International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2015)
Mar 2015, Volume 25, Number 4
pp. 417-430
http://IJIEPM.iust.ac.ir/

Supplier Selection and Order Allocation under Dynamic Conditions in Supply Chains

Mohammadreza Razzazi*, Mahsa Banktavakoli

M. Razzazi, *PhD, Department of Computer Engineering & IT, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, 15914, Iran*
M. Banktavakoli, *Department of Computer Engineering & IT, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, 15914, Iran*

Keywords

Supply chain management
Supplier selection
Order allocation
Clustering and ART2 algorithm

ABSTRACT

Selection of the best set of suppliers for a supply chain (Coordinated system of suppliers, manufacturers, transporters, retailers and customers) affects its profitability and success. Therefore, making all business processes optimum results in reducing costs. This study concentrates on supplier selection activity in the supply chain. Here, we suppose that the supply chain contains two layers (the buyer and supplier layers), so that the buyer selects some of the suppliers according to the criteria (price, transaction cost and maintenance cost) in each sub-period. This study presents a new algorithm which selects the best set of suppliers in each sub-period. This algorithm gets maximum acceptable processing time (in each sub-period) and tolerable error as input data and returns a response in the duration near the maximum time. In addition, the error of the response is less than the tolerable error. The decision model in this study considers changes in the environment and reduces the selection costs by deleting recalculation of unchanged elements of the environment. Moreover, the model is based on data clustering techniques.

© 2015 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 25, No. 4, All Rights Reserved

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره 4، جلـــد 25، آذر 1393

صفحـــه 430-418

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

انتخاب تامین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آنها تحت شرایط پویا در زنجیره‌های تامین

محمد رضا رزازی*، مهسا بانک توکلی

کلمات کلیدی

آشوب،
مدیریت زنجیره تأمین،
انتخاب تأمین‌کنندگان،
تخصیص سفارش،
خوشه‌بندی و الگوریتم ART2

چکیده:

انتخاب بهترین مجموعه ممکن تأمین‌کنندگان برای یک زنجیره تأمین – سیستمی هماهنگ از تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، ترابران، خرده‌فروشان و مشتریان- تأثیر چشمگیری بر سودآوری و موفقیت کل زنجیره تأمین دارد. به همین دلیل، بهینه ساختن کلیه فرایندهای تجاری و استفاده از راهکارهای سودمندتر جهت صرفه‌جویی در هزینه‌ها مطلوب می‌باشد. این مقاله بر روی فعالیت انتخاب تامین کنندگان در یک زنجیره تامین تمرکز دارد. بنابراین فرض می کنیم زنجیره تامین از دو لایه خریدار و تامین کنندگان تشکیل شده است به گونه ای که خریدار در هر زیر دوره زمانی تعدادی از تامین کنندگان را برای تامین اقلام مورد نیازاش براساس معیارهای قیمت، هزینه تراکنش و هزینه نگهداری در انبار انتخاب می نماید. این پژوهش به ارائه یک الگوریتم جدید جهت انتخاب بهترین مجموعه تامین کنندگان در هر زیر-دوره می‌پردازد. این الگوریتم حداکثر زمان مدنظر خریدار در هر زیر-دوره زمانی و خطای مورد قبول خریدار را به عنوان ورودی دریافت می کند و پاسخ خریدار را در متوسط مدت زمان نزدیک حداکثر زمان مدنظر خریدار با خطای کمتر از خطای مورد قبول بر می گرداند. پاسخ خریدار عبارت از اینست که به کدام تامین کننده چه نوع قلمی و به چه تعداد سفارش دهد و حتی ممکن است تعدادی از اقلام مورد نیاز در زیر-دوره‌های آتی را در زیر-دوره جاری تامین شود و در انبار نگهداری شوند.در هر زیر-دوره تغییراتی در محیط ایجاد می شود بنابراین مدل تصمیم گیری[1] در این پژوهش تغییرات احتمالی محیط را در نظر گرفته و هزینه‌های ناشی از انتخاب را بشدت کاهش می‌دهد. این مدل بر پایه تکنیک‌های خوشه‌بندی داده‌ها استوار است. برخلاف سایر مدل‌های انتخاب، که از ابتدا به اجرای مجدد الگوریتم خود در هر زیر-دوره انتخاب، بر روی کل محیط می‌پردازند؛ این مدل تنها تغییرات صورت گرفته در محیط را در نظر گرفته و با اعمال این تغییرات، بهترین مجموعه جدید را برای زیر-دوره کنونی پیدا می‌نماید. بنابراین با حذف محاسبه مجدد عناصر تغییر نیافته محیط، هزینه‌های انتخاب به طرز چشمگیری کاهش می‌یابند. ارزیابی‌های عددی نیز، کاربرد عملی این الگوریتم را تأیید می نماید.

[1] مدل تصمیم گیری همان مدل تصمیم گیری در [1] است.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

1. مقدمه

انتخاب تامین کنندگان مناسب و تخصیص سفارش به آنها یکی از فعالیت‌های مهم استراتژیکی مدیریت زنجیره تامین می باشد و در مرحله توسعه انجام می شود. انتخاب تامین کننده، فرایند تعیین، ارزیابی و بستن قرارداد با تامین کنندگان است و منابع مالی زیادی از زنجیره تامین را به خود اختصاص می دهد. امروزه تقریبا نصف درآمد زنجیره تامین صرف خرید خدمات، مواد خام و اجزا می شود. به طور مثال، در صنعت خودروسازی، هزینه اجزای خریداری شده از منابع خارجی بیش از 50 درصد هزینه‌ها را شامل می شود. بنابراین، موفقیت زنجیره تامین بستگی به ارتباط با تامین کنندگان دارد و نقش واحد خرید بسیار اهمیت پیدا می کند. فرایند انتخاب تامین کنندگان شامل چهار گام اساسی تعریف مسئله، فرموله سازی معیارهای تصمیم، انتخاب پیشین تامین کنندگان بالقوه و انتخاب نهایی می باشد [2].

متدهای تصمیم برای انتخاب پیشین تامین کنندگان بالقوه که تا کنون بررسی شده اند عبارتند از متدهای قیاسی، تحلیل پوشش داده‌ها، تحلیل دسته یا دسته بندی و سیستم‌های استدلال مبتنی بر مورد. متدهای تصمیم برای انتخاب نهایی تامین کنندگان عبارتند از نرخ گذاری خطی، کل هزینه مالکیت، برنامه ریزی ریاضی، متدهای آماری و متدهای مبتنی بر هوش مصنوعی.

یک سیستم همواره با تغییراتی در محیط خود مواجه می‌باشد اما در حوزه انتخاب تأمین‌کنندگان، مسئله‌ی تأثیر زمان بر پارامترهای تصمیم‌گیری، تغییر آنها و استفاده از تکنیک‌های دسته بندی تاکنون تنها در [7] و [1] مطرح شده و پس از آن تحقیقاتی در این زمینه صورت نگرفته است. اما بررسی کار انجام شده در [7]، نقاط ضعفی را در راهکار پیشنهادی آن نشان داد که سبب محدود شدن کاربرد عملی آن می‌گردد. چه بسا ضعف‌ها و ناکارامدی موجود، اهمیت موضوع تأثیر زمان را تحت تأثیر خود قرار داده و سبب کم عنایتی مجامع پژوهشی به این مسئله گردیده است. دو کاستی اصلی در این روش عبارتند از:

- تصمیم‌گیری در رابطه با زمان‌های انتخاب بر اساس اطلاعات پیش‌بینی شده از روند فروش در آینده و پیش‌بینی نیازها.

در مقابل روش پیشنهادی [7] که دوره‌های انتخاب تأمین‌کنندگان را با پیش‌بینی روند فروش و نیازهای بازار در آینده انتخاب می‌کند، راهکار پیشنهادی [1]، کاربر را به استفاده از داده‌های آماری جهت پیش‌بینی آینده محدود نمی‌سازد بلکه در هر زمان، این امکان را فراهم می‌سازد که نسبت به شروع زیر-دوره و یا یک دوره جدید اقدام نماید و این سازمان است که بر اساس استراتژی و برنامه کلان خاص خود زمان و تعداد زیر-دوره‌ها و دوره‌های انتخاب خود راتعیین می‌نماید و در هر لحظه قادر به تغییر برنامه خود در رابطه با زمان و تعداد این تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد. بنابراین با حذف این محدودیت، دو مزیت عمده برای کسب و کارها فراهم می‌گردد: 1) انعطاف‌پذیری در برنامه‌ریزی و طراحی استراتژیک در شرایط بسیار متغییر بازار و رقابت 2) حذف هزینه‌های مربوط به جمع‌آوری اطلاعات آماری جهت پیش‌بینی روند تغییرات آتی و تصمیم‌گیری در رابطه با زمان انتخاب.

- تحمیل هزینه‌های محاسباتی سنگین بدلیل اجرای مجدد الگوریتم‌های خوشه‌بندی و برنامه‌ریزی عدد صحیح به ازای هریک از دوره‌های زمانی.

