Modeling Multi-Objective, Multi-Product and Multi-Period Supplier Selection Problem Considering Stochastic Demand

Mehdi Seifbarghy[*]
Associate Professor of Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Alzahra University, Tehran, Iran, m.seifbarghy@alzahra.ac.ir
Foruzan Naseri
Ph.D Student of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Alzahra University, Tehran, Iran naseri.foruzan@gmail.com

Abstract: In this paper, a multi-objective, multi-period and multi-product mixed integer programming model for the supplier selection and quota allocation problem under an all-unit quantity discount policy, constrained storage space and stochastic demand is considered. Also, due to the stochastic status of the demand, we use the Chance Constrained Programming (CCP) in order to transform the inventory balance equation to a stochastic position. Since the discount policy encourages the buyer to buy more while the storage capacity restricts, we require to consider both in the supplier selection and quota allocation problem; furthermore, different priorities for the objectives should be considered. We use the LP-metric method, goal programming and the novel solution technique called multi-choice goal programming in order to model the multi-objective problem. Furthermore, a numerical example using three modeling approaches, considering the different scenarios are solved. The differences in the scenarios are the importance of the objective function in terms of the decision maker. Results show if an objective function is prioritized, that objective will be closer to its optimal value.

Keywords: Supply Chain, Supplier Selection, All-unit Discount, Stochastic Demand, Multi-choice Goal Programming

Introduction: The evaluation and selection of suppliers is one of the interesting topics for many researchers. Esfandiari and Seifbarghy (2013) classified the research in the field of evaluation and supplier selection as follows:

- The first class: mathematical programming models considering the cost objective function
- The second class: mathematical programming programming considering two objective functions including minimizing cost and maximizing utility function.
- The third class: mathematical programming considering at least three objective functions including minimizing cost, return items and delay in delivering products.
- The forth class: phase models that deal with phase and vague data input such as demand and capacity.
- The fifth class: models that consider different types of discount
- The sixth class: models that considering the uncertainties of demand, capacity and ... .

The contributions of this paper are as follows:

- Considering multi-period and multi-objective programming model for supplier selection and quota allocation problem under an all-unit quantity discount policy, constrained storage space and stochastic demand
- Considering different multi-objective modeling techniques in the field of supplier selection

Using the Chance Constrained Programming (CCP) in order to transform the inventory balance equation to a stochastic position.

Materials and Methods: In this paper, a multi-objective, multi-period and multi-product mixed integer programming model for the supplier selection and quota allocation problem under an all-unit quantity discount policy, constrained storage space and stochastic demand is proposed. The Chance Constrained Programming (CCP) in order to transform the inventory balance equation to a stochastic position is used. The assumptions of this paper are as follows: the demand for each product has a normal distribution with specific mean and variance. Inventory holding and shortage costs of each

[*] Corresponding author

unit product are independent of the price. The number of planning periods is distinct and limited. Suppliers offer all-unit quantity discount policy. The initial inventory level is zero. The remaining inventory of each period is transferable to subsequent periods. The load unit of each product is considered to be 1. The mathematical model of this paper is as follows:

$$MinZ_1 = \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{ijt}} C_{ijkt} \times q_{ijkt} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{ijt}} O_{jt} \times Y_{ijkt} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P} h_{jt} \times I_{jt} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P} \pi_{jt} \times S_{jt} \quad (1)$$

$$MinZ_2 = \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{ijt}} d_{ji} \times q_{ijkt} \quad (2)$$

$$MinZ_3 = \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{ijt}} H_{ji} \times q_{ijkt} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{P} I_{j(t-1)} + \sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{ijt}} q_{ijkt}) \le CAP \quad \forall t \quad (4)$$

$$q_{ijkt} \le U^{*}_{ijkt} \times Y_{ijkt} \qquad \forall j,i,k,t \quad (5)$$

$$q_{ijkt} \ge U_{ij(k-1)t} \times Y_{ij(k-1)t} \qquad \forall j,i,k,t \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^{A_{ijt}} Y_{ijkt} \le 1 \qquad \forall j,i,t \quad (7)$$

$$P\left(\frac{\underline{I} - I_{j(t-1)} + S_{j(t-1)} - \sum_{k=1}^{A_{ijt}}\sum_{i=1}^{n} q_{ijkt} - \mu_{it}}{\sigma_{jt}} \le \frac{D_{jt} - \mu_{it}}{\sigma_{jt}} \le \frac{\bar{I} - I_{j(t-1)} + S_{j(t-1)} - \sum_{k=1}^{A_{ijt}}\sum_{i=1}^{n} q_{ijkt} - \mu_{it}}{\sigma_{jt}}\right) \ge \alpha \quad (8)$$

$$Y_{ijkt} \in \{0,1\} \qquad \forall j,i,k,t \quad (9)$$

$$I_{jt}, S_{jt}, q_{ijkt} \ge 0 \qquad \forall i, j, k, t \quad (10)$$

The objective function (1) minimizes costs. The first sentence is buying cost, the second sentence is ordering cost, the third sentence is holding cost and the forth sentence is shortage cost. The objective function (2) minimizes the average amount of returned products. The objective function (3) minimizes the average late delivery of products. Constraint (4) shows the warehouse capacity. Constraint (5), (6) and (7) are related to all-unit discount. Constraint (8) shows inventory balance equilibrium and constraint (9) and (10) show the variables of the model.
In this paper, three techniques including LP- metric, goal programming and multi-choice goal programming for modeling are used.

Results and Discussion: To solve numerical example using LP- metric, goal programming and multi-choice goal programming, different scenarios are considered. The difference in scenarios was determined in the importance of objective functions from decision makers' point of view. The results showed that the LP-metric method is not an appropriate method for solving multi-objective problems. Also, the results showed that if the importance of an objective function is increased from decision maker point of view, that objective function is improved and other function get worse.

Conclusion: In this paper, a multi-objective, multi-period and multi-product mixed integer programming model for the supplier selection and quota allocation problem under an all-unit quantity discount policy, constrained storage space and stochastic demand were considered. The objective of this model is to minimize the costs, the returns and the delays. Also, due to the stochastic status of the demand, the Chance Constrained Programming (CCP) was used in order to transform the inventory balance equation to a stochastic position. Also, the three methods of LP-metric, goal programming and multi-choice goal programming were used. The results showed that if the importance of an objective function is increased from the decision maker's point of view, that objective function improves and other functions get worse.

References

Seifbarghy, M., & Esfandiari, N. (2011). "Modeling and solving a multi-objective supplier quota allocation problem considering transaction costs". *Journal of Intelligent Manufacturing,* 24(1), 201-209.

Esfandiari, N., & Seifbarghy, M. (2013). "Modeling a stochastic multi-objective supplier quota allocation problem with price dependent ordering". *Applied Mathematical Modelling,* 37(8), 5790-580.

Razmi, J., & Maghool, E. (2009). "Multi-item supplier selection and lot-sizing planning under multiple price discounts using augmented ε-constrained and Tchebycheff method". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 49(1-4), 379-392.

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۹، پیاپی ۱۶، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۷
دریافت: ۱۳۹٤/۰۹/۲٤ پذیرش: ۱۳۹٦/۰٦/۲۵
صص: ۲۲۳-۲۰۵

مدل‌سازی مسأله چندهدفه، چندمحصولی و چنددوره‌ای انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن تقاضای احتمالی

مهدی سیف برقی[1*]، فروزان ناصری[2]

۱- دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران، m.seifbarghy@alzahra.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران، naseri.foruzan@gmail.com

چکیده: در این مقاله، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه، چنددوره‌ای، چندمحصولی برای مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به آن‌ها با در نظر گرفتن تخفیف کلی، محدودیت فضای انبار و تقاضای احتمالی ارائه می‌شود. باتوجه‌به احتمالی‌بودن تقاضا، از روش برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی برای تبدیل رابطهٔ تعادلی موجودی به‌شکل احتمالی استفاده خواهد شد. درحالی‌که سیاست تخفیف باعث تشویق خریدار برای خرید بیشتر می‌شود، محدودیت فضای انبار میزان خرید بیشتر را محدود می‌کند؛ بنابراین لازم است در مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به آن‌ها با در نظر گرفتن تخفیف کلی، محدودیت فضای انبار نیز در نظر گرفته شود. همچنین لازم است برای مدل‌سازی مسأله چندهدفه، اولویت تصمیم‌گیرنده نسبت به اهداف مختلف در نظر گرفته شود؛ بنابراین در این پژوهش برای مدل‌سازی مسأله چندهدفه علاوه بر روش‌های معمول مدل‌سازی مسائل چندهدفه مانند LP متریک، از روش برنامه‌ریزی آرمانی و روش جدید برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای استفاده خواهد شد. همچنین مثال عددی با استفاده از سه رویکرد مدل‌سازی با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف بررسی می‌شود. تفاوت سناریوها در اهمیت توابع هدف از نظر تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود. نتایج عددی نشان می‌دهد اگر اهمیت یک تابع هدف بیش‌تر شود، آن تابع هدف بهبود یافته است و توابع دیگر بدتر می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین، انتخاب تأمین‌کنندگان، تخفیف کلی، تقاضای احتمالی، برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای

---

*نویسنده مسؤول

مقدمه

رقابت شدید در بازارهای جهانی امروزی، معرفی محصولاتی با چرخهٔ عمر کوتاه و انتظارات مشتریان، شرکت‌ها را وادار به سرمایه‌گذاری و تمرکز بر زنجیره تأمین کرده است. این موضوع به‌همراه پیشرفت‌های مداوم در فناوری ارتباطات و حمل‌ونقل (مانند ارتباطات سیار، اینترنت) باعث تحول و تکامل تدریجی زنجیره تأمین و روش‌های مربوط به مدیریت زنجیره تأمین شده است. انتخاب تأمین‌کنندگان یکی از عوامل کلیدی مدیریت زنجیره تأمین و فرایند خرید به‌شمار می‌رود (سینگسینگ[1] و همکاران، ۲۰۰۹). تأمین‌کنندگان اثر مستقیم و چشم‌گیری بر کیفیت، هزینه، زمان تحویلِ محصولات جدید و فنّاوری‌های لازم برای برآورده‌کردن تقاضاهای جدید دارند (همفریس[2] و همکاران، ۲۰۰۷). در پژوهش‌های مختلف، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مثل روش رتبه‌بندی براساس میزان تشابه گزینهٔ ایدئال (*TOPSIS*)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*)، تئوری مجموعه‌های فازی، برنامه‌ریزی ریاضی و سایر روش‌های ترکیبی برای انتخاب تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شده است (هو[3] و همکاران، ۲۰۱۰). در مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان باید مشخص شود کدام تأمین‌کنندگان انتخاب شود و به هرکدام از تأمین‌کنندگان منتخب چه‌مقدار سفارش داده شود. مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان یک فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره است که فاکتورهای متنوعی مثل کیفیت، هزینه، ظرفیت، زمان تحویل و ...را در نظر می‌گیرد.

از طرف دیگر، تخفیف قیمت از اقدامات مؤثر تأمین‌کنندگان برای تشویق خریدار برای خرید بیشتر است. علاوه بر این، وجود چندین تأمین‌کننده شانس خرید محصولات مشابه را از چندین منبع متفاوت به شرکت می‌دهد.

در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه برای مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به آن‌ها با در نظر گرفتن تخفیف کلی و محدودیت فضای انبار ارائه می‌شود. همچنین فرض می‌شود تقاضا به‌صورت احتمالی طی چندین دوره برای چندین محصول وجود دارد. به‌دلیل احتمالی‌بودن تقاضا از روش برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی[4] برای تبدیل محدودیت تعادل موجودی به‌شکل احتمالی استفاده می‌شود. برای مدل‌سازی مسئله از روش‌های جدید در حوزهٔ انتخاب تأمین‌کنندگان مثل روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای استفاده خواهد شد.

مرور ادبیات

ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان یکی از موضوعات جالب برای بسیاری از پژوهشگران است. پژوهش‌ها در این زمینه به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش نخست استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای ارزیابی مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان بالقوه برای رتبه‌بندی آنها و بخش دوم استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای تخصیص سهم به تأمین‌کنندگانِ انتخاب‌شده است. هدف‌های مشترکِ استفاده‌شده شامل حداقل‌کردن هزینهٔ خرید، واحدهای برگشتی و دیرکرد در تحویل واحدها هستند. کوبات[5] و یوس[6]، انتخاب تأمین‌کننده را به‌صورت یک مسأله تصمیم‌گیری با چندین معیار در نظر گرفتند؛ این معیارها شامل عناصر کمی و عناصر کیفی مثل هزینهٔ

خرید، سطح کیفیت، ریسک تأمین‌کننده و... هستند (کوبات و یوس، ۲۰۱۰). کانگ[۷] و همکاران، بیان کردند مسأله انتخاب تأمین‌کننده به‌طور ذاتی چندمعیاره است. آنها برای این مسئله چندین روش تصمیم‌گیری چندمعیاره را پیشنهاد دادند. اما بیشتر روش‌ها، روابط میان فاکتورهای بحرانی موفقیت یا فازی بودن داده‌ها را در نظر نگرفتند؛ درحالی‌که این روابط در تصمیم‌گیری در ارجحیت فاکتورها نقش دارند. آن‌ها یک مدل فرایند شبکهٔ تحلیلیِ فازی برای ارزیابی جنبه‌های مختلف تأمین‌کنندگان پیشنهاد دادند (کانگ و همکاران، ۲۰۱۰).

اسفندیاری و سیف برقی، پژوهش‌های این زمینه را به‌صورت زیر طبقه‌بندی کردند (اسفندیاری و سیف برقی، ۲۰۱۳):

دستهٔ اول: مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تنها با در نظر گرفتن تابع هدف هزینه.

دستهٔ دوم: مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی با در نظر گرفتن دو تابع هدف شامل حداقل‌کردن هزینه و حداکثرکردن یک تابع مطلوبیت.

دستهٔ سوم: مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی با در نظر گرفتن حداقل سه تابع هدف، شامل حداقل‌کردن هزینه، آیتم‌های برگشتی و دیرکرد در تحویل واحدها هستند.

دستهٔ چهارم: مدل‌های فازی که با فازی و مبهم‌بودن داده‌های ورودی مثل تقاضا و ظرفیت سروکار دارند.

دستهٔ پنجم: مدل‌هایی که انواع مختلف تخفیف را در نظر می‌گیرند.

دستهٔ ششم: مدل‌های با در نظر گرفتن نامعینی تقاضا، ظرفیت و ... .

در این قسمت برای هر دسته، تعدادی از پژوهش‌های انجام‌شده بررسی می‌شوند. ازآنجایی‌که مدل ارائه‌شده در این پژوهش یک مدل سه‌هدفه با در نظر گرفتن سیاست تخفیف کلی و نامعینی تقاضاست، این مدل در دسته‌بندی اسفندیاری و سیف برقی (۲۰۱۳)، در دسته‌های سوم، پنجم و ششم قرار می‌گیرد. در بخش مرور ادبیات برای هر دسته، تعدادی مقاله بررسی شده است؛ اما برای این سه دسته (دستهٔ سوم، پنچم و ششم) مقاله‌های بیشتری بررسی شده است.

دستهٔ اول: مندوزا[۸] و ونتورا[۹]، از دو مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح ترکیبی برای انتخاب بهترین مجموعه از تأمین‌کنندگان و تخصیص مقادیر سفارش به آنها استفاده کردند. هدف آنها حداقل‌کردن هزینهٔ خرید، نگهداری موجودی، سفارش‌دهی با در نظر گرفتن محدودیت کیفیت و ظرفیت تأمین‌کنندگان بود (مندوزا و ونتورا، ۲۰۱۲). آیهان[۱۰] و کلیک[۱۱]، روشی دومرحله‌ای برای مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم ارائه دادند. در مرحلهٔ اول، وزن هر شاخص برای هر نوع آیتم با روش *AHP* فازی تعیین شد. سپس در مرحلهٔ دوم از وزن‌های به‌دست‌آمده از مرحلهٔ اول، برای تشکیل مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد استفاده از روش *AHP* فازی باعث به دست آمدن وزن‌های مختلف برای محصولات مختلف می‌شود (آیهان و کلیک، ۲۰۱۵) .بوهنر[۱۲] و مینر[۱۳]، مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم را با در نظر گرفتن چندین محصول بررسی کردند. در این پژوهش فرض شده است تأمین‌کنندگان در معرض اختلال قرار دارند. همچنین سیاست تخفیف کلی و نموی در نظر گرفته شده است. در این پژوهش هدف خریدار حداقل‌کردن هزینهٔ مورد انتظار است. نتایج نشان می‌دهد برای بیشتر محصولات یک تأمین‌کنندهٔ اصلی وجود دارد و سایر تأمین‌کنندگان پشتیبان هستند؛

یعنی بیشتر واحدهای یک محصول را تأمین‌کنندهٔ اصلی تأمین می‌کند. نقش اصلی تأمین‌کنندهٔ پشتیبان کمک به تأمین‌کنندهٔ اصلی در زمان‌های اختلال است (بوهنر و مینر، ۲۰۱٦).

دستهٔ دوم: مفاخری و همکاران، یک روش برنامه‌ریزی پویای چندمعیارهٔ دومرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم پیشنهاد دادند. در مرحلهٔ اول، از روش *AHP* برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان و در مرحلهٔ دوم، از یک مدل ریاضی دوهدفه برای تخصیص سهم به تأمین‌کنندگان استفاده شد. اهداف در نظر گرفته شده، حداقل‌کردن هزینه کل و حداکثرکردن مطلوبیت هستند. نتایج محاسبات نشان می‌دهد پیچیدگی محاسباتی با افزایش تعداد تأمین‌کننده و تعداد دوره‌های برنامه‌ریزی افزایش می‌یابد (مفاخری و همکاران، ۲۰۱۱). ونکانتان[۱٤] و گو[۱۵]، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم با در نظر گرفتن ریسک اختلال ارائه داده‌اند. ریسک اختلال، به اختلالات مهمِ ایجادشدهٔ طبیعت و فجایع دست بشر اشاره دارد. در این مقاله ابتدا تأمین‌کنندگان براساس روش *AHP* فازی و *PROMETHEE* فازی رتبه‌بندی شدند. سپس از روش بهینه‌سازی ذرات چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد برای حداقل‌کردن هزینهٔ مورد انتظار، به تأمین‌کنندگان مستقر در مناطقِ با احتمال اختلال کمتر سفارش بیشتری اختصاص داده می‌شود (ونکانتان و گو، ۲۰۱٦). حمدان[۱٦] و چیاتو[۱۷]، از سیاست تخفیف نموی در یک مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم به آنها استفاده کرده‌اند. آنها در پژوهش خود دو هدف حداکثرکردن ارزش محیطی محصول خریداری‌شده و حداقل‌کردن هزینه را در نظر گرفته‌اند. پژوهشگران از روش وزن‌دهی برای تبدیل توابع هدف به یک تابع هدف استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد سیاست تخفیف نموی که تأمین‌کننده ارائه می‌دهد، باعث تخصیص سهم بیشتری به او می‌شود (حمدان و چیاتو،۲۰۱۷).

دستهٔ سوم: فضل‌الله تبار و همکاران، از یک روش یکپارچه *AHP*، روش *TOPSIS* وبرنامه‌ریزی غیرخطی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم به آنها استفاده کرده‌اند. در این پژوهش فاکتورهای محسوس و نامحسوس هم‌زمان در نظر گرفته می شود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد مقدار سفارش هر تأمین‌کننده به رتبهٔ اختصاص داده‌شده به آن تأمین‌کننده بستگی دارد و برای تأمین‌کنندگان با رتبه‌های پایین، سفارشی تخصیص داده نمی‌شود (فضل‌الله تبار و همکاران، ۲۰۱۱). رضایی و داوودی، دو مدل غیرخطی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه برای مسأله اندازهٔ انباشتهٔ چنددوره‌ای شامل چندین محصول و چندین تأمین‌کننده توسعه داده‌اند. هر مدل دارای سه تابع هدف (هزینه، کیفیت و سطح سرویس) است. هزینهٔ کل شامل هزینهٔ خرید، سفارش‌دهی، نگهداری و حمل‌ونقل است. سطح سرویس و کیفیت نیز توابع وابسته به زمان در نظر گرفته شده‌اند. تفاوت دو مدل در این است که در یکی از مدل‌ها کمبود در نظر گرفته نشده است. در این پژوهش از روش ابتکاری ژنتیک برای حل مدل‌ها استفاده شده است. نتایج حل مدل نشان می‌دهد اگر مشتریان تحویل دیرهنگام را قبول کنند، سطح هزینهٔ موجودی خریدار کاهش می‌یابد (رضایی و داوودی، ۲۰۱۱). سیف برقی و اسفندیاری، مدل جدیدی ارائه داده‌اند؛ این مدل علاوه بر اهداف کلاسیک، تابع هدف جدیدی پیشنهاد می‌دهد. این تابع هدفِ جدید هزینه‌های عملیاتی سیستم را حداقل می‌کند. آنها با استفاده از روش وزن‌دهی، مدل را به یک مدل یک‌هدفه تبدیل کردند. همچنین، از دو روش فرا ابتکاری برای حل مدل استفاده کردند. روش فرا ابتکاری ارائه‌شده جواب‌هایی با کیفیت بیشتر را در زمان مناسب

تولید می‌کند (سیف برقی و اسفندیاری، ۲۰۱۱). هو[۱۸] و همکاران، یک مدل برنامه‌ریزی عددصحیح ترکیبی برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم ارائه داده‌اند. در این مدل سه معیار کیفیت، عملکرد تحویل و هزینهٔ خرید، برای انتخاب تأمین‌کننده در نظر گرفته شد. در این پژوهش از روش *AHP* فازی برای وزن‌دهی هر تابع هدف استفاده و سه تابع هدف به یک تابع هدف تبدیل شد. نتایج نشان می‌دهد کیفیت و عملکرد تحویل، به وزن‌های به‌دست‌آمده از روش *AHP* فازی حساسیت بیشتری دارند و روی آیتم‌های ردشده و آیتم‌هایی که دیر تحویل داده می‌شوند تأثیر زیادی دارد؛ اما هزینهٔ خرید به این وزن‌ها حساس نیست و روی آیتم‌های ردشده و آیتم‌هایی که دیر تحویل داده می‌شوند تأثیر ندارد (هو و همکاران، ۲۰۱۶). نورمحمدی و همکاران، یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به آنها در یک زنجیره تأمین با در نظر گرفتن چندین دورهٔ برنامه‌ریزی ارائه دادند. اهداف در نظر گرفته شده در این پژوهش اهداف ماندگاری (اقتصادی، محیط‌زیست و اجتماعی) هستند. نتایج نشان می‌دهد در نظر گرفتن هدف‌های محیطی و اجتماعی تأثیر زیادی در انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به آنها دارد و در نظر گرفتن این اهداف میزان تخصیص سهم به تأمین‌کنندگان را تغییر می‌دهد (نورمحمدی و همکاران،۲۰۱۷).

دستهٔ چهارم: آهلاتسیوگلو اوزکوک[۱۹] و تیریاکی[۲۰] یک روش فازی جبرانی برای حل مسأله چندهدفهٔ انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از روش ورنرز پیشنهاد دادند. اهداف در نظر گرفته شده شامل حداقل‌کردن هزینه، حداکثرکردن کیفیت خدمات و کیفیت محصولات هستند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد روش ورنرز قادر به ایجاد جواب‌های بسیار کارا است (آهلاتسیوگلو اوزکوک و تیریاکی، ۲۰۱۱). اریکان[۲۱] مسأله انتخاب تأمین‌کننده را با سه هدف شامل حداقل‌کردن هزینه، حداکثرکردن کیفیت و تحویل به‌موقع در نظر گرفتند. آن‌ها یک مدل ریاضی فازی و روش حل جدیدی برای برآورده‌کردن انتظارات تصمیم‌گیرنده برای اهداف فازی ارائه دادند (اریکان، ۲۰۱۳). کومار[۲۲] و همکاران یک روش یکپارچهٔ برنامه‌ریزی خطی چندهدفهٔ فازی و *AHP* فازی برای تخصیص سهم به تأمین‌کنندگان به‌کار بردند. در این پژوهش اهداف ماندگاری (اقتصادی، محیط‌زیست و اجتماعی) برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به آنها در نظر گرفته شد. پژوهشگران از روش *AHP* فازی برای وزن‌دهی به فاکتورهای مختلف مانند کیفیت، هزینه، زمان انتظار، انتشار آلودگی، نقش اجتماعی و حداقل ضایعات استفاده کردند. سپس از وزن فاکتورها برای توسعهٔ مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند. در این پژوهش تقاضا به‌صورت فازی در نظر گرفته شده است (کومار و همکاران،۲۰۱۶).

دستهٔ پنجم: رزمی و معقول[۲۳]، یک مدل چندهدفهٔ فازی برای مسأله انتخاب تأمین‌کنندهٔ چنددوره‌ای و چندمحصولی با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت و بودجه پیشنهاد دادند. این مدل شامل انواع مختلف سیاست‌های تخفیف یعنی تخفیف کلی، نموی و برمبنای ارزش خرید است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد برای تأمین‌کنندگانی که تأخیر در پرداخت را عرضه کردند، درصورت محدود بودن بودجهٔ خریدار سفارش بیش‌تری داده شود (رزمی و معقول، ۲۰۰۹). محمد ابراهیمی و همکاران، یک مدل ریاضی چندهدفه ارائه دادند. این مدل انواع مختلف سیاست‌های تخفیف را در نظر می‌گیرد. به‌دلیل پیچیدگی مسئله از روش جست‌وجوی ممنوعه برای حل مدل استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد روش جست‌وجوی ممنوعهٔ پیشنهادی قادر به تولید جواب‌های با

کیفیت بالا در زمان محاسبات پایین است (محمد ابراهیمی و همکاران، ۲۰۰۹). سواکی[۲۴] مسأله تخصیص سفارش قطعات سفارشی میان تأمین‌کنندگان در سیستم‌های ساخت مطابق سفارش[۲۵] را به‌صورت یک برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه فرمول‌بندی کرد. در این پژوهش، تابع هدف نخست، متوسط هزینه و تابع هدف دوم، متوسط معیوبی و دیرکرد در تحویل را حداقل می‌کنند. نتایج حلِ مدل نشان داد بیشترین مقدار هزینه برای کم‌ترین سطح ریسک به دست آمدنی است و برعکس(سواکی، ۲۰۱۰). کمالی و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه برای هماهنگی سیستم یک خریدار و چندین تأمین‌کننده باتوجه‌به سیاست تخفیف کلی ازطرف تأمین‌کنندگان، توسعه دادند. به‌دلیل پیچیدگی مسئله از دو روش فرا ابتکاری برای حل مدل استفاده شد. نتایج حل مدل با الگوریتم‌های فرا ابتکاری نشان داد این الگوریتم‌ها در زمان اجرای کم، جواب‌های با کیفیت بالا تولید می‌کنند (کمالی و همکاران، ۲۰۱۱).

دستهٔ ششم: لی[۲۶] و زابینسکی[۲۷] بیان کرده‌اند ملحق‌کردن نامعینیِ تقاضا و ظرفیت تأمین‌کننده در مدل‌های بهینه‌سازی باعث انتخاب استوار تأمین‌کنندگان می‌شود. آن‌ها یک مدل برنامه‌ریزی احتمالی دومرحله‌ای و یک مدل برنامه‌ریزی محدودیت‌های تصادفی برای تعیین یک مجموعه از تأمین‌کنندگان و مقدار سفارش بهینه با در نظر گرفتن تخفیف برمبنای ارزش خرید ارائه دادند. هر مدل شامل چندین هدف است. نتایج حل مدل نشان داد با ثابت‌ماندن هزینه، درصورتی‌که خریدار تعداد تأمین‌کنندهٔ بیشتری را مدیریت کند، قابلیت اطمینان سیستم افزایش می‌یابد (لی و زابینسکی، ۲۰۱۱). ژنگ[۲۸] و ژنگ، یک مسأله انتخاب تأمین‌کنندهٔ یک‌هدفه و یک‌محصولی را ارائه دادند. آنها در پژوهش خود مسأله خرید را باتوجه‌به تقاضای احتمالی در نظر گرفتند. هدف مسئله، انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص مقدار سفارش برای حداقل‌کردن هزینه‌های انتخاب، خرید، نگهداری و کمبود است. نتایج حل مدل نشان می‌دهد وقتی واریانس تقاضا زیاد است، مقدار سفارش کاهش می‌یابد؛ زیرا واریانس زیادِ تقاضا به‌معنی نامعینی تقاضا است. در چنین وضعیتی خریدار تمایلی به سفارش زیاد ندارد و این مسئله بر انتخاب تأمین‌کننده تأثیر چشم‌گیری دارد (ژنگ و ژنگ، ۲۰۱۱). اریکان، مسأله انتخاب تأمین‌کننده را با در نظر گرفتن سه هدف شامل حداقل‌کردن هزینه، حداکثرکردن کیفیت و حداکثرکردن سطح سرویس محصولات خریداری‌شده بررسی کردند. در این پژوهش تقاضا به‌صورت فازی در نظر گرفته شده است. پژوهشگر از روشی تکراری برای حل مدل استفاده کرد. نتایج نشان داد تکراری‌بودن روش به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد ارجحیت خود نسبت به توابع هدف را در فرآیند حل تعیین کند (اریکان، ۲۰۱۵).

تقاضای مشتری یکی از پارامترهای مهم است و روی انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم به او تأثیر دارد. در دنیای واقعی، تقاضا به‌طور قطعی مشخص نیست؛ بنابراین لازم است در مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم به آن‌ها احتمالی‌بودن تقاضا در نظر گرفته شود. در نظر گرفتن تقاضا به‌صورت احتمالی، مدل‌سازی مسئله را پیچیده می‌کند. در این پژوهش از از روش برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی برای تبدیل محدودیت تعادل موجودی به‌شکل احتمالی استفاده می‌شود. علاوه بر در نظر گرفتن تقاضا به‌صورت احتمالی، وقتی تأمین‌کننده از سیاست تخفیف استفاده می‌کند، خریدار برای خرید بیش‌تر تشویق می‌شود. اما به‌دلیل محدودیت فضای انبار، میزان سفارش خریدار محدود می‌شود؛ بنابراین لازم است زمانی که سیاست تخفیف کلی استفاده می‌شود،

محدودیت فضای انبار نیز در نظر گرفته شود. درنتیجه در این پژوهش برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم به او علاوه بر سیاست تخفیف کلی، محدودیت فضای انبار نیز در نظر گرفته شود. همچنین در این پژوهش به‌طور هم‌زمان مدل برنامه‌ریزی چندهدفه و چنددوره‌ای مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم به آن‌ها با در نظر گرفتن تخفیف کلی و محدودیت فضای انبار در محیط تقاضای احتمالی بررسی خواهد شد.

در این پژوهش برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم به او سه هدف در نظر گرفته شده است. در مرور ادبیات در این زمینه بیشتر پژوهش‌ها از روش LP متریک برای مدل‌سازی مسأله چندهدفه استفاده کرده‌اند. در روش LP، ارجحیت تصمیم‌گیرنده نسبت به اهداف مختلف به‌صورت وزن اهداف در نظر گرفته می‌شود. استفاده از وزن‌دهی ارجحیت تصمیم‌گیرنده نسبت به اهداف را به‌طور دقیق نشان نمی‌دهد. همچنین در روش LP، جواب‌های به‌دست‌آمده به متریک استفاده‌شده و به وزن توابع هدف وابسته است؛ بنابراین روش مناسبی برای مدل‌سازی مسائل چندهدفه نیست. در دنیای واقعی ممکن است بعضی از اهداف برای تصمیم‌گیرنده اولویت بیش‌تری داشته باشند. همچنین ممکن است تصمیم‌گیرنده برای هر هدف، سطح انتظار حداقل و حداکثری در نظر بگیرد. این موارد در روش LP متریک در نظر گرفته نشده‌اند. روش برنامه‌ریزی آرمانی اولویت‌های تصمیم‌گیرنده و سطح انتظار او برای هر هدف را به طور هم‌زمان در نظر می‌گیرد. در روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای به‌جای درنظرگرفتن یک سطح انتظار برای هر هدف چندین سطح انتظار در نظر گرفته می شود. بنابراین در این پژوهش از روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای برای مدل‌سازی مسئله چندهدفه استفاده می‌شود. این روش، ارجحیت تصمیم‌گیرنده نسبت به اهداف مختلف و حداقل و حداکثر سطح انتظار تصمیم‌گیرنده نسبت به هر هدف را در نظر می‌گیرد.

در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به هرکدام از آن‌ها در یک محیط با تقاضای نامعین و در نظر گرفتن چندین دوره برنامه‌ریزی و چندین محصول باتوجه‌به محدودیت فضای انبار ارائه می‌شود. هم‌چنین فرض می‌شود تأمین‌کنندگان برای به دست آوردن سهم بیش‌تر از سیاست تخفیف کلی استفاده می‌کنند. از روش برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی برای تبدیل محدودیت تعادل موجودی به‌شکل احتمالی استفاده می‌شود. همچنین از رویکرد مدل‌سازی جدید برنامه‌ریزی آرمانی در حوزهٔ انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده می‌شود.

به‌طور خلاصه نوآوری این پژوهش به‌صورت زیر است:

۱) در نظر گرفتن هم‌زمان مدل برنامه‌ریزی چندهدفه و چنددوره‌ایِ مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سهم به آن‌ها با در نظر گرفتن تخفیف کلی و محدودیت فضای انبار در محیط تقاضای احتمالی؛

۲) در نظر گرفتن رویکردهای مدل‌سازی مختلف چندهدفه در حوزهٔ انتخاب تأمین‌کنندگان؛

۳) استفاده از روش برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی برای تبدیل رابطهٔ تعادل موجودی در محیط تقاضای احتمالی.

مفروضات و نمادگذاری

در این بخش مدل مسئلهٔ انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به هرکدام از آن‌ها ارائه می‌شود. مسئله به‌صورت یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به هرکدام از آن‌ها در یک محیط با تقاضای نامعین با در نظر گرفتن چندین دوره برنامه‌ریزی و چندین محصول باتوجه‌به محدودیت فضای انبار فرمول‌بندی می‌شود. فرض می‌شود تأمین‌کنندگان برای به دست آوردن سهم بیش‌تر از سیاست تخفیف کلی استفاده می‌کنند. فرضیات مدل، نمادگذاری و متغیرهای تصمیم به‌صورت زیر هستند:

مفروضات

- تقاضای هر محصولِ خریدار دارای توزیع نرمال با میانگین و واریانس مشخص است.
- تأمین‌کنندگان تخفیف را به‌صورت کلی ارائه می‌کنند.
- هزینهٔ نگهداری موجودی و هزینهٔ کمبود هر واحد در محل خریدار مشخص و مستقل از قیمت هر واحد است.
- تعداد دوره‌های برنامه‌ریزی محدود و مشخص است.
- سطح موجودی اولیهٔ خریدار صفر است.
- موجودی باقیمانده هر دوره به دوره‌های بعدی منتقل می‌شود.
- واحدِ بار هر محصول معادل یک در نظر گرفته می‌شود.

نمادگذاری: نمادهای ارائه‌شده در این پژوهش به‌صورت زیر هستند:

اندیس‌ها

t: اندیس دورهٔ برنامه‌ریزی $(t = 1,\ldots, T)$

i: اندیس مربوط به تأمین‌کنندگان $(i = 1,\ldots, n)$

j: اندیس مربوط به محصول $(j = 1,\ldots, P)$

پارامترها

D_{jt}: تقاضای محصول j در دورهٔ t

h_{jt}: هزینهٔ نگهداری هر واحد محصول j در دورهٔ t

π_{jt}: هزینهٔ کمبود هر واحد محصول j در دورهٔ t

O_{jt}: هزینهٔ سفارش‌دهی محصول j در دورهٔ t

H_{ji}: نرخ دیرکرد در تحویل محصول j توسط تأمین‌کنندهٔ i

d_{ji}: نرخ برگشت محصول j توسط تأمین‌کنندهٔ i

C_{ijkt}: هزینهٔ واحد محصول j در بازهٔ تخفیف k برای محصول که توسط تأمین‌کنندهٔ i در دورهٔ t ارائه می‌شود.

