Archive of SID

فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۸۹، زمستان ۱۳۹۷، ۲۰۵-۱۷۷

تحلیل تأثیر متغیرهای تقاضا و ذخیره احتیاطی بر هزینه‌ها و اثر شلاقی در زنجیره تأمین چهار سطحی

سیدعلی بنی‌هاشمی*

سیدمحمد حاجی مولانا**

دریافت: ۹۶/۹/۱۶ پذیرش: ۹۷/۲/۲۳

اثر شلاق چرمی / روش میانگین متحرک / زنجیره تأمین / ذخیره احتیاطی.

چکیده

در دهه‌های اخیر، مقابله با پدیده‌ای با عنوان اثر شلاق چرمی، جزو مهم‌ترین مسائل در مدیریت زنجیره تأمین گردیده است. این پدیده بیان می‌کند که نوسان تغییرات تقاضا از انتهای زنجیره به ابتدای زنجیره بیشتر می‌شود. در این پژوهش به بررسی اثرات ذخیره احتیاطی و تغییرات تقاضای مشتری نهائی براثر شلاقی و هزینه‌های کل زنجیره تأمین پرداخته‌شده است. به همین منظور، یک زنجیره تأمین چهار سطحی خطی شامل فروشگاه، خرده‌فروش، عمده‌فروش و کارخانه در نظر گرفته‌شده و برای پیش‌بینی تقاضا از روش میانگین متحرک استفاده گردید. در ادامه، نه سناریوی مختلف شامل تغییرات تقاضا (کم، متوسط، زیاد) و ذخیره احتیاطی (کم، متوسط، زیاد) در نظر گرفته شد و اثر شلاقی با یک فاصله اطمینان ۹۵درصد و دوره زمانی یک ساله محاسبه گردید. همچنین هزینه‌های کل شامل هزینه‌های سفارش‌دهی، هزینه‌های نگهداری و هزینه‌های پس‌افت هر کدام از اعضای زنجیره تأمین در سناریوهای مختلف محاسبه شد. نتایج این تحقیق نمایانگر آن است که اگر

*. مربی، دانشگاه پیام نور، گروه مهندسی صنایع، بیرجند، ایرا.

**. استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران.

■ سید علی بنی‌هاشمی، نویسنده مسئول.

www.SID.ir

Archive of SID

روش برآورد تقاضا در همه اعضای زنجیره تأمین با استفاده از روش میانگین متحرک باشد، با افزایش نوسان تغییرات تقاضای مشتری نهائی، اثر شلاقی از پایین‌دست به بالادست در زنجیره تأمین افزایش می‌یابد ولی اثر شلاقی کل زنجیره کاهش می‌یابد. همچنین اگر تغییرات تقاضا ثابت فرض شود، افزایش ذخیره احتیاطی در هر کدام از اعضای زنجیره تأمین باعث افزایش اثر شلاقی کل زنجیره تأمین می‌گردد. افزایش اثر شلاقی، افزایش هزینه‌ها را نیز در پی دارد که سهم هزینه‌های سفارش‌دهی کاهش یافته و سهم هزینه‌های نگهداری و پس‌افت افزایش می‌یابد.

طبقه‌بندی JEL: H54

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

زنجیره تأمین، شامل تمام شرکت‌کنندگانی است که در جهت برآوردن تقاضای مشتری نهائی تلاش می‌کنند. بنابراین مدیریت زنجیره تأمین، طیف وسیعی از کلیه فرآیندهای بین تأمین‌کنندگان مواد اولیه (بالادست) و مصرف‌کنندگان در پایین (پایین‌دست) را شامل می‌شود. این فرآیندها در سه گروه حمل‌ونقل کالا (جریان مواد پایین‌دست)، یافتن منابع (جریان اطلاعات بالادست) و فعالیت‌های داخلی (به‌عنوان مثال تولید، مونتاژ، ذخیره‌سازی و نظارت) تقسیم می‌شود. یکی از مشکلاتی که امروزه زنجیره‌های تأمین را دچار اختلال می‌کند، تنوع تقاضا و تغییرات آن از سوی مشتری نهائی است که تأثیر زیادی بر روی زنجیره تأمین می‌گذارد[1]. تغییرات کوچک در تقاضا در پایین جریان (مشتری) که منتج به تقویت تقاضا و افزایش بسیار زیاد سطح موجودی و تغییرات موجودی در سطح بالایی زنجیره می‌شود را اثر شلاقی می‌گویند. اثر شلاقی به این معنی است که تغییرات کوچک در تقاضای مشتری واقعی همانند شلاق زدن تأمین‌کنندگان بالادست به جهت تولید بیشتر است. این اثر هنگامی رخ می‌دهد که سطح تغییرپذیری مقدار سفارش، بیش از تغییرپذیری تقاضای واقعی است[2]. گسترش این انحراف بالطبع در بخش بالای زنجیره شدت بیشتری می‌یابد. به‌طور معمول، هرچه درجه و رده بالاتر رود، انحراف بیشتر شده و دامنه موج گسترده‌تر خواهد شد. وجود چنین حالتی از تقاضا منجر به عدم کارایی زنجیره می‌شود. اثر شلاقی را می‌توان از طریق نشانه‌هایی همچون موجودی بیش از حد، ظرفیت‌های بیش از حد و یا ناکافی، ارائه خدمات ناکافی به مشتریان به علت نبود موجودی یا عدم وجود محصول آماده و عدم کارایی در سطح خرده‌فروشی، انباشت کالاهای نیمه‌ساخته، برنامه‌ریزی تولید متزلزل، هزینه‌های زیاد سفارش‌دهی، انبارداری، حمل‌ونقل و نیروی انسانی و درنهایت وجود ناهماهنگی و عدم اطمینان در میان اعضای زنجیره تأمین مشاهده کرد.

امروزه حدود دوسوم شرکت‌ها با پدیده اثر شلاقی درگیر هستند. به همین دلیل این موضوع همچنان به‌عنوان یکی از پدیده‌های بسیار مهم در مدیریت زنجیره تأمین مورد توجه است. در میان تحقیقات انجام‌شده در خصوص اثر شلاقی، نشان دادن وجود اثر شلاقی و

1. Ponte, Sierra, (2017)
2. Metters, (1997).

www.SID.ir

Archive of SID

علل به وجود آمدن آن، از مباحث مهم است. یکی از مهم‌ترین علل ریشه‌ای در ایجاد اثر شلاقی، تعداد واسطه‌های ارتباطی (تعداد اعضا) در زنجیره تأمین است که به‌عنوان یک علت ساختاری مهم مطرح می‌گردد[۳]. یوسفی و مهناج در سال ۲۰۱۱ در پژوهش خود، چهار عامل (به‌روزرسانی پیش‌بینی تقاضا، دسته‌بندی سفارش‌ها، نوسانات قیمت، جیره‌بندی) را به‌عنوان عوامل ایجادکننده اثر شلاقی بیان می‌کنند [۴].

هدف از انجام این پژوهش، تحلیل حساسیت اثر شلاق چرمی در یک زنجیره تأمین چهار سطحی است. این تحلیل حساسیت با توجه به دو عامل تغییرات تقاضای مشتری و ذخیره احتیاطی هر کدام از اعضای زنجیره تأمین صورت می‌گیرد. برای انجام این کار از روش میانگین متحرک جهت برآورد مقدار تقاضا و واریانس آن استفاده می‌کنیم. بنابراین به دنبال آن هستیم که بدانیم تغییرات تقاضای مشتری تا چه اندازه بر زنجیره تأمین تأثیر می‌گذارد و این تغییر در اعضای زنجیره به چه صورتی است. همین تغییرات برای ذخیره احتیاطی اعضای زنجیره تأمین به چه نحوی است.

در بخش اول مقاله به بررسی پیشینه پژوهش و تحقیقات انجام گرفته در حوزه اثر شلاقی زنجیره تأمین می‌پردازیم. در بخش بعدی، مدل‌سازی یک زنجیره تأمین چهار سطحی را با توجه به سیاست موجودی سفارش تا رسیدن به سطح هدف ارائه می‌گردد و درنهایت به تجزیه‌وتحلیل مدل با توجه به دو عامل تغییرات تقاضای مشتری نهائی و ذخیره احتیاطی اعضای زنجیره تأمین پرداخته می‌شود.

۱. پیشینه تحقیق

پدیده اثر شلاق چرمی، برای اولین بار توسط فارستر مطرح گردید[۴]. استرمن با مطرح کردن بازی نوشابه‌ای نشان داد که اتخاذ تصمیمات فردی در زنجیره تأمین، باعث بروز ناکارآمدی در زنجیره و درنهایت افزایش اثر شلاق چرمی در کل زنجیره تأمین می‌گردد. وی با استفاده از کار بر روی بازی نوشابه، چهار منبع مهم (پردازش سیگنال تقاضا، بازی سهمیه‌بندی، دسته‌بندی سفارش، نوسانات قیمت) را برای تشدید تقاضا عنوان می‌کند[۵]. موضوع اثر شلاق

3. Dominguez, Cannella, (2015).

۴. یوسفی زنوز، منهاج، (۱۳۹۰).

5. Sterman, (1989).

www.SID.ir

Archive of SID

چرمی در دهه ۱۹۹۰، زمانی که شرکت‌های بزرگ جهان از تغییرات زیاد تقاضا، سرمایه راکد بالا در موجودی، سطح پایین خدمات به مشتریان، استفاده ناکارآمد از حمل‌ونقل کالا و نیاز به ظرفیت تولید بالا، دچار سردرگمی شده بودند، به‌طور چشمگیری اهمیت یافت. لی و همکاران در سال ۱۹۹۷، اثر شلاق چرمی را این‌گونه تعریف می‌کنند: اثر شلاق چرمی پدیده‌ای است که در آن سفارش یک کالا به تأمین‌کننده تمایل به داشتن واریانسی بیشتر از واریانس فروش آن به خریدار دارد. درنهایت آن‌ها پیشنهاد می‌کنند که باید خرده‌فروشان اطلاعاتشان را دقیق‌تر و به نحوی سریع در اختیار سطح بالادستی زنجیره تأمین قرار دهند[۶]. برخی از محققان تخمین زدند که اثر مالی ناشی از پدیده شلاق چرمی، حدود ۳۰درصد سود کارخانه را کاهش می‌دهد.