خوشه‌بندی تأمین‌کنندگان در [1]، سعی می‌شود تا دسته‌های اصلی تأمین‌کنندگان در هر زیر-دوره انتخاب شناسایی شوند. سپس سنجش دسته‌ها با معیارهای انتخاب، قابلیت تأمین‌کنندگان آن دسته را در تأمین نیاز موجود مشخص می‌نماید. تأمین‌کنندگان نهایی نیز به ترتیب، با استفاده از یک برنامه‌ریزی عدد صحیح، از بهترین دسته‌های ارزیابی شده انتخاب می‌گردند. اگرچه در [7] تأثیر گذر زمان بر پارامترهای تصمیم‌گیری احساس شده است اما بررسی راهکار پیشنهادی آن تقریباً هیچ تمهیداتی را در راستای انعکاس زمان در حل مسئله نشان نمی‌دهد. گذر زمان و تغییر نسبی در محیط تأمین‌کنندگان، سبب خوشه‌بندی مجدد داده‌ها از ابتدا و مقایسه دوباره همه اطلاعات با معیارهای انتخاب می‌گردد و در عمل وابستگی‌های ممکن میان پارامترها، در زمان کنونی و زمان قبلی آن در نظر گرفته نمی شود. این راهکار در شرایطی مناسب است که با تغییر زمان از یک زیر-دوره به زیر-دوره بعدی، تغییرات صورت گرفته در محیط تأمین‌کنندگان بقدری زیاد و چشمگیر باشد که تقریباً هیچ تأمین‌کننده‌ای از زیر-دوره جدید با تأمین‌کننده‌ای در زیر دوره قبلی قابل نگاشت نباشد و در حقیقت کلیه وابستگی میان دو زیر-دوره متوالی از بین رفته باشد. در این صورت اجرای مجدد الگوریتم از ابتدا، قابل توجیه است اما در عمل، تأمین‌کنندگان بندرت دچار تغییرات شدید در یک بازه زمانی کوتاه می‌گردند و نادیده گرفتن این واقعیت در راهکار [7] سبب افزایش چشمگیر هزینه‌های محاسباتی می‌شود. راهکار[1]، با ارائه یک مدل که قادر باشد تغییرات محیط را درک کرده و عملکرد خود را با توجه به تغییرات صورت گرفته، نه با توجه به کل محیط، اصلاح نماید، راه‌حل مناسبی جهت حل مشکل [7] داده است.

کار انجام شده در [1]، در جهت رفع نقاط ضعف راهکار [7]، می‌باشد. اما بررسی دقیق راهکار [1]، نقاط ضعفی را نشان می‌دهد. در راهکار [1]، انتخاب اولیه بعضی از تامین کنندگان در دوره‌های

تاریخ وصول: 91/03/09
تاریخ تصویب: 91/10/30

مهسابانک توکلی، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران خیابان ولیعصر، Mahsa_banktavakoli@yahoo.com
*__نویسنده مسئول مقاله:__ **دکتر محمدرضا رزازی**، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران خیابان ولیعصر، Razzazi@aut.ac.ir

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

اولیه انتخاب، شانس انتخاب تامین کنندگان با امتیاز پایین تر را در دوره‌های بعدی کاهش می دهد، هر چند که این تامین کنندگان بعدها سیاست قیمت گذاری خود را تغییر دهند و جزو تامین کنندگان برتر قرار بگیرند. این بی دقتی تا زمانی ادامه دارد که میزان خطا به حد مشخصی برسد در صورتی که تعیین همین حد آستانه مشکل است. در ضمن، اجرای روش‌های ایستا در مرحله راه اندازی دارای هزینه محاسباتی زیادی است. راهکار پیشنهادی در پژوهش حاضر نه تنها هزینه محاسباتی مرحله راه اندازی را کاهش می دهد، بلکه جواب نزدیک بهینه را در حداکثر مدت زمان مدنظر خریدار با خطای کمتر از خطای مورد قبول خریدار ارائه می دهد.

به طور کلی می توان تفاوت‌های مقاله [1] و این پژوهش را به صورت فوق خلاصه نمود:

تفاوت در معیارهای انتخاب تامین کنندگان:

- معیارهای انتخاب در [1] عبارتند از کیفیت، کمیت، قیمت در صورتی که در اینجا معیارهای انتخاب عبارتند از قیمت، هزینه تراکنش و هزینه نگهداری در انبار.

تفاوت در الگوریتم:

- در مقاله [1] در مرحله راه اندازی از روش‌های ایستا برای دسته بندی تامین کنندگان استفاده می شود اما در اینجا از روش دسته بندی ART2 استفاده می شود.
- در این پژوهش خوشه بندی در چند سطح که متفاوت از خوشه بندی سلسله مراتبی است به کار برده می شود، در صورتی که در [1] اینگونه نیست.
- انجام مجدد مرحله راه اندازی در [1] با توجه به حد استانه خطا می باشد در حالی که در این پژوهش انجام مجدد مرحله راه اندازی بستگی به تعداد تغییرات در طی زیر-دورههای زمانی دارد.
- این پژوهش مقدار آستانه جهت کنترل تعلق داده ورودی به دسته برنده (تست مراقبت) را پیش از شروع دسته بندی با توجه به زمان قابل تحمل کاربر محاسبه می نماید که این مقدار آستانه موجب کنترل زمان پاسخ به خریدار می شود. در صورتی که در مقاله [1] مسئله مدت زمان پاسخ به خریدار در نظر گرفته نمی شود.
- در این پژوهش زیر-دوره‌های آتی در زیر-دوره جاری بررسی می شوند اما در [1] اینگونه نیست.

تفاوت در خروجی الگوریتم:

در [1] در هر زیر-دوره تامین کنندگان نهایی انتخاب می شوند و سفارشات یک نوع کالا به آنها صورت می پذیرد، در حالی که در این پژوهش خروجی عبارت از اینست که به کدام تامین کننده چه نوع قلمی و به چه تعداد سفارش دهد و حتی ممکن است تعدادی از اقلام مورد نیاز زیر-دوره‌های آتی را در زیر_دوره جاری تامین شود و در انبار نگهداری شوند.

2. پیش زمینه

تحلیل دسته، اشیا داده را براساس اطلاعاتی در دادهها که اشیا و رابطه شان را توصیف میکنند، گروه بندی می کند. هدف اینست که اشیا درون یک دسته به یکدیگر شبیه باشند (به یکدیگر مربوط باشند) و از اشیا در دسته‌های دیگر متفاوت (نامرتبط) باشند. تعریف یک دسته دقیق نیست و بهترین تعریف به طبیعت دادهها و نتایج مطلوب بستگی دارد.

تا کنون متدهای مختلفی از دسته بندی ارائه شده است. دسته بندی سلسله مراتبی در مقابل افرازی، انحصاری در مقابل هم پوشان در مقابل فازی، و دسته بندی کامل در مقابل جزئی از جمله دسته بندی‌های مطرح شده می باشند [3]. سه متد مهم دسته بندی در جدول 1 مقایسه شده است.

در این مقاله با توجه به شکل و نوع دسته‌های تامین کنندگان، نیاز به تعیین تعداد دسته‌ها از ابتدا و پیچیدگی زمانی و فضایی متدهای دسته بندی، از متد ART2 برای گام انتخاب پیشین استفاده می کنیم.

الگوریتم ART2 عبارت است از [4]:

گام 1: داده ورودی k ام، x_k و مرکز دسته i ام، w_i نامیده می شود. در دور اول اجرای الگوریتم هیچ دسته ای نداریم و اولین داده ورودی، اولین دسته را تشکیل می دهد.

گام 2: دسته j^* ام که کمترین فاصله را تا ورودی جدید x_k دارد، به عنوان دسته برنده انتخاب می شود. فاصله بین مرکز دسته و داده ورودی با فاصله اقلیدسی محاسبه می شود:

$$|x_k - w_{j^*}| = min|x_k - w_j| \qquad (1)$$

گام 3: تست مراقبت[2] برای داده ورودی انجام می شود. اگر فاصله بین داده ورودی و دسته برنده کمتر از مقدار آستانه σ است، این داده ورودی به عنوان داده مشابه با دسته برنده پذیرفته می شود و مرکز دسته برنده با این داده ورودی به روز می شود. اگر فاصله بین این داده ورودی و دسته برنده کمتر از مقدار آستانه نباشد، آنگاه با این داده ورودی دسته جدیدی ایجاد می شود:

$$if\ |x_k - w_{j^*}| < \sigma \rightarrow w_{j^*}^{new} = \frac{x_k + w_{j^*}^{old} \times \|cluster_{j^*}^{old}\|}{\|cluster_{j^*}^{old}\| + 1} \qquad (2)$$

$\|cluster_{j^*}^{old}\|$: تعداد دادههای قبلی در دسته j^* ام

گام 4: تا زمانی که داده ورودی باقی نمانده است، گام 1 تا گام 3 تکرار می شود. اگر تعداد یا مراکز دستهها تغییر نکردند، الگوریتم

[2] Vigilance

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

خاتمه می یابد، در غیر این صورت، الگوریتم دوباره با مقادیر w حاصل از اجرای قبلی الگوریتم، اجرا می شود.

