



مکان یابی و مسیریابی زنجیره تأمین پایدار در فروشگاه های آنلاین

حسین فیروزی

معاونت مهندسی خودروسازی سایپا سیتروئن

جواد رضائیان (نویسنده مسؤل)

دانشیار مدیریت صنعتی، دانشگاه علوم و فنون مازندران

Email: j.rezaeian@ustmb.ac.ir

علیرضا رشیدی کمیجان

استادیار مهندسی صنایع، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران

محمد مهدی موحدی

دانشیار مهندسی صنایع، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱ * تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۹

چکیده

یکی از مهم ترین مشکلات شرکت های توزیع (بالاخص فروشگاه های آنلاین بزرگ)، طراحی موقعیت بازرانها، مسیریابی وسایل نقلیه و بهینه سازی شبکه توزیع تأمین است. در این پژوهش به مکان یابی مراکز توزیع فروشگاه آنلاین دیجی کالا پرداخته شده است. یک مسأله مکان یابی - مسیریابی چندهدفه با در نظر گرفتن اصل پایداری و محدودیت زمانی با روش های فراابتکاری توسعه داده شده است. براساس نتایج مدل پیشنهادی اثر تقاضا بر سه هدف زمان، هزینه و مسائل زیست محیطی و اجتماعی بررسی گردید و نشان داده شد که اگر تقاضا افزایش یابد اثر بیشتر بر زمان به وجود می آید. به عبارت دیگر افزایش تقاضا می تواند خلل هایی را ایجاد کند که در نتیجه آن زمان تحویل افزایش یافته و لذا این امر می تواند در بلندمدت منجر به نارضایتی مشتری شود. افزایش میزان اشتغال نیز منجر به بهتر شدن مسائل زیست محیطی می شود اما اثری بر هزینه و زمان ندارد. همچنین هزینه حمل کالا اثری بر مسائل زیست محیطی و زمان ندارد اما منجر به افزایش هزینه می شود.

کلمات کلیدی: اسلات زمانی، زنجیره تأمین پایدار، فروشگاه آنلاین، مسیریابی، مکان یابی.

۱- مقدمه

امروزه مدیریت جریان کالا و ارسال آن به مشتریان، بیش از گذشته، پیچیده و مهم شده است (Musa, Arnaout & Jung, 2010; Formentini, 2021). تنوع محصولات و افزایش سطح انتظارات مشتریان در کنار پیدایش فناوری‌های جدید در حوزه توزیع باعث شده است تا سیستم توزیع به خصوص برای بنگاه‌های کوچک و متوسط به دلیل محدودیت‌های بودجه‌ای و فنی به صورت یک چالش اساسی تبدیل شود. در این راستا یکی از مهم‌ترین مسائلی که توجه بیشتر سازمان‌ها را به خود جلب کرده است طراحی و ایجاد شبکه زنجیره تأمین کارا و کم هزینه و چالاک است. بنگاه‌ها مجبور هستند در زنجیره‌های تأمینی که قدرت اصلی آن در دست مشتریان است به حیات خود ادامه داده و رشد کنند. بدین سبب، لازم است که مدیران با آینده‌نگری مناسب در برخورد با اتفاقات و پیشامدهای آینده برخوردی فعالانه و تصمیماتی صحیح اتخاذ نمایند. هدف پژوهش حاضر، تعیین تعداد و موقعیت تسهیلات، نقش، ظرفیت و تخصیص آنها به منابع و نحوه ذخیره‌سازی و تعیین میزان حمل کالاهای مختلف از مبادی گوناگون به مقاصد متفاوت در شبکه توزیع می‌باشد (Musa, Arnaout & Jung, 2010). در این مساله کلیه این مجهولات بایستی به گونه‌ای تعیین شوند که تقاضای تمامی مشتریان با کمترین هزینه و با توجه به محدودیت‌های موجود، برآورده گردد. یک طراحی مناسب شبکه زنجیره تأمین منجر به دستیابی به یک ساختار بهینه می‌شود که این امر مدیریت موثر و رقابتی زنجیره تأمین را امکان‌پذیر می‌نماید (Ali Ahmadi & Nahaie, 2007). قابل ذکر است که در تفکر سنتی مدیریت زنجیره تأمین، برای هر کانال فروش، مکانیزم‌های توزیع جداگانه‌ای تعریف و برقرار می‌شد. امروزه، شرکت‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که این تفکر باعث افزایش هزینه‌های نگهداری موجودی، نیروی کار و خدمات لجستیکی می‌شود. در تفکر امروزی، شرکت‌ها اقدام به ترکیب موجودی‌ها در یک مرکز توزیع واحد و مدیریت جریان‌های کاری مختلف داخل آن مرکز توزیع جهت هدایت هر کانال فروش می‌نمایند.

از طرفی افزایش هزینه‌های حمل و نقل در سالیان آتی محرز بوده و با توجه به بالا بودن سهم هزینه‌های حمل و نقل در کل هزینه‌های زنجیره تأمین، بایستی در طراحی شبکه تأمین مدنظر قرار گیرد. با این توضیح، بهینه‌سازی ادغامی شبکه تأمین و مسیرهای حمل‌ونقل با بهره‌گیری از مکانیزمی جهت ترکیب و تجمیع بارها برای دستیابی به مقیاس اقتصادی در حمل‌ونقل بار به عنوان یک رویکرد اثربخش در جهت طراحی شبکه تأمین کارا به شمار می‌رود. مراکز توزیع از عناصر اصلی شبکه تأمین هستند که دریافت کالا از چندین تأمین‌کننده مختلف، ترکیب کالاها و ارسال محموله‌های مناسب با نیاز مشتریان مختلف را تسهیل می‌نمایند. این مراکز توزیع می‌توانند یک انبار ساده و سنتی باشند و یا مکانیزمی کارا تر در کاهش هزینه‌های نگهداری و حمل و نقل با مفهوم "مرکز توزیع یا بارانداز"^۱ در این مراکز مستقر گردند.

قابل ذکر است که در عصر امروز، بسیاری از بزرگترین برندهای خرده‌فروشی در جهان متعهد به اجرای شیوه‌های زنجیره تأمین پایدارتر شده‌اند. خرده‌فروشان بزرگ فعالانه زنجیره تأمین خود را بررسی می‌کنند و به شدت در تلاش هستند تا زنجیره تأمین خود را پایدارتر کنند. آن‌ها با تثبیت تعهد خود از طریق امضای پیمان، قصد دارند تا سال ۲۰۵۰ انتشار کربن را به صفر برسانند و به طور پایدار مواد خام را در تلاش برای کاهش مواد شیمیایی ضایعات در منابع آب و اقیانوس‌ها، حذف پلاستیک‌های یکبار مصرف در تجارت به دست آورند. از آنجایی که شرکت‌های بیشتری کانال‌های D2C را به استراتژی‌های توزیع خود اضافه می‌کنند تا بتوانند بخش بیشتری از بازار تجارت الکترونیک و آنلاین را به خود اختصاص دهند، هجوم قابل توجهی از سفارش‌ها وجود

(Parker, 2020). لذا این سفارشات شامل تحویل به منزل مصرف‌کننده است به وسیله فروش آنلاین می‌باشد. تهیه و بسته‌بندی هر سفارش به صورت جداگانه و سپس انجام این موارد منجر به مصرف منابع بیشتر می‌شود. با تحویل بیشتر به مکان‌های بیشتر، این امر به نوبه خود منجر به انتشار کربن بیشتر می‌شود. علاوه بر این، وقتی صحبت از کانال‌های D2C یا آنلاین می‌شود، مشتریان فقط می‌توانند موارد را به صورت آنلاین و بدون بازرسی فیزیکی یا لمس موارد انتخاب کنند. در نتیجه، بسیاری از مشتریان به دلیل احساس ناراضی‌تری از اقلام، مستعد بازگشت اقلام هستند (Formentini, 2021). طبق آخرین تحقیقات،

^۱. Cross-dock

۳۰ تا ۵۰ درصد از مشتریان ترجیح می دهند اقلام را برگردانند زیرا از اندازه و تناسب آن احساس ناراضی می کنند. در نتیجه، خرده فروشان اغلب نیاز دارند تا محصولات جایگزین را برای مشتریان ارسال کنند و همزمان با اقلام آسیب دیده یا بازگردانده شده دست به کار شوند. این به معنای سفرهای بیشتر به یک مکان برای یک سفارش است که به معنای مصرف انرژی و رد پای کربن بیشتر است. اغلب شرکت ها هنوز مطمئن نیستند که با اقلام برگشتی چه کنند، به خصوص اگر آسیب دیده باشند. در این موارد، شرکت ها معمولاً این موارد را انتخاب می کنند که منجر به هدر رفتن می شود. به جای دور انداختن این اقلام برگشتی، شرکت ها می توانند شروع به بررسی نحوه فروش مجدد، استفاده مجدد، ساخت مجدد، نوسازی یا تغییر کاربری این اقلام کنند. با این حال، قبل از جمع آوری و استفاده مجدد از اقلام برگشتی، شرکت ها برای حمایت از این تلاش ها باید فرآیند بازگشت قوی و قوی داشته باشند. لذا در این خصوص چند موضوع مهم قابل بررسی است که شامل مکان یابی، مسیریابی، زنجیره تأمین پایدار و فروشگاه های آنلاین می باشد (Bouchery, Corbett, Fransoo & Tan, 2016).

در انتها لازم به ذکر است که در این تحقیق بر اساس نیاز شبکه تامین صنعت فروشگاه های آنلاین بر مساله طراحی یک زنجیره شبکه تامین کارا تمرکز گردیده است که البته با توجه به توضیحات فوق برای در نظر گرفتن جوانب مهم تصمیم گیری و جلوگیری از تله جواب های زیر بهینه، ترکیب مساله مکانیابی بارانداز و مساله مسیریابی حمل و نقل بطور همزمان و با در نظر گرفتن اهداف چندگانه و متضادی که معمولاً مورد توجه مدیران می باشد، مدلسازی شده است. از آنجایی که تصمیمات کلان با افق برنامه ریزی بلند مدت بسیار پرخطر و پرهزینه بوده و از طرفی دیگر، داده ها در دنیای واقعی از عدم قطعیت بالایی برخوردارند، بنابراین برای کاهش ریسک های تصمیمات کلان در طراحی زنجیره تامین، مدل ادغامی یاد شده با در نظر گرفتن زنجیره تامین پایدار و محدودیت پنجره زمانی تکمیل شده است. نوآوری های این تحقیق علاوه بر رویکرد جدید در ارائه مدل ادغامی و در نظر گرفتن پارامترهای متناظر با دنیای واقعی، تکنیک های حل در فضای بسیار پیچیده مدل برنامه ریزی چندهدفه و روش های حل کارا برای رسیدن به جواب های تقریباً بهینه می باشد.

