Archive of SID

طراحی یک مدل تصمیم‌گیری برای یک زنجیره مبتنی بر سفارش‌های تدریجی با رویکرد عامل‌های نرم‌افزاری و به کمک الگوریتم K-Means

پری ناز اسماعیل‌پور[۱]، سید علیرضا هاشمی گلپایگانی[۲]، هدی قوامی‌پور[۳]

دانشگاه صنعتی امیرکبیر esmaelpour@aut.ac.ir[1]

دانشگاه صنعتی امیرکبیر Sa.hashemi@ aut.ac.ir[2]

دانشگاه صنعتی امیرکبیر h.ghavamipoor@aut.ac.ir[3]

چکیده

با توجه به شکل‌گیری اقتصاد جهانی در فضای رقابتی و الزام به تولید محصولات متنوع به‌منظور برآورده سازی تقاضای مشتریان، نیاز به مدیریت زنجیره‌تأمین منعطف و پاسخ‌گو، بیش‌ازپیش احساس می‌گردد. یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت زنجیره تأمین، انتخاب اعضای زنجیره تأمین، اعم از توزیع‌کننده، تولیدکننده و تأمین‌کننده جهت انجام هر سفارش ورودی به زنجیره تأمین می‌باشد که تأثیر شگرفی بر کاهش هزینه، زمان و افزایش کیفیت و رضایت مشتری خواهد داشت. درواقع در زنجیره تأمینی که شامل تمام لایه‌ها می‌باشد، هدف و چالش، تصمیم‌گیری در خصوص یافتن بهترین ترکیب تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان است. ازاین‌رو در این مقاله سعی شده است که به کمک عامل‌های هوشمند نرم‌افزاری که یکی از جدیدترین مباحث مطرح در حوزه مدیریت زنجیره تأمین است و به کمک الگوریتم k-Means، بهترین رویه برای انجام هر سفارش واردشده به زنجیره تأمین جستجو شده و به هر یک از اعضای زنجیره تأمین پیشنهاد شود که چه میزان سفارش را از چه کسی تأمین کند تا سفارش‌هایی که به‌تدریج به زنجیره تأمین وارد می‌شوند با کمک‌ترین هزینه توسط مشتری دریافت شود.

واژه‌های کلیدی

زنجیره تأمین، عامل‌های نرم‌افزاری، انتخاب تولیدکننده، انتخاب توزیع‌کننده، انتخاب تأمین‌کننده

۱- مقدمه

در شرایط جهان کنونی، پیشرفت فنّاوری‌های مختلف و پیدایش محیط‌های جدید کسب‌وکار مانند اینترنت، باعث گردیده که محیط‌های تجارت الکترونیکی[۱] امروزی مجبور به سازگاری با شرایط رقابتی و تغییرات بازار شوند.[3] همین امر موجب شده است که فرآیندهای کسب‌وکار تغییر پیدا کند و به سمت توزیع‌شدگی و مدل‌های کسب‌وکار هم کارانه حرکت کند. این عوامل، باعث تغییرات اساسی در شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین‌شده و آن را به‌سوی شیوه‌های نوین مدیریتی سوق داده است. از طرف دیگر نیز شرکت‌ها در موقعیتی نیستند که بتوانند استراتژی‌های کسب‌وکار استاتیک[۲] را به خدمت بگیرند. آن‌ها مجبور هستند که با محیط نامطمئن روبه‌رو شده و به‌سرعت به تغییرات پاسخ دهند. هم‌چنین مدیران زنجیره‌های تأمین برای تسریع دریافتن شرکای خود در بیرون از سازمان برای پاسخ‌گویی به نیازمندی‌ها و سفارش‌های در حال تغییر مشتریان، احتیاج شدیدی به اطلاعات و ارتقاء کیفیت برنامه‌ریزی دارند. ازاین‌رو با توجه به قابلیت‌های گسترده عامل‌های هوشمند نرم‌افزاری در جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات موردنیاز برای پاسخ‌گویی به این شرایط رقابتی و تغییرات فرآیندهای کسب‌وکار و هم‌چنین توان عملیاتی محیط عاملی برای افزایش سطح دقت و سرعت تعامل اجزاء مختلف زنجیره تأمین، می‌توان شرایط حاضر را برای استفاده از عامل‌های هوشمند نرم‌افزاری در مدیریت زنجیره تأمین بسیار مساعد دانست.[1] یکی از مسائل پر چالش در مدیریت زنجیره تأمین، تعیین

[1] E-Commerce Environment

[2] Static Business Strategies

www.SID.ir

Archive of SID

منبع انجام دهنده سفارشات با توجه به پویایی محیط زنجیره تأمین است. ازاین‌رو این پژوهش قصد دارد تا به کمک عامل‌های نرم‌افزاری، برای هر سفارش واردشده به زنجیره تأمین، منبع انجام دهنده سفارش را در لایه‌های توزیع‌کننده، تولیدکننده و تأمین‌کننده مشخص کند، به‌گونه‌ای که سفارش واردشده به زنجیره با کم‌ترین هزینه و زمان ممکن از زنجیره خارج‌شده و به دست مشتری برسد.

در بخش دوم این مقاله به بررسی ادبیات موضوع پرداخته خواهد شد که در آن تعریفی از زنجیره تأمین و سیستم‌های چندعامله ارائه می‌گردد. در بخش سوم مرور کلی بر روی تحقیقات صورت گرفته در خصوص انتخاب توزیع‌کننده و تأمین‌کننده صورت خواهد گرفت. در بخش چهارم مقاله، ایده حل مسئله و راه‌حل پیشنهادی تشریح خواهد شد و در بخش پنجم نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاداتی در خصوص کارهای آتی پرداخته خواهد شد.

۲- ادبیات موضوع

۲-۱- زنجیره تأمین و مدیریت آن

یک زنجیره تأمین شامل تأمین‌کنندگان[۳] تولیدکنندگان[۴] توزیع‌کنندگان[۵]، خرده‌فروشان[۶] و مشتریان[۷] است که در یک زنجیره ارزش‌افزوده، محصولاتی را با تحویل سریع و قیمت‌های رقابتی برای مشتریان فراهم می‌کند.[4] به دلیل تعاملات پیچیده‌ای که در زنجیره تأمین وجود دارد برای افزایش کارایی زنجیره نیاز به مدیریت زنجیره تأمین به‌شدت احساس می‌شود ازاین‌رو مدیریت زنجیره تأمین را می‌توان تصمیم‌گیری در خصوص تمام فرآیندهای تجاری اختصاص داده‌شده به تهیه مواد از تأمین‌کننده، تولید کالا و یا خدمات از مواد به کار گرفته‌شده و دیگر منابع و درنهایت تهیه محصول و یا خدمات موردعلاقه برای مشتریان دانست.[5]

۲-۲- عامل‌های هوشمند نرم‌افزاری

بر اساس دیدگاه‌های متفاوت، تعاریف گوناگونی برای عامل[۸] ارائه‌شده است، به‌طور مثال جیمیز عامل را موجودیتی می‌داند که داری اهداف مختص به خود است و بیان می‌کند عامل‌ها به‌صورت هم کارانه کار می‌کنند تا به اهداف سراسری مشترک دست یابند و به‌این‌ترتیب منافع کلی را فزایش دهند. [3] و یا در تعریف دیگر، عامل را موجوداتی فعال باقدرت درک و استدلال می‌داند که اقدام می‌کند و با دیگر عامل‌ها در ارتباط می‌باشند. عامل‌های هوشمند توانایی یادگیری دارد و قادر خواهند بود در محیط با توجه به درخواست کاربران و منابع در دسترس، به‌روز شوند.[6] به‌طورکلی برای عامل‌ها ویژگی‌هایی در نظر گرفته‌شده است که به مهم‌ترین آن‌ها در جدول شماره ۱ اشاره‌شده است. [2]

جدول شماره ۱- ویژگی‌های عامل‌ها

ویژگی	واژه لاتین	توصیف مختصر ویژگی
خودمختاری	Autonomy	اقدام با توجه به هدف بدون فراخوانی
موقعیت گرا	Situatedness	وابسته به محیط و شرایط عملیاتی
واکنشی	Reactive	درک محیط و پاسخ به تغییرات آن
کنش گرا	Pro-active	نمایش رفتارهای هدفمند تعریف‌شده
یادگیری	Learning	تغییر رفتارها بر اساس تجربیات قبلی
اجتماعی	Social	همکاری با سایر عامل‌ها
هدف‌گرا	Goal-oriented	حرکت به سمت تحقق هدف سیستم
قدرت استدلال	Reasoning	قابلیت استدلال در انتخاب عمل وابسته به محیط
سازگاری	Adaptively	امکان تطابق اعمال یک عامل با اهداف کلی سیستم
عقلانیت	Rationality	اعمال درست برای رسیدن به اهداف

از اجتماع عامل‌ها جهت تعامل با یکدیگر به‌منظور دست‌یابی به اهداف سراسری، مفهومی به نام سیستم‌های چندعامله[۹] شکل می‌گیرد. سیستم‌های چندعامله از روش‌های بسیار محبوب برای مدیریت زنجیره تأمین می‌باشند زیرابه کمک سیستم‌های چندعامله می‌توان مدیریتی سازگار و پویا را برای هر بخش زنجیره تأمین فراهم کرد و می‌توان از طریق مکانیسم‌های تصمیم‌گیری به‌صورت سریع به تغییرات داخلی و خارجی پاسخ داد[3].

۲-۲-۱ استانداردسازی، ارتباط و همکاری بین عامل‌ها

به دلیل تعامل و همکاری بین عامل‌ها جهت دست‌یابی به اهداف تعریف‌شده، نیاز به یک استاندارد وجود دارد تا ارتباطات یکپارچه‌شده و قابلیت همکاری با عامل‌های دیگر ایجاد شود. استانداردهای متفاوتی برای استانداردسازی تکنولوژی عامل وجود دارد که یکی از مهم‌ترین‌ها، استاندارد FIPA[۱۰] می‌باشد. زبانی که در این استاندار برای ارتباط بین عامل‌ها به کار می‌رود، زبان ACL[۱۱] است که زبان ارتباطی عامل‌ها یا FIPA ACL نامیده می‌شود.

۲-۲-۲ پیاده‌سازی سیستم‌های چندعامله

برای پیاده‌سازی عامل و سیستم‌های چندعامله ابزارهای مختلفی وجود دارد که یکی از محبوب‌ترین آن‌ها چارچوب توسعه مبتنی بر عامل جاوا[۱۲] است. این چارچوب نرم‌افزاری کاملاً در زبان جاوا پیاده‌سازی شده است و از طریق یک نرم‌افزار میانی سازگار با مشخصات FIPA و مجموعه‌ای از ابزارهای

[3] Supplier
[4] Producer
[5] Distributer
[6] Retailer
[7] Customers

[8] Agent
[9] Multi Agent System
[10] Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA)
[11] Agent Communication Language
[12] Java Agent DEvelopment Framework

www.SID.ir

Archive of SID

پشتیبانی از اشکال‌زدایی و توسعه برنامه، پیاده‌سازی سیستم‌های چند عامه را ساده می‌نماید.[7] ازاین‌رو برای پیاده‌سازی سیستم‌چندعامله در پروژهش جاری از Jade استفاده‌شده است.

۳- مروری بر تحقیقات مشابه و مرتبط

در بیش‌تر تحقیقات مطالعه شده در خصوص انتخاب شریک و منبع انجام دهنده سفارش در زنجیره تأمین، مشاهده‌شده است که تنها به انتخاب منبع انجام دهنده سفارش تنها در یک‌لایه (تأمین‌کننده و یا توزیع‌کننده) پرداخته‌شده است و تحقیقات بسیار معدودی وجود دارد که به تصمیم‌گیری در سه لایه پرداخته‌اند و در صورت تصمیم‌گیری در سه لایه تنها معیار قیمت در نظر گرفته‌شده است و معیار زمان در آن لحاظ نشده است. [8]

در سال ۲۰۰۸ دامنیک و همکاران [9] برای انتخاب تأمین‌کننده یک مطالعه موردی از مدل وزنی خطی با توجه به معیارهای کمی و کیفی ارائه دادند. در این مطالعه بر اساس ویژگی‌های تأمین‌کنندگان نمره‌ای به هریک اختصاص داده می‌شود که بر اساس آن تأمین‌کننده با بالاترین نمره انتخاب می‌شود. کوماری و همکاران در سال ۲۰۱۵ [10] جهت انتخاب تأمین‌کننده مناسب برای برون‌سپاری فعالیت‌ها از الگوریتم پورتفولیو[۱۳] و سیستم‌های چندعامله استفاده کرده است که قادر است روش و یا الگوریتم مناسبی را بسته به موقعیت برای برنامه‌ریزی مناسب انتخاب کند. هدف از پژوهش [11] بررسی تغییرات یک زنجیره تأمین در طول زمان و بررسی اثر تغییرات بر روی زنجیره تأمین است؛ که منظور از تغییرات انتخاب شریک مناسب می‌باشد که چطور انتخاب شریک بر روی تکامل شبکه، مشخصات ساختار و کارایی سراسری زنجیره تأمین اثر می‌گذارد؟ در این مقاله معیار انتخاب را کیفیت سرویس مناسب و بیشترین موجودی قرار داده است که از میان عامل‌های واجد شرایط یکی را به‌صورت تصادفی انتخاب می‌کند. در سال ۲۰۱۱ [12] یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب تأمین‌کننده برای برون‌سپاری توسعه نرم‌افزار ارائه شد به این صورت که از میان تأمین‌کنندگان بالقوه با توجه به شاخص‌های کلیدی عملکرد مانند هزینه، کیفیت و... درجه اهمیتی را به هریک اختصاص و سودمندی هر تأمین‌کننده را با نظریه سودمندی چند ویژگی[۱۴] تعیین کرده و بر اساس آن بهترین تأمین‌کننده را انتخاب می‌کند. در پژوهش [13] از سیستم متن آگاه و الگوریتم خوشه‌بندی k-Means برای دسته‌بندی و انتخاب تأمین‌کنندگان در محیط پویا استفاده‌شده است. در این روش تأمین‌کنندگان و مشتریان شرایط خود (قیمت، کیفیت ظرفیت تولید و...) را اعلام کرده و تأمین‌کنندگان بر اساس قیمت و کیفیت، خوشه‌بندی‌شده و فاصله هر مشتری تا خوشه‌ها به‌دست‌آمده و خوشه با کم‌ترین فاصله به مشتری پیشنهاد می‌گردد. در پژوهش[14] از روش برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی برای انتخاب تأمین‌کننده با هدف مینیمم کردن هزینه کل خریدار و تأمین‌کننده استفاده‌شده است. در پژوهش[15] از الگوریتم ART فازی برای طبقه‌بندی توزیع‌کنندگان بر اساس شباهتشان و انتخاب توزیع‌کنندگان استفاده‌شده است. در جدول شماره ۲، خلاصه‌ای از مطالعات صورت گرفته و مقایسه آن با پژوهش جاری ارائه‌شده است.

جدول شماره ۲- مقایسه روش پیشنهادی با تحقیقات پیشین

شماره مرجع	نوع مسئله			معیار تصمیم‌گیری		روش حل مسئله
	انتخاب تأمین‌کننده	انتخاب تولیدکننده	انتخاب توزیع‌کننده	هزینه	زمان	
[9]	✓			✓		ارائه مدل وزنی خطی
[10]	✓				✓	سیستم‌های چندعامله + الگوریتم پورتفولیو
[11]	✓					سیستم‌های چندعامله + تحلیل شبکه اجتماعی
[12]	✓				✓	ارائه مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره
[13]	✓			✓		سیستم متن آگاه+ K-Means
[14]	✓			✓		ارائه یک مدل ریاضی غیرخطی
[15]			✓	✓		الگوریتم ART
روش پیشنهادی	✓	✓	✓	✓	✓	سیستم‌های چندعامله + الگوریتم K-Means

[13] Portfolio

[14] Multi Attribute Utility Theory (MAUT)

www.SID.ir

Archive of SID

۴- ارائه روش پیشنهادی

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، هدف از این مقاله ارائه روشی به کمک عامل‌ها نرم‌افزاری و استفاده از الگوریتم k-Means جهت تعیین منابع انجام دهنده سفارش، برای هر سفارش واردشده به زنجیره تأمین سفارشی‌سازی انبوه[۱۵] است به‌گونه‌ای که سفارش با کم‌ترین هزینه و زمان ممکن به مشتری تحویل گردد. مسئله جاری دارای معلوماتی است و برای حل آن مفروضاتی در نظر گرفته است که در این بخش به شرح آن پرداخته می‌شود.

۴- ۱- مفروضات مسئله

- مکانیسم عملکرد این زنجیره به‌صورت شخصی‌سازی انبوه[۱۵]است.
- مراحل گردش کار انجام سفارش، از ابتدای ورود سفارش به زنجیره تا انتها، تعریف‌شده و مشخص است. اما منبع انجام دهنده سفارش برای هر سفارش واردشده متفاوت است که این امر موجب غیر ساخت‌یافتگی مسئله می‌گردد.
- هر عضو زنجیره دارای ظرفیت محدود و مشخصی برای انجام کار است.
- سفارش‌ها به‌تدریج و در طول زمان به زنجیره وارد می‌شوند. به این معنی که سفارشات به‌صورت دوره‌ای و با مقدار مشخص به زنجیره وارد نمی‌شوند و دوره زمانی نامعلوم و مبتنی بر ورود تقاضا می‌باشد.
- دو سفارش هم‌زمان به سیستم وارد نمی‌شوند. به یک سفارش پاسخ داده خواهد شد و سپس شرایط زنجیره برای پاسخ به سفارش بعدی بررسی خواهد شد.

۴- ۲- معلومات مسئله

- به ازای هر سفارش واردشده به زنجیره تعداد کالا، قیمت درخواستی و زمان دریافت سفارش، توسط مشتری اعلام می‌گردد.
- برای هر سفارش واردشده به سیستم، وضعیت هر عضو زنجیره یعنی میزان سفارش‌های قبلی که در زمان ورود سفارش جدید به اتمام نرسیده‌اند، مشخص است که این وضعیت توسط هر عضو مشخص می‌گردد.

۴-۳- مجهولات.

در پایان تصمیم‌گیری باید مناسب‌ترین منبع انجام دهنده سفارش در هر لایه (لایه توزیع‌کننده، لایه تولیدکننده و لایه تأمین‌کننده) مشخص‌شده و میزان سفارش تخصیص داده‌شده به هریک نیز پیشنهاد گردد به‌گونه‌ای که سفارش با کم‌ترین هزینه و زمان توسط مشتری دریافت گردد.

۴-۴- معماری روش پیشنهادی

برای حل مسئله فوق از یک معماری متمرکز استفاده‌شده است که در آن هر عضو زنجیره تأمین ،یک عامل نرم‌افزاری در نظر گرفته‌شده و هم‌چنین یک عامل مرکزی یا عامل مدیر نیز در نظر گرفته‌شده است که وظیفه تعیین روال انجام سفارش را بر عهده دارد.

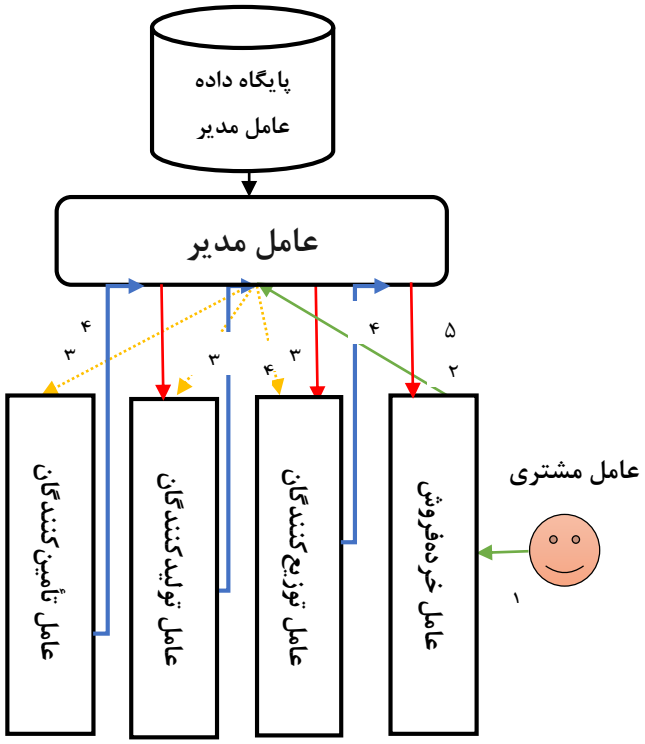
در ارتباطات تعریف‌شده بین عامل‌ها دو نوع جریان ارتباطی وجود دارد:

۱. **جریان اطلاعاتی:** بین اعضای زنجیره و عامل مدیر

با ورود هر سفارش، عامل مدیر از اعضای زنجیره درخواست می‌کند تا وضعیت خود را اعلام کنند، که اعضاء از طریق پیام وضعیت خود را به عامل مدیر اعلام می‌کنند.

۲. **جریان مواد و کالا:** بین اعضای زنجیره تأمین از عامل تأمین‌کننده به‌سوی عامل مشتری

در شکل شماره ۱ معماری ارائه‌شده برای حل مسئله نشان داده‌شده است.



شکل شماره ۱- معماری روش ارائه‌شده

(۱) و (۲) ⟵ دریافت سفارش و اعلام به عامل مدیر

(۳) ⟵ درخواست مدیر از اعضای زنجیره برای اعلام وضعیت

(۴) ⟵ اعلام وضعیت اعضاء

(۵) ⟵ اعلام از سوی عامل مدیر برای سفارش به چه تعداد و از چه عضوی

[15] Build to Order (BTO)

www.SID.ir

Archive of SID

در معماری ارائه‌شده عامل مدیر دارای یک پایگاه داده است که در آن سفارشات قبلی مشتریان شامل زمان ورود سفارش، تعداد سفارش، قیمت سفارش و زمان موردنظر تحویل سفارش از سوی مشتری، روالی که برای سفارشات قبلی تعیین گردیده است و امتیاز در نظر گرفته‌شده برای هر روال تعیین‌شده، ثبت‌شده است.

منظور از روال ثبت‌شده برای هر سفارش آن است که در آن مشخص گردیده برای سفارش واردشده شده چه کسی تأمین‌کننده، چه کسی تولیدکننده و چه کسی توزیع‌کننده بوده و چه میزان از سفارشات به آن‌ها سپرده‌شده است. روال ثبت‌شده در این مجموعه داده از حل یک برنامه‌ریزی خطی حاصل‌شده است که در آن تمام حالات تخصیص سفارش به اعضای یک‌لایه بررسی‌شده و روالی که دارای کم‌ترین هزینه و زمان بوده برای سفارش مذکور انتخاب و ثبت گردیده است.

۴-۵- مراحل انجام کار

مراحل انجام کار به شرح زیر است:

۱. **راه‌اندازی سیستم:** در ابتدا سیستم چندعاملی راه‌اندازی شده و عامل ای اماس[16] فعال می‌گردد.

۲. **ایجاد عوامل:** عامل‌های مشتری، خرده‌فروش، توزیع‌کننده، تولیدکننده و تأمین‌کننده از کلاس‌های مرتبط راه‌اندازی می‌گردند.

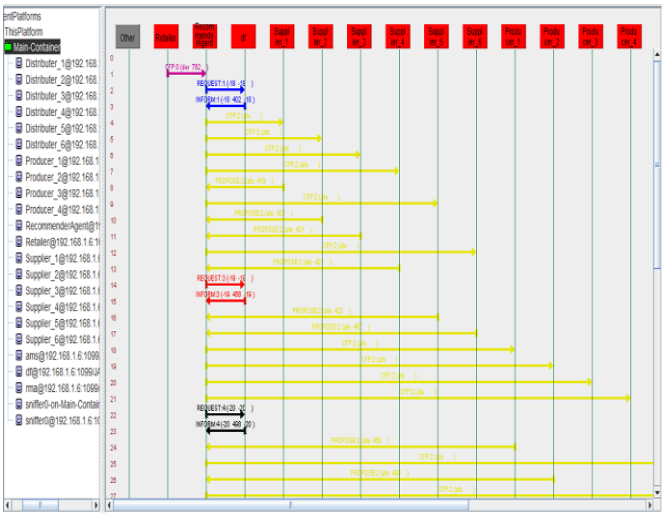
۳. **دریافت سفارش :**

- سفارش از سوی عامل مشتری شامل تعداد، قیمت و زمان به عامل خرده‌فروش ارائه می‌گردد.
- عامل خرده‌فروش سفارش دریافت شده را به عامل مرکزی ارسال می‌کند.

۴. **دریافت وضعیت عامل‌ها:**

- عامل مرکزی از طریق دی‌اف سرویس[17] ، عامل‌های موجود در زنجیره را شناسایی کرده و پیغامی مبنی بر اعلام وضعیت به اعضای زنجیره تأمین ارسال می‌کند.
- اعضای زنجیره تأمین وضعیت خود را در قالب پیام، به عامل مرکزی اعلام می‌کنند.

شکل شماره ۲ نمونه‌ای از عامل‌های تعریف شده در محیط Jade به همراه پیام‌های ارسالی توسط عامل‌ها جهت تعیین منابع انجام‌دهنده سفارش در پیاده‌سازی سیستم پیشنهادی نشان داده شده است.



شکل شماره ۲- عامل‌های تعریف‌شده در محیط Jade

۵. تعیین مناسب‌ترین منبع انجام دهنده سفارش

- عامل مرکزی وضعیت‌های ارسال‌شده از سوی اعضاء را دریافت می‌کند.
- سپس وضعیت زنجیره تأمین در سفارشات قبلی را که عامل مرکزی در پایگاه داده خود دارا می‌باشد با استفاده از الگوریتم k-means خوشه‌بندی کرده و خوشه‌ای که سفارش جدید به آن تعلق دارد را مشخص می‌کند. انجام خوشه‌بندی وضعیت‌ها یک‌بار انجام شده و در سفارشات بعدی از نتایج خوشه‌بندی ایجاد شده استفاده می‌شود و سفارش جدید به خوشه ای که وضعیت آن کم‌ترین فاصله را با خوشه‌های موجود داشته باشد تعلق می‌گیرد.
- هر وضعیتی که در خوشه تعیین‌شده در مرحله قبل وجود دارد، مربوط به یک سفارش است، درنتیجه سفارشات موجود در خوشه منتخب نیز با الگوریتم k-means خوشه‌بندی‌شده تا مشابه‌ترین خوشه سفارشات به سفارش جدید واردشده استخراج گردد.
- پس از انتخاب مشابه‌ترین خوشه با سفارش جاری، میزان مشابهت سفارش جاری با سفارشات خوشه منتخب تعیین می‌گردد. این شباهت از طریق ضریب همبستگی پیرسون مطابق با فرمول زیر استخراج می‌گردد.

$$sim(x,y)=\frac{\sum_{i\in I_{xy}}(r_{x.i}-\bar{r}_x)-(r_{y.i}-\bar{r}_y)}{\sqrt{\sum_{i\in I_{xy}}(r_{x.i}-\bar{r}_x)^2}\times\sqrt{\sum_{i\in I_{xy}}(r_{y.i}-\bar{r}_y)^2}} \quad (۱)$$

[16] AMS

[17] DF Service

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس فرمول فوق، I سفارش مشتریان شامل تعداد کالا، قیمت و زمان دریافت سفارش می باشد، $r_{x.i}$ سفارش جدید، $r_{y.i}$ سفارش موجود در خوشه منتخب و $\bar{r}_x$ و $\bar{r}_y$ میانگین وزنی هر سفارش است.

- میزان شباهت استخراج‌شده در مرحله قبل در امتیاز هر سفارش که در پایگاه داده عامل مدیر وجود دارد، ضرب شده و سپس سفارش با بالاترین امتیاز، انتخاب‌شده و روال مربوط به آن برای سفارش جدید انتخاب می‌گردد. که این انتخاب شامل مقدار سفارش به اعضاء منتخب زنجیره در تمامی لایه ها می‌باشد.

۶. در مرحله آخر نیز بر اساس تفاوت قیمت و زمان درخواستی مشتری باقیمت و زمان دریافت کالا از سوی مشتری، امتیازی به سفارش جاری تعلق‌گرفته و در سیستم ثبت می‌گردد.

$$rate = round(5 - \frac{\sum_{d\in D} n_{rd}\times p_{dr}}{N\times P} - \frac{t}{T}) \quad (۲)$$

که در آن N تعداد کالای سفارش داده‌شده از سوی مشتری، P قیمت درخواستی و T زمان موردنظر مشتری برای تحویل کالا می‌باشد. D تعداد توزیع‌کنندگان، n_{rd} تعداد سفارشات از خرده‌فروش r به توزیع‌کننده d و p_{dr} قیمت فروش محصولات از توزیع‌کننده d به خرده‌فروش r است و t زمان تحویل سفارش به مشتری می‌باشد.

۵- ارزیابی

۵-۱- تامین داده‌های موردنیاز

در این تحقیق برای تامین داده های مورد نیاز از روش طراحی آزمایش ها DOE[۱۸] استفاده شده است که در این روش تغییراتی به صورت آگاهانه در متغیرهای ورودی ایجاد می‌گردد تا از این طریق میزان تغییرات حاصل در خروجی فرآیند شناسایی گردد. برای آنجام آزمایش‌ها، حداکثر تعداد ۵۰ رکورد حاوی سفارش مشتریان تولید شده که هر رکورد حاوی زمان ورود سفارش، مقدار کالای سفارشی و قیمت هر واحد کالا می باشد.

۵-۲ روش ارزیابی و نتیجه گیری

در این تحقیق نتیجه روش پیشنهادی با یک روش بهینه مقایسه شده است که در روش بهینه، مقدار تخصیص بهینه برای هر سفارش از روش برنامه‌ریزی خطی به دست آمده است.

جهت ارزیابی، دقت روش پیشنهادی با روش بهینه مقایسه گردیده است. این دقت در قالب پارامتر میانگین خطا[۱۹] بیان شده و از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$MEA = \frac{1}{n} * ABS(AS_{Rate} - Math_{rate}) \quad (۳)$$

که در این رابطه از اختلاف امتیاز روش پیشنهادی با روش بهینه استفاده شده است که در آن به ترتیب n، تعداد کل سفارشات جدید وارد شده به زنجیره، AS_{Rate} امتیاز محاسبه شده برای هر رویه پیشنهادی به کمک سیستم‌های چندعامله و الگوریتم k-Means و $Math_{rate}$ امتیاز به دست آمده برای هر رویه محاسبه شده به کمک روش بهینه است.

۵-۳ سناریوهای طراحی شده برای اجرای سیستم چندعامله به کمک الگوریتم k-Means

در خصوص ارزیابی روش پیشنهادی، چندین سناریو مختلف به صورت تصادفی استخراج گردیده است. و روش بهینه و روش پیشنهادی بر روی سناریوها اجرا شده و معیار میانگین خطا در هریک از آن‌ها محاسبه گردیده است. در جدول شماره ۳، یکی از سناریوهای مورد بررسی نشان داده شده است.

جدول شماره ۳- مقادیر پارامتر ها و سفارش مشتریان در سناریو انتخابی

ردیف	پارامتر	مقدار /محد.ده
۱	تعداد توزیع‌کنندگان	۶ عدد
۲	انبار ظرفیت توزیع‌کنندگان	Dis1=100,Dis2=90,Dis3=85 Dis4=70,Dis5=95,Dis5=80
۳	تعداد تولیدکنندگان	۴ عدد
۴	ظرفیت تولید برای تولیدکنندگان	Pro=110, Pro 2=140, Pro 3=142, Pro 4=122
۵	اندازه تولید برای تولیدکنندگان	Pro=64, Pro 2=50, Pro 3=75, Pro 4=85
۶	تعداد تامین‌کنندگان	۶ عدد
۷	ظرفیت تامین برای تامین‌کنندگان	Supp1=169,Supp2=171, Supp3=188,Supp4=160 Supp5=155,Supp6=152
۸	انواع مواد اولیه به کار رفته در محصول	۵ نوع
۹	مقدار ماده اولیه در هر محصول	Type1=1,T ype2=1, Type3=5,T ype4=4, Type5=3,
۱۰	نوع ماده اولیه قابل تامین در هر تامین‌کننده	Supp1=3,Supp2=1, Supp3=5,Supp4=2 Supp5=4,Supp6=1
۱۱	تعداد مشتریان	۵۰ عدد

[18] Design of Experiments

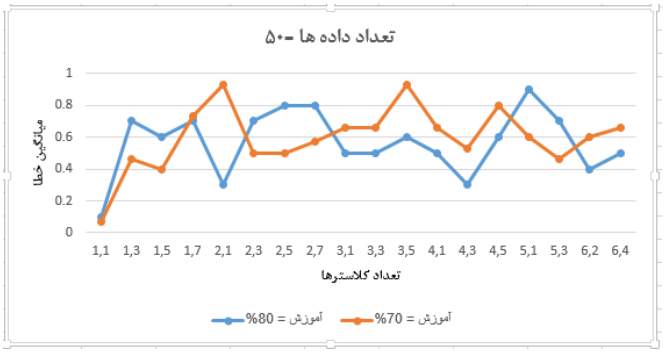
[19] Mean Absolute Error

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۴ ارزیابی و نتیجه گیری انجام شده

همچنین میزان اندازه‌گیری پارامتر میانگین خطا برای سناریو ذکرشده در جدول شماره ۳ به شرح زیر است:



نمودار شماره ۱- میانگین خطای مطلق

قابل ذکر است که نمودار آبی رنگ با ۸۰ درصد داده‌ها سیستم پیشنهادی آموزش دیده است و برای ۲۰ درصد باقی داده‌ها تصمیم‌گیری شده است و در نمودار نارنجی رنگ با ۷۰ درصد از داده‌ها به سیستم اموزش شده و برای ۳۰ درصد از داده‌ها تصمیم‌گیری شده است.

همان‌طور که از نمودار شماره ۱ مشخص است میانگین خطای مطلق در هر دو داده مجموعه آموزشی کمتر از ۱ است. در نتیجه می‌توان گفت روش پیشنهادی نتایجی نزدیک به روش بهینه تولید می‌کند.

همچنین در بررسی سناریوهای دیگر نیز نتایجی مشابه با سناریو ذکر شده به دست آمده است که از ذکر آن‌ها خودداری شده است.

همچنین معیار ارزیابی دیگری که برای مقایسه این سیستم پیشنهادی با حالت بهینه انجام‌شده است، بررسی زمان اجرای روش سیستم پیشنهادی چندعامله و روش بهینه می‌باشد. در خصوص سناریو ذکرشده در جدول شماره ۳، مدت زمان اجرای روش بهینه ۳۰۰ نزدیک به دقیقه، می‌باشد اما زمان اجرای این سناریو با روش پیشنهادی به میزان چشم‌گیری کاهش پیداکرده است و جواب نزدیک به جواب بهینه را در مدت‌زمانی به طول ۱ دقیقه و ۱۰ ثانیه محاسبه نموده است.

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا تعریفی از زنجیره تأمین ارائه شد و بیان گردید در جهان رقابتی کنونی و افزایش درخواست مشتریان برای محصولات متنوع و پویایی شرایط، موجب افزایش پیچیدگی تصمیم‌گیری در مدیریت زنجیره تأمین گردیده است؛ بنابراین استفاده از سیستم‌های چندعامله می‌تواند روش مناسبی برای پاسخ‌گویی در این شرایط می‌باشد. درنتیجه در این پژوهش یک زنجیره تأمین مبتنی بر عامل ارائه‌شده است که در آن به کمک عامل مدیر و الگوریتم K-Means مناسب‌ترین روال تخصیص منبع انجام دهنده سفارش در هر لایه مشخص می‌گردد تا با همکاری عامل‌های زنجیره تأمین سفارش با بهینه‌ترین قیمت و زمان ممکن توسط مشتری دریافت گردد. نتایج حاصل از این روش نشان خواهد داد که این روش می‌تواند نتایج نزدیک به روش بهینه را با زمان مناسب‌تری تولید نماید. زیرا در روش بهینه تمام حالت‌هایی که از طریق آن‌ها ممکن است سفارش تخصیص داده شود بررسی می‌شود، اما در این روش بهترین روال از طریق خوشه‌بندی استخراج‌شده درنتیجه در مدت زمان کم‌تری مسئله به پاسخ نزدیک به بهینه می‌رسد.

همچنین در حالت بهینه به دلیل حجم بالای محاسبات به تعداد محدودی می‌توان اعضاء در هر لایه انتخاب کرد مثلاً: انتخاب بیش از ۵ توزیع‌کننده در لایه توزیع‌کننده وجود ندارد که این محدودیت در روش پیشنهادی وجود ندارد.

ازجمله کارهای آتی این پژوهش می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. در پژوهش جاری، معیارهای هزینه و زمان در نظر گرفته‌شده است که می‌توان معیارهایی مانند کیفیت محصول در نظر گرفت و روش پیشنهادی را بهبود بخشید.

۲. همچنین تصمیم‌گیری در این پژوهش به‌صورت متمرکز انجام‌شده است که می‌توان آن را صورت توزیع‌شده بهبود بخشید به‌گونه‌ای که تصمیم‌گیری در هر لایه و توسط خود اعضای زنجیره تأمین انجام شود.

مراجع

[1] د. س. ع. ه. گلپایگانی، م. ع. صائبی، *مدیریت زنجیره تأمین مبتنی بر عامل*، چاپ اول. انتشارات ناقوس، ۱۳۸۹.

[2] ا. ع. ز. بارفروش، ب. مهصومی، م. آ.ز. شیرازی، *مقدمه ای بر هوش مصنوعی توزیع شده*، چاپ اول. انتشارات جلوه، ۱۳۸۴.

[3] C. R. Jaimez-González and Wulfrano A. Luna-Ramírez, “An Agent-Based Architecture for Supply Chain Management,” *Auton. Decentralized Syst.*, pp. 1–6, 2013.

[4] Qingqi Long, “An agent-based distributed computational experiment framework for virtual supply chain network development,” *Expert Syst. Appl.*, pp. 4094–4112, 2014.

[5] Kamalendu Pal and B. Karakostasa, “A Multi Agent-Based Service Framework for Supply Chain Management,” *Procedia Comput. Sci.*, pp. 53 – 60, 2014.

[6] A. Pan, S. Y. S. Leung, K. L. Moon, and K. W. Yeung, “Optimal reorder decision-making in the agent-based apparel supply chain,” *Expert Syst. Appl.*, pp. 8571–8581, 2009.

[7] G. Caire, “Jade Tutorial Jade Programming for Beginners,” no. June, p. 23, 2009.

[8] A. G. and H. A., “Supplier selection in supply chain using recommender system and data mining,” in *ECDC Conference*, 2012.

[9] A. A. Ali and P. D. D. Dominic, “A Case Study of Linear Weightage Model for Supplier Selection Process,” *2008 Int. Symp. Inf. Technol.*, vol. 3, pp. 23–26, 2008.

www.SID.ir

Archive of SID

[10] S. Kumari, A. Singh, N. Mishraa, and J. A. Garza-Reyesb, "A multi-agent architecture for outsourcing SMEs manufacturing supply chain," *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, 2015.

[11] L. Ponnambalam, A. Tan, X. Fu, X. . Yin, Z. Wang, and R.S.M. Goh1, "68 An Agent-Based Network Analytic Perspective on the Evolution of Complex Adaptive Supply Chain Networks," *Instrum. Control Autom.*, 2013.

[12] F. Z.A. and V. L., "A Supplier Selection Model for Software Development Outsourcing," vol. 19, no. 2, pp. pp. 1190–1195, 2011.

[13] K. M., R. M.R., and T. M.T., "An Approach to Supplier Selection in the Dynamic Environment," in *International Convention MIPRO*, 2011, p. pp 1408–1413.

[14] Gheidar-Kheljani, Ghodsypour, and F. Ghomi, "Supply chain optimization policy for a supplier selection problem: a mathematical programming approach," *Iran. J. Oper. Res.*, 2010.

[15] G. M. and T.-M. R., "Applying the fuzzy ART algorithm to distribution network design," pp. pp.79–86, 2012.

www.SID.ir