جدول1. مقایسه سه الگوریتم خوشه بندی

	شکل و نوع دسته‌ها	نیاز به تعیین تعداد دسته‌ها	پیچیدگی زمانی	پیچیدگی فضایی
k-means	دسته‌های کروی با اندازه و تراکم یکسان و کاملا مجزا	بله باید مقدار k قبل از شروع الگوریتم مشخص شود.	$O(I*K*m*n)$	$O((m+k)*n)$
ART2	دسته‌های کروی و کاملا مجزا	خیر	$o(m*n)$	$o(m)$
Ward	دسته‌های بیضوی	بله	$o(m^2*n)$	$o(m^2)$

3. الگوریتم پیشنهادی

در این بخش، راه حلی با استفاده از تکنیک‌های خوشه بندی ارائه می شود که نه تنها نزدیک به راه حل بهینه می باشد بلکه با در نظر گرفتن شرایط پویای مسئله از جمله تامین کنندگان پویا در زیر-دوره‌های متفاوت، هزینه انتخاب کاهشی میباشد.

خریدارحداکثر زمان برای دریافت پاسخ و میزان خطای مورد قبول خود را به عنوان ورودی به این الگوریتم می دهد و در پاسخ بهترین جواب را دریافت می کند. جواب خریدار عبارت است از اینکه چه تعداد از کدام قلم را به کدام تامین کننده سفارش بدهد. در ضمن، پاسخ در حداکثر مدت زمان مطلوب خریدار با خطای کمتر از خطای مورد قبول خریدار ارائه می گردد.

تعاریف

زیر-دوره زمانی: یک زیر-دوره زمانی مدت زمانی است که تعداد اقلام مورد نیاز خریدار در طی آن مشخص است و خریدار باید در آغاز این زیر-دوره تغییرات محیط را در نظر بگیرد و بهترین مجموعه تامین کنندگان را برای تامین اقلام مورد نیازش مشخص نماید.

محیط: محیط را مجموعه ای از کاندیداهای تامین در نظر می گیریم که با گذشت زمان تغییر می کنند. مثلا، تامین کنندگان قیمت اقلام را با توجه به شرایط سیاسی، اجتماعی و مالی جامعه تغییر می دهند. تامین کنندگان جدید ظاهر می شوند. البته این تغییرات اندک می باشند.

هزینه نگهداری: هزینه ای که خریدار به ازای نگهداری هر قلم در انبار موجودی‌اش بعد از تامین از تامین کننده منتخب متحمل می شود.

هزینه تراکنش: هزینه ای است که خریدار به ازای هر دفعه خرید از تامین کننده منتخب جهت بستن قرارداد و حمل و نقل باید به تامین کننده بپردازد.

مرحله: هر الگوریتم از تعدادی مرحله تشکیل می شود تا پاسخ را برگرداند.

میزان خطا: جواب حاصل از این الگوریتم کاملا بهینه نیست بلکه نزدیک بهینه می باشد بنابراین مقدار تابع هدف حاصل از اجرای این الگوریتم با مقدار بهینه تابع هدف حاصل از روش برنامه ریزی صحیح ترکیبی متفاوت است که به این مقدار میزان خطا گفته می شود و بدلیل اعمال تغییرات در دسته‌ها بدون انجام مجدد دسته بندی حاصل می شود.

خوشه یا دسته مجازی: خوشه ای که در زیر-دوره آتی ایجاد می شود.

خوشه یا دسته حقیقی: خوشه ای که در زیر-دوره جاری وجود دارد.

کاندیداها: لیست تامین کنندگان بالقوه ای که آماده فروش اقلام مورد نیاز خریدار می باشند و خریدار باید از بین آنها تامین کنندگان مناسب را بر اساس معیارهای قیمت، هزینه تراکنش و هزینه نگهداری در انبار انتخاب نماید.

بردار ویژگی تامین کننده: هر تامین کننده دارای یک بردار است. این بردار از تعدادی مولفه که در حقیقت همان معیارهای انتخاب می باشند، تشکیل می شود.

دادهها در الگوریتم خوشه بندی: در خوشه‌بندی داده‌های حوزه تأمین-کنندگان، هر داده یکی از بردارهای ویژگی تامین کنندگان می باشد.

شاخص دسته: در خوشه بندی، هر دسته دارای یک بردار وزن است که در الگوریتم‌های متفاوت به روش‌های مختلف بدست می آید. در این پژوهش این بردار وزن، شاخص دسته نامیده می شود.

تغییرات مجاز: تغییراتی که در دسته‌ها اعمال می شوند و نیازی به خوشه بندی مجدد نیست.

زیر-دوره جاری: مدت زمانی که موعد آن فرا رسیده است و باید در شروع آن خریدار تصمیم گیری نماید.

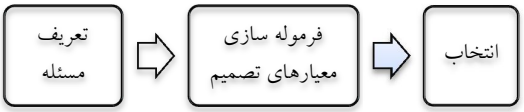
زیر-دوره آتی: مدت زمانی که هنوز موعد آن فرا نرسیده است اما خریدار در خصوص تامین کالاهای مورد نیاز آن در زیر-دوره جاری تصمیم گیری می نماید.

فلوچارت 1، گام‌های لازم جهت انجام فرایند انتخاب تأمین‌کنندگان را نمایش می‌دهد. این گام‌ها در زیر توضیح داده شده‌اند.

3-1. تعریف مسئله

زنجیره تامین از دو لایه خریدار و تامین کنندگان تشکیل شده است.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]



فلوچارت 1. گام‌های انجام فرایند انتخاب تامین کنندگان

فرضیات مسئله عبارتند از:

- وجود چندین زیر-دوره زمانی در طول افق برنامه ریزی (ثابت و مشخص بر اساس تصمیم مدیریت زنجیره تامین در مرحله برنامه ریزی برای تامین اقلام لازم)
- وجود چندین نوع قلم برای تامین (ثابت در تمام زیر-دوره‌های زمانی و مجزا از یکدیگرند)
- وجود چندین تامین کننده که قاد
- ر به تامین همه انواع اقلام درخواستی باشند (متغیر در زیر-دوره‌های زمانی متفاوت).
- تغییرات ممکن محیط (این تغییرات اندک می باشند.)
- تقاضا در زیر-دوره‌های زمانی متفاوت برای هر قلم ثابت و مشخص است.
- قیمت برای هر قلم خاص تامین کننده و مشخص است.
- ظرفیت تامین کنندگان محدود است.
- وجود یک انبار موجودی برای خریدار
- هزینه نگهداری وابسته به قلم در هر زیر-دوره، برای هر قلم در فهرست موجودی‌ها، وجود دارد.
- هزینه تراکنش وابسته به تامین کننده در طول هر زیر-دوره زمانی وجود دارد.

2-3. فرموله سازی معیارهای تصمیم

به هر اطلاعاتی که بتوان از آن جهت توصیف وضعیت یک موجودیت استفاده کرد، معیارهای تصمیم گفته می‌شود. در مسئله انتخاب تأمین‌کننده، موجودیت اصلی‌ای که سیستم باید قادر باشد نسبت به تغییرات آن واکنش نشان دهد، همان کاندیداهای تأمین می‌باشند. بنابراین محیط در مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان بصورت مجموعه‌ای از کاندیداهای تأمین تعریف می‌گردد. هر کاندیدای تأمین با مجموعه‌ای از ویژگی‌های خاص، بعنوان یک موجودیت در این فضا تعریف می‌گردد و این ویژگی‌ها با گذر زمان ممکن است بر اثر شرایط محیط خارج خود، همچمون تغییرات سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و غیره، دستخوش تغییراتی گردند.

جهت توصیف موجودیت‌های تأمین‌کننده در این مسئله، بررسی ویژگی‌های قیمت و هزینه تراکنش ضروری است. معیار قیمت بعنوان قیمت تمام شده هر یک از اقلام قابل تأمین در نظر گرفته شده است. هزینه تراکنش مربوط به سفارشی می شود که به تامین کننده داده می شود شامل هزینه حمل و نقل، بستن قرارداد و غیره. تابع هدف، حداقل کردن مجموع هزینه خرید، هزینه تراکنش و هزینه نگهداری اقلام در انبار می باشد.

3-3. انتخاب

دو مرحله آخر در چهارچوب کلی انتخاب تأمین‌کنندگان (پیش-سنجش و انتخاب نهایی) در مدل حاضر در مرحله انتخاب با یکدیگر ادغام شده‌اند. این گام، از تعدادی مرحله تشکیل می‌گردد. فلوچارت 2، نمایش‌دهنده گام انتخاب در مدل انتخاب برای این مسئله می‌باشد. در زیر مراحل آن توضیح داده شده است.

1-3-3. مرحله راه‌اندازی

در این مسئله فرض شده است که هیچ دانشی در رابطه با محیط در زیر-دوره اول انتخاب وجود ندارد. بنابراین در این مرحله ابتدا با استفاده از تکنیک‌های خوشه‌بندی به دسته‌بندی تامین کنندگان موجود پرداخته می‌شود. قبل از شروع الگوریتم خوشه بندی همان طور که در بخش دوم اشاره شد، برای اعمال الگوریتم خوشه بندی نیاز به تعیین مقدار آستانه جهت کنترل تعلق داده ورودی به دسته برنده می باشد (تست مراقبت). نقطه عطف پژوهش حاضر تعیین این مقدار آستانه جهت کنترل متوسط زمان پاسخ به خریدار می باشد. بنابراین، متوسط زمان پاسخ مسئله مطرح شده در پژوهش حاضر از حداکثر زمان مورد نظر خریدار بیشتر نمی شود. البته این زمان پاسخ جدا از زمان لازم برای خوشه بندی است که غیر قابل اجتناب است ولی بدلیل اینکه معمولا در کل دوره تصمیم گیری فقط یکبار و قبل از شروع زیر-دوره‌ها اعمال می شود جزء زمان کل حساب نمی شود. در نمودار 1 زمان دسته بندی به ازای هر تامین کننده/درصد تامین کنندگان در هر دسته نشان داده شده است(محور افقی درصد تامین کنندگان در هر دسته و محور عمودی زمان دسته بندی به ازای هر تامین کننده است). نمودار 1 با توجه به این حقیقت حاصل شده است که با افزایش متوسط تعداد تامین کنندگان در هر دسته زمان دسته بندی کمتر می شود بنابراین با استفاده از روش آماری هر بار با افزایش متوسط تعداد تامین کنندگان در هر دسته یکبار الگوریتم خوشه بندی را تا جایی اجرا می کنیم تا متوسط تعداد تامین کنندگان در دسته‌های حاصل برابر تعداد مدنظر شود و در ضمن زمان خوشه بندی یک تامین کننده را محاسبه می نماییم. خریدار می تواند با افزایش میزان خطای قابل قبول اش از انجام خوشه بندی مجدد در زیر-دوره آتی جلوگیری کند و زمان دسته بندی مجدد حذف شود.

در خوشه‌بندی داده‌های حوزه تأمین‌کنندگان، هر داده یکی از بردارهای ویژگی تامین کنندگان می باشد. مولفه‌های بردارهای ویژگی تامین کنندگان در حقیقت همان معیارهای مورد استفاده در فرایند انتخاب می‌باشند. به ازای هر تأمین‌کننده مقداری به هریک از این معیارهای انتخاب، با توجه به شرایط کاندیدا، نسبت داده می‌شود.

جهت انجام خوشه‌بندی، همانطور که در بخش دوم نیز بیان شد، الگوریتم‌های متعددی را می‌توان بکار برد. در این میان، طبیعت مسئله موجود، مشخص‌کننده الگوریتم مناسب از میان انتخاب‌های

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

ممکن می‌باشد. نکته مهمی که در انتخاب الگوریتم خوشه‌بندی در مسئله حاضر مورد توجه قرار گرفته است، عدم امکان پیش‌بینی تعداد خوشه‌ها از قبل می‌باشد. اکثر الگوریتم‌های خوشه‌بندی موجود، از ابتدا تعداد مشخصی خوشه را در نظر گرفته و داده‌ها را به این خوشه‌ها نسبت داده و در نهایت شاخص هر خوشه را محاسبه می‌نمایند. اما الگوریتمی همچون ART2 با ثابت در نظر نگرفتن بردار وزن‌ها که همان شاخص‌های دسته‌ها می باشند، امکان شکل‌گیری خوشه‌ها را در طول فرایند یادگیری فراهم می‌سازد. این الگوریتم از مقدار میانگین داده‌ها بعنوان شاخص خوشه استفاده می‌کند.

هر گروهی از داده‌ها که یک خوشه را تشکیل می‌دهند بطور معمول دارای یک شاخص خوشه می‌باشند. این شاخص‌ها در مدل حاضر بعنوان چکیده‌ای از داده‌ها محسوب می‌گردند و در فرایند ارزیابی از این شاخص‌ها بجای داده‌های واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نقطه عطف دیگر در این پژوهش خوشه بندی در چند سطح است. زمانی که بردارهای ویژگی دارای ابعاد بالا باشند پراکندگی داده‌ها(بردارهای ویژگی تامین کنندگان) زیاد می شود زیرا احتمال دارد داده‌ها در هر جای فضای با ابعاد بالا قرار بگیرند. زمانی که داده‌ها پراکنده شدند، داده‌ها در ابعاد مختلف ممکن است فاصله‌هایشان یکسان فرض شود و اندازه گیری فاصله برای خوشه بندی بی معنی می شود. بنابراین، خوشه بندی در چند سطح انجام می شود تا ابعاد بردارهای ویژگی کاهش یابد.

روش چند سطحی خوشه بندی با خوشه بندی سلسله مراتبی متفاوت است. در روش سلسله مراتبی در هر سطح دو دسته نزدیکتر بر اساس کلیه معیارهای تصمیم با یکدیگر ترکیب می شوند تا در سطح آخر تعداد دسته مد نظر حاصل شود. اما در روش چند سطحی، در سطح بعد، خوشه بندی از ابتدا بر روی کلیه داده‌های دسته حاصل از سطح قبل با معیارهای متفاوت از سطح قبل انجام می شود.

در این مسئله، خوشه بندی حداکثر در دو سطح انجام می شود. ابتدا یکبار الگوریتم تعیین مقدار آستانه(بخش 5) برای خوشه بندی سطح 1 اجرا می شود. اگر نیاز به انجام خوشه بندی سطح 1 باشد، بعد از انجام خوشه بندی سطح 1 تعداد تامین کنندگان در اولین بهترین دسته به عنوان TN^3، ورودی الگوریتم تعیین مقدار آستانه برای سطح دوم قرار داده می شود و الگوریتم تعیین مقدار آستانه اجرا می شود. بردار ویژگی تامین کنندگان در سطح 1 دارای تعداد مولفه به تعداد اقلام است و در سطح 2 دارای یک مولفه به ازای هزینه تراکنش است.

بعد از انجام خوشه‌بندی کاندیداها، به خوشه‌ها بر اساس شاخص خوشه‌ها، مقدار هزینه نسبت داده می شود و سپس خوشه‌ها به صورت نزولی مرتب می شوند. در نهایت، با خوشه‌بندی و مرتب سازی خوشه‌ها به صورت نزولی برحسب مقدار هزینه خوشه‌ها در زیر-دوره اول، مجموعه‌ای از بهترین تأمین‌کنندگان را در اختیار قرار می‌دهد. مقدار هزینه هر خوشه m را در زیر-دوره t، با استفاده از رابطه 1 محاسبه می شود.

$$Cost_{mt} = {O_{mt}[1]}/{S_t[1]} + {O_{mt}[2]}/{S_t[2]} + \cdots + {O_{mt}[I]}/{S_t[I]} \quad (3)$$

رابطه 1: مقدار هزینه خوشه m در زیر-دوره t

بطوریکه در آن:

$i = 1,2,\dots,I$ - اندیس اقلام

$Cost_{mt}$ = مقدار هزینه mامین خوشه در زیر-دوره t.

$O_{mt}[i]$ = قیمت قلم iام شاخص خوشه mام در زیر-دوره t است.

$S_t[i]$ = مجموع مولفه‌های iام تمام بردارهای شاخص خوشه‌ها در زیر-دوره t

یکی از ورودی‌های این الگوریتم که توسط خریدار مشخص می شود میزان خطا قابل تحمل می باشد. در نمودار 2 درصد تغییرات/میزان خطا رسم شده است. محور افقی درصد تغییرات در محیط(درصد تغییرات در تعداد تامین کنندگان و قیمت تامین کنندگان نسبت به موقعیت تامین کنندگان در زمان آخرین دسته بندی) و محور عمودی میزان خطای ناشی از این تغییرات در محیط می باشد. نمودار 2 با استفاده از روش‌های آماری به گونه ای که با افزایش تعداد تغییرات یکبار مقدار بهینه تابع هدف مسئله با روش ایستا و یکبار با استفاده از این روش بدون انجام خوشه بندی مجدد محاسبه می‌شود و تفاضل مقادیر بهینه توابع هدف دو روش، میزان خطا را مشخص می‌نماید. این الگوریتم با توجه به میزان خطای قابل تحمل خریدار و نمودار 2، حداکثر درصد تغییرات مجاز را معین می نماید. حداکثر درصد مجاز تغییرات در تعداد کل تامین کنندگان ضرب می شود و مقدار حاصل حداکثر تعداد تغییرات مجاز نامیده می شود.

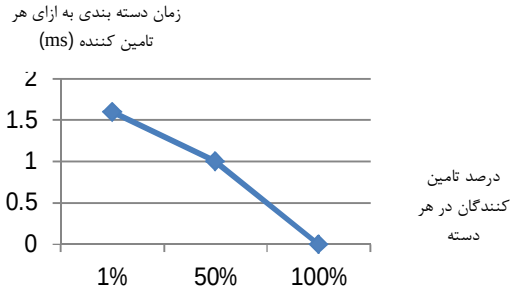
2-3-3. مرحله اعمال تغییرات

در شروع زیر-دوره بعدی، با مجموعه‌ای از کاندیداهای تغییر یافته روبرو می‌شویم. در این زمان قیمت هر یک از اقلام هر یک از تأمین‌کنندگان بالقوه ممکن است نسبت به زیر-دوره قبلی دچار تغییراتی شده باشند و یا حتی ممکن است تأمین‌کننده‌ای از این مجموعه حذف (بدلیل ورشکستگی، تغییر حوزه فعالیت و غیره) و یا تأمین‌کننده جدیدی به آن اضافه شده باشد. بنابراین لازم است که کلیه تغییرات صورت گرفته، مورد توجه قرار گرفته و تغییرات در خوشه‌های مربوطه لحاظ گردند (داده‌های جدید به کم فاصله-

[3] یکی از پارامترهای الگوریتم تعیین مقدار آستانه با عنوان تعداد کل تامین کنندگان می باشد

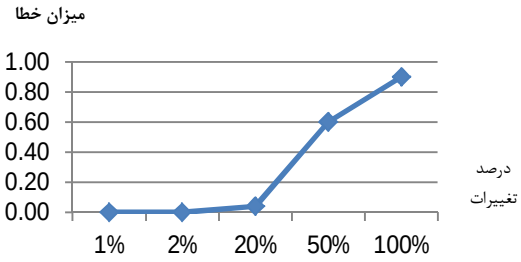
[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

ترین خوشه نسبت داده شوند، داده‌های تغییر یافته از خوشه قبلی خود حذف شوند و به کم فاصله ترین خوشه نسبت داده شوند).

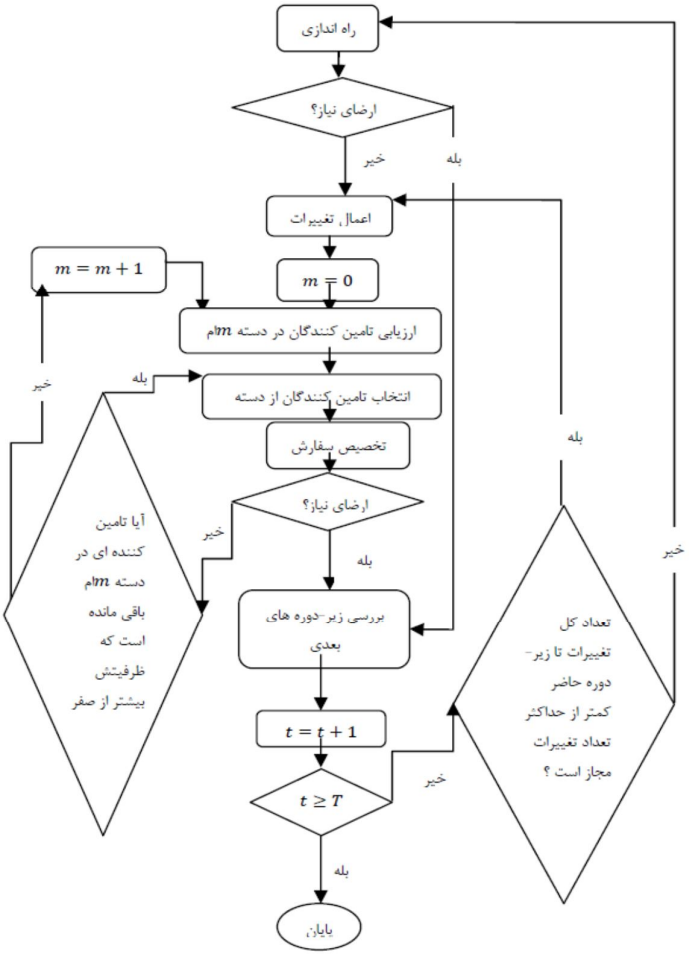


نمودار 1. زمان دسته بندی به ازای هر تامین کننده/درصد تامین کنندگان در هر دسته

تعداد تغییرات اعمال شده در اینجا به تعداد کل تغییرات اضافه می شود تا بعدا میزان خطا پیگیری شود.



نمودار 2. درصد تغییرات/میزان خطا



فلوچارت 2. گام انتخاب

3-3-3. مرحله ارزیابی تامین کنندگان

بعد از اعمال تغییرات صورت گرفته در محیط، کاندیداها در دستهmام (دسته‌ها به صورت نزولی بر حسب مقدار هزینه خوشه‌ها در زیر مرحله راه اندازی مرتب شده اند)جهت انتخاب نهایی تأمین-کنندگان باید مورد ارزیابی قرار گیرند. مقدار هزینه کاندید j در

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

دسته mام به ازای قلم i در زیر-دوره t، با استفاده از رابطه (2) محاسبه می شود.

$$Candidate_{ij_mt} = P_{j_mt}[i] + O_{j_m} \quad (4)$$

رابطه 2. مقدار هزینه کاندید j در دسته mام به ازای قلم i در زیر- دوره t.

بطوریکه در آن:

$i = 1,2,\dots,I$ - اندیس اقلام.

m - اندیس خوشه انتخابی بر اساس مقدار هزینه خوشه‌ها.

j_m: تامین کننده j که متعلق به دسته m است.

$t = 1,2,\dots,T$ - اندیس زیر-دورهها.

$j = 1,2,\dots,J€m$ – اندیس تامین کنندگان در دسته m.

$Candidate_{ij_mt}$ = مقدار هزینه کاندید j در دسته m به ازای قلم i در زیر-دوره t.

$P_{j_mt}[i]$ = قیمت قلم iام کاندید jدر دسته m در زیر-دوره t است.

O_{j_m}= هزینه تراکنش تامین کننده j در دسته m.

3-3-4. مرحله انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش

در این مرحله، تأمین‌کنندگان نهایی بر اساس مقدار هزینه نسبت داده شده در مرحله قبل، انتخاب شده و تخصیص سفارش به هریک انجام می‌گیرد.

اگر مجموع ظرفیت بدست آمده از انتخاب کاندیداهای اولین بهترین خوشه نتواند مقدار نیاز خریدار را برآورده سازد، بهترین خوشه بعدی جهت برآورده ساختن مابقی نیاز در نظر گرفته می‌شود و کاندیداهای این خوشه با فرایندی مشابه مورد ارزیابی، انتخاب و تخصیص سفارش قرار می‌گیرند و این روند تا برآورده شدن کل نیاز، به خوشه‌های بعدی، ادامه می‌یابد.

3-3-5. تعداد کل تغییرات تا زیر-دوره جاری کمتر از حداکثر تعداد تغییرات مجاز است ؟

حداکثر تعداد مجاز تغییرات حاصل از مرحله راه اندازی با تعداد کل تغییرات تا زیر-دوره حاصل(در مرحله اعمال تغییرات حساب می شود) مقایسه می شود.

اگر تعداد کل تغییرات کمتر از حداکثر تعداد مجاز تغییرات باشد نیازی به خوشه بندی مجدد تمام تامین کنندگان نمی باشد در غیر این صورت باید خوشه بندی بر روی تمام تامین کنندگان موجود در زیر-دوره جاری اعمال شود.

3-3-6. مرحله بررسی زیر-دوره‌های بعدی

بعد از ارضای نیاز در زیر-دوره کنونی وارد این مرحله می شویم. در این مرحله می خواهیم بررسی کنیم که آیا بهتر است نیاز زیر-دوره بعدی را اکنون با قیمت تامین کنندگان زیر-دوره جاری تامین کنیم و هزینه نگهداری متحمل شویم یا اینکه نیاز زیر-دوره بعدی را در زمان خودش بررسی کنیم. در فلوچارت 3، این مرحله نمایش داده شده است.

مراحل فلوچارت 3، در زیر توضیح داده شده است:

3-3-6-1. راه اندازی

زمان زیر-دوره جاری، t و زمان زیر-دوره بعدی در زمان جاری زمان آتی t' نامیده می شود. خوشه‌های مجازی را برابر خوشه‌های حاصل در زیر-دوره t(خوشه‌های حقیقی) قرار می دهیم و $t' = t + 1$.

3-3-6-2. اعمال تغییرات در زیر-دوره آتی(t')

هر تامین کننده دارای یک ماتریس زیردوره-قلم است. در این ماتریس قیمت تامین کننده به ازای هر قلم در زیر-دورههای مختلف داده شده است. تغییرات در زیر-دوره t' را با توجه به سطر t' در ماتریس، بر روی خوشه‌های مجازی اعمال می نماییم. بنابراین، خوشه‌های حاصل در زیر-دوره t(خوشه‌های حقیقی) تغییر نمی کنند.

3-3-6-3. انتخاب تامین کننده از دسته حقیقی در زیر-دوره جاری(t)

تامین کنندگان در دسته حقیقی جاری مرتب شده اند. بنابراین، اولین بهترین تامین کننده ای که ظرفیت اش بیشتر از صفر است را انتخاب می کنیم.

3-3-6-4. ارزیابی تامین کنندگان در دسته مجازی

مقدار هزینه تامین کنندگان در دسته مجازی مورد بررسی با استفاده از رابطه (2) محاسبه می شود و به صورت نزولی مرتب می شود.

3-3-6-5. انتخاب تامین کننده از دسته مجازی

تامین کنندگان در دسته مجازی مورد بررسی مرتب شده اند. بنابراین، اولین بهترین تامین کننده ای که ظرفیت اش بیشتر از صفر است را انتخاب می کنیم.

3-3-6-6. آیا نیاز زیر-دوره آتی(t') را به تامین کننده زیر-دوره جاری(t) سفارش دهیم ؟

هزینه تخصیص سفارش نیاز زیر-دوره آتی به تامین کننده زیر-دوره جاری به علاوه هزینه نگهداری اقلام منتقل شده از زیر-دوره جاری به زیر-دوره آتی را با هزینه تخصیص سفارش نیاز زیر-دوره آتی در زمان خودش مقایسه می نماییم. البته ممکن است در آینده در زیر-دوره آتی تامین کننده ای بیاید که هزینه اش کمتر از هزینه تامین کننده زیر-دوره جاری باشد. اگر رابطه (3) برقرار باشد، آنگاه، به تامین کننده زیر-دوره جاری نیاز زیر-دوره آتی را سفارش می دهیم.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

$$\{P_{xt}[i] * N_x[i] + (t' - t) * (H[i] * N_x[i]) + O_x\} < \left\{P_{x'_k t'}[i] * N_x[i] + O_{x'_k}\right\} \quad (5)$$

t : زیر-دوره جاری.

x : تامین کننده انتخابی در زیر-دوره جاری (t) (بر اساس هزینه).

t' : زیر-دوره آتی.

$x'_1, x'_2, \dots, x'_k$: تامین کنندگان در زیر-دوره آتی (t').

x'_k: kامین تامین کننده در زیر-دوره t' و تامین کننده انتخابی در زیر-دوره آتی(t').

توجه: مقدار هزینه تامین کنندگان $x'_1, x'_2, \dots, x'_{k-1}$ در زیر-دوره t' کمتر از تامین کننده x'_k است اما با فرض تخصیص سفارش تقاضای زیر-دوره t' به آنها ممکن است مقداری از این تقاضا باقی بماند زیرا ظرفیت تامین کنندگان محدود است.

$i = 1,2, \dots, I$ - اندیس اقلام.

$P_{xt}[i]$: قیمت تامین کننده x به ازای قلمi در زیر-دوره t .

$P_{x'_k t'}[i]$: قیمت تامین کننده x'_k به ازای قلم i در زیر-دوره t'.

$N_x[i]$: تعداد قلم i که به تامین کننده x سفارش می دهیم و کمتر و مساوی تقاضای قلم i در زیر-دوره آتی و ظرفیت تامین کننده x به ازای قلم i در زیر-دوره t است.

$H[i]$: هزینه نگهداری قلم i در انبار.

$o_{x'_k}$: هزینه تراکنش تامین کننده x'_k

o_x : هزینه تراکنش تامین کننده x

رابطه (4) برای تعیین مقدار $N_x[i]$ استفاده می شود:

$$\begin{aligned} &if\ D_{t'}[i] > N_{x'_1}[i] + N_{x'_2}[i] + N_{x'_{k-1}}[i]\ , then \\ &N_x[i] = D_{t'}[i] - \left(N_{x'_1}[i] + N_{x'_2}[i] + \cdots \right. \\ &\qquad \left. + N_{x'_{k-1}}[i]\right)\ else\ N_x[i] \\ &\qquad = 0\ for\ all\ i \end{aligned} \quad (6)$$

$D_{t'}[i]$: تقاضای قلم i در زیر-دوره t'.

$N_{x'_1}[i]$: تعداد قلمi که به تامین کننده x'_1 سفارش می‌دهیم.

7-6-3-3. تخصیص سفارش

اگر رابطه (3) برقرار باشد به تامین کننده x به تعداد$N_x[i]$ (رابطه 4) سفارش می دهیم و تقاضای زیر-دوره آتی(t') به روز می شود.

4. مدل ریاضی روش ایستا

جهت ارزیابی الگوریتم پیشنهادی، روش ایستای برنامه ریزی صحیح ترکیبی توسط این مدل ریاضی در نرم افزار Aimms پیاده سازی می‌شود تا مقدار بهینه تابع هدف حاصل از آن با مقدار تابع هدف حاصل از روش پیشنهادی مقایسه شود.

اندیس‌ها عبارتند از:

- $i = 1 \dots I$ (اندیس اقلام)
- $j = 1 \dots J$ (اندیس تامین کنندگان)
- $t = 1 \dots T$ (اندیس زیر-دوره‌های زمانی)

پارامترها عبارتند از:

- D_{it}: تقاضای قلم i در زیر-دوره t
- P_{ijt}: قیمت خرید قلم i از تامین کننده j در زیر-دوره زمانی t
- H_i: هزینه نگهداری محصولi در هر زیر-دوره زمانی
- O_j: هزینه تراکنش برای تامین کننده j
- C_{ijt} : ظرفیت تامین کننده j به ازای قلم i در زیر-دوره زمانی t

متغیر تصمیم گیری عبارت است از:

- X_{ijt} : تعداد قلم i که از تامین کننده j در زیر-دوره t خریداری می شود.

متغیرهای واسط عبارتند از:

- R_{it} : موجودی محصول i که از زیر-دوره t به زیر-دوره $t+1$ منتقل می شود.
- y_{jt}: اگربه تامین کننده jدر زیر-دوره t سفارش بدهیم، برابر 1 است در غیر این صورت صفر است.

تابع هدف عبارت است از:

$$Min \sum_t \sum_j \sum_i P_{ijt} * X_{ijt} + \sum_j \sum_t O_j * Y_{jt} + \sum_i \sum_t H_i * \left(\sum_{k=1}^{t} \sum_j X_{ijk} - \sum_{k=1}^{t} D_{ik}\right)$$

محدودیت‌ها عبارتند از:

$$R_{it} = \sum_{k=1}^{t} \sum_j X_{ijk} - \sum_{k=1}^{t} D_{ik} \geq 0, \text{ for all } i \text{ and } t$$

$$\left(\sum_{k=t}^{T} D_{ik}\right) Y_{jt} - X_{ijt} \geq 0, \text{ for all } i, j, \text{ and } t$$

$$Y_{jt} = 0 \text{ or } 1, \text{ for all } j \text{ and } t$$

$$X_{ijt} \geq 0, \text{ for all } i, j, \text{ and } t$$

5. تعیین مقدار آستانه برای الگوریتم خوشه بندی ART2

با توجه به الگوریتم ART2 در بخش دوم، در حوزه مسئله انتخاب تامین کنندگان، بردار ویژگی هر تامین کننده به عنوان داده ورودی می باشد. بردار وزن به عنوان نماینده دسته است. مقدار آستانه تعیین کننده متوسط تعداد تامین کنندگان در دسته‌ها می باشد. نمودار 3 با استفاده از روش‌های آماری حاصل شده است به گونه ای که یکبار خوشه بندی انجام شده است تا متوسط تعداد در هر دسته برابر تعداد مشخصی باشد و بعد از آن به تعداد مشخص

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

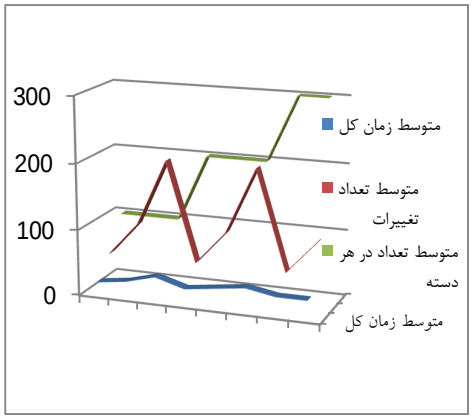
تغییرات به تامین کنندگان اعمال می‌شود و زمان اعمال تغییرات به علاوه زمان یافتن راه حل محاسبه می‌شود.

5-1. الگوریتم تعیین مقدار آستانه

گام 1: DT، حداکثر زمان مدنظر خریدار، NC، متوسط تعداد تغییرات(با توجه به تجربیات گذشته متوسط تعداد تغییرات از یک زیر-دوره به زیر-دوره بعدی توسط خریدار تعیین می‌شود) و TN، تعداد کل تامین کنندگان می‌باشد. با توجه به مقدار DT، مقدار NC ونمودار ، متوسط تعداد تامین کنندگان در هر دسته(N) مشخص می شود.

گام 2: مقدار N با تعداد کل تامین کنندگان (TN) مقایسه می شود. اگر N بزرگتر و یا مساوی TN باشد، نیازی به انجام خوشه بندی نمی باشد. اگر N کوچکتر از TN باشد آنگاه، از رابطه 5 مقدار آستانه تعیین می شود.

$$\sigma = {}^{N}/_{TN} \qquad (7)$$



نمودار 3. متوسط تعداد تامین کنندگان در هر دسته

6- ارزیابی

جهت ارزیابی الگوریتم پیشنهادی برای مسئله، ابتدا داده‌های اولیه مجموعه‌ای از کاندیداهای تأمین یک صنعت خاص به طور تصادفی ایجاد می شوند.

تعداد تامین کنندگان در زیر-دورهها از توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 50$، $k = 100$، $k = 150$ و $k = 200$ تبعیت می کند. میزان تحمل خطای خریدار نیز 0.7 فرض می شود. و تعداد اقلام را 3 نوع در نظر می‌گیریم. پیاده‌سازی این الگوریتم در محیط برنامه نویسی $C\#$، انجام می شود.

در این آزمون برای این مسئله، دوره انتخاب به مدت شش ماه و زیر-دوره‌های انتخاب هر یک به مدت یک ماه (شش زیر-دوره انتخاب $T_0, T_1, \dots, T_5$)، تعیین شدند. پس از تعریف این داده‌های ورودی و تنظیم تعدادی از پارامترهای پیش‌فرض، الگوریتم پیاده-سازی شده برای مسئله بر روی رایانه‌ای با پردازشگرIntel و قدرت پردازش 2.27 گیگاهرتز و حافظه RAM معادل 3 گیگابایت اجرا گردید.

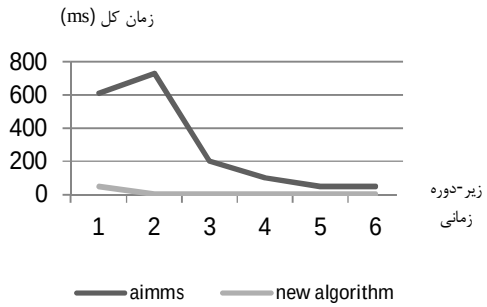
از آنجایی پیاده‌سازی هیچ یک از مدل‌های انتخاب موجود جهت مقایسه نتایج، در دست نمی‌باشد، ضرورتاً یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته که کاملاً شرایط معادل انتخاب مدل حاضر را در نظر می‌گیرد با استفاده از نرم‌افزار Aimms توسعه داده شد و دقیقاً مجموعه کاندیداهای ورودی مدل حاضر بعنوان مجموعه مبدأ برای آن در نظر گرفته شده و در زیر-دوره‌های تعریف شده برای مسئله اجرا گردید.

پس از بدست آوردن راه‌حل‌های پیشنهادی هر دو مدل، برای شرایط یکسان انتخاب، دو معیار پایه جهت مقایسه نتایج موجود، تعریف شدند.

دو معیار پایه عبارتند از زمان دریافت پاسخ و میزان خطا. جهت نشان دادن میزان خطا مقدار توابع هدف حاصل از دو روش ایستا و روش پیشنهادی بر روی یک نمودار رسم شده اند تا تفاوت مقدار حاصل از این روش با روش ایستا مشخص گردد.

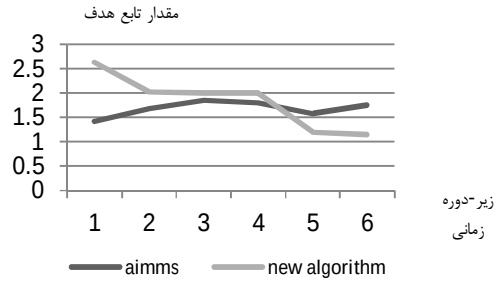
6-1. توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 50$

بمنظور برآورد هزینه‌های محاسباتی ناشی از اجرای این مدل‌ها، از یک رایانه جهت اجرای هر دو مدل و مجموعه‌ی یکسانی از کاندیداها و تقاضاها در نظر گرفته شد. تعداد تامین کنندگان در زیر-دوره‌های زمانی نیز با استفاده از توزیع پواسون و پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 50$ تغییر می‌کند. حداکثر زمان مدنظر خریدار را 55 میلی ثانیه در نظر می‌گیریم و پیش بینی متوسط تعداد تغییرات از یک زیر-دوره به زیر- دوره بعد 25 در نظر می‌گیریم. در زیر نمودارهای مربوط به مقایسه نتایج بر اساس دو معیار پایه رسم شده است. روش ایستا که با نرم افزار Aimms پیاده سازی شده است جواب بهینه را بدست می‌آورد که در نمودار 5 با مقدار حاصل از روش پیشنهادی مقایسه می‌شود.



نمودار 4. زیر-دوره/زمان کل

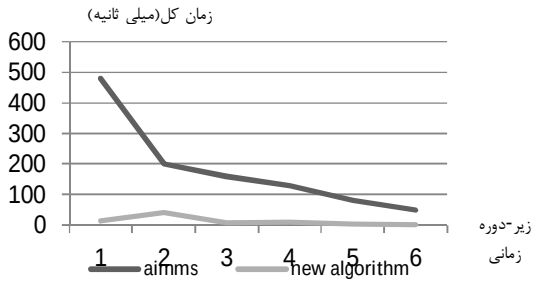
[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]



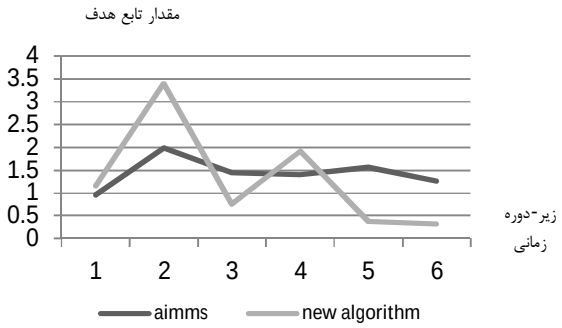
نمودار 5. مقدار تابع هدف در زیر-دوره‌ها

2-6. توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 100$

حداکثر زمان مدنظر خریدار را 55 میلی ثانیه در نظر می‌گیریم و پیش بینی متوسط تعداد تغییرات از یک زیر-دوره به زیر-دوره بعد 50 در نظر می‌گیریم.



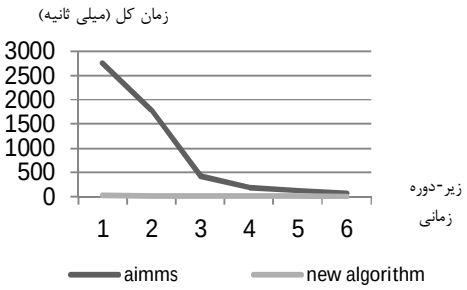
نمودار 6. زیر-دوره / زمان کل (تعداد تامین کنندگان در زیر دوره‌ها از توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 100$ تبعیت می‌کند)



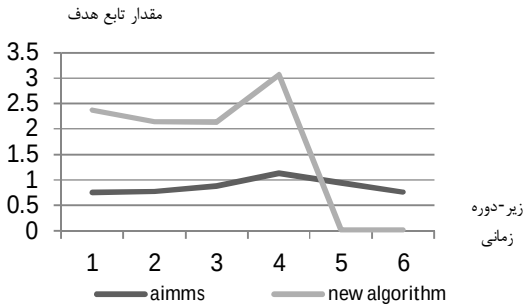
نمودار 7. زیر-دوره / مقدار تابع هدف (تعداد تامین‌کنندگان در زیر دوره‌ها از توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 100$ تبعیت می‌کند)

3-6. توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 150$

حداکثر زمان مدنظر خریدار را 30 میلی ثانیه در نظر می‌گیریم و پیش بینی متوسط تعداد تغییرات از یک زیر-دوره به زیر-دوره بعد 70 در نظر می‌گیریم.



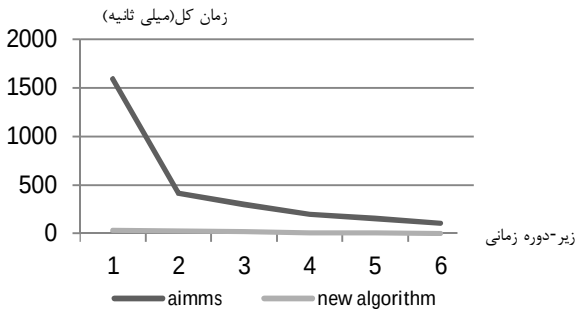
نمودار 8. زیر-دوره / زمان کل (تعداد تامین کنندگان در زیر-دوره‌ها از توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 150$ تبعیت می‌کند)



نمودار 9. زیر-دوره/مقدار تابع هدف (تعداد تامین کنندگان در زیر-دوره‌ها از توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 150$ تبعیت می‌کند)

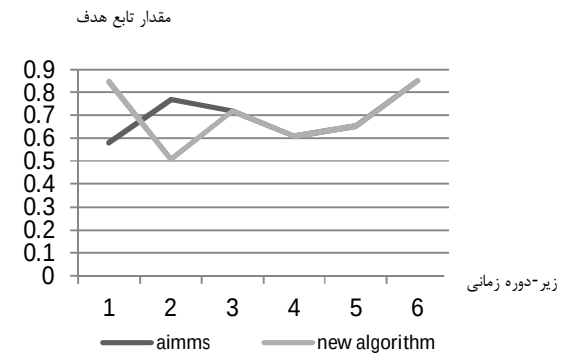
4-6. توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 200$

حداکثر زمان مدنظر خریدار را 45 میلی ثانیه در نظر می‌گیریم و پیش بینی متوسط تعداد تغییرات از یک زیر-دوره به زیر-دوره بعد 100 در نظر می‌گیریم.



نمودار 10. زیر-دوره/زمان کل (تعداد تامین کنندگان در زیر-دوره‌ها از توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 200$ تبعیت می‌کند)

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]



نمودار 11. زیر-دوره/مقدار تابع هدف (تعداد تامین کنندگان در زیر- دوره‌ها از توزیع پواسون با پارامترهای $\lambda = 1$ و $k = 200$ تبعیت می‌کند)

در نمودارهای ۵،۷،۹ 11 مقدار تابع هدف برای الگوریتم پیشنهادی در زیر-دوره ای از زمان از مقدار تابع هدف حاصل از الگوریتم Aimms کمتراست زیرا در زیر-دوره‌های قبل از این زیر-دوره تعدادی از تقاضاهای این زیر-دوره تامین شده است و در این زیر-دوره نیازی به تامین این تعداد تقاضا نمی‌باشد.

7. نتیجه گیری و پیشنهاد زمینه‌های پژوهشی آتی

زنجیره تأمین سیستم هماهنگی از تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، ترابران، خرده‌فروشان و مشتریان است. مسئله انتخاب بهترین مجموعه تأمین‌کنندگان، بعنوان عضوی از زنجیره تأمین، تأثیر چشمگیری بر سودآوری کل و موفقیت زنجیره تأمین دارد. بنابراین بهینه‌سازی این فرآیند تجاری و کاهش هزینه‌های بالاسری که این فرآیند به زنجیره تأمین تحمیل می‌نماید، مسئله‌ای مهم در شرایط تجاری کنونی محسوب می‌گردد. از سوی دیگر ظهور روش‌های جدید محاسباتی همچون محاسبات فراگیر، ابزارها و روش‌های جدید انجام کارآتر فرآیندهای تجاری کسب و کار را فراهم می‌سازد. سیستم‌ها در محیطی اجرا می شوند که دائما تغییراتی در حال رخ دادن است بنابراین ایجاد سیستم‌هایی که خود را به طور خودکار با محیط منطبق سازند بسیار کارا خواهد بود و موجب افزایش سودآوری کل کسب و کار می گردد.

اما با وجود تعداد زیادی از مدل‌های انتخاب، می‌توان ادعا نمود که بغیر از شمار اندکی از پژوهش‌های اخیر، هیچیک به اهمیت پارامتر زمان و تغییرات محیط در طول زمان در این فرآیند توجه نکرده‌اند. در نتیجه اغلب این مدل‌ها دارای ساختاری ایستا بوده و قادر به در نظر گرفتن رابطه میان پارامترهای تصمیم در زیر-دوره‌های متوالی انتخاب نمی‌باشند. بنابراین در صورت استفاده از چنین مدل‌هایی، در هر زیر-دوره انتخاب بایستی به اجرای مجدد الگوریتم انتخاب بر روی کل مجموعه کاندیداهای موجود، بدون توجه به درجه تغییرات صورت گرفته در محیط، پرداخت تا از این طریق بهترین تأمین‌کنندگان جدید در زیر-دوره جاری انتخاب گردند. از آنجایی که تغییرات صورت گرفته در محیط در عمل از یک زیر-دوره تا زیر-دوره بعد، بسیار اندک است، اجرای مجدد مدل‌های انتخاب، سبب تحمیل هزینه‌های افزونه می‌گردد. در این پژوهش نشان داده شد که می‌توان این هزینه‌های اضافی را تنها با در نظر گرفتن عناصر تغییر یافته محیط و راه‌حل پیدا شده در زیر-دوره پیشین، بصورت چشمگیری کاهش داد. در پژوهش حاضر، با تکیه بر تکنیک‌های خوشه‌بندی داده‌ها یک الگوریتم جدید جهت انتخاب تأمین‌کنندگان پیشنهاد گردید. این الگوریتم قادر است تا مجموعه بهینه تأمین‌کنندگان را در هر زیر-دوره انتخاب، در کنار کمینه نمودن هزینه‌های انتخاب، پیدا نماید. در ضمن این الگوریتم با تعیین مقدار آستانه برای الگوریتم خوشه بندی قادر به کنترل مدت زمان دریافت پاسخ خواهد بود به گونه ای که متوسط زمان پاسخ در زیر دورههای مختلف از حداکثر مدت زمان مدنظر خریدار در هر زیر-دوره بیشتر نیست. در ضمن میزان خطای تابع هدف کمتر از میزان خطای قابل قبول خریدار می‌باشد. ارزیابی‌های عددی انجام گرفته نیز کاربری الگوریتم پیشنهاد شده را تأیید نموده و ثابت می‌نماید که در مقایسه با سایر مدل‌های انتخاب ایستا، دستیابی به راه‌حل‌های بهینه در کنار صرفه‌جویی در هزینه‌ها قابل دستیابی است.

در این بخش در راستای گسترش حوزه مسئله پویای انتخاب تأمین‌کنندگان زنجیره‌های تأمین، سرعنوان‌های ذیل بعنوان پیشنهاداتی جهت توسعه و پژوهش‌های آتی ارائه می‌گردند:

- توسعه الگوریتم انتخاب با در نظر گرفتن شرایط ویژه‌ای همچون
  - ارائه تخفیف توسط تأمین‌کنندگان در صورت برقراری رابطه تأمین در چند زیر-دوره متوالی انتخاب (رابطه بلند مدت).
  - ارائه ساختارهای تخفیف مختلف
  - کلیه پارامترها(تقاضا، تامین کنندگان، ظرفیت تامین کنندگان) متغیر اند
  - امکان چانه‌زنی با تأمین کنندگان در زنجیره تأمین جهت ایجاد انعطاف‌پذیری بیشتر در فرآیند خرید.
- یکپارچه نمودن سیستم انتخاب پویا با سایر زیر-سیستم‌های یک مجموعه مدیریت زنجیره تأمین.

یک زنجیره تأمین، علاوه بر انتخاب تأمین‌کنندگان، وظیفه به انجام رساندن شمار زیادی از فرآیندهای تجاری دیگر را نیز بعهده دارد که همگی در قالب یک زنجیره با یکدیگر همکاری و تراکنش دارند. چگونگی هماهنگ ساختن مدل پیشنهادی با سایر زیر-سیستم‌های موجود بویژه در نرم‌افزارهای مدیریت زنجیره تأمین کنونی، می‌تواند امری چالش برانگیز باشد.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]

ارائه یک سیستم کامل پویا که قادر به دریافت خودکار ویژگی‌های تأمین‌کنندگان از محیط، ذخیره و استنتاج آنها باشد. بعنوان مثال در [5] و [6] یک زیرسیستم پرداخت خودکار میان اعضای یک زنجیره تأمین ارائه شده است. در [6] یک متد پرداخت آگاه-به-زمینه در زنجیره تامین بر اساس تکنولوژیهای محاسباتی فراگیر ارائه شده است. ساختار معماری اصلی از میان افزار آگاه-به-زمینه سرویس گرا[4] الهام گرفته شده است. در این مقاله مولفه‌هایی برای اطمینان از تعاملات مطمئن میان اعضا در زنجیره تامین ارائه شده است. معماری نرم افزاری سیستم پرداخت در [6] با UML[5] مشخص شده است. متد پرداخت در [5] از روش Garland و Anthony در معماری نرم افزار بهره گرفته است. از طریق توسعه زیرسیستم‌های آگاه-به-زمینه و یکپارچه نمودن آنها با یکدیگر دستیابی به این افق دور دست امکان‌پذیر می‌باشد.

در نهایت، ارائه یک سیستم مدیریت زنجیره تأمین پویا که قادر به مدیریت کلیه فرآیندهای تجاری یک زنجیره تأمین با تکیه بر اصول آگاهی-به-زمینه بوده و قادر باشد رفتار خود را در کلیه جنبه‌های مدیریتی و عملیاتی خود بصورت خودکار و هوشمندانه با تغییرات محیط تطبیق دهد، می‌تواند بعنوان چشم‌اندازی بلند مدت در راستای توسعه این مفهوم تلقی گردد.

مراجع

[1] Razzazi M, Bayat M. A context-aware supplier selection model, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 38, February 2009.

[2] Aissaoui N, Haouari M, Hassini E. Supplier selection and order lot sizing modeling: A review, Computers & Operations Research, 2004, Vol. 34.

[3] Pang-Ning T. Michael Steinbach and Vipin Kumar, Introduction to Data Mining, March 25, 2006, chapter 8.

[4] Bok-Suk Shin, Eui-Young Cha, Young Woon Woo and Reinhard Klette, Segmentation of Scanned Insect Footprints Using ART2 for Threshold Selection, section 2.2.

[5] Bayat M, Shajari Mehdi. CAPSC: a context-aware payment system for supply chains, 5th International Conference on Innovations in Information Technology (16-18 December 2008), Al-Ain, Emirates, 2008.

[6] Zamani Z, Bayat M, Moeini A. Context-aware payment for supply chains: software architecture and formal verification, World Congress on Engineering (2-4 July 2008), London, UK, 2008.

[7] Gye Hang Hong, Sang Chan Park, Dong Sik Jang, Hyung Min Rho. An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship, Expert Systems with Applications, 2005, Vol. 28, pp. 629–639.

[4] Service-Oriented Context Aware Middleware (SOCAM)
[5] Unified Modeling Language

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-04-09]