**تقديم به :**

**اکنون که برگذری دیگر از زندگی ایستاده‌ام، ماحصل آموخته ها و اشتیاق روزهای متمادی‌ام را تقدیم میکنم به:**

* **استوارترین تکیه گاهم، حامی من در طول تمام زندگی، دستان پر مهر پدرم**
* **سبزترین نگاه زندگی‌ام، دریای بیکران فداکاری و سنگ صبوری که الفبای زندگی به من آموخت، چشمان پر مهر مادرم**
* **امیدبخش ترین دارائی‌ام، به پاس عاطفه سرشارش در سردترین روزهای زندگی‌ام، برادر عزیزتر از جانم**

**که محیطی سرشار از سلامت و امنیت، آرامش و آسایش برای من فراهم کرده اند.**

**سپاسگزاري:**

**سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد. به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت و این توفیق را به من عطا فرمود که در این عرصه گام نهم و حاصل بخشی از تلاش خود را با ارائه این پایان نامه تقدیم دوست داران علم و دانش و اهل تحقیق نمایم.**

**بسی شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه سرکار خانم دکتر نرگس نوروزی که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کار‌ساز و سازنده بارور ساختند، تقدیر و تشکر نمایم.**

**فهرست مطالب**

**عنوان صفحه**

[چکیده 1](#_Toc112332054)

[**فصل اول: کلیات تحقیق 2**](#_Toc112332055)

[1-1- مقدمه 3](#_Toc112332056)

[1-2- بیان مسئله 4](#_Toc112332057)

[1-3- ضرورت انجام تحقیق 9](#_Toc112332058)

[1-4- اهداف 11](#_Toc112332059)

[1-5- سوالات 12](#_Toc112332060)

[1-5-1- سوال اصلی 12](#_Toc112332061)

[1-6- سوالات فرعی 12](#_Toc112332062)

[1-7- نواوری 12](#_Toc112332063)

[1-8- روش تحقیق 13](#_Toc112332064)

[1-9- روش جمع اوری اطلاعات 13](#_Toc112332065)

[1-10- روش و ابزار تجزیه و تحلیل اطلاعات 14](#_Toc112332066)

[**فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه پژوهش 15**](#_Toc112332067)

[2-1- مقدمه 16](#_Toc112332068)

[2-2- مسئله مسیریابی کلاسیک 17](#_Toc112332069)

[2-3- مساله مکانیابی کلاسیک 18](#_Toc112332070)

[2-4- مکانیابی-مسیریابی LRP 19](#_Toc112332071)

[2-4-1- مسئله مکانیابی- مسیریابی؛ مفاهیم و تعاریف 19](#_Toc112332072)

[2-4-2- LRP و مدیریت لجستیک 20](#_Toc112332073)

[2-4-3- طبقه بندی اولیه LRP 21](#_Toc112332074)

[2-4-4- روش های حل LRP 22](#_Toc112332075)

[2-4-5- مسائل مسیریابی مکانیابی چند پلکانی 23](#_Toc112332076)

[2-4-5-1- مسائل مکانیابی مسیر یابی دو پلکانی 23](#_Toc112332077)

[2-4-6- مسائل مرتبط با دپوهای متحرک 24](#_Toc112332078)

[2-4-7- مسائل مکانیابی با توابع هدف چندگانه 25](#_Toc112332079)

[2-5- موجودی؛ تعاریف و مفاهیم 26](#_Toc112332080)

[2-5-1- موجودی ایمن 27](#_Toc112332081)

[2-5-2- موجودی چرخشی 27](#_Toc112332082)

[2-5-3- موجودی انفصالی 27](#_Toc112332083)

[2-5-4- موجودی مورد انتظار 28](#_Toc112332084)

[2-5-5- مدیریت موجودی ایمن 28](#_Toc112332085)

[2-5-6- هزینه موجودی 28](#_Toc112332086)

[2-5-6-1- سرمایه درگردش 29](#_Toc112332087)

[2-5-6-2- کهنگی 29](#_Toc112332088)

[2-5-6-3- هزینه سفارش 29](#_Toc112332089)

[2-5-6-4- هزینه های عملیاتی 30](#_Toc112332090)

[2-5-6-5- هزینه خالی شدن انبار 30](#_Toc112332091)

[2-6- زنجیره تامین کالای فساد پذیر 30](#_Toc112332092)

[2-6-1- مشخصه های مدل زنجیره تامین کالای فساد پذیر 31](#_Toc112332093)

[2-6-2- انواع زوال پذیری 32](#_Toc112332094)

[2-6-3- تفاوت زوال و منسوخ شدن کالاها 32](#_Toc112332095)

[2-6-4- اقلام فاسد شدنی 34](#_Toc112332096)

[2-6-5- نرخ فساد 34](#_Toc112332097)

[2-7- پایداری در زنجیره تامین 35](#_Toc112332098)

[2-8- پیشینه تحقیق 37](#_Toc112332099)

[**فصل سوم: روش‌شناسی تحقیق 46**](#_Toc112332100)

[3-1- مقدمه 47](#_Toc112332101)

[3-2- مدل 47](#_Toc112332102)

[3-3- مدل استوار 57](#_Toc112332103)

[3-4- روش حل 63](#_Toc112332104)

[3-4-1- الگوریتم nsgaii 63](#_Toc112332105)

[3-4-2- عملگر تقاطع 67](#_Toc112332106)

[3-4-3- عملگر جهش 69](#_Toc112332107)

[3-4-4- انتخاب عملگر 70](#_Toc112332108)

[3-4-5- انتخاب والد 71](#_Toc112332109)

[3-4-6- شرط خاتمه 71](#_Toc112332110)

[**فصل چهارم: یافته‌های پژوهش 72**](#_Toc112332111)

[4-1- مقدمه 73](#_Toc112332112)

[4-2- اعتبار سنجی 73](#_Toc112332113)

[4-3- مطالعه موردی 77](#مطا)

[4-4- حل مدل در ابعاد بزرگ 83](#_Toc112332114)

[4-5- تحلیل حساسیت 84](#_Toc112332115)

[4-6- تحلیل عدم قطعیت 94](#_Toc112332116)

[4-7- جمع بندی 95](#_Toc112332117)

[**فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات 96**](#_Toc112332118)

[5-1- مقدمه 97](#_Toc112332119)

[5-2- روش انجام کار 97](#_Toc112332120)

[5-3- تبیین نتایج 98](#_Toc112332121)

[5-4- پیشنهادات 99](#_Toc112332122)

[**منابع 100**](#_Toc112332123)

[منابع فارسی 101](#_Toc112332124)

[منابع لاتین 103](#_Toc112332125)

[Abstract 109](#_Toc112332126)

**فهرست جداول**

**عنوان صفحه**

[جدول 4-1- ابعاد مسئله 73](#_Toc112332178)

[جدول 4-2- نتایج حل مدل در ابعاد کوچک 74](#_Toc112332179)

[جدول 4-3- بررسی اثر وزن و سرعت بر میزان مصرف سوخت 78](#سه)

[جدول 4-4- بررسی اثر فاصله بر هزینه و مصرف سوخت 79](#چهار)

[جدول 4-5- بررسی اثر نرخ دستمزد بر هزینه 80](#پن)

[جدول 4-6- بررسی اثر میزان محصول در اختیار بر هزینه 81](#ش)

[جدول 4-7- تحلیل حساسیت تقاضا 85](#_Toc112332180)

[جدول 4-8- تحلیل حساسیت قیمت سوخت 86](#_Toc112332181)

[جدول 4-9- تحلیل حساسیت نرخ دستمزد راننده 87](#_Toc112332182)

[جدول 4-10- تحلیل حساسیت هزینه نگهداری 88](#_Toc112332183)

[جدول 4-11- تحلیل حساسیت هزینه تاسیس 89](#_Toc112332184)

[جدول 4-12- تحلیل حساسیت اثرات زیست محیطی 90](#_Toc112332185)

[جدول 4-13- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر هزینه 91](#_Toc112332186)

[جدول 4-14- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر مسائل زیست محیطی 92](#_Toc112332187)

[جدول 4-15- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر مسائل اجتماعی 93](#_Toc112332188)

[جدول 4-16- تحلیل عدم قطعیت 94](#_Toc112332189)

**فهرست اشکال**

**عنوان صفحه**

[شکل 2-1- نمایی از یک مساله VRP 18](#_Toc112332232)

[شکل 2-2- روش های حل LRP 22](#_Toc112332233)

[شکل 2-3- شکل گیری موجودی 26](#_Toc112332234)

[شکل 2-4- مدل موجودی چرخشی اولیه 27](#_Toc112332235)

[شکل 2-5- مشخصه های مدل زنجیره تامین کالای فساد پذیر 31](#_Toc112332236)

[شکل 2-6- تقسیم بندی اقلام زوال پذیر بر اساس مدل گویا و گیری(2001) 33](#_Toc112332237)

[شکل 2-7- تقسیم بندی رافت(1991) با توجه به ارزش و کارائی اقلام در طی زمان 33](#_Toc112332238)

[شکل 2-8- انواع فساد 34](#_Toc112332239)

[شکل 2-9- نرخ فساد 35](#_Toc112332240)

[شکل 3-1- مدل مفهومی تحقیق 53](#_Toc112332241)

[شکل 3-2- طرح کلی الگوریتم nsgaii 62](#_Toc112332242)

[شکل 4-1- شماتیکی از تخصیص وسیله نقلیه و مقدار بار حمل‌شده از یک مشتری به مشتری دیگر 83](#_Toc112332243)

[شکل 4-2- تخصیص مشتری به تولید کننده 84](#_Toc112332244)

**فهرست نمودارها**

**عنوان صفحه**

[نمودار 4-1- افزایش هزینه با افزایش ابعاد مسئله 75](#_Toc112332298)

[نمودار 4-2- افزایش مسائل زیست محیطی با افزایش ابعاد مسئله 76](#_Toc112332299)

[نمودار 4-3- افزایش مسائل اجتماعی با افزایش ابعاد مسئله 76](#_Toc112332300)

[نمودار 4-4- افزایش زمان محاسبه با افزایش ابعاد مسئله 77](#_Toc112332301)

[نمودار 4-5- بررسی اثر وزن و سرعت بر میزان کصرف سوخت 78](#پنج)

[نمودار 4-6- بررسی اثر فاصله بر هزینه 79](#شش)

[نمودار 4-7- بررسی اثر فاصله بر مصرف سوخت 80](#هفت)

[نمودار 4-8- بررسی اثر نرخ دستمزد بر هزینه 81](#هشت)

[نمودار 4-9- بررسی اثر میزان محصول در اختیار بر هزینه 82](#نه)

[نمودار 4-10- تحلیل حساسیت تقاضا 85](#_Toc112332302)

[نمودار 4-11- تحلیل حساسیت قیمت سوخت 86](#_Toc112332303)

[نمودار 4-12- تحلیل حساسیت نرخ دستمزد راننده 87](#_Toc112332304)

[نمودار 4-13- تحلیل حساسیت هزینه نگهداری 88](#_Toc112332305)

[نمودار 4-14- تحلیل حساسیت هزینه تاسیس 89](#_Toc112332306)

[نمودار 4-15- تحلیل حساسیت اثرات زیست محیطی 90](#_Toc112332307)

[نمودار 4-16- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر هزینه 91](#_Toc112332308)

[نمودار 4-17- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر مسائل زیست محیطی 92](#_Toc112332309)

[نمودار 4-18- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر مسائل اجتماعی 93](#_Toc112332310)

[نمودار 4-19- تحلیل عدم قطعیت 94](#_Toc112332311)

چکیده

مساله مکانیابی- موجودی- مسیریابی از جمله مسائل پرکاربرد در طراحی شبکه های زنجیره تأمین برای بهبود و کاهش هزینه ها و افزایش توان رقابتی می باشد. این مساله در زنجیره تأمین کالاهای فسادپذیر به علت شرایط خاص محصول از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا علاوه بر هزینه های فروش از دست رفته به علت عدم تامین به موقع تقاضا، هزینه های ناشی از نگهداری محصول، افت کیفیت و فاسد شدن محصول را نیز متحمل خواهد شد. از این رو هدف پژوهش حاضر، ارائه یک مدل برنامه ریزی ریاضی مکان‌یابی- مسیریابی- موجودی چند هدفه در محصولات فساد پذیر می باشد که هدف اول آن حداقل ساختن هزینه های حمل و نقل، تولید و نگهداری، هدف دوم کمینه کردن اثرات زیست محیطی و هدف سوم آن حداقل ساختن هدر رفت محصولات می باشد. روش دقیق اعتبار سنجی با استفاده از نرم افزار متلب نشان می دهد که با افزایش ابعاد مدل، مقادیر و زمان محاسبه نیز افزایش می‌یابد. برای مقابله با عدم قطعیت در تقاضا یک مدل استوار برنامه ریزی عدد صحیح مختلط ارائه می گردد. در نهایت با استفاده از الگوریتم فراابتکاری NSGA II مدل توسعه می یابد. نتایج نشان می دهد پارامترهای مورد بررسی بیش از همه بر میزان هدر رفت محصول و در واقع مسائل اجتماعی و پس از آن بر مسائل زیست محیطی اثرگذار بوده، این در حالی است که کمترین اثر را بر هزینه‌های اقتصادی دارا می باشند.

کلمات کلیدی: زنجیره تامین، محصولات فاسد شدنی، عوامل پایداری، عدم قطعیت تقاضا

فصل اول: کلیات تحقیق

1-1- مقدمه

امروزه زنجیره تامین[[1]](#footnote-1) به عاملی مهم و حیاتی در بازارهای جهانی تبدیل شده است، به طوری که در عرصه ی جهانی، رقابت اصلی، در بین زنجیره های تامین صورت می گیرد. با افزایش روزافزون آلودگی های زیست محیطی و اهمیت مسائل مربوط به محیط زیست و اجتماع، تلاش شده است تا آلودگی ها و اثرات اجتماعی ناشی از گسترش صنایع را در قالب تلاش برای مدیریت زنجیره تامین پایدار[[2]](#footnote-2) کاهش دهند. در سال های اخیر، آلودگی های زیست محیطی به یک مساله چالش برانگیز برای سازمان های تجاری تبدیل و منجر به افزایش تقاضای مشتریان و جوامع زیست محیطی برای محصولات سازگار با محیط زیست شده است. علاوه بر این، به منظور انطباق با مقررات محیطی برای فروش و صادرات محصولات، شرکت ها باید راهبردهایی را جهت کاهش تاثیرات محصولات خود بر محیط زیست و اجتماع اتخاذ کنند. بنابراین چالش تجاری مهم در قرن حاضر، یکپارچه سازی عملکردهای زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی در دستیابی به توسعه پایدار می باشد. مدیریت زنجیره تامین پایدار، یکپارچه کننده ی مدیریت زنجیره تامین با الزامات زیست محیطی و اجتماعی در تمام مراحل طراحی محصول، انتخاب و تامین مواد اولیه، تولید و ساخت، فرآیندهای توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و مدیریت بازیافت و مصرف مجدد به منظور بیشینه کردن میزان بهره وری مصرف انرژی و منابع همراه با بهبود عملکرد کل زنجیره تامین است. فعالیت های اقتصادی اعم از فعالیت های صنعتی، کشاورزی و خدماتی همگی از یک سو به نوعی از منابع طبیعی استفاده می کنند. از سوی دیگر ماهیت فرآیند آن ها به گونه ای است که بالقوه محیط زیست را آلوده می کنند، بنابراین چنانچه به پیامدها و مسائل زیست محیطی انجام این فعالیت ها توجه نشود، باید هزینه های زیادی برای رفع خسارت و ضایعات ناشی از عدم توجه به این موضوع صرف شود (جعفرنژاد و همکاران، ۱۳۹۲)

1-2- بیان مسئله

افزایش نگرانی ها در مورد هشدارهای محیطی، تولید کننده ها را مجبور به تلاش برای کاربرد راهبردهایی در زمینه ی مدیریت محیطی می کند. در این میان از آنجا که اثرات نامطلوب محیطی در تمام مراحل چرخه ی عمر محصول اتفاق می افتد و مدیریت برنامه ها و عملیات محیطی به داخل مرزهای سازمان محدود نمی شود، درک مسئولیت محیطی موجب دستیابی به مزیت رقابتی و افزایش سهم بازار از طریق فرآیند بهبود تاثیرات محیطی محصولات می شود (زو و همکاران[[3]](#footnote-3)، 2006). مدیریت محیطی، تلاشی برای حداقل سازی تاثیرات منفی محیطی محصولات شرکت در سراسر چرخه ی عمر محصول می باشد. این اقدام به دلیل فشارهای سازمانی ضروری به نظر می رسد و موجب افزایش کارایی منابع استفاده شده در مدیریت محیطی می شود. در سال های اخیر، تمرکز بر مدیریت محیطی از عملیات داخلی به کل زنجیره تامین بسط داده شده است. گسترش این روش در تمام حلقه های زنجیره تامین، منجر به افزایش کارایی و اثربخشی می شود (جعفرنژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

در ادبیات عوامل گوناگونی مانند مسائل اقتصادی، قوانین و مقررات، مسئولیت اجتماعی و فشارهای سهامداران به عنوان محرک هایی جهت سوق دادن سازمان ها به پیاده سازی زیر ساخت های مدیریت زنجیره تامین پایدار، آورده شده است. (اندیک[[4]](#footnote-4)، 2012) محرک های حرکت سازمان به سمت زنجیره تامین پایدار از نظر مشتری نهایی، نهادهای دولتی، سازمان های خصوصی و نهادهای قانونگذاری متفاوت می باشند. قوانین و مقررات، محرک اصلی است که رعایت مسائل زیست محیطی را به سازمان ها دیکته می کند. از طرف دیگر برخی سازمان ها این قوانین را به منظور افزایش سودآوری با درخواست های مشتریان اجرا می کنند (زو و همکاران، 2006). بازار و رقبا یکی از محرک های سازمان به سمت پذیرش مدیریت زنجیره تامین پایدار است. در تجارت جهانی امروز، رقابت میان سازمان ها بسیار شدید است و برای تحت تاثیر قرار دادن مشتریان، سازمان ها نیاز دارند خودشان را در موقعیت برتری نسبت به رقبا قرار دهند، دوستدار محیط زیست بودن و سازگاری با الزامات زیست محیطی و توجه به مسئولیت های اجتماعی سازمان راهی برای تمایز از سایر رقباست، در صورتی که رقبا از مدیریت زنجیره تامین پایدار بهره مند شده باشند، شرکت تحت فشار بیشتری برای استقرار مدیریت زنجیره تامین پایدار خواهد بود (جعفرنژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

پایداری در زنجیره تامین به عنوان بحثی جدید و بسیار تاثیرگذار چندی است که توجه محققین حوزه مدیریت زنجیره تامین را به خود معطوف ساخته است. امروزه لحاظ کردن مفهوم پایداری در طراحی شبکه زنجیره تأمین، با توجه به اثرات رو به رشد جمعیت جهانی و در نتیجه آن افزایش فعالیت های انسانی، به موضوع مهمی برای سازمان­ها، دولت­ها و مردم به ویژه دوستداران محیط زیست تبدیل شده است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۲). در ادبیات زنجیره­ی تأمین، مفاهیم مدیریت زنجیره­ی تأمین پایدار و مدیریت زنجیره­ی تأمین سبز[[5]](#footnote-5) معمولا به جای یک دیگر به کار می روند، این دو مفهوم کمی با یک دیگر فرق دارند. مدیریت زنجیره ی تأمین پایدار در برگیرنده­ی ابعاد اقتصادی، پایداری اجتماعی و زیست محیطی است. بنابراین مفهوم مدیریت زنجیره­ی تأمین پایدار وسیع­تر از مدیریت زنجیره­ی تأمین سبز است و مدیریت زنجیره­ ی تأمین سبز بخشی از مدیریت زنجیره­ی تأمین پایدار می­باشد. طی چند سال اخير ظهور فناوری ­های نوین و ایجاد تحولات عظیم در بازارهای جهانی، لزوم توجه به مدیریت زنجیره تامین پایدار را بیش از پیش ضروری ساخته است، به­طوری­که سازمان­های مختلف برای ایجاد، حفظ موقعیت و جایگاه رقابتی خود، ناگزیر به استفاده از تئوری های مدیریت زنجیره تأمین پایدار می باشند.

در بازارهای رقابتی، تنها راه غلبه بر رقبا در کاهش هزینه های عملیاتی و بهبود سطح خدمت، توجه هم زمان به ملاحظات اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی زنجیره تأمین است. به گفته پژوهشگران، ۸۰ درصد گازهای گلخانه ای و ۳۶ درصد گاز دی اکسید کربن منتشر شده در جو زمین به علت فعالیت های زنجیره تأمین است (نونس و همکاران[[6]](#footnote-6)، ۲۰۱۶)؛ بنابراین، سازمان ها از یک سو باید به سود دهی و مزیت رقابتی و از سوی دیگر به حداقل رساندن آثار محیطی و اجتماعی فعالیت هایشان توجه کنند(سينق[[7]](#footnote-7) و همکاران، ۲۰۱۹).

یکی از بزرگ ترین و پیچیده ترین بخش های صنعت جهان، زنجیره تأمین مواد غذایی است که نقش مهمی در رشد اقتصادی دارد. ویژگی های مواد غذایی، به ویژه طول عمر، بر سه معیار پایداری، تأثیر زیادی دارد. به مواد غذایی فساد پذیر با طول عمر محدود به علت حجم زیاد ضایعات، آثار مضر زیست محیطی و شرایط خاص نگهداری و حمل و نقل، توجه زیادی می شود. علاوه بر این، بدون توجه به نوع محصول تولید شده شرکت ها، جنبه اجتماعی پایداری، به ویژه در صنایعی که تولید با محوریت نیروی انسانی است، بسیار اهمیت دارد (سازور[[8]](#footnote-8) و سپهری[[9]](#footnote-9)، ۲۰۲۰). ساختار زنجیره تأمین محصولات فسادپذیر، پیچیده تر است و عدم قطعیت و آسیب پذیری بیشتری دارد(دنگ و همکاران[[10]](#footnote-10)، ۲۰۱۹). امروزه، نقش مهم مدیریت تولید و موجودی در زنجیره تأمین محصولات فساد پذیر به اثبات رسیده است. بهینه سازی فعالیت های مدیریت تولید و موجودی برای مدت زمان طولانی بدون توجه به آثار منفی احتمالی این فعالیت ها بر محیط و اجتماع، بر مبنای معیار اقتصادی بوده است. در دهه گذشته، علاقه مندی پژوهشگران به این موضوع افزایش یافته و چندین مسئله در این حوزه با ملاحظات محیطی بازبینی شده است (سباق نیا[[11]](#footnote-11) و طالعی زاده[[12]](#footnote-12)، ۲۰۲1). این مطالعات اندک، از نظر بعد محیطی، بیشتر بر انتشارات کربن تمرکز کرده اند و تخمین انتشار گازهای گلخانه ای و ضایعات در آنها به ندرت دیده می شود (والدراما و همکاران[[13]](#footnote-13)، ۲۰۲۰). همچنین، مطالعات اندکی به ارائه مدل کمی برای بهینه کردن تصمیم های تولید و موجودی با در نظر گرفتن جنبه اجتماعی پایداری توجه کرده اند(مانی[[14]](#footnote-14) و همکاران، ۲۰۲۰).

براساس اهداف توسعه پایدار، ابعاد اجتماعی پایداری، دربردارنده عدالت، سلامت، تحصیلات، زیرساخت ها و شرایط زندگی است که عدالت اجتماعی، حالتی از تساوی در شرایط، قوانین و فرصت های شغلی است(طالعی زاده و همکاران، ۲۰۱۸).

فرصت های شغلی ایجاد شده براساس نرخ بیکاری و استخدام نیروی کار اندازه گیری می شود که به ندرت در مدل های مدیریت تولید و موجودی در نظر گرفته شده است؛ بنابراین، انجام دادن پژوهشی برای بهینه کردن مسئله مدیریت تولید و موجودی و مسیریابی و مکانیابی محصولات فسادپذیر با معیارهای پایداری در زنجیره تأمین متمرکز چند سطحی و چند محصولی ضروری است. در تأیید این ادعا، چندین مطالعه، از جمله شمايله[[15]](#footnote-15) و همکاران (۲۰۱۹)، داروم[[16]](#footnote-16) و همکاران (۲۰۱۸) و تیواری[[17]](#footnote-17) و همکاران (۲۰۱۸) در پیشنهادهای خود بر انجام دادن چنین پژوهشی تأکید کرده اند. شمايله و همکاران (۲۰۱۹)، بهینه کردن استراتژی بازپرسازی برای یک شرکت را بررسی کردند که با تقاضای متغیر وابسته به زمان برای محصولات با حساسیت دمایی روبرو بود و کربن منتشر شده از فعالیت های حمل ونقل و ذخیره سازی را نیز در نظر گرفتند. در این پژوهش، سه مدل ریاضی، شامل به حداقل رساندن هزینه، به حداقل رساندن اثر کربن و مدل ترکیبی ارائه شده است که معیارهای اقتصادی و محیطی را ترکیب می کند. تیواری و همکاران (۲۰۱۸)، یک مدل مدیریت موجودی پایدار را با یک فروشنده و یک خریدار برای محصولات فسادپذیر ارائه دادند. هدف پژوهش، ارائه خط مشی برای تصمیم گیری درباره مقدار حمل و نقل و سطح موجودی برای حداقل سازی هزینه ها و آثار کربن بود. نتایج نشان داد مدل یکپارچه در کاهش هزینه و انتشارات کربن، کارا بوده است. یاوری[[18]](#footnote-18) و گرائیلی[[19]](#footnote-19) (۲۰۱۹)، یک زنجیره حلقه بسته برای محصولات فسادپذیر در صنایع لبنی با عدم قطعیت تقاضا طراحی کردند؛ سپس یک مدل برنامه ریزی خطی عددی صحیح مختلط برای کاهش هزینه های زیست محیطی و آلاینده ها و یک مدل استوار برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای مقابله با عدم قطعیت مسئله ارائه کردند. طراحی یک شبکه توزیع شامل سه مرحله زیر است: مسئله مکان یابی تخصيص، مسئله مسیریابی وسایل نقلیه و مسئله کنترل موجودی. مسائل مکان یابی موجودی مسیریابی از جمله مسائل پر کاربرد در طراحی شبکه های زنجیره تامین برای بهبود و کاهش هزینه ها و افزایش توان رقابتی می باشد. اینکه محصول از کدام مسیر و توسط چه مکانی برای انتقال به مقصد انتخاب شود و اینکه چه مقداری از محصول نگهداری شود، برای کاهش هزینه ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است، تا بدین وسیله کوتاه ترین و کم هزینه ترین مسیر و کمترین مقدار نگهداری موجودی برای ارسال و دریافت به موقع محصولات بدست آید.

مسئله مکانیابی- موجودي- مسیریابی[[20]](#footnote-20) از جمله مسائل پرکاربرد در طراحی شبکه هاي زنجیره تأمین براي بهبود و کاهش هزینه ها و افزایش توان رقابتی می باشد(احمدی[[21]](#footnote-21) و صدیقی[[22]](#footnote-22)،2012). اینکه محصول از کدام مسیر و به وسیله چه مکانی براي انتقال به مقصد انتخاب شود و اینکه چه مقداري از محصول نگهداري شود، براي کاهش هزینه ها از اهمیت ویژه اي برخوردار است تا به این وسیله، کوتاه ترین و کم هزینه ترین مسیر و کمترین مقدار نگهداري موجودي براي ارسال و دریافت به موقع محصولات به دست آید. این مسأله در زنجیره تأمین کالاهاي فسادپذیر به علت شرایط خاص محصول از اهمیت ویژه تري برخوردار است، زیرا علاوه بر هزینه از دست رفتن فروش به علت تأمین نشدن به موقع تقاضا، هزینه هاي ناشی از نگهداري محصول، افت کیفیت و فاسد شدن محصول را نیز متحمل خواهد شد(لی و موهینی[[23]](#footnote-23)، 2010). بنابراین مکان تسهیلات، فاصله بین آن ها و سیستم حمل و نقل اهمیت بیشتري پیدا می کند. انتخاب نامناسب براي مراکز توزیع باعث ایجاد مشکلاتی در مسیریابی وسایل نقلیه، حمل و نقل و همچنین حجم کار نامتعادل مراکز توزیع می شود. باتوجه به اینکه هزینه هاي موجودي به طور غیرقابل انکاري ارتباط مستقیم با موقعیت و محل قرارگیري تسهیلات دارند، انتخاب نامناسب مکان تسهیلات موجب افزایش هزینه هاي موجودي می شود. زمان تحویل کالا هم که به دلیل دوره عمر کوتاه این کالاها مهم ترین فاکتور در فرایند توزیع است، تحت تأثیر قرار می گیرد.

در واقع در نظر گرفتن تصمیم هاي مربوط به احداث، تخصیص، مسیریابی و مدیریت موجودي به صورت جداگانه، منجر به زیر بهینگی می شود، درحالی که ادغام سازي این تصمیم ها در طراحی یک زنجیره تأمین حلقه بسته می تواند کمک به سزایی به مدیریت یکپارچه زنجیره تأمین، کاهش هزینه‌ها ، افزایش پاسخگویی و سطح خدمت به مشتریان کرده باشد(یانگ[[24]](#footnote-24) و همکاران،(2013).

از این رو در این پژوهش مدیریت زنجیره تامین پایدار برای محصولات فاسد شدنی در یک مدل یکپارچه مکان یابی- موجودی- مسیریابی با در نظر گرفتن عدم قطعیت در پارامترهای تقاضا در حالت چند محصولی و چند دوره ای ارائه خواهد شد و برای بررسی اعتبار مدل، در شرکت دامداران(صنایع لبنی تین) کرج اجرا می شود که یکی از بزرگترین و معتبرترین شرکت های تولید کننده محصولات لبنی می باشد.

1-3- ضرورت انجام تحقیق

مسئله مکان یابی موجودی مسیریابی برای صنایعی که با مشتری نهایی مواجه هستند، مثل صنعت محصولات مصرفی، از اهمیت زیادی برخوردار است. در چنین صنایعی با توجه به رقابتی بودن بازار، وفاداری مشتری رابطه مستقیمی با قیمت محصول، دسترسی به موقع به محصول و کیفیت محصول نهایی خواهد داشت. به عبارت بهتر در این صنایع تقاضا به صورت فروش از دست رفته لحاظ می گردد، به همین علت یکی از نکاتی که تضمین کننده سود خواهد بود پاسخ گویی به موقع با بهترین کیفیت و کمترین هزینه به تقاضای مشتریان می باشد. در سال های اخیر محققانی به بررسی مسائل مکان یابی مسیریابی موجودی پرداخته اند. با این وجود همچنان نقاط بسیاری وجود دارد که از دید محققان دور مانده است. یکی از این موضوعات، در نظر گرفتن فرض فسادپذیری کالا در مدل مکان یابی موجودی مسیریابی در شبکه زنجیره تامین چند سطحی با در نظر گرفتن تقاضای احتمالی می باشد. امروزه پژوهشگران بسیاری به این نتیجه رسیده اند که لحاظ نمودن هم زمان مسائل مکان یابی تخصيص، مسیر یابی و تصمیمات موجودی در یک زنجیره تامین نقش بسزایی در کاهش هزینه های مربوطه خواهد داشت که باعث افزایش توان رقابتی خواهد بود.

همچنین پایداری در مدیریت زنجیره تأمین به یک الزام برای کسب و کارها تبدیل شده و توجه زیاد دانشگاهیان و صنایع را به خود جلب کرده است (آرمینتزی و مینیس[[25]](#footnote-25)، ۲۰۱۷). کوشش برای ادغام مسائل پایداری در مدیریت زنجیره تأمین به روش های مختلفی، از جمله زنجیره تأمین سبز و زنجیره تأمین پایدار انجام شده است که به دنبال توجه به مسائل اقتصادی، محیطی و اجتماعی در زنجیره تأمین است. مشارکت بخش های مختلف برای ایجاد ارزش افزوده برای مشتری، تعاملات برنده برنده برای همه اعضای زنجیره به وجود می آورد (محمد[[26]](#footnote-26) و همکاران، ۲۰۱۷). یکی از مسائل پر کاربرد در دنیای واقعی بحث فساد پذیر بودن کالا می باشد، تحقیقات بسیاری در این زمینه وجود دارد اما پژوهش های موجود تنها محدود به ارائه مدل های کنترل موجودی برای این دسته از کالاها می شوند و تعداد محدودی از پژوهش ها نیز مرتبط با مسیریابی موجودی در زنجیره های تامین کالاهای فساد پذیر می باشد. در این پژوهش سعی خواهد شد تا با بهره گیری از مدل های ریاضی و راه حل های پیشنهادی رویکردی مناسب برای حل این گونه مسائل ارائه شود. در زنجیره تأمین کالاهای فساد پذیر به علت شرایط خاص محصول، این مسئله از اهمیت ویژه تری برخوردار خواهد بود، زیرا علاوه بر هزینه ی از دست رفتن فروش به علت عدم تامین به موقع تقاضا، هزینه های ناشی از نگهداری محصول، افت کیفیت و فاسد شدن محصول را نیز متحمل خواهد شد. محصول فاسد شدنی یک چالش جدید به زنجیره تامین به خاطر محدودیت زمان نگهداری، وارد می کند. بعد از زمان مشخص شده محصول دیگر قابل استفاده نبوده و ارزشی برای فروش ندارد، به همین علت مقدار محصولی که به خرده فروشان داده می شود نیز با محدودیت ظرفیت نگهداری و زمان نگهداری مواجه می شود.

در این پژوهش مدلی برای یکپارچه سازی تصمیمات مکان یابی مسیریابی موجودی با هدف کاهش مجموع هزینه های ناشی از این تصمیمات در زنجیره های تامین چند سطحی کالاهای فساد پذیر با تقاضای احتمالی و در شرایطی که نرخ فساد پذیری وابسته به زمان باشد معرفی شده است. گرچه تابع هدف اصلی مسئله یک هدف اقتصادی است که در پی کمینه کردن مجموع هزینه هاست، ولی در کنار هدف اقتصادی، یک هدف زیست محیطی نیز در این مسئله اعمال می شود که بر اساس آن مجموع اثرات زیست محیطی کمینه می گردد. مفهوم سبز بودن را می توان در سه بخش، 1- تولید سبز به معنای تولید با اثرات زیست محیطي كمتر(کارخانه مناسب تر)، ۲- حمل و نقل سبز (وسایل نقلیه مناسب تر و مسیریابی صحیح) و ۳- نگهداری سبز(استفاده از تجهیزات مناسب تر در انبارهای مراکز توزیع برای نگهداری محصولات) بیان کرد. در این تحقيق علاوه بر کمینه سازی هزینه های زنجیره تامین محصولات فسادپذیر، کمینه کردن اثرات زیست محیطی و اجتماعی و اقتصادی که جنبه های زنجیره تامین پایدار می باشند در فعالیت های زنجیره نیز مورد توجه است و بنابراین باید مسئله به گونه ای مدلسازی و حل شود که ملاحظات زنجیره تامین پایدار نیز در آن اعمال گردد.

1-4- اهداف

1. تعیین مکان بهینه مراکز توزیع
2. تعیین مسیر بهینه برای مسیریابی وسایل نقلیه و انتقال کالاهای تولیدی.
3. حداقل کردن مجموع هزینه های زنجیره تامین شامل کمینه کردن هزینه کل؛ شامل هزینه های احداث انبارها، حمل و نقل و نگهداری موجودی
4. کمینه کردن هزینه مواد غذایی فاسد شده
5. کمینه کردن زمان تحویل محصولات
6. موازنه اهداف اقتصادی (کمینه سازی هزینه های زنجیره) و اهداف زیست محیطی (کمینه سازی اثرات زیست محیطی فعالیت های زنجیره) و اجتماعی.

1-5- سوالات

1-5-1- سوال اصلی

* مدل ریاضی چند هدفه برای مسئله مکان یابی- مسیریابی- موجودی محصولات فاسدشدنی در حالت چند محصولی و چند دوره ای با در نظر گرفتن عوامل پایداری به چه صورت است؟
* موازنه اهداف اقتصادی (کمینه سازی هزینه های زنجیره)، اهداف زیست محیطی (کمینه سازی اثرات زیست محیطی فعالیت های زنجیره) و اجتماعی به چه صورت است؟

1-6- سوالات فرعی

* مکان بهینه مراکز توزیع کدامند؟
* مسیر بهینه برای مسیریابی وسایل نقلیه و انتقال کالاهای تولیدی با در نظر گرفتن فسادپذیری محصولات کدام مسیر است؟
* حداقل مجموع هزینه های زنجیره تامین چه مقدار است؟
* در نظر گرفتن تقاضا به صورت چند محصولی و چند دوره ای در مدل چگونه خواهد بود؟
* وجود پنجره زمانی در توزیع محصولات چگونه خواهد بود؟
* عدم قطعیت در پارامترهای تقاضا چگونه در نظر گرفته خواهد شد؟

1-7- نواوری

با مرور ادبیات و پیشینه پژوهش اهمیت و کمبود تحقیقات صورت گرفته در زنجیره تامین پایدار کالاهای فساد پذیر مشخص است. از این رو در این پژوهش به ادغام دو مفهوم پایداری و فسادپذیری محصولات و بهینه سازی در تعیین مکان مراکز، تعیین مسیر انتقال مواد و کنترل موجودی محصولات فساد پذیر می پردازیم. همچنین در نظر گرفتن شرایط چند محصولی، چند دوره ای و وجود پنجره زمانی از نوآوری های دیگر این پژوهش خواهد بود. همچنن به منظور نزدیک شدن به شرایط دنیای واقعی عدم قطعیت در پارامترهای تقاضا لحاظ خواهد شد و مدل ارائه شده در یک شرکت توزیع محصولات لبنی پیاده سازی خواهد شد.

1-8- روش تحقیق

پژوهش حاضر از اولین پژوهش های کمی است که یک زنجیره تأمین متمرکز چندسطحی و چند محصولی- چند دوره ای با عدم قطعیت در پارامترهای تقاضا، هزینه های اقتصادی در صنعت محصولات لبنی ارائه داده و هزینه های زیست محیطی تولید و حمل و نقل و هزینه های اجتماعی پایداری مانند استخدام و ایجاد شغل و اخراج برای اشخاص و روزهای کاری از دست رفته را به طور همزمان با بعد اقتصادی در تصمیم گیری های مرتبط با مدیریت تولید و موجودی ترکیب خواهد شد. از آنجا که محصولات لبنی به طور گسترده در برنامه غذایی روزانه استفاده می شود و توزیع آن ها با ریسک همراه است(به علت اثر مستقیم بر سلامت جامعه)، تاریخ انقضای توزیع محصولات در مدل پیشنهادی در نظر گرفته شده است. به علت تقاضای زیاد این محصولات، زمان ارسال و سیاست صدور خروج به ترتیب ورود، اهمیت ویژه ای دارد که در مدل پیشنهادی لحاظ خواهد شد.

این تحقیق درصدد است تا با شناسایی مؤلفه ها و شاخص های اصلی مدیریت زنجیره تامین پایدار برای محصولات فاسد شدنی با در نظر گرفتن مدل مکان موجودی و مسیریابی به مطالعه موردی محصولات لبنی در شرکت دامداران بپردازد. به منظور حل مدل از روش های برنامه ریزی ریاضی استفاده خواهد شد.

تذكر: درخصوص تفكيك مراحل اجرايي تحقيق و توضيح آن، از به كار بردن عناوين كلي نظير، «گردآوري اطلاعات اوليه»، «تهيه نمونه‏هاي آزمون»، «انجام آزمايش‏ها» و غيره خودداري شده و لازم است در هر مورد توضيحات كامل در رابطه با منابع و مراكز تهيه داده‏ها و ملزومات، نوع فعاليت، مواد، روش‏ها، استانداردها، تجهيزات و مشخصات هر يك ارائه گردد.

1-9- روش جمع اوری اطلاعات

روش های گردآوری اطلاعات را به طور کلی می توان به دو طبقه تقسیم بندی کرد: اطلاعات کتابخانه ای و اطلاعات میدانی.

اطلاعات کتابخانه ای- آرشیوی: در تمامی تحقیقات علمی در بخشی از فرایند تحقیق یا با توجه به موضوع تحقیق که از حیث روش ماهیتاً کتابخانه ای است، مورد استفاده قرار می گیرند.

اطلاعات میدانی: به اطلاعاتی اطلاق می شود که محقق برای گردآوری آن ها ناگزیر است با واحد تحلیل یعنی افراد، سازمان ها و مانند آن ها ارتباط برقرار کند و اطلاعات مورد نیاز خود را جمع آوری نماید. اطلاعات مورد نظر از فرایندهای تولید و امکانات و داده های شرکت دامداران استفاده خواهد شد.

1-10- روش و ابزار تجزیه و تحلیل اطلاعات

در این پژوهش یک مسئله مکان یابی مسیریابی موجودی ارائه خواهد شد که حمل و نقل در همه سطوح آن به صورت مستقیم انجام می شود و فقط در سطح توزیع بین مرکز توزیع و مشتریان، مسیریابی وجود دارد. همچنین جریان محصول از تأمین کننده تا مشتری در نظر گرفته شده است. تولید کنندگان و مراکز توزیع از بین مکان های بالقوه در دسترس انتخاب می شوند و به عبارتی مکان یابی در این مراکز انجام می گیرد. مواد خام از تأمین کننده انتخابی به مراکز تولید انتقال داده شده و پس از تولید محصولات، به مراکز توزیع ارسال می گردند. سپس محصولات انبار شده در مراکز توزیع از طریق مسیریابی وسایل نقلیه به زیرمجموع هایی از مشتریان منتقل می شوند. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از برنامه ریزی ریاضی استفاده می شود.

فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه پژوهش

2-1- مقدمه

مکانیابی مراکز توزیع و مسیریابی وسایل نقلیه از چالش انگیزترین مسائل موجود در مدیریت زنجیره تأمین محسوب می شوند. این دو مسئله معمولا در دو فاز جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و حل می شوند. بررسی مجزای این دو مسئله، افزایش هزینه ها و مدت زمان برنامه ریزی را نتیجه می دهند. لذا مسئله مکانیابی مسیریابی با هدف مشخص نمودن همزمان تصمیمات مربوط به مکانیابی و مسیریابی در طراحی شبکه های توزیع زنجیره تأمین مطرح می شود (دوهامل و همکاران، 2010).

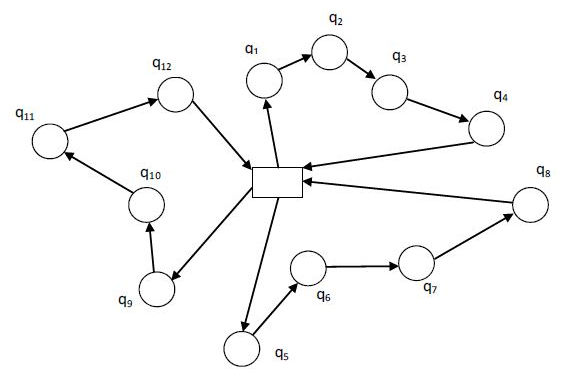
این مسئله بدین صورت تعریف می شود که تعدادی نقاط كاندید با مختصات مشخص برای استقرار مراکز توزیع وجود دارد. مکان و میزان تقاضای هر مشتری نیز مشخص است. هر مشتری به یک مرکز توزیع با ظرفیت محدود تخصیص یافته تا کالای مورد نیاز او تأمین گردد، کالای مورد نیاز مشتریان توسط وسایل نقلیه همگن با ظرفیت های محدود تأمین می گردد. هر وسیله ی نقلیه تنها به یک مرکز توزیع تخصیص می یابد. هر تور که از یک مرکز توزیع شروع و پس از چند مشتری با همان مرکز توزيع خاتمه می یابد، به یک وسیله نقلیه اختصاص می یابد. هزینه ثابتی برای استقرار هر مرکز توزیع در مکان کاندید و برای استفاده از وسیله نقلیه هر انبار در تابع هدف وجود دارد. همچنین هزینه مسیریابی نیز در تابع هدف لحاظ می شود. هدف این مسئله تعیین تعداد مراکز توزیع مستقر شده در نقاط كاندید و مسیرهای تخصیص یافته به هر مرکز توزیع است به گونه ای که مقدار تابع هدف کمینه شده و فرضیات زیر تأمین گردد:

تقاضای تمامی مشتریان برآورده شود، تقاضای هر مشتری تنها از یک مرکز توزیع که ظرفیت محدود دارد، تأمین گردد. هر مشتری تنها یک بار و تنها توسط یک وسیله نقلیه و به طور کامل سرویس دهی شود، مجموع میزان تقاضای تمامی مشتریانی که در یک تور قرار دارند، باید کمتر و یا مساوی ظرفیت وسیله تخصیص یافته به آن تور باشد و هر مسیر از یک مرکز توزیع شروع و به همان مرکز ختم شود (چائو و همکاران، 2019).

یکی از فرضیاتی که در ادبیات مسئله مکانیابی- مسیریابی مطرح شده است، فرض باز بودن تورها می باشد. با در نظر گرفتن این فرض مسئله جدید مکانیابی مسیریابی باز در این حوزه مطرح می شود، مسئله مکانیابی مسیریابی باز مانند مسئله مکانیابی- مسیریابی کلاسیک می باشد با این تفاوت که در این مسئله وسایل نقلیه پس از خدمت رسانی به آخرین مشتری به انبار باز نمی گردند. به عبارت دیگر تورها در این مسئله باز هستند(جعفری و سروستانی، 1396).

2-2- مسئله مسیریابی کلاسیک

به هر مسئله که به دنبال تولید یک تور یا مجموعه ای از تورها بر روی یک شبکه یا زیرشبکه با هدف بهینه ساختن یک یا چند تابع هدف باشد، مسئله مسیریابی گفته می شود. تمامی این مسائل یک حالت خاص از مسئله فروشنده دوره گرد به شمار می آیند. هدف از این مسئله، پیدا کردن کوتاهترین مسیری است که از مجموعه ای از شهرها(گره ها) عبور کرده، به گونه ای که هر شهر فقط يكبار ملاقات شود و سپس به شهر اولیه که حرکت را از آن شروع کرده است، برگردد. مسئله VRP نقش مهمی در زنجیره تأمین ایفا می کند، برای مثال در اولین مرحله از انتقال (مانند جمع آوری محصولات کشاورزی) و یا توزیع به مشتری در مرحله نهایی سیستم توزیع در مسئله مسیریابی وسایل نقلیه عموما بر اساس مفاهیم تئوری گراف مدل می شود. در این حالت گره های گراف بیانگر مشتریان و یال های آن بیانگر راه های موجود بین مشتریان است. هزینه به صورت زمان یا مسافت، متناسب با هر یال گراف تعریف می شود. بسته به اینکه مسیرها یک طرفه یا دو طرفه باشند یا هزینه سفر رفت و برگشت بین دو گره یکسان یا غیر یکسان باشد، گراف های جهت دار یا غیر جهت دار تعریف می شوند. به این ترتیب اگر بین هر دو مشتری امکان سفر رفت و برگشت با هزینه ی یكسان وجود داشته باشد، مسئله با تعریف گراف ساده غیر جهت دار مدل می شود. شکل( 2-3) نمایی از مسئله VRP را در حالت کلاسیک نشان می دهد. اجزای مسئله مسیریابی وسایل نقلیه را در حالت معمول می توان به مجموعه مشتریان، مجموعه وسایل نقلیه(خودروها، ناوگان حمل و نقل) و شبکه های جاده ای(مسیرها) تقسیم بندی کرد. هر یک از این اجزا خصوصیاتی دارند که به عنوان فرضیات مسأله و پارامترهای ورودی مد نظر قرار می گیرند(دوکانچی و همکاران، 2019).



شکل 2-1- نمایی از یک مساله VRP

معمول ترین و مهمترین هدف مسئله مسیریابی، حداقل کردن کل هزینه سیستم است. گاهی به جای حداقل کردن هزینه از حداقل کردن کل مسافت طی شده توسط وسایل نقلیه یا مجموع زمان استفاده از آن ها، در تابع هدف استفاده می شود.

2-3- مساله مکانیابی کلاسیک

از مسائلی که باید در مراحل اولیه طراحی سیستم های صنعتی مورد توجه قرار گیرد، مسئله مکانیابی و استقرار تسهیلات است. مکانیابی تسهیلات همواره اولین دغدغه در جهت احداث این اماکن بوده است، به همین دلیل مطالعات گسترده ای پیرامون مدل های مکانیابی و محدودیت های آن ها انجام گرفته است. به طور کلی مطالعات مکانیابی از اوایل قرن بیستم آغاز گردید اما از حدود ۱۹۹۰ به صورت جدی به آن پرداخته شد. مدل های مکانیابی را می توان در دو گروه پیوسته و گسسته طبقه بندی نمود. در مدل های پیوسته یک یا چند فعالیت در هر نقطه ای از محدوده می توانند قرار بگیرند در مقابل در مدل های گسسته تسهیلات می توانند در یک مجموعه نقاط که از قبل انتخاب شده اند قرار گیرند. آشکار است که مطالعه در یک فضای پیوسته دقت بیشتری در پی خواهد داشت اما با حجم بالای عملیات همراه بوده و نیازمند انبوهی از اطلاعات خواهد بود، مدل های گسسته این مشکلات را حل کرده و چنانچه تقسیم بندی ها، انتخاب نقاط کاندید و سایر مراحل آن ها با دقت صورت گیرد، دقت نتایج نیز در حد قابل قبول خواهد بود. در حالت پایه ای مسئله مکانیابی کلاسیک، ما به دنبال یافتن مکان یک وسیله جدید نسبت به تعدادی وسیله موجود هستیم. مکانی که به دنبال آن هستیم مکانی است که تابع هزینه ی کل را حداقل می کند، این هزینه متناسب با فاصله مکان وسایل موجود از مکان وسیله جدید است. فواصل می توانند به صورت متعامد، اقلیدسی، مربع اقلیدسی و با فاصله چبی شف در نظر گرفته شوند (علیزاده، 2017).

2-4- مکانیابی-مسیریابی (LRP)[[27]](#footnote-27)

مسئله مکانیابی مسیریابی، بطور اساسی مربوط به تصمیم های استراتژیک مکانیابی تسهیل است. مسائل مکانیابی مسیریابی، به منظور پیدا کردن مکان و تعداد مناسب تسهیلات و نیز مسیرهای توزیع و برنامه زمان بندی وسایل نقلیه، تعریف شده اند.

2-4-1- مسئله مکانیابی- مسیریابی؛ مفاهیم و تعاریف

مدل های مختلف مسائل مسیریابی مکانیابی در طی سالیان اخیر مطالعه شده است. اما مدل های کلاسیک همچنان جالب توجه بوده و شایسته توجه ویژه ای است. در ابتدا بسیاری از تحقیقات در مورد انبارهای بدون ظرفیت در مسائل مکانیابی مسیریابی بوده است. از زمان تحقیق ناگی و سالحی(2007) اغلب نویسندگان به مسئله مسیریابی مکانیابی با ظرفیت محدود در دپوها و وسایل نقلیه توجه داشته اند که به این نوع مسائل، مسائل مکانیابی مسیریابی دارای ظرفیت گفته می شود اما معدودی از تحقیقات همچنان با موارد ویژه ای با وسایل نقلیه بدون ظرفیت یا انبارهای بدون ظرفیت مواجه بوده اند. تمامی این مدل ها به فرموله سازی بخش مسیریابی وسیله نقلیه به عنوان یک مسئله مسیریابی گره قطعی توجه داشته اند(دولابی و سیفی،2013).

این مسئله در یک شبکه تک جهتی موزون کامل با ناوگان همگونی از وسایل نقلیه دارای ظرفیت محدود تعریف شده است که نمادهای آن به شرح ذیل است:

|  |  |
| --- | --- |
| V | : اندیس گره ها |
| I | : اندیس گره های انبار |
| J | : اندیس مشتریان |
| Oi | : هزینه گشایش انبار |
| Wi | : ظرفیت انبار |
| Dj | : تقاضای مشتری |
| K | : تعداد وسایل نقلیه موجود |
| Q | : ظرفیت هر وسیله نقلیه |
| F | : هزینه ثابت به ازای هر وسیله مورد استفاده |
| Cij | : هزینه سفر |

2-4-2- LRP و مدیریت لجستیک

طی چند دهه گذشته، مفهوم سیستم های یکپارچه لجستیکی، به عنوان یک فلسفه مدیریتی جدید، ظهور یافته است که هدف آن افزایش کارایی توزیع می باشد. چنین مفهومی، وابستگی بین مکانیابی تسهیلات، تخصیص مشتریان به تسهیلات و نیز ساختار مسير وسائل نقلیه را تعیین می کند. از لحاظ طراحی و اداره سیستم های لجستیکی، مکانیابی تسهیلات، مسئله مشترکی است که مدیران لجستیک با آن مواجه اند. در خیلی از محیط های لجستیکی، مدیران در پی اتخاذ تصمیماتی مانند مکانیابی تسهیلات، تخصیص مشتریان به هر ناحيه خدمت و طرح های حمل و نقل اتصال مشتریان می باشند.

2-4-3- طبقه بندی اولیه LRP

مسائل مکانیابی مسیریابی، تاکنون بر اساس جنبه های زیر طبقه بندی شده اند(مین و همکاران، (1998)):

* مراحل خدمت دهی
* طبیعت تقاضای عرضه
* تعداد تسهیلات
* اندازه ناوگان وسایل نقلیه
* ظرفیت تسهیلات
* لایه تسهیلات
* افق برنامه ریزی
* پنجره های زمانی
* تعداد اهداف
* نوع داده های مدل
* نوع تابع هدف

2-4-4- روش های حل LRP

د ر این بخش روش های حل LRP معرفی می شود

**روش های حل LRP**

**الگوریتم های دقیق**

**روش های ابتکاری و فراابتکاری**

الگوریتم شاخه و کران

برنامه ریزی پویا

روش های برنامه ریزی ریاضی

روش صرفه جویی اضافه کردن

روش بهبود /معاوضه

روش ابتدا مکانیابی -تخصیص و سپس مسیریابی

روش ابتدا مسیریابی و سپس مکانیابی -تخصيص

شکل 2-2- روش های حل LRP

2-4-5- مسائل مسیریابی مکانیابی چند پلکانی

سیستم های توزیع چند پلکانی گسترده می باشد. برای مثال شبکه می تواند متشکل از سه لایه با تصمیمات مکانی در لایه اول یا لایه دوم یا هر دو باشد. حجم زیادی از ادبیات به مدل های شبکه جریان هزینه حداقلی با حمل و نقل بار توجه دارد که در آن گره های انتقالی باید مکانیابی شود از آنجایی که این مسائل دارای هیچ مسیری نمی باشد در این تحقیق در نظر گرفته نمی شوند.

در مدل های مسیریابی مکانیابی واقعی با حمل و نقل بار کمتر، یک پرسش طبیعی به ذهن می آید چطور دپوها در حقیقت تامین می شوند. در کل آن ها به وسیله کارخانه ها یا دپوهای اصلی بازپرسازی می شوند باز هم مقادیر تثبیت شده کالاها در گره های منبع اغلب توجیه کننده حمل و نقل در بارهای کامل می باشد.

2-4-5-1- مسائل مکانیابی مسیر یابی دو پلکانی

مسائل مکانیابی مسیر یابی دو پلکانی و متغیرهای آن دارای مسائل بهینه سازی سختی می باشند که به ندرت بررسی می شوند. تنها کارهای پیش از سال 2009 شامل کار جاکوبسن و مدسن(1980) و مدسن (1983) می شود و آنها شامل مضمون توزیع روزنامه ها می شوند. برخی نویسندگان به بررسی مسائل مسیریابی و مکانیابی دو پلکانی پرداخته و تاثیر مکان ماهواره را بررسی کرده اند اما بدون تصمیمات مکان در فرایند بهینه سازی این تحقیق عمل نموده اند(تادی،2012).

اولین کار در مورد مکانیابی مسیر یابی دو پلکانی بعد از کار مدسن به وسیله لین و لی (2009) مطرح شد مدل آنها شامل یک مجموعه از کارخانه و یک مجموعه از مشتریان بزرگ و یک مجموعه از مشتریان کوچک می شد. هدف یافتن انبارهای ماهواره بدون ظرفیت، تعیین زیر مجموعه مشتریان بزرگ در سطح مسیریابی و ایجاد مسیرهایی برای هر دو سطح می شد. لین و لی (2009) یک الگوریتم ژنتیک را پیشنهاد کردند که در آن یک کروموزم صرفا ماهواره های آزاد را تعیین کرده و مشتریان بزرگ در سطح اول خدمت رسانی می شوند. برای رمزگشایی یک نمایش حل و یک راه حل با مسیرهایی برای هر دو سطح و یک متاهیورستیک مسیر یابی مبتنی بر خوشه و پس از آن یک جستجوی محلی اجرا گردید. این متاهیورستیک با سطوح دوم آغاز می شود تا آگاه از مقدار کل منتقل شده به وسیله هر ماهواره باشد که به یک تقاضا در سطح اول تبدیل می شود.

نگوین و همکاران(2012) به مسئله مکانیابی مسیر یابی دو پلکانی با یک دپوی مرکزی و یک مجموعه از ماهواره دارای ظرفیت محدود و هزینه عملیاتی توجه کردند. برخلاف لین و لی(2009) هیچ مصرف کننده ای در اولین پلکان مورد خدمت رسانی واقع نشد اما نویسندگان نشان دادند که چطور این محدودیت با قرار دادن یک ماهواره مجازی در یک مکان به عنوان کارخانه مرتفع شود. متاهیورستیک پیشنهادی در واقع یک حلقه متبادل مدور بین دو رویه بود. اولین مرحله به عنوان مرحله تنوع بخشی هر دپو را باز می کرد و هر یک از تکرارهای آن سه هیورستیک متوالی را به صورت تصادفی اجرا کرده و الگوریتم همسایگی را اعمال می کرد.

2-4-6- مسائل مرتبط با دپوهای متحرک

دو مسئله جالب توجه در موقعیت مسیریابی مد نظر می باشند ابتدا تحقیق آمایا و همکاران(2007) که مسئله مسیریابی آرک دارا ظرفیت را با نقاط بازپرسازی مد نظر داشت و از نقطه نظر دپوی مرکزی یک مجموعه از علائم مسیر باید توسط وسیله نقلیه خدمت رسان مشخص شود. وسیله نقلیه بازپرسازی کننده پس از هر قرار به دپو باز می گردد. هدف تعیین تور برای وسیله نقلیه خدماتی به منظور حداقل سازی مسافت می باشد. یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح پیشنهاد می شود روش حل در شبکه های هدایت شده با 20 تا 70 ند و 50 الی 595 آرک تست گردید بیشتر مثال ها برای بهینگی حل شده و شکاف حداکثر متجاوز از 4 درصد نشد. مثال ها با شبکه های ترکیبی دشوار تر می باشد که شکاف به 10 درصد می رسد.

دومین تحقیق در این حوزه تحقیق دل پیا و فیلیپی(2006) می باشد که به مسئله جمع آوری زباله با دو نوع کامیون با عنوان ماهواره و کامپکتور توجه دارد. بزرگترین کامیون ها نمی توانند به مرکز شهر با خیابان های باریک دسترسی یابند. هر ماهواره می تواند به هر خیابان خدمت رسانی کند اما بخش زباله به سرعت پر می شود. جایگاه زباله از مرکز شهر دور است و مواجهه بین یک ماهواره و یک کامپکتور سازماندهی می شود. ماهواره زباله را به کامپکتور برای اجتناب از سفر به جایگاه منتقل می کند لذا کامپکتور ها می توانند به صورت دپوهای سیار دیده شوند و ارائه گر یک مسئله با عنوان مسئله مسیریابی آرک دارای ظرفیت با دپوهای سیار می باشد. روش حل یک VND می باشد که در آن مسیرهای ماهواره شاید ظرفیت وسیله نقلیه را پس از حرکت نقض نماید اما توجیه پذیری به وسیله الحاق کمترین هزینه گره مواجهه احیا می شود.

7-4-2- مسائل مکانیابی با توابع هدف چندگانه

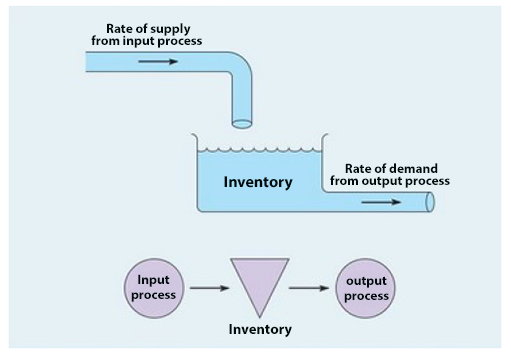
در مسائل مکانیابی مسیر یابی تابع هدف حداقل سازی شامل هزینه ثابت دپوهای باز و هزینه مسیرها می شود. حوزه های کاربرد نظیر امحای مواد پر خطر یا لجستیک اضطراری موارد جالب توجهی می باشند که در تحقیقات مختلف مد نظر قرار گرفته اند.

تحقیقات بسیاری در خصوص مکانیابی تسهیلات نامطلوب صورت گرفته است در کل هدف این مدل ها حداقل سازی جمع وزنی می باشد که شامل هزینه حمل و نقل و معیار ریسک می باشد که نقش آن اجتناب یا کاهش قرار گرفتن این مکان ها در مجاورت با مردم می باشد. در واقع مشاهده می شود که کلیدواژه مسیریابی و مکانیابی تقریبا همیشه نشانگر مسائل بدون مسیرهای واقعی در مقالات مربوطه می باشد. در واقع بیشتر مقالات به حجم زیاد اتلاف توجه دارد که دلالت بر حمل و نقل بار دارد مثال بارز این نوع مسئله در کار ژی و همکاران(2012) مشهود است.

کابالارو و همکاران(2007) به مطالعه مسئله مسیریابی مکانیابی برای یافتن تعداد معینی از کارخانه برای مدفوع حیوانی جامد تولید شده به وسیله کشتارگاه ها می پردازند. مسئله در واقع یک مسئله چند هدفه مکانیابی مسیریابی با وسایل نقلیه دارای ظرفیت، محدودیت مسافت حداکثری و دپوهای بدون ظرفیت با هزینه افتتاح می باشد. اهدافی که به دنبال حداقل سازی آن در تحقیق اولیه در خصوص تسهیلات نامطلوب در تحقیق کابالارو و همکاران(2007) می باشند هزینه کل مسیرها، هزینه گشایش کل کارگاه های انتخابی معیار رد اجتماعی بر اساس تعداد ساکنین در شهرها و معیار برابری و معیار رد اجتماعی با در نظر گرفتن مسافت بین کارگاه ها و شهرها می باشد.

2-5- موجودی؛ تعاریف و مفاهیم

اسلک(2011) تعریف اولیه از موجودی را اینگونه ارائه می کند: انباشت ذخیره منابع در یک سیستم دگرگونساز. ایده اولیه برای موجودی ارائه انعطاف پذیری برای یک سیستم و حفاظت از سیستم در برابر وقایعی نظیر خالی شدن انبار می باشد. ظرفیت موجودی برای هر محصول یا قطعه به وسیله تقاضا، زمان تحویل و قیمت قطعه تعریف می شود. با ایجاد توازن بین نرخ عرضه و تقاضا، ظرفیت بهینه موجودی قابل دستیابی است. اگر نرخ عرضه بیش از نرخ تقاضا باشد موجودی از نظر ظرفیت افزایش می یابد همچنین اگر نرخ تقاضا بیش از عرضه باشد ظرفیت موجودی کاهش می یابد. شکل گیری موجودی در شکل ذیل نشان داده ی شود.



شکل 2-3- شکل گیری موجودی

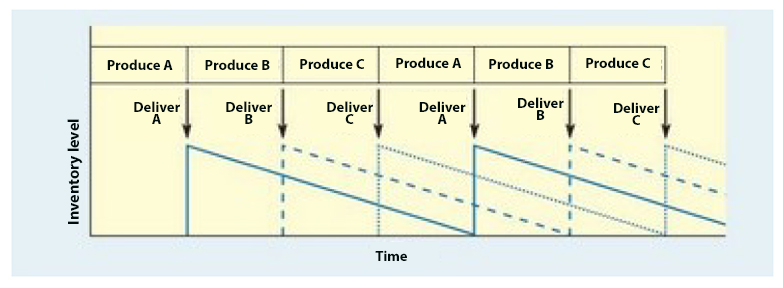
همانطور که در شکل فوق مشاهده می شود ظرفیت بهینه موجودی با ایجاد توازن بین نرخ عرضه و تقاضا محقق می شود اما به این اندازه ساده نیست زیرا انواع متفاوتی از موجودی وجود دارند که برای موقعیت ها و فرایندهای خاص طراحی می شوند.

2-5-1- موجودی ایمن

موجودی ایمن که به عنوان موجودی بافر نیز تعیین می شود برای واکنش به وقایع غیر منتظره عرضه و تقاضا طراحی می شود. این موجودی معمولا در سیستم هایی به کار می رود که نمی توانند به پیش بینی تقاضای وارده به شکل دقیق بپردازند. این امر باعث می شود که قطعات یا محصولات با ظرفیت معین در دسترس باشند که می تواند در زمانی که رویدادی غیر منتظره در تقاضا یا عرضه رخ می دهد استفاده شود(اسلک،2011).

2-5-2- موجودی چرخشی

موجودی چرخشی زمانی اعمال می شود که ظرفیت تولید و موجودی نتواند با تقاضا منطبق شود. این اساسا به آن معناست که تغییرات مختلف در محصولات یکبار در چرخه ها صورت گرفته و زمانی که یک محصول در انبار تخلیه می شود تولید آن آغاز می گردد. ایده اولیه موجودی چرخشی در شکل ذیل ارائه می گردد(اسلک،2011).



شکل 2-4- مدل موجودی چرخشی اولیه

2-5-3- موجودی انفصالی

موجودی انفصالی در چیدمان های فرایندی رخ می دهد که در آن هر بخش تولید یک صف را تشکیل می دهد. هر بخش دارای نرخ تولید خاص خود است و محصولات را برای موجودی انفصالی بخش خود تولید می کند. محصولات در موجودی باید منتظر مرحله بعدی فرایند تولید بمانند. این هر بخش فرایند را قادر به کار مستقل و تحقق بالاترین کارائی ممکن صرفه نظر از سرعت تولید بخش دیگر می نماید(اسلک،2011).

2-5-4- موجودی مورد انتظار

موجودی مورد انتظار برای مثلا کالاهای فصلی استفاده می شود. هر زمان تغییر زیادی در تقاضا وجود داشته باشد محصولات با سرعت ثابت تولید می شوند. وقتی که تقاضا پائین باشد موجودی رشد می یابد(اسلک،2011).

2-5-5- مدیریت موجودی ایمن

در بسیاری از صنایع حداقل نگه داشتن موجودی یا حتی اجتناب از حفظ موجودی مطابق با فلسفه تولید ناب پیشنهاد می شود. با انجام این کار کـاهش سرمـایه در ارتباط با موجودی ممکن بوده و ارائه گر انعطاف پذیری مالی برای شرکت می باشد. موجودی همیشه بر اساس پیش بینی تقاضا می باشد که می تواند دچار شکست شود بنابراین منجر به عرضه مازاد می گردد. اما این منوط به محیط صنعت و تغییر پذیری محصول است. به علاوه به منظور ایجاد رضایت و بهبود تصویر بین مشتریان داشتن یک موجودی بافر توصیه می شود که این امر ارائه گر انعطاف پذیری در تحویل محصول و وقایع غیر منتظره می شود.

مطابق با کراپ(1997) ارزیابی حجم موجودی ایمن مناسب با عوامل معین میسر می باشد.

2-5-6- هزینه موجودی

زمانی که بخواهیم هزینه موجودی را در کنار هزینه های مواد محاسبه کنیم انواع متفاوت تری از هزینه به وجود می آید که باید مد نظر قرار گیرند. 5 نوع هزینه موجودی اصلی وجود دارد که شامل موارد ذیل است:

* سرمایه کاری
* کهنگی
* هزینه سفارش
* هزینه عملیاتی
* هزینه خالی شدن انبار

این هزینه ها در طی مرحله برنامه ریزی موجودی مد نظر قرار می گیرند.

2-5-6-1- سرمایه درگردش

سرمایه در گردش یا کاری معمولا مهمترین هزینه می باشد. سرمایه کاری به این معناست که در زمان سفارش محصول برای ذخیره سازی تولید باید درآمد آن را پیش از ارسال کالا دریافت کند اما اقلام ذخیره حجم معینی از زمان را صرف موجودی می کنند پیش از آنکه به مشتری فروخته شوند. در طی زمان بین پرداخت مبلغ به تولید کننده و دریافت پول از مشتری شرکت باید خود این اقلام را تامین مالی نماید. این سرمایه در گردش نامیده شده و هزینه آن می تواند به صورت بهره یک بانک که برای پول قرض گرفته شده پرداخت می شود در نظر گرفته شود.

2-5-6-2- کهنگی

در زمانی که محصولات یا قطعاتی حجم معینی از زمان را در انبار سپری کرده باشند این احتمال وجود دارد که محصولات جای خود را به یک محصول جدید داده و مدل های قدیمی منسوخ شود. وقتی چنین رخدادی رخ دهد ارزش کالای ذخیره شده افت می کند یا در بدترین سناریو بی ارزش می شود. این هزینه، هزینه کهنگی یا منسوخ شدن نامیده می شود.

2-5-6-3- هزینه سفارش

هر زمان که محصولی یک کالای ذخیره شده در انبار تلقی شود از لحظه ارسال سفارش به تولید کننده تا لحظه دریافت کالا هزینه های عملیاتی وجود دارد. برای مثال تمامی اسناد خرید، آماده سازی و چیدمان های لجستیکی هزینه هستند که بخشی از هزینه سفارش دهی قلمداد می شوند.

2-5-6-4- هزینه های عملیاتی

در کنار این هزینه های مورد بحث، انبار فیزیکی نیازمند پول است تا فعال بماند. یک انبار نیازمند ویژگی انبار است یعنی نیروی انسانی،گرمایش، نور و ابزار. به علاوه موجودی می بایست تضمین و بیمه شده و هزینه بیمه به وسیله ارزش کل موجودی و شرایط محیطی تعیین می شود. این امر می تواند به صورت هزینه انبار در نظر گرفته شود.

2-5-6-5- هزینه خالی شدن انبار

هزینه خالی شدن انبار از محصول، هزینه ای است که ناشی از یک موجودی با برنامه ریزی مناسب می باشد وقتی که موجودی خالی باشد تقاضا وجود دارد. دو نوع هزینه خالی ماندن موجودی وجود دارد هزینه داخلی و هزینه خارجی. در تخلیه انبار به شکل داخلی که برای موجودی در حال انفصال رخ می دهد هزینه ها ناشی از ناکارائی تولید می باشد. وقتی که فرایند های قبلی نتواند به سرعت فرایندهای بعدی را پردازش کند تخلیه انبار به شکل داخلی رخ می دهد. تخلیه انبار بیرونی زمانی رخ می دهد که شرکت نتواند عرضه به مشتریان را انجام داده و لذا مشتریان شرکت دیگری را انتخاب نمایند.

اما در زمان سفارش کالا از تولید کننده مقدار معمولا بیش از سفارشات عادی بوده و زمانبندی خیلی سخت گیرانه نیست. تولید کنندگان معمولا تخفیف را در این موارد ارائه کرده و محصولات با قیمتی کمتر از حالت عادی خریداری می شوند.

2-6- زنجیره تامین کالای فساد پذیر

محصولات فسادپذیر به عنوان محصولاتی تعریف می­شوند که کیفیت آن ها در طی زمان به زوال می­رود (کاراسمان و همکاران،2011). محصولاتی نظیر میوه­ها، سبزیجات، گوشت، محصولات لبنی، خون انسان. برخی داروها نیز می­توانند به عنوان محصولات فسادپذیر تلقی شوند. آسیب پذیری محصولات در طی زمان متفاوت می­باشد؛ برخی بیشتر در معرض آلایندگی ناشی از بیماری و آسیب از هوای غیرقابل پیش بینی قرار می­گیرند که این امر باعث می­شود تضمین استانداردهای کیفی و در دسترس بودن محصول دشوار شود(لوزیانترو و همکاران،2018). مدیریت زنجیره تامین محصولات فسادپذیر به علت عدم قطعیت تقاضا، متغیر بودن عمر قفسه کوتاه و نرخ بالای زوال به شکل ویژه پیچیده است که این امر مستلزم شرایط ذخیره ویژه برای کند شدن نرخ زوال می­باشد. ذخیره سازی محصولات فسادپذیر برای مدت طولانی بدون تسهیلات ذخیره سازی مناسب تاثیر نامطلوبی بر کیفیت و ایمنی این محصولات برجا گذاشته و در برخی موارد آن ها را برای مصرف انسان مضر می­سازد. معمولا محصولات فاسد شده دیگر قابل بازیافت و استفاده نبوده و با پیامدهای محیط زیستی و هزینه­ای به زباله مبدل می­شوند (کایپیا و همکاران،2013). این امر منجر شد که در سال 1989 ترتبال پیشنهاد دهد که مدیریت محصولات فسادپذیر مستلزم یک زنجیره تامین هماهنگ برای حفظ کیفیت بالا و سطح خدمت مشتری در محیطی با عمر قفسه کوتاه می­باشد.

2-6-1- مشخصه های مدل زنجیره تامین کالای فساد پذیر

یک مدل مدیریت زنجیره تامین، تعیین کننده زمان و کیفیت برای بازپرسازی می­باشد. محصولات فسادپذیر معمولا از یکی از چهار خط مشی بازپرسازی استفاده می­کنند.

مشخصه های مدل زنجیره تامین کالای فساد پذیر

شکل 2-5- مشخصه های مدل زنجیره تامین کالای فساد پذیر

2-6-2- انواع زوال پذیری

در این بخش دو نوع زوال پذیری عمده تشریح می شود که در ذیل به آن ها اشاره می شود:

1. اقلام با عمر قفسه­ای ثابت مانند خون انسان
2. اقلام فوق شامل کالاهایی می شوند که در یک زمان ثابت و مشخص دچار فساد شده و اصطلاحا به صورت ثابت به زوال می روند.
3. اقلامی که به صورت پیوسته زایل می شود یا به عبارت دیگر دارای طول عمر تصادفی است، مانند مواد رادیواکتیویته.

به بیان دیگر عمر اقلامی که دارای طول عمر ثابت می­باشند از پیش معلوم بوده و مستقل از همه پارامترهای سیستم است. فرض بر این است که کارایی این اقلام قبل از تاریخ انقضا همانند می­باشد. در مقابل طول عمر اقلام با طول عمر تصادفی متغیری تصادفی با توزیع احتمال مشخص است.

کالاهای مد و مسئله پسر روزنامه فروش با کالاهایی که دارای عمر قفسه­ای ثابت می­باشند متفاوت است و تفاوت آن در این است که منسوخ شدن کالای مد یا مسئله پسر روزنامه به دلیل محدودیت در افق برنامه­ریزی بوده ولی اقلام دارای عمر قفسه­ای ثابت پس از یک مدت زمان مشخص فاسد خواهند شد.

2-6-3- تفاوت زوال و منسوخ شدن کالاها

اقلامی که در طول زمان به دلایلی مانند تغییر سریع تکنولوژی که منجر به معرفی محصول جدید توسط رقیب می­گردد منسوخ می­شوند. بدین منظور کالاهایی که به جهت تغییر مد با کاهش شدید قیمت روبرو هستند و یا در پایان فصل جمع­آوری می­شوند جز این دسته از اقلام قرار می­گیرند.

زوال عبارت است از آسیب دیدن، فاسد شدن، خشک شدن، تبخیر شدن و موارد این چنینی که محصولات دچار آن می شوند.

گویال و گیری (2001) مدلی را برای تقسیم بندی اقلام زوال پذیر ارائه داده اند که می تواند در شکل ذیل نمایش داده شود.

دسته ای از این محصولات مانند مواد غذایی، سبزیجات، خون انسان و فیلم عکاسی را که دارای حداکثر عمر قابل مصرف می باشند.

محصولات فاسد شدنی

گروهی از محصولات مانند الكل، بنزین و مواد رادیواکتیویته که دارای عمر قفسه­ای نمی باشد. این دسته از اقلام را محصولات زوال پذیر (تباه شدنی) می نامند.

محصولات زوال پذیر یا تباه شدنی

محصولاتی که عمر قفسه­ای نامحدود دارند و بنابراین به عنوان محصولات منسوخ نشدنی یا زوال ناپذیر شناخته می شود.

محصولات زوال نا پذیر

شکل 2-6- تقسیم بندی اقلام زوال پذیر بر اساس مدل گویا و گیری(2001)

قبل از گویا و گیری(2001) رافت(1991) تقسیم بندی را با توجه به ارزش و کارائی اقلام در طی زمان ارائه می دهد که در شکل ذیل نشان داده شده است.

**تقسیم بندی رافت(1991) با توجه به ارزش و کارائی اقلام در طی زمان**

**کالاهای زوال پذیر با کارایی ثابت که با زائل شدن، ارزش آن تغییر چندانی در طی عمر قابل مصرف نخواهد کرد. به عنوان مثال می توان از داروها نام برد.**

**کالاهای زوال پذیر با کارآیی کاهشی(نزولی) که از ارزش این اقلام در طول عمرش کاسته می شود. محصولات تازه و میوه ها از این دسته اند.**

**زوال پذیر با کارایی افزایشی (صعودی) که ارزش این اقلام با گذشت زمان افزایش می یابد. برای مثال می توان به برخی از اشیاء عتیقه اشاره کرد.**

شکل 2-7- تقسیم بندی رافت(1991) با توجه به ارزش و کارائی اقلام در طی زمان

2-6-4- اقلام فاسد شدنی

فساد به هر فرآیندی گفته می­شود که مانعی برای استفاده از شکل اولیه و اصلی اقلام باشد؛ مانند فاسد شدن مواد غذایی، میوه­ها و سبزیجات. در ادامه انواع فساد برای کالاها ارائه می شود.

شکل 2-8- انواع فساد

2-6-5- نرخ فساد

در ادبیات با درنظر گرفتن طبیعت مواد و نرخ فاسد شدن آن در جهان واقعی نرخ فساد به دو شکل زیر در نظر گرفته می­شود:

**نرخ فساد**

نرخ فساد ثابت

نرخ فساد متغیر

شکل 2-9- نرخ فساد

2-7- پایداری در زنجیره تامین

مدیریت زنجیره تامین پایدار به عنوان ظهور عصر جدیدی مطرح می شود که شامل عملکرد زیست محیطی، عملکرد اجتماعی یا اقتصادی یا آنچه که به عنوان تلاقی این سه حوزه از توسعه پایدار می شود می باشد. مدیریت زنجیره تامین پایدار می تواند به چند روش تعریف شود که معدودی از تعاریف به منظور داشتن فهمی بهتر از پایداری در خصوص زنجیره تامین به بحث گذاشته شده اند. سئورینگ و مولر(2008) مدیریت زنجیره تامین پایدار را به صورت مدیریت جریانات سرمایه، اطلاعات و مواد همچنین همکاری بین شرکت ها در زنجیره تامین در حین تحقق اهداف از هر سه بعد توسعه پایدار تعریف می کند. کارتر و راجرز(2008) مدیریت زنجیره تامین را به صورت ترکیب شفاف و استراتژیک و تحقق اهداف اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی یک سازمان در هماهنگی سیستماتیک فرایندهای کسب و کار میان سازمانی برای بهبود عملکرد اقتصادی بلندمدت شرکت و زنجیره های تامین آن تعریف شده است. آهی و سیرسی(2013) مدیریت زنجیره تامین پایدار را به عنوان خلق زنجیره های تامین هماهنگ از طریق ترکیب ارادی ملاحظات اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی با سیستم های کسب و کار میان سازمانی کلیدی طراحی شده برای مدیریت اثربخش و کارای جریانات سرمایه، اطلاعاتی و مواد مرتبط با توزیع، تولید و تدارکات محصولات و خدمات در جهت تحقق ضروریات ذینفعان و بهبود سودآوری، رقابت و تاب آوری سازمانی در بلندمدت و کوتاه مدت تعریف می کند.

تقاضای مصرف کننده و پیچیدگی مولفه های محصول منجر به رقابت شدید بین سازمان ها به علاوه رقابت جهانی شده است. مدیریت زنجیره تامین پایدار ارائه گر فرصتی برای سازمان ها جهت تمایز آن ها از رقیب بوده و لذا ارائه گر یک مزیت رقابتی در بازار می باشد(خداکرمی و همکاران،2015). بسیاری از سازمان ها قبلا توسعه سطح معینی از تعهد نسبت به عملیات پایداری را برای پایدار ساختن زنجیره تامین خود آغاز کرده اند. محصولات محیط پسند و روش های تولید پاک جهت حمایت از توسعه پایدار دنبال می شود(ژی ،2016). همچنین تئوری پایداری سازمان را به سمت جای دادن انواع مختلف عملیات نظیر بازگشت محصول به تولید کننده در انتهای عمر هدایت می کند. و ارائه گر شرایط کاری ، پاداش عادلانه و حقوق انسانی برابر و تنوع فرهنگی می باشد(راجاک و ویندو،2015).

لذا تغییر از مدیریت زنجیره تامین به مدیریت زنجیره تامین پایدار موجد فشاری عمده بر سازمان ها جهت اصلاح زنجیره های تامین موجود برای تحقق نیازهای پایداری می باشد(شرتل و همکاران،2014). سازمان از مدیریت زنجیره تامین پایدار جهت تضمین مزایای بلندمدت و رقابت به وسیله محاسبه فعالیت های مسئولانه اجتماعی و زیست محیطی در زنجیره تامین حمایت می کند(آهی و سیری،2013). پیاده سازی عملیات مدیریت زنجیره تامین پایدار باعث افزایش کارائی انرژی و مواد و ابتکار می باشد و عملکرد اقتصادی سازمان ها را ارتقا داده و باعث ایجاد یک شهرت یکپارچه برند در بازار می شود(زیلانیو همکاران،2012). بسیاری از تحقیقات در گذشته اجرا شده اند که صرفه جوئی در هزینه و انرژی را به علت اتخاذ پایداری در زنجیره تامین صنعتی اجرا شده است. وانس و همکاران(2015) بررسی می کنند که جدا از نقطه نظر اکولوژیک کاهش هزینه تا 17 درصد می تواند با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در مقایسه با برق استفاده شده از گاز طبیعی یا شبکه حاصل شود. بویلاکوا و همکاران(2014) تاثیر بر محیط زیست را در زنجیره تامین پنبه تحلیل کرده و شناسائی می کند که استفاده از تکنیک های بهینه سازی انرژی در طی تولید منجر به کاهش در نشر دی اکسید کربن تا 5/31 درصد شده و باعث کاهش مصرف انرژی تا 5 درصد می گردد. لی و وو(2014) ترکیبی از مفاهیم پایداری در لجستیک و مدیریت زنجیره تامین را صورت داده و استفاده از وسایل نقلیه با بهره وری بالا را در طی حمل و نقل در حین کاهش هزینه حمل و نقل تا 5/33 درصد پیشنهاد می کنند.

در جهان رقابت مدیریت زنجیره تامین پایدار صرفا یک مفهوم نیست بلکه یک سلاح استراتژیک است که باعث بهبود اثربخشی یکپارچه از نظر عملکرد محیطی و اجتماعی شده و منجر به افزایش سودآوری می گردد(تسنگ و همکاران،2015). در خصوص مزایای متعدد اتخاذ عملیات پایدار در زنجیره تامین این یک واقعیت است که سازمان خود را از کاربرد پایداری منفک نمی کند بلکه توسعه منافع فزاینده را در مدیریت زنجیره پایدار آغاز می کند. مفاهیم پایداری مرتبط با مدیریت زنجیره تامین از طریق چشم اندازهای مختلف با استفاده از شرایط بسیار تبیین می شود. برای مثال مدیریت زنجیره تامین سبز، پایداری زیست محیطی و زنجیره تامین حلقه بسته لجستیک معکوس و پایداری اجتماعی جز این مفاهیم هستند.

2-8- پیشینه تحقیق

حسینی نسب و صدیقی(1394) در پژوهشی با عنوان " توسعه مدل یکپارچه برای بررسی همزمان مکان یابی مسیریابی وسائل حمل و نقل و کنترل موجودی در یک زنجیره تأمین دو رده ای" به ارائه مدلی پرداختند که در آن تنها یک محصول بین خرده فروش ها توزیع می شود، ظرفیت مراکز توزیع اصلی و جزیی، مقادیری قطعی و محدود هستند، ظرفیت وسایل نقلیه یکسان و دارای مقادیری قطعی و محدود هستند، ناوگان حمل و نقل یکسان فرض شده است، تقاضای خرده فروش ها، قطعی و معین است و شکستن آن بین چند مرکز توزیع جزیی مجاز نیست. تقاضای خرده فروش ها مستقل از یکدیگر است. در این مدل، دوره تدارک مجدد موجودی برای خرده فروش هایی که در یک مسیر قرار دارند یکسان است. حداکثر طول مسیر به دلایلی مثل نوع کالای در حال تحویل و یا قوانین کار، به میزان مشخصی محدود است، هر خرده فروش تنها توسط یک وسیله نقلیه سرویس دهی می شود، تقاضای کل هر مسیر باید کمتر یا مساوی ظرفیت وسیله نقلیه باشد، هر مسیر از یک مرکز توزیع شروع می شود و در همان مرکز توزیع پایان می پذیرد، هزینه و زمان بار کردن و تخلیه وسایل نقلیه در نظر گرفته نشده است همچنین کمبود موجودی در مراکز توزیع و خرده فروش ها مجاز نیست و هیچ گونه نقل و انتقال موجودی بین مراکز توزیع و یا بین خرده فروش ها امکان پذیر نیست.

دهقان(1394) در پژوهشی با عنوان" ترکیب مکان یابی و مسیریابی و موجودی در طراحی شبکه های زنجیره تامین سبز "به ارائه مدلی پرداخته اند که در آن تقاضای هر مشتری غیر قطعی است و از توابع توزیع نرمال پیروی می کند، تقاضای مشتریان از هم مستقل است، همه سطوح ظرفیت برای مجموعه مراکز توزیع شناخته شده است و شرکت یک هزینه ثابت برای باز کردن یک مرکز توزیع با یک سطح ظرفیت پرداخت می کند، شرکت یک هزینه ثابت برای قرار دادن هر سفارش و نگهداری موجودی در هر مرکز توزیع پرداخت می کند، هر مرکز توزیع از یک سیاست موجودی پیروی می کند و یک ذخیره اطمینان برای ایمنی سیستم در طول LT نگهداری می کند، ظرفیت وسایل نقلیه یکسان است، هر مشتری به یک مرکز توزیع تخصیص داده می شود.

حسینی و خلجی علیایی(1394) در پژوهشی با عنوان "مدل سازی ریاضی مسئله مکان یابی مسیریابی با در نظر گرفتن ظرفیت، تنوع و محدودیت تردد وسایل حمل و نقل و توسعه یک مدل حل مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچگان" مدلی را ارائه کرده اند که در آن ظرفیت و تنوع وسایل حمل و نقل، محدودیت تردد برخی وسایل در بعضی از مسیرها، تعداد، محل و میزان تقاضای مشتریان مشخص و معلوم است. نوع ناوگان حمل و نقل و ظرفیت خودروها معلوم فرض شده است. تقاضای همه مشتریان ارضا می شود و مشتریان تخصیص داده شده تقاضایی بیش از ظرفیت تسهیلات ندارند. تقاضای هر مشتری تنها از طریق یک تسهیل، و در نتیجه یک خودرو تأمین می شود. مجموع تقاضا در هر مسیر کمتر و یا حداکثر مساوی با ظرفیت خودرویی است که به آن مسیر تخصیص داده شده است. نقطه پایان هر مسیر همان محل های توزیع است که مسیر از آن آغاز شده و در نتیجه تسهیلات میانی نداریم. مسئله در حالت ایستا بررسی می شود و برای حل مسئله در ابعاد بزرگ از الگوریتم کلونی مورچگان استفاده شده است.

نادی زاده اردکان(1393) در پژوهشی با عنوان" توسعه مدلی جهت مسئله مکان یابی مسیریابی وسایل نقلیه در زنجیره تامین در حالت پویا با رویکرد عدم قطعیت " ضمن ارائه مدلی با در نظر گرفتن فرضیاتی همچون، مد نظر قرار دادن سرویس دهی در یک افق زمانی و با چندین دوره برنامه ریزی (دوره های پویا)، مشخص بودن تعداد مشتری ها و دپوهای کاندید و محل آن ها در ابتدای افق برنامه ریزی، در نظر گرفتن تقاضای مشتریان در دوره های مختلف، به صورت متفاوت و فازی، متفاوت بودن وسایل حمل و نقل و دپوها از نظر ظرفیت هزینه ثابت، وجود ضریب دسترسی جهت استفاده از وسایل نقلیه، متفاوت بودن تعداد وسایل نقلیه موجود در هر دوره، وجود محدودیت طول سفر(با میزان مسافت پیموده شده) برای وسایل نقلیه به ارائه یک الگوریتم حل جدید نوآورانه پرداخته اند.

صفری(1393) در پژوهشی با عنوان" بهینه سازی مسئله مکان یابی مسیریابی موجودی با وجود محدودیت ظرفیت انبار، محدودیت بودجه و ناوگان حمل و نقل ناهمگن با استفاده از روش های فرا ابتکاری " مدلی را ارائه کرده اند که در آن ظرفیت هر وسیله نقلیه محدود است، وجود محدودیت بودجه برای هر انبار در نظر گرفته شده است، ظرفیت هر انبار محدود است، کمبود برای هر انبار مجاز است، میزان تقاضای هر انبار قطعی می باشد، مسیرهای انبارهای منتخب از میان انبارها و مسیرهای اولیه انتخاب می گردد، مدل مسئله برای اولین بار به صورت چند هدفه با هزینه های احتمالی مکان یابی مسیریابی و سفارش دهی بیان شده است، به صورت همزمان سه محدودیت ظرفیت انبار، ظرفیت وسایل حمل و نقل و محدودیت بودجه در مسئله در نظر گرفته شده است، مدل معرفی شده در این نوشتار محدودیت ناهمگن بودن وسایل نقلیه را نیز در نظر گرفته است.

طایی(1391) در پژوهشی با عنوان" مسئله مکان یابی مسریابی موجودی با در نظر گرفتن کالاهای فاسد شدنی " به ارائه ی مدلی با درنظر گرفتن یک زنجیره تامین سه سطحی با افق زمانی مشخص، تک محصولی و با تقاضای مشخص، ناوگان حمل و نقل محدود و همگن، عدم وجود ارتباط بین مراکز توزیع، آغاز مسیر شدنی از یک مرکز توزیع و بازگشت به همان مرکز پس از خدمت دهی به مشتریان، قرار گرفتن هر خرده فروش تنها در یک مسیر جهت خدمت دهی، قرار گرفتن تنها یک مرکز توزیع در هر مسیر، مجاز بودن مراکز توزیع و خرده فروشان به نگهداری موجودی و پیروی از سیستم FIFO، نامحدود بودن ظرفیت نگهداری از نظر مقدار وزنی(حجمی) برای مراکز توزیع و خرده فروشان و مجاز نبودن کمبود در مراکز توزیع و خرده فروشان، پرداخته اند.

ستاک و علی اصغری(1391) در پژوهشی با عنوان "مسئله یکپارچه مکان یابی مسیریابی موجودی با امکان پاسخگویی به برخی مشتریان" به ارائه مدلی برای حل مسئله مکان یابی مسیریابی موجودی پرداخته اند که در آن مکان کارخانه و مشتریان از قبل مشخص شده است و تقاضای مشتریان نیز قطعی و ساکن بوده و مستقل از هم می باشند. همچنین ظرفیت مراکز توزیع و وسایل نقلیه محدود و تقاضای مشتریان کمتر از ظرفیت بار وسایل نقلیه فرض شده است که این فرض باعث می شود تا وسایل نقلیه در هر سفر بیش از یک مشتری را ملاقات کنند. هر مسیر از یک مرکز توزیع آغاز شده و در پایان مسیر به همان مرکز ختم می شود. کل تقاضای یک مشتری فقط توسط یک وسیله نقلیه پاسخ داده می شود و هر وسیله نقلیه تنها از یک مرکز توزیع عبور می کند که این بدین معناست که میان مراکز توزیع ارتباط وجود ندارد. هر مرکز توزیع نیز از سیاست موجودی (Q,R) پیروی می کند.

میرزائی[[28]](#footnote-28) و سیفی[[29]](#footnote-29)(2015) در پژوهشی با عنوان" در نظر گرفتن فروش از دست رفته در یک مسئله موجودی مسیریابی برای کالاهای فسادپذیر" به مسئله مسیریابی موجودی چند دوره ای برای کالاهای فساد پذیر با در نظر گرفتن هزینه های فروش از دست رفته، وابسته بودن تقاضا به طول عمر موجودی، در نظر گرفتن بیش از یک افق برنامه ریزی خاص، تابع هدف کمینه کردن هزینه های حمل و نقل، فروش از دست رفته و نگهداری موجودی، در نظر گرفتن فروش ازدست رفته بصورت تابعی خطی یا نمایی از طول عمر موجودی، پرداخته و مسئله را با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ترکیبی SA و TS برای رسیدن به بهینگی برای مسائل کوچک و متوسط و رسیدن به یک کران پایین برای مسائل بزرگ حل نموده اند.

توکلی مقدم[[30]](#footnote-30) و همکاران(2016) در پژوهشی با عنوان " ترکیب مکان یابی مسیریابی و تصمیمات موجودی در مسئله طراحی زنجیره تامین دو هدفه با ریسک ادغام " به ارائه مدلی با لحاظ نمودن فرض تک محصولی بودن مسئله، پیروی کردن هر مرکز توزیع از یک سیاست موجودی، اجرای کنترل موجودی تنها در مراکز توزیع، در نظر گرفتن یک استراتژی واحد برون سپاری در کل زنجیره تامین، در نظر گرفتن تقاضای مشتریان پس از رسیدن به خرده فروش مستقل و پیروی کردن از یک توزیع نرمال، محدود بودن ظرفیت هر مرکز، در نظر گرفتن سطوح ظرفیت های مختلفی برای هر مرکز توزیع و در نهایت، انتخاب یک ظرفیت برای هر یک از آن ها، خدمت رسانی به تمام مشتریان باید انجام شده باشد. محدود بودن تعداد وسایل نقلیه در دسترس برای هر نوع و هر تعداد مسیرهای مجاز برای هر مرکز توزیع، وجود حالت های مختلفی از حمل و نقل بین دو سطح متوالی، استفاده از تنها یک نوع وسیله نقلیه بین دو گره در یک رده، گران تر بودن حمل و نقل سریع تر، خدمت رسانی هر مشتری توسط تنها یک خودرو، آغاز هر مسیر از یک مرکز توزیع و پایان یافتن در همان مرکز توزیع، عدم تجاوز مجموع خواسته های مشتریان در هر مسیر خدمت از ظرفیت خودروهای مرتبط، در نظر گرفتن ظرفیت محدود و تعیین شده ای برای هر یک از مراکز توزیع و وسایل نقلیه پرداخته اند.

نکوقدیری و همکاران(2014) در پژوهشی با عنوان" حل یک مسئله جدید دو هدفه مکان یابی مسیریابی موجودی در یک شبکه توزیع با الگوریتم های فراابتکاری " به ارائه مدل در شرایطی که سیستم توزیع دو مرحله ای در نظر گرفته شده است، برخی مراکز توزیع برای پاسخگویی به نیاز مشتریان با تقاضای چند محصولی در نظر گرفته شده است، هر مشتری تقاضای مستقل نامشخص دارد که از یک توزیع نرمال پیروی می کند، ناوگان حمل و نقل ناهمگن است به این معنی که وسایل نقلیه ظرفیت های مشابه ندارند، هزینه حمل و نقل شامل هزینه مربوط به مسافت و هزینه ثابت خودرو برای تعیین استفاده از خودرو درنظر گرفته شده است، محدودیت ظرفیت برای مراکز توزیع و خودرو وجود دارد، هر مرکز توزیع دارای چهار سطح ظرفیت با چهار هزینه ی متفاوت است، هیچ ارتباطی بین مراکز توزیع وجود ندارد، تصمیمات مکان یابی و تخصیص استراتژیک بوده و به دوره ها مرتبط نیست، کمبود مجاز نیست، زمان سفر میان مشتریان به طور طبیـعی تصادفی در نظر گرفته شده است، پرداخته اند.

ژانگ[[31]](#footnote-31) و همکاران(2014) در پژوهشی با عنوان" روش حل فراابتکاری ترکیبی برای مسئله موجودی مکان یابی مسیریابی " مدلی از زنجیره تامین دو مرحله ای متشکل از چند انبار بالقوه ظرفیت محدود و مشتریان را ارائه داده اند که هر یک از مشتریان با تقاضا قطعی اما دوره متغیر بیش از یک افق برنامه ریزی مواجه هستند، موجودی توسط مشتریان نگهداری می شود نه در انبارها؛ بعبارت دیگر انبارها بعنوان هماهنگ کننده ی فرایند دوباره پر شدن عمل می کند و آن ها بعنوان "حجم شکن" یا نقاط انتقال از نقطه شروع تمام وسایل حمل و نقل و بازگشت به آن عمل می کنند، ناوگان همگن از وسایل نقلیه ظرفیت محدود یک محصول واحد را برای برآوردن خواسته مشتریان حمل می کنند، هدف به حداقل رساندن هزینه کل می باشد.

هیاست[[32]](#footnote-32) و همکاران(2017) در پژوهشی با عنوان " یک روش الگوریتم ژنتیک برای مسئله مکان یابی موجودی مسیریابی با محصولات فاسد شدنی" به ارائه مدلی پرداخته اند که در آن تعـداد و محل انبارهای مورد نیاز، سطح موجودی در هر خـرده فروشی و مسیرهای طی شده توسط هر خودرو را تعیین می کنند. سپـس با توجه به NP-hard بودن مسئله، یک رویکرد الگوریتم ژنتیک را برای حل این مسئله توسعه داده اند. در این پژوهش مدلی که در آن یک محصول واحد از یک تولید کننده واحد به مجموعه از خرده فروشان از طریق مجموعه ای از انبارها که می تواند در مکان های مختلف از پیش تعیین شده قرار گیرند، در نظر گرفته شده است. در این مدل تقاضای خرده فروشان قطعی است اما ممکن است از یک دوره زمانی به بعد متفاوت باشد. ناوگان حمل و نقل همگن و با ظرفیت یکسان در نظر گرفته شده است. در این مدل کالا فساد پذیر در نظر گرفته شده است و عمر کالا توسط تعداد بازه های زمانی اندازه گیری می شود. هزینه های نگهداری موجودی در طول زمان کمی متفاوت در نظر گرفته شده است. مسیر امکان پذیر به عنوان یک مسیری که از یک انبار کاندید آغاز و پس از بازدید تعدادی از فروشندگان به انبار باز می گردد، تعریف شده است.

احمدی جاوید[[33]](#footnote-33) و آزاد[[34]](#footnote-34) (2016) در پژوهشی با عنوان "ترکیب مکان یابی مسیریابی و تصمیمات موجودی در طراحی شبکه زنجیره تامین" به ارائه مدلی برای این مسئله با لحاظ نمودن تقاضای نامشخص و مستقل برای مشتریان، مشخص نمودن سطوح ظرفیت مشخص برای مراکز توزیع و پرداخت هزینه ثابت برای گشایش یک مرکز توزیع، پرداخت هزینه های ثابتی برای تخصیص هر سفارش و همچنین حمل موجودی در هر مرکز توزیع، اتخاذ سیاست کنترل موجودی یکسان برای مراکز توزیع و درنظر گرفتن ناوگان همگن پرداخته اند.

سراگیه[[35]](#footnote-35) و همکاران(2018) یک روش ابتکاری مبتنی بر الگوریتم شبیه سازی تبرید برای حل مسئله مکان یابی-مسیریابی-موجودی در یک زنجیره تامین سه سطحی شامل یک تامین کننده، چندین انبار و خرده فروش ارائه کردند. تقاضای هر خرده فروش غیرقطعی و تک محصولی است و از توزیع نرمال پیروی می کند. هدف این مسئله، کمینه کردن هزینه احداث انبارها، هزینه موجودی در تامین کننده، انبارها و خرده فروش ها و هزینه مسیریابی از انبارها به خرده فروش ها است که در قالب برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط فرموله شده است.

رفیعی مجد[[36]](#footnote-36) و همکاران(2018) در مقاله " مدل سازی و حل مسئله یکپارچه موجودی-مکان-مسیریابی در یک زنجیره تامین محصول چند دوره ای و فاسد شدنی با عدم قطعیت: الگوریتم آزاد سازی لاگرانژ " به مسئله مکانیابی- مسیریابی- موجودي براي محصولات فاسدشدنی در یک زنجیره تامین سه سطحی شامل یک تامین کننده و مراکز توزیع و چندین خرده فروش پرداختند. تقاضاي مشتریان غیرقطعی بوده و هر مرکز توزیع از سیاست موجودي(Q,R) پیروي می کند. هدف مدل ذکرشده، حداقل کردن هزینه کل شامل هزینه احداث مراکز توزیع، هزینه مسیریابی از مراکز توزیع به خرده فروش ها، هزینه نگهداري موجودي در مراکز توزیع و خرده فروش ها و هزینه حمل ونقل از تامین کننده به مراکز توزیع است. آن ها براي حل مدل نیز از الگوریتم آزادسازي لاگرانژ استفاده کردند.

دای[[37]](#footnote-37) و همکاران (2018) در مقاله " یک مدل شبکه زنجیره تامین مکان - موجودی با استفاده از دو الگوریتم اکتشافی برای محصولات فاسد شدنی با محدودیت های فازی" یک مسئله موجودی- مکان یابی شبکه زنجیره تأمین را برای محصولات فاسدشدنی با ظرفیت فازی و محدودیت انتشار کربن ادغام و با مدل بهینه سازی بهبود داده اند. یک مسئله مکان یابی - موجودی را در مدل شبکه زنجیره تامین سه طبقه، که از کارخانه‌ها، انبارها و کارخانه‌ها تشکیل شده است، ادغام کرده اند. هر خرده‌فروش به یک مرکز باز اختصاص داده شده است، همچنین محصولات فاسد شدنی مختلف با هزینه های نگهداری واحد و هزینه های سفارش متفاوت در نظر گرفته شده است. این مقاله شامل ظرفیت و محدودیت های انتشار کربن با استفاده از رویکرد برنامه ریزی فازی است و با الگوریتم ژنتیک ترکیبی(HGA) و جستجوی هماهنگی ترکیبی(HHS) توسعه داده شده است.

کاراکوستاس[[38]](#footnote-38) و همکاران(2019) در مقاله " یک رویکرد راه حل مبتنی بر جستجوی همسایگی متغیر کلی برای مشکل مسیریابی موجودی مکان با برون سپاری توزیع " یک مدل برنامه ریزي عدد صحیح مختلط براي مسئله مکانیابی- مسیریابی- موجودي با برونسپاري توزیع ارائه دادند. مسئله ایشان چند دوره اي، تک محصولی و در حالت قطعی با مجموعه اي از مشتریان و انبارها بررسی شد که هدف آن، کمینه سازي هزینه کل می باشد. آن ها همچنین براي حل مدل از الگوریتم جستجوي همسایگی استفاده کردند.

حاجیان[[39]](#footnote-39) و همکاران(2019) در مقاله ای تحت عنوان " ارائه مدل چند هدفه برای مسئله مکان یابی- مسیریابی- موجودی در شبکه زنجیره تامین حلقه بسته سبز چند دوره ای و چند محصولی برای کالاهای فاسد شدنی " صورت جدیدی از مسئله مکان یابی-مسیریابی-موجودی در یک شبکه زنجیره تامین حلقه بسته برای محصولات فاسد شدنی با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی ارائه می دهد، به نحوی که همزمان مجموع هزینه های سیستم، مجموع حداکثر زمان حمل و نقل و انتشار آلاینده ها در کل شبکه کمینه شود. برای حل این رویکرد از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است و به منظور اعتبار سنجی، نتایج الگوریتم پیشنهادی در مثال های اندازه کوچک با نتایج حل روش دقیق توسط نرم افزار متلب مقایسه شده اند.

نامبراجان و همکاران[[40]](#footnote-40)(2020) در مقاله " اکتشافی برای مساله مسیریابی موجودی " مدلی برای مسئله مسیریابی- موجودی در یک افق برنامه ریزی محدود با تقاضای قطعی ارائه کردند که محصول را با استفاده از ناوگان وسایل نقلیه به مجموعه ای از انبارها در یک افق زمانی تعریف شده عرضه می کند. تصمیمات پر کردن، توزیع و مسیریابی در شبکه زنجیره تامین به طور همزمان انجام می شود تا یک سناریوی تجاری واقعی را به تصویر بکشد. هدف، تجزیه و تحلیل یک مسئله ترکیبی و مسئله مسیریابی و یافتن یک طرح بهینه و برنامه توزیع است.

شهابی[[41]](#footnote-41) و همکاران(2021) یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط چند هدفه برای برنامه‌ریزی و مسیریابی وسایل نقلیه ناهمگن که کالاهای فاسد شدنی را در سراسر سیستم حمل می‌کنند پیشنهاد دادند. علاوه بر این، تمام درخواست‌های دریافت/ تحویل برای محصولات فاسد شدنی دارای مهلتی هستند که باید رعایت شود. اهداف اصلی مدل توسعه‌یافته کاهش هزینه‌های توزیع، تسریع زمان پردازش توزیع و به حداکثر رساندن نرخ بهره‌برداری از ظرفیت شبکه است. برای غلبه بر پیچیدگی مسئله فرموله شده، یک روش حل ترکیبی جدید، یعنی AUGMECON2-VIKOR توسعه یافته و در مطالعه موردی استفاده می شود.

پژوهش لی سونگ و ژنگ چیانگ[[42]](#footnote-42) (2022) یک رویکرد یکپارچه را برای بهینه سازی همزمان در زنجیره تامین سه سطحی شامل تامین کنندگان، مراکز تولید و خرده فروشان برای محصولات فاسد شدنی ارائه می دهند. دو مساله مکانیابی- موجودی (LIP) و مکان یابی- موجودی- مسیریابی (LIRP) بررسی می شود. هدف مساله به حداقل رساندن هزینه های کلی زنجیره تامین شامل هزینه زیرساخت ها، هزینه های حمل و نقل و موجودی است همچنین، با ادغام تصمیمات مکان، موجودی و مسیریابی در زنجیره تامین سه سطحی برای محصولات فاسد شدنی بررسی می کند که آیا ارسال مستقیم از تامین کننده به خرده‌فروش مجاز است یا خیر. برای حل مدل LIP از روش CPLEX و برای حل مدل LIRP از یک الگوریتم اکتشافی دو مرحله ای مبتنی بر شبیه سازی تبرید Simulated Annealing استفاده گردیده است.

در پژوهش ای‎جان لی[[43]](#footnote-43) و همکاران (2021)، یک مدل یکپارچه از مسیریابی- مکان- موجودی برای محصولات فاسد شدنی با در نظر گرفتن عوامل انتشار کربن و تازگی محصول پیشنهاد شد. ابتدا هزینه اقتصادی، انتشار کربن و تازگی محصولات فاسد شدنی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. دوم، با اهداف دستیابی به کمترین هزینه اقتصادی و انتشار کربن و بالاترین تازگی محصول، یک مدل برنامه ریزی چند هدفه توسعه یافته و محدودیت ها بر اساس موقعیت مکانی- موجودی- مسیریابی واقعی ایجاد گردید. سوم، جعبه ابزار YALMIP برای حل مدل استفاده شد و راه حل بهینه برای این مسئله پیچیده چند هدفه به دست آمد. در نهایت، اثربخشی و امکان‌سنجی روش پیشنهادی توسط مطالعه موردی و همچنین حساسیت سرعت خودرو به نتایج تأیید گردید. از نتایج نهایی مشخص شد که مدل یکپارچه ارائه شده در این مقاله می‌تواند کارایی مدیریت زنجیره تامین کالاهای فاسد شدنی را از منظر بهینه‌سازی جهانی به طور قابل توجهی بهبود بخشد و سرعت خودرو می‌تواند به طور قابل توجهی بر هزینه‌های اقتصادی و انتشار کربن تأثیر بگذارد.

حاجیان [[44]](#footnote-44)و همکاران (1399) در مقاله " ارائه مدل تصادفی مکان یابی- مسیریابی- موجودی فساد پذیر با در نظر گرفتن کمبود و زمان حمل " یک مدل ریاضی جامع برای محصولات فاسدشدنی را با در نظر گرفتن کمبود، زمان حمل و ملاحظه های زیست محیطی در شرایط عدم قطعیت ارائه داده اند. به این منظور، یک روش حل دقیق از راه فرموله کردن مسئله به صورت برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط با استفاده از رویکرد تصادفی مبتنی بر سناریو ارائه دادند که هم زمان مجموع هزینه های سیستم(هزینه مکان یابی مراکز با سطح ظرفیت معین، هزینه عملیاتی مراکز، هزینه های حمل و نگهداری موجودی و یا کمبود مرکز ترکیبی تولید/ بازرسی، مجموع حداکثر زمان در زنجیره و انتشار آلاینده ها در کل شبکه را کمینه می کند. به دلیل NP-hard بودن مساله، برای حل آن رویکردی از الگوریتم ژنتیک پیشنهاد دادند. به منظور اعتبار سنجی، نتایج الگوریتم پیشنهادی در مثال های اندازه کوچک با نتایج حل روش دقیق مقایسه شدند. نتایج نشان دهنده توانایی الگوریتم پیشنهادی در رسیدن به جوابی با درصد اختلاف قابل قبول در زمان بسیار کمتر نسبت به روش حل دقیق می باشد. نتایج محاسباتی، کارایی مدل ارائه شده و روش حل پیشنهادی را نشان می دهد.

وحدانی[[45]](#footnote-45) و طاهروردی[[46]](#footnote-46) (1398) در مقاله "ارائه یک مدل برنامه ریزی چندهدفه برای مساله مکان یابی- موجودی- مسیریابی در یک شبکه زنجیره تامین چند سطحی با در نظر گرفتن حداکثر پوشش تقاضا" طراحی شبکه زنحیره تامینی را مورد مطالعه قرار دادند که شامل مساله مسیریابی و موجودی متشکل از تخصیص جریان، مسیریابی وسیله نقلیه بین تسهیلات، مکان یابی مراکز توزیع و همچنین در نظر گرفتن حداکثر پوشش جهت پاسخ به تقاضای مشتریان می باشد. مدل ریاضی ارائه شده یک مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط برای مساله مکان یابی- مسیریابی- موجودی در زنجیره تامین چهارسطحی با در نظر گرفتن اهداف متعارض چندگانه هزینه کل، زمان سفر و حداکثر پوشش است. به منظور حل مدل ارائه شده از سه الگوریتم فراابتکاری NSGA-II ، NRGA و MOPSO استفاده گردید.صحت مدل ریاضی و الگوریتم های ارائه شده از طریق مثال عددی ارزیابی شده است.

عطائی و همکاران [[47]](#footnote-47) (1399) در پژوهش " ارائه یک مدل چندهدفه یکپارچه برای مکان یابی- مسیریابی و موجودی تسهیلات امدادی با در نظر گرفتن چند مد حمل و نقل و تور پوششی" یک مدل یکپارچه تصادفی پیشنهاد دادند که در آن دو دسته تصمیمات در نظر گرفته شده است: تصمیمات مرحله اول تعیین و کنترل میزان موجودی مراکز توزیع و مکان یابی مراکز توزیع برای قبل از بحران و تصمیمات مرحله دوم برای بعد از بحران شامل بررسی جریان مجروحین، اجساد، بی خانمان ها و اقلام امدادی در شبکه و تخصیص وسایل نقلیه برای این جریان است. اهداف پژوهش، بیشینه کردن احتمال عبور موفق از مسیرها با افزایش قابلیت اطمینان مسیرها، کمینه کردن هزینه های امدادی قبل و بعد از بحران با در نظر گرفتن پنجره زمانی، کمینه کردن بیشینه تقاضای پوشش داده نشده برای کالاهای امدادی برای تمامی مراکز در سناریوها و حالات ممکن می باشد. در نظر گرفتن حالت عدم قطعیت سناریویی به همراه عدم قطعیت مسیر و تقاضا، چند کالایی، چند مد حمل و نقل و تور پوششی از جمله نورآوری های این پژوهش بود. اعتبارسنجی مدل در ابعاد کوچک و متوسط از روش محدودیت اپسیلون در نرم افزار گمز و در ابعاد بزرگ با استفاده از الگوریتم عاف هرز حل شده است. نتایج تحلیل بیانگر کاهش هزینه ها با افزایش مراکز توزیع است.

محجوب نیا و همکاران [[48]](#footnote-48)(1396) در مقاله "ارائه مدل جدید مکان یابی- مسیریابی- موجودی سبز تحت عدم قطعیت" صورت جدیدی از مسأله مکانیابی- مسیریابی- موجودی تحت عدم قطعیت با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی ارائه دادند که به طور همزمان تعداد و موقعیت مراکز توزیع، تخصیص خرده فروشان به این مراکز و مسیرهای فعال و ترتیب برآورده سازی تقاضای آن ها در هر مسیر، مقدار بهینه هر بار سفارش، تعداد دفعات سفارش هر یک از مراکز توزیع و نیز سطح ذخیره اطمینانی که در هر مرکز توزیع باید نگهداری شود را به طور همزمان تعیین می کند به طوریکه هزینه مورد انتظار سالانه و همچنین میزان انتشار گازهای آلاینده ناشی از ناوگان حمل و نقل طی فرآیند تحویل در کل شبکه کمینه شود. برای حل از الگوریتم NSGA-II و MOPSO و SPEA-II استفاده شده است.

در مقاله تیموری و همکاران [[49]](#footnote-49)(1396) "یک الگوریتم ترکیبی برای حل مساله مکان یابی- مسیریابی- موجودی دو هدفه در زنجیره تامین با فرض وجود تقاضای تصادفی ارائه گردید. هدف پژوهش کمینه کردن مجموع هزینه های ثابت ایجاد انبارها، هزینه حمل و نقل و هزینه های موجودی، رضایت مشتریان اولویت دار نیز از طریق کاهش زمان انتظار افزایش می یابد. به همین دلیل یک مدل دو هدفه برنامه ریزی غیرخطی مختلط با فرض پیروی عامل تصادفی تقاضا از توزیع شناخته شده نرمال با استفاده از برنامه ریزی شانس محدودیت دار ارائه می شود. برای حل مدل یک الگوریتم حل ترکیبی بر پایه تبرید شبیه سازی شده و الگوریتم ژنتیک ارائه و با استفاده از مجموعه ای مسائل نمونه ارزیابی می شود. نتایج نشان دهنده کارایی آن برای طیف وسیعی از مسائل با اندازه های متفاوت است.

رفیعی مجد و پسندیده [[50]](#footnote-50)(1399) در مقاله "بررسی مساله مکان یابی- مسیریابی- موجودی چندهدفه برای کالاهای فاسدشدنی و در شرایط وجود چند تامین کننده، با استفاده از رویکرد سناریو محور" یک زنجیره تامین سه سطحی متشکل از چند تامین کننده، چند انبار و چندین خرده فروش ارائه دادند. تقاضای خرده فروشان غیرقطعی و بصورت سناریوهای گسسته با احتمال رخداد مشخص در مدل ریاضی اعمال شده است. ناوگان حمل و نقل ناهمگن و مراکز توزیع از یک جدول زمانی استفاده می کنند که از تداخل کار ماشین ها و تخصیص اشتباه یک ماشین به بیش از یک مرکز توزیع در هر دوره جلوگیری می کند. هدف کمینه کردن هزینه های زنجیره تامین و کمینه کردن زمان برای تحویل سفارشات است که روش محاسبه فاصله تا نقطه آرمان، جهت حل مدل بررسی و تحلیل گردیده است.

جدول(1). خلاصه تحقیقات پیشینه

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **مقاله** | **سال انتشار** | **مکان یابی** | **موجودی** | **مسیریابی** | **نوع تقاضا** | | | **نوع کالا** | | **ناوگان**  **حمل و نقل** | | **ظرفیت ناوگان حمل و نقل** | | **روش حل** |  |
| **قطعی** | **احتمالی** | **فازی** | **معمولی** | **فسادپذیر** | **همگن** | **ناهمگن** | **محدود** | **نامحدود** | **هدف تحقیق** |
| محجوب نیا و همکاران | 1396 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  |  | ✔ | ✔ |  | الگوریتم NSGA-II و MOPSO و SPEA-II | کمینه کردن هزینه مورد انتظار سالانه و همچنین میزان انتشار گازهای آلاینده ناشی از ناوگان حمل و نقل |
| تیموری و همکاران | 1396 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  | حل ترکیبی الگوریتم شبیه سازی تبرید- الگوریتم ژنتیک | کمینه کردن مجموع هزینه های ثابت، افزایش رضایت مشتریان از طریق کاهش زمان در انتظار |
| وحدانی و طاهروردی | 1398 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |  |  | ✔ |  |  | ✔ | ✔ |  | الگوریتم فراابتکاری NSGA-II ، NRGA و MOPSO | حداقل کردن هزینه کل، حداقل کردن ماکزیمم زمان سفر وسایل نقلیه و حداکثر سازی سطح پوشش تقاضا |
| حاجیان و همکاران | 1399 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  |  | ✔ |  | ✔ | ✔ |  | الگوریتم ژنتیک | کمینه کردن هزینه کل، کمینه کردن زمان حمل در شبکه، کمینه کردن اثرات زیست محیطی |
| عطائی و همکاران | 1399 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  | محدودیت اپسیلون - الگوریتم علف هرز | بیشینه کردن احتمال عبور موفق از مسیرها با افزایش قابلیت اطمینان مسیرها، کمینه کردن هزینه های امدادی قبل و بعد از بحران با در نظر گرفتن پنجره زمانی، کمینه کردن بیشینه تقاضای پوشش داده نشده برای کالاهای امدادی برای تمامی مراکز در سناریوها |
| رفیعی مجد و پسندیده | 1399 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  |  | ✔ |  | ✔ | ✔ |  | محاسبه فاصله تا نقطه آرمانی | کمینه کردن هزینه های زنجیره تامین، کمینه کردن زمان برای تحویل سفارشات |
| میرزائی و سیفی | 2015 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |  |  |  | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | الگوریتم فراابتکاری ترکیبی SA و TS | کمبنه کردن هزینه های حمل و نقل، فروش از دست رفته و نگهداری موجودی |
| احمدی جاوید و آزاد | 2016 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  |  | ✔ |  | ✔ | ✔ |  | روش حل ترکیبی | به حداقل رساندن هزینه ثابت احداث مراکز توزیع، هزینه حمل و نقل و هزینه موجودی |
| ژانگ و همکاران | 2017 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |  |  | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  | روش حل فراابتکاری ترکیبی | کمینه کردن هزینه کل زنجیره تامین |
| هیاست و همکاران | 2017 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |  |  |  | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | الگوریتم ژنتیک | کمینه کردن مجموع هزینه های احداث انبارها، هزینه حمل و نقل و نگهداری موجودی |
| رفیعی مجد و همکاران | 2018 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  |  | ✔ |  | ✔ | ✔ |  | الگوریتم لاگرانژ | کمینه کردن هزینه های کل زنجیره تامین |
| دای و همکاران | 2018 | ✔ | ✔ |  |  |  | ✔ |  | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | الگوریتم ژنتیک ترکیبیHGA و جستجوی هماهنگی ترکیبی HHS | کمینه کردن هزینه نگهداری، انبار، هزینه های ثابت کارخانه، هزینه حمل و نقل و محصول از دست رفته |
| سراگیه و همکاران | 2018 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  |  | ✔ | ✔ |  | الگوریتم شبیه سازی تبرید | کمینه کردن هزینه احداث انبار، هزینه موجودی در تامین کننده، هزینه مسیریابی از انبار به خرده فروش |
| کاراکوستاس و همکاران | 2019 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |  |  | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  | الگوریتم جستجوی همسایگی | کمینه سازی مجموع هزینه های کل زنجیره تامین |
| حاجیان و همکاران | 2019 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |  |  |  | ✔ |  | ✔ | ✔ |  | الگوریتم ژنتیک | کمینه کردن محموع هزینه های سیستم، کمینه کردن حداکثر زمان حمل و نقل، کمینه کردن انتشار آلاینده ها |
| نامبراجان و همکاران | 2020 |  | ✔ | ✔ | ✔ |  |  | ✔ |  | ✔ |  | ✔ |  | روش حل ترکیبی | تجزیه و تحلیل یک مساله ترکیبی و مساله مسیریابی و یافتن یک طرح بهینه و برنامه توزیع |
| یاوری و همکاران | 2020 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |  |  |  | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | روش ابتکاری MILP | کمینه کردن هزینه های کل زنجیره تامین، کمینه کردن هزینه های زیست محیطی . آلاینده ها |
| ای‎جان لی و همکاران | 2021 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  |  | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | جعبه ابزار YALMIP | کمینه کردن هزینه های حمل و نقل، کمینه کردن انتشار کربن ناشی از حمل و نقل، بیشبنه کردن طراوت محصولات |
| شهابی و همکاران | 2021 |  | ✔ | ✔ | ✔ |  |  |  | ✔ |  | ✔ | ✔ |  | روش حل ترکیبی | کاهش هزینه های توزیع، تسریع در زمان پردازش توزیع و به حداکثر رساندن نرخ بهره برداری از ظرفیت شبکه |
| لی سونگ و ژنگ چیانگ | 2022 | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  |  | ✔ | ✔ |  | ✔ |  | شبیه سازی تبرید | به حداقل رساندن هزینه های کل زنجیره تامین؛ هزینه زیرساخت ها، حمل و نقل و موجودی |
| پژوهش حاضر | | ✔ | ✔ | ✔ |  | ✔ |  |  | ✔ |  | ✔ | ✔ |  | الگوریتم فراابتکاری NSGA\_II | کمینه کردن هزینه های زنجیره تامین، کمینه کردن آلاینده های زیست محیطی، کمینه کردن مسائل اجتماعی |

فصل سوم: روش‌شناسی تحقیق

3-1- مقدمه

در این فصل یک مدل برنامه ریزی ریاضی مکانیابی- مسیریابی- موجودی چند هدفه با در نظر گرفتن پایداری در محصولات فساد پذیر ارائه می شود. با توجه عدم قطعیت در تقاضا، پنجره زمانی سخت مطرح می گردد. در ابتدا شرح مدل و در ادامه مفروضات، اندیس ها، پارامترها متغیرهای تصمیم، توابع هدف و محدودیت ها ارائه می گردد. در نهایت برای حل مسئله، روش الگوریتم فراابتکاری NSGA-II توسعه خواهد یافت.

3-2- مدل

مسئله مکانیابی در زنجیره تامین همواره از مسائل مهم برای محققین در این حوزه بوده است که رویکردهای متفاوتی به آن داشته اند. در ذیل مسئله مکانیابی مسئله ای به نام مسیریابی به وجود آمد که به دنبال تعیین مسیر بهینه برای انتقال محصولات از تامین کننده به سایر لایه ها در زنجیره تامین بود. اما علیرغم اینکه در ابتدا مسئله مسیریابی بر اساس هزینه مسیر و انتقال محصول در نظر گرفته می شد در ادامه مبحث مسیریابی به تعیین مسیر بهینه بر اساس سایر شاخصه ها از جمله مسائل زیست محیطی، قابلیت اطمینان مسیر و ... بنا نهاده شد.

مسئله مکانیابی مسیریابی گاها به طور ترکیبی در نظر گرفته شده و نسبت به محصولات مختلف به کار گرفته می شود اما در حوزه محصولات فساد پذیر علیرغم انجام تحقیقات مختلف بر اساس مسائل مکانیابی مسیر یابی مشاهده می شود که همچنان بسیاری از شرایط و مفروضات مغفول مانده اند. به عنوان مثال بهینه سازی موجودی در شرایط پایداری از مهمترین موضوعاتی می باشد که در حوزه مکانیابی مسیریابی کالاهای فساد پذیر تقریبا نادیده گرفته شده است.

در مسائل مرتبط با پایداری در مجموع سه هدف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مطرح می باشد که محقق یا برنامه ریز در زنجیره تامین در حین حداقل ساختن هزینه به دنبال حداکثر ساختن مسئولیت های اجتماعی و حداقل ساختن مسائل زیست محیطی می باشد. در مسئله محصولات فساد پذیر هدف در عین اینکه حداقل ساختن هزینه و همچنین سرعت انتقال کالاها به دلیل فساد پذیری و ماهیت از بین رفتن محصولات می باشد، مسائل زیست محیطی نظیر حداقل ساختن مصرف سوخت و آلایندگی نیز مطرح می باشد. اما در حوزه مسئولیت اجتماعی می توان گفت مهمترین هدف می تواند حداقل ساختن هدر رفت محصولات به دلیل فساد پذیری آن باشد. به این ترتیب می توان از دست رفتن سرمایه های تخصیص یافته برای تولید محصولات فساد پذیر را کاهش داد و این هدف می تواند خاص کالاهای فساد پذیر باشد.

در این تحقیق نیز چنین هدفی دنبال می شود. به عبارت دیگر یک مدل سه هدفه ارائه می شود که هدف اول در آن حداقل ساختن هزینه های حمل و نقل، تولید و نگهداری و هدف دوم حداقل ساختن اثرات زیست محیطی می باشد. اما هدف سوم حداقل ساختن هدر رفت محصولات یا به عبارت دیگر حداکثر ساختن مسئولیت اجتماعی در مسئله مورد نظر می باشد.

در واقع در تحقیق حاضر با توجه به تقاضای غیر قطعی تامین کننده مسئول تامین مواد اولیه برای تولید کننده می باشد و برای تولید کننده با توجه به مسائل هزینه ای ارسال می شود سپس تولید کننده بر اساس مصرف سوخت و هزینه انتقال به مشتری مورد نظر کالای فساد پذیر را ارسال می کند. با توجه به فساد پذیری کالا، حداقل زمان ارسال مطرح می باشد که بدین وسیله نگهداری محصول کاهش یافته و حداقل کالا نگهداری شود چرا که امکان فساد کالا وجود دارد. از سوی دیگر با توجه به فساد پذیری کالا می بایست هدر رفت کالا نیز حداقل شود. بنابراین اهداف سه گانه اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی بر مبنای تولید و ارسال و انتقال کالای فساد پذیر در تحقیق حاضر مد نظر می باشد.

شماتیک مسئله به شرح ذیل می باشد:

شکل 3-1- مدل مفهومی تحقیق

مفروضات مسئله به شرح ذیل است.

1. مدل چند محصولی می باشد.
2. مدل چند دوره ای می باشد.
3. مدل دارای پنجره زمانی سخت است.
4. تقاضا غیر قطعی تلقی می شود.
5. محصولات فساد پذیر می باشند.
6. اهداف پایداری شامل اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در مدل لحاظ می شود.
7. وسایل نقلیه دارای محدودیت ظرفیت هستند.

**اندیس ها**

|  |  |
| --- | --- |
|  | : تامین کننده |
|  | : تولید کننده |
|  | : مشتری |
|  | : وسایل نقلیه |
|  | : محصولات فساد پذیر |
|  | : دوره زمانی |
| m | : مجموعه همه گره ها |
| s | : سناریو |

**پارامترها**

|  |  |
| --- | --- |
|  | : عمر محصول p |
|  | : تقاضای غیر قطعی مشتری k برای محصول p در دوره زمانی t تحت سناریوی s |
|  | : ظرفیت وسیله نقلیه v |
|  | : فاصله بین دو گره مشتری k و l |
|  | : سرعت وسیله نقلیه v |
|  | : وزن وسیله نقلیه v |
| 𝜆 | : قیمت هر لیتر سوخت |
|  | : هزینه جریمه برای هدر رفتن محصول p |
|  | : نرخ دستمزد راننده وسیله نقلیه v |
|  | : هزینه نگهداری هر واحد محصول p در اختیار مشتری k |
|  | : هزینه تاسیس کارخانه j |
|  | : مقدار محصول p موجود در اختیار تامین کننده i در دوره زمانی t |
|  | : متوسط زمان سفر از گره مشتری k به گره مشتری l |
|  | : پنجره زمانی مورد نظر برای تحویل سفارش مشتری k در دوره زمانی t |
|  | : عدد بزرگ |
|  | : انتشار کربن ناشی از حمل و نقل با وسیله نقلیه v به ازای هر واحد مسافت از مشتری L به مشتری k |
|  | : انتشار کربن ناشی از نگهداری هر واحد محصول p برای مشتری k در دوره t |
|  | : میزان تولید نویز توسط تولیدکننده j |
|  | : احتمال رخداد سناریو s |
|  |  |

**متغیرهای تصمیم**

|  |  |
| --- | --- |
|  | : اگر مرکز تولید j احداث شود 1 و در غیر اینصورت صفر |
|  | : مقدار موجودی برای مشـتری k از محصول p در انتهای دوره زمانی t تحت سناریوی s |
|  | : سطح موجودی مثبت |
|  | : مقدار محصول p تحویلی توسط وسیله نقلیه v به مشتری k در دوره زمانی t تحت سناریوی s |
|  | : اگر وسیله نقلیه v در دوره زمانی t از گره k به گره L برود 1 و در غیر اینصورت صفر |
|  | : مقدار بار حمل شده از محصول p توسط وسیله نقلیه v در دوره زمانی t از گره k به گره l تحت سناریوی s |
|  | : مقدار محصول p که در ابتدای دوره زمانی t توسط وسیله نقلیه v از تامین کننده i تحت سناریوی s بارگیری می شود |
|  | : مقدار هدر رفتگی محـصول p در مشـتری k در انتهـای دوره زمانی t تحت سناریوی s |
|  | : متغیر حذف زیرتور مربوط به گروه مشتریان k توسط وسیله نقلیه v در دوره زمـانی t |
|  | : اگر مشتری k به تولید کننده j تخصیص یابد 1 و در غیر اینصورت صفر |
|  | : زمان رسیدن وسیله نقلیه v به مشتری k در دوره زمانی t |
|  | : مقدار محصول حمل شده p از تامین کننده i به مشتری L توسط وسیله نقلیه v در دوره زمانی t تحت سناریوی s |
|  | : مقدار محصول حمل شده p از تولید کننده j به تامین کننده i توسط وسیله نقلیه v در دوره زمانی t تحت سناریوی s |

**توابع هدف**

بدیهی است یکی از اهداف اصلی هر بنگاه اقتصادی کاهش هزینه های خود باشد، از این رو تابع هدف اول (Z1) بعنوان تابع هزینه ارائه شده است. از طرفی بنگاه های اقتصادی یک گام فراتر از اهداف اقتصادی پیش می روند و به جنبه های زیست محیطی، تابع هدف دوم (Z2) و جنبه های اجتماعی تابع هدف سوم(Z3) می پردازند. در این راستا، هر سه تابع ذکر شده جهت تحقق اهداف پایان نامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت. تابع هدف (1-3)، تابع هزینه، به دنبال حداقل کردن مجموع هزینه های زنجیره تامین می باشد که عبارت اول آن شامل هزینه تاسیس واحدهای تولیدی، عبارت دوم هزینه نگهداری هر واحد محصول فاسد شدنی و سایر عبارت ها به ترتیب هزینه هدررفت هر واحد محصول فاسدشدنی و هزینه انتقال محصول فاسدشدنی می باشد. تابع هدف (2-3)، به دنبال کمینه کردن آثار زیست محیطی مربوط به انتشار کربن توسط وسیله نقلیه و انتشار کربن نگهداری هر واحد محصول فاسدشدنی می باشد. تابع هدف سوم(3-3) به دنبال حداقل ساختن هدررفت هر واحد محصول فاسدشدنی است که در زمره اهداف اجتماعی در راستای تحقق پایداری می باشد چرا که هدررفت محصول فاسدشدنی باعث هدررفت انرژی و نیروی انسانی می شود. در انتها برای تکمیل اهداف، جنبه های اقتصادی(کمینه سازی هزینه های زنجیره تامین) و زیست محیطی(کمینه سازی اثرات زیست محیطی فعالیت های زنجیره تامین) و اجتماعی موازنه و یک مسئله چند هدفه ارائه شده است.

در حالت کلی هزینه های زنجیره تامین توسط تابع هدف اول کمینه می شود، تاسیس کارخانه؛ شامل زیرساخت ها و ایجاد انبارهای داخلی، استقرار تجهیزات تولید و بسته بندی، ایجاد بسترهای مناسب برای انتقال اطلاعات است که مستلزم تعیین مکان بهینه از جمله نزدیکی به خطوط حمل و نقل برای تخلیه یا بارگیری محصول می باشد چرا که هزینه آن جزء هزینه های اصلی زنجیره تامین بوده و مستقیما به آن تحمیل می شود و اثر خود را بر قیمت تمام شده محصول تولیدی خواهد گذاشت. این هزینه ها گریز ناپذیر ولی قابل بهبود هستند.

هزینه های مربوط به زنجیره تامین در راستای تامین و برآورده ساختن تقاضا و تحویل به موقع محصولات تولیدی به مشتریان، نیازمند برقراری تعادل بین تقاضا و عرضه مناسب در برابر آن می باشد چرا که نگهداری موجودی آماده در انبارها(انبار تولیدکننده و انبار خرده فروشان) باعث صرف هزینه و نگهداری آن در طولانی مدت باعث هدررفت محصولات تولیدی نیز خواهد شد لذا کمینه کردن هزینه فساد محصولات فاسدشدنی جزء اهداف اصلی می باشد. از طرفی نگهداری محصول در انبار علاوه بر تحمیل هزینه فاسدشدن محصولات، باعث انتشار گاز کربن دی اکسید نیز می شود که این هدف به عنوان یک تابع جداگانه در این پژوهش بررسی می شود چرا که تلاش برای کاهش نشر کربن و کنترل کیفیت محصول، سبب ایجاد مزیت رقابتی و افزایش میل به خرید توسط مشتریان، التزام به اصول اخلاقی و تعاملی با محیط و انطباق با قوانین می شود. در زمینه حمل و نقل نیز، مدل سعی دارد وسیله ای را که هزینه آلایندگی و حمل و نقل کمتری دارد، انتخاب کند تا در نهایت هزینه های موجود در زمینه حمل و نقل نیز حداقل شود. همچنین سعی شده است که میزان انتشار گاز کربن با توجه به وزن وسیله نقلیه، سرعت و بار حمل شده توسط آن حداقل شود که همگی در تابع هدف دوم لحاظ گردیده است.

تابع هدف سوم به دنبال کاهش هدررفت محصول با صرفه جویی در استفاده از منابع، انرژی و انبارها و همچنین کاهش ضایعات در سرتا سر زنجیره تامین است که باعث افزایش سود و در نتیجه آن کاهش هزینه می شود. حمایت و پشتیبانی موثر مدیریت ارشد واحدهای تولیدی، عامل کلیدی در توفیق برنامه های کمینه سازی هدررفت محصولات به شمار می رود چرا که این مدیریت، بر اتخاذ تصمیمات مربوط به خط مشی های زیست محیطی و سیاست های تولیدی تاثیرگذار می باشد.

**محدودیت ها**

رابطه فوق بیان می کند که هر وسیله نقلیه در هر دوره زمانی حداکثر در یک مسیر قرار دارد.

رابطه فوق پیوستگی مسیر را نشان می دهد.

رابطه فوق بیان می کند که به هر مشتری حداقل یک مسیر وارد می شود.(فرض چند دوره ای بودن مدل را بررسی می کند.)

رابطه فوق نشان می دهد که میان مراکز تولید مسیری وجود ندارد.

رابطه فوق نشان می دهد که هیچ مسیری میان مراکز تولید و تامین کننده وجود ندارد.

رابطه فوق نشان می دهد که هیچ مسیر مستقیمی از تولیدکننده به مشتری وجود ندارد.

رابطه فوق بیان می کند که هیچ مسیری از تامین کننده به مشتری صورت نمی گیرد.

رابطه فوق نشان می دهد که هر مشتری در هر دوره تنها زمانی می تواند به یک مرکز تولید تخصیص یابد که مسیری وجود داشته باشد که از آن مشتری بگذرد و از مرکز تولید مورد نظر آغاز شده باشد.

رابطه فوق بیان می کند که اگر مشتری به تولید کننده تخصیص یافته باشد امکان تعیین مسیر بین آن ها وجود دارد.

رابطه فوق نشانگر محدودیت ظرفیت وسیله نقلیه می باشد.

رابطه فوق میزان کالای بارگیری شده از هر تامین کننده را محاسبه می کند.

رابطه فوق میزان محصول تحویل داده شده به هر مشتری را محاسبه می کند.

رابطه فوق نشان می دهد در صورتی که کالایی در تامین کننده موجود نباشد امکان بارگیری آن نیز وجود ندارد.

رابطه فوق بیان می کند که وسایل نقلیه در هنگام حرکت از تولید کننده به سمت تامین کننده خالی می باشند.

رابطه فوق بیان می کند که در طول افق برنامه ریزی هر مشتری به تنها یک تولید کننده تخصیص می یابد.

رابطه فوق به دنبال حذف زیر تور می باشد یعنی مسیرهایی که در آن مرکز تولید قرار ندارد را تضمین می کند.

روابط فوق نشانگر موجودی مورد انتظار هر مشتری از هر محصول در هر دوره زمانی می باشد.(کمبود مجاز نمی باشد)

محدویت فوق باعث احداث مراکز تولید متناسب با نیاز می شود.

محدودیت فوق بیان می کند که تقاضای مشتری در صورتی که به مرکز تولید تخصیص داده شود تامین می گردد.

رابطه فوق محدودیت پنجره زمانی را نشان می دهد.

روابط فوق نشانگر برآوردن هدر رفتگی مورد انتظار برای مشتری از هر محصول در هر دوره زمانی می باشد.

رابطه فوق بیان می کند در صورتی مسیر از مرکز تولید عبور می کند که آن مرکز تاسیس شده باشد.

3-3- مدل استوار

با توجه به اینکه مسئله در حالت عدم قطعیت مطرح بوده و مدل قبلی یک مدل قطعی می باشد لذا در این بخش به تشریح مسئله غیر قطعی و رویکرد عدم قطعیت در خصوص مسئله حاضر پرداخته می شود. مالوی و همکاران چارچوبی را برای بهینه سازی استوار ارائه کردند که شامل دو تعریف مهم جواب استوار و مدل استوار است: به این صورت که زمانی یک جواب برای مدل بهینه سازی جوابی استوار نامیده می شود که آن جواب تحت همه سناریوها نزدیک به بهینه باقی بماند و همچنین زمانی یک مدل، مدلی استوار است که تحت همه سناریوها تقریبا موجه باشد.

با توجه به این تعاریف مدل عمومی بهینه سازی استوار را توسعه داده اند. این بهینه سازی مرتبط با مسائلی است که جنس داده های آن از نوع سناریو باشد به عبارت دیگر مقادیر داده های مسئله توسط مجموعه ای از سناریوها توصیف می شود. مالوی در تحقیق خود بیان می کند که تحقیق در عملیات در مدل های برنامه ریزی ریاضی با داده های نوسانی و نامطمئن مواجه است و مواجهه با این نوع داده ها از طریق تحلیل حساسیت یا برنامه ریزی احتمالی با مشکلاتی مواجه می باشد.

در حالت کلی در مواجهه با مدل های بهینه سازی ما با دو بخش مجزا مواجه هستیم بخش ساختاری که ثابت است و فاقد هر گونه نوسان در داده های ورودی آن می باشد و بخش کنترل که تابعی دستخوش داده های نامطمئن و نوسانی است. مدل بهینه سازی به صورت زیر می باشد:

در مدل فوق:

* X بیانگر متغیرهای تصمیم پارامترهای قطعی.
* Y نشان دهنده متغیرهای تصمیم بخش کنترل می باشد.
* A ، B و C ضرایب پارامترها، b *و*e بردارهای پارامترهاست (مقادیرسمت راست*)*. A و b مقادیر معین هستند؛ در حالی کهB ، C وe دارای عدم قطعیت می‏باشند.

محدودیت ها به دو بخش تقسیم می شود:

* محدودیت های ساختاری که ضرایب آن ثابت بوده و به اصطلاح مطمئن می باشد
* محدودیت های کنترل که ضرایب آن در برگیرنده حالت غیر قطعی هستند.

مجموعه ای محدود از سناریوها برای پارامترهای غیر قطعی مدل فرض می کنیم که و متناسب با هر سناریو مجموعه {ds,Bs,Cs,es} به عنوان تحقق عملکرد هر سناریو تعریف شده است از طرفی Ps احتمال رخداد هر سناریو را نشان می دهد که می باشد. صورت کلی مدل بهینه سازی استوار مالوی و همکاران به شرح ذیل در می آید:

در مدل استوار فوق مجموعه مجموعه ای از متغیرهای کنترل برای هر سناریو می باشد و همچنین مجموعه ای از بردارهای خطاست که مقدار نامواجه مجاز در محدودیت های کنترل تحت سناریوی s را اندازه گیری می کند. با توجه به سناریوهای چندگانه تابع هدف متغیری تصادفی است که مقدار را با احتمال می گیرد. مبادله بین استواری جواب و استواری مدل به کمک مفهوم تصمیم گیری چند معیاره انجام می شود. در حقیقت مدل بهینه سازی فوق قادر است میزان این مبادله را بسنجند.

عبارت به صورت عبارتی غیر خطی لحاظ می شود. در حقیقت این مدل استوار مبتنی بر سناریوی کاربردی از مدل برنامه ریزی غیر خطی احتمالی است.

عبارت دوم در تابع هدف یعنی یک تابع جریمه موجه بودن است که به منظور جریمه کردن نقض و تخطی از محدودیت های کنترل با توجه به برخی از سناریوها مد نظر قرار می گیرد. به کمک وزن ᾠ توازن و مبادله بین استواری جواب که توسط سنجیده می شود و استواری مدل که توسط سنجیده می شود می تواند تحت فرایند تصمیم گیری چند معیارها مدل شوند. برای مثال اگر =0ᾠ باشد تابع هدف عبارت را حداقل می کند و جواب ممکن است غیر موجه باشد در حالیکه اگر به ᾠ مقدار نسبتا بزرگی تخصیص یابد هزینه بیشتری را به همراه خواهد داشت عبارت شامل مقدار میانگین به علاوه مقدار ثابت 𝜆 ضرب در واریانس آن است.

از آنجایی که عبارت فوق شامل بخشی است که دارای توان دوم است و شکلی کوادراتیک در مدلسازی می باشد یو و لین برای کاهش در عملیات کامپیوتری از یک عبارت قدرمطلق به جای عبارت درجه دوم استفاده و عبارت فوق را به صورت زیر فرموله بندی و تبدیل نمودند:

اگرچه معادله فوق شامل قدرمطلق است اما این تابع هدف هنوز هم غیر خطی است ولی با «رویکرد یو و لی» قابل تبدیل به تابع خطی با اضافه کردن دو متغیر انحراف غیر منفی می باشد در حقیقت به جای حداقل کردن مرجع انحرافات مطلق از میانگین دو تابع فوق دو متغیر انحراف با توجه به محدودیت ها حداقل می گردد به این صورت که:

همانگونه که مشاهده می شود n به عنوان سناریو در مدل فوق مطرح می باشد و احتمال رخداد سناریو است.

با توجه به اینکه مدل ریاضی فوق در حالت پایه برابر مدل ریاضی ساده ذکر شده می باشد، می توان از همان روش برای استوارسازی آن استفاده نمود. بر اساس روابط فوق توابع هدف تحقیق حاضر به شکل ذیل می باشد:

روابط فوق نشانگر شکل استوار سه تابع هدف در تحقیق حاضر می باشد. در ادامه محدودیت های غیر قطعی مدل بر اساس مدل استوار مالوی و همکاران به شرح ذیل می باشد:

*(3-1)*

*(3-2)*

*(3-3)*

*(3-4)*

*(3-5)*

*(3-6)*

*(3-7)*

*(3-8)*

*(3-9)*

*(3-10)*

*(3-11)*

*(3-12)*

*(3-13)*

*(3-14)*

*(3-15)*

*(3-16)*

*(3-17)*

*(3-18)*

*(3-19)*

*(3-20)*

*(3-21)*

*(3-22)*

*(3-23)*

*(3-24-25)*

*(3-26)*

*(3-27)*

*(3-28)*

3-4- روش حل

به منظور حل مدل فوق از الگوریتم nsgaii استفاده می شود در این بخش به تشریح این الگوریتم پرداخته خواهد شد.

3-4-1- الگوریتم nsgaii

الگوریتم فراابتکاری NSGA II یکی از پرکاربردترین و قدرتمندترین الگوریتم های موجود برای حل مسائل بهینه سازی چند هدفه است و کارایی آن در حل مسائل مختلف، به اثبات رسیده است. اسرینیباس و دِب در سال ۱۹۹۵ روش بهینه سازی NSGA را برای حل مسائل بهینه سازی چند هدفه معرفی نمودند. نکات برجسته ای که در مورد این روش بهینه سازی وجود دارند، عبارتند از :

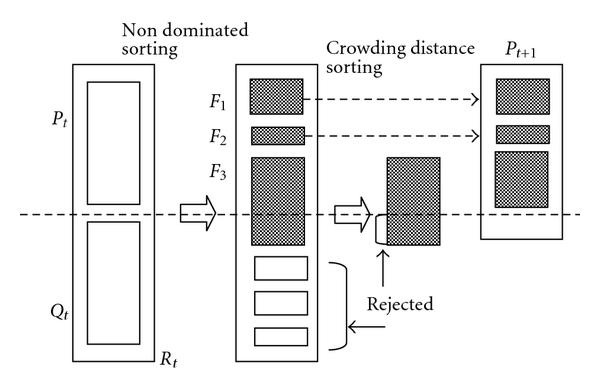
جوابی که هیچ جواب دیگری، به طور قطع بهتر از آن نباشد، دارای امتیاز بیشتری است. جواب ها بر اساس این که چند جواب بهتر از آن ها وجود داشته باشند، رتبه بندی و مرتب می شوند. شایستگی(برازندگی) برای جواب ها، بر حسب رتبه آن ها و عدم غلبه سایر جواب ها، اختصاص می یابد. از شیوه اشتراک برازندگی، برای جواب های نزدیک استفاده می شود تا به این ترتیب پراکندگی جواب ها به نحو مطلوبی تنظیم شود و جواب های به طور یکنواخت در فضای جستجو پخش شوند.

با توجه به حساسیت نسبتا زیادی که نحوه عملکرد و کیفیت جواب های الگوریتم NSGA به پارامترهای اشتراک برازندگی و سایر پارامـترها دارند، نسخه دوم الـگوریتم NSGA با نام الگوریتم فراابتکاری NSGA-II توسط دِب و همکارانش در سال ۲۰۰۰ معرفی گردید. در کنار تمام کارایی هایی که الگوریتم فراابتکاری NSGA-II دارد، می توان آن را الگوی شکل گیری بسیاری از الگوریتم های بهینه سازی چند هدفه دانست. این الگوریتم و شیوه منحصر به فرد آن در برخورد با مسائل بهینه سازی چند هدفه، بارها و بارها توسط افراد مختلف برای ایجاد الگوریتم های بهینه سازی چند هدفه جدیدتر، مورد استفاده قرار گرفته است. بدون شک این الگوریتم یکی از اساسی ترین اعضای کلکسیون الگوریتم بهینه سازی چند هدفه تکاملی است که می توان آن ها را نسل دوم این گونه روش ها نامید. ویژگی های عمده این الگوریتم عبارتند از :

1. تعریف فاصله تراکمی به عنوان ویژگی جایگزین برای شیوه هایی مانند اشتراک برازندگی
2. استفاده از عملگر انتخاب تورنومنت دو-دویی
3. ذخیره و آرشیو کردن جواب های نامغلوب که در مراحل قبلی الگوریتم به دست آمده اند(نخبه گرایی)

در واقع الگوریتم nsgaii الگوریتم ژنتیک چند هدفه می باشد که بر اساس جواب های نامغلوب طراحی شده است. به این صورت که در الگوریتم ژنتیک تک هدفه تنها یک تابع هدف به عنوان تابع فیتنس در نظر گرفته شده و متغیرهای تصمیم آن به عنوان ژن وارد کروموزوم شده و جمعیت اولیه را تشکیل می دادند اما در الگوریتم nsgaii ما با چند هدف مواجه بوده و این الگوریتم برای حل مسائل چند هدفه طراحی شده است. در این الگوریتم مقایسه نتایج بین دو یا چند جواب برای هر کروموزوم صورت گرفته و بهترین جواب ها بدست می آید که این جواب ها منجر به تشکیل جبهه پاره تو یا منحنی پاره تو می شوند. در این منحنی یا جبهه بهترین جواب ها که جواب های غالب در نظر گرفته شده و هیچ جوابی نتوانسته آنرا مغلوب کند قرار گرفته و هیچ تفاوتی بین نقاط بدست آمده در این جبهه با یکدیگر وجود ندارد.

تفاوت این الگوریتم با الگوریتم ژنتیک سنتی در این است که در این الگوریتم عملیات چندهدفه که شامل مرتب سازی نامغلوب و همچنین تشکیل جبهه پاره تو و مقایسه بین پاسخ ها می باشد صورت می گیرد در حالیکه در الگوریتم ژنتیک سنتی یا تک هدفه چنین وضعیتی وجود ندارد.



شکل 3-2- طرح کلی الگوریتم nsgaii

در مدل حاضر دو نوع متغیر باینری و عدد صحیح وجود دارند که شرح نحوه ایجاد کروموزومرها در ذیل ارائه می شود:

نمایش جواب شامل نحوه ترسیم جواب با توجه به متغیرهای یک مدل می­باشد. در واقع در مسائل چند هـدفه هر مدل شـامل یک یا چند هدف می ­باشد که با توجـه به مسئله حـاضر که مسئله چند هدفه می­ باشد. چند هدف در قالب یک کروموزوم ترسیم شده و هر متغیر تصمیم به صورت یک ژن در این کروموزم در نظر گرفته می­شود. اما در مجموع دو نوع متغیر تصمیم یا ژن برای تشکیل کروموزوم قابل توجه می ­باشند.

نوع اول متغـیرهای تصـمیم یا ژن که در مدل تحقیـق حاضر نیز در نظر گرفته شده است نوع باینری می­ باشد که در آن اعداد به صورت صفر و یک در نظر گرفته می­شود.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

این نوع بردار جواب معمولا در مسائلی نظیر مکانیابی هاب استفاده می­شود که اشاره به احداث یا عدم احداث یک تسهیل دارد. در صورت احداث این مقدار برابر 1 در نظر گرفته می­شود و در غیر اینصورت این مقدار برابر صفر در نظر گرفته می­شود. اما در تحقیق حاضر برای برخی متغیرهای تصمیم نظیر انتخاب یا عدم ­انتخاب فعالیت، اجرا یا عدم اجرای فعالیت و همچنین انتخاب یا عدم انتخاب تامین­کننده در مسئله حاضر از این نوع متغیر استفاده می­شود.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 323 | 116 | 151 | 276 | 331 | 445 | 386 | 415 | 243 | 320 |

نوع دوم متغیر یا ژن که در مسئله حاضر نیز مورد استفاده قرار می­گیرد، بردار جواب عدد صحیح یا نوع پیوسته می­باشد. دو متغیر در مدل تحقیق حاضر نیز شامل نوع عدد صحیح می ­باشد سطح موجودی و میزان مواد انتقالی به عنوان متغیرهای عدد صحیح در مسئله حاضر در نظر گرفته می شوند. که هدف مدل تعیین بازه بهینه متغیرهای مذکور با استفاده از الگوریتم می­ باشد. در صورتی که هدف حداقل­سازی باشد هر چه مقادیر عدد صحیح کمتر باشد به هدف حداقل­سازی بیشتر می­توان نزدیک شد و برعکس. ضمن اینکه با توجه به محدودیت ­هایی نظیر ظرفیت یا تقاضا اعداد موجود در بردار جواب عدد صحیح، در بازه ای بین پارامترهای تقاضا یا ظرفیت قرار می­گیرد.

**تولید جمعیت اولیه**

تولید جمعیت اولیه، اولین قدم در هر الگوریتم فراابتکاری به شمار می­رود. برای این کار به صورت تصادفی به متغیرهای تصمیم در بازه­ های باینری و عدد صحیح مقدار تخصیص می ­یابد. اما این مقدار در ادامه با توجه به محدودیت­ های مسأله حاضر و با استفاده از تابع برازش دچار تغییر شده و سپس با استفاده از عملیات بروزرسانی نظیر عملگرهای تقاطع و جهش باز هم دچار تغییر می­شود. به عنوان مثال تولید جمعیت اولیه برای یکی از متغیرهای تحقیق حاضر که باینری می باشد ارائه می­گردد.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

بردار فوق تولید جواب اولیه برای یک متغیر باینری مسأله می ­باشد که پس از ورود به تابع برازش بردار فوق به شکل ذیل در می­آید.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

همانگونه که مشاهده می­شود با توجه به محدودیت­های مسأله و ورود به تابع برازش متغیر باینری اولیه که به صورت تصادفی مقداردهی شده بود صرفا یک مقدار 1 در کل بردار به خود گرفته ومابقی مقادیر صفر می باشد، چرا که محدودیت مورد نظر تصریح می­کند که فقط یک مقدار در بردار جواب می­بایست مقدار گرفته و مابقی مقادیر می­بایست صفر باشد.

3-4-2- عملگر تقاطع

پس از تولید جواب اولیه، مرحله بعدی در الگوریتم ژنتیک مرحله بروزرسانی است که در این مرحله می­توان انتظار داشت که جواب بدست آمده بهبود می یابد. البته ممکن است این بهبود نیز حاصل نشود و جواب تولید شده به صورت تصادفی بهتر از جواب بروزرسانی شده باشد، اما معمولا به واسطه عملگرهای بروزرسانی شاهد بهبود در جواب مسئله هستیم. مرحله بروز رسانی خود شامل دو بخش عملگر تقاطع و جهش می­شود. با استفاده از عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک دو والد انتخاب شده و برخی ویژگی ­های والد اول به فرزند و برخی ویژگی­ های والد دوم به فرزند دیگر منتقل می­شود. برای روشن ­تر شدن موضوع عملگر تقاطع تک ­نقطه­ ای که برای متغیرهای باینری و جایگشتی در مسئله حاضر و عملگری که ویژه متغیرهای عدد صحیح می باشد معرفی می گردد.

در عملگر تقاطع تک ­نقطه­ای یک نقطه برش به طور تصادفی در بردار جواب باینری یا جایگشتی برای دو والد انتخابی تعیین شده و بر این اساس جای ژن­ها دچار تغییر می ­شود. در مثال زیر این وضعیت نشان داده می­شود:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | نقطه برش |  |  |  |  |  |
| 1 | 3 | 4 | 7 | 9 | 8 | 5 | 2 | 6 | 10 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 10 | 4 | 3 | 5 | 8 | 9 | 7 | 2 | 6 | 1 |

فرزندان حاصل از تقاطع تک نقطه ای به شرح ذیل می باشد:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 10 | 4 | 3 | 6 | 9 | 8 | 5 | 2 | 6 | 10 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 | 3 | 4 | 7 | 8 | 9 | 7 | 2 | 6 | 1 |

همانگونه که مشاهده می ­شود از قسمت برش داده شده، ژن­ های سمت راست برش با ژن­ های سمت چپ برش جابجا شده و تشکیل یک کروموزم جدید را می ­دهد که البته ماهیت جایگشتی آن نیز دچار تغییر نشده است. اما این تقاطع ویژه بردار جواب ­های جایگشتی و باینری بوده و برای بردار جواب ­های عدد صحیح مناسب نمی ­باشد. نوع تقاطـع مورد اسـتفاده در بردار جـواب عدد صحـیح به شـرح ذیل می­ باشد.

برای تقاطع متغیرهای عدد صحیح در مسئله حاضر از عملگر تقاطع آریتماتیک[[51]](#footnote-51) اسـتفاده می­شود(میچل[[52]](#footnote-52)،1998) که فرمول آن به شرح ذیل می ­باشد:

OFFSPRING 1=a\*PARENT1+(1-a)\*PARENT 2

OFFSPRING 2= (1-a)\*PARENT1+a\*PARENT 2

همانگونه که مشاهده می­شود فرزند اول بر اساس فرمول اول و فرزند دوم بر اساس فرمول دوم بدست می­آید. a یک مقدار تصادفی بین صفر و یک به صورت پیوسته می ­باشد، که در بردار والد اول ضرب شده 1-a برعکس آن می ­باشد. به این ترتیب مقدار فرزندان بر اساس فرمول در تقاطع عدد صحیح محاسبه می­ شود.

3-4-3- عملگر جهش

عملگر جهش عملگر دوم در بروزرسانی جواب اولیه در الگوریتم ژنتیک می­باشد که منجر به تغییر در مقادیر اولیه می­شود. عملگر جهش نیز به تفکیک متغیرهای باینری و متغیرهای جایگشتی و همچنین متغیرهای عدد صحیح متفاوت می­باشد. در این بخش به تشریح عملگر جهش در الگوریتم پیشنهادی تحقیق حاضر پرداخته می­شود.

عملگر جهش برای متغیرهای باینری و جایگشتی در مسئله حاضر عملگر تبادل می­ باشد که در آن دو ژن به طور تصادفی انتخاب شده و جای آن­ ها با یکدیگر عوض می ­شود. این عملگر در شکل ذیل ترسیم شده است:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

همانگونه که مشاهده می­شود دو انتخاب شده است که با تعویض دو ژن فوق با یکدیگر خواهیم داشت:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

همانگونه که اشاره شد عملگر جهش فوق مناسب متغیرهای باینری یا جایگشتی بوده و برای مسائل عدد صحیح کاربردی ندارد عملگر جهش برای مسائل عدد صحیح به شرح ذیل است:

به منظور اعمال جهش در متغیرهای عدد صحیح از جهش با توزیع احتمالی استفاده می­شود. برای این منظور از فرمول زیر استفاده می شود:

(3-38)

در فرمول فوق نشانگر فرزند جهش ­یافته ، نشانگر والد، حد فوقانی و حد تحتانی است، ضمن اینکه نشانگر بازه احتمالی تعیین شده به صورت یکنواخت یا گاوسی می ­باشد که در این تحقیق از بازه احتمالی به صورت یکنواخت استفاده شده است.

لازم به ذکر است که در صورت عدم موجه بودن جواب ها پس از اعمال عملگرها نیاز به اصلاح بهینه جواب می باشد که در الگوریتم پیشنهادی تحقیق حاضر نیز از این روش استفاده شده است.

3-4-4- انتخاب عملگر

برای انتخاب عملگر تقاطع و جهش از روش چرخه رولت استفاده می­شود. بر اساس این روش در هر تکرار شانس بیشتری برای انتخاب توسط چرخه رولت وجود دارد. همچنین تخصیص یک میزان احتمال به هر یک از روش ­های تقاطع و جهش باعث می­شود یک پارامتر برای آن در نظر گرفته شده و با تخصیص میزان بهینه جواب ­های مطلوب ­تری بدست می ­آید.

3-4-5- انتخاب والد

برای انتخاب والدین جهت عملیات تقاطع و جهش از تکنیک انتخاب مقایسه­ای باینری استفاده می­شود. بدین ترتیب که کروموزوم­ها به صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه می­ شوند و رتبه پایین­ تر معیار برتری است و هر کروموزمی که رتبه آن از دیگری کمتر باشد انتخاب می ­گردد. چنانچه رتبه هر دو کروموزم انتخابی برابر باشد از معیار دوم که فاصله ازدحامی می ­باشد استفاده می­ شود و اولویت با کروموزومی است که فاصله ازدحامی بیشتری داشته باشد.

3-4-6- شرط خاتمه

الگوریتم نمی تواند بی پایان بوده و حتما می­بایست شرطی برای توقف الگوریتم تعیین شود. در بسیاری از تحقیق شرط خاتمه دفعات تکرار الگوریتم می­باشد و با توجه به اینکه شرط مشخصی غیر از دفعات تکرار وجود ندارد، لذا در این تحقیق نیز از دفعات تکرار الگوریتم به عنوان شرط خاتمه الگوریتم استفاده می­شود.

فصل چهارم: یافته‌های پژوهش

4-1- مقدمه

در این فصل مدل ارائه شده در فصل سوم مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. در ابتدا اعتبار سنجی مدل انجام شده و سپس حل مدل با استفاده از الگوریتم انجام شده و نتایج متغیرهای تصمیم ارائه می شود. در ادامه تحلیل حساسیت و تحلیل عدم قطعیت صورت می گیرد. الگوریتم مورد استفاده الگوریتم ژنتیک چند هدفه می باشد که در نرم افزار متلب پیاده سازی می شود.

4-2- اعتبار سنجی

در این فصل به اعتبار سنجی مدل پرداخته می شود. اعتبار سنجی مدل بر اساس حل آن در ابعاد مختلف و مقایسه نتایج حاصل از مقادیر توابع هدف و زمان محاسبه بدست می آید. در ابتدا ابعاد مسئله معرفی می شود.

جدول 4-1- ابعاد مسئله

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ردیف | تامین کننده i | تولید کننده j | مشتری k | وسیله نقلیه v | محصول p | دوره زمانی t | سناریو s |
| 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 4 | 4 | 2 | 7 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| 5 | 4 | 2 | 7 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 6 | 4 | 3 | 7 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| 7 | 5 | 3 | 8 | 6 | 5 | 1 | 2 |
| 8 | 6 | 5 | 20 | 15 | 10 | 2 | 3 |

همانگونه که مشاهده می شود 8 مسئله در نظر گرفته شده است که با تغییر در هر مسئله ابعاد نیز دچار تغییر شده است. با حل مثال های مختلف مدل نتایج مختلف بدست می آید که در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول 4-2- نتایج حل مدل در ابعاد کوچک

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ردیف | تابع هدف اول | تابع هدف دوم | تابع هدف سوم |
| 1 | 486839 | 31972 | 49 |
| 2 | 572438 | 47628 | 58 |
| 3 | 593881 | 52354 | 58 |
| 4 | 965071 | 2108102 | 65 |
| 5 | 3168946.5 | 255791 | 83 |
| 6 | 477695 | 51677 | 132 |
| 7 | 9315.5 | 1810.5 | 202 |
| 8 | با توجه به ابعاد مساله قادر به حل نمی باشد | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ردیف | مکان تولید کننده | وسیله نقلیه | مسیر | موجودی |
| 1 |  |  | 1-4-5-6-7-1 | |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | |  |  |  | |
| 2 |  |  | 1-5-8-9-1  2-5-6-7-2 | |  |  | | --- | --- | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  |  |  |  | | --- | --- | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |
| 3 |  |  | 2-4-7-6-8-2  2-4-8-6-7-2 | |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |
| 4 |  |  | 3-6-10-3  4-5-9-7-4  2-6-11-2  3-5-8-13-3  2-6-7-2  4-5-12-4 | |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |
| 5 |  |  | 2-6-8-7-11-2  3-6-10-12-7-8-13-11-3  1-6-10-9-7-1  2-6-11-7-12-13-2 | |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |
| 6 |  |  | 2-6-8-13-2  3-5-10-3  1-7-9-2-6-13-1  4-5-11-4  1-5-14-4-6-8-1  1-6-12-1 | |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |
| 7 |  |  | 5-8-14-5  1-8-11-3-7-9-1  2-6-10-2  3-7-12-3  4-8-15-4  5-8-13-5  3-6-16-3 | |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |

جدول فوق نشانگر مقادیر حاصل از حل مدل می باشد مسئله تا مثال هفتم قابل حل بوده و از مثال هشت به بعد قابل حل نمی باشد. با توجه به اینکه مسئله با استفاده از روش دقیق صرفا در ابعاد کوچک قابل حل بوده است لذا برای حل مدل در ابعاد بزرگ از رویکرد فراابتکاری استفاده می شود که در بخش بعدی به آن اشاره می شود.

4-3- مطالعه موردی

مورد مطالعه این پژوهش، شرکت دامدارن(صنایع لبنی تین)، تولیدکننده انواع محصولات لبنی پاستوریزه مدت دار می باشد که مجموعه ای مستقل در تهیه شیرخام، تولید ظروف، تولید انواع فراورده های لبنی پاستوریزه و استریل است. این شرکت برای اولین بار در بهار سال 1363 فعالیت خود را به عنوان یک واحد صنفی و کارگاهی در شمال تهران با تولید انواع ماست های گاوی و گوسفندی و شیر در بسته بندی های نایلونی خام و پاستوریزه آغاز نموده است. پس از مدتی این شرکت فعالیت خود را گسترش داده و توانست به محصولات خود تنوع بخشد و هم اکنون تولید انواع ماست و شیر، دوغ، خامه، کشک، عسل، کره، سرشیر، پنیر و آب را دارا می باشد. علاوه بر این در سال 1371 در روستای هفت جوی شهریار دامپروری برای تهیه مستقیم شیرخام افتتاح نمود که بیش از 3500 راس گاو در این گاوداری وجود دارند و شیرخام مصرفی کارخانه از آن تامین می شود. شرکت دامداران در حال حاضر نزدیک به 40 نوع محصول لبنی تولید می نماید. با مطالعه سوابق و پرسنل درگیر در عملیات فروش و ترابری این موضوع کاملا مشهود است که تقاضای محصولات لبنی از ثبات و پایداری برخوردار نبوده و این موضوع باعث ایجاد اختلال در برنامه ریزی تولید و حمل و نقل می شود. این نوسان تقاضا می تواند به دلیل ماهیت محصولات لبنی و عواملی مثل تغییرات فصلی، ایام تعطیلات یا بطور مثال زمان های خاصی نظیر ماه مبارک رمضان بر مصرف آن تاثیر مستقیم بگذارد. از طرفی پخش محصولات لبنی از طریق نمایندگی ها به دلیل وضعیت بازار و یا عدم ضمانت های همکاری طولانی مدت از طرف شرکت عموما منافع خود را بر منافع آن ترجیح می دهند. دلایل ذکر شده باعث تغییرات نسبتا شدیدی در تقاضا می شود به طوریکه ارسال محصولات در برخی از مناطق پس از مدتی قطع و یا بصورت موردی و نامنظم ادامه می یابد. دریافت و ارسال سفارشات در وضعیت فعلی شرکت به دو دسته محلی و غیرمحلی تقسیم می شود که مورد بررسی ما در این پژوهش مشریان محلی می باشد. منظور از مناطق محلی در شرکت دامداران استان تهران می باشد. در حال حاضر برآورد دقیقی از فروش به تفکیک محصول و نقاط ارسال وجود ندارد و براساس تجربه فروش تخمینی هر محصول در طی هفته آینده توسط واحد فروش به واحد برنامه ریزی و انبارها اعلام می شود. در پایان هر روز توسط واحد فروش مشخص می گردد که در روز بعد چه محصولاتی باید ارسال گردند. در صورت تغییر در سفارشات دریافتی توسط فروش تغییرات به واحد ترابری و تولید منعکس می گردد. در هنگام بارگیری محصولات، نماینده برنامه ریزی و انبارها حضور داشته و براساس سفارش مشتری، کامیون ها بارگیری می شوند. با توجه به برون سپاری حمل و نقل محصولات از طرف شرکت، واحد ترابری مشخص می کند که چه نوع وسیله نقلیه ای با چه برودتی و به چه مقصدی حرکت کند. به بیان دیگر برنامه کلی ارسال توسط برنامه ریزی و انبارها تعیین می گردد ولی برنامه جزئی برعهده واحد ترابری می باشد. به منظور یافتن منابع انتشار گاز کربن دی اکسید، اسناد و مدارک موجود و مرتبط بر فرایندهای تولید و تجهیزات بررسی گردید و برای کسب اطلاعات بیشتر، با کارشناسان دپارتمان تضمین کیفیت مصاحبه شد. میزان انتشار گازهای کربن توسط واحد تضمین کیفیت از طریق محاسبه ضریب انتشار اعلام گردیده است. ضریب انتشار امکان تبدیل داده های فعالیت واحدهای تولیدی را به انتشار گازهای گلخانه ای علی الخصوص کربن را فراهم می کند. برای انجام محاسبات در این تحقیق با توجه به ضرایب انتشار، داده های مورد نیاز هر کدام از منابع انتشار، از واحد تضمین کیفیت اخذ و میزان انتشار گاز دی اکسید کربن از هرکدام از منابع انتشار با حاصل ضرب ضریب انتشار در داده ی اخذ شده از آن منبع محاسبه گردیده است.

در این بخش از مطالعه موردی که برای ارائه مدل پیشنهادی استفاده می شود در ابتدا بحث نحوه اثرگذاری وزن و سرعت بر میزان مصرف سوخت بررسی می شود. در واقع تعیین می شود که وزن وسایل نقلیه و سرعت آن‌ها چگونه می تواند باعث افزایش یا کاهش مصرف سوخت به عنوان تابع هدف دوم شود.

**جدول 4-****3- بررسی اثر وزن و سرعت بر میزان مصرف سوخت**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **وسیله نقلیه** | **وزن** | **سرعت** | **میزان مصرف سوخت(تابع هدف دوم)** |
| 1 | 1.5 | 90 | 136614 |
| 2 | 1.4 | 100 | 136671 |
| 3 | 1.3 | 120 | 136661 |

**نمودار 4-****5- بررسی اثر وزن و سرعت بر میزان مصرف سوخت**

همانگونه که مشاهده می شود اگر وزن وسیله کاهش یابد اما سرعت آن افزایش یابد مصرف سوخت بیشتر می شود و از 14 به 71 می رسد اما اگر وزن اندکی کاهش و سرعت اندکی افزایش یابد میزان مصرف سوخت کاهش می یابد.

**جدول 4****-4- بررسی اثر فاصله بر هزینه و مصرف سوخت**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **فاصله بین دو گره** | **هزینه** | **مصرف سوخت** |
| 140 | 4051600544 | 137324 |
| 240 | 4051600955 | 137735 |
| 220 | 4051600576 | 137356 |

**نمودار** **4-6- بررسی اثر فاصله بر هزینه**

مثال فوق نشان می دهد که افزایش مسافت بین دو گره می تواند هزینه را افزایش دهد که دلیل آن افزایش در نرخ هزینه سفر و راننده می باشد.

**نمودار 4-7****- بررسی اثر فاصله بر مصرف سوخت**

مشابه با نتایج حاصل از نمودار 4-6 در خصوص نمودار 4-7 هم حاصل شده است و مشاهده می شود که مسافت می تواند باعث افزایش میزان مصرف سوخت شود. هزینه از 544 به 955 با توجه به افزایش فاصله بین دو گره از 140 تا 240 کیلومتر افزایش یافته است ضمن اینکه چنین افزایشی در مصرف سوخت از 324 تا 735 دیده می شود.

**جدول 4-5****- بررسی اثر نرخ دستمزد بر هزینه**

|  |  |
| --- | --- |
| **افزایش 20 درصدی نرخ دستمزد وسیله نقلیه** | **هزینه** |
| 1 | 4051600173 |
| 2 | 4051600147 |
| 3 | 4051600161 |
| 4 | 4051600106 |
| 5 | 4051600120 |

**نمودار 4-****8- بررسی اثر نرخ دستمزد بر هزینه**

نمودار فوق نشان می دهد که نرخ دستمزد برای 5 وسیله نقلیه اثر متفاوتی را بر جا می گذارد و دلیل این امر این است که به عنوان مثال وسیله نقلیه شماره 4 و 5 وسایل نقلیه سبکتر و کم هزینه تری نسبت به وسایل نقلیه شماره 1 و 3 می باشد بنابراین بهره گیری از این وسایل نقلیه از نظر هزینه ای به صرفه تر می باشد.

**جدول 4-****6- بررسی اثر میزان محصول در اختیار بر هزینه**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **تامین کننده** | **میزان محصول در اختیار تامین کننده** | **هزینه** |
| 1 | 129 | 4051600061 |
| 2 | 200 | 4051600143 |
| 3 | 135 | 4051600072 |
| 4 | 114 | 4051600056 |
| 5 | 195 | 4051600118 |

**نمودار 4****-9 بررسی اثر میزان محصول در اختیار بر هزینه**

در نمودار فوق نشان داده می شود که هر چه محصول بیشتری در اختیار تامین کنندگان باشد هزینه بیشتری به سیستم تحمیل می شود به عنوان مثال تامین کننده شماره 2، 200 واحد محصول را نگهداری می کند که این منجر به هزینه بالایی می شود اما اگر تامین کننده 5 ، 195 واحد محصول را نگهداری کند نسبتا هزینه کمتری را به سیستم تحمیل می کند که این امر نشان می دهد تامین کننده 5 هزینه نگهداری کمتری نسبت به تامین کننده 2 داراست. این وضعیت در خصوص تامین کننده 4 و 1 نیز دیده می شود که با وجود اینکه میزان محصول نگهداری شده توسط آن‌ها تقریبا نزدیک می باشد هزینه آن‌ها تقریبا به هم نزدیک بوده و لذا می توان گفت تامین کننده 1 از نظر هزینه نگهداری شرایط به صرفه تری نسبت به تامین کننده 4 دارد.

4-4- حل مدل در ابعاد بزرگ

با توجه به اینکه روش دقیق قادر به حل مسائل تا حد مشخصی می باشد و از جایی به بعد حل مدل با کمک روش دقیق میسر نیست و در تحقیق حاضر نیز چنین اتفاقی رخ داده است لذا در ادامه از روش فراابتکاری NSGAII استفاده می شود که در فصل قبلی توضیحات لازم در خصوص آن ارائه گردید. با حل مدل در ابعاد بزرگ نتایج برخی از متغیرهای تصمیم حاصل گردیده که در این بخش تلاش می شود به صورت شماتیک ارائه شود.

**مشتری 4**

**مشتری 8**

**وسیله نقلیه 12**

**میزان بار انتقالی:139**

**مسیر 3**

**مشتری 7**

**مشتری14**

**وسیله نقلیه 15**

**میزان بار انتقالی:187**

**مسیر 5**

شکل 4-1- شماتیکی از تخصیص وسیله نقلیه و مقدار بار حمل شده از یک مشتری به مشتری دیگر

همانگونه که مشاهده می شود در شکل فوق نشان داده می شود که انتقال بهینه از یک مشتری به مشتری دیگر با کدام وسیله نقلیه، چه میزان بار انتقالی و از کدام مسیر می بایست باشد که به صورت دو نمونه دو مورد از این انتقال در شکل فوق ارائه شده است.

تولید کننده2

تولید کننده 4

تولید کننده 5

تولید کننده 3

مشتری 4

مشتری 9

مشتری 7

مشتری 5

نقلیه 14

محصول 4 : 112

وسیله نقلیه 9

محصول 5 : 121

وسیله نقلیه 3

محصول 3 : 135

وسیله نقلیه 13

محصول 2 : 101

شکل 4-2- تخصیص مشتری به تولید کننده

در شکل فوق نشان داده شده است که بهتر است کدام مشتری به کدام تولید کننده با کدام وسیله نقلیه و چه میزان محصول تخصیص یابد این کار برای ترکیب 4 تولید کننده و 4 مشتری به صورت نمونه انجام شده است تا وضعیت تخصیص روشن شود.

4-5- تحلیل حساسیت

در ادامه از تحلیل حساسیت برای بررسی واکنش مدل به تغییرات در پارامترهای مهم مسئله استفاده می شود و در پایان مشخص می شود که کدام پارامتر دارای بیشترین اثرگذاری بر کدام هدف می باشد نتایج در قالب جدول و نمودار ارائه شده است.

جدول 4-7- تحلیل حساسیت تقاضا

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **تقاضا** | **هزینه** | **زیست محیطی** | **اجتماعی** | **تغییر در هزینه** | **تغییر در زیست محیطی** | **تغییر در اجتماعی** |
| 0% | 4051600000 | 136780 | 6668 |  |  |  |
| 10% | 4066366469 | 137524 | 6735 | 0.003645 | 0.005439 | 0.010048 |
| 20% | 4083039577 | 139246 | 6876 | 0.0041 | 0.012521 | 0.020935 |
| 30% | 4101166924 | 141540 | 7101 | 0.00444 | 0.016474 | 0.032723 |
| 40% | 4120656198 | 144398 | 7378 | 0.004752 | 0.020192 | 0.039009 |
| 50% | 4141858601 | 147849 | 7739 | 0.005145 | 0.023899 | 0.048929 |

نمودار 4-10- تحلیل حساسیت تقاضا

همانگونه که مشاهده می شود تقاضا بر هر سه تابع هدف اثرگذار می باشد اما بیشترین اثرگذاری بر مسائل اجتماعی می باشد با افزایش 50 درصدی در تقاضا می توان انتظار 5 دهم درصد افزایش در هزینه را داشت که این افزایش برای مسائل زیست محیطی 2.3 درصد و برای مسائل اجتماعی نزدیک به 5 درصد است.

جدول 4-8- تحلیل حساسیت قیمت سوخت

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **قیمت سوخت** | **هزینه** | **زیست محیطی** | **اجتماعی** | **تغییر در هزینه** | **تغییر در زیست محیطی** | **تغییر در اجتماعی** |
| 0% | 4051600000 | 136780 | 6668 |  |  |  |
| 10% | 4066787251 | 137536 | 6724 | 0.003748 | 0.005527 | 0.008398 |
| 20% | 4083091121 | 138830 | 6845 | 0.004009 | 0.009408 | 0.017995 |
| 30% | 4100910837 | 140862 | 7030 | 0.004364 | 0.014637 | 0.027027 |
| 40% | 4119863853 | 143417 | 7280 | 0.004622 | 0.018138 | 0.035562 |
| 50% | 4140385283 | 146584 | 7580 | 0.004981 | 0.022082 | 0.041209 |

نمودار 4-11- تحلیل حساسیت قیمت سوخت

بر اساس نمودار فوق مشاهده می شود که قیمت سوخت می تواند هزینه را تا 5 دهم درصد افزایش دهد اما اثر آن بر مسائل زیست محیطی 2.2 درصد و بر مسائل اجتماعی اندکی بیش از 4 درصد است به عبارت دیگر افزایش قیمت سوخت می تواند منجر به بدتر شدن جواب برای هر سه هدف مورد بررسی شود.

جدول 4-9- تحلیل حساسیت نرخ دستمزد راننده

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نرخ دستمزد راننده** | **هزینه** | **زیست محیطی** | **اجتماعی** | **تغییر در هزینه** | **تغییر در زیست محیطی** | **تغییر در اجتماعی** |
| 0% | 4051600000 | 136780 | 6668 |  |  |  |
| 10% | 4066789266 | 137610 | 6764 | 0.003749 | 0.006068 | 0.014397 |
| 20% | 4083478081 | 139337 | 6915 | 0.004104 | 0.01255 | 0.022324 |
| 30% | 4102121082 | 142050 | 7148 | 0.004565 | 0.019471 | 0.033695 |
| 40% | 4121914844 | 145513 | 7477 | 0.004825 | 0.024379 | 0.046027 |
| 50% | 4143343080 | 149934 | 7891 | 0.005199 | 0.030382 | 0.05537 |

نمودار 4-12- تحلیل حساسیت نرخ دستمزد راننده

همانگونه که دیده می شود افزایش نرخ دستمزد راننده می تواند منجر به افزایش هزینه، مسائل زیست محیطی و مسائل اجتماعی شود. البته تاثیر این نرخ بر هزینه اندکی مسطح می باشد در حالیکه بر مسائل زیست محیطی و اجتماعی دارای یک ماهیت خطی می باشد به صورتی که افزایش در نرخ دستمزد راننده تا 5 دهم درصد منجر به افزایش هزینه تا 3 درصد منجر به تشدید مسائل زیست محیطی و تا 5.5 درصد منجر به تشدید مسائل اجتماعی و در نهایت بدتر شدن جواب می شود.

جدول 4-10- تحلیل حساسیت هزینه نگهداری

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **هزینه نگهداری** | **هزینه** | **زیست محیطی** | **اجتماعی** | **تغییر در هزینه** | **تغییر در زیست محیطی** | **تغییر در اجتماعی** |
| 0% | 4051600000 | 136780 | 6668 |  |  |  |
| 10% | 4066064393 | 137710 | 6755 | 0.00357 | 0.006799 | 0.013047 |
| 20% | 4081683032 | 139589 | 6901 | 0.003841 | 0.013645 | 0.021614 |
| 30% | 4098376782 | 142129 | 7135 | 0.00409 | 0.018196 | 0.033908 |
| 40% | 4116679067 | 145568 | 7448 | 0.004466 | 0.024196 | 0.043868 |
| 50% | 4136260315 | 149697 | 7845 | 0.004757 | 0.028365 | 0.053303 |

نمودار 4-13- تحلیل حساسیت هزینه نگهداری

همانگونه که دیده می شود افزایش هزینه نگهداری تا 50 درصد می تواند منجر به افزایش در هزینه مسائل زیست محیطی و مسائل اجتماعی شود که البته اثر گذاری بر مسائل زیست محیطی و اجتماعی به شکلی مشهود بیشتر است به گونه ای که اثرگذاری بر مسائل زیست محیطی تا 3 درصد و بر مسائل اجتماعی بیش از 5 درصد نشان داده می شود.

جدول 4-11- تحلیل حساسیت هزینه تاسیس

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| هزینه تاسیس | هزینه | زیست محیطی | اجتماعی | تغییر در هزینه | تغییر در زیست محیطی | تغییر در اجتماعی |
| 0% | 4051600000 | 136780 | 6668 |  |  |  |
| 10% | 4068091836 | 137748 | 6746 | 0.00407 | 0.007077 | 0.011698 |
| 20% | 4085920725 | 139474 | 6899 | 0.004383 | 0.01253 | 0.02268 |
| 30% | 4104907210 | 141844 | 7107 | 0.004647 | 0.016992 | 0.030149 |
| 40% | 4125165671 | 144939 | 7398 | 0.004935 | 0.02182 | 0.040946 |
| 50% | 4147095687 | 148778 | 7773 | 0.005316 | 0.026487 | 0.050689 |

نمودار 4-14- تحلیل حساسیت هزینه تاسیس

براساس نمودار فوق می توان دریافت که افزایش در هزینه تاسیس تا حدودی اندک موجب افزایش هزینه کل می شود اما اثر بیشتری بر مسائل زیست محیطی و مسائل اجتماعی دارد به گونه ای که تا 5 درصد منجر به افزایش و تشدید مسائل اجتماعی و تا بیش از 2.5 درصد موجب تشدید مسائل زیست محیطی می شود.

جدول 4-12- تحلیل حساسیت اثرات زیست محیطی

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **اثرات زیست محیطی** | **هزینه** | **زیست محیطی** | **اجتماعی** | **تغییر در هزینه** | **تغییر در زیست محیطی** | **تغییر در اجتماعی** |
| 0% | 4051600000 | 136780 | 6668 |  |  |  |
| 10% | 4068447746 | 137660 | 6734 | 0.004158 | 0.006434 | 0.009898 |
| 20% | 4087205125 | 139239 | 6850 | 0.00461 | 0.01147 | 0.017226 |
| 30% | 4107049184 | 141712 | 7047 | 0.004855 | 0.017761 | 0.028759 |
| 40% | 4128539572 | 145141 | 7313 | 0.005233 | 0.024197 | 0.037747 |
| 50% | 4151547540 | 149141 | 7642 | 0.005573 | 0.027559 | 0.044988 |

نمودار 4-15- تحلیل حساسیت اثرات زیست محیطی

آنچه که نمودار فوق نشان می دهد نشانگر اثری بیش از سایر پارامترها بر هزینه یعنی مقداری بیش از 5 دهم درصد می باشد که نشانگر تفاوت با مسائل قبلی است ضمن اینکه افزایش در مسائل زیست محیطی تا بیش از 2.5 درصد و در مسائل اجتماعی تا 4.5 درصد مشاهده می شود که این امر نشانگر آن است که افزایش اثرات زیست محیطی بیش از آنکه بر هزینه و مسائل زیست محیطی اثرگذار باشد بر مسائل اجتماعی اثرگذار است.

جدول 4-13- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر هزینه

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **هزینه** | **تقاضا** | **قیمت سوخت** | **نرخ دستمزد** | **هزینه نگهداری** | **هزینه تاسیس** | **اثرات زیست محیطی** |
| 10% | 0.003644602 | 0.003748 | 0.003749 | 0.00357 | 0.00407 | 0.004158 |
| 20% | 0.004100247 | 0.004009 | 0.004104 | 0.003841 | 0.004383 | 0.00461 |
| 30% | 0.00443967 | 0.004364 | 0.004565 | 0.00409 | 0.004647 | 0.004855 |
| 40% | 0.004752129 | 0.004622 | 0.004825 | 0.004466 | 0.004935 | 0.005233 |
| 50% | 0.005145395 | 0.004981 | 0.005199 | 0.004757 | 0.005316 | 0.005573 |

نمودار 4-16- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر هزینه

همانگونه که مشاهده می شود مهمترین پارامتر اثرگذار بر هزینه پارامتر اثرات زیست محیطی با مقدار 5.5 دهم درصد می باشد و پس از آن پارامتر هزینه تاسیس با 5.2 دهم درصد قرار دارد. کم اثرترین پارامتر هزینه نگهداری با 4.7 دهم درصد اثرگذاری می باشد.

جدول 4-14- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر مسائل زیست محیطی

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **مسائل زیست محیطی** | **تقاضا** | **قیمت سوخت** | **نرخ دستمزد** | **هزینه نگهداری** | **هزینه تاسیس** | **اثرات زیست محیطی** |
| 10% | 0.005439392 | 0.005527 | 0.006068 | 0.006799 | 0.007077 | 0.006434 |
| 20% | 0.012521451 | 0.009408 | 0.01255 | 0.013645 | 0.01253 | 0.01147 |
| 30% | 0.016474441 | 0.014637 | 0.019471 | 0.018196 | 0.016992 | 0.017761 |
| 40% | 0.020192172 | 0.018138 | 0.024379 | 0.024196 | 0.02182 | 0.024197 |
| 50% | 0.023899223 | 0.022082 | 0.030382 | 0.028365 | 0.026487 | 0.027559 |

نمودار 4-17- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر مسائل زیست محیطی

بر اساس نمودار فوق می توان دریافت که نرخ دستمزد دارای بیشترین اثر بر مسائل زیست محیطی است و پس از آن هزینه نگهداری و اثرات زیست محیطی با اثری بیش از 2.5 درصد اثرگذارترین پارامترها به شمار می روند. کم اثرترین پارامتر بر مسائل زیست محیطی قیمت سوخت می باشد.

جدول 4-15- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر مسائل اجتماعی

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **مسائل اجتماعی** | **تقاضا** | **قیمت سوخت** | **نرخ دستمزد** | **هزینه نگهداری** | **هزینه تاسیس** | **اثرات زیست محیطی** |
| 10% | 0.01004799 | 0.008398 | 0.014397 | 0.013047 | 0.011698 | 0.009898 |
| 20% | 0.020935412 | 0.017995 | 0.022324 | 0.021614 | 0.02268 | 0.017226 |
| 30% | 0.032722513 | 0.027027 | 0.033695 | 0.033908 | 0.030149 | 0.028759 |
| 40% | 0.03900859 | 0.035562 | 0.046027 | 0.043868 | 0.040946 | 0.037747 |
| 50% | 0.048929249 | 0.041209 | 0.05537 | 0.053303 | 0.050689 | 0.044988 |

نمودار 4-18- مقایسه اثر پارامترهای مختلف بر مسائل اجتماعی

بر اساس نمودار فوق می توان دریافت که نرخ دستمزد همچنان مهمترین پارامتر اثرگذار بر مسائل اجتماعی می باشد که اثری بیش از 5 درصد را نشان می دهد. پس از آن هزینه نگهداری با 5 درصد و هزینه تاسیس اندکی کمتر از 5 درصد قرار دارد. کم اثرترین پارامتر قیمت سوخت با اثرگذاری 4 درصدی می باشد.

4-6- تحلیل عدم قطعیت

در این بخش به تحلیل اثرگذاری افزایش عدم قطعیت در مسئله جاری پرداخته می شود و با افزایش عدم قطعیت میزان تغییر در هزینه، مسائل اجتماعی و همچنین مسائل زیست محیطی بررسی می شود نتایج در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول 4-16- تحلیل عدم قطعیت

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **افزایش عدم قطعیت** | **هزینه** | **زیست محیطی** | **اجتماعی** | **میزان تغییر در هزینه** | **میزان تغییر زیست محیطی** | **میزان تغییر اجتماعی** |
| 0% | 4051600000 | 136780 | 6668 |  |  |  |
| 25% | 4204443608 | 146862 | 6843 | 0.03772426 | 0.07371 | 0.026245 |
| 50% | 4491035945 | 171767 | 7151 | 0.06816415 | 0.169581 | 0.045009 |
| 75% | 4920159385 | 210774 | 7606 | 0.0955511 | 0.227093 | 0.063627 |
| 100% | 5456431635 | 262531 | 8208 | 0.10899489 | 0.245557 | 0.079148 |

نمودار 4-19- تحلیل عدم قطعیت

همانگونه که مشاهده می شود عدم قطعیت بیشترین اثر را بر مسائل زیست محیطی دارد که البته نشانگر یک شیب نزولی و مایل به مسطح می باشد پس از آن بیشترین اثرگذاری بر هزینه و سپس بر مسائل اجتماعی مشاهده می شود بنابراین می توان گفت مسائل اجتماعی کمترین اثر را از عدم قطعیت در مسئله جاری دریافت می کند.

4-7- جمع بندی

در این فصل مدل ارائه شده در فصل سوم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت ابتدا اعتبار سنجی مدل با حل مدل در ابعاد مختلف بررسی شد و سپس واکنش توابع هدف به این تغییرات ابعاد بررسی گردید. در ادامه مدل در ابعاد بزرگ حل شد و نتایج متغیرهای تصمیم به صورت شماتیک ارائه گردید. در نهایت تحلیل حساسیت برای 6 پارامتر صورت گرفت که نشانگر اثرگذاری هر شش پارامتر بر مسئله بود که به طور یکسان بیشترین اثرگذاری بر تابع اجتماعی و کمترین اثرگذاری بر تابع هزینه بود و البته مسائل زیست محیطی در یک وضعیت بینابینی قرار داشت. ضمن اینکه عدم قطعیت منجر به بدتر شدن جواب در خصوص هدف زیست محیطی و سپس اهداف هزینه و مسائل اجتماعی می شود. در فصل پنجم به تبیین نتایج تحقیق پرداخته می شود.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

5-1- مقدمه

در این فصل نتایج و یافته های تحقیق تشریح می شود. در ابتدا روش انجام کار تشریح شده و سپس تبیین نتایج بر اساس یافته های فصل چهارم صورت می گیرد و در نهایت پیشنهادات تحقیق ارائه می گردد.

5-2- روش انجام کار

هدف تحقیق حاضر ارائه یک مدل ریاضی چندهدفه برای مکان­یابی- موجودی- مسیریابی محصولات فاسد شدنی با در نظر گرفتن عوامل پایداری در زنجیره تامین بود. برای این منظور ابتدا مطالعات کتابخانه ای صورت گرفت و بر اساس مطالعات انجام شده شکاف تحقیقاتی استخراج شد. در ادامه بر اساس شکاف تحقیقاتی نواوری تعیین شده و سپس مفروضات متغیرها بر اساس نواوری تعریف گردید. بر اساس مفروضات تحقیق، یک مدل برنامه ریزی ریاضی چند هدفه برای مکانیابی موجودی و مسیریابی محصولات فساد پذیر طراحی شد که هدف اول حداقل سازی هزینه، هدف دوم حداقل سازی مسائل زیست محیطی و هدف سوم حداقل سازی مسائل اجتماعی بود در واقع مدل بر اساس اصول پایداری و در نظر گرفتن این سه هدف طراحی شد. سپس مدل با حل آن به وسیله روش دقیق مورد اعتبار سنجی قرار گرفت که با توجه به افزایش مقادیر و زمان محاسبه با افزایش ابعاد اعتبار مدل تائید شد و سپس با استفاده از الگوریتم NSGAII مدل در ابعاد بزرگ حل شد.

5-3- تبیین نتایج

تبیین نتایج در تحقیق حاضر بر اساس تحلیل حساسیت صورت می گیرد. نتیجه تحلیل حساسیت نشان داد که پارامترهای مورد بررسی بیش از همه بر میزان هدر رفت محصول و در واقع مسائل اجتماعی اثرگذار می باشند و پس از آن بر مسائل زیست محیطی و این در حالی است که کمترین اثر را بر هزینه دارا می باشند. اما در خصوص اثر پارامترهای مختلف می توان گفت اثرات زیست محیطی دارای بیشترین اثر بر هزینه می باشند و بیش از همه بر سیستم هزینه تحمیل می کنند این در حالی است که هزینه تاسیس رتبه دوم را داشته و دلیل آن می تواند این باشد که افزایش تاسیس موجب کاهش تاسیس تسهیلات شده و همین امر می تواند تحقق تقاضا را دچار مشکل کرده و لذا هزینه سیستم افزایش یابد. در خصوص مسائل زیست محیطی نیز اثرات زیست محیطی باعث افزایش هزینه تولید شده و لذا مشکلاتی را برای تولید کننده به وجود می آورد که به تبع آن منجر به افزایش هزینه می شود. نرخ دستمزد نیز رتبه سوم را در بین پارامترهای اثرگذار بر هزینه دارد که البته در خصوص اهداف بعدی رتبه اول به آن تخصیص می یابد.

در خصوص مسائل زیست محیطی به نظر می رسد که اثرگذارترین پارامتر نرخ دستمزد باشد چرا که افزایش نرخ دستمزد می تواند تخصیص نیروی کار را برای تولید کنندگان مشکل ساخته و این امر می تواند موجب تشدید مسائل زیست محیطی شود. به طور طبیعی محدودیت منابع می تواند منجر به تشدید مسائل زیست محیطی گردد. همچنین افزایش هزینه نگهداری نیز پارامتر اثرگذار دیگری بر مسائل زیست محیطی می باشد که به دلیل روی آوردن به انبارهای سرد با تجهیزات ناقص و پر مصرف می توان انتظار افزایش مسائل زیست محیطی را داشت.

اما در خصوص مسائل اجتماعی همچنان نرخ دستمزد اثرگذارترین عامل است که افزایش نرخ دستمزد می تواند باعث کاهش استخدام نیروی کار و همچنین افزایش هدر رفت محصولات به دلیل استفاده از نیروی کار کم هزینه و غیر ماهر شود. این در واقع تبیینی است که می تواند با کمک آن اثر نرخ دستمزد بر مسائل اجتماعی را تبیین نمود. هزینه نگهداری نیز به دلیل روی آوردن به انبارهای فاقد سردخانه های مجهز منتج به افزایش هدر رفت شده و لذا مسائل اجتماعی به این واسطه تشدید می شود. در مورد هزینه تاسیس نیز باید گفت افزایش هزینه تاسیس باعث کاهش تولید کنندگان و در نهایت کارائی کل و افزایش هدر رفت محصولات فساد پذیر خواهد شد.

5-4- پیشنهادات

در این بخش پیشنهادات برای تحقیق آتی ارائه می گردد.

1. توسعه مدل به یک زنجیره تامین فساد پذیر پایدار سبز
2. توسعه مدل به یک زنجیره تامین فساد پذیر پایدار تاب آور
3. استفاده از الگوریتم های فراابتکاری مختلف برای حل مدل
4. در نظر گرفتن عدم قطعیت در پارامترهای مختلف مسئله غیر از تقاضا

منابع

منابع فارسی

1. اسدزاده، ز، پسندیده، ح، ر، 1396، مدلسازی و بهینه سازی یک سیستم کنترل موجودی یک دوره ایی با محدودیتهای تصادفی در حالتهای پس افت و فروش از دست رفته، مهندسی صنایع و مدیریت شریف، دوره 1-33، شماره 2/1، ص 121 تا 128.
2. اسدی، ا، سمندری، س، جاران، س، 1395، کارائی توابع توزیع احتمال ترکیبی در مدلسازی توزیع باد، اولین همایش ملی بررسی چالشها و راهکارهای مهندسی و مدیریتی دریاچه ارومیه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان.
3. تیموری، ا، ابوترابیان، ف، بابایی، م.ح، 1396، ارائه یک الگوریتم ترکیبی برای حل مساله مکان یابی- مسیریابی- موجودی دو هدفه در زنجیره تامین با فرض وجود تقاضای تصادفی، نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره 51، شماره 2، تابستان 1396
4. جعفرنژاد، ا، اسدیان اردکانی، ف، مروتی شریف آبادی، ع، 1392، کتاب مباحث منتخب در زنجیره تامین، تهران، موسسه کتاب مهربان نشر.
5. حاجیان، س، افشار کاظمی، م.ح، سید حسینی، س.م، طلوعی اشلقی،ع، 1399، ارائه مدل تصادفی مکان یابی- مسیریابی- موجودی فسادپذیر با در نظر گرفتن کمبود و زمان حمل، پژوهش های مدیریت منابع سازمانی، دوره 10، شماره 1، بهار 1399
6. حسینی نسب، ح، صدیقی، ع، 1394، توسعه مدل یکپارچه برای بررسی همزمان مکان یابی مسیریابی وسائل حمل ونقل و کنترل موجودی دریک زنجیره تأمین دورده ای، مجله علمی- پژوهشی سیاست گذاری اقتصادی، دوره 7، شماره 14، ص 105 تا 127.
7. حسینی، س، م، خلجی علیایی، س، 1394، مدل سازی ریاضی مسئله مکان یابی- مسیریابی با در نظر گرفتن ظرفیت، تنوع و محدودیت تردد وسایل حمل و نقل و توسعه یک مدل حل مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچگان، نشریه پژوهش های مهندسی صنایع در سیستم های تولید، دوره 3، شماره 5، ص 91 تا 105
8. دوستکام، ر، کریمی فیروزجایی، ع، 1394، تحلیل و بهینه سازی سیستم موجودی در یک سامانه تولیدی خدمت سفارشی، کنفرانس بین المللی مدیریت و مهندسی صنایع، تهران.
9. دهقان، م، 1394، ترکیب مکان یابی و مسیریابی و موجودی در طراحی شبکه های طنجیره تامین سبز، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم تهران.
10. رفیعی مجد، ز، پسندیده، س.ح.ر، 1399، بررسی مساله موجودی- مکان یابی- مسیریابی چندهدفه برای کالاهای فاسدشدنی و در شرایط وجود چند تامین کننده با استفاده از رویکرد سناریو محور، فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی ، سال هجدهم، شماره 56، بهار 1399
11. زندی، آ زندی، ف، روغنیان، ع، 1390، بهینه سازی سیستم موجودی دو سطحی با تقاضای غیر قطعی، چهارمین کنفرانس بین المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات، دانشگاه گیلان.
12. سبطی اسماعیل پور، د.س، رضایی کلج، س، 1396، بهینه سازی مدیریت موجودی قطعات یدکی، مطالعه موردی مجتمع صنعتی ماموت، نخستین کنفرانس ملی علوم مدیریتی ایران، تهران.
13. ستاک، م، علی اصغری، ز، 1391، مسئله یکپارچه مکان یابی مسیریابی موجودی با امکان پاسخگویی به برخی مشتریان، هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، تهران.
14. سعیدی شوق، ی، احمدی، ا، رمضانی، س، 1394، بهینه سازی ترکیبی موجودی قطعات یدکی و فعالیتهای نگهداری و تعمیرات، فصلنامه علمی ترویجی مدیریت زنجیره تامین، دوره 17، شماره 49، ص 36 تا 53.
15. صفری، س، 1393، بهینه سازی مسئله مکان یابی – مسیریابی – موجودی با وجود محدودیت انبار، محدودیت بودجه و ناوگان حمل ونقل ناهمگن با استفاده از روش های فراابتکاری، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم تهران.
16. طایی، ا، 1391، مسئله مکان یابی – مسیریابی – موجودی با در نظر گرفتن کالاهای فاسد شدنی، پایان نامه کارشناسی ارشد وزارت علوم، تحقیقات و فناوری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
17. عطائی، ا، صادقیان، ر، حامدی، م ، 1399، ارائه یک مدل چندهدفه یکپارچه برای مکان یابی- مسیریابی و موجودی تسهیلات امدادی با در نظر گرفتن چند مد حمل و نقل و تور پوششی، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل - سال هفدهم، دوره دوم، شماره 63 تابستان 99.
18. قاسمی، ا، آقایی، ع، سروری، ر، 1392، مدیریت زنجیره تأمین پایدار از نظریه تا مدل سازی، مجموعه مقالات نخستین همایش ملی مهندسی صنایع و مدیریت، تهران.
19. محمودی، ب، نجفی، م، 1396، مدیریت موجودی بانک خون بیمارستان با تقاضای غیر قطعی، دهمین کنفرانس بین المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات، بابلسر.
20. محجوب نیا، م، دبیری، ن، بزرگی امیری، ع، 1396، ارائه مدل جدید مکان یابی- مسیریابی- موجودی سبز تحت عدم قطعیت، نشریه پژوهش های مهندسی صنایع در سیستم های تولید- سال پنجم، شماره 10 بهار و تابستان 96 صفحات 115-99.
21. نادی زاده، ع، 1393، توسعه مدلی جهت مسئله مکان یابی – مسیریابی وسایل نقلیه در زنجیره تامین در حالت پویا با رویکرد عدم قطعیت، پایان نامه کارشناسی ارشد وزارت علوم، تحقیقات و فناوری دانشگاه یزد.
22. وحدانی، ب، طاهروردی، م.ح ، 1398، ارائه یک مدل برنامه ریزی چندهدفه برای مساله مکان یابی- موجودی- مسیریابی در یک شبکه زنجیره تامین چندسطحی با در نظر گرفتن حداکثر پوشش، فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی- سال هفدهم، شماره 52 بهار 98 صفحات 286-239.

منابع لاتین

1. Abdini, R, 1396, Effective Practices in Maintenance in Naj Rezaie H, provides a method for optimizing inventory levels for spare parts for commercial aircraft by distributing unpredictable and definite demand [dissertation]. Iran, Tehran University.
2. Ahmadi Javid, A, Azad, N, 2016, Incorporating location, routing and inventory decisions in supply chain network design, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 46, No. 5, pp. 582-597.
3. Ahmadi-Javid, A, Seddighi, A. H, 2012, A location-routing-inventory model for designing multisource distribution networks, Engineering Optimization, Vol. 44, No. 6, pp. 637-656.
4. Alavi kia A, Taghavi fard M, Amiri, M, Azimi, P, 1397, Developing a Quantitiative model for optimization and Reducing the Imoact of fuzzy multi-product supply three level supply chain. Quartery Jornal of Business Research, No.89, pp. 59-88
5. Andiç, E, Yurt, Ö, Baltacıoğlu, T, 2012, Green supply chains: Efforts and potential applications for the Turkish market. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 58, pp. 50-68.
6. Arampantzi, C, and Minis, I, 2017, A new model for designing sustainable supply chainnetworks and its application to a global manufacturer, Journal of Cleaner Production, No. 156, pp. 276-292.
7. Asadi R, 1389, Design of system for ordering a combination of vehicle parts in a two-level chain, case study: sapco co [dissertation]. Tehran Iran: Tarbiat modaress univ.
8. Aijun Liu;Qiuyun Zhu;Lei Xu;Qiang Lu;Youqing Fan; (2021). Sustainable supply chain management for perishable products in emerging markets: An integrated location-inventory-routing model . Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, (), –. doi:10.1016/j.tre.2021.102319
9. Croston, J. D, 1972, Forecasting and stock control for intermittent demands. Operational Research Quarterly, Vol. 23, No. 3, pp. 289–303.
10. Dai, Z, Aqlan, F, Zheng, X, Gao, K, 2018, A location-inventory supply chain network model using two heuristic algorithms for perishable products with fuzzy constraints, Computers & Industrial Engineering, No. 119, pp. 338-352.
11. Darom, N. A, Hishamuddin, H, Ramli, R, Nopiah, Z. M, 2018, An inventory model of supply chain disruption recovery with safety stock and carbon emission consideration, Journal of Cleaner Production, No. 197, pp. 1011-1021.
12. de Almeida, A. T, 2001, Multicriteria decision making on maintenance: spares and contracts planning, European Journal of Operational Research, Vol. 129, No. 2, pp. 235-241.
13. Deng, X, Yang, X, Zhang, Y, Li, Y, Lu, Z, 2019, Risk propagation mechanisms and risk management strategies for a sustainable perishable products supply chain. Computers & Industrial Engineering, No. 135, pp. 1175-1187.
14. Eaves, A. H, Kingsman, B. G, 2004, Forecasting for the ordering and stock-holding of spare parts. Journal of the Operational Research Society, Vol. 55, No. 4, pp. 431–437.
15. Esmael pur, D, Rezaie Kalg, S, 2017, Optimize inventory management of spare parts (case study Mammoth Industrial Complex). The first National Conference of Iranian management.
16. Flores B. E, Whybark, D. C, 1987, Implementing multiple criteria ABC analysis, Journal of Operations Management, Vol. 7, No. 1-2, pp. 79-85.
17. Fontaine, M.J, Jurado, C, Miller, E, Viele, M, Goodnough, L.T, 2010, Blood components, Vol. 50, , pp. 1685–1689.
18. Foul, A, Djemili, S, Tadj, L, 2007, Optimal and self-tuning optimal control of a periodic-review hybrid production inventory system, Nonlinear Analysis: Hybrid Systems, Vol. 1, No. 1, pp. 68–80.
19. Gajpal, P. P, Ganesh, L. S, Rajendran, C, 1994, Criticality analysis of spare parts using the analytic hierarchy process, International Journal of Production Economics, Vol. 35, No. 1-3, pp. 293-297.
20. Ghobbar, A. AFriend, C. H, 2003, Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model, Computers & Operations Research, Vol. 30, No. 14, pp. 2097–2114.
21. Hajian, S, Afshar Kazemi, M. A, Seyed Hosseini, S. M, Toloie, A, 2019, Developing a Multi-Objective Model for Locating-Routing-Inventory Problem in a Multi-Period and Multi-Product Green Closed-Loop Supply Chain Network for Perishable Products, Industrial Management Journal, Vol. 11, No. 1, pp. 83-110.
22. Hiassat, A, Diabat, A, Rahwan, I, 2017, A genetic algorithm approach for location-inventory-routing problem with perishable products, Journal of Manufacturing Systems, No. 42, pp. 93-103.
23. Ignaciuk, P, Bartoszewicz, A, 2010, Linearquadratic optimal control strategy for periodic-review inventory systems, Automatica, Vol. 46, No. 12, pp. 1982–1993.
24. Karakostas, P, Sifaleras, A, Georgiadis, M. C, 2019, A general variable neighborhood search-based solution approach for the location-inventory-routing problem with distribution outsourcing, Computers & Chemical Engineering, No. 126, pp. 263-279.
25. Kennedy, W. J, Patterson, J. W, Fredendall, L. D, 2002, An overview of recent literature on spare parts inventories, International Journal of production economics, Vol. 76, No. 2, pp. 201-215.
26. Krever, M, Wunderink, S, Dekker, R, Schorr, B, 2005. Inventory control based on advanced probability theory, an application, European Journal of Operational Research, Vol. 162, No. 2, pp. 342–358.
27. Leonie marguerite johannsmann, 2017, Optimized spare parts inventory management for military deployment,helmut Schmidt universitat.
28. Li, R, Lan, H, Mawhinney, J. R, 2010, A review on deteriorating inventory study. Journal of Service Science and Management, Vol. 3, No. 1, p. 117.
29. Liying SongZhengqiang Wu ; An integrated approach for optimizing location-inventory and location-inventory-routing problem for perishable products(2022) , International Journal of Transportation Science and Technology , <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.02.002>
30. Mani, V, Jabbour, C. J. C, Mani, K. T, 2020, Supply chain social sustainability in small and medium manufacturing enterprises and firms’ performance: Empirical evidence from an emerging Asian economy, International Journal of Production Economics, No. 227, p. 107656.
31. Minner, S, Kleber, R, 2001, Optimal control of production and remanufacturing in a simple recovery model with linear cost functions, OR Spektrum, Vol. 23, No. 1, pp. 3–24.
32. Mirzaei, S, Seifi, A, 2015, Considering lost sale in inventory routing problems for perishable goods, Computers & Industrial Engineering, No. 87, pp. 213-227.
33. Mohammed, F, Selim, S. Z, Hassan, A, Syed, M. N, 2017, Multi-period planning of closed-loop supply chain with carbon policies under uncertainty, Transportation Research Part D: Transport and Environment, No. 51, pp. 146-172.
34. [Moon](https://pubsonline.informs.org/action/doSearch?text1=Moon%2C+Seongmin&field1=Contrib), D,  [Kim](https://pubsonline.informs.org/action/doSearch?text1=Kim%2C+Ui+Jun&field1=Contrib), U. J, 2016, The Development of a Concurrent Spare-Parts Optimization Model for Weapon Systems in the South Korean Military Forces, Interfaces, Vol. 47, No. 2, pp. 122-136.
35. [Moon](https://pubsonline.informs.org/action/doSearch?text1=Moon%2C+Seongmin&field1=Contrib), D,  [Kim](https://pubsonline.informs.org/action/doSearch?text1=Kim%2C+Ui+Jun&field1=Contrib), U. J, 2017, Optimizing concurrent spare parts inventory levels for warships under dynamic conditions, Industrial Engineering and Management Systems, Vol. 16, No. 1, pp. 52-63.
36. Moradi, S.H, Mozafari, M, 2018, Applied Modeling of the Controller of Inventory and supply chain with its Approaches, Confference ON Accounting and Management 9th Sep 2018.
37. Nambirajan, R, Mendoza, A, Pazhani, S, Narendran, T. T, Ganesh, K, 2020, CAR: heuristics for the inventory routing problem, Wireless Networks, Vol. 26, No. 8, pp. 5783-5808.
38. Nekooghadirli, N, Tavakkoli-Moghaddam, R, Ghezavati, V. R, Javanmard, S, 2014, Solving a new bi-objective location-routing-inventory problem in a distribution network by meta-heuristics, Computers & Industrial Engineering, No. 76, pp. 204-221.
39. Nunes, J. D, Silva, P, Andrade, L, Gaspar, P, 2016, Key points on the energy sustainable development of the food industry - Case study of the Portuguese sausages industry, Renewable and Sustainable Energy Reviews, No. 57, pp. 393-411.
40. Rafie-Majd, Z, Pasandideh, S. H. R, Naderi, B, 2018, Modelling and solving the integrated inventory-location-routing problem in a multi-period and multi-perishable product supply chain with uncertainty: Lagrangian relaxation algorithm, Computers & chemical engineering, No. 109, pp. 9-22.
41. Ramanathan, R, 2006, ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization, Computers & operations research, Vol. 33, No. 3, pp. 695-700.
42. Razavi, H, Amiry, M, Saife barghy, M, Olfat, L, 1392, Application 0f response level methodology in optimizing a three-level inventory system. Production and Operation Management, Vol. 7, No 2.
43. Reesink, H.W, Davis, K, Wong, J, Schwartz, D.W.M, Mayr, W.R, Devine, D. V, Georgsen, J, Chiaroni, J, Ferrera, V, Roubinet, F, Lin, C.K, Donovan, B.O, Fitzgerald, J.M, Raspollini, E, Villa, S, Rebulla, P, Makino, S, Gounder, D, Säfwenberg, J, Murphy, M.F, Staves, J, Milkins, C, Mercado, T.C, Illoh, O.C., Panzer, S, 2013, The use of the electronic ( computer ) cross-match, pp. 350–364.
44. Regattieri, A, Gamberini, M, Manzini, R, 2005, Managing lumpy demand for aircraft spare parts. Journal of Air Transport Management, Vol. 11, No. 6, pp. 426–431.
45. Roda, I, Macchi, M, Fumagalli, L, Viveros, P, 2014, A review of multi-criteria classification of spare parts: From literature analysis to industrial evidences, Journal of Manufacturing Technology Management. Vol. 25, No. 4, pp. 528–549.
46. Reza Shahabi-Shahmiri;Sobhan Asian;Reza Tavakkoli-Moghaddam;Seyed Meysam Mousavi;Mohsen Rajabzadeh; (2021). A routing and scheduling problem for cross-docking networks with perishable products, heterogeneous vehicles and split delivery . Computers &amp; Industrial Engineering, (), –. doi:10.1016/j.cie.2021.107299
47. Sabbaghnia, A, Taleizadeh, A. A, 2021, Quality, buyback and technology licensing considerations in a two-period manufacturing–remanufacturing system: a closed-loop and sustainable supply chain, International Journal of Systems Science: Operations & Logistics, Vol. 8, No. 2, pp. 167-184.
48. Sadeghian, R, 2011, Continuous materials requirements planning (CMRP) approach when order type is lot for lot and safety stock is zero and its applications, Applied Soft Computing, Vol. 11, No. 8, pp. 5621–5629
49. Saraeenia, E, Iranzadeh, S, Taghizadeh, H, Bagherzadeh, M, 2017, Creating model for study impact of sustainable providence on supply chain strategic integration with value creation (Case Study in Iran Khodro CO.), Journal of Management Future Research, Vol. 28, No. 109, pp. 25-39.
50. Saragih, N. I, Bahagia, N, & Syabri, I, 2018, A heuristic method for location-inventory-routing problem in a three-echelon supply chain system, Computers & Industrial Engineering, No. 127, pp. 875-886.
51. Sazvar, Z, Sepehri, M, 2020, An integrated replenishment-recruitment policy in a sustainable retailing system for deteriorating products, Socio-Economic Planning Sciences, No. 69, p. 100686.
52. Sethi, S. P., Thompson, G. L., 1981, Optimal Control Theory Applications to Management Science, Boston, Nijhoff.
53. Shafaie. J, 1390, Dynamic dynamics of wattersheds using Vensim model and genetic programming [dissertation], Tabriz university.
54. Shafie, M, Azimy, A, 1394, Demand forecasting in the supply chain using machine learning algorithms (Case Study in Iran Khodro CO.), Engineering Modeling Magazine, Thirteenth year, No 41.
55. Shamayleh, A, Hariga, M, As'ad, R, Diabat, A, 2019, ʻEconomic and environmental models for cold products with time varying demand, Journal of Cleaner Production, No. 212, pp. 847-863.
56. Sherbrooke, C. C, 1968, METRIC: A multi-echelon technique for recoverable item control. Operations research, Vol. 16, No. 1, pp. 122-141.
57. Singh, R, Luthra, S, Mangla, S, Uniyal, S, 2019, Applications of information and communication technology for sustainable growth of SMEs in India food industry, Resources, Conservation and Recycling, No. 147, pp. 10-18.
58. Slack, N, Johnston, R, Brandon-Jones, A, 2011, Essentials of operations management, Ref-erenced on 20.03.2019, URL: <https://ebookcentral-proquest-com.lib-proxy.aalto.fi/lib/aalto-ebooks/reader.action?docID=5138778>
59. Stanger, S.H. W, Wilding, R, Yates, N, Cotton, S, 2012, What drives perishable inventory management performance? Lessons learnt from the UK blood supply chain, Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 17, No. 2, pp. 107–23.
60. Stanger, S.H.W, Yates, N, Wilding, R, Cotton, S, 2012, Blood Inventory Management: Hospital Best Practice, Transfusion Medicine Reviews, Vol. 26, No. 2, pp. 153–63.
61. Taleizadeh, A, Salehi, A, 1394, Possible inventory control model under the policy of purchasing credit.Industrial Engineering Journal, Vol. 49, No 1, pp. 69-78.
62. Taleizadeh, A, Soleymanfar, V, Govindan, K, 2018, Sustainable economic production quantity models for inventory systems with shortage, Journal of Cleaner Production, No. 174, pp. 1011- 1020.
63. Taleizadeh, A. A, Zamani-Dehkordi, N, 2017, Optimizing setup cost in (R, T) inventory system model with imperfect production process, quality improvement, and partial backordering. Journal of Remanufacturing, Vol. 7, No. 2, pp. 199-215.
64. Tavakkoli -Moghaddam, R, Foruzanfar, F, Ebrahimnejad, A, 2016, Incorporating location, routing, and inventory decisions in a bi -objective supply chain design problem with risk-pooling, Journal of Industrial Engineering International, pp. 9-19.
65. Teimoury, E, Hashemiolia, H, 1387, Use system dynamics in the analysis, analysis and improvement of the supply chain of spare parts company iran khodro. Quartery Jornal of Business Research, No.49, pp. 199-221.
66. Teimoury, E., Farahani, M. M. E, 1388, A Model for Spare parts' Demand Forecasting Based on Reliability, Operational Environment and Failure Interaction of Parts. International Journal of Industrial Engineering & Production Management, Vol. 20, No. 1, pp. 55-64.
67. Tiwari, S, Daryanto, Y, Wee, H. M, 2018, Sustainable inventory management with deteriorating and imperfect quality items considering carbon emission, Journal of Cleaner Production, No. 192, pp. 281-292.
68. Torabi F, 1393, Simultaneous optimization of spare parts inventory, maintenance and repair based on status monitoring and production planning [dissertation]. Esfehan Iran, Industrial univ.
69. Valderrama, C, González, E, Pimentel, B, Véjar, A, Bustos, L, 2020, Designing an environmental supply chain network in the mining industry to reduce carbon emissions, Journal of Cleaner Production, No. 254, p. 119688.
70. Williams, G, 2016, Inventory optimization of usmc uniforms through reverse logistics, Texas A and M Univ College Station.
71. Yang X., Ma, H, Zhang D, 2013, Research into ILRIP for Logistics Distribution Network of Deteriorating Item Based on JITD, Information Computing and Applications, No. 105, pp. 152-160.
72. Yavari, M, Geraeli, M, 2019, Heuristics method for robust optimization model for green closed-loop supply chain network design of perishable goods, Journal of Cleaner Production, No. 226, pp. 282-305.
73. Zavashkiani, A, Azadghan, R, Rabiee, M, 1394, Warehouse management and spare parts, Aryana GHalam.
74. Zhang, Y, Qi, M, Miao, L, Liu, E, 2014, Hybrid metaheuristic solutions to inventory location routing problem, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, No. 70, pp. 305-323.
75. Zhou, W. Q, Chen, L, Ge, H. M, 2013, A multi-product multi-echelon inventory control model with joint replenishment strategy, Applied Mathematical Modelling, Vol. 37, No. 4, pp. 2039-2050.
76. Zhu, Q, Sarkis, J, 2006, An inter-sectoral comparison of green supply chain management in China: drivers and practices. Journal of cleaner production, Vol. 14, No. 5, pp. 472-486.

Abstract

Location-inventory-routing problem is considered as one of the widely used problems in designing supply chain networks for making improvements, cost reduction, and heightened competitive power. Due to products’ particular characteristics, this problem has gained significance in perishable goods’ supply chain, because of imposition of not only sale costs as a result of untimely demand supply, but also the costs originating from product maintenance, lowered quality and perished products. Thus, the main purpose of the present study is to present a multi-objective mathematical planning location, routing, and inventory problem for perishable products. The first objective of this model is to minimize logistic and maintenance costs; its second objective is to minimize environmental impacts; and, finally its third objective is to minimize product waste. Precise validation approach using MATLAB Software suggests that any increase in model dimensions would lead to higher calculated values and calculation time. For uncertainty in demand, a robust mixed integer programming model is presented. finally, using NSGA II meta-heuristic algorithm, the model has been developed The findings illustrate the fact that the investigated parameters are mostly effective in controlling product waste (i.e. social dimension) and preventing environmental issues; that’s while it accompanies the least impact on economic costs.

1. Supply Chain [↑](#footnote-ref-1)
2. Sustainale Supply Chain [↑](#footnote-ref-2)
3. Zhu et al [↑](#footnote-ref-3)
4. Andic [↑](#footnote-ref-4)
5. Green Supply Chain Management [↑](#footnote-ref-5)
6. Nunes et al [↑](#footnote-ref-6)
7. Singh et al [↑](#footnote-ref-7)
8. Sazvar [↑](#footnote-ref-8)
9. Sepehri [↑](#footnote-ref-9)
10. Deng et al [↑](#footnote-ref-10)
11. Sabbaghnia [↑](#footnote-ref-11)
12. Taleizadeh [↑](#footnote-ref-12)
13. Valderrama et al [↑](#footnote-ref-13)
14. Mani [↑](#footnote-ref-14)
15. Shamayleh [↑](#footnote-ref-15)
16. Darom [↑](#footnote-ref-16)
17. Tiwari [↑](#footnote-ref-17)
18. Yavari [↑](#footnote-ref-18)
19. Geraeli [↑](#footnote-ref-19)
20. Location-Routing-Inventory Problem [↑](#footnote-ref-20)
21. Ahmadi [↑](#footnote-ref-21)
22. Seddighi [↑](#footnote-ref-22)
23. Li and Mawhinney [↑](#footnote-ref-23)
24. Yang [↑](#footnote-ref-24)
25. Arampantzi and Minis [↑](#footnote-ref-25)
26. Mohammed [↑](#footnote-ref-26)
27. Location-Routing Problem [↑](#footnote-ref-27)
28. Mirzaei [↑](#footnote-ref-28)
29. seifi [↑](#footnote-ref-29)
30. Tavakkoli-Moghaddam [↑](#footnote-ref-30)
31. Zhang [↑](#footnote-ref-31)
32. Hiassat [↑](#footnote-ref-32)
33. Ahmadi Javid [↑](#footnote-ref-33)
34. Azad [↑](#footnote-ref-34)
35. Saragih [↑](#footnote-ref-35)
36. Rafie-Majd [↑](#footnote-ref-36)
37. Dai [↑](#footnote-ref-37)
38. Karakostas [↑](#footnote-ref-38)
39. Hajian [↑](#footnote-ref-39)
40. Nambirajan et al [↑](#footnote-ref-40)
41. Shahabi et al [↑](#footnote-ref-41)
42. Liying Song Zhengqiang Wu [↑](#footnote-ref-42)
43. Aijun Liu et al [↑](#footnote-ref-43)
44. Hajian et al [↑](#footnote-ref-44)
45. vahdani [↑](#footnote-ref-45)
46. Taherverdi [↑](#footnote-ref-46)
47. Ataei et all [↑](#footnote-ref-47)
48. Mahjob nia et all [↑](#footnote-ref-48)
49. Teimouri et all [↑](#footnote-ref-49)
50. Rafie-Majd & Pasandideh [↑](#footnote-ref-50)
51. Arithmetic [↑](#footnote-ref-51)
52. Mitchel [↑](#footnote-ref-52)