

ارائه مدل ریاضی جهت هماهنگی در میزان سرمایه‌گذاری مسئولیت‌های اجتماعی و مقدار سفارش در زنجیره تأمین دو سطحی دارو

محمدرضا نعمت‌الهی^۱، سیدمه‌دی حسینی مطلق^{۲*}، جعفر حیدری^۳

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۲۴	
پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۱۸	
واژگان کلیدی: زنجیره تأمین دارو، مدل هماهنگی، مسئولیت اجتماعی شرکتی، طرح جمع‌آوری داروهای مازاد، مقدار سفارش.	توجه به مسائل اجتماعی و زیست‌محیطی منجر به ایجاد مفهوم جدیدی در کسب‌وکار به نام مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها (CSR) شده است که از جمله موضوعات مهم و مورد بحث در سال‌های اخیر می‌باشد. مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها عبارت است از مجموعه فعالیت‌های داوطلبانه انجام شده توسط یک شرکت در کسب و کار که نشان دهنده نگرانی آن شرکت نسبت به مسائل اجتماعی و زیست‌محیطی می‌باشد. در این تحقیق، یک مدل ریاضی هماهنگی جهت تعیین مقدار سرمایه‌گذاری جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی و مقدار سفارش در زنجیره تأمین دو سطحی دارو، متشکل از یک تأمین‌کننده و یک خرده‌فروش دارو ارائه شده است. تأمین‌کننده مسئولیت سرمایه‌گذاری جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی را بر عهده گرفته و خرده‌فروش با توجه به تقاضای احتمالی باید مقدار سفارش دارو را قبل از شروع دوره فروش مشخص کند. توسعه مسئولیت‌های اجتماعی از طریق پیاده‌سازی طرح جمع‌آوری داروهای مازاد و تاریخ گذشته از سطح جامعه صورت گرفته و این امر موجب افزایش اعتبار زنجیره تأمین نزد مشتریان و در نتیجه افزایش تقاضای خرده‌فروش می‌شود. ابتدا عملکرد اعضا و زنجیره تأمین در دو حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز بررسی شده و پس از آن یک مدل تصمیم‌گیری هماهنگ با هدف بیشینه‌سازی سود زنجیره و ترغیب اعضا به شرکت در طرح هماهنگی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهند که با استفاده از مدل هماهنگی ارائه شده، سود اقتصادی زنجیره نسبت به حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز افزایش یافته و همچنین تحت شرایطی، سطح عملکرد CSR زنجیره در حالت تصمیم‌گیری هماهنگ از حالت‌های تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز بیشتر می‌شود.

۱- مقدمه

می‌پردازند. ساختارهای تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز دو سر یک طیف در نحوه تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین هستند. در زنجیره‌های تأمین با ساختار غیرمتمرکز هر یک

زنجیره تأمین مجموعه‌ای از اعضای مختلف است که در کنار یکدیگر با هدف برآورده سازی نیاز مشتریان به فعالیت

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Hosein.parhizkar@yahoo.com

۱. دانشجوی دکترای دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت،

nematollahi@ind.iust.ac.ir

۲. استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت،

motlagh@iust.ac.ir

۳. استادیار، بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی، دانشگاه تهران،

j.heydari@ut.ac.ir

تاکنون تعاریف متعددی برای مسئولیت اجتماعی شرکتی (CSR)^۲ ارائه شده است و تحلیلی از تعاریف مختلف آن توسط دالزرود [۴] انجام شده است. به‌طور کلی CSR را می‌توان مجموعه فعالیت‌های داوطلبانه یک شرکت در کسب‌وکار دانست که نشان‌دهنده تعهدات و نگرانی‌های آن شرکت در ارتباط با محیط‌زیست و جامعه می‌باشد [۵].

اعضای زنجیره تأمین به شیوه‌های مختلف می‌توانند جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی سرمایه‌گذاری انجام دهند. پیاده‌سازی طرح‌های بازگشت داروهای استفاده نشده و تاریخ گذشته از سطح جامعه (MTBP)^۳ از جمله روش‌های مرسوم جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره‌های تأمین دارو می‌باشد. وجود داروهای مازاد و یا تاریخ گذشته در منازل می‌تواند از چند جهت خطرآفرین باشد. از طرفی ممکن است این داروها به‌طور اشتباهی مصرف شده و سلامتی بیماران را مورد تهدید قرار دهند. از طرف دیگر ممکن است این داروها به‌طور نامناسب دفع شده و محیط‌زیست را آلوده نمایند. با توجه به این امر بسیاری از شرکت‌های بزرگ دارویی در گزارش‌های خود در ارتباط با مسئولیت‌های اجتماعی به سرمایه‌گذاری و پشتیبانی از طرح‌های جمع‌آوری داروهای مازاد اشاره کرده‌اند. این طرح می‌تواند از طریق نصب ظروفی در داروخانه‌ها جهت جمع‌آوری داروهای مازاد انجام شود.

اجرای چنین طرح‌هایی و توسعه مسئولیت‌های اجتماعی نه‌تنها موجب بهبود شرایط جامعه و محیط‌زیست شده بلکه از نظر اقتصادی نیز می‌تواند مزایایی برای شرکت‌ها به همراه داشته و موجب مزیت رقابتی شود. مطالعات نشان داده است که مشتریان مایل‌اند قیمت بیشتری برای خرید کالا از شرکت‌هایی که به مسئولیت‌های اجتماعی خود توجه دارند، پرداخت نمایند [۶]. همچنین، طبق نظرسنجی انجام شده توسط داچ و همکاران [۷] مشخص شده است که اکثر افراد تمایل بیشتری جهت خرید از داروخانه‌ای دارند که سرویس بازگشت داروهای مازاد و تاریخ گذشته را فراهم می‌کند. به

از اعضای زنجیره بر مبنای سود و زیان شخصی خود (و نه کل زنجیره) اقدام به تصمیم‌گیری می‌کنند. با توجه به اینکه بسیاری از تصمیمات اتخاذ شده توسط یک عضو بر سودآوری اعضای دیگر و کل زنجیره تأثیرگذار است، به همین علت این نوع تصمیم‌گیری منجر به جواب‌های زیربهبینه^۱ برای زنجیره شده و در نهایت منجر به عملکرد ناکارآمد زنجیره تأمین می‌شود. در نقطه مقابل ساختار تصمیم‌گیری غیرمتمرکز، تصمیم‌گیری متمرکز قرار دارد. در این حالت به کل زنجیره تأمین به عنوان یک موجودیت واحد نگاه شده و فرض می‌شود یک تصمیم‌گیرنده واحد، کل زنجیره تأمین را مدیریت می‌کند [۱]. در چنین شرایطی تصمیمات اتخاذ شده برای زنجیره تأمین بهینه سرتاسری خواهند بود.

زمانی که اعضای زنجیره تأمین موجودیت‌های اقتصادی مستقلی هستند، پیاده‌سازی ساختار تصمیم‌گیری متمرکز در عمل با چالش روبرو خواهد بود. چون اعضای مستقل زنجیره تأمین بر سودآوری شخصی خود تمرکز کرده و تصمیمات حالت متمرکز ممکن است با منافع شخصی آن‌ها در تضاد باشد. تصمیمی که برای کل زنجیره تأمین بهینه باشد الزاماً برای تمامی اعضا بهینه نخواهد بود. در چنین شرایطی، مکانیزم‌های هماهنگی می‌توانند مفید واقع شود. مدل‌های هماهنگی زنجیره تأمین به دنبال راهکارهای عملی جهت تشویق اعضای زنجیره تأمین به اتخاذ تصمیمات بهینه برای کل زنجیره تأمین هستند [۲].

تصمیمات مرتبط با کنترل موجودی، سیاست‌های بازپرسازی، تبلیغات و استراتژی خرید از جمله تصمیماتی هستند که می‌توانند بر اعضای دیگر زنجیره تأثیرگذار باشند و نیاز به هماهنگی دارند [۳]. علاوه بر این‌ها، بسیاری از تصمیمات دیگر نیز بر عملکرد سایر اعضای زنجیره تأمین تأثیرگذار هستند. به عنوان مثال می‌توان به توسعه مسئولیت‌های اجتماعی و سرمایه‌گذاری در این راستا اشاره نمود.

³ Medication Take-Back Program

¹ Suboptimal

² Corporate Social Responsibility

که اعضا نیز تمایل به شرکت در طرح هماهنگی را داشته باشند.

۲- مرور ادبیات

تحقیق حاضر در ارتباط با ادغام دو موضوع اصلی هماهنگی در زنجیره تأمین و مسئولیت‌های اجتماعی می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در حوزه مدل‌های هماهنگی در زنجیره تأمین انجام شده است و قراردادهای مختلفی جهت ایجاد هماهنگی در زنجیره تأمین ارائه شده است. قرارداد تخفیف^۱، تأخیر در پرداخت^۲، بازگشت خرید^۳، انعطاف مقداری^۴ از جمله قراردادهای رایج در ادبیات هماهنگی در زنجیره تأمین می‌باشند. خوانندگان جهت آشنایی بیشتر با مدل‌های هماهنگی می‌توانند به مطالعات انجام شده توسط کچن [۸] و گاویندن و همکاران [۹] مراجعه نمایند. در این بخش به بررسی تحقیقات انجام شده در ارتباط با هماهنگی در زنجیره تأمین با در نظر گرفتن مسئولیت‌های اجتماعی پرداخته می‌شود. همچنین با توجه به اینکه طرح جمع‌آوری داروهای مازاد از سطح جامعه را می‌توان مرتبط با لجستیک معکوس دانست، به همین علت تعدادی از مقالات مرتبط با هماهنگی در زنجیره تأمین معکوس نیز بررسی شده‌اند.

