بررسی اثر الگوی سفارش‌دهی X+Y بر کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین

عیسی نخعی کمال آبادی[۱]، جعفر حیدری[۲]، محسن کیوانلو شهرستانکی[۳]، مجتبی صفریان[۴]

چکیده

اثر شلاقی یکی از آثار نامطلوب در زنجیره تامین است، این اثر بخصوص در زنجیره‌های تامین با تعداد سطوح زیاد مشکلات فراوانی ایجاد می کند و منجر به تحمیل هزینه‌های هنگفتی به کلیه اجزای زنجیره می‌شود. تاثیر مثبت مکانیزم‌های سفارش‌دهی در کاستن از این اثر همواره مورد توجه محققان بوده است. در این مقاله الگوی سفارش‌دهی X+Y معرفی شده و کاربردهای آن در سه مدل سفارش‌دهی یک به یک، مدل ژنتیکی و مدل سفارش‌دهی RLOM بررسی شده است. تاثیر این الگوی سفارش‌دهی بر روی اثر شلاقی با پیاده‌سازی آن در قالب مدل‌های سفارش‌دهی مذکور سنجیده شده و در نهایت نشان داده شده است که الگوی سفارش‌دهی X+Y که بیان‌کننده میزان انحراف لازم در میزان سفارش صادر شده توسط یک سطح زنجیره تامین نسبت به سفارش رسیده توسط سطح پایین‌دست است، یک الگوی سفارش‌دهی با توان بالقوه بسیار بالا در جهت کاستن از اثر شلاقی است.

واژگان کلیدی: زنجیره تامین، اثر شلاقی، الگوی X+Y، سفارش‌دهی

Abstract

As many researches show the bullwhip effect has undesirable effects especially on multi-echelon supply chains which usually enhance the costs of the elements in the chain. One of the most welcomed techniques to reduce such costs focuses on improving the ordering mechanisms. In this research we propose a new ordering model based on the X+Y learning agents with its applications in One-One ordering model, genetic ordering model and finally RLOM ordering model. The results of this research indicate that the X+Y model has potentially the best outcomes in reducing the bullwhip effects when we have necessary deviation from the ordering level by one echelon of the supply chain where the orders are received from downstream customers.

Keywords: supply chain, bullwhip effect, X+Y model, ordering

۱- مقدمه

افزایش روز افزون رقابت‌پذیری و گسترش حوزه فعالیت سازمان‌ها به بازارهای جهانی شرایطی را به وجود آورده است که در آن شرط بقای سازمان‌ها محور قرار دادن نیاز مشتری و عکس‌العمل سریع در مقابل تغییرات بازار می‌باشد. از این رو هماهنگی در زنجیره تامین کالاها مساله‌ای اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. یک زنجیره تامین شامل تمامی شرکایی است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در تامین نیاز مشتری دخیل هستند. همچنین زنجیره تامین نه تنها شامل تولیدکنندگان و تامین‌کنندگان است، بلکه حمل و نقل، انبارها، خرده‌فروشان و خود مشتریان را نیز شامل می‌شود.[۱] زنجیره تامین علاوه بر سیستم‌های تولیدی، سیستم‌های خدماتی را نیز شامل می‌گردد. اگر چه پیچیدگی زنجیره ممکن است از یک صنعت تا صنعت دیگر و از سازمانی به سازمان دیگر بسیار متفاوت باشد، با این حال هدف کلی مدیریت زنجیره تامین در موارد مختلف تا حد زیادی مشابه یکدیگر است.

هدف مدیریت زنجیره تامین و بخصوص مدیریت

۱- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه کردستان
۲- دانشجوی دکترای مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس

موجودی‌ها در زنجیره تامین کاهش هزینه کلی زنجیره بوده و همین مطلب باعث شده است که زنجیره نیازمند همکاری متقابل اجزای آن باشد. هماهنگی در زنجیره تامین در صورتی بهبود می‌یابد که تمامی اجزا اقداماتی هماهنگ انجام دهند و در نتیجه کل زنجیره به عنوان یک کل سود می دهد. هماهنگی در زنجیره تامین نیازمند این است که هر جزء از زنجیره این واقعیت را مد نظر قرار دهد که فعالیت‌هایش بر دیگر اجزای زنجیره تامین نیز تاثیر می‌گذارد.

یکی از دلایل عدم هماهنگی در زنجیره تامین به این خاطر است که اعضای زنجیره دارای اهدافی هستند که گاه با اهداف دیگر اجزای زنجیره در تضاد است. در صورتی که هر جزء از زنجیره تامین بخواهد به تنهایی اهداف خود را بهینه نموده و در نتیجه سود خود را حداکثر نماید، منجر به کاهش سود کلی زنجیره خواهد شد. یکی دیگر از دلایل عدم هماهنگی این است که اطلاعاتی که در بین اعضا رد و بدل می‌شود دارای تاخیر بوده و یا تحریف می‌شوند. از آنجا که تمامی اطلاعات در زنجیره تامین به اشتراک گذاشته نمی‌شود ممکن است اطلاعات در عبور از مراحل مختلف تحریف شوند. این تحریف اطلاعات با توجه به افزایش تنوع محصولات در زنجیره‌های تامین بیشتر شده است. امروزه دغدغه اصلی در دستیابی به هماهنگی در زنجیره تامین با وجود تنوع محصولات و مالکیت‌های مختلف اجزای زنجیره است.

یکی از پدیده‌های که هماهنگی در زنجیره تامین را با چالش مواجه می‌سازد پدیده‌ای به نام اثر شلاقی است. اثر شلاقی به پدیده‌ای اطلاق می‌گردد که در آن نوسانات در سفارشها در عبور از مراحل مختلف زنجیره تامین افزایش می‌یابد. این افزایش می‌تواند باعث بی‌ثباتی در زنجیره تامین گردد و در نتیجه افزایش هزینه‌های کلی زنجیره را باعث شود[۲]. یکی از عوامل موثر بر میزان اثر شلاقی در زنجیره تامین سیاست‌های سفارش‌دهی است که توسط اعضای زنجیره اتخاذ می‌گردد[۳]. این مقاله اثر الگوی سفارش‌دهی X+Y را بر کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین مورد بررسی قرار می‌دهد.

۲- مرور چارچوب موضوع

۲-۱- زنجیره تامین

با ظهور بازار رقابتی جهانی همراه با گسترش تنوع نیاز مشتریان و افزایش قدرت چانه‌زنی آن‌ها، سازمان‌ها در صورتی می‌توانند به بقای خود ادامه دهند که نیاز مشتری را محور فعالیت‌هایشان قرار داده و بتوانند عکس‌العمل سریعی در مقابل تغییرات نیازهای مشتریان داشته باشند. در این شرایط سازمان‌ها برای ادامه حضور در این بازار رقابتی چاره‌ای جز داشتن هماهنگی و همکاری مناسب با شرکای تامین منابع و توزیع کالا و به طور خلاصه با کل زنجیره تامین شان ندارند. به منظور هماهنگ نمودن و مدیریت همکاری‌ها در زنجیره تامین مفهوم مدیریت زنجیره تامین شکل می گیرد که وظیفه آن یکپارچه‌سازی فعالیت‌های درون زنجیره را از طریق بهبود روابط درون زنجیره تامین به منظور دست‌یابی به یک موقعیت رقابتی قابل اتکا و ادامه‌دار است.

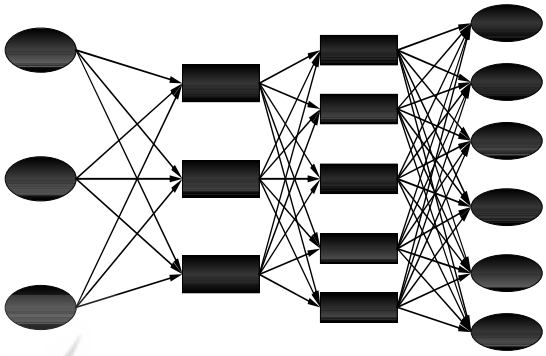
تعاریف متعددی از زنجیره تامین و مدیریت زنجیره تامین توسط محققان ارائه شده است؛ لی و بیلینگتون[1] زنجیره تامین را این طور تعریف می‌کنند : یک زنجیره تامین شبکه‌ای از تسهیلات[2] مختلف است که کار تدارکات مواد اولیه، تبدیل مواد اولیه به محصول نیمه‌ساخته و نهایی و توزیع محصول نهایی به مشتریان را انجام می‌دهد. آنها مدیریت زنجیره تامین را هماهنگی جریان اطلاعات، مواد و جریان مالی در بین اجزای مختلف زنجیره تامین می‌دانند[۴]. تعریفی که دانشگاه MIT از مدیریت زنجیره تامین دارد بیان می‌دارد که « مدیریت زنجیره تامین عبارتست از یک رویکرد یکپارچه فرآیندگرا برای تامین مواد اولیه و اقلام مورد نیاز ، تولید و تحویل محصولات و خدمات به مشتریان».

با وجود تعاریف متفاوتی که از زنجیره تامین و

[1] H.L. Lee & C. Billington
[2] Facilities

مدیریت آن وجود دارد، هدف مشترکی در آنها دیده می‌شود که همانا افزایش سودآوری سازمان‌ها و دست‌یابی به موقعیت رقابتی قابل اتکا از طریق بهبود روابط درون زنجیره تامین است.

شکل (۱) نشان دهنده مدل عمومی زنجیره تامین می‌باشد.



شکل۱- مدل عمومی زنجیره تامین

در هر زنجیره تامین شرکت‌ها می‌بایست در مورد پنج زمینه زیر تصمیم‌گیری نمایند[۵]:

۱- **تولید**: بازار چه محصولی را نیاز دارد؟ چه مقدار و چه زمانی باید از هر محصول تولید شود؟ این فعالیت شامل ایجاد برنامه تولید جامع[۳] (MPS) می‌باشد که ظرفیت‌های کارخانه، تعادل (توازن)، کنترل کیفیت و نگهداری و تعمیرات را در بر دارد.

۲- **موجودی**[۴]: چه موجودی و در کدام انبار زنجیره تامین می‌بایست ذخیره شود؟ چه مقدار از این موجودی مواد اولیه، مواد نیمه‌ساخته و محصول نهایی است؟ هدف اولیه موجودی جهت مقابله با عدم اطمینان در زنجیره تامین می‌باشد؛ در عین حال نگهداری موجودی ممکن است هزینه بالایی داشته باشد؛ پس این سؤال مطرح می شود که: سطح بهینه موجودی و نقطه سفارش چقدر است؟

۳- **مکان‌یابی**: تسهیلات تولیدی و انبار موجودی‌ها کجا باید مستقر شوند؟ مکان‌های بهینه با کمترین هزینه برای تسهیلات تولیدی و انبار موجودی در چه جاهایی به دست می آی‌ند؟ آیا باید از تسهیلات موجود استفاده شود یا تسهیلات جدید اضافه گردد؟ در کنار تعیین مکان تسهیلات باید مسیرهای مختلف، جهت رساندن محصولات به مشتری نهایی نیز مشخص گردد.

٤- **حمل و نقل**: مواد و محصولات چگونه باید از یک مکان در زنجیره تامین به نقطه دیگر زنجیره منتقل شوند؟ باربری هوایی و حمل با کامیون عموما سریع و مطمئن می‌باشد، ولی در عین‌حال بسیار پر هزینه است. حمل از طریق دریا یا راه آهن بسیار کم هزینه‌تر است، ولی عموما دارای زمان حمل بالا و عدم اطمینان بالاتر است. این عدم اطمینان باید توسط نگهداری بیشتر موجودی در انبار جبران شود. اینکه در هر مورد از کدامیک از این وسایل حمل و نقل استفاده شود؛ سوالی است که باید با توجه به کل زنجیره تامین و ظرفیت‌ها پاسخ داده شود.

۵- **اطلاعات**: چه داده‌هایی نباید به اشتراک گذاشته شود و چه مقدار از اطلاعات در زنجیره تامین باید بین شرکا به اشتراک گذاشته شود؟ داشتن اطلاعات درست و به موقع باعث همکاری مناسب‌تر در بین شرکای زنجیره و تصمیم‌گیری بهتر می‌شود. با استفاده از اطلاعات مناسب و به موقع اجزای زنجیره می‌توانند تصمیمات موثری را درباره این که؛ چه محصولی و چه مقدار تولید از هر کدام تولید شود، موجودی‌ها کجا انبار شوند و بهترین روش برای حمل و نقل چیست، گرفته شود.