لمبرکت و دجونگهیر در سال ۱۹۹۹ در مطالعات خود یک جستجوگر اثر شلاق چرمی ارائه کردند که توسط آن سیاست‌های مختلف کنترل موجودی را می‌توان بررسی کرد و سیاست بهتر را انتخاب نمود. ازآن‌پس کارهای بسیاری در مورد اثر شلاق چرمی انجام گرفت و بسیاری از محققین به بررسی دلایل ایجاد اثر شلاق چرمی پرداختند، عده‌ای نیز در جهت یافتن راه‌هایی برای کاهش آن، مطالعاتی انجام دادند و تعدادی از محققین سعی کردند آسیب‌هایی که اثر شلاق چرمی بر روی یک زنجیره تأمین دارد را تحلیل کنند[۷]. چن و همکاران در سال ۲۰۰۰ اثر شلاق چرمی را بر روی یک مدل بسیار ساده زنجیره تأمین شامل یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده مطالعه نموده و اثرات تخمین تقاضا و زمان انتظار را بر روی اثر شلاق چرمی بررسی کردند. پس از آن نشان دادند که متمرکز کردن زنجیره تأمین می‌تواند اثر شلاق چرمی را به‌شدت کاهش دهد، لیکن باعث حذف کامل آن نخواهد شد. درواقع آن‌ها نشان دادند که اگر کارخانه از اطلاعات کامل خریدار که سفارش خود را به خرده‌فروش خواهد داد، اطلاع داشته باشد و درواقع میانگین و واریانس تقاضای خریداران را بداند، اثر شلاق چرمی به‌شدت کاهش می‌یابد. همین‌طور اگر انبار مرکزی از میانگین و واریانس تقاضای خرده‌فروش اطلاع نداشته باشد، لازم است آن‌ها را تخمین بزند که این به‌شدت اثر شلاق چرمی را افزایش می‌دهد[۸]. ژانگ در سال ۲۰۰۴ اثر شلاقی را بر اساس سه

6. Lee, H. (1997).
7. Lambercht, (1999).
8. Chen, Drezner, (2000).

www.SID.ir

Archive of SID

روش پیش‌بینی برای یک سیستم موجودی ساده با تقاضای ثابت بررسی کرد. نتایج تحقیق نشان داد که روش‌های پیش‌بینی نقش مهمی را در تعیین تأثیر زمان تحویل و همبستگی تقاضا بر روی اثر شلاقی دارد. وی بیان می‌کند که در حالت کلی، افزایش زمان تحویل بدون توجه به روش پیش‌بینی، باعث افزایش اثر شلاقی می‌گردد ولی اندازه تأثیر به روش‌های پیش‌بینی وابسته است[۹]. گری و همکاران در سال ۲۰۰۶ با مطالعه بر روی اثر شلاقی، ۱۰ اصل را برای کاهش آن پیشنهاد می‌دهند[۱۰]. میراگلیوتا در سال ۲۰۰۶ تحقیقات انجام شده در حوزه اثر شلاقی را در سه طبقه ارزیابی اولیه، علل به وجود آمدن، و راه‌کارهای کاهش آن تقسیم‌بندی نمودند و سپس یک روش جدید برای مدل‌بندی زنجیره تأمین ارائه کردند[۱۱]. کیم و همکاران در سال ۲۰۰۶ سعی کردند اثر شلاقی زنجیره تأمین را کمی کنند. آن‌ها با استفاده از سیاست سفارش دهی (r,Q) به این نتیجه رسیدند که اثر شلاقی به دلیل دخالت انسان و اختلالات موجود در جریان اطلاعات در زنجیره تأمین به وجود می‌آید. وجود زمان تحویل قطعی یا احتمالی، باعث تشدید اثر شلاقی در طول زنجیره تأمین می‌گردد. آن‌ها در این بررسی ثابت کردند که در حالت به اشتراک‌گذاری اطلاعات، اثر شلاقی به‌صورت یک تابع خطی و در حالت عدم به اشتراک‌گذاری اطلاعات به‌صورت تابع نمایی افزایش پیدا می‌کند[۱۲]. گارد و سالی در سال ۲۰۱۳ با مطالعه ۵۳ مقاله در حوزه اثر شلاقی، آن‌ها را در موضوعاتی شامل رویکردهای مدل‌سازی، مدل‌های تقاضا، اندازه‌گیری، و علل به وجود آمدن دسته‌بندی نمودند[۱۳]. تراپرو و پدرگال در سال ۲۰۱۶ در پژوهش خود، تأثیر تغییرات تقاضا نسبت به زمان را در اثر شلاق چرمی بررسی نموده‌اند[۱۴]. ما و باو در سال ۲۰۱۶ در یک زنجیره تأمین دوسطحی با استفاده از روش میانگین متحرک جهت برآورد تقاضا، حساسیت اثر شلاقی را نسبت به پارامتر قیمت سنجیده‌اند[۱۵].

به‌طورکلی، تحقیقات انجام شده توسط پژوهشگران در خصوص روش‌های محاسبه و تجزیه‌وتحلیل اثر شلاقی زنجیره تأمین، را می‌توان در دو گروه جای داد. گروهی از محققان

9. Zhang (2004).
10. Geary, Disneym (2006).
11. Miragziotta, (2006).
12. Kim. J, (2006).
13. Giard, (2013).
14. Trapero, (2016).
15. Ma, j. (2016).

www.SID.ir

Archive of SID

مانند تویل [۱۷]، ویکنر و همکاران [۱۸]، تویل و همکاران [۱۹]، کیم و اشپرینگر [۲۰]، اشپرینگر و کیم [۲۱]، کوپینی و همکاران [۲۲] از روش‌های پویایی سیستم استفاده کرده‌اند و گروه دیگری مانند لی و همکاران [۷]، چن و همکاران [۲۳]، بالاکریشنان و همکاران [۲۴]، واربورتون [۲۵]، ژانگ [۱۰]، داک و همکاران [۲۶]، والر و همکاران [۲۷]، چن و لی [۲۸]، سودهی و تانگ [۲۹] از روش‌های آماری کمک گرفته‌اند.

با توجه به مباحث بیان‌شده در خصوص ادبیات و پیشینه موضوع اثر شلاقی، بیشترین توجه محققان در خصوص اثر شلاقی زنجیره تأمین را می‌توان در چهار حوزه زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱. ارائه شواهد تجربی مبنی بر وجود اثر شلاقی.

۲. تحلیل و اثبات وجود اثر شلاقی و تأثیر آن بر زنجیره تأمین.

۳. شناسایی علل بروز اثر شلاقی در زنجیره تأمین.

۴. توسعه استراتژی‌هایی در جهت کاهش تأثیر اثر شلاقی.

با بررسی تلاش‌هایی که در حوزه رفتار عوامل مؤثر براثر شلاقی صورت گرفته است، درمی‌یابیم که بیشترین عوامل مورد توجه پژوهشگران شامل الگوهای تقاضای مشتری، روش‌های پیش‌بینی تقاضا در اعضای زنجیره تأمین، زمان انتظار و تحویل کالا در بین اعضای زنجیره، سیاست‌های سفارش‌دهی در بین اعضا و به اشتراک‌گذاری اطلاعات در زنجیره تأمین است. جدول (۱) این عوامل را به تفکیک نشان می‌دهد.

جدول ۱ـ عوامل مؤثر براثر شلاقی زنجیره تأمین از دیدگاه محققان

	الگوهای تقاضا	روش‌های پیش‌بینی	زمان تحویل	سیاست‌های سفارش‌دهی	به اشتراک‌گذاری اطلاعات
Chen et al. (2000a)		✓	✓		✓
Chen et al. (2000b)		✓			
Dejonckheere et al. (2003)		✓		✓	
Dejonckheere et al. (2004)		✓		✓	✓
Chatfield et al. (2004)			✓		✓
Chandra and Grabis (2005)		✓		✓	

www.SID.ir

Archive of SID

	الگوهای تقاضا	روش‌های پیش‌بینی	زمان تحویل	سیاست‌های سفارش‌دهی	به اشتراک‌گذاری اطلاعات
Disney et al. (2006)	✓			✓	
Chatfield and Pritchard (2013)	✓		✓		
Li et al. (2014)		✓			
Costantino et al. (2014a)				✓	
Costantino et al. (2014b)				✓	
Costantino et al. (2014c)				✓	
Costantino et al. (2016)		✓		✓	

سیریکاسموک و تورنگ لانگ در سال ۲۰۱۷ [۱۶] در پژوهشی، رفتار تقاضا را در یک زنجیره تأمین دوسطحی بررسی کردند. نوآوری آنها در این زنجیره تأمین که از یک عمده فروش و دو خرده فروش تشکیل شده، بررسی رفتار تقاضای مرتبه اول بر روی اثرشلاقی است. همچنین سناریوهای مختلف در خصوص ضرایب همبستگی بین دو خرده فروش و تأثیر آنها بر اثر شلاقی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین دای و همکاران[۱۷] در سال کنفرانس جهانی مدیریت و تولید، به تجزیه‌وتحلیل مدیریت موجودی بر روش اثر شلاق چرمی در زنجیره تأمین پرداختند. آنها سه استراتژی مدیریت موجودی شامل (مدیریت موجودی توسط فروشنده، مدیریت موجودی مشترک، مدیریت موجودی توسط شخص ثالث) را در مک‌دونالد مورد بررسی قرار دادند. نظر آنها بر این است که کاهش گره‌های زنجیره تأمین، خطی‌سازی انتقال اطلاعات و استفاده از یک سیستم مدیریت اطلاعات پیشرفته باعث کاهش اثر شلاقی بر شرکت‌ها عضو زنجیره تأمین می‌گردد.

نتایج بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که تاکنون پژوهشی بر روی تأثیرات الگوهای مختلف تغییرات تقاضا از یک توزیع خاص و همچنین افزایش و کاهش ذخیره احتیاطی بر اثر شلاق چرمی در یک زنجیره تأمین چهارسطحی صورت نگرفته است. از همین‌رو، این پژوهش با رویکرد تحلیل حساسیت اثر شلاق چرمی در زنجیره تأمین با استفاده از دو متغیر تغییرات تقاضا و ذخیره احتیاطی انجام شده است.

16. Sirikasemsuk, (2017).
17. Dai,j (2017).

www.SID.ir

Archive of SID

۲. مدل‌سازی

در زنجیره تأمین چهارسطحی مورد بررسی در این پژوهش، پیش‌فرض‌های مدل به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:

مرحله دریافت: محصول از سطح بالادست، و سفارش از سطح پایین‌دست زنجیره تأمین دریافت می‌شود. محصول دریافتی به موجودی خالص اضافه می‌گردد.

مرحله ارسال: سفارش دریافت‌شده از سطح پایین‌دست و پس‌افت‌های گذشته (در صورت وجود)، از موجودی خالص (موجودی در دست) کسر شده و به سطح پایین‌دست ارسال می‌شود.

مرحله تصمیم‌گیری: موجودی خالص و موجودی در راه، بررسی می‌گردد. در صورت لزوم سفارش جدید به سطح بالادست صادر می‌شود.

سیاست کنترل موجوی: سیاست موجودی بر اساس سیاست سفارش تا رسیدن به سطح هدف در موجودی است.

پس‌افت در سیاست موجودی مجاز است و محصول دریافت‌شده از سطح بالادست، با زمان تحویل یک روز به سطح پایین‌دست فرستاده می‌شود. همچنین زمان جریان اطلاعات در زنجیره تأمین، صفر در نظر گرفته شده است؛ بدین معنی که سفارش‌ها صادرشده به سطح بالادست در همان لحظه دریافت می‌شود. سایر فرضیه‌های مدل به این شرح می‌باشد:

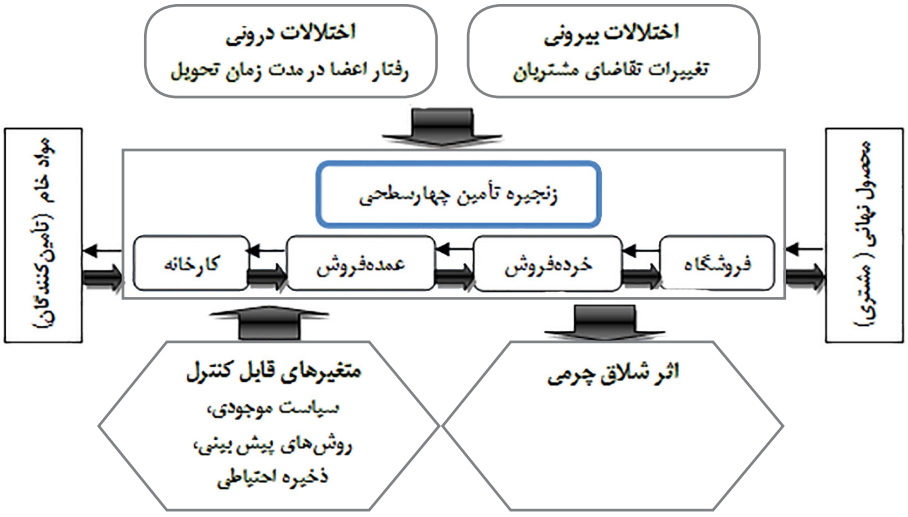
- ظرفیت تولید، ذخیره و حمل‌ونقل، نامحدود است.
- تأمین مواد خام در سطح اول زنجیره تأمین (کارخانه)، نامحدود است؛ بدین معنی که کارخانه همیشه قادر به تولید کلیه سفارش‌ها دریافتی است.
- سفارش‌ها غیر منفی است؛ به این معنی که محصول نمی‌تواند به سطح بالادست برگشت داده شود.

شکل (۱) اثر شلاقی را در زنجیره تأمین و شکل (۲) کلیات مدل پژوهش مورد بررسی در این مقاله و متغیرهای مؤثر در زنجیره تأمین چهارسطحی را نشان می‌دهد. در این پژوهش یک زنجیره تأمین چهارسطحی (سطح اول: کارخانه، سطح دوم: عمده‌فروش، سطح سوم: خرده‌فروش، سطح چهارم: فروشگاه) مورد بررسی قرار گرفته است.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱ـ اثر شلاقی زنجیره تأمین



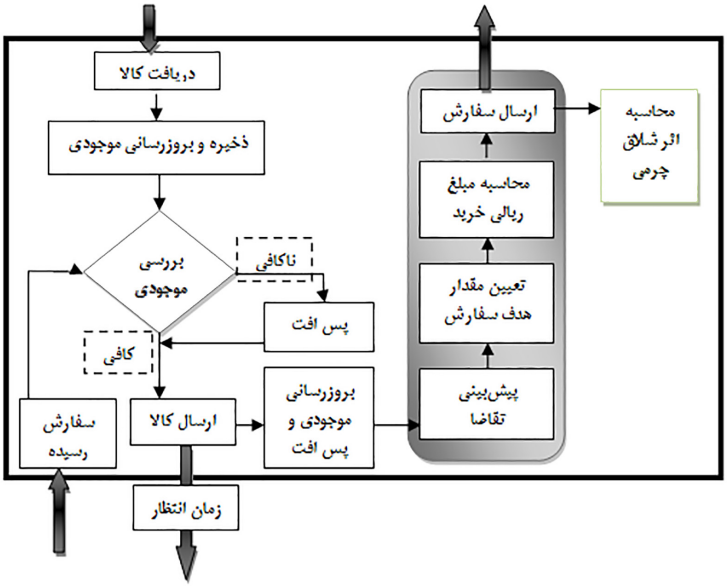
شکل ۲ـ عوامل مؤثر در یک زنجیره تأمین چهارسطحی

با توجه به شکل (۲)، در یک زنجیره تأمین، متغیرهایی از قبیل سیاست کنترل موجودی اعضا، روش‌های پیش‌بینی تقاضا و ذخیره احتیاطی بر کل زنجیره تأثیر می‌گذارند، که نتیجه آن با استفاده از معیار اثر شلاق چرمی، کمی شده و قابل تحلیل است. به‌عبارت‌دیگر، هر کدام از اعضای زنجیره تأمین از سیاست خاصی مثل (r,Q) یا (s,S) استفاده می‌کنند. همچنین از روش‌های متفاوتی برای پیش‌بینی تقاضا (روش ساده، روش میانگین متحرک، روش هموارسازی نمایی، روش اتورگرسیون و ...) کمک می‌گیرند. از طرفی سیاست مقدار ذخیره احتیاطی هر عضو زنجیره تأمین متفاوت از دیگری خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

علاوه بر مسائل مطرح‌شده، در یک زنجیره تأمین، اختلالات درونی مثل مدت زمان انتظار تحویل کالا و اختلالات بیرونی از قبیل تغییرات تقاضا، این زنجیره را تحت تأثیر قرار داده و بر آن اثر می‌گذارند.



شکل ۳ـ چرخش گردش کار هر کدام از اعضای زنجیره تأمین چهارسطحی

یک عضو با رسیدن سفارش کالا، موجودی خود را بررسی نموده و در مورد سفارش‌دهی تصمیم می‌گیرد. تقاضا را پیش‌بینی نموده و مقدار هدف را برای سفارش‌دهی تعیین می‌کند. گردش کار یک عضو زنجیره تأمین از زمان دریافت سفارش تا تحویل کالا در شکل (۳) نشان داده شده است. همچنین جدول (۲) نمادگذاری‌های استفاده شده در پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۲ـ نمادگذاری‌های پژوهش

نماد	تعریف	نماد	تعریف
n	شماره هر عضو زنجیره تأمین	N	تعداد کل اعضای زنجیره تأمین
t	دوره زمانی	T	کل زمان مورد بررسی
Dn	تقاضا (سفارش‌ها رسیده)	In	موجودی در دست (خالص)
Rn	دریافت (تعداد کالاهای رسیده)	Sn	حمل‌ونقل (تعداد کالاهای ارسالی)

www.SID.ir

Archive of SID

نماد	تعریف	نماد	تعریف
On	سفارش‌ها صادر شده	Bn	پس‌افت
l	زمان انتظار	Wn	کالای در راه
Fn	تقاضای پیش‌بینی شده	Yn	نقطه سفارش تا سطح هدف
SSn	ذخیره احتیاطی	m	تعداد دوره میانگین متحرک
BEn	اثر شلاق چرمی هر عضو	BE	اثر شلاق چرمی کل زنجیره تأمین

رابطه‌ی (۱) بیان‌کننده موجودی در دست هر مرحله است؛ که برابر است با تجمیع موجودی در انتهای دوره قبلی و موجودی دریافتی همان دوره، و کسر آن از محصول ارسال‌شده به سطح پایین‌دست در زنجیره تأمین. محصول ارسال‌شده نیز برابر است با مینیمم تقاضای دریافتی با توجه به پس‌افت دوره گذشته و موقعیت موجودی، که در رابطه‌ی (۲) نشان داده شده است. رابطه (۳) پس‌افت نهائی هر مرحله را بیان می‌کند که برابر است با جمع تقاضای دریافتی و پس‌افت‌های گذشته، و کسر آن از کالای حمل‌شده به سطح پایین‌دست زنجیره تأمین. درنهایت، موجودی در راه (موجودی سفارش شده‌ای که هنوز دریافت نشده) برابر است با مجموع انباشته‌ای از تفاوت سفارش صادرشده و محصول دریافتی با موجودی در راه دوره قبلی (رابطه‌ی ۴).

$$I_n(t) = I_n(t-1) + R_n(t) - S_n(t) \quad (۱)$$

$$S_n(t) = \min\{D_n(t) + B_n(t-1), I_n(t-1) + R_n(t)\} \quad (۲)$$

$$B_n(t) = D_n(t) + B_n(t-1) - S_n(t) \quad (۳)$$

$$W_n(t) = W_n(t-1) + O_n(t-1) - R_n(t) \quad (۴)$$

موجودی در دست و پس‌افت، همیشه یکی صفر و دیگری مثبت است. بدین‌صورت که، اگر تقاضا کامل برآورده شود، موجودی در دست مثبت (یا صفر) و پس‌افت صفر خواهد بود (رابطه ۵ و ۶). همچنین اگر موجودی در دست به اندازه کافی نباشد، کالاهای در دست تحویل داده می‌شود و الباقی تقاضا به‌صورت پس‌افت درمی‌آید، و بنابراین موجودی در دست صفر و پس‌افت مثبت خواهد بود (رابطه ۷).

(۵)

www.SID.ir

Archive of SID

$$D_n(t)+B_n(t-1)<I_n(t-1)+R_n(t) \rightarrow I_n(t)>0, B_n(t)=0$$

$$D_n(t)+B_n(t-1)=I_n(t-1)+R_n(t) \rightarrow I_n(t)=0, B_n(t)=0 \quad (۶)$$

$$D_n(t)+B_n(t-1)>I_n(t-1)+R_n(t) \rightarrow I_n(t)=0, B_n(t)>0 \quad (۷)$$

روابط (۱) تا (۴) چهار مفهوم اصلی (موجودی در دست، تعداد کالای ارسالی به سطح بالادستی، میزان پس‌افت، موجودی در راه) را در هر لحظه از زمان برای هر عضو از زنجیره تأمین نشان می‌دهند. در روابط (۵) تا (۷)، ارتباط بین موجودی در دست و میزان پس‌افت هر عضو از زنجیره تأمین تشریح گردید. در مرحله بعدی باید ارتباط بین دو عضو از زنجیره تأمین از لحاظ تبادل کالا و دریافت سفارش مورد بررسی قرار گیرد. این ارتباط به‌صورت دریافت سفارش از پایین‌دست و ارسال کالا از موجودی‌های در دست به سطح پایین‌دست خواهد بود. همچنین در صورت کسری موجودی در انبار، ارسال سفارش کالا به بالادست صادر خواهد گردید. به‌عبارت‌دیگر، این ارتباط بین هر دو سطح در زنجیره تأمین از طریق دو جریان خواهد بود. در جریان اول، هر سطح از زنجیره تأمین، کالاهای حمل شده از سطح بالادست را پس از زمان l دریافت می‌کند (رابطه ۸) و در جریان دوم، تقاضا به‌صورت سفارش صادرشده از سطح پایین‌دست دریافت می‌شود (رابطه ۹). در این روابط، دو نکته وجود دارد: ۱. با توجه به این‌که فرض کرده‌ایم کارخانه (سطح اول زنجیره) قادر به تولید هر تعداد کالای درخواستی از سطح پایین‌تر است، پس تقاضای رسیده به کارخانه، به همان میزان تولید شده و پس از زمان l دریافت می‌شود (رابطه ۱۰)؛ ۲. تقاضای سطح چهارم زنجیره تأمین (فروشگاه) از یک توزیع یکنواخت تبعیت می‌کند (رابطه ۱۱).

$$R_n(t)=S_{n-1}(t-l) \quad (۸)$$

$$D_n(t)=O_{n+1}(t) \quad (۹)$$

$$R_1=S_0 \rightarrow S_0(t)=O_1(t-l) \quad (۱۰)$$

$$D_4=O_5 \rightarrow D_4(t) \sim U(a,b) \quad (۱۱)$$

در سیاست سفارش تا رسیدن به سطح هدف، برای پیش‌بینی تقاضا در هر سطح از

www.SID.ir

Archive of SID

زنجیره تأمین، در این مقاله از روش میانگین متحرک استفاده می‌کنیم. روش میانگین متحرک، یک روش رایج است که در عمل به مدیران اجازه می‌دهد تا مضرات اثر شلاقی را کاهش دهند. همچنین نسبت به سایر روش‌های پیش‌بینی از دقت بالاتری برخوردار است. دوره مورد بررسی برای تخمین تقاضا نیز ۳ دوره در نظر گرفته شده است. روابط (۱۲) الی (۱۴) پیش‌بینی تقاضا را با استفاده از روش میانگین متحرک بیان می‌کنند.

$$O_n(t) = \max\{Y_n(t) - [I_n(t) - B_n(t) + W_n(t)], 0\} \quad (۱۲)$$

$$Y_n(t) = F_n(t) + SS_n + (l-1)F_n(t) = l.F_n(t) + SS_n \quad (۱۳)$$

$$F_n(t) = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} D_n(t-i) \quad (۱۴)$$

اثر شلاق چرمی، معیاری برای بررسی عملکرد زنجیره تأمین است. این اثر برای هر کدام از اعضای زنجیره تأمین (کارخانه، عمده‌فروش، خرده‌فروش، فروشگاه) به‌صورت تقسیم تغییرات تقاضای صادرشده به تقاضای رسیده محاسبه می‌شود (رابطه ۱۵). بنابراین اثر شلاق چرمی در کل زنجیره تأمین، از حاصل‌ضرب اثر شلاق چرمی هر کدام از اعضا (رابطه ۱۶) به دست می‌آید [۱].

$$[BE_n]_{t=1}^{t=T} = \left[\frac{Var(O_n)/Avg(O_n)}{Var(D_n)/Avg(D_n)}\right]_{t=1}^{t=T} \cong \left[\frac{Var(O_n)}{Var(D_n)}\right]_{t=1}^{t=T} \quad (۱۵)$$

$$[BE_{SC}]_{t=1}^{t=T} = \prod_{n=1}^{n=k} [BE_n]_{t=1}^{t=T} \quad (۱۶)$$

رابطه (۱۵) بیانگر آن است که اثر شلاقی زنجیره تأمین با نسبت واریانس خروجی (نرخ سفارش) به واریانس ورودی (میزان تقاضا)، برابر است. اثر شلاقی نه‌تنها ناشی از رفتار غیرمنطقی نیست، بلکه از رفتار کامل منطقی و معقول بازیگران در بستر زنجیره تأمین ناشی می‌شود.

۳. تجزیه‌وتحلیل مدل

برای تجزیه‌وتحلیل مدل و حساسیت آن، دو متغیر را مورد بررسی قرار داده‌ایم. متغیر اول

www.SID.ir

Archive of SID

تغییرات تقاضای مشتری نهائی است که از توزیع یکنواخت با میانگین ۶۰ در سه حالت پیروی می‌کند:

توزیع یکنواخت بین ۵۰ و ۷۰ (ضریب تغییرات تقاضا ۹/۶۱درصد)

توزیع یکنواخت بین ۴۰ و ۸۰ (ضریب تغییرات تقاضا ۱۹/۳۳درصد)

توزیع یکنواخت بین ۳۰ و ۹۰ (ضریب تغییرات تقاضا ۲۸/۸۶درصد)

متغیر دوم، میزان ذخیره احتیاطی است که با سه مقدار بررسی شده است:

مقدار ۵ واحد کالا در هر سطح از زنجیره تأمین (۸/۳۳درصد میانگین تقاضا)

مقدار ۱۰ واحد کالا در هر سطح از زنجیره تأمین (۱۶/۶۶درصد میانگین تقاضا)

مقدار ۱۵ واحد کالا در هر سطح از زنجیره تأمین (۲۵درصد میانگین تقاضا)

برای انجام تحلیل حساسیت با استفاده از دو متغیر (تغییرات تقاضا و ذخیره احتیاطی)، نه حالت از این ترکیبات بررسی گردید (جدول ۳).

جدول ۳ـ تحلیل حساسیت مدل زنجیره تأمین

عوامل مؤثر	سطح	ویژگی	شماره آزمایش	حالت‌های آزمایش مدل	
تغییرات تقاضا	کم	توزیع یکنواخت (۵۰،۷۰)	۱	تغییرات تقاضا کم	ذخیره احتیاطی کم
	متوسط	توزیع یکنواخت (۴۰،۸۰)	۲	تغییرات تقاضا کم	ذخیره احتیاطی متوسط
	زیاد	توزیع یکنواخت (۳۰،۹۰)	۳	تغییرات تقاضا کم	ذخیره احتیاطی زیاد
ذخیره احتیاطی	کم	۵ واحد	۴	تغییرات تقاضا متوسط	ذخیره احتیاطی کم
	متوسط	۱۰ واحد	۵	تغییرات تقاضا متوسط	ذخیره احتیاطی متوسط
	زیاد	۱۵ واحد	۶	تغییرات تقاضا متوسط	ذخیره احتیاطی زیاد
			۷	تغییرات تقاضا زیاد	ذخیره احتیاطی کم
			۸	تغییرات تقاضا زیاد	ذخیره احتیاطی متوسط
			۹	تغییرات تقاضا زیاد	ذخیره احتیاطی زیاد

هر آزمایش بر اساس تغییرات تقاضای مشتری نهائی که از یک توزیع یکنواخت با میانگین ۶۰ واحد کالا پیروی می‌کند، ۱۰ بار در یک دوره زمانی ۳۶۵ روز اجرا گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

پیش‌بینی تقاضا در هر کدام از اعضای زنجیره تأمین با استفاده از روش میانگین متحرک (رابطه ۱۴) بوده، زمان انتظار کالا در جریان مواد، یک روز، و در جریان اطلاعات، صفر در نظر گرفته شده است. درنهایت میانگین اثر شلاق چرمی هر عضو زنجیره تأمین با یک فاصله اطمینان ۹۵درصد محاسبه گردید و با استفاده از رابطه (۱۶)، اثر شلاقی کل زنجیره تأمین محاسبه شده است (جدول ۴).

جدول ٤ـ حالت‌های آزمایش مدل

شماره آزمایش	حالت آزمایش	اثر شلاق چرمی				
		کارخانه	عمده فروش	خرده فروش	فروشگاه	کل زنجیره تأمین
۱	تغییرات تقاضا: (۵۰، ۷۰) ذخیره احتیاطی: ۵ واحد	۳/۸۹±۰/۰۸	۳/۶۳±۰/۱۰	۲/۹۶±۰/۰۵	۱/۵۱±۰/۰۷	۶۴/۱۸±۱۳/۹۲
۲	تغییرات تقاضا: (۵۰، ۷۰) ذخیره احتیاطی: ۱۰	۳/۹۵±۰/۰۲	۳/۷۳±۰/۱۷	۳/۱۴±۰/۲۶	۱/۵۱±۰/۱۱	۷۰/۹۲±۱۵/۱۲
۳	تغییرات تقاضا: (۵۰، ۷۰) ذخیره احتیاطی: ۱۵	۳/۹۶±۰/۰۶	۳/۸۱±۰/۱۰	۳/۰۹±۰/۳۸	۱/۵۰±۰/۱۱	۷۱/۱±۱۵/۹۱
۴	تغییرات تقاضا: (۴۰، ۸۰) ذخیره احتیاطی: ۵ واحد	۳/۱۸±۰/۲۵	۲/۶۵±۰/۲۹	۱/۹۸±۰/۲۶	۱/۲۵±۰/۰۸	۲۲/۰۶±۸/۸۲
۵	تغییرات تقاضا: (۴۰، ۸۰) ذخیره احتیاطی: ۱۰	۳/۳۴±۰/۳۰	۲/۸۶±۰/۲۹	۲/۱±۰/۲	۱/۳۰±۰/۱۰	۲۷/۳۰±۹/۰۴
۶	تغییرات تقاضا: (۴۰، ۸۰) ذخیره احتیاطی: ۱۵	۳/۰۶±۰/۲۷	۲/۶۱±۰/۲۸	۲±۰/۱۷	۱/۳۲±۰/۰۱	۲۱/۷۷±۶/۵۴
۷	تغییرات تقاضا: (۳۰، ۹۰) ذخیره احتیاطی: ۵ واحد	۲/۳۷±۰/۱۷	۲/۱۶±۰/۰۹	۱/۷۷±۰/۰۴	۱/۲۷±۰/۰۳	۱۱/۵۸±۱/۳۸
۸	تغییرات تقاضا: (۳۰، ۹۰) ذخیره احتیاطی: ۱۰	۲/۸۱±۰/۱۹	۲/۳۸±۰/۲۱	۱/۹۲±۰/۰۹	۱/۲۹±۰/۰۴	۱۶/۸۸±۳/۸۷
۹	تغییرات تقاضا: (۳۰، ۹۰) ذخیره احتیاطی: ۱۵	۲/۸۱±۰/۲۵	۲/۴۴±۰/۱۸	۱/۸۹±۰/۱۲	۱/۲۹±۰/۰۵	۱۷/۱۵±۴/۸۳

همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، تغییرات تقاضا در سطح پایین زنجیره تأمین،

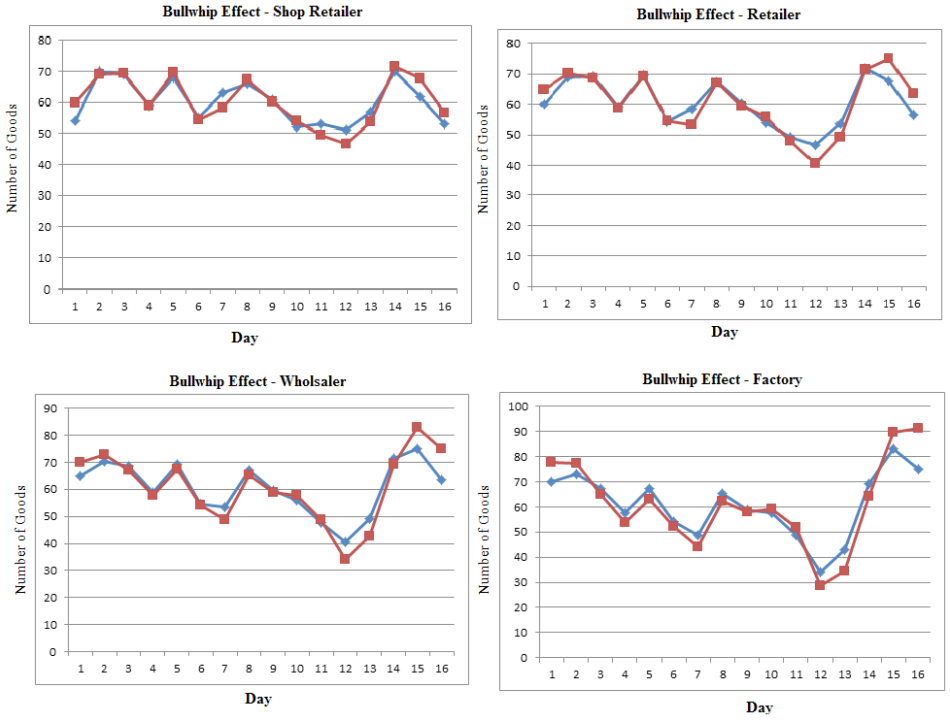
www.SID.ir

Archive of SID

باعث افزایش اثر شلاق چرمی در سطوح بالاتر زنجیره می‌گردد. اگر الگوی تغییرات تقاضای مشتری نهائی به‌صورت ثابت در هر مرحله در نظر گرفته شود (به‌عنوان مثال توزیع یکنواخت بین ۵۰ تا ۷۰ واحد کالا)، افزایش ذخیره احتیاطی از پنج واحد کالا تا ۱۵ واحد کالا برای هر کدام از اعضای زنجیره تأمین، باعث افزایش اثر شلاقی زنجیره تأمین از ۶۴/۱۸ تا ۷۱/۱ می‌گردد.

همچنین اگر ذخیره احتیاطی ثابت فرض شود (به‌عنوان مثال ۱۵ واحد کالا برای هر کدام از اعضای زنجیره تأمین)، تغییرات تقاضای مشتری نهائی از واریانس ۳۳/۳۳ به واریانس ۱۳۳/۳۳ و درنهایت واریانس ۳۰۰، باعث افزایش اثر شلاقی زنجیره تأمین می‌گردد.

شکل‌های زیر تغییرات تقاضای رسیده و سفارش صادرشده هر کدام از اعضای زنجیره تأمین (کارخانه، عمده‌فروش، خرده‌فروش، فروشگاه) را در آزمایش شماره ۱ (تغییرات تقاضا دارای توزیع یکنواخت (۷۰و۵۰) و ذخیره احتیاطی (۵ واحد) و برای دوره زمانی ۵۰ تا ۶۵ نشان می‌دهد.



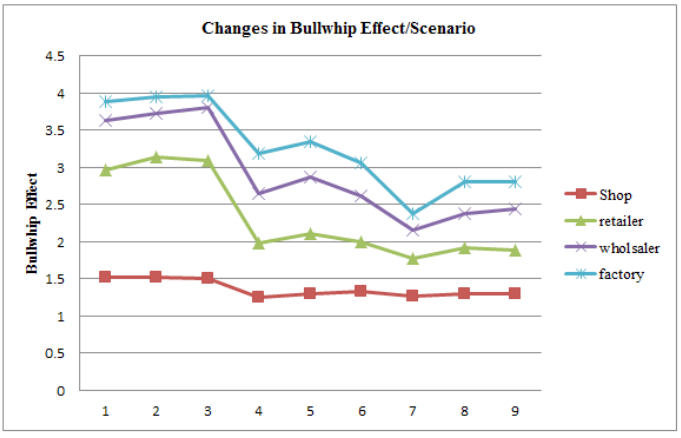
شکل ٤ـ تغییرات تقاضا و سفارش صادر شده هر کدام از اعضای زنجیره تأمین

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که در شکل (۴) قابل مشاهده است، تغییرات سفارش و تقاضا در روزهای متوالی، از انتهای زنجیره تا ابتدا در حال افزایش است. البته این زمانی رخ می‌دهد که همگی اعضای زنجیره تأمین از روش میانگین متحرک تقاضا جهت برآورد و پیش‌بینی تقاضا استفاده نمایند.

با توجه به جدول (۴)، اثر شلاقی در بالای زنجیره نسبت به پایین آن در کلیه سناریوهای مختلف بیشتر است. در سناریوهای ۱ تا ۳، که تغییرات تقاضا ثابت است و ذخیره احتیاطی در اعضای زنجیره تأمین افزایش می‌یابد، نسبت به سه سناریوی بعدی (۴، ۵، ۶)، اثر شلاقی بیشتر است. سناریوهای ۷ و ۸ و ۹ که تغییرات تقاضا دارای توزیع یکنواخت در بازه (۹۰،۳۰) بوده و ضریب تغییر تقاضا حدود ۲۸درصد است، اثر شلاقی در کمترین مقدار خود نسبت به سایر سناریوها قرار دارد.



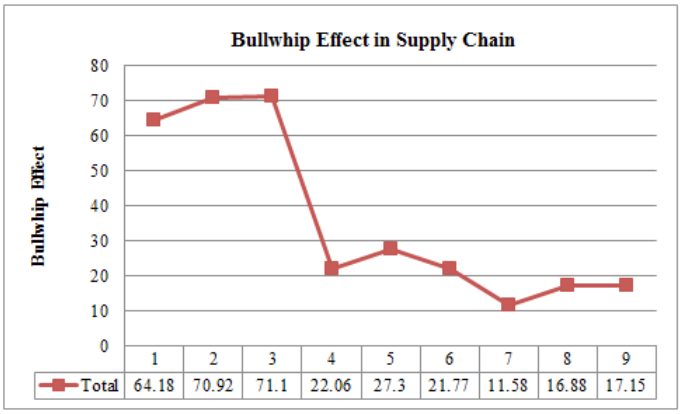
شکل ۵ـ تغییرات اثر شلاقی هر کدام از اعضای زنجیره تأمین در سناریوهای مختلف

همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌گردد، روند کاهش اثر شلاقی از سناریوی یک (تغییرات تقاضا کم – ذخیره احتیاطی کم) تا سناریوی ۹ (تغییرات تقاضا زیاد – ذخیره احتیاطی زیاد) در بالادست (کارخانه) بسیار بیشتر از پایین‌دست (فروشگاه) است. همچنین همان‌طور که در جدول (۴) و شکل (۶) نیز بیان شده است، اثر شلاقی کل زنجیره تأمین نیز از سناریوی ۱ تا ۹ روند کاهشی داشته است. علاوه بر آن، در سناریوهای ۱ تا ۳، ۴ تا ۶ و

www.SID.ir

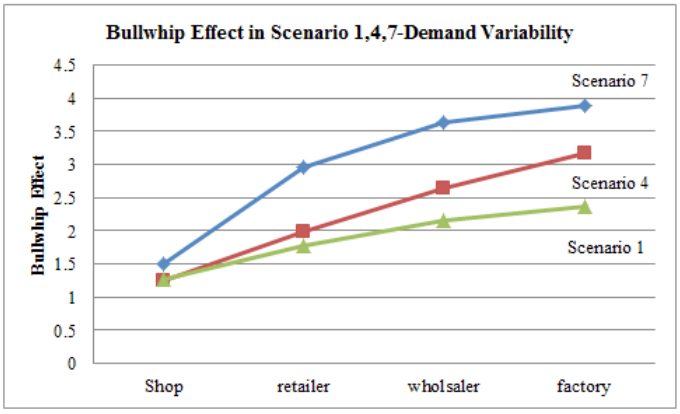
Archive of SID

۷ تا ۹ که تغییرات تقاضای مشتری نهائی (کم، متوسط، زیاد) ثابت است، با افزایش ذخیره احتیاطی اعضای زنجیره تأمین، اثر شلاقی کل زنجیره افزایش می‌یابد.



شکل ۶ـ تغییرات اثر شلاقی کل زنجیره تأمین در سناریوهای مختلف

درصورتی‌که ذخیره احتیاطی ثابت فرض شود (ذخیره احتیاطی سناریوهای ۱، ۴ و ۷ به میزان ۵ واحد است)، افزایش ضریب تغییرات تقاضای مشتری نهائی، باعث می‌گردد اثر شلاقی در بالادست، افزایش بیشتری را نسبت به پایین‌دست تجربه کند (شکل ۷).



شکل ۷ـ تغییرات اثر شلاقی هر کدام از اعضای زنجیره تأمین با تغییرات تقاضا (سناریوهای ۱، ٤ و ۷)

www.SID.ir

Archive of SID

موضوع مهم دیگر در اثر شلاقی زنجیره تأمین، تأثیرات آن بر هزینه‌ها است. در این قسمت سه آیتم هزینه‌ای (هزینه سفارش‌دهی، هزینه نگهداری و هزینه پس‌افت) را در نظر می‌گیریم. برای راحت‌تر شدن و ملموس‌تر تجزیه‌وتحلیل، هزینه هر بار سفارش‌دهی برای اعضای زنجیره تأمین را ۱۰۰ دلار، هزینه نگهداری هر واحد کالا یک دلار و هزینه پس‌افت را دو دلار تعیین می‌کنیم. جداول ۵ تا ۱۳، هزینه‌های سفارش‌دهی، نگهداری، پس‌افت و کل هزینه‌ها را برای هر کدام از اعضای زنجیره تأمین در سناریوهای مختلف (تغییرات تقاضا و ذخیره احتیاطی) نشان می‌دهند.

جدول ۵ـ هزینه‌های زنجیره تأمین هر کدام از اعضا در سناریوی ۱

Scenario 1	TC	%OC	OC	%BC	BC	%HC	HC	BE
shop	۴۲۲۳۴	۰/۸۶	۳۶۳۲۱	۰/۱۱	۴۶۴۶	۰/۰۳	۱۲۶۷	۱/۵۱
retailer	۴۳۳۳۱	۰/۸۴	۳۶۳۹۷	۰/۱۲	۵۲۰۰	۰/۰۴	۱۷۳۳	۲/۹۶
wholsaler	۴۴۵۹۰	۰/۸۱	۳۶۱۱۸	۰/۱۳	۵۷۹۷	۰/۰۶	۲۶۷۵	۳/۶۳
factory	۴۷۵۲۹	۰/۷۴	۳۵۱۷۱	۰/۰۹	۴۲۷۸	۰/۱۷	۸۰۸۰	۳/۸۹

جدول ۶ـ هزینه‌های زنجیره تأمین هر کدام از اعضا در سناریوی ۲

Scenario 2	TC	%OC	OC	%BC	BC	%HC	HC	BE
shop	۴۱۲۲۴	۰/۸۸	۳۶۲۷۷	۰/۰۴	۱۶۴۹	۰/۰۸	۳۲۹۸	۱/۵۱
retailer	۴۱۹۰۴	۰/۸۷	۳۶۴۵۶	۰/۰۵	۲۰۹۵	۰/۰۸	۳۳۵۲	۳/۱۴
wholsaler	۴۳۰۲۸	۰/۸۴	۳۶۱۴۴	۰/۰۷	۳۰۱۲	۰/۰۹	۳۸۷۳	۳/۷۳
factory	۴۶۵۱۳	۰/۷۶	۳۵۳۵۰	۰/۰۶	۲۷۹۱	۰/۱۸	۸۳۷۲	۳/۹۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷ـ هزینه‌های زنجیره تأمین هر کدام از اعضا در سناریوی ۳

Scenario 3	TC	%OC	OC	%BC	BC	%HC	HC	BE
shop	۴۲۶۸۹	۰/۸۶	۳۶۷۱۳	۰/۰۲	۸۵۴	۰/۱۲	۵۱۲۳	۱/۵
retailer	۴۳۰۹۵	۰/۸۴	۳۶۲۰۰	۰/۰۴	۱۷۲۴	۰/۱۲	۵۱۷۱	۳/۰۹
wholsaler	۴۴۲۴۷	۰/۸۱	۳۵۸۴۰	۰/۰۵	۲۲۱۲	۰/۱۴	۶۱۹۵	۳/۸۱
factory	۴۸۶۹۷	۰/۷۲	۳۵۰۶۲	۰/۰۵	۲۴۳۵	۰/۲۳	۱۱۲۰۰	۳/۹۶

جدول ۸ـ هزینه‌های زنجیره تأمین هر کدام از اعضا در سناریوی ٤

Scenario 4	TC	%OC	OC	%BC	BC	%HC	HC	BE
shop	۵۱۳۵۳	۰/۷۱	۳۶۴۶۱	۰/۲۶	۱۳۳۵۲	۰/۰۳	۱۵۴۱	۱/۲۵
retailer	۵۲۵۲۵	۰/۶۹	۳۶۲۴۲	۰/۲۷	۱۴۱۸۲	۰/۰۴	۲۱۰۱	۱/۹۸
wholsaler	۵۳۴۱۴	۰/۶۷	۳۵۷۸۷	۰/۲۵	۱۳۳۵۴	۰/۰۷	۳۷۳۹	۲/۶۵
factory	۵۱۰۲۷	۰/۶۸	۳۴۶۹۸	۰/۱۸	۹۱۸۵	۰/۱۴	۷۱۴۴	۳/۱۸

جدول ۹ـ هزینه‌های زنجیره تأمین هر کدام از اعضا در سناریوی ۵

Scenario 5	TC	%OC	OC	%BC	BC	%HC	HC	BE
shop	۴۶۰۶۱	۰/۷۹	۳۶۳۸۸	۰/۱۵	۶۹۰۹	۰/۰۶	۲۷۶۴	۱/۳
retailer	۴۷۷۲۷	۰/۷۶	۳۶۲۷۳	۰/۱۴	۶۶۸۲	۰/۰۷	۳۳۴۱	۲/۱
wholsaler	۴۹۶۰۷	۰/۷۳	۳۶۲۱۳	۰/۱۷	۸۴۳۳	۰/۱	۴۹۶۱	۲/۸۶
factory	۴۹۸۵۶	۰/۷۰	۳۴۸۹۹	۰/۱۳	۶۴۸۱	۰/۱۷	۸۴۷۶	۳/۳۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰ـ هزینه‌های زنجیره تأمین هر کدام از اعضا در سناریوی ۶

Scenario 6	TC	%OC	OC	%BC	BC	%OC	HC	BE
shop	۴۴۳۸۷	۰/۸۲	۳۶۳۹۷	۰/۰۸	۳۵۵۱	۰/۱	۴۴۳۹	۱/۳۲
retailer	۴۶۶۰۸	۰/۷۸	۳۶۳۵۴	۰/۱۲	۵۵۹۳	۰/۱	۴۶۶۱	۲
wholsaler	۴۹۵۷۰	۰/۷۳	۳۶۱۸۶	۰/۱۴	۶۹۴۰	۰/۱۳	۶۴۴۴	۲/۶۱
factory	۴۹۵۳۶	۰/۶۷	۳۳۱۸۹	۰/۱۲	۵۹۴۴	۰/۲۱	۱۰۴۰۳	۳/۰۶

جدول ۱۱ـ هزینه‌های زنجیره تأمین هر کدام از اعضا در سناریوی ۷

Scenario 7	TC	%OC	OC	%BC	BC	%OC	HC	BE
shop	۵۸۶۷۴	۰/۶۲	۳۶۳۷۸	۰/۳۶	۲۱۱۲۳	۰/۰۲	۱۱۷۳	۱/۲۷
retailer	۶۰۷۶۳	۰/۶۰	۳۶۴۵۸	۰/۳۶	۲۱۸۷۵	۰/۰۴	۲۴۳۱	۱/۷۷
wholsaler	۵۹۸۳۵	۰/۵۷	۳۴۱۰۶	۰/۳۴	۲۰۳۴۴	۰/۰۹	۵۳۸۵	۲/۱۶
factory	۵۴۳۱۸	۰/۵۳	۲۸۷۸۹	۰/۲۵	۱۳۵۸۰	۰/۲۲	۱۱۹۵۰	۲/۳۷

جدول ۱۲ـ هزینه‌های زنجیره تأمین هر کدام از اعضا در سناریوی ۸

Scenario 8	TC	%OC	OC	%BC	BC	%OC	HC	BE
shop	۵۲۶۲۶	۰/۶۹	۳۶۳۱۲	۰/۲۶	۱۳۶۸۳	۰/۰۵	۲۶۳۱	۱/۲۹
retailer	۵۵۴۸۷	۰/۶۶	۳۶۶۲۱	۰/۲۷	۱۴۹۸۱	۰/۰۷	۳۸۸۴	۱/۹۲
wholsaler	۵۵۹۲۰	۰/۶۲	۳۴۶۷۰	۰/۲۷	۱۵۰۹۸	۰/۱۱	۶۱۵۱	۲/۳۸
factory	۵۲۸۶۲	۰/۶۰	۳۱۷۱۷	۰/۲۰	۱۰۵۷۲	۰/۲	۱۰۵۷۲	۲/۸۱

www.SID.ir

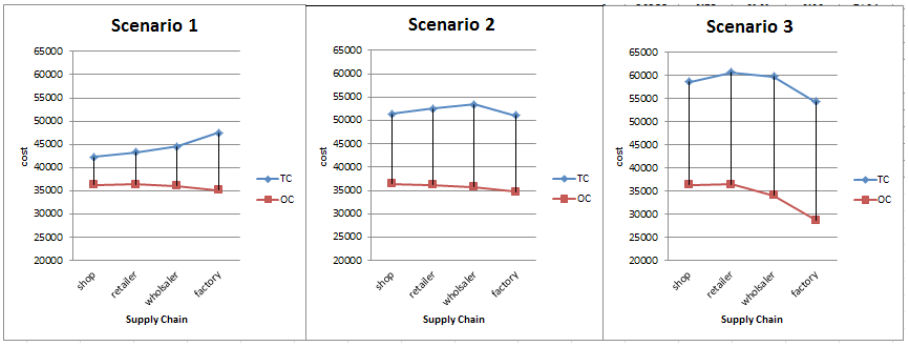
Archive of SID

جدول ۱۳ـ هزینه‌های زنجیره تأمین هر کدام از اعضا در سناریوی ۹

Scenario 9	TC	%OC	OC	%BC	BC	%HC	HC	BE
shop	۴۹۲۳۹	۰/۷۴	۳۶۴۳۷	۰/۱۷	۸۳۷۱	۰/۰۹	۴۴۳۲	۱/۲۹
retailer	۵۱۹۷۱	۰/۶۹	۳۵۸۶۰	۰/۲۱	۱۰۹۱۴	۰/۱	۵۱۹۷	۱/۸۹
wholsaler	۵۴۰۲۰	۰/۶۳	۳۴۰۳۳	۰/۲۲	۱۱۸۸۴	۰/۱۵	۸۱۰۳	۲/۴۴
factory	۵۷۰۱۷	۰/۵۴	۳۰۷۸۹	۰/۱۶	۹۱۲۳	۰/۳	۱۷۱۰۵	۲/۸۱

با توجه به جداول (۵) تا (۱۳)، هر چه تغییرات تقاضا افزایش می‌یابد (حرکت از سناریوی ۱ به سمت سناریوی ۹) هزینه‌های کل هر کدام از اعضای زنجیره تأمین نیز افزایش می‌یابد. این افزایش هزینه‌ها مربوط به هزینه هزینه‌های نگهداری و پس‌افت است چراکه درصد هزینه‌های سفارش‌دهی از پایین دست به بالادست زنجیره کاهش داشته است.

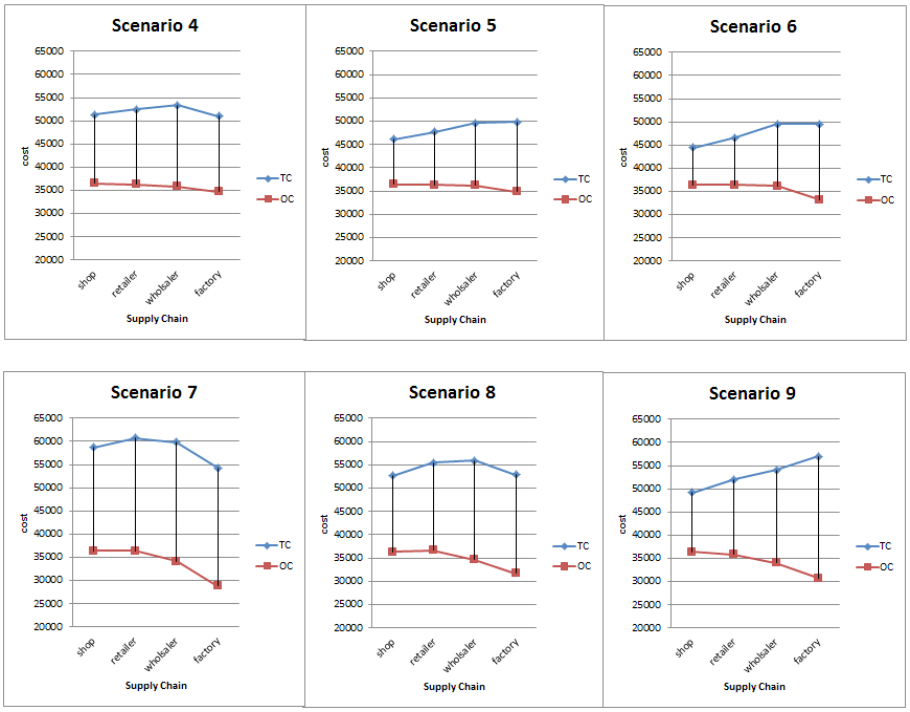
شکل‌های زیر تفاوت هزینه‌های سفارش‌دهی و هزینه‌های کل (شامل هزینه‌های سفارش‌دهی، نگهداری و پس‌افت) را در اعضای زنجیره تأمین و در سناریوهای مختلف به تصویر کشیده است.



شکل ۸ـ مقایسه هزینه‌های کل و سفارش‌دهی اعضای زنجیره تأمین در سناریوهای مختلف

www.SID.ir

Archive of SID



ادامه شکل ۸.

همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌گردد، در سطر اول (سناریوهای ۱، ۲، ۳) که تغییرات تقاضا کم و ذخیره احتیاطی افزایش می‌یابد، اختلاف هزینه کل و هزینه سفارش‌دهی نیز در حال افزایش است. این اختلاف در سناریوهای ۷، ۸ و ۹ که تغییرات تقاضا زیاد است، کاهش می‌یابد. اگر ذخیره احتیاطی ثابت فرض شود (حرکت به‌صورت ستونی) در حالت که تغییرات تقاضا زیاد است، شیب منفی بیشتری دارند.

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

استقرار رویکردهای مدیریت زنجیره تأمین، همواره با دو ویژگی اساسی یکپارچه‌سازی و هماهنگ‌سازی اجزای حاضر در زنجیره بوده که مزیت‌های حاصل از این رویکرد در دهه‌های اخیر منجر به گرایش مطالعات زیادی به این حوزه شده است. بااین‌وجود، این ویژگی‌ها منجر به بروز مشکلاتی در ساختار زنجیره تأمین و مدیریت آن شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از مهم‌ترین این عارضه‌ها که در قالب تشدید نوسانات تقاضا از پایین به بالای زنجیره خودنمایی می‌کند، اثر شلاقی یا اثر شلاق چرمی است. صرف‌نظر کردن از این اثر تا حدی می‌تواند کارایی مدیریت زنجیره تأمین را دچار خدشه کند؛ ازاین‌رو این موضوع مورد توجه محققان این حوزه قرار گرفته است. شناسایی دلایل بروز این اثر و ارائه راه‌حل‌هایی برای تخفیف و کاهش آن در مقالات متعددی بررسی شده است.

در این پژوهش به بررسی تأثیر متغیرهای تغییرات تقاضای مشتری نهائی و میزان ذخیره احتیاطی در یک زنجیره تأمین چهارسطحی بر اثر شلاقی زنجیره تأمین پرداخته شده است. نتایج پژوهش نشان داد که درصورتی‌که هر کدام از اعضای زنجیره تأمین از روش میانگین متحرک برای برآورد تقاضا استفاده کنند، اثر شلاقی از انتهای زنجیره به ابتدای آن، افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتایج تحقیق چن و همکاران در سال ۲۰۰۰، دیجونخر و همکاران در سال ۲۰۰۴، چارتفیلد و همکاران در سال ۲۰۰۴ و چارتفیلد و پریتچارد در سال ۲۰۱۳ هم‌خوانی دارد. این محققان در محاسبات اثر شلاقی، از روش میانگین متحرک استفاده کرده‌اند و عوامل زمان انتظار، اشتراک‌گذاری اطلاعات و کیفیت آن را مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین با ثابت بودن ذخیره احتیاطی هر کدام از اعضای زنجیره تأمین، افزایش تغییرات در تقاضای مشتری، باعث افزایش اثر شلاقی از پایین‌دست به بالادست در زنجیره تأمین می‌شود ولی با کاهش اثر کلی شلاق چرمی همراه خواهد بود. یعنی اگر ذخیره احتیاطی ۵ واحد باشد، تغییرات تقاضای مشتری از توزیع یکنواخت (۷۰،۵۰) به توزیع یکنواخت (۸۰،۴۰) و سپس توزیع یکنواخت (۹۰،۳۰)، اثر شلاق چرمی کل زنجیره تأمین را از ۶۴ به ۲۲ و درنهایت به ۱۱ تقلیل می‌دهد. واریانس تقاضای مشتری نهائی در حالتی که تغییرات تقاضا از توزیع یکنواخت (۵۰،۷۰) پیروی می‌کند، ۳۳ است و در حالت توزیع یکنواخت (۴۰،۸۰) به ۱۳۳ و در حالت توزیع یکنواخت (۳۰،۹۰) به ۳۰۰ می‌رسد. این افزایش واریانس هر چه به سمت بالای زنجیره تأمین می‌رویم نیز با روند افزایشی همراه است. در حالت تغییرات تقاضای کم، واریانس تقاضای مشتری در کارخانه (بالادست) ۱۷ برابر سطح فروشگاه (پایین‌دست) است ولی این نسبت در حالت تغییرات تقاضای متوسط، حدود ۴ برابر و در حالت تغییرات تقاضای زیاد، حدود ۳ برابر است. درنهایت تغییرات تقاضای مشتری از کم به زیاد در پایین‌دست، باعث کاهش اثر شلاقی در کل زنجیره تأمین می‌گردد. یکی از دلایل این امر آن است که پیش‌بینی تقاضا در سطوح بعدی زنجیره تأمین بر اساس روش

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین متحرک تقاضا انجام می‌گیرد و تغییرات میانگین تا حدودی ثابت و یا با تغییرات جزئی همراه است. همچنین اگر تغییرات تقاضای مشتری ثابت فرض شود، افزایش ذخیره احتیاطی به افزایش اثر شلاقی کل زنجیره تأمین می‌انجامد.

در قسمت بعدی پژوهش، تأثیر اثر شلاقی بر هزینه‌های زنجیره تأمین مورد بررسی قرار گرفت که تاکنون در پژوهش‌های گذشته به آن هیچ اشاره‌ای نشده است. افزایش اثر شلاقی از پایین‌دست به بالادست (کارخانه) در زنجیره تأمین که در اثر افزایش ضریب تغییرات تقاضای مشتری نهائی و افزایش ذخیره احتیاطی به‌وجود می‌آید، افزایش هزینه‌ها را نیز در پی دارد. این افزایش هزینه‌ها در حالتی که ضریب تغییرات تقاضا کم است در حدود ۱۳درصد است. هر چه تغییرات تقاضا افزایش می‌یابد، درصد افزایش هزینه‌های کل (هزینه‌های سفارش‌دهی، هزینه‌های نگهداری و هزینه‌های پس‌افت) کاهش می‌یابد و به حدود ۱درصد می‌رسد. در افزایش هزینه‌های کل، سهم هزینه سفارش‌دهی کاهش یافته و سهم هزینه‌های نگهداری و پس‌افت افزایش می‌یابد.

البته ذکر این نکته ضروری است که عکس‌العمل زنجیره تأمین در اثر شلاقی، با روش‌های متفاوت پیش‌بینی تقاضا متفاوت خواهد بود؛ که به‌عنوان پژوهش‌های آتی می‌توان آن را مورد بررسی قرارداد و در هر حالت نیز هزینه‌های سفارش‌دهی، نگهداری و پس‌افت را نیز مقایسه نمود.

منابع

یوسفی زنوز، رضا، منهاج، محمدباقر. (۱۳۹۰). طرح یک چارچوب ترکیبی پیش‌بینی تقاضای متلاطم و کنترل پیش‌بین مدل به منظور کمینه‌سازی اثر شلاقی، نشریه مدیریت صنعتی، دوره ۳، شماره ۶، ص ۱۹۰-۱۷۱.

Balakrishnan, A., Geunes, J., Pangburn, M.S. (2004). Coordinating supply chains by controlling upstream variability propagation. Manufacturing Service Operations Management 6 (2): 163–183.

Chandra, C., & Grabis, J. (2005). Application of multi-steps forecasting for restraining the bullwhip effect and improving inventory performance under autoregressive demand. European Journal of Operational Research, 166(2): 337–350.

Chatfield, D. C., & Pritchard, A. M. (2013). Returns and the bullwhip effect. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 49(1): 159-175.

Chatfield, D. C., Kim, J. G., Harrison, T. P., & Hayya, J. C. (2004). The bullwhip

www.SID.ir

Archive of SID

effect—impact of stochastic lead time, information quality, and information sharing: a simulation study. Production and Operations Management, 13(4): 340-353.

Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J.K. & Simchi-Levi, D. (2000a). Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times, and information, Management Science, 46: 436-443.

Chen, F., Ryan, J. K., & Simchi-Levi, D. (2000b). The impact of exponential smoothing forecasts on the bullwhip effect. Naval Research Logistics, 47(4): 269–286.

Chen, L., Lee, H.L. (2009). Information sharing and order variability control under a generalized demand model. Management Science 55 (5): 781–797.

Coppini, M., Rossignoli, C., Rossi, T., Strozzi, F. (2010). Bullwhip effect and inventory oscillations analysis using the beer game model. International Journal of Production Research, 48(13): 3943–3956.

Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., & Tronci, M. (2014a). SPC-based inventory control policy to improve supply chain dynamics. International Journal of Engineering & Technology, 6(1): 418–426.

Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., & Tronci, M. (2014b). Inventory control system based on control charts to improve supply chain performances. International Journal of Simulation Modelling, 13(3): 263–275.

Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., & Tronci, M. (2014c). A real-time SPC inventory replenishment system to improve supply chain performances. Expert Systems with Applications, 42(3): 1665–1683.

Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., & Tronci, M. (2016). Smoothing inventory decision rules in seasonal supply chains. Expert Systems With Applications, 44: 304-319.

Costantino, F., Gravio, G. D., Shaban, A. & Tronci, M. (2015). SPC forecasting system to mitigate the bullwhip effect and inventory variance in supply chains. Expert Systems with Applications, 42: 1773–1787.

Dai, J., Peng, S., Li, S. (2017). Mitigation of Bullwhip Effect in Supply Chain Inventory Management Model. Procedia Engineering, 174: 1229-1234.

Dejonckheere, J., Disney, S. M., Lambrecht, M. R., & Towill, D. R. (2003). Measuring and avoiding the bullwhip effect: A control theoretic approach. European Journal of Operational Research, 147(3): 567–590.

Dejonckheere, J., Disney, S. M., Lambrecht, M. R., & Towill, D. R. (2004). The impact of information enrichment on the bullwhip effect in supply chains: A control engineering perspective. European Journal of Operational Research, 153(3): 727-750.

Disney, S. M., Farasyn, I., Lambrecht, M., Towill, D. R., & de Velde, W. V. (2006). Taming the bullwhip effect whilst watching customer service in a single supply chain echelon. European Journal of Operational Research, 173(1): 151–172.

Dominguez, R., Cannella, S., & Framinan, J. M. (2015). The impact of the supply chain

www.SID.ir

Archive of SID

structure on bullwhip effect. Applied Mathematical Modelling, 39(23): 7309-7325

Duc, T.T.H., Luong, H.T., Kim, Y.D.,(2008). A measure of the bullwhip effect in supply chains with stochastic lead time. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 38: 1201–1212.

Forrester, J. W. (1961). Industrial dynamics, Camdridge, MIT Press.

Geary, S., Disney, S. M., & Towill, D. R. (2006). On bullwhip in the supply chain-historical review, present practice and expected likely impact. International Journal of Production Economics, 101 (1): 2–18.

Giard, V., & Sali, M. (2013). The bullwhip effect in supply chains: a study of contingent and incomplete literature. International Journal of Production Research, 51(13): 3880–3893.

Kim, I., Springer, M. (2008). Measuring endogenous supply chain volatility: beyond the bullwhip effect. European Journal of Operational Research, 189(1): 172–193.

Kim, J. G., Chatfield, D., Harrison, T. P., & Hayya, J. C. (2006). Quantifying the bullwhip effect in a supply chain with stochastic lead time. European Journal of operational research, 173(2): 617-636.

Lambrecht, M., Dejonckheere, J. (1999). A bullwhip effect explorer, DTEW Research Report, 9910:1-32.

Lee, H. L., Padmanabhan, V. & Whang, S. (1997). The Bullwhip Effect in supply chains. Sloan Management Review Journal, 38 (3): 93–102.

Li, Q., Disney, S. M., & Gaalman, G. (2014). Avoiding the bullwhip effect using damped trend forecasting and the order-up-to replenishment policy. International Journal of Production Economics, 149: 3–16.

Ma, J., Bao, B. (2016). Research on bullwhip effect in energy-efficient air conditioning supply chain, Journal of Cleaner Production, 143: 854-865.

Metters R. (1997). Quantifying the Bullwhip Effect in supply chains, Journal of Operation Management, 15(2): 89–100.

Miragliotta, G. (2006). Layers and mechanisms: a new taxonomy for the bullwhip effect. International Journal of Production Economics, 104: 365–381.

Ponte, B., Sierra, E., Fuente, D. D. & Lozano, J. (2017). Exploring the interaction of inventory policies across the supply chain: An agent-based approach, Computers & Operation Research, 78: 335-348.

Sirikasemsuk, K., Trung Luong, H. (2017). Measure of bullwhip effect in supply chains withfirst-order bivariate vector autoregression time-series demand model. Computer & Operations Resaerch, 78: 59-79.

Sodhi, M.S., Tang, C.S. (2011). The incremental bullwhip effect of operational deviations in an arborescent supply chain with requirements planning. European Journal of Operational Research 215: 374–382.

Springer, M., Kim, I. (2010). Managing the order pipeline to reduce supply chain volatility.

www.SID.ir

Archive of SID

European Journal of Operational Research, 203(2): 380–392.

Sterman, J. D. (1989). Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. Management Science, 35(3): 321–39.

Towill, D. (1991). Supply chain dynamics. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 4(4): 197–208.

Towill, D., Naim, M., Wikner, J. (1992). Industrial dynamics: simulation models in the design of supply chains. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 22(5): 3–13.

Trapero, J. R. & Pedregal, D. J. (2016). A novel time-varying bullwhip effect metric: An application to promotional sales, International Journal of Production Economics, 182: 465-471.

Waller, M.A., Williams, B.D., Eroglu, C. (2008). Hidden effects of variable order review intervals in inventory control. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 38 (3): 244–258.

Warburton, R.D.H. (2004). An analytical investigation of the bullwhip effect. Production and Operations Management 13 (2): 150–160.

Wikner, J., Towill, D.R., Naim, M. (1991). Smoothing supply chain dynamics. International Journal of Production Economics, 22(3): 231–248.

Zhang, X. (2004). The impact of forecasting methods on the bullwhip effect. International Journal of Production Economics, 88(1): 15-27.

www.SID.ir