A_{jit}: اندیس آخرین بازهٔ تخفیف ارائه‌شده توسط تأمین‌کنندهٔ i برای محصول j در دورهٔ t

U_{ijkt}: حداکثر مقدار خرید محصول j از تأمین‌کنندهٔ i در دورهٔ t در بازهٔ تخفیف k

U^*_{ijkt}: به‌اندازهٔ یک مقدار مثبت خیلی کوچک کمتر از U_{ijkt}

CAP: ظرفیت انبار

متغیرهای تصمیم

Y_{ijkt}: اگر محصول j از تأمین‌کنندهٔ i در دورهٔ t و در بازهٔ تخفیف k خریداری شود، مساوی یک و درغیر این‌صورت مساوی صفر است.

q_{ijkt}: مقدار خریداری‌شدهٔ محصول j از تأمین‌کنندهٔ i در بازهٔ تخفیف k در دورهٔ t

I_{jt}: موجودی پایان دورهٔ t محصول j

S_{jt}: کمبود پایان دورهٔ t محصول j

مدل ریاضی

$$MinZ_1 = \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{jit}} C_{ijkt} \times q_{ijkt} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{jit}} O_{jt} \times Y_{ijkt} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P} h_{jt} \times I_{jt} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P} \pi_{jt} \times S_{jt} \qquad (۱)$$

$$\mathrm{MinZ_2} = \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{jit}} \mathrm{d_{ji}} \times \mathrm{q_{ijkt}} \qquad (۲)$$

$$\mathrm{MinZ_3} = \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{jit}} \mathrm{H_{ji}} \times \mathrm{q_{ijkt}} \qquad (۳)$$

$$\sum_{j=1}^{P} I_{j(t-1)} + \sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{A_{jit}} q_{ijkt}) \le CAP \quad \forall \mathrm{t} \qquad (٤)$$

$$q_{ijkt} \le U^*_{ijkt} \times Y_{ijkt} \qquad \forall j,i,k,t \qquad (٥)$$

$$q_{ijkt} \ge U_{ij(k-1)t} \times Y_{ij(k-1)t} \qquad \forall j,i,k,t \qquad (٦)$$

$$\sum_{k=1}^{A_{jit}} Y_{ijkt} \le 1 \qquad \forall \mathrm{j,i,t} \qquad (٧)$$

$$I_{jt} - S_{jt} = \sum_{k=1}^{A_{jit}}\sum_{i=1}^{n} q_{ijkt} - D_{it} + I_{i(t-1)} - S_{i(t-1)} \qquad \forall \mathrm{t,j} \qquad (٨)$$

$$\mathrm{Y_{ijkt} \in \{0,1\}} \qquad \forall \mathrm{j,i,k,t} \qquad (٩)$$

$$\mathrm{I_{jt}, S_{jt}, q_{ijkt} \ge 0} \qquad \forall \mathrm{i,\ j,\ k,\ t} \qquad (١٠)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تابع هدف (۱)، هزینه‌های سیستم را حداقل می‌کند. عبارت اول هزینهٔ خرید، عبارت دوم هزینهٔ سفارش‌دهی، عبارت سوم هزینهٔ نگهداری و عبارت چهارم هزینهٔ کمبودِ موجودی را نشان می‌دهند.

تابع هدف (۲) میزان اقلام برگشتی را حداقل می‌کند. باتوجه‌به مشخص‌بودن نرخ برگشت هر محصول برای هر تأمین‌کننده، این تابع هدف مقدار سفارش به هر تأمین‌کننده را طوری تخصیص می‌دهد که متوسط بازگشتی حداقل باشد. تابع هدف (۳)، متوسط دیرکرد در تحویل محصولات را حداقل می‌کند. باتوجه‌به مشخص‌بودن نرخ دیرکرد در تحویل هر تأمین‌کننده، این تابع هدف مقدار سفارش به هر تأمین‌کننده را طوری تخصیص می‌دهد که دیرکرد در تحویل حداقل باشد. محدودیت (٤)، مربوط به ظرفیت انبار است. محدودیت‌های (۵)، (٦) و (۷) محدودیت‌های مربوط به تخفیف کلی هستند. اشتراک محدودیت (۵) و (٦)، نشان می‌دهد درصورت خرید از یک بازهٔ تخفیف ($Y_{ijkt}=1$)، مقدار خرید دارای کران پایین صفر و کران بالای U^{*}_{ijkt} خواهد بود ($0 \le q_{ijkt} \le U^{*}_{ijkt}$). محدودیت (۷) نیز نشان می‌دهد یا از تأمین‌کننده هیچ محصولی خریداری نمی‌شود یا در صورت خرید، فقط از یک بازهٔ تخفیف، خرید صورت می‌گیرد.

رابطه (۸) رابطهٔ تعادل موجودی را نشان می‌دهد و رابطه‌های (۹) و (۱۰) وضعیت متغیرهای تصمیم مدل را نشان می‌دهند.

ازآن‌جایی‌که تقاضای محصولات در هر دوره به‌صورت احتمالی است، از روش برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی برای تبدیل محدودیت تعادل موجودی (۸) استفاده می‌شود. چارنز[۲۹] و کوپر[۳۰] برای تبدیل محدودیت‌های قطعی به محدودیت‌هایی که دارای پارامترهای احتمالی هستند، برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی را توسعه داده‌اند. مطابق این روش، محدودیت احتمالی تضمین می‌کند محدودیت در یک سطح اطمینانِ از پیش تعیین‌شده برآورده می‌شود. این سطح اطمینان را تصمیم‌گیرنده تعیین می‌کند (چارنز و کوپر، ۱۹۵۹).

مطابق روش برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی، رابطهٔ تعادل موجودی به‌صورت رابطهٔ (۱۱) نوشته می‌شود:

$$P(\underline{I} \le I_t \le \bar{I}) \ge \alpha \qquad (۱۱)$$

در این رابطه $\underline{I}$ و $\bar{I}$ حداقل و حداکثر موجودی در هر دوره و α سطح اطمینان از پیش تعیین‌شده را نشان می‌دهد.

باتوجه‌به رابطهٔ (۱۱)، رابطهٔ (۸) پس از به دست آوردن I_{jt} که نشان‌دهندهٔ موجودی پایان دورهٔ t محصول j است، مطابق رابطهٔ (۱۲) نوشته می‌شود:

$$P(\underline{I} \le \sum_{k=1}^{A_{jit}} \sum_{i=1}^{n} q_{ijkt} - D_{jt} + I_{j(t-1)} - S_{j(t-1)} \le \bar{I}) \ge \alpha \qquad (۱۲)$$

بعد از ساده‌سازی، رابطهٔ (۱۲) به رابطهٔ (۱۳) تبدیل می‌شود:

$$P(\underline{I} - I_{j(t-1)} + S_{j(t-1)} - \sum_{k=1}^{A_{jit}} \sum_{i=1}^{n} q_{ijkt} \le D_{jt} \le \bar{I} - I_{j(t-1)} + S_{j(t-1)} - \sum_{k=1}^{A_{jit}} \sum_{i=1}^{n} q_{ijkt}) \ge \alpha \qquad (۱۳)$$

فرض می‌شود تقاضای هر محصول در هر دورهٔ برنامه‌ریزی از توزیع نرمال با میانگین μ_{jt} و انحراف معیار σ_{jt} پیروی می‌کند؛ بنابراین رابطهٔ فوق به رابطهٔ (۱٤) تبدیل می‌شود:

$$P\left(\frac{\underline{I} - I_{j(t-1)} + S_{j(t-1)} - \sum_{k=1}^{A_{jt}} \sum_{i=1}^{n} q_{ijkt} - \mu_{it}}{\sigma_{jt}} \le \frac{D_{jt} - \mu_{it}}{\sigma_{jt}} \le \frac{\bar{I} - I_{j(t-1)} + S_{j(t-1)} - \sum_{k=1}^{A_{jt}} \sum_{i=1}^{n} q_{ijkt} - \mu_{it}}{\sigma_{jt}}\right) \ge \alpha \qquad (۱٤)$$

بنابراین در مدلِ ارائه‌شده (۱۰)-(۱) به‌جای محدودیت (۸) از محدودیت (۱٤) استفاده می‌شود.

روش‌های مدل‌سازی و نتایج عددی

در این بخش، ابتدا روش‌های مدل‌سازی مسئله بیان و برای هر روش مثال عددی حل می‌شود.

روش‌های مدل‌سازی: مسائل تصمیم‌گیری چندهدفه به چهار دستهٔ اصلی تقسیم می‌شوند. دستهٔ نخست این نوع مسائل، نیاز به گرفتن هیچ‌گونه اطلاعاتی از تصمیم‌گیرنده ندارد. روش *LP* متریک یکی از این نوع روش‌هاست و هدف آن حداقل کردن انحراف‌های توابع هدف از مقادیر ایدئال است. دستهٔ دوم این نوع مسائل، نیاز به گرفتن اطلاعات از تصمیم‌گیرنده دارند. این دسته شامل روش‌های تابع مطلوبیت، تابع ارزشی و روش اهداف حددار هستند. تئوری مطلوبیت برای تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم‌اطمینان به وجود آمده است. مطلوبیت از یک هدف یا شاخص، تعیین‌کنندهٔ بیشترین درجهٔ رضایت‌بخشیِ ممکن از آن هدف یا شاخص برای تصمیم‌گیرنده‌ها است؛ به‌طوری‌که او تعیین می‌کند رسیدن به کدام‌یک از اهداف برایش مطلوبیت بیشتری دارد. تئوری ارزش برای تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان است؛ یعنی تصمیم از بین نتایج قطعی حاصل از شاخص‌ها اتخاذ می‌شود. در روش اهداف حددار، تصمیم‌گیرنده باید قبل از حل مسئله، حداقل سطح لازم از هر هدف را مشخص کند. روش برنامه‌ریزی آرمانی یکی از این روش‌ها است. در روش برنامه‌ریزی آرمانی، تصمیم‌گیرنده حداقل سطح قابل قبول برای توابع حداقل‌کردن یا حداکثرکردن را تعیین می‌کند.

دستهٔ سوم این نوع مسائل مجموعه‌ای از جواب‌های کارا را فراهم می‌کنند. در این دسته، تصمیم‌گیرنده فرصت انتخاب جواب‌های ترجیح داده‌شدهٔ خود را از میان جواب‌های کارا دارد. دستهٔ چهارم این نوع مسائل براساس کسب اطلاعات از تصمیم‌گیرنده درحین محاسبات و درخلال حل مسئله است. در این روش‌ها، تصمیم‌گیرنده باید در طول حل مسئله تشخیص دهد که کدام‌یک از اهداف برایش ارجحیت دارد. روش گرادیان، روش تبادل و جانشینی، نمونه‌ای از این نوع روش‌ها هستند (هوانگ[۳۱] و مسعود[۳۲]، ۱۹۷۹).

در این پژوهش از سه روش مدل‌سازی استفاده می‌شود. این روش‌ها شامل *LP* متریک، روش برنامه‌ریزی آرمانی و روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای هستند. درواقع این روش‌ها از جدیدترین روش‌های مدل‌سازی ارائه‌شده در خصوص مسائل چندهدفه هستند. در روش *LP* متریک، میزان انحراف هر تابع هدف از مقدار بهینه آن تابع حداقل می‌شود. از معایب این روش این است که ارجحیت تصمیم‌گیرنده نسبت به اهداف مختلف به‌صورت وزن اهداف در نظر گرفته می‌شود. ازآنجایی‌که محاسبهٔ وزن اهداف به‌طور دقیق امکان‌پذیر نیست و جواب‌های به‌دست‌آمده از این روش، به وزن اهداف و متریک استفاده‌شده بستگی زیادی دارند، روش مناسبی برای مدل‌سازی

مسائل چندهدفه نیست. در دنیای واقعی ممکن است برخی از اهداف برای تصمیم‌گیرنده اهمیت بیشتری داشته باشند؛ بنابراین لازم است این اولویت‌ها در مدل‌سازی در نظر گرفته شود. روش برنامه‌ریزی آرمانی یک روش مدل‌سازی مسائل چندهدفه است که اولویت تصمیم گیرنده نسبت به هر تابع هدف و سطح انتظار او از هر تابع هدف را هم‌زمان در نظر می گیرد و چون وزن اهداف را در نظر نمی‌گیرد، برای مدل‌سازی مناسب‌تر است. در روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه ای، به‌جای در نظر گرفتن یک سطح انتظار برای هر تابع هدف، چندین سطح انتظار در نظر گرفته می‌شود. در واقع سطح انتظار تصمیم‌گیرنده از هر تابع هدف یک مقدار مشخص نیست، بلکه به‌صورت حداقل و حداکثر سطح انتظار است؛ بنابراین مدل‌سازی مسائل چندهدفه با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای در دنیای واقعی کاربرد بیشتری دارد.

در ادامه هریک از این روش‌ها به‌اختصار توضیح داده می‌شود.

روش *LP* متریک: در این روش، ابتدا مقدار ایدئال هریک از اهداف را به دست می‌آید و مطابق روش زیر توابع هدف به یک تابع هدف واحد تبدیل می‌شود:

$$Z = [\sum_{i=1}^{n} \gamma_i (\frac{Z_i - Z_i^*}{Z_i^*})^P]^{\frac{1}{P}} \quad (۱۵)$$

در رابطهٔ بالا γ_i اهمیت یا وزن تابع هدف *i*ام و Z_i^* مقدار ایدئال تابع هدف *i*ام را نشان می‌دهند. همچنین Z_i ضابطهٔ ریاضی تابع هدف *i*ام را نشان می‌دهند (اسفندیاری و سیف برقی، ۲۰۱۳).

روش برنامه‌ریزی آرمانی: برنامه‌ریزی آرمانی یک مدل خاص از مدل تابع فاصله است. شکل عمومی مدل تابع فاصله به‌صورت زیر است (چنگ[۳۳]، ۲۰۱۱):

$$\text{Min}\left[(W_i \times |f_i(X) - g_i|)^P\right]^{\frac{1}{P}} \quad (۱۶)$$

$$S.T: \quad (۱۷)$$

$$X \in F \quad (X \text{ is a feasible solution})$$

در رابطهٔ بالا، W_i اولویت هدف *i*ام، $f_i(X)$ تابع هدف *i*ام، g_i سطح انتظار (آرمان) هدف *i* ام، X بردار متغیر تصمیم و $|f_i(X) - g_i|$ مقدار انحرافِ تابع هدف را از سطح انتظار (آرمان) نشان می‌دهد. P، متریک عمومی است و خانوادهٔ توابع فاصله را تعریف می‌کند.

فرض کنید $f_i(X) - g_i = d_i^+ + d_i^-$ و $P = 1$ باشد، مدل تابع فاصله به‌صورت زیر فرمول‌بندی می‌شود:

$$Min \sum_{i=1}^{n} W_i (d_i^+ + d_i^-) \quad (۱۸)$$

$$S.T:$$

$$f_i(X) - d_i^+ + d_i^- = g_i \quad i = 1,...,n \quad (۱۹)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i = 1,...,n \quad (۲۰)$$

$$X \in F \quad (X \text{ is a feasible solution}) \quad (۲۱)$$

d_i^+ و d_i^- مقدار انحراف مثبت و منفی تابع هدف *i*ام از سطح انتظار *i*ام را نشان می‌دهند. سایر متغیرها، تعریف شده‌اند.

روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای: این روش را چنگ پیشنهاد داده است. این روش به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد تا چندین سطح انتظار (آرمان) را برای هریک از اهداف تنظیم کند. این روش به‌صورت زیر فرمول‌بندی می‌شود (چنگ، ۲۰۱۱):

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{n}[W_i(d_i^+ + d_i^-) + \alpha_i(e_i^+ + e_i^-)] \quad (۲۲)$$

S.T:

$$f_i(X) - d_i^+ + d_i^- = y_i \quad i = 1,...,n \quad (۲۳)$$

$$y_i - e_i^+ + e_i^- = g_{i,max} \text{ or } g_{i,min} \quad i = 1,...,n \quad (۲۴)$$

$$g_{i,min} \leq y_i \leq g_{i,max} \quad i = 1,...,n \quad (۲۵)$$

$$d_i^+, d_i^-, e_i^+, e_i^- \geq 0 \quad (۲۶)$$

$$X \in F \quad (X \text{ is a feasible solution}) \quad (۲۷)$$

W_i اولویت هدف iام، $f_i(X)$ تابع هدف iام، d_i^+ و d_i^- به‌ترتیب مقدار انحراف مثبت و منفی تابع هدف iام از سطح انتظار iام، $g_{i,max}$ و $g_{i,min}$ به‌ترتیب کران بالا و پایین متغیر y_i، e_i^+ و e_i^- به‌ترتیب مقدار انحراف مثبت و منفی متغیر y_i از $g_{i,max}$ و $g_{i,min}$ را نشان می‌دهند. y_i نیز یک متغیر پیوسته است که در بازهٔ $g_{i,min} \leq y_i \leq g_{i,max}$ قرار دارد.

مثال عددی

در این قسمت یک مثال عددی با ابعاد کوچک ارائه می‌شود. ساختار مثال عددی ارائه‌شده به‌صورت زیر است: تعداد دوره‌های برنامه‌ریزی ۵ دوره، تعداد تأمین‌کنندگان ۲ و تعداد محصولات ۲، هزینهٔ سفارش‌دهی تأمین‌کنندهٔ *A* برای محصول یک و دو به‌ترتیب ۲۵۰،۱۶۵ و هزینهٔ سفارش‌دهی تأمین‌کنندهٔ *B* برای محصول یک و دو به‌ترتیب برابر ۲۲۰ و ۱۸۰ در نظر گرفته می‌شود. همچنین هزینهٔ نگهداری هر واحد در هر دوره ۰/۱۱ و هزینهٔ کمبود هر واحد در هر دوره ۵ در نظر گرفته می‌شود. جدول (۱)، جدول تخفیف تحت مقدار خرید برای تأمین‌کننده *A* و *B* را در دورهٔ یک نشان می‌دهد.

جدول (۲) میانگین تقاضای محصول یک و دو را در دورهٔ یک تا پنج نشان می‌دهد. انحراف معیار تقاضا در همهٔ دوره‌ها و برای همهٔ محصولات برابر ۰/۱ میانگین، نرخ دیرکرد محصولات بین بازهٔ ۰/۵-۰/۱ و نرخ معیوبی محصولات بین بازهٔ ۰/۶-۰/۲ هستند.

جدول ۱- جدول تخفیف تحت مقدار خرید برای تأمین‌کننده *A* و *B*

تأمین‌کننده	بازهٔ خرید	قیمت
A	۰-۲۰۰۰	۲/۹۹
	بیش‌تر از ۲۰۰۱	۲/۸۵
B	۰-۹۰۰	۳/۰۵
	بیش‌تر از ۹۰۰	۲/۸۳

جدول ۲- میانگین تقاضای محصول یک و دو در دوره‌های یک تا پنج

j/t	۱	۲	۳	٤	٥
۱	٦٦۰	۷۲۰	٥۱۰	۸۱۰	۷٤٥
۲	٤٦٥	۱٥۱۰	۲٤۱۰	٥۱٥	۱۸٥۰

مثال عددیِ توصیف‌شده با استفاده از سه روشِ توضیح داده‌شده، بررسی می‌شود. نتایج حل مثال عددی به‌روش *LP* متریک، برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای به‌ترتیب در بخش (۵-۱)، (۵-۲) و (۵-۳) توضیح داده خواهد شد. برای روش برنامه‌ریزی آرمانی دو سناریو در نظر گرفته می‌شود. در سناریوی یک، تابع هزینه دارای اولویت اول و دو تابع هدف دیگر دارای اولویت دوم و در سناریوی دوم، تابع هدف دوم و سوم دارای اولویت اول و تابع هدف هزینه دارای اولویت دوم هستند. همچنین برای روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای سه سناریوی مختلف در نظر گرفته خواهد شد. در سناریوی اول و دوم، تابع هدف هزینه دارای اولویت اول و توابع هدف آیتم‌های برگشتی و دیرکرد دارای اولویت دوم در نظر گرفته می‌شود و در سناریوی سوم هر سه تابع هدف دارای اولویت یکسان هستند.

نتایج حل مثال عددی به‌روش *LP* متریک: برای حل مدل به‌روش *LP* متریک، ابتدا مقدار بهینهٔ هریک از توابع هدف به دست می‌آید. مقدار بهینهٔ توابع هدف یک، دو و سه به‌ترتیب برابر $Z_1^* = 63938.35$ ، $Z_2^* = 50$ و $Z_3^* = 84.5$ است. سپس سه تابع هدف به یک تابع هدف تبدیل می‌شود.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در روش *LP*، جواب‌های به‌دست‌آمده به متریک استفاده‌شده و وزن توابع هدف وابسته است؛ بنابراین روش مناسبی برای حل مسائل چندهدفه نیست.

جدول ۳- نتایج حل مثال عددی با استفاده از روش *LP* متریک برای $P = \infty$

سناریو	۱	۲	۳
γ_1	۰/۸	۰/۷	۰/٥
γ_2	۰/۱	۰/۲	۰/۲٥
γ_3	۰/۱	۰/۱	۰/۲٥
Z	۰/٦۰٤۷	۰/٦۰۸۲	۰/۷۰٤۱
Z_1	۱۱۲۲۷۱/٥	۱۱۹٤۹٤/۷	۱۲۸۲٥۱/۹
Z_2	۳٥۲/۳۷	۲۰۲/۰٦	۱۹۰/۸۲
Z_3	٥۹٥/٥۱	٥۹۸/٤٦	۳۲۲/٤۹

جدول ٤- نتایج حل مثال عددی با استفاده از روش *LP* متریک برای $P = 1$

سناریو	۱	۲	۳
γ_1	۰/۸	۰/۷	۰/٥
γ_2	۰/۱	۰/۲	۰/۲٥
γ_3	۰/۱	۰/۱	۰/۲٥
Z	۱/۰۰٥۸۱٥	۰/۸۸۰۱	۰/٦۲۸٦
Z_1	۱٤٤۳۲٦	۱٤٤۳۲٦	۱٤٤۳۲٦
Z_2	٥۰	٥۰	٥۰
Z_3	۸٤/٥	۸٤/٥	۸٤/٥

نتایج حل مثال عددی به‌روش برنامه‌ریزی آرمانی: در این بخش نتایج حل مثال عددی به‌روش برنامه‌ریزی آرمانی بیان می‌شود. مقادیر آرمان هریک از توابع هدف یعنی هزینه، اقلام برگشتی و دیرکرد به‌ترتیب برابر $g_1 = 4000$، $g_2 = 40$ و $g_3 = 75$ در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین اولویت هریک از توابع هدف، دو سناریوی مختلف بررسی خواهد شد. در سناریوی یک، تابع هزینه دارای اولویت اول و دو تابع هدف دیگر دارای اولویت دوم و در سناریوی دوم، تابع هدف دوم و سوم دارای اولویت اول و تابع هدف هزینه دارای اولویت دوم هستند. در ادامه، نتایج حل مثال عددی بیان می‌شود.

جدول ۵- نتایج حل مثال عددی به‌روش برنامه‌ریزی آرمانی

سناریو	Z_1	Z_2	Z_3
۱	٤٧١٤٦/٧٢	٢٣٠٩/٤٢	٣٠٦٥/٣٦
۲	٦٢٩١٩/٩٤	٥٠	٨٤/٥

نتایج حل مثال عددی به‌روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای: برای حل مثال عددی ارائه‌شده به‌روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای، سه سناریوی مختلف در نظر گرفته خواهد شد. در سناریوی اول و دوم، تابع هدف هزینه دارای اولویت اول و توابع هدف آیتم های برگشتی و دیرکرد دارای اولویت دوم هستند و در سناریوی سوم هر سه تابع هدف دارای اولویت یکسان هستند.

جدول ٦- نتایج حل مثال عددی به‌روش برنامه یزی آرمانی چندگزینه‌ای

سناریو	سطوح انتظار		مقدار توابع هدف	
	$g_{1,min}$	٥١١٥٠/٨٩	Z_1	٥١١٥٠/٨٠
	$g_{1,max}$	٦٣٩٣٨/٣٥	Z_2	١٢٠٧/٤٤
۱	$g_{2,min}$	٤٠	Z_3	١٥٩٣/٨٤
	$g_{2,max}$	٥٠		
	$g_{3,min}$	٦٧/٦		
	$g_{3,max}$	٨٤/٥		
	$g_{1,min}$	٣٨٣٦٣	Z_1	٤٧١٤٩/٧٢
	$g_{1,max}$	٥١١٥٠/٨٠	Z_2	٢٣٠٩/٤٢
۲	$g_{2,min}$	٣٠	Z_3	٣٠٦٥/٣٦
	$g_{2,max}$	٤٠		
	$g_{3,min}$	٥٠/٧		
	$g_{3,max}$	٦٧/٦		
	$g_{1,min}$	٣٨٣٦٣	Z_1	٤٧٧١٤/٩٢
	$g_{1,max}$	٥١١٥٠/٨٠	Z_2	١٣٧٣/٤٢
۳	$g_{2,min}$	٣٠	Z_3	٢٤٥٦/٩٦
	$g_{2,max}$	٤٠		
	$g_{3,min}$	٥٠/٧		
	$g_{3,max}$	٦٧/٦		

نتیجه‌گیری وپیشنهادها برای پژوهش‌های آتی

در این پژوهش، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به آن‌ها با در نظر گرفتن چندین محصول، محدودیت فضای انبار، چندین دورهٔ برنامه‌ریزی در نظر گرفته شده است. در این مدل تقاضا به‌صورت تقاضای احتمالی در شرایطی است که تأمین‌کنندگان از تخفیف کلی برای تشویق خریدار به خرید بیش‌تراستفاده می‌کنند. اهداف این مدل شامل حداقل‌کردن هزینه (هزینهٔ سفارش‌دهی، هزینهٔ نگهداری و هزینهٔ کمبود)، حداقل‌کردن برگشتی‌ها و حداقل‌کردن دیرکردهاست. ازآنجاکه تقاضا به‌صورت احتمالی در نظر گرفته شد، از روش برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی استفاده شد. استفاده از این روش برای تبدیل محدودیت تعادل موجودی در شرایطی است که تقاضا دارای توزیع نرمال است. ازآنجاکه مدل ارائه‌شده یک مدل چندهدفه است از سه روش مدل‌سازیLP متریک، برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای استفاده شد. برای حل مثال عددی با استفاده از روش LP متریک، سه سناریو برای تخصیص وزن به اهداف در نظر گرفته شد. تفاوت سناریوها در تخصیص میزان وزن به هریک از اهداف است. نتایج نشان می‌دهد روشLP روش مناسبی برای حل مسائل چندهدفه نیست؛ زیرا در این روش جواب‌های به دست‌آمده به متریک استفاده‌شده و وزن توابع هدف وابسته است. همچنین برای حل مثال عددی با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی دو سناریو در نظر گرفته شد. در سناریوی اول تابع هزینه دارای اولویت اول و توابع آیتم‌های معیوبی و دیرکرد دارای اولویت دوم و در سناریوی دوم، توابع هدف آیتم‌های معیوبی و دیرکرد دارای اولویت اول و توابع هزینه دارای اولویت دوم در نظر گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد، اگر برای تصمیم‌گیرنده حداقل‌کردن هزینه دارای اولویت بیشتری باشد، متحمل دیرکرد و معیوبی بیش‌تری خواهد شد؛ اما اگر برای تصمیم‌گیرنده حداقل‌کردن دیرکرد و معیوبی در اولویت بالاتری باشد، متحمل هزینه بیش‌تری خواهد شد.

همچنین برای حل مثال عددی با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینه‌ای، سه سناریوی مختلف در نظر گرفته شد. در هر سه سناریو تابع هدف هزینه دارای اولویت اول و توابع هدف آیتم‌های برگشتی و دیرکرد دارای اولویت دوم و برای هر تابع هدف دو سطح انتظار (آرمان) در نظر گرفته شد. مقایسهٔ سناریوی یک و دو نشان می‌دهد در سناریوی یک، تصمیم‌گیرنده کران پایین و بالای بزرگ‌تری برای تابع هزینه در نظر گرفته است. مقایسهٔ نتایج این دو سناریو نشان می‌دهد مقدار تابع هزینهٔ سناریوی یک بزرگ‌تر از سناریوی دو است؛ اما در مقابل توابع دیرکرد و میزان بازگشتی مقادیر کمتری دارند.

سناریوی دو و سه دارای کران بالا و پایین یکسانی برای هر سه توابع هدف هستند؛ اما چون در سناریوی دو، تابع هزینه دارای اولویت اول و دو تابع هدف دیگر دارای اولویت دوم هستند و در سناریوی سوم هر سه تابع هدف دارای اولویت یکسانی هستند، در سناریوی دوم، مقدار تابع هزینه کمتر از تابع هزینهٔ سناریوی سوم است؛ اما در مقابل دیرکرد و میزان بازگشتی بزرگ‌تری نسبت به سناریوی سوم دارد.

این پژوهش زمینه‌ای برای پژوهش‌های آتی در زمینهٔ مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سهم به آن‌ها است. در پژوهش‌های آتی می‌توان سایر توزیع‌های احتمالی را برای تابع تقاضای محصولات در نظر گرفت. همچنین پیشنهاد می‌شود از روش‌های فرا ابتکاری چندهدفه برای حل مثال‌های عددی در ابعاد بزرگ استفاده شود. درنهایت پیشنهاد می‌شود در مدل‌های بُعدی استراتژی همکاری خرده‌فروش و تأمین‌کننده در نظر گرفته شود.

References

AhlatciogluOzkok, B., & Tiryaki, F. (2011). "A compensatory fuzzy approach to multi-objective linear supplier selection problem with multiple items" .*Expert Systems with.Applications*, 38(9), 11363-11368.

Arikan, F. (2013). "A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection". *Expert Systems with. Applications*, 40(3), 947-952.

Arikan, F. (2015). "An interactive solution approach for multiple objective supplier selection problem with fuzzy parameters". *Journal of Intelligent Manufacturing*,Doi: 10.1007/s10845-013-0782-6.

Ayhan, M.B., &Kilic, H.S. (2015). "A two stage approach for supplier selection problem in multi-item/multi-supplier environment with quantity discounts". *Computers & Industrial Engineering*, Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2015.02.026.

Bohner, Ch., &Minner, S. (2016). "Supplier Selection under Failure Risk, Quantity and Business Volume Discounts". *Computers & Industrial Engineering*, Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2016.11.028

Chang, Ch. (2011). "Multi-choice goal programming with utility functions".*European Journal of Operational Research*, 215(2), 439-445.

Charnes, A., & Cooper, W.W. (959). "Chance-constrained programming" .*Management Science*, 6(1), 73-79.

Esfandiari, N., & Seifbarghy, M. (2013). "Modeling a stochastic multi-objective supplier quota allocation problem with price dependent orderin".*Applied Mathematical Modelling*,37(8), 5790-5800.

Fazlollahtabar, H., Mahdavi,I., TalebiAshoori, M., Kaviani, S.,& Mahdavi-Amiri, N. (2011). "A multi-objective decision-making process of supplier selection and order allocation for multi-period scheduling in an electronic market".*International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52(9-12), 1039-1052.

Hamdan, S., & Cheaitou, A. (2017). "Green Supplier Selection and Order Allocation with Incremental Quantity Discounts". *IEEE*, Doi:10.1109/ICMSAO.2017.7934913

Ho, W., Xu, X., &Dey, P.K. (2010). "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review".*European Journal of Operational Research*, 202(1), 16-24.

Ho, W., Xu, X., & Prasanta Dey,K. (2010)."Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review" *European Journal of Operational Research*, 202(1), 1-16.

Hu, H., Xiong, H., You, Y., & Yan, W. (2016). "A Mixed Integer Programming Model for Supplier Selection and Order Allocation Problem with Fuzzy Multi objective". *Scientific Programming*, 2016, 1-13.

Humphreys, P., Huang, G., Cadden, T., &McIvor, R. (2007). "Integrating design metrics within the early supplier selection process".*Journal of Purchasing &Supply Management*, 13(1), 42-52.

Hwang, Ch-L., Masud, A.S.M. (1979). Multiple objective decision making, methods and applications: a state- of- the- art survey, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Springer-Verlang, Berlin.

Kamali, A., FatemiGhomi, S.M.T., &Jolai, F.A. (2011). "A multi-objective quantity discount and joint optimization model for coordination of a single-buyer multi-vendor supply chain". *Computers & Mathematics with Applications*, 62(8), 3251-3269.

Kang, H., Lee, A.H.I., & Yang, C.Y. (2010). "A fuzzy ANP model for supplier selection as applied to IC packaging". *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(5), 1477-1488.

Kubat, C., & Yuce, B. (2012). "A hybrid intelligent approach for supply chain management system". *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(4), 1237-1244.

Kumar, D., Rahman, Z., & Chan, F.T.S. (2016). "A fuzzy AHP. and fuzzy multi-objective linearprogramming model for order allocation in a sustainable supply chain: A case study", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Doi: 10.1080/0951192X.2016.1145813.

Li, L., & Zabinsky, Z.B. (2011). "Incorporating uncertainty into a supplier selection problem".*International Journal of Production Economics*, 134 (2), 344-356.

Mafakheri, F., Breton, M., & Ghoniem, A. (2011). "Supplier selection order allocation: a two- stage multiple criteria dynamic programming approach*".International Journal of Production Economics*, 132(1), 52-57.

Mendoza, A., & Ventura, I.A. (2012). "Analytical models for supplier selection and order quantity allocation".*Applied Mathematical Modelling*, 36(8), 3826-3835.

Mohammad Ebrahim, R., Razmi, J., Haleh, H. (2009). "Scatter search algorithm for supplier selection and order lot sizing under multiple price discount environment".*Advances in Engineering Software*, 40(9), 766-776.

Nourmohamadi Shalke, P., Paydar, M.M., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2017). "Sustainable supplier selection and order allocation through quantity discounts". *International Journal of Management Science and Engineering Management*. Doi:10.1080/17509653.2016.1269246.

Venkatesan, S.P., &Goh, M. (2016). "Multi objective supplier selection and order allocation under disruption risk". *Transportation Research Part E*, 95 (2016), 124–142.

Razmi, J., & Maghool, E. (2009). "Multi-item supplier selection and lot-sizing planning under multiple price discounts using augmented ε-constrained and Tchebycheff method".*International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 49(1-4), 379-392.

Rezaei, J., &Davoodi, M. (2011). "Multi-objective models for lot-sizing with supplier selection".*International Journal of Production Economics*, 130(1), 77-86.

Seifbarghy, M., &Esfandiari, N. (2011). "Modeling and solving a multi-objective supplier quota allocation problem considering transaction costs".*Journal of Intelligent Manufacturing*, 24(1), 201-209.

Swaki, T. (2010). "Single vs. multiple objective supplier selection in a make to order environment".*Omega*, 38(3-4), 203-212.

Xinxing, L., Chong, W., & Duska, Rosenberg, D. (2009). "Supplier selection in agile supply chains: an information-processing model and an illustration". *Journal of Purchasing & Supply Management*, 15(4), 249–262.

Zhang, J.L., & Zhang, M.Y. (2011). "Supplier selection and purchase problem with fixed cost and constrained order quantities under stochastic demand". *International Journal of Production Economics*, 129(1), 1-7.

[1]- Xinxing
[2]- Humphreys
[3]- Ho
[4]- Chance- constrained programming
[5]- Kubat
[6]- Yuce
[7]- Kang
[8]- Mendoza
[9]- Ventura
[10]- Ayhan
[11]- Kilic
[12]- Bohner

[13]- Minner
[14]- Venkatesan
[15]- Goh
[16]- Hamdan
[17]- Cheaitou
[18]- Hu
[19]- Ozkok
[20]- Tiryaki
[21]- Arikan
[22]- Kumar
[23]- Maghool
[24]- Swaki
[25]- Make to order
[26]- Li
[27]- Zabinsky
[28]- Zhang
[29]- Charnes
[30]- Cooper
[31]- Hwang
[32]- Masud
[33]- Chang

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی