

## توسعه یک مدل ریاضی ارزیابی مشتریان یک زنجیره تامین سبز چند محصولی

فرزاد مسیحی

دانشجوی دکتری تخصصی مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب،  
Farzadspecial@yahoo.com

محمد تقی تقوی فرد

دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی تهران (نویسنده مسئول)  
dr.taghavifard@gmail.com

قنبر عباسپور اسفندن

استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب  
gh\_abbaspour@azad.ac.ir

علیرضا رشیدی کمبجان

دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب  
Rashidi@iaufb.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸

### چکیده

امروزه اعمال قوانین و اصول سبز مانند استفاده از مواد خام و محصولات سازگار با محیط در مراکز تولید، صنعتی و جامعه، کاهش استفاده از منابع انرژی فسیلی و از طرف دیگر تقاضای روبه رشد مشتریان برای عرضه محصولات در سطح انتظارات سبز آنها و لزوم توجه به این مورد در مدیریت زنجیره تامین ضرورتی انکار ناپذیر است. در این مطالعه الگویی در قالب توسعه یک مدل ریاضی برای ارزیابی مشتریان یک زنجیره تامین سبز چند محصولی ارائه می گردد که همزمان مفاهیم کاربردی همچون مشتریان با در نظر گرفتن شاخص های سبز مورد بررسی قرار گرفته اند. اهدافی که در این پژوهش بدان خواهیم پرداخت، شامل کمینه نمودن زمان دسترسی جهت مشتری مداری هر چه بهتر می باشد. یکی از فاکتور های اساسی و مهم در جهت جذب مشتریان، زمان تحویل به موقع می باشد. از دیگر مفاهیمی که در این پژوهش در توسعه مدل ریاضی مورد بررسی قرار خواهد گرفت، نرخ تحویل می باشد. امروزه دامنه فعالیت تامین کنندگان در یک زنجیره تامین طیف گسترده ای از نیازمندی های مشتریان را شامل می شود. از جمله این موارد جریانات بالا سری در جهت تامین کننده و جریانات پایین دست در جهت مصرف کننده مورد توجه قرار می گیرد. از جمله موارد دیگر توجه به نرخ تحویل می باشد. در این مطالعه سه بخش مصرف کننده بر اساس رفتار خریدشان و مصرف کنندگان سبز، مصرف کنندگان ناسازگار و مصرف کنندگان قرمز تعریف گردیده است. یک مدل برنامه ریزی که برای بهینه سازی شبکه زنجیره تامین برای یک خرده فروش پیشنهاد گردیده، توسعه داده می شود که که دربرگیرنده تولیدکنندگان، حاملها و مراکز توزیع بر اساس انتظارات سبز بخشهای مصرف کننده می باشد. علاوه براین، به منظور درک تاثیر یک سطح تعیین کنندگی بالاتر بر روی این راه حل، مجموعه ای از سناریوها مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

واژه های کلیدی: زنجیره تامین، طبقه بندی مشتریان، شاخص های زیست محیطی، مدل ریاضی.

## ۱- مقدمه

هماهنگی و یکپارچه سازی مراحل و رده های مختلف در یک زنجیره تامین، به تعادل مبادلات بین مراکز و دسترسی به عملکرد برتر در آن زنجیره خواهد انجامید. با توجه به رابطه معکوس میان دو دسته هزینههای موجودی و هزینههای حمل و نقل، مسیریابی موجودیها، به مسأله هماهنگی موثر سیاست های بازپساری و برنامه های توزیع موجودیها در سطح مراکز یک زنجیره تمرکز دارد. در واقع مسیریابی موجودی دو جزء مهم از زنجیره تامین، یعنی فعالیت های کنترل موجودی را ادغام می نماید. در مسیریابی موجودی ها، یک یا چند مرکز توزیع موجودی به موازات مجموعه ای متفاوت و غالباً پرشمار از مراکز فروش که هر یک دارای نرخ تقاضای بخصوصی میباشند، وجود خواهد داشت.

در سال های اخیر با توجه به افزایش آگاهی های عمومی در زمینه مسائل زیست محیطی توجه به تعامل یک شرکت یا سازمان با محیط زیست بدل به موضوعی حیاتی برای شرکت ها شده و آن را به یکی از مهم ترین عوامل دستیابی به مزیت های رقابتی پایدار تبدیل نموده است. ارزیابی عملکرد سبز بهمنظور ایجاد بهبودهای مستمر و نیز حفظ و برقراری مزیت های رقابتی پایدار، برای شرکتهای امری حیاتی می باشد. مدیریت عملیات یک شرکت به صورتی که دارای حداقل اثرات نامطلوب بر محیط زیست باشد چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیرمستقیم، بهطور روزافزونی از درجه اهمیت بالاتری برخوردار می باشد (نینلاوان و همکاران، ۲۰۱۵). علاوه بر این، وجه دیگر این پژوهش، توجه به مشتریان می باشد. در این پژوهش مشتریان در چندین رده مورد بررسی قرار می گیرند. در شرایط رقابتی امروزی، کشف نیازها و خواسته های مشتریان و برآورده ساختن آنها قبل از رقبا، یک شرط اساسی موفقیت برای شرکت ها است. در زمینه نظریه های رضایت مشتری، از اواسط دهه ۱۹۷۰ در غرب (عمدتاً آمریکا)، تحقیقاتی جدی شروع شده و در دهه ۱۹۸۰، پایه های اساسی نظری این مقوله، بنا شده است. از آن زمان تا کنون بر اساس تحقیقات انجام شده شاخص های سنجش رضایت مشتری گوناگونی از جمله مدل های فورنل، مدل کانو (در ژاپن)، و مدل سروکوال (برای خدمات) و مدل شاخص رضایت مشتری آمریکایی ارائه شده است؛ علاوه بر این شاخص ها، شاخص نوین دیگری به نام NPS<sup>۱</sup> به عنوان مقیاس ترویج نمره خالص برای ارزیابی مشتریان ارائه شده است که با وجود کوتاه بودن عمر آن، تبدیل به شاخص منتخب بسیاری از شرکت های برتر جهان شده است. اما مسأله ی قابل توجه در این بین، توجه به پیش فرض های استفاده از روش NPS است که سبب تبدیل NPS به بحث بر انگیزترین موضوع

مجامع علمی و تجاری دنیا شده است. کاستی برخی از این پیش فرض ها سبب شد که با پذیرفتن ارزشمند بودن نقاط قوت آن، درصدد بهبود روش های سنجش آن برآییم. به علاوه با اعمال ضریب نفوذپذیری و تغییر در نقاط مرزی بتوان طبقه بندی مشتریان را واقعی تر انجام داد (نینلاوان و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین می خواهیم از روش های جدید ارزیابی مشتریان در یک زنجیره تامین پایدار بهره گیریم.

در این پژوهش می خواهیم در قالب یک مدل ریاضی به بررسی اهداف مورد نظر در قالب ارزیابی مشتریان در زنجیره تامین سبز بپردازیم. از جمله اهدافی که در این پژوهش بدان خواهیم پرداخت کمینه نمودن انواع هزینه های مالی می باشد که در حقیقت هدف اصلی یک شرکت و یا سازمان رسیدن به این هدف مهم می باشد و بدیهی است که شرکت ها به دنبال سود آوری هر چه بیشتر می باشند. بنابراین یکی از اهداف این پژوهش کمینه نمودن انواع هزینه های لجستیکی شامل هزینه های حمل و نقل، انبار، نگهداری و ... می باشد.

اهدافی که در این پژوهش بدان خواهیم پرداخت، کمینه نمودن زمان دسترسی جهت مشتری مداری هر چه بهتر می باشد. یکی از فاکتور های اساسی و مهم در جهت جذب مشتریان، زمان تحویل به موقع می باشد.

از دیگر مفاهیمی که در این پژوهش در توسعه مدل ریاضی مورد بررسی قرار خواهد گرفت، نرخ تحویل می باشد. امروزه دامنه فعالیت تامین کنندگان در یک زنجیره تامین طیف گسترده ای از نیازمندی های مشتریان را شامل می شود. بدین معنی که ارزان بودن لزوماً به معنای فروش بالا و یا مقبولیت از طرف خریدار نخواهد بود، بلکه پارامتر های زیادی می بایست در این فرایند مورد توجه قرار گیرند. از جمله این موارد جریانات بالا سری در جهت تامین کننده و جریانات پایین دست در جهت مصرف کننده مورد توجه قرار می گیرد. از جمله این موارد توجه به نرخ تحویل می باشد. با این وجود در

در این پژوهش به منظور بهبود دادن کارایی عملی و واقعی شبکه های زنجیره تامین سبز، آنها را با در نظر گرفتن بخش های مصرف کننده طراحی می نماییم. در این مطالعه ما سه بخش مصرف کننده را بر اساس رفتار خریدشان و هوشیاری پایدار بودنشان یعنی مصرف کنندگان سبز، مصرف کنندگان ناسازگار و مصرف کنندگان قرمز تعریف خواهیم نمود. یک مدل برنامه ریزی که برای بهینه سازی شبکه زنجیره تامین برای یک خرده فروش پیشنهاد گردیده توسعه داده می شود که که دربرگیرنده تولیدکنندگان، حاملها و مراکز توزیع بر اساس انتظارات پایدار بخشهای مصرف کننده می باشد. علاوه بر این، به منظور درک تاثیر یک سطح تعیین کنندگی پایدار بالاتر بر

روی این راه حل، مجموعه ای از سناریوها مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

از منظر تئوریک و مطابق با آخرین دانش و آگاهی محققان، از معدود مطالعاتی است که برای طراحی شبکه زنجیره تامین سبز و بر اساس رفتارهای مصرف کنندگان در قالب یک مدل چند هدفه انجام خواهد گردید. بنابراین، این مطالعه به اجرای این خلأ تحقیقاتی مشارکت و کمک می کند. از منظر عملی، این پژوهش چشم انداز معنادار و بارزی را برای کمپین های مطرح شده در ارتباط با شبکه زنجیره تامین سبز و در زمان اتخاذ تصمیمات در ارتباط با طراحی و مدیریت فرآیندهای تجاری اولیه تامین می نماید. اهداف مورد مطالعه عبارتند از کمینه نمودن هزینه های مالی، کمینه نمودن زمان تحویل و کمک به بهبود کلی مدیریت زنجیره تامین سبز جهت رساندن محصولات درست به مشتریان درست.

در این پژوهش با توجه به مفاهیم متفاوتی از زنجیره تامین همچون زنجیره تامین سبز و توجه به رفتار و خواسته مشتریان در قالب جدیدترین متد های مدل سازی ریاضی NPS و نیز توجه به نرخ تحویل در قالب زمان تحویل؛ تمامی این موارد در قالب یک مدل ریاضی جامع به منظور طراحی مدلی که با وجود جامعیت و توجه به بسیاری از مفاهیم مورد نیاز در دنیای کنونی بتواند در جهت رشد و توسعه شرکت به کار گرفته شود. چارچوب این مطالعه به این شکل می باشد که در ادامه به بررسی برخی از مطالعات مربوطه، و بعد از آن به روش شناسی و شرح متغیرها و پارامترهای مدل و معرفی مدل ریاضی و در نهایت به حل مدل و نتایج حاصل از آن و مقایسه نتایج می پردازیم.