شی و باین [۱۰] به بررسی قراردادهای تسهیم درآمد و تخفیف مقداری جهت ایجاد هماهنگی در زنجیره تأمین دو سطحی حلقه بسته با در نظر گرفتن یارانه دولتی پرداختند. سیو و همکاران [۱۱] یک قرارداد تسهیم درآمد در زنجیره تأمین دو سطحی معکوس تحت سیستم تشویقی دولت ارائه کردند. همچنین جیوانی [۱۲] از قرارداد تسهیم درآمد جهت ایجاد هماهنگی در زنجیره تأمین دو سطحی معکوس با تبلیغات سبز پرداختند. آن‌ها فرض کردند تبلیغات سبز توسط هر دو عضو و به‌منظور (۱) هدف بازاریابی و افزایش فروش و (۲) هدف عملیاتی و افزایش مقدار بازگشتی‌ها صورت می‌گیرد.

گاویندن و پاپیوک [۱۳] به هماهنگی در زنجیره تأمین معکوس دوسطحی و سه سطحی با استفاده از قرارداد

عبارت دیگر سرمایه‌گذاری در چنین طرح‌هایی توسط هر یک از اعضای زنجیره می‌تواند به افزایش اعتبار زنجیره کمک نموده و در نتیجه سودآوری کل زنجیره را تحت تأثیر قرار دهد. در این شرایط نیاز است تا در ارتباط با تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مسئولیت‌های اجتماعی نیز همچون دیگر تصمیمات در زنجیره تأمین هماهنگی انجام شود.

در این تحقیق به بررسی هماهنگی در سرمایه‌گذاری مسئولیت‌های اجتماعی و همچنین مقدار سفارش در زنجیره تأمین دو سطحی دارو متشکل از یک تأمین‌کننده و یک خرده‌فروش پرداخته می‌شود. قبل از شروع دوره فروش، خرده‌فروش با توجه به تقاضای احتمالی داروی موردنظر طی دوره و با استفاده از مدل روزنامه‌فروش مقدار سفارش خود را تعیین می‌نماید. در طرف دیگر، تأمین‌کننده دارو به‌منظور نشان دادن توجه زنجیره به مسئولیت‌های اجتماعی اقدام به پیاده‌سازی طرح جمع‌آوری داروهای مازاد از سطح جامعه می‌کند. در این طرح، تأمین‌کننده با سرمایه‌گذاری جهت آگاهی دادن و یا در نظر گرفتن جوایز، مردم را تشویق به شرکت در طرح و بازگرداندن داروهای مصرف نشده می‌کند. با پیاده‌سازی این طرح و نشان دادن توجه زنجیره به مسئولیت‌های اجتماعی، اعتبار زنجیره نزد مشتریان افزایش یافته و در نتیجه تقاضای خرده‌فروش تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۱۷]. به‌طور خلاصه، خرده‌فروش مقدار سفارش دارو و تأمین‌کننده مقدار سرمایه‌گذاری در زمینه مسئولیت‌های اجتماعی را مشخص می‌کند. شایان ذکر است هر دوی این متغیرها علاوه بر سود همان عضو، بر سود عضو دیگر و کل زنجیره تأثیرگذار بوده و در نتیجه می‌بایست به نحوی هماهنگی در این تصمیمات صورت پذیرد. در این تحقیق ابتدا به مدل‌سازی زنجیره در دو حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز پرداخته و پس از آن مدل هماهنگی ارائه می‌شود. هدف از مدل هماهنگی ارائه شده پیشینه‌سازی سود کل زنجیره تأمین به‌گونه‌ای است

³ Buy-back

⁴ Quantity flexibility

¹ Discount

² Delay in payment

تولیدکننده انجام‌شده و این سرمایه‌گذاری بر تقاضای خرده‌فروش اثر می‌گذارد. در این تحقیق دو هدف متفاوت برای زنجیره تأمین (۱) بیشینه‌سازی سود اقتصادی و (۲) بیشینه‌سازی CSR مورد بررسی قرار گرفته است.

اخیراً، شو [۱۸] یک مدل برنامه‌ریزی دو سطحی برای تعیین سطح بهینه CSR هر یک از اعضا در یک زنجیره تأمین سه سطحی ارائه کرد. مدل به‌گونه‌ای طراحی شده است که سود کل زنجیره بیشینه شده و همچنین اعضا تمایل به شرکت در طرح هماهنگی داشته باشند. سرمایه‌گذاری CSR انجام‌شده توسط هر عضو به‌صورت هزینه صرف شده در نظر گرفته شده است.

در تحقیق دیگر، موداک و همکاران [۱۹] به بررسی هماهنگی در زنجیره تأمین دوسطحی دو کاناله با در نظر گرفتن مسئولیت‌های اجتماعی پرداختند. در این مقاله تأثیرات CSR با استفاده از شاخص مازاد مصرف‌کننده مدل‌سازی شده است. همچنین پاندا و همکاران [۲۰] به بررسی هماهنگی در زنجیره تأمین سه سطحی متشکل از یک تولیدکننده، یک توزیع‌کننده و یک خرده‌فروش با در نظر گرفتن مسئولیت‌های اجتماعی پرداختند. در این تحقیق فرض شده است تولیدکننده با در نظر گرفتن مازاد مصرف‌کننده مشتریان، مسئولیت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره تأمین را بر عهده دارد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود تحقیقات اندکی در حوزه هماهنگی در زنجیره تأمین با در نظر گرفتن مسئولیت‌های اجتماعی انجام‌شده است. در اکثر این تحقیقات، نحوه سرمایه‌گذاری CSR به‌صورت کلی بیان شده است و چگونگی این سرمایه‌گذاری مورد بحث قرار نگرفته است. با توجه به اینکه نوع مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره‌های تأمین مختلف متفاوت می‌باشد به همین علت نیاز است به‌طور دقیق‌تر در ارتباط با نحوه توسعه مسئولیت‌های اجتماعی و سرمایه‌گذاری‌های پژوهش انجام شود.

این تحقیق از دو جنبه مفهومی و عملیاتی دارای نوآوری می‌باشد. از لحاظ مفهومی، همان‌طور که در مرور ادبیات

تسهیم درآمد در صنعت کامپیوترهای شخصی پرداختند. در قرارداد تسهیم درآمد در نظر گرفته شده فرض می‌شود خرده‌فروش مقدار تخفیف ارائه شده جهت خریداری کامپیوترهای دست دوم را به‌گونه‌ای ارائه می‌دهد که کل زنجیره تأمین بهینه شده و در مقابل درصدی از سود حاصل از فروش مجدد کامپیوترهای بازیافتی بین اعضا تسهیم می‌شود.

نی و همکاران [۱۴] به بررسی هماهنگی در زنجیره تأمین دوسطحی با در نظر گرفتن CSR پرداختند. آن‌ها فرض کردند سرمایه‌گذاری CSR توسط تولیدکننده انجام‌شده و این سرمایه‌گذاری از طریق قرارداد قیمت عمده‌فروشی با عضو پایین‌دست تسهیم می‌شود. در این تحقیق، مقدار سرمایه‌گذاری CSR مستقل از مقدار تولید فرض شده است. در ادامه، نی و لی [۱۵] با استفاده از نظریه بازی‌ها به بررسی تعامل بین اعضای زنجیره تأمین دو سطحی با توجه به CSR پرداخته و تأثیر پارامترهای خارجی بر این تعامل را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها فرض کردند سرمایه‌گذاری CSR توسط هر دو عضو انجام‌شده و بر تقاضای نهایی محصول تأثیرگذار است.

جورینگ [۱۶] یک بازی دومرحله‌ای ارائه کرد بطوریکه ابتدا تولیدکننده یک طرح تعرفه دوبخشی را اعلام کرده و سپس خرده‌فروش مقدار سفارش را تعیین می‌کند. در این تحقیق فرض شده است عضوی که به CSR توجه دارد، علاوه بر بیشینه‌سازی سود اقتصادی، رفاه مشتریان نهایی^۱ را نیز در نظر می‌گیرد. همچنین پاندا [۶] به بررسی هماهنگی در زنجیره تأمین دو سطحی با استفاده از قرارداد تسهیم درآمد پرداخت. مدل در دو حالت مختلف (۱) توسعه CSR توسط تأمین‌کننده و (۲) توسعه CSR توسط خرده‌فروش بررسی شده است. همچنین توسعه CSR شرکت از طریق توجه وی به مازاد مصرف‌کننده^۲ محاسبه شده است. در ادامه، شو [۱۷] از قرارداد تسهیم درآمد جهت هماهنگی در زنجیره تأمین دو سطحی ارائه کرد. در این مقاله فرض شده است سرمایه‌گذاری CSR به ازای هر واحد کالا توسط

² Consumer surplus

¹ End-customers' welfare

مستقل زنجیره نیز تمایل به شرکت در طرح هماهنگی داشته باشند.

۳- تعریف مسأله

در این بخش ابتدا به معرفی نمادها پرداخته و پس از آن ساختار زنجیره تأمین مورد نظر و تصمیمات هر یک از اعضا بیان می‌شود. سپس نحوه اندازه‌گیری سطح مسئولیت‌های اجتماعی و تأثیرات آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- نمادها

D : تقاضای مشتریان دارو طی دوره فروش
 $f(D)$: تابع چگالی تقاضای مشتریان دارو طی دوره
 $F(D)$: تابع تجمعی تقاضای مشتریان دارو طی دوره
 μ_0 : میانگین تابع توزیع تقاضای خرده‌فروش قبل از توسعه مسئولیت‌های اجتماعی

σ : انحراف معیار تابع توزیع تقاضای خرده‌فروش

p : قیمت فروش دارو توسط خرده‌فروش

w : قیمت فروش دارو توسط تأمین‌کننده

c : هزینه تهیه هر واحد دارو توسط تأمین‌کننده

s : ارزش هر واحد دارو در پایان دوره

v' : هزینه بی‌اعتباری خرده‌فروش و آسیب به بیماران به ازای هر واحد کمبود

v : هزینه مواجهه با یک واحد کمبود برای خرده‌فروش شامل هزینه فروش از دست رفته، بی‌اعتباری و آسیب دیده
 $(v = v' + p - w)$

Q : مقدار سفارش خرده‌فروش

K : سرمایه‌گذاری انجام‌شده توسط تأمین‌کننده به ازای هر مشتری شرکت‌کننده در طرح جمع‌آوری داروهای مازاد

M : تعداد مشتریان بالقوه شرکت در طرح جمع‌آوری داروهای مازاد

U : تمایل مشتریان جهت شرکت در طرح جمع‌آوری داروهای مازاد

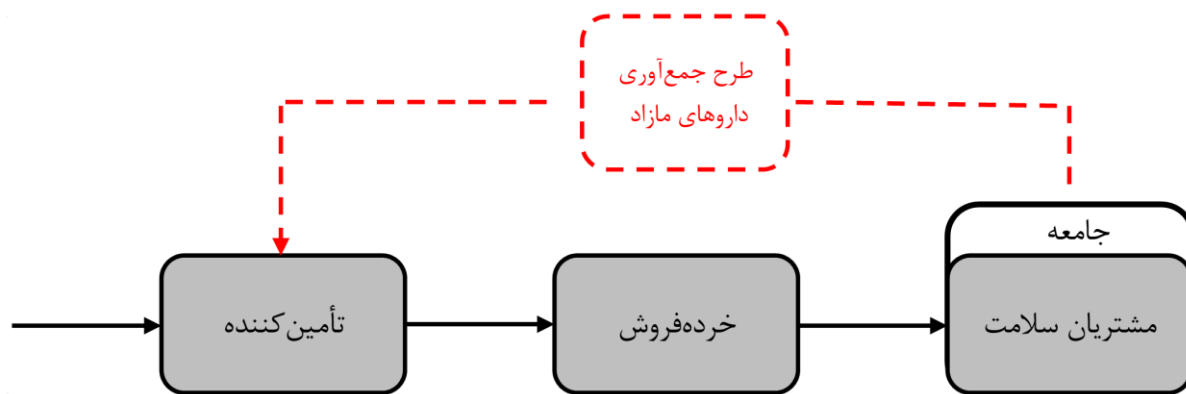
a : ضریب میزان افزایش تقاضای خرده‌فروش به ازای هر شرکت‌کننده در طرح

SR : سطح مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره تأمین
 \prod_x^y : سود انتظاری عضو x (تأمین‌کننده با S ، خرده‌فروش با R و کل زنجیره با SC نمایش داده می‌شود) در حالت y (حالت متمرکز با c ، غیرمتمرکز با dc و هماهنگ با co نمایش داده شده است).

مشاهده می‌شود در مقالات مرتبط با هماهنگی در زنجیره تأمین با در نظر گرفتن مسئولیت‌های اجتماعی عموماً سطح CSR به صورت متغیر تصمیم کلی در نظر گرفته شده است و در ارتباط با نحوه توسعه آن پیشنهادی نشده است. تنها در تعداد اندکی تحقیق [۶، ۱۹، ۲۰] از شاخص مازاد مصرف‌کننده جهت کمی‌سازی مسئولیت‌های اجتماعی استفاده شده است. در این تحقیق نگاهی جدید به نحوه توسعه مسئولیت‌های اجتماعی داشته و برای اولین بار با در نظر گرفتن طرح جمع‌آوری داروهای مازاد اقدام به کمی‌سازی مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره تأمین دارو شده است.

از لحاظ عملیاتی، همان‌طور که در مرور ادبیات مرتبط با موضوع مشاهده می‌شود همواره از قراردادهای مرسوم در ادبیات جهت ایجاد هماهنگی در زنجیره تأمین استفاده شده است. با توجه به وجود قوانین و مقررات خاص در صنعت دارو در ایران (همچون قیمت‌گذاری توسط دولت) امکان استفاده از بسیاری از این قراردادها همچون تخفیف وجود ندارد. با توجه به این امر در این تحقیق یک مدل ریاضی جدید جهت ایجاد هماهنگی در زنجیره تأمین ارائه شده است. همچون سایر قراردادهای ارائه شده در ادبیات هماهنگی در زنجیره تأمین، مدل ریاضی هماهنگی ارائه شده به دنبال بهینه‌سازی متغیرهای تصمیم به‌گونه‌ای است که سود زنجیره تأمین بیشینه شده و در عین حال هر دو عضو زنجیره تمایل به تصمیم‌گیری مشترک داشته باشند.

در این تحقیق، دیدگاه ارائه شده توسط شو [۱۷] با در نظر گرفتن نوع سرمایه‌گذاری مسئولیت‌های اجتماعی یعنی طرح جمع‌آوری داروهای مازاد و تاریخ گذشته توسعه داده شده است. پس از مدل‌سازی ساختار تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز و به دست آوردن جواب‌های دقیق برای متغیرهای تصمیم در هر دو حالت، یک مدل هماهنگی جدید ارائه شده است. هدف از مدل ارائه شده بیشینه‌سازی سود زنجیره به‌گونه‌ای است که اعضای



شکل ۱: ساختار زنجیره تأمین مورد بررسی

می‌گیرد. سرمایه‌گذاری انجام‌شده بابت پیاده‌سازی این طرح با میزان داروهای جمع‌آوری‌شده متناسب است. به عبارت دیگر، تأمین‌کننده به ازای هر واحد داروی بازگشت داده شده جایزه و یا کوپن تخفیف برای خریدهای آتی ارائه می‌دهد. با پیاده‌سازی این طرح، سطح مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره افزایش یافته و به تبع آن میزان اعتبار زنجیره افزایش یافته و در نهایت تقاضای خرده‌فروش تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با افزایش تقاضای زنجیره، میزان سفارش خرده‌فروش افزایش یافته و در نتیجه سودآوری تأمین‌کننده نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

با توجه به اینکه میزان سفارش خرده‌فروش و همچنین میزان سرمایه‌گذاری تأمین‌کننده جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی نه تنها بر عضو تصمیم‌گیرنده، بلکه بر کل زنجیره تأمین و عضو دیگر نیز تأثیرگذار است، به همین علت می‌بایست در ارتباط با این مقادیر تصمیم هماهنگی انجام شود.

۳-۳- اندازه‌گیری مسئولیت‌های اجتماعی و تأثیر

آن بر عملکرد زنجیره تأمین

روش‌های مختلفی جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی در سازمان‌ها وجود دارد. مسئولیت‌های اجتماعی می‌تواند از طریق سرمایه‌گذاری در فعالیتهایی همچون کاهش انتشار آلاینده‌ها، بهبود شرایط کاری و کمک‌های انسان دوستانه انجام شود [۱۴]. یکی از فعالیتهای اصلی جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره تأمین دارو پیاده‌سازی و

۳-۲- ساختار زنجیره تأمین مورد بررسی

زنجیره تأمین دو سطحی دارو متشکل از یک تأمین‌کننده و یک خرده‌فروش را در نظر بگیرید. در این زنجیره تأمین یک قلم دارو تأمین و به جامعه عرضه می‌شود. تقاضای این دارو در بازار، احتمالی با توزیع نرمال فرض می‌شود. سیستم سفارش‌دهی خرده‌فروش تک دوره‌ای بوده و با توجه به تقاضای احتمالی و با استفاده از مدل روزنامه‌فروش اقدام به سفارش‌دهی دارو می‌کند. در صورت وجود داروی مازاد در انتهای دوره، برای آن‌ها ارزش اسقاط در نظر گرفته شده است. در عمل نیز مشاهده می‌شود داروهای باقی‌مانده در انتهای دوره با توجه به نزدیک‌تر شدن تاریخ انقضا آن‌ها از ارزش کمتری برخوردار هستند. هزینه‌های معمول خرده‌فروش شامل هزینه خرید و کمبود می‌باشد. شایان ذکر است با توجه به اینکه کالای موردنظر دارو بوده و دارو یک کالای استراتژیک برای سلامت جامعه است به همین علت هزینه کمبود در مثال‌های بررسی شده بیشتر از حد معمول در نظر گرفته شده است. در سوی دیگر تأمین‌کننده قبل از شروع فصل با توجه به مقدار سفارش خرده‌فروش اقدام به تأمین دارو می‌کند. درآمد تأمین‌کننده متناسب با میزان سفارش خرده‌فروش می‌باشد.

به منظور افزایش سطح مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره تأمین باید اعضای زنجیره اقدام به سرمایه‌گذاری کنند. در اینجا فرض می‌شود تأمین‌کننده با پیاده‌سازی طرح جمع‌آوری داروهای تاریخ گذشته این مسئولیت را بر عهده

یکی از موارد مهم در کمی‌سازی مسئولیت‌های اجتماعی، اندازه‌گیری سطح آن در زنجیره تأمین می‌باشد. در بیشتر تحقیقات مرتبط در این حوزه [۱۴، ۱۷ و ۱۸] سطح CSR در زنجیره تأمین به صورت تابعی از سرمایه‌گذاری انجام‌شده و عددی بین ۰ و ۱ در نظر گرفته شده است. با افزایش میزان سرمایه‌گذاری توسط تأمین‌کننده تمایل مشتریان جهت شرکت در طرح افزایش یافته و در نتیجه مقدار داروی جمع‌آوری شده افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر هرچه سرمایه‌گذاری بیشتری انجام شود داروی تاریخ گذشته بیشتری از سطح جامعه جمع‌آوری شده و این موضوع موجب افزایش سلامت جامعه و محیط‌زیست شده و در نتیجه سطح CSR زنجیره افزایش می‌یابد. در اینجا فرض می‌شود سطح مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره تأمین با عددی بین ۰ و ۱ اندازه‌گیری شده و عبارت است از:

$$SR = f(\xi) = \frac{\xi}{\xi_{\max}}$$

شایان ذکر است در این تحقیق تابع سطح مسئولیت‌های اجتماعی $SR = f(\xi)$ و تابع تمایل مشتریان $U = f(\xi)$ یکسان در نظر گرفته شده و از توابع ارائه شده در ادبیات موضوع استفاده شده است. به منظور تعیین دقیق این توابع باید مطالعات بیشتری صورت گرفته و این مطالعات در راستای این تحقیق نیست.

با افزایش سطح CSR در زنجیره تأمین اعتبار آن افزایش یافته و در نتیجه تقاضای محصول بیشتر می‌شود. در تحقیق انجام‌شده توسط داچ و همکاران [۷] نشان داده شده است که بسیاری از مشتریان تمایل بیشتری به خرید از داروخانه‌های شرکت‌کننده در طرح جمع‌آوری داروهای مازاد را دارند. در این تحقیق فرض می‌شود پیاده‌سازی این طرح توسط تأمین‌کننده موجب افزایش تقاضای خرده‌فروش می‌شود. بدین منظور تقاضای خرده‌فروش پس از پیاده‌سازی این طرح به صورت تابع نرمال $N(\mu_0 + aMf(\xi), \sigma)$ در نظر گرفته می‌شود. μ_0 میانگین تقاضای پیش بینی شده بدون پیاده‌سازی طرح

یا پشتیبانی از طرح‌های جمع‌آوری داروهای مصرف نشده از سطح جامعه است.

در این تحقیق فرض می‌شود تأمین‌کننده جهت جمع‌آوری داروهای تاریخ گذشته سرمایه‌گذاری کرده و سطح مسئولیت‌های اجتماعی زنجیره تأمین را توسعه می‌دهد. این سرمایه‌گذاری با هدف افزایش دانش، آگاهی و نگرانی مشتریان نسبت به آسیب داروهای تاریخ گذشته انجام شده و تمایل مشتریان را جهت شرکت در این طرح و بازگرداندن داروهای مازاد افزایش می‌دهد. فرض می‌شود به‌طور کلی مشتری بالقوه جهت شرکت در طرح وجود دارد. میزان سرمایه‌گذاری جهت پیاده‌سازی این طرح برابر با ξ به ازای هر مشتری شرکت‌کننده در طرح در نظر گرفته شده و توسط تأمین‌کننده تعیین می‌شود. ξ را می‌توان میزان جایزه و یا کوپن خریدهای آینده ارائه شده به مشتریان شرکت‌کننده در طرح در نظر گرفت. در اینجا فرض می‌شود تمایل مشتریان به شرکت در طرح جمع‌آوری داروها تابعی خطی از میزان سرمایه‌گذاری تأمین‌کننده بوده و همچون رابطه (۱) است:

$$U = f(\xi) = \begin{cases} \frac{\xi}{\xi_{\max}}, & 0 < \xi \leq \xi_{\max} \\ 1, & \xi > \xi_{\max} \end{cases}$$

مقدار $f(\xi)$ همواره عددی بین ۰ و ۱ است و به‌طور کلی درصدی از مشتریان بالقوه که در طرح شرکت خواهند کرد را نشان می‌دهد. در این رابطه، یک مقدار بیشینه برای سرمایه‌گذاری (ξ_{\max}) وجود دارد که با آن مقدار، تمامی مشتریان بالقوه تمایل به شرکت در این طرح را خواهند داشت. هرچه تأمین‌کننده سرمایه‌گذاری بیشتری برای تشویق مشتریان به شرکت در طرح انجام دهد، تمایل مشتریان به شرکت در طرح افزایش می‌یابد. این روش توسط محققان دیگر همچون بای [۲۱] در طراحی شبکه لجستیک معکوس دو سطحی و همچنین گاویندن [۱۳] در مدل هماهنگی زنجیره تأمین معکوس در نظر گرفته شده است.

جمع‌آوری داروها است. همچنین a متوسط افزایش تقاضا به ازای هر شرکت‌کننده در طرح می‌باشد.

۴- مدل‌سازی ریاضی

در این بخش به مدل‌سازی زنجیره تأمین در حالت‌های مختلف تصمیم‌گیری پرداخته می‌شود. ابتدا به بررسی عملکرد زنجیره تأمین در دو حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز پرداخته و پس از آن مدل تصمیم‌گیری هماهنگ ارائه می‌شود.

۴-۱- مدل تصمیم‌گیری غیرمتمرکز بدون توجه به

مسئولیت‌های اجتماعی

در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز فرض می‌شود اعضای زنجیره تأمین واحدهای اقتصادی مستقلی بوده و به‌طور جداگانه توابع هدف خود را بهینه می‌کنند. قبل از شروع دوره، خرده‌فروش در ارتباط با میزان سفارش تصمیم‌گیری کرده و تأمین‌کننده سفارش وی را برآورده می‌کند. در اینجا فرض می‌شود هیچ‌یک از اعضای زنجیره تأمین جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی سرمایه‌گذاری انجام نمی‌دهند. تابع سود خرده‌فروش در حالت غیرمتمرکز عبارت است از:

$$\Pi_R^{dc}(Q) = \begin{cases} pD - wQ + s(Q - D) & D \leq Q \\ pQ - wQ - v(D - Q) & D > Q \end{cases}$$

در حالتی که میزان تقاضای دوره از مقدار سفارش کمتر باشد خرده‌فروش با کالای مازاد طی دوره مواجه شده و در حالتی که میزان تقاضا بیشتر از سفارش باشد خرده‌فروش با کمبود مواجه می‌شود. با توجه به عبارت (۳)، تابع سود انتظاری خرده‌فروش در این حالت عبارت است از:

$$\Pi_R^{dc} = pE[\min(Q, D)] - wQ + sE[(Q - D)^+] - vE[(D - Q)^+]$$

با توجه به محاسبات انجام‌شده در پیوست (۱)، تابع سود انتظاری خرده‌فروش عبارت است از:

$$\Pi_R^{dc} = pE[D] - sE[D] - wQ + sQ - (p - s + v)E[(D - Q)^+]$$

با جایگذاری عبارت $E[(D - Q)^+]$ که در پیوست (۲) محاسبه شده است، تابع سود انتظاری خرده‌فروش در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز عبارت است از:

$$\Pi_R^{dc}(Q) = (p - s)(\mu_0) - \left\{ \begin{aligned} &wQ - sQ \\ &+ (p - s + v) \left\{ (\mu_0 - Q) \left(1 - F_s \left(\frac{Q - \mu_0}{\sigma} \right) \right) \right. \\ &\left. + \sigma f_s \left(\frac{Q - \mu_0}{\sigma} \right) \right\} \end{aligned} \right\}$$

قضیه (۱): تابع سود انتظاری خرد فروش در حالت غیرمتمرکز نسبت به Q مقعر است.

اثبات: مشتق اول و دوم تابع نسبت به Q عبارت‌اند از:

$$\frac{\partial \Pi_R^{dc}(Q)}{\partial Q} = -(w - s) - (p - s + v) \left\{ F_s \left(\frac{Q - \mu}{\sigma} \right) - 1 \right\}$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_R^{dc}(Q)}{\partial Q^2} = -\frac{(p - s + v)}{\sigma} f_s \left(\frac{Q - \mu}{\sigma} \right) < 0$$

قیمت فروش کالا نزد خرده‌فروش (p) همواره از ارزش اسقاط آن (s) بیشتر بوده و در نتیجه حاصل عبارت (۸) همواره منفی خواهد بود. با توجه به اینکه مشتق دوم تابع نسبت به Q همواره منفی است به همین علت تابع سود انتظاری خرده‌فروش مقعر می‌باشد. پس از برابر صفر قرار دادن عبارت (۷)، مقدار بهینه سفارش خرده‌فروش برابر است با:

$$Q_{dc}^* = \mu_0 + F_s^{-1} \left(\frac{p + v - w}{p + v - s} \right) \sigma$$

بطوریکه F_s^{-1} معکوس توزیع تجمعی نرمال استاندارد است. تابع سود انتظاری تولیدکننده در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز عبارت است از:

$$\Pi_S^{dc} = wQ - cQ$$

جزء اول و دوم در عبارت فوق به ترتیب نشان‌دهنده درآمد و هزینه تأمین هر واحد کالا برای تأمین‌کننده می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان سود تأمین‌کننده تابعی از میزان سفارش خرده‌فروش می‌باشد.

۴-۲- تصمیم‌گیری متمرکز با در نظر گرفتن

مسئولیت‌های اجتماعی

در این حالت فرض می‌شود تأمین‌کننده اقدام به سرمایه‌گذاری جهت پیاده‌سازی طرح جمع‌آوری داروها کرده و همچنین تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین به صورت متمرکز انجام می‌شود. در حالت تصمیم‌گیری متمرکز، یک مرجع تصمیم‌گیری وجود دارد که تصمیمات بهینه مربوط به کل زنجیره تأمین را تعیین می‌کند. در مساله موردنظر، دو تصمیم اساسی می‌بایست برای زنجیره تأمین اتخاذ شود. یکی مقدار سفارش خرده‌فروش و دیگری مقدار سرمایه‌گذاری CSR توسط تأمین‌کننده می‌باشد. در این حالت تابع سود انتظاری کل زنجیره تأمین عبارت است از:

$$\begin{aligned} \Pi_{SC}^c(Q, \xi) &= \Pi_R + \Pi_S \\ &= pE[\min(Q, D)] - cQ + sE[(Q - D)^+] \\ &\quad - vE[(D - Q)^+] - \xi Mf(\xi) \end{aligned}$$

جزء اول و دوم در عبارت فوق به ترتیب نشان‌دهنده درآمد کل زنجیره و هزینه خرید است. جزء سوم نشان‌دهنده ارزش اسقاط داروهای باقی‌مانده در انتهای دوره است. جزء چهارم برابر با هزینه مواجهه با کمبود برای زنجیره می‌باشد. همچنین، جزء آخر نشان‌دهنده مجموع هزینه انجام شده جهت پیاده‌سازی طرح جمع‌آوری داروهای مازاد می‌باشد. هر چه مقدار ξ افزایش یابد مشتریان بیشتری در طرح شرکت کرده و کل هزینه انجام شده افزایش خواهد یافت. با توجه به تابع تقاضای خرده‌فروش پس از پیاده‌سازی این طرح $N(\mu_0 + aMf(\xi), \sigma)$ و پس از مقداری محاسبات همچون پیوست (۱)، تابع سود انتظاری کل زنجیره تأمین عبارت است از:

$$\begin{aligned} \Pi_{SC}^c(Q, \xi) &= (p - s)(\mu_0 + aMf(\xi)) - (cQ - sQ) \\ &\quad - \left\{ \begin{aligned} &(p - s + v) \\ &\times \left[\begin{aligned} &\left((\mu_0 + aMf(\xi) - Q) \left(1 - F_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aMf(\xi)}{\sigma} \right) \right) \right) \right. \\ &\left. + \sigma f_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aMf(\xi)}{\sigma} \right) \right] \right\} \\ &- \xi Mf(\xi) \end{aligned} \end{aligned}$$

همان‌طور که در رابطه (۱۲) مشاهده می‌شود، تابع سود انتظاری کل زنجیره تأمین تابعی از میزان سفارش خرده‌فروش و سرمایه‌گذاری تأمین‌کننده در راستای مسئولیت‌های اجتماعی است. در حالت تصمیم‌گیری متمرکز فرض می‌شود یک واحد تصمیم‌گیرنده مقادیر بهینه این متغیرها را با هدف بیشینه‌سازی سود کل زنجیره تأمین تعیین می‌کند.

قضیه ۲: تابع سود انتظاری کل زنجیره تأمین در حالت تصمیم‌گیری متمرکز نسبت به Q و ξ مقعر است.

اثبات: به منظور اثبات تقعر تابع سود انتظاری کل زنجیره تأمین نسبت به Q و ξ می‌بایست ماتریس هیشین آن را مورد بررسی قرار داد. ماتریس هیشین تابع سود انتظاری کل زنجیره نسبت به Q و ξ عبارت است از:

$$H(\Pi_{SC}^c) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial Q^2} & \frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial Q \partial \xi} \\ \frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial \xi \partial Q} & \frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial \xi^2} \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial Q^2} = -\frac{(p - s + v)}{\sigma} f_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{max}}{\sigma} \right)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial Q \partial \xi} &= \frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial \xi \partial Q} \\ &= \frac{aM(p - s + v)}{\sigma \xi_{max}} f_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{max}}{\sigma} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial \xi^2} &= -\frac{2M}{\xi_{max}} \\ &\quad - \left\{ \frac{a^2 M^2 (p - s + v)}{\sigma \xi_{max}^2} f_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{max}}{\sigma} \right) \right\} \end{aligned}$$

هنگامی که ماتریس هیشین تابع نسبت به متغیرها منفی معین باشد آنگاه تابع اکیداً مقعر خواهد بود. شرط لازم و کافی برای منفی معین بودن این است که کهادهای اصلی به تناوب منفی و مثبت باشند. با بررسی ماتریس هیشین فوق مشاهده می‌شود که کهاد اصلی اول^۱ تابع یعنی $\partial^2 \Pi_{SC} / \partial Q^2$ همواره منفی بوده و همچنین کهاد اصلی دوم^۲ تابع همواره مثبت بوده و مقدار آن عبارت است از:

² Second principal minor

¹ First principal minor

اعضا گردد در نتیجه ممکن است برخی اعضا از انتخاب این مقادیر اجتناب کنند.

۳-۴- مدل تصمیم‌گیری هماهنگ

تصمیم‌گیری متمرکز برای زنجیره تأمین و اتخاذ مقادیر بهینه سرتاسری منجر به بیشینه‌سازی سودآوری زنجیره تأمین می‌شود. باین‌حال، اتخاذ این تصمیمات ممکن است سودآوری برخی اعضای زنجیره تأمین را نسبت به حالت غیرمتمرکز کاهش دهد. در این بخش یک مدل ریاضی هماهنگی جهت تعیین مقادیر بهینه میزان سفارش و همچنین سرمایه‌گذاری مسئولیت‌های اجتماعی ارائه می‌شود. مدل ریاضی به‌گونه‌ای طراحی شده است که سود کل زنجیره تأمین افزایش یافته و در عین حال سود هیچ‌یک از اعضای زنجیره نسبت به حالت غیرمتمرکز کمتر نشود. با اتخاذ تصمیمات بدست آمده توسط مدل سود کلی زنجیره تأمین نسبت به حالت غیرمتمرکز افزایش می‌یابد و اعضای زنجیره تأمین نیز از شرکت در این طرح هماهنگی اجتناب نخواهند کرد.

$$\text{Max} \Pi_{SC}(Q, \xi)$$

s.t.

$$\Pi_S^{dc}(Q_{dc}^*) \leq \Pi_S^{co}(Q, \xi)$$

$$\Pi_R^{dc}(Q_{dc}^*) \leq \Pi_R^{co}(Q, \xi)$$

$$\xi \geq 0, Q \geq 0,$$

در مدل فوق تابع هدف یعنی رابطه (۲۴) به بیشینه‌سازی سود انتظاری کل زنجیره تأمین می‌پردازد. رابطه (۲۵) تضمین می‌کند که در حالت هماهنگ سود تأمین‌کننده از حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز کمتر نشود. همچنین رابطه (۲۶) تضمین می‌کند که سود خرده‌فروش در حالت هماهنگ کمتر از حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز نشود. به‌عبارت‌دیگر، با استفاده از مدل فوق مقدار سفارش و سرمایه‌گذاری مسئولیت‌های اجتماعی به‌گونه‌ای تعیین می‌شوند که سود کل زنجیره تأمین بیشینه شده و سود هیچ‌یک از اعضا از حالت غیرمتمرکز کمتر نشود. در چنین شرایطی اعضای زنجیره تمایل به شرکت در طرح هماهنگی

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial Q^2} \right) \left(\frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial \xi^2} \right) - \left(\frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial Q \partial \xi} \right) \left(\frac{\partial^2 \Pi_{SC}^c}{\partial \xi \partial Q} \right) \\ & = \frac{2M(p-s+v)}{\sigma \xi_{\max}} f_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{\max}}{\sigma} \right) \end{aligned}$$

در چنین شرایطی ماتریس هیشین، معین منفی بوده و در نتیجه تابع سود انتظاری کل زنجیره تأمین نسبت به Q و ξ مقعر می‌باشد. به‌منظور یافتن مقادیر بهینه متغیرها مشتق اول تابع سود انتظاری کل زنجیره تأمین نسبت به دو متغیر Q و ξ برابر صفر قرار داده می‌شود. مشتق اول تابع نسبت به Q و ξ عبارت است از:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_{SC}^c}{\partial Q} &= \\ & - \left[(c-s) \right. \\ & \left. + (p-s+v) \left(F_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{\max}}{\sigma} \right) - 1 \right) \right] \\ \frac{\partial \Pi_{SC}^c}{\partial \xi} &= \frac{aM(p-s)}{\xi_{\max}} - \frac{2M\xi}{\xi_{\max}} \\ & - \left[aM(p-s+v) \left[1 - F_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{\max}}{\sigma} \right) \right] \right] \end{aligned}$$

با برابر صفر قرار دادن روابط (۱۴) و (۱۵)، به ترتیب روابط (۲۰) و (۲۱) حاصل می‌شوند:

$$Q = \mu_0 + \frac{aM\xi}{\xi_{\max}} + F_s^{-1} \left(\frac{p+v-c}{p+v-s} \right) \sigma$$

$$Q = \mu_0 + \frac{aM\xi}{\xi_{\max}} + F_s^{-1} \left(\frac{2\xi + \theta + a(p-s+v) + a(p-s)}{a(p+v-s)} \right) \sigma$$

با برابر هم قرار دادن دو عبارت (۱۶) و (۱۷) و پس از ساده‌سازی مقدار بهینه ξ_c^* عبارت است از:

$$\xi_c^* = \frac{(p-c)a}{2}$$

ابتدا با استفاده از رابطه (۱۸) مقدار بهینه سرمایه‌گذاری CSR تعیین شده و پس از آن با استفاده از رابطه (۱۹) مقدار بهینه سفارش تعیین می‌گردد.

$$Q_c^* = \mu_0 + \frac{aM\xi_c^*}{\xi_{\max}} + F_s^{-1} \left(\frac{p+v-c}{p+v-s} \right) \sigma$$

انتخاب مقادیر بهینه Q_c^* و ξ_c^* موجب بیشینه‌سازی سود کل زنجیره تأمین می‌گردد. اما با توجه به اینکه انتخاب این مقادیر ممکن است موجب کاهش سودآوری اقتصادی برخی

استفاده شده است. جهت اجرای مدل در حالت هماهنگ از مقادیر سود بدست آمده هر یک از اعضا در حالت غیرمتمرکز استفاده شده و مدل با استفاده از نرم‌افزار لینگو (LINGO) کدنویسی شده است. نتایج حاصل از اجرای مدل در سه حالت (۱) تصمیم‌گیری غیرمتمرکز، (۲) تصمیم‌گیری متمرکز و (۳) تصمیم‌گیری هماهنگ در جدول ۲ ارائه شده است. در هر حالت مقادیر سفارش اقتصادی، مقدار سرمایه‌گذاری در طرح، سطح مسئولیت‌های اجتماعی زنجیره تأمین و همچنین مقادیر سود هر یک از اعضا و کل زنجیره ارائه شده است. با توجه به اینکه در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سرمایه‌گذاری انجام نمی‌شود به همین علت مقادیر سرمایه‌گذاری و سطح مسئولیت‌های اجتماعی در این حالت صفر خواهد بود.

جدول ۱: داده‌های مثال عددی

پارامتر	مثال ۱	مثال ۲	مثال ۳	مثال ۴
μ_0	۵۰	۲۰۰	۱۵۰	۳۰۰
σ	۱۰	۳۰	۲۵	۴۰
c	۵	۸	۸	۹
w	۸	۱۵	۱۰	۱۳
p	۱۲	۲۰	۲۰	۱۵
s	۴	۷	۵	۶
v'	۱۰	۲۰	۱۵	۲۰
M	۲۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
ξ_{max}	۸	۱۰	۷	۸
a	۰,۸	۰,۴	۰,۵	۰,۳

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود مقدار سود کل زنجیره تأمین در حالت متمرکز همواره بیشتر از حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز است. در نتیجه سرمایه‌گذاری در زمینه مسئولیت‌های اجتماعی می‌تواند موجب افزایش سودآوری کل زنجیره تأمین گردد. در مثال عددی (۱)، تصمیم‌گیری متمرکز باعث شده است نه تنها سود کل زنجیره تأمین افزایش یابد بلکه سود هر دو عضو زنجیره نیز از حالت غیرمتمرکز بهتر شده است. در این حالت هر دو عضو زنجیره، تصمیم‌گیری متمرکز را به حالت غیرمتمرکز

خواهند داشت. رابطه (۲۷) مربوط به متغیرهای تصمیم مدل می‌باشد. با جایگذاری توابع سود انتظاری اعضا و کل زنجیره تأمین، مدل هماهنگی ارائه شده عبارت است از:

Max:

$$\Pi_{sc}(Q, \xi) = (p-s) \left(\mu_0 + \frac{aM\xi}{\xi_{max}} \right) - (cQ - sQ) - \left\{ \begin{aligned} & \left((p-s+v) \right. \\ & \left. \times \left[\left(\mu_0 + \frac{aM\xi}{\xi_{max}} - Q \right) \left(1 - F_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{max}}{\sigma} \right) \right) \right] \right\} \\ & + \sigma f_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{max}}{\sigma} \right) \end{aligned} \right\} - \frac{M\xi^2}{\xi_{max}}$$

s.t.

$$wQ_{dc}^* - cQ_{dc}^* \leq wQ - cQ - \frac{M\xi^2}{\xi_{max}}$$

$$(p-s)(\mu_0) - (wQ_{dc}^* - sQ_{dc}^*) - \left\{ \begin{aligned} & \left((p-s+v) \right. \\ & \left. \times \left[\left(\mu_0 - Q_{dc}^* \right) \left(1 - F_s \left(\frac{Q_{dc}^* - \mu_0}{\sigma} \right) \right) \right] \right\} \\ & + \sigma f_s \left(\frac{Q_{dc}^* - \mu_0}{\sigma} \right) \end{aligned} \right\} \leq (p-s) \left(\mu_0 + \frac{aM\xi}{\xi_{max}} \right) - (wQ - sQ) - \left\{ \begin{aligned} & \left((p-s+v) \right. \\ & \left. \times \left[\left(\mu_0 + \frac{aM\xi}{\xi_{max}} - Q \right) \left(1 - F_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{max}}{\sigma} \right) \right) \right] \right\} \\ & + \sigma f_s \left(\frac{Q - \mu_0 - aM\xi / \xi_{max}}{\sigma} \right) \end{aligned} \right\}$$

$$\xi \geq 0, Q \geq 0,$$

در ادامه با استفاده از مثال‌های عددی و همچنین تحلیل حساسیت به بررسی عملکرد و کارایی مدل ارائه شده در ایجاد هماهنگی در زنجیره تأمین پرداخته می‌شود.

۵- نتایج محاسباتی

به‌منظور بررسی عملکرد مدل ارائه شده در این مقاله، ابتدا به بررسی تعدادی مثال عددی پرداخته و سپس بر روی پارامترهای اساسی مساله تحلیل حساسیت انجام می‌شود. داده‌های استفاده شده در مثال‌های عددی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جهت محاسبه مقادیر متغیرها در دو حالت تصمیم‌گیری متمرکز و غیرمتمرکز از نرم‌افزار متلب (MATLAB)

ترجیح داده و مقادیر بهینه حالت متمرکز را انتخاب خواهند کرد.

تصمیم‌گیری متمرکز همواره موجب افزایش سود همه‌ی اعضای زنجیره نمی‌شود. در مثال‌های عددی شماره (۲) و (۴) تصمیم‌گیری متمرکز موجب شده است سود خرده‌فروش کمتر از حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز شود. همچنین در مثال عددی شماره (۳) سود تأمین‌کننده کمتر از حالت غیرمتمرکز شده است. با توجه به اینکه اعضای زنجیره موجودیت‌های اقتصادی مستقلی هستند در این شرایط از تصمیم‌گیری متمرکز و اتخاذ مقادیر بهینه برای کل زنجیره امتناع خواهند کرد.

مدل هماهنگی ارائه شده در شرایطی که تصمیم‌گیری متمرکز موجب کاهش سود برخی از اعضا می‌گردد می‌تواند مفید واقع شود. با استفاده از مدل هماهنگی مقادیر متغیرها به‌گونه‌ای تعیین شده است که سود زنجیره تأمین بیشینه شده و در عین حال اعضای زنجیره تمایل به شرکت در تصمیم‌گیری مشترک داشته باشند. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در حالت تصمیم‌گیری هماهنگ، سود زنجیره تأمین بسیار به حالت تصمیم‌گیری متمرکز نزدیک شده و سود هر دو عضو زنجیره از حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز بیشتر شده است. در این حالت هر دو عضو زنجیره مقادیر بدست آمده توسط مدل را انتخاب خواهند کرد. یکی از نکات جالب در ارتباط با مدل ارائه شده، میزان سطح مسئولیت‌های اجتماعی است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در مثال‌های شماره (۲) و (۴) مقدار سرمایه‌گذاری و سطح مسئولیت‌های اجتماعی در حالت تصمیم‌گیری هماهنگ در حالت متمرکز بیشتر شده است. به‌عبارت‌دیگر، با استفاده از تصمیم‌گیری هماهنگ نه تنها سودآوری اقتصادی زنجیره تأمین تا حد خوبی افزایش یافته، بلکه این نوع تصمیم‌گیری می‌تواند سطح مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره تأمین را افزایش دهد. به‌عبارت‌دیگر، مدل هماهنگی ارائه شده می‌تواند منجر به بازی برد - برد برای اعضای زنجیره تأمین و جامعه گردد.

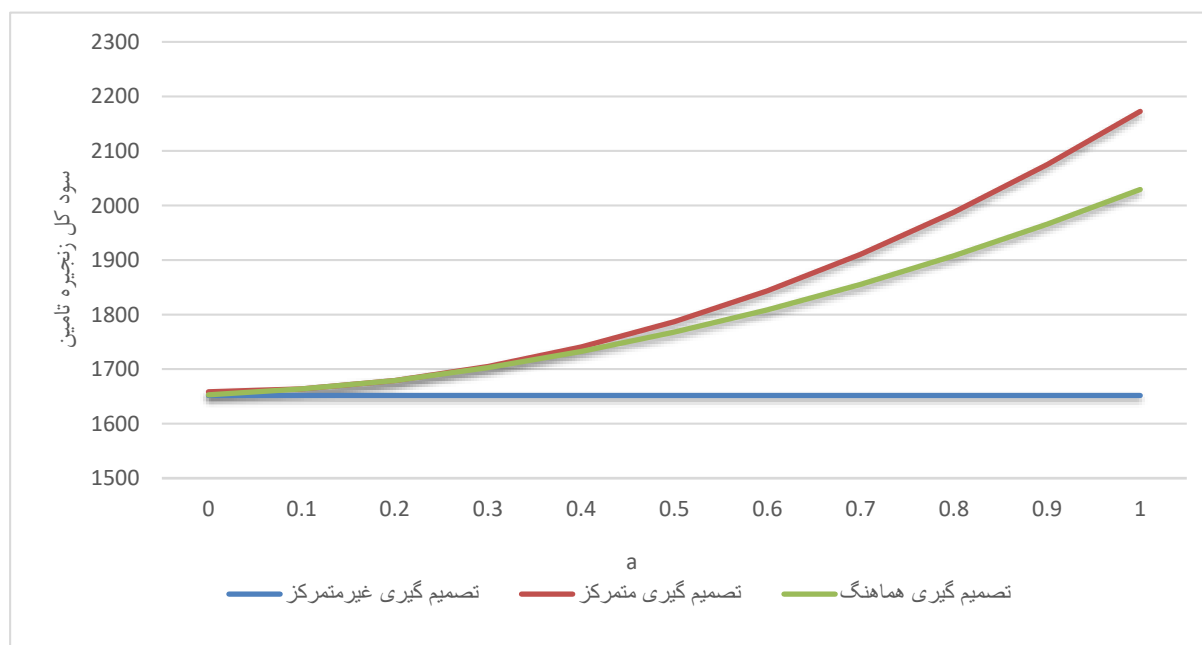
به‌منظور بررسی بیشتر عملکرد مدل، نسبت به پارامتر a که یکی از پارامترهای اساسی در مدل است آنالیز حساسیت

انجام شده است. از داده‌های مثال عددی (۳) استفاده شده و تغییرات سود کل زنجیره تأمین در حالات مختلف نسبت به تغییرات a در شکل (۲) نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود سود زنجیره تأمین در حالت تصمیم‌گیری هماهنگ بسیار نزدیک به تصمیم‌گیری متمرکز است. علاوه بر این، با افزایش مقدار پارامتر a سودآوری زنجیره تأمین با شیب قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر، هرچه تأثیر سرمایه‌گذاری مسئولیت‌های اجتماعی بر میزان تقاضا بیشتر باشد، اعضای زنجیره تمایل بیشتری جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی خواهند داشت. همچنین شایان ذکر است با توجه به اینکه در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز هیچ‌گونه سرمایه‌گذاری جهت توسعه مسئولیت‌های اجتماعی انجام نمی‌شود به همین علت مقدار سود زنجیره تأمین نسبت به تغییرات a حساس نیست.

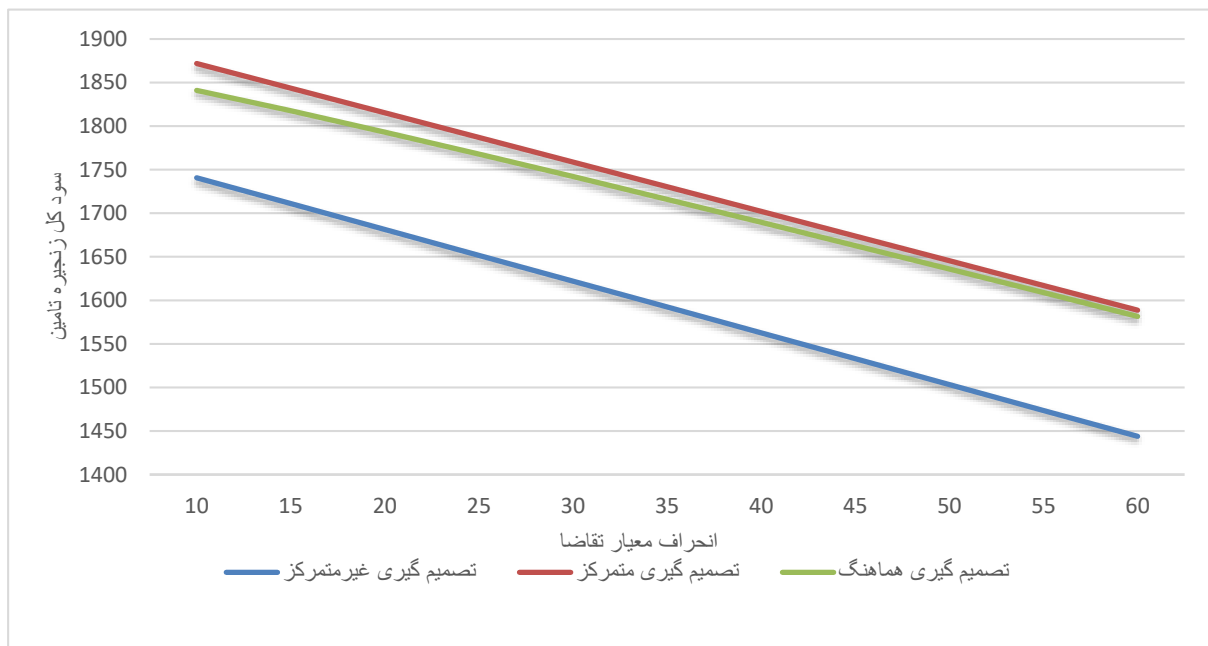
یکی از دیگر پارامترهای تأثیرگذار در مدل انحراف معیار تقاضا (σ) است که نشان‌دهنده میزان عدم قطعیت در مساله می‌باشد. با افزایش انحراف معیار تقاضا میزان عدم قطعیت در مدل افزایش می‌یابد. با استفاده از داده‌های مثال عددی (۳)، نسبت به این پارامتر آنالیز حساسیت انجام شده و مقدار سود کل زنجیره تأمین در حالات مختلف تصمیم‌گیری در شکل (۳) نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار این پارامتر سود زنجیره تأمین در هر سه حالت تصمیم‌گیری کاهش می‌یابد. یکی از نکات جالب یافت شده از آنالیز حساسیت، نحوه تغییرات سود زنجیره تأمین در حالت تصمیم‌گیری هماهنگ با افزایش انحراف معیار تقاضا می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود با افزایش انحراف معیار تقاضا سود زنجیره تأمین در حالت هماهنگ به حالت تصمیم‌گیری متمرکز نزدیک می‌شود. به عبارت دقیق‌تر، مدل هماهنگی ارائه شده در شرایط با نامعینی تقاضای بالا عملکرد بسیار مناسبی داشته و قادر است سود زنجیره تأمین را تا حد تصمیم‌گیری متمرکز افزایش دهد.

جدول ۲: مقادیر بهینه متغیرها و سود اعضای زنجیره در حالات مختلف تصمیم‌گیری

مثال	تصمیم‌گیری	Q^*	ξ^*	SR^*	Π_R	Π_S	Π_{SC}
۱	حالت غیرمتمرکز	۵۹,۰۸	-	-	۱۴۱,۹	۱۷۷,۲	۳۱۹,۱
	حالت متمرکز	۷۲,۵۱	۲,۸۰	۰,۳۵	۱۵۰,۷	۱۹۷,۹	۳۴۸,۶
	حالت هماهنگ	۷۲,۵۱	۲,۸۰	۰,۳۵	۱۵۰,۷	۱۹۷,۹	۳۴۸,۶
۲	حالت غیرمتمرکز	۲۲۰,۹۶	-	-	۶۹۰,۵	۱۵۴۶,۷	۲۲۳۷,۲
	حالت متمرکز	۲۶۳,۹۷	۲,۴۰	۰,۲۴	۵۷۶,۴	۱۸۰۱,۸	۲۳۷۸,۲
	حالت هماهنگ	۲۴۷,۸۸	۳,۱۱	۰,۳۱	۶۹۰,۵	۱۶۵۷,۵	۲۳۴۸,۰
۳	حالت غیرمتمرکز	۱۷۸,۷۶	-	-	۱۲۹۴,۱	۳۵۷,۵	۱۶۵۱,۶
	حالت متمرکز	۲۰۷,۴۲	۳,۰۰	۰,۴۳	۱۵۰۰,۸	۲۸۶,۲	۱۷۸۷
	حالت هماهنگ	۲۰۷,۵۲	۲,۰۰	۰,۲۹	۱۴۱۰,۳	۳۵۷,۵	۱۷۶۷,۸
۴	حالت غیرمتمرکز	۳۳۰,۱۱	-	-	۲۲۷,۴	۱۳۲۰,۴	۱۵۴۷,۸
	حالت متمرکز	۳۵۶,۰۶	۰,۹	۰,۱۱	۱۸۷,۶	۱۴۱۲,۱	۱۵۹۹,۷
	حالت هماهنگ	۳۴۵,۲۶	۱,۱۷	۰,۱۵	۲۲۷,۴	۱۳۶۰,۱	۱۵۸۷,۵



شکل ۲: تغییرات سود کل زنجیره تامین در حالات مختلف تصمیم‌گیری نسبت به a



شکل ۳: تغییرات سود کل زنجیره تامین در حالات مختلف تصمیم‌گیری نسبت به انحراف معیار تقاضا تغییرات

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله، به بررسی هماهنگی در سرمایه‌گذاری مسئولیت‌های اجتماعی و مقدار سفارش در زنجیره تامین دارو پرداخته شده است. زنجیره تامین بررسی شده، دوسطحی با یک خرده‌فروش و یک تامین‌کننده دارو بوده مقدار تقاضا احتمالی در نظر گرفته شده است. تامین‌کننده به‌منظور توسعه مسئولیت‌های اجتماعی در زنجیره اقدام به پیاده‌سازی طرح جمع‌آوری داروهای مازاد و تاریخ گذشته از سطح جامعه می‌کند. سرمایه‌گذاری تامین‌کننده در این زمینه موجب افزایش اعتبار زنجیره و در نتیجه افزایش تقاضای خرده‌فروش می‌شود. قبل از شروع دوره، خرده‌فروش در ارتباط با مقدار سفارش و تامین‌کننده در ارتباط با میزان سرمایه‌گذاری در مسئولیت‌های اجتماعی تصمیم‌گیری می‌کند. مقادیر این متغیرها نه‌تنها بر سود همان عضو بلکه بر سود کل زنجیره و عضو دیگر تأثیرگذار است.

پس از بررسی مدل در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز، یک مدل هماهنگی جهت بیشینه‌سازی سود کل زنجیره تامین و ترغیب اعضا به شرکت در تصمیم‌گیری هماهنگ ارائه شده است. مثال‌های عددی و آنالیز حساسیت

انجام‌شده نشان می‌دهند در حالت تصمیم‌گیری هماهنگ نه‌تنها سودآوری اقتصادی زنجیره تامین تا حد قابل قبولی افزایش یافته، بلکه در شرایطی سطح مسئولیت‌های اجتماعی از حالت تصمیم‌گیری متمرکز بیشتر می‌شود. به‌منظور مطالعات آتی می‌توان با در نظر گرفتن محدودیت‌های خاص زنجیره تامین دارو همچون سطح سرویس و یا تاریخ انقضای داروها مدل را به شرایط واقعی نزدیک‌تر نمود. همچنین استفاده از قراردادهای موجود در ادبیات هماهنگی همچون تخفیف و تأخیر در پرداخت برای ایجاد هماهنگی در زنجیره تامین به‌عنوان مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد.

پیوست (۱)

$$\begin{aligned} \Pi_R^{dc} &= pE[\min(Q, D)] - wQ + sE[(Q - D)^+] - vE[(D - Q)^+] \\ &= pE[D] - pE[(D - Q)^+] - wQ + sE[(Q - D)^+] \\ &\quad + sE[(Q - D)^-] - sE[(Q - D)^-] - vE[(D - Q)^+] \\ &= pE[D] - pE[(D - Q)^+] - wQ \\ &\quad + sE[Q - D] - sE[(Q - D)^-] - vE[(D - Q)^+] \\ &= pE[D] - sE[D] - wQ - \theta Q - (p + \theta + v)E[(D - Q)^+] \end{aligned}$$

پیوست (۲)

$$\begin{aligned}
 E[(D-Q)^+] &= \int_{\frac{Q-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{\mu+z\sigma}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \sigma dz - Q + QF(Q) \\
 &= \int_{\frac{Q-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{\mu+z\sigma}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz - Q + QF(Q) \\
 &= \mu \int_{\frac{Q-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz + \sigma \int_{\frac{Q-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{z}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz - Q + QF(Q) \\
 &= \mu \left(1 - F_s \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right) \right) - Q \left(1 - F_s \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right) \right) \\
 &\quad + \sigma \int_{\frac{Q-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{z}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz
 \end{aligned}$$

با فرض $n = \frac{z^2}{2}$ و در نتیجه $dn = z dz$ ، داریم:

$$\begin{aligned}
 E[(D-Q)^+] &= \mu \left(1 - F_s \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right) \right) - Q \left(1 - F_s \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right) \right) \\
 &\quad + \sigma \int_{\frac{1}{2} \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right)^2}^{\infty} \frac{z}{\sqrt{2\pi}} e^{-n} \frac{dn}{z} \\
 &= (\mu - Q) \left(1 - F_s \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right) \right) + \sigma \int_{\frac{1}{2} \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right)^2}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-n} dn \\
 &= (\mu - Q) \left(1 - F_s \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right) \right) + \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right)^2} \\
 &= (\mu - Q) \left(1 - F_s \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right) \right) + \sigma f_s \left(\frac{Q-\mu}{\sigma} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E[(D-Q)^+] &= \int_Q^{\infty} (D-Q) f(D) d(D) \\
 &= \int_Q^{\infty} D f(D) d(D) - \int_Q^{\infty} Q f(D) d(D) \\
 &\quad - \int_0^Q Q f(D) d(D) + \int_0^Q Q f(D) d(D) \\
 &= \int_Q^{\infty} D f(D) d(D) - Q + QF(Q) \\
 &= \int_Q^{\infty} \frac{D}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(D-\mu)^2}{2\sigma^2}} d(D) - Q + QF(Q)
 \end{aligned}$$

در صورتی که $z = \frac{D-\mu}{\sigma}$ فرض شود آنگاه $dD = \sigma dz$ با

جایگذاری داریم:

۷- مراجع

- [1] Jaber, M.Y. and I.H. Osman,(2006), "Coordinating a two-level supply chain with delay in payments and profit sharing", Computers & Industrial Engineering, Vol. 50, No. 4, PP. 385-400.
- [2] Heydari, J.,(2014), "Lead time variation control using reliable shipment equipment: An incentive scheme for supply chain coordination", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 63, PP. 44-58.
- [3] Heydari, J.,(2014), "Supply chain coordination using time-based temporary price discounts", Computers & Industrial Engineering, Vol. 75, PP.96-101
- [4] Dahlsrud, A.,(2008), "How corporate social responsibility is defined: an analysis of 37 definitions", Corporate social responsibility and environmental management, Vol.15, No. 1, PP. 1-13.
- [5] Van Marrewijk, M.,(2003), "Concepts and definitions of CSR and corporate sustainability: Between agency and communion", Journal of business ethics, Vol. 44, No.2-3, PP. 95-105.
- [6] Panda, S.,(2014), "Coordination of a socially responsible supply chain using revenue sharing contract", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 67, PP. 92-104.
- [7] Thach, A.V., C.M. Brown, and N. Pope,(2013), "Consumer perceptions about a community pharmacy-based medication take back program", Journal of environmental management, Vol.127, PP. 23-27.
- [8] Cachon, G.P.,(2003), "Supply chain coordination with contracts", Handbooks in operations research and management science, Vol.11, PP.227-339.
- [9] Govindan, K., M.N. Popiuc, and A. Diabat,(2013), "Overview of coordination contracts within forward and reverse supply chains", Journal of Cleaner Production, Vol. 47, PP.319-334.
- [10] Shi, C. and D. Bian,(2011), "Closed-loop supply chain coordination by contracts under government subsidy", In Control and Decision Conference (CCDC), Chinese, IEEE.

- [11] Xiao-xia, Z., X. Tian-tian, and Z. Hui,(2013), "Coordination of closed-loop supply chain with government incentive", International Conference on Management Science and Engineering (ICMSE), IEEE.
- [12] De Giovanni, P.,(2014), "Environmental collaboration in a closed-loop supply chain with a reverse revenue sharing contract", Annals of Operations Research, Vol.220, No. 1, PP. 135-157.
- [13] Govindan, K. and M.N. Popiuc,(2014), "Reverse supply chain coordination by revenue sharing contract: A case for the personal computers industry", European Journal of Operational Research, Vol.233, No.2, PP. 326-336.
- [14] Ni, D., K.W. Li, and X. Tang,(2010), "Social responsibility allocation in two-echelon supply chains: Insights from wholesale price contracts", European Journal of Operational Research, Vol. 207, No.3, PP. 1269-1279.
- [15] Ni, D. and K.W. Li,(2012), "A game-theoretic analysis of social responsibility conduct in two-echelon supply chains", International Journal of Production Economics, Vol.138, No.2, PP. 303-313.
- [16] Goering, G.E.,(2012), "Corporate social responsibility and marketing channel coordination", Research in Economics, Vol. 66, No. 2, PP.142-148.
- [17] Hsueh, C.-F.,(2014), "Improving corporate social responsibility in a supply chain through a new revenue sharing contract", International Journal of Production Economics, Vol.151, PP.214-222.
- [18] Hsueh, C.-F.,(2015), "A bilevel programming model for corporate social responsibility collaboration in sustainable supply chain management", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 73, PP.84-95.
- [19] Modak, N.M., Panda S., Sana S.S., Basu M.,(2015), "Corporate social responsibility, coordination and profit distribution in a dual-channel supply chain", Pacific Science Review, Vol.16, No.4, PP.235-249.
- [20] Panda, S., et al.,(2015), "Channel coordination and profit distribution in a social responsible three-layer supply chain", International Journal of Production Economics, Vol.168, PP.224-233.
- [21] Bai, H.,(2009), "Reverse supply chain coordination and design for profitable returns-an example of ink cartridge", Worcester Polytechnic Institute.

(1)