ونقل جمع‌آوری می‌شود. PCA و DPCA را برای مدل‌سازی شرایط عملیاتی عادی (NOC[2]) استفاده و از دو آماره پایش T^2 هاتلینگ و خطای پیش‌بینی مجذور (SPE[3]) را برای تشخیص عملکرد غیرعادی زنجیره تأمین استفاده می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد غیرعادی ناشی از تأخیر حمل‌ونقل، کمبود عرضه و بازده تولید ضعیف قابل‌تشخیص است [۱۸] . Duan, et al. (2020) به بررسی رابطه نگرش مصرف‌کنندگان و فعالیت‌های نظارت بر تأمین‌کننده می‌پردازند. ایشان در نتایج این تحقیق تأکید می‌کنند که مصرف‌کنندگان برای SMA[4] شرکت‌ها ارزش قائل هستند و به یک منطق اقتصادی برای شفافیت یک شرکت در رابطه با تلاش‌ها برای نظارت بر تأمین‌کننده‌اش اشاره می‌کنند [۱۹] . Shafiq, et al. (2022) با استفاده از ادبیات استراتژی در مورد اتحادها و ادبیات مدیریت روابط خریدار–تأمین‌کننده پیشنهاد می‌کنند که تلاش‌های یک شرکت خریدار برای توسعه فعالانه حساسیت فرهنگی و آگاهی عملیات برای درک فرهنگ عملیاتی و روال معمول تأمین‌کنندگان می‌تواند برخی از کاستی‌های نظارت بر تأمین‌کننده را بهبود بخشد] ۲۰ [. Hu, et al. (2022) پیامدهای عملکرد نظارت همتا در زمینه‌ی چند تأمین‌کننده را بررسی می‌کنند. این مطالعه بر اساس نظریه‌های مبادله اجتماعی و نمایندگی، بررسی می‌کند که چگونه، چه زمانی و چرا نظارت همتا به‌عنوان یک مکانیسم کنترلی حیاتی برای کاهش فرصت‌طلبی در میان تأمین‌کنندگان عمل می‌کند.] ۲۱ [. Changalima, et al. (2023) به بررسی نقش انتخاب تأمین‌کننده و

1. Principal Component Analysis
2. Normal Operating Conditions
3. Squared Prediction Error
4. Supplier Monitoring Activities

نظارت بر تأمین‌کننده در کارایی تدارکات عمومی ازنظر کاهش هزینه در تانزانیا پرداختند.] ۲۲ [. در جدول ۱ مطالعات صورت گرفته در زمینه پایش و انتخاب همکاری با تأمین‌کننده و مقایسه با مقاله حاضر آورده شده است.

جدول ۱. خلاصه‌ای از مطالعات صورت گرفته در زمینه نظارت بر تأمین کننده

شماره	عنوان	سال	هدف و دستاوردها	روش و ابزارها
۱	Effects of supplier selection and supplier monitoring on public procurement efficiency in Tanzania: a cost-reduction perspective	۲۰۲۲	✓ بررسی نقش انتخاب تأمین‌کننده و نظارت بر تأمین‌کننده در کارایی تدارکات عمومی ازنظر کاهش هزینه	روش‌های کیفی
۲	monitoring: implications for buyer performance	۲۰۲۲	✓ با استفاده از ادبیات استراتژی در مورد اتحادها و ادبیات مدیریت روابط خریدار-تأمین‌کننده برخی از کاستی‌های نظارت بر تأمین‌کننده را بهبود بخشیدند	روش‌های کیفی
۳	A two-stage model for monitoring the green supplier performance considering dual-role and undesirable factors	۲۰۲۰	✓ استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) و دینامیکی (DPCA) در تشخیص عیب یک سیستم زنجیره تأمین ✓ استفاده از PCA و DPCA را برای مدل‌سازی شرایط عملیاتی عادی (^{NOC})	آماره پایش T2 هاتلینگ و خطای پیش‌بینی مجذور (SPE)
۴	Consumers care and firms should too: On the benefits of disclosing supplier monitoring activities	۲۰۲۰	✓ بررسی رابطه نگرش مصرف‌کنندگان و فعالیت‌های نظارت بر تأمین‌کننده	استفاده از آماره‌های ریاضی متناسب
۵	A two-stage model for monitoring the green supplier performance considering dual-role	۲۰۲۰	✓ پایش کارایی زیست‌محیطی تأمین‌کنندگان در حضور خروجی‌های	مدل تحلیل پوششی داده‌ها

شماره	عنوان	سال	هدف و دستاوردها	روش و ابزارها
	and undesirable factors		نامطلوب و عوامل دو نقشی با جنبه‌های ایستا و پویا ✓ هدف آن‌ها تبیین دلیل اصلی بهره‌وری پایین تأمین‌کنندگان	
۶	Comparative Analysis of Factors for Supplier Selection and Monitoring	۲۰۱۹	✓ ارائه یک چارچوب سامانمند مدیریت تأمین‌کننده برای ادغام مراحل انتخاب و نظارت بر تأمین‌کننده را که مستقل از یکدیگر نباشند. ✓ روش پیشنهادی یک رویکرد کمی و کیفی را باهم ترکیب می‌کند.	فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) تصمیم‌گیری چند معیارهِ (MCDM)
۷	Supplier sustainability performance evaluation using the analytic network process	۲۰۱۹	✓ به دست آوردن معیارهای ارزیابی مربوط به پایداری با در نظر گرفتن روابط متقابل انتخاب و ارزیابی پایداری تأمین‌کننده	روش ANP
۸	Monitoring type B buyer–supplier relationships	۲۰۱۸	طراحی یک نمودار کنترل T2 برای کنترل روابط خریدار – تأمین‌کننده در طول زمان	نمودار کنترل T2
۹	Improving supply chain performance by Supplier Development program through enhanced visibility	۲۰۱۸	✓ ارائه روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) برای پایش شفافیت عملکرد زنجیره تأمین در حضور توسعه تأمین‌کننده (SD)	مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)
۱۰	Effects of monitoring and incentives on supplier performance: an agency theory perspective	۲۰۱۸	✓ ارائه یک چارچوب نظری برای شناسایی اثر واسطه‌گری همخوانی هدف	کیفی و مطالعات کتابخانه‌ای

شماره	عنوان	سال	هدف و دستاوردها	روش و ابزارها
			و فرصت‌طلبی تأمین‌کننده در رابطه مستقیم بین نظارت / مشوق‌ها و عملکرد عملیاتی تأمین‌کنندگان	
۱۱	Multiple Criteria Framework for the Sustainability Risk Assessment of a Supplier Portfolio	۲۰۱۷	✓ ارزیابی ریسک پایداری را برای چهار بخش اقتصادی، محیط اجتماعی داخلی و خارجی و زیست‌محیطی تأمین‌کننده و با در نظر گرفتن نظارت و کاهش خطر	روش کیفی
۱۲	On the Same Page? How Asymmetric Buyer–Supplier Relationships Affect Opportunism and Performance	۲۰۱۷	✓ استفاده از داده‌های دوگانه برای بررسی تأثیر عدم تقارن بر عملکرد روابط خریدار و تأمین‌کننده	مطالعات کتابخانه‌ای و داده‌های کمی
۱۳	A Dyadic Perspective on Retailer–Supplier Relationships Through the Lens of Social Capital.	۲۰۱۶	✓ استفاده از روابط استراتژیک برای ارزیابی عملکرد	روش کیفی و مطالعات کتابخانه‌ای
۱۴	Green supply chain performance measurement using the analytic hierarchy process: A comparative analysis of manufacturing organisations	۲۰۱۳	✓ اهمیت برون‌سپاری فرآیندهای غیر اصلی کسب‌وکار خود به خارج از کشور برای افزایش توانایی مدیریت مؤثر روابط با تأمین‌کنندگان	مطالعات کتابخانه‌ای
۱۵	مقاله حاضر: طراحی مدلی برای انتخاب و پایش استراتژی همکاری با تأمین‌کننده با استفاده از پایش پروفایلی فازی هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده	۲۰۲۴	✓ تلفیق انتخاب مدل همکاری با تأمین‌کننده و پایش این استراتژی در طول زمان با پایش عملکرد تأمین‌کننده ✓ در نظر گرفتن	پایش پروفایلی، روش T^2 مبنی بر تفاوت‌های متوالی، روش حداکثردرستنمایی، سیستم استنتاج فازی

شماره	عنوان	سال	هدف و دستاوردها	روش و ابزارها
			مشخصه‌های زمان تحویل و کیفیت تأمین‌کننده به‌عنوان معیارهای هزینه‌های غیرقابل‌پیش‌بینی تأمین‌کننده به‌صورت یک تابع رگرسیونی فازی با چند متغیر مستقل ✓ دستیابی به یک تعریف شرایط تحت کنترل آماری در فرآیند پایش تأمین‌کننده ✓ استفاده از ظرفیت هوش مصنوعی و سیستم استناج فازی با ترکیب نمودارهای پروفایلی فازی و انتخاب و پایش استراتژی همکاری با تأمین‌کننده	

جنبه نوآوری پژوهش

اکثر مقالات بررسی‌شده تأثیر نوع انتخاب و مدل استراتژی همکاری با تأمین‌کننده را بر روی عملکرد آن موردبررسی قرار می‌دهند و یا به پایش و ارزیابی عملکرد تأمین‌کننده بدون در نظر گرفتن مدل همکاری می‌پردازند. ولی در این مقاله با تلفیق این دو موضوع با پایش مستمر عملکرد تأمین‌کننده در طول زمان به بررسی انتخاب مدل همکاری با تأمین‌کننده و پایش استراتژی همکاری در طول زمان می‌پردازد. درواقع با این کار به‌طور هم‌زمان پایش عملکرد تأمین‌کننده و انتخاب و پایش استراتژی همکاری با آن در طول زمان موردبررسی قرار می‌گیرد. این تلفیق به سازمان در جهت جلوگیری از ضرر هنگفت انتخاب اشتباه یک استراتژی همکاری با تأمین‌کننده کمک می‌کند. در این تحقیق علیرغم تحقیقات قبل از خود که بیشتر به صورتی کیفی تأمین‌کننده را پایش و ارزیابی می‌کردند،

یک مدل رگرسیون فازی برای تلفیق متغیرهای عملکردی و با در نظر گرفتن تأثیرات این متغیرها روی‌هم به پایش عملکرد تأمین‌کننده در طول زمان می‌پردازد و برای انتخاب نوع مدل همکاری با تأمین‌کننده از ظرفیت هوش مصنوعی استفاده می‌کند.

در واقعیت برای نظارت و پایش عملکرد تأمین‌کننده گاهی روابط به‌صورت تابعی هست و یک متغیر برای پایش شدن با یک یا چند متغیر دیگر توضیح داده می‌شوند. برای مثال برای پایش متغیر هزینه نیاز هست که با متغیرهایی مثل هزینه‌های سفارش، هزینه تولید و هزینه لجستیک تعریف شود. در اینجا متغیر هزینه به‌عنوان یک متغیر وابسته و هزینه‌های سفارش، هزینه‌های تولید و هزینه‌های لجستیک به‌عنوان متغیر مستقل تعریف می‌شود. ممکن هست برای پایش تأمین‌کننده نیاز به چندین متغیر وابسته باشد که به‌صورت روابط توابعی از چند متغیر مستقل تشکیل‌شده باشند و در برخی موارد واقعی، به دلیل وجود همبستگی بین متغیرهای پاسخ، به مدل‌های پیچیده‌تر مانند پروفایل چند متغیره، به‌جای پروفایل خطی ساده، برای مدل‌سازی عملکرد فرآیند پرداخته می‌شود. در این مورد، اگر ساختار همبستگی متغیرهای پاسخ را با فرض نمایه‌های جداگانه نادیده بگیریم، نتایج گمراه‌کننده‌ای انتظار می‌رود. مثلاً اگر فرآیند زمان تحویل را بدون تابع ریسک در نظر بگیریم موجب حذف تأمین‌کنندگان کارایی که در روند زمان تحویل قطعات و محصولات در مقطعی دچار اخلال شده‌اند از زنجیره تأمین شوند. رویکرد پیچیده، در عمل، قادر است متخصصان را به تجزیه‌وتحلیل مؤثر پارامترهای عملکرد فرآیند هدایت کند. در شکل ۱ گام‌های چارچوب مقاله حاضر آورده شده است.

شکل ۱. گام‌های مساله

ادبیات پژوهش

هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده

یکی از مواردی که برای صنایع مهم و استراتژیک بسیار مهم هست کنترل نمودن هزینه‌های غیرقابل‌پیش‌بینی که از طرف تأمین‌کننده هست. تابع هزینه برای مدیریت زنجیره تأمین که برای نظارت بر روابط و عملکرد شرکای زنجیره تأمین با انجام اندازه‌گیری بر اساس هزینه‌ها و خطرات توسط Eilon, W.-G. and Christofides (1971) توسعه داده‌شده است [۲۳] .سه نوع هزینه برای مدیریت زنجیره تأمین وجود دارد .آن‌ها عبارت‌اند از: ۱) هزینه‌های متغیر) .۲ هزینه‌های ثابت و ۳) هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده.

هزینه کل = هزینه‌های ثابت + هزینه‌های متغیر + هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده

هزینه‌های ثابت هزینه‌هایی هستند که حتی در صورت تغییر تعداد واحدهای سفارش تغییری نمی‌کنند .مثلاً شامل حقوق ماهیانه خریدار، اجاره دفتر و ... می‌شود، از طرفی هزینه‌های متغیر هزینه‌هایی هستند که هزینه ثابت نیستند و به تعداد واحدهای سفارش داده‌شده از تأمین‌کنندگان بستگی دارد. هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده شامل هزینه‌هایی است که بدون انتظار ایجاد می‌شوند و نمی‌توان بر اساس مقدار واحدهای تولیدشده اندازه‌گیری کرد .نمونه‌ای از هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده، تحویل دیرهنگام محصولات از سوی تأمین‌کنندگان هست که این را نمی‌توان بر اساس تعداد واحدهای محصولات محاسبه کرد و اندازه‌گیری آن دشوار است.