در حقیقت در این پژوهش بسیاری از انواع آلودگی ها ناشی از عدم رعایت و نیز عدم بازیافت مواد تولیدی بی کیفیت در واحد های تولیدی در قالب مدلی که بتواند برای کاهش آلاینده های زیست محیطی با در نظر گرفتن ارزیابی مشتریان اثرگذار باشد، ارائه خواهد گردید. با انجام این کار، می توانیم یک مدل سبز با حالت زنجیره چرخه ای داشته باشیم. اگر شرکت یا سازمان از مدیریت زنجیره تامین سبز استفاده نماید، علاوه بر حل مشکلات محیط زیست به پیروزی نسبی در مزیت رقابتی نیز دست می یابد. علاوه بر این، پیاده سازی مدیریت زنجیره تامین سبز می تواند از موانع سبز در تجارت بین المللی اجتناب کند. بنابراین ما باید به سرعت به سمت پیاده سازی مدیریت زنجیره تامین سبز برای به دست آوردن فرصت و مقابله با چالش ها و پیروزی حرکت کنیم. به عبارت دیگر با طبقه بندی مشتریان در چندین رده ارزیابی با لحاظ نموده

شاخص های سبز، به بهینه سازی تدارکات سبز، تولید سبز و توزیع سبز در قالب مدل ریاضی خواهیم پرداخت.

## ۲- پیشینه تحقیق

کانان<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۱۳) یک روش ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره فازی و برنامه ریزی چند هدفه برای رتبه بندی و انتخاب بهترین تامین کننده سبز براساس معیارهای زیست محیطی و اقتصادی ارائه کردند و سپس مقادیر سفارش بهینه را در بین آنها تخصیص داده اند. با تکنیک های فازی و توجه به نظرات کارشناسان بهترین تامین کننده سبز را تعیین کرده اند. سپس برنامه ریزی خطی چند هدفه برای در نظر گرفتن و فرموله کردن محدودیت های مختلف همچون ظرفیت و سایر اهداف، به کار گرفته اند. هدف مدل ریاضی، حداکثر ساختن همزمان مقدار کل خرید و حداقل ساختن هزینه کل خرید است.

گو<sup>۳</sup> (۲۰۱۴)، یک مدل براساس توصیف دامنه بردار حمایتی نیمه فازی برای حل مسئله چند طبقه ای در انتخاب تامین کننده ارائه کرده اند. طبقه بندی با استفاده از الگوریتم خوشه بندی کرنل نیمه فازی صورت داده اند. نمونه های اصلی به دو زیر مجموعه نمونه قطعی و نمونه فازی تقسیم شده است. در این پژوهش مسائل زیست محیطی در نظر گرفته نشد. همچنین در تحقیق فوق به حوزه بازافت و محصولات مرجوعی نیز توجهی صورت نگرفته است.

اگارش و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۵) به بررسی آناتومی انتخاب تامین کنندگان در تدارکات دولتی سبز پرداختند. در این تحقیق از ۴ استراتژی برای استفاده از معیارهای سبز در انتخاب عرضه کننده استفاده نمودند.

بنیان و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۶) مسئله انتخاب تامین کننده سبز با استفاده از روشهای تصمیم گیری چند معیاره فازی در صنایع غذایی زراعی ارائه دادند. هدف آنها مقایسه عملکرد سه رویکرد چند معیاره معروف تاپسیس، ویکور و تجزیه و تحلیل خاکستری وقتی که با عدم قطعیت همراه هستند. نتایج مطالعه نشان می دهد که سه روش مذکور در رتبه بندی گزینه ها نتایج یکسانی ارائه نمودند. اما تجزیه و تحلیل روابط خاکستری نسبت به دو روش دیگر از نظر زمانی پیچیدگی کمتری دارد. همچنین تعداد مراحل و عملیات اش نسبت به دو روش دیگر کمتر است.

آی پی<sup>۶</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۱، رویکرد جامعی را برای مدل سازی و ارزیابی عملکرد زنجیره تامین ارائه دادند. آن ها برای این ارزیابی شش معیار قابلیت اطمینان محصول، رضایت

مشتری، تحویل به موقع، رشد سود آوری و کارایی را مدنظر قرار دادند.

شن<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۲) یک روش چند شاخصه فازی را برای ارزیابی تأمین کننده های سبز در یک زنجیره تأمین سبز ارائه کردند. تئوری مجموعه فازی برای تبدیل نظرات زبانی به مقادیر قطعی استفاده شده است. این ترجیحات زبانی از طریق تاپسیس<sup>۸</sup> فازی برای ساخت یک نمره عملکرد کلی برای هر تأمین کننده استفاده شدند.

هاشمی<sup>۹</sup> و همکارانش در سال ۲۰۱۵ یک روش انتخاب تأمین کننده سبز یکپارچه با فرایند تحلیل شبکه ای<sup>۱۰</sup> و بهبود وضعیت تجزیه و تحلیل رابطه خاکستری ارائه دادند. هر دو معیار اقتصادی و زیست محیطی استفاده شده و یک مدل انتخاب تأمین کننده سبز جامع ارائه شده است. این فرایند تحلیل شبکه ای استفاده می شود برای مقابله با وابستگی متقابل معیارها، و تجزیه و تحلیل رابطه ی خاکستری سنتی<sup>۱۱</sup> برای رسیدگی بهتر به عدم قطعیت ذاتی در تصمیم گیری انتخاب تأمین کننده اصلاح شده است. از روش تحلیل شبکه ای و روش تحلیل خاکستری بهبود یافته برای وزن معیارها و رتبه بندی تأمین کننده استفاده شده است.

کاسکان<sup>۱۲</sup> و همکارانش در سال ۲۰۱۶ در پژوهشی به ارائه یک مدل پیشنهادی برای طراحی شبکه زنجیره تامین سبز بر اساس تقسیم بندی مصرف کننده پرداختند. بر اساس یافته های پژوهش فوق، مشخص گردید که انواع مختلفی از مصرف کنندگان مطابق با روش و منش و گرایش آنها نسبت به محصولات سبز وجود دارند. دسترس پذیری و قیمت محصولات سبز فاکتورهای بسیار مهمی در تصمیم خرید مصرف کنندگان و هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه به شمار میروند. بنابراین انتظارات انواع مصرف کنندگان را باید از طریق مدیریت کارآمد و موثر زنجیره تامین سبز تامین کرده و برآورد ساخت.

امیدوار و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی با عنوان رتبه بندی موانع مدیریت زنجیره تأمین سبز با استفاده از روش دیمتل در شرکت پارس خودرو به ذکر این مطلب پرداخته است. در گام اول به بررسی موانع اجرای این شیوه ها پرداخته شد و نهایتاً موانع نهایی با نظر خبرگان امر در این زمینه انتخاب شد. پس از نهایی شدن این موانع، در گام دوم از روش دیمتل به منظور تجزیه و تحلیل و رتبه بندی موانع علی و معلولی استفاده شد. در نهایت با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل علی و معلولی دیمتل، موانع عدم وجود رویکرد فعالانه و داوطلبانه سازمان و تأمین کنندگان در خصوص رعایت استانداردهای زیست محیطی و مسئولیت اجتماعی و عدم توانمندی تأمین کنندگان

(از نظر دانش و تکنولوژی فنی) جهت اخذ استاندارد ایزو ۱۴۰۰۰، مهمترین تاثیر را در عدم اجرای شیوه های مدیریت زنجیره تامین سبز دارند.

ایمانی و احمدی (۱۳۸۸)، به شناسایی شاخص های اصلی مدیریت زنجیره تأمین سبز و ارائه مدلی در این راستا و در نهایت انتخاب بهترین تأمین کننده از دید ملاحظات زیست محیطی پرداختند. این تحقیق در دو فاز متفاوت انجام گرفته است؛ در مرحله نخست، شاخص های زنجیره تأمین سبز با مطالعه متون علمی و کسب نظر خبرگان صنعت استخراج شده و مبنای تهیه پرسش نامه قرار گرفته است. پس از جمع آوری داده ها و تحلیل عاملی، مدلی شش عاملی (شامل مؤلفه های مدیریت محیطی داخلی، خرید سبز، تولید پاک، بازفراوری، طراحی محیطی و آلاینده) جهت سنجش مدیریت زنجیره تأمین سبز تدوین شده است. در مرحله دوم، با توجه به مؤلفه های استخراجی، برای انتخاب تأمین کنندگان شرکت مورد مطالعه، از ترکیب دو روش تحلیل سلسله مراتبی و تئوری روابط خاکستری استفاده گردیده است.

صفایی قادیکلایی و همکارانش در سال ۱۳۹۲، پس از بومی سازی مدل جامع بویوکوزکان و سیفسی (۲۰۱۱) که به ارزیابی تأمین کنندگان سبز می پردازد با استفاده از تکنیک های ترکیبی ANP و DEMATEL به تعیین اهمیت معیارهای مدل پرداخته شد. با توجه به معیارهای موجود در این مدل (سازماندهی، عملکرد مالی، سطح خدمت، تکنولوژی و شایستگی سبز)، یافته های پژوهش بیانگر اولویت بالای معیار سازماندهی در انتخاب تأمین کننده سبز است و معیارهای عملکرد مالی، تکنولوژی، سطح خدمت و شایستگی های سبز، به ترتیب از اولویت های بعدی برخوردار هستند.

عادل آذر و همکارانش (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی و ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین سبز پتروشیمی های عسلویه با استفاده از ترکیب روش فازی و مدل سازی غیرخطی پرداختند. این ارزیابی نشان داد که پتروشیمی های عسلویه از نظر معیار سبز، هزینه و مشتری نسبت به معیارهای انعطاف پذیری و مالی در مقایسه با بهینه کاوی در وضعیت نامناسبی قرار دارند.

ادبیات تحقیق نشان می دهد که اهداف زیادی هستند که می توانند در تقسیم بندی مشتریان تاثیرگذار باشند که تاکنون در هیچ پژوهشی به صورت یک مدل چند هدفه مورد بررسی قرار نگرفته اند. با توجه به ادبیات پژوهش، تاکنون پژوهشی که در قالب یک مدل چند هدفه با در نظر گرفتن شاخص های زیست محیطی به تقسیم بندی مشتریان پرداخته باشد مشاهده نگردید.

### ۳- روش شناسی تحقیق و مدل ریاضی

تحقیق حاضر از نظر هدف، یک تحقیق توسعه ای-کاربردی است زیرا هدف اصلی ارائه تکنیکی به منظور ارزیابی و طبقه بندی مشتریان در یک زنجیره تامین سبز چند محصولی حلقه بسته جهت ارزیابی و نشان دادن ارتباط و اثر رفتار مشتریان جهت جلوگیری از زیان های ناشی از تصمیمگیری نادرست در این زمینه می باشد. از حیث زمان بررسی داده ها، به دلیل انجام تحلیل در یک دوره زمانی مشخص، پژوهش حاضر مقطعی است و از نظر نوع اطلاعات مورد استفاده نیز این تحقیق، یک تحقیق غیر آزمایشی است. دوره زمانی تحقیق یک ساله می باشد. در این پژوهش ابتدا مدل پژوهش در یک زنجیره تامین حلقه بسته پایدار را گسترش داده و آنرا تکمیل می کنیم. سپس اهداف تحقیق را در دو گروه کمی و کیفی تنظیم می نماییم. در نهایت نیز مدل مورد بررسی چند هدفه را نیز به کمک روش های فرا ابتکاری حل خواهیم نمود. مساله چند هدفه را تشکیل داده و در نهایت با حل مدل چند هدفه به کمک نرم افزار متلب و با روش های فراابتکاری جواب بهینه مساله محاسبه می گردد.

این تحقیق به عنوان یک پژوهش در قالب توسعه مدل ریاضی محسوب می گردد که برای جامعیت بیشتر بسیاری از متغیرها و پارامترهای تاثیرگذار در رشد و توسعه یک شرکت یا سازمان را در قالب مدل ریاضی توسعه می دهد.

با توجه به پیشینه تحقیق مورد مطالعه، تاکنون طبقه بندی مشتریان بر اساس سطح انتظار در یک زنجیره تامین سبز با در نظر گرفتن اهداف کیفی و کمی به صورت همزمان در نظر گرفته نشده است. از منظر تئوریک در این پژوهش برای به منظور بهبود دادن کارآیی عملی و واقعی شبکه های زنجیره تامین سبز، آنها را با در نظر گرفتن بخشهای مصرف کننده در قالب مدل ریاضی طراحی می نماییم. در این مطالعه ما سه بخش مصرف کننده را بر اساس رفتار خریدشان و هوشیاری سبز بودنشان یعنی مصرف کنندگان سبز، مصرف کنندگان ناسازگار و مصرف کنندگان قرمز تعریف خواهیم نمود. در این پژوهش برای اولین بار با توجه به مفاهیم متفاوتی از زنجیره تامین همچون زنجیره تامین سبز، توجه به رفتار و خواسته مشتریان در قالب جدیدترین روش مدلسازی ریاضی NPS و نیز توجه به نرخ تحویل در قالب زمان تحویل؛ تمامی این موارد در قالب یک مدل ریاضی جامع به منظور طراحی مدلی که با وجود جامعیت و توجه به بسیاری از مفاهیم مورد نیاز در دنیای کنونی بتواند در جهت رشد و توسعه شرکت به کار گرفته خواهد شد.

به بیان دیگر با توجه با ادبیات پژوهش مورد بررسی، می خواهیم یک ساختار جامعی از یک زنجیره تامین سبز چند محصوله با در نظر گرفتن متوسط نرخ تحویل و زمان توزیع در قالب یک مدل ریاضی ارائه نماییم تا در آن واحد های تولیدی و نیز سایر سطوح زنجیره تامین با در نظر گرفتن شاخص های زیست محیطی به هدف شرکت در جهت سودآوری بیشتر و نیز حفاظت هر چه بیشتر از محیط زیست کمک نمایند.

تابع هدف اول استفاده کلی شبکه زنجیره تامین سبز را به حداکثر میرساند. یکی از توابع هزینه کل را در ارتباط با تولید، ذخیره سازی و توزیع محاسبه میکند. معادله دیگر جریمه بازار کل را محاسبه میکند که در معرض تامین محصولاتی از تولیدکنندگان و از طریق حاملها و مراکز توزیع قرار گرفته است و کمتر از انتظارات بخشهای مصرف کننده و خرده فروش میباشد. معادله بعدی سود پرداختی کلی بازار را تعیین میکند سودی که برای تامین محصولات بالاتر از سطح انتظارات سبز مصرف کنندگان جمع آوری می شود. معادله دیگر فروش های کلی از دست رفته را محاسبه می کند، مواردی که به واسطه عدم توانایی برای برآوردن نیاز به یک آیتم اتفاق می افتند. زیرا نمره معیار یا ظرفیت یک تامین کننده کمتر از سطح موردنیاز است. قابل توجه اینکه باقی ماندن در میزان کمتر از انتظارات مصرف کنندگان یا خرده فروشان در این مدل مجاز است. این مدل ممکن است گزینه باقی ماندن در سطح کمتر از انتظارات را با ارائه جریمه بازار انتخاب کند تا زمانی که این جریمه بازار کمتر از هزینه فروش های از دست رفته باشد. بدین معنی که هر مشتری (فروشگاه) یک بار توسط وسیله نقلیه بازدید می گردد. معادلات دیگری نیز در نظر گرفته خواهد شد تا سفر هر وسیله نقلیه از انبار شروع گردیده و به انبار ختم گردد.

مساله موردنظر در این مطالعه با طراحی شبکه تامین کننده و بر اساس انتظارات سبز بخش های مصرف کننده و انتظارات خرده فروشان از تامین کنندگان داوطلب (یعنی تولیدکنندگان، حاملان و مراکز توزیع در این شبکه) ارتباط دارد. این مدل برای شبکه زنجیره تامین عمومی ارائه می شود، شبکه ای که دربرگیرنده چهار مرحله مختلف می باشد. اولین مرحله منابع (c) میباشد که محصولات متنوعی (i) را متناسب با بخشهای مصرف کننده مربوطه به فروش می رسانند. همچنین یک فروشگاه خروجی وجود دارد که محصولات دست دوم نشأت گرفته از تولیدکنندگان را ارائه می دهد و هر کدام از آنها ممکن است نسبتهای تولید کیفیت پایین مختلفی داشته باشند. حضور فروشگاه خروجی در این مدل برای نمایش دادن یک شبکه زنجیره تامین سبز در نظر گرفته میشود، شبکه ای که در زندگی واقعی وجود دارد. دومین مرحله میزبان مراکز

نمره سبز بودن این محصول بیش از سطح انتظار مصرف کننده باشد، متغیر انحرافی مثبت در افزایش پرداخت اضافی ( $\alpha_i$ ) برای تقویت رفتار خرید سبز مصرف کنندگان ضرب می شود.

هدف این مدل پیشنهادی به حداکثر رساندن استفاده کلی منتج شده از این شبکه با فرض کردن دانستن تامین محصول درست و مناسب برای مصرف کننده درست در بخش مربوطه میباشد. استفاده کلی از شبکه زنجیره تامین سبز با استفاده از درآمد کلی، هزینه کلی، جریمه بازار و پرداخت اضافی و فروشهای از دست رفته محاسبه می شود.

در این قسمت پس از شرح پارامترهای مساله، متغیرها شرح داده خواهند شد، سپس به بررسی روابط و فرضیات موجود در مدل خواهیم پرداخت و در نهایت مدل ریاضیاتی مساله ارائه خواهد شد.

### ۳-۱- اندیس ها

i	اندیس محصولات $i \in I$
f	مجموعه تامین کنندگان $f \in F$
s	مجموعه تولید کنندگان $s \in S$
d	مجموعه توزیع کنندگان $d \in D$
c	مجموعه فروشگاه ها $c \in C$
x	مجموعه مراکز جمع آوری $x \in X$
a	مجموعه مراکز خدمات پس از فروش $a \in A$
j	مجموعه مراکز تعمیر $j \in J$
l	مجموعه مراکز امحاء $l \in L$
z	مجموعه مراکز بازیافت $z \in Z$
m	مجموعه مواد اولیه $m \in M$
t	مجموعه کامیونها $t \in T$
r	مجموعه معیارها (۱ نشاندهنده سبز است) $r \in R$

### ۳-۲- پارامترها

$e_i$	قیمت فروش هر محصول $i$ ام
$\beta_r$	فاکتور تعیین برای هر معیار $r$
$\alpha_i$	فاکتور انعام یا جایزه بازار برای هر محصول $i$
$de_{ci}$	تقاضای فروشگاه $c$ از هر محصول $i$
$MM$	عدد بزرگ
$dis^{fs}$	فاصله بین تامین کننده $f$ و تولید کننده $s$
$dis^{sd}$	فاصله بین تولید کننده $s$ و توزیع کننده $d$
$dis^{dc}$	فاصله بین توزیع کننده $d$ و فروشگاه $c$
$y^{fm}$	ظرفیت کارخانه $f$ برای ماده اولیه $m$
$y^s$	ظرفیت تولید در هر تولیدکننده $s$
$z^d$	ظرفیت انبار در هر مرکز توزیع $d$
$SC^{iz}$	ظرفیت مرکز بازیافت $z$ برای محصول $i$
$SC^{zm}$	ظرفیت مرکز بازیافت $z$ برای ماده اولیه $m$

توزیع (d) میباشد که محصولات را ذخیره سازی کرده و آنها را بین تولیدکنندگان و فروشگاهها توزیع میکنند. مرحله سوم حاملها (t) میباشد که برای انتقال محصولات در میان تولیدکنندگان، مراکز توزیع و فروشگاهها موردنیاز میباشد. آخرین مرحله برای تولیدکنندگان (s) میباشد که هر کدام از آنها ممکن است سطوح مختلفی از ظرفیت تولید سبز را داشته باشند. فرض کنید که  $U_{ci}^{tds}$  میزان نیازی است که باید در فروشگاه  $c$  و برای محصول  $i$  و با استفاده از حامل  $t$  و مرکز توزیع  $d$  از تولیدکننده  $s$  برآورده شود. به عبارت دیگر،  $U_{ci}^{tds}$  تعریف میکند که به کدام روش نیازهای فروشگاهها تامین شده و برآورده شوند. بر این اساس، فرض کنید که  $X_{ci}^{tds}$  متغیر باینری از  $U_{ci}^{tds}$  تحت همان شرایط باشد. فرض کنید که  $Y_{ci}^{tds}$  فروشهای از دست رفته باشد که همان میزان نیاز برآورده نشده فروشگاه  $c$  از محصول  $i$  باشد.

در این مدل، هر بخش مصرف کننده دارای سطح انتظارات سبزی میباشد که میتوان با تحلیلهای بازار آنها را تعیین کرد. خرده فروش از تامین کنندگان انتظار دارد تا معیارهای متنوعی (r) را شامل سبز بودن برآورده کند. علاوه براین، هر تامین کننده نمراتی را در نظر می گیرد که توسط ارزیابی کنندگان و برای هر کدام از این معیارها تعیین میشوند. فرض کنید که  $nps_{ci}^{tds}$  و  $npt_{ci}^{tds}$  متغیرهای انحرافی باشند که تفاوتهای مثبت یا منفی بین انتظارات سبز بخشها و نمرات سبز تامین کنندگان را یعنی به ترتیب تولیدکنندگان، حاملها و مراکز توزیع تعریف می کنند. از طرفی دیگر، فرض کنید که  $mrs_{ci}^{tds}$  و  $nrt_{ci}^{tds}$  متغیرهای انحرافی باشند که تفاوتهای مثبت یا منفی بین انتظارات تامین کنندگان و نمرات تامین کنندگان برای هر معیار را تعریف میکنند. زمانیکه نمره معیارهای یک تامین کننده پایینتر از انتظار بخش مصرف کننده یا خرده فروش باشد، متغیر انحرافی منفی مربوطه برای معیار مربوطه  $r$  در افزایش تعیین کنندگی ضرب میشود ( $\beta_r$ ). همچنین یک معیار نمونه برای نشان دادن چگونگی تاثیرگذاری تغییرات ایجاد شده در افزایش تعیین کنندگی بر رفتار مصرف کننده ترسیم میشود. اگر این معیار مربوطه برای بخش مصرف کننده اهمیتی نداشته باشد، این افزایش در مقایسه با افزایش مطرح شده برای معیار مهم کوچکتر خواهد بود. زمانیکه این افزایش برای یک معیار برابر با صفر باشد، بخشهای مصرف کننده بر روی تغییرات منفی در این معیار تمرکز نمیکند. از طرفی دیگر، مقدار  $N$  برای این افزایش تعریف کننده نقطه نهایی برای تعیین کنندگی آنهاست. بعد از این نقطه، مصرف کنندگان به صورت کلی تعیین میشوند و هیچ محصولی تحت انتظاراتشان مورد پذیرش قرار نمیگیرد. از یک طرف، زمانیکه

نرخ بازگشت از فروشگاه c به مرکز جمع آوری x برای محصول i	$RR_{icx}$
نرخ بازگشت از فروشگاه c به مرکز خدمات پس از فروش a برای محصول i	$RA_{ica}$
نرخ باز یافت محصول t ارسال شده به مراکز جمع آوری	$RY_i$
نرخ تعمیر محصول i	$RP_i$
نرخ امحاء محصول t از مراکز خدمات پس از فروش	$RS_i$
نرخ باز یافت محصول t ارسال شده به مراکز خدمات پس از فروش	$RZ_i$
زمان تحویل ماده اولیه m خرید شده از کارخانه f برای تولید کننده s	$T_{mfs}$
زمان تحویل (محصول باز یافت شده) ماده اولیه m از مرکز باز یافت z به تولید کننده s	$T_{mzs}$
نرخ بازگشت از فروشگاه c به مرکز جمع آوری x برای محصول i	$RR_{ci}$
نرخ بازگشت از فروشگاه c به مرکز خدمات پس از فروش a برای محصول i	$RA_{ci}$
نرخ باز یافت محصول t ارسال شده به مراکز جمع آوری	$RY_i$
نرخ تعمیر محصول i	$RP_i$
نرخ امحاء محصول t از مراکز خدمات پس از فروش	$RS_i$
نرخ باز یافت محصول t ارسال شده به مراکز خدمات پس از فروش	$RZ_i$
نسبت ماده اولیه m در محصول بازگشتی i	$g1_{mi}$
نسبت ماده اولیه m در محصول i	$g2_{mi}$
نرخ آلودگی وسیله نقلیه نوع t به ازای هر واحد فاصله	$G1_t$
نرخ آلودگی تامین کننده نوع f به ازای تامین هر مواد	$G2_f$
نرخ آلودگی تولید کننده نوع s به ازای تولید هر محصول	$G3_s$

### ۳-۳- متغیرهای تصمیم

مقدار تقاضا در فروشگاه c برای محصول i با استفاده از حامل t و از طریق مرکز توزیع d و از تولید کننده s و از طریق تامین کننده f می باشد.	$U_{ci}^{ftds}$
یک متغیر صفر و یک است که اگر فروشگاه c، برای محصول i، از حامل t و مرکز توزیع d و از تولید کننده s و از طریق تامین کننده f استفاده نماید ۱ و در غیر این صورت صفر است.	$X_{ci}^{ftds}$
مقدار فروش از دست رفته برای تقاضا در هر فروشگاه c و برای هر محصول i	$ys_{ci}$
یک متغیر انحرافی است برای تولید کنندگان جهت ماندن در زیر انتظارات بخشها	$nps_{ci}^{-ftds}$
یک متغیر انحرافی است برای تولید کنندگان جهت نماندن در زیر انتظارات بخشها	$nps_{ci}^{+ftds}$
یک متغیر انحرافی است برای حاملها جهت ماندن در زیر انتظارات بخشها	$npt_{ci}^{-ftds}$
یک متغیر انحرافی است برای حاملها جهت	$npt_{ci}^{+ftds}$

ظرفیت عرضه کارخانه f برای ماده اولیه m	$SC^m$
ظرفیت حامل t	$v^t$
حداقل میزان تولید از مواد m توسط تامین کننده f	$fm^m$
حداقل میزان تولید توسط هر تولید کننده s	$pm^s$
حداقل میزان حمل توسط هر حامل t	$tm^t$
حداقل میزان سفارش از ماده اولیه نوع m از کارخانه f	$b_{mf}$
نمره ارزیابی از کارخانه f برای معیار r	$fl_r^f$
نمره ارزیابی از تولید کننده s برای معیار r	$sl_r^s$
نمره ارزیابی از حامل t برای معیار r	$tl_r^t$
نمره ارزیابی از مرکز توزیع d برای معیار r	$dl_r^d$
سطح انتظار سبز از بخش مربوط به محصول i	$se_i$
سطح انتظار خرده فروش از معیار r	$re_r$
هزینه انتقال یک واحد ماده اولیه m از تامین کننده f به تولید کننده s	$TPM_{mfs}$
هزینه انتقال یک واحد محصول t از تولید کننده s به توزیع کننده d	$TPM_{isd}$
هزینه انتقال یک واحد محصول t از توزیع کننده d به فروشگاه c	$TPM_{idc}$
هزینه انتقال یک واحد محصول برگشتی t از فروشگاه c به مرکز جمع آوری x	$TPM_{icx}$
هزینه انتقال یک واحد محصول قابل تعمیر t از مرکز خدمات پس از فروش a به مرکز تعمیر j	$TPM_{iaj}$
هزینه انتقال یک واحد محصول ضایعاتی t از مرکز خدمات پس از فروش a به مرکز امحاء l	$TPM_{ial}$
هزینه انتقال یک واحد محصول قابل باز یافت t از مرکز خدمات پس از فروش a به مرکز باز یافت z	$TPM_{iaz}$
هزینه انتقال یک واحد محصول t از مرکز جمع آوری x به مرکز باز یافت z	$TPM_{ixz}$
هزینه انتقال یک واحد محصول t از مرکز جمع آوری x به مرکز امحاء l	$TPM_{ixl}$
هزینه انتقال یک واحد ماده اولیه m از مرکز باز یافت z به تولید کننده s	$TPM_{mzs}$
هزینه انتقال هر واحد توسط هر حامل t	$h^t$
هزینه تولید هر واحد از هر محصول i برای هر تولید کننده s	$q_i^s$
هزینه انبار کردن هر واحد نزد هر توزیع کننده d	$k^d$
هزینه خرید یک واحد ماده اولیه m از تامین کننده f	$PC_{mf}$
هزینه باز یافت یک مواد m در مرکز باز یافت z	$RCP_{mz}$
هزینه تعمیر یک واحد محصول t در مرکز تعمیر j	$RCE_{ij}$
هزینه بازرسی و جداسازی یک واحد محصول t در مرکز جمع آوری x	$IC_{ix}$
هزینه امحاء یک واحد محصول t در مرکز امحاء l	$DS_{il}$
هزینه بازرسی و جداسازی یک واحد محصول t در مرکز خدمات پس از فروش a	$ISC_{ia}$

اینصورت صفر است	
اگر ماده اولیه $m$ از کارخانه $f$ تامین شود یک در غیر اینصورت صفر است	$\theta_{mf}$
اگر ماده اولیه $m$ از مرکز بازیافت $z$ دریافت شود یک در غیر اینصورت صفر است	$\lambda_{mz}$

در این قسمت پس از تعریف روابط لازم، مدل مساله تشریح خواهد شد. در شکل (۱) شمای کلی از مساله مورد بررسی نشان داده شده است. در این شکل فلش های ساده نشان دهنده جریان رو به جلوی مواد و محصولات و فلش های خط چین جریان برگشت مواد و محصولات در زنجیره را نشان می دهند. همانطور که در شکل مشاهده می شود شبکه زنجیره تأمین شامل چندین تأمین کننده می شود که چندین نوع قطعات و مواد اولیه مختلف را تأمین می کنند. قطعات و مواد اولیه خریداری شده از تأمین کنندگان به تولید کننده منتقل می شوند و بعد از انجام عملیات تولیدی تبدیل به محصولات مختلف می گردند. محصولات تولید شده به کانال های توزیع فرستاده شده و به فروشگاه ها فرستاده می شوند. لازم به ذکر است که آن دسته از مواد اولیه ای که از کیفیت مطلوب برخوردار نباشند به مرکز خدمات پس از فروش ارسال می گردند. بخش هایی که تاکنون معرفی شدند نشان دهنده زنجیره تأمین رو به جلو هستند. زنجیره تأمین معکوس با جمع آوری محصولات بازگشتی از مشتریان آغاز می گردد. محصولات فرستاده شده به مشتریان به دلایل مختلف ممکن است دوباره به زنجیره بازگردند. گروهی از محصولات به دلیل قدیمی شدن تکنولوژی موجود در و یا پایان یافتن عمر مفیدشان از جانب مشتری بازگردانده می شوند و گروه دیگری از محصولات به دلیل ناراضی بودن مشتریان و یا خرابی محصولات به زنجیره باز می گردند. جمع آوری گروه اول از محصولات بازگشتی بر عهده مراکز جمع آوری است. در این مراکز محصولات مورد بازرسی قرار می گیرند و دسته بندی می شوند. گروهی از محصولات بازگشتی که دیگر قابل استفاده نیستند، به مرکز امحاء فرستاده می شوند. سوزاندن و یا دفن محصولات از روش های امحاء ضایعات می باشند. گروهی از محصولات بازگشتی نیز به مراکز بازیافت ارسال می شوند، در این مراکز محصولات بازگشتی به قطعات و مواد اولیه موجود در آنها تجزیه می شوند و بعد از تمیز کاری و تست همانند مواد و قطعات اولیه به کارخانه ها جهت استفاده در تولید محصولات، ارسال می شوند.

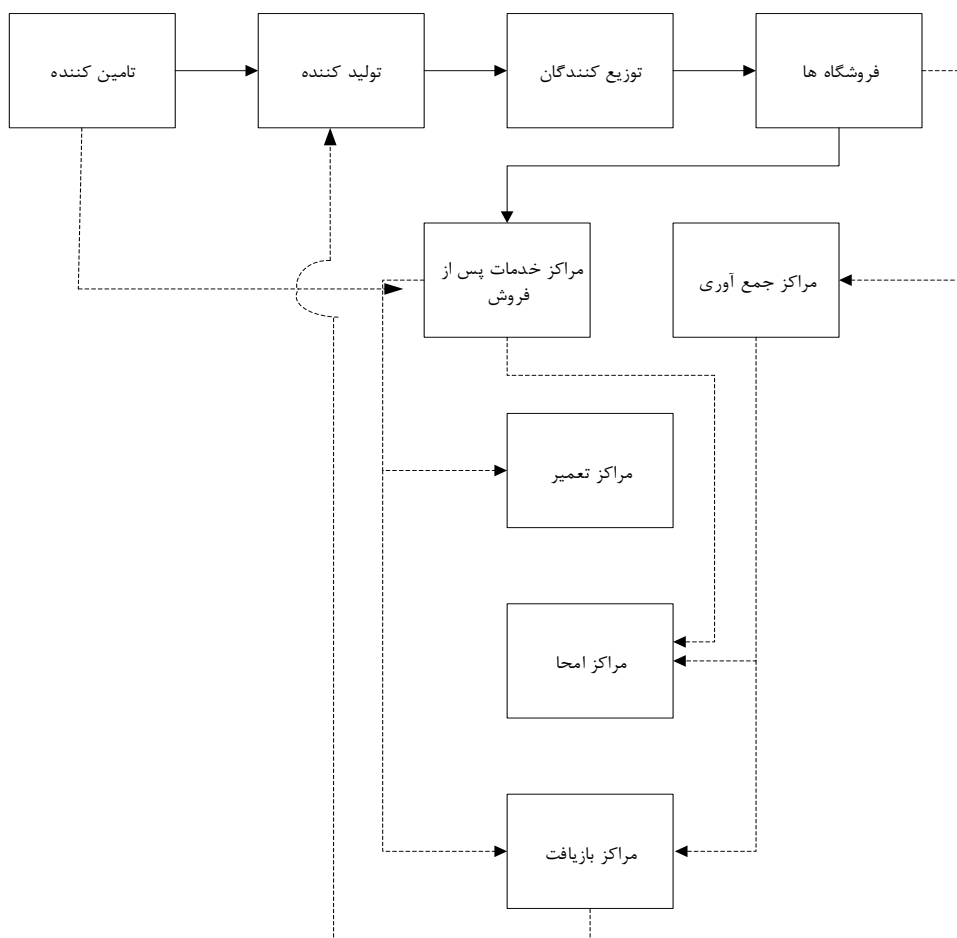
گروه دوم محصولات بازگشتی به دلیل نداشتن کیفیت مطلوب توسط مشتریان به مراکز خدمات پس از فروش

نماندن در زیر انتظارات بخشها	
یک متغیر انحرافی است برای مراکز توزیع جهت ماندن در زیر انتظارات بخشها	$npd_{ci}^{fnds-}$
یک متغیر انحرافی است برای مراکز توزیع جهت نماندن در زیر انتظارات بخشها (یعنی مثلا در مرکز توزیع اول برای دریافت کالای منتظر نمیماند و این از نگاه مشتریان و مصرف کنندگان خوب است و به همین دلیل امکان درخواست از این مرکز بالا رفته که نوعی حسن است به همین دلیل مقدار $GU$ به تابع هدف اضافه شده است).	$npd_{ci}^{fnds+}$
یک متغیر انحرافی است برای تولیدکنندگان جهت ماندن تحت انتظارات خرده فروش	$nrs_{cir}^{fnds-}$
یک متغیر انحرافی است برای تولیدکنندگان جهت نماندن تحت انتظارات خرده فروش	$nrs_{cir}^{fnds+}$
یک متغیر انحرافی است برای حاملها جهت ماندن تحت انتظارات خرده فروش	$nrt_{cir}^{fnds-}$
یک متغیر انحرافی است برای حاملها جهت نماندن تحت انتظارات خرده فروش	$nrt_{cir}^{fnds+}$
یک متغیر انحرافی است برای مراکز توزیع جهت ماندن تحت انتظارات خرده فروش	$nrd_{cir}^{fnds-}$
یک متغیر انحرافی است برای مراکز توزیع جهت نماندن تحت انتظارات خرده فروش	$nrd_{cir}^{fnds+}$
مقدار ماده اولیه $m$ خریداری شده از کارخانه $f$ و منتقل شده به تولید کننده $s$	$QRS_{mfs}$
مقدار محصول $i$ انتقال یافته تولید کننده $s$ به توزیع کننده $d$	$QRS_{isd}$
مقدار محصول $i$ انتقال یافته از توزیع کننده $d$ به فروشگاه $c$	$QRS_{idc}$
مقدار محصول بازگشتی $i$ انتقال یافته از فروشگاه $c$ به مرکز جمع آوری $x$	$QRS_{icx}$
مقدار محصول ضایعاتی $i$ انتقال یافته از مرکز جمع آوری $x$ به مرکز امحاء $l$	$QRS_{ixl}$
مقدار محصول قابل بازیافت $i$ انتقال یافته از مرکز جمع آوری $x$ به مرکز بازیافت $z$	$QRS_{ixz}$
مقدار محصول بازگشتی $i$ انتقال یافته از مشتری $c$ به مرکز خدمات پس از فروش $a$	$QRS_{ica}$
مقدار محصول قابل تعمیر $i$ انتقال یافته از مرکز خدمات پس از فروش $a$ به مرکز تعمیر $z$	$QRS_{iaj}$
مقدار محصول ضایعاتی $i$ انتقال یافته از مرکز خدمات پس از فروش $a$ به مرکز امحاء $l$	$QRS_{ial}$
مقدار ماده اولیه $m$ خریداری شده از تأمین کننده $f$ منتقل شده به مرکز خدمات پس از فروش $a$	$QRS_{msa}$
مقدار محصول قابل بازیافت $i$ انتقال یافته از مرکز خدمات پس از فروش $a$ به مرکز بازیافت $z$	$QRS_{iaz}$
مقدار ماده اولیه بازیافت شده $m$ انتقال یافته از مرکز بازیافت $z$ به تولید کننده $s$	$QRS_{mzs}$
اگر مرکز بازیافت $z$ باز باشد یک در غیر	$T_z$



ارسال شده، قطعات معیوبشان تعویض یا تعمیر می شوند و دوباره به مشتریان بازگردانده می شوند. گروه دیگری از محصولات که به عنوان ضایعات محسوب می شوند به مراکز امحاء ارسال می شوند و از بین می روند. هدف اصلی هر زنجیره حلقه بسته نگهداری تمام مواد در کانال به حداقل رساندن هرگونه جریانی به محیط خارجی می باشد، که گزینه امحاء محصولات با این استراتژی در تناقض است. گروه سوم از محصولات بازگشتی که دیگر قابل استفاده نیستند اما قابل تجزیه به مواد اولیه و قطعاتشان هستند، به مراکز بازیافت ارسال شده و مواد و قطعات موجود در آنها به کارخانه ها ارسال می شوند، در مراکز بازیافت محصولات ماهیت اصلی خود را از دست می دهند.

بازگردانده می شوند. در مورد بسیاری از محصولات، رابطه مشتری با تولید کننده بعد از خرید محصولات توسط وی قطع نمی شود. خدمات این مراکز به مشتریان شکل های مختلفی دارد، از جمله: حمایت از مشتری با آموزش، بهبود محصول، فروش محصولات مکمل، گارانتی محصول، تعمیر و نگهداری. مدیریت این فعالیت های خدماتی، بخش مهمی از استراتژی شرکت را شکل می دهد. همچنین حمایت از محصول موجب بالا بردن وفاداری مشتریان می شود. برای پیاده سازی اثربخش خدمات مراکز خدمات پس از فروش، شرکت ها باید از نقش مهم طراحی زنجیره تامین معکوس، آگاه باشند. محصولات تولیدی که توسط مشتریان به مراکز خدمات پس از فروش بازگردانده می شوند، سه سرنوشت پیدا می کنند. گروهی از محصولات که قابلیت تعمیر داشته باشند، به مراکز تعمیر



شکل ۱- شمای کلی از زنجیره حلقه بسته مورد بررسی

در ادامه به بررسی اجزای مختلف مدل خواهیم پرداخت.

### ۳-۴- درآمد‌های سیستم

درآمد به دست آمده در این سیستم از طریق فروش محصولات به تمامی فروشگاه‌ها به دست می‌آید. درآمد در زنجیره مورد بحث برابر خواهد بود با:

$$TR = \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} U_{ci}^{tds} e_i \quad (1)$$

### ۳-۵- هزینه‌های سیستم

هزینه‌هایی که در این سیستم وجود دارد در ادامه شرح داده خواهد شد.

#### • هزینه خرید

این هزینه برابر است با هزینه خرید یک واحد ماده اولیه  $m$  (تأمین کننده  $f$ )  $(PC_{mf})$  ضربدر مقدار ماده اولیه  $m$  خریداری شده از کارخانه  $f$  منتقل شده به تولید کننده  $s$   $(QRS_{mfs})$ .

$$\sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{s \in S} QRS_{mfs} PC_{mf} \quad (2)$$

#### • هزینه تولید

در صورتی که هر ماشین برای تولید هر محصولی مورد استفاده قرار گیرد این هزینه به سیستم اعمال خواهد شد. مقدار این هزینه در رابطه (۲) نشان داده شده است. این هزینه برابر است با هزینه تولید هر واحد از محصول  $i$  برای تولید کننده  $i$   $(q_i^s)$  در مقدار تقاضا در فروشگاه  $c$  برای محصول  $i$  با استفاده از حامل  $t$  و از طریق مرکز توزیع  $d$  و از تولید کننده  $s$  و از کارخانه  $f$   $(U_{ci}^{tds})$ .

$$\sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{c \in C} \sum_{f \in F} U_{ci}^{tds} (q_i^s) \quad (3)$$

#### • هزینه انبارش یا نگهداری نزد توزیع کننده

این هزینه برابر است با هزینه انبار کردن هر واحد نزد توزیع کننده  $k^d$  در مقدار تقاضا در فروشگاه  $c$  برای محصول  $i$  با استفاده از حامل  $t$  و از طریق مرکز توزیع  $d$  و از تولید کننده  $s$   $(U_{ci}^{tds})$ .

$$\sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{c \in C} U_{ci}^{tds} k^d \quad (4)$$

#### • هزینه‌های انتقال

همانطور که می‌دانیم در این زنجیره تأمین حلقه بسته مورد بررسی، مواد اولیه از کارخانه به تولید کننده و سپس محصولات از تولیدکننده‌ها به محل توزیع کنندگان انتقال می‌یابد. سپس از توزیع کنندگان به فروشگاه‌ها انتقال داده می‌شود.

شود که خود این فروشگاه‌ها به دو دسته فروشگاه‌های فروش اجناس نو و دسته اول و فروشگاه‌های فروش اجناس دسته دوم تقسیم می‌شوند.

#### • هزینه انتقال مواد اولیه از کارخانه به تولید کننده

بخش اول این هزینه که مربوط انتقال مواد اولیه از کارخانه‌ها به تولید کنندگان می‌باشد برابر است با هزینه انتقال هزینه انتقال یک واحد ماده اولیه  $m$  از کارخانه  $f$  به تولید کننده  $s$  در مقدار ماده اولیه  $m$  خریداری شده از کارخانه  $f$  منتقل شده به تولید کننده  $s$   $(QRS_{mfs})$  به عبارتی برابر است با:

$$\sum_{m \in M} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} QRS_{mfs} TPM_{mfs} \quad (5)$$

• هزینه انتقال محصولات از تولیدکنندگان به توزیع کنندگان  
بخش دوم این هزینه که مربوط به انتقال محصولات از تولیدکنندگان به توزیع کنندگان می‌باشد برابر است با هزینه انتقال یک واحد محصول  $i$  از تولید کننده  $f$  به توزیع کننده  $d$   $(TPM_{isd})$  در مقدار تقاضا در فروشگاه  $c$  برای محصول  $i$  با استفاده از حامل  $t$  و از طریق مرکز توزیع  $d$  و از تولید کننده  $s$  و از کارخانه  $f$   $(U_{ci}^{tds})$  به عبارتی برابر است با:

$$\sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{c \in C} \sum_{f \in F} U_{ci}^{tds} TPM_{isd} \quad (6)$$

• هزینه انتقال محصولات از توزیع کنندگان به فروشگاه‌ها  
بخش سوم این هزینه مربوط به انتقال کالاها از توزیع کنندگان به فروشگاه‌ها می‌باشد برابر است با هزینه انتقال یک واحد محصول  $i$  از توزیع کننده  $d$  به فروشگاه  $c$   $(TPM_{idc})$  در مقدار تقاضا در فروشگاه  $c$  برای محصول  $i$  با استفاده از حامل  $t$  و از طریق مرکز توزیع  $d$  و از تولید کننده  $s$  و از کارخانه  $f$   $(U_{ci}^{tds})$  به عبارتی برابر است با:

$$\sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{c \in C} \sum_{f \in F} U_{ci}^{tds} TPM_{idc} \quad (7)$$

### ۳-۶- جریمه مربوط به بازار

در این تحقیق سعی شده است که سطوح مختلف زنجیره تأمین با معیارهای مختلفی سنجیده شود و در صورتی که این معیارها مورد نظر مشتریان و مصرف کنندگان نباشد جریمه‌ای مطابق با آن در نظر گرفته خواهد شد. همانطور که مشخص است هر تولیدکننده یا هر توزیع کننده و یا هر حامل دارای درجه سبزی متفاوتی می‌باشد به طوریکه اگر این درجه سبزی کمتر از سطح مورد انتظار باشد جریمه‌ای تحت عنوان جریمه

در ادامه به بررسی محدودیت ها خواهیم پرداخت.

### ۳-۸- محدودیت تقاضای بازار

تقاضای هر فروشگاه از هر محصول برابر است با مقداری که تحویل گرفته به اضافه کمبودی که ایجاد شده است. در واقع داریم:

$$\sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} U_{ci}^{ftds} + y_{s_{ci}} = d_{e_{ci}} ; \quad \forall c \in C; i \in I \quad (13)$$

### ۳-۹- محدودیت های ظرفیت

در این تحقیق چندین نوع محدودیت ظرفیت وجود دارد که عبارتند از: محدودیت ظرفیت برای تولیدکنندگان، محدودیت ظرفیت برای کامیون ها، محدودیت ظرفیت برای مراکز توزیع و ظرفیت عرضه مواد اولیه در کارخانه، و ظرفیت مراکز بازیافت. این محدودیت ها در روابط زیر نشان داده شده اند.

محدودیت (۱۴) ظرفیت تامین کننده را نشان می دهد.

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{f \in F} U_{ci}^{ftds} \leq y^s ; \quad \forall s \in S \quad (14)$$

محدودیت (۱۵) ظرفیت مراکز توزیع را نشان می دهد.

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} U_{ci}^{ftds} \leq z^d ; \quad \forall d \in D \quad (15)$$

محدودیت (۱۶) ظرفیت حامل ها را نشان می دهد.

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} U_{ci}^{ftds} \leq v^t ; \quad \forall t \in T \quad (16)$$

محدودیت (۱۷) این اطمینان را حاصل می کند که تعدادی از هر ماده اولیه که از هر کارخانه به تمامی تولیدکننده ها می رود از ظرفیت عرضه کارخانه مورد نظر برای عرضه آن ماده اولیه کمتر یا مساوی است.

$$\sum_{s \in S} QRS_{mfs} \leq SC^m \theta_{mf} ; \quad \forall m \in M, f \in F \quad (17)$$

بازار به مجموع هزینه ها اعمال خواهد شد. مقدار این جریمه برابر است با:

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} \beta_1 (np_{ci}^{ftds-} + nps_{ci}^{ftds-} + npt_{ci}^{ftds-} + npd_{ci}^{ftds-}) \quad (8)$$

پارامتر  $\beta_1$  ضریب میزان سزی می باشد.

همچنین معیارهای دیگری نیز وجود دارد که از دید مشتریان و مصرف کنندگان نهایی ارزیابی میگردند مانند خدمات پس از فروش، قیمت، مباحث فنی و ... در این مورد نیز اگر این معیارها رعایت نشود جریمه ای اعمال خواهد شد. داریم:

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} \sum_{f \in F} \beta_r (nr_{cir}^{ftds-} + nrs_{cir}^{ftds-} + nrt_{cir}^{ftds-} + nrd_{cir}^{ftds-}) \quad (9)$$

بنابراین مقدار کل این جریمه برابر است با:

$$ML = \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} \beta_1 (np_{ci}^{ftds-} + nps_{ci}^{ftds-} + npt_{ci}^{ftds-} + npd_{ci}^{ftds-}) + \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} \sum_{f \in F} \beta_r (nr_{cir}^{ftds-} + nrs_{cir}^{ftds-} + nrt_{cir}^{ftds-} + nrd_{cir}^{ftds-}) \quad (10)$$

### ۳-۷- پاداش مربوط به بازار

همانطور که در صورت پایین بودن معیارهای هر یک از سطوح زنجیره از دید مشتریان منجر به جریمه می شود در صورت بیشتر بودن این معیارها از سطح انتظار مشتریان پاداشی به عنوان درآمد به سیستم اعمال می شود.

$$GU = \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} \alpha_i (np_{ci}^{ftds+} + nps_{ci}^{ftds+} + npt_{ci}^{ftds+} + npd_{ci}^{ftds+}) \quad (11)$$

بنابراین در تابع هدف اول خواهیم داشت:

$$(TR - TC - ML + GU) \quad (12)$$

(23)

$$\sum_{x \in X} QRS_{icx} \geq de_{ci} RR_{ci} ; \quad \forall c \in C; i \in I$$

تعداد یک نوع محصول که از یک فروشگاه به یک مرکز خدمات پس از فروش بازگردانده می شود باید از تقاضای آن محصول ضربدر نرخ بازگشت محصول از آن فروشگاه به مرکز خدمات پس از فروش مورد نظر، بزرگتر یا مساوی باشد.

(24)

$$\sum_{a \in A} QRS_{ica} \geq de_{ci} RA_{ci} ; \quad \forall c \in C; i \in I$$

مجموع مقادیر هر نوع ماده اولیه که از تمامی کارخانه ها و تمامی مراکز باز یافت به یک تولید کننده وارد می شود، باید با میزان آن ماده اولیه موجود در تمامی محصولاتی که از آن تولید کننده به تمامی توزیع کنندگان ارسال می گردد برابر باشد.

(25)

$$\sum_{z \in Z} QRS_{mzs} + \sum_{f \in F} QRS_{mfs} = \sum_{i \in I} \sum_{d \in D} QRS_{isd} g_{2mi} ; \quad \forall m \in M; s \in S$$

مجموع مقادیر هر نوع محصول که از یک مرکز جمع آوری به تمامی مراکز باز یافت ارسال می گردد باید با مجموع محصولاتی از آن نوع که از تمامی فروشگاه ها به آن مرکز جمع آوری ارسال شده است ضربدر نسبت باز یافت برای آن محصول، برابر باشد.

(26)

$$\sum_{c \in C} QRS_{icx} RY_i = \sum_{z \in Z} QRS_{ixz} ; \quad \forall i \in I; x \in X$$

مجموع مقادیر هر نوع ماده اولیه که از تمامی کارخانه ها و تمامی مجموع مقادیر یک نوع محصول که از یک مرکز خدمات پس از فروش به تمامی مراکز تعمیر ارسال می گردد باید با مجموع محصولاتی از آن نوع که از تمامی فروشگاه ها به آن مرکز ارسال می شود ضربدر نسبت تعمیر برای آن محصول برابر باشد.

(27)

$$\sum_{c \in C} QRS_{ica} RP_i = \sum_{j \in J} QRS_{iaj} ; \quad \forall i \in I; a \in A$$

مجموع مقادیر یک نوع محصول که از یک مرکز خدمات پس از فروش به تمامی مراکز امحاء ارسال می گردد باید با مجموع

محدودیت (۱۸) بیان می کند که مجموع مقادیر هر ماده اولیه که از تمامی کارخانه ها و تمامی مراکز باز یافت به یک تولید کننده وارد می شود، باید از ظرفیت آن تولید کننده برای آن ماده اولیه کمتر یا مساوی باشد.

(18)

$$\sum_{f \in F} QRS_{mfs} + \sum_{z \in Z} QRS_{mzs} \leq y^f m ; \quad \forall f \in F, m \in M$$

در محدودیت (۱۹) مجموع مقادیر هر نوع ماده اولیه که از یک مرکز باز یافت به تمامی تولید کننده ها ارسال می گردد، باید از ظرفیت آن مرکز (در صورت بازگشایی) کوچکتر یا مساوی باشد.

(19)

$$\sum_{s \in S} QRS_{mzs} \leq SC^{zm} \lambda_{mz} ; \quad \forall m \in M, z \in Z$$

### ۳-۹- محدودیت های حداقل تولید و انتقال

این محدودیت برای سطح تامین کننده، تولید کننده و کامیون تعریف می شود. به این صورت که هر تامین کننده و تولید کننده اگر قرار باشد محصولی را تولید کند باید بیشتر از حداقل تعریف شده برای آن محصول تولید کند. همینطور هر کامیون باید بیشتر از حداقل تعریف شده برای آن محصول، محصولی را انتقال دهد. این موضوع به ترتیب در روابط زیر قابل مشاهده می باشد.

(20)

$$\sum_{s \in S} (QRS_{mfs} - \theta_{mf} f m^f) \geq 0 ; \quad \forall m \in M; f \in F$$

(21)

$$\sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{f \in F} (U_{ci}^{ftds} - X_{ci}^{ftds} p m^s) \geq 0 ; \quad \forall i \in I; s \in S$$

(22)

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} (U_{ci}^{ftds} - X_{ci}^{ftds} t m^t) \geq 0 ; \quad \forall t \in T$$

### ۳-۱۰- محدودیت های تعادل

مقادیر یک نوع محصول که از یک فروشگاه به یک مرکز جمع آوری بازگردانده می شود، از تقاضای آن محصول ضربدر نرخ بازگشت آن محصول از آن فروشگاه به مرکز جمع آوری مورد نظر بزرگتر یا مساوی باشد.

مجموع مقادیر مواد اولیه ای که از یک مرکز بازیافت به تمامی تولیدکننده ها ارسال می گردد باید با مجموع مقادیر ماده اولیه موجود در تمامی محصولات بازگشتی از تمامی مراکز جمع آوری و خدمات پس از فروش، برابر باشد.

$$\sum_{s \in S} QRS_{mzs} = \sum_{i \in I} \sum_{x \in X} QRS_{ixz} g1_{mi} + \sum_{i \in I} \sum_{a \in A} QRS_{iaz} g1_{mi} ; \forall m \in M; z \in Z \quad (30)$$

محصولاتی که از تمامی فروشگاه ها به آن مرکز ارسال می شود ضریب نسبت امحاء برای آن محصول، است.

$$\sum_{c \in C} QRS_{ica} RS_i = \sum_{i \in I} QRS_{ial} ; \forall i \in I; a \in A \quad (28)$$

مجموع مقادیر یک نوع محصول که از یک مرکز خدمات پس از فروش به تمامی مراکز بازیافت ارسال می گردد باید با مجموع محصولاتی از آن نوع که از تمامی فروشگاه ها به آن مرکز ارسال می شود ضریب نسبت بازیافت برای آن محصول برابر باشد.

$$\sum_{c \in C} QRS_{ica} RZ_i = \sum_{z \in Z} QRS_{iaz} ; \forall i \in I; a \in A \quad (29)$$

### ۳-۱۱- مدل سازی مساله

در ادامه با استفاده از روابط و محدودیت های تعریف شده مدل مساله تعریف خواهد شد:

$$(TR - TC - ML + GU) \quad (31)$$

$$\text{Min} \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} X_{ci}^{f t d s} [(dis^{fs} + dis^{sd} + dis^{dc}) G1_t + G2_s] + \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \theta_{mf} G3_f \quad (32)$$

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} y_{S_{ci}} \quad (33)$$

$$\text{Min} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{s \in S} T_{mfs} \theta_{mf} + \sum_{m \in M} \sum_{z \in Z} \sum_{s \in S} T_{mzs} \lambda_{mz} \quad (34)$$

S.T.

$$TR = \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} U_{ci}^{t d s} e_i \quad (35)$$

$$TC = \sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{c \in C} \sum_{f \in F} U_{ci}^{f t d s} (q_i^s) + \sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{c \in C} U_{ci}^{t d s} k^d \quad (36)$$

$$ML = \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} \beta_1 (np_{ci}^{f t d s-} + nps_{ci}^{f t d s-} + npt_{ci}^{f t d s-} + npd_{ci}^{f t d s-}) + \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} \sum_{f \in F} \beta_r (nr_{cir}^{f t d s-} + nrs_{cir}^{f t d s-} + nrt_{cir}^{f t d s-} + nrd_{cir}^{f t d s-}) \quad (37)$$

$$GU = \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} \alpha_i (np_{ci}^{f t d s+} + nps_{ci}^{f t d s+} + npt_{ci}^{f t d s+} + npd_{ci}^{f t d s+}) \quad (38)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} U_{ci}^{f t d s} + y_{S_{ci}} = de_{ci} ; \forall c \in C; i \in I \quad (39)$$

$$U_{ci}^{ftds} \geq X_{ci}^{ftds} \quad ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S \quad (40)$$

$$U_{ci}^{ftds} \leq X_{ci}^{ftds} M \quad ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S \quad (41)$$

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{f \in F} U_{ci}^{ftds} \leq y^s \quad ; \quad \forall s \in S \quad (42)$$

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} U_{ci}^{ftds} \leq z^d \quad ; \quad \forall d \in D \quad (43)$$

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} U_{ci}^{ftds} \leq v^t \quad ; \quad \forall t \in T \quad (44)$$

$$\sum_{s \in S} QRS_{mfs} \leq SC^{fm} \theta_{mf} \quad ; \quad \forall m \in M, f \in F \quad (45)$$

$$\sum_{f \in F} QRS_{mfs} + \sum_{z \in Z} QRS_{mzs} \leq y^{fm} \quad ; \quad \forall f \in F, m \in M \quad (46)$$

$$\sum_{s \in S} QRS_{mzs} \leq SC^{zm} \lambda_{mz} \quad ; \quad \forall m \in M, z \in Z \quad (47)$$

$$\sum_{s \in S} (QRS_{mfs} - \theta_{mf} f m^f) \geq 0 \quad ; \quad \forall m \in M; f \in F \quad (48)$$

$$\sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \sum_{f \in F} (U_{ci}^{ftds} - X_{ci}^{ftds} p m^s) \geq 0 \quad ; \quad \forall i \in I; s \in S \quad (49)$$

$$\sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{f \in F} (U_{ci}^{ftds} - X_{ci}^{ftds} t m^t) \geq 0 \quad ; \quad \forall t \in T \quad (50)$$

$$\sum_{x \in X} QRS_{icx} \geq de_{ci} RR_{ci} \quad ; \quad \forall c \in C; i \in I \quad (51)$$

$$\sum_{a \in A} QRS_{ica} \geq de_{ci} RA_{ci} \quad ; \quad \forall c \in C; i \in I \quad (52)$$

$$\sum_{z \in Z} QRS_{mzs} + \sum_{f \in F} QRS_{mfs} = \sum_{i \in I} \sum_{d \in D} QRS_{isd} g 2_{mi} \quad ; \quad \forall m \in M; s \in S \quad (53)$$

$$\sum_{c \in C} QRS_{icx} R Y_i = \sum_{z \in Z} QRS_{ixz} \quad ; \quad \forall i \in I; x \in X \quad (54)$$

$$\sum_{c \in C} QRS_{ica} R P_i = \sum_{j \in J} QRS_{iaj} \quad ; \quad \forall i \in I; a \in A \quad (55)$$

$$\sum_{c \in C} QRS_{ica} R S_i = \sum_{l \in L} QRS_{ial} \quad ; \quad \forall i \in I; a \in A \quad (56)$$

$$\sum_{c \in C} QRS_{ica} R Z_i = \sum_{z \in Z} QRS_{iaz} \quad ; \quad \forall i \in I; a \in A \quad (57)$$

$$\sum_{s \in S} QRS_{mzs} = \sum_{i \in I} \sum_{x \in X} QRS_{ixz} g 1_{mi} + \sum_{i \in I} \sum_{a \in A} QRS_{iaz} g 1_{mi} \quad ; \quad \forall m \in M; z \in Z \quad (58)$$

$$X_{ci}^{ftds} f l_1^f + n p s_{ci}^{ftds-} - n p s_{ci}^{ftds+} = X_{ci}^{ftds} s e_i \quad ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S \quad (59)$$

$$X_{ci}^{ftds} sl_1^d + nps_{ci}^{ftds-} - nps_{ci}^{ftds+} = X_{ci}^{ftds} se_i ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S \quad (60)$$

$$X_{ci}^{ftds} tl_1^t + npt_{ci}^{ftds-} - npt_{ci}^{ftds+} = X_{ci}^{ftds} se_i ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S \quad (61)$$

$$X_{ci}^{ftds} dl_1^d + npd_{ci}^{ftds-} - npd_{ci}^{ftds+} = X_{ci}^{ftds} se_i ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S \quad (62)$$

$$X_{ci}^{ftds} fl_r^f + nrs_{cir}^{ftds-} - nrs_{cir}^{ftds+} = X_{ci}^{ftds} re_r ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S; r \in R \quad (63)$$

$$X_{ci}^{ftds} sl_r^s + nrs_{cir}^{ftds-} - nrs_{cir}^{ftds+} = X_{ci}^{ftds} re_r ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S; r \in R \quad (64)$$

$$X_{ci}^{ftds} tl_r^t + nrt_{cir}^{ftds-} - nrt_{cir}^{ftds+} = X_{ci}^{ftds} re_r ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S; r \in R \quad (65)$$

$$X_{ci}^{ftds} dl_r^d + nrd_{cir}^{ftds-} - nrd_{cir}^{ftds+} = X_{ci}^{ftds} re_r ; \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S; r \in R \quad (66)$$

$$X_{ci}^{ftds} \in [0,1], nps_{ci}^{ftds-}, nps_{ci}^{ftds+}, npt_{ci}^{ftds-}, npt_{ci}^{ftds+}, npd_{ci}^{ftds-}, npd_{ci}^{ftds+}, nrs_{cir}^{ftds-}, nrs_{cir}^{ftds+}, nrt_{cir}^{ftds-}, nrt_{cir}^{ftds+}, nrd_{cir}^{ftds-}, nrd_{cir}^{ftds+}, \quad (67)$$

$$U_{ci}^{ftds}, ys_{ci} \geq 0 \quad \forall f \in F; c \in C; i \in I; t \in T; d \in D; s \in S; r \in R$$

$$X_\alpha, X_\alpha = \{x / g(x) \leq b_h, h = 1, 2, \dots, g\}$$

در این تحقیق از  $P = \infty$  استفاده شده است.

#### ۴- یافته های پژوهش

پس از شرح مساله، تعریف مدل و ساخت مدل ریاضی و حل آن در بخش های قبل در این قسمت اقدام به حل مدل ریاضی با استفاده از دو الگوریتم فراابتکاری NSGA-II و NPGA خواهیم نمود تا مشخص گردد کدام یک از این دو الگوریتم کارایی بهتری برای حل مساله دارد. برای این منظور به تعداد ۱۰۰ مساله در سه دسته کوچک، متوسط و بزرگ طراحی گردید. در ادامه پس از مشخص کردن ابعاد مسائل تولید شده نتیجه به دست آمده از الگوریتم های فراابتکاری NSGA-II و NPGA را ذکر خواهیم کرد و پس از آن اقدام به تحلیل نتایج خواهیم نمود.

روش تاپسیس یکی از روش های تصمیم سازی برای اولویت بندی گزینه ها می باشد. در این روش مقایسه ای، گزینه ی انتخاب شده باید کمترین فاصله را از جواب ایده آل و همچنین بیشترین فاصله را از بدترین جواب داشته باشد. از مهمترین مزیت های این روش می توان به این نکته اشاره کرد که این روش می تواند شاخص های کمی و کیفی را جهت تصمیم سازی تلفیق نماید.

جهت یکپارچه سازی توابع هدف، روش معیار جامع یا Lp-Metric مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش به دنبال کمینه سازی انحرافات توابع هدف از مقدار بهینه شان هستیم. در روش معیار جامع ابتدا جواب های انفرادی برای بهینگی هر تابع هدف محاسبه شده سپس تابع هدف کمینه میگردد. میتوان مدل چندهدفه را به صورت یک مدل تک هدفه نوشت:

$$\lambda = \text{Maximize} \left( \sum_{k=1}^q \omega_k \left| \frac{f_k^* - f_k(x)}{f_k^*} \right| \right) \quad (69)$$

$$\text{Min} Z = \lambda$$

Subject to :

$$\lambda \geq W_1 \left| \frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^*} \right|$$

$$\lambda \geq W_2 \left| \frac{Z_2 - Z_2^*}{Z_2^*} \right|$$

$$\lambda \geq W_q \left| \frac{Z_q - Z_q^*}{Z_q^*} \right|$$

جدول ۴- ماتریس بی مقیاس وزن دهی شده

	CPU Time	NPS	MID	D	SM
NSGA-II	1434/0	1351/0	1591/0	1404/0	1240/0
NRGA	1394/0	1475/0	1211/0	1425/0	1569/0

در گام بعدی باید نقطه ایده آل مثبت و منفی محاسبه گردد. نتیجه در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵- نقطه ایده آل مثبت و منفی

	CPU Time	NPS	MID	D	SM
NSGA-II	1394/0	1475/0	1211/0	1425/0	1240/0
NRGA	1434/0	1351/0	1591/0	1404/0	1569/0

مرحله بعدی به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده آل های مثبت و منفی می باشد. برای این منظور از رابطه (۷۱) و (۷۲) استفاده می کنیم. نتیجه در جدول (۶) آورده شده است:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (72)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (72)$$

جدول ۶- محاسبه فاصله از معیارها در روش تاپسیس

الگوریتم	S <sup>+</sup>	S <sup>-</sup>
NSGA-II	0402/0	0328/0
NRGA	0328/0	0402/0

مرحله نهایی تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه حل ایده آل می باشد که بر اساس رابطه ۴-۴ به دست می آید. نتیجه در جدول (۷) نشان داده شده است.

$$CL_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (73)$$

جدول ۷- محاسبه مقدار نزدیکی نسبی یک گزینه به راه حل ایده آل

الگوریتمها	نزدیکی نسبی یک گزینه به راه حل ایده آل	رتبه بندی
NSGA-II	4494/0	2
NRGA	5506/0	1

از مجموع ۱۰۰ مساله حل شده، بر اساس جدول (۷)، در مورد معیار زمان حل الگوریتم NSGA-II در ۶۳ مساله بهتر بوده است. در مورد معیار تعداد جواب های پارتو، الگوریتم NSGA-II با بهدست آوردن بهترین جواب در ۷۰ مساله (۷۰٪ موارد) بهترین عملکرد را به خود اختصاص داده است. در این معیار

بهطور کلی در این روش، ما یک ماتریس  $m \times n$  تصمیم گیری که دارای  $m$  گزینه و  $n$  معیار می باشد را در ماتریس سنجش، مورد ارزیابی قرار می دهیم. در این روش اگر معیاری از نوع سود بود، هر چه مقدارش بیشتر باشد دارای مطلوبیت بیشتر و اگر معیاری از نوع هزینه بود، دارای مطلوبیت کمتری می باشد. در این روش برای محاسبات باید تمامی مقادیر نسبت داده شده به معیارها از نوع کمی باشد و در صورت کیفی بودن، باید ابتدا آنها را به مقادیر کمی تبدیل کرد. در این تحقیق، مدل توسط دو الگوریتم فراابتکاری NSGA-II و NRGA حل شده است. به علاوه پنج معیار برای مقایسه الگوریتمها معرفی گردید. بنابراین ماتریس تصمیم گیری یک ماتریس  $5 \times 2$  خواهد بود. در این تحقیق ماتریس تصمیم گیری را مقادیر متوسط به دست آمده از حل دو الگوریتم در نظر می گیریم. این ماتریس در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- ماتریس تصمیم گیری برای مدل ارائه شده

	CPU Time	NPS	MID	D	SM
NSGA-II	31/24	54/42	78739740	22853600	15780720
NRGA	23.62	۴۶.۴۶	۵۹۹۳۸۱۴۳	۳۳۱۹۵۰۴۰	۱۹۹۵۹۳۴۰

در مرحله بعدی باید ماتریس وزن معیارها را به صورت جدول (۲) تعریف نمائیم. در اینجا به هر از معیارها وزن یکسانی را تخصیص داده ایم.

جدول ۲- اوزان تعریف شده برای هر معیار

CPU Time	NPS	MID	D	SM
2/0	2/0	2/0	2/0	2/0

در مرحله بعدی ماتریس بی مقیاس شده باید محاسبه گردد. برای این منظور از رابطه (۷۰) استفاده می شود. نتیجه در جدول (۳) نشان داده شده است.

$$\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (70)$$

جدول ۳- ماتریس بی مقیاس شده

	CPU Time	NPS	MID	D	SM
NSGA-II	7172/0	6753/0	7957/0	7018/0	6202/0
NRGA	6969/0	7375/0	6057/0	7123/0	7844/0

در مرحله بعدی ماتریس بی مقیاس وزن دهی شده باید محاسبه گردد. نتیجه در جدول (۴) نشان داده شده است.



الگوریتم NSGA-II در ۲۰٪ موارد بهتر بوده و در ۱۰٪ دو الگوریتم به نتیجه یکسانی رسیده اند. در معیار نزدیکی به جواب ایده آل الگوریتم NSGA-II با کسب نمودن بهترین جواب در ۸۲ بهترین عملکرد را داشته است. در مورد معیار بیشترین گسترش، الگوریتم NSGA-II در ۵۴ مورد و الگوریتم NRGA در ۴۶ مورد به بهترین جواب رسیده اند. در مورد معیار فاصله گذاری نیز الگوریتم NSGA-II با بهدست آوردن بهترین جواب در تمامی مسائل بهترین نتیجه را داشته است.

#### ۵- نتیجه گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی

در این پژوهش الگویی برای توسعه یک مدل ریاضی برای ارزیابی مشتریان در زنجیره تامین سبز چند محصولی ارائه گردید که همزمان مفاهیم کاربردی همچون مشتریان با در نظر گرفتن شاخص های سبز مورد بررسی قرار گرفتند. اهدافی که در این پژوهش بدان پرداخته شد، شامل کمینه نمودن زمان دسترسی جهت مشتری مداری هر چه بهتر بوده است. همچنین یکی از فاکتورهای اساسی و مهم در جهت جذب مشتریان، زمان تحویل به موقع می باشد. به طور کلی شبکه زنجیره تامین مورد مطالعه شامل چندین تامین کننده بوده است که چندین نوع قطعات و مواد اولیه مختلف را تامین می کنند. قطعات و مواد اولیه خریداری شده از تامین کنندگان به تولید کننده منتقل می شوند و بعد از انجام عملیات تولیدی تبدیل به محصولات مختلف می گردند. محصولات تولید شده به کانال های توزیع فرستاده شده و به فروشگاه ها فرستاده می شوند. لازم به ذکر است که آن دسته از مواد اولیه ای که از کیفیت مطلوب برخوردار نباشند به مرکز خدمات پس از فروش ارسال می گردند. مدل توسعه داده شده در این پژوهش با دو روش NSGA-II و NRGA حل گردید. ۱۰۰ مساله در ابعاد مختلف توسط دو الگوریتم فراابتکاری نامبرده حل و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه شدند که با توجه به نتایج بهدست آمده از روش تاپسیس، الگوریتم NRGA نسبت به الگوریتم NSGA-II عملکرد بهتری داشته است. با توجه به نتایج محاسبه شده و مقایسه آن با پژوهش های گذشته، شاخص های عملکردی مدل نیز در وضعیت بسیار مطلوب تری بوده است. به عنوان نمونه زمان محاسبات در این مدل و روش حل پیشنهادی آن در مقایسه با بسیاری از تحقیقاتی که در پیشینه تحقیق مورد مطالعه قرار گرفتند بسیار کمتر بوده و یا شاخص تعداد جواب ها در پارتو از بسیاری از مدل های قبلی بیشتر بوده و حتی شاخص فاصله از نقطه ایده آل نیز که یک شاخص منفی است از تعداد زیادی از پژوهش های تحقیقاتی کمتر می باشد؛ که نشان دهنده مطلوبیت مدل و اعتبار آن بوده و انتخاب روش

حل مناسب را تایید می نماید. همچنین در این تحقیق از روش تنظیم پارامتر تاگوچی برای تنظیم پارامتر الگوریتم های به کار رفته در این استفاده شد تا به عنوان یک طرح عاملی مناسب سطوح پاسخ تخمین زده شود. پیشنهاد می گردد مدلی ارائه گردد که در آن هر تامین کننده بتواند برای هر محصول خود یکی از دو نوع مدل تخفیف کلی یا نموی را استفاده کند. به عبارت دیگر مجبور با استفاده از یک نوع مدل تخفیف برای کلیه محصولاتش نباشد.

#### فهرست منابع

- \* آذر، ع و فرجی، ح (۱۳۹۰). علم مدیریت فازی، چاپ چهارم، تهران، موسسه کتاب مهربان نشر.
- \* آذر، ع؛ محمودیان، ا و هاشمی، م (۱۳۹۵). ارائه روشی به منظور ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز پتروشیمی های عسلویه با استفاده از ترکیب روش فازی و مدل سازی غیرخطی. فصل نامه ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال دوازدهم / شماره ۴۸، صفحات ۱۷۳-۱۹۳.
- \* امیدوار، ر؛ سرداری، ا و یزدانی، ن (۱۳۹۴). رتبه بندی موانع مدیریت زنجیره تامین سبز با استفاده از روش دیمتل (مطالعه شرکت پارس خودرو). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات بازاریابی نوین سال پنجم، شماره دوم.
- \* ایمانی، د و احمدی، ا (۱۳۸۸). مدیریت زنجیره تامین سبز: راهبرد نوین کسب مزیت رقابتی. نشریه مهندسی خودرو و صنایع وابسته، شماره ۱.
- \* زاهدی، شمس السادات (۱۳۸۵). مبانی توریسم و اکوتوریسم پایدار، چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی.
- \* شائمی، ع؛ خزائی، ج؛ مهدی پور، م و بالوئی، ه (۱۳۹۱). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات بازاریابی نوین سال دوم، شماره دوم
- \* صفایی قادیکلایی، ع؛ طبیبی، م و حاجی آبادی، ف (۱۳۹۲). ارائه رویکرد ترکیبی ANP-DEMATEL فازی جهت اولویت بندی معیارهای ارزیابی عملکرد تامین کننده سبز: شرکت دیزل سنگین ایران. پژوهش های مدیریت در ایران. مقاله ۷، دوره ۱۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، صفحه ۱۲۹-۱۴۹
- \* قاضی زاده، مصطفی؛ نوروززاده، فاطمه و رئیسی قربان آبادی، ح (۱۳۹۳). تجزیه و تحلیل مدیریت زنجیره تامین LARGe با استفاده از تکنیک دیمتل ۱ در شرکت سایپا
- \* Awasthi, A., Chauhan, S.S., Goyal, S.K. (2010). A fuzzy multi criteria approach for evaluating environmental performance of suppliers.

- 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing – Emerging Potentials. 26, 695-699.
- \* Onüt, S., Kara, S.S., Isik, E. (2009). Long-term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: a case study for a telecommunication company. *Expert with Systems Application*, 36 (2), 3887–3895.
  - \* Rabbani. A., Zamani. M., Yazdani-Chamzini. A., Kazimieras Zavadskas. E., (2014), Proposing a new integrated model based on sustainability balanced scorecard (SBSC) and MCDM approaches by using linguistic variables for the performance evaluation of oil producing companies, *Expert Systems with Applications* 41, 7316–7327.
  - \* Sabri E.H., Beamon B.M., (2000), A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design”, *Omega*, 28(5), 581-598.
  - \* Tseng, M. L. and Lan, J. C. H. (2010), "Using FANP approach on selection of competitive priorities based on cleaner production implementation: a case study in PCB manufacturer", *Clean Technologies and Environmental Policy*, 10, 17-29.
  - \* Xia, W., Wu, Zh., (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, 35, 494-504.
  - \* Yücel, A., Güneri, A.F. (2011). A weighted additive fuzzy programming approach for multi-criteria supplier selection. *Expert Systems with Applications* 38, 6281–6286.
  - \* Zhou J., Liu B., (2003). New stochastic models for capacitated location-allocation problem. *Computers & Industrial Engineering*, 45, 111-125.
  - \* Zhu, Q., Sarkis, J and Lai, K (2007) “Green Supply Chain Management: Pressures, Practices and Performance within Chinese Automobile Industry” *Journal of Cleaner Production* 15, 1041-1052.
  - \* Zouggari, A., Benyoucef, L. (2012). Simulation based fuzzy TOPSIS approach for group multi-criteria supplier selection problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25, 507-519.
  - International Journal of Production Economics, 126, 370–378.
  - \* Cebi, F., Otay, I; (2016). A two-stage fuzzy approach for supplier evaluation and order allocation problem with quantity discounts and lead time. *Information Sciences*.
  - \* Coskun, S., Ozgur, L., Polat, O., Gungor, A. (2016). A model proposal for green supply chain network design based on consumer segmentation *Journal of Cleaner Production* 110, 149-157.
  - \* Fung, T. and Marafa, L.M. (2002). Landscape ecology of Feng Shui woodlands and the potential for ecotourism using IKONOS images and GIS, *International Geoscience and Remote sensing Symposium (IGARSS)*, 6, 3246-3248.
  - \* Gold, S., Awasthi, A. (2015). Sustainable global supplier selection extended towards sustainability risks from (1+n)th tier suppliers using fuzzy AHP based approach. *IFAC-Papers OnLine*, 48-3, 966–971.
  - \* Greeff, G., & Choshal, R., (2004), . Practical E-Manufacturing and supply chain management.
  - \* Guillen-Gosalbez, G, and Grossman LE, (2009) “Optimal design and planning of sustainable chemical supply chains under uncertainty” *ALCHE Journal*, 55(1), 99-121.
  - \* Hammouda G., Saccomanno F., Fu L. (2001), Allocating emergency response facilities to mitigate risks of dangerous goods transportation. *The national academies of science. Engineering. Medicine*, 1. 363-376.
  - \* Harris, L. and Andrew, C, (2002); The Greening of Organizational Culture, *Journal of Organizational Change Management*, 15(3), 214-234.
  - \* Hashemi HM, Karimi AM, Tavana MJ.(2015). “An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved grey relational analysis”. *International Journal of Production Economics*, Volume 159, 178–191.
  - \* Ho, W., Xu, X., Dey, P.K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 22, 16-24.
  - \* Johnny C. Ho, Maurice K. Shalishali, Tzu-Liang (Bill) Tseng, David S(2009). ”opportunities in green supply chain management”, *The Coastal Business Journal*, 8(1).
  - \* Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi- objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain, *Journal of Cleaner Production*, 4, 233-264.
  - \* Leenders., Fearon. (1997). Purchasing and supply management. *IRWIN*. Liao, Z., Rittscher, J. (2007). A multi-objective supplier selection model under stochastic demand conditions. *International Journal of Production Economics*, 105 (1), 150–159.
  - \* Lin, R.H. (2009). An integrated FANP-MOLP for supplier evaluation and order allocation. *Applied Mathematical Modeling*, 33 (6), 2730–2736.
  - \* Ninlawan C., Seksan P., Tossapol K., Pilada W. (2015). The Implementation of Green Supply Chain,

#### یادداشت ها

<sup>1</sup> - Net Promoter Score

<sup>2</sup> -Kanan

<sup>3</sup> -Guo

<sup>4</sup> -Igrarashi

<sup>5</sup> -Baneian

<sup>6</sup> - IP

<sup>7</sup> - Shen

<sup>8</sup> -Topsis

<sup>9</sup> - Hashemi

<sup>10</sup> - ANP

<sup>11</sup> - GRA

<sup>12</sup> - Coskun