۲-۲- اثر شلاقی

خیلی از شرکت‌ها ردپای شرکت دل، کرایسلر و والمارت در بهبود زنجیره تامین خود و کاهش هزینه‌های عملیاتی را دنبال کرده‌اند. مدیریت زنجیره تامین با یکپارچه‌سازی و هماهنگ‌سازی فعالیت‌های زنجیره تامین توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده است. یکی از حوزه‌های فعال تحقیقات در زنجیره تامین

[3] Master Production Schedule
[4] Inventory

اثر شلاقی است که توسط فعالیت‌های لی[۵] و همکاران در سال ۱۹۹۷ به صورت گسترده‌ای مطرح شد[٦،٧]. اثر شلاقی عبارتست از افزایش نوسانات سفارشها در عبور از مراحل مختلف زنجیره تامین که باعث بی‌ثباتی در زنجیره تامین و افزایش هزینه‌های زنجیره می‌شود.

فعالیت‌های انجام شده توسط فورستر[٦] در زمینه اثر شلاقی باعث شد تا بسیاری از محققان بازی‌های کسب و کار مختلفی[۷] را جهت نشان دادن اثر شلاقی توسعه دهند. بازی شناخته شده نوشابه[۸] که توسط استرمن[۹] در سال ۱۹۸۹ معرفی شد این اثر را به خوبی نشان می‌دهد[۸]. سپس نسخه کامپیوتری بازی نوشابه در سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰ ارائه شد[۹]. البته نمونه‌های عملی از اثر شلاقی در جهان واقعی نیز به سادگی قابل مشاهده است. شکل (۲) اثر شلاقی مشاهده شده در دنیای واقعی را نشان می‌دهد. لی و همکاران در سال ۱۹۹۷ پنج منبع بالقوه ایجاد اثر شلاقی را معرفی نمودند: پردازش سیگنال تقاضا، زمان‌های تحویل غیر صفر، سفارش های دسته‌ای، سهمیه‌بندی در مواقع کمبود، و نوسانات و افزایش قیمت[٦،٧].

شکل ۲- پدیده شلاقی در زنجیره تامین

دو اثر پردازش سیگنال تقاضا و زمان‌های تحویل غیر صفر، « تقویت تقاضا» یا « اثر فورستر» نامیده شده‌اند[۱۰]. دسته‌بندی سفارشها که به اثر بوربریج[۱۰] نیز معروف است در ارتباط با تعیین اندازه اقتصادی سفارش است[۱۱]. سهمیه‌بندی یا اثرهولی‌هان[۱۱] نیز یکی دیگر از عوامل ایجاد اثر شلاقی است[۱۲]. ناپایداری قیمت نیز که یکی از عوامل ایجاد اثر شلاقی شناخته شده است، به اثر پیشروی معروف است[۱۳].

تحقیقات جدید در زمینه‌های کمی اثر شلاقی متمرکز شده است. میتر[۱۲] در سال ۱۹۹۷ نتایجی را ارائه داد که اثر شلاقی را بر روی سودآوری زنجیره تامین بررسی می‌نماید. فرانسو و ووتر[۱۳] در سال ۲۰۰۰ در مورد اندازه‌گیری اثر شلاقی به صورت کمی بحث نمودند.

بر اساس مطالعات صورت گرفته اثر شلاقی در زنجیره تامین می‌تواند بر اساس مقادیر نسبی ضریب تغییرات سفارشها و ضریب تغییرات تقاضا به سفارشها رسیده به زنجیره اندازه‌گیری گردد. چن[١٤] و همکاران در سال ۱۹۸۸ مدل‌های کمی در مورد اندازه‌گیری اثر تکنیک‌های پیش‌بینی و سیاست متمرکزسازی اطلاعات بر روی اثر شلاقی را ارائه دادند.

کیم[١٥] و همکاران او در سال ۲۰۰۵ اثر شلاقی را در حالتی که زمان‌های تحویل به شکل احتمالی باشند، محاسبه نمودند. آنها برای این منظور از مدل‌های آماری استفاده کردند که در آن تقاضاها در مراحل مختلف زنجیره تامین به صورت iid[١٦] می‌باشند[١٤].

امروزه اکثر مولفان از معادله زیر به منظور اندازه‌گیری اثر شلاقی استفاده می کنند[۱۵]. در این رابطه ORATE اشاره به سفارشها روی داده و CONSE اشاره به میزان مصرف دارد. اگر چه این معیار یک معیار اندازه‌گیری سودمند است لیکن تنها

[5] Lee
[6] Forrester
[7] business games
[8] Beer Game
[9] Sterman

[10] burbidge
[11] Houlihan
[12] Metter
[13] Fransoo & Wouter
[14] Chen
[15] Kim
[16] Identical Independent Distribution

واریانس خروجی را نسبت به واریانس ورودی به صورت عددی بیان می‌کند و به ساختاری که علت افزایش واریانس است، نمی‌پردازد[۱۶]. برای یک سیگنال تصادفی بدون تغییر در طول یک زمان طولانی در صورتی که سیستم خطی باشد، $\mu_{ORATE} = \mu_{CONS}$ است و داریم:

$$Bullwhip = VR_{ORATE} = \frac{\sigma^2_{ORATE} / \mu_{ORATE}}{\sigma^2_{CONS} / \mu_{CONS}} = \frac{\sigma^2_{ORATE}}{\sigma^2_{CONS}} \quad (۱)$$

این معیار نسبت واریانس‌ها می‌تواند به منظور عددی نمودن نوسانات موجودی واقعی(AINV) همانطور که در معادله زیر نشان داده شده است نیز به کار رود[۱۶]:

$$InventoryVarianceAmplification = VR_{AINV} = \frac{\sigma^2_{AINV}}{\sigma^2_{CONS}} \quad (۲)$$

می‌توان استنباط کرد که پیچیدگی اطلاعات تقاضا ممکن است به عنوان فاکتور اصلی در تشکیل اثر شلاقی مؤثر باشد و دلیل آن نیز سه پدیده است: الف)اطلاعات تقاضای اریب[۱۷] از طرف جزء پایین دست زنجیره تامین، ب) تاخیر در انتقال اطلاعات و ج) عملیات لجستیکی نامناسب در پاسخ‌دهی به تقاضای جزء پایین دست. اطلاعات تقاضای اریب می‌تواند نتیجه‌ای از نوسانات تقاضا در مشتری نهایی یا خطای تخمین تقاضای جزء پایین دست زنجیره باشد. تاخیر در انتقال اطلاعات بر کارایی به اشتراک‌گذاری اطلاعات در بین اجزای زنجیره تاثیر گذاشته و به شدت آثار تحریکی افزایش دهنده انحرافات تقاضای تخمین زده شده به وسیله تامین‌کنندگان در مورد افزایش تقاضای مشتری نهایی را بالا می‌برد. علاوه بر این، استراتژی‌های نادرست در مورد عملیات لجستیکی شامل پیش بینی تقاضا، روند افزایش اثر شلاقی را شدت می‌بخشد.

می‌توان نتایج وجود اثر شلاقی در زنجیره تامین را به صورت زیر بیان نمود[۱]:

- افزایش هزینه های تولیدی
- افزایش هزینه های موجودی و انبار
- افزایش زمانهای تحویل سفارشها
- افزایش هزینه های حمل و نقل
- افزایش هزینه های نیروی انسانی دریافت و ارسال محصولات
- کاهش سطح در دسترس بودن محصولات
- کاهش روابط نزدیک بین اجزاء در زنجیره تامین

آشنایی مدیران با اثر شلاقی باعث یافتن استراتژی‌های مناسب جهت مقابله با آن می‌شود. اقدامات زیادی جهت کاهش این پدیده انجام گرفته است. از جمله این اقدامات می‌توان به تسهیم اطلاعات، کارایی عملیاتی و تنظیم کانال‌ها[۱۸] اشاره کرد. با طبقه‌بندی کردن صحیح اطلاعات ، اطلاعات تقاضا از پایین زنجیره کاملاً به موقع، به بالای زنجیره انتقال پیدا می‌کند.

همچنین؛ منظور از تنظیم کانال‌ها هماهنگی بین فروش، حمل و نقل، برنامه‌ریزی موجودی و ایجاد همکاری صحیح بین زنجیره بالا و پایین است. کارایی عملیاتی نیز فعالیت‌هایی را که باعث بهبود عملکرد سیستم می‌شوند مانند کاستن هزینه‌ها و زمان‌های تأخیر را شامل می‌شود[۱۷].

با توجه به موارد ذکر شده چهار راه اساسی کاستن اثر شلاقی به شرح زیر می‌باشد[۶، ۱۸،۱۹]:

✓ **هماهنگ‌سازی پیش‌بینی تقاضا در زنجیره[۱۹]:**

در نظر گرفتن یک منبع واحد جهت پیش‌بینی تقاضا در طول زنجیره .

✓ **شکستن دسته‌های سفارش[۲۰]:**

شکستن دسته‌های سفارش و زیاد کردن دفعات سفارش باعث کاهش اثر شلاقی می‌شود.

[17] Bias

[18] Channel Alignment
[19] Avoid Multiple Forecast Updates
[20] Break Order Batches

✓ **تثبیت قیمت‌ها**[21]:

با ثابت نگه داشتن قیمت‌های محصول و جلوگیری از بالا رفتن نرخ‌ها نیز می‌توان اثر شلاقی را کنترل کرد.

✓ **ازبین بردن ریسک در کسری**[22]:

در شرایطی که تأمین‌کننده با کسری مواجه می‌شود به جای توجه به سفارشها دریافتی از مشتریان بهتر است براساس آمارهای قبلی فروش به درخواست‌کنندگان نیاز آنها را برطرف سازد. این راه باعث می‌شود تا مشتریان از مبالغه کردن در هنگام سفارش خودداری کنند. شرکت‌های بزرگی چون HP و GM از این روش استفاده می‌کنند.

یکی از مهمترین عواملی که می‌تواند در کاهش اثر شلاقی مؤثر باشد انتخاب صحیح سیاست سفارش‌دهی است، که در بخش بعد به آن پرداخته می‌شود.

۲-۳- الگوی X+Y

انبار به عنوان منبع سریع تامین محصولات برای مشتریان و به عنوان بافر در سیستم‌های تولیدی به کار می‌رود، اما محققین به این نتیجه رسیده اند که با وجود اثر شلاقی اغلب این مزایا از وجود موجودی در انبار به دست نمی‌آیند[۲۰]. مدیران بخش تولید و بازاریابی شدیداً علاقه‌مند به وجود موجودی در انبار هستند. بخش بازاریابی تمایل دارد تا سطح موجودی در انبار درحدی باشد تا بتواند سطح خدمت‌دهی مناسبی را برای مشتریان فراهم سازد. علاوه بر آن مدیران بخش تولیدی جهت کاهش فشارهای وارد شده به سیستم تولیدی ناشی از عدم قطعیت در تقاضا به ذخیره موجودی در انبار تمایل دارند. این فشارها خود را به شکل ظرفیت از دست رفته[23]، افزایش هزینه‌های حمل و نقل و قراردادهای جنبی، اضافه‌کاری و کم‌کاری نیروی کار[24]، آموزش و مشکلات کیفی در سیستم‌های تولیدی نشان می‌دهند. اغلب تعیین نتایج این مشکلات بسیار دشوار است، با این حال مدیران و محققان طی تحقیقات بسیاری مزایای طراحی سیاست‌های سفارش‌دهی را جهت کنترل سطح موجودی انبار، ارائه سطح خدمت‌دهی مناسب به مشتری و تعیین برنامه‌های تولیدی، نشان داده‌اند[۲۱،۲۲،۲۳]. در عمل قضاوت‌های کیفی توسط مدیران جهت برقراری تناسب[25] بین اثر شلاقی، هزینه‌های انبارداری و هزینه‌های کمبود از یک طرف و سطح خدمت‌رسانی به مشتری از طرف دیگر صورت می گیرد. سیاست‌های سفارش‌دهی در تعیین سطح موجودی انبار و نرخ تولید یک محصول نقش اساسی دارد. عامل کلیدی در طراحی یک سیاست سفارش‌دهی مناسب ایجاد تعادل بین هزینه‌های تولیدی و موجودی از یک طرف و سطح خدمت به مشتری از طرف دیگر است. به عبارت ساده‌تر می‌توان با استفاده از موجودی در انبار به یک سطح خدمت‌رسانی و سطح تولید کم‌نوسان[26] دست یافت. مدیران باید به این نکته توجه داشته باشند که نمی‌توان راهکار کلی جهت تعیین سیاست سفارش‌دهی ارائه نمود که در تمامی محیط‌ها و شرایط بهینه باشد و بایستی با توجه به شرایط محصولات و الگوی تقاضا بهترین سیاست اتخاذ گردد[۲٤].

با این حال الگوهای سفارش‌دهی مناسبی توسط محققان مختلف ارایه شده است که می‌تواند پایه مکانیزم سفارش‌دهی در مدل‌های تعیین اندازه سفارش قرار گیرد. یکی از این الگوهای سفارش‌دهی الگوی X+Y می‌باشد[۲۵] . این الگوی سفارش‌دهی یکی از الگوهای مناسب در جهت کاهش اثر شلاقی شناخته شده است که می‌تواند بر روی مدل‌ها و مکانیزم‌های مختلف سفارش‌دهی به منظور تعیین یک سیاست سفارش‌دهی نزدیک بهینه به کار برده شود. تاثیر مثبت این الگوی سفارش‌دهی بر روی اثر شلاقی نشان داده شده

[21] Stabilize Prices
[22] Eliminate Gaming in Shortage
[23] Lost Capacity
[24] Over and under-time
[25] Trade off
[26] Smooth

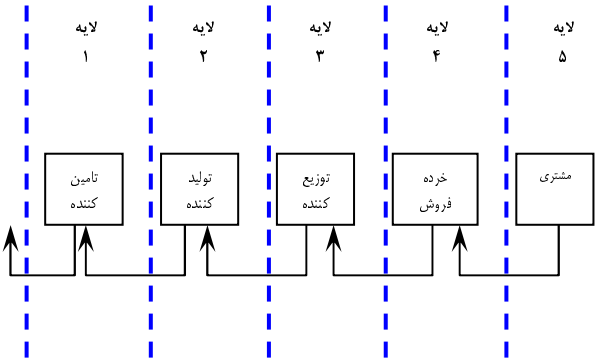
است[۲۵].

در حقیقت الگوی سفارش‌دهی X+Y را می‌توان به این صورت تعریف کرد که، در هریک از سطوح زنجیره تامین در صورتی که سفارش رسیده از جزء پایین‌دست به اندازه X واحد باشد، جزء مذکور به اندازه X+Y به جزء بالادست سفارش صادر نماید که مقدار Y می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد. به عبارت دیگر الگوی X+Y بیانگر ایجاد تغییر به اندازه Y در سفارش رسیده از جزء پایین‌دست می‌باشد.

بنابر تعریف انجام شده مشخص است که مدل‌های سفارش‌دهی که از این الگوی استفاده می‌کنند در حقیقت تعیین‌کننده مقدار Y در رابطه با X+Y می‌باشند به نحوی که سیستم را به سمت نتیجه ی بهینه نزدیک نمایند. در این بین سه شیوهٔ ارایه شده در چارچوب موضوع که از این سیاست سفارش‌دهی استفاده کرده‌اند معرفی شده و میزان اثر شلاقی ایجاد شده توسط آنها بررسی می‌گردد. این سه شیوه به ترتیب یک به یک[۲۷]، مدل ژنتیک[۲۵] و مدل سفارش‌دهی RLOM[28] [۲۶] می‌باشند.

۳- اثر شلاقی ایجاد شده توسط الگوی X+Y

در این بخش اثر الگوی سفارش‌دهی X+Y بر کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین بررسی می‌گردد. برای این منظور از سه شیوهٔ ارائه شده در ادبیات که از این الگو استفاده کرده‌اند استفاده می‌شود. زنجیره تامین مورد بررسی چهار جزئی مطابق شکل (۳) بوده و در آن تقاضای مشتری و زمان‌های تحویل به صورت احتمالی می‌باشد. داده‌های این مدل از مساله‌ای که توسط کیمبراف[۲۹] و همکاران در سال ۲۰۰۲ طرح گردیده است گرفته شده‌اند[۲۵].



شکل۳- زنجیره تامین سری

۳-۱- مدل یک به یک

مدل یک به یک مکانیزمی سنتی بر پایه الگوی سفارش‌دهی X+Y است که در آن مقدار Y برای کلیه حالات صفر است. به عبارت دیگر در این مدل سفارش‌دهی اندازه سفارش هریک از اجزا مستقل از کلیه متغیرهای سیستم برابر با میزان سفارش رسیده از جزء پایین‌دست می‌باشد. در این مدل سفارش‌دهی در هر مقطع زمانی به اندازه سفارش رسیده از جزء پایین‌دست به جزء بالادست سفارش صادر می‌شود. بنابراین انتظار وجود اثر شلاقی در این سیستم سفارش‌دهی وجود ندارد با این حال علی‌رغم وجود این نکته مثبت در این روش سفارش‌دهی که اثر شلاقی ایجاد نمی‌کند، هزینه‌های موجودی ایجاد شده توسط این مدل سفارش‌دهی در سیستم‌های پویا در حد قابل قبولی نمی‌باشد. مدل سفارش‌دهی یک به یک در شرایط کاملا قطعی نتیجهٔ بهینه سیستم سفارش‌دهی را تولید می‌کند.

با استفاده از داده‌های بازی نوشابه[۲۵] مقدار اثر شلاقی ایجاد شده توسط این سیاست سفارش‌دهی اندازه‌گیری شده است. به منظور اندازه‌گیری اثر شلاقی رابطه زیر را مورد استفاده قرار داده اند:

$$\text{مقدار اثر شلاقی} = \frac{\text{واریانس سفارشهای صادر شده}}{\text{واریانس سفارشهای رسیده}} \qquad (۳)$$

در این رابطه حصول مقدار بزرگتر از یک نشان‌دهنده افزایش واریانس سفارشها در خلاف جهت جریان کالا در زنجیره تامین یا به عبارت بهتر به معنای افزایش اثر شلاقی است. در حقیقت در کاهش اثر

[27] One-to-One
[28] **R**einforcement **L**earning **O**rdering **M**echanism
[29] Kimbrough

شلاقی هدف نزدیک کردن مقدار حاصل شده از رابطه (۳) به یک است.

جدول ۱ میزان اثر شلاقی به دست آمده از مدل یک به یک را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقدار اثر شلاقی ناشی از مدل سفارش‌دهی یک به یک

سطح	خرده فروش	توزیع‌کننده	تولیدکننده	تامین‌کننده
مقدار اثر شلاقی	۱	۰،۹۹۰۹۷	۰،۹۴۰۶۹	۰،۹۵۴۸۸

همانطور که در جدول (۱) مشخص شده است مقادیر محاسبه شده برای اثر شلاقی به یک نزدیک می‌باشد به نحوی که می‌توان ادعا نمود که در این مدل سفارش‌دهی که یک الگوی X+Y با مقدار Y=0 است اثر شلاقی وجود ندارد. ولی در عین حالی که این مدل اثر شلاقی ایجاد نمی‌کند، استفاده از این مدل هزینه‌های زیادی را به زنجیره تحمیل می‌کند.

۳-۲- مدل ژنتیکی

مدل سفارش‌دهی بر پایه شیوهٔ ژنتیک[۲۵] یک مدل فراابتکاری بر پایه شیوهٔ ژنتیک است که از الگوی سفارش‌دهی X+Y استفاده می‌کند. در این مدل مقادیر Y برای هریک از اجزای زنجیره ثابت در نظر گرفته شده است؛ نتایج حاصل از این مدل در یک زنجیره چهار عضوی به صورت یک بردار چهار عنصری ثابت می‌باشد؛ به عنوان مثال مولفان این مدل سفارش‌دهی نشان داده‌اند که قانون حاصل شده از این مدل سفارش‌دهی در مورد مساله آزمایش بازی نوشابه در حالتی‌که مقدار تقاضای مشتری نهایی و همچنین زمان تحویل اجزاء نامعین باشد عبارتست از: (X+1,X+1,X+2,X+1) بنابراین قانون به عنوان مثال مقدار سفارش تولیدکننده عبارتست از مقدار سفارشی که از توزیع‌کننده به وی می‌رسد به اضافه دو واحد کالا.

جدول (۲) اثر شلاقی به دست آمده توسط مدل سفارش‌دهی ژنتیکی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقدار اثر شلاقی ناشی از مدل سفارش‌دهی ژنتیکی

سطح	خرده فروش	توزیع‌کننده	تولیدکننده	تامین‌کننده
مقدار اثر شلاقی	۱	۱،۰۰۲۱۲	۰،۹۶۶۴۳	۱،۰۴۷۳۶

همانطور که از جدول (۲) مشخص است مقدار اثر شلاقی ایجاد شده توسط این مدل سفارش‌دهی بسیار ناچیز بوده و می‌توان از آن صرف‌نظر نمود. با این حال نکته حایز اهمیت در آنجاست که انتظار وجود اثر شلاقی در این مدل بیش از الگوریتم یک به یک نیست. چرا که در حقیقت با ایجاد یک مقدار ثابت غیرصفر برای Y در هر یک از اجزا در حقیقت ایجادکننده یک انحراف در مقادیر سفارش‌دهی است ولیکن چون مقدار این انحرافات در هریک از اجزا در طول زمان ثابت است تغییری در مقدار واریانس سفارشها ایجاد نمی‌کند که نتایج جدول (۲) نیز نشان می‌دهد تغییر چندانی در مقدار اثر شلاقی ناشی از مدل ژنتیکی نسبت به مدل یک به یک ایجاد نشده است با این حال تغییرات کمی که در اعداد حاصل وجود دارد ناشی از دوره‌های ابتدایی و انتهایی دوره عمر زنجیره تامین در مساله آزمایش است.

این مدل در مقایسه با مدل یک به یک هزینه‌های موجودی بسیار کمتری ایجاد می‌کند و این در حالی است که اثر شلاقی را افزایش نمی‌دهد.

۳-۳- مدل RLOM

مدل سفارش دهی RLOM (حیدری، ۱۳۸۵) یک مدل یادگیری تشدیدی[۳۰] برای مساله سفارش‌دهی در زنجیره تامین است که در یک محیط بر پایه عامل‌ها هوشمند پیاده‌سازی شده است.

ایده اصلی مدل یادگیری تشدیدی بر پایه تعامل یک عامل یادگیرنده با محیط به منظور دستیابی به اهداف کلی سیستم است. در حقیقت در این مدل یادگیری عامل می‌آموزد که در هر حالت چه عملی را انجام دهد تا بدین‌وسیله یک معیار پاداش عددی را در طولانی‌مدت بیشینه (یا کمینه) نماید. این معیار پاداش عددی به نوعی

[30] Reinforcement Learning (RL)

تعریف‌کننده اهداف در مساله یادگیری تشدیدی بوده و در مساله سفارش‌دهی در زنجیره تامین این معیار برابر با هزینه‌های موجودی زنجیره تامین است و عامل هوشمند درصدد کمینه کردن این معیار در طولانی‌مدت است.

در این مدل بر خلاف دو مدل قبلی از متغیر حالت سیستم به منظور تعیین مقادیر Y در الگوی سفارش‌دهی X+Y استفاده می‌شود، در نتیجه در این مدل بر خلاف مدل ژنتیکی ارایه شده مقادیر Y برای هریک از اجزای زنجیره در طول دوره زمانی اجرای برنامه ثابت نیست و مطابق با حالت تعریف شده برای کل سیستم زنجیره تامین متغیر است.

جدول ۳ – مقادیر اثر شلاقی ناشی از مدل RLOM در مساله آزمایش بازی نوشابه را نشان می‌دهد.

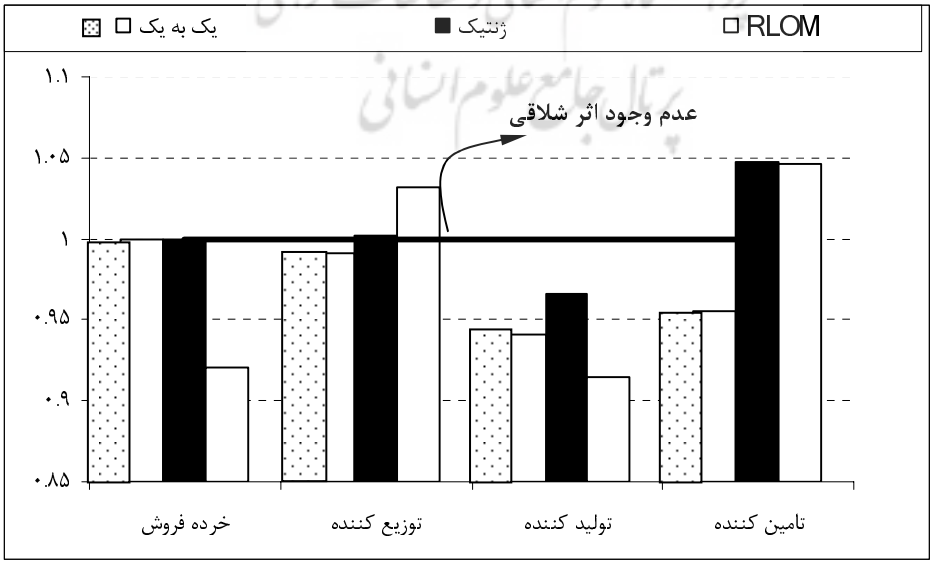
جدول ۳- مقدار اثر شلاقی ناشی از RLOM

سطح	خرده فروش	توزیع کننده	تولید کننده	تامین کننده
مقدار اثر شلاقی	۰،۹۲۱۱۱	۱،۰۳۱۸۳	۰،۹۱۴۰۲	۱،۰۴۶۷۳

نتایج نشان می‌دهد که مقدار اثر شلاقی ناشی از مدل RLOM نیز مشابه با دو مدل قبلی ناچیز است. در این مدل بنابر طبیعت متغیر مقدار Y انتظار بودن اثر شلاقی بیش از دو مدل قبلی وجود داشت با این حال با استفاده از تکنیک محدود کردن مقادیر Y امکان ایجاد اثر شلاقی در این مدل از بین رفته است و همانطور که از جدول ۳ مشخص است، مقادیر حاصل شده برای اثر شلاقی نشان‌دهنده نبودن اثر شلاقی در زنجیره تامین شبیه‌سازی شده با این مدل سفارش‌دهی است. با این حال نتایج شبیه‌سازی این مدل سفارش‌دهی نشان می‌دهد که هزینه‌های موجودی زنجیره را در قیاس با دو مدل قبلی بیشتر کاهش می‌دهد.

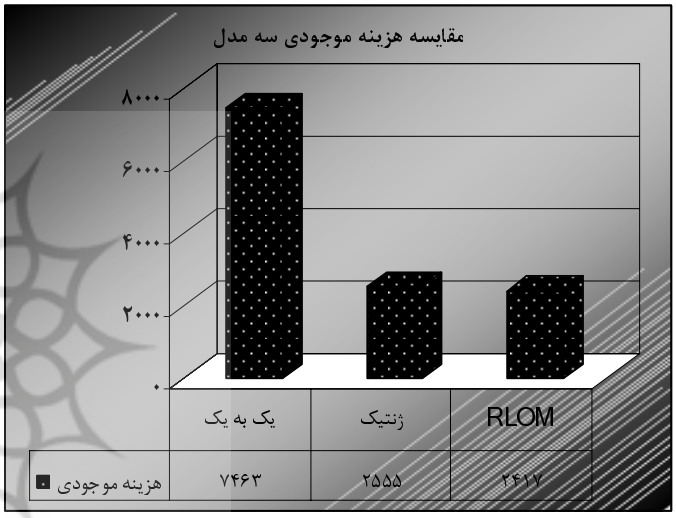
۴- مقایسه سه مدل یک به یک، مدل ژنتیکی و RLOM

از آنجا که الگوی سفارش‌دهی X+Y یک چارچوب است که می‌تواند بر روی مدل‌های مختلفی پیاده‌سازی شود در نتیجه به منظور تعیین میزان اثر شلاقی نشأت گرفته از این الگوی سفارش‌دهی لازم است که اثر شلاقی ناشی از مدل‌های سفارش‌دهی مختلفی که بر پایه این الگوی ایجاد شده‌اند با یکدیگر مقایسه شده و توانایی این الگوی سفارش‌دهی بر روی اثر شلاقی با مقایسه اثر شلاقی تولید شده توسط این مدل‌های سفارش‌دهی سنجیده شود. به این منظور مقایسه بین اثر شلاقی مدل‌های سفارش‌دهی یک به یک، مدل ژنتیکی و RLOM در نمودار (۱) نشان داده شده است.



نمودار ۱- مقایسه سه مدل از لحاظ اثر شلاقی ایجاد شده

همانطور که از این نمودار مشخص است میزان اثر شلاقی ایجاد شده در هریک از مراحل زنجیره تامین در هر سه مدل بسیار ناچیز است (هر چه این مقدار به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان از نبود اثر شلاقی است). با این حال با مقایسه سه مدل از لحاظ هزینه‌های موجودی ایجاد شده می‌توان نشان داد که بدون اینکه هیچ‌یک از سه مدل اثر شلاقی ایجاد نمایند مدل RLOM هزینه‌های موجودی کمتری را نشان می‌دهد. نمودار (۲) مقایسه بین سه مدل از لحاظ هزینه‌های موجودی است.