در این مقاله تمرکز بر پایش و کنترل هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده تأمین‌کننده بر اساس پایش پروفایل با داده‌های فازی و انتخاب مدل تعامل و نوع همکاری با تأمین‌کننده هست. عوامل ناشناخته هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده بر اساس داده‌های معاملات گذشته تأمین‌کنندگان ازنظر زمان تحویل و کیفیت محصول اندازه‌گیری می‌شوند [۲۴] . به‌عبارت‌دیگر، داده‌های تاریخی در مورد زمان تحویل و کیفیت محصول برای ارزیابی عوامل ناشناخته سفارش از تأمین‌کنندگان مربوطه استفاده می‌شود. در سیستم پیشنهادی، درصورتی‌که سطح ایمنی»

بیش‌ازحد مجاز باشد، یک هشدار داده می‌شود. این هشدار حاکی از افزایش یا کاهش سفارش خرید بعدی بر اساس تحویل تأمین‌کننده و کیفیت محصول است.

از آیتم‌های اصلی که در ایجاد و بهبود رضایت مشتریان یا نارضایتی‌شان از محصولات یک شرکت تولیدی یا خدماتی، مستقیماً تأثیرگذار است تحویل به‌موقع محصول یا خدمت و کیفیت آن هست. مشتری، محصول یا خدمتی را سفارش داده تا درزمانی که توافق شده است دریافت نماید. بالا بودن شاخص تحویل به‌موقع و کیفیت مطلوب ازجمله عوامل اصلی در موفقیت کسب‌وکار سازمان‌ها هست. نکته دیگری که در مورد این شاخص‌ها می‌توان گفت که ازجمله معیارهای اصلی در مورد شرکت و بنگاهی که سعی می‌کند عملکرد خود را در کلاس جهانی قرار دهد، بالا بودن مقدار شاخص تحویل به‌موقع و کیفیت هست. ضرورت دیگر برای پرداختن شایسته به شاخص تحویل به‌موقع به‌جز رضایتمندی مشتری، این نکته است که معمولاً در قراردادهای فروش، بند زمان تحویل محصول نیز درج می‌گردد که در صورت تأخیر در تحویل موضوع قرارداد، پیامدهای مالی و اقدامات جبرانی برای شرکت فروشنده (تأمین‌کننده) و خریدار در پی دارد. به‌عنوان‌مثال در صنعت خودرو، قطعه ساز در صورت تأخیر در ارسال قطعات موجب توقف در خط تولید خودروساز می‌شود که باعث تحمیل هزینه‌های هنگفت می‌شود. به‌جز موارد فوق، ضرورت وفای به عهد مطابق اصول اخلاق حرفه‌ای و کاری، شرکت‌ها را متعهد می‌نماید که در زمان‌های توافق شده به قول و قرار خود عمل نمایند. در این تحقیق دو متغیر پاسخ، یعنی زمان تحویل و کیفیت در نظر گرفته‌شده است. در این مسئله، اطلاعات ممکن است ناقص، نادقیق، مبهم، متناقض یا ناقص باشد و هر یک از این کمبودهای اطلاعاتی مختلف منجر به انواع مختلفی از عدم قطعیت می‌شود. برخلاف روش‌های سنتی در نظارت بر پروفایل‌ها، رویکردهای مجموعه فازی می‌توانند با عدم دقت و عدم قطعیت بدون از دست دادن عملکرد و اثربخشی مواجه شوند. مشخصه‌های زمان تحویل و کیفیت، توابعی از یک یا چند متغیر مستقل هستند. در این مقاله با استفاده پایش پروفایل فازی چندگانه یک‌بار متغیر زمان تحویل و بار دیگر متغیر پاسخ کیفیت پایش

می‌شود و بر اساس نتایج جداگانه این دو پایش و با استفاده از سیستم استنتاج فازی به پایش هزینه‌های پی بینی نشده و تصمیم‌گیری در مورد نوع تعامل و مدل همکاری با تأمین‌کننده پرداخته می‌شود.

پایش پروفایل

Montgomery, D.C., (2005) بیان می‌کند که در کاربردهای کنترل فرآیند آماری، معمولاً کیفیت یک فرآیند یا محصول به‌وسیله توزیع یک یا چند مشخصه کیفی توصیف و به‌وسیله نمودارهای کنترلی تک متغیره و یا چندمتغیره کنترل می‌شود؛ اما در بعضی از شرایط، کیفیت یک فرآیند یا محصول به‌وسیله رابطه‌ای بین متغیر پاسخ و یک یا چندین متغیر مستقل توصیف می‌شود که این رابطه به پروفایل معروف است و در سال‌های اخیر به‌عنوان موضوعی با کاربرد فراوان مطرح‌شده است. به‌عنوان‌مثال در بسیاری از کاربردهای کالیبراسیون، پروفایل را می‌توان به‌خوبی به‌وسیله یک مدل خطی نشان داد، اما در بسیاری از موارد نیز به مدل‌های پیچیده‌تری برای نشان دادن پروفایل نیاز است [۲۵].

پروفایل چندگانه چندمتغیره

Noorossana, et al. (2011) با تعریف پروفایل چندگانه چند متغیره بیان می‌کند در این نوع پروفایل، بیش از یک متغیر پاسخ وجود دارد. در این مورد هر پاسخ به‌عنوان تابعی از یک متغیر(های) مستقل تعریف می‌شود، درحالی‌که متغیرهای پاسخ متقابلاً بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند [۲۶].

فرض کنید برای K امین نمونه جمع‌آوری‌شده در طول زمان، مشاهدات $(x_{11k}, x_{21k}, \ldots, x_{qik}, y_{1ik}, y_{2ik}, \ldots, y_{pik})$ با $k = 1,2,\ldots,m$ و $i = 1,2,\ldots,n_k$ وجود دارند۱۲ در آن به ترتیب n_k اندازه نمونه‌k، m تعداد نمونه‌ها و p و q به ترتیب تعداد متغیرهای پاسخ و متغیرهای مستقل هستند. مدلی که متغیرهای پاسخ را به‌عنوان توابعی از متغیرهای مستقل نشان می‌دهد، رگرسیون خطی چندگانه چندمتغیره نامیده می‌شود و به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

$$Y_K = X_K B_k + E_k \quad (۱)$$

روابط جبری و ماتریس اعداد فازی مثلثی

اگر A را عدد فازی مثلثی فرض کنیم، $A = (l, m, r)$ت عضویت A به‌صورت رابطه ۲ می باشد:

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} 0 \quad for\, x \le m - l \\ 1 - \frac{m - x}{l} \quad for\, m - l \le x \le m \\ 1 \quad for\, x = m \\ 1 - \frac{x - m}{r} \quad for\, m < x < m + r \\ 0 \quad for\, x \ge m + r \end{cases} \quad (۲)$$

که نقطه m دارای درجه عضویت ۱ هست و مقدار آن برابر با میانگین دو عدد l و r. حال اگر $A = (m - l, m, m + r)$ و $B = (n - v, n, n + z)$ را دو عدد فازی مثلثی در نظر گرفته شود اعمال جبری روی این دو عدد به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$A + B = (l + v, m + n, r + z) \quad (۳)$$

$$A - B = (l - v, m - n, r - z) \quad (۴)$$

$$\gamma A = (\gamma \times m, \gamma \times l, \gamma \times r) \quad (۵)$$

برای ضرب دو عدد فازی مثلثی به‌صورت زیر عمل می‌شود.

اگر $A > 0, B > 0$ باشد.

$$\left(m > 0 \text{ اگر } A > 0\right) A.B = (m, l, r).(n, v, z) \cong (mn, mv + nl, mz + nr) \quad (۶)$$

اگر $A < 0, B > 0$ باشد.

$$A.B = (m, l, r).(n, v, z) \cong (mn, nl - mz, nr - mv) \quad (۷)$$

اگر $A < 0, B < 0$ باشد.

$$A.B = (m, l, r).(n, v, z) \cong (mn, -nr - mz, -nl - mv) \quad (۸)$$

ماتریس فازی مثلثی در ابعاد $m \times n$ به‌صورت $A = (a_{ij})_{m\times n}$ تعریف شود که $a_{ij} = l_{ij}, m_{ij}, r_{ij})$، ij امین عضو از ماتریس A می باشد. اگر $A = (a_{ij})_{m\times n}$ و $B = (b_{ij})_{m\times n}$ دو ماتریس فازی مثلثی باشند. آنگاه از روابط ۹ و ۱۰ پیروی می کنند.

$$A + B = (a_{ij} + b_{ij}) \quad (۹)$$

$$A - B = (a_{ij} - b_{ij}) \quad (۱۰)$$

برای $A = (a_{ij})_{m\times n}$ و $B = (b_{ij})_{n\times p}$ ضرب دو ماتریس به‌صورت رابطه ۱۱ تعریف می‌شود.

$$A.B = (c_{ij})_{m\times p} \quad c_{ij} = \sum_{k=1}^{n} a_{ik}.b_{kj} \quad (۱۱)$$

اگر k عدد اسکالر باشد. $k.A = k.a_{ij}$

دترمینان ماتریس A در ابعاد $m \times n$ به‌صورت رابطه ۱۲ تعریف می‌شود:

$$|A| = \sum_{\sigma\in S_n} Sgn\sigma \ \langle l_{1\sigma(1)}, m_{1\sigma(۱)}, r_{1۱(1)}\rangle \dots \langle l_{۱\sigma(n۱}, m_{n\sigma(n)}, r_{n\sigma(n)}\rangle \quad (۱۲)$$

$$\sigma = \begin{pmatrix} ۱\ ۲\ \dots\dots.n \\ \sigma(۱)\ \sigma(۲)\dots\ \sigma(n) \end{pmatrix}$$

که S_n گروه متقارن همه جایگشت‌های شاخص‌های $\{1,2,3,\dots n\}$ است و $Sgn\ \sigma =$ ۱ − یا ۱ متناوب با جایگشت را نشان می‌دهد[۲۷].

رگرسیون خطی فازی

مدل‌های رگرسیونی الگویی فراهم می‌آورند که می‌توان بر پایه آن‌ها ارتباط مجموعه‌ای از متغیرها را بررسی کرد. این متغیرها شامل متغیرهای مستقل (پیش‌بینی) و وابسته (پاسخ) هستند. در این مدل‌ها، بر پایه مشاهدات مربوط به متغیرهای مستقل و وابسته، تابعی به‌منظور پیش‌بینی و کنترل متغیر وابسته بنا می کنیم. در رگرسیون کلاسیک:

آ. فرض می‌شود که متغیرهای موردمطالعه متغیرهای دقیق هستند و مشاهدات مربوط به متغیرها نیز مشاهداتی دقیق می‌باشند.

ب. اختلاف بین مقدار مشاهده‌شده برای متغیر وابسته و مقداری که از طریق مدل حاصل می‌شود و کلاً خطای مدل، به خطای تصادفی مربوط به مشاهدات و اندازه‌گیری‌ها، عدم حضور برخی از متغیرها، ... نسبت داده می‌شود.

پ. درباره جملات خطا و توزیع احتمالی آن، مفروضاتی (مانند نرمال بودن، نا همبسته بودن و ثبات واریانس، ....) در نظر گرفته می‌شود، به‌گونه‌ای که بتوان بر پایه این مفروضات تجزیه‌وتحلیل‌های آماری را درباره مدل انجام داد، مانند برآورد پارامترها، پیش‌بینی مقدار متغیر وابسته، آزمون‌های فرض مرتبط با مدل و غیره. دراین‌باره به‌کارگیری تبدیلات مختلف روی داده‌ها، کمک می‌کند تا بتوان احتمالاً به مفروضات لازم نزدیک شد.

اما در بسیاری اوقات ممکن است یک یا چند فرض از فرض‌های بالا برقرار نباشد یا اینکه (مثلاً حجم نمونه اندک باشد) نتوان از درستی بعضی فرضاً اطمینان حاصل کرد. مسلماً در این موارد مدل‌های رایج اعتبار و کارایی لازم را ندارند. برای مثال ممکن است در یک بررسی، مشاهدات مربوط به یک یا چند متغیر نادقیق باشند. به‌علاوه ممکن است متغیرهای تحت مطالعه در یک بررسی، دارای ارتباطی نادقیق و مبهم (تقریبی) باشند. همچنین ممکن است مفروضاتی که دربند سوم برشمردیم، برقرار نباشند. در این موارد باید شیوه‌های جدیدی را جایگزین شیوه‌های کلاسیک نمود. یکی از این شیوه‌های جایگزین، رگرسیون فازی است. این رگرسیون را می‌توان در مواردی که متغیرهای موردمطالعه (یا مشاهدات آن‌ها) نادقیق و مبهم باشند و همچنین در حالاتی که رابطه بین متغیرها نادقیق باشد و نیز در مواردی که درستی مفروضات بند پ موردتردید است (به‌ویژه در حالاتی که حجم نمونه اندک است) به کار گرفت [۲۸].

سه حالت برای رگرسیون فازی می‌توان در نظر گرفت:

1) $\tilde{Y} = A_0 + A_1\widetilde{X1} + \tilde{\varepsilon}$ (۱۳)

2) $\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X\mathbf{1} + \tilde{\varepsilon}$ (۱۴)

3) $\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 \widetilde{X\mathbf{1}} + \tilde{\varepsilon}$ (۱۵)

حالت اول متغیر پاسخ و متغیر مستقل به‌صورت فازی و پارامترها قطعی هستند، حالت دوم متغیر پاسخ و پارامترها به‌صورت فازی و متغیر مستقل قطعی می‌باشد و حالت سوم زمانی است که هر دو متغیر مستقل و پاسخ و پارامترها فازی می‌باشند؛ که در این مسئله ما از حالت اول استفاده می‌کنیم.

برای تخمین پارامترها از روش حداقل مربعات به‌صورت زیر محاسبه می‌شود. متغیرهای پاسخ و وابسته به‌صورت عدد فازی مثلثی متقارن تعریف‌شده‌اند [۲۹].

$\tilde{x}_i = (x_{il}, x_{im}, x_{ir})$

$\tilde{y}_i = (y_{il}, y_{im}, y_{ir})$

چون A بردار به‌عنوان بردار ضرایب به‌صورت قطعی در نظر گرفته شد پس AX نیز عدد فازی مثلثی می‌باشد.

$(\beta_0 + \beta_1 x_{1l} + \beta_2 x_{2l} + \cdots, \beta_0 + \beta_1 x_{2m} + \beta_2 x_{2m} + \cdots, \beta_0 + \beta_1 x_{1r} + \beta_2 x_{2r} + \cdots)$

بنابراین برآورد پارامترها به روش حداقل مربعات به‌صورت رابطه ۱۶ خواهد بود:

$$S(\beta_0, \beta_i) = \sum_{i=1}^{n} d^2(\tilde{y}_i, \beta_0 + \beta_i \tilde{x}_i) \quad (۱۶)$$

$$= \sum_{i=1}^{n} [(y_{il} - \beta_0 + \beta_1 x_{1l} + \beta_2 x_{2l} + \cdots)^2 + (y_{im} - \beta_0 + \beta_1 x_{2m} + \beta_2 x_{2m} + \cdots)^2 + (y_{ir} - \beta_0 + \beta_1 x_{1r} + \beta_2 x_{2r} + \cdots)^2$$

برآوردهای $\boldsymbol{\beta_0}$ و $\boldsymbol{\beta_1}$ و ..... به‌صورت روابط ۱۷ و ۱۸ خواهد شد:

$$\beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{il}y_{il}+x_{ml}y_{ml}+x_{rl}y_{rl})-3n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^{n}(x_{il}{}^2+x_{im}{}^2+x_{ir}{}^2)-3n\bar{x}^2} \quad (۱۷)$$

$$\beta_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{il}y_{il}+x_{ml}y_{ml}+x_{rl}y_{rl})-3n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^{n}(x_{il}{}^2+x_{im}{}^2+x_{ir}{}^2)-3n\bar{x}^2} \quad (۱۸)$$

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{jil},x_{jim},x_{jir})}{n} \qquad \bar{y} = \frac{\sum_{i}^{n}(y_{il},y_{im},y_{ir})}{n} \qquad \beta_0 = \bar{y} - \beta_1\bar{x}_1 + \beta_2\bar{x}_2 + \cdots$$

روش T^2 مبنی بر تفاوت‌های متوالی در فاز اول

در فاز یک کنترل، برای پایش یک پروفایل چندگانه، نیاز است که پارامترهای مدل رگرسیونی تخمین زده شوند. درواقع، تخمین این پارامترها و اطمینان از شایستگی و صحت مدل رگرسیونی طراحی‌شده در شرایطی که فرآیند در حالت پایدار است، کنترل‌کنندگان فرآیند را ازلحاظ آماری مطمئن می‌سازد که می‌توانند پروفایل فرآیند را در فاز دو، کنترل آماری کنند. به‌عبارت‌دیگر، پروفایلی که در فاز یک، با استفاده از داده‌های تاریخی تخمین زده‌شده است، مدلی است که بر مبنای آن فاز دو فرآیند پایش می‌شود [۳۰] . روش‌های مختلفی برای پایش پروفایل‌ها در فاز یک وجود دارد که یکی از این روش‌ها، روش‌های مبتنی بر نمودار کنترل T^2 می‌باشد. آماره T^2 بر پایه میانگین، ماتریس واریانس و کوواریانس نمونه به‌صورت گسترده در کنترل فرآیند آماری مورداستفاده قرارگرفته است. یکی از روش‌های پایش پروفایل‌های خطی استفاده از روش T^2 مبنی بر تفاوت‌های متوالی می‌باشد که گام‌های ارائه‌شده در این روش به شرح زیر آورده شده است.

گام اول: با استفاده از برآوردهای کمترین مربعات پارامترهای رگرسیون فازی برای حالتی که متغیرهای پاسخ و مستقل به‌صورت فازی و پارامترها قطعی هستند را با استفاده از رابطه ۱۹ محاسبه می‌شوند.

پارامترهای رگرسیون برای هر تابع را به‌صورت جداگانه محاسبه می‌شود که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\hat{\beta}_k = (\hat{\beta}_{01k},\hat{\beta}_{02k},\hat{\beta}_{11k},\hat{\beta}_{21k},\hat{\beta}_{12k},\hat{\beta}_{22k},\hat{\beta}_{31k},\hat{\beta}_{32k}) \quad (۱۹)$$

گام دوم: پارامترهای فرآیند در کنترل را با استفاده از میانگین برآوردها به‌صورت رابطه ۲۰ تخمین زده می‌شود که در آن m تعداد نمونه هست.

$$\bar{\hat{\beta}} = \frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m}\hat{\beta}_k \quad (۲۰)$$

گام سوم: بردار $\widehat{V_k}$ را مطابق رابطه ۲۱ تشکیل داده می‌شود.

$$\hat{V}_k = \hat{\beta}_{k+1} - \hat{\beta}_k \; K = 1,2,\dots,m-1 \quad (۲۱)$$

گام چهارم: ماتریس کوواریانس واریانس به‌صورت رابطه ۲۲ محاسبه می‌شود.

$$S_\beta = \frac{\hat{V}^T \times \hat{V}}{2 \times (m-1)} \quad (۲۲)$$

گام پنجم: آماره T^2 را با توجه به رابطه ۲۳ محاسبه می‌شود.

$$T_k^2 = \left(\hat{\beta}_k - \bar{\hat{\beta}}\right)^T {S_\beta}^{-1}(\hat{\beta}_k - \bar{\hat{\beta}}) \quad (۲۳)$$

گام ششم: حد کنترل بالای مناسب برای آماره آزمون جهت دستیابی به‌احتمال مشخصی برای خطای نوع اول تعیین می‌شود. توزیع دقیق آماره T_k^2 در معادله ۱۱، در ادبیات موضوع گزارش نشده است و فقط برخی توزیع‌های تخمینی برای آن گزارش‌شده‌اند. برای اطلاعات بیشتر، به ویلیامز و همکاران (۲۰۰۷) رجوع شود.

روش نسبت درستنمایی

در فاز ۲ تأکید روی کشف سریع روندها و شیفت‌ها می‌باشد و این موضوع معمولاً به‌وسیله پارامترهای توزیع طول دنباله اندازه‌گیری می‌شود .طول دنباله تعداد نمونه‌هایی است که گرفته می‌شود تا یک هشدار خارج از کنترل مشاهده شود .اغلب، متوسط طول دنباله برای مقایسه عملکرد نمودارهای کنترلی در فاز ۲ استفاده می‌شود. یکی از روش‌های مورداستفاده در فاز ۲ روش نسبت درستنمایی می‌باشد. این روش توسعه روش پیشنهادشده توسط زهنگ و همکاران (۲۰۰۹)، برای حالت پروفایل‌های خطی چندگانه است که توسط

ایوزیان و همکاران (۲۰۱۲) صورت گرفته‌شده است. مراحل استفاده از این روش در زیر آورده شده است [۳۱] .

گام اول: ماتریس کوواریانس واریانس (Σ) محاسبه می‌شود.

گام دوم: C_k برای هر پروفایل با توجه به رابطه ۲۴ محاسبه می‌شود:

باید توجه داشت که متغیرهای مستقل و وابسته به‌صورت فازی تعریف‌شده است و با استفاده از قوانین جبری فازی، ضرب ماتریس‌های فازی مثلثی و دترمینان فازی مثلثی که در روابط ۳-۱۲ تعریف‌شده است در محاسبات انجام می‌شود.

$$C_k = \sum_{i=1}^{n} (y_{ik} - x_i B)\Sigma^{-1}(y_{ik} - x_i B)^T \qquad (۲۴)$$

که $(y_{ik} - x_i B)$، i امین سطر از ماتریس $(Y_k - XB)$ است.

گام سوم: آماره میانگین متحرک وزنی نمایی $\hat{B}_k$ را به‌صورت رابطه ۲۵ محاسبه می‌شود:

$$E\hat{B}_k = \lambda\hat{B}_k - (1-\lambda)\hat{B}_{k-1} \qquad (۲۵)$$

که $\hat{B}_0 = B$ می‌باشد.

گام چهارم: آماره S_k مطابق با رابطه ۲۶ محاسبه می‌شود:

$$S_k = \frac{(Y_k - X(E\hat{B}_k))^T (Y_k - X(E\hat{B}_k))}{n} \qquad (۲۶)$$

گام پنجم: آماره میانگین متحرک وزنی نمایی برای S_k و C_k با توجه به روابط ۲۷ و ۲۸ به دست آورده می‌شود:

$$ES_k = \lambda\, S_k - (1-\lambda)\, S_{k-1} \qquad (۲۷)$$

$$EC_k = \lambda\, C_k - (1-\lambda)\, C_{k-1} \qquad (۲۸)$$

که $S_0 = \Sigma$ و $C_0 = np$ می باشد.

گام ششم: آماره نسبت درستنمایی برای هر پروفایل متناسب با رابطه ۲۹ محاسبه می‌شود:

$$ELRT_k = n \times log|\Sigma| - n \times log|\, E\, S_k| + E\, C_k - np \qquad (۲۹)$$

حد بالای کنترل برای آماره بالا، از طریق شبیه‌سازی تعیین‌شده تا ARL تحت کنترل مشخصی به دست آید.

مطالعه موردی

زنجیره تأمین خودرو شامل تمام مواد، خدمات و قطعات ورودی و خروجی مرتبط با عملیات تجاری است. رایج‌ترین رویکرد در صنعت خودروسازی ایران، مونتاژ قطعات و سیستم‌های پیچیده برای تولید خودرو است. شرکت خودروسازی ایران‌خودرو برای تکمیل فرآیندهای تولید و ارائه دستگاه‌های خودرو به کاربران خود به هزاران قطعه نیاز دارند.

همچنین تولید مدل‌های ترکیبی، پیچیدگی در زنجیره‌ی تأمین را افزایش می‌دهد. به‌عنوان‌مثال به‌طور متوسط یک خودروی سواری از سی هزار قطعه و مجموعه‌ای از قطعات فلزی، پلاستیکی، لاستیکی، مدارات الکترونیکی و سیم‌ها، قطعات مکانیکی و موتوری تشکیل می‌شود. ازاین‌رو زنجیره تأمین صنعت خودروسازی یکی از پیچیده‌ترین، گسترده‌ترین و جهانی‌ترین زنجیره‌های تأمین محسوب می‌شود و لجستیک در این مراحل نقش منحصربه‌فرد و به سزایی ایفا می‌کند.

پایش پروفایلی فرآیند تحویل و کیفیت محصولات و فرآیند آن توسط تأمین‌کننده برای پایش هزینه‌های غیرقابل‌پیش‌بینی در یک صنعت خودروسازی در ایران بررسی شد و بر رابطه بین یک خودروساز و تأمین‌کننده آن نظارت داشت. ایران‌خودرو اولین خودروساز بزرگ ایران است که دفتر مرکزی آن در تهران، ایران قرار دارد. شرکت نیرومحرکه (NMI) یک شرکت گیربکس سازی در ایران است و به‌عنوان یکی از شرکت‌های کلیدی برای تأمین قطعات موردنیاز شرکت ایران‌خودرو مطرح می‌باشد. به‌منظور برخورداری از حمایت مدیریت در مطالعه روابط خریدار و تأمین‌کننده، گروه‌های ارتباطی در هر شرکت ایجاد شد. هر گروه حداکثر ۱۲ عضو از بخش‌های مختلف مانند بازاریابی، مدیریت کیفیت، تولید و برنامه‌ریزی، فروش، خرید، موجودی، حمل‌ونقل و زنجیره تأمین دارد. این گروه‌ها مسئول تکمیل نظرسنجی‌های متوالی و انجام اقدامات لازم برای حفظ، نظارت و بهبود روابط بین دو شرکت هستند. گروه‌ها جلسات ماهانه‌ای را برای

بحث در مورد انتظارات شرکا و مقابله با چالش‌های موجود برای دستیابی به رویکرد برد-برد برنامه‌ریزی و برگزار کردند.

برای پایش هزینه‌های غیرقابل‌پیش‌بینی از طرف تأمین‌کننده از دو شاخص کلیدی زمان تحویل و کیفیت استفاده شد که این توابع خود دارای غیرمعیارهایی می‌باشند که با توجه به منابع کتابخانه‌ای و متناسب با ویژگی‌های سازمان موردنظر، کارشناسان مربوطه معیارها در جدول ۲ آورده شده است.

اندازه‌گیری زمان تحویل بر اساس تعداد روزهای دیرتر یا زودتر از روز موعود تحویل اندازه‌گیری و ارزیابی می‌شود. تحویل زودهنگام غیرقابل‌قبول تلقی می‌شود، زیرا به فضای ذخیره‌سازی موجودی و نیروی انسانی اضافی برای رسیدگی به‌قرار دادن موجودی نیاز دارد. علاوه بر این، وضعیت مالی شرکت را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا پرداخت زودتر از حد انتظار انجام می‌شود. از سوی دیگر، تحویل دیرهنگام آشکارا برای تجارت مضر است. کل فرآیند تولید را به تأخیر می‌اندازد. درواقع، می‌تواند شرکای پایین‌دستی در زنجیره تأمین را تحت تأثیر قرار دهد و چرخه تولید را طولانی کند. همچنین شاخص کیفیت برای اساس سطح کیفی محصولات و قابلیت اطمینان و نرخ نقص سفارش موردبررسی قرارگرفته شده است.

یک نظرسنجی بر روی موارد ارائه‌شده در جدول ۲ طرح‌شده است که پرسش‌ها با استفاده از مقیاس هفت‌درجه‌ای لیکرت به برداشت‌های گروه‌ها در مورد موارد مربوطه می‌پردازد. ما یک مجموعه داده (برای طرف تأمین‌کننده) از $m = ۱۵$ جلسه متوالی (در طول فروردین ۱۴۰۰ تا خرداد ۱۴۰۱) جمع‌آوری شد؛ که در هرماه ۱۵ بار نمونه‌برداری و نتایج در پایان هرماه جمع‌آوری و جمع‌بندی شده است.

جدول ۲. معیار و زیر معیار برای پایش تأمین کننده

معیار	زیر معیار	مرجع
تحویل	تحویل به‌موقع (On time Delivery)	Faraz, A., Sanders, N., Zacharia, Z., Gerschberger, M., ۲۰۱۸ [۸]
	قابلیت اطمینان تحویل (Delivery reliability)	

معیار	زیر معیار	مرجع
	پاسخگویی نسبت به تحویل به‌موقع و فوری (Responsiveness to urgent deliveries)	Sururaksa, Juthathip and Sup Shin, Kwang ۲۰۱۹ [۱۰]
کیفیت	سطح کیفی (Quality level)	N. Aissaoui,M.Haouari, andE. Hassini, (۲۰۰۷)[۳۲]
	نرخ نقص سفارش (Order defect rate)	Pandey, Shah, and Gajjar ۲۰۱۷; [۳۳]
	قابلیت اطمینان (Reliability)	Badri Ahmadi et al. ۲۰۱۷b; [۳۴]

پایش در فاز ۱

داده‌های تاریخی همه متغیرهای مستقل و متغیر پاسخ به‌صورت کیفی و ماهانه و بر اساس مقیاس لیکرد جمع‌آوری‌شده است. چون داده‌ها کیفی هستند داده‌های به‌صورت اعداد فازی مثلثی طبق جدول ۳ تبدیل‌شده است.

جدول ۳. مقیاس لیکرد و اعداد فازی متناظر

مقیاس لیکرد	عدد فازی متناظر
کاملاً ضعیف	(۱, ۱, ۲)
بسیار ضعیف	(۱, ۲, ۳)
ضعیف	(۲, ۳, ۴)
متوسط	(۳, ۴, ۵)
خوب	(۴, ۵, ۶)
خیلی خوب	(۵, ۶, ۷)
کاملاً خوب	(۶, ۷, ۷)

داده‌ها برای ۱۵ ماه و هرماه ۱۵ بار نمونه‌گیری از زمان تحویل قطعات و محصولات تأمین‌کننده به سازمان با شرایط ریسک تأمین‌کننده جمع‌آوری‌شده و نمره دهی بر اساس نظر جمعی از کارشناسان خبره حوزه مربوطه صورت گرفته است.

در ادامه با توجه به گام‌های اشاره‌شده در قسمت رابطه رگرسیونی بین تحویل به‌عنوان متغیر پاسخ (Y_1) و تحویل به‌موقع (x_{11})، قابلیت اطمینان تحویل (x_{21})، میزان پاسخگویی نسبت به تحویل به‌موقع و فوری (x_{31})، به‌عنوان متغیر مستقل در پروفایل

تحویل آورده شده و رابطه رگرسیونی بین کیفیت به‌عنوان متغیر پاسخ (Y_2) و سطح کیفی (x_{12})، نرخ نقص سفارش (x_{22})، و قابلیت اطمینان (x_{32}) به‌عنوان متغیر مستقل در پروفایل کیفیت آورده شده است. در این مرحله یک‌بار پروفایل چندگانه برای زمان تحویل تأمین‌کننده و یک‌بار پروفایل چندگانه برای کیفیت تأمین‌کننده پایش می‌شود. برای بررسی هر دو پروفایل چندگانه از روش T^2 مبنی بر تفاوت‌های متوالی استفاده‌شده است. در مرحله اول از این روش بردار $\hat{\beta}_k$ محاسبه می‌شود که در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ٤. بردار $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{k}}$ برای پروفایل‌های چندگانه زمان تحویل و کیفیت

K	β_{01}	β_{02}	β_{11}	β_{12}	β_{21}	β_{22}	β_{31}	β_{32}	k	β_{01}	β_{02}	β_{11}	β_{12}	β_{21}	β_{22}	β_{31}	β_{32}
۱	-۱/۶۶	-۲/۹۵	۰/۵۴	۰/۸۱	۰/۵۹	-۰/۷۱	۰/۵۱	۰/۵۹	۹	-۰/۵۹	۰/۰۸	۰/۴۵	۰/۳۷	۰/۴۵	-۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۲۱۳
۲	-۰/۳۵	-۱/۴۵	۰/۲	۰/۴۴	۰/۶۱	-۰/۶۲	۰/۴۷	۰/۵۳	۱۰	-۰/۷۷	-۰/۷۷	۰/۴۹	۰/۳۳	۰/۵۷	-۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۶۲۸
۳	-۰/۳۳	۰/۰۱	۰/۶۲	۰/۱۳	۰/۰۶	-۰/۵۸	۰/۵۵	۰/۴	۱۱	۰/۴۵	-۰/۹۸	۰/۲۳	۰/۴۷	۰/۵۱	-۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۵۵۶
۴	۲/۷۸-	-۲/۲۴	۰/۹۴	۰/۶۶	۰/۶۸	-۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵۶	۱۲	-۱/۰۴	-۰/۱۱	۰/۶۱	۰/۰۳	۰/۴۵	۰/۵-	۰/۴	۰/۴۸۷
۵	-۳/۶۹	-۱/۹۷	۰/۸۵	۰/۵۹	۰/۶۵	-۰/۵۷	۰/۶۱	۰/۴۹	۱۳	۱/۰۹	۰/۴	۰/۵۱	۰/۳	-۰/۰۸	-۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۱۳
۶	-۱/۹۸	-۱/۷۲	۰/۲۳	۰/۴۳	۰/۷۲	-۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶	۱۴	-۱/۵۱	-۱/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۵۱	-۰/۶۸	۰/۵۴	۰/۴۲۱
۷	-۲/۹۷	-۱/۶۶	۰/۸	۰/۶	۰/۵۱	-۰/۵۵	۰/۸	۰/۵	۱۵	-۲/۳۱	-۲/۹۱	۰/۴۹	۰/۵۸	۰/۶۳	-۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۸۶۸
۸	-۰/۵۱	-۰/۱۲	۰/۳۳	۰/۵	۰/۴۶	-۰/۳۱	۰/۵۳	۰/۳۵									

بردار میانگین برای پروفایل چندگانه زمان تحویل و کیفیت محاسبه می‌شود.

$$\overline{\hat{\beta}_k} = (-۱,۲۶, ۰,۵۲, ۰,۴۹, ۰,۵۱)\overline{\hat{\beta}_k} = (-۰,۳۸, -۰,۲۷, ۰,۲۱, ۰,۲۸)$$

و در مرحله بعد بردار $\hat{V}_k$ متناسب با رابطه ۲۱ برای هر ۲ پروفایل محاسبه می‌شود. در مرحله بعد ماتریس واریانس کوواریانس برای پروفایل زمان تحویل (S_b) و همچنین پروفایل کیفیت $(\acute{S}_b)$به ترتیب به دست آورده می‌شود.

$$\begin{bmatrix} ۱,۲۲۲۸ & -۰,۰۱۹۵۱ & ۰,۰۷۲۸۸۴ & -۰,۰۲۳۵ & -۰,۰۳۶ & -۰,۰۳۲۹ & -۰,۰۴۳۵ & -۰,۰۰۲۷ \\ ۰,۶۱۸۴ & ۰,۱۲۶۷۵ & -۰,۰۰۱۴۳ & -۰,۰۱۴ & -۰,۰۰۳۷ & -۰,۰۰۳۳ & ۰,۰۱۳۱ & -۰,۰۰۲۷ \\ -۰,۱۸۲۳ & -۰,۰۰۱۴ & ۰,۰۲۲۶۳ & -۰,۰۰۹۳ & -۰,۰۰۴۶ & -۰,۰۰۹۲ & -۰,۰۱۲۷ & ۰,۰۰۷۴ \\ -۰,۰۵۷۱ & -۰,۰۱۴ & -۰,۰۰۹۳ & ۰,۰۰۷۴۴ & ۰,۰۰۴۲۹ & ۰,۰۰۵ & ۰,۰۰۴۳ & ۰,۰۰۴ \\ -۰,۱۴۵ & -۰,۰۰۳۷ & -۰,۰۰۴۶ & ۰,۰۰۴۲۹ & ۰,۰۰۹۱۶ & ۰,۰۰۵۳ & ۰,۰۰۳۷ & ۰,۰۰۰۷ \\ -۰,۰۶ & -۰,۰۰۳۳ & -۰,۰۰۹۲ & ۰,۰۰۵۰۷ & ۰,۰۰۵۳۶ & ۰,۰۰۷۸ & ۰,۰۰۶۶ & ۰,۰۰۲۴ \\ -۰,۰۶۲ & ۰,۰۱۳۱۱ & -۰,۰۱۲۷ & ۰,۰۰۴۳۳ & ۰,۰۰۳۷۲ & ۰,۰۰۶۶ & ۰,۰۱ & ۰,۰۰۳۷ \\ -۰,۰۵۶ & -۰,۰۰۲۷ & -۰,۰۰۷۴ & ۰,۰۰۴۰۹ & ۰,۰۰۰۷۸ & ۰,۰۰۲۴ & ۰,۰۰۳۷ & ۰,۰۰۵۸ \end{bmatrix}$$

$$S_b^{'} = \begin{bmatrix} ۰,۴۹۳۲۶ & -۰,۰۱۹۵۱ & ۰,۰۷۲۸۸۴ & -۰,۰۲۳۵ & -۰,۰۳۶ & -۰,۰۳۲۹ & -۰,۰۴۳۵ & -۰,۰۰۲۷ \\ -۰,۰۱۹۵ & ۰,۱۲۶۷۵ & -۰,۰۰۱۴۳ & -۰,۰۱۴ & -۰,۰۰۳۷ & -۰,۰۰۳۳ & ۰,۰۱۳۱ & -۰,۰۰۲۷ \\ ۰,۰۷۲۸۸ & -۰,۰۰۱۴ & ۰,۰۲۲۶۳ & -۰,۰۰۹۳ & -۰,۰۰۴۶ & -۰,۰۰۹۲ & -۰,۰۱۲۷ & ۰,۰۰۷۴ \\ -۰,۰۲۳۵ & -۰,۰۱۴ & -۰,۰۰۹۳ & ۰,۰۰۷۴۴ & ۰,۰۰۴۲۹ & ۰,۰۰۵ & ۰,۰۰۴۳ & ۰,۰۰۴ \\ -۰,۰۳۶۰۱ & -۰,۰۰۳۷ & -۰,۰۰۴۶ & ۰,۰۰۴۲۹ & ۰,۰۰۹۱۶ & ۰,۰۰۵۳ & ۰,۰۰۳۷ & ۰,۰۰۰۷ \\ -۰,۰۳۲۹۱ & -۰,۰۰۳۳ & -۰,۰۰۹۲ & ۰,۰۰۵۰۷ & ۰,۰۰۵۳۶ & ۰,۰۰۷۸ & ۰,۰۰۶۶ & ۰,۰۰۲۴ \\ -۰,۰۴۳۵۸ & ۰,۰۱۳۱۱ & -۰,۰۱۲۷ & ۰,۰۰۴۳۳ & ۰,۰۰۳۷۲ & ۰,۰۰۶۶ & ۰,۰۱ & ۰,۰۰۳۷ \\ -۰,۰۰۲۷ & -۰,۰۰۲۷ & -۰,۰۰۷۴ & ۰,۰۰۴۰۹ & ۰,۰۰۰۷۸ & ۰,۰۰۲۴ & ۰,۰۰۳۷ & ۰,۰۰۵۸ \end{bmatrix}$$

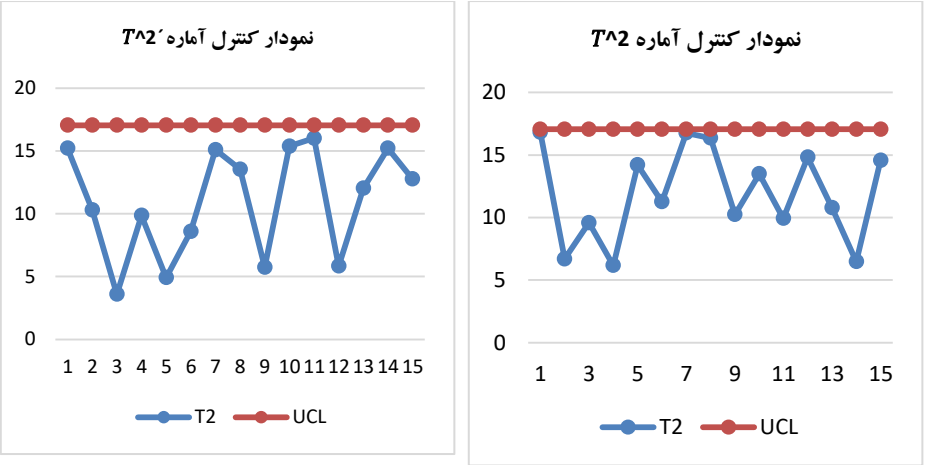
و در مرحله آخر آماره T^2 و $\acute{T}^2$ را با توجه به رابطه **۲۳** به ترتیب برای پروفایل فازی زمان تحویل و پروفایل فازی کیفیت و محاسبه که در جدول **۵** آورده شده است:

جدول ۵. آماره T^2 و $\acute{T}^2$ پروفایل فازی زمان تحویل و پروفایل فازی کیفیت

K	T^2	K	T^2	K	T^2	k	$\acute{T}^2$		$\acute{T}^2$		$\acute{T}^2$
۱	۱۶/۰۰۷	۶	۱۱/۲۶۱	۱۱	۹/۹۲۶	۱	۱۵/۲۳۲	۶	۸/۵۹۷	۱۱	۱۶/۰۱۸
۲	۶/۶۹۴	۷	۱۵/۱۰۴	۱۲	۱۴/۸۱۹	۲	۱۰/۳۶۸	۷	۱۵/۰۷۱	۱۲	۵/۸۱۹
۳	۹/۵۷۸	۸	۱۵/۵۳۷۵	۱۳	۱۰/۷۸۵	۳	۳/۵۶۳	۸	۱۳/۵۶۴	۱۳	۱۲/۰۳۸
۴	۶/۱۶۶	۹	۱۰/۲۴۱	۱۴	۶/۴۶۹	۴	۹/۸۲۶	۹	۵/۷۶۸	۱۴	۱۵/۱۳۳
۵	۱۴/۱۹۸	۱۰	۱۳/۴۸۶	۱۵	۱۴/۵۷۷	۵	۴/۹۱۹	۱۰	۱۵/۳۷۳	۱۵	۱۲/۷۴۶

احتمال خطای نوع اول کل ۰,۰۵ قرار داده شده است؛ که بر همین اساس حد بالای کنترل برای این مقدار احتمال خطای توع اول، برابر با ۱۷,۰۵ قرار داده شده است. در شکل ۲ نمودار کنترل برای آماره T^2 برای دو پروفایل آورده شده است که نشان دهنده در کنترل بودن تمامی نمونه‌ها در هر دو پروفایل می‌باشد.

شکل ۲. نمودار کنترل آماره T^2 و $T^{'2}$



پایش در فاز ۲

کنترل زمان تحویل و همچنین کیفیت در فاز ۲ به این معنی است که اگر شرایط پارامترها در فاز ۱، به‌عنوان شرایط طبیعی زمان تحویل و کیفیت تعریف شده است، خارج شد، بتوان آن را تشخیص داد. برای بررسی اینکه مدل پیشنهادی مقاله، چقدر خوب می‌تواند کار کند، با استفاده از شبیه‌سازی برای فرآیند زمان تحویل و کیفیت، ابتدا برای ۱۵ نمونه داده تحت کنترل تولید و این کار برای ۱۰۰۰ بار شبیه‌سازی می‌شود. همان‌طور که گفته شد برای پایش فاز دوم از روش نسبت درستنمایی با داده‌های فازی استفاده شده است بردار $\hat{\beta}_k$ برای ۱۵ پروفایل زمان تحویل و پروفایل کیفیت آورده شده است.

در گام اول ماتریس کوواریانس واریانس (Σ) برای هر دو پروفایل محاسبه می‌شود. ماتریس کوواریانس واریانس برای پروفایل زمان تحویل با (Σ) و ماتریس کوواریانس واریانس برای پروفایل کیفیت با $(\acute{\Sigma})$ نشان داده می‌شود.

$$\acute{\Sigma} = \begin{bmatrix} (-۰,۳۶۷۶, ۵,۴۷۲۶, ۱۱,۲۱۳۸) & (-۳,۱۲۳۵, -۰,۸۷۹۸, ۱,۴۶۷) \\ (-۳,۱۲۳۵, -۰,۸۷۹۸, ۱,۴۶۷) & (-۰,۷۲۸۶, ۰,۷۸۶۳, ۲,۳۰۱۳) \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} (-۰,۵۴۴۵, ۰,۴۶۱۱, ۱,۴۶۶۸) & (-۱,۸۰۴۹, -۰,۴۰۱۹, ۰,۹۹۹۸) \\ (-۱,۸۰۴۹, -۰,۴۰۱۹, ۰,۹۹۹۸) & (-۰,۸۳۱۹, ۰,۹۹۴۱, ۲,۸۲۳۷) \end{bmatrix}$$

گام ۲ برای پایش در فاز ۲ ابتدا C_k و $\acute{C}_k$ را با توجه به رابطه ۲۴ به ترتیب برای پروفایل فازی زمان تحویل و پروفایل فازی کیفیت محاسبه و در جدول ۶ آورده می‌شود.

جدول ۶. مقادیر C_k و $\acute{C}_k$

مقادیر C_k					
$C_۱$	(-۱۸۵,۵۷, ۱۴,۷۰۶, ۲۴۴,۵۶)	$C_۶$	(-۲۰۲,۹۲, ۱۳,۳۸, ۲۶۰,۷۳)	$C_{۱۱}$	(-۲۱۰,۷۵, ۱۵,۶, ۲۷۵,۸۲)
$C_۲$	(-۱۰۲,۶۸, ۱۶,۷۲۵, ۱۷۴,۰۶)	$C_۷$	(-۲۷۶,۹۴, ۲۰,۷۴, ۳۶۴,۷۸)	$C_{۱۲}$	(-۱۹۷,۲۳, ۱۴,۴۳, ۲۵۷,۴۱)
$C_۳$	(-۲۳۵,۲۳, ۱۶,۳۶, ۲۸۷,۹۹)	$C_۸$	(-۱۴۲,۲۲, ۱۴,۴۱, ۲۲۳,۴۴)	$C_{۱۳}$	(-۲۱۵,۴۴, ۱۵,۲۷, ۲۸۴,۳۱)
$C_۴$	(-۱۰۸,۵۷, ۹,۶۷, ۱۸۶,۷۹)	$C_۹$	(-۲۰۰,۴۳, ۱۶,۹۴, ۲۷۱,۲۳)	$C_{۱۴}$	(-۲۰۹,۴۳, ۱۶,۴۲, ۲۸۲,۳۲)
$C_۵$	(-۱۹۲,۶۵, ۱۲,۳۳, ۲۵۴,۲۴)	$C_{۱۰}$	(-۲۰۹,۱۹, ۱۵,۶۴, ۲۷۵,۹۶)	$C_{۱۵}$	(-۲۰۹,۲۶, ۱۸,۶۳, ۲۸۴,۱۱)
مقادیر $\acute{C}_k$					
$\acute{C}_۱$	(-۳۶۹,۳, ۵۴,۱۳, ۵۴۶,۳۹)	$\acute{C}_۶$	(-۶۳,۰۲, ۸, ۱۰۱,۸۴)	$\acute{C}_{۱۱}$	(-۴۹,۲۵۵, ۶,۱۲, ۷۸,۲۵)
$\acute{C}_۲$	(۱۰۵,۳۸, ۱۳,۳۹, ۱۳۸,۲۵)	$\acute{C}_۷$	(-۱۴۹,۸۷, ۱۸,۹۶, ۲۲۸,۱۴)	$\acute{C}_{۱۲}$	(-۱۴۷,۹۵, ۱۸,۴۷, ۲۱۵,۴۶)
$\acute{C}_۳$	(-۱۲۰,۲۵, ۲۱,۶۷, ۲۲۴۰۶)	$\acute{C}_۸$	(-۸۶,۱۸۹۶, ۱۱,۳۱, ۱۴۳,۸۸)	$\acute{C}_{۱۳}$	(-۷۵,۴۷, ۱۰,۸۸, ۱۱۸,۶۹)
$\acute{C}_۴$	(-۶۵,۳۳, ۱۱,۴۶, ۱۳۶,۵)	$\acute{C}_۹$	(-۱۳۶,۴۰۷, ۱۶,۴۹, ۲۳۲,۲۱)	$\acute{C}_{۱۴}$	(-۷۶,۹۹, ۱۲,۵۶, ۱۲۴,۷۸)
$\acute{C}_۵$	(-۸۴,۹۲, ۱۳,۶۶, ۱۵۲,۷۲)	$\acute{C}_{۱۰}$	(-۹۱,۸۴, ۱۴,۳۵, ۱۵۳,۹۶)	$\acute{C}_{۱۵}$	(-۹۹,۷۶, ۱۲,۷۳, ۱۳۳,۷۳)

در گام سوم آماره میانگین متحرک وزنی نمایی $\hat{B}_k$ و $\acute{B}_k$را برای هر دو پروفایل با توجه به $\lambda = ۰,۵$محاسبه می‌شود.

در گام بعدی آماره S_k و $\acute{S}_k$ را مطابق رابطه ۲۶ برای هر دو پروفایل محاسبه و نتایج در جدول ۷ و ۸ آورده می‌شود.

جدول ۷. مقادیر ماتریس S_k

$S_۱$	(-۰/۵۱, ۰/۳۷, ۱/۲۶)	(-۱/۵۱, -۰/۳۵, ۰/۷۴)	$S_۶$	(-۰/۴۹, ۰/۶۷, ۱/۷۵)	(-۱/۷۱, -۰/۴۹, ۰/۷۱)	$S_{۱۱}$	(-۰/۴۱, ۰/۴۲, ۱/۲۴)	(-۱/۴۵,-۰/۳۲, ۰/۸۲)
	(-۱/۵۱, -۰/۳۵, ۰/۷۴)	(-۰/۵۸,۰/۸۴ , ۲/۲۸)		(-۱/۷۱, -۰/۴۹, ۰/۷۱)	(-۰/۵۴,۰/۷۱ , ۱/۹۶)		(-۱/۴۵,-۰/۳۲, ۰/۸۲)	(-۰/۷۸,۰/۷۹ , ۲/۳۷)
$S_۲$	(-۰/۴۷, ۰/۳۷, ۱/۲۶)	(-۱/۱۷, -۰/۱۸, ۰/۷۶)	$S_۷$	(-۰/۳۱, ۱/۰۹, ۲/۴۵)	(-۲/۳۱, -۰/۷۵, ۰/۷۹)	$S_{۱۲}$	(-۰/۴۳, ۰/۳۳, ۱/۰۹)	(-۱/۱۹,-۰/۲۱, ۰/۷۷)
	(-۱/۱۷, -۰/۱۸, ۰/۷۶)	(-۰/۴۲,۰/۶۶ , ۱/۷۴)		(-۲/۳۱, -۰/۷۵, ۰/۷۹)	(-۰/۶۴,۱/۰۸ , ۲/۸)		(-۱/۱۹,-۰/۲۱, ۰/۷۷)	(-۰/۴۶,۰/۵ , ۱/۴۷)
$S_۳$	(-۰/۴۳, ۰/۴۷, ۱/۵)	(-۱/۲۴, -۰/۲۳, ۰/۷۶)	$S_۸$	(-۰/۳۲, ۰/۷۲, ۱/۷۴)	(-۱/۶, -۰/۴۳, ۰/۷۳)	$S_{۱۳}$	(-۰/۴۹, ۰/۲۹, ۱/۰۷)	(-۱/۱۶,-۰/۱۸, ۰/۷۹)
	(-۱/۲۴, -۰/۲۳, ۰/۷۶)	(-۰/۴۲,۰/۵۵ , ۱/۵۴)		(-۱/۶, -۰/۴۳, ۰/۷۳)	(-۰/۶۲,۰/۷ , ۱/۹۹)		(-۱/۱۶,-۰/۱۸, ۰/۷۹)	(-۰/۵۴,۰/۵ , ۱/۵۶)
$S_۴$	(-۰/۵, ۰/۴۷, ۱/۵۱)	(-۱/۶۹, -۰/۴۲, ۰/۷۴)	$S_۹$	(-۰/۳۶, ۰/۴۹, ۱/۳۵)	(-۱/۵۳, -۰/۳۶, ۰/۸)	$S_{۱۴}$	(-۰/۴۶, ۰/۲۵, ۰/۹۶)	(-۰/۸۹, -۰/۱۱, ۰/۶۶)
	(-۱/۶۹, -۰/۴۲, ۰/۷۴)	(-۰/۵۸,۱/۰۱ , ۲/۵۹)		(-۱/۵۳, -۰/۳۶, ۰/۸)	(-۰/۷۶,۰/۸۵ , ۲/۷۴)		(-۰/۸۹, -۰/۱۱, ۰/۶۶)	(-۰/۳۲,۰/۴۳ , ۱/۱۷)
$S_۵$	(-۰/۴۴, ۰/۶۵, ۱/۵۹)	(-۱/۷۲, -۰/۴۹, ۰/۷۴)	$S_{۱۰}$	(-۰/۴۱, ۰/۴۲, ۱/۲۴)	(-۱/۴۵, -۰/۳۲, ۰/۸۲)	$S_{۱۵}$	(-۰/۴۶, ۰/۲۳, ۰/۹۲)	(-۰/۸, -۰/۱۱, ۰/۵۹)
	(-۱/۷۲, -۰/۴۹, ۰/۷۴)	(-۰/۶۱,۰/۷۴ , ۲/۰۹)		(-۱/۴۵, -۰/۳۲, ۰/۸۲)	(-۰/۷۸,۰/۷۹ , ۲/۳۷)		(-۰/۸, -۰/۱۱, ۰/۵۹)	(-۰/۳,۰/۳۴ , ۱/۰۱)

جدول ۸. مقادیر ماتریس S_k

S_1	(۰/۵۳, ۴/۲۴, ۷/۹۴)	(-۲/۰۴, -۰/۱, ۱/۷۱)	S_6	(-۰/۸۱, ۱/۸۶, ۴/۵۴)	(-۲/۹۲, -۰/۹۷,۰/۹۶)	S_{11}	(-۱/۰۸, ۰/۹۸, ۳/۰۶)	(-۲/۱۵, -۰/۴۳, ۱/۲۸)
	(-۲/۰۴, -۰/۱, ۱/۷۱)	(-۰/۲۸,۰/۶۵ , ۱/۴۸)		(-۲/۹۲, -۰/۹۷,۰/۹۶)	(-۰/۶۳,۰/۷۷ , ۲/۱۸)		(-۲/۱۵, -۰/۴۳, ۱/۲۸)	(-۰/۶۳,۰/۷۶ , ۲/۱۷)
S_2	(-۰/۳۱, ۰/۷۱, ۱/۷۲)	(-۰/۷۶, -۰/۱۸, ۰/۳۸)	S_7	(-۰/۲۹, ۱/۷۹, ۳/۸۸)	(-۳/۹۹, -۱/۴۲,۱/۱۴)	S_{12}	(-۱/۹۷, ۲/۴۳, ۶/۸۴)	(-۳/۱۳, -۰/۵۳, ۲/۰۶)
	(-۰/۷۶, -۰/۱۸, ۰/۳۸)	(-۰/۱۹,۰/۱۱ , ۰/۴)		(-۳/۹۹, -۱/۴۲,۱/۱۴)	(-۰/۹۴,۲/۱۹ , ۵/۳۴)		(-۳/۱۳, -۰/۵۳, ۲/۰۶)	(-۰/۸۵,۰/۶۳ , ۲/۱۲)
S_3	(-۰/۹۷, ۱/۸۷, ۴/۷۲)	(-۳/۱۹, -۰/۶۳, ۱/۹۲)	S_8	(-۱/۲۵, ۱/۴۹, ۴/۲۴)	(-۲/۲۸, -۰/۲۷,۱/۷۳)	S_{13}	(-۱/۸, ۲/۳۲, ۶/۴۶)	(-۲/۵۳, -۰/۴۹, ۱/۵۳)
	(-۳/۱۹, -۰/۶۳, ۱/۹۲)	(-۱/۱۵,۱/۰۵ , ۳/۲۵)		(-۲/۲۸, -۰/۲۷,۱/۷۳)	(-۰/۸۹,۰/۵ , ۱/۹۱)		(-۲/۵۳, -۰/۴۹, ۱/۵۳)	(-۰/۴۲,۰/۵۷ , ۱/۵۵)
S_4	(-۰/۹۸, ۰/۹۸, ۲/۹۶)	(-۳/۰۱, -۰/۶۱, ۱/۷۸)	S_9	(-۰/۸۴, ۲/۰۷, ۴/۹۸)	(-۴/۹۸, -۱/۵۹,۱/۶۸)	S_{14}	(-۲/۰۲, ۳/۰۸, ۸/۱۹)	(-۲/۳۲, -۰/۵۴, ۱/۲۳)
	(-۳/۰۱, -۰/۶۱, ۱/۷۸)	(-۱/۵۴,۱/۳۲ , ۴/۱۹)		(-۴/۹۸, -۱/۵۹,۱/۶۸)	(-۱/۴۹,۲/۰۸ , ۵/۶۵)		(-۲/۳۲, -۰/۵۴, ۱/۲۳)	(-۰/۲۱,۰/۳۹ , ۱/۰۱)
S_5	(-۰/۷۱, ۱/۶۶, ۴/۰۳)	(-۲/۴۸, -۰/۳۹, ۱/۶۹)	S_{10}	(-۰/۹۵, ۰/۹۳, ۲/۸۲)	(-۱/۹۹, -۰/۳۲,۱/۳۴)	S_{15}	(-۲/۴۲, ۳/۲۴, ۸/۱۹)	(-۲/۷۴, -۰/۶۱, ۱/۵۱)
	(-۲/۴۸, -۰/۳۹, ۱/۶۹)	(-۰/۹۹,۰/۶۴ , ۲/۲۹)		(-۱/۹۹, -۰/۳۲,۱/۳۴)	(-۰/۷,۰/۷۶ , ۲/۱۷)		(-۲/۷۴, -۰/۶۱, ۱/۵۱)	(-۰/۳۵,۰/۴۷ , ۱/۳)

در گام بعدی با در نظر گرفتن نتایج جدول ۵ تا ۷ مقادیر EC_k و $E\acute{C}_k$ و همچنین مقادیر $E\,S_k$ و $E\acute{S}_k$ را با توجه به $\lambda = ۰,۵$ محاسبه و در گام آخر با دفازی سازی که با روش مرکز ثقل انجام شد و با توجه به رابطه ۲۹ مقدار $ELRT_k$ و $EL\acute{R}T_k$ را محاسبه و در جدول ۹ آورده می‌شود.

جدول ۹. مقادیر آماره $ELRT_k$ و $EL\acute{R}T_k$

K	$ELRT_k$	K	$ELRT_k$	K	$ELRT_k$	K	$EL\acute{R}T_k$	k	$EL\acute{R}T_k$	k	$EL\acute{R}T_k$
۱	۲/۸۷۱۰۷۵	۶	۲/۸۴۵۸۶۷	۱۱	۴/۴۶۹۷۸۵	۱	۱۵/۲۳۶۴۱	۶	۱۱/۰۲۰۸۳	۱۱	۱۱/۸۱۲۶۱
۲	۸/۲۰۰۰۸۹	۷	۱۸/۵۵۵۹۹	۱۲	۱/۶۰۵۳۸۹	۲	۳/۶۱۰۰۰۷	۷	۵/۱۲۸۹۱۵	۱۲	۱۳/۸۷۷۶۲

K	$ELRT_k$	K	$ELRT_k$	K	$ELRT_k$	K	$EL\acute{R}T_k$	k	$EL\acute{R}T_k$	k	$EL\acute{R}T_k$
۳	۱/۱۵۷۸۸۵	۸	۱۱/۸۲۱۲۲	۱۳	۴/۵۰۸۴۶۱	۳	۱۵/۶۳۳۴۶	۸	۶/۳۰۴۹۳۹	۱۳	۳/۲۲۷۳۰۸
۴	۸/۷۴۹۹۶۵	۹	۹/۰۱۱۴۷۲	۱۴	۵/۴۸۰۳۴۹	۴	۳/۳۵۷۷۵۷	۹	۸/۴۶۷۹۸۸	۱۴	۶/۵۰۸۶۱
۵	۴/۳۲۴۸۶۸	۱۰	۶/۳۷۹۵۳۲	۱۵	۵/۸۱۲۶۴۹	۵	۱۰/۹۳۴۶۳	۱۰	۱۲/۹۴۲۸۵	۱۵	۰/۲۵۰۷۱

حد بالای کنترل برای هر ۲ پروفایل فازی زمان تحویل و همچنین کیفیت ۱۹,۲ درنظر گرفته شده است تا ARL تحت کنترلی تقریباً برابر با ۲۰۰ داشته باشد.

تحلیل حساسیت

با انجام محاسبات موردنیاز که در جدول ۷ برای ۱۵ نمونه انجام شده است، مشاهده می‌شود که با توجه به تغییرات ایجادشده در نمونه ۱۶ نمودار کنترل قادر به شناسایی این تغییرات می‌باشد. با توجه به اینکه رابطه بین متغیرهای مستقل و پاسخ به‌صورت خطی می‌باشد، هرگونه تغییر در این خط موجب شناسایی در نمودار کنترل می‌شود. برای مثال با ایجاد تغییرات در شیب‌ها و عرض از مبدأ این خط، تغییرات ایجادشده در مورد نمونه ۱۶ توسط نمودار شناسایی شده است. درواقع تغییرات ایجادشده در مقادیر عرض از مبدأ و شیب موجب تغییر در شاخص‌های فرآیند تحویل و کیفیت تأمین‌کننده می‌شود و این تغییرات باعث اختلال در روند همکاری می‌شود که نمودار ارائه‌شده این موضوع را به‌درستی نمایش می‌دهد. در جدول ۱۰ تحلیل حساسیت مدل آورده شده است.

جدول ۱۰. تحلیل حساسیت بر اساس شیفت در عرض از مبداها و شیب‌ها برای هر ۲ پروفایل فازی

	مقدار شیفت در $\beta_{01}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{02}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{11}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{12}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{21}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{22}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{31}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{32}(*\sigma)$	طول دنباله تا نمایش خارج از کنترل (ARL)
۱	۰/۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۲	۰	۰/۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

	مقدار شیفت در $\beta_{01}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{02}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{11}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{12}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{21}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{22}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{31}(*\sigma)$	مقدار شیفت در $\beta_{32}(*\sigma)$	طول دنباله تا نمایش خارج از کنترل (ARL)
۳	۰	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۴	۰	۰	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۱
۵	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۱
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰	۰	۱
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰	۱
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۱
۹	۰	۰/۵	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۱
۱۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰/۱	۰	۰	۰	۱
۱۱	۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۱
۱۲	۰/۵	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱۳	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۰	۰	۱
۱۴	۰/۸	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۱
۱۵	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۱
۱۶	۱	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۰	۱
۱۷	۱	۰	۰/۴	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱۸	۰	۱	۰	۰/۴	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۱
۱۹	۱	۰	۰/۴	۰	۰/۴	۰	۰/۲	۰	۱
۲۰	۰	۱/۵	۰	۰/۸	۰	۰/۴	۰	۰/۲	۱
۲۱	۱/۵	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۴	۰	۱
۲۲	۰	۱/۵	۰	۱/۵	۰	۱/۵	۰	۱	۱

بحث در نتایج

باید توجه داشت که کنترل در سطح فعلی لزوماً به معنای خوب بودن رابطه نیست. بلکه به این معنی است که رابطه پایدار است. زنگ هشدار نشان می‌دهد که سطوح رابطه تغییر

کرده است و تحقیقات بیشتر برای یافتن علت(های) قابل انتساب آن تغییر ضروری است. گاهی اوقات، دلایل ممکن است بهبود زودهنگام در سطوح رابطه را نشان دهد و ازاین‌رو باید آن‌ها را تشویق کرد. در غیر این صورت، هرگونه تغییری باید حذف شود تا عملکرد زنجیره تأمین بهبود یابد و تنها با نظارت بر هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده، امکان شناسایی روندها و تغییرات وجود دارد که نشان‌دهنده عملکرد ضعیف یا پتانسیل برای بهبود فرآیند در آینده است.

حال چند سناریو را می‌توان تصور نمود: در سناریوی اول در پایش زمان تحویل و کیفیت تأمین‌کننده، داده‌های نمونه ۱۶، بعد از ۱۵ بار نمونه‌گیری از زمان تحویل و بررسی کیفیت تأمین‌کننده توسط کارشناسان و خبرگان صنعت بر اساس مقیاس لیکرد از ۱ تا ۷ به‌صورت (۵ ,۴ ,۶ ,۳ ,۶ ,۴ ,۵ ,۴ ,۳ ,۴ ,۳ ,۳ ,۴ ,۵ ,۴) و (۴ ,۴ ,۵ ,۳ ,۵ ,۴ ,۶ ,۴ ,۴ ,۴ ,۲ ,۳ ,۵ ,۵ ,۴) برای دو متغیر پاسخ تحویل و کیفیت باشد و همچنین، در آن صورت پروفایل چندگانه به‌صورت زیر است:

$$y_1 = ۰,۲۹۹۱ + ۰,۳۹۲۲x_{11} + ۰,۳۶۶۲x_{21} + ۰,۲۹۹۳x_{31}$$

$$y_2 = ۲,۲۱۴ + ۰,۴۱۶۶x_{11} - ۰,۵۱۵۱x_{21} + ۰,۴۶۲۳x_{31}$$

این پروفایل‌ها به این معنی است که شاخص‌های فرآیند تحویل تأمین‌کننده از شرایط تحت کنترل، خارج نشده است. آماره آزمون فرآیند تحویل ۱۰,۳۳۰۹ و آماره آزمون کیفیت تأمین‌کننده ۱۵,۶۵۸۹ به دست می‌آیند که داخل حدود کنترل می‌باشند، زیرا از عدد ۱۹,۲ کوچک‌تر هستند و کارشناسان نیز با مشاهده در کنترل بودن هزینه‌های غیرقابل پیش بینی مایل به ادامه همکاری می‌باشند. حالت بعدی زمانی است که فرآیند تحویل و کیفیت تأمین‌کننده آن ثبات گذشته را نداشته باشد، برای مثال نظر کارشناسان و خبرگان صنعت برای دو متغیر پاسخ تحویل و کیفیت به‌صورت (۴ ,۴ ,۳ ,۴ ,۴ ,۳ ,۴ ,۵ ,۲ ,۶ ,۳ ,۲, ۴ ,۵ ,۴) و (۳ ,۵ ,۳ ,۴ ,۳ ,۲ ,۴ ,۵ ,۳ ,۵ ,۴ ,۳ ,۴ ,۵ ,۴) باشد. در این صورت با توجه به نمرات نسبتاً مناسب کارشناسان اینگونه به نظر می‌رسد که تأمین‌کننده دارای زمان تحویل و

کیفیت در کنترلی می‌باشد ولی پروفایل‌های چندگانه زیر بدین معنی است که زمان تحویل و کیفیت تأمین‌کننده از شرایط تحت کنترل، خارج شده است که این توسط مدل قابل کشف است.:

$$y_1 = ۱,۲۹۹۱ + ۰,۵۹۲۲x_{11} + ۰,۶۶۶۲x_{21} + ۰,۵۹۹۳x_{31}$$

$$y_2 = ۲,۲۱۴ + ۰,۶۱۶۶x_{11} - ۰,۸۱۵۱x_{21} + ۰,۵۶۲۳x_{31}$$

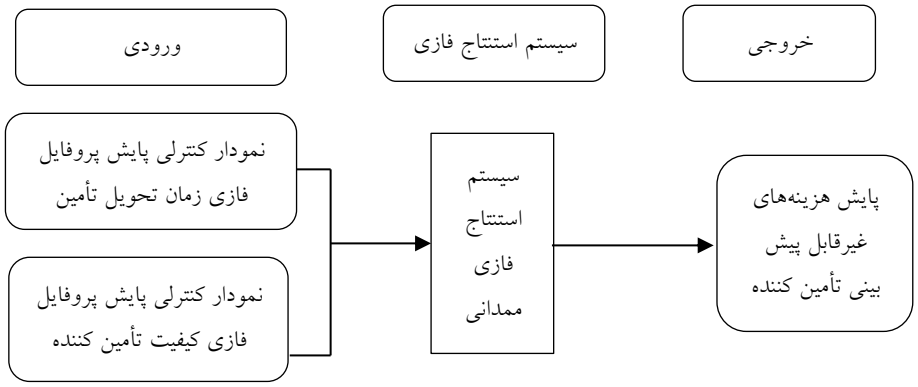
در این مورد، آماره آزمون برای پروفایل فازی زمان تحویل مقدار ۲۵,۷۷۴۶ و برای پروفایل فازی کیفیت تأمین‌کننده ۳۲,۴۵۹۷ به دست می‌آیند که چون بیشتر از ۱۹,۲ می‌باشد، خارج از کنترل و نیاز به بررسی بیشتر وضعیت فرآیند تحویل و کیفیت تأمین‌کننده می‌باشد و سازمان در صورت عدم‌اصلاح می‌تواند در روابط خود با تأمین‌کننده موردنظر تجدیدنظر نماید و از یک ضرر هنگفت در صنعت خود جلوگیری کند.

اهمیت و ارزش مدل پایش در اینجا بیشتر قابل‌فهم است که در حالت عادی و صرفاً با نظر کارشناسان نمی‌توان تشخیص خارج از کنترل بودن را داد و ممکن است این روند که اخلال در هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده از طرف تأمین‌کننده هست و باعث از دست دادن بازار توسط سازمان می‌شود برای مدت طولانی ادامه داشته باشد و عملاً سهم بازار سازمان از بین خواهد رفت و ممکن است این فرصت ازدست‌رفته دیگر قابل جبران نباشد ولی با تشکیل یک رابطه رگرسیونی چندگانه متشکل از همه متغیرهای مهم مرتبط با فرآیند تحویل و کیفیت برای سازمان و صنعت موردنظر و پایش هم‌زمان همه آن‌ها می‌توان در کمترین زمان ممکن به هشدار خارج از کنترل بودن هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده تأمین‌کننده رسید و مدیران را برای یک تصمیم‌گیری در ارتباط با تأمین‌کننده موردنظر و نوع همکاری با تأمین‌کننده به جمع‌بندی رساند.

سیستم استنتاج فازی

ما از سیستم استنتاج فازی برای ایجاد یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای چگونگی تعامل با تأمین‌کننده استفاده می‌کنیم. در شکل ۳ ساختار سیستم خبره فازی آورده شده است.

شکل ۳. ساختار سیستم خبره فازی



در مورد پایش پروفایلی تأمین‌کننده سه حالت ممکن است به وجود بیاید. حالت اول زمانی است که نمودارهای کنترلی برای مدت‌زمان طولانی حالت تحت کنترل را نشان بدهند. حالت دوم زمانی هست که نمودارهای کنترلی یک هشدار خارج از کنترل می‌دهند و مشکل تأمین‌کننده در کوتاه‌مدت حل و شرایط به حالت طبیعی و تحت کنترل می‌رسد و حالت سوم در صورتی اتفاق می‌افتد که هشدارهای خارج از کنترل در زمان‌های متفاوت و به‌صورت مکرر داده می‌شود و عملاً عملکرد تأمین‌کننده در طول زمان دچار اختلال می‌شود. در هر یک از سه حالت مدیران باید سازمان استراتژی مناسب را برای همکاری با تأمین‌کننده اتخاذ نمایند.

در حالت اول اگر تأمین‌کننده در طول زمان پایش دارای شرایط تحت کنترلی باشد، می‌توان وارد یک همکاری بلندمدت و استراتژیک با تأمین‌کننده شد که این کار هزینه‌های سازمان را در دو زمینه عملیاتی و استراتژیک کاهش می‌دهد و با ایجاد یک رابطه پایدار نگرانی را از بابت تأمین مواد اولیه، محصولات و خدمات از بین می‌برد. با

تمرکز بر ایجاد و توسعه روابط بلندمدت، هر دو طرف فعالانه به دنبال اجتناب از هرگونه هزینه‌های غیرضروری باشند که ممکن است ناشی از مناقصه مجدد، مذاکره مجدد یا مجبور به خروج زودهنگام از قرارداد موجود باشد. روابط بهتر و افزایش تعامل منجر به حوادث کمتر یا مسائل مربوط به عملکرد ضعیف می‌شود که به‌نوبه خود منجر به کاهش هزینه‌ها برای مدیریت رابطه می‌شود و همچنین روابط بلندمدت این فرصت را برای سازمان فراهم می‌کند تا تأمین‌کننده را در فرآیند بهبود مستمر محصولات و خدمات ارائه‌شده و سطوح خدمات همراه درگیر کند. این را می‌توان از طریق توسعه محصول، توسعه فرآیندها و رویه‌های جدید در طول قرارداد به دست آورد. (حالت خیلی خوب)

در حالت دوم اگر در پایش پروفایلی نمودارهای کنترلی هشدار دادند سازمان باید کانال‌های ارتباطی منظم و شفافی را با تأمین‌کننده خود ایجاد کند تا در کمترین زمان ممکن مشکلات تأمین‌کننده متناسب با اختلال پیش‌آمده شناسایی و برطرف شود و حتی‌الامکان آثار ناشی از اختلال کاهش داده شود و تأمین‌کننده دوباره به روند تحت کنترل بودن برگردانده شود. در این حین میزان سفارش از تأمین‌کننده کاهش پیدا می‌کند (حالت قابل‌قبول).

در حالت سوم تأمین‌کننده به‌طور مستمر دچار اختلال و از نمودارهای کنترلی هشدار خارج از کنترل صادر شود. در این صورت سازمان برای جلوگیری از ضرر هنگفت و خارج شدن از فضای رقابتی بازار می‌تواند قرارداد را لغو و یا میزان سفارش‌ها را در هر مرحله به‌طور پیوسته کاهش دهد و به همان میزان به دیگر تأمین‌کننده یا تأمین‌کنندگان مطمئن‌تر واگذار نماید. (حالت ضعیف)

همان‌طور که در جدول ۱۱ آورده شده است ورودی‌ها و خروجی به‌صورت متغیرهای زبانی می‌باشند که به‌صورت اعداد فازی درآورده می‌شود. در این تحقیق از روش استنتاج فازی ممدانی استفاده‌شده است زیرا محبوب‌ترین روش برای مدل‌سازی و ارزیابی با داده‌های نامطمئن می‌باشد [۳۵].

جدول ۱۱. ورودی‌ها و خروجی سیستم استنتاج فازی

متغیر		متغیر زبانی	اعداد فازی ذوزنقه‌ای متناظر
ورودی	نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی زمان تحویل تأمین‌کننده	ضعیف	(۰, ۰, ۰/۲, ۰/۴)
		قابل‌قبول	(۰/۲, ۰/۴, ۰/۶, ۰/۸)
		خیلی خوب	(۰/۶, ۰/۸, ۱, ۱)
	نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی کیفیت	ضعیف	(۰, ۰, ۰/۲, ۰/۴)
		قابل‌قبول	(۰/۲, ۰/۴, ۰/۶, ۰/۸)
		خیلی خوب	(۰/۶, ۰/۸, ۱, ۱)
خروجی	پایش هزینه‌های غیرقابل‌پیش‌بینی تأمین‌کننده	عدم همکاری با تأمین‌کننده	(۰, ۰, ۰/۱۵, ۰/۳)
		ادامه همکاری طبق قرارداد با تأمین‌کننده	(۰/۱۵, ۰/۳۵, ۰/۵, ۰/۷)
		همکاری استراتژیک و بلندمدت با تأمین‌کننده	(۰/۵۵, ۰/۷, ۱, ۱)

جدول ۱۲. قانون‌های سیستم استنتاج فازی

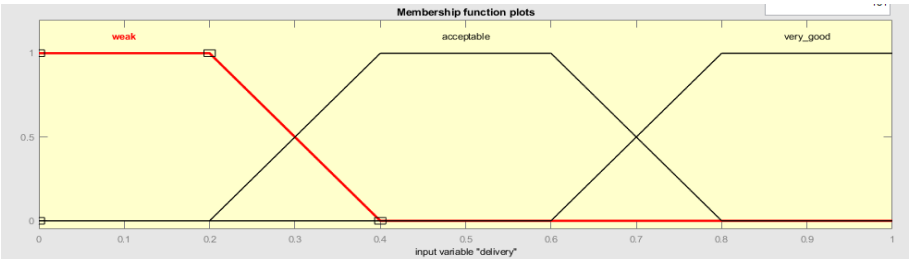
ردیف	اگر		آنگاه
	وضعیت نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی زمان تحویل تأمین‌کننده	وضعیت نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی کیفیت تأمین‌کننده	پایش هزینه‌های غیرقابل‌پیش‌بینی تأمین‌کننده
۱	ضعیف	ضعیف	عدم همکاری با تأمین‌کننده
۲	ضعیف	قابل‌قبول	عدم همکاری با تأمین‌کننده
۳	ضعیف	خیلی خوب	عدم همکاری با تأمین‌کننده
۴	قابل‌قبول	ضعیف	عدم همکاری با تأمین‌کننده
۵	قابل‌قبول	قابل‌قبول	ادامه همکاری طبق قرارداد با تأمین‌کننده
۶	قابل‌قبول	خیلی خوب	ادامه همکاری طبق قرارداد با تأمین‌کننده
۷	خیلی خوب	ضعیف	عدم همکاری با تأمین‌کننده

ردیف	اگر		آنگاه
	وضعیت نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی زمان تحویل تأمین‌کننده	وضعیت نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی کیفیت تأمین‌کننده	پایش هزینه‌های غیرقابل‌پیش‌بینی تأمین‌کننده
۸	خیلی خوب	قابل‌قبول	ادامه همکاری طبق قرارداد با تأمین‌کننده
۹	خیلی خوب	خیلی خوب	همکاری استراتژیک و بلندمدت با تأمین‌کننده

همان‌طور که در بالا اشاره شد برای پایش پروفایل فازی زمان تحویل تأمین‌کننده و همچنین پروفایل فازی کیفیت تأمین‌کننده سه حالت وجود دارد؛ که با توجه به انواع حالات ممکنه قانون‌ها به‌صورت جدول ۱۲ آورده می‌شود.

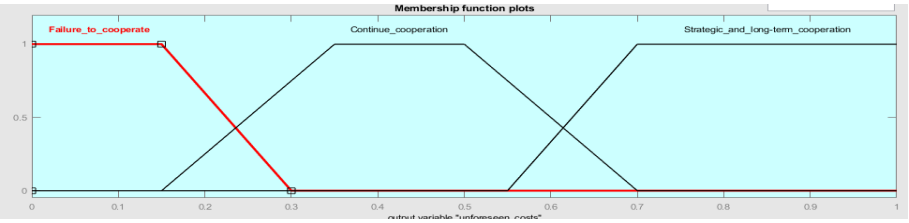
شکل ۴ تابع عضویت فازی ورودی اول و MF های آن را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده شد MF۱ ذوزنقه‌ای با دامنه‌های مختلف برای آن داریم که میزان عضویت متفاوتی را در هر نقطه نشان می‌دهد.

شکل ٤. تابع عضویت فازی ورودی اول



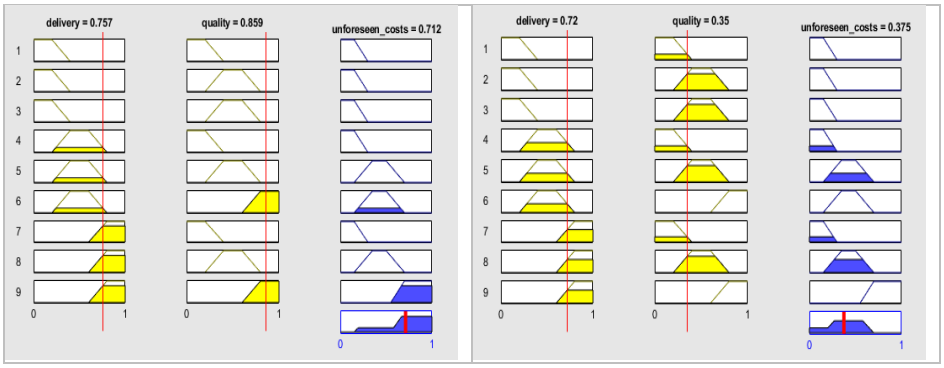
شکل ۵ تابع عضویت فازی خروجی نوع ارتباط با تأمین‌کننده بر اساس هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده را نشان می‌دهد.

شکل ۵. تابع عضویت فازی خروجی



با استفاده از نرم‌افزار متلب و با توجه به ورودی‌های مختلف می‌توان خروجی‌های زیر را دریافت کرد برای نمونه در شکل ۶ زیر دو نمونه خروجی آورده شده است.

شکل ٦. گرفتن خروجی بر اساس ورودی‌های مختلف

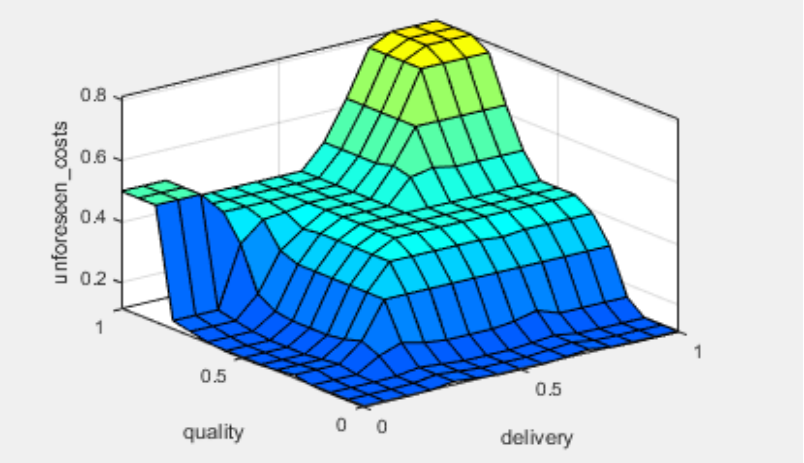


در شکل سمت راست اگر ورودی نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی زمان تحویل تأمین‌کننده ۰,۷۲ و ورودی نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی کیفیت تأمین‌کننده ۰,۳۵ در نظر گرفته شود. مقدار خروجی ۰,۳۷۵ هست که با توجه به هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده، سازمان می‌تواند با تأمین‌کننده موردنظر طبق قرارداد به ادامه همکاری بپردازد؛ و در شکل سمت چپ اگر ورودی نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی زمان تحویل تأمین‌کننده ۰,۷۵۷ و ورودی نمودار کنترلی پایش پروفایل فازی کیفیت تأمین‌کننده ۰,۸۵۹ در نظر گرفته شود، مقدار خروجی ۰,۷۱۲ می‌باشد که با توجه به هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده، سازمان می‌تواند با تأمین‌کننده موردنظر همکاری استراتژیک و بلندمدت داشته باشد.

با تغییر در نمودارهای کنترلی پایش پروفایل فازی زمان تحویل و کیفیت تأمین‌کننده در طول زمان، استراتژی همکاری با تأمین‌کننده می‌تواند تغییر کند و مدل همکاری با

تأمین‌کننده در طول زمان تحت پایش قرار می‌گیرد و در صورت تغییر در شرایط تأمین‌کننده با توجه به شاخص‌های عملکردی، استراتژی همکاری با تأمین‌کننده هم می‌تواند تغییر کند. در شکل ۷ نمودار سطح بین ورودی ۱ و ۲ و تأثیر آن‌ها بر خروجی آورده شده است.

شکل ۷. نمودار سطح بین ورودی ۱ و ۲ و تأثیر آنها بر خروجی



نتیجه‌گیری

یک رابطه موفق هم به تأمین‌کنندگان و هم به خریداران نیاز دارد تا از تغییر روابط خود به‌عنوان رقبا و تغییر فضای بازار آگاه باشند و متوجه شوند که رابطه خریدار و تأمین‌کننده روندی دوطرفه است. فقط با نظارت بر روابط در طول زمان، می‌توان روندها و تغییراتی را که از عملکرد ضعیف بالقوه در آینده خبر می‌دهند، شناسایی کرد. قبل از تأثیر منفی در مشارکت باید علت عملکرد ضعیف را بررسی و برطرف کرد. واضح است که شرکت‌ها منابع مدیریتی زیادی را صرف نظارت و مدیریت روابط با تأمین‌کنندگان مهم خود می‌کنند. پایش تأمین‌کنندگان در طول مدت همکاری می‌تواند به‌عنوان ابزاری قوی در دست سازمان‌ها و شرکت‌ها باشد تا بتوانند به کنترل فعالیت‌های تأمین‌کننده در قبال سازمان و شرکت بپردازند و هرگاه تأمین‌کننده در هرلحظه از زمان همکاری شرایط لازم

سازمان را جهت انجام همکاری از دست دهد به تغییر استراتژی با تأمین‌کننده موردنظر بپردازند.

ارزشمند بودن مدل پایش به این است که در حالت عادی و صرفاً با نظر کارشناسان ممکن است نتوان تشخیص خارج از کنترل بودن را داد و ممکن است این روند که اخلال در فرآیند تحویل و کیفیت تأمین‌کننده هست و هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده‌ای را تحمیل می‌کند باعث از دست دادن بازار توسط سازمان شود و اگر برای مدت طولانی ادامه داشته باشد عملاً سهم بازار سازمان از بین خواهد رفت و در دنیای رقابتی امروز عملاً باعث نابودی سازمان و صنعت موردنظر می‌شود و ممکن است این فرصت ازدست‌رفته دیگر قابل جبران نباشد ولی با تشکیل یک رابطه رگرسیونی چندگانه متشکل از همه متغیرهای مهم فرآیند تحویل و کیفیت برای سازمان و صنعت موردنظر و پایش جداگانه آن‌ها و با استفاده از سیستم استنتاج فازی می‌توان در کمترین زمان ممکن به هشدار خارج از کنترل بودن هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده تأمین‌کننده رسید و این فرصت را به مدیران برای تصمیم‌گیری در ارتباط با ادامه همکاری یا تصحیح روند به وجود آمده داد و عملاً سازمان را از یک ضرر هنگفت و غیرقابل‌جبران نجات داد.

هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده تأمین‌کنندگان در صنعت خودرو به‌عنوان یک سازمانی که متولی پروژه‌های حساس و بزرگ ملی هست بسیار دارای اهمیت است. تأمین‌کننده ممکن است در زمان انتخاب توسط سازمان دارای شرایط موردنظر باشد ولی در طول زمان همکاری به دلایل مختلف دچار ضعف در حوزه‌های مختلف شود و اگر سازمان به پایش تأمین‌کننده در طول زمان نپردازد و دیرتر از زمان مشخص به ضعف تأمین‌کننده پی ببرد ممکن است خسارت‌های جبران‌ناپذیری را متحمل شود و چالش‌های زیادی ایجادشده و بر مشتری نهایی نیز تأثیرگذار خواهد بود. لذا پایش تأمین‌کننده در طول زمان همکاری و یافتن نقطه تغییر عملکرد تأمین‌کننده در کمترین زمان لازم می‌تواند به سازمان و شرکت در جهت اخذ استراتژی مناسب کمک کند.

در این مقاله متمرکز بر پایش عملکرد و انتخاب و پایش استراتژی همکاری با تأمین‌کننده می‌باشد. هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده به‌عنوان شاخص عملکردی تأمین‌کننده موردبررسی قرار گرفته شد و عوامل ناشناخته هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده بر اساس داده‌های معاملات گذشته تأمین‌کنندگان ازنظر زمان تحویل و کیفیت محصول اندازه‌گیری می‌شوند. یک مدل برای پایش پروفایلی فازی چندگانه برای فرآیند تحویل و کیفیت برای کنترل هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده تأمین‌کننده ارائه شد که فرآیند تحویل و کیفیت را برای سازمان‌هایی که زمان تحویل و کیفیت محصولات تأمین‌کننده نقش بسزایی در تولید و قیمت محصول نهایی آن‌ها و حفظ بازار آن‌ها دارد را در طول زمان در شرایط فازی پایش و بررسی می‌کند. بامطالعه کتابخانه‌ای و استفاده ازنظر نخبگان و کارشناسان صنعت موردنظر شاخص‌های مربوط با فرآیند تحویل و کیفیت را به‌عنوان متغیرهای مستقل استخراج و زمان تحویل و کیفیت به‌عنوان متغیرهای پاسخ در قالب دو رگرسیون فازی چندگانه به‌صورت جداگانه در نظر گرفته شد.

برای پایش پروفایل فازی از روش T^2 مبنی بر تفاوت‌های متوالی در فاز ۱ و روش نسبت درستنمایی در فاز ۲ استفاده شد و داده‌های تاریخی با استفاده از نمره دهی بر اساس مقیاس لیکرد و تبدیل به داده‌های کمی فازی توسط کارشناسان صنعت با نمونه‌برداری از بررسی فرآیند تحویل، کیفیت و ریسک با بحث و بررسی صورت پذیرفت. در فاز اول پارامترهای مدل به دست آورده و پایش شد. در فاز دوم با شبیه‌سازی داده‌های در کنترل به بررسی کارایی مدل در پیدا کردن هشدار پرداخته شد و با بررسی حالات مختلف برای نمودارهای کنترلی زمان تحویل و کیفیت و با استفاده از ابزار سیستم استنتاج فازی در صورت بروز هرگونه عدم رضایت در هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده در سریع‌ترین زمان ممکن هشدار به سازمان داده شود تا به بررسی مشکل و تصمیم‌گیری برای ادامه یا قطع همکاری با تأمین‌کننده بپردازد.

در این مطالعه می‌توان چند بینش مدیریتی استراتژیک مهم را در نظر گرفت. اول اینکه پایش زمان تحویل و کیفیت محصولات تأمین‌کنندگان به‌صورت جداگانه نشان می‌دهد که مدیریت به‌طور دقیق و مستمر عملکرد تأمین‌کنندگان را رصد می‌کند. دوم

اینکه استفاده از سیستم هوشمند استنتاج فازی برای تصمیم‌گیری در مورد مدل همکاری با تأمین‌کنندگان نشان می‌دهد که مدیریت از ابزارهای پیشرفته تحلیلی برای بهبود فرآیندها استفاده می‌کند. سوم اینکه انتخاب مدل همکاری با تأمین‌کنندگان بر اساس ارزیابی عملکرد آن‌ها نشان می‌دهد که مدیریت به دنبال ایجاد روابط بلندمدت و پایدار با تأمین‌کنندگان است و چهارم اینکه پایش و ارزیابی مداوم تأمین‌کنندگان و تطبیق مدل همکاری با آن نشان می‌دهد که مدیریت به دنبال بهبود مستمر فرآیندها و روابط با تأمین‌کنندگان است. درمجموع، این رویکرد مدیریتی نشان می‌دهد که سازمان به دنبال ایجاد یک زنجیره تأمین چابک و پاسخگو است که بر اساس ارزیابی عملکرد و استفاده از ابزارهای تحلیلی پیشرفته، روابط بلندمدت و پایدار با تأمین‌کنندگان را ایجاد می‌کند.

در این تحقیق برای بررسی و پایش واقع‌بینانه تأمین‌کننده می‌توان از بقیه شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کننده در کنار شاخص فرآیند تحویل، کیفیت و ریسک بهره برد.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

ORCID

Poorya Naseri **https://orcid.org/0009-0005-8544-2880**
Mortaza Abbasi **https://orcid.org/0000-0002-0926-6644**
Karim Atashgar **https://orcid.org/0000-0003-3738-2703**

References

1 Amy H.I. Lee., (2007). *A fuzzy AHP evaluation model for buyer–supplier relationships with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks*. International Journal of Production Research, 47:15, 4255-4280. DOI:10.1080/00207540801908084.

2 Talluri, S.; Sarkis, J. (2002). *A model for performance monitoring of suppliers*. Int. J. Prod. Res, 40, 4257–4269. DOI:10.1080/00207540210152894.

3 Dey, P.K.; Bhattacharya, A.; Ho, W. (2015). *Strategic supplier performance evaluation: A case-based action research of a UK manufacturing organization*. Int. J. Prod. Econ, 166, 192–214. DOI:10.1016/j.ijpe.2014.09.021.

4 Chen, S.-P., and W. Y. Wu. (2017). *A Systematic Procedure to Evaluate an Automobile Manufacturer–Distributor Partnership.* European Journal of Operational Research 205 (3): 687–698. DOI:10.1016/j.ejor.2010.01.036.

5 Villena, V. H., and C. W. Craighead. (2017). *On the Same Page? How Asymmetric Buyer–Supplier Relationships Affect Opportunism and Performance.* Production and Operations Management 26: 491–508. DOI:10.5465/AMBPP.2015.11040abstract.

6 Son, B. G., C. Kocabasoglu-Hillmer, and S. Roden. (2016). *A Dyadic Perspective on Retailer–Supplier Relationships Through the Lens of Social Capital.* International Journal of Production Economics 178: 120–131. DOI:10.1016/j.ijpe.2016.05.005.

7 Faraz, A, Z. Zacharia, M. Gerschberger. (2016). *Make Sure You Understood Your Strategic Partner in Your Buyer–Supplier Relationship*. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), December 4–7, Bali, Indonesia. DOI:10.1109/IEEM.2016.7797992.

8 Faraz, A., Sanders, N., Zacharia, Z., Gerschberger, M., (2018). *Monitoring type B buyer–supplier relationships. International Journal of Production Research.* DOI:10.1111/j.1745-493X.1998.tb00292.x.

9 Autry, C. W., B. D. Williams, and S. Golicic. (2014). *Relational and Process Multiplexity in Vertical Supply Chain Triads: An Exploration in the U.S. Restaurant Industry.* Journal of Business Logistics 35 (1): 52–70. DOI:10.1111/jbl.12034

10 Suraraksa, J., Shin, K.S., (2019). *Comparative Analysis of Factors for Supplier Selection and Monitoring: The Case of the Automotive Industry in Thailand. Sustainability.* https://doi.org/10.3390/su11040981.

11 Liang C., & Li Q., (2006). *Manufacturing execution systems (MES) assessment and investment decision study.* In:Proceedings of 2006

IEEE international conference on systems, and cybernetics, Taipei, Taiwan, pp.5285–5290, DOI:10.1109/ICSMC.2006.385148.

12 Dey, P.K.; Cheffi,W. (2013). *Green supply chain performance measurement using the analytic hierarchy process: A comparative analysis of manufacturing organisations.* Prod. Plan. Control, 24, 702–720, DOI:10.1080/09537287.2012.666859

13 Yakovleva, N.; Sarkis, J.; Sloan, T. (2012). *Sustainable benchmarking of supply chains: The case of the food industry*. Int. J. Prod. Res., 50, 1297–1317, DOI:10.1080/00207543.2011.571926.

14 Giannakis M, Dubey R, Vlachos I, Ju Y, (2019). *Supplier sustainability performance evaluation using the analytic network process. Journal of Cleaner Production.* DOI:10.1016/j.jclepro.2019.119439

15 Pradhan, S.K., Routroy, S. (2016). *Improving supply chain performance by Supplier Development program through enhanced visibility.* 6th International Conference of Materials Processing and Characterization, DOI:10.1016/j.matpr.2017.11.613

16 Torres-Ruiz, Aineth,. Ravindran, A. Ravi. (2017). *Multiple Criteria Framework for the Sustainability Risk Assessment of a Supplier Portfolio. Journal of Cleaner Production.* DOI:10.1016/j.jclepro.2017.10.304.

17 Maestrini, V., Luzzini, D,. Caniato, F., Ronchi, S. (2018). *Effects of monitoring and incentives on supplier performance: an agency theory perspective.* International Journal of Production Economic. DOI:10.1108/IJOPM-10-2016-0589.

18 Wang, J., Swartz, C.L.E., Corbett, B,. Huang, K., (2020). *Supply Chain Monitoring Using Principal Component Analysis.* Industrial & Engineering Chemistry Research,, 59, 12487−12503, DOI:10.1021/acs.iecr.0c01038.

19 Duan, Y., Hofer, C,. Aloysius, J., (2020). *Consumers care and firms should too: On the benefits of disclosing supplier monitoring activities.* Journal of Operations Management, 1-22. DOI:10.5465/AMBPP.2020.20405abstract.

20 Shafiq, A., Johnson, P. F., Klassen, R. D., (2022). *monitoring: implications for buyer performance.* International Journal of Operations & Production Management, DOI:10.1108/IJOPM-03-2021-0149.

21 Hu, O., Hu, J., Yang, Z., (2022). *Performance implications of peer monitoring among suppliers*, Journal of Marketing and Logistics, ISSN: 1355-5855. DOI:10.1108/APJML-02-2022-0158.

22 Changalima, I, A,. Ismail, A, J., Mchopa, A., D., (2023). *Effects of supplier selection and supplier monitoring on public procurement*

efficiency in Tanzania: a cost-reduction perspective. Journal of Management. DOI:10.1108/XJM-04-2022-0077.

23 Eilon, W.-G. and Christofides (1971). *Distribution Management: Mathematical Modelling and Practical Analysis*, Charles Griffin and Company,London. DOI:10.1109/TSMC.1974.4309370.

24 H.C.W. LauWan Kai PangChristina W.Y. Wong, (2002). *Methodology for monitoring supply chain performance: a fuzzy logic approach*. Logistics Information Management, Vol. 15 Iss 4 pp. 271 – 280. DOI:10.1108/09576050210436110.

25 Montgomery, D.C., (2005). *Introduction to Statistical Quality Control*. Fifth Edition, John Wiley and Sons, Inc.

26 Noorossana, R., Saghaei, A., Amiri, A., (2011). *Statistical Analysis of Profile Monitoring*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. DOI:10.1002/9781118071984.

27 Shyamal, A.K., and Pal, A., (2007). *Triangular fuzzy matrices", Iranian Journal of Fuzzy Systems*. Vol. 4, No. 1, pp. 75-87.

28 Taheri, M., Mashinchi, M., (2013). *An introduction to statistics and fuzzy probability*. Shahid Bahoner Publications, Kerman. (in persian)

29 Arabpour A. R., and Tata, M., (2008). *Estimating the parameters of a fuzzy linear regression Model*, Iranian Journal of Fuzzy Systems, 2, 1-19. DOI: 10.1007/s00500-020-05331-7.

30 Noorossana, R., Eyvazian, M., Amiri, A., and Mahmoud, M. A. (2010b). *Statistical monitoring of multivariate multiple linear regression profiles in phase I with calibration application.* Quality and Reliability Engineering International, 26(3), 291–303. DOI:10.1002/qre.1066.

31 Eyvazian, M., Noorossana, R., Saghaie, A., and Amiri, A. (2010). *Phase II Monitoring of Multivariate Multiple Linear Regression Profiles.* Published online in Quality and Reliability Engineering International, DOI:10.1002/qre.1119.

32 N. Aissaoui, M. Haouari, and E. Hassini, (2007). *Supplier selection and order lot sizing modeling: a review.* Computers and Operations Research, vol. 34, no. 12, pp. 3516–3540. DOI:10.5267/ j.ijiec.2010.03.007.

33 Pandey, Shah, and Gajjar. (2017). *A fuzzy goal programming approach for selecting sustainable suppliers.* Benchmarking An International Journal 24(5). DOI:10.1108/BIJ-11-2015-0110

34 Badri Ahmadi, H., S. Kusi-Sarpong, and J. Rezaei. (2017b). *Assessing the Social Sustainability of Supply Chains Using Best Worst Method.* Resources, Conservation and Recycling 126: 99–106. DOI:10.1016/j.resconrec.2017.07.020.

35 A. Asemi, (ECDC 2014), *Intelligent MCDM method for supplier selection under fuzzy environment*, International Journal of Information Science and Management, Special Issue, 33-40.

استناد به این مقاله: ناصری، پوریا.، عباسی، مرتضی.، آتشگر، کریم. (۱۴۰۳). طراحی مدلی برای انتخاب و پایش استراتژی همکاری با تأمین کننده با استفاده از پایش پروفایلی فازی هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده، *مطالعات مدیریت صنعتی*، *۲۲(۷۳)*، ۱۸۵-۲۴۰. DOI: 10.22054/jims.2024.78742.2907

Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.