ساز و کار هماهنگی زنجیره‌تأمین باتخفیف‌های زمانی و نسبت پیش‌پرداخت برای کالاهای فسادپذیر با وجود محدودیت بودجه

سید فرزاد هاشمی ، بابک جوادی* و بهنازآقاعبداللهیان
گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران

چکیده– زنجیره‌تأمین یک محصول شامل تمامی سازمان‌ها و شرکت‌هایی است که در فرآیند تهیه، تأمین، تولید، توزیع و تحویل آن محصول به مشتری نقش دارند. یکی از مهم‌ترین ارکان مدیریت زنجیره‌تأمین، هماهنگی میان این اجزا است. اقلام فسادپذیر که به‌عنوان کالاهایی پرکاربرد شناخته می‌شوند، در پژوهش‌های مربوط به کنترل موجودی جایگاه ویژه‌ای دارند، زیرا این اقلام با گذر زمان ممکن است فاسد، تبخیر یا تخریب شوند و از این طریق ارزش یا مقدار خود را از دست بدهند. بنابراین، تعیین مقدار و زمان سفارش برای این نوع اقلام اهمیت بسیاری دارد. علاوه‌بر این، اعضای زنجیره‌تأمین معمولاً با محدودیت بودجه مواجه هستند و تولیدکننده بخشی از نقدینگی مورد نیاز خود را در ابتدای تولید از طریق دریافت نسبتی از مبلغ کل سفارش تأمین می‌کند. تعیین این نسبت نیز بسیار حائز اهمیت است. در این تحقیق، یک زنجیره‌تأمین دو سطحی شامل یک عمده‌فروش و یک تولیدکننده که کالایی فسادپذیر تولید می‌کند، مورد بررسی قرار گرفته است. برای ایجاد هماهنگی و همکاری بلندمدت بین اعضا و حداکثرسازی سود زنجیره‌تأمین، از ساز و کار تخفیف استفاده شده است. در این ساز و کار، یکی از تخفیف‌ها بر اساس زمان سفارش و دیگری بر اساس نسبت پیش‌پرداخت عمل می‌کند. در نهایت، یک مثال عددی بررسی شده و تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای مسئله انجام شده‌است، نتایج نشان می‌دهد که با اعمال ساز و کار هماهنگی و تعیین مقادیر بهینه برای مقدار سفارش، زمان سفارش و نسبت پیش‌پرداخت، سود اعضا و کل زنجیره‌تأمین در حالت هماهنگ نسبت به حالت ناهماهنگ افزایش یافته‌است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت زنجیره‌تأمین، هماهنگی، کالای فساد پذیر، تخفیف، پیش‌پرداخت، محدودیت بودجه.

Supply Chain Coordination Mechanism with Lead-Time and Prepayment Discounts for Deteriorating Items under Budget Constraint

Abstract: ***The supply chain of a product encompasses all organizations and companies involved in the processes of procurement, supply, production, distribution, and delivery of that product to the customer. One of the most critical aspects of supply chain management is the coordination among these elements. Perishable goods, which are recognized as widely used items, hold a significant position in inventory control research because these items may deteriorate, evaporate, or degrade over time, leading to a loss of value or quantity. Therefore, determining the order quantity and timing for such items is crucial. Additionally, supply chain members often face budget constraints, and the manufacturer secures part of the required liquidity at the beginning of production by receiving a portion of the total order amount upfront. Determining this portion is also of great importance. In this study, a two-level supply chain, consisting***

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی:alfoone@uoz.ac.ir

of a wholesaler and a manufacturer producing a perishable good, has been examined. To foster long-term coordination and collaboration among members and to maximize supply chain profit, a discount mechanism has been utilized. This mechanism includes one discount based on order timing and another based on the prepayment ratio. Finally, a numerical example has been analyzed, and sensitivity analysis has been conducted on the problem's parameters. The results demonstrate that by implementing the coordination mechanism and determining the optimal values for order quantity, order timing, and prepayment ratio, the profit of both the members and the entire supply chain increases in the coordinated state compared to the uncoordinated state.

Keywords: ***Supply chain management, coordination, deteriorating items, discount, prepayment, budget constraint.***

فهرست علائم

Q	مقدار سفارش (تن) (۱)	TBR	حداکثر بودجه عمده فروش (۱۴)
Lt	مدت زمان بین صدور سفارش و دریافت سفارش(هفته) (۳)	T،	حداکثر زمانی که عمده فروش می بایست سفارش خود را صادر نماید (۱۶)
U	نسبت پیش‌پرداخت (۹)	Cm	قیمت خرید مواد اولیه (۱۹)
CD	هزینه فسادپذیری برای تولیدکننده (۸)	TBM	حداکثر بودجه ای که تولید کننده می‌تواند صرف خرید مواد اولیه کند (۲۷)
CH	هزینه نگهداری به ازای واحد کالا برای تولیدکننده (۶)	TDBR	حداکثر بودجه ای که عمده فروش می‌تواند به صورت پیش پرداخت در ابتدای سفارش بپردازد (۱۳)
CP	هزینه تولید به ازای واحد کالا برای تولیدکننده (۱۹)	Ci	درصد ارزش زمانی پولی که عمده فروش به دلیل پرداخت پیش پرداخت از دست می‌دهد (۹)
Ch	هزینه نگهداری به ازای واحد کالا عمده‌فروش (۲۲)	K	مقداری که به ازای هر یک واحد از نسبت پیش پرداخت، از قیمت خرید تولیدکننده کاسته می‌شود (۳۱)
Co	هزینه سفارش‌دهی عمده‌فروش (۳)	V	مقداری که به ازای هر واحد افزایش لیدتایم از هزینه نگهداری تولیدکننده کاسته می شود (۲۲)
Cs	هزینه کمبود عمده‌فروش (۷)	BCR	هزینه خرید (۲)
D(t)	تابع تقاضا ۰ < T > t (۱)	OCR	هزینه سفارش‌دهی (۳)
I0	موجودی اولیه عمده فروش (۴)	TCR	هزینه کل عمده‌فروش (۱۰)
MP	نرخ تولید (۱۹)	ICR	هزینه نگهداری موجودی (۶)
IR(t)	سطح موجودی عمده فروش در زمان (۱)	SCR	هزینه کمبود (۷)
TFR	حداکثر فضای انبار عمده فروش (۱۵)	DCR	هزینه فسادپذیری (۸)
IM(t)	سطح موجودی تولید کننده در زمان (۲۱)	PCR	هزینه پیش‌پرداخت (۹)
T	دوره فروش(هفته) (۱)	TRR	درآمد عمده فروش (۱۱)
W	قیمت فروش تولید کننده به عمده فروش (۲)	f	میزان اشغال فضا (۱۵)
Z	نرخ فساد پذیری کالا (۴)	TPm	حداکثر ظرفیت تولیدکننده (۲۹)
d(Lt)	تابع تخفیف که تولید کننده به عمده فروش پیشنهاد می دهد (۳۳)	R	تابع سود عمده فروش (۱۲)
P	قیمت فروش عمده فروش (۱۱)	α	فاکتور احتمالی تقاضا (۱)
dmax	حداکثر مقداری که تولید کننده می تواند تخفیف دهد (۳۲)	T	ضریب تاثیر افزایش لیدتایم (۳)
TBR	حداکثر بودجه عمده فروش (۱۴)	θ	ضریب تقاضای وابسته به موجودی (۱)

۱- مقدمه

زنجیره‌تأمین به‌عنوان مجموعه‌ای از نهادها با تعاملات داخلی، برای فرآیند تبدیل مواد خام به محصولات نهایی و تحویل آن‌ها به مصرف‌کننده نهایی شناخته می‌شود. بررسی‌ها در آمریکا نشان می‌دهد که حدود ۲۵ درصد از بودجه شرکت‌ها به زنجیره‌تأمین اختصاص دارد و هزینه‌های مرتبط با حمل‌ونقل و انبارداری کالا حدود ۱۰ درصد از تولید ناخالص داخلی آمریکا را تشکیل می‌دهد. همچنین، هزینه‌های نگهداری موجودی انبار حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد از تولید ناخالص داخلی این کشور را شامل می‌شود. احتمالاً این درصدها در کشورهای در حال توسعه که از سیستم‌های بهینه کمتری برخوردار هستند، به مراتب بالاتر است. این نشان می‌دهد که هرچقدر در زنجیره‌تأمین سرمایه‌گذاری شود، همچنان کافی نیست. هدف از هماهنگی تصمیمات اعضای زنجیره‌تأمین، افزایش سودآوری در یک زنجیره‌تأمین غیرمتمرکز تا حدی می‌باشد که گویی این زنجیره به صورت متمرکز مدیریت می‌شود. اجزای یک زنجیره‌تأمین می‌توانند شامل یک سازمان مستقل یا چندین سازمان مستقل باشند. تمرکز جداگانه بر روی اجزای زنجیره‌تأمین منجر به ناکارآمدی و تحویل کالا یا خدمات با هزینه بالاتر در سیستم می‌شود. بنابراین، در این پژوهش، تمرکز بر هماهنگی اجزای مختلف زنجیره‌تأمین با هدف کاهش هزینه‌ها و زمان تحویل کالا یا خدمات به مصرف‌کننده نهایی مورد توجه قرار گرفته است. هنگامی که زنجیره‌تأمین به‌طور مؤثر و کارآمد عمل کند، در نهایت ارزش افزوده برای شرکت‌ها ایجاد می‌کند و به بهبود موقعیت رقابتی آن‌ها منجر خواهد شد[۱]. یکپارچگی در زنجیره‌تأمین، محدوده‌ای از شرکت‌های وابسته به هم را شامل می‌شود که مزیت رقابتی آنها در فعالیت‌های کلیدی یکپارچه‌سازی زنجیره‌تأمین نهفته است[۲]. از آنجایی که سازمان‌های فعال در یک زنجیره‌تأمین عموما مستقل از یکدیگر هستند، هر کدام به طور خودخواهانه به بهینه‌سازی اهداف خود می‌پردازند. اگرچه عملکرد مناسب هر کدام از اعضای زنجیره ضروری است، اما این امر به تنهایی کارکرد بهینه سیستم زنجیره‌تأمین را به عنوان یک کل، در پی نخواهد داشت. تا قبل از سال‌های اخیر، تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت زنجیره‌تأمین دارای دو مؤلفه‌ی اصلی بوده‌اند. اول اینکه این تصمیم‌گیری‌ها بر تدارک موجودی، تجهیزات فیزیکی و حمل و نقل متمرکز بوده‌اند. ثانیاً تصمیم‌گیری‌های رایج در زنجیره‌تأمین از ماهیت مستقل برخوردار بوده‌اند، بدین معنا که عموماً اعضای یک زنجیره‌تأمین بدون توجه به اینکه عضوی از یک شبکه هستند، اقدام به تصمیم‌گیری می‌نموده‌اند. مدل‌های هماهنگی به دنبال یافتن یک راهکار قابل اجرا هستند که اعضای مستقل یک زنجیره‌تأمین را قانع نمایند مشابه با حالتی که زنجیره‌تأمین به صورت متمرکز اداره می‌شود، تصمیم‌گیری نمایند. به عبارتی مدل‌های هماهنگی به دنبال ایجاد یک دیدگاه کل نگر در زنجیره‌تأمین هستند [۳]. طبق تعریف کالاهایی که تاریخ انقضا دارند و یا به طور کلی کالاهایی که در معرض آسیب قرار دارند و یا تبخیرپذیر هستند مانند غذا، دارو، فیلم و غیره کالاهای فسادپذیر نامیده می‌شوند [۴]. مدیریت موجودی کالاهای فسادپذیر به دلیل اینکه ارزش خود را خیلی زود از دست می‌دهند، برای تمام اعضای زنجیره‌تأمین اهمیت فراوانی دارد. زمان تحویل یکی از پارامترهای مهم در مدیریت موجودی می باشد. کاهش زمان تحویل مسئله‌ای است که به سود تمام اعضای زنجیره‌تأمین مرتبط می‌شود [۳]. همچنین تعیین دو متغیر مقدار سفارش و زمان سفارش‌دهی بسیار مهم می‌باشد. چون نقشی کلیدی در کنترل موجودی و برنامه‌ریزی اعضای زنجیره‌تأمین دارند. از طرفی محدودیت بودجه و نقدینگی اعضای زنجیره‌تأمین همیشه نقشی مهم در تعیین متغیرهای زنجیره‌تأمین داشته‌اند. معمولا بین اعضای زنجیره‌تأمین در تعیین مقادیر متغیرها چالش‌ها و اختلاف‌هایی وجود دارد. یکپارچه‌سازی و هماهنگ‌سازی زنجیره‌تأمین، منافع همه اعضا را به صورت یکجا می‌بیند و سعی دارد که سود همه اعضا را نسبت به حالت غیر یکپارچه افزایش دهد. هدف از انجام این تحقیق بررسی یک ساز و کار هماهنگی

اعضای زنجیره‌تأمین بر اساس دو نوع تخفیف، یکی بر اساس زمان سفارش و دیگری بر اساس درصد پیش‌پرداخت برای کالاهای فسادپذیر در یک زنجیره‌تأمین دو سطحی به نحوی می‌باشد که اعضا تشویق شوند به صورت متمرکز تصمیم‌گیری نمایند و در نهایت سود هر یک از اعضا و کل زنجیره‌تأمین نسبت به حالت غیر متمرکز افزایش یابد.

در این پژوهش به دنبال پاسخ به پرسش‌های زیر می‌باشیم:

۱- تعیین زمان بهینه سفارش به نحوی که سود هر یک از اعضا و همچنین سود کل زنجیره‌تأمین نسبت به حالت غیر متمرکز افزایش یابد.

۲- تعیین مقدار بهینه سفارش به نحوی که سود هر یک از اعضا و همچنین سود کل زنجیره‌تأمین نسبت به حالت غیر متمرکز افزایش یابد.

۳- تعیین مقدار بهینه نسبتی از مبلغ کل که در ابتدای سفارش، عمده‌فروش می‌بایست به تولیدکننده به صورت پیش‌پرداخت بپردازد به نحوی که سود هر یک از اعضا و همچنین سود کل زنجیره‌تأمین نسبت به حالت غیر متمرکز افزایش یابد.

۲-مرور ادبیات

امروزه در تجارت، اصل پذیرفته‌شده این است که رقابت اصلی میان زنجیره‌های تأمین شرکت‌هاست، نه صرفاً خود شرکت‌ها. لی [۵] اظهار نمود، یک زنجیره‌تأمین که به‌طور کامل یکپارچه شده باشد، منجر به کاهش هزینه‌ی بیشتری خواهد شد. همچنین این تکامل برای شرکت، همکاران زنجیره‌تأمین و سایر ذینفعان ارزش ایجاد می‌کند. توماس و گریفین [۶] تأکید کرده‌اند که مدیریت زنجیره‌تأمین، نیازمند طراحی و هماهنگی اجزاء گوناگون کانال، از جمله تولیدکننده، خرده‌فروش و تمام واسطه‌ها می‌باشد. عبدالجبار و همکاران [۷] مسأله سفارش مجدد را با رویکرد کمینه کردن هزینه کل در زنجیره‌تأمین با یک تأمین‌کننده و n خریدار بررسی کردند. آنها فرض کردند که تقاضای هر خریدار شناخته شده است. هدف کمینه کردن هزینه کل زنجیره شامل هزینه نگهداری و سفارش مجدد بود. در مدل آنها زمان تحویل ناچیز و از آن صرف نظر شده و کمبود مجاز نبود. آنها دو سیاست را بررسی کردند: سیاست تصمیم‌گیری مستقل و سیاست تصمیم‌گیری با هماهنگی. چان و همکاران [۸] هماهنگی در زنجیره‌تأمین به‌وسیله‌ی یکسان سازی سیکل تولیدی محصولات را بررسی کردند. مدل مورد بررسی آنها شامل یک فروشنده و n خریدار بود که سیاست‌های مختلف خرید را بررسی نمودند و نشان دادند که اتخاذ هماهنگی سیکل سفارش‌دهی برای افزایش سود کل زنجیره مفید خواهد بود. چن [۹ و ۱۰] به بررسی همکاری در زنجیره‌تأمین و بسط حالت خاصی از مدل‌های موجود پرداخت. سیستم مورد بررسی او یک خریدار و یک فروشنده با k قلم کالا بود. او برای حالت‌های مختلف تصمیم‌گیری (چهار حالت مختلف: بدون همکاری و بر اساس تصمیم‌گیری منفرد برای هر کالا، بدون همکاری و بر اساس تصمیم‌گیری کلی برای همه کالاها، با همکاری و بر اساس تصمیم‌گیری منفرد برای هر کالا، با همکاری و بر اساس تصمیم‌گیری کلی برای همه کالاها) مسئله را بررسی نمود. ویسواناتان و پیپلانی [۱۱] سیاستی را در نظر گرفتند که تأمین‌کننده یک تخفیف برای خریدار پیشنهاد می‌کند و آن در صورتی است که خریدار سفارش‌های خود را در زمان‌های مشخص‌شده توسط تأمین‌کننده قرار دهد. کلاسترین و معین‌زاده [۱۲] یک ساز و کار جدید تخفیف زمانی برای یک سیستم توزیع/ موجودی چند مرحله‌ای ارائه کردند. آنها از این طریق سعی در کاهش هزینه‌های نگهداری موجودی و پخش موجودی در کل زنجیره‌تأمین داشته و فرض کردند که سازنده بتواند دوره‌ی سفارش‌دهی مجدد خود را با سازنده قطعات اصلی (منبع بیرونی) هماهنگ نماید که با ایجاد این هماهنگی در زنجیره باعث بهبود کارایی زنجیره‌تأمین شدند. موناهان [۱۳] نشان داد که تأمین‌کننده می‌تواند با ارائه برنامه‌ی تخفیف مناسب، خریدار را به سفارشی بزرگتر ترغیب نموده و خود نیز از این طریق منافع بیشتری کسب نماید. در مدل مذکور مقدار

تولید تأمین‌کننده با مقدار سفارش خریدار برابر بود. لی و روزنبلات [۱۴]الگوریتمی ارائه کردند که در آن سود را با استفاده از یک برنامه تخفیف برای یک مدل تک‌خریدار ماکزیمم می‌نماید. آنها کار قبلی موناهان را با حذف تولید به موقع، توسعه دادند. یئو شیانگ و همکاران[۳] یک مدل هماهنگی زنجیره‌تأمین دو سطحی بر اساس تخفیف زمانی برای کالاهای فسادپذیر را ارائه دادند به نحوی که تقاضای خرده فروش تصادفی بود. مایتری تاکورا و همکاران [۱۵] به‌منظور بهبود هماهنگی در زنجیره‌تأمین یک سیستم ردیابی برای زنجیره‌تأمین پوست نروژی پیشنهاد دادند و توانستند جمع‌آوری داده‌ها و تبادل اطلاعات بین ذینفعان یک زنجیره‌تأمین مخفی را بهبود بخشند. آزمایش‌های آنها نشان داد که قابلیت ردیابی از مزرعه تا پردازشگر مخفی با استفاده از تگ‌های پنهان (RFID) تا فرآیند دباغی امکان‌پذیر بوده‌است. ژائو و همکاران [۱۶] یک مدل زنجیره‌تأمین خودرو متشکل از یک سازنده خودرو و یک خرده‌فروش خودرو را بررسی کردند، آنها قیمت‌گذاری، تقاضا و سود زنجیره‌تأمین دو نوع خودرو را تحت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و تصمیم‌گیری متمرکز مقایسه کردند، و سپس یک ساز و کار قرارداد تقسیم درآمد و مذاکره قیمت کارخانه‌ای برای هماهنگ کردن زنجیره‌تأمین تحت شرایط خاص طراحی کردند. آنها نشان دادند زمانی که پارامترهای قرارداد شرایط خاصی را برآورده می‌کنند، قرارداد ترکیبی می‌تواند به هماهنگی زنجیره‌تأمین دست یابد و سود هر یک از اعضا را بهبود بخشد. جوهری و همکاران [۱۷] یک مدل هماهنگی برای یک سیستم زنجیره‌تأمین حلقه‌بسته متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش ایجاد کردند، در مدل ارائه شده توسط آنها تقاضای بازار به سطح فناوری سبز، قیمت فروش خرده‌فروش و میزان تبلیغات بستگی داشت. آنها مدل پیشنهادی را تحت سه سناریوی متمرکز، غیرمتمرکز و یک بازی استکلبرگ بررسی کردند. شین یانگ و همکاران [۱۸] بر استفاده از فناوری بلاک‌چین برای بررسی گزارش تازگی محصولات کشاورزی در یک زنجیره‌تأمین دوسطحی متشکل از یک تعاونی روستایی و یک سوپرمارکت تمرکز کردند. آنها با در نظر گرفتن کاهش کیفیت و کمیت در فرآیند حمل‌ونقل محصولات کشاورزی، تأثیرات تازگی محصول و سطح سرمایه‌گذاری بلاک‌چین بر تقاضای تصادفی بازار را کمی‌سازی نمودند. و مدل‌های بازی برای تصمیم‌گیری متمرکز و غیرمتمرکز، قبل و بعد از سرمایه‌گذاری در فناوری بلاک‌چین را پیشنهاد دادند. آنها با مقایسه تصمیمات و عملکرد بهینه زنجیره‌تأمین تحت سناریوهای مختلف، یک قرارداد اشتراک درآمد–هزینه برای هماهنگ کردن تصمیم‌گیری غیرمتمرکز طراحی نمودند و نشان دادند که استفاده از فناوری بلاک‌چین می‌تواند برتری تصمیم‌گیری متمرکز را بیشتر تثبیت کند. با این حال، آستانه خاصی برای استفاده از فناوری بلاک‌چین در تصمیم‌گیری غیرمتمرکز وجود دارد. و زمانی که هزینه واحد بلاک‌چین از آستانه فراتر رود، تعاونی روستایی به دلیل کاهش سود، همکاری خود با سوپرمارکت را کنار می‌گذارد. روی کیو و همکاران [۱۹] یک روش هماهنگی چند جانبه را برای ارتقای همکاری بین حمل‌کنندگان نفت و اپراتور خط لوله با بهینه‌سازی طرح‌های حمل و نقل نفت، جایگزینی نفت و قیمت‌گذاری خط لوله پیشنهاد کردند و نشان دادند که روش پیشنهادی باعث بهبود درآمد کل سیستم، دستیابی به توزیع عادلانه درآمد و همچنین بهبود انرژی و مزایای زیست‌محیطی زنجیره‌تأمین می‌شود. بیسواجیت سرکار[۲۰] هماهنگی و تخفیف‌های مقداری را بین فروشنده و خریدار با استراتژی تحویل چندگانه به‌منظور کاهش هزینه کل زنجیره‌تأمین بررسی کرد. ایشان در مدل ارائه شده، تصمیم‌گیری متمرکز برای تأثیر این استراتژی با وجود سفارش پشتیبان برای خریدار و هزینه بازرسی برای فروشنده را بررسی کرده و نشان داد استراتژی تخفیف مقداری، با حضور سفارشات برگشتی متغیر و بازرسی‌ها، می‌تواند صرفه‌جویی بیشتری را برای همه بازیگران زنجیره‌تأمین فراهم کند. تانتیواتاناکول و همکاران [۲۱] هماهنگی زنجیره‌تأمین چنددوره‌ای، چندمحصولی و چندخرده‌فروشی را بررسی کردند. آنها یک تکنیک هماهنگی قیمت عمده فروشی چنددوره‌ای–چندمحصولی را برای

بازگرداندن کارایی زنجیره‌تأمین غیرمتمرکز پیشنهاد کردند و یک مدل برنامه‌نویسی دوسطحی غیرخطی برای هماهنگ کردن زنجیره‌تأمین توسعه دادند. آنها در آزمایش‌های عددی نشان دادند که قیمت‌های عمده‌فروشی تعیین‌شده توسط مدل می‌تواند تصمیمات هماهنگ را در همه موارد القا کند. باربارا بی‌ونگاس [۲۲] به بررسی هماهنگی بین یک تأمین‌کننده و یک خریدار در یک زنجیره‌تأمین غیرمتمرکز، از طریق استفاده از تخفیف‌های مقداری در یک مدل نظری بازی پرداخت که بازیکنان با تصمیمات موجودی و قیمت‌گذاری روبرو می‌شوند. ایشان دو رویکرد همکاری و عدم همکاری را با در نظر گرفتن اینکه میزان تقاضای محصول معامله شده نسبت به قیمت حساس می‌باشد بررسی نمود. سپس یافته‌های خود را با یک مثال عددی نشان داد. با توجه به اهمیت موضوع هماهنگی در زنجیره‌تأمین، در این تحقیق یکی از مدل‌هایی که در زمینه هماهنگ‌سازی زنجیره‌تأمین کالاهای فسادپذیر بر اساس قرارداد تخفیف زمانی وجود داشته، توسعه داده شده‌است. برای توسعه مدل روی موضوعاتی کار شده‌است که در دنیای واقعی کاربرد دارند. با موضوعات جدیدی که در مدل در نظر گرفته شده‌است، این مدل به واقعیت نزدیک‌تر شده و می‌تواند به صنایع مورد بحث در حل برخی از مشکلاتشان کمک کند.

۲-۱- نوآوری‌های تحقیق

۱- محدودیت بودجه برای دو عضو زنجیره‌تأمین یعنی عمده‌فروش و تولیدکننده در نظر گرفته شده‌است. عمده‌فروش هم در مبلغ خرید کل و هم در مبلغی که در ابتدای سفارش به عنوان پیش‌پرداخت می‌پردازد محدودیت بودجه دارد. تولیدکننده هم در هزینه‌های مستقیم تولید، مانند خرید مواد اولیه محدودیت بودجه دارد به طوری که هر چه پیش‌پرداخت بیشتری از طرف عمده‌فروش به دست او برسد در رفع محدودیت بودجه به او کمک می‌کند.

۲- به طور معمول در ابتدای سفارش نسبتی از مبلغ کل به عنوان پیش‌پرداخت به تولیدکننده پرداخت می‌شود که تعیین این نسبت همیشه با چالش‌هایی همراه بوده‌است. در این مقاله متغیر جدیدی به عنوان نسبت پیش‌پرداخت معرفی می‌گردد. (علاوه بر متغیرهای مقدار سفارش و مدت زمان تحویل).

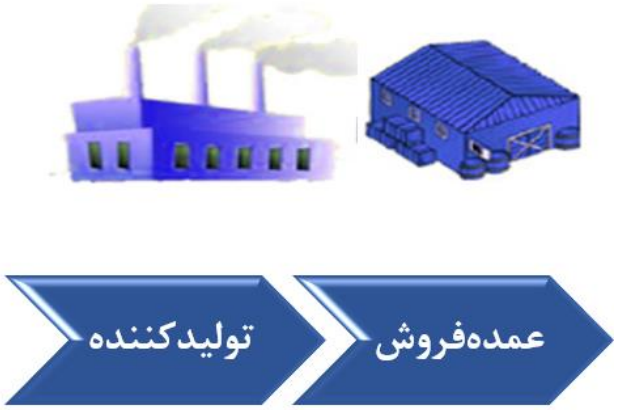
۳- ارائه‌ی یک ساز و کار هماهنگی جدید که متشکل از دو تخفیف می‌باشد: الف- تخفیف زمانی (بر اساس زمان سفارش) ب- تخفیف بر اساس نسبت پیش‌پرداخت. به این صورت که علاوه‌بر تخفیف زمانی که تولیدکننده به عمده‌فروش می‌دهد، تخفیف دیگری نیز بر اساس درصد پیش‌پرداخت در نظر گرفته شده‌است به نحوی که هر چه این درصد بالاتر باشد تخفیف بیشتری تولیدکننده به عمده‌فروش می‌دهد.

۴- در نظر گرفتن محدودیت فضای انبار برای عمده‌فروش و محدودیت حداقل تولید اقتصادی و حداکثر ظرفیت تولید برای تولیدکننده

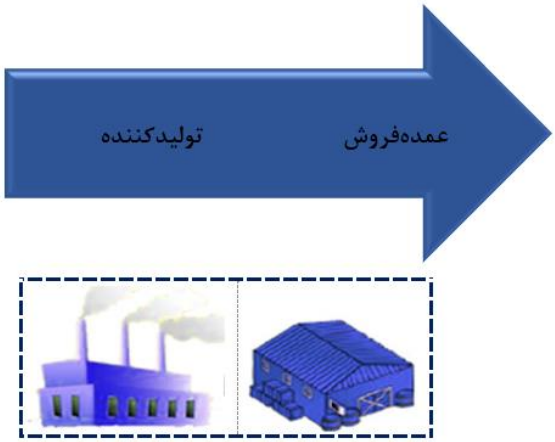
۵- جدا کردن هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم تولیدکننده: معمولا محدودیت بودجه برای هزینه‌های مستقیم تولید معنی بیشتری پیدا می‌کند و به همین علت در این تحقیق این دو هزینه از هم تفکیک شده‌است و محدودیت بودجه تولیدکننده بر هزینه‌های مستقیم اعمال می‌شود.

۶- در نظر گرفتن هزینه پیش‌پرداخت برای عمده‌فروش: مبلغی که عمده‌فروش به عنوان پیش‌پرداخت می‌پردازد در واقع نوعی هزینه از دست رفتن فرصت سرمایه‌گذاری می‌باشد، چون می‌توانست همان مبلغ را در بازه‌ی زمانی تحویل سرمایه‌گذاری نماید.

ادامه مقاله به این ترتیب می‌باشد: در بخش سوم به تشریح ساختار مدل‌ها در حالت‌های ناهماهنگ و هماهنگ می‌پردازیم. در بخش چهارم یک مثال عددی ارائه می‌شود و تحلیل حساسیت روی پارامترهای مسئله انجام می‌شود. در بخش پنجم نیز به نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی می‌پردازیم.



شکل ۱- ساختار زنجیره‌تأمین غیریکپارچه



شکل ۲- ساختار زنجیره‌تأمین یکپارچه

۳-مدل‌سازی ریاضی

در این بخش به ارائه مدل‌های ریاضی برای عمده‌فروش و تولیدکننده می‌پردازیم. ابتدا مدل‌ها را در حالت زنجیره‌تأمین غیریکپارچه و سپس در حالت یکپارچه مورد بررسی قرار می‌دهیم. ساختار زنجیره‌تأمین غیریکپارچه مطابق شکل (۱) و ساختار زنجیره‌تأمین یکپارچه مطابق شکل (۲) می‌باشد. در این پژوهش زنجیره‌تأمین در نظر گرفته‌شده دارای دو سطح عمده فروش و تولیدکننده می‌باشد. مسئله در بازه زمانی T مورد بررسی قرار می‌گیرد. تابع تقاضا به صورت تصادفی می‌باشد که با یک ضریب به مقدار موجودی نیز وابسته است یعنی هر چه موجودی بیشتر باشد مشتری را به خرید بیشتر ترغیب می‌کند.

زمان سفارش همیشه یک چالش بین عمده‌فروش و تولیدکننده بوده‌است. عمده‌فروش به دلیل تصادفی بودن و عدم‌قطعیت در تقاضا مایل است که سفارش خود را در دیرترین زمان ممکن صادر کند تا برآورد بهتری از تقاضا داشته باشد. از آن طرف تولیدکننده برای برنامه‌ریزی و آماده‌سازی بهتر و دقیق‌تر نیاز دارد که زمان تحویل بیشتر باشد یعنی عمده‌فروش سفارش خود را زودتر صادر کند. دیگر چالشی که بین دو عضو وجود دارد محدودیت بودجه می‌باشد. عمده‌فروش محدودیت‌های خود را دارد، محدودیت نقدینگی عمده‌فروش، اجازه خرید هر مقداری را به او نمی‌دهد و اصولا عمده‌فروش علاقه‌ای به ارائه‌ی پیش‌پرداخت ندارد. از طرف دیگر تولیدکننده هم محدودیت بودجه دارد و در ابتدای تولید به دلیل هزینه خرید مواد اولیه و دیگر هزینه‌های مستقیم تولید شدیداً احتیاج به نقدینگی دارد و بخشی از این نقدینگی می‌تواند از طریق پیش‌پرداخت رفع شود. در روش‌های سنتی مدیریت زنجیره‌تأمین اعضا به صورت مستقل تصمیم‌گیری می‌کنند و در این روش نمی‌توان انتظار داشت که اعضا همکاری بلندمدت داشته باشند ولی در روش‌های نوین مدیریت زنجیره‌تأمین دیدگاه کل‌نگر حاکم است و محدودیت‌ها و دغدغه‌های همه اعضا به صورت یکجا دیده می‌شود و اعضا هماهنگ با یکدیگر عمل خواهند کرد.

در حالت غیریکپارچه عضو غالب عمده‌فروش می‌باشد و مقادیر بهینه مسئله، مقادیر بهینه عمده‌فروش می‌باشد. عمده‌فروش مقدار سفارش و زمان سفارش را تعیین می‌کند و تولیدکننده هم در فاصله‌ی زمانی تحویل، کار تولید را انجام می‌دهد و در انتهای دوره‌ی سفارش، کالا به عمده‌فروش تحویل می‌شود.

در حالت یکپارچه ساز و کارهای هماهنگی اعمال می‌شود. در این پژوهش دو ساز و کار تخفیف وجود دارد، ساز و کار اول تخفیف زمانی می‌باشد، به این صورت که بر اساس زمان سفارش

تخفیف اعمال می‌شود و هرچه عمده‌فروش سفارش خود را زودتر صادر کند از تخفیف بیشتری برخوردار خواهد شد. ساز و کار دوم تخفیف بر اساس نسبتی از مبلغ کل است که عمده‌فروش به تولیدکننده می‌پردازد و هر چه این مقدار بیشتر باشد عمده‌فروش از تخفیف بیشتری استفاده خواهد کرد. با اعمال ساز و کارهای هماهنگی تولیدکننده زمان بیشتری برای برنامه‌ریزی و نقدینگی بیشتری در ابتدای تولید خواهد داشت و عمده‌فروش هم از تخفیف‌ها استفاده خواهد کرد.

مفروضات تحقیق عبارتند از:

۱- زنجیره‌تأمین به صورت دوسطحی (تولیدکننده و عمده‌فروش) می‌باشد.

۲- تقاضا به صورت تصادفی می‌باشد و با نسبتی به مقدار موجودی وابسته است.

۳- نرخ فسادپذیری برای تولیدکننده و عمده‌فروش یکسان است.

۴- محدودیت نگهداری موجودی برای تولیدکننده وجود ندارد.

مدل‌های ارائه شده دارای سه متغیر q: مقدار سفارش، Lt: فاصله‌ی زمانی تحویل و u: نسبت پیش‌پرداخت می‌باشند. با حل مدل‌ها به مقادیر بهینه سه متغیر فوق پاسخ می‌دهیم. تابع هدف مدل‌ها غیرخطی و محدودیت‌ها خطی و غیرخطی می‌باشند. در ادامه به تشریح توابع هزینه، درآمد و سود اعضاء و مدل‌های ریاضی می‌پردازیم. پارامترهای استفاده شده مطابق جدول فهرست علائم می‌باشد.

۱-۳- بدون هماهنگ‌سازی

در این قسمت مدل‌سازی ریاضی برای عمده‌فروش در حالت زنجیره تأمین یکپارچه بررسی می‌شود:

۱-۱-۳- عمده‌فروش

تابع تقاضا

$$D(t)=\alpha+\theta[IR(t)+q] \qquad (۱)$$

α عامل تصادفی تقاضا با تابع چگالی $g(\alpha)$ می‌باشد. $\theta>0$ معرف ضریبی است که هر چه موجودی بیشتر باشد تقاضا افزایش می‌یابد. در مورد کالاهای فسادپذیر معمولا وقتی موجودی بیشتری وجود دارد مشتری‌ها ترغیب به خرید بیشتر می‌شوند.

هزینه خرید

$$BCR=qw \qquad (۲)$$

عمده‌فروش به ازای هر واحد خرید مبلغ w به تولیدکننده می‌پردازد و q مقدار سفارش در بازه‌زمانی T می‌باشد.

هزینه سفارش‌دهی

$$OCR=C0+TLt \qquad (۳)$$

هزینه سفارش‌دهی بستگی به زمان سفارش دارد به طوری که هر چه سفارش زودتر انجام گیرد و فاصله‌ی زمانی تحویل افزایش یابد عدم اطمینان تقاضا افزایش می‌یابد و هزینه‌ها بیشتر می‌شود. C0 هزینه ثابت سفارش‌دهی می‌باشد و T ضریب تأثیر افزایش فاصله‌ی زمانی تحویل می‌باشد.

تابع موجودی

مطابق شکل (۳) موجودی در طول زمان با تقاضا و نرخ فسادپذیری تغییر می‌کند.

$$\frac{dIR(t)}{dt}=-zIR(t)-D(t)=-(z+\theta)IR(t)-\alpha-\theta q \qquad (۴)$$

$$IR(t)=\frac{1}{z+\theta}\{\alpha[\exp(-t(z+\theta))-1]+\exp(-t(z+\theta))\times (q\theta+I0\theta-I0z)-q\theta\}$$

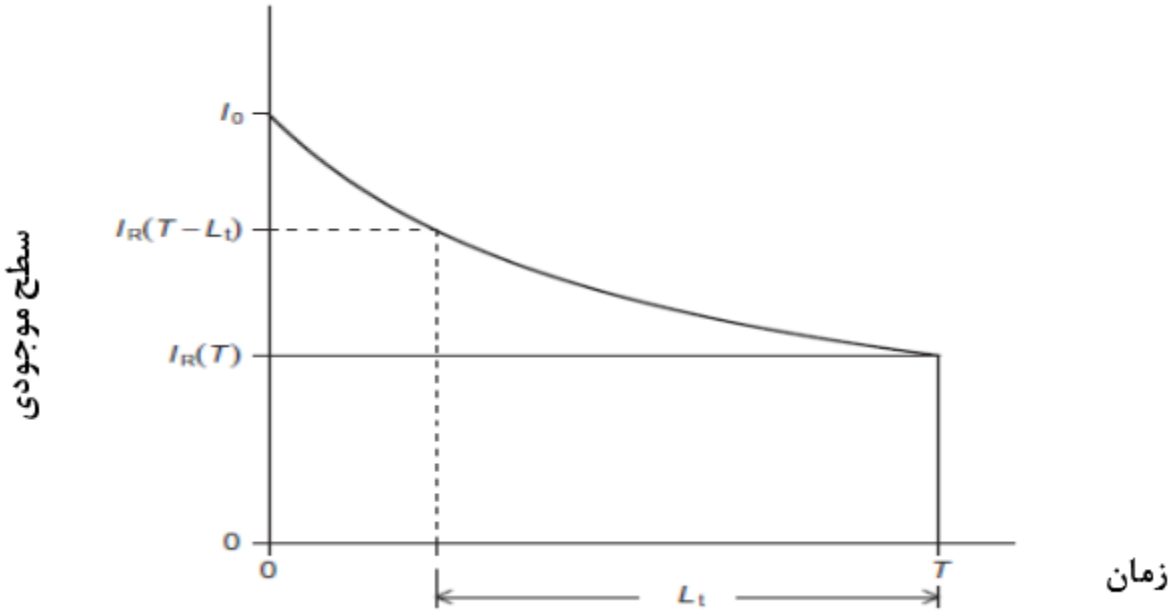
گزاره ۱:

هزینه نگهداری موجودی برای عمده‌فروش تا زمانی اتفاق می‌افتد که α (عامل تصادفی تقاضا) کمتر از مقدار زیر باشد:

$$B1=\frac{I0(1-\theta)(z+\theta)}{\theta-1+\exp(t(z+\theta))(z+1)}-q\theta \qquad (۵)$$

اثبات

هزینه نگهداری موجودی زمانی اتفاق می‌افتد که بعد از پاسخگویی به تقاضای مشتری، موجودی مازاد وجود داشته باشد یعنی IR(t)>D(t)، بنابراین از معادله‌های تقاضا و موجودی می‌توان



شکل ۳- تابع موجودی عمده‌فروش

بدست آورد که:

$$\frac{1}{z+\theta}\{\alpha[\exp(-t(z+\theta))-1]+\exp(-t(z+\theta))\times (q\theta+I0\theta-I0z)-q\theta\}>\alpha+\mathrm{q}\,\theta \qquad (۶)$$

درنتیجه:

$$\alpha<\frac{I0(1-\theta)(z+\theta)}{\theta-1+\exp(t(z+\theta))(z+1)}-q\theta=B1 \qquad (۷)$$

هزینه نگهداری موجودی

$$ICR=CH\int_0^T\int_0^{B1}[IR(t)-D(t)]dG(\alpha)d(t)=\frac{-CH}{z+\theta}\{q\theta(1+z)\times \int_0^T G(B1)d(t)+(\theta-1)(q\theta+I0z+I0\theta)\times \int_0^T\exp(-t(z+\theta))G(\alpha)d(t)+(1+z)\int_0^T\int_0^{B1}\alpha dG(\alpha)d(t) +(\theta-1)\times\int_0^T\exp(-t(z+\theta))\int_0^{B1}\alpha dG(\alpha)d(t)\} \qquad (۸)$$

CH هزینه نگهداری یک واحد از کالا می‌باشد.

هزینه کمبود

$$SCR=Cs\int_0^T\int_{B1}^{\infty}[IR(t)-D(t)]dG(\alpha)d(t)=\frac{Cs}{z+\theta}\{q\theta(1+z)\times \int_0^T(1-G(B1)dt+(\theta-1)\int_0^T\exp(-t(z+\theta)\times\int_{B1}^{\infty}\alpha dG(\alpha)dt+ (1+z)\int_0^T\int_{B1}^{\infty}\alpha dG(\alpha)\,\mathrm{dt}+(\theta-1)(\mathrm{q}\,\theta+\mathrm{I}0\,\mathrm{z}+\mathrm{I}0\theta) \times\int_0^T\exp(-t(z+\theta))(1-G(B1))dt\} \qquad (۹)$$

Cs هزینه کمبود یک واحد از کالا می‌باشد.

هزینه فسادپذیری

$$DCR=CdI\,0(1-exp(-ZT)) \qquad (۱۰)$$

Cd هزینه فسادپذیری یک واحد از کالا می باشد

هزینه پیش‌پرداخت

$$PCR=Ciwuq \qquad (۱۱)$$

عمده‌فروش اگر پیش‌پرداخت بپردازد متحمل یک نوع هزینه می‌شود، چون می‌توانست همان پول را در جایی دیگر استفاده و یا سرمایه‌گذاری کند. Ci ضریب مشخص‌کننده نسبت ضرر می‌باشد. w قیمت خرید عمده‌فروش از تولیدکننده، u نسبتی از مبلغ خرید است که عمده‌فروش می‌بایست در ابتدای سفارش به صورت پیش‌پرداخت بپردازد.

هزینه کل عمده‌فروش

$$TCR = BCR + OCR + ICR + SCR + DCR + PCR \qquad (۱۲)$$

درآمد عمده‌فروش

$$TRR = p\int_0^T\int_0^\infty D(t)dG(\alpha)dt = \frac{p}{z+\theta}\{zTE(\alpha)\times \int_0^T \exp(-t(z+\theta))dt + q\theta zT + (\frac{q\theta^2}{z+\theta} + I0\theta)[1-\exp(-T(z+\theta))]\} \qquad (۱۳)$$

P قیمت فروش یک واحد از کالا برای عمده‌فروش و $E(\alpha)$ امیدریاضی عامل تصادفی تقاضا می‌باشد.

تابع سود عمده‌فروش

$$\pi_R = TRR - TCR \qquad (۱۴)$$

محدودیت بودجه پیش‌پرداخت

$$wqu \le TDBR \qquad (۱۵)$$

TDBR آستانه بودجه برای عمده‌فروش می‌باشد. این محدودیت بیان می‌کند که عمده‌فروش حداکثر TDBR می‌تواند بودجه برای پیش‌پرداخت صرف کند.

محدودیت بودجه کل

$$wq \le TBR \qquad (۱۶)$$

TBR آستانه بودجه کل عمده‌فروش می‌باشد. کل مبلغ خریدی که عمده‌فروش می‌تواند صرف کند TBR می‌باشد.

محدودیت فضای انبار

$$fq \le TFR \qquad (۱۷)$$

f میزان اشغال فضا به ازای هر واحد از کالا و TFR حداکثر فضای انبار عمده‌فروش برای نگهداری کالای مورد نظر می‌باشد

محدودیت فاصله‌ی زمانی تحویل

$$Lt > T - t_1 \qquad (۱۸)$$

تولیدکننده امکان جواب‌گویی به سفارشاتی را دارد که قبل از زمان t_1 صادر شوند

محدودیت حداقل و حداکثر ظرفیت تولید، برای تولیدکننده

$$Lp \le q \le TPm \qquad (۱۹)$$

برای تولیدکننده، تولید کمتر از مقدار Lp در فاصله‌ی زمانی T صرفه اقتصادی ندارد. از طرف دیگر ظرفیت تولید، به تولیدکننده اجازه‌ی تولید مقداری بیشتر از TPm را نمی‌دهد.

مدل ریاضی برای عمده‌فروش در حالت زنجیره‌تأمین غیر متمرکز

$$Max\pi R = TRR - TCR \qquad (۲۰)$$

$$st.\begin{cases} Wqu \le TDBR \\ Wq \le TBR \\ Lt \ge T - t_1 \\ fq \le TFR \\ LP \le q \le TPm \\ 0 \le u \le 1 \end{cases}$$

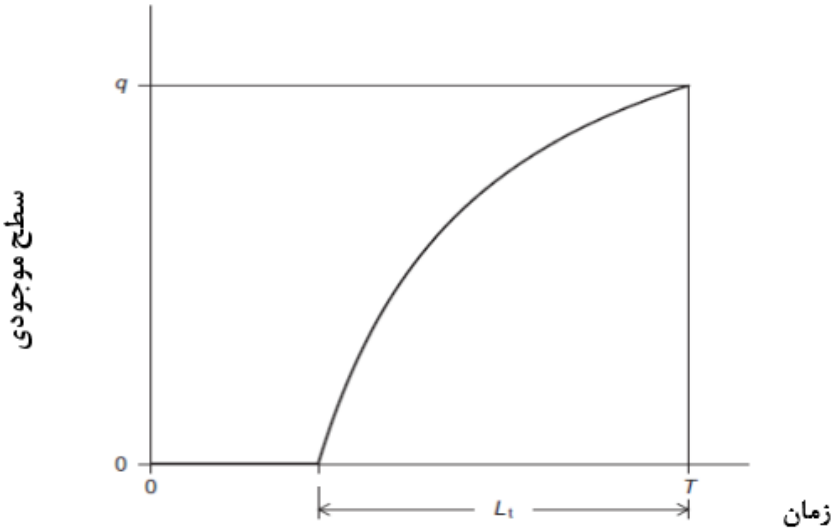
با حل مسئله‌ی فوق مقادیر بهینه‌ی $(q^{(R)}, Lt^{(R)}, u^{(R)})$ برای عمده‌فروش به طوری که سود را حداکثر کند، در حالت زنجیره‌تأمین غیرمتمرکز بدست می‌آید.

۲-۱-۳- تولیدکننده

هزینه غیرمستقیم تولید

$$PCm = MpLt(Cp - \beta Lt) \qquad (۲۱)$$

هر چه عمده‌فروش زودتر سفارش خود را صادر کند، تولیدکننده زمان بیشتری برای برنامه‌ریزی و آماده‌سازی دارد و در نتیجه هزینه‌های تولید کاهش می‌یابد. Cp-βLt هزینه تولید یک واحد را مشخص می‌کند. Cp مقداری را مشخص می‌کند که در صورت نبود زمان (صفر بودن فاصله‌ی زمانی تحویل) هزینه تولید یک واحد می‌شود. β ضریبی است که کاهش هزینه تولید همزمان با افزایش



شکل ۴- تابع موجودی تولیدکننده

فاصله‌ی زمانی تحویل را مشخص می‌کند. از زمانی که سفارش دریافت می‌گردد تولیدکننده شروع به تولید با نرخ Mp می‌کند.

هزینه مستقیم تولید

$$\mathrm{PCm} = (Cm - ku)q \qquad (۲۲)$$

هزینه‌ای که عمدتاً صرف خرید مواد اولیه‌ی تولید می‌شود، هزینه مستقیم تولید نام دارد. هرچه تولیدکننده در هنگام خرید مواد اولیه نقدینگی بیشتری در اختیار داشته باشد، قدرت چانه‌زنی بالاتری در برابر تأمین‌کنندگان خود خواهد داشت و می‌تواند مواد مورد نیاز را با قیمت کمتری تهیه کند. Cm مقدار هزینه مستقیم به ازای یک واحد از محصول می‌باشد. k ضریبی است که نشان می‌دهد هر چه نسبت پیش‌پرداخت بیشتر باشد، قیمت خرید مواد اولیه کاهش می‌یابد.

تابع موجودی تولیدکننده

از آنجا که تولیدکننده تولید را پس از دریافت سفارش آغاز می‌کند، موجودی انبار تا قبل از این زمان صفر است. پس از شروع تولید، موجودی تولیدکننده با نرخ تولید افزایش یافته و با نرخ فسادپذیری کاهش می‌یابد. شکل(۴) ، نمودار تابع موجودی تولیدکننده را نشان می‌دهد.

بنابراین:

$$\frac{d\ \mathrm{Im}(t)}{dt} = Mp - z\ \mathrm{Im}(t)$$

$$\mathrm{Im}(t) = \frac{q[1-\exp(z\,(T - Lt - t))]}{1-\exp(-zLt)} \qquad (۲۳)$$

هزینه نگهداری موجودی

$$ICm = Ch \int_{T-Lt}^{T} \mathrm{Im}(t)\,\mathrm{dt} = \mathrm{q(Ch-v)}\{\frac{Lt}{1-\exp(-zLt)} - \frac{1}{z}\} \qquad (۲۴)$$

Ch هزینه نگهداری یک واحد از کالا برای تولیدکننده و v مقداری که به ازای هر واحد افزایش فاصله‌ی زمانی تحویل از هزینه نگهداری تولیدکننده کاسته می‌شود، می‌باشد.

هزینه فسادپذیری

$$DCm = Cd\,(MpLt - q) = qCd\,[z\ \frac{Lt}{1-\exp(-zLt)} - 1] \qquad (۲۵)$$

Cd هزینه فسادپذیری یک واحد از کالا برای تولیدکننده می‌باشد.

هزینه کل تولیدکننده

$$TCm = PCVm + PCFm + ICm + DCm \qquad (۲۶)$$

درآمد تولیدکننده

$$TRm = qw \qquad (۲۷)$$

تابع سود تولیدکننده

$$\pi \mathrm{m} = TRm - TCm \qquad (۲۸)$$

محدودیت بودجه

$$((Cm - ku) - uw)q \le TBm \qquad (۲۹)$$

این محدودیت تفاضل هزینه مستقیم تولید و درآمد ناشی از پیش‌پرداخت ابتدای دوره می‌باشد و حداکثر بودجه‌ای که تولیدکننده می‌تواند صرف هزینه مستقیم تولید کند را نشان می‌دهد. TBm آستانه بودجه تولیدکننده می‌باشد.

محدودیت حداقل تولید اقتصادی

$$q \ge Lp \qquad (۳۰)$$

Lp مقداری از تولید برای کالای مورد نظر در دوره‌ی T می‌باشد که تولید کمتر از این مقدار برای تولیدکننده صرفه اقتصادی ندارد.

محدودیت ظرفیت تولید برای تولیدکننده

$$q \le TPm \qquad (۳۱)$$

TPm حداکثر ظرفیت تولیدکننده برای تولید کالای مورد نظر در دوره T می‌باشد.

محدودیت فاصله‌ی زمانی تحویل

$$Lt > T - t_1 \qquad (۳۲)$$

تولیدکننده امکان جواب‌گویی به سفارشاتی را دارد که قبل از زمان t_1 صادر شوند

مدل ریاضی برای تولیدکننده در حالت زنجیره‌تأمین غیر متمرکز

$$Max\pi m = TRm - TCM$$

$$S.t \quad st.\begin{cases} ((cm - ku) - uw)q \le TBm \\ Lp \le q \le TPm \\ Lt > T - t_1 \\ 0 \le u \le 1 \end{cases} \qquad (۳۳)$$

در حالتی که دو عضو زنجیره‌تأمین به صورت غیرهماهنگ عمل می‌کنند هریک فقط شرایط تجاری خود را می‌بینند و به دلیل اینکه در این‌گونه از کسب‌وکارها معمولاً عمده‌فروش عضو غالب می‌باشد، تولیدکننده در عمل مقادیر بهینه خود یعنی $(q^{(m)}, Lt^{(m)}, u^{(m)})$ را نمی‌تواند استفاده کند و مجبور خواهد بود مقادیر بهینه عمده‌فروش یعنی $(q^{(R)}, Lt^{(R)}, u^{(R)})$ را بپذیرد.

۲-۳- مدل بعد از هماهنگ‌سازی

فاصله زمانی بیشتر برای تحویل می‌تواند برای تولیدکننده بسیار ارزشمند باشد، اما برای دستیابی به این هدف، تولیدکننده باید مشوقی ارائه دهد تا عمده‌فروش را به پذیرش این فاصله زمانی ترغیب کند. به این منظور، قراردادی بین دو عضو زنجیره‌تأمین تنظیم می‌شود که به موجب آن، تولیدکننده در ازای افزایش زمان تحویل، تخفیفی در قیمت خود برای عمده‌فروش در نظر می‌گیرد. حداکثر نرخ تخفیفی که تولیدکننده می‌تواند ارائه دهد به شرح زیر است:

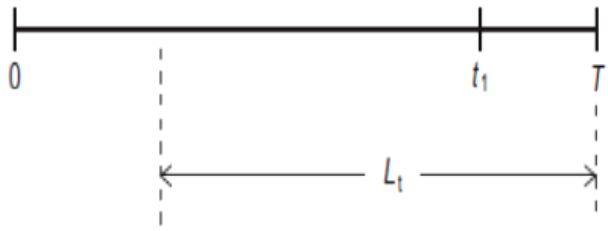
$$dmax = \left[\pi \mathrm{m}\left(Lt^{(m)}\right) - \pi \mathrm{m}\left(Lt^{R}\right)\right] / \pi \mathrm{m}\left(Lt^{(m)}\right) \qquad (۳۴)$$

به این معنی است که حداکثر نرخ تخفیف می‌تواند تا جایی افزایش یابد که تولیدکننده در نهایت به زمان تحویل بهینه عمده‌فروش رضایت دهد. همچنین، به دلیل وجود زمان آماده‌سازی، تولیدکننده معمولاً سفارشاتی که زودتر از زمان مشخصی دریافت می‌شوند را نمی‌پذیرد، این زمان را t_1 می‌نامیم. شکل (۵) به خوبی این زمان را نشان می‌دهد.

تولیدکننده یک برنامه تخفیف بر اساس فاصله‌ی زمانی تحویل در دوره زمانی T به عمده‌فروش ارائه می‌دهد که به قرار زیراست:

$$\mathrm{d}(\mathrm{Lt}) = \frac{\mathrm{t}_1 - (\mathrm{T} - \mathrm{Lt})}{\mathrm{t}_1}, d(Lt) \le dmax \qquad (۳۵)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، هرچه عمده‌فروش سفارش خود را زودتر صادر کند، از تخفیف بیشتری بهره‌مند می‌شود. از طرفی هر چه عمده‌فروش نسبت بیشتری از مبلغ خرید را به صورت پیش‌پرداخت در ابتدای دوره به تولیدکننده پرداخت کند، تولیدکننده تخفیف دیگری به میزان $\frac{u}{j}$ در نظر می‌گیرد. در اینجا j مقداری است که اگر عمده‌فروش کل مبلغ را پیش‌پرداخت کند $\frac{1}{j}$ تخفیف دریافت خواهد کرد. بنابراین هزینه خرید عمده‌فروش در حالت هماهنگ به صورت زیر محاسبه می‌شود:



شکل۵- بازه زمانی امکانپذیر

$$\mathrm{BCR}^{*}=qw\left(1-d\left(Lt\right)\right)\left(1-\frac{u}{j}\right) \quad (۳۶)$$

و سود کل عمده‌فروش به این ترتیب خواهد شد:

$$\pi r^{*}=TRR-TCR^{*}=TRR-(BCR^{*}+OCR+ICR+SCR+DCR+PCR) \quad (۳۷)$$

از طرف دیگر درآمد تولیدکننده خواهد بود:

$$TRm^{*}=\mathrm{BCR}^{*}=qw\left(1-d\left(Lt\right)\right)\left(1-\frac{u}{j}\right) \quad (۳۸)$$

و بنابراین سود کل تولیدکننده برابر خواهد بود با:

$$\pi m=TRm^{*}-TCm=TRm^{*}-(PCVm+PCFm+ICm+DCm) \quad (۳۹)$$

مدل ریاضی زنجیره‌تأمین بعد از هماهنگ‌سازی

بعد از هماهنگ‌سازی، زنجیره‌تأمین به صورت یکپارچه مورد بررسی قرار می‌گیرد و مدل ریاضی مربوطه به صورت زیر خواهدبود:

$$Max\pi T^{*}=\pi m^{*}+\pi r^{*}$$
$$S.t\begin{Bmatrix} wqu \le TDBR \\ Lwq \le TBR \\ ((Cm-ku)-uw)q \le TBm \\ fq \le TFR \\ Lp \le q \le TPm \\ 0 \le u \le 1 \\ Lt > T-t_1 \\ \frac{t_1-(T-Lt)}{t_1} < dmax \end{Bmatrix} \quad (۴۰)$$

بعد از هماهنگ‌سازی زنجیره‌تأمین، عمده‌فروش تمایل خواهد داشت سفارش خود را زودتر صادر کند تا از منافع تخفیف استفاده کند، علاوه‌بر این تولیدکننده نیز از منافع زمان بیشتر برای آماده‌سازی و برنامه‌ریزی استفاده می‌کند. بنابراین عمده تفاوت قبل و بعد از هماهنگ‌سازی به این صورت خواهد بود که: $Lt^{(R)*}>Lt^{(R)}$ عبارات $(q^{(R)*},Lt^{(R)*},u^{(R)*})$ مقادیر بهینه‌ی فاصله‌ی زمانی تحویل، مقدار سفارش و نسبت پیش‌پرداخت در زنجیره‌تأمین هماهنگ هستند.

همچنین مقادیر تابع سود کل زنجیره‌تأمین، قبل و بعد از هماهنگ سازی به صورت زیر می‌باشد که از مقایسه‌ی آنها تأثیر تنظیم قرارداد بین دو عضو زنجیره‌تأمین مشخص می‌شود.

$$\pi T=\pi \mathrm{m}\left(Lt^{(R)},q^{(R)},u^{(R)}\right)+\pi \mathrm{r}\left(Lt^{(R)},q^{(R)},u^{(R)}\right) \quad (۴۱)$$

$$\pi T^{*}=\pi \mathrm{m}^{*}\left(Lt^{(R)*},q^{(R)*},u^{(R)*}\right)+\pi \mathrm{r}^{*}\left(Lt^{(R)*},q^{(R)*},u^{(R)*}\right) \quad (۴۲)$$

۴-مثال عددی و تحلیل حساسیت

در این بخش، یک مثال عددی ارائه شده و تحلیل حساسیت برای پارامترهای مدل انجام می‌شود. مسئله در دو حالت، قبل و بعد از هماهنگ‌سازی، به کمک نرم افزار متلب R2020a و سیستم با مشخصات Corei2 computer at 2.4 GHZ with 2 GB of DDRII 533 MHZ RAM حل شده و نشان داده می‌شود که سود کل و همچنین سود هر یک از اعضای زنجیره‌تأمین، در حالت هماهنگ افزایش می‌یابد.

جدول۱- مقادیر پارامترها

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
CD	۵	T	۱۲	j	۱۰	TDBR	۵۰۰
CH	۲/۸	T_1	۱۰	TFR	۵۰۰	f	۱۰
CP	۷	Z	۰/۰۹۳	TPM	۵۰	I۰	۱/۲
Cd	۳	μ	۰/۵	k	۴	p	۵۵
Ch	۳/۵	k	۰/۸	Lp	۱۰	T	۳/۸
Co	۱۲۰	θ	۰/۰۰۸	Cm	۲۵	w	۳۶
Cs	۵	β	۰/۹	TBM	۱۲۰۰	Ci	۰/۰۵
TBR	۱۵۰۰						

دوره‌ی زمانی T=۱۲ هفته در نظر گرفته می‌شود. عمده‌فروش مجاز است سفارش خود را در این بازه‌ی زمانی صادر و در آخر دوره تحویل بگیرد. دیرترین زمان مجاز برای سفارش t_1= ۱۰ می‌باشد، به این معنی که تولیدکننده سفارش‌های بعد از این زمان را نمی‌پذیرد. عامل تصادفی تقاضا α، متغیر تصادفی یکنواخت با میانگین ۶ تن می‌باشد. جدول (۱) مقدار سایر پارامترهای مسئله را نشان می‌دهد.

برای حل مدل از جعبه‌ابزار بهینه‌سازی نرم افزار متلب و حل‌کننده‌ی اف مین کان (fmincon) استفاده شده‌است. حل‌کننده‌ی اف مین کان برای مدل‌های غیرخطی با محدودیت به کار می‌رود. و برای یافتن جواب بهینه از الگوریتم نقطه داخلی (interior-point) استفاده شده‌است.

۴-۱- قبل از هماهنگ‌سازی

زمانی که زنجیره‌تأمین به صورت ناهماهنگ عمل می‌کند به دلیل اینکه عضو غالب عمده‌فروش است، تولیدکننده مجبور به پذیرش مقادیر بهینه‌ی عمده‌فروش می‌باشد. جواب‌های بهینه عمده‌فروش در حالت زنجیره‌تأمین ناهماهنگ بدین ترتیب می‌باشند: $(q^{(R)}, Lt^{(R)}, u^{(R)}) = (10، 2، 0)$، با مقادیر بدست‌آمده مقدار تابع سود عمده فروش $\pi r = 570.7$ و مقدار تابع سود تولیدکننده $\pi \mathrm{m} = 350$ و در نهایت سود کل زنجیره‌تأمین $\pi T = 920.7$ خواهد بود.

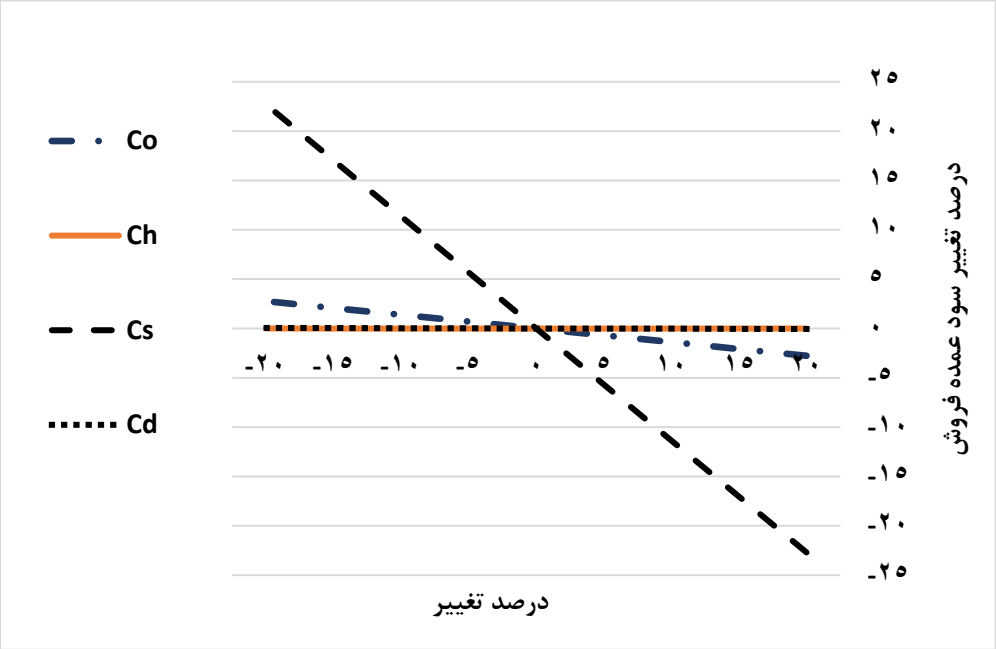
۴-۲- بعد از هماهنگ‌سازی

زمانی‌که دو عضو زنجیره‌تأمین به‌صورت هماهنگ و یکپارچه عمل کنند جواب‌های بهینه بدین‌ترتیب می‌باشند: $(Lt^{(R)*}, q^{(R)*}, u^{(R)*}) = (41/6667, 11/4, 0/333)$ ، طبق مقادیر بدست‌آمده سود عمده‌فروش $\pi \mathrm{r}^* = 865/8$ و سود تولیدکننده $\pi \mathrm{m}^* = 952/9$ و در نهایت سود زنجیره‌تأمین $\pi T^* = 1818/7$ خواهد بود. همان طور که ملاحظه می‌شود سود هر دو عضو عمده‌فروش و تولیدکننده و در نتیجه سود کل زنجیره‌تأمین در حالت هماهنگ افزایش یافته‌است. جدول (۲) نتایج را به طور کامل نشان می‌دهد.

در حالت هماهنگ مقدار فاصله‌ی زمانی تحویل و نسبت پیش‌پرداخت افزایش یافته‌است که این به دلیل تخفیف‌هایی است که تولیدکننده به عمده‌فروش می‌دهد. در واقع هر دو عضو از شرایط جدید منتفع شده‌اند. تولیدکننده زمان بیشتری برای آماده‌سازی و برنامه‌ریزی دارد و در ابتدای دوره، نقدینگی بیشتری در دست او

جدول۲- خلاصه نتایج حل مدل

بعد از هماهنگ‌سازی	قبل از هماهنگ‌سازی	
۸۶۵/۸	۵۷۰/۷	سود عمده‌فروش
۹۵۲/۹	۳۵/۸	سود تولیدکننده
۱۸۱۸/۷	۶۰۶/۵	سود کل زنجیره‌تأمین
۱۱/۴	۲	فاصله‌ی زمانی تحویل (Lt)
۴۱/۶۶۶۷	۱۰	مقدار سفارش(q)
۰/۳۳۳	۰	نسبت پیش‌پرداخت(u)



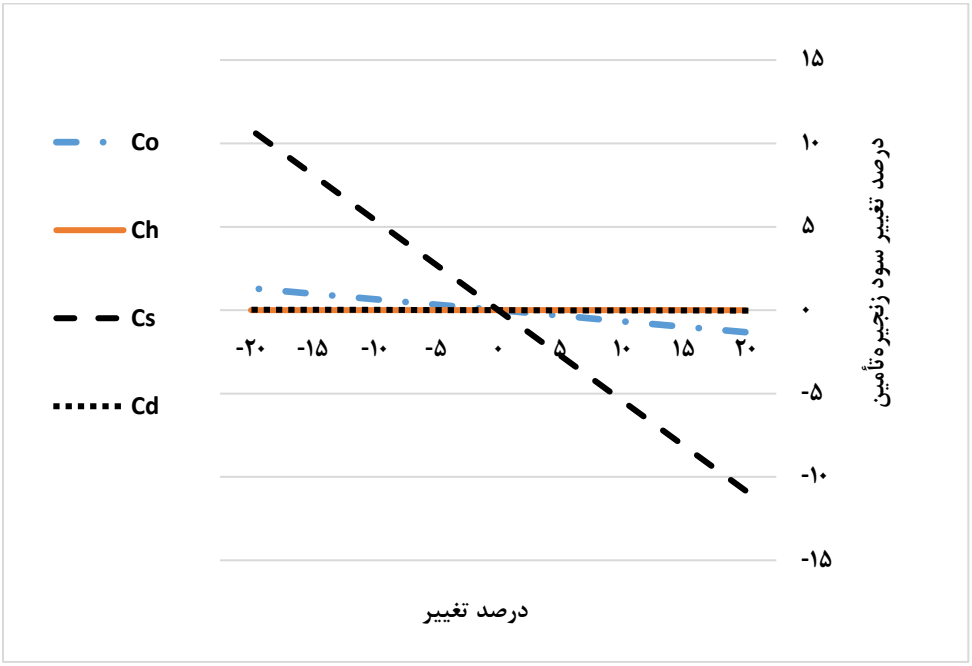
شکل۶- تأثیر تغییر پارامترهای هزینه‌ای عمده‌فروش، بر سود عمده‌فروش

خواهد بود که تاثیر قابل توجهی در خرید مواد اولیه مورد نیاز خواهد داشت. این عوامل باعث کاهش هزینه‌های تولیدکننده شده و درآمد او نیز به دلیل تخفیفاتی که در نظر گرفته کاهش یافته‌است. با این حال در مجموع، میزان کاهش هزینه‌ها بیشتر بوده و در نتیجه سود او افزایش یافته‌است. از طرف دیگر عمده‌فروش هم از تخفیفاتی استفاده می‌کند که هزینه‌های او را کاهش می‌دهد، ولی افزایش فاصله‌ی زمانی تحویل و نسبت پیش‌پرداخت هزینه‌هایی متوجه عمده فروش می‌کند، با این وجود در مجموع سود او افزایش یافته‌است.

۳-۴- تحلیل حساسیت

در شکل (۶) چهار پارامتر Co مقدار هزینه ثابت سفارش، Ch هزینه نگهداری یک واحد از کالا، Cs هزینه کمبود یک واحد از کالا و Cd هزینه فسادپذیری یک واحد از کالا، پارامترهایی مهم در ارتباط با هزینه‌های عمده‌فروش و کل زنجیره‌تأمین محسوب می‌شوند.

همان طور که ملاحظه می‌شود Cs بیشترین تأثیر را بر سود



شکل ۷- تأثیر تغییر پارامترهای هزینه‌ای عمده‌فروش، بر سود زنجیره‌تأمین

عمده‌فروش دارد که این ناشی از نوع تقاضا می‌باشد. تابع تقاضا بدین صورت می‌باشد که هر چه موجودی بیشتر باشد تقاضا تحریک شده و بیشتر می‌شود. بنابراین احتمال کمبود می‌تواند افزایش پیدا کند و Cs پارامتری تاثیرگذار می‌باشد. از طرفی به دلیل ذکر شده احتمال نگهداری موجودی کاهش می‌یابد و پارامتر Ch تاثیر بسیار کمی بر سود عمده فروش خواهد داشت.

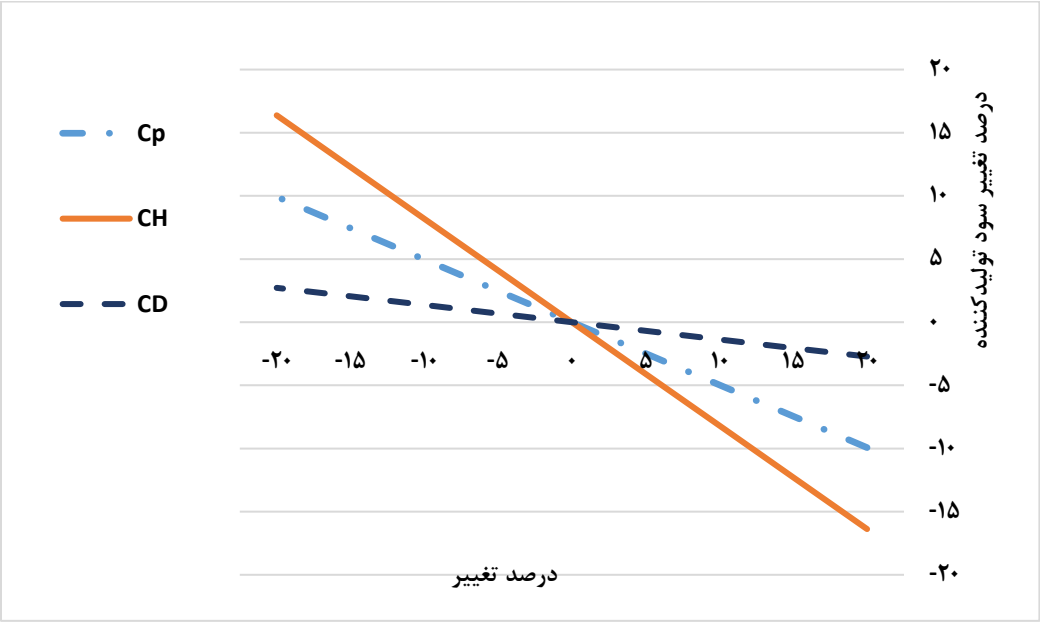
در شکل ۷ ملاحظه می‌شود که تاثیر پارامترهای هزینه‌ای عمده‌فروش بر سود زنجیره‌تأمین با شیبی ملایم‌تر مانند سود عمده‌فروش می‌باشد. عمده‌فروش عضوی از زنجیره‌تأمین می‌باشد و کاهش و یا افزایش سود او بر سود کل زنجیره‌تأمین اثرگذار است.

در شکل (۸) به تأثیر تغییر پارامترهای هزینه‌ای تولیدکننده بر سود او پرداخته‌ایم. همان‌گونه که مشخص است همگی تاثیری منفی بر سود دارند. Cp هزینه متغیر تولید یک واحد از کالا، CH هزینه نگهداری یک واحد از کالا، CD هزینه فسادپذیری یک واحد از کالا می‌باشند.

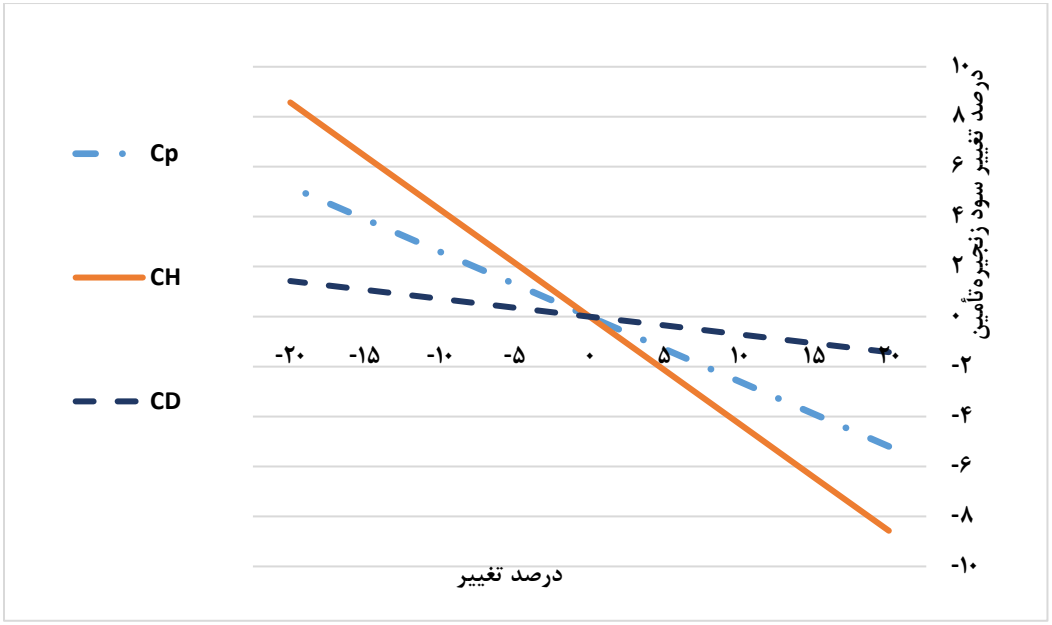
در شکل (۹) ملاحظه می‌شود که تاثیر پارامترهای هزینه‌ای تولیدکننده بر سود زنجیره‌تأمین همانند سود تولیدکننده می‌باشد البته با این تفاوت که از شیب تأثیر کاسته شده‌است.

در شکل (۱۰) تاثیر پارامترهای W قیمت خرید عمده‌فروش از تولیدکننده و P قیمت فروش عمده‌فروش مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تاثیر W بر سود کل زنجیره‌تأمین کمتر از P است. علت این است که قیمت خرید عمده‌فروش، قیمت فروش تولیدکننده هم می‌باشد، در واقع این یک داد و ستدی است که داخل زنجیره‌تأمین صورت می‌گیرد. البته W در دیگر هزینه‌ها و محدودیت‌های مسئله مؤثر است که تأثیر آن در نمودار مشخص است. تأثیر P به صورت کاملاً خطی و مثبت بر زنجیره‌تأمین اعمال می‌شود.

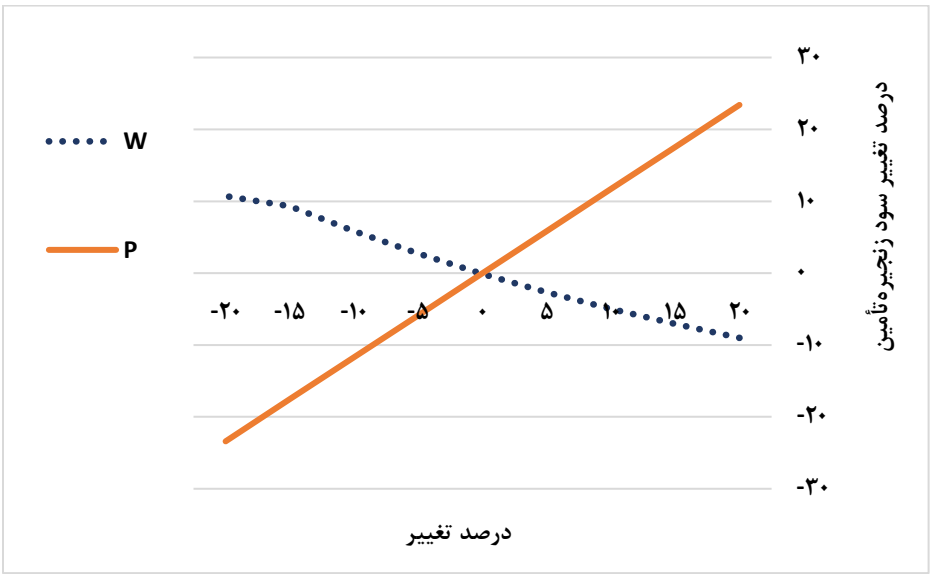
در شکل (۱۱) به تأثیر پارامترهای T (ضریب تأثیر افزایش فاصله‌ی زمانی تحویل در هزینه سفارش‌دهی) و β (ضریب کاهش هزینه تولید همزمان با افزایش فاصله‌ی زمانی تحویل) پرداخته‌ایم. هزینه تولید بخش مهمی از هزینه‌های زنجیره‌تأمین می‌باشد به همین دلیل ملاحظه می‌شود که β تأثیر زیادی بر کاهش هزینه‌های



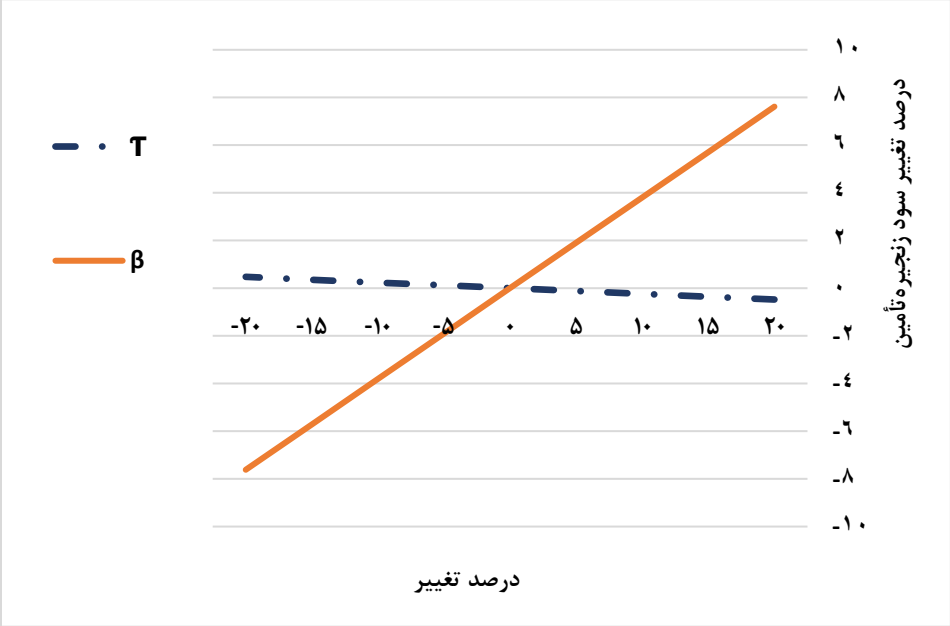
شکل ۸- تأثیر تغییر پارامترهای هزینه‌ای تولیدکننده بر سود تولیدکننده



شکل ۹- تأثیر تغییر پارامترهای هزینه‌ای تولیدکننده، بر زنجیره‌تأمین

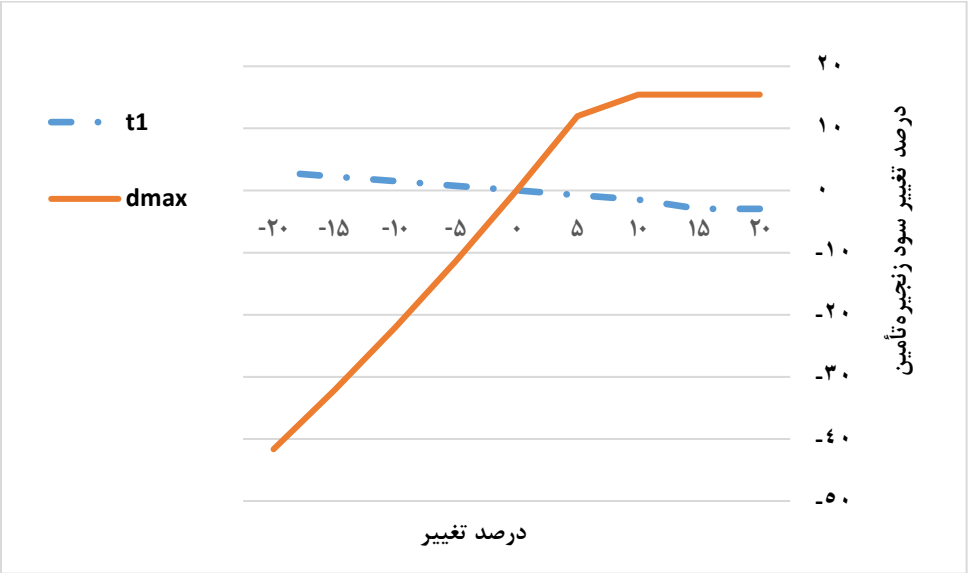


شکل ۱۰- تأثیر تغییر پارامترهای قیمت فروش و خرید عمده‌فروش، بر زنجیره‌تأمین

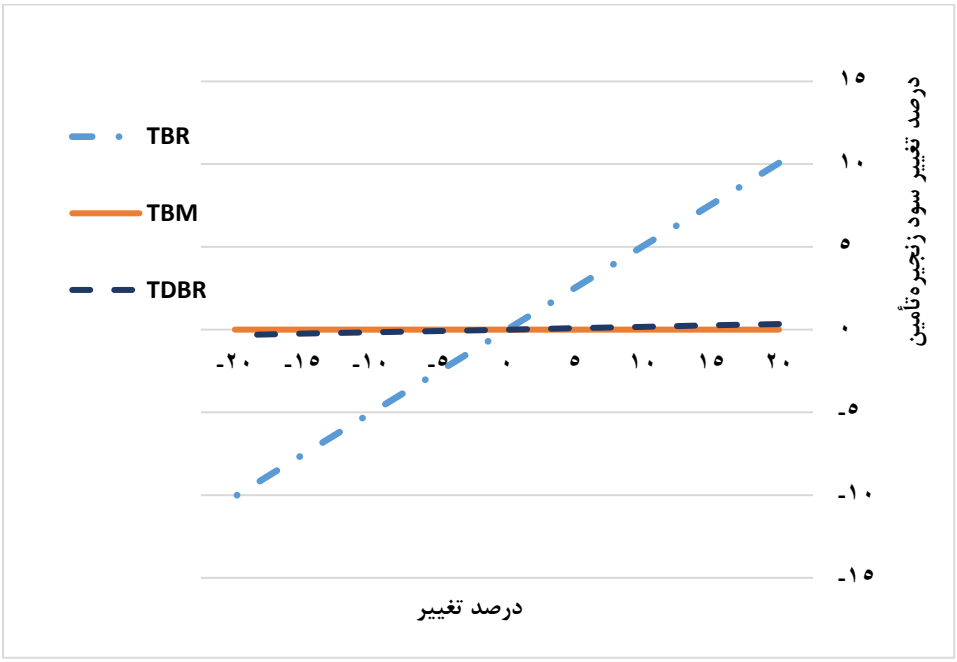


شکل ۱۱- تأثیر تغییر پارامترهای T و β بر زنجیره‌تأمین

تولیدکننده و در نتیجه سود کلی زنجیره‌تأمین دارد. در شکل (۱۲) پارامترهای t_1 حداکثر زمانی که عمده‌فروش می بایست سفارش خود را صادر نماید و d_{max} حداکثر درصد تخفیفی که تولیدکننده به دلیل افزایش فاصله‌ی زمانی تحویل به عمده‌فروش می‌دهد، بررسی شده‌اند. t_1 تأثیری منفی بر سود زنجیره‌تأمین دارد و d_{max} تأثیری مثبت بر سود می‌گذارد. هرچه d_{max} بیشتر شود فاصله‌ی زمانی تحویل هم می‌تواند افزایش یابد و این منجر خواهد شد که هر دو طرف از مزایای قرارداد نوشته شده بهره بیشتری کسب نمایند. البته



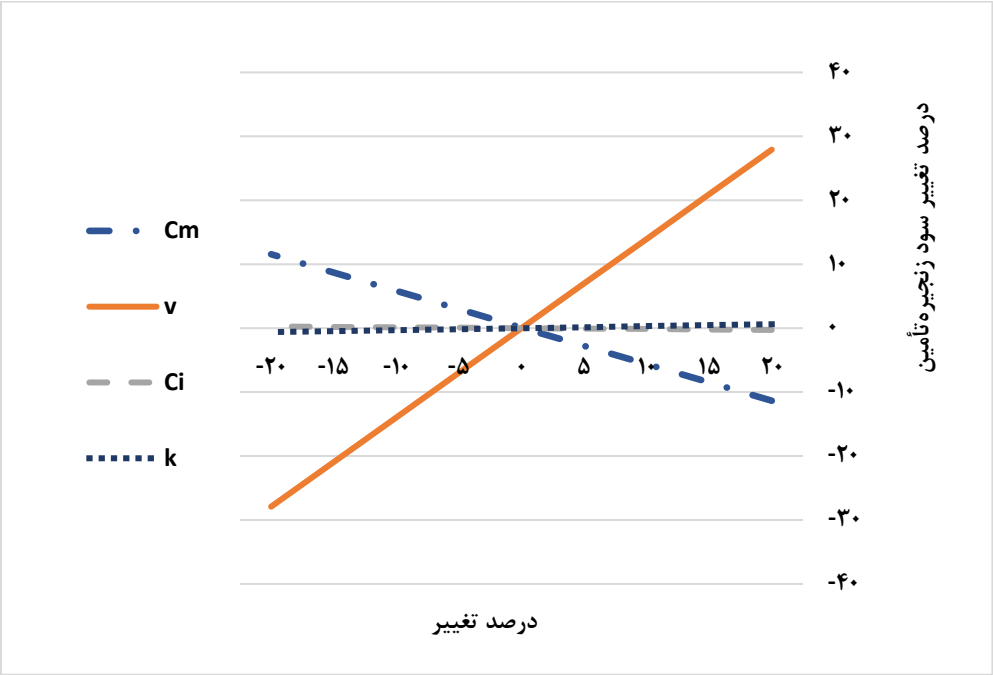
شکل ۱۲- تأثیر تغییر پارامترهای t_1 و d_{max} بر زنجیره‌تأمین



شکل ۱۳- تأثیر تغییر پارامترهای محدودیت‌های بودجه بر زنجیره‌تأمین

به دلیل اینکه فاصله‌ی زمانی تحویل از طول یک دوره نمی‌تواند بیشتر باشد افزایش d_{max} بیشتر از مقداری مشخص، بر سود زنجیره‌تأمین تأثیری نخواهد داشت.

در شکل (۱۳) پارامترهای TBR حداکثر بودجه کل عمده‌فروش، TBM حداکثر بودجه‌ای که تولیدکننده صرف خرید مواد اولیه می‌کند، و TDBR حداکثر بودجه‌ای که عمده‌فروش



شکل۱۴- تأثیر تغییر پارامترهای Ci ، k ،Ci و Cm بر زنجیره‌تأمین

می‌تواند به صورت پیش‌پرداخت در ابتدای سفارش بپردازد، بررسی شده‌اند. TBR هر اندازه بیشتر باشد مقدار سفارش می‌تواند افزایش پیدا کند و این منجر به افزایش سود زنجیره‌تأمین می‌شود. با تغییر TBR و TDBR مقادیر بهینه مدل تغییر چندانی نمی‌کنند بنابراین تأثیر قابل‌توجهی بر سود زنجیره‌تأمین ندارند.

در شکل (۱۴) پارامترهای Ci درصد ارزش زمانی پولی که عمده‌فروش به دلیل واریز پیش‌پرداخت از دست می‌دهد و k مقداری که به ازای هر واحد از نسبت پیش‌پرداخت، از قیمت خرید تولیدکننده کاسته می‌شود، v مقداری که به ازای هر واحد افزایش فاصله‌ی زمانی تحویل از هزینه نگهداری تولیدکننده کاسته می‌شود و Cm قیمت خرید تولیدکننده، مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

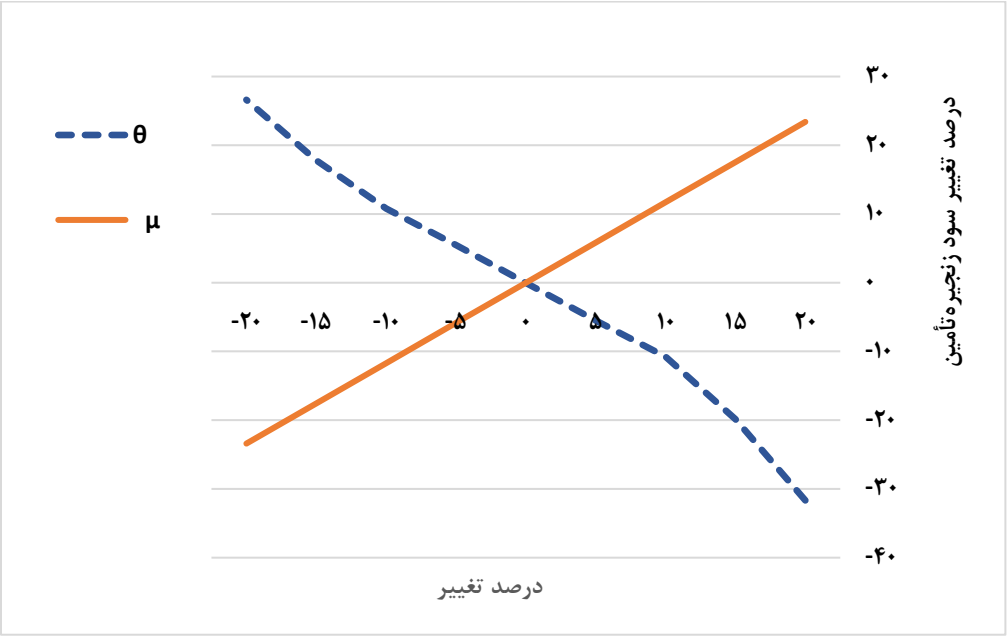
در شکل (۱۵) به بررسی پارامترهای μ میانگین تقاضا، و θ ضریب تأثیر افزایش تقاضا با افزایش موجودی، پرداخته‌ایم. μ تأثیر کاملاً مثبتی بر سود زنجیره‌تأمین دارد. در حالی که θ تأثیری کاملاً منفی بر زنجیره‌تأمین می‌گذارد. علت این موضوع این است که تقاضایی که با افزایش موجودی، افزایش پیدا کند می‌تواند به شدت هزینه‌های کبود را افزایش دهد.

۴-نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

در روش‌های نوین مدیریت زنجیره‌تأمین دیدگاهی کل‌نگر بر زنجیره‌تأمین حاکم است. در دیدگاه کل‌نگر تمام اعضا و شرکت‌های درگیر در زنجیره‌تأمین مانند حلقه‌های پیوسته در امتداد یکدیگر قرار گرفته و همه آنها با هم دیده می‌شوند. تمام اعضا باید به صورت یکپارچه و هماهنگ با یکدیگر کار کنند و محدودیت‌های تمام اعضا با همدیگر دیده شود.

برای اینکه تمام اعضای زنجیره‌تأمین تشویق شوند که به صورت یکپارچه عمل کنند مشوق‌ها و قراردادهایی وجود دارد که بین اعضا بسته می‌شود تا سود هر یک از آنها هم نسبت به حالت غیریکپارچه افزایش یابد.

در تحقیق انجام شده، بین دو عضو زنجیره‌تأمین دو قرارداد



شکل ۱۵- تأثیر تغییر پارامترهای θ و μ بر سود زنجیره‌تأمین

تخفیف روی قیمت ارائه شده از طرف تولیدکننده به عمده‌فروش در نظر گرفته شده‌است، یکی بر اساس فاصله‌ی زمانی تحویل، به این صورت که هرچه فاصله‌ی زمانی تحویل افزایش یابد تخفیف هم بیشتر می‌گردد و دیگری بر اساس نسبت پیش‌پرداخت که هر چه عمده‌فروش نسبت بیشتری از مبلغ کل را در ابتدای سفارش پرداخت کند از تخفیف بیشتری بهره خواهد برد. این دو قرارداد مشوق لازم را به عمده‌فروش می‌دهد تا به صورت هماهنگ با تولیدکننده عمل کند، سفارش خود را زودتر صادر کند و پیش‌پرداخت بیشتری را بپردازد. تولیدکننده هم زمان بیشتری برای برنامه‌ریزی و آماده‌سازی خواهد داشت و همچنین نقدینگی بیشتری برای خرید مواد اولیه در ابتدای سفارش بدست می‌آورد.

در تحقیق انجام شده نشان داده شد که سود هر یک از اعضای زنجیره‌تأمین و همچنین سود کل زنجیره‌تأمین در حالت یکپارچه و هماهنگ نسبت به حالت غیر یکپارچه افزایش یافته‌است، حتی عمده‌فروش هم که در حالت غیریکپارچه عضو غالب بود و مقادیر بهینه خود را به تولیدکننده تحمیل می‌نمود، در حالت هماهنگ از افزایش سود بهره‌مند گردیده‌است.

مدل ارائه‌شده می‌تواند برای شرکت‌های تولیدی موادغذایی و دارویی و صنایع شیمیایی به عنوان تولیدکننده و شرکت‌های پخش محصولات به عنوان عمده‌فروش مورد استفاده قرار گیرد. این صنایع کالاهایی فسادپذیر تولید می‌کنند و شرایط و محدودیت‌هایی که در مدل استفاده شده با شرایط و محدودیت‌های این صنایع انطباق دارد.

در تحقیقات آتی می‌توان مسئله در حالت چندکالایی را بررسی کرد و تخفیف تنوع محصولات خریداری شده که تخفیفی رایج در این صنعت است را در نظر گرفت. همچنین می‌توان این مسئله را در حالت تک‌دوره‌ای نیز بررسی کرد.

مراجع

1. Özdemir, A., and Aslan, E., “Supply Chain Integration, Competition Capability and Business Performance: A Study on Turkish SMEs”, *Asian Journal of Business Management*, Vol. 3, No. 4, PP. 325-332, 2021.

2. Peck, H., and Jüttner, U., "Strategy and Relationships: Defining the Interface in Supply Chain Contexts", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 11, No. 2, pp. 33 – 44, 2000.
3. Huang, Y. S., Su, W. J., and Lin, Z. L., "A study on Lead-Time Discount Coordination For Deteriorating Products", *European Journal of Operational Research*, Vol. 215, No. 2, pp. 358-366, 2011.
4. Maihami, R., and Nakhikamalabadi, I., "Joint Pricing and Inventory Control for Non-Instantaneous Deteriorating Items with Partial Back Logging and Time and Price Dependent Demand", *International Journal of Production Economics*, Vol. 136, pp. 116-122, 2012.
5. Lee, H. L., So, K. C., and Tang, C. S., "The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain", *Management Science*, Vol. 46, No. 5, pp. 626–643, 2000.
6. Thomas, D. J., and Griffin, P. M., "Coordinated Supply Cgain Management", *European Journal of Operations Research*, Vol. 94, pp. 1-15, 1996.
7. Abdul-Jalbar, B., Gutierrez, J., Puerto, J., and Sisilia, J., "Policies for Inventory/Distribution Systems: The Effect of Centralization Vs. Decentralization", *International Jornal of Production Economics*, Vol. ?, No. ?, pp.?, 2003.
8. Chan, C. K., and Kingsman, B. G., "Coordination in a Single-Vender Multi-Buyer Supply Chain by Synchronizing Delivery and Production Cycles", *Transportation Research Part E*, Vol. ?, No. ?, pp.?, 2005.
9. Chen, T. H., and Chen, J. M., "Optimizing Supply Chain Collaboration Based on Joint Repleshipment and Channel Coordination", *Transportation Research Part E*, Vol. ?, No. ?, pp.?, 2005.
10. Chen, J. M., and Chen, T. H., "The Profit-Maximation Model for a Multi-Item Distribution Channel", *Transportation Research Part E*, Vol. ?, No. ?, pp.?, 2006.
11. Viswanathan, S., and Piplani, R., "Coordinating Supply Chain Inventories Through Common Replenishment Epochs, *European Journal of Operational Research*, Vol. 129, pp. 277-286, 2001.
12. Klastorin, T. D., Moinzadeh, K., and Son J., "Coordinating Orders in Supply Chains Through Price Discount", *IEE Transactions*, Vol. 34, pp. 679-689, 2002.
13. Monahan, J. P., "A Quantity Discount Pricing Model to Increase Vender Profits", *Management Science*, Vol. 30, pp. 720-726, 1984.
14. Lee, H. L., and Rosenblatt, M. J., "A generalized Quantity Discount Pricing Model to Increase Supplier's Profits", *Management Science*, Vol. 32 No. 9, pp. 1177–1185, 1986.
15. Thakur, M., et al. "A Framework for Traceability of Hides for Improved Supply Chain Coordination", *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 174, p. 105478, 2020.
16. Zhao, J., et al. "Pricing and Coordination of Automotive Supply Chain for Incorporating Efficient Charging Facilities", *Energy Reports*, Vol. 8, pp. 13814-13823, 2022.
17. Zhao, J., et al. "Pricing and Coordination of Automotive Supply Chain for Incorporating Efficient Charging Facilities", *Energy Reports*, Vol. 8, pp. 13814-13823, 2022.
18. Yang, X., et al. "Research on Investment Optimization and Coordination of Fresh Supply Chain Considering Misreporting Behavior Under Blockchain Technology", *Heliyon*, Vol. ?, pp. ?, 2024.
19. Qiu, R., et al. "An Integrated MINLP Model For Multi-Party Coordination In Downstream Oil Supply Chain", *Petroleum Science*, Vol. ?, No. ?, pp.?, 2023.
20. Sarkar, B. "Supply Chain Coordination with Variable Backorder, Inspections, and Discount Policy for Fixed Lifetime Products", *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. ?, No. ?, pp.?, 2016.
21. Tantiwattanakul, P., and Aussadavut, D., "Supply Chain Coordination Using Wholesale Prices with Multiple Products, Multiple Periods, and Multiple Retailers: Bi-Level Optimization Approach", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 131, pp. 391-407, 2019.
22. Venegas, B. B., and Ventura, J. A., "A Two-Stage Supply Chain Coordination Mechanism Considering Price Sensitive Demand and Quantity Discounts", *European Journal of Operational Research*, Vol. 264, No. 2, pp. 524-533, 2018.