

شبیه سازی زنجیره تامین با استفاده از عامل های هوشمند

فرهاد اعتباری^۱، مصطفی عابدزاده^۲، فرید خوش الحان^۳

دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
f_etebari@sina.kntu.ac.ir

چکیده

بهبود عملکرد زنجیره تامین یکی از مباحث عمده در دنیای رقابتی امروز می باشد. در این تحقیق سعی شده است از تکنولوژی عامل های هوشمند در زنجیره تامین استفاده گردد. در این بررسی شاخص های موجود برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین به دو دسته شاخص های مالی و شاخص های عملکردی تقسیم بندی شده است. شاخص های مالی شامل هزینه سطوح زنجیره تامین و شاخص های عملکردی شامل اثر ضربه شلاقی و نرخ بازپس سازی موجودی می باشد. یکی از پدیده های اصلی هزینه زا در زنجیره تامین، پدیده ضربه شلاقی می باشد که در این تحقیق تاثیر عامل های هوشمند در تعدیل این پدیده مورد بررسی قرار می گیرد. روش مورد استفاده در این تحقیق شبیه سازی سیستم های گسسته می باشد. ابتدا عملکرد یک زنجیره تامین سه سطحی بدون وجود عامل های هوشمند بررسی شده و شاخص های موجود اندازه گیری می گردد و سپس عامل ها وارد مدل شده و شاخص های مدل جدید بررسی گشته و با وضعیت قبلی مقایسه و کارایی آن مورد بررسی قرار می گیرد. واژه های کلیدی: زنجیره تامین- عامل های هوشمند- شاخص-ضربه شلاقی- شبیه سازی

۱- مقدمه

عامل های هوشمند دارای پتانسیل بالایی برای بهبود عملکرد زنجیره تامین می باشند. بکارگیری عامل های هوشمند در زنجیره تامین باعث افزایش انعطاف پذیری این زنجیره شده و قدرت پاسخگویی به تغییرات هر یک از اجزای این زنجیره را افزایش می دهد. این امر تاثیرات مثبتی در زمان سفارش دهی، زمان فرایندهای انسانی و سطوح موجودی و دفعات کمبود موجودی دارد. عامل ها می توانند از جانب اعضای زنجیره تامین با استفاده از ویژگی های استقلال و قدرت تصمیم گیری نقش ایفا نمایند.

"عامل یک سیستم کامپیوتری می باشد که در محیط خاصی قرار گرفته و قابلیت انجام اقدامات مستقلی را در این محیط، به منظور تامین نیازهای طراحی دارا می باشد." [۱۰] یک عامل در حالت عادی، شامل مجموعه ای از اقدامات می باشد. این مجموعه اقدامات نشاندهنده قابلیت تاثیر عامل بر روی محیط خارجی می باشد. مسئله اصلی که مطرح می باشد تصمیم گیری در این خصوص می باشد که کدامیک از اکشن ها به منظور برآورده نمودن اهداف طراحی به بهترین وجه، بایستی اجرا شوند. چه زمانی ما بایستی عامل را یک موجودیت هوشمند در نظر بگیریم؟ این سؤال، مانند سؤال "هوشمندی چیست" می باشد. یکی از راه های پاسخ دادن به این سؤال طرح شده، فهرست نمودن مجموعه ای از توانمندیها می باشد که ما از یک عامل هوشمند انتظار داریم. این مجموعه از توانمندیها برای یک عامل پیشنهاد شده است:

قدرت عکس العمل (Reactivity): عامل های هوشمند، قادر به درک محیط خارجی و نشان دادن عکس العمل نسبت به تغییرات رخ داده در محیط خارجی به منظور پاسخ دادن به اهداف طراحی می باشند.

قدرت پویاشگری (Proactiveness): عامل های هوشمند قادر می باشند رفتاری را در جهت ارضای اهداف طراحی، بصورت آغاز گرایانه انجام دهند.

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

² عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی - گروه مهندسی صنایع

³ عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی - گروه مهندسی صنایع

توانایی اجتماعی (Social ability): عامل های هوشمند قادر می باشند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند تا اینکه نیازهای طراحی را تامین نمایند. [۱۰]

زنجیره تامین شبکه ای از سازمان ها می باشد که با ارتباطی بالادستی به پایین دستی، در فرایندها و فعالیت هایی درگیرند و به صورت محصولات و خدمات ارائه شده به مشتری نهایی، تولید ارزش می کنند. [۱۳]

در یک بررسی انجام گرفته اثبات شده است که در حالت به اشتراک گذاری اطلاعات، پراکندگی موجودی در طول زنجیره تامین تقریبا به صورت خطی افزایش یافته و در حالت عدم اشتراک گذاری، این پراکندگی بصورت نمایی افزایش پیدا می کند. منظور از به اشتراک گذاری اطلاعات این می باشد که اطلاعات تقاضای مشتری در پایین ترین سطح زنجیره، سریعا به تمامی سطوح زنجیره انتقال پیدا می کند که Chen et al.(2000,p.439) آنرا مرکزیت اطلاعات تقاضا^۴ می نامد. [۴]

اولین فعالیت هایی که در زمینه اثر ضربه شلاقی انجام شد به Forrester(1958,1961) باز می گردد. مقالات مشابهی قبل از آن توسط (1983)Blanchard,(1982,1986)Blinder,(1987)Kahn در زمینه ناپایداری موجودی ارائه شده است. [۵] بازی نوشیدنی معروف برای اولین بار از MIT در انتهای دهه پنجاه ارائه گردید و (1989)Sternman یافته های عمده حاصل از مطالعه خود در این زمینه را ارائه داد. Kaminsky and Simchi-(2000)Levi, Kaminsky et al.(1998) نتیجه کامپیوتری بازی نوشیدنی را ارائه نمودند. [۳]

Lee et al.(1997a,b) پنج علت عمده پردازش تقاضای در دست، زمان تحویل موجودی غیر صفر، سفارش محموله ای، نوسان قیمت و سهمیه بندی و کمبود را برای ایجاد پدیده ضربه شلاقی در زنجیره تامین ارائه نمودند. [۶]

Lee et al. در مدلی ساده از زنجیره تامین با دو سطح زنجیره و یک سفارش رگرسیونی درجه یک $AR(1)$ را بررسی نمودند. [۳] Chen et al.(2000) عامل پیش بینی تقاضا را به عنوان یک عامل عمده در ایجاد پدیده ضربه شلاقی در زنجیره تامین بررسی نمودند. درحالیکه تقاضا دارای حالت خودرگرسیونی درجه یک $AR(1)$ باشد آنها یک حد پایینی را برای میزان ضربه شلاقی در زنجیره تامین دو سطحی، با فرض اینکه خرده فروش ها از روش پیش بینی میانگین متحرک برای پیش بینی زمان تحویل استفاده نمایند ارائه نمود. وی این مقدار را برای زمانی که از روش پیش بینی هموارسازی نمایی استفاده می شود نیز گسترش داد. [۵]

در تحقیق دیگری که انجام گرفته است سعی شده است که تاثیر ضربه شلاقی در زنجیره تامین کمی گردد. در این بررسی از خط مشی سفارش دهی (R,S) استفاده شده است. در این تحقیق نتیجه گیری شده است که اثر ضربه شلاقی در نتیجه دخالت انسان و اختلالات موجود در جریان اطلاعات در زنجیره تامین بوجود می آید. وجود زمان تحویل، قطعی یا احتمالی، باعث تشدید ضربه شلاقی در طول زنجیره تامین می گردد. در این بررسی ثابت شده است که در حالت به اشتراک گذاری اطلاعات، اثر ضربه شلاقی بصورت خطی و در حالت عدم اشتراک گذاری بصورت نمایی افزایش پیدا می کند. [۴]

در بررسی دیگری بر روی مفاهیم زنجیره تامین هوشمند که توسط عاملهای هوشمند مدیریت می شود، بحث شده است. نتایج اصلی این بررسی عبارتند از:

- در موارد مطالعه شده که سیاست های سفارشی بهینه بصورت تحلیلی و محاسباتی مشخص می شوند، عاملهای هوشمند سریعتر حالت بهینه را کشف می نمایند.
- در حالتیکه سیاست های سفارشی بهینه بصورت تحلیلی شناخته شده است، به این نتیجه می رسیم که جواب های بهینه تقریبا معادل می باشند.

⁴ Centralized demand information

در حالت‌های مشابهی که سیاست‌های سفارشی‌دهی بهینه، بصورت تحلیلی شناخته نشده، عامل‌های هوشمند می‌توانند سیاست‌های مناسبی را اتخاذ نمایند. [۷]

در تحقیق دیگری که توسط انجام شده اثر ضربه شلاقی بر اساس سه روش پیش بینی برای سیستم موجودی ساده با تقاضای $AR(1)$ بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش‌های پیش بینی نقش مهمی را در تعیین تاثیر زمان تحویل و همبستگی تقاضا بر روی ضربه شلاقی دارد. در حالت کلی، افزایش زمان تحویل بدون توجه به روش پیش بینی باعث افزایش ضربه شلاقی می‌گردد ولی اندازه تاثیر به روش‌های پیش بینی وابسته می‌باشد. [۵]

در بررسی که بر روی زنجیره تامین انجام شده است، نشان داده شده است که در صورت عدم به اشتراک گذاری اطلاعات، واریانس در هر مرحله بصورت مضربی از مراحل قبلی در زنجیره تامین (سطح k ام) بصورت زیر افزایش پیدا می‌کند: [۸]

$$\frac{Var(q^k)}{Var(D)} \geq \prod_{i=1}^k \left(1 + \frac{2L_i}{p} + \frac{2L_i^2}{P^2}\right) \quad (1)$$

و در صورت به اشتراک گذاری اطلاعات، واریانس در هر مرحله بصورت مجموع مراحل قبلی در زنجیره تامین (سطح k ام) ، بصورت زیر افزایش پیدا می‌کند: [۸]

$$\frac{Var(q^k)}{Var(D)} \geq 1 + \frac{2\sum_{i=1}^k L_i}{P} + \frac{2\sum_{i=1}^k L_i^2}{P^2} \quad (2)$$

در تحقیق دیگری تاثیر ضربه شلاقی که در اثر الگوریتم‌های پیش بینی در روش مرور پرئودیک ایجاد شده و روش‌های بازپرسازی جدیدی که می‌تواند تغییرات را به مقدار زیادی کاهش دهد پیشنهاد شده است. در روش بازپرسازی مرور پرئودیک، انواع متدهای پیش بینی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله ثابت شده است که در تمامی متدهای پیش بینی که در روش مرور پرئودیک مورد استفاده قرار گرفته است، اثر ضربه شلاقی بوجود می‌آید. در روش مرور پرئودیک، پدیده ضربه شلاقی، زمانی که از روش پیش بینی استفاده می‌شود غیر قابل اجتناب می‌باشد.

روش مذکور در این تحقیق بر اساس روش کنترل می‌باشد. در این مقاله تابع انتقال و منحنی پاسخ برای روش‌های بازپرسازی موجودی ترسیم شده است. [۳]

در تحقیق دیگری، زنجیره تامین بر اساس عامل‌های هوشمند مدلسازی شده است. در این مدل، تقاضا با استفاده از الگوریتم ژنتیک پیش بینی شده و مقدار سفارشی‌دهی تعیین شده است. در این بررسی نشان داده شده است که به کمک عاملها هزینه زنجیره تامین کاهش یافته و تغییرات سفارش در طول زنجیره کاهش می‌یابد. [۹]

روش مورد استفاده در این تحقیق ، ابزار شبیه سازی می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از ابزار شبیه سازی سیستم‌های گسسته، کارایی عامل‌های هوشمند و تاثیر آن بر روی عملکرد زنجیره تامین با استفاده از شاخص‌های تعریف شده نشان داده شود.

۲. شاخص‌های موجود برای ارزیابی زنجیره تامین

شاخص‌هایی که بیشتر برای پایش عملکرد زنجیره تامین بکار رفته شامل شاخص‌های هزینه ای و شاخص‌های عملکردی می‌باشند. برخی از شاخص‌های هزینه ای شامل هزینه‌های موجودی و هزینه‌های عملیاتی و برخی شاخص‌های عملکردی شامل زمان تحویل، احتمال دیرکرد و نرخ پرسازی موجودی می‌باشند. [۲]

ما در این تحقیق دو دسته شاخص را بکار برده ایم:

۱. شاخص مالی

۲. شاخص های عملکردی

شاخص های عملکردی در نظر گرفته شده شامل آیتم های زیر می باشد:

۱. مقدار ضربه شلاقی (BE)

۲. نرخ بازپرسازی موجودی (fr)

نرخ بازپرسازی موجودی به معنای درصدی از تقاضای مشتری نهایی می باشد که توانسته ایم مستقیما به وسیله موجودی موجود در انبار پاسخ دهیم.

۳. مدل اولیه

مدلی که برای زنجیره تامین در نظر گرفته شده است یک مدل سه سطحی می باشد که از تامین کننده، تولید کننده و توزیع کننده تشکیل شده است.

در این مدل از سیاست مرور پرودیک موجودی برای بازپرسازی موجودی استفاده شده است. به منظور پیش بینی مقدار تقاضا از روش پیش بینی هموارسازی نمایی استفاده می شود.

در مدل بررسی شده از فرمول زیر برای تولید مقادیر تقاضا در پروده های مورد نظر استفاده شده است. (Zhao et al. 2002)

$$Demand_t = base + slope \times t + \sin\left(\frac{2\pi}{Seasoncycle} \times t\right) + noise \times Snormal()$$

$Demand_t$ مقدار تقاضا در دوره t ، $Snormal()$ یک تولید کننده عدد تصادفی نرمال استاندارد و $Seasoncycle$ برابر ۷ می باشد. بقیه پارامترهای موجود در فرمول بال تشکیل الگوهای مختلف تقاضا را می دهند. مقدار $base$ از پارامترهای فوق به گونه ای انتخاب شده است که اطمینان از ۱۰۰۰ واحد بودن میانگین تقاضا برای همه دوره های شبیه سازی بدست می آید. چهار الگوی تقاضای CON ، SEA ، SIT ، SDT که ترکیبهای مختلفی از خواص روند و فصلی بودن تقاضا را نشان می دهند. با توجه به مقادیر مختلف پارامترها، بصورت زیر می باشد:

الگوی تقاضا	base	slope	season	noise
CON	۱۰۰۰	۰	۰	۱۰۰
SEA	۱۰۰۰	۰	۲۰۰	۱۰۰
SIT	۵۵۱	۲	۲۰۰	۱۰۰
SDT	۱۴۴۹	-۲	۲۰۰	۱۰۰

CON تقاضایی تولید می کند که نه روند و نه خاصیت فصلی دارد. SEA تقاضایی تولید می کند که دارای خاصیت فصلی است ولی روند ندارد. SIT تقاضایی تولید می کند که دارای خاصیت فصلی و روندی صعودی است و SDT تقاضایی را تولید می کند که دارای خاصیت فصلی و روند نزولی است.

در این بررسی از مدل SEA که دارای خاصیت فصلی ولی روند ندارد برای تولید تقاضا استفاده شده است.

در مدل شبیه سازی مذکور پارامترهایی که به عنوان متغیرهای تصادفی در نظر گرفته شده اند، میزان تقاضا و مدت تحویل محصول سفارش داده شده می باشد. میزان تقاضا از توزیع ذکر شده در قسمت قبل و مدت تحویل کالا، بصورت توزیع یکنواخت در نظر گرفته شده است. برای اجرای مدل در نظر گرفته شده بایستی مقادیر اولیه پارامترهای موجودی در دست، سفارش عقب افتاده و موجودی در راه برای هر یک از سطوح زنجیره تامین را مشخص نماییم. مقدار موجودی در دست اولیه برای هر یک از سطوح زنجیره ۵۰۰ واحد و مقدار سفارش عقب افتاده و موجودی در راه برای هر سه سطح زنجیره صفر در نظر گرفته شده است.

به منظور شبیه سازی مدل مذکور، ۷ پیشامد که شامل پیشامد های دوره مرور موجودی، ورود تقاضا و ورود موجودی سفارش داده شده به سطوح زنجیره تامین می باشند، استفاده شده است.

۴. تعیین اعتبار مدل شبیه سازی شده

یکی از مهمترین و در عین حال دشوارترین مراحل شبیه سازی سیستم ها، تعیین اعتبار مدل می باشد منظور از تعیین اعتبار مدل، مشخص کردن این نکته است که آیا مدل معرف سیستم هست یا نه؟ تعیین اعتبار مدل معمولا با انجام فرایند تکرارپذیر ضابطه مند ساختن مدل تحقق می یابد که ناظر به مقایسه رفتار مدل با رفتار سیستم واقعی و استفاده از تفاوت میان آن دو و بینش حاصل از این مقایسه برای بهسازی مدل است. این فرایند را آنقدر تکرار می کنند که مدل از دقت قابل قبولی برخوردار شود. [۱]

به منظور مقایسه نتایج مدل اولیه، از نتایج ارائه شده در مقاله ای که از نظریه کنترل در محاسبه ضربه شلاقی بهره گرفته، استفاده شده است. [۳] در تحقیق مذکور با استفاده از تابع انتقال که نشان دهنده روابط موجود مابین متغیرهای حاضر در یک مدل دینامیکی هست، مقدار ضربه شلاقی محاسبه شده است.

در این تحقیق نیز از روش OUT برای سیاست بازپرسازی موجودی و از روش پیش بینی هموارسازی نمایی با پارامتر آلفا برابر با ۰،۱۱۱۱ برای پیش بینی استفاده شده است. در این تحقیق مقادیر ضربه شلاقی در ۳۰ آزمایش محاسبه شده است. بنابراین مقادیر ضربه شلاقی در مدل طراحی شده با این مقادیر مقایسه شده و آزمون فرض برابری این مقادیر انجام می گیرد. پس از انجام آزمون فرض برای برابری میانگین ها، مقدار P-value برابر ۰،۳۴ می باشد و بنابراین فرض صفر، یعنی برابری میانگین دو جامعه پذیرفته شده و مدل ارائه شده صحه گذاری می گردد.

۵. مدل بهبود یافته

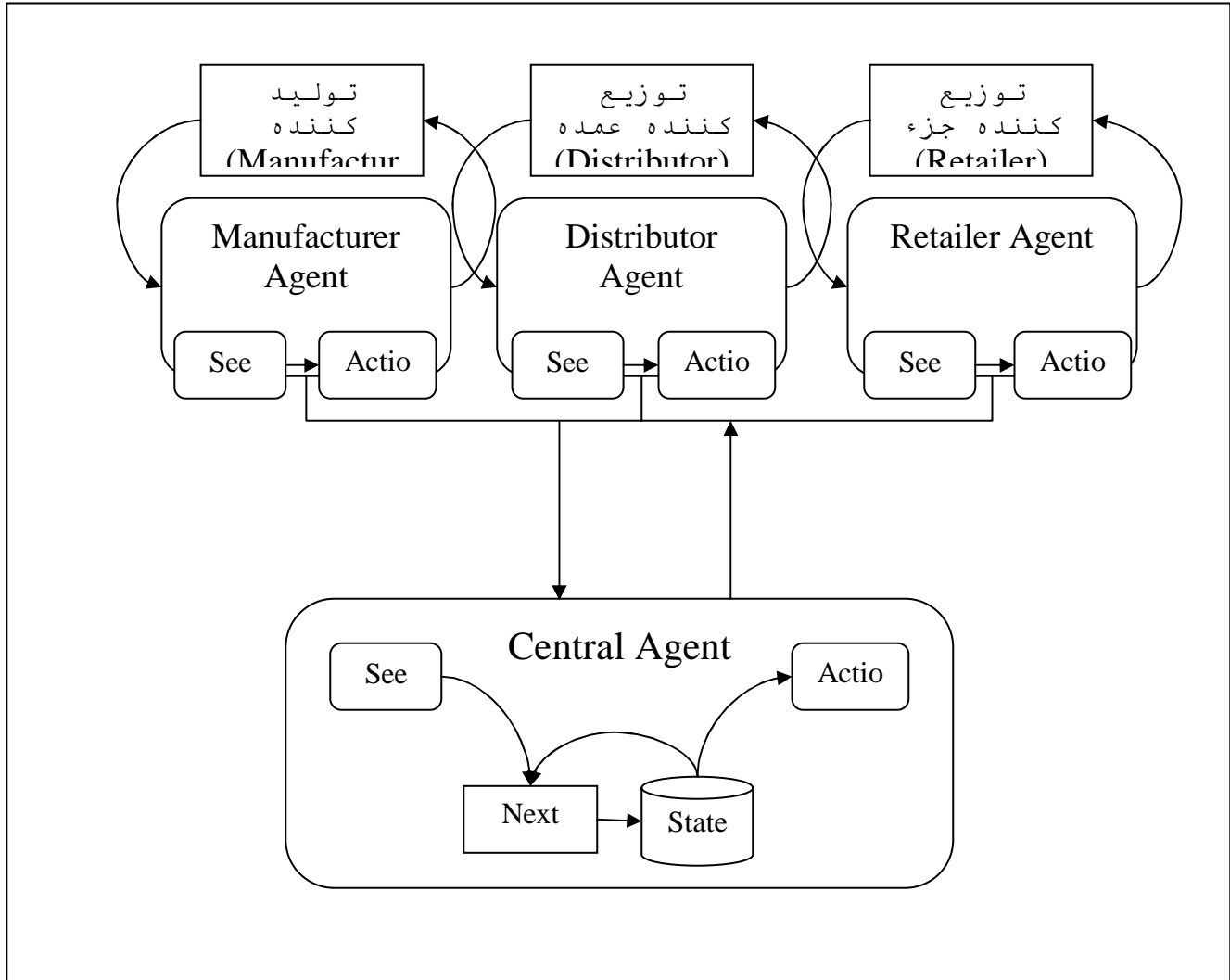
نتایج مدل اولیه نشان می دهد که یکی از عوامل اصلی افزایش هزینه و ایجاد اثراتی از جمله اثر ضربه شلاقی در زنجیره تامین تصمیم گیری موضعی و عدم به اشتراک گذاری اطلاعات در زنجیره تامین می باشد. همانطور که در بخشهای قبلی ذکر شد یکی از جدیدترین تکنولوژیهای که می تواند تاثیر قابل توجهی را در از بین بردن این مشکل در زنجیره تامین داشته باشد، تکنولوژی عاملهای هوشمند و کمک گرفتن از آن برای طراحی یک زنجیره تامین هوشمند می باشد. مکانیزم هایی که در مدل بهبود یافته، با استفاده از ویژگی های عامل های هوشمند وارد مدل شده است شامل موارد زیر می باشد:

- مرکزیت در تصمیم گیری
- ارتباط سطوح زنجیره تامین
- عکس العمل خودکار سطوح زنجیره نسبت به تغییرات

۵.۱. مرکزیت در تصمیم گیری

ما به کمک عاملهای هوشمند می توانیم اطلاعات زنجیره تامین را در کل زنجیره به اشتراک گذاشته و با استفاده از یک کنترل مرکزی تصمیماتی را اتخاذ نماییم که سوددهی کل زنجیره را بهینه نموده و از تصمیمات جزیره ای و موضعی خودداری می نماید.

یکی از ویژگی های اصلی که با استفاده از عامل های هوشمند در مدل جدید وارد شده است، ایجاد مرکزیت تصمیم گیری با استفاده از عامل مرکزی برای تمامی سطوح زنجیره تامین می باشد. یکی از ویژگی های اصلی عاملها، قابلیت انتقال اطلاعات و ارتباط خودکار مابین عاملهای مختلف می باشد. مدل زیر را در نظر بگیرید:



ساختار بهبود یافته مدل اولیه

در مدل بهبود یافته از دو نوع عامل استفاده شده است:

۱. عامل عکس‌العملی صرف^۵

۲. عامل وابسته به وضعیت^۶

سه عامل تولید کننده، توزیع کننده عمده و توزیع کننده جزء عامل های عکس‌العملی صرف می باشند که اطلاعات مربوط به آن سطح زنجیره را جمع آوری کرده و در اختیار عامل مرکزی که یک عامل وابسته به وضعیت می باشد قرار می دهند. عامل وابسته به وضعیت با توجه به اطلاعات دریافتی از سه عامل و شرایط محیط، تحلیل های مورد نیاز را انجام داده و تصمیم گیری می نماید.

نقش اصلی که عامل مرکزی در این مدل ایفا می نماید، ایجاد مرکزیت در تصمیم گیری می باشد. استفاده از تکنولوژی مذکور باعث می شود که هر یک از سطوح زنجیره تامین به اطلاعات تقاضای مشتری نهایی دسترسی داشته باشند و با توجه به اطلاعات تقاضای مشتری نهایی، عامل مرکزی در خصوص میزان سفارش هر یک از سطوح زنجیره تامین تصمیم گیری می نماید.

۵.۲. ارتباط سطوح زنجیره تامین

در هر زنجیره تاملینی که شامل یک خرده فروش و تامین کننده باشد، توزیع کننده نیاز دارد که به اطلاعات تقاضا و عرضه دسترسی داشته باشد. اگر تقاضای خرده فروش زمانی وارد شود که تامین کننده دارای موجودی کافی باشد، زمان تحویل کوتاه خواهد بود و برعکس. بنابراین اگر تامین کننده مقدار موجودی اطمینان خود را افزایش دهد، خرده فروش خواهد توانست میزان موجودی اطمینان خود را کاهش دهد. این بدان معنی می باشد که میزان موجودی اطمینان در تمامی سطوح زنجیره می تواند به هم مربوط باشد. [۱۱]

یکی از کاربردهای اصلی عامل ها در زنجیره تامین ایجاد ارتباط بین سطوح مختلف زنجیره تامین می باشد. بایستی به این اصل مهم توجه داشته باشیم که مقدار وضعیت موجودی در سطوح مختلف زنجیره، وابسته به یکدیگر می باشد و هر سطح زنجیره نمی تواند بدون توجه به موقعیت موجودی سایر سطوح، خط مشی سفارشی خود را تبیین نماید. به منظور ارتباط دادن سطوح مختلف زنجیره در مدل جدید، مقدار موجودی اطمینان هر سطح، بصورت موجودی اطمینان مابین سطح مذکور و سطح پایین تر تعریف می گردد. این موجودی را موجودی اطمینان سطوح زنجیره تامین می نامیم. برای مثال موجودی اطمینان خرده فروش، فقط شامل موجودی اطمینان موجود در خود خرده فروش می باشد. موجودی اطمینان توزیع کننده شامل موجودی اطمینان توزیع کننده بعلاوه خرده فروش می باشد.

۵.۳. عکس‌العمل خودکار سطوح زنجیره نسبت به تغییرات

همانطور که در قسمت های قبلی ذکر شد یکی دیگر از قابلیت های اصلی عامل ها، عکس‌العمل نشان دادن نسبت به تغییرات محیط می باشد. گفتیم که عامل ها اطلاعات را از محیط بیرون جمع آوری کرده و نسبت به آن تصمیم گیری می نمایند. عامل ها با توجه به تغییراتی که از محیط بیرون دریافت می نمایند، این تغییرات را تحلیل نموده و با توجه به محدوده ای که برای آنها تعیین شده و اقداماتی که تعریف شده در مقابل هر یک از تغییرات خاص، اقدامات^۷ خاصی را انجام می دهند.

ما می توانیم از این قابلیت عامل های هوشمند در زنجیره تامین استفاده نماییم. همانطور که گفتیم یکی از شاخص های اصلی که عملکرد زنجیره تامین را پایش می نمایند نرخ بازسازی موجودی (fraction rate) می باشد. در مدل شبیه

⁵ Purely reactive agent

⁶ State based agent

⁷ Action

سازی که طراحی شده، اطلاعات عملکرد دوره های قبلی توسط عامل ها جمع آوری شده و نسبت بازپرسی موجودی در هر دوره محاسبه می گردد و در صورتیکه این نرخ از مقدار مشخصی که با توجه به خط مشی مدیریت معین می گردد کمتر باشد، عامل بصورت خودکار سطح خدمت رسانی به مشتری را افزایش می دهد. این مقدار در مدل به این صورت تعریف شده است که اگر نرخ بازپرسی موجودی در سطح اول کمتر از ۰،۷ باشد، عامل سطح خدمت رسانی را به میزان ۰،۰۵، اگر نرخ بازپرسی کمتر از ۰،۸ باشد عامل سطح خدمت رسانی را به میزان ۰،۰۳ و در صورتیکه نرخ بازپرسی موجودی کمتر از ۰،۸۵ باشد، عامل سطح خدمت رسانی را به میزان ۰،۰۱ افزایش داده و بدین صورت بصورت مداوم نسبت به تغییرات واکنش نشان می دهد.

۶. نتایج اجرای مدل شبیه سازی و مقایسه شاخص ها

در ادامه به بررسی نتایج اجرای مدل شبیه سازی شده در دو حالت مدل لولیه و زنجیره تامین با وجود عامل های هوشمند و تحلیل نتایج حاصله می پردازیم.

۱.۶. مقادیر ضربه شلاقی

مقدار کمی ضربه شلاقی به صورت مقدار پراکندگی تقاضای دریافتی از مشتری نهایی به پراکندگی تقاضای ارائه شده به تامین کنندگان در سطح بالای زنجیره تامین تعریف می گردد. یعنی داریم:

$$Bullwhip = \frac{\text{var}(O)}{\text{var}(D)}$$

این تغییرات در قالب افزایش تغییرات سفارش ارائه شده به تامین کنندگان سطوح بالای زنجیره تامین نمود پیدا می کند. این نوسانات تقاضا باعث ایجاد هزینه هایی از جمله هزینه های بالای راه اندازی ماشین آلات تولیدی، هزینه های بالای تولید و بالا رفتن زمان پر کردن موجودی می گردد: مقادیر ضربه شلاقی در ده بار اجرای مدل اولیه در جدول شماره یک آمده است.

مقادیر ضربه شلاقی در مدل اولیه										
تکرار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
ضربه شلاقی	۲،۷۷۹۳	۲،۹۵۳۳	۳،۱۴۰۸	۳،۲۴۹۴	۲،۶۹۹۴	۲،۹۳۷۴	۳،۱۴۷۸	۲،۹۶۲۹	۳،۰۶۱۸	۳،۱۲۱۷

جدول شماره یک

در مورد زنجیره تامین با وجود عامل های هوشمند دو حالت وجود دارد، حالت اول زمانی می باشد که ارتباط بین موقعیت موجودی سطوح مختلف زنجیره تامین در نظر گرفته شود و حالت دوم بدون در نظر گرفتن این ارتباط می باشد. علت جدا نمودن این دو حالت این می باشد که ایجاد ارتباط بین سطوح زنجیره باعث ایجاد نوسان در موجودی سطوح مختلف و تشدید پدیده ضربه شلاقی می گردد، زیرا همان طور که مشخص می باشد ایجاد این ارتباط باعث می گردد که تغییر در سطح موجودی یکی از سطوح زنجیره، سریعاً بر روی موجودی سایر سطوح اثر گذاشته و تغییرات سطح موجودی را در طول زنجیره تشدید می نماید ولی در عوض باعث کاهش هزینه نگهداری موجودی در سطوح بالایی زنجیره تامین می گردد که در قسمت بعدی به بررسی آن می پردازیم.

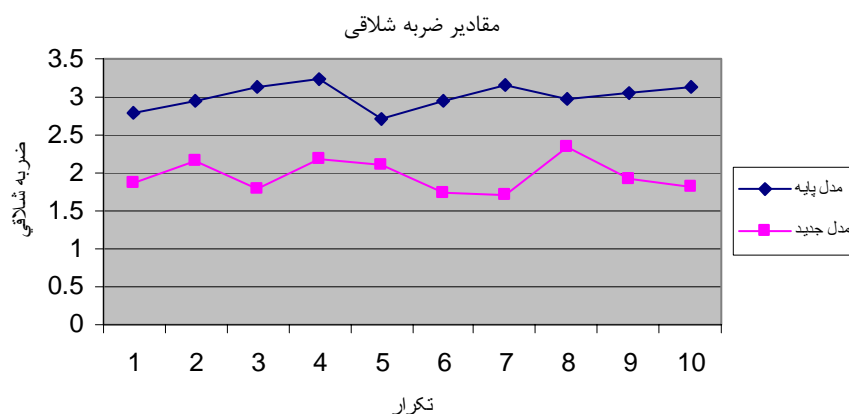
مقدار ضربه شلاقی در زنجیره تامین، با وجود عامل های هوشمند و بدون در نظر گرفتن ارتباط سطوح زنجیره در ده بار اجرای مدل شبیه سازی در جدول شماره دو ذکر شده است.

مقادیر ضربه شلاقی در مدل بهبود یافته بدون در نظر گرفتن ارتباط سطوح زنجیره تامین										
تکرار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
ضربه شلاقی	۱,۸۸۰۵	۲,۱۶۴۴	۱,۸۰۱۴	۲,۱۹۵۲	۲,۰۹۵۹	۱,۷۲۸۹	۱,۷۲۲۸	۲,۳۵۱۷	۱,۹۱۴۲	۱,۸۲۵۷

جدول شماره دو

متوسط مقدار ضربه شلاقی در مدل پایه برابر ۳,۰۰۵ و در مدل جدید، بدون ارتباط سطوح زنجیره تامین برابر ۱,۹۶۸۱ می باشد.

مقایسه مقادیر فوق در دو مدل به صورت زیر می باشد:



نمودار شماره یک

همانطور که در نمودار شماره یک دیده می شود مقادیر ضربه شلاقی در مدل جدید به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. علت این مسئله، همانطور که قبلا هم گفته شد ایجاد مرکزیت در تصمیم گیری توسط عمل ها و تصمیم گیری در مورد سفارش دهی تمامی سطوح زنجیره بر اساس میزان درخواست و پیش بینی درخواست مشتری نهایی می باشد. این مسئله باعث می شود خطاهایی که در پیش بینی مقادیر تقاضا در طول زنجیره تامین ایجاد شده و با بالا رفتن در طول زنجیره بر روی هم انباشته می شود کاهش یافته و در نتیجه نوسان سطح موجودی در طول زنجیره تامین به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا کند. مقدار ضربه شلاقی در زنجیره تامین، با وجود عامل های هوشمند و با ایجاد ارتباط سطوح زنجیره در ده بار اجرای مدل شبیه سازی در جدول شماره سه آمده است.

مقادیر ضربه شلاقی در مدل بهبود یافته با ایجاد ارتباط سطوح زنجیره تامین										
تکرار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
ضربه شلاقی	۵,۶۳۲۵	۵,۵۹۷۶	۷,۴۷۰۰	۶,۸۶۲۵	۶,۳۵۳۲	۵,۵۴۳۴	۷,۱۱۶۲	۵,۲۶۵۳	۵,۴۲۳۶	۶,۹۴۹۶

جدول شماره سه

میانگین ضربه شلاقی در این مدل برابر با ۶،۲۲۱۳ می باشد. علت این افزایش ارتباط بین سطوح زنجیره می باشد، چنانچه موجودی هر یک از سطوح زنجیره تغییر نماید، این تغییر روی موجودی بقیه سطوح اثر مستقیم گذاشته و این ارتباط باعث افزایش تغییرات در طول زنجیره تامین می گردد.