نمودار ۲- مقایسه هزینه موجودی سه مدل

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله میزان اثر شلاقی ایجاد شده توسط سه مدل سفارش‌دهی مختلف (یک به یک، مدل ژنتیکی و RLOM) در مورد مساله معروف بازی نوشابه محاسبه شده است. مهمترین ویژگی این سه مدل استفاده از الگوی سفارش‌دهی X+Y می‌باشد. در حقیقت با محاسبه و مقایسه اثر شلاقی ایجاد شده توسط این سه مدل سعی بر تعیین میزان کارایی الگوی سفارش‌دهی X+Y در کاهش اثر شلاقی است. نتایج نشان می‌دهد اثر شلاقی ایجاد شده توسط این سه مدل بسیار ناچیز است، که از مهم‌ترین علت‌های آن می‌توان به استفاده از الگوی X+Y در آنها اشاره کرد بنابراین الگوی سفارش‌دهی X+Y را می‌توان به عنوان روش مناسبی برای غلبه بر اثر شلاقی به شمار آورد. علی رغم ناچیز بودن اثر شلاقی در این سه مدل، هزینه‌های موجودی ایجاد شده توسط این سه مدل متفاوت است. هزینه‌های ناشی از این سه مدل مقایسه شده و نشان داده شده است که روش RLOM در حالی که اثر شلاقی قابل توجهی ایجاد نمی‌کند، در مقایسه با دو مدل دیگر منجر به هزینه‌های موجودی کمتری می‌شود. با این حال توجه به محدودیت‌های عملی در زنجیره‌های تامین واقعی و چگونگی پیاده‌سازی این الگوی سفارش‌دهی بر روی آنها می‌تواند به عنوان یکی از تحقیقات آتی در ادامه این تحقیق مدنظر قرار گیرد. سایر جنبه‌های تحقیقی ممکن، برای تکمیل این تحقیق را می‌توان در مواردی شامل بررسی اثر الگوی سفارش‌دهی X+Y در زنجیره‌های تامین شبکه‌ای، مقایسه این الگوی سفارش‌دهی با سایر مکانیزم‌ها و روش‌های ارایه شده به منظور کاستن از اثر شلاقی و به کارگیری این الگو در سایر مدل‌های نوین دانست.

منابع

1.Chopra, S., Meindl, P., S*upply Chain Management: Strategy, Planning, and Operations*, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc., Second edition, (2003)

2. Zhang, X., *The impact of forecasting methods on the bullwhip effect*, Int. J. Production Economics 88 ,P15-27, (2004)

3. Dejonckheere, J., Disney, S.M., Lambrecht, M.R., Towill, D.R., *Measuring and avoiding the bullwhip effect: A control theoretic approach*, European Journal of Operational Research 147, P567-590, (2003)

4. Lee, H.L., Billington, C., *The evolution of supply chain management models and practice*, Hewlett-Packard Interfaces 25, 42–63, (1995)

5. Hugos, M., *Essentials of Supply Chain Management*, John Wiley & Sons, Inc. (2003)

6. Lee, H.L., Padmanabhan, P., Whang, S., *Bullwhip effect in a supply chain*. Sloan Management Review 38 P93-102, (Spring 1997)

7. Lee, H.L., Padmanabhan, P., Whang, S., *Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect*, Management Science 43, P546-558, (1997)

8.Sterman, J., *Modeling managerial behavior: misperception of feedback in dynamic decision making experiment*, Management Science 35(3),P321-339, (1989)

9.Kaminsky, P., Simchi-Levi, D., (1998), *A new computerized beer game: A tool for teaching the value of integrated supply chain management*, **POMS**

Series in Technology and Operations Management 1, 216- 225
10.Forrester, J., *Industrial dynamics*, Cambridge, MA: MIT Press, (1961)
11.Bulbridge, J.L., *Period Bach Control (PBC) with GT – the way forward MRP, Paper presented*, BPICS Annual Conference, Birmingham, (1991)
12.Houlihan, J.B., (1987). International Supply Chain management, International Journal of Physical Distribution and Material Management, 17(2):P51-66
14. Kim, J. G., Chatfield, D., Harrison, D. P., Hayya, J. C., *Quantifying the bullwhip effect in a supply chain with stochastic lead time*, European Journal of Operational Research, (Article in Press) (2005)
15.Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J.K., Simchi-Levi D., *Quantifying the bullwhip effect in a single supply chain: the impact of forecasting and information, management*, 46(3):P436-439, (2000)
16.Disney, S.M., Towill, D.R., *On the bullwhipand inventory variance produced by an ordering policy*, Omega, 31:P157-167, (2003)
17.McCullen, P., Towill, D., *Diagnosis and reduction of bullwhip in supply chains*, Supply Chain Management: An International Journal , Volum. 7 , Number.3, P164 -179, (2002)
18. Fransoo, J.C., Wouters, M. J.F., *Measuring the Bullwhip Effect in The Supply Chain*; Supply Chain management : An International Journal , Volume 5. Number 2, P78-89, (2000)
19. Lee, H., Vpadmanabhan, Whang, S., *Comments on "Information Distortion in a Supply Chain : The Bullwhip Effect" , The Bullwhip Effect: Reflections*, Management Science; Vol.oo.No.0, P1-7, (2004)
20. Baganha, M.P., Cohen, M.A., *The stabilizing effect of inventory in supply chains*, Operations Research 46 (3), P572–583, (1998)
21. Magee, J.F., *Guides to inventory policy*, Problems of uncertainty, Harvard Business Review (March–April), P103–116, (1956)
22. Deziel, D.P., Eilon, S., *A linear production–inventory control rule*, Production Engineer 43, P93–104, (1967)
23. Graves, S.C., *A single-item inventory model for a non-stationary demand process*, Manufacturing and Service Operations Management 1, P50–61, (1999)
24. Disney S.M., Farasyn I., Lambrecht M., Towill D.R., Van de Velde W., *Taming the bullwhip effect whilst watching customer service in a single supply chain echelon*, European Journal of Operational Research 173: P151–172, (2006)
25. Kimbrough, S.O., Wu D.J., Zhong, F., *Computers play the beer game: can artificial agents manage supply chains?*, Decision support systems, 33: P323-333, (2002)

۱۳. چهار سوقی سید کمال، ذگردی حسام الدین، حیدری جعفر، مدیریت موجودی زنجیره تامین توسط عامل‌های هوشمند بر پایه یادگیری تشدیدی. سومین کنفرانس بین المللی مدیریت، تهران، ۱۳۸۴

۲۶. حیدری جعفر، ارایه مدلی به منظور یادگیری سفارش‌دهی عامل‌های هوشمند زنجیره تامین در شرایط محیط نامعین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس، تهران ۱۳۸۵.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی