

توسعه‌ی یک مدل قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین دوکاناله‌ی خرده‌فروشی و زنجیره‌ای با در نظر گرفتن تخفیف و قرارداد تسهیم در آمد

پریسا حقی مطلق^۱، غلامرضا نصیری^{۲*}، مریم اسمعیلی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، ۲- استادیار، ۳- دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه الزهراء(ع)، تهران، ایران

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۴، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۷)

چکیده

اغلب سازمان‌ها به منظور افزایش سهم بازار و جذب مشتریان بیشتر، برای ارائه‌ی محصولات و خدمات خود از کانال‌های مختلفی استفاده می‌نمایند. برای یک زنجیره تأمین با بیش از یک کانال فروش، قیمت‌گذاری محصولات برای هر کانال یک فرآیند مهم تصمیم‌گیری به شمار می‌رود. قیمت‌گذاری مناسب می‌تواند در کاهش تضاد بین کانال‌ها و افزایش سود کانال‌های موجود بسیار مؤثر باشد. در این مقاله، موضوع قیمت‌گذاری بین دو کانال خرده‌فروشی و زنجیره‌ای با در نظر گرفتن تخفیف در کانال زنجیره‌ای و قرارداد تسهیم درآمد میان تولیدکننده و فروشگاه‌های زنجیره‌ای با هدف حداکثرسازی سود در نظر گرفته شده است. به منظور اعتبارسنجی مدل، مؤلفه‌های ورودی مسئله با استفاده از روش تاگوچی تنظیم و به کمک الگوریتم فراابتکاری ازدحام ذرات حل شده است. الگوریتم به کار گرفته شده با توجه به زمان حل اندک آن در قیاس با نرم‌افزار گمز از کیفیت و کارایی مناسبی برخوردار است. ضمن آن که مقدار به دست آمده برای تابع هدف به کمک الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با خروجی گمز با شکاف کمتر از ۱٪ محاسبه شده که نشان از کارایی مناسب این الگوریتم دارد. نتایج به دست آمده نیز نشان‌دهنده تأثیرگذاری بالای تقاضای بالقوه کانال خرده‌فروشی نسبت به پارامترهای دیگر بر سود زنجیره تأمین است.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین دوکاناله، کانال خرده‌فروشی، کانال زنجیره‌ای، قیمت‌گذاری، تسهیم در آمد

۱- مقدمه

رقابت با ارزش برای مشتری) است [۲]. در حالی که در سازمان‌ها شیوه‌های قیمت‌گذاری در اکثر موارد مختص به همان سازمان است، ولی در حالت کلی این شیوه‌ها را می‌توان بر اساس نوع و میزان استفاده‌ی مدیران از اطلاعات مربوط به هزینه‌ها، رقابت و ارزش درک شده مشتریان برای محصول و یا خدمت، دسته‌بندی کرد. ادبیات مربوط به قیمت‌گذاری معمولاً سه نوع قیمت‌گذاری را متمایز می‌کند: قیمت‌گذاری مبتنی بر هزینه^۱، قیمت‌گذاری مبتنی بر رقابت^۲ و قیمت‌گذاری مبتنی بر ارزش^۳. اغلب سازمان‌ها و بازاریابان به منظور افزایش سهم بازار و جذب مشتریان بیشتر، رویکرد ایجاد کانال‌های متعدد را جهت پوشش مشتریان مختلف اتخاذ می‌نمایند. بنابراین انتخاب راهبرد مناسب قیمت‌گذاری در زنجیره تأمین‌هایی با بیش از یک کانال توزیع و فروش از اهمیتی دوچندان برخوردار است. استفاده از گام‌های صحیح در تعیین و انتخاب سیاست مناسب و ارائه‌ی محصولات و خدمات بهتر نسبت به سایر رقیباً جزو اصول مهم در فروش و سودآوری است.

در رویکرد انتخابی، قیمت مناسب عموماً باید با توجه به ملاحظات داخلی شرکت، ملاحظات بازار و همچنین در نظر

قیمت‌گذاری یکی از تصمیم‌های مهم در زنجیره تأمین و از جمله عوامل تأثیرگذار بر سودآوری آن است. در حقیقت، تطابق میان قیمت و کیفیت تولیدات و خدمات ارائه شده از اهداف یک سیستم قیمت‌گذاری مطلوب است. یک رویکرد مناسب می‌تواند ساختار قیمت‌گذاری مناسبی ارائه دهد تا بدون پیچیدگی خاصی، قابلیت اجرایی داشته باشد. معمولاً روش‌های قیمت‌گذاری مناسب باعث ایجاد فضای منطقی برای استفاده مناسب از منابع نیز می‌شود. قیمت‌گذاری راهبردی نیاز به ارتباط قوی‌تری میان بازاریابی و سایر بخش‌های شرکت دارد. به منظور ارتقاء عملکرد اقتصادی و مالی شرکت‌ها، سیاست‌های قیمت‌گذاری علاوه بر شرایط بازار مانند شرایط اقتصادی و میزان رقابت، باید بر اساس درک صحیح از نیازها و خواسته‌های مشتریان تعریف شود. یک راهبرد قیمت‌گذاری، ترسیم از عناصری که باید برای دستیابی به عملکرد سودآور در یک کسب و کار مدیریت شوند، فراهم می‌کند [۱]. به طور کلی، این عناصر شامل هدف قیمت‌گذاری در نظر گرفته شده (به‌عنوان مثال به حداکثر رساندن سود)، موازنه عوامل داخلی و خارجی و سطح قیمت نسبی (مرتبط با هزینه،

^۱ Cost-Based Pricing

^۲ Competitive-Based Pricing

^۳ Value-Based Pricing

* رایانامه نویسنده مسئول: grnasiri@alzahra.ac.ir

پرداخته‌اند [۶]. در این مطالعه تصمیمات مربوط به جمع‌آوری کالاها، بازگشتی و قیمت‌گذاری محصول برای زنجیره‌ی تأمین تحت پنج سناریوی مختلف متمرکز، غیرمتمرکز با بازی نش، غیرمتمرکز به رهبری تولیدکننده، رهبری خرده‌فروش و رهبری شخص ثالث تحلیل شده است. یانگ و همکاران یک مدل بازگشتی به همراه اثرات آن بر سیاست قیمت‌گذاری و سود بهینه در یک زنجیره‌ی تأمین با کانال‌های دوگانه را بررسی نموده‌اند [۷]. از جمله نتایج به دست آمده در این پژوهش این است که در سناریوی متمرکز، تولیدکننده و خرده‌فروش هنگام ارائه‌ی سیاست بازگشت/ مرجوع کالا، قیمت‌های فروش بالاتری را تعیین می‌نمایند که منجر به سود بیشتر و افزایش تقاضای هر دو کانال می‌شود. همچنین قیمت و قیمت بازپرداخت کانال مستقیم در دو ساختار متمرکز و غیرمتمرکز یکسان است. بطفی و همکاران نیز یک شبکه‌ی زنجیره‌ی تأمین را با در نظر گرفتن حالت بازگشتی برای مشتریان مدل‌سازی نموده‌اند [۸]. در این پژوهش دو سیاست فروش شامل سیاست دو کاناله (یک کانال خرده‌فروشی و یک کانال آنلاین) و تک کاناله (یک کانال خرده‌فروشی) را مورد بحث قرار داده‌اند. هدف آنان بررسی تأثیر سیاست‌های بازگشت مختلف بر رفتار سیستم‌های زنجیره تأمین، قبل و بعد از اتخاذ سیاست کانال دوگانه است. طبق نتایج، سیاست دو کاناله نسبت به تک کاناله سود بیش‌تری را به همراه دارد. در مطالعه‌ی دیگری ژائو و همکاران به بررسی سیاست‌های قیمت‌گذاری بهینه‌ی محصولات مکمل در یک زنجیره تأمین دو کاناله پرداخته‌اند [۹]. چهار مدل بازی قیمت‌گذاری با در نظر گرفتن ساختارهای مختلف بازار ایجاد شده است. این مطالعه، اثرات وفاداری مصرف‌کننده، ساختارهای مختلف قدرت بازار و سطح مکمل بودن بر سیاست‌های قیمت‌گذاری و حداکثر کردن سود دو محصول مکمل در یک زنجیره تأمین دو کاناله را ارائه داده است. همچنین شا و ژنگ سیاست قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین دو کاناله سه‌سطحی با هدف به حداکثر رساندن درآمد کلی را مورد مطالعه قرار داده‌اند [۱۰]. در حالت غیرمتمرکز، شرایط وجود قیمت تعادلی تعیین شده و قیمت‌های بهینه تحت ساختارهای مختلف زنجیره تأمین تحلیل شده است. ژانگ و وانگ بر روی دو راهبرد قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین دوکاناله و تأثیر ارزش خدمات بر تصمیم‌گیری‌ها متمرکز شده‌اند [۱۱]. در این مطالعه مدل قیمت‌گذاری ایستا و دو مدل قیمت‌گذاری پویا در دو حالت تصمیم‌گیری متمرکز و غیرمتمرکز بررسی شده است. با مقایسه دو مدل پویا، می‌توان دریافت که سود کلی در تصمیم متمرکز

گرفتن وضعیت سایر رقبا تعیین شود. در پژوهش پیش رو، با توجه به اهمیت و گسترش روزافزون فروشگاه‌های زنجیره‌ای، به قیمت‌گذاری بین کانال خرده‌فروشی و زنجیره‌ای در یک فضای غیرقطعی و با احتساب عملکرد هر دو کانال در دنیای واقعی، که تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته، پرداخته شده است. در مدل ارائه شده، همچنین بررسی و تأثیر هم‌زمان سه مولفه قیمت، تخفیف و قرارداد تسهیم درآمد مدنظر قرار گرفته که روابط و تأثیر آن‌ها را قدری پیچیده می‌نماید. با توجه به خاصیت مدل پیشنهادی، از الگوریتم فراابتکاری ازدحام ذرات^۱ برای حل مدل استفاده شده است.

ساختار مقاله حاضر بدین شرح است: در بخش دوم مرور ادبیات موضوع و جمع‌بندی آن ارائه شده است. بخش سوم به ارائه‌ی مفروضات و مدل برنامه‌ریزی ریاضی مسئله اختصاص دارد. در بخش چهارم روش فراابتکاری پیشنهادی همراه با نتایج محاسباتی و تحلیل حساسیت مدل به برخی پارامترهای منتخب برای آزمایش کارایی روش حل ارائه خواهد شد. نتیجه‌گیری و پیشنهاد تحقیقات آتی برای ادامه‌ی پژوهش نیز در بخش آخر آمده است.

۲- مرور ادبیات

در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در حوزه‌ی زنجیره تأمین دوکاناله انجام شده است که در این بخش شرح مختصری از این پژوهش‌ها ارائه می‌شود: نصیری و همکاران بر مسئله‌ی طراحی شبکه توزیع در زنجیره تأمین چندسطحی به همراه سیاست قیمت‌گذاری تحت شرایط عدم قطعیت متمرکز شده‌اند [۴]. در این پژوهش تخصیص بهینه‌ی مشتریان به مراکز توزیع، قیمت محصول در کانال‌های خرده‌فروشی و عمده‌فروشی و مقدار بهینه‌ی سفارش هر انبار در شرایط مختلف به دست آمده است. در مطالعه دیگری نصیری و همکاران به ارائه یک مدل یکپارچه‌ی مکان‌یابی-تخصیص همراه با تصمیم‌های موجودی و قیمت‌گذاری در دو کانال مختلف توزیع در فضای غیرقطعی و با فرض وجود همبستگی میان تقاضای محصولات پرداخته‌اند [۵]. برای حل مسئله‌ی موردنظر از الگوریتم ممتیک استفاده شده و نتایج نشان از کارایی مناسب الگوریتم پیشنهادی دارد. گیری و همکاران نیز به مطالعه یک زنجیره تأمین حلقه بسته با کانال‌های دوگانه

^۱ Particle Swarm Optimization (PSO)

می‌گذارد، تقاضای بازار را افزایش و سهم بازار کانال سنتی را کاهش می‌دهد. همچنین ساز و کار هماهنگی می‌تواند تضادهای کانال را کاهش دهد و کارایی زنجیره تأمین را بهبود بخشد. خو و همکاران تأثیر ایجاد یک قرارداد هماهنگ‌کننده زنجیره تأمین دو کاناله در شرایط ریسک‌گریزی اعضا را بررسی نموده‌اند [۱۸]. برای دستیابی به هماهنگی کانال، یک قرارداد دوطرفه‌ی اشتراک درآمد برای زنجیره تأمین دوکاناله همراه با ریسک، ارائه و تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد که قیمت تعیین شده توسط یک زنجیره تأمین دوکاناله‌ی ریسک‌گریز کمتر از قیمت تعیین شده توسط یک زنجیره تأمین دو کاناله بدون ریسک است. کیو و همکاران سیاست‌های قیمت‌گذاری و سیاست‌های مختلف سفارش، توسط تولیدکنندگان و خرده‌فروشان را در زنجیره تأمین دو کاناله با در نظر گرفتن عدم قطعیت تقاضا تحت دو مدل بازی استکلبرگ مدل‌سازی کرده‌اند [۱۹]. نتایج تحقیق نشان می‌دهد در صورتی که سهم بازار نسبتاً زیاد و نسبت مشارکت در سود پایین باشد، خرده‌فروش آنلاین سیاست سفارش دسته‌ای را ترجیح می‌دهد.

پیمان‌دوست و همکاران یک مدل توأم قیمت‌گذاری و موجودی را برای یک زنجیره تأمین دو سطحی در نظر گرفته‌اند که در آن نرخ تقاضای قطعی و تابعی خطی از قیمت است [۲۰]. نتایج نشان می‌دهد که سود کل زنجیره در حالت یکپارچگی اعضا به صورت قابل توجهی افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است، با وجود این که در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در حوزه‌ی قیمت‌گذاری انجام شده ولی در تحقیقات پیشین، عمدتاً قیمت‌گذاری در یک کانال و یا میان کانال‌های خرده‌فروشی، عمده‌فروشی و آنلاین مورد بررسی قرار گرفته است. در حالی که در این پژوهش با توجه به گسترش روزافزون فروشگاه‌های زنجیره‌ای، به قیمت‌گذاری بین کانال خرده‌فروشی و زنجیره‌ای در یک فضای غیرقطعی و با احتساب عملکرد هر دو کانال در دنیای واقعی، که تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته و همچنین بررسی هم‌زمان سه مولفه‌ی قیمت، تخفیف و قرارداد تسهیم درآمد پرداخته شده است.

