



## مسئله‌ی مکان‌یابی مسیریابی با برداشت و تحویل هم‌زمان کالا با در نظر گرفتن ملاحظات بیمه‌ای

مهدی بشیری<sup>۱\*</sup>، آذر بالائی<sup>۲</sup>، مهدیه شیری<sup>۳</sup>

۱ و \* - نویسنده مسئول: دانشیار، عضو هیئت علمی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شاهد، (Bashiri@shahed.ac.ir)

۲ - دانشجو، کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شاهد، (a.balae@shahed.ac.ir)

۳ - دانشجو، کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شاهد، (m.shiri@shahed.ac.ir)

### چکیده

امروزه مدیران شرکت‌های توزیع، کاهش هزینه‌های سیستم را هدف اصلی شبکه می‌دانند؛ در حالی که با این تفکر ریسک آسیب به کالا افزایش یافته و هزینه‌های هنگفتی به ذینفعان تحمیل می‌شود. این تحقیق سعی در بررسی تأثیر سیاست قیمت گذاری تعرفه‌ی بیمه‌ها بر ساختار شبکه‌ی توزیع دارد. در این تحقیق مسئله‌ی مکان‌یابی مسیریابی با برداشت و تحویل هم‌زمان کالاها بررسی می‌شود. این مسئله به تعیین مکان‌های مناسب احداث انبارها، تخصیص مشتریان به انبارهای فعال شده و تعیین تور بهینه برای پاسخگویی به تقاضای مشتریان با هدف حداقل کردن هزینه‌ها می‌پردازد. هزینه‌های شبکه شامل هزینه‌ی راه اندازی انبارها و وسایل نقلیه، هزینه‌ی توزیع کالا و هزینه‌ی بیمه می‌باشد. هزینه‌های بیمه‌ی انبار شامل بیمه‌ی پایه انبار تا حجم معینی از کالاها و بیمه‌ی تکمیلی کالا برای مازاد کالاهای انبار و با هدف کاهش ریسک آسیب به کالا در نظر گرفته می‌شود. اعتبار سنجی مدل پیشنهادی با استفاده از چند مثال عددی بررسی می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که اتخاذ سیاست مناسبی از قیمت گذاری تعرفه‌های بیمه، کاهش ریسک را برای شبکه به همراه خواهد داشت.

**واژگان کلیدی:** مکان‌یابی مسیریابی، ریسک شبکه‌ی توزیع، برنامه ریزی عدد صحیح مختلط.



## Location routing problem with simultaneous pickup and delivery with considering of insurance aspects

### Abstract

Minimization of system costs is main goal from the perspective of distribution companies' managers, but this opinion leads to increase the risk of products damage. Consequently numerous costs may be imposed to system's stakeholders. The efficacy of premium determination policy on location and routing network structure is considered in this study. This paper addresses location routing problem with simultaneous pickup and delivery. The model aims to minimize the total cost (including fixed costs for establishing depots and vehicles, transportation costs and also insurance costs) through determining the location of depots, allocation of customers to these opened depots and planning routes. The insurance cost is expended to reduce the risk of system and it consists of two terms: basic cost that is paid for all inventory volumes up to predetermine threshold volume; and supplementary insurance is paid for per unit of over plus products that are more than threshold volume. Some numerical examples are used to evaluate validity and efficiency of the proposed model. The results show that adopting appropriate premium determination policy, causes to decrease the risk of network.

**Keywords:** Location routing problem, Distribution network risk, Mixed integer programming.

### ۱- مقدمه

تصمیمات مکان‌یابی و مسیریابی از مهم‌ترین ارکان طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین، می‌باشد. مطالعات زیادی در این حوزه صورت گرفته است و توسعه‌های مختلفی برای انطباق بیشتر با شرایط و ویژگی‌های دنیای واقعی انجام شده است. از آن جمله می‌توان به مسئله مکان‌یابی مسیریابی با تحویل منقطع، چند انبار، تحویل و برداشت هم‌زمان، دارای پنجره زمانی، چند سطحی، موجودی مسیریابی و ... اشاره کرد. بررسی این مسائل در حالت‌های قطعی و غیر قطعی از جمله حوزه‌هایی است که تا کنون مورد بررسی قرار گرفته است. مدل مکان‌یابی مسیریابی با برداشت و تحویل هم‌زمان به عنوان یکی از مدل‌های پرکاربرد در این حوزه می‌باشد که در آن ضمن تحویل کالا به مشتریان، جمع‌آوری محصول نیز به طور هم‌زمان از محل مشتری صورت می‌گیرد. این مساله اخیراً به جهت توجه به جنبه‌های زیست محیطی اهمیت دو چندانی یافته است تا آنجا که در شبکه‌های زنجیره تأمین حلقه بسته نیز کاربرد دارد. در اینگونه مسائل حجم موجودی کالا در وسایل نقلیه و همچنین انبارهای موجودی، یکی از تصمیمات مهم و اثرگذار در هزینه‌های کل شبکه می‌باشد و علی‌الاصول شرکت توزیع‌کننده علاقه‌مند به افزایش این حجم تا مقدار گنجایش هر یک می‌باشد که از این طریق مجموع هزینه‌های راه‌اندازی کاهش یابد. اما لازم به توضیح است که افزایش این حجم می‌تواند ریسک آسیب‌پذیری شرکت مورد نظر را در قبال خطرات محتمل برای انبارها و وسایل نقلیه افزایش دهد. از این رو، صنعت بیمه به علت پوشش ریسک شبکه‌ی توزیع، اهمیتی دو چندان در شبکه‌های توزیع پیدا می‌کند. این اهمیت در شبکه‌هایی که کالاهای با ارزش بالا توزیع می‌کنند پررنگ‌تر می‌شود. در این مطالعه، نقش سیاست‌های قیمت‌گذاری تعرفه‌های بیمه‌ی کالا و انبار در بهینه‌سازی ساختار شبکه‌ی توزیع مورد تحلیل قرار می‌گیرد و هدف بررسی اثرات این سیاست‌ها بر ساختار شبکه‌های توزیع مبتنی بر مسیریابی مکان‌یابی با برداشت و تحویل هم‌زمان کالا می‌باشد. به سبب نقش و اهمیت بیش‌تر بیمه برای کالاهای با ارزش زیاد، کالاهای مورد نظر در این تحقیق جزء کالاهای با ارزش بالا در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین ابتدا در این مطالعه مسئله مورد نظر مدل‌سازی شده و با تحلیل‌های عددی اثر سیاست‌های تعرفه‌ای بیمه‌ای مورد تحلیل واقع می‌شود.

مقاله‌ی حاضر در ادامه با ساختار پیش‌رو دنبال خواهد شد: پیشینه‌ی تحقیق در بخش دوم آورده شده است. در بخش سوم پس از تعریف مسئله، مدل پیشنهادی ارائه شده است. در بخش چهارم نتایج محاسبات عددی و تحلیل حساسیت برای اعتبارسنجی مدل گزارش شده است. در بخش پایانی جمع‌بندی و پیشنهادات آتی بیان شده است.

### ۲- پیشینه‌ی تحقیق

ایده‌ی اتخاذ تصمیمات مکان‌یابی هم‌زمان با اتخاذ تصمیمات مسیریابی احتمالاً ابتدا توسط (ون بوتنر، ۱۹۶۱) بیان گردید. (سالهی و راند، ۱۹۸۹) نشان دادند استراتژی‌های به کار رفته پیش از بیان این ایده، مبنی بر اتخاذ تصمیمات مکان‌یابی و مسیریابی به طور جداگانه، اغلب باعث افزایش هزینه‌ها می‌شود. این عامل سبب توجه پژوهش‌گران به این مسئله و توسعه‌ی انواع مختلف مسئله‌ی مکان‌یابی مسیریابی گردید. اخیراً (پرادهون و پرینس، ۲۰۱۴) و (دریکسل و اشنادر، ۲۰۱۵) مطالعات مروری جامعی بر روی انواع مکان‌یابی مسیریابی صورت داده‌اند. با مطالعه‌ی این مقالات



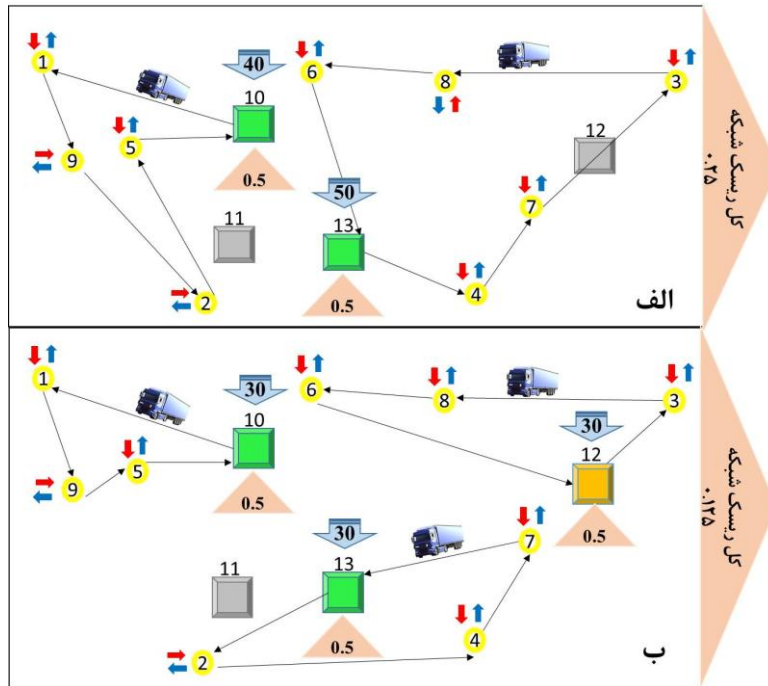
می‌توان دریافت مسئله مکان‌یابی مسیریابی با برداشت و تحویل هم‌زمان یکی از انواع جدید مسئله مکان‌یابی مسیریابی است که در ابتدا توسط (کاراغلان و همکاران، ۲۰۱۱) معرفی گردید و در آن علاوه بر تحویل کالا به مشتریان مانند مدل کلاسیک، مشتریان درخواست جمع‌آوری و برداشت کالا از محل خود را نیز از سرویس دهنده را دارند. این برداشت و تحویل به صورت هم‌زمان صورت می‌گیرد. این مسئله با توجه به اهمیت زنجیره تأمین معکوس مورد توجه قرار گرفته است.

علی‌رغم نقش ویژه بیمه در طراحی یک شبکه‌ی زنجیره تأمین ایمن، مطالعات اندکی در حوزه‌های مرتبط با مکان‌یابی و مسیریابی این عامل را مورد توجه قرار داده‌اند. به عنوان نمونه (تانگیا و سالهی، ۲۰۰۱) در مسئله مسیریابی چند انبار، هزینه‌ی بیمه را در ناوگان حمل و نقل در نظر گرفته‌اند، در این پژوهش مدل ریاضی پیشنهاد نشده و مسئله‌ی مذکور با روش خوشه‌بندی مبتنی بر الگوریتم ژنیک حل شده است. (اسنیکز و بادین، ۲۰۰۶) برای مسئله‌ی مسیریابی روی کمان‌ها مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط ارائه داده و در آن هزینه‌ی بیمه را جزء هزینه‌ی ثابت حمل و نقل عنوان کرده‌اند. (شینتانی و همکاران، ۲۰۰۷) و (پارک، ۲۰۰۵) به ترتیب به طراحی شبکه‌ی حمل و نقل کانتینر با امکان تعویض کانتینرهای خالی، و طراحی و برنامه‌ریزی تولید و توزیع در شبکه‌ی تأمین، هزینه‌ی بیمه را در به کارگیری وسایل نقلیه لحاظ کرده‌اند. مطالعات بررسی شده نشان می‌دهد که اکثر پژوهش‌های صورت گرفته در باب مسئله‌ی مکان‌یابی مسیریابی حق بیمه را به صورت هزینه‌ی ثابت و برای وسایل حمل و نقل موجود، لحاظ کرده‌اند. ضرورت توجه به بیمه‌ی کالا و انبار برای طراحی شبکه‌ی مکان‌یابی مسیریابی ایمن به وضوح مشاهده می‌گردد که در تحقیق حاضر به آن پرداخته می‌شود.

### ۳- تعریف مسئله

پژوهش اخیر به طراحی یک شبکه‌ی مکان‌یابی مسیریابی با برداشت و تحویل هم‌زمان کالا و با در نظر گرفتن ملاحظات بیمه‌ای می‌پردازد. در این مسئله مجموعه‌ای از مشتریان وجود داشته و مکان و مقدار تقاضای هر یک از مشتریان (تقاضای تحویل دادنی و تقاضای تحویل گرفتنی) مشخص است. مجموعه‌ای از انبارهای بالقوه برای فعال شدن با مکان، ظرفیت و هزینه‌ی راه‌اندازی معلوم وجود دارد. هم‌چنین ظرفیت و هزینه‌ی راه‌اندازی وسایل نقلیه‌ی سیستم نیز معلوم می‌باشد. هدف یافتن مکان‌های مناسب برای راه‌اندازی انبارها، تخصیص مشتریان به انبارهای فعال شده و تعیین تور بهینه برای پاسخ‌گویی به تقاضاهای تحویل دادنی و تحویل گرفتنی مشتریان به طور هم‌زمان است. علاوه بر مفروضات مسئله‌ی کلاسیک این پژوهش موضوع بیمه را برای کالا و انبار در نظر می‌گیرد. دو نوع بیمه‌ی پایه و تکمیلی تعریف شده و در این تحقیق فرض شده که بیمه‌ی پایه‌ی انبار به انبارهای فعال شده تعلق می‌گیرد، در صورتی که کالای بارگیری شده از انبار از حد شمول بیمه‌ی پایه فراتر رود، بیمه‌ی تکمیلی مازاد نیز متناسب با اختلاف موجودی از حد شمول بیمه‌ی پایه تعلق می‌گیرد. هم‌چنین در این پژوهش ریسک بیمه‌گر که شامل ریسک کل انبارهای فعال می‌باشد، نیز مورد توجه قرار گرفته است.

شکل (۱) نمای کلی از تأثیر مدل پیشنهادی را بر ساختار شبکه با توجه به تعرفه‌های بیمه که حاکی از کاهش ریسک برای شبکه است، را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در مدل پیشنهادی (قسمت ب شکل ۱) تعداد انبارهای بیش‌تری نسبت به مدل کلاسیک (قسمت الف شکل ۱) فعال شده است و موجودی هر انبار فعال نیز در مدل پیشنهادی نسبت به مدل کلاسیک کم‌تر است. این عامل سبب کاهش ریسک کل برای شبکه با مدل پیشنهادی شده است.



شکل ۱. نمایی از تأثیر سیاست‌های بیمه بر ساختار شبکه‌ی توزیع

پارامترها، متغیرها و روابط به کار رفته در مدل‌سازی، در ادامه آورده می‌شود:

مجموعه‌ها

$N$ : مجموعه‌ی گره‌ها (انبارهای بالقوه و مشتریان)

$N_0$ : مجموعه‌ی انبارهای بالقوه

$N_c$ : مجموعه‌ی مشتریان

پارامترها

$fb$ : هزینه‌ی پایه‌ی بیمه‌ی انبار

$CG$ : هزینه‌ی بیمه‌ی تکمیلی مازاد به ازای هر واحد کالای مازاد بر حد شمول بیمه‌ی پایه

$lb$ : حد آستانه برای تعداد کالاهای مشمول بیمه‌ی پایه

$M$ : عدد خیلی بزرگ

$d_i$ : تقاضای تحویل داده شده به مشتری نام

$p_i$ : تقاضای تحویل گرفته شده از مشتری نام





$C_{ij}$ : هزینه حمل و نقل کمان  $(i, j)$

$CD_k$ : ظرفیت انبار  $k$ ام

$FD_k$ : هزینه راه اندازی انبار  $k$ ام

$CV$ : ظرفیت هر وسیله نقلیه

$FV$ : هزینه ثابت عملیاتی هر وسیله نقلیه

#### متغیرها

$al_k$ : متغیر مجموع تعداد کالاهای بارگیری شده از انبار  $k$ ام

$cl_k$ : متغیر اختلاف تعداد کالاهای بارگیری شده از حد مشمول بیمه‌ی پایه در انبار  $k$ ام

$fl_k$ : متغیر تعداد کالای مشمول بیمه‌ی مازاد در انبار  $k$ ام

$b_{ki}$ : متغیر کمکی برای خطی سازی

$x_{ij}$ : اگر وسیله نقلیه از گره  $i$  به گره  $j$  عبور کند برابر یک است و در غیر این صورت برابر صفر.

$y_k$ : اگر انبار  $k$  فعال باشد برابر یک است و در غیر این صورت برابر صفر.

$z_{ik}$ : اگر مشتری  $i$  به انبار  $k$  تخصیص داشته شود برابر یک است و در غیر این صورت برابر صفر.

$U_i$ : مقدار کالای موجود در وسیله‌ی نقلیه قابل تحویل به مشتریان قبل از سرویس‌دهی به مشتری  $i$ ام

$V_i$ : مقدار کالای موجود در وسیله‌ی نقلیه تحویل گرفته شده از مشتریان بعد از سرویس‌دهی به مشتری  $i$ ام

#### مدل‌سازی مسئله :

$$\min z = \sum_{k \in N_0} FD_k y_k + \sum_{k \in N_0} \sum_{i \in N_c} FV x_{ki} + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ij} + \sum_{k \in N_0} fb y_k + \sum_{k \in N_0} cg fl_k \quad (1)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ji} - \sum_{j \in N} x_{ij} = 0 \quad \forall i \in N \quad (3)$$

$$\sum_{k \in N_0} z_{ik} = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (4)$$

$$x_{ik} \leq z_{ik} \quad \forall i \in N_c, \forall k \in N_0 \quad (5)$$

$$x_{ki} \leq z_{ik} \quad \forall i \in N_c, \forall k \in N_0 \quad (6)$$

$$x_{ij} + z_{ik} + \sum_{m \in N_0, m \neq k} z_{jm} \leq 2 \quad \forall i, j \in N_c, i \neq j, \forall k \in N_0 \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N_c} d_i z_{ik} \leq CD_k y_k \quad \forall k \in N_0 \quad (8)$$

$$\sum_{i \in N_c} p_i z_{ik} \leq CD_k y_k \quad \forall k \in N_0 \quad (9)$$



$$U_j - U_i + CVx_{ij} + (CV - d_i - d_j)x_{ji} \leq CV - d_i \quad \forall i, j \in N_c, i \neq j \quad (10)$$

$$V_i - V_j + CVx_{ij} + (CV - p_i - p_j)x_{ji} \leq CV - p_j \quad \forall i, j \in N_c, i \neq j \quad (11)$$

$$U_i + V_i - d_i \leq CV \quad \forall i \in N_c \quad (12)$$

$$U_i \geq d_i + \sum_{j \in N_c, j \neq i} d_j x_{ij} \quad \forall i \in N_c \quad (13)$$

$$V_i \geq p_i + \sum_{j \in N_c, j \neq i} p_j x_{ji} \quad \forall i \in N_c \quad (14)$$

$$U_i \leq CV - (CV - d_i) \left( \sum_{k \in N_0} x_{ik} \right) \quad \forall i \in N_c \quad (15)$$

$$V_i \leq CV - (CV - p_i) \left( \sum_{k \in N_0} x_{ik} \right) \quad \forall i \in N_c \quad (16)$$

$$b_{ki} \leq U_i \quad \forall k \in N_0, i \in N_c \quad (17)$$

$$b_{ki} \leq M x_{ki} \quad \forall k \in N_0, i \in N_c \quad (18)$$

$$b_{ki} \geq U_i - M (1 - x_{ki}) \quad \forall k \in N_0, i \in N_c \quad (19)$$

$$al_k = \sum_i b_{ki} \quad \forall k \in N_0 \quad (20)$$

$$cl_k = al_k - lb \quad \forall k \in N_0 \quad (21)$$

$$fl_k \geq cl_k \quad \forall k \in N_0 \quad (22)$$

$$fl_k \geq 0 \quad \forall k \in N_0 \quad (23)$$

$$al_k \geq 0 \quad \forall k \in N_0 \quad (24)$$

$$b_{ki} \geq 0 \quad \forall k \in N_0, i \in N_c \quad (25)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N \quad (26)$$

$$z_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N_c, \forall k \in N_0 \quad (27)$$

$$y_k \in \{0, 1\} \quad \forall k \in N_0 \quad (28)$$

$$V_i \geq 0 \quad \forall i \in N_c \quad (29)$$

$$U_i \geq 0 \quad \forall i \in N_c \quad (30)$$

رابطه (۱) تابع هدف مسئله می باشد که به ترتیب هزینه راه اندازی انبار، هزینه ثابت و متغیر حمل و نقل، هزینه بیمه پایه انبارها و هزینه بیمه مازاد کالاها می باشد. رابطه (۲) نشان می دهد که به هر مشتری باید یک بار خدمت ارائه گردد. رابطه (۳) بیان می کند تعداد کمان های ورودی و خروجی به یک گره باید برابر باشد. رابطه (۴) بیان می کند که هر مشتری تنها به یک انبار فعال شده تخصیص پیدا کند. محدودیت های (۵) تا (۷) از تشکیل تورهای غیر منطقی جلوگیری می کنند (در واقع تورهایی که نقطه ای شروع و پایان آن ها انبار یکسانی نباشد). محدودیت های (۸) و (۹) تضمین می کند که به ترتیب مجموع کالاهای تحویل دادنی و تحویل گرفتنی هر انبار از ظرفیت آن انبار تجاوز نکند. محدودیت های (۱۰) و (۱۱) به ترتیب مربوط به معادلات تعادلی جریان کالاها، تحویل دادنی و تحویل گرفتنی می باشند و از تشکیل زیر تور نیز جلوگیری می کنند، همچنین تضمین



می‌کنند که تقاضای تحویل دادنی و تحویل گرفتنی برای هر مشتری برآورده شود. محدودیت (۱۲) تضمین می‌کند مجموعه کالاهای حمل شده توسط هر وسیله نقلیه از ظرفیت آن تجاوز نکند. محدودیت‌های (۱۳) تا (۱۶) حدود متغیرهای  $U_i$  و  $V_i$  را تعریف می‌کند. رابطه (۱۷) تا (۲۰)، مجموع تعداد کالاهای بارگیری شده از هر انبار را نشان می‌دهند. محدودیت‌های (۱۷) تا (۱۹) به همراه رابطه (۲۵) خطی شده‌ی رابطه‌ی تعیین می‌کنند. محدودیت‌ها (۲۳) تا (۳۰) نوع متغیرهای مدل را تعیین می‌کند. لازم به ذکر است، میزان ریسک شبکه برای بیمه گر از رابطه‌ی  $re = \gamma^k \sum_k y_k$  قابل محاسبه است که در آن  $\gamma$  میزان ریسک هر انبار برای شرکت بیمه است.

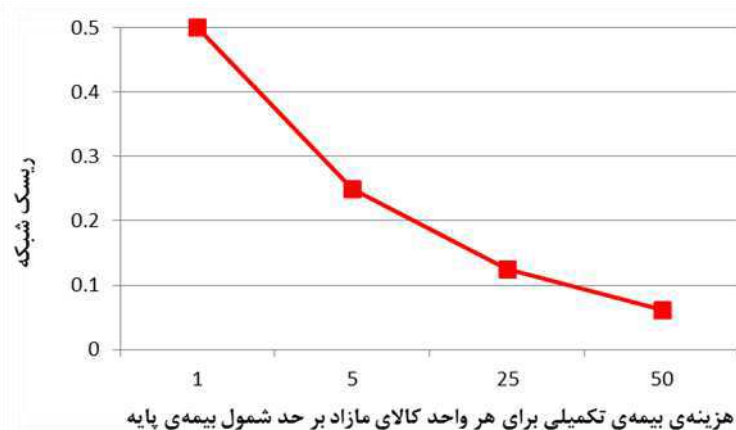
#### ۴- اعتبارسنجی و تحلیل حساسیت

به منظور اطمینان از صحت عملکرد مدل پیشنهادی با عملکرد مورد انتظار و هم چنین بررسی تأثیر پارامترهای مهم مدل از جمله هزینه‌ی بیمه‌ی تکمیلی و تقاضا، یک نمونه مسئله در نظر گرفته شده و به ازای سطوح مختلف این پارامترها مسئله حل شده است. برای تولید مسئله نمونه، از مسائل نمونه‌ی موجود در ادبیات برای مسئله‌ی مکان‌یابی مسیریابی با برداشت و تحویل هم‌زمان، ارائه شده توسط (کاراغلان و همکاران، ۲۰۱۲) قابل در دسترس در سایت به آدرس مرجع [۱۱] استفاده شده و پارامترها و شرایط موجود در مدل پیشنهادی به آن اضافه شده است. مسئله‌ی  $20-5-Z\_coord$  از این مجموعه انتخاب شده و ده مشتری اول و پنج انبار اول آن در نظر گرفته شده است. هزینه‌های ثابت انبارها و وسایل نقلیه نیز برای یک دوره زمانی در نظر گرفته شده اند (فرض شده است که افق برنامه ریزی مسئله‌ی نمونه‌ی اصلی ۱۰۰ دوره بوده است). هم چنین پارامترهای اضافه شده به مدل  $fb=100$  و  $lb=50$  می‌باشند. مدل (پیشنهادی و کلاسیک) بر روی نرم افزار گمز نسخه‌ی ۲۳,۲ کد نویسی شده و نتایج محاسبات برای مسائل در مدت زمانی ۳۰۰ ثانیه در این بخش گزارش شده است.

جدول (۱) تأثیر تعرفه‌ی بیمه‌ی تکمیلی مازاد برای هر واحد کالای افزون بر حد شمول بیمه‌ی پایه (CG) را بر روی تعداد انبارهای فعال شده و میزان ریسک شبکه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در صورت تعیین سیاست مناسب برای قیمت گذاری بیمه‌ی مازاد تکمیلی، شرکت‌های توزیع تعداد انبارهای بیش‌تری را فعال خواهند نمود که این تصمیم موجب کاهش ریسک شبکه برای بیمه گر می‌شود. (نمودار (۱)).

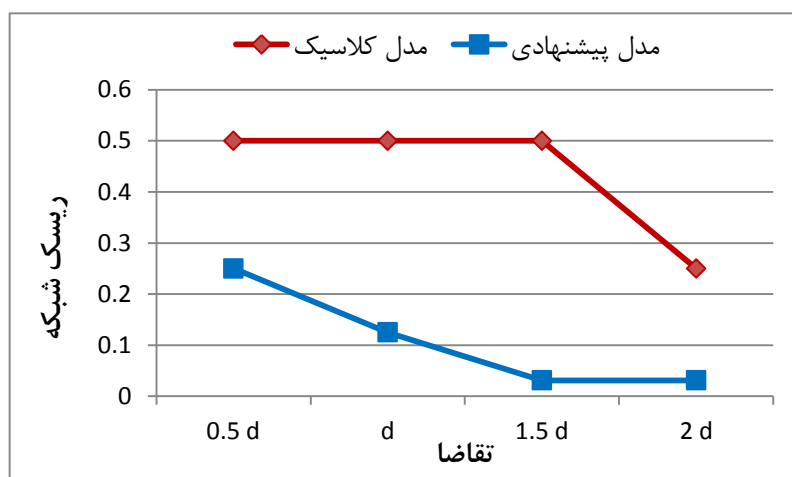
جدول (۱) نتایج تحلیل عددی افزایش هزینه‌ی بیمه‌ی تکمیلی مازاد

مسئله	هزینه‌ی بیمه‌ی تکمیلی مازاد به ازای هر واحد کالای مازاد بر حد شمول بیمه‌ی پایه	انبارهای فعال	مقدار کالای مشمول بیمه‌ی تکمیلی	میزان ریسک شبکه تحمیلی به بیمه گر	گپ نسبی (%) در زمان حل ۵ دقیقه
۱	۱	۱	۱۰۵	۰,۵	۲۰
۲	۵	۲	۵۵	۰,۲۵	۶۰
۳	۲۵	۳	۶	۰,۱۲۵	۶۶
۴	۵۰	۴	۰	۰,۰۶۲۵	۶۶



نمودار (۱) تأثیر سیاست قیمت گذاری تعرفه‌ی بیمه بر ریسک شبکه

با توجه به گپ بالای مشاهده شده در مدت زمان ۵ دقیقه، مسائل ۲، ۳ و ۴ جدول (۱) برای مدت زمان ۵ ساعت (۱۸۰۰ ثانیه) نیز مجدداً حل شده‌اند. نتایج نشان داد با وجود افزایش زمان حل، گپ مسائل تغییر زیادی نکرد و به ترتیب برای مسائل مذکور ۵۵، ۶۲، ۶۵ درصد به دست آمد. با افزایش تقاضای مشتریان، خطر بیش‌تری شبکه را تهدید می‌کند، برای بررسی تأثیر تقاضا بر تعداد انبارهای فعال شده و در نتیجه ریسک شبکه در مدل پیشنهادی نسبت به مدل کلاسیک، مسئله‌ی شماره ۳ از جدول (۱) انتخاب شده و به ازای سطوح تغییرات تقاضا، مدل پیشنهادی و مدل کلاسیک حل گردید. نمودار (۲) نشان می‌دهد ریسک مدل پیشنهادی همواره از مدل کلاسیک کم‌تر است و با افزایش تقاضای مشتریان، کارایی و ضرورت مدل پیشنهادی بیش‌تر احساس می‌شود. لازم به توضیح است در این نمونه مسئله با توجه به ظرفیت بالای انبارها، با افزایش تقاضا ۱،۵ برابر سطح اولیه، مدل کلاسیک ضرورتی به فعال کردن انبارهای بیش‌تر را احساس نمی‌کند چرا که ظرفیت یک انبار نیز پاسخ‌گوی موجودی شبکه (تقاضای مشتریان) می‌باشد ولی مدل پیشنهادی در راستای کاهش ریسک شبکه انبارهای بیش‌تری را فعال کرده است. (متوسط گپ مدل پیشنهادی برای سطوح نمودار (۲)، ۶۵ درصد در زمان حل ۵ دقیقه می‌باشد).



نمودار (۲) تأثیر تقاضا بر ریسک شبکه‌ی مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل کلاسیک

در تمامی مثال‌های بررسی شده، شبکه‌ی طراحی شده با مدل پیشنهادی، ریسک کم‌تری را در مقایسه با شبکه‌ی طراحی شده با مدل کلاسیک دارد. استفاده از مدل پیشنهادی برای شبکه‌های با حجم تقاضای بالای مشتریان و هم چنین شبکه‌های توزیع محصولات با ارزش زیاد، از ضرورت بیش‌تری برخوردار است.





## ۵- جمع بندی و پیشنهاد مطالعات آتی

این مطالعه به منظور وارد کردن ملاحظات عملیاتی شرکت‌های توزیع مورد بررسی قرار گرفت. یکی از این ملاحظات مربوط به کاهش ریسک عملیات شرکت‌های توزیع از طریق بیمه کردن اجزاء توزیع می‌باشد. بدین منظور یکی از مهم‌ترین مسائل مکان‌یابی مسیریابی یعنی مسئله مکان‌یابی مسیریابی با تحویل و برداشت همزمان کالا با در نظر گرفتن ملاحظات بیمه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. مسئله مذکور مدل سازی شد و تحلیل‌های عددی استفاده شده نیز، صحت عملکرد مدل طراحی شده را نشان می‌دهند. همچنین بررسی مثالهای عددی نشان می‌دهد که در نظر گرفتن سیاست‌های بهینه‌ی قیمت‌گذاری تعرفه‌های بیمه می‌تواند در ایجاد شبکه‌های توزیع کارا و کم ریسک موثر باشد. بنابراین تعیین بهینه‌ی تعرفه‌ی مذکور برای دینفعان شبکه‌های توزیع مفید خواهد بود. در نظر گرفتن سایر انواع بیمه و شرایط متناظر استفاده از آن‌ها در سایر شبکه‌های تولید و توزیع کالاها برای تحقیقات آتی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. همچنین به سبب NP-hard بودن مدل و گپ بالای مشاهده شده برای حل با نرم افزارهای موجود، به کارگیری الگوریتم‌های ابتکاری و فرا ابتکاری می‌تواند برای مطالعات آتی مورد توجه قرار بگیرد.

## مراجع

- [۱] Drexl, M. and M, Schneider. (۲۰۱۵). A survey of variants and extensions of the location-routing problem. *European Journal of Operational Research*, ۲۴۱(۲), ۲۸۳-۳۰۸.
- [۲] Karaoglan, I. Altiparmak, F. Kara, I. and Dengiz, B. (۲۰۱۱). A branch and cut algorithm for the location-routing problem with simultaneous pickup and delivery. *European Journal of Operational Research*, ۲۱۱(۲), ۳۱۸-۳۳۲.
- [۳] Karaoglan, I. Altiparmak, F. Kara, I. and Dengiz, B. (۲۰۱۲). The location-routing problem with simultaneous pickup and delivery: Formulations and a heuristic approach. *Omega*, ۴۰(۴), ۴۶۵-۴۷۷.
- [۴] Park, Y. (۲۰۰۵). An integrated approach for production and distribution planning in supply chain management. *International Journal of Production Research*, ۴۳(۶), ۱۲۰۵-۱۲۲۴.
- [۵] Prodhon, C. and Prins, C. (۲۰۱۴). A survey of recent research on location-routing problems. *European Journal of Operational Research*, ۲۳۸(۱), ۱-۱۷.
- [۶] Salhi, S. and Rand, G.K. (۱۹۸۹). The effect of ignoring routes when locating depots. *European Journal of Operational Research*, ۳۹(۲), ۱۵۰-۱۵۶.
- [۷] Shintani, K. Imai, A. Nishimura, E. and Papadimitriou, S. (۲۰۰۷). The container shipping network design problem with empty container repositioning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, ۴۳(۱), ۳۹-۵۹.
- [۸] Sniezek, J. and Bodin, L. (۲۰۰۶). Using mixed integer programming for solving the capacitated arc routing problem with vehicle/site dependencies with an application to the routing of residential sanitation collection vehicles. *Annals of Operations Research*, ۱۴۴(۱), ۳۳-۵۸.
- [۹] Thangiah, S. R. and Salhi, S. (۲۰۰۱). Genetic clustering: an adaptive heuristic for the multidepot vehicle routing problem. *Applied Artificial Intelligence*, ۱۵(۴), ۳۶۱-۳۸۳.
- [۱۰] Von Boventer, E. (۱۹۶۱). The relationship between transportation costs and location rent in transportation problems. *Journal of Regional Science*, ۳(۲), ۲۷-۴۰.
- [۱۱] [http://w3.gazi.edu.tr/\\_fulyaal/TestCases/LRPSPD\\_MIPFor mulations\\_TestInstances.rar](http://w3.gazi.edu.tr/_fulyaal/TestCases/LRPSPD_MIPFor mulations_TestInstances.rar)