فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال هفدهم، شماره ۵۲، بهار ۹۸
صفحات ۲۰۲-۱۵۳

طراحی مدل شبیه سازی زنجیره تامین حلقه بسته سبز و قیمت‌گذاری محصول در حضور رقیب

سمیرا پارسائیان*، مقصود امیری**، پرهام عظیمی***، محمد تقی تقوی فرد****

تاریخ دریافت:۹۷/۵/۱۵ – تاریخ پذیرش:۹۷/۹/۲۷

چکیده:

توجه روز افزون به اثرات مخرب زیست محیطی زنجیره‌های تامین منجر به توجه به تحقیقات در زمینه زنجیره‌های تامین حلقه بسته سبز با هدف کمینه نمودن انتشار گازهای گلخانه ای گردیده است. مقاله حاضر به توسعه یک مدل زنجیره تامین حلقه بسته سبز در شرایط عدم قطعیت تقاضا با هدف کمینه نمودن هزینه کل زنجیره تامین، کمینه سازی مجموع گاز CO_2 و بیشینه نمودن سهم بازار محصول در حضور یک رقیب می‌پردازد. در این راستا یک مدل شبیه سازی عامل بنیان برای بازار جهت تخمین پارامتر تقاضا توسعه داده می‌شود سپس یک مدل شبیه سازی ترکیبی حاصل از ترکیب رویکردهای شبیه سازی عامل بنیان و گسسته پیشامد ارائه می‌گردد که نوآوری اصلی این تحقیق می‌باشد. در ادامه سناریوهای مختلف با روش طراحی آزمایشات تاگوچی تولید شده و مدل‌های بازار و زنجیره تامین حلقه بسته برای هر سناریو اجرا می‌گردد و مقادیر هزینه، گاز CO_2 و سهم بازار محصول ثبت می‌گردد. یک ماتریس تصمیم گیری با استفاده از سناریوها و معیارهای هزینه کل، گاز CO_2 و سهم بازارسازماندهی شده و با روش ELECTRE و مجموع ساده وزین سناریوها رتبه بندی و سناریوی برتر انتخاب می‌شود. از دیگر نوآوری‌های این مقاله می‌توان به جامعیت گستره متغیرهای تصمیم گیری در مدل اشاره نمود که متغیرهای موجودی، بازار و حمل و نقل را در قالب سناریوهای مختلف، شامل می‌شود. قابلیت کاربری مدل، با استفاده از یک مسئله واقعی در صنعت خودرو سازی بررسی و تحلیل می‌شود.

واژگان کلیدی: زنجیره تامین حلقه بسته سبز؛ عدم قطعیت تقاضا؛ شبیه سازی عامل بنیان؛ قیمت گذاری؛ تبلیغات

---

* دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی

** استاد، عضو هیئت علمی گروه مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول) mg_amiri@yahoo.com

*** دانشیار، عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

**** دانشیار، عضو هیئت علمی گروه مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

ظهور شرکت‌ها و کسب و کارهای بزرگ در سرتاسر دنیا و سیر فزاینده‌ی رقابت میان آنها برای تحقق ماموریتشان، کسب سهم بالای بازار و دستیابی به اهداف تعیین شده از یک سو و نگرانی‌های مطرح شده در خصوص پیامدهای منفی ناشی از فعالیت شرکتها بر محیط زیست، فشارهایی هستند که در دنیای امروزبه نیروهای اصلی و تعیین کننده در تصمیم‌گیری‌های مدیران شرکت‌ها و کسب و کارها بدل شده است. به دلایلی همچون گرم شدن تدریجی کره زمین و افزایش انتشار آلاینده‌های محیط زیستی که خطری برای بقای گونه‌های گیاهی و جانوری می‌باشد در سالیان اخیر بیش از گذشته فعالیت‌های شرکت‌ها زیر ذره بین نهادهای مسئول در حوزه محیط زیست قرار گرفته و نهادهای مختلف در سطوح بین المللی، منطقه ای و کشوری قوانین و مقرراتی جهت کنترل و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه ای بر فعالیت کسب و کارها وضع نموده اند.

از آنجایی که توسعه و رشد شرکت‌ها وابسته به توسعه و رشد فعالیت‌های آنها در جغرافیای وسیعتری می‌باشد، همگام با رشد رقابت بین شرکت‌ها رقابت میان زنجیره تامین آنها به عنوان شریان اصلی حیات شرکت‌ها رو به افزایش می‌باشد. مجموع فعالیت‌هایی که در سراسر زنجیره تامین شرکت‌ها صورت می‌پذیرد یکی از منابع اصلی تولید گازهای گلخانه ای و سایر آلاینده‌های محیطی می‌باشد. بنابراین بسیاری از محققین و متخصصین در صدد ارائه مدلها و روشهایی برای کنترل و کاهش آلایندگی در سطح زنجیره تامین شرکت‌ها پرداختند و این موضوع از اقبال ویژه ای برخوردار گردیده است. از جمله حوزه‌های تحقیقاتی که در این راستا توسعه یافته است، طراحی و مدیریت زنجیره‌های تامین سبز می‌باشد که تحقیقات بسیاری در این حوزه انجام شده است (مین و کیم، ۲۰۱۲ ؛ سازوار و همکاران، ۲۰۱۴ ؛ سلیمانی و همکاران، ۲۰۱۴) . مدیریت زنجیره تأمین سبز، یکپارچه کننده مدیریت زنجیره تأمین با الزامات زیست محیطی در تمام مراحل طراحی محصول، انتخاب و تأمین مواد اولیه، تولید و ساخت، فرایندهای توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و بالاخره پس از مصرف، مدیریت بازیافت و مصرف مجدد به منظور بیشینه کردن میزان بهره وری مصرف انرژی و

Archive of SID

www.SID.ir

منابع همراه با بهبود عملکرد کل زنجیره تأمین است(سارکیس، ۲۰۰۶). در همین راستای کاهش مخاطرات زیست محیطی، مفهومی با عنوان زنجیره تامین حلقه بسته[1] نیز مطرح شده که به مفهوم ایجاد یک حلقه در مسیر حرکت مواد زیان آور و تجزیه ناپذیر جهت بازیافت و به کارگیری مجدد میباشد. (الفت و همکاران، ۱۳۹۰) زنجیره تأمین سبز حلقه بسته[2] به دنبال دستیابی به راهکارهایی جهت کاهش اثرات زیان آور به محیط زیست میباشد . امروزه کمپانی‌ها و برندهای بسیار بزرگ و مشهوری در سراسر جهان و از صنایع مختلف در راستای سبز نمودن زنجیره‌های تامینشان و مسائلی چون بازتولید و زنجیره تامین معکوس گام برداشته اند. از جمله می‌توان به کمپانی‌های کداک، بی ام دابلیو؛ زیراکس، آی بی آم و ... اشاره نمود (سروری و همکاران، ۲۰۰۵).

قیمت گذاری و تبلیغات به عنوان دو جز از اجزای آمیخته بازاریابی، از مسائل اصلی مطرح در زمینه مدیریت خرید و فروش در زنجیره‌های تأمین می باشد. و به عنوان عواملی بسیار مهم و تعیین کننده در فروش محصول و رقابت در بازار در نظر گرفته می‌شوند. مطالعات بسیاری در خصوص قیمت گذاری محصولات در زنجیره تامین انجام گرفته است (کای و همکاران، ۲۰۰۹ ;گن و همکاران، ۲۰۱۵)، اما تحقیقات محدودی در خصوص دو عامل قیمت و تبلیغات به طور همزمان در زنجیره‌های تامین بویژه زنجیره‌های تامین حلقه بسته انجام شده است. لذا تحقیق در خصوص سیاستهای قیمت گذاری و تبلیغات در زنجیره‌های تامین حلقه بسته خصوصا در حضور رقیب از خلاءهای آشکار تحقیقاتی به شمار می‌آید.

از دیگر موضوعات مهم در زنجیره‌های تامین حلقه بسته، می‌توان به مسئله انتخاب سیاست بازپرسازی و یا سفارشگذاری موجودی اشاره نمود که تحقیقات مختلفی در خصوص آن انجام شده است (مرتضوی و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین مطالعه در خصوص متغیرهای موجودی زنجیره‌های تامین حلقه بسته به دلیلی پیچیدگی بیشتر آنها به عنوان عاملی بسیار مهم و تعیین کننده در هزینه‌های زنجیره تامین از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد که این تحقیق بدان می‌پردازد.

1. Closed-loop Supply chain
2. Green Closed-loop Supply chain

Archive of SID

www.SID.ir

مسئله لجستیک و حمل و نقل به عنوان یکی از فعالیت‌های اصلی و اجتناب ناپذیر در زنجیره‌های تامین اثر غیر قابل انکاری در میزان گازهای گلخانه ای تولید شده در زنجیره تامین و هزینه‌های زنجیره تامین دارا است (هریس و همکاران، ۲۰۱۱) که در تحقیق حاضر به صورت انتخاب ترکیب وسایل حمل و نقل در سراسر زنجیره تامین حلقه بسته سبز در خصوص آن تصمیم گیری می‌شود.

تحقیق حاضر با نگرش به اهمیت موضوع زنجیره‌های تأمین حلقه بسته سبز از یکسو و بررسی خلاءهای تحقیقاتی در این حوزه، همچون اهمیت و ضرورت بحث‌های قیمت گذاری و تبلیغات، سیاست بازپر سازی موجودی و حمل و نقل در سراسر زنجیره تامین، به ارائه مدلی جامع در زنجیره تأمین حلقه بسته سبز پرداخته است.

به منظور توسعه مدلی که کاربردی بوده و قدرت بالایی در بازتاب مسائل دنیای واقعی داشته باشد تا پاسخ‌های به دست آمده از آن قابلیت پیاده سازی در دنیای واقعی را داشته باشند، شبیه سازی رویکردی بسیار کارآمد می‌باشد. به دلیل طبیعت ان پی سخت[1] اغلب مسائل بهینه سازی در حوزه زنجیره تامین (رویین فر و همکاران، ۲۰۱۶)، شبیه سازی می‌تواند عدم قطعیت‌های مسائل واقعی را در مدل منظور نموده و اعتبار مدل را بهبود بخشد. مهم ترین چالش در مدلسازی مسائل دنیای واقعی اینست که این مسائل را غالبا نمی توان تنها با استفاده از یکی از رویکردهای مدلسازی شبیه سازی نمود و شبیه سازی با پارادایم سنتی تک روشه[2] کاستی‌ها و معایبی دارد (بورشف، ۲۰۱۳). بنابراین برای اجتناب از این کاستی‌ها و داشتن مدلی که بیشترین شباهت را به نمونه واقعی آن داشته باشد استفاده از روشهای ترکیبی شبیه سازی امری نوآورانه و بسیار موثر در حوزه مدلسازی است. اما از آنجاییکه شبیه سازی به تنهایی قادر به بهینه سازی و کمک به تصمیم گیرنده برای انتخاب پاسخ بهینه نیست، لازم است که از یکی از رویکردهای بهینه سازی از طریق شبیه سازی[3] برای دستیابی به پاسخ بهینه و یا نزدیک به بهینه استفاده نمود (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۲).

1. NP-hard
2. Single-method
3. Optimization Via Simulation (OVS)

Archive of SID

www.SID.ir

مقاله حاضر به توسعه زنجیره تامین حلقه بسته سبز با سه هدف کمینه سازی هزینه کل و مجموع گاز CO_2 تولید شده در سرتاسر آن و بیشینه سازی سهم بازار محصول زنجیره تامین در حضور یک رقیب پرداخته و در این راستا در خصوص متغیرهای بازپرسازی موجودی، نوع وسیله حمل و نقل، قیمت و تبلیغات تصمیم گیری می‌نماید.

بنابراین با توجه به آنچه که تشریح گردید به طور خلاصه می‌توان برتری مدل تحقیق حاضر نسبت به تحقیقات مشابه را در موارد ذیل بیان نمود؛

- شبیه‌سازی ترکیبی چند روشی حاصل از ترکیب شبیه سازی عامل بنیان و گسسته پیشامد به منظور ایجاد سینرژی و افزایش قدرت مدل در حل مسائل پیچیده و ان پی سخت که نوآوری اصلی تحقیق به شمار می‌آید.
- طراحی مدل عامل بنیان برای بازار محصول که قابلیت توسعه و جذب متغیرهای رفتاری- انسانی و محیطی بسیاری را دارا است.
- در نظر گرفتن همزمان سه دسته متغیر بازپرسازی موجودی، لجستیک و آمیخته بازار (قیمت و تبلیغات) و به دست آوردن مقادیر نزدیک به بهینه برای متغیرها.
- استفاده از یکی از برترین نرم افزارهای روز دنیا در حوزه شبیه سازی و ایجاد مدلی که بر خلاف پیچیدگی آن (کدنویسی و شبیه سازی ترکیبی) قابلیت طراحی صفحه ارتباط با کاربر[1] مناسبی را داراست که امکان بهره برداری سهل و آسان را به مدیران و تصمیم گیران در صنعت می‌دهد.

در ادامه بخش ۲ مقاله به مروری بر ادبیات تحقیق می‌پردازد، در بخش ۳ مدل پیشنهادی ارائه می‌گردد، بخش ۴ به حل یک مسئله واقعی با استفاده از مدل پرداخته و بخش ۵ به نتیجه گیری اختصاص می‌یابند.

1.User Interface

Archive of SID

www.SID.ir

مروری بر ادبیات تحقیق

در راستای مطالعه ادبیات مرتبط با تحقیق حاضر با توجه به گستردگی موضوع مطالعه، ادبیات موجود بسیار وسیع می‌باشد بنابراین به مروربخشی از ادبیات موجود در زمینه‌های زنجیره تامین حلقه بسته و سبز، تقاضای غیر قطعی در زنجیره تامین، مدلسازی عامل بنیان و قیمت گذاری در زنجیره تامین پرداخته می‌شود.

تحقیقات انجام شده توسط گویندان و سلیمانی (۲۰۱۵ و ۲۰۱۷) گویندان و همکاران (۲۰۱۳)، گاید و ون وسنهاف (۲۰۰۹) و آتاسو و همکاران (۲۰۰۸) از جمله بسیار تحقیقاتی هستند که به مرور ادبیات موجود در زمینه زنجیره‌های تامین معکوس و حلقه بسته پرداخته اند. پاکسوی و همکاران (۲۰۱۱) به مطالعه زنجیره تامین حلقه بسته و بهینه سازی آن با استفاده از مدل ریاضیاتی خطی [1] پرداختند. در تحقیق آنها گازهای گلخانه ای به صورت هزینه ناشی از آن در نظر گرفته شده است. زبالوس و همکاران (۲۰۱۴) به طراحی یک مدل زنجیره تامین حلقه بسته چند دوره ای در شرایط عدم قطعیت تقاضا و عرضه پرداختند، در این راستا آنها یک مدل برنامه ریزی تصادفی چند مرحله ای که بوسیله برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط [2] حل گردید، ارائه نمودند. از دیگر تحقیقاتی که به بهینه سازی زنجیره تامین حلقه بسته در شرایط عدم قطعیت پارامترها و با در نظر گرفتن فاکتورهای زیست محیطی پرداخته است می‌توان به تحقیق فتح اللهی فرد و حاجی آقایی (۲۰۱۸) اشاره نمود که با توسعه مدل چند هدفه دو مرحله ای تصادفی و به کار بردن تعدادی الگوریتم فراابتکاری ممتیک اقدام به بهینه سازی شبکه زنجیره تامین حلقه بسته نمودند. زارعیان جهرمی و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله شان به ارائه مدل بهینه سازی چند هدفه استوار برای بهینه سازی زنجیره تامین حلقه بسته پرداختند.

دسته ی دیگری از تحقیقات که در حوزه طراحی و بهینه سازی زنجیره‌های تامین سبز و حلقه بسته انجام شده اند، مسئله قیمت گذاری محصول (جدید و یا بازتولید شده [3]) را در

1. Linear mathematical model
2. Mixed integer linear programming (MILP)
3. Remanufactured

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیقاتشان در نظر گرفتند. از جمله در تحقیقی که توسط رضاپور و همکاران (۲۰۱۵) انجام گرفته است یک زنجیره تامین حلقه بسته رقابتی با تقاضای وابسته به قیمت طراحی گردیده است که توسط مدل پیشنهادی دو مرحله ای استراتژیک –تاکتیکال حل می‌شود. موداک و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی با استفاده ازمدل بازی استکلبرگ به مطالعه زنجیره تامین حلقه بسته دو سطحی پرداختند. آنها قیمت، کیفیت و مدیریت بازتولید را به عنوان متغیرهای کلیدی خود در تحقیق در نظر گرفتند. از دیگر تحقیقاتی که در زنجیره‌های تامین حلقه بسته مسئله قیمت گذاری محصول را مورد مطالعه قرار داده اند می‌توان به تحقیقاتی مانند تحقیق طالعی زاده و همکاران (۲۰۱۸) و قمی آویلی و همکاران (۲۰۱۸) اشاره نمود که در تحقیق اخیر تقاضا به صورت غیر قطعی و تابعی از قیمت محصول در نظر گرفته شده است. دیگر تحقیقی که به بررسی و بهینه سازی زنجیره‌های تامین حلقه بسته در شرایط عدم قطعیت تقاضا پرداخته است، تحقیق حدادی سی سخت و رایان (۲۰۱۸) می‌باشد. آنها هم چنین نرخ مالیات بر کربن را به عنوان عاملی غیر قطعی در نظر گرفتند و به مطالعه زنجیره حلقه بسته با حمل و نقل چند حالته پرداختند.

استفاده از مدلهای عامل بنیان[1] برای حل مسائل طراحی و بهینه‌سازی زنجیره تامین از جمله حوزه‌هایی است که کمتر بدان پرداخته شده است. مرتضوی و همکاران (۲۰۱۵) مدل خود سازگار شونده[2] هوشمندی برای سیستم سفارش دهی زنجیره تامین در شرایط عدم قطعیت تقاضا طراحی نمودند و با استفاده از یکی از روشهای بهینه سازی از طریق شبیه‌سازی به بهینه سازی سیستم سفارشگذاری در زنجیره تامین پرداختند. مدل آنها یک مدل شبیه‌سازی عامل بنیان می‌باشد که با روش یادگیری تقویت شده[3] ترکیب شده است . از تحقیقات دیگری که رویکرد شبیه سازی عامل بنیان را برای بهینه سازی زنجیره تامین و بررسی سیاست مناسب موجودی استفاده نموده است می‌توان تحقیق پونته و همکاران (۲۰۱۷) را نام برد.

همانگونه که ذکر شد ادبیات مرتبط با موضوع تحقیق حاضر بسیار وسیع می‌باشد. با مطالعه

1. Agent-based
2. Self-adaptive
3.Reinforced learning method

Archive of SID

www.SID.ir

ادبیات موجود می‌توان به وضوح متوجه شد که هر تحقیق بخشی از آنچه که در این تحقیق مورد نظر است را پوشش داده و کمبود قابل توجهی در ادبیات برای تحقیقی که همزمان مسئله سیاست سفارشگذاری موجودی، قیمت گذاری، تبلیغات و حمل و نقل را در زنجیره-های حلقه بسته سبز مورد بررسی قرار دهد وجود دارد.

معرفی مدل

به منظور مدلسازی زنجیره تامین حلقه بسته سبز با تقاضای غیر قطعی ابتدا لازمست که پارامتر تقاضا که به صورت تابعی از قیمت محصول، تعداد نوبت‌های تبلیغات سراسری محصول و تبلیغات محلی محصول در مقابل قیمت و تبلیغات محصول رقیب در بازار است، برآورد گردد. بنابراین در این تحقیق دو مدل ارائه می‌گردد. مدل اول به طراحی بازار محصول در حضور رقیب می‌پردازد و سناریوهای مختلفی از متغیرهای آمیخته بازار برای محصول مورد نظر شبیه سازی می‌شود . بخش **۳,۱** به تشریح مدل بازار می‌پردازد. پس از شبیه سازی بازار و به دست آوردن رابطه بین پارامتر تقاضا و متغیرهایی که اشاره شد، مدل دوم که مدل زنجیره تامین حلقه بسته است در بخش **۳,۲** ارائه می‌گردد.

مراحل اجرای مدلسازی و بهینه سازی در تحقیق حاضر به ترتیب نمودار شماره ۱ می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

نمودار۱. مراحل مدلسازی و شبیه سازی تحقیق

مدلسازی بازار تقاضای محصول در حضور محصول رقیب

جهت مدلسازی و پیش بینی وضعیت تقاضای محصول مورد مطالعه در حضور محصول رقیب، از مدلسازی عامل بنیان استفاده می‌شود. مدلی که به این منظور توسعه می‌یابد از عامل مصرف کننده [1]برای مدل نمودن رفتار مصرف کننده‌ها، از عامل خرده فروش [2] برای مدلسازی شرایط و مشخصه‌های خرده فروشان و عامل اثرگذاری [3] برای کمی نمودن و بررسی اثر هر عمل

1. Consumer
2. Retailer
3. Influence

Archive of SID

www.SID.ir

روی مصرف کنندگان استفاده می‌کند. عامل اصلی[1] به عنوان بستری برای تعامل عوامل و تنظیم پارامترها مورد استفاده قرار می‌گیرد. پارامترهای مورد استفاده در هریک از عامل‌ها در جدول شماره ۱ شرح داده شده است.

در مدل تقاضای محصول در بازار، عامل تعیین کننده انتخاب محصول i ام توسط مصرف کنندگان، متغیری به نام ارجحیت[2] می باشد که با رابطه ۱ تعریف می‌گردد.

(۱)

```
preference[i] = (memoryWeight * memory[i] + influenceWeight * influence[i]) /
price[i];
```

در رابطه ی شماره ۱ مقدار ارجحیت محصول مورد نظر با عامل اثر گذاری و حافظه[3] رابطه مستقیم و با قیمت[4] رابطه معکوس دارد. تبلیغات سراسری و محلی هر کدام اثرشان را روی عامل اثرگذاری می‌گذارند. قیمت محصولات نیز در متغیر قیمت منعکس می‌گردد. در رابطه فوق، عامل اثر و حافظه هر کدام به طور جداگانه وزن مخصوص به خود را دارا هستند. (memoryWeight , influenceWeight

اثر تبلیغات سراسری و محلی را هرکدام با تعداد دفعات تبلیغات در مدل نشان می‌دهیم. هر نوبت که تبلیغات انجام میگیرد، با استفاده از عامل اثرگذاری، اثر تبلیغات به هر مصرف کننده به شکل یک پیام منتقل می‌گردد. که در رابطه بالا با متغیر influence نشان داده شده است. در مدل مذکور با هر بار کلیک بر روی دکمه تبلیغات سراسری و محلی، به ترتیب توابع globalPromo و localPromo که با کد جاوا [5]برنامه آن نوشته می‌شود.، فراخوانی شده و پیام تبلیغات به مصرف کنندگان به شکل اثر منتقل می‌گردد. بر اساس مقدار ارجحیت، هر مصرف کننده تصمیم می‌گیرد که خریدار کدام محصول باشد. و تغییر ذائقه مصرف کننده، . با هر تغییری که در قیمت و یا تبلیغات اتفاق می‌افتد، با توجه به همین مقدار ارجحیت صورت می‌پذیرد .

1. Main
2. Preference
3. Memory
4. Price
5. Java Code

Archive of SID

www.SID.ir

تصمیم گیرنده در این مدل انسان می‌باشد و پیش بینی رفتار انسان یکی از پیچیده ترین مسائل موجود در طبیعت می‌باشد. این امر به دلیل متغیرهای بسیار زیادی است که بر رفتار انسان اثر می‌گذارد. از آنجاییکه در نظر گرفتن تمام متغیرها در این تحقیق ممکن نیست، سعی شده تا با استفاده از مدل عامل بنیان، که هر انسان را به صورت یک عامل متفکر و دارای رفتار و متغیرهای مختص به خود در نظر می‌گیرد، متغیرهای مورد نظر و روابط آنها تا حد امکان در مدل گنجانده شود.

به منظور ارزیابی و برآورد این مدل که ناشی از رفتار انسانی آن می‌باشد با توجه به میزان دسترسی به اطلاعات یکی از دو روش ذیل مورد استفاده قرار می‌گیرد؛

۱. در صورتیکه داده‌های تاریخی در خصوص رفتار انسانی (رفتار مصرف کنندگان بالقوه در بازار در این مدل) موجود و در دسترس باشد از آزمون فرض مقایسات زوجی استفاده می‌گردد تا مقادیر خروجی از مدل برای رفتار انسانی با مقادیر واقعی مشاهده و ثبت شده این رفتار مقایسه گردد. آزمون فرض مذکور به صورت ذیل می‌باشد؛

$\mathbf{H_0}$: اختلاف معنا داری میان میانگین خروجی از مدل و مقادیر واقعی مشاهده شده وجود ندارد.

$\mathbf{H_1}$: اختلاف معنا داری میان میانگین خروجی از مدل و مقادیر واقعی مشاهده شده وجود دارد.

۲. در صورتیکه داده‌های تاریخی رفتار مصرف کننده موجود و در دسترس نباشند به منظور سنجش اعتبار و روایی مدل، نتایج حاصل از اجرای مدل به خبرگان صنعت و یا حوزه مورد بررسی ارائه شده و از آنها درباره قابلیت اتکا به نتایج نظرخواهی می‌گردد.

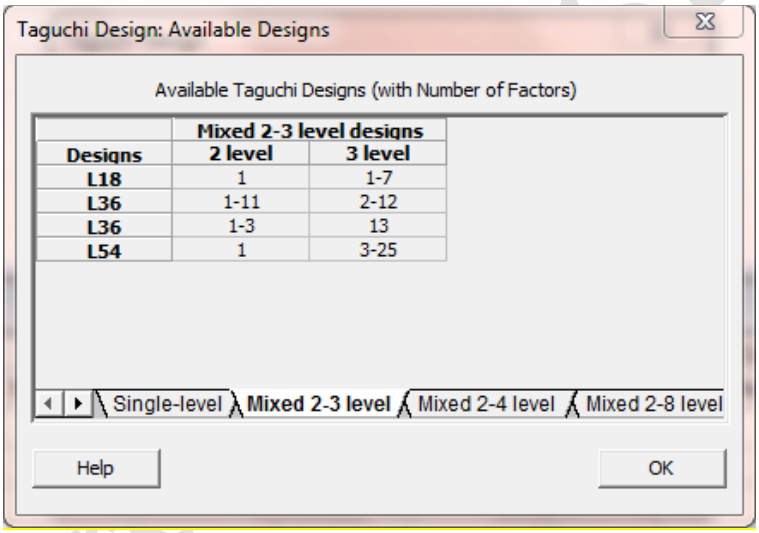
از آنجاییکه غالبا داده‌های واقعی (مشاهدات تاریخی ثبت شده) برای ارزیابی مقادیر خروجی مدل (برای تصمیمات انسانی) در دسترس نیست، روش دوم بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

مدل بازار در نرم افزار شبیه سازانی لاجیک[1]، که از نرم افزارهای بسیار قدرتمند حال حاضر دنیا در شبیه سازی می‌باشد، ایجاد می گردد. با توجه به قابلیت‌های برتر این نرم فزار، استفاده از آن برای شبیه سازی در این تحقیق از جمله نقاط برجسته و برتری‌های این تحقیق به شمار می آید.

سپس با استفاده از روش طراحی آزمایشات تاگوچی طرح‌های آزمایشی تولید می گردد. با توجه به وجود چهار متغیر که دو متغیر دارای دوسطح و دو متغیر دیگر دارای سه سطح می‌باشند. از میان طرح‌های موجود تاگوچی در نرم افزار مینی تب، با توجه به شکل شماره ۱، طراحی L36 انتخاب می گردد.



شکل ۱. طرحهای موجود تاگوچی برای متغیرهای ۲ الی ۳ سطحی مخلوط

جهت تخمین میانگین تقاضا برای برآورد رابطه میان پارامتر تقاضا و قیمت، تبلغات سراسری و محلی، مدل ساخته شده در نرم افزار انی لاجیک را با استفاده از طرحهای تصادفی به تعداد ۱۵ دفعه برای هر طرح اجرا نموده و میانگین تقاضا را برای هر طرح محاسبه و ثبت می‌نماییم. پس

1. AnyLogic

www.SID.ir

از اجرای آزمایشات و ثبت نتایج، با استفاده از روش رگرسیون خطی و نرم افزار مینی تب ۱۸ رابطه بین متغیرهای مستقل و پاسخ استخراج می‌گردد. رابطه شماره ۲ رابطه رگرسیون برای تخمین رابطه بین میانگین تقاضا و متغیرهای مورد بررسی را نشان می‌دهد.

(۲)

$$\lambda = d + a \times \Pr ice + b \times global \Pr omo + c \times local \Pr omoRi$$

localPromoRi، Price و globalPromo به ترتیب نمایانگرتعداد تبلیغات محلی خرده فروش شماره i ام، قیمت محصول و تعداد تبلیغات سراسری توسط شرکت تولید کننده محصول مورد نظر زنجیره تامین می‌باشند. مقادیر a, b, c و d هم اعداد ثابت می‌باشند.

جدول ۲. پارامترها و متغیرهای مدل بازار

پارامترهای عامل مصرف کننده (Consumer)	
قیمت	Price
محصولات	numProducts
باقیمانده ی اثر	remainingInfluence
وزن حافظه	memoryWeight
وزن اثرگذاری	influenceWeight
تغییر تصادفی محصول	accidentialSwitch
متغیرهای عامل مصرف کننده (Consumer)	
حافظه	memory
اثر	influence
ارجحیت	preference
پارامترهای عامل خرده فروش (Retailer)	
مرز مجازی	virtualBorder
اهمیت نسبی	relativeImportance
پارامترهای عامل اثرگذاری (Influence)	
محصول	product
آغاز اثر	influenceInitiation
مدت زمان اثر	influenceduration

Archive of SID

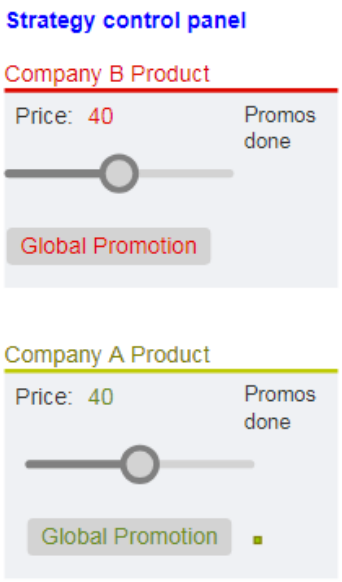
www.SID.ir

پارامترهای عامل اصلی(Main)	
تعداد محصولات (رقبا)	numProducts
تعداد مصرف کنندگان بالقوه (جامعه نمونه)	numConsumers
تعداد خرده فروشان	numRetailers
قیمت اولیه محصولات	primaryPrice
نیاز در هر خرید	need
وزن حافظه	memoryWeight
وزن اثر	influenceWeight
باقیمانده اثر	remainingInfluence
آستانه تغییر محصول	switchThreshold
تغییر تصادفی محصول	accidentialSwitch
مدت زمان تبلیغات سراسری	globalPromoDuration
مدت زمان تبلیغات محلی	localPromoDuration
متغیرهای عامل اصلی (Main)	
قیمت	Price
تبلیغات	Promotion
تقاضا	Demand

شکل شماره ۲ بخشی از صفحه ارتباط با کاربر که نشان دهنده پنل کنترل قیمت و تبلیغات مدل است را نشان می‌دهد. طراحی چنین پنلی کاربری مدل برای کاربران عادی (غیر متخص شبیه سازی) را تسهیل می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. پنل کنترل قیمت و تبلیغات در مقابل قیمت و تبلیغات رقیب

اثر تبلیغات سراسری و محلی را هرکدام با تعداد دفعات تبلیغات در مدل نشان می‌دهیم. زمان اثر نیز می‌تواند متغیر باشد با توجه به نوع تبلیغات، که در این مقاله برای اجتناب از پیچیدگی برابر در نظر گرفته شده است.

۳,۲. مدلسازی زنجیره تامین حلقه بسته

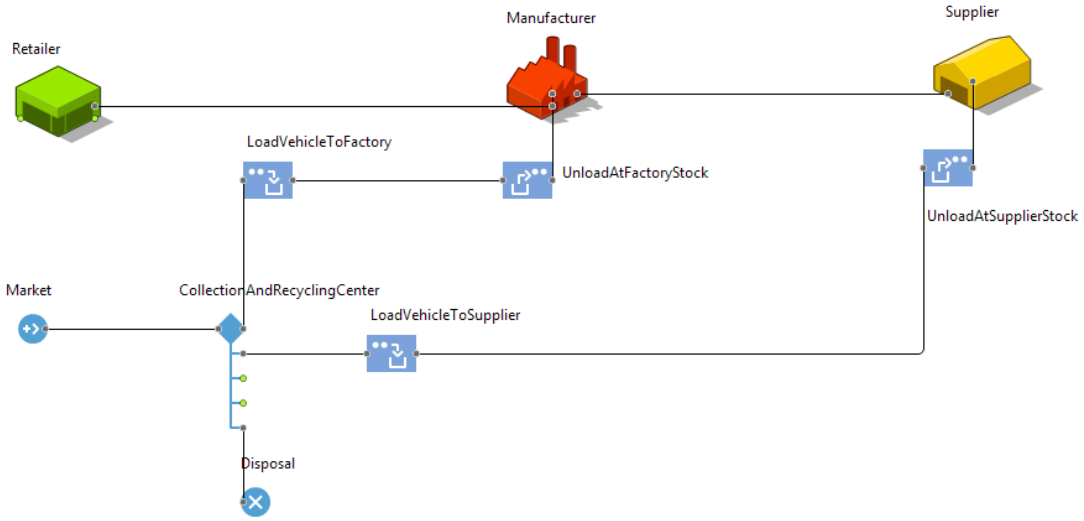
در راستای مدلسازی زنجیره تامین حلقه بسته، زنجیره تامین به صورت دو زنجیره رو به جلو[1] و معکوس[2] در نظر گرفته می‌شود . اعضای زنجیره تامین رو به جلو هر کدام یک عامل[3] در نظر گرفته می‌شوند که دارای رفتار، مشخصه‌ها، پارامترها و ارتباطات مختص به خود است. به منظور اجتناب از پیچیدگی مدل و به دلیل رفتار ساده تر زنجیره معکوس، مدلسازی این بخش از زنجیره تامین حلقه بسته، با روش گسسته پیشامد و یا فرایندی انجام می‌گیرد. در واقع با

1 Forward
2 Reverse
3 Agent

Archive of SID

www.SID.ir

ترکیب دو روش مدلسازی تلاش میگردد تا از مزایای هر دو در مدل استفاده شود. نمودار شماره 2 مدل زنجیره تامین حلقه بسته در نرم افزار انی لاجیک را نشان می‌دهد.



نمودار ۲. زنجیره تامین حلقه بسته در نرم افزار انی لاجیک

زنجیره تامین رو به جلو مورد بررسی در تحقیق حاضر شامل یک تامین کننده، یک تولید کننده و یک خرده فروش است که نماینده خرده فروشان محسوب می‌شود. در زنجیره معکوس یک مرکز جمع آوری و بازیافت و یک مرکز امحاء وجود دارد. محصولات برگشتی از بازار که به صورت درصدی از تقاضای محصول اصلی در نظر گرفته می‌شود وارد زنجیره معکوس شده و پس از انجام عملیات بازرسی، جدا سازی و بازیافت راه یکی از سه مقصد ممکن که انبار تولید کننده، انبار تامین کننده و یا مرکز امحاء است را در پیش می‌گیرد.

در بخشهای ۳,۲,۲ الی ۳,۲,۴ رفتار هر یک از عامل‌ها در زنجیره تامین رو به جلو و تعامل آنها در مدل به همراه پارامترهای مربوط به آنها تشریح می‌گردد. و رفتار زنجیره رو به عقب به همراه پارامترهای مربوطه در بخش ۳,۲,۵ تبیین می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

مفروضات مدل

- مدل تک محصولی است.
- محصول زنجیره تامین در بازار، یک رقیب دارد.
- زنجیره تامین رقیب در نظر گرفته نشده است.
- رقیب در دوره مورد بررسی یک نوبت تبلیغات سراسری برای محصولش دارد.
- رقیب در دوره مورد بررسی یک نوبت تبلیغات محلی در هر خرده فروش برای محصولش دارد.
- تقاضای مشتریان برای محصول مورد بررسی غیر قطعی بوده و دارای توزیع پواسون است.
- پارامتر تقاضا (λ در توزیع پواسون) متغیر بوده و تابعی از قیمت محصول، تعداد نوبت تبلیغات سراسری و تعداد تبلیغات محلی برای محصول است.
- زمان انتظار[1] تامین سفارش برای هر عضو زنجیره تامین صفر در نظر گرفته شده است.
- مقدار محصول بازگشتی به زنجیره تامین به صورت درصدی از تقاضای ماهانه محصول در نظر گرفته می‌شود.
- بین مرکز جمع آوری و مرکز امحا حمل و نقل وجود ندارد.
- هزینه حمل، بر عهده عضو ارسال کننده می‌باشد.

متغیرهای تصمیم گیری مدل

متغیرهای تصمیم گیری مدل زنجیره تامین حلقه بسته در جدول شماره ۲ آمده است.

1 Lead time

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. متغیرهای تصمیم گیری مدل زنجیره تامین حلقه بسته

شرح	متغیر تصمیم گیری
نوع وسیله نقلیه برای حمل از مرکز جمع آوری و بازیافت به تولید کننده (کارخانه)	VTypeCF
نوع وسیله نقلیه برای حمل از مرکز جمع آوری و بازیافت به تامین کننده	VTypeCS
نوع وسیله نقلیه برای حمل از تولید کننده (کارخانه) به خرده فروش	VTypeFR
نوع وسیله نقلیه برای حمل ازتامین کننده به تولید کننده (کارخانه)	VTypeSF
قیمت محصول زنجیره تامین	Price
تعداد تبلیغات سراسری برای محصول زنجیره تامین	GlobalPromo
تعداد تبلیغات محلی خرده فروش i ام برای محصول زنجیره تامین	LocalPromoRi
سقف موجودی خرده فروش	s high R
حداقل موجودی (نقطه سفارش) خرده فروش	s low R
سقف موجودی مواد و قطعات اولیه تولید کننده (کارخانه)	s high F
حداقل موجودی (نقطه سفارش) مواد و قطعات اولیه تولید کننده (کارخانه)	s low F
سقف موجودی مواد و قطعات اولیه تامین کننده	s high S
حداقل موجودی (نقطه سفارش) مواد و قطعات اولیه تامین کننده	s low S

مدلسازی زنجیره رو به جلو با روش عامل بنیان

هر یک از عامل‌ها در زنجیره تامین رو به جلو که نماینده یکی از اعضای زنجیره هستند دارای رفتار تعریف شده و پارامترهای مختص خود هستند. در ادامه رفتار هر یک از عامل‌ها در زنجیره رو به جلو تشریح می‌گردد.

خرده فروش

خرده فروش در مدل مورد نظر به عنوان نماینده خرده فروشان تقاضا را دریافت می‌نماید. سپس آنرا با موجودی مقایسه نموده و در صورتیکه موجودی مقداری غیر صفر داشته باشد تقاضای رسیده را به صورت جزئی و یا کامل (با توجه به مقدار موجودی در دست) برآورده می‌نماید. میزان تقاضای پاسخ داده نشده به عنوان تقاضای عقب افتاده در نظر گرفته می‌شود تا در آینده هنگام دریافت موجودی از کارخانه و با پرداخت جریمه کسری جبران گردد. خرده

Archive of SID

www.SID.ir

فروش به صورت هفتگی وضعیت موجودی، تقاضای جبران نشده (عقب افتاده) و موجودی در راه را بررسی نموده و با توجه به سیاست سفارشگذاری موجودی که در این تحقیق سیستم دوره ای و یا (S,s) است، مقدار مورد نیاز برای سفارش به عضو بالا دستی که تولید کننده است تعیین می‌گردد. رابطه‌های ۳ و ۴ فرمول محاسبه مقدار سفارش را نشان می‌دهد.

$$L = I + E - B \quad (۳)$$

$$O = S - L \quad (۴)$$

به ترتیب معرف مقدار موجودی در دست، B و E ، I، L در رابطه شماره ۳ متغیرهای موجودی انبار خرده فروش، موجودی در راه و تقاضای تامین نشده (عقب افتاده) هستند. در رابطه شماره ۴ نشان دهنده مقدار سفارش به عضو بالا دست زنجیره تامین است Oمتغیر که برابر است با اختلاف سقف موجودی (طبق سیاست سفارش گذاری) و مقدار موجودی در دست. نمودار شماره ۳ منطق رفتار خرده فروش را تشریح نموده و نمودار شماره ۴ فرایند محاسبه مقدار سفارش و سفارشگذاری به عضو بالا دست زنجیره رو به جلو است که به صورت هفتگی در مدل مورد مطالعه در عامل خرده فروش فراخوانی می‌گردد.

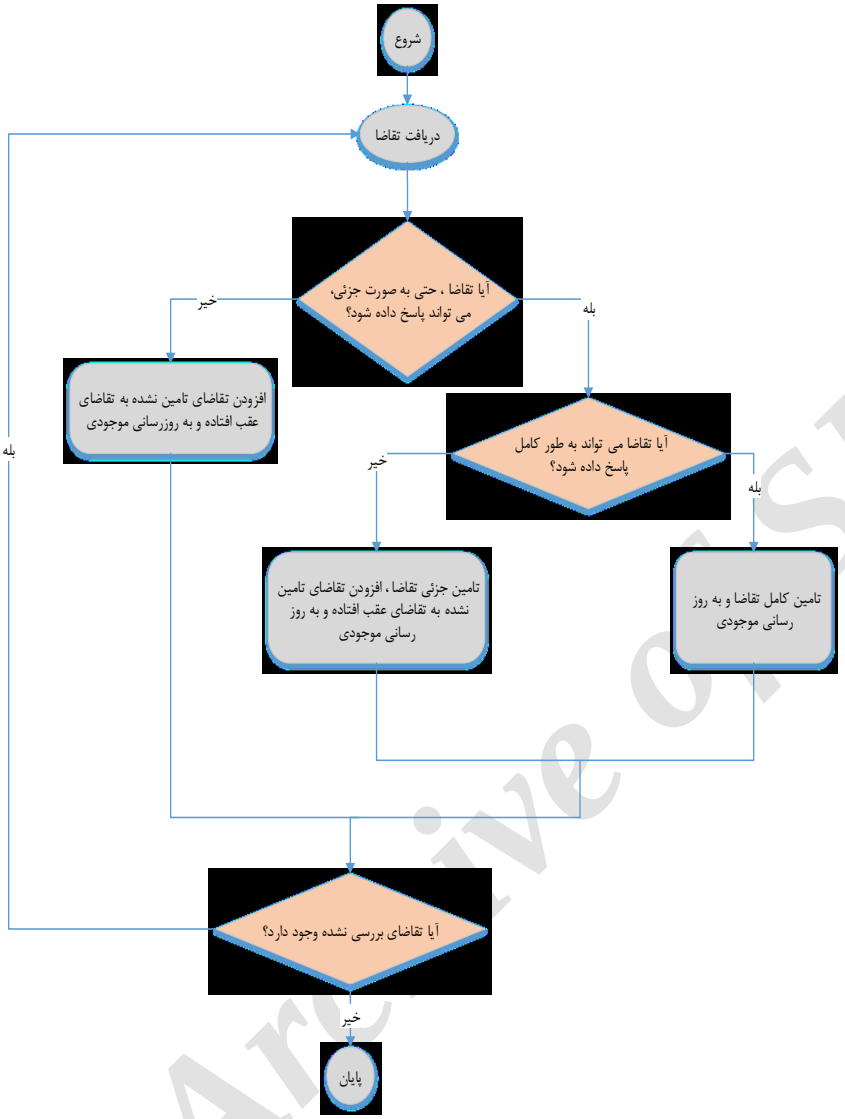
هزینه کل عامل خرده فروش شامل هزینه سفارشگذاری، هزینه نگهداری موجودی، هزینه کسری موجودی و هزینه هر نوبت تبلیغات محلی می‌باشد. جدول ۳ پارامترهای عامل خرده فروش را نشان می‌دهد.

جدول ۳. پارامترهای عامل خرده فروش

شرح	پارامتر
سقف موجودی	S
حداقل موجودی (نقطه سفارش)	s
هزینه هر نوبت سفارش گذاری	OC
هزینه نگهداری هر واحد موجودی در روز	HC
هزینه کسری هر واحد موجودی در روز	SC
هزینه هر نوبت تبلیغات محلی	AdvC

Archive of SID

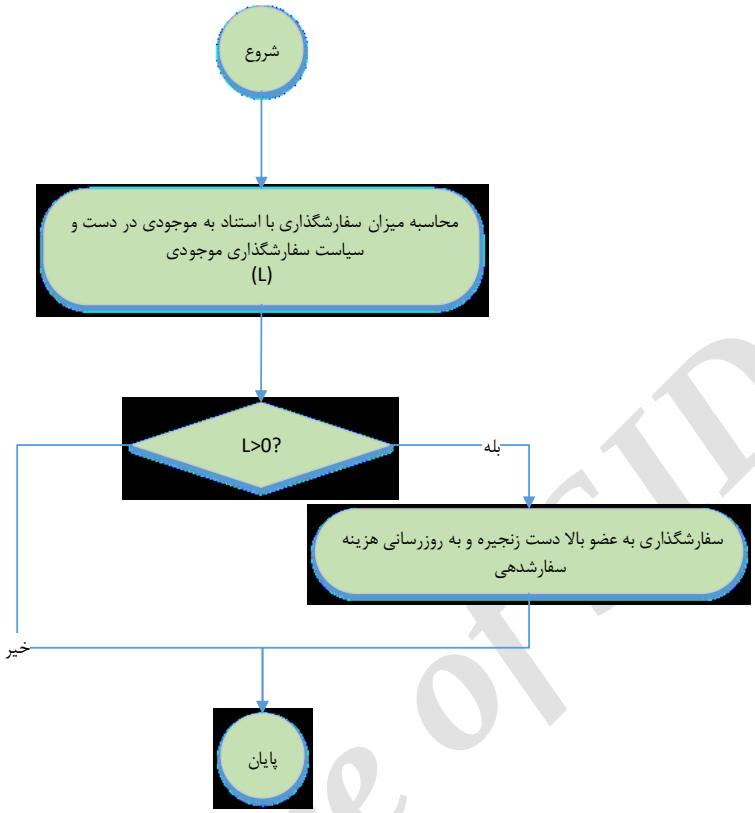
www.SID.ir



نمودار ۳. رفتار خرده فروش در زنجیره رو به جلو

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار۴. فرایند سفارشگذاری به عضو بالا دست زنجیره تامین رو به جلو

تولید کننده

تولید کننده سفارشات دریافتی از خرده فروش را طبق فرایند نشان داده شده در نمودار شماره ۵ پردازش نموده و به آن پاسخ می‌دهد. رفتار عامل تولید کننده پیچیده تر از رفتار عامل خرده فروش است به دلیل اینکه با دو نوع موجودی سر و کار دارد. ۱- موجودی محصول که مورد تقاضای خرده فروش است و ۲- موجودی مواد اولیه (قطعات) که برای تولید محصول استفاده می‌نماید. تولید کننده پس از دریافت سفارش از خرده فروش، امکان تامین تمام یا بخشی از سفارش رسیده با توجه به مقدار موجودی در انبار خود را بررسی می‌نماید. آن میزان از سفارش که امکان تامین ندارد به عنوان سفارش عقب افتاده در نظر گرفته می‌شود. به منظور

Archive of SID

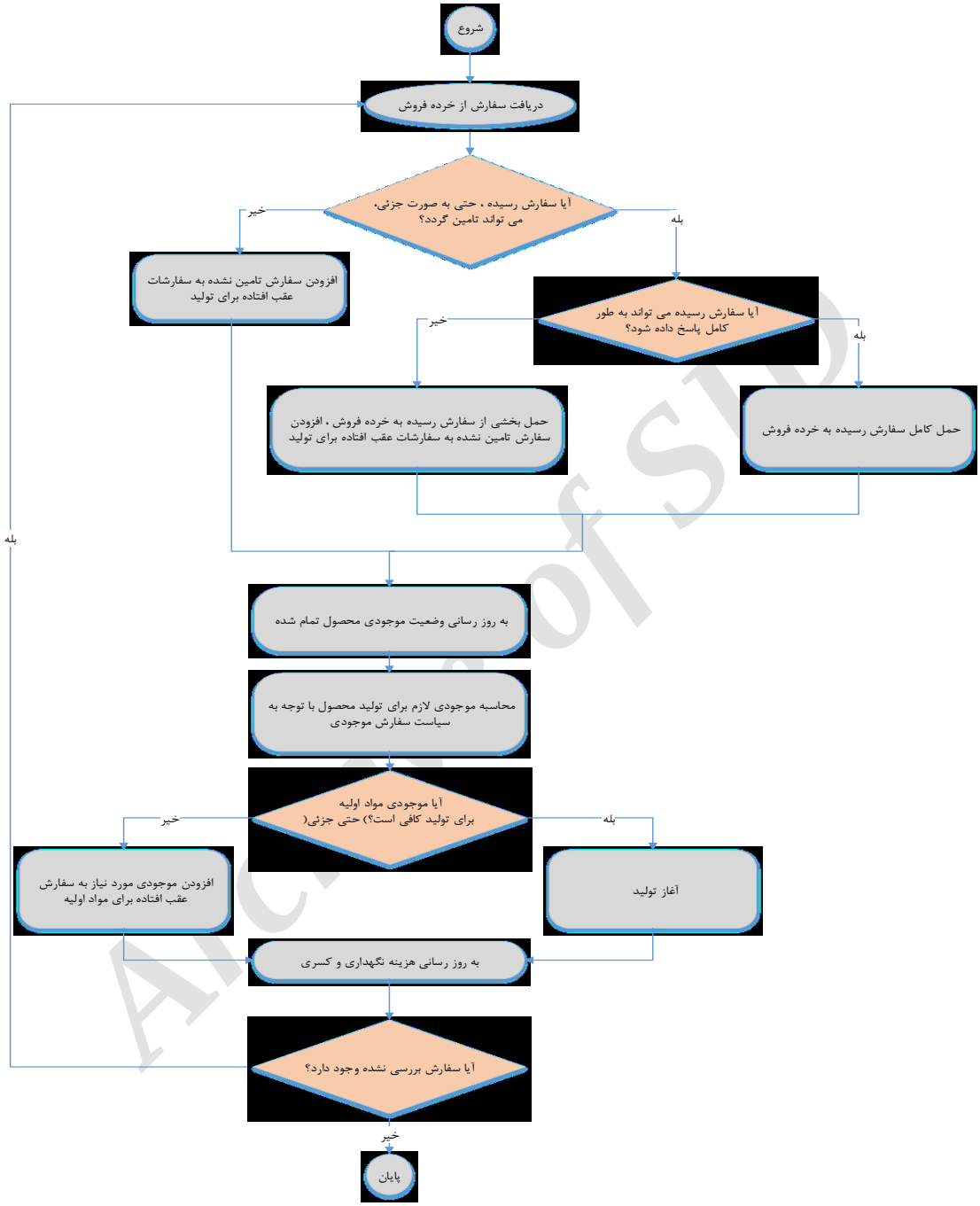
www.SID.ir

تولید محصول، تولید کننده موجودی مواد اولیه را بررسی نموده و در صورتیکه موجودی صفر نباشد تولید آغاز می‌گردد. تولید کننده نیز مانند خرده فروش به صورت هفتگی به تامین کننده سفارش گذاری می‌نماید . برای سفارش قطعات و مواد اولیه به تامین کننده، کارخانه از فرایند تصویر شده در نمودار شماره ۴ و روابط شماره ۳ و ۴ برای محاسبه میزان سفارش و سفارش دهی استفاده می‌نماید.

هزینه کل تامین کننده شامل هزینه نگهداری محصول تمام شده، هزینه نگهداری موجودی مواد و قطعات اولیه، هزینه سفارش دهی به تامین کننده، هزینه حمل محصول تمام شده به خرده فروش، هزینه کسری موجودی محصول تمام شده، هزینه کسری موجودی مواد و قطعات اولیه و هزینه هر نوبت تبلیغات سراسری است. میزان کل گازهای گلخانه ای تولید شده توسط عامل تولید کننده شامل گاز CO_2 ناشی از تولید محصول و حمل محصول به خرده فروش است. پارامترهای عامل تولید کننده در جدول شماره ۴ تشریح گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۵. رفتار تولید کننده در زنجیره رو به جلو

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴ . پارامترهای عامل تولید کننده

شرح	پارامتر
سقف موجودی محصول تمام شده	S
حداقل موجودی (نقطه سفارش) محصول تمام شده	s
سقف موجودی مواد و قطعات اولیه	Sr
حداقل موجودی (نقطه سفارش) مواد و قطعات اولیه	sr
هزینه هر نوبت سفارش گذاری	OC
هزینه نگهداری هر واحد موجودی محصول تمام شده در روز	HC
هزینه نگهداری هر واحد موجودی مواد و قطعات اولیه در روز	RHC
هزینه کسری هر واحد موجودی محصول تمام شده در روز	SC
هزینه کسری هر واحد موجودی مواد و قطعات اولیه در روز	RSC
هزینه تولید هر واحد محصول	ManuC
هزینه حمل و نقل هر واحد محصول تمام شده	ShipC
هزینه هر نوبت تبلیغات سراسری	AdvC
گاز CO_2 ناشی از تولید هر واحد محصول	ManuCO2
گاز CO_2 ناشی از حمل محصولات توسط وسیله نقلیه مشخص	ShipCO2
ظرفیت وسیله نقلیه مشخص	VCap

تامین کننده

سفارشات هفتگی رسیده از سوی تولید کننده در عامل تامین کننده طبق نمودار شماره ۶ تحلیل و پردازش شده و در صورتیکه موجودی مواد و قطعات اولیه صفر نشده باشد به آنها به صورت کامل و یا جزئی پاسخ داده می‌شود. بخشی از سفارش که بدون پاسخ می‌ماند به عنوان سفارش عقب افتاده منظور می‌گردد. مطابق نمودار شماره ۴ تامین کننده با مرور موجودی خود و در نظر گرفتن سیاست سفارشگذاری، اقدام به خرید (سفارش) مواد اولیه می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

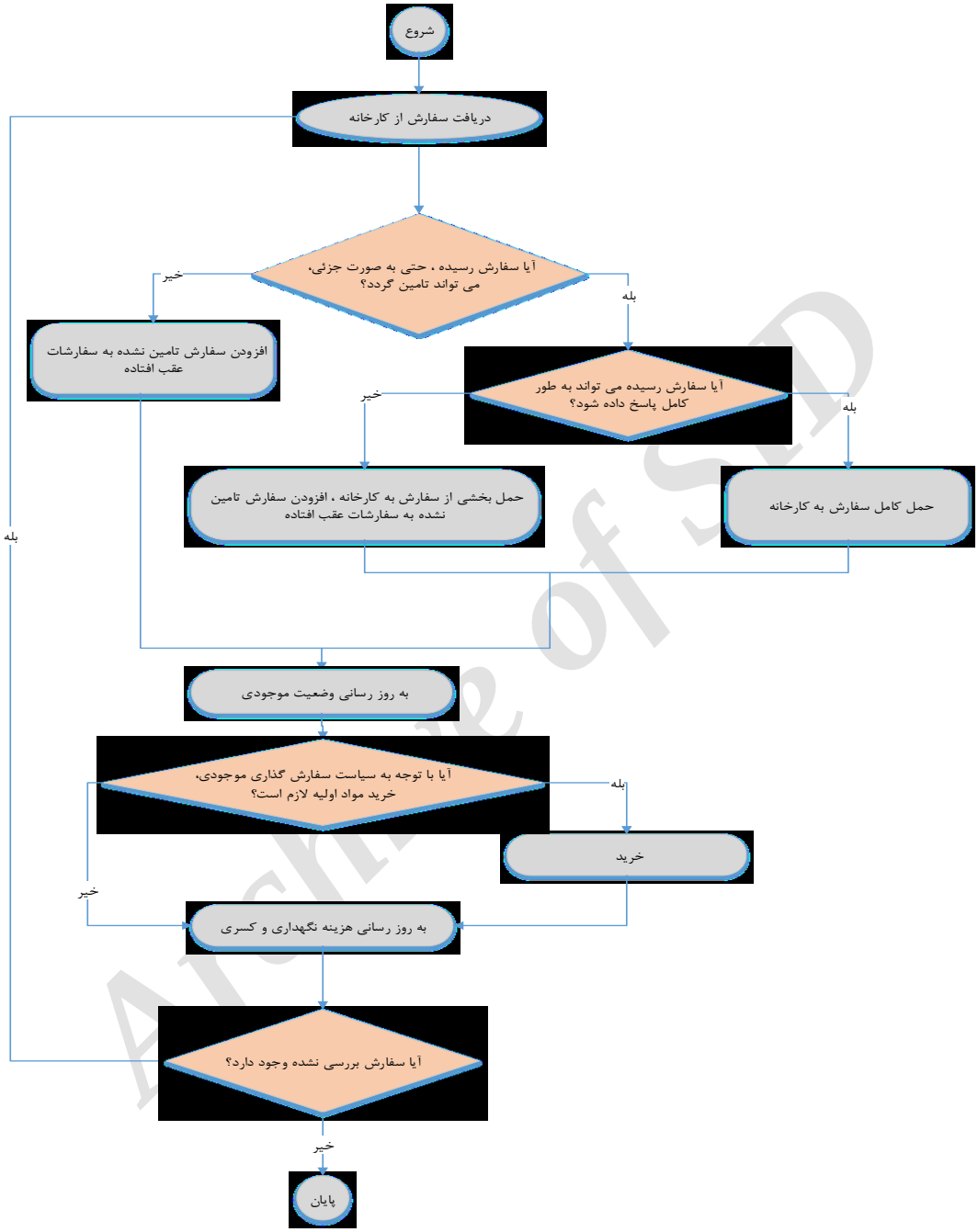
هزینه‌های تامین کننده شامل هزینه نگهداری مواد و قطعات اولیه، هزینه کسری آنها، هزینه تامین مواد (خرید و سفارشگذاری مواد اولیه) و هزینه حمل مواد و قطعات به تولید کننده می‌باشد. کل گاز CO_2 تولید شده مربوط تامین کننده از حمل مواد و قطعات به تولید کننده تشکیل شده است. پارامترهای عامل تامین کننده در جدول شماره ۵ معرفی شده اند.

جدول ۵ . پارامترهای عامل تامین کننده

شرح	پارامتر
سقف موجودی مواد و قطعات اولیه	S
حداقل موجودی (نقطه سفارش) مواد و قطعات اولیه	s
هزینه نگهداری هر واحد موجودی مواد و قطعات اولیه در روز	HC
هزینه کسری هر واحد موجودی مواد و قطعات اولیه در روز	SC
هزینه تامین مواد اولیه	SuppC
هزینه حمل و نقل هر واحد مواد و قطعات	ShipC
گاز CO_2 ناشی از حمل محصولات توسط وسیله نقلیه مشخص	ShipCO2
ظرفیت وسیله نقلیه مشخص	VCap

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۶. رفتار تامین کننده در زنجیره تامین رو به جلو

Archive of SID

www.SID.ir

زنجیره معکوس و تشکیل زنجیره حلقه بسته

همانگونه که در مفروضات مدل اشاره شد درصدی از تقاضای محصول به عنوان محصول برگشتی به زنجیره تامین معکوس وارد می‌شود . در مدل مورد بررسی مرکز جمع آوری و بازیافت در یک مکان در نظر گرفته می‌شوند. لذا پس از دریافت محصول برگشتی در مرکز جمع آوری عملیات جدا سازی قطعات و بازرسی جهت تعیین قطعات قابل بازیافت و قطعات غیر قابل بازیافت انجام می‌گیرد.در مدل حاضر فرض بر اینست که در نتیجه بازرسی، قطعات غیر قابل بازیافت به سمت مرکز امحاء فرستاده می‌شوند، قطعاتی که سالم هستند برای استفاده در تولید محصول به کارخانه و قطعاتی که نیازمند پردازش هستند بازیافت شده و به عنوان ماده اولیه به تامین کننده فرستاده می‌شوند. زنجیره تامین معکوس که با روش گسسته پیشامد و یا فرایندی مدل می‌شود در عاملی به نام عامل اصلی[1] در نرم افزار به زنجیره رو به جلو متصل می‌شود. در جدول شماره ۶ پارامترهای زنجیره معکوس به همراه پارامترهای بازار شرح داده شده اند. نکته قابل ذکر اینست که این پارامترها در عامل اصلی که بستر تلاقی عامل‌ها و اجرای شبیه سازی است، قرار دارند.

جدول ۶. پارامترهای زنجیره معکوس

پارامترهای زنجیره برگشتی (در Main)	
هزینه جمع آوری و تفکیک هر واحد محصول برگشتی	CC
هزینه امحاء هر واحد محصول برگشتی	DC
هزینه بازیافت هر واحد محصول برگشتی	RC
هزینه حمل به ازای هر وسیله نقلیه از مرکز جمع آوری به کارخانه (تولید کننده)	ShipCF
هزینه حمل به ازای هر وسیله نقلیه از مرکز جمع آوری به تامین کننده	ShipCS
گاز CO_2 ناشی از حمل به کارخانه	ShipFCO2
گاز CO_2 ناشی از حمل به تامین کننده	ShipSCO2
ظرفیت وسیله نقلیه	VC
پارامترهای آمیخته بازاریابی (در Main)	
قیمت محصول زنجیره تامین	Price
تعداد تبلیغات سراسری برای محصول زنجیره تامین	GlobalPromo
تعداد تبلیغات محلی خرده فروش i ام برای محصول زنجیره تامین	LocalPromoRi

1. Main

Archive of SID

www.SID.ir

برنامه‌ریزی سناریو و رتبه بندی و انتخاب

از بین روشهای متداول بهینه سازی از طریق شبیه سازی، روش رتبه بندی و انتخاب یکی از پرکاربردترین روشها محسوب می‌شود . دلیل این امر نیز سهولت درک آن برای مدیران عملیاتی و تصمیم سازان در حوزه صنعت و کاربردی بودن این روش می‌باشد. در این روش با استفاده از شبیه سازی سناریوهای مختلفی که برای حل مسئله وجود دارد اجرا شده و نتایج که همان مقادیر توابع هدف هستند برای هر سناریو ثبت می‌گردد . سپس سناریوها بر مبنای مقدار تابع هدفشان رتبه بندی شده و سناریو یا مجموعه سناریوهای برتر انتخاب می‌گردند. در صورتیکه که مسئله مورد بررسی یک هدفه باشد، تنها یک معیار برای رتبه بندی سناریوها وجود دارد در غیر اینصورت مسئله رتبه بندی سناریوها به یک مسئله تصمیم گیری چند شاخصه تبدیل شده و باید از تکنیک‌های تصمیم گیری چند شاخصه برای رتبه بندی و انتخاب سناریوها استفاده نمود.

در تحقیق حاضر از دو روش ELECTRE و مجموع ساده وزین[1] که از روش‌های بسیار کارا در حل مسائل تصمیم گیری چند شاخصه هستند استفاده می‌شود. گام‌های اجرای روش‌های مذکور در پیوست شماره ۱ آمده است.

در این تحقیق انتخاب معیارهای رتبه بندی سناریوها از طریق مصاحبه با خبرگان انجام می‌گیرد. در این مدل سه معیار هزینه کل زنجیره تامین، مجموع گاز CO_2 تولید شده در سرتاسر زنجیره تامین و سهم بازار محصول زنجیره تامین مبنای رتبه بندی و انتخاب بهترین سناریو قرار می‌گیرند.

به منظور شبیه سازی زنجیره تامین حلقه بسته و ثبت مقادیر هزینه کل و گاز CO_2 تولید شده در سراسر زنجیره تامین، لازم است تا سناریوهای متفاوت توسط روش طراحی آزمایشات تولید شده و مدل شبیه سازی زنجیره تامین حلقه بسته برای هر کدام به تعداد کافی اجرا گردد. برای ثبت مقدار سهم بازار نیز متغیرهای آمیخته بازاریابی (قیمت، تبلیغات سراسری و محلی) هر سناریو در مدل بازار وارد شده و شبیه سازی عامل بنیان صورت می‌گیرد.

1. Simple Additive weighting method (SAW)

Archive of SID

www.SID.ir

مدلسازی مسئله نمونه و اجرای مدل

جهت پیاده سازی مدل پیشنهادی برای بررسی اعتبار، پایایی و عملکرد مدل از یک مسئله نمونه در صنعت خودرو سازی استفاده می‌شود. صنعت خودرو سازی از جمله صنایعی است که بسیار مورد توجه محققان در زمینه زنجیره‌های تامین حلقه بسته و سبز قرار گرفته است. دلیل این مسئله نیز نقش بسزای این صنعت و زنجیره تامین وابسته به آن در تولید آلاینده‌های محیط زیست و اثرات تخریبی آن بر هوا، آب و خاک است. به علاوه در این صنعت محصولات برگشتی به دلایل مختلف وجود دارند، از جمله محصولاتی که پایان عمر آنها فرا رسیده، محصولاتی که در آغاز خروج از کارخانه و واگذاری به مشتری با مشکلات عمده مواجه هستند، محصولات تصادفی و ... که همه این موارد می‌توانند با ورود به زنجیره معکوس و تعیین تکلیف در آن تاثیر فوق العاده ای در صرفه جویی اقتصادی و نیز کاهش آلاینده‌های محیط زیستی داشته باشند. مسئله مورد بررسی در این تحقیق با دو محصول رقیب متعلق به دو شرکت خودرو ساز رقیب سر و کار دارد. شرکت‌ها شرکت Aو B هستند که در این تحقیق شرکت B شرکت رقیب در نظر گرفته می‌شود و محصول آن که از این پس محصول B نامیده می‌شود محصول رقیب قلمداد می‌گردد. ابتدا با استفاده از مدل عامل بنیان بازار، رابطه میانگین تقاضای محصول A با قیمت محصول، تبلیغات سراسری و تبلیغات محلی خرده فروشان در حضور محصول رقیب B تعیین می‌گردد تا به عنوان پارامتر تقاضا در مدل زنجیره تامین حلقه بسته استفاده گردد.

به این منظور با استفاده از روش طراحی آزمایشات تاگوچی، که در بخش ۳,۱ تشریح گردید، برای سطوح مختلف قیمت، تبلیغات سراسری و محلی تعداد ۳۶ آزمایش طراحی شده و مدل مذکور برای هر آزمایش به مدت یک ماه و به تعداد ۱۵ مرتبه اجرا شده و نتایج که به صورت میانگین تعداد مصرف کنندگان محصولات A و B است ثبت می‌گردد.

جهت راستی آزمایی مدل و برآورد میزان توانایی مدل برای شبیه سازی رفتار انسانی، با توجه به عدم وجود داده‌های تاریخی ثبت شده که امکان انجام آزمون فرضیه را ممکن سازند، از روش شماره دو ذکر شده در بخش ۳,۱ استفاده می‌گردد. بدین منظور خروجی‌های مدل به

Archive of SID

www.SID.ir

همراه سناریوهای مربوطه در اختیار گروهی از خبرگان صنعت مورد نظر قرار گرفت و با توجه به شناخت و تجربه خبرگان از شرایط بازار و رفتار مصرف کنندگان، خروجی‌ها با نظر اکثریت تایید گردید.

جدول پ. ۱ که در پیوست شماره ۲ آمده است طرحهای تولید شده را نشان می‌دهد و جدول پ. ۲ در همان پیوست سناریوهای معادل طرحهای آزمایشی را ارائه می‌نماید. سطوح متغیرهای قیمت و تبلیغات سراسری و محلی و مقادیر معادلشان در جداول پ. ۳ تا پ. ۵ در پیوست شماره ۳ آمده است.

با استفاده از رگرسیون خطی رابطه بین میانگین تقاضای محصول A و متغیرهای بازار به دست می‌آید. معادله شماره ۵ رابطه را برای مسئله نمونه نشان می‌دهد. متغیرها، ضرایب و مقدار ثابت رابطه شماره ۵ در بخش ۳،۱ در رابطه شماره ۲ تشریح گردیده اند.

$$\lambda=3728-68\times \Pr ice+593\times global\ \Pr omo+410\times local\ \Pr omoR1+196\times local\ \Pr omoR2 \quad (۵)$$

سپس این مقدار به عنوان پارامتر توزیع تقاضا که توزیع پواسون است وارد مدل زنجیره تامین حلقه بسته می‌گردد. جهت اجرای مدل شبیه سازی زنجیره تامین حلقه بسته سبز، لازم است تا سناریوهای مسئله با استفاده از روش طراحی آزمایشات طراحی گردند. مسئله زنجیره تامین مورد بررسی در این تحقیق شامل چهارده متغیر می‌باشد. از آنجاییکه تعداد ده متغیر در مسئله نمونه دارای دو سطح و چهار متغیر دارای ۳ سطح می‌باشند از بین طرحهای موجود تاگوچی برای مسائل با مخلوطی از متغیرهای دو سطحی و سه سطحی و با استناد به شکل شماره ۱، طرح L36 انتخاب می‌گردد.

تعداد ۳۶ سناریو با در نظر گرفتن متغیرها تولید می‌گردد، جداول پ. ۶ تا پ. ۱۰ در پیوست شماره ۳، سطوح و مشخصات مربوط به هر سطح از متغیرهای موجودی و حمل و نقل را ارائه می‌دهند. جدول پ. ۱۱ در پیوست شماره ۴ طرح‌های آزمایشی تاگوچی تولید شده توسط نرم افزار مینی تب ۱۸ برای مدل شبیه سازی زنجیره تامین حلقه بسته و جدول پ. ۱۲ در همان پیوست، سناریوهای معادل طرح‌های تولید شده به روش طراحی آزمایشات تاگوچی را نشان می‌دهند. پس از تولید سناریوها (طرح‌های آزمایش) مدل زنجیره تامین حلقه بسته به ازای هر

Archive of SID

www.SID.ir

سناریو در نرم افزار شبیه سازی انی لاجیک نسخه ۸,۲,۴ اجرا می‌گردد. برای اجرای مدل از کامپیوتر شخصی با پردازشگر اینتل چهار هسته ای ۲,۶۷ گیگا هرتز و حافظه داخلی ۴ گیگابایت و سیستم عامل ویندوز ۷ آلتیمیت[1] استفاده می‌شود.

جدول ۷ میانگین مقادیر متغیرهای پاسخ به ازای ۱۵ مرتبه اجرای هر سناریو را نمایش می‌دهد.

در مرحله اول سناریوهای مغلوب حذف می‌شوند و رتبه بندی با استفاده از روش ELECTREبین پانزده سناریوی باقیمانده صورت می‌پذیرد. اوزان معیارهای هزینه، گاز CO_2و سهم بازار محصول به ترتیب ۰,۴ و ۰,۴ و ۰,۲ می‌باشند که از مشورت با متخصصان و تصمیم گیرندگان مسئله به دست آمده است. جدول شماره ۸ سناریوهای باقیمانده پس از حذف سناریوهای مغلوب و جدول شماره ۹ پانزده سناریو رتبه بندی شده را نشان می‌دهد.

با استفاده از روش ELECTRE در نهایت سه سناریوی ۲۴، ۳۵ و ۳۶ به عنوان سناریوهایی که هیچ سناریویی بر آنها ارجحیت ندارد در رتبه نخست قرار می‌گیرند که به تصمیم گیرندگان ارائه می‌شوند و به منظور انتخاب یک سناریو از بین آنها مجددا نظر خواهی درباره وزن معیارها صورت گرفته و با استفاده از اوزان جدید و روش مجموع ساده وزین، این سه سناریو رتبه بندی شده و سناریوی برتر انتخاب می‌شود. در نظر سنجی مجدد برای اوزان از تصمیم گیرندگان، اوزان معیارهای هزینه، گاز CO_2 و سهم بازار به ترتیب ۰,۳، ۰,۲ و ۰,۳ تعیین شدند. جدول شماره ۱۰ نتیجه رتبه بندی سه سناریو با استفاده از روش مجموع ساده وزین را نشان می‌دهد. همانگونه که در جدول شماره ۱۰ آمده است سناریوی شماره ۳۵ با مقادیر متغیرهای تصمیم که در جدول شماره ۱۱ ذکر شده، به عنوان سناریوی برتر شناخته می‌شود.

تحلیل و بررسی سناریوی نهایی انتخاب شده و مقادیر برگزیده برای متغیرها حاکی از آن است که با توجه به اهمیت بیشتری که تصمیم گیرندگان به شاخص‌های هزینه و گاز CO_2 با بیان اوزان بالاتر داده اند (در روش ELECTRE)، از میان سناریوها موردی انتخاب شده که در رده کمترین هزینه‌ها بین هزینه‌های موجود قرار داشته و همچنین میزان گاز CO_2 نسبتا

1 Ultimate

Archive of SID

www.SID.ir

پاینتری در مقایسه با بقیه سناریوها داردو در خصوص سهم بازار نیز سهم ۶۵,۲٪ برای شرکت A با توجه به شرایط واقعی مشاهده شده در بازار منطقی می‌باشد.

جدول ۷. ماتریس تصمیم گیری

گزینه‌های تصمیم گیری	معیارهای تصمیم گیری			
	سناریو	هزینه کل	مجموع گاز گلخانه ای (ton CO2)	سهم بازار
	1	15,550,000,000	380	9.2%
	2	20,440,000,000	640	58.0%
	3	20,400,000,000	871	78.0%
	4	12,000,000,000	279	10.0%
	5	17,230,000,000	468	60.0%
	6	17,340,000,000	618	81.0%
	7	19,825,000,000	632	71.0%
	8	22,020,000,000	691	62.0%
	9	19,755,000,000	626	43.0%
	10	21,415,000,000	513	75.0%
	11	20,580,000,000	472	50.0%
	12	22,065,000,000	520	52.0%
	13	16,900,000,000	795	62.0%
	14	15,145,000,000	۱74	50.2%
	15	10,935,000,000	۷46	56.0%
	16	28,645,000,000	622	81.9%
	17	24,660,000,000	۳55	57.6%
	18	19,565,000,000	۲34	24.1%
	19	29,270,000,000	481	56.0%
	20	30,125,000,000	۷53	58.7%
	21	24,085,000,000	408	67.2%
	22	,565,000,000 ۱۵	۷55	80.5%
	23	15,390,000,000	598	66.3%
	24	9,270,330,000	۷23	17.5%

Archive of SID

www.SID.ir

	25	11,805,000,000	804	64.2%
	26	12,825,000,000	٧٥٦	71.0%
	27	8,629,000,000	533	49.50%
	28	24,090,000,000	٧86	84.4%
	29	19,530,000,000	٧67	88.0%
	30	16,950,000,000	434	19.3%
	31	24,730,000,000	٠١1,0	90.7%
	32	17,750,000,000	١42	8.2%
	33	20,260,000,000	٣64	53.2%
	34	17,035,000,000	591	71.8%
	35	,075,000,000 ١٢	٥44	65.2%
	36	12,310,000,000	٤٢٠	60.0%

جدول ۸. سناریوهای باقیمانده پس از حذف سناریوهای مغلوب (نقاط پارتو)

ردیف	سناریو	هزینه کل	مجموع گاز گلخانه ای)ton CO2(	سهم بازار
1	6	17,340,000,000	618	81.0%
2	10	21,415,000,000	513	75.0%
3	15	10,935,000,000	467	56.0%
4	18	19,565,000,000	342	24.1%
5	21	24,085,000,000	408	67.2%
6	22	15,565,000,000	557	80.5%
7	23	15,390,000,000	598	66.3%
8	24	9,270,330,000	237	17.5%
9	25	11,805,000,000	804	64.2%
10	26	12,825,000,000	756	71.0%
11	27	8,629,000,000	533	49.5%
12	29	19,530,000,000	677	88.0%
13	31	24,730,000,000	1,001	90.7%
14	35	12,075,000,000	445	65.2%
15	36	12,310,000,000	420	60.0%

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹ . سناریوهای رتبه بندی شده به روش ELECTRE

سناریو
۲۴، ۳۵، ۳۶
۱۵
۲۷
۲۲
۶
۱۰، ۲۳
۲۵
۱۸، ۲۱، ۲۶، ۲۹
۳۱

جدول ۱۰. سناریوهای رتبه بندی شده به روش SAW

رتبه	مقدار جمع وزنی در ماتریس بی مقیاس	سناریو
۱	0.64	35
۲	0.61	36
۳	0.58	24

جدول ۱۱. مقادیر متغیرهای تصمیم برای سناریوی برتر

مقدار	متغیر تصمیم
300	s Low R
1000	s High R
1000	s Low F
2500	s High F
2000	s Low S
3000	s High S
newF	VTypeFR
oldS	VTypeSF
newC	VTypeCF

Archive of SID

www.SID.ir

VTypeCS	newC
Price	40
GlobalPromo	0
LocalPromoR1	1
LocalPromoR2	2

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

این تحقیق به توسعه یک مدل یکپارچه زنجیره تامین حلقه بسته سبز می‌پردازد. در این راستا سه دسته متغیر سیاست بازپرسازی موجودی، روش حمل و نقل و آمیخته بازاریابی به عنوان متغیرهای تصمیم و هزینه کل زنجیره تامین، مجموع کل گازهای CO_2 منتشر شده از زنجیره تامین و سهم بازار به عنوان توابع هدف و یا معیار برای انتخاب پاسخ برتر در نظر گرفته شدند. در نهایت هدف تعیین متغیرهای تصمیمی است که مقدار هزینه کل و گاز CO_2 کل را کمینه و میزان سهم بازار را در حضور یک رقیب بیشینه نماید. مدلسازی زنجیره تامین با تفکیک زنجیره حلقه بسته به دو زنجیره رو به جلو و معکوس صورت گرفت برای مدلسازی زنجیره رو به جلو از روش مدلسازی عامل بنیان و برای زنجیره معکوس از مدلسازی گسسته پیشامد استفاده گردید که به عنوان نوآوری اصلی این تحقیق می‌توان از آن یاد کرد. از آنجاییکه میانگین تقاضا مقداری غیر قطعی است، یک مدل عامل بنیان دیگر جهت تعیین میانگین نرخ تقاضا ساخته شد تا رابطه بین میانگین تقاضای محصول و سه متغیر قیمت، تعداد تبلیغات سراسری و تعداد تبلیغات محلی به دست آید. در نهایت این رابطه و دیگر محدودیت‌ها و پارامترها وارد مدل اصلی زنجیره تامین حلقه بسته شدند و سناریوهای مختلف تولید شده توسط روش طراحی آزمایشات تاگوچی به تعداد مشخص به اجرا درآمد تا مقادیر مربوط به هریک از معیارها برای هر سناریو به دست آید. در پایان پس از حذف سناریوهای مغلوب، برای رتبه بندی سناریوها و انتخاب سناریوی برتر روش‌های ELECTRE و مجموع ساده وزین استفاده گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

با استناد به تحلیل نتایج به دست آمده و مقادیر متغیرهای مربوط به سناریوی برگزیده، نتایج به دست آمده با واقعیت مشاهده شده در بازار منطبق بوده و لذا با توجه به این معیار، هدف تحقیق با استفاده از مدل مذکور محقق گردیده است.

مدل پیشنهادی برای مدیران در حوزه زنجیره تامین بسیار کارا و کابردی می‌باشد. زیرا امکان مدلسازی زنجیره تامین با فاکتورهای غیرقطعی و بسیار نزدیک به مسئله واقعی را به متخصصان داده و می‌توان در خصوص دامنه وسیعی از متغیرها به طور همزمان تصمیم گیری نمود . به علاوه امکان در نظر گرفتن همزمان چندین هدف به عنوان معیارهای انتخاب سناریوی برتر از ویژگیهای مدل ارائه شده است که برای مدیران در دنیای واقعی، به خصوص در شرایط کنونی که مسائل زیست محیطی اهمیت ویژه ای پیدا کرده و به عنوان عاملی تعیین کننده در تصمیمات مدیریتی مطرح گردیده است، بسیار مطلوب می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

الفت لعیا، خاتمی فیروز آبادی علی، خداوردی روح الله، بهار ۱۳۹۰، *مقتضیات تحقق مدیریت زنجیره ی تأمین سبز درصنعت خودروسازی ایران*، فصلنامه علوم مدیریت ایران، سال ششم،شماره ۲۱، ص ۱۴.

زارعیان جهرمی, ح., فلاح نژاد, م., صادقیه, ا., & احمدی یزدی, ا. (۱۳۹۳). *مدل بهینه سازی چندهدفه استوار در طراحی زنجیره تامین حلقه بسته پایدار*. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید , ۳و ۹۳-۱۱۱.

عظیمی پرهام، فرج پور نظری مهدی، عصمتی علیرضا، فرزین احسان، ۱۳۹۲، *بهینه سازی از طریق شبیه سازی*، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین

اصغرپور، محمد جواد. (۱۳۹۰) . *تصمیم گیریهای چند معیاره* . تهران: موسسه انتشارات دانشگاه تهران

Atasu, A., Sarvary, M., & Van Wassenhove, L. N. (2008). "Remanufacturing as a Marketing Strategy". *Management Science*, *54*(10), 1731–1746. https://doi.org/10.1287/mnsc.1080.0893

Borshchev, A. (2013). *The Big Book of Simulation Modeling*. *Simulation Modeling with Anylogic: Agent Based, Discrete Event and System Dynamics Methods*. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-419987-3.00012-1

Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). "From System Dynamics to Agent Based Modeling". *Simulation*, *66*(11), 25–29. Retrieved from http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/systemdyndiscreteeventabmcompared.borshchevfilippov04.pdf

Cai, G. (George), Zhang, Z. G., & Zhang, M. (2009). Game theoretical perspectives on dual-channel supply chain competition with price discounts and pricing schemes. *International Journal of Production Economics*, *117*(1), 80–96.

https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.053

Carbon dioxide emission footprint calculator and offset estimator (no date). Available at: http://www.carbonify.com/carbon-calculator.htm

Archive of SID

www.SID.ir

(Accessed: 15 March 2018).

carbonfootprint.com - Carbon Footprint Calculator (no date). Available at: https://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx (Accessed: 3 March 2018).

Fathollahi-fard, A. M., & Hajiaghaei-keshteli, M. (2018). "A stochastic multi-objective model for a closed-loop supply chain with environmental considerations". *Applied Soft Computing Journal*, *69*, 232–249. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.04.055

Gan, S. S., Pujawan, I. N., Suparno, & Widodo, B. (2015). Pricing decision model for new and remanufactured short-life cycle products with time-dependent demand. *Operations Research Perspectives*, *2*, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.orp.2014.11.001

Ghomi-avili, M., Gholamreza, S., Naeini, J., Tavakkoli-moghaddam, R., & Jabbarzadeh, A. (2018)." A fuzzy pricing model for a green competitive closed-loop supply chain network design in the presence of disruptions". *Journal of Cleaner Production*, *188*, 425–442. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.273

Govindan, K., Popiuc, M. N., & Diabat, A. (2013). "Overview of coordination contracts within forward and reverse supply chains". *Journal of Cleaner Production*, *47*, 319–334. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.001

Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). "Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future". *European Journal of Operational Research*, *240*(3), 603–626. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012

Guide, D., & Wassenhove, L. N. Van. (2009). "The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research". *Independent Review*, *14*(3), 363–375. https://doi.org/10.1287/opre.1080.0628

Haddadsisakht, A., & Ryan, S. M. (2018). "Closed-loop supply chain network design with multiple transportation modes under stochastic demand and uncertain carbon tax". *International Journal of Production Economics*, *195*(October 2017), 118–131. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.09.009

Harris, I., Naim, M., Palmer, A., Potter, A., & Mumford, C. (2011).

Archive of SID

www.SID.ir

Assessing the impact of cost optimization based on infrastructure modelling on CO2 emissions. *International Journal of Production Economics*, *131*(1), 313–321. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.03.005

Min, H., & Kim, I. (2012). "Green supply chain research: Past, present, and future". *Logistics Research*, *4*(1–2), 39–47. https://doi.org/10.1007/s12159-012-0071-3

Modak, N. M., Modak, N., Panda, S., & Sana, S. S. (2018). "Analyzing structure of two-echelon closed-loop supply chain for pricing, quality and recycling management". *Journal of Cleaner Production*, *171*, 512–528. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.033

Mortazavi, A., Arshadi Khamseh, A., & Azimi, P. (2015). "Designing of an intelligent self-adaptive model for supply chain ordering management system". *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *37*, 207–220. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2014.09.004

Paksoy, T., Özceylan, E., & Weber, G.-W. (2011). A Multi Objective Model for Optimization of A Green Supply Chain Network. *Global Journal of Technology & Optimization*, *2*(June), 84–96.

Ponte, B., Sierra, E., de la Fuente, D., & Lozano, J. (2017). "Exploring the interaction of inventory policies across the supply chain: An agent-based approach". *Computers and Operations Research*, *78*(September 2016), 335–348. https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.09.020

Rezapour, S., Farahani, R. Z., Fahimnia, B., Govindan, K., & Mansouri, Y. (2015). "Competitive closed-loop supply chain network design with price-dependent demands". *Journal of Cleaner Production*, *93*, 251–272. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.095

Rooeinfar, R., Azimi, P., & Pourvaziri, H. (2016). "Multi-echelon supply chain network modelling and optimization via simulation and metaheuristic algorithms". *Scientia Iranica E*, *23*(1), 330–347. Retrieved from www.scientiairanica.com

Sarkis, J. (2006). *Greening the supply chain*. https://doi.org/10.1007/1-84628-299-3

Sarvary, M., Atasu, A., & Van Wassenhove, L. (2005). Working Paper Series Remanufacturing as a Marketing Strategy. *Insead Working*

Archive of SID

www.SID.ir

Paper Series, 1–36.

Sazvar, Z., Mirzapour Al-E-Hashem, S. M. J., Baboli, A., & Akbari Jokar, M. R. (2014). "A bi-objective stochastic programming model for a centralized green supply chain with deteriorating products". *International Journal of Production Economics*, *150*, 140–154. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.023

Soleimani, H., Govindan, K., Saghafi, H., & Jafari, H. (2017). "Fuzzy multi-objective sustainable and green closed-loop supply chain network design". *Computers and Industrial Engineering*, *109*, 191–203. https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.04.038

Taleizadeh, A. A., Moshtagh, M. S., & Moon, I. (2018). "Pricing, product quality, and collection optimization in a decentralized closed-loop supply chain with different channel structures: Game theoretical approach". *Journal of Cleaner Production*, *189*, 406–431. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.02.209

Zeballos, L. J., Méndez, C. A., Barbosa-Povoa, A. P., & Novais, A. Q. (2014). "Multi-period design and planning of closed-loop supply chains with uncertain supply and demand". *Computers and Chemical Engineering*, *66*, 151–164. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2014.02.027

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست ۱

پ ۱,۱ . روش مجموع ساده وزین (SAW)

در این روش مناسب ترین گزینه (Ai) با استفاده از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد؛

$$A^* = \left\{ A_i \middle|\ \max_i \frac{\sum_j w_j * r_{ij}}{\sum_j w_j} \right\}$$

A_i معرف گزینه‌ها و w_j معرف وزن هر معیار j می باشد.

پ ۲,۱. روش الکتره (ELECTRE)

قدم یک: تبدیل ماتریس تصمیم گیری به ماتریس بی مقیاس با استفاده از روش اقلیدسی

قدم دوم : تشکیل ماتریس به مقیاس وزین با ضرب مقادیر وزن هر معیار در مقادیر ماتریس بی مقیاس به ازاری آن معیار.

قدم سوم: مشخص نمودن مجموعه هماهنگی و ناهماهنگی برای هر زوج از گزینه‌ها.

مجموعه هماهنگ شامل کلیه شاخص‌هایی است که در آنها گزینه A_l بر گزینه A_k ارجحیت دارد.

مجموعه ناهماهنگ شامل کلیه شاخص‌هایی است که در آنها گزینه A_l بر گزینه A_k ارجحیت ندارد.

قدم چهارم: تشکیل ماتریس هماهنگی. هر عضو ماتریس هماهنگی جمع وزنی مقادیر مربوط به مجموعه هماهنگ مرتبط با آن عضو است.

قدم پنجم : محاسبه ماتریس ناهماهنگی. هر عضو از ماتریس ناهماهنگی با استفاده از عناصر ماتریس وزین (V) محاسبه می‌شود و نشان دهنده شدت بدتر بودن ارزیابی از گزینه A_k در رابطه با گزینه A_l است.

Archive of SID

www.SID.ir

قدم ششم: مشخص نمودن ماتریس هماهنگ موثر . عناصر ماتریس هماهنگی (I_{kl}) نسبت به یک مقدار آستانه که مطابق فرمول ذیل محاسبه می‌گردد سنجیده می‌شود؛

$$\bar{I} = \sum_{k=1}^{m}\sum_{l=1}^{m} I_{k,l}/m(m-1)$$

M بیانگر تعداد گزینه‌ها می‌باشد.

بر اساس مقدار آستانه محاسبه شده و با استفاده از روابط ذیل ماتریس بولین F (ماتریس هماهنگ موثر) تشکیل می‌شود؛

$$f_{kl} = 1 \xrightarrow{\text{اگر}} I_{kl} \geq \bar{I}$$

$$f_{kl} = 0 \xrightarrow{\text{اگر}} I_{kl} < \bar{I}$$

قدم هفتم: محاسبه ماتریس ناهماهنگ موثر.

عناصر ماتریس ناهماهنگی (NI_{kl}) نسبت به یک مقدار آستانه که مطابق فرمول ذیل محاسبه می‌گردد سنجیده می‌شود؛

$$\overline{NI} = \sum_{k=1}^{m}\sum_{l=1}^{m} NI_{k,l}/m(m-1)$$

M بیانگر تعداد گزینه‌ها می‌باشد.

بر اساس مقدار آستانه محاسبه شده و با استفاده از روبط ذیل ماتریس بولین G (ماتریس ناهماهنگ موثر) تشکیل می‌شود؛

$$g_{kl} = 1 \xrightarrow{\text{اگر}} NI_{kl} \leq \overline{NI}$$

$$g_{kl} = 0 \xrightarrow{\text{اگر}} NI_{kl} > \overline{NI}$$

Archive of SID

www.SID.ir

قدم هشتم: تشکیل ماتریس کلی و موثر H. هر عنصر این ماتریس($h_{k,l}$) از ضرب مقادیر متناظر دو ماتریس هماهنگ موثر و ناموثر محاسبه می‌شود.

قدم نهم: حذف گزینه‌های کم جاذبه . ماتریس H نشان دهنده ترتیب ارجحیت‌های نسبی از گزینه‌ها است. مقدار ۱ برای یک عضو از ماتریس در سطر k و ستون l، نشان دهنده ارجحیت گزینه A_k بر A_l می‌باشد.

پیوست ۲

جدول پ. ۱. طرح‌های آزمایشی جهت مدلسازی تقاضا در بازار

شماره آزمایش	Price	Global Promo	Local Promo R1	Local Promo R2
1	1	1	1	1
2	2	2	1	1
3	3	3	1	1
4	1	1	1	1
5	2	2	1	1
6	3	3	1	1
7	1	1	1	1
8	2	2	1	1
9	3	3	1	1
10	1	1	1	2
11	2	2	1	2
12	3	3	1	2
13	1	2	1	2
14	2	3	1	2
15	3	1	1	2
16	1	2	1	2
17	2	3	1	2
18	3	1	1	2
19	1	2	2	1
20	2	3	2	1
21	3	1	2	1
22	1	2	2	1

Archive of SID

www.SID.ir

23	2	3	2	1
24	3	1	2	1
25	1	3	2	1
26	2	1	2	1
27	3	2	2	1
28	1	3	2	2
29	2	1	2	2
30	3	2	2	2
31	1	3	2	2
32	2	1	2	2
33	3	2	2	2
34	1	3	2	2
35	2	1	2	2
36	3	2	2	2

جدول پ. ۲. سناریوهای معادل طرح‌های آزمایشی جهت مدلسازی تقاضا در بازار

سناریو	Price	Global Promo	Local Promo R1	Local Promo R2
1	36	0	1	1
2	40	1	1	1
3	44	2	1	1
4	36	0	1	1
5	40	1	1	1
6	44	2	1	1
7	36	0	1	1
8	40	1	1	1
9	44	2	1	1
10	36	0	1	2
11	40	1	1	2
12	44	2	1	2
13	36	1	1	2
14	40	2	1	2
15	44	0	1	2
16	36	1	1	2

Archive of SID

www.SID.ir

17	40	2	1	2
18	44	0	1	2
19	36	1	2	1
20	40	2	2	1
21	44	0	2	1
22	36	1	2	1
23	40	2	2	1
24	44	0	2	1
25	36	2	2	1
26	40	0	2	1
27	44	1	2	1
28	36	2	2	2
29	40	0	2	2
30	44	1	2	2
31	36	2	2	2
32	40	0	2	2
33	44	1	2	2
34	36	2	2	2
35	40	0	2	2
36	44	1	2	2

پیوست ۳ : سطوح و مقادیر متغیرها و پارامترها برای مسئله نمونه

جدول پ. ۳. سطوح متغیرقیمت

شرح / مقدار (میلیون تومان)	سطح
۱۰ درصد کمتر از رقیب / ۳۶	1
برابر رقیب / ۴۰	2
۱۰ درصد بیشتر از رقیب / ۴۴	۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول پ. ٤. سطوح متغیر تعداد تبلیغات سراسری

شرح / مقدار (تعداد)	سطح
یک نوبت کمتر از رقیب / ۰	1
برابر رقیب / ۱	2
یک نوبت بیشتر از رقیب / ۲	۳

جدول پ. ۵. سطوح متغیر تعداد تبلیغات محلی

شرح / مقدار (تعداد)	سطح
یک نوبت کمتر از رقیب / ۲	۱
برابر رقیب / ۱	۲
یک نوبت بیشتر از رقیب / ۲	۳

جدول پ. ٦. سطوح متغیرهای موجودی

متغیر	سطح	مقدار
s Low R	1	100
	2	300
s High R	1	800
	2	1000
s Low F	1	1000
	2	1500
s High F	1	2500
	2	4000
s Low S	1	1000
	2	2000
s High S	1	3000
	2	4000

Archive of SID

www.SID.ir

جدول پ. ۷. سطوح متغیرهای حمل و نقل

عنوان وسیله نقلیه	سطح	متغیر
oldF	1	VTypeFR
newF	2	
oldS	1	VTypeSF
newS	2	
oldC	1	VTypeCF/CS
newC	2	

جدول پ. ۸. مشخصات پارامترهای هر سطح وسیله نقلیه برای حمل از تولید کننده به خرده فروش (VTypeFR)

سطح	1	2
نام وسیله نقلیه	newF	oldF
VCap	8	8
ShipCO2 (ton CO2)	0.5	1
ShipC	2,000,000	1,500,000

جدول پ. ۹. مشخصات پارامترهای هر سطح وسیله نقلیه برای حمل از تامین کننده به تولید کننده (VTypeSF)

سطح	1	2
نام وسیله نقلیه	newS	oldS
VCap	150	150
$ShipCO_2$ (ton CO2)	0.2	0.35
ShipC	15,000	8,000

جدول پ. ۱۰. مشخصات پارامترهای هر سطح وسیله نقلیه برای حمل از مرکز بازیافت به تولید کننده / تامین کننده(VTypeCS/CF)

سطح	1	2
نام وسیله نقلیه	newC	oldC
VCap	50	50
$ShipCO_2$ (ton CO2)	0.15	0.3
ShipC	2,500,000	1,500,000

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست ٤ :

جدول پ. .۱: طرح‌های آزمایشی تولید شده به روش تاگوچی جهت مدلسازی زنجیره تامین حلقه بسته

شماره آزمایش	s Low R	s High R	s Low F	s High F	s Low S	s High S	VTypeFR	VTypeSF	VTypeCF	VTypeCS	Price	Global Promotio	Promotion B2	Promotion B1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3
4	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
7	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	3
8	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	3	1
9	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	3	1	2
10	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	3	2
11	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	3
12	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	3	3	2	1
13	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	3	1
14	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	3	1	2
15	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	3	1	2	3
16	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	3	2
17	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	2	3	1	3
18	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	3	1	2	1
19	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	1	3
20	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	3	2	1
21	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	3	1	3	2
22	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	3
23	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	3	3	1
24	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	3	1	1	2
25	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	3	2	1
26	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	3	2
27	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	3	2	1	3

Archive of SID

www.SID.ir

28	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	3	2	2
29	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	3	3
30	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	3	2	1	1
31	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	3	3	3
32	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1
33	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	3	2	2	2
34	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	3	1	2
35	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	3
36	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2	3	1

جدول پ. ۱۲. سناریوهای معادل طرح حای آزمایشی برای مدل شبیه سازی زنجیره تامین حلقه بسته سبز

سناریو	S Low R	S High R	S Low F	S High F	S Low S	S High S	VTypeFR	Vtypesf	Vtypecf	Vtypecs	Price	Global Promotio	Local Promotion R1	Local Promotion R2
1	100	800	1000	2500	1000	3000	oldF	oldS	oldC	oldC	36	0	0	0
2	100	800	1000	2500	1000	3000	oldF	oldS	oldC	oldC	40	1	1	1
3	100	800	1000	2500	1000	3000	oldF	oldS	oldC	oldC	44	2	2	2
4	100	800	1000	2500	1000	4000	newF	newS	newC	newC	36	0	0	0
5	100	800	1000	2500	1000	4000	newF	newS	newC	newC	40	1	1	1
6	100	800	1000	2500	1000	4000	newF	newS	newC	newC	44	2	2	2
7	100	800	1500	4000	2000	3000	oldF	oldS	newC	newC	36	0	1	2
8	100	800	1500	4000	2000	3000	oldF	oldS	newC	newC	40	1	2	0
9	100	800	1500	4000	2000	3000	oldF	oldS	newC	newC	44	2	0	1
10	100	1000	1000	4000	2000	3000	newF	newS	oldC	oldC	36	0	2	1
11	100	1000	1000	4000	2000	3000	newF	newS	oldC	oldC	40	1	0	2
12	100	1000	1000	4000	2000	3000	newF	newS	oldC	oldC	44	2	1	0
13	100	1000	1500	2500	2000	4000	oldF	newS	oldC	newC	36	1	2	0
14	100	1000	1500	2500	2000	4000	oldF	newS	oldC	newC	40	2	0	1
15	100	1000	1500	2500	2000	4000	oldF	newS	oldC	newC	44	0	1	2
16	100	1000	1500	4000	1000	4000	newF	oldS	newC	oldC	36	1	2	1
17	100	1000	1500	4000	1000	4000	newF	oldS	newC	oldC	40	2	0	2
18	100	1000	1500	4000	1000	4000	newF	oldS	newC	oldC	44	0	1	0

Archive of SID

www.SID.ir

19	300	800	1500	4000	1000	3000	newF	newS	oldC	newC	36	1	0	2
20	300	800	1500	4000	1000	3000	newF	newS	oldC	newC	40	2	1	0
21	300	800	1500	4000	1000	3000	newF	newS	oldC	newC	44	0	2	1
22	300	800	1500	2500	2000	4000	newF	oldS	oldC	oldC	36	1	1	2
23	300	800	1500	2500	2000	4000	newF	oldS	oldC	oldC	40	2	2	0
24	300	800	1500	2500	2000	4000	newF	oldS	oldC	oldC	44	0	0	1
25	300	800	1000	4000	2000	4000	oldF	newS	newC	oldC	36	2	1	0
26	300	800	1000	4000	2000	4000	oldF	newS	newC	oldC	40	0	2	1
27	300	800	1000	4000	2000	4000	oldF	newS	newC	oldC	44	1	0	2
28	300	1000	1500	2500	1000	3000	oldF	newS	newC	oldC	36	2	1	1
29	300	1000	1500	2500	1000	3000	oldF	newS	newC	oldC	40	0	2	2
30	300	1000	1500	2500	1000	3000	oldF	newS	newC	oldC	44	1	0	0
31	300	1000	1000	4000	1000	4000	oldF	oldS	oldC	newC	36	2	2	2
32	300	1000	1000	4000	1000	4000	oldF	oldS	oldC	newC	40	0	0	0
33	300	1000	1000	4000	1000	4000	oldF	oldS	oldC	newC	44	1	1	1
34	300	1000	1000	2500	2000	3000	newF	oldS	newC	newC	36	2	0	1
35	300	1000	1000	2500	2000	3000	newF	oldS	newC	newC	40	0	1	2
36	300	1000	1000	2500	2000	3000	newF	oldS	newC	newC	44	1	2	0

Archive of SID

www.SID.ir