جداول (۱) تا (۳) مشخصات شبکه زنجیره تأمین مورد بررسی در مقالات، ویژگی مدل‌های بررسی شده و روش‌های حل پیشنهادی را نشان می‌دهند.

بالتر از تصمیم غیرمتمرکز است. در پژوهش دیگری، ما و همکاران عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی در یک زنجیره تأمین سبز دو کاناله را مورد بررسی قرار داده‌اند [۱۲]. چهار مدل بازی تحت سناریوی متمرکز، غیرمتمرکز و اشتراک درآمد به رهبری خرده‌فروشان و اشتراک درآمد همراه با چانه‌زنی ارائه شده است. مطابق نتایج به دست آمده، از نظر درجه‌ی سبز بودن و سودآوری، سناریوی متمرکز و دو سناریوی اشتراک درآمد بهتر از سناریوی غیرمتمرکز هستند. در تحقیق دیگری لیو اثرات پایداری و درجه‌ی سبز بودن محصولات بر سیاست‌های قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین سبز دوکاناله را تحت دو سناریوی غیرمتمرکز و متمرکز تحلیل نموده است [۱۳]. نتایج نشان می‌دهد که اثرات درجه‌ی سبز بودن محصولات بر سیاست‌های قیمت‌گذاری در هر دو مدل متمرکز و غیرمتمرکز یکسان است. تأثیر سطح پایداری محیط کانال بر سیاست‌های قیمت‌گذاری و سود اعضای زنجیره تأمین در هر دو مدل متمرکز و غیرمتمرکز متفاوت است. همچنین وانگ و سان یک زنجیره تأمین سبز دوکاناله را در نظر گرفته‌اند [۱۴]. در این تحقیق سطح بهره‌وری انرژی به عنوان متغیر پویا مشخص شده است. مسئله تحت راهبردهای قیمت‌گذاری عمده‌فروشی پویا و ثابت تحلیل شده است. از جمله نتایج اصلی این پژوهش این است که زمانی که مصرف‌کنندگان بیش‌تری محصول سبز را از طریق کانال مستقیم خریداری می‌کنند، تولیدکننده انگیزه‌ی بیش‌تری برای سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز دارد. کائو و همکاران در پژوهش خود سیاست قیمت‌گذاری و شرایط هماهنگی در یک زنجیره تأمین با در نظر گرفتن مسئولیت زیست‌محیطی سازمان را مورد بررسی قرار داده‌اند [۱۵]. سه مدل تصمیم‌گیری متمرکز، بازی استکلبرگ تولیدکننده و بازی استکلبرگ خرده‌فروش توسعه داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در شرایط خاص، قرارداد اشتراک درآمد می‌تواند زنجیره‌ی تأمین مورد نظر را هماهنگ نماید. در تحقیق دیگری هو و همکاران راهبردهای قیمت‌گذاری تحت سیاست بازگشت برای مشتریان را مورد مطالعه قرار داده و در آن تصمیمات مرتبط با قیمت بهینه را برای هر یک از اعضا تعیین نموده‌اند [۱۶]. نتایج و تحلیل هر یک از سناریوها ارائه شده است. یانگ و همکاران مدل‌های قیمت‌گذاری و بینش‌های متعددی را در حوزه‌ی تئوری هماهنگی سازمانی و توسعه پایدار در زنجیره‌ی تأمین دو کاناله ارائه کرده‌اند [۱۷]. نتایج نشان می‌دهد که عدم همکاری بین اعضای کانال بر قیمت‌گذاری خرده‌فروش تأثیر

جدول (۱). مشخصات شبکه مورد بررسی در مدل‌های قیمت‌گذاری

نوع کانال‌های توزیع			اعضای زنجیره	سایر تصمیمات مورد بررسی			تعداد سطوح		مقالات
غیر مستقیم				مکانیابی	کنترل موجودی	قیمت-گذاری	چند سطحی	دو سطحی	
زنجیره‌ای	عمده فروشی	خرده فروشی							
	✓	✓	انبار مرکزی، مراکز توزیع، خرده-فروشان، عمده‌فروشان	✓	✓	✓	✓		نصیری و همکاران (۲۰۲۱)
	✓	✓	انبار مرکزی، مراکز توزیع، خرده-فروشان، عمده‌فروشان	✓	✓	✓	✓		نصیری و همکاران (۲۰۲۱)
		✓	تولیدکننده، خرده‌فروش، شخص ثالث			✓	✓		گیری و همکاران (۲۰۱۷)
		✓	تولیدکننده و خرده‌فروش			✓		✓	یانگ و همکاران (۲۰۱۵)
		✓	تولیدکننده، خرده‌فروش و مشتریان		✓	✓	✓		بطرفی و همکاران (۲۰۱۷)
		✓	دو تولید کننده و یک خرده‌فروش			✓		✓	ژائو و همکاران (۲۰۱۷)
		✓	تأمین‌کننده، تولیدکننده، خرده-فروش			✓	✓		شا و ژنگ (۲۰۲۱)
		✓	تولیدکننده و خرده‌فروش		✓	✓		✓	ژانگ و وانگ (۲۰۱۷)
		✓	تولیدکننده و خرده‌فروش			✓		✓	ما و همکاران (۲۰۱۸)
		✓	تولیدکننده و خرده‌فروش			✓		✓	لیو (۲۰۱۸)
		✓	تولیدکننده و خرده‌فروش			✓		✓	وانگ و سان (۲۰۱۹)
		✓	تولیدکننده و خرده‌فروش		✓	✓		✓	کائو و همکاران (۲۰۲۱)
		✓	تولیدکننده، خرده‌فروش و مشتری			✓		✓	هو و همکاران (۲۰۲۰)
		✓	تولیدکننده و خرده‌فروش			✓		✓	یانگ و همکاران (۲۰۲۱)
		✓	تولیدکننده و خرده‌فروش			✓		✓	خو و همکاران (۲۰۱۴)
		✓	تولیدکننده و خرده‌فروش		✓	✓		✓	کیو و همکاران (۲۰۲۱)
✓		✓	تولیدکننده، خرده‌فروشان، فروشگاه-های زنجیره‌ای، مصرف‌کنندگان		✓	✓	✓		پژوهش مورد بررسی

جدول (۲). ویژگی‌های کلی مدل‌های قیمت‌گذاری

مقالات	نوع قرارداد	وضعیت تقاضا		تقاضا حساس به	تعداد دوره		تعداد محصول		کمبود		جریان شبکه	
		قطعی	غیرقطعی		تک	چند	تک	چند	مجاز	غیرمجاز	رو به جلو	رو به عقب
نصیری و همکاران (۲۰۲۱)	-	✓		قیمت	✓			✓				✓
نصیری و همکاران (۲۰۲۱)	-	✓		قیمت		✓		✓				✓
گیری و همکاران (۲۰۱۷)	-		✓	قیمت کانال‌های آنلاین و سنتی خرده‌فروشی، نرخ ترجیح کانال توسط مشتری		✓			✓		-	✓
یانگ و همکاران (۲۰۱۵)	-		✓	قیمت در کانال‌ها، سطح وفاداری مشتری		✓			✓		-	✓
بطرفی و همکاران (۲۰۱۷)	-		✓	قیمت، سیاست بازگشتی		✓			✓		✓	✓
ژائو و همکاران (۲۰۱۷)	-		✓	قیمت کانال سنتی خرده‌فروشی و آنلاین-قیمت محصول مکمل		✓		✓			-	✓
شا و ژنگ (۲۰۲۱)	-		✓	قیمت کانال‌ها		✓			✓		-	✓
ژانگ و وانگ (۲۰۱۷)	تعرفه ای دو بخشی		✓	قیمت کانال‌ها		✓		✓			✓	✓
ما و همکاران (۲۰۱۸)	قرارداد اشتراک درآمد و اشتراک درآمد چانه زنی		✓	قیمت فروش در کانال‌ها		✓		✓			-	✓
لیو (۲۰۱۸)	قرارداد خسارت دو بخشی		✓	قیمت، درجه سبز بودن محصولات، پایداری زیست محیطی کانال‌ها		✓		✓			-	✓
وانگ و سان (۲۰۱۹)	قرارداد پرداخت حواله		✓	سطح بهره‌وری انرژی در کانال‌ها، درجه وفاداری مشتری، قیمت کانال‌ها		✓		✓			-	✓
کائو و همکاران (۲۰۲۱)	قرارداد اشتراک درآمد		✓	قیمت کانال‌ها، سطح مسئولیت زیست محیطی سازمان		✓		✓			-	✓
هو و همکاران (۲۰۲۰)	-		✓	قیمت کانال‌ها		✓		✓			-	✓
یانگ و همکاران (۲۰۲۱)	قرارداد اشتراک درآمد، قرارداد اشتراک هزینه		✓	قیمت کانال‌ها		✓		✓			-	✓
خو و همکاران (۲۰۱۴)	قرارداد دو طرفه اشتراک درآمد		✓	قیمت کانال‌ها، وفاداری مشتری		✓		✓			-	✓
کیو و همکاران (۲۰۲۱)	قرارداد اشتراک سود		✓	قیمت کانال‌ها		✓		✓			فروش از دست‌رفته	✓
پژوهش مورد بررسی	قرارداد اشتراک درآمد		✓	قیمت		✓		✓			فروش از دست‌رفته	✓

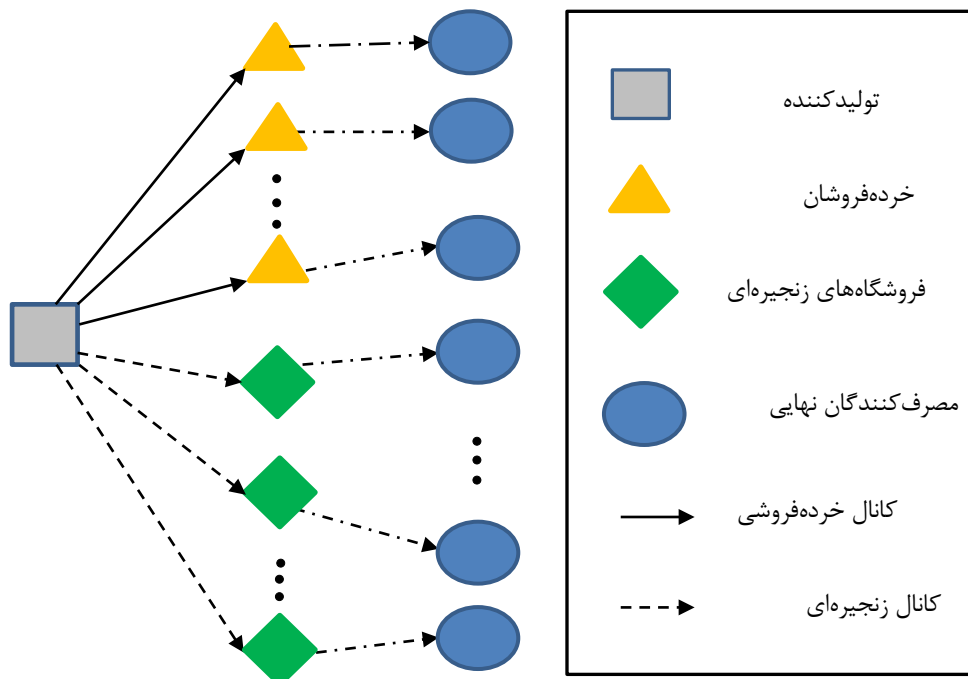
جدول (۳). ویژگی توابع هدف و روش حل مدل‌های قیمت‌گذاری

روش حل			سبز	هزینه‌ها	حداکثرسازی سود				مقالات
سایر	ابتکاری / فراابتکاری	نظریه بازی‌ها (انش-استکلبرگ)			تولیدکننده	مرکز توزیع	کل زنجیره	اعضا	
	الگوریتم آزادسازی لاگرانژ و ژنتیک		-	حمل و نقل - تأسیس مراکز توزیع - هزینه‌های موجودی و ذخیره اطمینان		✓			نصیری و همکاران (۲۰۲۱)
	ممتیک		-	حمل و نقل - تأسیس مراکز توزیع - سفارش‌دهی - نگهداری موجودی		✓			نصیری و همکاران (۲۰۲۱)
		✓	-	تولید مجدد - خرید - تولید - بازیافت			✓	✓	گیری و همکاران (۲۰۱۷)
		✓	-	خرید - تولید			✓	✓	بانگ و همکاران (۲۰۱۵)
✓		-	-	نگهداری - خرید - تولید - دفع محصولات غیرقابل تعمیر - راه‌اندازی			✓	✓	بطرفی و همکاران (۲۰۱۷)
		✓	-	خرید - تولید - عملیاتی				✓	ژائو و همکاران (۲۰۱۷)
		✓	-	تولید - خرید			✓	✓	شا و ژنگ (۲۰۲۱)
		✓	-	توزیع - خدمات			✓	✓	ژانگ و وانگ (۲۰۱۷)
		✓	✓	خرید - تولید - تحقیق و توسعه			✓	✓	ما و همکاران (۲۰۱۸)
		✓	✓	خرید - پایداری زیست محیطی - فناوری سبز			✓	✓	لیو (۲۰۱۸)
		✓	✓	نوآوری سبز - تولید - خرید - هزینه				✓	وانگ و سان (۲۰۱۹)
		✓	✓	تولید - خدمات			✓	✓	کائو و همکاران (۲۰۲۱)
✓			-	خرید - جمع‌آوری کالای بازگشتی				✓	هو و همکاران (۲۰۲۰)
		✓	-	خرید - نوآوری			✓	✓	بانگ و همکاران (۲۰۲۱)
		✓	-	خرید - تولید			✓	✓	خو و همکاران (۲۰۱۴)
		✓	-	تولید - خرید - نگهداری - کمبود				✓	کیو و همکاران (۲۰۲۱)
	ازدحام ذرات		-	حمل و نقل - هزینه تخفیف - کمبود - نگهداری	✓				پژوهش مورد بررسی

۳- بیان مسئله

شبکه زنجیره تأمین تحت بررسی شامل تولیدکننده، خرده‌فروشان، فروشگاه‌های زنجیره‌ای و مصرف‌کنندگان نهایی است. تولیدکننده محصول خود را از طریق دو کانال خرده‌فروشی و زنجیره‌ای به مصرف‌کنندگان نهایی می‌رساند. تقاضا در هر دو کانال بصورت غیرقطعی و وابسته به قیمت در نظر گرفته شده است. در واقع تقاضا در کانال زنجیره‌ای به تقاضای بالقوه کانال زنجیره‌ای، قیمت ارائه شده در کانال زنجیره‌ای از سوی

تولیدکننده و نشتی تقاضا از کانال خرده‌فروشی وابسته است. تقاضای خرده‌فروشان که توسط تولیدکننده دریافت و تأمین می‌شود باید به طور کامل محقق گردد. به عبارتی کمبود در کانال خرده‌فروشی غیرمجاز و در کانال زنجیره‌ای مجاز خواهد بود. این موضوع به دلیل اهمیت زیاد این کانال برای شرکت‌هاست. تخفیف برای سفارشات کانال زنجیره‌ای وجود دارد و در صورتی که بیشتر از حد تعیین شده‌ای سفارش صادر شود، تخفیف اعمال خواهد شد. شمای کلی زنجیره تأمین مورد بررسی در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل (۱). شمای کلی زنجیره تأمین مورد بررسی

۳-۱- مفروضات مسئله

- ✓ مسئله تک‌دوره‌ای و تک‌محصولی در نظر گرفته شده است.
- ✓ کمبود در کانال خرده‌فروشی غیرمجاز و در کانال زنجیره‌ای مجاز است ولی هزینه‌ای برای تولیدکننده در بر خواهد داشت.
- ✓ کمبود در کانال زنجیره‌ای به صورت فروش از دست رفته است.
- ✓ تخفیف به همه‌ی سفارشات تعلق نمی‌گیرد و تنها در صورتی که بیشتر از حد تعیین‌شده‌ای سفارش صادر شود، تخفیف اعمال خواهد شد.

✓ تقاضا غیرقطعی در نظر گرفته شده است.

✓ تقاضای خرده‌فروشان و فروشگاه‌های زنجیره‌ای از تولیدکننده

به قیمت فروش کالا به کانال خرده‌فروشی، قیمت فروش به کانال زنجیره‌ای و تقاضای بالقوه‌ی هر دو کانال وابسته است.

۳-۲- نمادها

❖ مجموعه‌ها

i : مجموعه خرده‌فروشان که با i اندیس‌گذاری شده است.

$i = 1, 2, \dots, I$

ε_2 : کران بالای درصد اختلاف مجاز قیمت بین کانال‌های خرده‌فروشی و زنجیره‌ای که از طریق سیاست‌های بازاریابی تعیین می‌شود ($0 < \varepsilon_2 < 1$)

γ : نرخ نشستی تقاضا یا نرخ تقاضاهایی که از کانال با قیمت بیشتر به کانال با قیمت کمتر منتقل می‌شوند ($0 < \gamma < 1$)

q_0 : نقاط شکست قیمت در کانال زنجیره‌ای جهت برخورداری از سطح تخفیف موردنظر

δ_o^{LB} : کران پایین درصد تخفیف مجاز در کانال زنجیره‌ای در سطح تخفیف o ($0 < \delta_o^{LB} < 1$)

δ_o^{UB} : کران بالای درصد تخفیف مجاز در کانال زنجیره‌ای در سطح تخفیف o ($0 < \delta_o^{UB} < 1$)

ω_c : حداقل سود تضمین شده فروشگاه زنجیره‌ای c ($0 < \omega_c < 1$)

ρ : سود کانال خرده‌فروشی ($0 < \rho < 1$)

λ_c : کسری از سود مازاد فروشگاه زنجیره‌ای c که به تولیدکننده تعلق می‌گیرد ($0 < \lambda_c < 1$)

φ : عامل تصادفی مرتبط با تقاضای بازار.

π : هزینه کمیبود هر واحد محصول برای تولیدکننده در هر دوره برنامه‌ریزی

HC : هزینه نگهداری هر واحد محصول برای تولیدکننده در هر دوره برنامه‌ریزی

OC : هزینه سفارش‌دهی برای تولیدکننده در هر دوره برنامه‌ریزی

❖ متغیرهای تصمیم:

pr : قیمت پیشنهاد شده محصول برای کانال خرده‌فروشی توسط تولیدکننده

pc : قیمت پیشنهاد شده محصول برای کانال زنجیره‌ای توسط تولیدکننده

θ_c : سود مازاد فروشگاه زنجیره‌ای c ($0 < \theta_c < 1$)

$p3_c$: قیمت نهایی فروش محصول از فروشگاه زنجیره‌ای c به مصرف‌کننده نهایی (متغیر تصمیم وابسته)

$pc0$: قیمت مصرف‌کننده (متغیر تصمیم وابسته)

$p2_c$: حداقل قیمت تعیین شده فروش محصول از فروشگاه زنجیره‌ای c به مصرف‌کننده نهایی توسط تولیدکننده (متغیر تصمیم وابسته)

c : مجموعه فروشگاه‌های زنجیره‌ای که با c اندیس‌گذاری شده است. $c = 1, 2, \dots, C$

o : نمایانگر سطوح مختلف تخفیف برای قیمت فروش محصول از تولیدکننده به کانال زنجیره‌ای. $o = 1, 2, \dots, O$

a : تعداد دفعات سفارش‌دهی فروشگاه زنجیره‌ای $a = 1, 2, \dots, A$

❖ پارامترها

TC_i : هزینه حمل هر واحد محصول از تولیدکننده به خرده‌فروشی i

TC_c : هزینه حمل هر واحد محصول از تولیدکننده به فروشگاه زنجیره‌ای c

m_1 : ضریب حساسیت تقاضای خرده‌فروش از تولیدکننده به قیمت خرده‌فروشی در کانال خرده‌فروشی ($0 < m_1 < 1$)

m_2 : ضریب حساسیت تقاضای خرده‌فروش از تولیدکننده به قیمت کانال زنجیره‌ای در کانال خرده‌فروشی ($0 < m_2 < 1$)

m_3 : ضریب حساسیت تقاضای کانال زنجیره‌ای از تولیدکننده به قیمت کانال زنجیره‌ای در کانال زنجیره‌ای ($0 < m_3 < 1$)

m_4 : ضریب حساسیت تقاضای مصرف‌کننده نهایی از خرده‌فروش به قیمت کانال خرده‌فروشی ($0 < m_4 < 1$)

m_5 : ضریب حساسیت تقاضای مصرف‌کننده نهایی از کانال زنجیره‌ای به قیمت کانال زنجیره‌ای ($0 < m_5 < 1$)

pop_i : تقاضای بالقوه خرده‌فروش i در هر دوره برنامه‌ریزی

pop_c : تقاضای بالقوه فروشگاه زنجیره‌ای c در هر دوره برنامه‌ریزی

pr^{LB} : کران پایین قیمت محصول در کانال خرده‌فروشی در هر دوره برنامه‌ریزی

pr^{UB} : کران بالای قیمت محصول در کانال خرده‌فروشی در هر دوره برنامه‌ریزی

pc^{LB} : کران پایین قیمت محصول در کانال زنجیره‌ای در هر دوره برنامه‌ریزی

pc^{UB} : کران بالای قیمت محصول در کانال زنجیره‌ای در هر دوره برنامه‌ریزی

ε_1 : کران پایین درصد اختلاف مجاز قیمت بین کانال‌های خرده‌فروشی و زنجیره‌ای که از طریق سیاست‌های بازاریابی تعیین می‌شود ($0 < \varepsilon_1 < 1$)

تخفیف به کانال زنجیره‌ای است و عبارت هفتم نیز هزینه‌ی کمبود ناشی از تقاضای محقق نشده‌ی کانال زنجیره‌ای از سوی تولیدکننده است و جمله‌ی آخر نیز هزینه‌ی نگهداری محصولات برای تولیدکننده را نمایش می‌دهد.

محدودیت‌های مدل به شرح زیر است:

Subject to:

$$D_{ca} \leq \sum_{o=1}^o Q_{cao} \quad \forall c, a \quad (2)$$

رابطه‌ی (۲) نمایش‌دهنده‌ی میزان سفارش هر فروشگاه زنجیره‌ای است که می‌تواند بزرگ‌تر یا مساوی تقاضای در نظر گرفته شده از سوی تولیدکننده برای آن باشد و نشان‌دهنده‌ی مجاز بودن کمبود در کانال زنجیره‌ای است.

$$pr^{LB} \leq pr \leq pr^{UB} \quad (3)$$

$$pc^{LB} \leq pc \leq pc^{UB} \quad (4)$$

روابط سه و چهار به ترتیب نشان‌دهنده‌ی کران بالا و پایین قیمت در کانال خرده‌فروشی و زنجیره‌ای است. در تعیین کران پایین برای قیمت‌ها باید به این نکته توجه نمود که این حد به گونه‌ای تعیین شود که تمامی هزینه‌های مربوط به تأمین، تولید و هزینه‌های لجستیکی محصول را پوشش دهد. بنابراین، این حد به کل بهای تمام شده‌ی کالا وابسته است و برای هر نام تجاری و محصول متفاوت خواهد بود. تعیین کران بالای قیمت نیز به قیمت فروش رقبا و شرایط بازار و اینکه نام تجاری موردنظر در بازار از چه جایگاهی برخوردار است، وابسته است. زمانی که شرکت در جایگاه بالایی قرار داشته و سهم قایب توجهی از بازار را در اختیار داشته باشد و به صورت تقریباً انحصاری عمل نماید، می‌تواند کران بالای خود را بالاتر از قیمت بازار تعیین نماید و چنانچه شرکت سهم بازار کمتری نسبت به بقیه شرکت‌ها داشته باشد باید با ارائه‌ی قیمت پایین‌تر نسبت به قیمت بازار و سایر رقبا برای محصولات خود، جذابیت و کشش خرید را برای مشتریان بالقوه ایجاد نماید.

$$\varepsilon_1 \leq \frac{pr - pc}{pr} \leq \varepsilon_2 \quad (5)$$

رابطه پنج کنترل‌کننده‌ی نشتی تقاضا است؛ بدین معنی که قیمت کانال زنجیره‌ای باید به گونه‌ای مشخص شود که قیمت فروش کانال زنجیره‌ای به خرده‌فروش از قیمت فروش محصول از تولیدکننده به کانال خرده‌فروشی کمتر نباشد. زیرا در این صورت خرده‌فروش به جای خرید محصول از تولیدکننده، از کانال زنجیره‌ای خرید خواهد نمود. معمولاً این مهم در فروشگاه‌های

Q_{cao} : میزان سفارش فروشگاه زنجیره‌ای c از تولیدکننده در a امین سفارش و در سطح تخفیف o

R_o : درصد تخفیف سطح o در کانال زنجیره‌ای ($0 < R_o < 1$)

τ_{cao} : اگر مقدار سفارش فروشگاه زنجیره‌ای c در a امین سفارش در سطح تخفیف o باشد ۱ و در غیر این صورت ۰ است.

μ_i : تقاضای خرده‌فروش i از تولیدکننده در هر دوره برنامه‌ریزی

μ_c : تقاضای فروشگاه زنجیره‌ای c از تولیدکننده در هر دوره برنامه‌ریزی

μ_{co} : تقاضای مصرف‌کننده نهایی از فروشگاه زنجیره‌ای c در هر دوره برنامه‌ریزی

D_{ca} : تقاضای در نظر گرفته شده از سوی تولیدکننده برای فروشگاه زنجیره‌ای c در a امین سفارش

۳-۳- مدل ریاضی مسئله با در نظر گرفتن راهبرد قیمت‌گذاری ایستا

$$\begin{aligned} \text{Max } Z (pr, pc, p3_c, R_o, \mu_i, \mu_c, \mu_{co}, Q_{cao}, D_{ca}) = & \\ & \sum_{i=1}^I pr \mu_i + \sum_{c=1}^C \sum_{a=1}^A pc D_{ca} \\ & + \sum_{c=1}^C \lambda_c \mu_{co} (p3_c - p2_c) - \left[\sum_{i=1}^I TC_i \mu_i \right. \\ & + \sum_{c=1}^C \sum_{a=1}^A TC_c D_{ca} \\ & + \sum_{c=1}^C \sum_{a=1}^A \sum_{o=1}^O \tau_{cao} R_o pc D_{ca} \\ & + \sum_{c=1}^C \sum_{a=1}^A \sum_{o=1}^O \pi (Q_{cao} - D_{ca}) \\ & \left. + \sum_{c=1}^C \sum_{a=1}^A \sqrt{2 HC OC D_{ca}} \right] \quad (1) \end{aligned}$$

تابع هدف مسئله از نوع حداکثرسازی سود است. جمله اول و دوم این تابع هدف به ترتیب نمایش‌دهنده‌ی درآمد حاصل از فروش محصولات توسط تولیدکننده به کانال‌های خرده‌فروشی و زنجیره‌ای در افق برنامه‌ریزی است. عبارت سوم بیانگر درآمد حاصل از قرارداد تسهیم درآمد با کانال زنجیره‌ای است. جملات چهارم و پنجم نشان‌دهنده‌ی هزینه حمل و نقل محصولات از تولیدکننده به کانال‌های ذکرشده می‌باشند. عبارت ششم هزینه‌ی ناشی از

کانال زنجیره‌ای بر روی تقاضای خرده‌فروش از تولیدکننده است و m_3pc تأثیر معکوس قیمت پیشنهاد شده توسط تولیدکننده بر روی تقاضای فروشگاه زنجیره‌ای از او را نمایش می‌دهد. عبارت $\gamma(pr - pc)$ نیز بیانگر نشتی تقاضا از کانال خرده‌فروشی به کانال زنجیره‌ای است.

$$\mu_{co} = pop_c + m_4pco - m_5p3_c - \gamma(pco - p3_c) + \varphi \quad \forall c \quad (12)$$

رابطه (۱۲) نمایش‌دهنده تقاضای مصرف‌کننده نهایی از هر فروشگاه زنجیره‌ای c است که ارتباط مستقیم با قیمت ارائه شده از سوی کانال زنجیره‌ای دارد. φ نیز عامل تصادفی بودن تقاضای مصرف‌کننده را نشان می‌دهد که متناسب با نوسان ناشی از تقاضاهای دوره‌های گذشته در روابط ۱۰ الی ۱۲ قرار داده خواهد شد.

$$\sum_{a=1}^A \sum_{o=1}^O Q_{cao} = \mu_c \quad \forall c \quad (13)$$

با توجه به اینکه هر فروشگاه زنجیره‌ای تقاضای خود از تولیدکننده را طی چندین سفارش در طول افق برنامه‌ریزی صادر می‌نماید، بنابراین رابطه (۱۳) نمایش‌دهنده مجموع سفارشات هر فروشگاه زنجیره‌ای در هر بار سفارش است که باید برابر با تقاضای کل فروشگاه موردنظر طی افق برنامه‌ریزی باشد.

$$(1 + \omega_c) pc \leq p3_c \leq pco \quad \forall c \quad (14)$$

با توجه به اینکه هر فروشگاه زنجیره‌ای باید قیمت نهایی فروش خود به مصرف‌کننده را تعیین نماید، لذا این قیمت به جهت حفظ مزیت رقابتی، کمتر از قیمت فروش محصول از کانال خرده‌فروشی به مصرف‌کنندگان خواهد بود. از طرفی حداقل قیمت فروش نیز برای این کانال در نظر گرفته شده بود. بنابراین قیمت نهایی تعیین شده باید میان این بازه‌ی قیمتی قرار گیرد که محدودیت بالا نمایش‌دهنده آن است.

$$(1 + \rho) pr = pco \quad (15)$$

$$(1 + \omega_c) pc = P2_c \quad \forall c \quad (16)$$

$$(1 + \theta_c) P2_c = P3_c \quad \forall c \quad (17)$$

محدودیت (۱۵) قیمت نهایی محصول از کانال خرده‌فروشی به مشتری نهایی، محدودیت (۱۶) حداقل قیمت فروش محصول از کانال زنجیره‌ای به مصرف‌کننده نهایی و محدودیت (۱۷) نیز قیمت نهایی فروش محصول از کانال زنجیره‌ای به مصرف‌کننده‌ی

زنجیره‌ای تخفیفی اهمیت بیشتر دارد و در قرارداد فی‌مابین تأکید می‌شود.

$$Q_{cao} < \tau_{cao} q_{o+1} \quad \forall c, a, o \quad (6)$$

$$\tau_{cao} q_o \leq Q_{cao} \quad \forall c, a, o \quad (7)$$

روابط شش و هفت تضمین می‌نمایند که میزان سفارش محصول از سوی هر فروشگاه زنجیره‌ای و در هر بار سفارش طی افق برنامه‌ریزی، میان کران بالا و پایین نقاط شکست برای استفاده از سطح تخفیف مشخص باشد.

$$\sum_{o=1}^O \tau_{cao} = 1 \quad \forall c, a \quad (8)$$

محدودیت بالا تضمین می‌نمایند که هر فروشگاه زنجیره‌ای در هر بار سفارش فقط از یک سطح تخفیف می‌تواند استفاده نماید.

$$\delta_{o+1}^{LB} \leq R_{o+1} \leq \delta_{o+1}^{UB} \quad \forall o \quad (9)$$

رابطه‌ی (۹) کران بالا و پایین درصد مجاز تخفیف در نظر گرفته شده از سوی تولیدکننده برای کانال زنجیره‌ای را نشان می‌دهد. نام تجاری کالا، نوع کالا، تکرار تخفیف و قیمت اولیه از جمله عوامل مؤثر بر تعیین آستانه‌ی تخفیف قیمت فروشگاه‌های هستند. در این میان توجه به ابعادی که به طور مستقیم وابسته به نام تجاری هستند، تأثیرگذاری بیشتری دارد. به عنوان مثال نام‌های تجاری مشهور با در نظر گرفتن تخفیف کوچکی می‌توانند مشتریان را جذب نمایند، در صورتی که نام‌های تجاری کمتر شناخته شده برای جذب مشتریان باید تخفیف بیشتری را در نظر بگیرند. بنابراین اگر فروشنده‌ای قصد در نظر گرفتن آستانه‌ی تخفیف کمتری را برای مشتری دارد (یعنی با درصد تخفیف کمتری مشتری جذب نماید)، باید نام تجاری قوی‌تر و شناخته‌شده‌تری در بازار داشته باشد و دارایی و ارزش نام تجاری خود را تقویت کند [۲۲].

$$\mu_i = pop_i - m_1pr + m_2pc - \gamma(pr - pc) + \varphi \quad \forall i \quad (10)$$

$$\mu_c = pop_c - m_3pc + \gamma(pr - pc) + \varphi \quad \forall c \quad (11)$$

محدودیت‌های بالا میانگین تقاضای کانال خرده‌فروشی و زنجیره‌ای از تولیدکننده و ارتباط آن‌ها با قیمت را نشان می‌دهد. φ تصادفی بودن تقاضای هر دو کانال را نمایش می‌دهد. عبارت m_1pr به منظور ارتباط و تأثیر معکوس قیمت پیشنهاد شده توسط تولیدکننده بر روی تقاضای خرده‌فروش نمایش داده شده است. عبارت m_2pc بیانگر تأثیر مستقیم قیمت ارائه شده توسط

$\sim U(0.28.0.32)$	γ	$\sim U(0.22.0.26)$	ε_2
0, 0.5, 0.7	$\delta_1^{UB} \cdot \delta_2^{UB} \cdot \delta_3^{UB}$	0, 0.3, 0.5	$\delta_1^{LB} \cdot \delta_2^{LB} \cdot \delta_3^{LB}$
$\sim U(0.12.0.18)$	ρ	$\sim U(0.1.0.15)$	ω_c
$\sim U(0.1.0.15)$	λ_c	$\sim N(100.20)$	φ
$\sim U(45.55)$	HC	$\sim U(10.15)$	π
0.50, 130	q_1, q_2, q_3	$\sim U(9.12)$	oc

مدل طراحی شده با استفاده از سالور بارون در نرم‌افزار گمز حل و متغیرهای خروجی مسئله مطابق با جدول (۵) محاسبه شده است.

جدول (۵). مقادیر مطلوب متغیرهای تصمیم‌گیری مدل در مسئله نمونه در ابعاد کوچک

c_2	c_1		تصمیمات مرتبط با فروشگاه
۰/۰۸	۰/۰۷	θ	
۱۲۴۴/۸۸۰	۱۲۵۵/۸۰۰	$P2_c$	
۱۳۴۴	۱۳۴۴	$P3_c$	
۲۸۹/۹۶۳	۲۶۳/۹۶۳	μ_c	
i_2	i_1		تصمیمات مرتبط با خرده فروش
۹۰۵/۲۰۳	۹۰۸/۲۰۳	μ_i	
o_3	o_2	o_1	
۰/۰۵	۰/۰۳	-	Rc

در جدول (۶) نیز تقاضای در نظر گرفته شده از سوی تولیدکننده برای هر فروشگاه زنجیره‌ای (D_{ca}) و میزان سفارش هر فروشگاه زنجیره‌ای از تولیدکننده در هر بار سفارش و سطوح تخفیف مختلف (Q_{cao}) برای مسئله‌ی نمونه ابعاد کوچک ارائه شده است.

جدول (۶). مقدار تقاضای در نظر گرفته شده و میزان سفارش فروشگاه‌های زنجیره‌ای از تولیدکننده

a_3	a_2	a_1	$(D_{ca}, Q_{cao}) \rightarrow 0$
(۸۳/۹۶۳ - ۸۳/۹۶۳)	(۵۰ - ۵۰)	(۱۳۰ - ۱۳۰)	c_1
سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۱	سطح تخفیف ۲	
(۱۰۹/۹۶۳ - ۱۰۹/۹۶۳)	(۱۳۰ - ۱۳۰)	(۵۰ - ۵۰)	c_2
سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۱	

نهایی را نشان می‌دهد که هر کدام با افزودن سودهای مربوطه به قیمت هر کانال به دست می‌آیند.

$$pr, pc, P2_c, P3_c, pco, \mu_i, \mu_c, \mu co_c, Q_{cao} \quad (18)$$

$$D_{ca} \geq 0, \tau_{cao} \in \{0.1\}$$

محدودیت (۱۸) نیز مربوط به تعیین وضعیت متغیرهای تصمیم است.

۴- ارائه روش حل و تحلیل حساسیت

از آنجا که مدل ریاضی ارائه‌شده در این پژوهش، با توجه به نوع پارامترها و متغیرهای به‌کار گرفته شده در آن از نوع برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط عدد صحیح است، بنابراین برای حل مسائل در ابعاد متوسط و بزرگ به ارائه‌ی روش حل کارا نیاز است که در این بخش جزئیات آن ارائه می‌شود.

لازم به ذکر است ابتدا برای ارزیابی صحت عملکرد مدل و حل آن در ابعاد کوچک از نرم‌افزار گمز و رویکرد تاگوچی برای تنظیم پارامترهای مسئله استفاده شده و پس از تأیید و راستی‌آزمایی مدل ارائه‌شده برای حل مسائل نمونه در ابعاد بزرگ‌تر از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات استفاده شده است. این دو رویکرد از لحاظ زمان حل و شکاف میان خروجی ارائه شده برای مقدار تابع هدف نیز مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

۴-۱- تجزیه و تحلیل مسئله‌ی نمونه در ابعاد کوچک

در این بخش، جهت اطمینان از صحت و اعتبارسنجی مدل به بررسی متغیرهای خروجی مسئله نمونه در ابعاد کوچک با استفاده از نرم‌افزار گمز پرداخته شده است. لذا مدل طراحی شده در ابعاد کوچک شامل ۲ خرده‌فروش، ۲ فروشگاه زنجیره‌ای، ۳ سطح تخفیف و با تعداد دفعات سفارش‌دهی حداکثر ۳ است. برای اجرای مدل از داده‌های تصادفی و مطابق با حدود بازه‌ای جدول (۴) استفاده شده است.

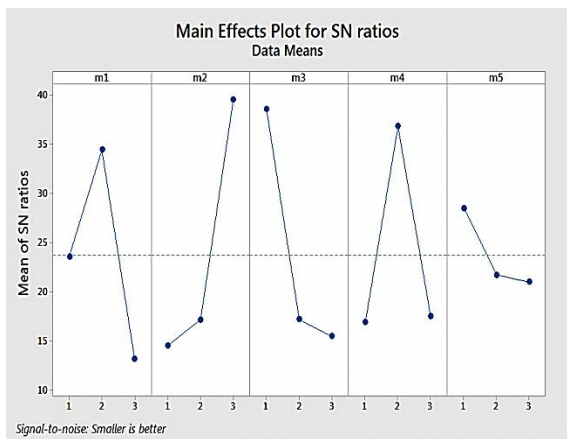
جدول (۴). بازه‌ی پارامترهای مسئله

پارامتر	بازه‌ی داده‌ها	پارامتر	بازه‌ی داده‌ها
TC_i	$\sim U(60.70)$	pop_i	$\sim U(1100.1150)$
TC_c	$\sim U(40.50)$	pop_c	$\sim U(900.950)$
m_1	0.8	P_r^{LB}	$\sim U(650.700)$
m_2	0.65	P_r^{UB}	$\sim U(1100.1300)$
m_3	0.70	P_c^{LB}	$\sim U(800.900)$
m_4	0.60	P_c^{UB}	$\sim U(1000.1200)$
m_5	0.75	ε_1	$\sim U(0.09.0.12)$

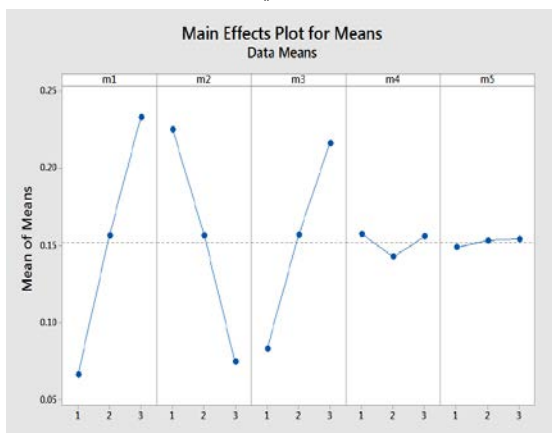
جدول (۹). نتایج تحلیل تنظیم پارامترهای ضریب حساسیت

سطح	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
۱	۰/۰۶۶۵۱	۰/۲۲۴۸۲	۰/۰۸۳۲۳	۰/۱۵۷۴۹	۰/۱۴۸۷۶
۲	۰/۱۵۶۳۷	۰/۱۵۶۵۲	۰/۱۵۶۶۰	۰/۱۴۲۷۱	۰/۱۵۳۱۲
۳	۰/۲۳۳۳۱۱	۰/۰۷۴۶۴	۰/۲۱۶۱۵	۰/۱۵۵۷۸	۰/۱۵۴۱۰
Delta	۰/۱۶۶۶۰	۰/۵۰۱۸	۰/۱۳۲۹۳	۰/۰۱۴۷۸	۰/۰۰۵۳۴
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵

متناسب با آزمایشات انجام شده، نمودار متوسط نسبت S/N و متوسط میانگین به شرح شکل‌های (۲) و (۳) به دست آمده است.



شکل (۲). نمودار متوسط نسبت S/N در تنظیم پارامترهای ضریب حساسیت



شکل (۳). نمودار متوسط میانگین‌ها در تنظیم پارامترهای ضریب حساسیت

در جدول (۱۰) نیز سطوح مطلوب هر یک از پارامترهای موردنظر نشان داده شده است. بنابراین با مقایسه بهترین ترکیب از روش تاگوچی و حالت پایه می‌توان درصد بهبود مقدار تابع هدف را در جدول (۱۱) نشان داد.

۲-۴- تحلیل حساسیت مسئله‌ی نمونه در ابعاد کوچک

در این بخش ابتدا با استفاده از روش تاگوچی به تحلیل حساسیت مسئله با تغییر پارامترهای m_j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$) پرداخته شده است. بنابراین در این بخش برای هر پارامتر ۳ سطح مختلف پیشنهاد و متناسب با آزمایشات ارائه شده توسط رویکرد تاگوچی در نرم‌افزار مینی‌تب، به حل مدل در گمز پرداخته شده است. جدول (۷) سطوح پیشنهادی پارامترها را نشان می‌دهد. در جدول (۸) آزمایشات انجام شده با روش تاگوچی و مقدار تابع هدف در هر آزمایش ارائه شده است. پس از انجام آزمایشات تاگوچی و پیاده‌سازی آن، تأثیرگذاری هر یک از پارامترهای در نظر گرفته شده در جدول (۹) درج شده است.

جدول (۷). سطوح پیشنهادی پارامترهای مرتبط با ضرایب حساسیت

پارامتر	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
m_1	۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۹۰
m_2	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۵
m_3	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸۵
m_4	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۷۰
m_5	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸۵

جدول (۸). نتایج آزمایشات انجام شده با روش تاگوچی

برای ضرایب حساسیت

شماره آزمایش	مقدار تابع هدف	شماره آزمایش	مقدار تابع هدف
۱	۲۷۸۷۱۹۹/۰۱۳	۱۵	۲۳۱۴۸۲۳/۷۳۴
۲	۲۷۸۴۲۸۱/۷۸۱	۱۶	۳۰۱۳۴۸۴/۲۴۶
۳	۲۷۸۱۳۶۴/۵۴۸	۱۷	۳۰۱۰۵۶۷/۰۱۳
۴	۲۸۱۶۴۲۷/۲۸۰	۱۸	۳۰۰۷۶۴۹/۷۸۱
۵	۲۸۱۳۵۱۰/۰۴۸	۱۹	۱۸۹۸۴۶۲/۷۲۸
۶	۲۸۱۰۵۹۲/۸۱۵	۲۰	۱۸۹۶۱۲۵/۸۴۶
۷	۲۸۴۵۰۱۹/۶۷۴	۲۱	۱۸۹۳۹۸۴/۳۵۹
۸	۲۸۴۱۳۷۵/۵۵۶	۲۲	۲۴۹۶۱۱۷/۴۷۸
۹	۲۸۳۷۸۷۲/۵۸۱	۲۳	۲۴۹۳۲۰۰/۲۴۶
۱۰	۲۳۰۰۵۰۵/۵۷۴	۲۴	۲۴۹۰۲۸۳/۰۱۳
۱۱	۲۲۹۷۴۱۳/۹۶۶	۲۵	۲۵۱۶۵۹۴/۰۴۸
۱۲	۲۲۹۴۵۵۶/۷۳۶	۲۶	۲۵۱۳۶۷۶/۸۱۵
۱۳	۲۳۲۲۸۶۵/۲۵۲	۲۷	۲۵۱۰۷۵۹/۵۸۲
۱۴	۲۳۱۸۴۶۷/۸۵۸		

جدول (۱۰). سطوح مطلوب پارامترهای ضریب حساسیت

پارامتر	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
سطح مطلوب	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۱

جدول (۱۱). مقایسه بهترین نتایج به‌دست آمده از روش تاگوچی و حالت پایه

حالت پایه	مقدار تابع هدف	Pr	Pc	Pco	$\bar{\mu}_i$	$\bar{\mu}_c$
حالت پایه	۲۶۵۲۷۱۲/۰۶۴	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۹۰۶/۷۰۳	۲۷۶/۹۶۳
تاگوچی	۳۰۱۳۴۸۴/۲۴۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۱۵/۹۰۳	۳۳۱/۵۶۳
درصد بهبود	٪۱۱/۹۷	٪۰	٪۰	٪۰	٪۱۰/۷۴	٪۱۶/۴۶

جدول (۱۲). تحلیل حساسیت مسئله بر پارامتر هزینه حمل و نقل

سناریو	تغییرات TC_i, TC_c	مقدار تابع هدف
۱	-٪۲۰	۳۰۴۵۷۸۹/۳۶۷
۲	-٪۱۵	۳۰۳۷۷۱۳/۰۸۷
۳	-٪۱۰	۳۰۲۹۶۳۶/۸۰۶
۴	-٪۵	۳۰۲۱۵۶۰/۵۲۶
۵	پایه	۳۰۱۳۴۸۴/۲۴۶
۶	+٪۵	۳۰۰۵۴۰۷/۹۶۶
۷	+٪۱۰	۲۹۹۷۳۳۱/۶۸۵
۸	+٪۱۵	۲۹۸۹۲۵۵/۴۰۵
۹	+٪۲۰	۲۹۸۱۱۷۹/۱۲۵

با توجه به نتایج جدول (۱۳) مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار تقاضای بالقوه خرده‌فروشان، میانگین تقاضای خرده‌فروش از تولیدکننده افزایش و در نتیجه سود کل افزایش یافته است. در جدول (۱۴) نتایج مربوط به تحلیل حساسیت مسئله در مقادیر مختلف نرخ نشستی تقاضا نشان داده شده است.

در ادامه به تحلیل حساسیت مسئله با تغییر پارامترهای هزینه حمل‌ونقل، تقاضای بالقوه کانال خرده‌فروشی، نرخ نشستی تقاضا و درصدی از سود مازاد تعلق گرفته به تولیدکننده از سوی کانال زنجیره‌ای تحت سطوح مطلوب ضرایب حساسیت پرداخته شده است. از این رو هریک از پارامترهای فوق‌الذکر که به‌صورت یک عدد تصادفی در تابع توزیع یکنواخت تولید شده است؛ ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد نسبت به مقدار پایه کاهش و افزایش یافته و مقدار تابع هدف متناظر با آن در جداول مربوطه نشان داده شده است. جدول ۱۲ تحلیل حساسیت مسئله را با تغییر در هزینه‌های حمل و نقل نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج جدول (۱۲) مشاهده می‌گردد که با افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل، سود حاصله کاهش می‌یابد. این امر به دلیل تأثیر منفی هزینه‌های حمل و نقل بر تابع سود است. در جدول ۱۳ نتایج مربوط به تحلیل حساسیت مسئله در مقادیر مختلف تقاضای بالقوه خرده‌فروش نشان داده شده است.

جدول (۱۳). تحلیل حساسیت مسئله بر پارامتر تقاضای بالقوه خرده فروش

سناریو	تغییرات pop_i	مقدار تابع هدف	Pr	Pc	Pco	$\bar{\mu}_i$	$\bar{\mu}_c$
۱	-٪۲۰	۲۵۰۸۴۰۶/۸۴۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۷۹۳/۴۰۳	۳۳۱/۵۶۳
۲	-٪۱۵	۲۶۳۴۶۷۶/۱۹۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۸۴۹/۰۲۸	۳۳۱/۵۶۳
۳	-٪۱۰	۲۷۶۰۹۴۵/۵۴۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۹۰۴/۶۵۳	۳۳۱/۵۶۳
۴	-٪۵	۲۸۸۷۲۱۴/۸۹۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۹۶۰/۲۷۸	۳۳۱/۵۶۳
۵	پایه	۳۰۱۳۴۸۴/۲۴۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۱۵/۹۰۳	۳۳۱/۵۶۳
۶	+٪۵	۳۱۳۹۷۵۳/۵۹۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۷۱/۵۲۸	۳۳۱/۵۶۳
۷	+٪۱۰	۳۲۶۶۰۲۲/۹۴۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۱۲۷/۱۵۳	۳۳۱/۵۶۳
۸	+٪۱۵	۳۳۹۲۲۹۲/۲۹۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۱۸۲/۷۷۸	۳۳۱/۵۶۳
۹	+٪۲۰	۳۵۱۸۵۶۱/۶۴۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۲۳۸/۴۰۳	۳۳۱/۵۶۳

جدول (۱۴). تحلیل حساسیت مسئله بر پارامتر نرخ ناشی تقاضا

سناریو	تغییرات γ	مقدار تابع هدف	Pr	Pc	Pco	$\bar{\mu}_i$	$\bar{\mu}_c$
۱	-۲۰٪	۳۰۱۴۷۹۹/۱۰۴	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۲۲/۵۹۹	۳۲۴/۸۶۷
۲	-۱۵٪	۳۰۱۴۴۷۰/۲۶۲	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۲۰/۹۲۵	۳۲۶/۵۴۱
۳	-۱۰٪	۳۰۱۴۱۴۱/۵۰۸	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۱۹/۲۵۱	۳۲۸/۲۱۵
۴	-۵٪	۳۰۱۳۸۱۲/۸۳۷	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۱۷/۵۷۷	۳۲۹/۸۸۹
۵	پایه	۳۰۱۳۴۸۴/۲۴۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۱۵/۹۰۳	۳۳۱/۵۶۳
۶	+۵٪	۳۰۱۳۱۵۵/۷۳۰	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۱۴/۲۲۹	۳۳۳/۲۳۷
۷	+۱۰٪	۳۰۱۲۸۲۷/۲۹۳	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۱۲/۵۵۵	۳۳۴/۹۱۱
۸	+۱۵٪	۳۰۱۲۴۹۸/۹۲۵	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۱۰/۸۸۱	۳۳۶/۵۸۵
۹	+۲۰٪	۳۰۱۲۱۷۰/۶۲۶	۱۲۰۰	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۱۰۰۹/۲۰۷	۳۳۸/۲۵۹

یافته است. در جدول (۱۵) نیز نتایج مربوط به تحلیل حساسیت مسئله در مقادیر مختلف پارامتر λ_c نشان داده شده است.

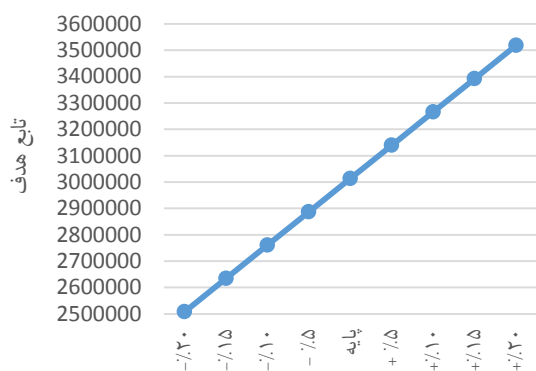
مطابق با نتایج به دست آمده در جدول (۱۴) با افزایش مقدار نرخ ناشی تقاضا، سود تولیدکننده به صورت جزئی کاهش

جدول (۱۵). تحلیل حساسیت مسئله بر پارامتر قرارداد

سناریو	تغییرات λ_c	مقدار تابع هدف
۱	-۲۰٪	۳۰۰۹۳۹۰/۰۵۵
۲	-۱۵٪	۳۰۱۰۴۱۳/۶۰۳
۳	-۱۰٪	۳۰۱۱۴۳۷/۱۵۱
۴	-۵٪	۳۰۱۲۴۶۰/۶۹۸
۵	پایه	۳۰۱۳۴۸۴/۲۴۶
۶	+۵٪	۳۰۱۴۵۰۷/۷۹۳
۷	+۱۰٪	۳۰۱۵۵۳۱/۳۴۱
۸	+۱۵٪	۳۰۱۶۵۵۴/۸۸۹
۹	+۲۰٪	۳۰۱۷۵۷۸/۴۳۶

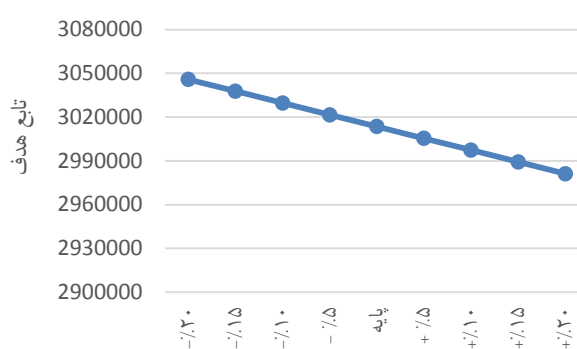
ناشی از تغییرات هر یک از پارامترها به صورت جداگانه در شکل‌های (۴) تا (۷) نمایش داده شده است.

با توجه به نتایج جدول (۱۵) با افزایش پارامتر λ_c ، سود حاصل به صورت جزئی افزایش یافته است. نمودار تغییر سود کل



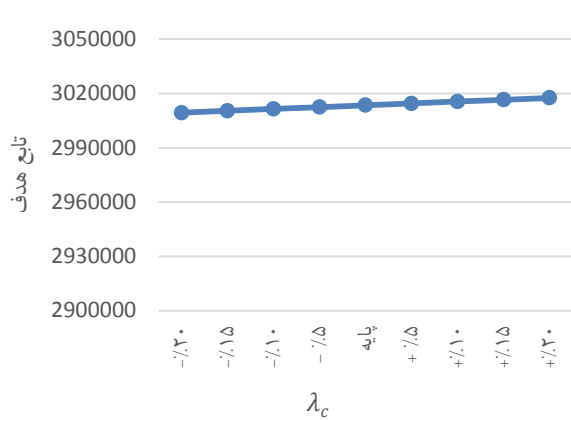
سناریوهای متلف پارامتر pop_i

شکل (۵). نمودار تغییرات سود کل ناشی از تغییرات تقاضای بالقوه خرده‌فروش

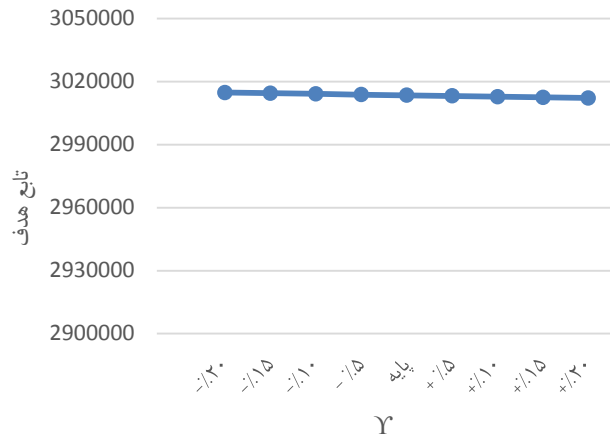


سناریوهای مختلف پارامتر TC

شکل (۴). نمودار تغییرات سود کل ناشی از تغییرات هزینه‌های حمل و نقل

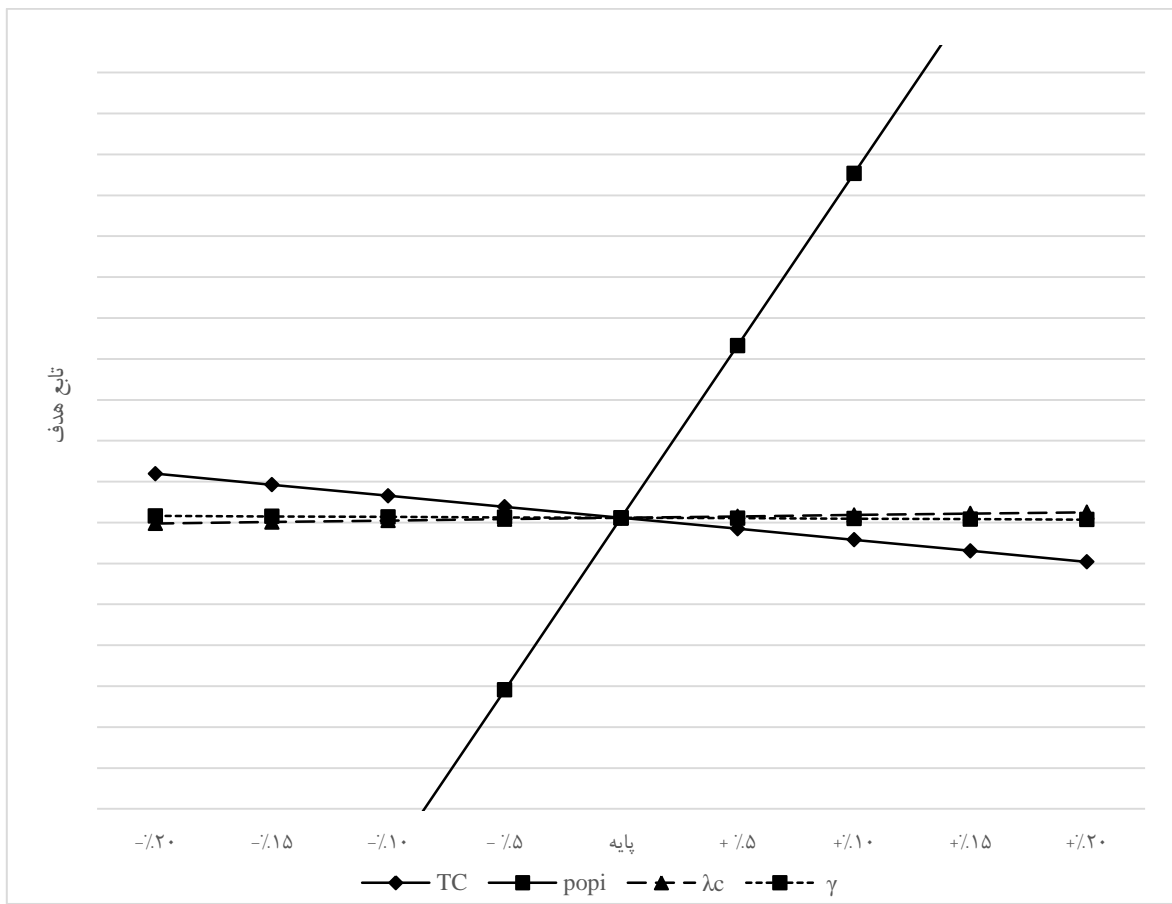


شکل (۷). تغییرات سود کل ناشی از تغییرات پارامتر قرارداد



شکل (۶). نمودار تغییرات سود کل ناشی از تغییرات نرخ نشتی تقاضا

شکل (۸) نیز روند تغییرات مقدار تابع هدف در مقادیر مختلف پارامترهای مسئله را به صورت هم‌زمان نشان می‌دهد.



شکل (۸). روند تغییرات مقدار تابع هدف در مقادیر مختلف پارامترهای مسئله

رگرسیون میان پارامترهای مورد بررسی در بخش تحلیل حساسیت و سود کل زنجیره تأمین را نشان می‌دهد.

برای تعیین میزان اثرگذاری هر یک از پارامترهای بررسی شده به تحلیل رگرسیون پرداخته شده است. جدول (۱۶) روابط

جدول (۱۶). روابط رگرسیون میان برخی پارامترهای مسئله و سود زنجیره‌تأمین

پارامتر	رابطه رگرسیونی	
عنصر قرارداد	$c = 1$	$z = 2993013 + 204710 \lambda_1$
	$c = 2$	$z = 2993053 + 157434 \lambda_2$
نرخ نشتی تقاضا	$z = 3020046 - 21173.2 \gamma$	
تقاضای بالقوه کانال خرده‌فروشی	$i = 1$	$z = 488097 + 2267 pop_1$
	$i = 2$	$z = 488097 + 2273 pop_2$
هزینه حمل و نقل	$i = 1$	$z = 3173888 - 2628.7 TC_1$
	$i = 2$	$z = 3175010 - 2340.95 TC_2$
	$c = 1$	$z = 3175010 - 3511.43 TC_1$
	$c = 2$	$z = 3175010 - 3756.41 TC_2$

مطابق با جدول (۱۷) در بخش اول کروموزوم دو عدد تصادفی که مقادیر «قیمت برای کانال خرده‌فروشی» و «قیمت برای کانال زنجیره‌ای» را مشخص می‌کند به صورت تصادفی بین پارامترهای کران پایین/بالای قیمت محصول در کانال خرده‌فروشی و زنجیره‌ای تولید می‌شود. از آنجایی که امکان دارد اعداد تصادفی تولید شده منجر به نقض محدودیت چهارم شود، بنابراین قیمت در کانال خرده‌فروشی و زنجیره‌ای در هر تکرار، اصلاح شده و در صورت نقض معادله، جریمه‌ای به تابع هدف افزوده می‌گردد (یک مقدار از تابع هدف به دلیل بیشینه‌سازی آن کم می‌شود).

پس از اطمینان از صحت تولید داده‌هایی مبنی بر رعایت روابط (۳) تا (۵) می‌توان مقادیر متغیرهای μ_c و μ_i واقع در روابط (۱۰) و (۱۱) را به دست آورد. در این روابط برای اطمینان از صحت و مثبت بودن متغیرهای به دست آمده از تابع جریمه استفاده شده است. بنابراین پس از مقداردهی به متغیرها، هر کدام از روابط بار دیگر بررسی و در صورت نقض رابطه، یک مقدار بزرگ به عنوان جریمه از تابع هدف کاسته می‌گردد.

از سوی دیگر با تعیین مقادیر pc و pr می‌توان مقادیر متغیرهای تصمیم‌گیری $P2_c$ و PCO را به دست آورد. دلیل این امر وجود علامت تساوی در روابط (۱۵) و (۱۶) است. از طرفی با مشخص شدن مقدار PCO از رابطه (۱۵) می‌توان مقدار متغیر $P3_c$ را که به صورت یک عدد تصادفی است از رابطه (۱۴) به دست آورد. در نهایت با مشخص شدن مقدار متغیر تصمیم‌گیری $P3_c$ می‌توان مقادیر متغیرهای μCO_c از رابطه (۱۲) و θ_c از رابطه (۱۷) را محاسبه نمود. پس از مشخص شدن مقادیر متغیرهای تصمیم‌گیری فوق از بخش اول کروموزوم، بخش دوم کروموزوم جهت بررسی سایر محدودیت‌ها به شرح جدول (۱۸) تعریف

۳-۴- الگوریتم ازدحام ذرات پیشنهادی

در این مقاله جهت حل مدل پیشنهادی، از الگوریتم فراابتکاری ازدحام ذرات استفاده شده است. الگوریتم ازدحام ذرات یا الگوریتم بهینه‌سازی ذرات تجمعی از جمله الگوریتم‌های بهینه‌سازی است که بر اساس تولید تصادفی جمعیت اولیه عمل می‌کند. این الگوریتم با شبیه‌سازی و الگوبرداری از رفتار پرواز دسته‌جمعی (گروهی) پرندگان یا ماهی‌ها بنا نهاده شده است. هر عضو یا اصطلاحاً هر ذره در این گروه توسط بردار موقعیت و بردار سرعت در فضای جست‌وجو تعریف می‌شود. موقعیت جدید ذرات به بردار موقعیت و بردار سرعت در فضای جست‌وجو وابسته است. به این صورت که در هر تکرار، موقعیت جدید ذرات با توجه به بهترین موقعیت یافته شده توسط آن ذره، بردار سرعت فعلی و بهترین موقعیت یافته شده به وسیله‌ی بهترین ذره موجود در فضا تعیین می‌گردد [۲۳]. در این بخش به بررسی جواب اولیه‌ی مسئله (کروموزوم اولیه‌ی مسئله) پرداخته شده است. بر این اساس، کروموزوم طراحی شده متشکل از سه بخش متفاوت است. برای این منظور فرض می‌شود یک مسئله با ۳ خرده‌فروش، ۴ فروشگاه زنجیره‌ای، ۳ سطح تخفیف و ۴ دفعه سفارش‌دهی طراحی شده است. بنابراین بخش اول کروموزوم به شرح جدول (۱۷) طراحی شده است.

جدول (۱۷). بخش اول کروموزوم (تعیین قیمت فروش به کانال‌ها)

مقدار	قیمت برای کانال خرده‌فروشی (pr)	قیمت برای کانال زنجیره‌ای (pc)
۱۲۵۰	۱۱۸۳	

مقدار سود در تابع هدف) استفاده شده است. در نتیجه با مشخص شدن مقادیر متغیرهای تصمیم‌گیری، تابع هدف مسئله محاسبه می‌گردد.

۴-۴- تنظیم پارامتر الگوریتم به روش ناگوچی

با توجه به اینکه الگوریتم‌های فراابتکاری نمی‌توانند تضمینی برای دستیابی به یافتن پاسخ‌های بهینه سراسری باشند، بنابراین ممکن است عملکرد و پاسخ‌های متفاوتی در هر بار استفاده از این الگوریتم‌ها محاسبه شود. از جمله عوامل مؤثر بر دستیابی یک الگوریتم به جواب‌های مطلوب، تنظیم مناسب پارامترهای ورودی الگوریتم است که تأثیر قابل توجهی بر کیفیت آن دارد. از این رو جهت تنظیم پارامترهای الگوریتم از روش ناگوچی استفاده شده است. در این تحقیق، برای هر عامل ۳ سطح مطابق با جدول (۲۱) در نظر گرفته شده است.

جدول (۲۱). سطوح پیشنهادی پارامترهای اولیه الگوریتم PSO

پارامتر	نماد	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
حداکثر تعداد تکرار	Max it	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
تعداد ذرات	N particle	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
ضریب یادگیری فردی	C_1	۱	۱/۵	۲
ضریب یادگیری جمعی	C_2	۱	۱/۵	۲
ضریب گرانشی	W	۰/۷	۰/۸	۱

برای الگوریتم مورد نظر، با توجه به تعداد فاکتورها و تعداد سطوح آن‌ها به تعیین طراحی آزمایش و اجرای آن‌ها پرداخته شده است. پس از محاسبه مقدار هر آزمایش و همچنین بی‌مقیاس کردن مقادیر هر آزمایش برای الگوریتم، داده‌ها جهت تحلیل در نرم‌افزار مینی‌تب وارد شده‌اند. در این روش بیش‌ترین مقدار معیار S/N، ملاک انتخاب مقادیر پارامترها است. با مقایسه اختلاف حداکثر و حداقل مقادیر به‌دست‌آمده در الگوریتم PSO برای شاخص S/N، تأثیر قابل‌توجه پارامتر Max it (حداکثر تعداد تکرار) در بهبود فرآیند حل الگوریتم PSO، مشهود است. طبق نتایج جدول (۲۲) پارامترهای Nparticle (تعداد ذرات)، C_2 (ضریب یادگیری جمعی)، w (ضریب گرانش) و C_1 (ضریب یادگیری فردی) به ترتیب در رتبه‌های بعدی تأثیرگذاری قرار دارند.

می‌گردد. در این بخش یک ماتریس به اندازه $|A| * |C|$ با اعداد تصادفی مثبت تولید می‌گردد.

جدول (۱۸). بخش دوم کروموزوم (تعیین مقدار سفارش فروشگاه‌ها)

	a_1	a_2	a_3	a_4
c_1	۳/۴	۱/۲	۰/۱۸	۰/۱۵
c_2	۰/۲۲	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۳۴
c_3	۰/۳۷	۰	۰/۳۴	۰/۱۵
c_4	۰	۰/۱۶	۳	۲

در جدول (۱۸) اعداد تصادفی مثبت و بزرگ‌تر از صفر در یک ماتریس با ابعاد $|C| * |A|$ تولید می‌شود. هدف از ایجاد چنین ماتریسی تعیین مقدار متغیر تصمیم‌گیری Q_{cao} از محدودیت (۱۲) است. بنابراین با توجه به مشخص بودن مقدار متغیر تصمیم‌گیری μ_c که از بخش اول کروموزوم به دست آمده است، می‌توان مقدار متغیر تصمیم‌گیری Q_{cao} را تعیین نمود. جهت این امر نیاز به توزیع متناسب مقدار μ_c در هر سطح سفارش‌دهی است. بنابراین بایستی داده‌های تصادفی تولید شده در جدول (۱۸) بر اساس ساز و کاری نرمالایز شود. برای این امر کافی است داده‌های هر سطر از ماتریس به مجموع مقادیر داده‌های هر سطر ماتریس تقسیم گردد. جدول (۱۹) نرمالایز شده بخش دوم کروموزوم را نشان می‌دهد.

جدول (۱۹). نرمالایز شده بخش دوم کروموزوم

	a_1	a_2	a_3	a_4
C_1	۰/۶۹۰	۰/۲۴۳	۰/۰۳۷	۰/۰۳۰
C_2	۰/۱۸۶	۰/۲۸۸	۰/۲۳۷	۰/۲۸۸
C_3	۰/۴۳۰	۰	۰/۳۹۵	۰/۱۷۴
C_4	۰	۰/۰۳۱	۰/۵۸۱	۰/۳۸۸

پس از نرمالایز شدن کروموزوم تولید شده، می‌توان با تخصیص مقدار μ_c به دست آمده از بخش قبلی، مقدار Q_{cao} را برای هر سطح سفارش‌دهی مشخص نمود. در نتیجه با مشخص شدن مقدار Q_{cao} و همچنین بازه‌های سفارش‌دهی، مقدار متغیر تصمیم‌گیری τ_{cao} مشخص می‌گردد.

مطابق با جدول (۲۰) در بخش سوم کروموزوم نیز میزان تخفیف ارائه شده در هر سطح به صورت تصادفی بین پارامترهای مرتبط با کران پایین/بالای درصد مجاز تخفیف تولید می‌شود.

جدول (۲۰). بخش سوم کروموزوم (تعیین میزان تخفیف)

سطح تخفیف یک	سطح تخفیف دو	سطح تخفیف سه	مقدار
۰	۰/۰۳	۰/۰۵	

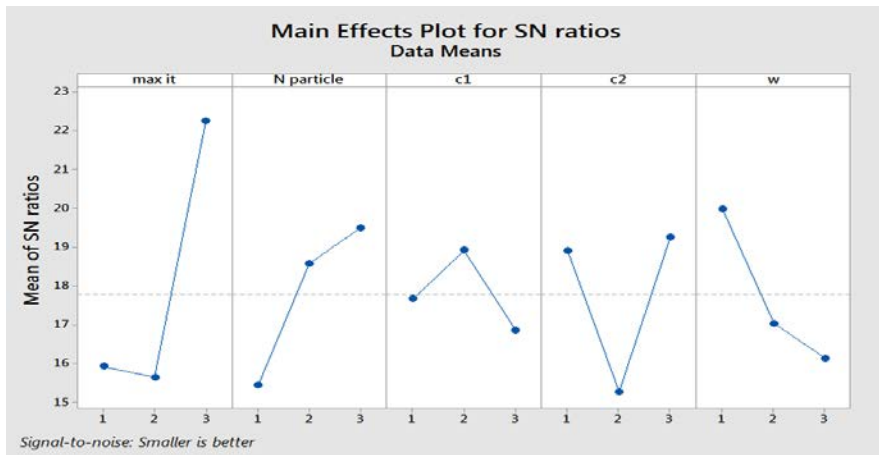
در هر تکرار، معادلات چک شده و در صورت احتمال رخداد نقض معادله از تابع جریمه (کاهش

جدول (۲۲). تاثیرگذاری پارامترهای اولیه الگوریتم PSO در کسب مقدار مطلوب تابع هدف

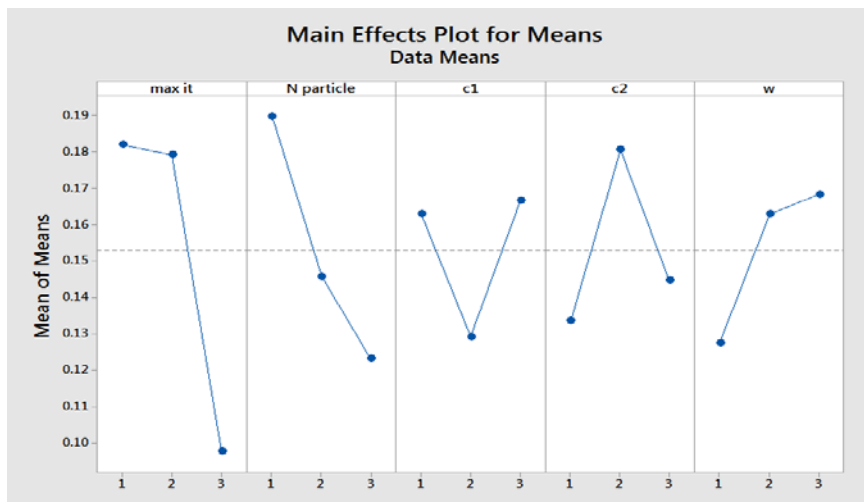
ضریب گرانش	ضریب یادگیری جمعی	ضریب یادگیری فردی	تعداد ذرات	حداکثر تعداد تکرار	سطح
۰/۱۲۷۶۸	۰/۱۳۳۷۰	۰/۱۶۳۱۰	۰/۱۸۹۸۳	۰/۱۸۲۰۸	۱
۰/۱۶۲۹۴	۰/۱۸۰۶۴	۰/۱۲۹۳۵	۰/۱۴۵۸۳	۰/۱۷۹۲۶	۲
۰/۱۶۸۴۹	۰/۱۴۴۷۷	۰/۱۶۶۶۶	۰/۱۲۳۴۴	۰/۰۹۷۷۷	۳
۰/۰۴۰۸۱	۰/۰۴۶۹۴	۰/۰۳۷۳۲	۰/۰۶۶۳۹	۰/۰۸۴۳۱	Delta
۴	۳	۵	۲	۱	رتبه

تعداد تکرار در سطح ۳، تعداد ذرات در سطح ۳، ضریب گرانش در سطح ۱، ضریب یادگیری فردی در سطح ۲ و ضریب یادگیری جمعی در سطح ۳ قرار گیرد، الگوریتم PSO بیشترین کارایی را خواهد داشت (جدول ۲۳).

شکل‌های (۹) و (۱۰) نمودار متوسط نسبت S/N و متوسط میانگین را برای الگوریتم PSO نشان می‌دهد. مطابق با آنچه بیان شد، بیشترین مقدار معیار S/N، ملاک انتخاب مقادیر پارامترها است. مطابق با نتایج قابل مشاهده در صورتی که مقدار حداکثر



شکل (۹). نمودار متوسط نسبت S/N در پارامترهای الگوریتم PSO



شکل (۱۰). نمودار متوسط میانگین‌ها در پارامترهای الگوریتم PSO

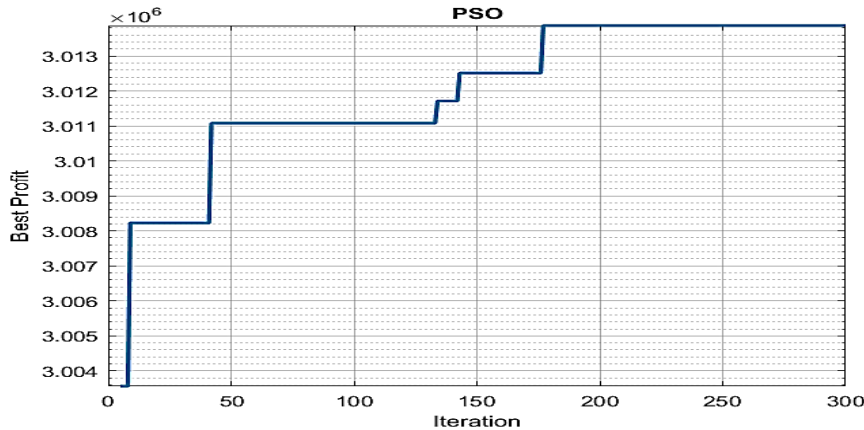
جدول (۲۳). سطوح مطلوب پارامترها در الگوریتم PSO

پارامتر	Max it	Nparticle	w	c ₁	c ₂
سطح مطلوب	سطح ۳	سطح ۳	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳

۴-۵- حل مسئله‌ی نمونه با ابعاد مختلف با الگوریتم ازدحام ذرات

با روش گمز مقایسه شده است. از این رو پس از حل مسئله، مقدار تابع هدف در هر تکرار مطابق با شکل (۱۱) به دست آمده است.

پس از تنظیم پارامتر الگوریتم فرا ابتکاری PSO، به حل مسئله‌ی نمونه ابعاد کوچک با این روش پرداخته شده و نتایج حاصل از آن



شکل (۱۱). مقدار تابع هدف در هر تکرار در مسئله نمونه با ابعاد کوچک با استفاده از الگوریتم PSO

در جدول (۲۵) نیز میانگین تقاضای در نظر گرفته شده از تولیدکننده برای فروشگاه زنجیره‌ای (D_{ca}) و میزان سفارش فروشگاه زنجیره‌ای از تولیدکننده در سطوح تخفیف مختلف (Q_{cao}) برای مسئله‌ی نمونه با ابعاد کوچک ارائه شده است.

جدول (۲۵). مقایسه مقادیر تقاضا و میزان سفارش فروشگاه زنجیره‌ای از تولیدکننده در مسئله نمونه ابعاد کوچک

a_3	a_2	a_1	$(D_{ca}, Q_{ca}) \rightarrow 0$	رویکرد حل
-۱۲۵/۹۰ (۱۲۵/۹۰)	-۷۹/۱۲ (۷۹/۱۲)	-۱۱۳/۹۴ (۱۱۳/۹۴)	c_1	الگوریتم PSO
سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۲		
-۱۰۹/۱۳ (۱۰۹/۱۳)	-۱۱۷/۹۱ (۱۱۷/۹۱)	-۱۱۷/۹۲ (۱۱۷/۹۲)	c_2	
سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۲		
-۵۸/۵۶ (۵۸/۵۶)	- ۱۳۰ (۱۳۰)	- ۱۳۰ (۱۳۰)	c_1	GAMS
سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۲		
- ۱۳۰ (۱۳۰)	-۸۴/۵۶ (۸۴/۵۶)	- ۱۳۰ (۱۳۰)	c_2	
سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۲	سطح تخفیف ۲		

بر این اساس مقدار تابع هدف به دست آمده از الگوریتم PSO حداکثر درصد شکاف دو رویکرد برابر با ۰/۰۲۳ درصد است که به دلیل پایین بودن مقدار آن، نشان از کارایی بالای الگوریتم در دستیابی به مقدار مطلوب تابع هدف دارد. این در حالی است که زمان حل توسط الگوریتم PSO نسبت به روش دقیق ۴۷/۲۸ درصد بهبود یافته است. سایر متغیرهای خروجی مسئله مطابق با جدول (۲۴) است.

جدول (۲۴). مقایسه مقادیر متغیرهای تصمیم‌گیری مدل در مسئله نمونه ابعاد کوچک

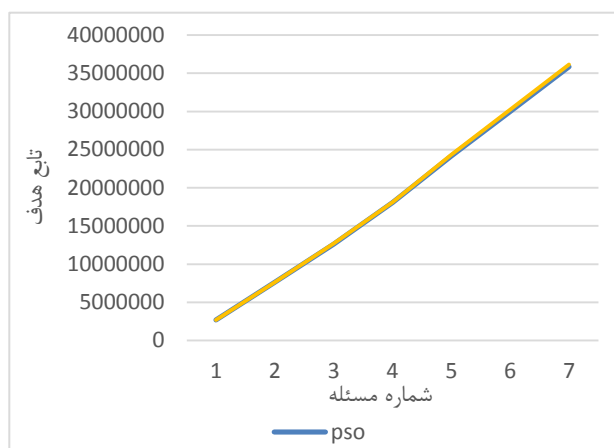
c_2	c_1		تصمیمات مرتبط با فروشگاه	رویکرد حل
۰/۰۸	۰/۰۷	θ	فروشگاه	الگوریتم PSO
۱۲۴۴/۷۶	۱۲۵۵/۶۸	$P2$		
۱۳۴۴	۱۳۴۴	$P3$		
۳۴۴/۵۷	۳۱۸/۵۷	μ_c	تصمیمات مرتبط با خرده فروش	
i_2	i_1	μ_i		
۱۰۱۴/۶۰	۱۰۱۷/۶۰			
o_3	o_2	o_1	Rc	GAMS
۰/۰۵۵	۰/۰۳۸	-		
c_2	c_1	θ	فروشگاه	
۰/۰۸	۰/۰۷	$P2$		
۱۲۴۴/۸۸	۱۲۵۵/۸۰	$P3$		
۳۴۴/۵۶۳	۳۱۸/۵۶۳	μ_c	تصمیمات مرتبط با خرده فروش	
i_2	i_1	μ_i		
۱۰۱۴/۴۰۳	۱۰۱۷/۴۰۳			
o_3	o_2	o_1	Rc	
۰/۰۵	۰/۰۳	-		

پس از بررسی کارایی الگوریتم PSO، در ادامه به حل مسائل نمونه در ابعاد بزرگ تر مطابق با جدول (۲۶) پرداخته شده است.

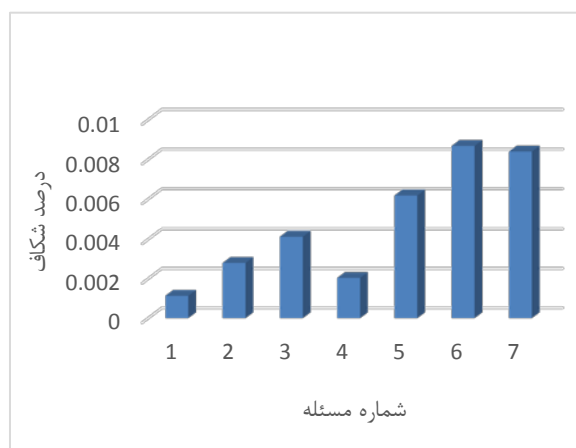
جدول (۲۶). مقایسه نتایج دو رویکرد GAMS و PSO

زمان حل (ثانیه)		مقدار تابع هدف		تعداد کل محدودیت های مسئله	تعداد متغیرهای غیرخطی مسئله	تعداد متغیرهای صفر و یک مسئله	تعداد کل متغیرهای تصمیم گیری	a	o	c	i	مسئله نمونه
PSO	GAMS	PSO	GAMS									
۱۱	۱۶۷/۱۸	۲۶۶۴۴۵۲/۶۲	۲۶۶۷۴۷۵/۸۵	۲۰	۱	۲	۱۶	۱	۲	۱	۲	۱
۱۱/۸۹	۲۴۸/۲۸	۷۶۱۶۵۴۲/۰۶	۷۶۳۷۸۷۳/۱۰	۳۵	۲	۶	۲۹	۲	۳	۱	۶	۲
۱۲/۹۱	۶۴۷/۹۴	۱۲۶۴۳۱۹۲/۶۱	۱۲۶۹۵۴۲۰/۳۳	۶۴	۶	۱۲	۴۹	۳	۲	۲	۱۰	۳
۱۱/۵۶	۱۲۳۴/۴۸	۱۸۰۸۱۱۶۸/۶۹	۱۸۱۱۸۰۶۸/۰۸	۵۰	۲	۶	۴۳	۱	۳	۲	۱۵	۴
۱۴/۴۱	۱۶۷۸/۶۶	۲۴۱۵۳۰۷۳/۶۶	۲۴۳۰۲۳۳۱/۱۵	۸۰	۶	۱۲	۶۴	۲	۲	۳	۲۰	۵
۱۳/۷۳	۱۸۹۳/۲۱	۲۹۹۷۸۹۵۷/۰۳	۳۰۲۳۹۲۱۹/۷۳	۱۲۲	۹	۲۷	۱۰۰	۳	۳	۳	۲۵	۶
۱۳/۶۷	۲۳۴۵/۱۸	۳۵۸۶۱۰۰۰/۵۴	۳۶۱۶۲۱۴۶/۹۶۰	۸۴	۴	۸	۷۱	۱	۲	۴	۳۰	۷
۱۵/۲۰	-	۴۳۵۸۱۸۰۲/۳۹	-	۱۳۰	۸	۲۴	۱۰۹	۲	۳	۴	۳۵	۸
۱۶/۵۲	-	۴۸۲۳۴۷۲۹/۱۳	-	۱۶۶	۱۵	۳۰	۱۳۰	۳	۲	۵	۴۰	۹
۱۷/۴۲	-	۵۹۵۲۵۱۴۰/۱۰	-	۱۲۷	۵	۱۵	۱۱۱	۱	۳	۵	۵۰	۱۰
۱۶/۲۷	-	۶۸۸۳۰۵۱۱/۵۹	-	۱۷۴	۱۲	۲۴	۱۴۳	۲	۲	۶	۶۰	۱۱
۱۶/۵۲	-	۸۰۲۶۰۲۷۱/۶۴	-	۲۵۷	۱۸	۵۴	۲۱۴	۳	۳	۶	۷۰	۱۲
۲۲/۸۳	-	۱۰۰۹۶۶۰۳۳/۵۲	-	۱۸۲	۸	۱۶	۱۵۷	۱	۲	۸	۸۰	۱۳
۲۳/۱۳	-	۱۰۷۵۷۳۹۹۱/۷۰	-	۲۷۳	۱۶	۴۸	۲۳۲	۲	۳	۸	۹۰	۱۴
۲۲/۰۶	-	۱۱۸۷۷۶۹۶۴/۵۵	-	۳۴۶	۳۰	۶۰	۲۷۵	۳	۲	۱۰	۱۰۰	۱۵
۲۲/۲۳	-	۱۵۱۱۵۶۰۹۷/۱۵	-	۲۶۷	۱۰	۳۰	۲۳۶	۱	۳	۱۰	۱۲۰	۱۶
۲۶/۳۹	-	۱۸۱۷۸۳۵۶۳/۳۷	-	۳۷۲	۲۴	۴۸	۳۱۱	۲	۲	۱۲	۱۵۰	۱۷
۳۱/۴۱	-	۱۹۱۹۴۸۹۴۸/۸۱	-	۶۱۷	۴۵	۱۳۵	۵۱۱	۳	۳	۱۵	۱۶۰	۱۸
۲۹/۵۳	-	۲۲۰۸۸۳۳۷۳/۳۸	-	۴۰۲	۱۸	۳۶	۳۴۷	۱	۲	۱۸	۱۸۰	۱۹
۲۵/۸۹	-	۲۴۸۶۵۵۹۲۹/۱۸	-	۶۴۷	۴۰	۱۲۰	۵۴۶	۲	۳	۲۰	۲۰۰	۲۰
۳۵/۱۹	-	۲۵۰۷۳۴۷۶۳/۰۷	-	۷۴۴	۶۶	۱۳۲	۵۸۹	۳	۲	۲۲	۲۱۰	۲۱
۲۵/۵۶	-	۲۵۶۶۰۷۱۰۴/۱۹	-	۵۳۵	۲۲	۶۶	۴۶۸	۱	۳	۲۲	۲۲۰	۲۲
۳۷/۱۰	-	۲۷۴۹۴۸۴۶۱/۸۸	-	۶۶۸	۴۸	۹۶	۵۴۷	۲	۲	۲۴	۲۳۰	۲۳
۳۴/۴۹	-	۲۷۵۶۷۸۵۳۶/۲۴	-	۹۶۷	۷۲	۲۱۶	۷۹۸	۳	۳	۲۴	۲۴۰	۲۴
۴۳/۵۲	-	۲۷۷۷۱۱۸۹۴/۳۰	-	۵۶۸	۲۶	۵۲	۴۸۹	۱	۲	۲۶	۲۵۰	۲۵
۳۶/۱۴	-	۳۱۰۴۷۵۲۹۰/۷۰	-	۸۳۹	۵۲	۱۵۶	۷۰۸	۲	۳	۲۶	۲۶۰	۲۶
۳۶/۳۳	-	۳۱۷۷۹۰۴۳۱/۴۴	-	۹۰۰	۷۸	۱۵۶	۷۱۷	۳	۲	۲۶	۲۷۰	۲۷
۳۶/۴۱	-	۳۲۵۹۰۸۷۹۷/۹۹	-	۶۷۹	۲۸	۸۴	۵۹۴	۱	۳	۲۸	۲۸۰	۲۸
۳۸/۳۳	-	۳۳۲۹۶۵۴۰۵/۵۲	-	۸۰۰	۵۶	۱۱۲	۶۵۹	۲	۲	۲۸	۲۹۰	۲۹
۳۸/۴۴	-	۳۷۵۳۶۵۱۹۱/۸۴	-	۱۲۰۷	۹۰	۲۷۰	۹۹۶	۳	۳	۳۰	۳۰۰	۳۰

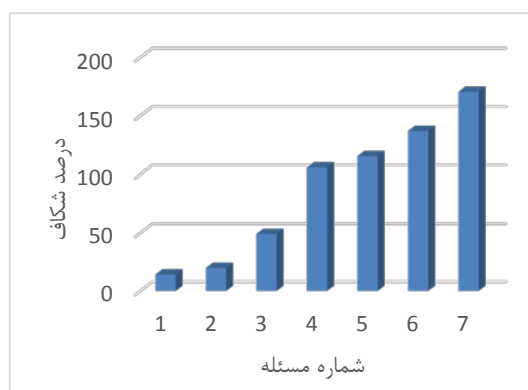
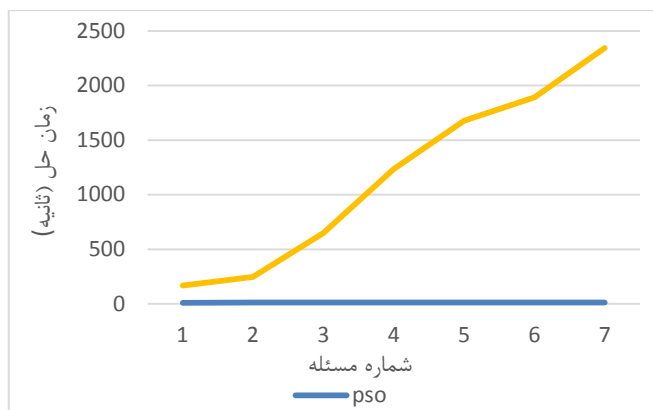
می‌شود که حداکثر درصد خطا میان دو رویکرد در مسائل نمونه بررسی شده کمتر از ۱ درصد است. این در حالی است که زمان حل مسئله با افزایش اندازه‌ی مسئله به صورت نمایی در نرم‌افزار گمز افزایش یافته است. این امر نشان‌دهنده کارایی بالای الگوریتم PSO در حل مثال‌های عددی ابعاد بزرگ‌تر است.



همان‌طور که از جدول (۲۶) قابل مشاهده است با افزایش ابعاد مسئله، زمان حل مسئله با نرم‌افزار گمز به شدت افزایش یافته و این نرم‌افزار قادر به حل مسائل نمونه‌ی بزرگ‌تر از ۷ در زمان قابل قبول نشده است. شکل‌های (۱۲) و (۱۳) به ترتیب به مقایسه جواب‌های به دست آمده بین الگوریتم PSO و نرم‌افزار مذکور در ۷ مسئله نمونه پرداخته است. متناسب با نتایج مشاهده



شکل (۱۲). مقایسه مقدار تابع هدف در مسائل نمونه مختلف با رویکرد گمز و الگوریتم PSO



شکل (۱۳). مقایسه زمان محاسباتی در مسائل نمونه مختلف با روش گمز و الگوریتم PSO

در این پژوهش از جمله مسائل پیچیده‌ی برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح غیرخطی است. برای سنجش صحت و اعتبارسنجی مدل ارائه شده از نرم‌افزار گمز استفاده شده و پس از اطمینان از صحت عملکرد آن، مسئله مورد نظر به کمک الگوریتم فراابتکاری ازدحام ذرات حل شده است. برای افزایش کیفیت الگوریتم مورد استفاده، سطوح مطلوب هریک از پارامترهای آن به کمک رویکرد تاگوچی به دست آمده است. نتایج عددی حاصل از مقایسه‌ی نرم‌افزار گمز با الگوریتم ازدحام ذرات نشان از کیفیت و کارایی بالای الگوریتم پیشنهادی در حل مسائل موردنظر و شکاف کمتر از ۱٪ در مقدار تابع هدف دارد. از لحاظ زمان محاسبات نیز، الگوریتم PSO از عملکرد زمانی بهتری نسبت به نرم‌افزار گمز برخوردار است. تحلیل حساسیت انجام شده بر روی پارامترهای هزینه حمل‌ونقل، تقاضای بالقوه‌ی کانال خرده‌فروشی، نرخ نشستی تقاضا و پارامتر

۵- خلاصه و نتیجه‌گیری

در این مقاله موضوع قیمت‌گذاری در یک شبکه زنجیره تأمین دوکاناله خرده‌فروشی و زنجیره‌ای در شرایط عدم قطعیت بررسی شده است. تقاضا در کانال‌های موجود غیرقطعی و وابسته به قیمت فرض شده است. کمبود در کانال خرده‌فروشی غیرمجاز و در کانال زنجیره‌ای مجاز و از نوع فروش از دست رفته است. کل تقاضای هر فروشگاه زنجیره‌ای در افق برنامه‌ریزی، طی چندین سفارش با مقادیر مختلف به تولیدکننده صادر خواهد شد. برای ترغیب هر فروشگاه زنجیره‌ای به ثبت سفارش بیشتر، موضوع تخفیف در نظر گرفته شده است. همچنین یک قرارداد اشتراک درآمد میان تولیدکننده و هر فروشگاه زنجیره‌ای تنظیم شده است. هدف مسئله حداکثرسازی سود است. مسئله مورد بررسی

- [11] F. Zhang and C. Wang, "Dynamic pricing strategy and coordination in a dual-channel supply chain considering service value," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 54, pp. 722-742, 2018.
- [12] W. Ma, Z. Cheng and S. Xu, "A game theoretic approach for improving environmental and economic performance in a dual-channel green supply chain," *Sustainability*, vol. 10, no. 6, 2018.
- [13] P. Liu, "Pricing and coordination strategies of dual-channel green supply chain considering products green degree and channel environment sustainability," *International Journal of Sustainable -Engineering*, vol. 12, no. 6, pp. 404-414, 2018.
- [14] Y. Wang and X. Sun, "Dynamic vs. static wholesale pricing strategies in a dual-channel green supply chain," *Complexity*, vol. 2019, Article ID 8497070, 2019.
- [15] B. Cao, T. You, C. Liu, and J. Zhao, "Pricing and Channel Coordination in Online-to-Offline Supply Chain Considering Corporate Environmental Responsibility and Lateral Inventory Transshipment," *Mathematics*, vol. 9, no. 20, 2021.
- [16] X. Hu, S. Feng, J. Liu, A. Yang, G. Wang, and H. Xu, "Return Mode Selection and Pricing Strategy for a Dual-Channel Retailer," *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2020, Article ID 5261486, 2020.
- [17] W. Yang, Y. Si, J., Zhang, Liu, and A. Appolloni, "Coordination mechanism of dual-channel supply chains considering retailer innovation inputs," *Sustainability*, vol. 13, no. 2, 2021.
- [18] G. Xu, B. Dan, X. Zhang, and C. Liu, "Coordinating a dual-channel supply chain with risk-averse under a two-way revenue sharing contract," *International Journal of Production Economics*, vol. 147, pp. 171-179, 2014.
- [19] R. Qiu, L. Hou, Y. Sun, M. Sun, and Y. Sun, "Joint pricing, ordering and order fulfillment decisions for a dual-channel supply chain with demand uncertainties: A distribution-free approach," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 160, Article ID 107546, 2021.
- [20] F. Peymandoost, A. Nakhai, and R. Maihami, "Joint Inventory Control & Pricing for Deteriorating Items in a Two-Echelon Supply Chain," *Journal of Supply Chain Management*, vol. 15, no. 40, pp. 66-56, 2013. (in Persian)
- [21] H. Biranvand and M. Nazari, "Identification Affecting Factors of Price Discount Threshold: Meta Synthesis," *Journal of Business Management*, vol.12, no.1, pp. 44-63, 2020. (in Persian)
- [22] P. Seydanlou and N. Javadian, "Solve the green routing problem of developed heterogeneous vehicles using particle swarm optimization and keshtel algorithm," *1st National Conference on Optimization and new Solution Methods*, no.1, pp. 139-152, 2021. (In Persian)

مربوط به قرارداد، نشان‌دهنده‌ی حساسیت بالای سود شبکه‌ی موردنظر بر تقاضای بالقوه‌ی کانال خرده‌فروشی است. با توجه به تأثیر بالای هزینه‌ی حمل و نقل بر سود حاصل پیشنهاد می‌شود که توجه به طراحی نظام توزیع و حمل کالا برای پیشنهادات آتی بیشتر موردنظر قرار گیرد. انتخاب راهبردهای دیگر قیمت‌گذاری، در نظر گرفتن مسائل به صورت چند هدفه با رویکرد توزیع سبز و انتخاب کانال‌های دیگر فروش و توزیع از جمله مواردی هستند که می‌توانند در تحقیقات آتی مورد بحث قرار گیرند.

۶- مراجع

- [1] G. E. Cressman, "Value-based pricing: A state-of-the-art review," *Handbook of business-to-business marketing*, pp. 246-274, 2012.
- [2] P. M. Noble and T. S. Gruca, "Industrial pricing: Theory and managerial practice," *Marketing Science*, vol. 18, no. 3, pp. 435-454, 1999.
- [3] A. Hinterhuber and S. M. Iiozu, "is it time to rethink your pricing strategy?," *MIT Sloan Management Review*, pp. 69-77, 2012.
- [4] G.R. Nasiri, H. Deymeh, B. Karimi, and E. Miandoabchi, "Incorporating sales and marketing considerations into a competitive multi-echelon distribution network design problem with pricing strategy in a stochastic environment," *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 62, Article ID 102646, 2021.
- [5] G. R. Nasiri, M. Kalantari, and B. Karimi, "Fast-moving consumer goods network design with pricing policy in an uncertain environment with correlated demands," *Computers & Industrial Engineering*, vol.153, Article ID 106997, 2021.
- [6] B.C. Giri, A. Chakraborty, and T. Maiti, "Pricing and return product collection decisions in a closed-loop supply chain with dual-channel in both forward and reverse logistics," *Journal of manufacturing systems*, vol. 42, pp. 104-123, 2017.
- [7] F. Yang, P. Hu, F. Zhao, and C. Hu, "Customer returns model in a dual-channel supply chain," *Journal of Modelling in Management*, vol. 10, no. 3, pp. 360-379, 2015.
- [8] R. Batarfi, M. Y. Jaber, and S. M. Aljazzar, "A profit maximization for a reverse logistics dual-channel supply chain with a return policy," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 106, pp. 58-82, April 2017.
- [9] J. Zhao, X. Hou, Y. Guo, and J. Wei, "Pricing policies for complementary products in a dual-channel supply chain," *Applied mathematical modelling*, vol. 49, pp. 437-451, 2017.
- [10] J. Sha and S. Zheng, "Research on Pricing Strategy of Three-echelon Dual-channel Supply Chain under Market Equilibrium," *In Journal of Physics: Conference Series*, 1910, Article ID 012049, 2021.

Developing a Pricing Model in a Retail and Chain Dual-Channel Supply Chain with Discounts and a Revenue-Sharing Contract

P. Haghi Motlagh, Gh. Nasiri*, M. Esmaili

*Assistant Professor, Department of Industrial Engineering - Faculty of Engineering - Alzahra University, Tehran, Iran.

(Received: 05/03/2022; Accepted: 28/05/2022)

Abstract

Most organizations use different channels to offer products and services in order to increase their market share and attract more customers. In a supply chain with more than one sales channel, product pricing is a critical issue in the decision-making process. Proper pricing can be very effective in reducing the conflict between channels and increasing the profitability of existing channels. In this paper, a pricing strategy between the dual retail and chain channels is presented to maximize profits by considering a discount in the chain channel and a revenue sharing contract between the manufacturer and the chain stores. The input parameters of the problem are adjusted using the Taguchi method and solved by the particle swarm metaheuristic algorithm in order to validate the model. Regarding the short solution time of the proposed algorithm, it has a good quality and efficiency in comparison to GAMS software. In addition, the gap of the objective value obtained by the proposed algorithm is less than 1% compared to the GAMS output. The results also show that the potential demand of the retail channel has a higher impact on the profit of the supply chain, in comparison to other parameters.

Keywords: Dual-Channel Supply Chain, Retail Chain, Chain Channel, Pricing, Revenue Sharing