فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال چهاردهم، شماره ۴۱، تابستان ۹۵

صفحات ۳۸-۱

طراحی مدل برنامه ریزی دو سطحی در زنجیره تامین غیر متمرکز تولید – توزیع با در نظر گرفتن تبلیغات مشارکتی مورد مطالعه: زنجیره تامین قطعات یدکی خودرو

امید امیرطاهری* ، مصطفی زندیه** ، بهروز دری***

چکیده

در این نوشتار یک زنجیره تامین دو سطحی شامل یک تولید کننده و یک توزیع کننده تحت مدیریت غیرمتمرکز و با هدف بیشینه سازی سود از طریق تامین تقاضای بازارهای مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. تولید کننده ضمن انجام تبلیغات عمومی، در بخشی از هزینه تبلیغات محلی توزیع کننده مشارکت می‌نماید. ارتباط میان تولید کننده و توزیع کننده در قالب دو سناریوی قدرت مبتنی بر بازی استکلبرگ با بهره گیری از روش برنامه ریزی دو سطحی مدل سازی شده و سیاست‌های بهینه تولیدکننده و توزیع کننده در حوزه قیمت گذاری، مدیریت موجودی، تبلیغات و لجستیک تعیین می گردد. به منظور حل مدل‌های برنامه ریزی دو سطحی، دو الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک با ساختار سلسله مراتبی توسعه می‌یابند. در انتها جهت ارزیابی اعتبار مدل‌های توسعه یافته، مجموعه ای از آزمایشات محاسباتی روی داده‌های گردآوری شده از زنجیره تامین قطعات یدکی خودرو انجام می گیرد.

واژگان کلیدی: زنجیره تامین تولید – توزیع، بازی استکلبرگ، تبلیغات مشارکتی، برنامه ریزی دو سطحی، الگوریتم‌های فرا ابتکاری

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

** دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
m_zandieh@sbu.ac.ir

*** دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

مقدمه

به طور کلی تصمیم گیری در زنجیره تامین به دو شکل متمرکز و غیر متمرکز صورت می‌پذیرد. در زنجیره تأمین متمرکز، یک تصمیم گیرنده واحد یا عضو اصلی که به اطلاعات کافی در زنجیره تامین دسترسی داشته و از قدرت لازم جهت تصمیم گیری برخوردار است، نسبت به سیاست گذاری برای کل اعضای زنجیره اقدام می‌نماید. در این حالت، اعضا در راستای سیاست تعریف شده با یکدیگر همکاری می‌نمایند. در ادبیات موضوع، مدل‌های استاندارد برنامه ریزی ریاضی پاسخگوی چنین مسائلی بوده اند (Taleizadeh, Niaki, & Wee, 2013).

ولیکن از آنجائیکه اعضای زنجیره تامین اغلب سازمان‌های مجزا و بنگاه‌های اقتصادی مستقل هستند، با وجود منافع موجود در تصمیم‌گیری یکپارچه در عمل تمایلی به پیروی از تصمیمات اتخاذ شده برای کل اعضا را نداشته و تلاش می‌کنند اهداف خود را به جای هدف کل سیستم بهینه نمایند (Giannoccaro & Pontrandolfo, 2004). بنابراین در بسیاری از مسائل دنیای واقعی، زنجیره تامین غیر متمرکز مدلی عملی تر و نزدیک تر به واقعیت می‌باشد.

در ادبیات موضوع برای مدل سازی مسائل مدیریت زنجیره تامین غیر متمرکز، از سیستم تصمیم گیری سلسله مراتبی[1] استفاده گردیده است. در این سیستم ابتدا عضو سطح بالا تصمیم گیری نموده و سپس عضو سطح پایین با مشاهده تصمیم اتخاذ شده، استراتژی بهینه خود را تعیین می‌نماید. با فرض وجود اطلاعات کامل درباره نحوه تصمیم گیری عضو سطح پایین، تصمیم گیرنده سطح بالا قادر خواهد بود پیش از تعیین استراتژی خود، عکس العمل تصمیم گیرنده سطح پایین را پیش بینی و متناسب با آن اتخاذ تصمیم نماید. در این روش، تصمیم گیرنده سطح بالا به عنوان رهبر[2] و تصمیم گیرنده سطح پایین به عنوان پیرو[3] شناخته می‌شوند. فرآیند تصمیم گیری سلسله مراتبی در اقتصاد به بازی مشهور استکلبرگ[4] در تئوری بازی‌ها باز می‌گردد که نخستین بار در سال ۱۹۵۲ توسط وُن استکلبرگ معرفی گردید (Von Stackelberg, 1952).

برنامه ریزی سلسله مراتبی چارچوبی ریاضی برای نمایش بازی‌های استکلبرگ است که در آن

[1] Hierarchical Decision Making (HDM)
[2] Leader
[3] Follower
[4] Stackelberg Game

چندین مسئله بهینه سازی در سطوح مختلف به طور همزمان در نظر گرفته می‌شوند. درحالت خاص چنانچه مسئله دارای دو سطح باشد به آن، مسئله دو سطحی یا مسئله برنامه ریزی دو سطحی[1] اطلاق می‌گردد (Koh, 2013). مسئله برنامه‌ریزی دو سطحی حالت خاصی از مدل‌های برنامه ریزی ریاضی است که در آن یک مسئله بهینه سازی در محدودیت‌های یک مسئله بهینه سازی دیگر قرار می‌گیرد.

هر یک از دو تصمیم گیرنده (رهبر و پیرو) تلاش می‌نمایند تا با تعیین مقادیر متغیرهای تصمیم تحت کنترل خود، تابع هدف خود را بدون در نظر گرفتن تابع هدف دیگری بهینه نمایند و لیکن تصمیم هر یک از ایشان بر گزینه‌های قابل انتخاب و تابع هدف تصمیم گیرنده دیگر تأثیرگذار است. بنابراین رهبر به عنوان تصمیم گیرنده سطح بالا، قادر خواهد بود تا بدون کنترل کامل روی پیرو، بر رفتار وی تأثیر گذاشته و بطور همزمان از رفتار وی تاثیر پذیرد.

با توجه به تمرکز بسیاری از مطالعات حوزه زنجیره تامین به سیستم‌های تولید – توزیع (خلیفه زاده و سیف برقی،۱۳۹۳: ۸۸-۶۳)، تحقیق حاضر بر آن است تا با بهره گیری از روش برنامه ریزی دو سطحی، ارتباط میان یک تولید کننده و یک توزیع کننده تحت مدیریت غیر متمرکز و با هدف بیشینه سازی سود از طریق تامین تقاضای بازارهای مختلف را مدل سازی نماید. بازارها از لحاظ اندازه، موقعیت جغرافیایی، کشش قیمتی تقاضا و نیز واکنش به تبلیغات با یکدیگر متفاوت اند و تقاضای هر یک از آنها تابعی از قیمت فروش، هزینه تبلیغات محلی[2] و هزینه تبلیغات عمومی[3] است.

توزیع کننده به منظور افزایش تقاضای بازارها، هزینه ای را جهت تبلیغات محلی در هر بازار پرداخت می‌نماید. این هزینه با هدف تحریک مشتری به خرید در کوتاه مدت انجام می‌شود و می‌تواند در قالب توزیع کاتالوگ و هدایای تبلیغاتی، ارائه نمونه رایگان محصولات، تخفیفات و طرح‌های تشویقی و غیره در آن بازار خاص صورت پذیرد. این نوع تبلیغات با تاثیر مستقیم ولی کوتاه مدت در بازار، منجر به افزایش تقاضای آن بازار می‌گردد (Hutchins, 1953).

از سوی دیگر تولیدکننده نیز به نوبه خود بودجه‌ای را جهت انجام تبلیغات عمومی در بازارهای

[1] Bi-level Programming Problem
[2] Local Advertising
[3] Global Advertising

مصرف تعیین می‌نماید. تبلیغات عمومی که بطور معمول در سطح ملی انجام می‌گیرد و حوزه ای فراتر از یک بازار خاص دارد، منجر به شکل گیری بلند مدت تصویری آشنا از نام و نشان تولید کننده در ذهن مشتریان می‌گردد. شرکت در نمایشگاه‌های عمومی و تخصصی و نیز تبلیغات تلویزیونی و رادیویی نمونه ای از این نوع تبلیغات است. اگرچه تبلیغات عمومی باعث ارتقای شهرت و محبوبیت کالا می‌شود ولی الزاماً تقاضای واقعی مصرف کننده را افزایش نمی دهد (Herrington & Dempsey, 2005; Young & Greyser, 1983). از اینرو، تولید کننده تمایل دارد تا با بهره گیری از روش تبلیغات مشارکتی، روی تقاضای بازار تاثیر مستقیم بگذارد (Hutchins, 1953).

تبلیغات مشارکتی[1] از موضوعاتی است که طی سال‌های اخیر در ادبیات رشته تحقیق در عملیات به طور جدی مورد توجه محققین قرار گرفته است (Aust & Buscher, 2014). این مفهوم بیانگر یک توافق مالی میان تولید کننده و توزیع کننده (خرده فروش) در راستای تسهیم هزینه تبلیغات است که بر مبنای آن تولید کننده پرداخت بخشی از هزینه‌های تبلیغات محلی توزیع کننده (نرخ مشارکت[2]) را برعهده می‌گیرد (Koh, 2013).

تحقیق حاضر بر آن است تا در راستای محورهای تحقیقاتی پیشنهاد شده توسط آست و بوشر (Aust & Buscher, 2014) و با بهره گیری از روش برنامه ریزی دو سطحی، سیاست‌های قیمت گذاری، مدیریت موجودی، تبلیغات و لجستیک را به طور همزمان در زنجیره تامین تولید – توزیع با در نظر گرفتن تبلیغات مشارکتی تعیین نماید. تصمیمات تولیدکننده شامل قیمت عمده فروشی، دوره زمانی تولید، هزینه تبلیغات عمومی و میزان مشارکت در تبلیغات محلی می‌باشد. از سوی دیگر توزیع کننده به عنوان عضو دوم زنجیره، در خصوص قیمت خرده فروشی، هزینه تبلیغات محلی و نحوه تخصیص انبارهایش به بازارهای مختلف تصمیم گیری می‌نماید.

بدین منظور پس از مرور پیشینه تحقیق، دو مدل برنامه ریزی دو سطحی در قالب دو سناریوی قدرت مبتنی بر بازی استکلبرگ توسعه می‌یابد. در مدل اول تولید کننده رهبر زنجیره و توزیع کننده پیرو در نظر گرفته می‌شود (مدل تولید کننده – استکلبرگ) و در مدل دوم عکس حالت قبل (مدل توزیع‌کننده – استکلبرگ) مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

[1] Cooperative Advertising
[2] Participation Rate

با توجه به آنکه مدل برنامه ریزی دو سطحی به ساده ترین صورت، یعنی با توابع هدف و محدودیت‌های خطی، از نوع NP-Hard می‌باشد (Ben-Ayed & Blair, 1990)، برای هر یک از مدل‌های ارائه شده یک الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک با ساختار سلسله مراتبی توسعه می‌یابد.

در گام بعد، با استفاده از داده‌های گردآوری شده از زنجیره تامین قطعات یدکی خودرو، مجموعه ای از آزمایشات محاسباتی روی مدل‌ها و روش‌های حل صورت می‌پذیرد و ضمن نشان دادن اعتبار مدل‌های ارائه شده، سود کسب شده توسط اعضای زنجیره و سود کل سیستم در هر یک از سناریوهای قدرت مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

در بخش پایانی به نتیجه گیری و معرفی فرصت‌های تحقیقاتی آتی پرداخته می‌شود.

پیشینه تحقیق

تحقیقات متعددی به مطالعه ارتباط میان دو عضو زنجیره تامین تحت مدیریت غیرمتمرکز پرداخته اند. اغلب این مطالعات بر یک یا چند جنبه از تصمیمات اعضای زنجیره تمرکز نموده و روش‌هایی را جهت هماهنگ سازی تصمیمات اعضا با هدف افزایش سود سیستم معرفی نموده اند.

با مرور تحقیقات انجام شده می‌توان دریافت تعیین سیاست قیمت گذاری نسبت به سایر جوانب تصمیم گیری بیشتر مورد توجه محققین قرار گرفته است (Xie & Wei, 2009). با گسترش تحقیقات در این حوزه، به تدریج سایر سیاست‌ها نظیر مدیریت موجودی، تبلیغات و غیره نیز در کنار سیاست قیمت گذاری مورد مطالعه قرار گرفته و مدل‌های تصمیم گیری یکپارچه ای توسعه یافته است. در این بخش ابتدا به معرفی تعدادی از مطالعات اولیه مرتبط با سیاست قیمت گذاری پرداخته می‌شود و سپس مقالات کامل تر موجود در پیشینه تحقیق معرفی می گردد.