۲- روش شناسی پژوهش

(الف) مرور ادبیات

توزیع^۲ اشاره به مرحله ای دارد که محصول از مرحله تامین کننده به مرحله مشتری در زنجیره تامین، ذخیره و منتقل می گردد. بدین منظور مواد اولیه و اجزاء و قطعات از تامین کنندگان به سازندگان (تولیدکنندگان) منتقل گردیده و تولیدات نهایی از سازندگان به مشتریان نهایی منتقل می گردد. توزیع، یک نقش کلیدی در سودآوری کلی شرکت دارا می باشد زیرا بر هر دو جنبه هزینه های تامین و رضایتمندی مشتری، بطور مستقیم تاثیرگذار است. بنابراین یک شرکت بایستی تاثیر انواع طرح شبکه توزیع را بر سطح خدمت به مشتری و هزینه ها ارزیابی نماید. همانطور که مدیریت هزینه ها تاثیر مستقیم بر درآمدهای یک شرکت دارد، برآورده کردن نیازهای مشتری نیز بر درآمدهای آن شرکت تاثیر می گذارد. هرچند خدمت به مشتری دارای عناصر و اجزای بسیار زیادی است، در اینجا به معیارهایی که بر ساختار شبکه توزیع تاثیرگذارند اشاره شده است (Ma, Miao, Lim & Rodrigues, 2011):

۱. زمان پاسخگویی^۳: مقدار زمانی که طول می کشد تا مشتری سفارش را دریافت نماید.
۲. تنوع محصول: تعداد ترکیبات و یا محصولات متفاوت که بوسیله شبکه توزیع ارائه می گردد.
۳. دسترسی به محصول^۴ (در دسترس بودن): احتمال وجود یک محصول در انبار، زمانی که مشتری درخواست سفارش می دهد.
۴. تجربه یا برداشت مشتری^۵: منظور سهولت و تسهیلات اعطایی به مشتری است. این موضوعی کاملاً احساسی و تجربی بوده و به برداشت مشتری از نحوه عملکرد توزیع از قبیل ارزش و احترامی که فروشنده به مشتری می نماید و یا حتی ارائه یک فنجان قهوه به وی، بستگی دارد.

². Distribution

³. Response time

⁴. Product availability

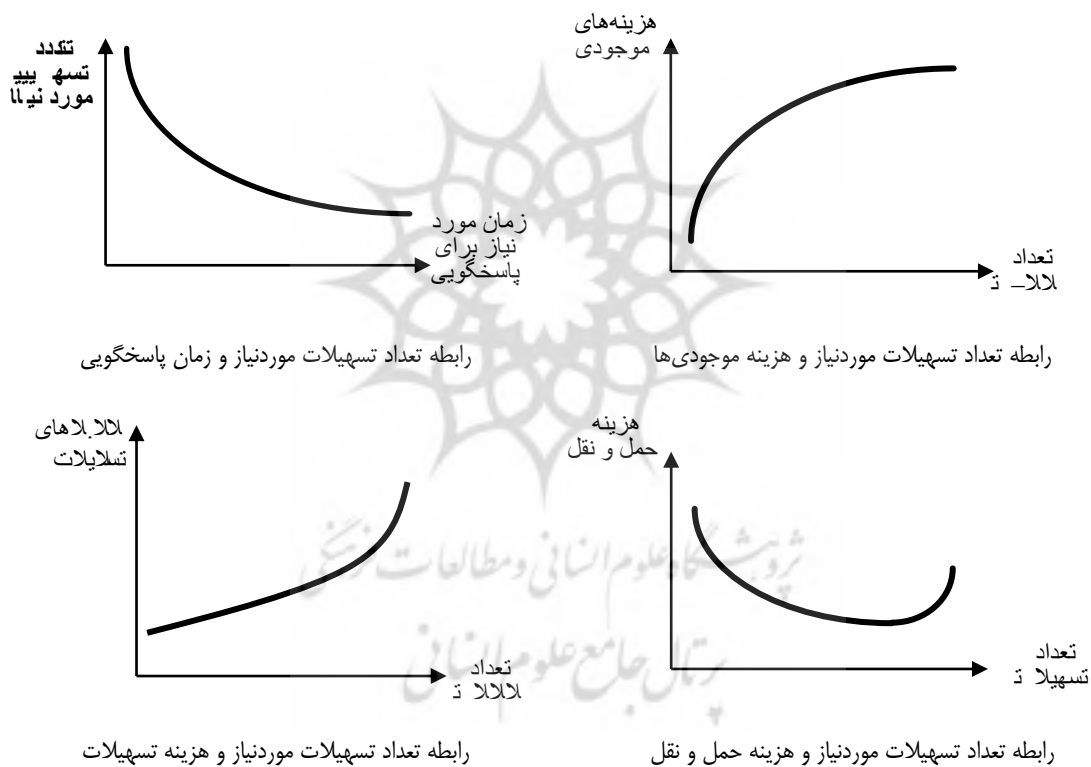
⁵. Customer experience

۵. زمان عرضه به بازار^۶: به مدت زمان لازم جهت ارائه محصولی جدید به بازار اشاره دارد.

۶. قابلیت ردیابی^۷: به توانایی پیگیری و ردیابی سفارش تا زمان تحویل، توسط مشتریان تلقی می‌گردد.

۷. برگشت پذیری^۸: منظور سهولت برگشت و عودت دادن یک سفارش نا منطبق با نیاز یا نظر مشتری است.

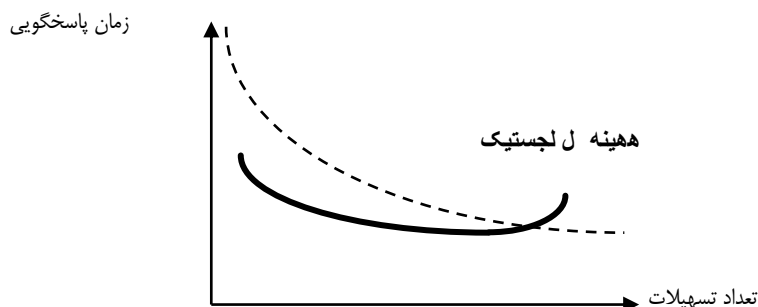
کانال‌های توزیع شامل خرده فروشان، عمده فروشان و نمایندگان یا توزیع مستقیم از طریق نیروی فروش یا سفارش پستی است. کانال‌ها به محصولات فیزیکی محدود نمی‌شوند و ممکن است آنلاین باشد. آنها ممکن است به همان اندازه برای انتقال خدمات از تولید کننده به مصرف کننده مهم باشند (Czinkota, Kotabe, Vrontis & Shams, 2021). نمودار بین تعداد تسهیلات (انبار) مورد نیاز و زمان پاسخگویی به نیاز مشتری در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. همانگونه که در نمودار مشخص است، به منظور تسریع در زمان پاسخگویی به درخواستهای مشتریان، تعداد تسهیلات بیشتری را باید در نظر گرفت. با کاهش تعداد تسهیلات، هزینه‌های تسهیلات نیز کاهش می‌یابد، زیرا با ادغام تسهیلات در یکدیگر موجب صرفه جویی در مقیاس می‌شود. هزینه کل لجستیک که شامل مجموع هزینه‌های موجودی، حمل و نقل و هزینه‌های تسهیلات است نیز، در نمودار تحتانی شکل (۱) ارائه گردیده است.



6. Time to market

7. Order visibility

8. Return ability

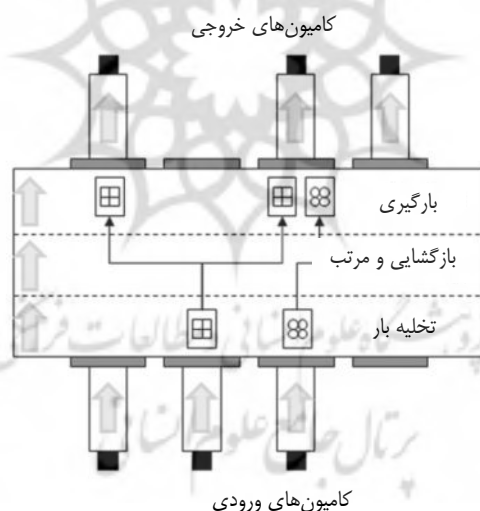


رابطه تعداد تسهیلات زمان پاسخگویی و هزینه کل لجستیک

شکل شماره (۱): روابط مابین عوامل تاثیرگذار در طراحی شبکه توزیع (Boysen, Flidner & Scholl, 2010)

حمل اقتصادی با ادغام سازی محموله‌ها در انبارها، مراکز توزیع و باراندازها ممکن می‌گردد. بارانداز یا مرکز توزیع مکانی است که در آن کالاها از تجهیزات حمل‌ونقل ورودی^۹ تخلیه شده و پس از مرتب سازی سفارشات با حداقل ذخیره سازی یا بدون ذخیره سازی، ترکیبات مناسبی از آنها، به تجهیزات حمل خروجی^{۱۰} بار گذاری می‌شوند. باراندازها به عنوان نقاط اتصال در شبکه توزیع محسوب شده و به همین دلیل حداقل نمودن زمان انجام فرآیندها و موجودی در این باراندازها نقش بسیار مهمی در کارایی کل شبکه ایفا می‌نماید.

شکل ساختار عمومی باراندازها را نشان می‌دهد.



شکل شماره (۲): ساختار عمومی باراندازها (Naderi, Rahmani & Rahmani, 2014)

هدف اولیه مراکز توزیع یا باراندازها، ترکیب محموله‌های مختلف با مقاصد مشترک و تکمیل ظرفیت کامیون‌های خروجی به این محموله‌هاست به نحوی که حمل‌ونقل محموله‌ها اقتصادی و مقرون به صرفه تلقی گردد. در مطالعات اخیر، انواع مدل‌های پایه مکانیابی تسهیلات از ساده ترین روش انتخاب مکان تسهیلات با عنوان PMP^{۱۱} که در آن انتخاب تعداد P از تسهیلات با هدف حداقل سازی فاصله وزنی یا هزینه‌های تأمین نیاز مشتری است گرفته تا مسائل مکان‌یابی نامحدود تسهیلات^{۱۲} که با UFLP نامگذاری شده و مکان‌یابی محدود تسهیلات^{۱۳} (CFLP) تعریف شده اند.

^۹ Inbound

^{۱۰} Outbound

^{۱۱} P-Median Problem

^{۱۲} Incapacitated Facility Location Problem (UFLP)

^{۱۳} Capacitated Facility Location Problem (CFLP)

مسائل طراحی شبکه باراندازها در واقع توسعه مدل‌های تعمیم یافته تخصیص یا توسعه مدل‌های طراحی زنجیره تأمین می‌باشند (Vahdani, Tavakkoli-Moghaddam & Mousavi, 2013). مدل‌های تعمیم یافته تخصیص در مدل‌سازی بسیاری از مسائل دنیای واقعی اعم از مکانیابی، تخصیص ماشین و زنجیره تأمین کاربرد دارند. طبق نظر لاربی^{۱۴} مدل‌سازی مساله طراحی شبکه تأمین بایستی به سه اصل طراحی شبکه پاسخگو باشد: مکانیابی، حمل‌ونقل و تصمیمات مرتبط با موجودی. موسوی و همکاران نقش کلیدی مکانیابی را در طراحی شبکه تأمین تأکید کرده‌اند. سه روش مختلف برای حل کمی مسائل طراحی بهینه شبکه تأمین وجود دارد: روشهای ابتکاری، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی (Mousavi et al., 2014). بهینه‌سازی ابزار مناسبی برای کمی کردن مسائل طراحی زنجیره تأمین است و به همین دلیل تحقیقات در این زمینه بطور فزاینده بروی ادغام تصمیمات عملیاتی/ تاکتیکی/ و استراتژیکی تمرکز یافته‌اند (Liao, Lin & Shih, 2010). در مدل ادغامی طراحی زنجیره تأمین توسط کوچوکلو و همکاران^{۱۵} که مساله مسیریابی و مکانیابی را مورد مطالعه قرار داده بودند، معرفی شد. این مدل بعدها توسط کارا و ملو (۲۰۱۳)^{۱۶} و همکاران با در نظر گرفتن یک نقطه گذر میانی به عنوان هاب^{۱۷} جهت تسهیل حمل‌ونقل مابین هاب مرکزی و نقاط مقصد، توسعه داده شد. اخیراً نیز به چگونگی ادغام مسئله مکانیابی با سایر عوامل تصمیم‌گیری شبکه تأمین تمرکز شده و دو رویکرد عمومی طراحی مدل‌های ادغامی معرفی و اهمیت این ادغام‌سازی تشریح شده است (Kara & Melo, 2013). در بسیاری از مدل‌های ارائه شده زنجیره تأمین، اثرات پایداری زنجیره تأمین نادیده گرفته می‌شود. ولی معمولاً راه‌حلهای استخراج شده از این مدلها غیر قابل اجرا یا با قابلیت‌های اجرایی محدود می‌باشند (Ali Ahmadi & Nahaie, 2007). از طرفی محیط کسب و کار آینده و فضایی که زنجیره‌های تأمین در آن آینده در آن فعالیت خواهند داشت عموماً دارای فضای نامشخصی است. در بهترین حالت، ممکن است تعداد معدودی از شرایط محتمل را در پیش‌بینی‌ها منظور کرد.

تحت این شرایط، فضای کسب و کار آینده با مجموعه‌ای از متغیرهای احتمالی چون: رضایت مشتریان، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، قوانین اجتماعی و زیست محیطی و... روبرو خواهند بود. به همین دلایل در دهه اخیر تمایل به توسعه تحقیقات در این زمینه با در نظر گرفتن شرایط پایداری زنجیره تأمین زیاد شده و همچنان در حال افزایش است. لی و همکارانش^{۱۸} سعی کرده‌اند ضمن شناسایی عوامل تاثیرگذار بر طراحی زنجیره تأمین، حساسیت طرح را به متغیرهای مختلف ارزیابی کرده‌اند. رادریگیز^{۱۹} (۲۰۱۴) مقالات متعددی را در هفت طبقه که از سطح استراتژیک به عملیاتی مرتب شده‌اند، مرور نموده‌اند. ایشان مدل زمانبندی قطعی کامیون‌ها را با استفاده از یک نمادگذاری سه بخشی $[\alpha|\beta|\gamma]$ مشابه با مدل‌های زمانبندی ماشین و مدل‌های صف، طبقه‌بندی کرده‌اند. در سال‌های اخیر مرور مدل‌های برنامه‌ریزی تولید زنجیره تأمین، توسط موسوی، توکلی مقدم و جولایی (۲۰۱۳) مورد توجه قرار گرفته است. ایشان با در نظر گرفتن حمل‌ونقل، به عنوان یک منبع توزیع محصول، سطوح تصمیم‌گیری عملیاتی یا تاکتیکی و یا ترکیب‌های محتمل از آنها را با سطوح تصمیم‌گیری استراتژیکی با عناصر زیر طبقه‌بندی نموده‌اند: ساختار زنجیره تأمین، سطح تصمیم‌گیری، رویکرد مدل‌سازی، هدف گذاری، اطلاعات به اشتراک گذاشته شده، محدودیت‌ها، نوآوری در مدل و کاربرد. این موضوع در حالیست که موضوع زنجیره تأمین سبز و محدودیت زمانی تحویل در اکثر سطوح زنجیره تأمین مشهود است.

در این پژوهش، ابتدا با مراجعه به صنعت و دنیای واقعی و شناسایی نیاز موجود در مبحث طراحی شبکه لجستیک با کارایی و عملکرد مناسب و حداقل هزینه، مساله تحقیق با تمرکز به خلاهای تحقیقاتی شناسایی شد. در ادامه کار تحقیقاتی و در راستای هرچه کاربردی‌تر نمودن مدل‌های موجود در طراحی شبکه باراندازها، یک رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی^{۲۰} با معرفی پارامترهای واقعی تقاضا در مقاصد مصرف جهت طراحی مدل شبکه باراندازها ارائه خواهد شد. ابتدا مدل قطعی با فرض ثابت بودن هزینه و

14. Larbi et al (2011)

15. Küçüköglu

16. Kara & Melo

17. Hub

18. Li et al

19. Rodriguez et al.

20. Stochastic Programming

زمان حمل و نقل با در نظر گرفتن توابع هدف چندگانه تعریف می‌گردد. مسأله تحقیق پیشنهاد شده از نیاز موجود در صنعت فروشگاه‌های آنلاین کشور در جهت بهبود عملکرد شبکه تأمین، کاهش هزینه‌ها و کاهش زمان پاسخگویی، افزایش سود و سایر اهداف در تعارض دیگر در دنیای واقعی، استخراج شده و پس از مشخص شدن نوع مسأله و اهداف تحقیق در جهت شناسایی تحقیقات مشابه و خلأ تحقیقاتی موجود، پیشینه تحقیقات مرور گردیده است.

جدول شماره (۱): جمع‌بندی و مقایسه مرور پیشینه تحقیقات مشابه

مرجع	نوع مسأله	نوع مدل
نام مؤلف	سال مکان‌یابی مسیریابی / حمل و نقل شبکه توزیع / باراندازانتخاب روش حمل‌زمان‌بندی	طراحی شبکه غیرقطعی قطعی
موسی و همکاران ۲۰۱۰	√	√
بویسن و همکاران ۲۰۱۰	√	√
بویسن و همکاران ۲۰۱۰	√	√
لیائو و همکاران ۲۰۱۰	√	√
احمدی و همکاران ۲۰۱۰	√	√
مولا و همکاران ۲۰۱۰	√	√
لینتون و همکاران ۲۰۱۰	√	√
هسینی و همکاران ۲۰۱۳	√	√
وو و همکاران ۲۰۱۱	√	√
جرج‌دیس و همکاران ۲۰۱۱	√	√
میائو و همکاران ۲۰۱۱	√	√
بلوری و همکاران ۲۰۱۱	√	√
لاری و همکاران ۲۰۱۱	√	√
لی و همکاران ۲۰۱۱	√	√
کاردونا و همکاران ۲۰۱۱	√	√
ماتینارد و همکاران ۲۰۱۳	√	√
موسوی و همکاران ۲۰۱۳	√	√
وحدانی و همکاران ۲۰۱۳	√	√
کوچوکلو و همکاران ۲۰۱۳	√	√
نادری و همکاران ۲۰۱۴	√	√
موسوی و همکاران ۲۰۱۴	√	√
کارا و همکاران ۲۰۱۴	√	√
رودریگز و همکاران ۲۰۱۴		
اراوندان و همکاران ۲۰۱۴		
رضائی و همکاران ۲۰۱۴		
ژانگ و همکاران ۲۰۱۴		
تحقیق موردنظر ۲۰۱۹	√	√

ادامه جدول شماره (۱): جمع‌بندی و مقایسه مرور پیشینه تحقیقات مشابه

مرجع	رویکرد مدل‌سازی	تابع هدف	روش حل
نام مؤلف	سال (SIM, HEU)NLPLP/IPROSPFPMILP Etc.	تک هدفه چند هدفه	راه حل تقریبی راه حل دقیق ابتکاری فرابتکاری
موسی و همکاران ۲۰۱۰	√	√	√
بویسن و همکاران ۲۰۱۰	√		

	√	√		√		√	۲۰۱۰	بویسن و همکاران
	√			√	√	√	۲۰۱۰	لیائو و همکاران
√	√		√		√		۲۰۱۰	احمدی و همکاران
	√			√			۲۰۱۰	مولا و همکاران
		√		√			۲۰۱۰	لینتون و همکاران
	√			√		√	۲۰۱۳	هسینی و همکاران
	√			√	√		۲۰۱۱	وو و همکاران
				√		√	۲۰۱۱	جرجیدیس و همکاران
√				√			۲۰۱۱	میائو و همکاران
	√		√				۲۰۱۱	بلوری و همکاران
	√			√			۲۰۱۱	لاریبی و همکاران
	√			√	√		۲۰۱۱	لی و همکاران
	√		√				۲۰۱۱	کاردونا و همکاران
		√		√		√	۲۰۱۳	ماتینارد و همکاران
		√	√			√	۲۰۱۳	موسوی و همکاران
	√			√			۲۰۱۳	وحدانی و همکاران
√		√		√		√	۲۰۱۳	کوچوکلو و همکاران
		√	√			√	۲۰۱۴	نادری و همکاران
	√		√			√	۲۰۱۴	موسوی و همکاران
√		√		√		√	۲۰۱۴	کارا و همکاران
							۲۰۱۴	رودریگز و همکاران
							۲۰۱۴	اراوندان و همکاران
							۲۰۱۴	رضانی و همکاران
							۲۰۱۴	ژانگ و همکاران
√	√	√	√		√	√	۲۰۱۹	تحقیق موردنظر

*Abbreviations:

MILP: Mixed Integer Linear Programming

FP: Fuzzy Programming

SP: Stochastic Programming

LP/IP: Linear Programming/ Integer Programming

NLP: Nonlinear Programming

Etc. (SIM, HEU): Etc. Heuristic approach, Simulation and...

(ب) مدل‌سازی پژوهش

مورد مطالعه در این تحقیق یکی از فروشگاه‌های آنلاین بزرگ (با دارا بودن بیش از ۵۰۰ کارمند) شهر تهران می‌باشد. در این پژوهش به دنبال طراحی شبکه تسهیلات باراندازی هستیم که توأمان مسأله انتخاب روش حمل، مسیریابی و تعداد و ترکیب ناوگان حمل را شامل می‌گردد. با توجه به اهداف تعیین‌شده، می‌توان متوجه شد که هدف‌های موردنظر اعم از تابع هزینه کل (هزینه حمل و نقل و هزینه احداث بارانداز) و هدف حداکثرسازی کیفیت روش حمل و نقل و هدف حداقل نمودن زمان تحویل به مشتری می‌باشد.

(ج) مفروضات مدل

۱. پارامترها قطعی می‌باشند.
۲. زنجیره تأمین به صورت تک‌محصولی در نظر گرفته شده است.
۳. ظرفیت باراندازها محدود می‌باشند.

۴. مسائل زیست‌محیطی براساس مصرف سوخت و تولید آلاینده‌گی کامیون‌ها می‌باشند.
۵. مسائل اجتماعی براساس تولید اشتغال باراندازها می‌باشند.
۶. کامیون‌ها از نظر هزینه انتقال یکسان نمی‌باشند.
۷. میزان مصرف سوخت کامیون‌ها متفاوت است.
۸. میزان تولید آلاینده‌گی بین کامیون‌ها متفاوت است.
۹. هر کامیون قابلیت سرویس‌رسانی به چند مقصد را داراست.
۱۰. کالاها به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم از مبدأ به مقصد منتقل می‌شود. انتقال مستقیم به شکل مستقیم از مبدأ به مقصد بوده و انتقال غیرمستقیم از طریق انبارهای عبوری صورت می‌گیرد.
۱۱. هر کامیون به‌طور پیوسته کالا را از مبدأ به مقصد منتقل می‌کند و امکان انقطاع وجود ندارد.