۲،۶. هزینه زنجیره تامین

اصلی ترین شاخصی که می توان با کمک آن در مورد عملکرد زنجیره تامین قضاوت نمود، هزینه کلی زنجیره تامین در دوره مورد بررسی می باشد. متغیرهای مورد نیاز برای محاسبه هزینه زنجیره تامین، مقدار موجودی در دست و مقدار سفارش عقب افتاده هر سطح زنجیره در هر دوره تحت بررسی می باشد. هزینه سطح اول، شامل هزینه های کمبود و نگهداری موجودی در نظر گرفته شده ولی برای سطوح دوم و سوم تنها هزینه نگهداری موجودی در نظر گرفته شده است. هزینه سطوح زنجیره تامین در مدل پایه در جدول شماره چهار خلاصه شده است.

هزینه سطوح موجودی در مدل اولیه										
تکرار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
سطح ۱	۲۹۱۱،۱۷۵	۳۰۳۸،۱۶۵	۲۵۲۰،۰۸۱	۲۱۹۲،۵۵۸	۲۷۳۷،۵۷۲	۲۳۰۳،۶۹۶	۳۷۳۵،۶۶۷	۳۸۰۱،۳۱	۲۸۲۶،۷۲۷	۳۷۲۰،۳۲۶
سطح ۲	۵۴۷۳،۲۶۴	۵۸۳۴،۹۵	۵۵۳۵،۱۹	۸۴۲۰،۹۹۷	۵۳۸۶،۲۱۴	۶۰۰۷،۸۷۹	۹۱۹۹،۳۰۱	۷۹۰۵،۲۲۶	۵۶۲۰،۹۷۸	۶۹۰۵،۳۴
سطح ۳	۹۰۶۸،۵۵۳	۹۵۳۵،۱۸۵	۹۰۴۶،۹	۱۸۶۰،۹۹۷	۸۶۲۲،۰۵۸	۱۲۶۳۲،۲۳	۲۰۱۳۸،۲۹	۱۳۹۸۴،۹۷	۹۵۸۱،۷۴۲	۱۲۸۹۰،۷
میانگین	۵۸۱۷،۶۶۴	۶۱۳۶،۱	۵۷۰۰،۷۲۴	۹۷۴۱،۱۷۷	۵۵۸۱،۹۴۸	۶۹۸۱،۲۶۸	۱۱۰۲۴،۴۲	۸۵۶۳،۸۳۴	۶۰۰۹،۸۱۶	۷۸۳۸،۷۹

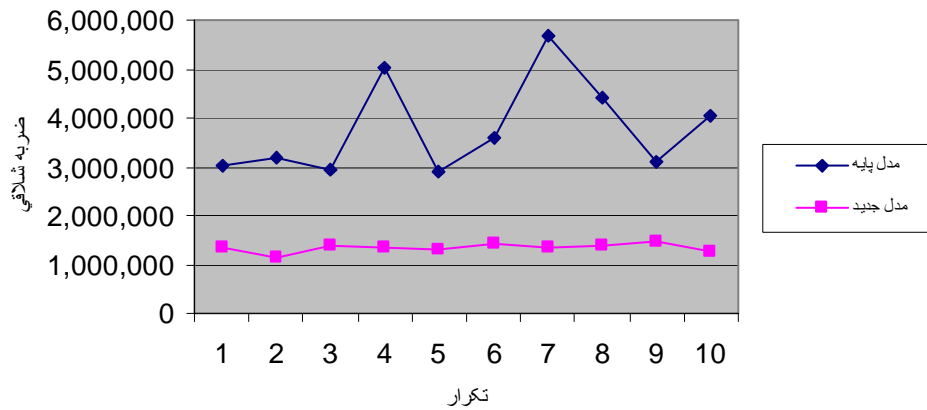
جدول شماره چهار

همانطور که دیده می شود هر چقدر به طرف سطوح بالایی زنجیره حرکت می کنیم مقدار هزینه سطوح افزایش پیدا می کند. علت این مسئله این می باشد که با انباشته شدن خطای پیش بینی در سطوح بالایی زنجیره و افزایش سطح موجودی در دست، هزینه موجودی افزایش پیدا می کند. هزینه سطوح زنجیره تامین در مدل جدید بر اساس عامل های هوشمند در جدول شماره پنج خلاصه شده است.

هزینه سطوح موجودی در مدل بهبود یافته بر اساس عامل های هوشمند										
تکرار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
سطح ۱	۴۹۱۰،۲۴۷	۴۴۷۷،۹۴۹	۵۱۳۷،۵۲۷	۵۴۰۴،۳۰۶	۵۱۱۷،۶۹۷	۵۷۱۸،۴۳۷	۶۱۸۰،۸۷۷	۵۴۹۸،۲۲۶	۶۱۷۹،۴۴۳	۴۹۷۸،۳۴۷
سطح ۲	۱۴۱۱،۶۴	۷۲۹،۲۶۸۵	۱۵۸۳،۳۴۳	۹۸۱،۱۶۱۳	۱۰۱۱،۲۷۷	۹۷۸،۸۷۱۱	۲۰۰،۹۶۴۴	۱۱۰۳،۲۵۶	۹۱۱،۰۴۰۱	۹۸۰،۱۹۵۵
سطح ۳	۱۴۱۴،۱۱۸	۱۴۲۹،۳۱۵	۱۲۸۰،۶۶۱	۱۵۲۹،۶۳۳	۱۵۸۱،۱۷۱	۱۵۲۰	۱۳۹۱،۱۴۴	۱۵۷۲،۷۳۱	۱۴۰۲،۲۸	۱۳۱۴،۲۰۸
میانگین	۲۵۷۸،۶۶۸	۲۲۱۲،۱۷۸	۲۶۶۷،۱۷۷	۲۶۳۸،۳۶۷	۲۵۷۰،۰۴۸	۲۷۳۹،۱۰۳	۲۵۹۰،۹۹۵	۲۷۲۴،۷۳۷	۲۸۳۰،۹۲۱	۲۴۲۴،۲۵

جدول شماره پنج

همانطور که در بالا دیده می شود در مدل جدید با بالا رفتن در طول زنجیره هزینه زنجیره کاهش پیدا می کند و علت آن وجود مرکزیت تصمیم گیری و تعدیل و ارتباط موجودی سطوح زنجیره تامین می باشد. مقایسه مجموع هزینه زنجیره تامین در دو مدل در نمودار شماره دو آورده شده است.



نمودار شماره دو

همانطور که دیده می شود مدل جدید بر اساس عملهای هوشمند دارای هزینه کمتر و یکنواختی بیشتری می باشد.

۳.۶. نرخ بازپرسازی موجودی

مقادیر نرخ بازپرسازی موجودی در مدل اولیه و بهبود یافته در جداول شماره شش و هفت خلاصه شده است.

مقادیر نرخ بازپرسازی موجودی در مدل اولیه										
تکرار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
ضربه شلاقی	۰٫۹۳۲۸	۰٫۹۳۲۵	۰٫۹۲۷۷	۰٫۹۳۷۳	۰٫۹۲۷۴	۰٫۹۳۷۸	۰٫۹۳۷۴	۰٫۹۳۲۳	۰٫۹۳۸۸	۰٫۹۳۵۸

جدول شماره شش

مقادیر نرخ بازپرسازی موجودی در مدل بهبود یافته بر اساس عامل های هوشمند										
تکرار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
ضربه شلاقی	۰٫۹۳۴۷	۰٫۹۳۳۲	۰٫۹۲۱۷	۰٫۹۳۲	۰٫۹۲۶۹	۰٫۹۴۰۳	۰٫۹۲۸	۰٫۹۳۷۲	۰٫۹۳۲۷	۰٫۹۳۵۸

جدول شماره هفت

در صورتیکه آزمون فرض برابری میانگینهای دو مدل را انجام دهیم، مقدار P-value برابر ۰٫۵۴ بوده و در نتیجه فرض برابری میانگینها پذیرفته می شود. بنابراین می بینیم که با وجود کاهش سطح موجودی، هزینه موجودی و اثر شلاقی در مدل جدید مقدار شاخص مرتبط با مشتری نیز کاهش پیدا نمی کند.

۷. نتیجه گیری

در این بررسی سعی شده است زنجیره تامین بر اساس عامل های هوشمند شبیه سازی گردد. شاخص هایی به منظور پایش نمودن عملکرد زنجیره تامین قرار داده شده و از قابلیت عامل ها در سه جنبه زیر در مدل استفاده شده است:

- ایجاد مرکزیت در تصمیم گیری، به اشتراک گذاری اطلاعات در طول زنجیره تامین و در نظر گرفتن کل زنجیره تامین در تصمیم گیریها
- مرتبط نمودن موجودی سطوح مختلف زنجیره تامین به یکدیگر و ایجاد عکس العمل در هر یک از سطوح نسبت به تغییرات موقعیت موجودی در سایر سطوح
- بازخور مستقیم عامل ها از عملکرد زنجیره تامین به صورت مداوم و عکس العمل های مستقل و خودکار سطوح با توجه به این بازخورها

در این مقاله نشان داده شده است که عامل های هوشمند می توانند بدون لطمه زدن به سطح خدمت رسانی زنجیره به مشتری، شاخص های کارایی زنجیره را بهبود داده و هزینه زنجیره تامین را کاهش دهند. بایستی توجه داشته باشیم که در راه پیاده نمودن سیستمهای چند عاملی مشکلاتی از جمله عدم اعتماد مدیران به این سیستمها و عدم اعتماد کامل سطوح مختلف زنجیره برای به اشتراک گذاری اطلاعات در سازمانها وجود دارد.

[1] هاشم محلوجی، شبیه سازی سیستمهای گسسته-پیشامد، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۶

[2] Fredrik Persson, Jan Olhager, Performance simulation of supply chain designs, International journal of production economics, 2002, pp. 231-245

[3] J. Dejonckheere, S.M. Disney, M.R. Lambrecht, D.R. Towill, Measuring and avoiding the bullwhip effect: A control theoretic approach, European journal of operational research, 2002, pp. 567-590

[4] Jeon G. Kim, Dean Chatfield, Terry P. Harrison, Jack C. Hayya, Quantifying the bullwhip effect in a supply chain with stochastic lead time, European journal of operational research, 2005, pp. 1-20

[5] Xiaolong Zhang, The impact of forecasting methods on the bullwhip effect, International journal of production economics, 2003, pp. 15-27

[6] S.M. Disney, D.R. Towill, On the bullwhip and inventory variance produced by an ordering policy, 2001, Omega, pp. 157-167

[7] Steven O. Kimbrough, D.J. Wu, Fang Zhong, Computers play the beer game: can artificial agents manage supply chains?, Decision Support Systems, 2002, pp. 323-333

[8] P. Fiala, Information sharing in supply chains, Omega, 2004, pp. 419-423

[9] Wen-Yau Liang, Chun-Che Huang, Agent-based demand forecast in multi-echelon supply chain, Decision Support Systems, 2005, pp. 1-18

[10] Michael Wooldridge, An introduction to multi-agent systems, August 2002

[11] Sunil Chopra, Peter Meindl, Supply Chain Management, Strategy, Planning and Operation, Prentice-Hall of India, 2005

[۱۲] سید کمال چهارسوقی، حمیدرضا فرامرزی، بررسی تاثیر پیش بینی تقاضا بر روی تغییر اطلاعات در زنجیره تامین، پروژه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۳

[۱۳] رضا زنجیرانی فراهانی، نسرین عسگری، مدیریت زنجیره تامین و برنامه ریزی پیشرفته، انتشارات ترمه، ۱۳۸۲.

Surf and download all data from SID.ir: www.SID.ir

Translate via STRS.ir: www.STRS.ir

Follow our scientific posts via our Blog: www.sid.ir/blog

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: www.sid.ir/workshop