ونگ (Weng, 1995) به هماهنگ سازی و تعیین سیاست قیمت گذاری از طریق روش‌های پرداخت حق امتیاز[1] و تخفیف تعدادی در یک سیستم فروشنده – خریدار شامل یک فروشنده و چند خریدار پرداخته است. راجو و ژانگ (Raju & Zhang, 2005)، سیاست بهینه قیمت گذاری در زنجیره تامین را از طریق روش‌های تخفیف تعدادی و تعرفه دوبخشی[2] تعیین نموده اند.

[1] Franchise Fee
[2] Two-part Tariff

الیشبرگ و استینبرگ (Eliashberg & Steinberg, 1987) یک زنجیره تامین دو عضوی با فعالیت‌های تولید و توزیع محصول را مورد مطالعه قرار داده و سیاست‌های بهینه قیمت گذاری و موجودی را تعیین نموده اند. یوگانگ و همکاران (Yugang, Liang, & Huang, 2006) تصمیمات مربوط به قیمت گذاری و دوره سفارش دهی را در یک زنجیره تامین شامل یک توزیع کننده و چند خرده فروش مورد مطالعه قرار می‌دهند.

همچنین مطالعات متعددی در ادبیات موضوع به تعیین سیاستهای قیمت گذاری و تبلیغات بطور همزمان پرداخته اند. یو و همکاران (Yue, Austin, Wang, & Huang, 2006) موضوع تبلیغات مشارکتی در زنجیره تامین تولیدکننده-توزیع کننده را مورد مطالعه قرار داده اند که در آن تقاضا حساس به قیمت بوده و تولیدکننده تخفیفات قیمتی به توزیع کننده ارائه می‌نماید.

همچنین هی و همکاران (He, Prasad, & Sethi, 2009) یک مسئله تبلیغات مشارکتی احتمالی را در قالب یک بازی استکلبرگ تفاضلی مدل سازی نموده است. سمرکوفسکی و ژانگ (Szmerekovsky & Zhang, 2009) نیز موضوع قیمت گذاری و تعیین سیاست تبلیغات را در یک زنجیره تامین دو سطحی مورد مطالعه قرار داده اند که در آن تقاضا به قیمت خرده فروشی و هزینه تبلیغات وابسته است.

همچنین خی و نیرات (Xie & Neyret, 2009) و خی و وی (Xie & Wei, 2009) مطالعه اخیر را توسعه داده اند و سناریوی همکاری اعضا را با دو سناریوی قبلی که میان تولیدکننده و خرده فروش همکاری وجود نداشته است مقایسه می‌نمایند.

خی و نیرات (Xie & Neyret, 2009) چهار مدل که سه تای آنها بدون همکاری و یکی از آنها با لحاظ همکاری میان اعضا است را در نظر گرفته اند در حالیکه خی و وی در مطالعه خود (Xie & Wei, 2009) تنها دو مدل که در یکی همکاری وجود دارد و در دیگری تولیدکننده رهبر زنجیره است را مورد بررسی قرار داده اند.

در همین راستا، نعیمی و همکاران (Sadigh, Mozafari, & Karimi, 2012) به تعیین سیاست قیمت گذاری، موجودی و تبلیغات در یک زنجیره تامین چند محصولی پرداخته اند. در مطالعه ایشان، تولید کننده و خرده فروش هر کدام جداگانه هزینه ای را جهت تبلیغات پرداخت می‌نمایند. مسئله در حالت تولید کننده – استکلبرگ و توزیع کننده – استکلبرگ حل شده و

نتایج با یکدیگر مقایسه می گردد.

سید اصفهانی و همکاران (SeyedEsfahani, Biazaran, & Gharakhani, 2011) در تکمیل مطالعات قبلی، مسئله تبلیغات مشارکتی در زنجیره تامین دوسطحی را با در نظر گرفتن تابع تقاضای کامل تر در قالب چهار سناریوی تعادل قدرت، تولیدکننده – استکلبرگ، توزیع کننده – استکلبرگ و همکاری میان اعضا مورد مطالعه قرار داده و نتایج را با یکدیگر مقایسه نموده اند.

آست و بوشر (Aust & Buscher, 2014) در سال ۲۰۱۴ به مرور تحقیقات انجام شده در حوزه تبلیغات مشارکتی و ترکیب این حوزه با دیگر سیاست‌ها نظیر قیمت گذاری، مدیریت موجودی، کیفیت، بازتولید و خدمات پرداخته است. بر اساس نتایج این تحقیق مروری، مطالعه ترکیب دو یا چند مورد از سیاست‌های فوق به طور همزمان به ندرت در ادبیات موضوع مورد بررسی قرار گرفته و در هیچ یک از مطالعات قبلی به ارتباط تولیدکننده با توزیع کننده پرداخته نشده است. از این رو، یکی از محورهای پیشنهادی جهت تحقیقات آتی، توسعه مدل‌های تصمیم گیری یکپارچه با قابلیت تعیین سیاست‌های بهینه اعضا در چندین محور بطور همزمان می‌باشد. علاوه بر پیشنهاد فوق، ایشان استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر کامپیوتر و فراابتکاری را جهت حل مدل‌های توسعه یافته توصیه می‌نمایند.

تحقیق حاضر در ادامه مطالعات پیشین و در راستای پاسخ به محورهای تحقیقاتی پیشنهاد شده از سوی آست و بوشر (Aust & Buscher, 2014) به توسعه دو مدل برنامه ریزی دو سطحی جهت تعیین سیاست‌های بهینه تولیدکننده و توزیع کننده در حوزه قیمت گذاری، مدیریت موجودی، تبلیغات مشارکتی و نیز لجستیک خواهد پرداخت. همچنین باتوجه به وجود محدودیت‌های متعدد و پیچیدگی مدل‌های پیشنهادی، دو الگوریتم فراابتکاری با ساختار سلسله مراتبی جهت حل مدل‌ها توسعه می‌یابد.

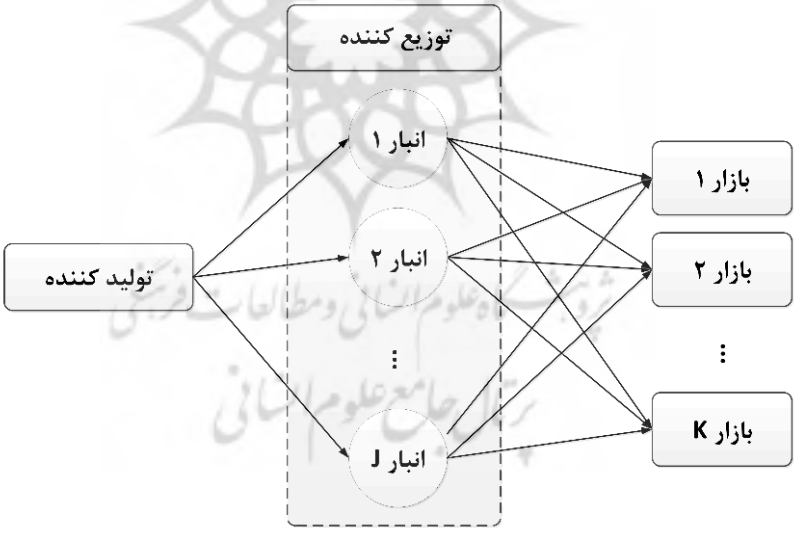
تشریح مسئله

زنجیره تامین قطعات یدکی در کشورمان شامل تامین کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، عمده‌فروشان یا بانکداران، خرده فروشان و مصرف کنندگان نهایی می‌باشد. توجه رساله حاضر بر ارتباط میان تولیدکنندگان و توزیع کنندگان است. در این نوشتار، یک زنجیره تامین دو سطحی شامل یک تولید کننده و یک توزیع کننده مورد مطالعه قرار می‌گیرد. تولیدکننده محصول خود را با قیمت عمده

فروشی (w) در اختیار توزیع کننده انحصاری خود قرار می‌دهد و توزیع کننده نیز با لحاظ نسبت سود خرده فروشی (r)، کالا را از طریق انبارهایش در بازارهای مختلف عرضه می‌نماید. این شیوه قیمت گذاری برگرفته از ساختار سنتی شبکه تامین قطعات یدکی در کشورمان است. با توجه به این واقعیت که توزیع کنندگان قطعات یدکی خودرو در کشورمان عموماً دارای تعدادی انبار در سطح کشور می‌باشند، در مدل ارائه شده فرض می‌گردد توزیع کننده دارای J انبار با ظرفیت مشخص (b_j) است $(j = 1,2, \dots, J)$ بطوریکه موقعیت جغرافیایی و فاصله آنها از بازارهای مصرف متفاوت می‌باشد. از سوی دیگر فرض می‌شود K بازار مختلف مصرف وجود دارد که از لحاظ اندازه، کشش قیمتی تقاضا و نیز واکنش به تبلیغات محلی وعمومی با یکدیگر متفاوت اند. این بازارها می‌تواند بصورت استانی در نظر گرفته شود. شکل (۱) ساختار زنجیره تأمین تولید- توزیع مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.

مطابق مفروضات مطالعاتی نظیر (Xie & Neyret, 2009; Yue et al., 2006)، می‌توان تقاضای هر بازار را به شکل زیر در نظر گرفت:

شکل ۱- ساختار زنجیره تامین تولید – توزیع مورد مطالعه



$$D_k(p, a_k, A) = z_k \,.\, g_k(p) \,.\, h_k(a_k, A) \;\; ; \;\; k = 1, \dots, K \qquad (۱)$$

$$p = w \,.\, (1 + r) \qquad (۲)$$

بطوریکه z_k اندازه بازار k ام و توابع $g_k(p)$ و $h_k(a_k, A)$ به ترتیب بیانگر تأثیر قیمت خرده فروشی (p)، هزینه تبلیغات محلی در بازار k ام (a_k) و تبلیغات عمومی (A) بر تقاضای هر بازار می‌باشند.

بر خلاف پیش فرض رایج در بسیاری از مطالعات که تقاضا را تابعی خطی از قیمت فرض نموده اند (Swami & Shah, 2012; Weng, 1995; Xie & Wei, 2009)، در این تحقیق یک تابع غیر خطی با الهام از مفهوم کشش قیمتی تقاضا و مطالعه انجام شده توسط (SeyedEsfahani et al., 2011) برای تعیین ارتباط میان تقاضای هر بازار با قیمت خرده فروشی در نظر گرفته شده است:

$$g_k(p) = (1 - \alpha_k . p)^{1/v_k} \;\; ; \;\; k = 1, \dots, K \qquad (۳)$$

بطوریکه α_k ثابت مثبت و v_k پارامتر شکل منحنی تقاضا در بازار k ام است. همچنین مقادیر $v_k < 1$، $v_k = 1$ و $v_k > 1$ به ترتیب بیانگر تابع تقاضای محدب، خطی و مقعر نسبت به قیمت خرده فروشی می‌باشند. با تنظیم پارامتر v_k برای هر بازار، می‌توان منحنی خاص تقاضای آن بازار را از نظر تقعر، تحدب یا خطی بودن در مدل لحاظ نمود و رفتارهای مختلف مصرف کنندگان را بطور همزمان در قالب یک تابع تقاضای کلی مورد مطالعه قرار داد. بدیهی است جهت جلوگیری از ایجاد تقاضای منفی، باید همواره $p \le \min_{k=1,\dots,K} \left\{ 1/\alpha_k \right\}$ باشد.

جهت مدل سازی اثر تبلیغات از تابع ارائه شده در (Xie & Wei, 2009) استفاده می گردد:

$$h_k(a_k, A) = n_k^1 \sqrt{A} + n_k^2 \sqrt{a_k} \;\; ; \;\; k = 1, \dots, K \qquad (۴)$$

در تابع فوق n_k^1 و n_k^2 ثابت‌های مثبت هستند که به ترتیب بیانگر تاثیر تبلیغات عمومی و تبلیغات محلی بر تقاضای بازار k ام می‌باشند. این رویکرد توسط سایر محققین نیز مورد استفاده قرار گرفته است (SeyedEsfahani et al., 2011; Zhang, Xie, & Chen, 2013).

از آنجاییکه مشتق جزئی مرتبه اول و دوم تابع h_k نسبت به کلیه متغیرهای آن به ترتیب مقداری مثبت و منفی است، تابع مذکور اکیداً صعودی مقعر می‌باشد. این موضوع بدان معناست که عایدی حاصل از افزایش هزینه تبلیغات محلی یا عمومی بطور پیوسته روندی کاهنده دارد. این مفهوم در ادبیات موضوع، اثر اشباعی تبلیغات[1] نامیده می‌شود (Simon & Arndt, 1980). با توجه به توضیحات فوق، تقاضای بازار k ام از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$D_k = z_k\left(1 - \alpha_k\, w\,(1+r)\right)^{1/v_k}\left[n_k^1\sqrt{A} + n_k^2\sqrt{a_k}\right]$$
$$;\quad k = 1,2,\dots,K \qquad (۵)$$

فرض می‌شود مجموع تقاضای بازارها $D_0 = \sum_{k=1}^{K} D_k$ به طور کامل توسط توزیع کننده و تولید کننده برآورده می‌گردد. بدین منظور مجموع تقاضاهای ایجاد شده در بازارها ناشی از تصمیم گیری در حوزه قیمت و تبلیغات نباید از مجموع ظرفیت انبارهای توزیع کننده و ظرفیت تولید کننده (G) بیشتر باشد. بنابراین داریم:

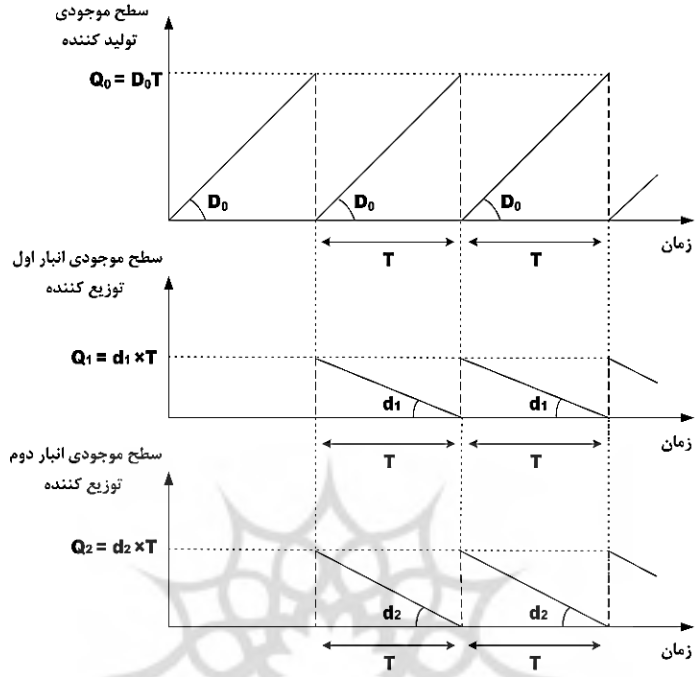
$$D_0 \le min\left\{\sum_{j=1}^{J} b_j\,, G\right\} \qquad (۶)$$

در این تحقیق هزینه نگهداری موجودی توسط تولید کننده و هر یک از انبارهای توزیع کننده به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرض بر آن است که توزیع کننده مجموع تقاضای ایجاد شده در بازارها (D_0) را در دسته‌های Q_0 واحدی تولید و کل دسته تولیدی را متناسب با تقاضای انبارها بطور همزمان به ایشان تحویل می‌دهد. اگر دوره زمانی تولید را T فرض نماییم و تقاضای انبار j ام را با d_j نمایش دهیم، تولیدکننده در هر دوره زمانی مقدار $Q_0 = D_0.T$ واحد کالا را به انبارهای توزیع کننده ارسال می‌نماید که سهم هر انبار از هر دسته تولیدی برابر $Q_j = d_j/D_0$ $(j = 1,\dots,J)$ می‌باشد. سطح موجودی تولید کننده و هر یک از انبارهای توزیع کننده با فرض وجود دو انبار در شکل ۲ نشان داده شده است.

یکی از هزینه‌های مهم در حوزه توزیع کالا و به خصوص زنجیره تامین قطعات یدکی خودرو، هزینه جابه جایی و حمل و نقل می‌باشد. با توجه به این واقعیت که در مطالعه موردی حاضر، فاصله قابل ملاحظه ای میان مراکز عرضه و تقاضا وجود دارد، محاسبه و اعمال این هزینه در تابع سود توزیع کننده

[1] Advertising Saturation Effect

از اهمیت زیادی برخوردار است. در این نوشتار دو نوع هزینه جابه جایی کالا در نظر گرفته می‌شود:



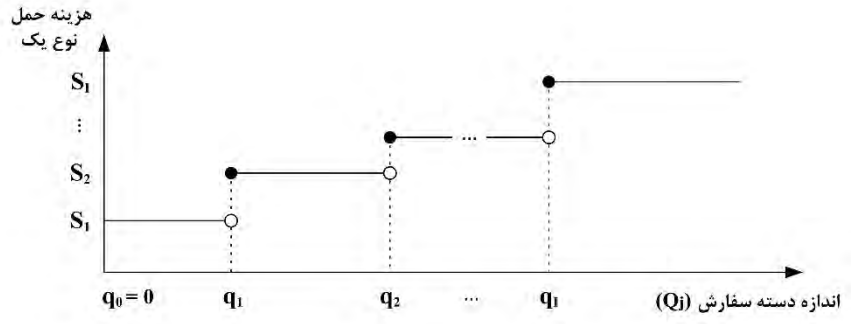
شکل ۲ – نمودار سطوح موجودی تولیدکننده و انبارهای توزیع کننده

۱) هزینه جابه جایی کالا نوع اول: از انبار تولیدکننده به هریک از انبارهای توزیع کننده
۲) هزینه جابجایی کالا نوع دوم: از انبارهای توزیع کننده به هریک از بازارهای مصرف

همچنین فرض می‌گردد مطابق توافق صورت گرفته میان تولیدکننده و توزیع‌کننده، محل تحویل محصول به توزیع‌کننده، انبار تولیدکننده باشد. بنابراین پرداخت هر دو نوع هزینه جابه جایی مذکور برعهده خریدار یعنی توزیع‌کننده خواهد بود. شایان ذکر است توافق مذکور در زنجیره تامین قطعات یدکی کشورمان بسیار رایج می‌باشد.

تولیدکننده در هر نوبت پرسازی مقدار Q_j واحد کالا به انبار j ام توزیع‌کننده ارسال می‌نماید. بنابراین می‌توان فرض نمود هزینه حمل نوع یک تابعی از اندازه محموله (Q_j) است (شکل ۳).

شکل ۳- نمودار سطوح هزینه حمل نوع یک



برای مدل سازی هزینه حمل نوع یک، می‌توان از متغیر نشانگر y_i^j استفاده نمود:

$$y_i^j = \begin{cases} 1 \ ; & q_{i-1} \le Q_j < q_i \quad \text{اگر} \\ 0 \ ; & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

اگر فرض کنیم این سطوح برای کلیه انبارهای توزیع کننده از یک الگوی ثابت و مشترک پیروی نماید، آنگاه برای دستیابی به پاسخی شدنی باید محدودیت‌های ذیل همواره برقرار باشند:

$$q_{i-1}.y_i^j \le Q_j < q_i.y_i^j + M.\left(1 - y_i^j\right) \ ;$$

$$i = 1, \dots, I \ , \ j = 1, \dots, J \ , \ q_0 = 0 \qquad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^{I} y_i^j = 1 \ ; \ j = 1, \dots, J \qquad (۸)$$

پارامتر M در رابطه (۸)، ثابت مثبت بسیار بزرگ فرض شده است. با توجه به تکرار هزینه حمل نوع یک در هر نوبت بازپرسازی انبارها، هزینه حمل نوع یک انبار j ام توزیع‌کننده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$L_j^1 = \frac{1}{T}.\sum_{i=1}^{I} s_i y_i^j \quad ; \ j = 1, \dots, J \qquad (۹)$$

از سوی دیگر توزیع‌کننده برای ارسال هر واحد کالا از انبار j ام خود به بازار k ام، متحمل c_{jk} واحد هزینه جابه‌جایی از نوع دوم می‌گردد. این هزینه می‌تواند تابعی از فاصله انبار تا بازار مورد نظر باشد. اگر مجموع تعداد کالای ارسال شده از انبار j ام توزیع‌کننده به بازار k

ام در دوره برنامه ریزی را برابر x_{jk} فرض کنیم، مجموع هزینه جابه‌جایی کالا نوع دوم انبار j ام توزیع کننده $\left(L_j^2\right)$ بصورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$L_j^2 = \sum_{k=1}^{K} c_{jk}.x_{jk} \;\; ; \;\; j = 1, \dots, J \qquad (۱۰)$$

مسئله کمینه سازی هزینه حمل نوع دو به شرح فوق معادل یک مسئله تخصیص است که در آن مراکز عرضه همان انبارهای توزیع کننده و مراکز تقاضا همان بازارهای مصرف می‌باشند.

$$Min \quad \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} c_{jk}x_{jk}$$

$$St. \quad \sum_{k=1}^{K} x_{jk} \le b_j \;\; ; \;\; j = 1, \dots, J$$

$$\sum_{j=1}^{J} x_{jk} = D_k \;\; ; \;\; k = 1, \dots, K$$

$$x_{jk} \ge 0$$

محدودیت اول بیانگر آن است که مجموع کالای ارسال شده از انبار j ام توزیع‌کننده به کلیه بازارها نباید بیش تر از ظرفیت آن انبار باشد. همچنین مجموع کالای تحویلی از انبارهای توزیع کننده به بازار k ام باید برابر تقاضای آن بازار باشد که این موضوع در محدودیت دوم بیان گردیده است. جدول ۱ فهرست متغیرهای تصمیم مسئله را نشان می‌دهد.

در این نوشتار فرض برآن است که تعیین قیمت عمده فروش، هزینه تبلیغات عمومی، نرخ مشارکت در هزینه تبلیغات محلی و دوره زمانی تولید (بازپرسازی) انبارها بر عهده تولیدکننده بوده و از سوی دیگر کنترل سایر متغیرهای تصمیم شامل نسبت سود خرده فروشی، هزینه تبلیغات محلی در هر بازار، مقدار کالای ارسال شده از هر انبار توزیع کننده به هر بازار و نیز انتخاب یا عدم انتخاب هر سطح هزینه حمل از سوی هر یک از انبارها در اختیار توزیع کننده است. در ادامه بر اساس توضیحات ارائه شده، دو مدل برنامه ریزی دوسطحی مبتنی بر دو سناریوی قدرت ارائه می‌گردد.

جدول ۱- متغیرهای تصمیم مسئله

w	قیمت عمده فروشی
A	هزینه تبلیغات عمومی
T	دوره زمانی تولید (بازپرسازی)
θ	نرخ مشارکت در هزینه تبلیغات محلی
r	نسبت سود خرده فروشی
a_k	هزینه تبلیغات محلی در بازار k ام
x_{jk}	تعداد کالای ارسال شده از انبار j ام توزیع‌کننده به بازار k ام
y_i^j	متغیر نشانگر انتخاب / عدم انتخاب هزینه حمل سطح i ام توسط انبار j ام توزیع‌کننده

مدل تولیدکننده-استکلبرگ

در این مدل تولیدکننده رهبر و توزیع‌کننده پیرو می‌باشد. با در نظر گرفتن بیشینه سازی تابع سود تولیدکننده به عنوان هدف مسئله بهینه سازی سطح بالا و بیشینه سازی تابع سود توزیع‌کننده به عنوان هدف مسئله سطح پایین، مدل برنامه ریزی دو سطحی به صورت ذیل خواهد بود:

$$\max_{A,w,T,\theta} \boldsymbol{\pi_M} = (w-f).D_0 - {}^{1}\!/_{T}.u_M - {}^{D_0T}\!/_{2}.\rho_M.f - A - \theta.\sum_{k=1}^{K} a_k$$

$$\textbf{Subject to: } D_0 \le G$$

$$A \ge 0 \quad , \quad 0 \le \theta \le 1 \quad , \quad \varepsilon \le T \le 1 \quad , \quad w \ge f$$

$$\max_{r,a_k,x_{jk},y_i^j} \boldsymbol{\pi_D} = r.w.D_0 - {}^{1}\!/_{T}.\sum_{j=1}^{J} u_D^j - {}^{w.T}\!/_{2}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} x_{jk}.\rho_D^j - (1-\theta).\sum_{k=1}^{K} a_k - {}^{1}\!/_{T}.\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I} s_i.y_i^j - \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} c_{jk}.x_{jk}$$

$$\textbf{Subject to}: \quad D_0 \le \sum_{j=1}^{J} b_j$$

$$\sum_{k=1}^{K} x_{jk} \le b_j \qquad ; \ j = 1,2,\dots,J$$

$$\sum_{j=1}^{J} x_{jk} = D_k \qquad ; \ k = 1,2,\dots,K$$

$$q_{i-1}.y_i^j \le \sum_{k=1}^{K} x_{jk}.T < q_i.y_i^j + M.\left(1 - y_i^j\right) \ ; \quad i = 1,2,\dots,I \ , \ j = 1,2,\dots,J \ , \ q_0 = 0$$

$$\sum_{i=1}^{I} y_i^j = 1 \qquad ; \ j = 1,2,\dots,J$$

$$r, a_k, x_{jk} \ge 0 \qquad ; \ j = 1,2,\dots,J \ , \ k = 1,2,\dots,K$$

$$y_i^j = 0 \text{ یا } 1 \qquad ; \ i = 1,2,\dots,I \ , \ j = 1,2,\dots,J$$

سود تولیدکننده از تفریق هزینه‌های آماده‌سازی، نگهداری موجودی، تبلیغات عمومی و مشارکت در تبلیغات محلی از درآمد وی حاصل می‌گردد. همچنین سود توزیع کننده برابر درآمد وی پس از کسر هزینه‌های سفارش دهی، نگهداری موجودی، تبلیغات محلی و هزینه حمل نوع یک و دو است.

همانگونه که از ساختار مدل مشخص می‌باشد، مسئله بهینه سازی سطح دو (توزیع‌کننده) در جایگاه یکی از محدودیت‌های مسئله سطح یک (تولیدکننده) قرار گرفته است.

مدل توزیع کننده – استکلبرگ

با انتقال قدرت از تولیدکننده به توزیع‌کننده و تعویض نقش‌هابه مدل توزیع کننده – استکلبرگ می‌رسیم که در آن توزیع‌کننده رهبر زنجیره بوده و توزیع کننده پیرو می‌باشد:

$$\max_{r,a_k,x_{jk},y_i^j} \boldsymbol{\pi_D} = r.w.D_0 - {}^1\!/_T \cdot \sum_{j=1}^{J} u_D^j - w.{}^T\!/_2 \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} x_{jk}\,.\,\rho_D^j$$
$$- (1-\theta).\sum_{k=1}^{K} a_k - {}^1\!/_T \cdot \sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I} s_i.y_i^j - \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} c_{jk}.x_{jk}$$

$$\textbf{Subject to}: \quad D_0 \le \sum_{j=1}^{J} b_j$$

$$\sum_{k=1}^{K} x_{jk} \le b_j \qquad ;\ j = 1,2,\dots,J$$

$$\sum_{j=1}^{J} x_{jk} = D_k \qquad ;\ k = 1,2,\dots,K$$

$$q_{i-1}.y_i^j \le \sum_{k=1}^{K} x_{jk}.T < q_i.y_i^j + M.\left(1-y_i^j\right) \qquad ;$$
$$i = 1,2,\dots,I\ ,\ j = 1,2,\dots,J\ ,\ q_0 = 0$$

$$\sum_{i=1}^{I} y_i^j = 1 \qquad ;\ \ j = 1,2,\dots,J$$

$$r, a_k, x_{jk} \ge 0 \ ;\ j = 1,2,\dots,J\ ,\ \ k = 1,2,\dots,K$$

$$y_i^j = 0 \text{ یا } 1 \qquad ;\ i = 1,2,\dots,I\ ,\ \ j = 1,2,\dots,J$$

$$\max_{A,w,T,\theta} \boldsymbol{\pi_M}$$
$$= (w-f).D_0 - {}^1\!/_T\,.u_M - {}^{D_0T}\!/_2\,.\rho_M.f - A$$
$$- \theta.\sum_{k=1}^{K} a_k$$

$$\textbf{Subject to}: \ D_0 \le G$$
$$A \ge 0 \quad ,\quad 0 \le \theta \le 1 \quad ,\quad \varepsilon \le T \le 1 \quad ,\quad w \ge f$$

پارامترهای هر دو مدل برنامه ریزی دو سطحی فوق ، قطعی در نظرگرفته شده و با استفاده از نظر نخبگان منتخب در صنعت تولید و توزیع قطعات یدکی کشورمان تعیین می‌گردد. در خصوص آن دسته از پارامترهایی که به رفتار بازارهای مصرف مربوط می‌شود نیز نظر فعالان آن بازارها در تعیین مقادیر پارامترها لحاظ گردیده است.

جواب بهینه مسائل برنامه ریزی دو سطحی تعادل استکلبرگ گفته می‌شود. با توجه به وجود توابع غیر خطی در اهداف و محدودیت‌های دو مدل ارائه شده و نیز پیچیدگی حل مسائل برنامه ریزی دوسطحی که در ساده ترین حالت خود (توابع هدف و محدودیت‌های خطی) در گروه مسائل NP-Hard قرار می‌گیرند، دو الگوریتم فراابتکاری با ساختار سلسله مراتبی جهت حل مدل‌های برنامه ریزی دو سطحی، در بخش بعد توسعه می‌یابد.

الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یکی از مهم ترین تکنیک‌های جستجوی تصادفی مبتنی بر تکامل تدریجی است که با بهره گیری از اصول فرآیندهای ژنتیک در ارگانیسم‌های بیولوژیکی طراحی گردیده است. از ویژگی‌های این الگوریتم فراابتکاری، عدم نیاز به برقراری شرایط خاص نظیر مشتق پذیری و محدب بودن تابع هدف و محدودیت‌های مسئله است (Oduguwa & Roy, 2002) .

با تکیه بر این ویژگی‌های ممتاز، در نوشتار حاضر دو الگوریتم ژنتیک سلسله مراتبی جهت حل مدل‌های برنامه ریزی دوسطحی توسعه می‌یابد. هر الگوریتم ژنتیک سلسله مراتبی شامل دو الگوریتم ژنتیک یکی برای مسئله سطح بالا و دیگری جهت حل مسئله سطح پایین است که به یکدیگر مرتبط می‌باشند.در هر تکرار از الگوریتم ژنتیک سطح بالا، الگوریتم ژنتیک سطح پایین بطور کامل اجرا شده و پاسخ نهایی مسئله سطح پایین جهت ادامه اجرای الگوریتم سطح بالا اعلام می‌گردد.

نمایش جواب‌ها

نحوه نمایش جواب در مسئله تولیدکننده و توزیع کننده در شکل ۴ نشان داده شده است. مسئله توزیع کننده دارای چهار مجموعه متغیر تصمیم است که می‌توان دو مجموعه x_{jk} و

y_i^j را بر اساس دو مجموعه اول یعنی r و a_k محاسبه نمود.

تولیدکننده :

w	A	T	θ

توزیع کننده:

r	a_1	a_2	...	a_k	...	a_K

شکل ۴ - نحوه نمایش جواب‌ها

تولید جواب‌های تصادفی

رویکرد نوشتار حاضر در برخورد با محدودیت‌های موجود، تحلیل ماهیت و یافتن روابط میان متغیرهای تصمیم است به نحوی که با تعیین حدود مجاز برای هر متغیر تصمیم، از تولید جواب‌های خارج از فضای شدنی جلوگیری گردد. روابط (۱۱) و (۱۲) دو محدودیت اصلی مدل‌های بهینه سازی ارائه شده به شمار می‌روند.

$$w.(1+r) \leq \min_{k=1,\dots,K}\left\{\frac{1}{\alpha_k}\right\} \quad (۱۱)$$

$$\sum_{k=1}^{K} z_k(1-\alpha_k.p)^{1/v_k}\left[n_k^1\sqrt{A}+n_k^2\sqrt{a_k}\right] \leq min\left\{\sum_{j=1}^{J} b_j, G\right\} \quad (۱۲)$$

مدل تولیدکننده - استکلبرگ

اگر فرض کنیم حداقل نسبت سود خرده فروشی مورد انتظار برای توزیع کننده برابر $MAMD$[1] باشد، آنگاه حدود مجاز متغیر w و A با توجه به رابطه (۱۱) و (۱۲) بصورت زیر خواهد بود:

$$f \leq w \leq \frac{\min_{k=1,\dots,K}\{1/\alpha_k\}}{1+MAMD}$$

[1] Minimum Attractive Margin of Distributer

(۱۳)

$$0 \le A \le \left(\frac{min\{\sum_{j=1}^{J} b_j, G\}}{\sum_{k=1}^{K} z_k (1-\alpha_k . p_{max})^{1/v_k} . n_k^1} \right)^2 \; ; \; p_{max} = \min_{k=1,\dots,K} \{ 1/\alpha_k \}$$

(۱۴)

همچنین مشابه مدل‌های ارائه شده $\varepsilon \le T \le 1$ و $0 \le \theta \le 1$ می‌باشد. پس از تعیین مقادیر w و A در هر تکرار الگوریتم سطح یک، حد بالای r از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$r_U = \frac{\min_{k=1,\dots,K} \{ 1/\alpha_k \}}{w} - 1$$

(۱۵)

جهت محاسبه حد پایین r و بر اساس رابطه (۱۲)، تابع $f(r)$ را بصورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$f(r) = min \left\{ \sum_{j=1}^{J} b_j \, , G \right\} - \sum_{k=1}^{K} z_k \left(1 - \alpha_k . w \, (1+r)\right)^{1/v_k} n_k^1 . \sqrt{A}$$

(۱۶)

با توجه به حد بالای تعریف شده در گام قبل می‌توان نتیجه گرفت مشتق تابع $f(r)$ به جز در نقطه $r = r_U$ همواره مقداری مثبت می‌باشد:

$$f'(r) = \sum_{k=1}^{K} \frac{\alpha_k . w}{v_k} . z_k . n_k^1 \sqrt{A} \left(1 - \alpha_k . w \, (1+r)\right)^{1/v_k - 1} \ge 0$$

(۱۷)

با توجه به اکیداً صعودی بودن تابع $f(r)$ می‌توان از روش نیوتون - رافسون[1] جهت تعیین حد پایین r استفاده نمود.

به این ترتیب با فرض $r_0 = r_U$ و اجرای الگوریتم تا برقراری شرایط توقف، مقدار تقریبی ریشه تابع $f(r)$ به دست می‌آید. چنانچه مقدار ریشه را با $\tilde{r}$ نمایش دهیم، حد پایین متغیر تصمیم r بصورت زیر تعیین می‌گردد:

[1] Newton-Raphson Method

$$r_L = max\{\tilde{r}, MAMD\} \quad (۱۸)$$

برخلاف متغیرهای تولیدکننده (سطح یک)، متغیرهای توزیع کننده (سطح دو) شامل r و a_k از استقلال در کسب مقدار برخوردار نیستند. یعنی مقدار اتخاذ شده از سوی هر یک از آنها، روی حدود بالا و پایین سایر متغیرها تاثیرگذار است. بنابراین مقداردهی آزادانه به آنها می‌تواند منجر به عدم برقراری محدودیت (۱۲) گردد.

براین اساس ابتدا مقدار متغیر تصمیم r بطور تصادفی در محدوده مجاز تعیین شده $r \in [r_L, r_U]$ تولید می‌گردد. سپس یکی از بازارها به طور تصادفی انتخاب گردیده و حد بالای a_k بر اساس محدودیت (۱۲) محاسبه می‌شود. مقدار متغیر a_k در بازه محاسبه شده بطورتصادفی تولید می‌شود و این روند تا تخصیص مقدار به کلیه a_kها ادامه می‌یابد.

مدل توزیع‌کننده – استکلبرگ

بر اساس رابطه (۱۱) و با فرض حداقل نسبت سود عمده فروشی مورد انتظار تولیدکننده برابر $MAMM$[1] داریم:

$$0 \le r \le \frac{min_{k=1,\dots,K}\{1/\alpha_k\}}{f.(1+MAMM)} - 1 \quad (۱۹)$$

با داشتن مقدار r، می‌توان مقادیر متغیرهای a_k را مشابه الگوریتم ارائه شده در بخش قبل تعیین نمود. در الگوریتم فوق مقدار p جهت تضمین برقراری رابطه (۱۲) در الگوریتم ژنتیک سطح دو همزمان با مقدارگیری متغیر w، برابر حد پایین خود قرار می‌گیرد:

$$p = p_L = w_L.(1+r) \quad , \quad w_L = f.(1+MAMM)$$

بر اساس توضیحات بخش قبل و به منظور تضمین برقراری روابط (۱۱) و (۱۲)، حدود مجاز متغیرهای تصمیم تولید کننده بصورت زیرتعیین می‌گردد:

$$f.(1+MAMM) \le w \le \frac{\min_{k=1,\dots,K}\{1/\alpha_k\}}{1+r} \quad (۲۰)$$

[1] Minimum Attractive Margin of Manufacturer

$$0 \leq A \leq \left(\frac{min\{\sum_{j=1}^{J} b_j \ , G\} - \sum_{k=1}^{K} z_k \left(1 - \alpha_k . w . (1+r)\right)^{1/v_k} n_k^2 . \sqrt{a_k}}{\sum_{k=1}^{K} z_k \left(1 - \alpha_k . w . (1+r)\right)^{1/v_k} n_k^1} \right)^2 \quad (۲۱)$$

$$\theta \epsilon [0,1] \quad \text{و} \quad T \epsilon [\varepsilon, 1] \quad (۲۲)$$

محاسبه برازندگی جواب‌ها

از آنجائیکه تابع برازندگی جنبه مثبت داشته و افزایش مقدار آن مطلوب نظر می‌باشد، توابع هدف مسائل سطح یک و دو که معادل سود کسب شده توسط اعضا است به عنوان توابع برازندگی الگوریتم‌های ژنتیک در نظر گرفته می‌شود. جهت ارزیابی جواب‌های تولید شده در مسئله سطح یک، باید ابتدا مقادیر متغیرهای تصادفی مسئله سطح دو تعیین گردد. به این منظور، الگوریتم ژنتیک سطح یک در مرحله محاسبه برازندگی جواب، وارد الگوریتم ژنتیک سطح دو شده و مقادیر بهینه (نزدیک به بهینه) متغیرهای تصادفی مسئله سطح دو با داشتن مقادیر متغیرهای تصمیم مسئله سطح یک و با اجرای کامل الگوریتم ژنتیک سطح دو به دست می‌آید.

با توجه به آنکه هرجواب از مسئله توزیع کننده حاوی مقادیر متغیرهای r و a_k است، مقدار متغیرتصادفی x_{jk} با حل مسئله تخصیص (یا حمل و نقل که در بخش‌های قبلی تشریح گردید) تعیین می‌شود.

این مسئله بهینه سازی که قسمتی از تابع هدف و محدودیت‌های مدل‌های استکلبرگ می‌باشد، خطی بوده و در هر بار ارزیابی جواب در الگوریتم ژنتیک سطح دو با استفاده از توابع بهینه سازی خطی نرم افزار متلب حل می‌گردد. با تعیین مقادیر x_{jk}، مقادیر بهینه y_i^j نیز از روابط (۷) و (۸) محاسبه می‌شود.

عملگر انتخاب

در الگوریتم‌های ژنتیک سطح یک و دو توسعه یافته در هر دو مدل استکلبرگ از روش چرخ رولت[1] با در نظر گرفتن فشار انتخاب[2] جهت انتخاب کروموزم‌های والد در عملگر ترکیب و از روش انتخاب تصادفی به منظور انتخاب کروموزوم والد در عملگر جهش استفاده می‌گردد.

مفهوم فشار انتخاب به معنای میزان مطلوبیتی است که یک جواب بهتر (با برازندگی بیشتر) ایجاد می‌نماید. هرچه مقدار این پارامتر بیشتر باشد، مطلوبیت جواب‌های با برازندگی زیاد بیشتر و مطلوبیت جواب‌های با برازندگی کم، کمتر خواهد بود (Sivanandam & Deepa, 2007).

از آنجاییکه همگرایی الگوریتم ژنتیک به طور قابل ملاحظه ای به پارامتر فشار انتخاب وابسته است، انتخاب مقدار مناسب برای این پارامتر از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. اگر مقدار پارامتر مذکور کم در نظر گرفته شود، همگرایی الگوریتم طولانی شده و زمان غیرضروری جهت دستیابی به پاسخ صرف می‌گردد. چنانچه مقدار پارامتر زیاد انتخاب شود، الگوریتم دچار همگرایی زودرس[3] شده و در دام بهینه‌های محلی خواهد افتاد (Sivanandam & Deepa, 2007). اگر پارامتر فشار انتخاب را با β $(\beta \geq 0)$ نمایش دهیم، احتمال انتخاب جواب i ام جمعیت از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Pr(i) = \frac{Fit(i)^{\beta}}{\sum_{i=1}^{nPop} Fit(i)^{\beta}} \quad ; \quad i = 1, \dots, nPop$$

$nPop$ تعداد جواب‌های جمعیت و $Fit(i)$ مقدار برازندگی جواب i ام می‌باشد. بدیهی است:

$$Pr(i) = \begin{cases} \frac{1}{nPop} & ; \quad \text{اگر } \beta = 0 \\ 1 & ; \quad \text{اگر } \beta = \infty \text{ و جواب } i \text{ ام بهترین جواب جمعیت باشد} \\ 0 & ; \quad \text{اگر } \beta = \infty \text{ و جواب } i \text{ ام بهترین جواب جمعیت نباشد} \end{cases}$$

[1] Roulette Wheel
[2] Selection Pressure
[3] Premature Convergence

عملگر ترکیب

در هر تکرار از الگوریتم ژنتیک تعداد N_c جواب از جمعیت قبل با استفاده از روش چرخ رولت جهت ترکیب انتخاب می‌گردد. اگر احتمال ترکیب که یکی از پارامترهای الگوریتم ژنتیک است را با P_c نمایش دهیم، N_c از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$N_c = 2 \times \left\lceil \frac{P_c \,.\, nPop}{2} \right\rceil$$

در این نوشتار از یک نوع عملگر ترکیب حسابی[1] که ترکیبی خطی از کروموزوم‌های والد است جهت تولید کروموزوم‌های فرزند استفاده می‌گردد. اگر کروموزوم‌های والد X و Y هر کدام متشکل از n مولفه (ژن) را بصورت ذیل نمایش دهیم:

X:	x_1	x_2	x_3	...	x_n
Y:	y_1	y_2	y_3	...	y_n

کروموزوم‌های فرزند از رابطه زیر تولید می‌شوند (Köksoy & Yalcinoz, 2008):

$$x_i^{new} = \lambda . x_i + (1 - \lambda) . y_i \quad ; \quad i = 1, \dots, n$$
$$y_i^{new} = (1 - \lambda) . x_i + \lambda . y_i \quad ; \quad i = 1, \dots, n$$

λ عدد ثابت مثبت است که در هر مرحله پیاده سازی عملگر ترکیب حسابی بصورت تصادفی تولید می‌گردد. بدیهی است چنانچه $0 \leq \lambda \leq 1$ باشد، هر یک از ژن‌های کروموزوم فرزند مقداری بین مقادیر ژن‌های متناظر در کروموزوم‌های والد خود را اختیار خواهد نمود.

در این نوشتار به منظور افزایش تنوع بخشی[2] به جواب‌های جدید، مقدار λ بطور تصادفی در بازه $[-\gamma, 1 + \gamma]$ تولید می‌گردد $(\gamma \geq 0)$. با انتخاب γ بزرگتر، امکان تولید مقادیر کمتر یا بیشتر

[1] Arithmetic Operator
[2] Diversification

از کروموزوم‌های والد فراهم شده و تنوع جواب‌های تولید شده افزایش می‌یابد.از عملگر ترکیب فوق در الگوریتم‌های ژنتیک سطح یک و دو در هر دو مدل استکلبرگ استفاده می‌گردد.

عملگر جهش

در هر تکرار از الگوریتم ژنتیک تعداد N_m جواب از جمعیت قبل با استفاده از روش انتخاب تصادفی جهت اعمال جهش برگزیده می‌شوند. اگر احتمال جهش که یکی از پارامترهای الگوریتم ژنتیک است را با P_m نمایش دهیم، N_m از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$N_m = \lceil P_m \,.\, nPop \rceil$$

عملگر جهش روی $n_m = n \,.\, \psi_m$ مولفه از n مولفه (ژن) تشکیل دهنده کروموزوم والد منتخب تاثیرگذار می‌باشد. در این رابطه ψ_m نرخ تأثیر جهش است $(0 \le \psi_m \le 1)$ که از پارامترهای الگوریتم ژنتیک محسوب می‌گردد.

مقدار مولفه i ام از کروموزوم والد منتخب (x_i) طی فرآیند جهش تغییر نموده و مقدار تصادفی جدیدی به آن تخصیص می‌یابد. مقدار جدید مولفه i ام کروموزوم والد منتخب (x_i^{new}) از توزیع نرمال با میانگین x_i و واریانس σ^2 تعیین می‌گردد($(x_i^{new} \sim N(x_i, \sigma^2)$).

σ انحراف معیار یا طول گام جهش است که متناسب با عرض فضای جستجو تعیین می‌گردد:

$$\sigma = \mu \times \left(\bar{x}_i - \underline{x}_i\right)$$

در رابطه فوق μ، ضریب ثابت مثبت بین صفر و یک $(0 < \mu < 1)$ و $\underline{x_i}$ و $\bar{x}_i$ به ترتیب حداقل و حداکثر مقدار مجاز مولفه i ام کروموزوم والد است. هر چه طول گام جهش (σ) بلندتر باشد، تنوع بخشی افزایش و تمرکزدهی[1] کاهش می‌یابد و برعکس. در الگوریتم‌های ژنتیک ارائه شده جهت حل مدل‌های استکلبرگ از عملگر جهش فوق با μ = ۰,۱ استفاده گردیده است.

[1] Intensification

اصلاح جواب‌های تولید شده

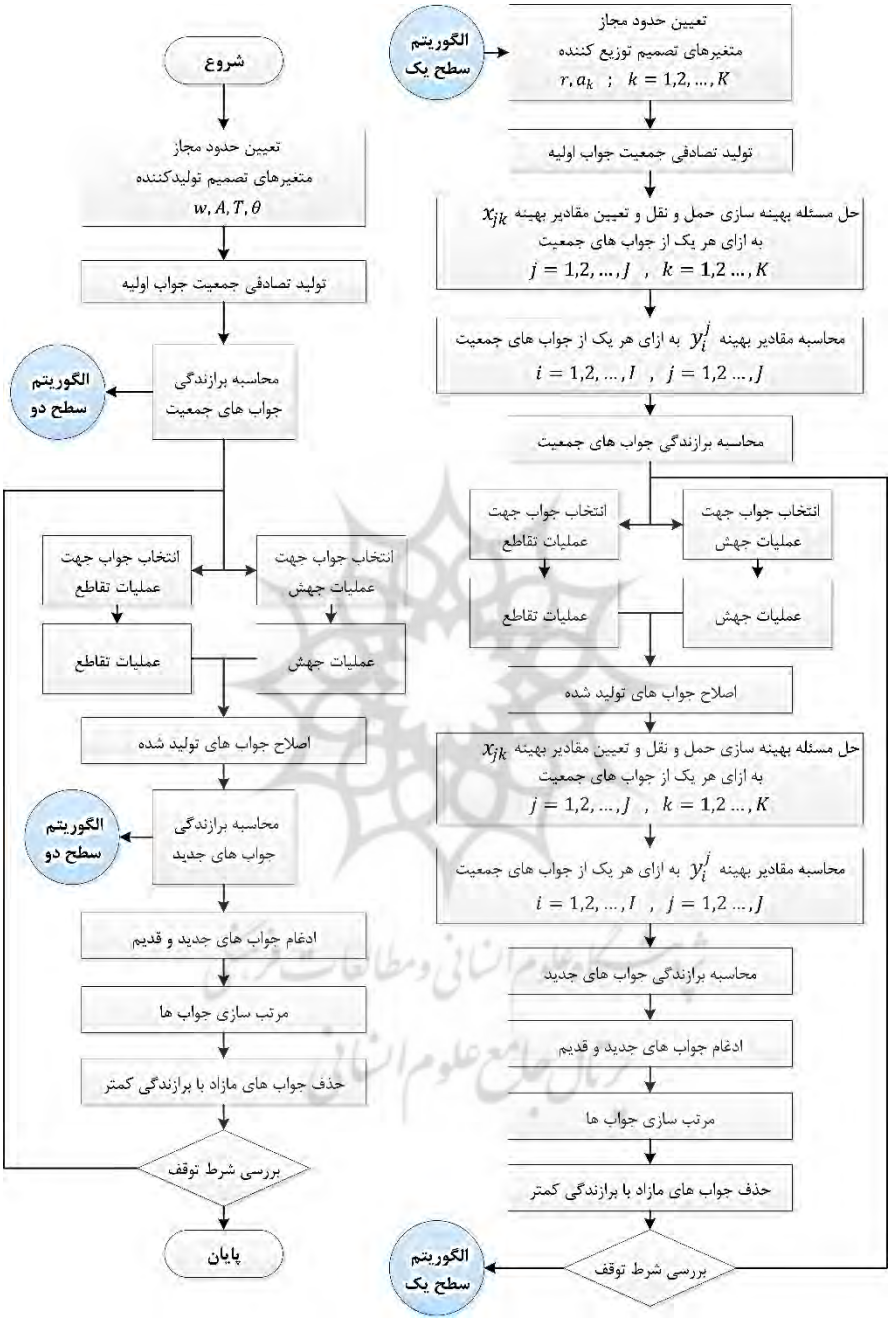
کلیه متغیرهای تصمیم به جز a_k در چارچوب حدود محاسبه شده در بخش قبل تحدید می‌شوند. جهت اصلاح مقادیر متغیرهای a_k نیز، ابتدا یکی از بازارها بطور تصادفی انتخاب و مقدار a_k آن در ثابت ۰,۹۹ ضرب می‌گردد. این روند تا برقراری رابطه (۱۵) ادامه می‌یابد. در محاسبه مقدار رابطه مذکور، $A = 0$ و $W = W_L = f.(1 + MAMM)$ فرض می‌گردد.

تشکیل جمعیت جدید و توقف الگوریتم

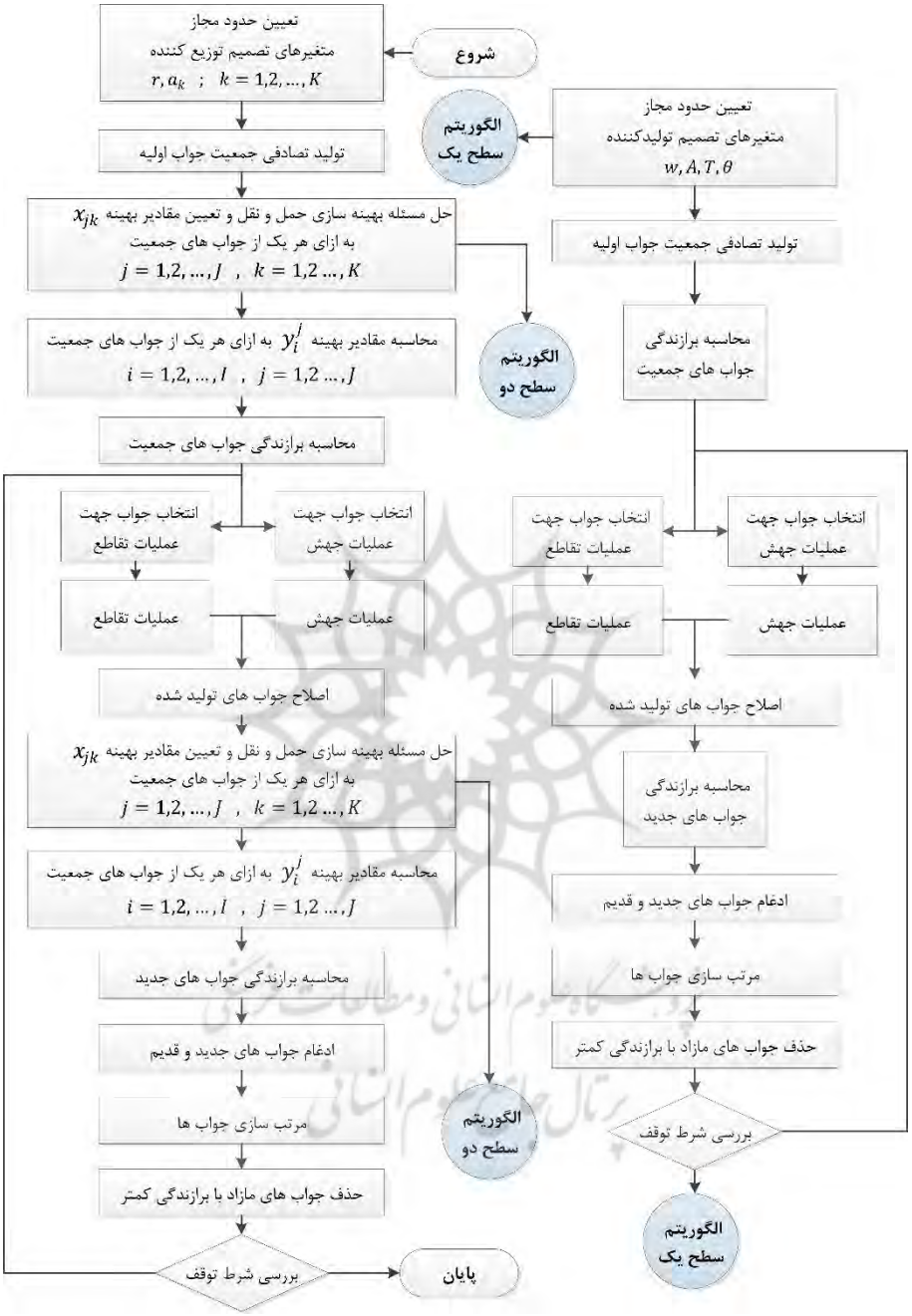
نسل جدید از جواب‌ها در کلیه الگوریتم‌های ژنتیک توسعه داده شده بر اساس رویکرد نخبه گرایی[1] (ادغام جواب‌های قدیم و جدید و انتخاب $nPop$ جواب بهتر) شکل می‌گیرد.
همچنین شرط توقف در کلیه الگوریتم‌ها رسیدن به تعداد تکرار (Max_It) مشخص است که این تعداد جزء پارامترهای الگوریتم ژنتیک محسوب می‌گردد.
مراحل الگوریتم‌های ژنتیک سلسله مراتبی توسعه داده شده برای هر یک از مدل‌های استکلبرگ به ترتیب در نمودار ۵ و ۶ آمده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] Elitism



شکل ۵ - قدم‌های الگوریتم ژنتیک سلسله مراتبی در مدل تولید کننده - استکلبرگ



شکل ۶- قدم‌های الگوریتم ژنتیک سلسله مراتبی در مدل توزیع کننده - استکلبرگ

جهت تنظیم پارامترهای موجود در چهار الگوریتم ژنتیک توسعه یافته از روش طراحی آزمایش‌ها استفاده می‌گردد. جدول ۲ سطوح در نظر گرفته شده برای پارامترها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- سطوح پارامترها

نام پارامتر	$nPop$	Max_{It}	β	p_c	γ	p_m	Ψ_m
سطح ۱	۳۰	۵۰	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۴۵	۰/۴
سطح ۲	۴۰	۸۰	۱/۵	۰/۶	۱	۰/۵۵	۰/۵
سطح ۳	۵۰	۱۰۰	۲	۰/۷	۱/۵	۰/۶	۰/۶

نتایج پیاده سازی یک طرح عاملی کامل شامل 7^3 ترکیب آزمایشی با دو تکرار در هر ترکیب و مقادیر مناسب پارامترها در جدول ۳ آمده است. با توجه به آنکه الگوریتم‌های ژنتیک سطح دو به مقادیر متغیرهای تصمیم الگوریتم سطح بالاتر وابسته اند، در هر یک از آزمایش‌ها مقادیر فوق با حفظ روابط مسئله به صورت تصادفی تولید و در اختیار الگوریتم‌های سطح دو قرار می‌گیرند.

جدول ۳- نتیجه تنظیم پارامتر الگوریتم‌های ژنتیک

نام پارامتر	مدل تولید کننده – استکلبرگ		مدل توزیع کننده – استکلبرگ	
	سطح یک	سطح دو	سطح یک	سطح دو
$nPop$	۴۰	۵۰	۳۰	۳۰
Max_It	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
β	۱/۵	۱	۱/۵	۱/۵
P_c	۰/۷	۰/۷	۰/۶	۰/۷
γ	۱	۱/۵	۱/۵	۱/۵
P_m	۰/۵۵	۰/۶	۰/۵۵	۰/۵۵
Ψ_m	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶

آزمایش‌های محاسباتی

در این بخش نتایج حل یک نمونه مسئله در قالب یک مثال عددی بطور کامل ارائه می‌گردد و سپس پانزده نمونه مسئله در قالب سه مسئله آزمایشی تعریف و نتایج حل آنها با یکدیگر مقایسه خواهد گردید. جهت تحلیل نتایج در این بخش سه مسئله آزمایشی بر اساس تعداد انبارها (J) و تعداد بازارها (K) طراحی و برای هر یک، پنج نمونه مسئله با پارامترهای تصادفی در نظر گرفته می‌شود. جدول ۴ حدود مشخص شده جهت تولید تصادفی مقادیر پارامترها را نشان می‌دهد. این حدود بر اساس نظر برخی از نخبگان فعال در حوزه تولید و توزیع قطعات یدکی خودرو در کشورمان تعیین گردیده است. از آنجائیکه نوع قطعه یدکی مورد بررسی از لحاظ ارزش، وزن، ابعاد، ضریب مصرف و کاربرد در خودرو روی مقادیر پارامترهای مسئله تأثیرگذار است، مجموعه بوش و پیستون موتور خودرو در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته است.

جدول ۴ – مقادیر پارامترهای مسئله در نمونه مسائل آزمایشی

مسئله تولیدکننده		مسئله توزیع کننده		بازارها	
پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
f	U (۱۵۰ و ۵۰)	b_j	U (۱ و ۴) × $۱۰^{۵}$	z_k	U (۱۰ و ۵۰) × $۱۰^{۳}$
ρ_M	۰/۰۲	ρ_D^j	۰/۰۲	α_k	U (۳/۵ و ۴/۵) × $۱۰^{-۳}$
μ_M	U (۲ و ۵) × $۱۰^{۳}$	μ_D^j	U (۳۰۰ و ۷۰۰)	v_k	U (۰/۵ و ۱/۵)
G	U (۳ و ۵) × $۱۰^{۵}$	c_{jk}	U (۰ و ۵)	n_k^1	U (۰ و ۰/۵)
$MAMM$	٪ ۵	$MAMD$	٪ ۵	n_k^2	U (۰ و ۰/۵)
		q_i	(۲۵۰۰۰ /۱۵۰۰۰)		
		s_i	(۲۴۰۰ /۱۸۰۰ /۱۰۰۰)		

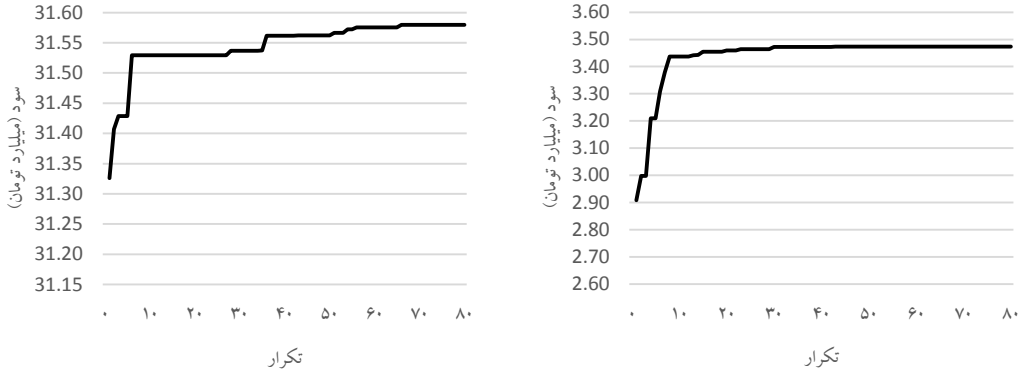
به عنوان یک مثال عددی، نمونه مسئله اول از مسئله آزمایشی شماره یک با داده‌های مندرج در جدول ۵ به کمک دو الگوریتم سلسله مراتبی توسعه داده شده حل گردید که نمودارهای همگرایی هر یک از چهار الگوریتم ژنتیک مربوطه در شکل‌های ۷ و ۸ آمده است.

همچنین مقادیر متغیرهای تصمیم تولیدکننده و توزیع کننده در جدول ۶ ارائه گردیده است. در حوزه قیمت گذاری، اگرچه قیمت خرده فروشی به بازارها در هر دو مدل استکلبرگ یکسان و برابر ۲۲۲،۰۰۰ تومان می‌باشد ولیکن قیمت فروش تولیدکننده و نسبت سود خرده فروشی توزیع کننده وقتی رهبر زنجیره باشند بیشتر می‌باشد. نکته دیگر آنکه در مدل تولیدکننده – استکلبرگ، نسبت سود خرده فروشی توزیع کننده در حداقل مقدار مجاز خود یعنی $MAMD$ قرار گرفته است.

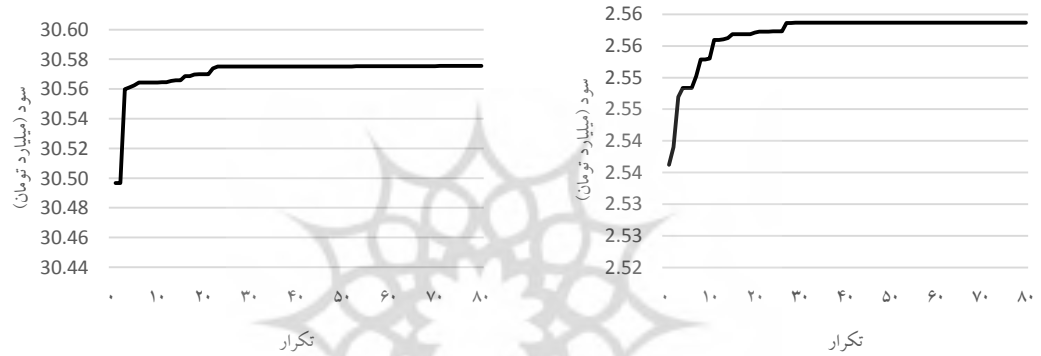
از دیدگاه تبلیغات، نرخ مشارکت تولیدکننده در هزینه تبلیغات محلی (θ) در مدل‌های استکلبرگ به ترتیب صفر و ۷۱/۲ ٪ می‌باشد. این موضوع به معنای آن است که تولیدکننده در جایگاه رهبر تمایلی به مشارکت در هزینه تبلیغات محلی نداشته و سود خود را از طریق افزایش قیمت بیشینه نموده است. در حوزه مدیریت موجودی، دوره تولید (بازپرسازی) در مدل تولیدکننده – استکلبرگ طولانی تر است. از آنجاییکه مطابق مفروضات مدل، کنترل این متغیر بر عهده تولیدکننده می‌باشد و وی تمایل زیادی به طولانی نمودن دوره، افزایش اندازه دسته تولیدی و کاهش دفعات بازپرسازی انبارهای توزیع کننده دارد، مقدار متغیر مذکور در مدل تولیدکننده – استکلبرگ بیشتر است.

جدول ۵ – مقادیر پارامترهای نمونه مسئله یک از مسئله آزمایشی اول

مسئله تولیدکننده		مسئله توزیع کننده		بازارها	
پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
f	۱۳۵	b_1 و b_2	۳۰۰ / ۲۰۰ × 10^3	z_1 و z_2 و z_3	۶۵ و ۴۰ و ۸۰ × 10^3
ρ_M	۰/۰۲	ρ_D^1 و ρ_D^2	۰/۰۲	α_1 و α_2 و α_3	۴ و ۴/۵ و ۳/۵ × 10^{-3}
μ_M	۳۰۰۰	μ_D^1 و μ_D^2	۳۵۰ و ۴۰۰	v_1 و v_2 و v_3	۰/۸ و ۱ و ۱/۳
G	۴۰۰،۰۰۰	c_{11} و c_{21}	۲ و ۲	n_1^1 و n_2^1 و n_3^1	۰/۵ و ۰/۴ و ۰/۴۵
$MAMM$	٪ ۵	c_{12} و c_{22}	۴ و ۱	n_1^2 و n_2^2 و n_3^2	۰/۲ و ۰/۳ و ۰/۱
		c_{13} و c_{23}	۱ و ۳		
		$MAMD$	٪ ۵		
		q_1 و q_2 و q_3	(۰/۱۵/۲۵) × 10^3		
		s_1 و s_2 و s_3	(۱ /۱،۸/ ۲،۴) × 10^3		



شکل۷ - همگرایی الگوریتم‌های سطح یک (چپ) و سطح دو (راست) در مدل تولید کننده استکلبرگ



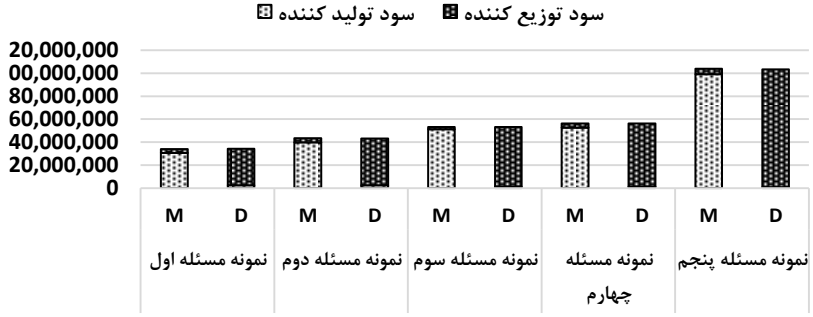
شکل ۸ - همگرایی الگوریتم‌های سطح یک (چپ) و سطح دو (راست) در مدل توزیع کننده استکلبرگ

از دیدگاه لجستیک نیز تخصیص بهینه تقاضای بازارها به انبارهای توزیع کننده در هر یک از مدل‌های استکلبرگ و سطوح هزینه حمل نوع یک مشخص گردیده است.

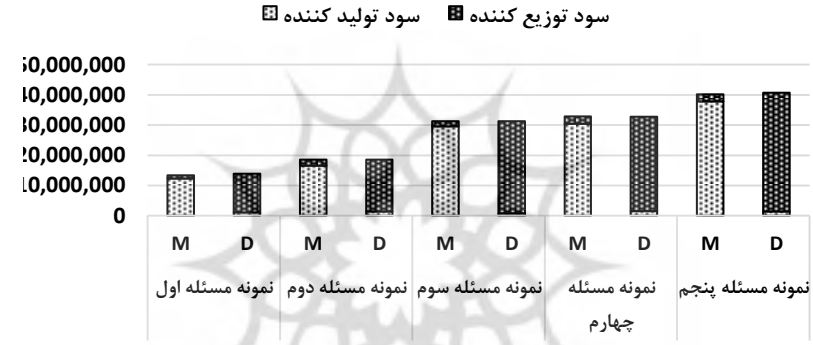
مطابق نتایج بدست آمده، سود سیستم در دو مدل استکلبرگ تقریباً با یکدیگر برابر است ولیکن سهم هر یک از اعضا هنگامی که رهبر زنجیره باشند به طور قابل ملاحظه ای بیشتر می‌باشد.

با حل مدل‌های تولیدکننده - استکلبرگ و توزیع کننده - استکلبرگ در هر یک از نمونه مسائل با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک سلسله مراتبی، سود تولید کننده و توزیع کننده و نیز سود کل سیستم مورد محاسبه قرار می‌گیرد که نتایج در جدول ۷ آمده است.

همانگونه که در جدول ۷ مشخص می‌باشد، سود سیستم در دو مدل استکلبرگ به طور تقریبی با یکدیگر برابراند. نمودارهای موجود در شکل‌های ۹ تا ۱۱ سهم سود کسب شده توسط هر یک از اعضا در نمونه مسائل آزمایشی اول تا سوم را نمایش می‌دهد.



شکل ۹ - مقایسه سود تولیدکننده و توزیع کننده در دو مدل استکلبرگ در مسئله آزمایشی اول



جدول ۶ – نتایج حل نمونه مسئله یک از مسئله آزمایشی اول

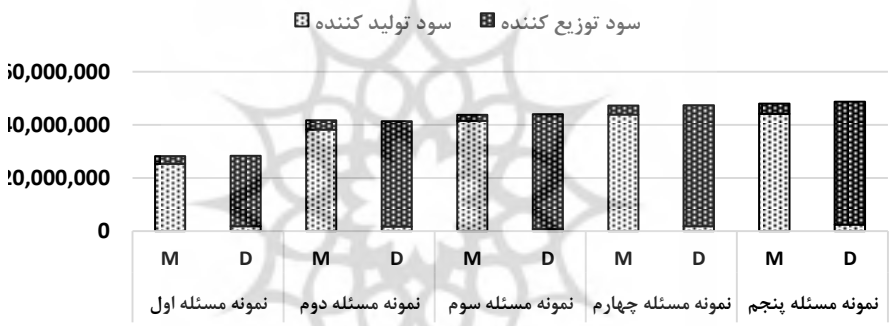
سطح	متغیر تصمیم	مقدار متغیر تصمیم	
		مدل تولیدکننده – استکلبرگ	مدل توزیع کننده – استکلبرگ
تولید کننده	w	۲۱۱/۶۴۰	۱۴۱/۶۶۰
	A	۳/۶۴۴	صفر
	T	۰/۰۷۸	۰/۰۵۷
	θ	صفر	٪ ۷۱/۲
	π_M	۳۰،۵۷۵،۴۸۷	۲،۵۵۸،۶۴۵
توزیع کننده	r	٪ ۵	٪ ۵۶/۷۱
	a_1 و a_2 و a_3	۲۶،۴۰۱ و ۰ و ۱،۱۵۴	۳۳،۷۷۵ و ۱۴،۸۳۶ و ۱،۱۲۰

	x_{11} و x_{21}	۰ و ۱۹۴،۷۸۹	۰ و ۱۷۹،۶۹۵
	x_{12} و x_{22}	۰ و ۰	۰ و ۱۷۳
	x_{13} و x_{23}	۲۰۰،۰۰۰ و ۵،۲۱۰	۲۰۰،۰۰۰ و ۲۲،۱۸۰
	x_{11} x_{11} x_{11}		

شکل ۱۰ – مقایسه سود تولیدکننده و توزیع کننده در دو مدل استکلبرگ در مسئله آزمایشی دوم

	y_1 و y_2 و y_3	۰ و ۱ و ۰	۰ و ۰ و ۱
	π_D	۳،۴۷۴،۰۱۰	۳۱،۵۷۹،۸۰۵
سیستم	p	۲۲۲/۲۱۲	۲۲۲
	D_1 و D_2 و D_3	۲۰۵،۲۱۰ و ۰ و ۱۹۴،۷۸۹	۲۲۲،۱۸۰ و ۱۷۳ و ۱۷۹،۶۹۵
	π_{M+D}	۳۴،۰۴۹،۴۹۷	۳۴،۱۳۸،۴۵۰

کلیه واحدهای پولی به هزار تومان می‌باشد.



شکل ۱۱ – مقایسه سود تولیدکننده و توزیع کننده در دو مدل استکلبرگ در مسئله آزمایشی سوم

نتایج فوق را می‌توان اینگونه جمع بندی نمود که چنانچه زنجیره تأمین بصورت غیرمتمرکز مدیریت گردد و میان اعضا همکاری وجود نداشته باشد آن عضوی که از قدرت تصمیم گیری بالاتر برخوردار است همواره سود بیشتری از کل سود موجود در هر سیستم را کسب خواهد نمود و عضو دیگر را بطور قابل ملاحظه ای از منافع سیستم بی بهره خواهد گذاشت. توجه به این نکته ضروری است که دو پارامتر $MAMM$ و $MAMD$ در مدل‌های توسعه یافته، تضمین کننده کسب سود حداقلی برای تولیدکننده و توزیع کننده می‌باشد و در صورت کاهش مقدار و یا حذف از مدل‌ها، احتمال ضرر ده شدن پیرو را به دنبال خواهد داشت.