(د) اندیس‌ها

i: گره مبدأ

j: گره مقصد

k: بارانداز

v: کامیون

r: مسیر

(ه) پارامترها

FC_{ik} : هزینه ثابت احداث و راه‌اندازی بارانداز k

$DisK_{ki}$: مسافت بین بارانداز k و مبدأ i

$DisK_{kj}$: مسافت بین بارانداز k و مقصد j

$Capk_k$: ظرفیت بارانداز k

Dem_j : تقاضای گره مبدأ j

FT_{ijvr} : هزینه حمل کالا توسط کامیون v از مبدأ i به مقصد j در مسیر r

FQV_{kijvr} : هزینه حمل کالا توسط کامیون v از بارانداز k به مقصد j در مسیر r

FUV_{kivrr} : هزینه حمل کالا توسط کامیون v از مبدأ i به بارانداز k در مسیر r

Soc_k : میزان اشتغال تولیدشده توسط بارانداز k

$fuel_v$: میزان مصرف سوخت کامیون v

pol_v : میزان نشر آلاینده‌گی کامیون v

ST_j : زمان خدمت‌رسانی به مقصد j

TT_{ijr} : زمان سفر بین مقصد j و i

(و) متغیرهای تصمیم

XK_k : اگر بارانداز k احداث شود ۱ و در غیر این صورت صفر

Z_{ij} : تعداد کامیون‌های موردنیاز برای حمل کالا از مبدأ i به مقصد j

U_{ik} : تعداد کامیون‌های موردنیاز برای حمل کالا از مبدأ i به بارانداز k

Q_{kj} : تعداد کامیون‌های موردنیاز برای حمل کالا از بارانداز k به مقصد j

ZV_{ijvr} : اگر کامیون v برای حمل کالا از مبدأ i به مقصد j در مسیر r استفاده شود ۱ و در غیر این صورت صفر

UV_{ikvr} : اگر کامیون v برای حمل کالا از مبدأ i به بارانداز k در مسیر r استفاده شود ۱ و در غیر این صورت صفر

QV_{kijvr} : اگر کامیون v برای حمل کالا از بارانداز k به مقصد j در مسیر r استفاده شود ۱ و در غیر این صورت صفر

P_{ikj} : جریان عبوری مستقیم از مبدأ i به مقصد j از بارانداز k

m_{ikj} : جریان عبوری غیرمستقیم از مبدأ i به مقصد j از بارانداز k

T_{vj} : زمان رسیدن کامیون v به مقصد j

w_{vjjr} : اگر وسیله نقلیه v از مقصد j به مقصد r برود ۱ و در غیر این صورت صفر

$$\begin{aligned} \min z1 = & \sum_k FC_k \cdot Xk_k + \sum_k \sum_i DisKI_{ki} \cdot Xk_k + \sum_k \sum_i DisKJ_{kj} \cdot Xk_k + \sum_i \sum_j \sum_v \sum_r FT_{ijvr} \cdot ZV_{ijvr} \\ & + \sum_k \sum_j \sum_v \sum_r FQV_{kjvr} \cdot QV_{kjvr} + \sum_i \sum_k \sum_v \sum_r FUV_{kivr} \cdot UV_{kivr} \end{aligned}$$

رابطه (۱)

$$\begin{aligned} \min z2 = & \sum_i \sum_j \sum_v fuel_v \cdot ZV_{ijv} + \sum_i \sum_k \sum_v fuel_v \cdot UV_{ikv} + \sum_j \sum_k \sum_v fuel_v \cdot QV_{jkv} \\ & + \sum_i \sum_j \sum_v pol_v \cdot ZV_{ijv} + \sum_i \sum_k \sum_v pol_v \cdot UV_{ikv} + \sum_i \sum_k \sum_v pol_v \cdot QV_{jkv} \\ & - \sum_k soc_k \cdot Xk_k \end{aligned}$$

رابطه (۲)

$$S. t \min z3 = \sum_v \sum_j T_{vj}$$

رابطه (۳)

$$\sum_k Xk_n = 1$$

رابطه (۴)

$$\sum_r ZV_{ijvr} = 1$$

رابطه (۵)

$$\sum_r UV_{kivr} = 1$$

رابطه (۶)

$$\sum_r QV_{kjvr} = 1$$

رابطه (۷)

$$QV_{kjvr} = UV_{kivr}$$

رابطه (۸)

$$P_{ijk} \geq Dem_j$$

رابطه (۹)

$$M_{ijk} \geq Dem_j$$

رابطه (۱۰)

$$M_{ijk} \leq CapK_k$$

رابطه (۱۱)

$$UV_{kivr} \leq Xk_k$$

رابطه (۱۲)

$$QV_{kjvr} \leq Xk_k$$

رابطه (۱۳)

$$P_{ikj} \leq MM + Xk_k$$

رابطه (۱۴)

$$M_{ijk} \leq MM + Xk_k$$

رابطه (۱۵)

$$T_{vj} = TT_{jj}w_{vjj} + ST_j \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

$$\sum_j \sum_{j'} w_{vjj'} = 1 \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

$$w_{vjj'} \leq ZV_{ijvr} \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

$$w_{vjj'} \leq QV_{kjvr} \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

$$Z_{ij} = \sum_v ZV_{ijvr} \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

$$U_{ik} = \sum_v UV_{ijvr} \quad \text{رابطه (۲۱)}$$

$$Q_{jk} = \sum_v QV_{kjvr} \quad \text{رابطه (۲۲)}$$

$$Xk_k \in \{0,1\} \quad \text{رابطه (۲۳)}$$

$$ZV_{ijvr} \in \{0,1\} \quad \text{رابطه (۲۴)}$$

$$UV_{ikvr} \in \{0,1\} \quad \text{رابطه (۲۵)}$$

$$QV_{kjvr} \in \{0,1\} \quad \text{رابطه (۲۶)}$$

$$w_{vjj'} \in \{0,1\} \quad \text{رابطه (۲۷)}$$

$$P_{ikj} \geq 0 \quad \text{رابطه (۲۸)}$$

$$m_{ikj} \geq 0 \quad \text{رابطه (۲۹)}$$

$$T_{vj} \geq 0 \quad \text{رابطه (۳۰)}$$

$$Z_{ij} \geq 0 \quad \text{رابطه (۳۱)}$$

$$U_{ik} \geq 0 \quad \text{رابطه (۳۲)}$$

$$Q_{kj} \geq 0 \quad \text{رابطه (۳۳)}$$

رابطه (۱) به دنبال حداقل کردن هزینه با در نظر گرفتن هزینه‌های مکان‌یابی انبارهای عبوری و مسیریابی وسایل نقلیه می‌باشد. رابطه (۲) مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی را با در نظر گرفتن مصرف سوخت وسایل نقلیه، تولید آلاینده‌گی وسایل نقلیه و مسائل اجتماعی مرتبط با ایجاد اشتغال توسط انبارهای عبوری شامل می‌شود. رابطه (۳) به دنبال حداقل ساختن زمان تحویل با در نظر گرفتن اسلات‌های زمانی می‌باشد. محدودیت (۴) نشان می‌دهد که هر انبار عبوری در یک مکان قابل احداث می‌باشد. محدودیت (۵) بیان می‌کند که فقط یک مسیر برای انتقال کالا توسط هر وسیله نقلیه از مبدأ به مقصد به‌طور مستقیم وجود دارد. محدودیت (۶) بیان می‌کند که فقط یک مسیر برای انتقال کالا توسط هر وسیله نقلیه از مبدأ به انبارهای عبوری وجود دارد. محدودیت (۷) بیان می‌کند که فقط یک مسیر برای انتقال کالا توسط هر وسیله نقلیه از انبارهای عبوری به مقصد وجود دارد. محدودیت (۸) بیان می‌کند وسیله نقلیه‌ای که کالا را از انبار عبوری به مقاصد حمل می‌کند همان وسیله نقلیه‌ای است که کالا را از مبدأ به انبار



عبوری آورده است و انقطاعی در این بخش صورت نمی‌گیرد. محدودیت (۹) نشانگر این است که حجم کالایی که به‌طور مستقیم از مبدأ به مقصد می‌رود باید محقق‌کننده تقاضا باشد. محدودیت (۱۰) نشانگر این است که حجم کالایی که به‌طور غیرمستقیم از مبدأ به مقصد می‌رود باید محقق‌کننده تقاضا باشد. محدودیت ۱۱ نشانگر محدودیت ظرفیت انبارهای عبوری می‌باشد. محدودیت ۱۲ بیان می‌کند در صورتی که انباری احداث نشده باشد انتقال ارتباط با آن وجود ندارد. محدودیت ۱۳ بیان می‌کند در صورتی که انباری احداث نشده باشد انتقال ارتباط با آن وجود ندارد. محدودیت ۱۴ بیانگر این است که جریان عبوری در صورتی منتقل می‌شود که انبار احداث شده باشد. محدودیت ۱۵ بیانگر این است که جریان عبوری در صورتی منتقل می‌شود که انبار احداث شده باشد. محدودیت ۱۶ زمان رسیدن کامیون‌ها را نشان می‌دهد. محدودیت ۱۷ نشان می‌دهد که هر کامیون از هر مقصد به مقصد دیگر فقط یک‌بار نقل مکان می‌کند. محدودیت ۱۸ نشان می‌دهد که انتقال هر کامیون از یک مقصد به مقصد دیگر در صورت انتخاب آن کامیون به‌عنوان حامل از مبدأ به مقصد امکان‌پذیر است. رابطه (۲۰-۲۱) نشانگر کل تعداد کامیون‌های مورد نیاز از مبدأ به انبار می‌باشد. رابطه (۲۲) نشانگر کل تعداد کامیون‌های مورد نیاز از انبار به مقصد می‌باشد. محدودیت‌های ۲۳ تا ۲۷ نشانگر محدودیت‌های متغیرهای باینری می‌باشد. محدودیت‌های ۲۸ تا ۳۳ نشانگر محدودیت‌های متغیرهای عدد صحیح می‌باشد.

مدل ارائه شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد ابتدا اعتبار سنجی مدل ارائه شده و سپس حل مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک در ابعاد بزرگ صورت می‌گیرد. در ادامه نتایج حاصل از متغیرهای تصمیم ارائه شده و در نهایت تحلیل حساسیت که مهمترین بخش بهینه سازی را تشکیل می‌دهد انجام می‌شود. الگوریتم ژنتیک چند هدفه با استفاده از نرم افزار متلب پیاده سازی می‌شود.

۳- نتایج و بحث

در این بخش اعتبارسنجی مدل صورت می‌گیرد برای اعتبارسنجی ابتدا مسأله در ابعاد کوچک و متوسط حل شده و سپس امکان حل آن بررسی می‌گردد. در این بخش ۱۰ مسأله در ابعاد کوچک مطابق با مدل تحقیق در نظر گرفته می‌شود که به شرح جدول ذیل است:

جدول شماره (۲): مسأله در ابعاد کوچک

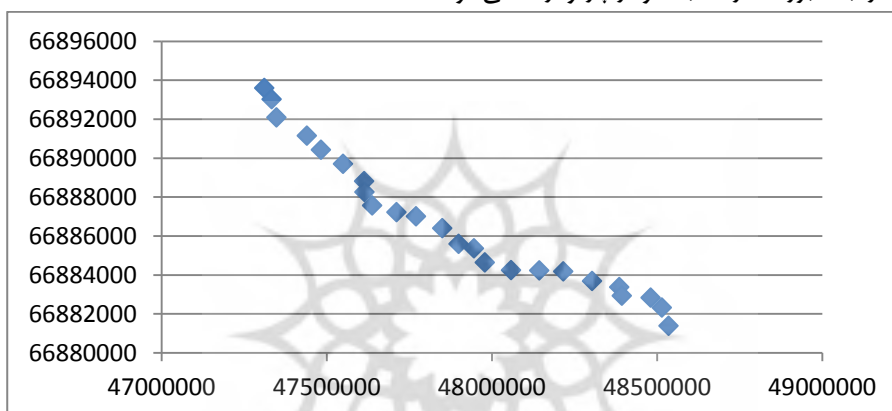
مسأله	مبدأ	مقصد	بارانداز	کامیون	مسیر	زمان حل
۱	۵	۵	۱	۱۰	۴	۲۳
۲	۵	۶	۱	۱۱	۴	۲۹
۳	۵	۶	۱	۱۲	۵	۳۵
۴	۶	۶	۱	۱۲	۵	۴۲
۵	۶	۷	۱	۱۳	۶	۵۷
۶	۷	۷	۱	۱۴	۶	۷۱
۷	۸	۸	۱	۱۵	۶	۸۸
۸	۸	۹	۱	۱۶	۷	۱۰۳
۹	۹	۹	۱	۱۶	۷	Low memory
۱۰	۹	۱۰	۲	۱۷	۷	Low memory

همان‌گونه که مشاهده می‌شود مطابق با ابعاد مدل ۱۰ مسأله طراحی شده و این مسائل در ابعاد کوچک حل می‌شود نتیجه در جدول ۴ نشان داده می‌شود. همان‌گونه که دیده می‌شود ۱۰ مسأله فوق در ابعاد کوچک حل شده اما از مسأله ۹ به بعد این مسأله قابل حل نبوده و لذا می‌بایست از الگوریتم‌های فراابتکاری برای آن استفاده نمود. در ادامه حل مدل در ابعاد بزرگ صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه حل مدل بدون الگوریتم‌های فراابتکاری تا حد مشخصی امکان‌پذیر است مسائل در ابعاد بزرگ تدوین شده و در قالب جدول ذیل ارائه می‌شود.

جدول شماره (۳): مسائل در ابعاد بزرگ

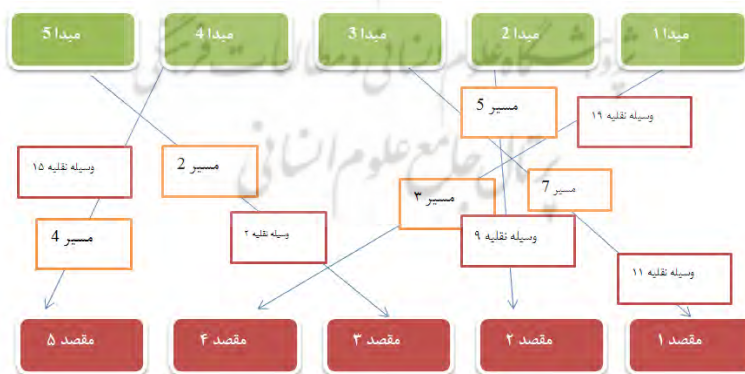
مسئله	مبدأ	مقصد	بارانداز	کامیون	مسیر
۱	۱۰	۱۵	۲	۳۰	۱۲
۲	۱۰	۱۶	۲	۳۲	۱۲
۳	۱۱	۱۷	۲	۳۵	۱۲
۴	۱۲	۱۸	۲	۳۵	۱۳
۵	۱۳	۱۹	۲	۳۷	۱۳
۶	۱۴	۲۰	۲	۳۸	۱۳
۷	۱۵	۲۰	۲	۴۰	۱۴
۸	۱۶	۲۱	۲	۴۰	۱۴
۹	۱۷	۲۲	۲	۴۲	۱۵
۱۰	۱۸	۲۳	۲	۴۳	۱۶

نتیجه حل مدل در ابعاد بزرگ در قالب نمودار پارتو ارائه می‌شود.



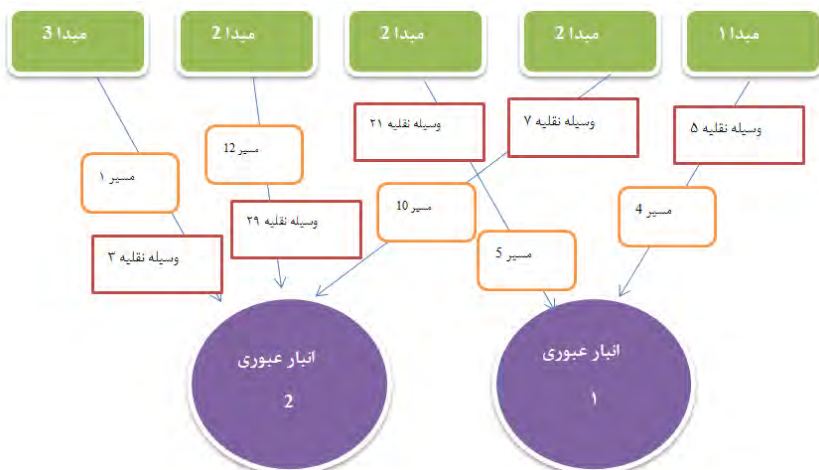
نمودار شماره (۱): نمودار پارتوی مسئله اول

نمودار پارتوی مسئله اول ارائه شده است که نشانگر رابطه معکوس بین اهداف تحقیق به سبب ماهیت نزولی منحنی می‌باشد. بر این اساس می‌توان گفت مسئله به جواب بهینه رسیده و اکنون می‌توان متغیرهای تصمیم مسئله را تبیین نمود.



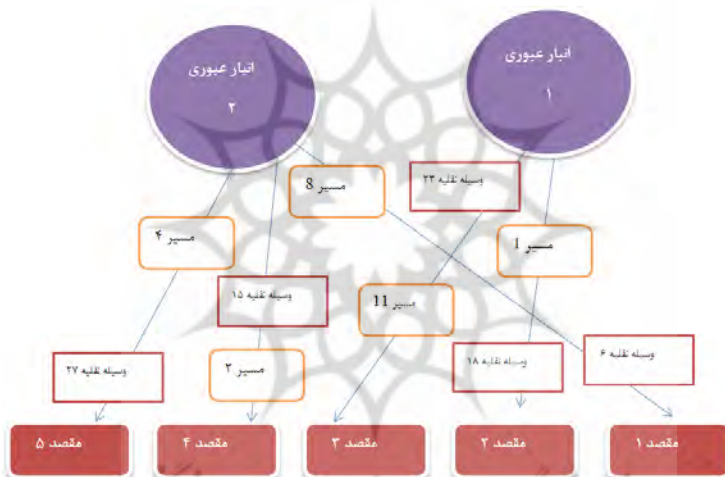
شکل شماره (۳): تخصیص مسیرها و وسایل نقلیه به مبدأ و مقصد

اولین نتیجه این است که کدام وسیله نقلیه و کدام مسیر می‌بایست به رابطه بین مبدأ و مقصد تخصیص یابد. نمونه‌ای از این روابط در شکل ۳ ارائه شده است و مشخص است که به‌عنوان مثال برای حرکت از مبدأ ۲ به مقصد ۲ بهتر است از مسیر ۵ و وسیله نقلیه ۹ استفاده شود.



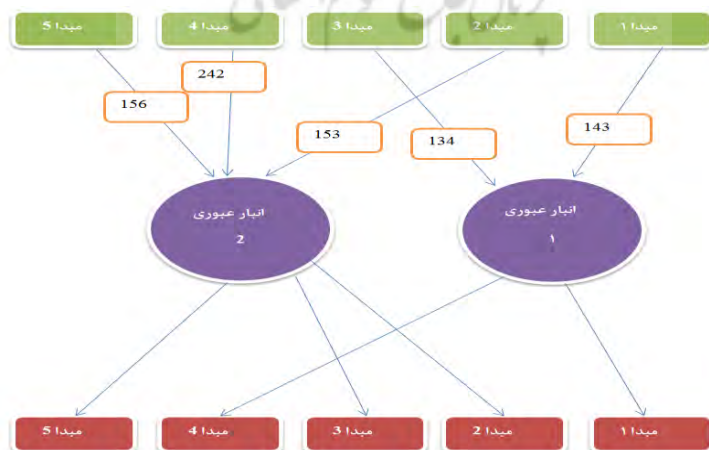
شکل شماره (۴): تخصیص مسیرها و وسایل نقلیه از مبدأ به انبارهای عبوری

در شکل ۴ رابطه بین گره‌های مبدأ و انبارهای عبوری براساس نوع وسیله نقلیه انتخابی و مسیر، تعیین شده است. به هر ارتباط یک وسیله نقلیه و یک مسیر تخصیص یافته است.



شکل شماره (۵): تخصیص وسایل نقلیه و مسیر به انبارهای عبوری و مقاصد

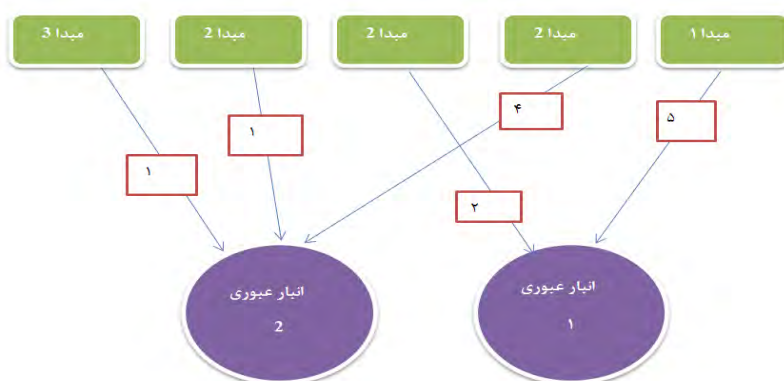
وضعیت فوق نشانگر انتخاب مسیر بهینه و وسایل نقلیه برای ارتباط بین انبارهای عبوری و مقاصد می‌باشد که این موضوع در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل شماره (۶): جریان عبوری از مبدأ به مقصد و باراندازها

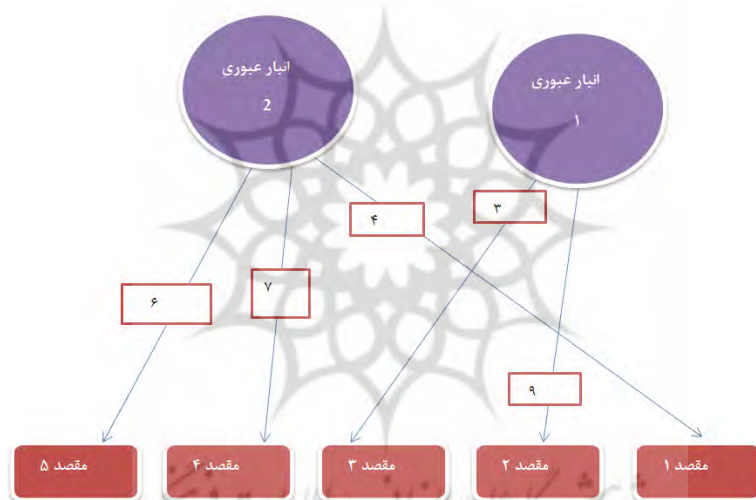
اما یکی از مهم‌ترین متغیرهایی که در خصوص انبارهای عبوری مطرح می‌باشد تعیین جریان عبوری بهینه است. این موضوع در

شکل ۶ نشان داده شده و میزان بهینه جریان از مبدأ و مقاصد و باراندازها تعیین گردیده است.



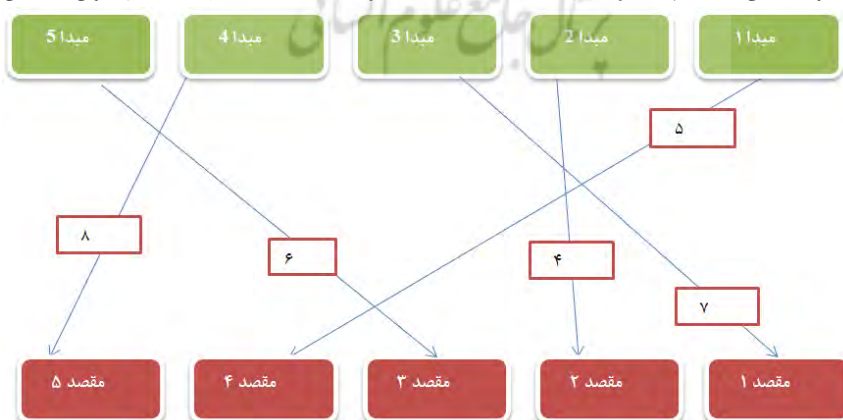
شکل شماره (۷): تعداد وسایل نقلیه از مبدأ به انبارهای عبوری

تعداد بهینه وسایل نقلیه که کالا را از مبدأ به انبارهای عبوری منتقل می کنند در شکل فوق نمایش داده شده و مشخص می شود که این تعداد چگونه است.



شکل شماره (۸): تعداد وسایل نقلیه از انبارهای عبوری به مقاصد

همان گونه که دیده می شود تعیین تعداد بهینه وسایل نقلیه از انبارهای عبوری به مقاصد نیز در شکل فوق نمایش داده شده است.

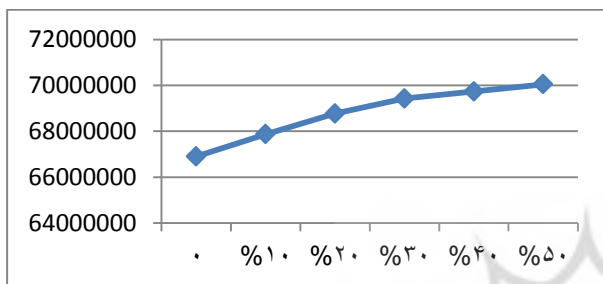


شکل شماره (۹): تعداد وسایل نقلیه از مبدأ به مقاصد

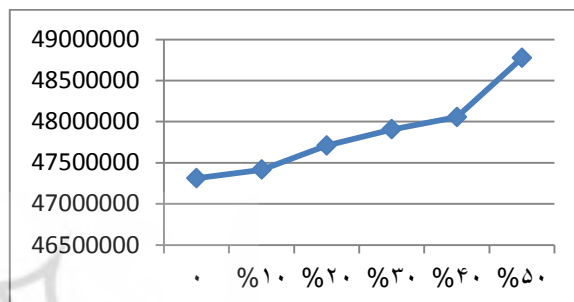
شکل ۷ نیز نشانگر تعداد بهینه وسایل نقلیه از مبدأ به مقاصد می باشد. به عنوان مثال از مبدأ ۵ به مقصد ۳، تعداد ۶ وسیله نقلیه و از مبدأ ۴ به مقصد ۵ تعداد ۸ وسیله نقلیه وجود دارند.

جدول شماره (۴): تحلیل حساسیت تقاضا

میزان تغییر در مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی	میزان تغییر در هزینه	میزان تغییر در زمان	مسابل زیست‌محیطی و اجتماعی	هزینه	تقاضا
.	.	.	۲۱۴۰	۶۶۸۹۳۶۰۷	۴۷۳۱۱۳۵۲
۰/۰۲۸۵۰۴۶۷۳	۰/۰۱۴۵۴۸۶۴	۰/۰۰۲۱۶۲۱۲۴	۲۲۰۱	۶۸۷۶۹۰۳۸	۴۷۴۱۳۶۴۵
۰/۰۱۷۲۶۴۸۸	۰/۰۱۳۲۹۳۹۷۸	۰/۰۰۶۲۱۴۳۷۱	۲۲۳۹	۶۸۷۶۹۰۳۸	۴۷۷۰۸۲۹۱
۰/۰۱۱۱۶۵۶۹۹	۰/۰۰۹۴۹۶۷۰۱	۰/۰۰۴۱۰۵۸۶۹	۲۲۶۴	۶۹۴۲۲۱۱۷	۴۷۹۰۴۱۷۵
۰/۰۲۱۶۴۳۱۱	۰/۰۰۴۴۴۷۷۹	۰/۰۰۳۱۴۳۲۵۴	۲۳۱۳	۶۹۷۳۰۸۹۲	۴۸۰۵۴۷۵۰
۰/۰۰۷۷۸۲۱۰۱	۰/۰۰۴۴۴۱۹۰۵	۰/۰۱۴۹۶۷۳۸۶	۲۳۳۱	۷۰۰۴۰۶۳۰	۴۷۸۸۴۰۰۴

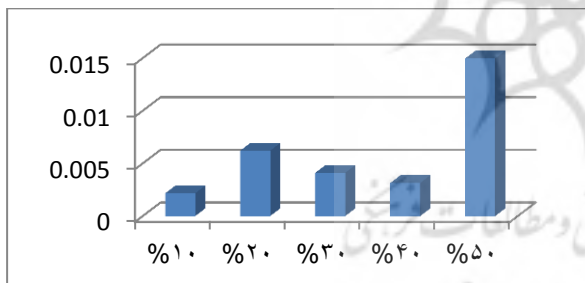


نمودار شماره (۳): تحلیل حساسیت تقاضا بر مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی

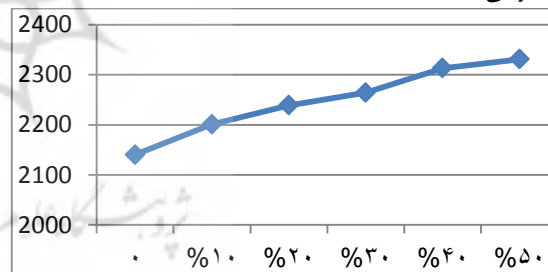


نمودار شماره (۲): تحلیل حساسیت تقاضا بر هزینه

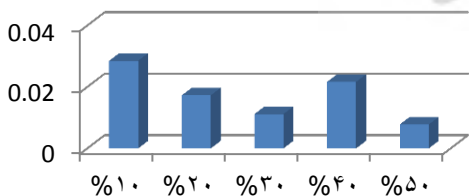
همان‌گونه که دیده می‌شود تقاضا منجر به بدتر شدن مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی می‌شود اما این‌طور به‌نظر می‌رسد که این افزایش به‌صورت نزولی بوده و در بلندمدت کاملاً به‌صورت خنثی درآید. لذا نمی‌توان گفت شدت اثر تقاضا بر مسائل زیست‌محیطی همانند هزینه است و این اثر بر هزینه بیشتر می‌باشد.



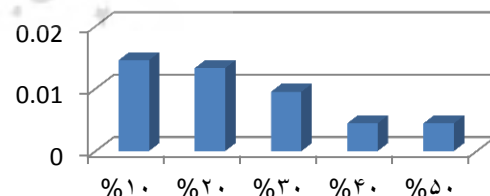
نمودار شماره (۵): میزان اثر تقاضا بر هزینه



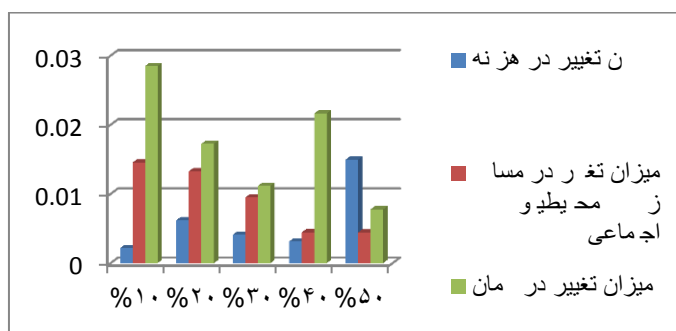
نمودار شماره (۴): تحلیل حساسیت تقاضا بر زمان



نمودار شماره (۷): میزان اثر تقاضا بر زمان



نمودار شماره (۶): میزان اثر تقاضا بر مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی

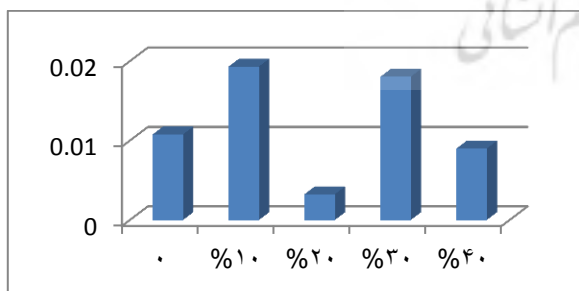


نمودار شماره (۸): مقایسه میزان اثر تقاضا

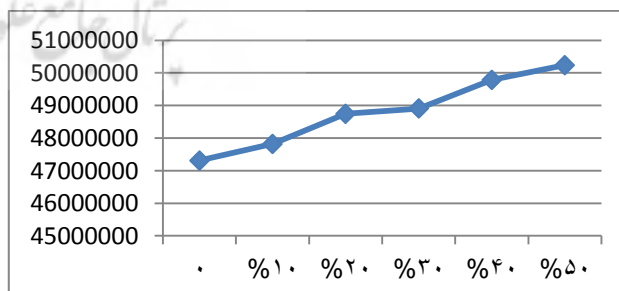
تحلیل حسایت اثر تقاضا بر متغیرهای پژوهش نشان می‌دهد افزایش تقاضا منجر به طولانی شدن زمان خدمت‌رسانی می‌شود که این امر نیز به سبب وجود تقاضای بیشتر توجیه‌پذیر است. با افزایش تقاضا شدت اثر بیشتر شده و در ۵۰ درصد افزایش شاهد ۱.۴ درصد افزایش در هزینه خواهیم بود که نسبت به مقادیر قبلی این افزایش چشمگیرتر می‌باشد. با افزایش بیشتر در تقاضا اثر بر مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی کمتر می‌شود. اثر تقاضا بر زمان نیز در ابتدا بیشتر می‌باشد یعنی در افزایش ۱۰ درصدی در تقاضا شاهد افزایش نزدیک به ۳ درصد در زمان می‌باشیم در حالی که در ۵۰ درصد این افزایش به ۰/۷ درصد می‌رسد که کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد. با مقایسه نمودار اثر تقاضا بر توابع هدف مختلف می‌توان مشاهده کرد که بیشترین اثر بر زمان وجود داشته و سایر توابع هدف کمتر از تقاضا اثر می‌پذیرند. بنابراین می‌توان گفت افزایش تقاضا بیش از هزینه و مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی بر زمان اثرگذار است.

جدول شماره (۵): تحلیل حساسیت هزینه حمل کالا

میزان تغییر در زمان	میزان تغییر در مسائل زیست محیطی و اجتماعی	میزان تغییر در هزینه	مسائل زیست محیطی و اجتماعی	هزینه	هزینه حمل کالا
۰	۰	۰	۶۶۸۹۳۶۰۷	۴۷۳۱۱۳۵۲	۰
۱۰%	۰	۰/۰۱۰۷۷۳۵۸۸	۶۶۸۹۳۶۰۷	۴۷۸۲۱۰۶۵	۰/۰۱۰
۲۰%	۰	۰/۰۱۹۳۲۴۷۰۶	۶۶۸۹۳۶۰۷	۴۸۷۴۵۱۹۳	۰/۰۲۰
۳۰%	۰	۰/۰۰۳۲۵۰۲۰۸	۶۶۸۹۳۶۰۷	۴۸۹۰۳۲۲۵	۰/۰۳۰
۴۰%	۰	۰/۰۱۸۰۴۸۵۳۹	۶۶۸۹۳۶۰۷	۴۹۷۸۶۲۶۴	۰/۰۴۰
۵۰%	۰	۰/۰۰۸۹۹۹۰۸۹	۶۶۸۹۳۶۰۷	۵۰۲۳۴۲۹۵	۰/۰۵۰



نمودار شماره (۱۰): اثر هزینه حمل کالا بر هزینه



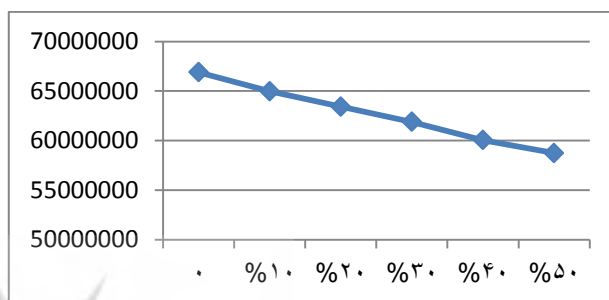
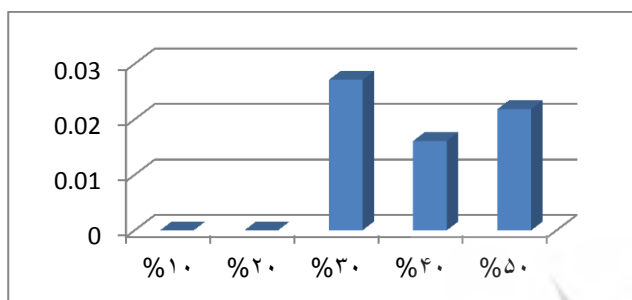
نمودار شماره (۹): تحلیل حساسیت هزینه حمل کالا بر هزینه کل

مشاهده می‌شود که افزایش هزینه حمل کالا منجر به افزایش هزینه کل می‌شود اما اثری بر مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی و زمان نداشته و لذا می‌توان گفت بلااثر است. براساس نمودار فوق می‌توان گفت اثر هزینه دارای ماهیت متفاوتی است و از یک الگوی مشخص تبعیت نمی‌کند.

جدول شماره (۶): تحلیل حساسیت میزان اشتغال تولیدشده توسط باراندازهای عبوری

میزان اشتغال تولیدشده	هزینه	مسائل	زمان	میزان	میزان تغییر در مسائل	میزان تغییر
-----------------------	-------	-------	------	-------	----------------------	-------------

توسط باراندازهای عبوری	زیست محیطی و اجتماعی	تغییر در هزینه	زیست محیطی و اجتماعی	در زمان
.	۴۷۳۱۱۳۵۲	۲۱۴۰	.	.
%۱۰	۴۷۳۱۱۳۵۲	۲۱۴۰	-۰/۰۲۸۵۹۹۸۹۳	.
%۲۰	۴۷۳۱۱۳۵۲	۲۱۴۰	-۰/۰۲۳۸۱۷۱۹	.
%۳۰	۴۷۳۱۱۳۵۲	۲۱۴۰	-۰/۰۲۴۱۷۶۴۶۶	.
%۴۰	۴۷۳۱۱۳۵۲	۲۱۴۰	-۰/۰۲۹۵۹۲۰۴۱	.
%۵۰	۴۷۳۱۱۳۵۲	۲۱۴۰	-۰/۰۲۱۸۱۲۱۹۴۷	.



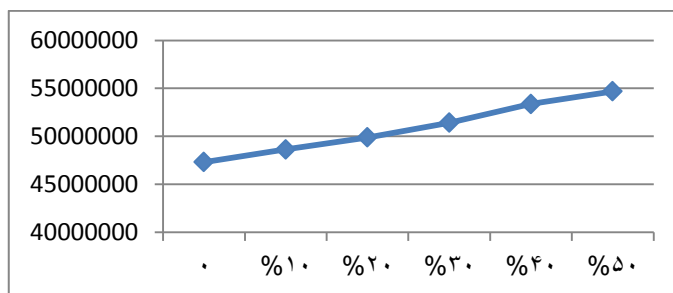
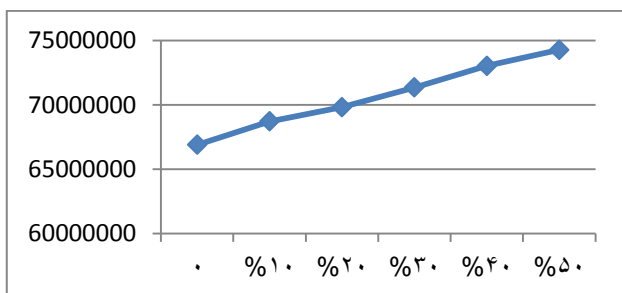
نمودار شماره (۱۲): میزان اثر اشتغال تولید شده بر مسائل زیست محیطی و اجتماعی

نمودار شماره (۱۱): تحلیل حساسیت مسائل زیست محیطی و اجتماعی

همان گونه که دیده می شود افزایش میزان اشتغال منجر به بهبود جواب در خصوص تابع هدف دوم که شامل مسائل زیست محیطی و اجتماعی است می شود اما اثری بر هزینه و زمان ندارد لذا می توان گفت اثر میزان اشتغال تولید شده باعث کاهش مسائل زیست محیطی و اجتماعی می شود. همان گونه که دیده می شود افزایش ۳۰ درصدی در میزان اشتغال می تواند نزدیک به ۳ درصد در کاهش مسائل زیست محیطی و اجتماعی اثر گذار باشد که اثر خطی را نشان می دهد.

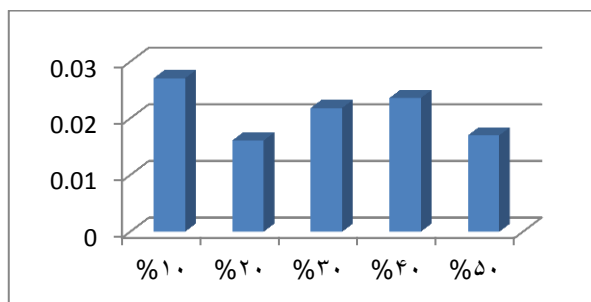
جدول شماره (۷): تحلیل حساسیت میزان مصرف سوخت

میزان مصرف سوخت	هزینه	زیست محیطی و اجتماعی	زمان	میزان تغییر در هزینه	میزان تغییر در مسائل زیست محیطی و اجتماعی	میزان تغییر در زمان
.	۴۷۳۱۱۳۵۲	۶۶۸۹۳۶۰۷	۲۱۴۰	.	.	.
%۱۰	۴۸۶۲۷۸۲۷	۶۸۷۰۶۳۰۴	۲۱۴۰	-۰/۰۲۷۸۲۵۹۸۶	-۰/۰۲۷۰۹۸۲۱	.
%۲۰	۴۹۸۸۱۴۴۲	۶۹۸۱۲۷۴۲	۲۱۴۰	-۰/۰۲۵۹۲۳۵۲۶	-۰/۰۱۶۱۰۳۸۷۹	.
%۳۰	۵۱۴۱۷۰۲۸	۷۱۳۳۸۳۱۸	۲۱۴۰	-۰/۰۳۰۶۴۰۰۸۳	-۰/۰۲۱۸۵۲۴۰۱	.
%۴۰	۵۳۳۷۲۹۸۸	۷۳۰۲۱۴۲۹	۲۱۴۰	-۰/۰۳۸۰۴۱۰۹۴	-۰/۰۲۳۵۹۳۳۶۵	.
%۵۰	۵۴۶۸۰۹۲۳	۷۴۲۶۳۶۳۰	۲۱۴۰	-۰/۰۲۴۵۰۵۵۶۱	-۰/۰۱۷۰۱۱۴۵۸	.

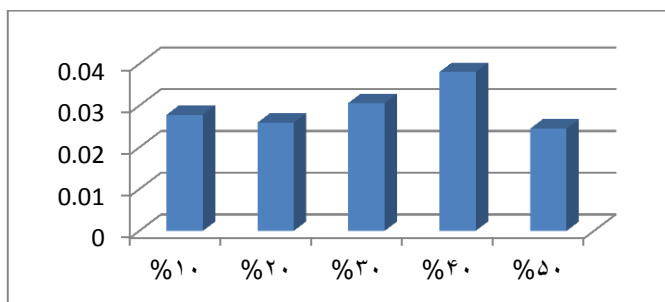


نمودار شماره (۱۴): تحلیل حساسیت میزان مصرف سوخت بر مسائل زیست محیطی و اجتماعی

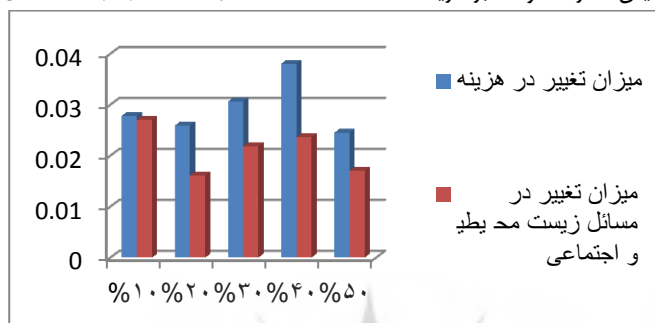
نمودار شماره (۱۳): تحلیل حساسیت میزان مصرف سوخت بر هزینه



نمودار شماره (۱۶): اثر افزایش مصرف سوخت بر مسائل زیست محیطی



نمودار شماره (۱۵): اثر افزایش مصرف سوخت بر هزینه



نمودار شماره (۱۷): مقایسه اثر افزایش مصرف سوخت بر تابع هزینه و مسائل زیست محیطی

همان گونه که دیده می شود شاهد یک رابطه خطی درخصوص افزایش میزان مصرف سوخت بوده و دیده می شود که افزایش میزان مصرف سوخت منجر به افزایش هزینه می شود. افزایش میزان مصرف سوخت به طور طبیعی منجر به بدتر شدن جواب و افزایش مسائل زیست محیطی و اجتماعی می شود. این افزایش نیز از نوع خطی می باشد. همان گونه که دیده می شود در وضعیت ۴۰ درصد بیشترین افزایش به وجود آمده و نزدیک به ۴ درصد به هزینه کل سیستم اضافه شده است. افزایش مصرف سوخت در وضعیت ۱۰ درصدی منجر به ۲.۵ درصد بدتر شدن مسائل زیست محیطی شده و این در سایر افزایش ها نیز مشخص است. اثر افزایش مصرف سوخت بر هزینه بیش از مسائل زیست محیطی است و این جنبه مالی افزایش مصرف سوخت را بیشتر جلوه گر می سازد اما اثر مصرف سوخت بر مسائل زیست محیطی نیز کاملاً مشهود می باشد.

اثر تقاضا بر سه هدف زمان، هزینه و مسائل زیست محیطی و اجتماعی بررسی گردید و نشان داده شد که اگر تقاضا افزایش یابد اثر بیشتر بر زمان به وجود می آید. به عبارت دیگر افزایش تقاضا می تواند خلل هایی را ایجاد کند که در نتیجه آن زمان تحویل افزایش یافته و لذا این امر می تواند در بلندمدت منجر به نارضایتی مشتری شود. لذا بحث تقاضا و افزایش آن در مسأله حاضر باید جدی گرفته شود چرا که نارضایتی مشتری برای خود هزینه هایی به همراه می آورد که در بلندمدت بروز و ظهور می یابد. اما اثر افزایش تقاضا بر هزینه و زمان کمتر است. نکته جالب توجه این است که افزایش تقاضا اثر کمتری بر هزینه می گذارد چرا که با افزایش تقاضا شدت اثر بیشتر شده و در ۵۰ درصد افزایش شاهد ۱/۴ درصد افزایش در هزینه خواهیم بود که نسبت به مقادیر قبلی این افزایش چشمگیر تر می باشد. قابل ذکر است که نتایج بدست آمده از تحقیق ما با نتایج احمدی جاوید و همکاران (۲۰۱۰) و ویسنن و همکاران (۲۰۱۳) همراستا می باشد. اما اثری که بر مسائل زیست محیطی می یابد در بلندمدت ماهیت نزولی یافته و می تواند منجر به کاهش این اثر شود. همانطور که از نتایج حاصل شد با افزایش بیشتر در تقاضا اثر بر مسائل زیست محیطی و اجتماعی کمتر می شود. به عنوان مثال در ۵۰ درصد شاهد ۶ دهم درصد افزایش در مسائل زیست محیطی می باشیم در حالیکه در ۱۰ درصد این افزایش حدوداً ۱/۴ درصد می باشد. لذا اثر بر مسائل زیست محیطی نسبت به هزینه مثبت تر تلقی می شود. دومین پارامتر اثرگذار هزینه حمل کالا می باشد. نتایج بدست آمده از تحقیق ما با نتایج بوچری و همکاران (۲۰۱۷) همراستا می باشد.

هزینه حمل کالا اثری بر مسائل زیست محیطی و زمان ندارد اما منجر به افزایش هزینه می شود این افزایش در وضعیت ۱۰ درصد تقریباً نزدیک به ۱/۸ درصد می باشد که البته در ۴۰ درصد به ۱ درصد کاهش می یابد که از این نظر جالب توجه می باشد.

تنها پارامتری که منجر به بهبود جواب می‌شود افزایش میزان اشتغال است. افزایش میزان اشتغال منجر به بهتر شدن مسائل زیست‌محیطی می‌شود اما اثری بر هزینه و زمان ندارد. نکته جالب توجه این است که افزایش تا ۵۰ درصد منجر به افزایش ۲ درصدی در بهبود مسائل زیست‌محیطی می‌شود که هر چند اثر اندکی را نشان می‌دهد اما می‌تواند در مقادیر بالا مهم و معنی‌دار باشد. بنابراین درخصوص مسائل پایداری بهبود جنبه‌های اجتماعی می‌تواند به سیستم تولید یا زنجیره تأمین منافی را وارد کند که نباید از آن غافل شد. پارامتر نهایی پارامتر افزایش مصرف سوخت است که می‌تواند منجر به افزایش هزینه و مسائل زیست‌محیطی به‌طور هم‌زمان شود اما اثری که بر هزینه دارد کاملاً ملموس بوده و بیش از مسائل زیست‌محیطی است به‌عنوان مثال افزایش ۴۰ درصدی در مصرف سوخت منجر به افزایش ۴ درصدی در هزینه می‌شود که مقدار افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد در حالی که این افزایش در مسائل زیست‌محیطی نزدیک به ۲/۵ درصد می‌باشد. در مجموع نمی‌توان اثر مصرف سوخت را بر هزینه و مسائل زیست‌محیطی نادیده گرفت. نتایج بدست آمده از تحقیق ما با نتایج زینکوتا و همکاران (۲۰۲۱) همراستا می‌باشد.

در انتها بر اساس محدودیت‌های تحقیق حاضر پیشنهادات برای تحقیق آتی به شرح ذیل مطرح می‌شود:

- ارائه یک مدل زنجیره تأمین پایدار تاب‌آور با در نظر گرفتن انبارهای عبوری
- ارائه مدل مکانیابی مسیریابی انبارهای عبوری در شرایط عدم قطعیت
- استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری نظیر ازدحام ذرات و مورچگان به جای الگوریتم ژنتیک
- مقایسه تعدادی از الگوریتم‌های فراابتکاری در حل مسئله مزبور
- افزودن قابلیت اطمینان به مسئله مزبور

۴-منابع

1. Ali Ahmadi, Alireza & Nahaie, Vahid Saeed. (2007). *A comprehensive description of research methods (paradigms, strategies, designs and quantitative, qualitative and hybrid approaches*. (2nd edition), Tehran: Tolied Danesh.
2. Arabani, A. B., Ghomi, S. F., & Zandieh, M. (2011). Meta-heuristics implementation for scheduling of trucks in a cross-docking system with temporary storage. *Expert systems with Applications*, 38(3), 1964-1979.
3. Aravendan, M., & Panneerselvam, R. (2014). Literature review on network design problems in closed loop and reverse supply chains. *Intelligent Information Management*, 2014.
4. Bouchery, Y., Corbett, C. J., Fransoo, J. C., & Tan, T. (Eds.). (2016). *Sustainable supply chains: A research-based textbook on operations and strategy* (Vol. 4). Springer.
5. Boysen, N. (2010). Truck scheduling at zero-inventory cross docking terminals. *Computers & Operations Research*, 37(1), 32-41.
6. Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2010). Scheduling inbound and outbound trucks at cross docking terminals. *OR spectrum*, 32(1).
7. Cardona-Valdés, Y., Álvarez, A., & Ozdemir, D. (2011). A bi-objective supply chain design problem with uncertainty. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(5), 821-832.
8. Cardona-Valdés, Y., Álvarez, A., & Pacheco, J. (2014). Metaheuristic procedure for a bi-objective supply chain design problem with uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, 60, 66-84.
9. Czinkota, M. R., Kotabe, M., Vrontis, D., Shams, S. R. (2021). Distribution and Supply Chain Management. *Marketing Management: Past, Present and Future*, 499-552.
10. Formentini, M. (2020). Sustainable Supply Chain Management. In *Corporate Sustainability in Practice: A Guide for Strategy Development and Implementation* (pp. 207-223). Cham: Springer International Publishing.

11. Georgiadis, M. C., Tsiakis, P., Longinidis, P., & Sofioglou, M. K. (2011). Optimal design of supply chain networks under uncertain transient demand variations. *Omega*, 39(3), 254-272.
12. Hassini, E., Surti, C., & Searcy, C. (2012). "A literature review and A Case Study of Sustainable Supply Chains with a Focus on Metrics." *Production Economics*, 140, 69-82.
13. Javid, A. A., & Azad, N. (2010). Incorporating location, routing and inventory decisions in supply chain network design. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(5), 582-597.
14. Jozefowicz, N., Laporte, G., & Semet, F. (2012). A generic branch-and-cut algorithm for multiobjective optimization problems: Application to the multilabel traveling salesman problem. *INFORMS Journal on Computing*, 24(4), 554-564..
15. Kara, S. A. I. B., & Melo, I. M. T. (2013). Location and Logistics. Technical Reports on Logistics, Saarl. Bus. Sch. ISSN 2193-7761, 2014.
16. Küükoğlu, İ., Aksoy, A., Ene, S., & Öztürk, N. (2013). A mathematical model for two dimensional loading problem in cross-docking network design. *Mathematical and Computational Applications*, 18(3), 273-282.
17. Larbi, R., Alpan, G., Baptiste, P., & Penz, B. (2011). Scheduling cross docking operations under full, partial and no information on inbound arrivals. *Computers & Operations Research*, 38(6), 889-900.
18. Li, L., & Schulze, L. (2010, March). Uncertainty in logistics network design: a review. In *World Congress on Engineering 2012. July 4-6, 2012. London, UK*. (Vol. 2189, pp. 1466-1471). International Association of Engineers.
19. Liao, C. J., Lin, Y., & Shih, S. C. (2010). Vehicle routing with cross-docking in the supply chain. *Expert systems with applications*, 37(10), 6868-6873.
20. Linton, J. D., Klassen, R., & Jayaraman, V. (2007). Sustainable supply chains: An introduction. *Journal of operations management*, 25(6), 1075-1082
21. Ma, H., Miao, Z., Lim, A., & Rodrigues, B. (2011). Crossdocking distribution networks with setup cost and time window constraint. *Omega*, 39(1), 64-72.
22. Matinrad, N., Roghanian, E., & Rasi, Z. (2013). Supply chain network optimization: A review of classification, models, solution techniques and future research. *Uncertain Supply chain management*, 1(1), 1-24.
23. Mavrotas, G. (2009). Effective implementation of the ϵ -constraint method in multi-objective mathematical programming problems. *Applied mathematics and computation*, 213(2), 455-465.
24. Mavrotas, G., & Florios, K. (2013). An improved version of the augmented ϵ -constraint method (AUGMECON2) for finding the exact pareto set in multi-objective integer programming problems. *Applied Mathematics and Computation*, 219(18), 9652-9669.
25. Mousavi, S. M., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Jolai, F. (2013). A possibilistic programming approach for the location problem of multiple cross-docks and vehicle routing scheduling under uncertainty. *Engineering Optimization*, 45(10), 1223-1249.
26. Mousavi, S. M., Vahdani, B., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2014). Optimal design of the cross-docking in distribution networks: Heuristic solution approach. *International Journal of Engineering*, 27(4), 533-544.
27. Mousavi, S. M., Vahdani, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Hashemi, H. (2014). Location of cross-docking centers and vehicle routing scheduling under uncertainty: a fuzzy possibilistic-stochastic programming model. *Applied Mathematical Modelling*, 38(7-8), 2249-2264.
28. Mula, J., Pedro, D., Díaz-Madroñero, M., & Vicens, E. (2010). Mathematical programming models for supply chain production and transport planning. *European*

- Journal of Operational Research*, 204(3), 377-390.
29. Musa, R., Arnaout, J. P., & Jung, H. (2010). Ant colony optimization algorithm to solve for the transportation problem of cross-docking network. *Computers & Industrial Engineering*, 59(1), 85-92.
 30. Naderi, B., Rahmani, S., & Rahmani, S. (2014). A multiobjective iterated greedy algorithm for truck scheduling in cross-dock problems. *Journal of Industrial Engineering*, 2014.
 31. Parker, T. (2020). An Expensive Problem for the Online Fashion Industry: Too many returns. *Medium*. https://medium.com/@parker_content/an-expensive-problem-for-the-online-fashion-industry-too-many-returns-abc441ed1b51
 32. Ramezani, M., Kimiagari, A. M., Karimi, B., & Hejazi, T. H. (2014). Closed-loop supply chain network design under a fuzzy environment. *Knowledge-Based Systems*, 59, 108-120.
 33. Rodriguez, M. A., Vecchietti, A. R., Harjunkski, I., & Grossmann, I. E. (2014). Optimal supply chain design and management over a multi-period horizon under demand uncertainty. Part I: MINLP and MILP models. *Computers & Chemical Engineering*, 62, 194-210.
 34. Vahdani, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Mousavi, S. M. (2013). Scheduling of trucks in cross-docking systems: a hybrid meta-heuristic algorithm. *Lecture Notes in Management Science*, 5, 125-132.
 35. Vincent, T., Seipp, F., Ruzika, S., Przybylski, A., & Gandibleux, X. (2013). Multiple objective branch and bound for mixed 0-1 linear programming: Corrections and improvements for the biobjective case. *Computers & Operations Research*, 40(1), 498-509.
 36. Wu, C. J., & Hamada, M. S. (2011). *Experiments: planning, analysis, and optimization*. John Wiley & Sons.
 37. Zhang, Z. H., Li, B. F., Qian, X., & Cai, L. N. (2014). An integrated supply chain network design problem for bidirectional flows. *Expert Systems with Applications*, 41(9), 4298-4308.

Sustainable Supply Chain Location-Routing of Online Stores

Hossein Firouzi

Vice President of Automotive Engineering Saipa Citroen

Javad Rezaeian (Corresponding Author)

Associate Professor of Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology

Email: j.rezaeian@ustmb.ac.ir

Alireza Rashidi Komijan,

Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran

Mohammad Mehdi Movahedi

Department of Industrial Management, Islamic Azad University, Firoozkuh Branch & Firoozkuh, Iran,

Abstract

One of the most important problems of distribution companies (particularly large online stores) is designing the location of docks, routing vehicles and optimizing the supply distribution network. In this research, the location of Digikala online store distribution centers has been discussed. A multi-objective location-routing problem considering the principle of stability and time constraint is developed with meta-heuristic methods. Based on the results of the proposed model, the effect of demand on the three goals of time, cost, and environmental and social issues was investigated and it was shown that if the demand increases, there will be a greater effect on time. In other words, the increase in demand can cause problems, as a result of which the delivery time has increased, and therefore, this can lead to customer dissatisfaction in the long run. Increasing the amount of employment also leads to the improvement of environmental issues, but it has no effect on cost and time. Also, the cost of transporting goods has no effect on environmental and time issues, but it leads to an increase in cost.

Keywords: time slot, sustainable supply chain, online store, routing, location.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی