

ارائه مدل تلفیقی QFD، FMEA و AHP فازی برای

بهبود تصمیم‌گیری در برون‌سپاری لجستیک

هیوا فاروقی^{۱*}، مهدی بدریان^۲، ساجده منصورپور^۳

دانشگاه کردستان
دانشگاه الزهرا

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۰۸

چکیده

در این مقاله رویکردی تلفیقی از ترکیب تکنیک‌های QFD^۴، FMEA^۵، AHP^۶ و تئوری فازی برای ارزیابی و انتخاب بهینه تأمین‌کنندگان لجستیک طرف سوم ارائه شده است. در این رویکرد معیارهای ارزیابی با استفاده از خانه‌های کیفیت در تناسب با الزامات ذی‌نفعان شرکت برون‌سپار معرفی می‌شوند. استفاده از روش AHP فازی میزان اهمیت هر یک از ذی‌نفعان در فرآیند تصمیم‌گیری، ارتباطات وزنی در خانه‌های کیفیت و میزان اهمیت هر یک از معیارهای ارزیابی در رویکرد پیشنهادی محاسبه شده و در نهایت از روش FMEA برای تجزیه و تحلیل ریسک‌های احتمالی که عملکرد زنجیره تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهند استفاده شده است. رویکرد پیشنهادی در مقایسه با سایر رویکردهای توسعه داده شده، علاوه بر این که صدای ذی‌نفعان شرکت برون‌سپار را در فرآیند تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد در ضمن دارای این مزیت نیز می‌باشد که ریسک‌های موجود را تجزیه و تحلیل کرده تا فرآیند برون‌سپاری لجستیک به بهترین نحو ممکن انجام شود. رویکرد پیشنهادی برای اثبات کارایی، شرکت تولیدکننده مواد غذایی به صورت مطالعه موردی به کار گرفته شده است.

واژه‌های کلیدی: برون‌سپاری لجستیک، QFD، AHP، FMEA، فازی.

۱- مقدمه

نیست، به همین دلیل شرکت‌ها مایل به برون‌سپاری این فعالیت‌ها به شرکت‌هایی خارج از سازمان یا 3PL هستند تا بتوانند برای بقاء در بازار رقابتی تمرکز بهتری بر روی فعالیت‌های با ارزش افزوده داشته باشند. در واقع یکی از مزیت‌های اصلی برون‌سپاری فعالیت‌های لجستیکی، تمرکز سازمان بر توانمندی‌های کلیدی خود بوده که از این طریق می‌توانند کارایی خود را افزایش دهند [۱]. انتخاب و ارزیابی یک 3PL، فعالیتی مهم در فرآیند برون‌سپاری لجستیک است، زیرا یک 3PL مناسب منجر به کاهش چشمگیری در هزینه‌های سرمایه‌گذاری تسهیلات، تجهیزات، تکنولوژی اطلاعات، نیروی انسانی و سطح موجودی می‌شود و رشد قابل ملاحظه‌ای در انعطاف‌پذیری شرکت‌ها در وفق دادن تغییرات بازار می‌باشد [۲].

رویکرد سنتی برای انتخاب تأمین‌کننده به این صورت است که با تمام تأمین‌کنندگان بالقوه تماس گرفته شده و ضمن آگاه ساختن آنها از مشخصات خرید، پیشنهادات قیمت را از آنها دریافت کرده و در نهایت بهترین پیشنهاد

برون‌سپاری لجستیک یا لجستیک طرف سوم (3PL)^۷ عبارتند از: به‌کارگیری شرکت‌هایی خارج از محیط سازمان برای انجام برخی یا همه فعالیت‌های لجستیک سازمان از قبیل حمل و نقل، توزیع، انبارداری، مدیریت موجودی و غیره. عملیات‌های لجستیک فوق، فعالیت‌هایی با ایجاد ارزش افزوده نمی‌باشند، زیرا فعالیت‌هایی برای انجام یک تجارت موفق لازم و ضروری بوده ولی از اجزای محصول

*۱- استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه کردستان، نویسنده پست‌الکترونیکی: H.farughi@uok.ac.ir، نشانی: سنندج، بلوار پاسداران، دانشگاه کردستان، گروه مهندسی صنایع

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه کردستان، پست‌الکترونیکی: Mbadriyan@yahoo.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه الزهرا، پست‌الکترونیکی: S.mansurpur@student.alzahra.ac.ir

4- Quality Function Deployment
5- Failure Mode and Effect Analysis
6- Analytic Hierarchy Process
7- Third- Party Logistics (3PL or TPL)

۲- مرور ادبیات

تکنیک‌های مختلفی از روش‌های MCDM برای انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان به‌کار گرفته شده است. هو^۶ و همکاران با بررسی ۷۰ مقاله روش‌های AHP, DEA و رویکردی تلفیقی از برنامه‌ریزی آرمانی^۷ (GP) را با روش AHP به‌عنوان پرکاربردترین روش‌ها در انتخاب تأمین‌کنندگان معرفی کرده‌اند [۴].

مد^۸ و سارکیس^۹ از روش ANP در انتخاب 3PL استفاده کرده‌اند [۵]. آنها در مدل خود از فاکتورهای تصمیم‌گیری موقعیت مکانی محصول در طول چرخه عمر آن، معیار عملکرد سازمانی، وظایف لجستیکی مورد نیاز سازمان و نقش سازمان در لجستیک استفاده کرده‌اند.

بوتانی^{۱۰} و ریزی^{۱۱} رویکرد تاپسیس فازی را به‌منظور رتبه‌بندی و انتخاب بهترین 3PL به‌کار گرفته‌اند [۶]. آنها در رویکرد پیشنهادی از نه معیار استفاده کرده‌اند که این معیارها عبارتند از: سازگاری، پایداری مالی، انعطاف‌پذیری خدمات، عملکرد، قیمت، تجهیزات فیزیکی و اطلاعات سیستمی، کیفیت، سیاست‌های استراتژیک اعتبار و شایستگی. ایزیکلار^{۱۲} و همکاران رویکردی از تلفیق استدلال بر مبنای قاعده^{۱۳} (CBR)، استدلال بر مبنای مورد^{۱۴} (RBR) و برنامه‌ریزی سازشی^{۱۵} بر مبنای معیارهای هزینه، کیفیت، توانایی تکنیکی، سطوح سرویس، پایداری مالی، نیروی انسانی و فناوری اطلاعات برای حل مسئله 3PL ارائه کرده‌اند [۷].

افندیگیل^{۱۶} و همکاران به‌منظور انتخاب بهینه 3PL رویکردی تلفیقی از ترکیب AHP فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه کرده‌اند [۸]. آنها در فرآیند تصمیم‌گیری ۱۲ فاکتور را در نظر گرفته‌اند که عبارتند از: تحویل به‌موقع، نرخ انباشتن، کیفیت سرویس، هزینه عملیات واحد، ظرفیت مصرفی، کل زمان فرآیند سفارش، شاخص انعطاف‌پذیری سیستم، سطح تلفیق، ترقی در سیستم بازار، تحقیق و توسعه، هزینه‌های محیطی و رضایت مشتری.

انتخاب می‌گردد. به‌طور معمول این انتخاب معادل است با پیشنهادی که کمترین هزینه را شامل می‌شود. اما با پیشرفت تکنولوژی و بزرگ شدن ابعاد سازمان‌ها و نیازهای آنها، انتخاب یک 3PL مناسب بستگی به معیارهای کیفی و کمی زیادی دارد و دیگر چنین رویکردی مناسب نیست و به‌همین دلیل رویکردهای مختلفی برای انتخاب بهترین 3PL توسعه داده شده است و از تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ (MCDM) و روش‌های پیش‌بینی و ارزیابی عملکرد از قبیل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فرآیند تحلیل شبکه‌ای^۲ (ANP)، تاپسیس^۳ (TOPSIS)، شبکه‌های عصبی مصنوعی^۴ (ANN)، تحلیل پوششی داده‌ها^۵ (DEA) و غیره استفاده شده است. اگرچه روش‌های مذکور با معیارهای متنوع و ناسازگاری در ارتباط هستند. اما اثر اهداف جاری و الزامات ذی‌نفعان شرکت در ارزیابی و وزن‌دهی به معیارها را در نظر نمی‌گیرند. در واقع وزن‌دهی به معیارهای ارزیابی 3PL به تعداد زیادی از اهداف و استراتژی‌های تجاری بستگی دارد و در مواقعی که وزن‌دهی به‌طور تصادفی و بدون در نظر گرفتن صدای ذی‌نفعان شرکت تخصیص یابد، 3PL انتخاب شده قادر نخواهد بود نیازهای حقیقی شرکت را تأمین کند [۳]. به‌همین دلیل در این مقاله رویکردی تلفیقی از ترکیب تکنیک گسترش عملکرد کیفیت (QFD)، تحلیل سلسله مراتبی فازی، تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن (FMEA) ارائه شده است. در این روش از تکنیک QFD برای ترجمه الزامات ذی‌نفعان در قالب معیارهای ارزیابی استفاده شده و چون بعضی از معیارهای ارزیابی، کیفی و غیرقطعی هستند لذا از روش AHP فازی برای محاسبه درجه اهمیت نسبی در خانه‌های کیفیت متعلق به روش QFD استفاده شده است تا از ناسازگاری‌های ناشی از قضاوت‌های ذهنی اجتناب شود. هم‌چنین با استفاده از تکنیک FMEA ارزیابی و تحلیل ریسک در انتخاب گزینه‌ها امکان‌پذیر می‌شود.

- 6- Ho
- 7- Goal Programming
- 8- Meade
- 9- Sarkis
- 10- Bottani
- 11- Rizzi
- 12- Işıklar
- 13- Case Based Reasoning
- 14- Rule Based Reasoning
- 15- Compromise Programming
- 16- Efendigil

- 1- Multiple Criteria Decision Making
- 2- Analytic Network Process
- 3- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
- 4- Artificial Neural Network
- 5- Data Envelopment Analysis

ژو^۱ و همکاران به‌منظور اندازه‌گیری میزان کارایی شرکت‌های 3PL چینی از تکنیک DEA استفاده کرده‌اند [۹]. در مدل ارائه شده آنها چهار نوع ورودی (سرمایه ثابت خالص، درآمدها و دستمزدها، هزینه‌های عملیاتی و بدهی‌های جاری) و یک خروجی (درآمد عملیاتی) وجود دارد.

لیو^۲ و ونگ^۳ رویکردی سه مرحله‌ای برای ارزیابی و انتخاب 3PL ارائه کرده‌اند [۲]. در مرحله اول این مدل از روش دلفی فازی برای شناسایی معیارهای مهم ارزیابی استفاده شده، سپس به‌منظور تخمین 3PL نامناسب از روش استنتاج فازی استفاده شده و در مرحله آخر رویکرد تخصیص خطی فازی^۴ برای انتخاب نهایی به کار رفته است.

تمام رویکردهای فوق، برای برخورد با معیارهای چندگانه و متضاد قابل استفاده می‌باشند اما دارای دو مشکل هستند به‌گونه‌ای که هیچ یک از آنها اثر اهداف تجاری و الزامات ذی‌نفعان شرکت برون‌سپار را در معیارهای ارزیابی در نظر نمی‌گیرند و همچنین در تمام رویکردهای توسعه داده شده عوامل مربوط به ریسک و حوادث محتمل که عملکرد زنجیره تأمین را دچار اختلال می‌کنند، لحاظ نشده است.

از این رو در این مقاله از تکنیک FMEA به همراه QFD و AHP فازی در حل مسئله انتخاب بهینه 3PL استفاده شده است.

۳- رویکرد تلفیقی QFD, FMEA و AHP فازی

در این مقاله رویکرد ارائه شده برای انتخاب بهترین 3PL در شکل (۱) نشان داده شده است. خانه کیفیت^۵ (HOQ) ابزاری از تکنیک QFD است که وظیفه آن ترجمه الزامات ذی‌نفعان شرکت در قالب معیارهای ارزیابی است. در این رویکرد از سه خانه کیفیت شامل HOQ1 (برای مراحل ۱ تا ۵) HOQ2 (برای مراحل ۶ تا ۹) و HOQ3 (برای مراحل ۱۰ تا ۱۳) استفاده شده است.

خانه کیفیت اول، ذی‌نفعان شرکت را به الزامات آنها متصل می‌کند. خانه کیفیت دوم الزامات ذی‌نفع را به معیارهای ارزیابی مرتبط می‌سازد و در نهایت در خانه کیفیت

- 1- Zhou
- 2- Liu
- 3- Wang
- 4- Fuzzy Linear Assignment
- 5- House of Quality

سوم گزینه‌های 3PL با عدد RPN کوچک‌تر از ۲۵۰، برای ارزیابی معرفی می‌شوند.

۳-۱- مراحل رویکرد تلفیقی

مراحل رویکرد پیشنهادی به شرح زیر است:

گام ۱: شناسایی ذی‌نفعان شرکت که در فرآیند انتخاب 3PL اظهارنظر می‌نمایند.

گام ۲: تعیین میزان اهمیت نظرات هر یک از ذی‌نفعان در فرآیند تصمیم‌گیری برون‌سپاری با استفاده از AHP فازی (روش AHP فازی در بخش ۳-۲ توضیح داده شده است) که آن w_i^1 نامیده می‌شود.

گام ۳: شناسایی الزامات ذی‌نفعان

گام ۴: تعیین ارتباطات وزنی الزامات ذی‌نفع با ذی‌نفع i ام متناظر آن با استفاده از AHP فازی که c_{ij}^1 نامیده می‌شود.

گام ۵: میزان اهمیت هر الزام ذی‌نفع را با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$w_j^2 = \sum_{i \in S} w_i^1 c_{ij}^1 \quad (1)$$

ک: نشان‌دهنده مجموعه ذی‌نفعان است.

گام ۶: الزامات ذی‌نفعان (گام ۳) و میزان اهمیت متناظر آنها (گام ۵) را وارد HOQ2 می‌کند.

گام ۷: معیارهای ارزیابی 3PL را شناسایی می‌کنیم.

گام ۸: ارتباط وزنی بین معیار ارزیابی λ_m با الزامات ذی‌نفع λ_m متناظر با آن را با استفاده از روش AHP فازی به‌دست آورده و آن c_{ij}^2 نامیده می‌شود.

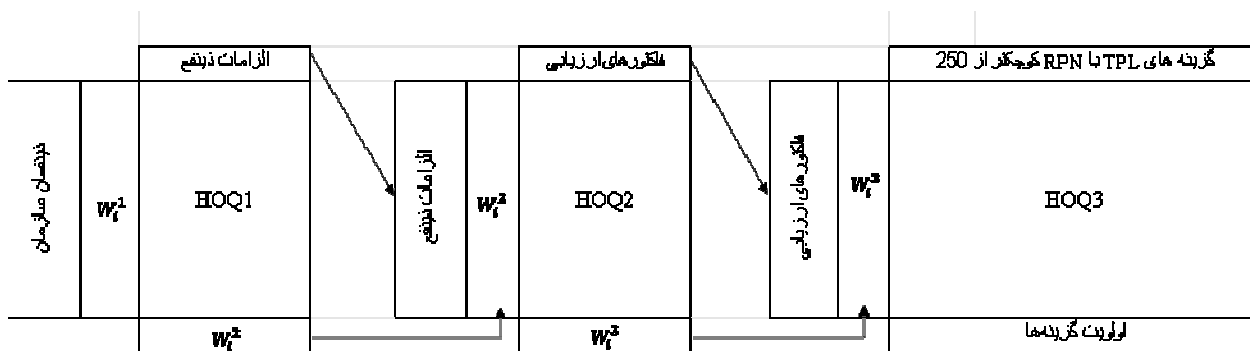
گام ۹: میزان اهمیت هر معیار ارزیابی با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد:

$$w_j^3 = \sum_{i \in S} w_j^2 c_{ij}^2 \quad (2)$$

ک: نشان‌دهنده مجموعه الزامات ذی‌نفع است.

گام ۱۰: معیارهای ارزیابی (گام ۷) و درجه اهمیت متناظر با آنها (گام ۹) را وارد HOQ3 می‌کند.

گام ۱۱: گزینه‌های 3PL را شناسایی کرده و گزینه‌هایی که عدد RPN آنها کوچک‌تر از ۲۵۰ باشد را وارد HOQ3 می‌کند (نحوه محاسبه RPN با استفاده از روش FMEA در بخش ۳-۳ توضیح داده شده است).



شکل (۱): رویکرد پیشنهادی برای انتخاب 3PL

مراحل روش AHP فازی به شرح زیر است [۱۰]:
 گام ۱: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی \tilde{A} با استفاده از اعداد فازی مثلثی (در این مرحله برای مقایسه زوجی می‌توان از اطلاعات شکل (۲) استفاده کرد).
 گام ۲: محاسبه مقادیر ویژه فازی. یک مقدار ویژه فازی از حل رابطه (۴) حاصل می‌گردد.

$$\tilde{A}\tilde{x} = \tilde{\lambda}_{max}\tilde{x} \quad (4)$$

در رابطه (۴)، \tilde{A} یک ماتریس فازی $n \times n$ می‌باشد و \tilde{x} یک بردار وزن $n \times 1$ غیر صفر شامل اعداد فازی \tilde{x}_i است.

با تعریف سطح اطمینان α اعداد فازی مثلثی به صورت رابطه (۵) نشان داده می‌شوند:

$$\forall \alpha \in [0, 1] \quad \tilde{\mu}_\alpha = [a^\alpha, c^\alpha] = [(b-a)\alpha + a, -(c-b)\alpha + c] \quad (5)$$

میزان رضایت هر ماتریس تصمیم‌گیری \tilde{A} با شاخص خوش‌بینانه μ سنجیده می‌شود. مقدار μ توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌گردد و مقدار بزرگ‌تری از شاخص μ نشان‌دهنده میزان خوش‌بینانه بزرگ‌تری است. شاخص خوش‌بینانه یک ترکیب خطی محدب است که به صورت رابطه (۶) تعریف می‌شود:

$$\hat{a}_{ij}^\alpha = \mu a_{iju}^\alpha + (1-\mu)a_{ijl}^\alpha, \forall \mu \in [0, 1] \quad (6)$$

پس از در نظر گرفتن یک مقدار ثابت برای α ، ماتریس زیر پس از تنظیم شاخص خوش‌بینانه μ به منظور تخمین میزان رضایت حاصل می‌گردد.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \hat{a}_{1n}^\alpha & \dots & \hat{a}_{1n}^\alpha \\ \hat{a}_{2n}^\alpha & 1 & \dots & \hat{a}_{2n}^\alpha \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{a}_{n1}^\alpha & \hat{a}_{n2}^\alpha & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

گام ۱۲: ارتباط وزنی بین هر 3PL و معیارهای ارزیابی متناظر با آن یعنی C_{ij}^3 را با استفاده از روش AHP فازی محاسبه می‌کنند.

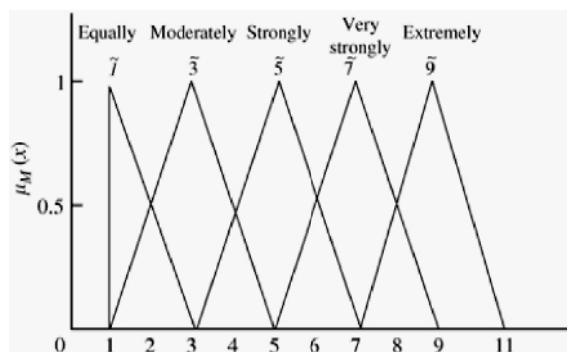
گام ۱۳: در نهایت امتیاز نهایی هر 3PL با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

$$w_j^4 = \sum_{k \in \tilde{S}} w_i^3 c_{ij}^3 \quad (3)$$

۵: نشان‌دهنده مجموعه معیارها است.

۳-۲- AHP فازی

زمانی که چند معیار ارزیابی پیشنهاد می‌شوند که بعضی از آنها کیفی و غیرقطعی هستند، استفاده از AHP فازی، ذی‌نفعان سازمان را قادر می‌سازد تا بتوانند اولویت‌های زبانی خود را بیان کنند و این اولویت‌های زبانی به فرم کمی تبدیل شوند. در رویکرد پیشنهادی از اعداد فازی مثلثی $\tilde{1}$ تا $\tilde{9}$ به منظور نمایش مقایسه زوجی در روش AHP استفاده شده است. پنج عدد فازی به همراه تابع عضویت متناظر آنها در شکل (۲) نشان داده شده‌اند.



شکل (۲): توابع عضویت اعداد فازی $\tilde{9}, \tilde{7}, \tilde{5}, \tilde{3}, \tilde{1}$

حال بردار ویژه را می‌توان با ثابت نگه داشتن مقدار μ محاسبه نمود و در نهایت وزن‌ها را محاسبه کرد.
 گام ۳: شاخص ناسازگاری و نرخ ناسازگاری را از طریق رابطه‌های (۷) و (۸) محاسبه می‌کنند. در رابطه (۸) مقدار $RI(n)$ عدد شاخص ناسازگاری مربوط به ماتریس‌های مقایسه زوجی تصادفی است [۱۰].

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

$$CR = \frac{CI}{RI(n)} \quad (8)$$

اگر مقدار CR کمتر از ۰,۱ بود نتایج حاصله قابل قبول خواهد بود در غیر این صورت به گام ۱ باز می‌گردد.

۳-۳-۳ FMEA و نحوه محاسبه RPN

FMEA تکنیکی مؤثر در مدیریت ریسک می‌باشد. در این مقاله از روش FMEA برای تجزیه و تحلیل ریسک در انتخاب هر یک از گزینه‌های پیشنهادی 3PL استفاده شده است.

مراحل رویکرد مرسوم FMEA عبارت است از:

- ۱- مشخص کردن خطاها و شکست‌های بالقوه
- ۲- اثرات بالقوه هر یک از خطاها (با شاخص وخامت اندازه‌گیری می‌شوند)
- ۳- دلایل بالقوه در رخداد هر یک از خطاها (با شاخص وقوع اندازه‌گیری می‌شوند)

۴- روش‌های کشف (با شاخص قابلیت کشف اندازه‌گیری می‌شوند)

۵- عدد اولویت ریسک (RPN)

عدد اولویت ریسک که برای ارزیابی میزان ریسک استفاده می‌شود از حاصل ضرب سه شاخص، وخامت خطا (S)، نرخ وقوع خطا (O) و قابلیت کشف خطا (D) محاسبه می‌گردد.

$$RPN = S \times O \times D \quad (9)$$

برای کمی کردن هر یک از شاخص‌های رابطه (۹) می‌توان از ارقام ۱ تا ۱۰ مطابق با جداول ۱-۳ استفاده کرد [۱۱].

با توجه به اینکه در انتخاب 3PL ریسک‌های مختلفی وجود دارد، برای هر یک از گزینه‌های پیشنهادی 3PL مقدار RPN را با توجه به رابطه (۱۰) محاسبه کرده و هر یک از گزینه‌ها که عدد RPN آنها کمتر از ۲۵۰ باشد در گام ۱۱ رویکرد تلفیقی ارائه شده وارد HOQ3 می‌شوند.

$$RPN_j = \max(S_i \times O_i \times D_i) \quad (10)$$

$j=1, \dots, n$: مجموعه گزینه‌های 3PL

$i=1, \dots, m$: مجموعه ریسک‌های محتمل

S_i : وخامت ریسک i ام

O_i : نرخ وقوع ریسک i ام

D_i : قابلیت کشف ریسک i ام

جدول (۳): مقیاس‌های کشف

قابلیت تشخیص	رتبه	احتمال تشخیص (%)
جزئی	۱	۱۰۰-۸۶
کم	۲	۸۵-۷۶
	۳	۷۵-۶۶
متوسط	۴	۶۵-۵۶
	۵	۵۵-۴۶
	۶	۴۵-۳۶
زیاد	۷	۳۵-۲۶
	۸	۲۵-۱۶
خیلی زیاد	۹	۱۵-۶
	۱۰	۵-۰

جدول (۲): مقیاس‌های وقوع

فراوانی وقوع	رتبه	امکان وقوع
جزئی	۱	کمتر از ۱ در ۲۰۰۰۰
کم	۲	۱ در ۲۰۰۰۰
	۳	۱ در ۱۰۰۰۰
متوسط	۴	۱ در ۲۰۰۰
	۵	۱ در ۱۰۰۰
	۶	۱ در ۲۰۰
زیاد	۷	۱ در ۱۰۰
	۸	۱ در ۲۰
خیلی زیاد	۹	۱ در ۱۰
	۱۰	۲ در ۱۱

جدول (۱): مقیاس‌های وخامت

شدت	رتبه
جزئی	۱
کم	۲
	۳
متوسط	۴
	۵
	۶
زیاد	۷
	۸
خیلی زیاد	۹
	۱۰

۴- مطالعه موردی

گام ۸: ارتباط وزنی بین معیارهای ارزیابی و الزامات ذی‌نفع را با استفاده از روش AHP فازی محاسبه می‌شود که نتایج در جدول (۵) نشان داده شده است.

گام ۹: میزان اهمیت هر معیار ارزیابی را با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌کنند که نتایج آن در جدول (۵) نشان داده شده است.

گام ۱۰: معیارهای ارزیابی و درجات اهمیت متناظر با آنها را وارد HOQ3 (جدول ۷) می‌کنند.

گام ۱۱: برای هر یک از چهار گزینه پیشنهادی RPN با استفاده از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود. فرآیند انتخاب پنج ریسک عبارتند از حوادث غیرمترقبه، قابلیت اطمینان سیستم حمل و نقل ناشی از فرسودگی ساختار سازمانی و تکنولوژیکی و سخت‌افزاری، مشکلات امور مالی شرکت 3PL، مشکلات مربوط به منابع انسانی شرکت 3PL و عدم یکپارچگی زنجیره تأمین به‌عنوان عواملی که عملکرد زنجیره تأمین را دچار اختلال می‌کنند شناسایی شده‌اند. به‌عنوان مثال برای گزینه اول در ریسک حوادث غیرمترقبه مقادیر وخامت خطا، نرخ وقوع خطا و قابلیت کشف خطا به ترتیب عبارتند از: ۸، ۴، ۵. در نتیجه RPN متناسب با آن برابر با ۱۶۰ است.

به‌همین ترتیب مقادیر RPN را برای ریسک‌های دیگر محاسبه کرده که نتایج آن در جدول (۶) نشان داده شده است. با توجه به نتایج، گزینه چهارم از فرآیند تصمیم‌گیری خارج می‌شود.

گام ۱۲: ارتباط وزنی بین هر 3PL و معیارهای ارزیابی متناظر با آن با استفاده از روش AHP فازی محاسبه می‌شود که نتایج آن در جدول (۷) نشان داده شده است.

گام ۱۳: در نهایت امتیاز نهایی هر 3PL را با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌کنند که نتایج آن در جدول (۷) نشان داده شده است. با توجه به نتایج، گزینه اول دارای بیشترین اولویت است.

برای یک شرکت تولیدکننده مواد غذایی که قصد دارد سیستم حمل و نقل خود را برون‌سپاری کند استفاده از رویکرد پیشنهادی، برای انتخاب 3PL مناسب به‌کار گرفته شده است. در ادامه مراحل رویکرد پیشنهادی گام به گام مورد بررسی قرار گرفته است.

گام ۱: در فرآیند تصمیم‌گیری چهار رده از ذی‌نفعان تولید، مالی، فروش و لجستیک دخالت دارند.

گام ۲: میزان اهمیت هر یک از ذی‌نفعان را محاسبه کرده، ذی‌نفع با میزان اهمیت بزرگ‌تر تأثیر بیشتری در فرآیند انتخاب 3PL دارد. با پیشنهاد تیم مدیریتی ماتریس تصمیم‌گیری زیر برای تعیین میزان اهمیت ذی‌نفعان شرکت تعریف می‌گردد.

$$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{7}^{-1} & \tilde{5}^{-1} \\ \tilde{5} & 1 & \tilde{3} & \tilde{3}^{-1} \\ \tilde{3} & \tilde{3}^{-1} & 1 & \tilde{5}^{-1} \\ \tilde{7} & \tilde{3} & \tilde{5} & 1 \end{bmatrix}$$

و با در نظر گرفتن مقادیر $\mu = 0.5$, $\alpha = 0.5$ و انجام محاسبه به روش AHP فازی در نرم‌افزار MATLAB، وزن‌های زیر حاصل می‌گردد:

$$\begin{aligned} w_{Production} &= 0.057 & w_{Finance} &= 0.265 \\ & & w_{Sales} &= 0.120 \\ & & w_{Logistics} &= 0.558 \end{aligned}$$

گام ۳: با برگزاری جلسات طوفان ذهنی^۱ بین ذی‌نفعان، الزامات آنها شناسایی می‌شود که در جدول (۴) نشان داده شده‌اند.

گام ۴: با استفاده از AHP فازی ارتباطات وزنی بین ذی‌نفعان شرکت با الزامات ذی‌نفع را محاسبه کرده که نتایج در جدول (۴) نشان داده شده است. باید توجه داشت که ابعاد تمام ماتریس‌های مقایسه زوجی یکسان نمی‌باشد. به‌عنوان مثال برای دپارتمان تولید، ماتریس ۳×۳ می‌باشد زیرا الزام ۱ و الزام ۴ به این دپارتمان مربوط نیستند.

گام ۵: میزان اهمیت هر الزام ذی‌نفع را با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌کنند که در جدول (۴) نشان داده شده است.

گام ۶: الزامات ذی‌نفعان (گام ۳) و میزان اهمیت متناظر با آنها (گام ۵) را وارد HOQ2 می‌کنند.

گام ۷: معیارهای ارزیابی 3PL را شناسایی کرده که در جدول (۶) نشان داده شده است.

1- Brainstorming Session

جدول (۴): HOQ1. متصل‌کننده ذی‌نفعان شرکت و الزامات آنها

ذی‌نفعان شرکت	میزان اهمیت ذی‌نفعان	الزامات ذی‌نفع			
		کاهش هزینه‌های لجستیک	کاهش زمان تحویل	تضمین کیفیت در توزیع	افزایش رضایت مشتری
تولید	۰/۰۵۷		۰/۵۹۵	۰/۲۴	۰/۱۶۵
مالی	۰/۲۶۵	۰/۴۴۲	۰/۲۲۴	۰/۰۶	۰/۴۲
فروش	۰/۱۲	۰/۱۰۲	۰/۱۶۳	۰/۲۵۱	۰/۴۲۷
لجستیک	۰/۵۵۸	۰/۵۰۶	۰/۲۶۱	۰/۱۲	۰/۰۳۳
میزان اهمیت الزامات ذی‌نفعان	۰/۴۱۱	۰/۲۵۸	۰/۱۲۷	۰/۰۸	۰/۱۲۲

جدول (۵): HOQ2. متصل‌کننده الزامات ذی‌نفعان و معیارهای ارزیابی

الزامات ذی‌نفع	میزان اهمیت الزامات ذی‌نفعان	معیارهای ارزیابی									
		ملاحظات مالی	موقعیت مکانی	قیمت	مالکیت دارایی‌ها	ارسال و تحویل به‌موقع	سرویس به مشتری	سیستم اطلاعات لجستیک	پاسخ‌گویی	بهبود مستمر	کیفیت سرویس
کاهش هزینه‌های لجستیک	۰/۴۱۱	۰/۴		۰/۳۲	۰/۲۸۵						
کاهش زمان تحویل	۰/۲۵۸			۰/۳۴۵		۰/۱۱۵	۰/۳۲۱				۰/۲۱۹
تضمین کیفیت در توزیع	۰/۱۲۷		۰/۰۳۵			۰/۰۰۹	۰/۲۸۷	۰/۱۲۲	۰/۱۴	۰/۳۳۱	۰/۱۷۶
افزایش رضایت مشتری	۰/۰۸	۰/۳۵۵		۰/۲۲				۰/۳۰۵	۰/۱۱۹		
توانایی در حل کارای مشکلات	۰/۱۲۲					۰/۳۰۷	۰/۲۵۶		۰/۳۸۹		۰/۰۴۸
میزان اهمیت معیارهای ارزیابی	۰/۱۹۳	۰/۰۹۳	۰/۱۵	۰/۱۷۷	۰/۱۵	۰/۶۸۲	۰/۱۵	۰/۰۳۹	۰/۰۷۴	۰/۰۲۹	۰/۰۸۴

جدول (۶): تجزیه و تحلیل ریسک‌های محتمل در زنجیره تأمین

ریسک‌ها	حوادث غیر مترقبه	حمل و نقل	قابلیت اطمینان سیستم	مشکلات امور مالی شرکت 3PL	مشکلات مربوط به منابع انسانی شرکت 3PL	مشکلات مربوط به منابع زنجیره تأمین	عدم یکپارچگی
گزینه‌های 3PL	۱۶۰	۷۲	۱۶۲	۵۶	۸۰	۱۶۲	
	۱۰۵	۴۲	۷۲	۱۶۸	۱۶۰	۱۶۸	
	۹۰	۱۸	۱۴۴	۱۶۸	۱۰۰	۱۶۸	
	۱۶۸	۳۰۰	۱۲۰	۲۱	۱۰۵	۳۰۰	

جدول (۷): متصل کننده معیارهای ارزیابی و گزینه‌های HOQ3PL

معیارهای ارزیابی	ملاحظات مالی	موقعیت مکانی	قیمت	مالکیت دارایی‌ها	ارسال و تحویل به موقع	سرویس به مشتری	سیستم اطلاعات لجستیک	پاسخ گویی	بهبود مستمر	کیفیت سرویس	میزان اهمیت گزینه‌ها	رتبه‌بندی گزینه‌ها
گزینه‌های 3PL	۰/۵۷۷	۰/۳۹۳	۰/۵۱۵	۰/۵۳۱	۰/۲۷۱	۰/۱۶۸	۰/۳۳۹	۰/۳۲۱	۰/۵۴۸	۰/۵۴۹	۰/۴۳	اول
	۰/۲۴	۰/۱۱۴	۰/۱۰۱	۰/۱۶۲	۰/۱۳	۰/۵۷۷	۰/۴۸	۰/۴۷۶	۰/۱۴۷	۰/۴۴۵	۰/۲۸۳	سوم
	۰/۱۸	۰/۴۹	۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۶	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۲	۰/۳۱	۰/۰۱	۰/۲۹	دوم
میزان اهمیت معیارهای ارزیابی	۰/۱۹۳	۰/۰۹۴	۰/۱۵	۰/۱۱۷	۰/۰۶۸	۰/۱۵	۰/۰۳۹	۰/۰۷۴	۰/۰۲۹	۰/۰۸۴		

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله رویکردی مبتنی بر تلفیق QFD، FMEA و AHP برای ارزیابی عملکرد گزینه‌های برون‌سپاری 3PL ارائه شده است. به منظور تشریح رویکرد پیشنهادی، یک مطالعه موردی بررسی شده است. در این رویکرد از QFD به منظور ترجمه الزامات ذی‌نفعان در قالب معیارهای ارزیابی و از AHP برای تعیین میزان اهمیت‌ها آنها استفاده شده است همچنین از تکنیک FMEA برای تجزیه و تحلیل ریسک‌های محتمل که عملکرد زنجیره تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به کار گرفته شده است. از مزیت‌های این رویکرد می‌توان به ارزیابی ریسک در انتخاب گزینه‌ها و وزن‌دهی به معیارها، با در نظر گرفتن صدای ذی‌نفعان اشاره کرد.

منابع

- [1] Razzaque, M.A. and C.C. Sheng, "Outsourcing of logistics functions: a literature survey". International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 28(2): p. 89-107, 1998.
- [2] Liu, H.T. and W.K. Wang, "An integrated fuzzy approach for providerevaluation and selection in third-party logistics". Expert Systems with Applications. 36(3): p. 4387-4398, 2009.
- [3] Ho, W., P.K. Dey, and M. Lockström, "Strategic sourcing: a combined QFD and AHP approach in manufacturing". Supply Chain Management: An International Journal. 16(6): p. 446-461, 2011.
- [4] Ho, W., X. Xu, and P.K. Dey, "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review". European Journal of Operational Research. 202(1): p. 16-24, 2010.
- [5] Meade, L. and J. Sarkis, "A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers". Supply Chain Management: An International Journal. 7(5): p. 283-295, 2002.
- [6] Bottani, E. and A. Rizzi, "A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services". Supply Chain Management: An International Journal. 11(4): p. 294-308, 2006.
- [7] Işıklar, G., E. Alptekin, and G. Büyüközkan, "Application of a hybrid intelligent decision support model in logistics outsourcing". Computers & operations research. 34(12): p. 3701-3714, 2007.
- [8] Efendigil, T., S. Önüt, and E. Kongar, "A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness". Computers & industrial engineering. 54(2): p. 269-287, 2008.
- [9] Zhou, G., et al., "Evaluating the comparative efficiency of Chinese third-party logistics providers using data envelopment analysis". International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 38(4): p. 262-279, 2008.
- [10] Kwong, C. and H. Bai, "A fuzzy AHP approach to the determination of importance weights of customer requirements in quality function deployment". Journal of intelligent manufacturing. 13(5): p. 367-377, 2002.
- [11] Pillay, A. and J. Wang, "Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning". Reliability Engineering & System Safety. 79(1): p. 69-85, 2003.