جمع بندی و پیشنهاد تحقیقات آتی

تحقیق حاضر به مطالعه زنجیره تامین دو سطحی شامل یک تولیدکننده و یک توزیع کننده تحت مدیریت غیر متمرکز در زنجیره تامین قطعات یدکی خودرو پرداخته و ارتباط سلسله مراتبی میان تولیدکننده و توزیع کننده را در قالب دو سناریوی قدرت مدل سازی می‌نماید. با توجه به اهمیت تصمیم گیری تولیدکننده در حوزه تعیین قیمت عمده فروشی، هزینه تبلیغات عمومی، میزان مشارکت در هزینه تبلیغات محلی و نیز دوره بازپرسازی انبارها، در سناریوی اول قدرت بیشتر به تولیدکننده داده می‌شود و متغیرهای تصمیم وی به عنوان رهبر با در نظر گرفتن واکنش منطقی توزیع کننده در نقش پیرو تعیین می‌گردد (مدل تولیدکننده استکلبرگ). در سناریوی دوم، عکس حالت قبل مورد بررسی قرار گرفته و توزیع کننده که از قدرت بیشتری برخوردار است در جایگاه رهبر قرار می‌گیرد. در این سناریو، متغیرهای تصمیم توزیع کننده شامل نسبت سود توزیع، هزینه تبلیغات محلی در هر بازار و نیز نحوه تخصیص تقاضای بازارها به انبارها با در نظر گرفتن واکنش منطقی تولیدکننده به عنوان پیرو تعیین می‌شود (مدل توزیع کننده استکلبرگ). با عنایت به آنکه در مدل‌های برنامه ریزی دو سطحی توسعه داده شده، مقادیر بهینه (نزدیک به بهینه) متغیرهای تصمیم تولیدکننده و توزیع کننده با هدف بیشینه سازی سود هر یک از اعضا به طور همزمان تعیین می‌گردد، راه حل ارائه شده می‌تواند کمک شایانی به تصمیم گیری مدیران در هر دو حوزه تولید و توزیع نماید. جهت سنجش اعتبار مدل‌های توسعه یافته، ضمن توسعه دو الگوریتم فراابتکاری ژنتیک با ساختار سلسله مراتبی، هر یک از مدل‌های برنامه ریزی دو سطحی با استفاده از داده‌های جمع آوری شده از بازار قطعات یدکی خودرو حل و نتایج با یکدیگر مقایسه گردیده است. همچنین با انجام مجموعه ای از آزمایشات محاسباتی، سود هر یک از اعضا به همراه سود سیستم در مدل‌های استکلبرگ مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

بر اساس نتایج بدست آمده، سود سیستم (مجموع سود تولیدکننده و توزیع کننده) در دو سناریوی قدرت تقریباً یکسان است ولیکن سهم اعضا به جایگاه ایشان در ساختار سلسله مراتبی بستگی دارد. به عبارت دیگر رهبر زنجیره در مقایسه با پیرو همواره سهم قابل توجهی از سود سیستم را به خود اختصاص داده است. این نتایج مبین آن است که تولیدکننده و توزیع کننده در زنجیره تامین قطعات یدکی که در کشورمان عموماً به شکل غیر متمرکز مدیریت می‌گردد

همواره به دنبال کسب قدرت تصمیم گیری بالاتر اند تا سود بیشتری را از مجموع سود سیستم کسب نمایند. نتایج فوق در ادامه مطالعات قبلی، ضرورت هماهنگ سازی و یکپارچه سازی میان اعضا در زنجیره تأمین قطعات یدکی در کشورمان را تبیین می‌نماید. با افزایش سطح همکاری میان تولیدکننده و توزیع کننده و کم رنگ شدن ساختار تصمیم گیری سلسله مراتبی، سود سیستم نسبت به حالت غیرمتمرکز افزایش می‌یابد که با پیاده سازی مکانیزم‌های مناسب جهت تسهیم سود مازاد، می‌توان تولیدکننده و توزیع کننده را به مشارکت و همکاری ترغیب نمود. بر این اساس، توسعه مکانیزم‌های تشویقی جهت هماهنگ سازی زنجیره تامین قطعات یدکی در کشورمان از جمله زمینه‌هایی است که می‌توان در تحقیقات آتی به آن پرداخت.

جدول ۷ – مقایسه سود تولیدکننده و توزیع کننده در دو مدل استکلبرگ

مسئله آزمایشی	تعداد انبارها	تعداد بازارها	نمونه مسئله	سود تولیدکننده		سود توزیع کننده		سود سیستم	
				M-St.*	D-St.**	M-St.	D-St.	M-St.	D-St.
اول	۲	۳	۱	۳۰,۵۷۵,۴۸۷	۲,۵۵۸,۶۴۵	۳,۴۷۴,۰۱۰	۳۱,۵۷۹,۸۰۵	۳۴,۰۴۹,۴۹۷	۳۴,۱۳۸,۴۵۰
			۲	۳۹,۷۰۸,۶۱۸	۲,۴۲۱,۲۳۰	۳,۷۱۶,۵۹۲	۴۰,۷۹۸,۶۴۳	۴۳,۴۲۵,۲۱۰	۴۳,۲۱۹,۸۷۳
			۳	۵۱,۱۸۵,۴۲۶	۱,۴۳۲,۵۸۹	۱,۹۲۹,۵۷۳	۵۱,۶۷۶,۹۶۴	۵۳,۱۱۴,۹۹۹	۵۳,۱۰۹,۵۵۳
			۴	۵۲,۶۰۲,۵۶۶	۱,۳۰۲,۰۴۴	۳,۶۰۴,۷۱۰	۵۴,۹۲۷,۷۷۹	۵۶,۲۰۷,۲۷۶	۵۶,۲۲۹,۸۲۳
			۵	۹۹,۰۳۳,۲۸۳	۶۱۲,۲۱۹	۴,۷۸۳,۸۴۵	۱۰۲,۸۷۷,۸۳۹	۱۰۳,۸۱۷,۱۲۸	۱۰۳,۴۹۰,۰۵۸
دوم	۳	۵	۱	۱۲,۳۰۰,۹۷۶	۱,۱۳۵,۶۸۹	۱,۰۵۱,۳۴۱	۱۲,۸۱۵,۱۴۷	۱۳,۳۵۲,۳۱۷	۱۳,۹۵۰,۸۳۶
			۲	۱۶,۵۸۸,۱۱۴	۱,۳۷۵,۳۸۳	۲,۰۲۸,۷۱۸	۱۷,۲۳۰,۰۵۸	۱۸,۶۱۶,۸۳۲	۱۸,۶۰۵,۴۴۱
			۳	۲۹,۵۶۶,۲۳۴	۷۹۷,۱۸۱	۱,۷۶۰,۳۲۵	۳۰,۴۶۶,۸۶۳	۳۱,۳۲۶,۵۵۹	۳۱,۲۶۴,۰۴۴
			۴	۳۰,۴۲۱,۲۲۰	۱,۵۳۴,۶۶۰	۲,۴۰۶,۸۷۴	۳۱,۲۳۷,۷۷۲	۳۲,۸۲۸,۰۹۴	۳۲,۷۷۲,۴۳۲
			۵	۳۷,۸۳۲,۹۷۶	۱,۴۰۴,۵۲۶	۲,۳۸۷,۶۸۰	۳۹,۳۳۰,۵۷۹	۴۰,۲۲۰,۶۵۶	۴۰,۷۳۵,۱۰۵
سوم	۵	۱۰	۱	۲۵,۳۴۰,۷۷۳	۱,۸۷۲,۷۰۹	۲,۹۱۵,۵۳۸	۲۶,۴۸۳,۸۶۹	۲۸,۲۵۶,۳۱۱	۲۸,۳۵۶,۵۷۸
			۲	۳۸,۲۷۱,۰۱۳	۱,۷۸۹,۱۲۰	۳,۴۶۰,۴۹۲	۳۹,۵۷۵,۱۲۵	۴۱,۷۳۱,۵۰۵	۴۱,۳۶۴,۲۴۵
			۳	۴۱,۵۴۲,۴۲۱	۷۳۰,۳۵۱	۲,۲۳۰,۰۶۸	۴۳,۳۲۹,۹۳۶	۴۳,۷۷۲,۴۸۹	۴۴,۰۶۰,۲۸۷
			۴	۴۳,۹۰۷,۷۵۵	۱,۸۶۸,۰۳۲	۳,۳۵۳,۰۲۳	۴۵,۵۱۵,۱۷۰	۴۷,۲۶۰,۷۷۸	۴۷,۳۸۳,۲۰۲
			۵	۴۴,۱۷۹,۴۳۳	۲,۴۷۰,۲۹۳	۳,۸۶۰,۲۷۵	۴۶,۲۲۰,۸۹۶	۴۸,۰۳۹,۷۰۸	۴۸,۶۹۱,۱۸۹

* مدل تولیدکننده – استکلبرگ - ** مدل توزیع کننده – استکلبرگ - مبالغ به هزار تومان می باشد.

منابع

خلیفه زاده، ساسان و سیف برقی، مهدی. (۱۳۹۳)، یک مدل برنامه ریزی دو هدفه برای یک سیستم تولید- توزیع یکپارچه و حل با استفاده از الگوریتم ژنتیک رتبه ای. فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، شماره ۳۴، صص ۸۸-۶۳.

Aust, G., & Buscher, U. (2014). Cooperative advertising models in supply chain management: A review. European Journal of Operational Research, 234(1), 1-14 .

Ben-Ayed, O., & Blair, C. E. (1990). Computational difficulties of bilevel linear programming .*Operations Research, 38*(3), 556-560 .

Eliashberg, J., & Steinberg, R. (1987). Marketing-production decisions in an industrial channel of distribution. *Management science, 33*(8), 981-1000 .

Giannoccaro, I., & Pontrandolfo, P. (2004). Supply chain coordination by revenue sharing contracts. International Journal of Production Economics, 89(2), 131-139 .

He, X., Prasad, A., & Sethi, S. P. (2009). Cooperative advertising and pricing in a dynamic stochastic supply chain: Feedback Stackelberg strategies. *Production and Operations Management, 18*(1), 78-94 .

Herrington, J. D., & Dempsey, W. A. (2005). Comparing the current effects and carryover of national-, regional-, and local-sponsor advertising. Journal of Advertising Research, 45(01), 60-72 .

Hutchins, M. S. (1953). *Cooperative advertising: The way to make it pay*: Ronald Press.

Koh, A. (2013). A metaheuristic framework for bi-level programming problems with multi-disciplinary applications *Metaheuristics for Bi-level Optimization* (pp. 153-187): Springer.

Köksoy, O., & Yalcinoz, T. (2008). Robust Design using Pareto type optimization: A genetic algorithm with arithmetic crossover. *Computers & Industrial Engineering, 55*(1), 208-218 .

Oduguwa, V., & Roy, R. (2002). *Bi-level optimisation using genetic algorithm*. Paper presented at the Artificial Intelligence Systems, 2002.(ICAIS 2002). 2002 IEEE International Conference on.

Raju, J., & Zhang, Z. J. (2005). Channel coordination in the presence of a dominant retailer. *Marketing Science, 24*(2), 254-262 .

Sadigh, A. N., Mozafari, M., & Karimi, B. (2012). Manufacturer–retailer supply chain coordination: A bi-level programming approach. *Advances in Engineering Software, 45*(1), 144-152 .

Sajadieh, M. S., Fallahnezhad, M. S., & Khosravi, M. (2013). A joint optimal policy for a multiple-suppliers multiple-manufacturers multiple-retailers system. International Journal of Production Economics, 146(2), 738-744 .

SeyedEsfahani, M. M., Biazaran, M., & Gharakhani, M. (2011). A game theoretic approach to coordinate pricing and vertical co-op advertising in manufacturer–retailer supply chains. European Journal of Operational Research, 211(2), 263-273 .

Simon, J. L., & Arndt, J. (1980). The shape of the advertising response function. Journal of Advertising Research, 20(4), 11-28 .

Sivanandam, S. N., & Deepa, S. N. (2007). *Introduction to Genetic Algorithms*: Springer Berlin Heidelberg.

Swami, S., & Shah, J. (2012). Channel coordination in green supply chain management. Journal of the Operational Research Society, 64(3), 336-351 .

Szmerekovsky, J. G., & Zhang, J. (2009). Pricing and two-tier advertising with one manufacturer and one retailer. European Journal of Operational Research, 192(3), 904-917 .

Taleizadeh, A. A., Niaki, S. T. A., & Wee, H.-M .(2013) .Joint single vendor–single buyer supply chain problem with stochastic demand and fuzzy lead-time. *Knowledge-Based Systems, 48*, 1-9 .

Von Stackelberg, H. (1952). *The theory of the market economy*: Oxford University Press.

Weng, Z. K. (1995). Channel coordination and quantity discounts. *Management science, 41*(9), 1509-1522 .

Xie, J., & Neyret, A. (2009). Co-op advertising and pricing models in manufacturer–retailer supply chains. *Computers & Industrial Engineering, 56*(4), 1375-1385 .

Xie, J & ,.Wei, J. C. (2009). Coordinating advertising and pricing in a manufacturer–retailer channel. European Journal of Operational Research, 197(2), 785-791 .

Young, R. F., & Greyser, S. A. (1983). *Managing cooperative advertising: A strategic approach*: Lexington Books.

Yue, J., Austin, J., Wang, M.-C., & Huang, Z. (2006). Coordination of cooperative advertising in a two-level supply chain when manufacturer offers discount. European Journal of Operational Research, 168(1), 65-85 .

Yugang, Y., Liang, L & ,.Huang, G. Q. (2006). Leader–follower game in vendor-managed inventory system with limited production capacity considering wholesale and retail prices. International Journal of Logistics: Research and Applications, 9(4), 335-350 .

Zhang, J., Xie, J & ,.Chen, B. (2013). Cooperative advertising with bilateral participation. *Decision Sciences, 44*(1), 193-203 .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی