

# مدل مدیریت موجودی توسط فروشنده با در نظر گرفتن انتقال کالا بین انبار خرده‌فروشان با وجود یک تأمین‌کننده و چند خرده‌فروش

حسن زمانی باجگانی\* (دانشجوی کارشناسی ارشد)

محمد رضا اکبری جوکار (استاد)

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، تابستان ۱۳۹۷ (دوره ۱-۳۳، شماره ۱/۲، ص. ۲۷-۳۵)

مدیریت موجودی توسط فروشنده رویکردی مداوم برای تعیین مقدار و زمان ارسال سفارش به خرده‌فروشان توسط تأمین‌کننده است که با تبادل اطلاعات بین خرده‌فروشان و تأمین‌کننده انجام می‌پذیرد. در این پژوهش مدلی جدید بر اساس سیستم (EOQ) <sup>۱</sup> با افزودن شرط امکان جابه‌جایی کالا بین انبار خرده‌فروشان به مسئله‌ی مدیریت موجودی توسط فروشنده توسعه داده می‌شود و سپس به بررسی اثر آن بر هزینه‌های موجودی و حمل و نقل پرداخته می‌شود. هدف به دست آوردن مقدار سفارش بهینه و انتخاب خرده‌فروشان است که می‌توانند به عنوان واسطه برای انتقال کالا به خرده‌فروشان دیگر انتخاب شوند به گونه‌ی که هزینه‌های موجودی و حمل و نقل کمینه شود. مدل ارائه شده با در نظر گرفتن ۳۰ خرده‌فروش با استفاده از LINGO حل شده است و مقایسه‌ی هزینه‌های موجودی و حمل و نقل با در نظر گرفتن فرض جابه‌جایی کالا بین خرده‌فروشان نشان می‌دهد که هزینه‌ها به صورت قابل قبولی کاهش می‌یابند.

واژگان کلیدی: مدیریت زنجیره‌ی تأمین، مدیریت موجودی توسط فروشنده،

انتقال <sup>۱</sup> کالا، کنترل موجودی پیوسته، چند خرده‌فروش.

hasanzamani67@yahoo.com  
reza.akbari@sharif.edu

## ۱. مقدمه

امروزه مدل‌های کنترل موجودی در حوزه‌های مختلف تولید و فروش به‌طور گسترده‌ی کاربرد دارند. یکی از معروف‌ترین مفاهیم در بحث کنترل موجودی و مدیریت موجودی توسط فروشنده است که می‌تواند نقش مهمی را در زنجیره‌های عرضه در جهت کاهش هزینه‌ها و افزایش سطح خدمت‌دهی داشته باشد که در این مقاله به تفصیل به آن پرداخته شده است.

به‌طور کلی فرایند مدیریت موجودی توسط فروشنده را می‌توان به صورت سازوکاری که تأمین‌کننده، خود سفارش‌های خرید را بر مبنای اطلاعات مربوط به تقاضای مشتریان برای بنگاه اقتصادی انجام می‌دهد، در نظر گرفت. به عبارت دیگر، مدیریت موجودی توسط فروشنده یک مدل عقب‌گرد جایگزینی کالا است که تأمین‌کننده، مسئولیت پاسخگویی به تقاضای مشتریان را بر عهده دارد. در این مدل به جای آنکه مشتری میزان موجودی خود را کنترل و اقدام به سفارش‌دهی کند، تأمین‌کننده این کار را انجام می‌دهد.

مفهوم VMI <sup>۲</sup> به عملیاتی که در طی زنجیره‌ی عرضه انجام می‌شود شفافیت ساختار مفهومی اولیه VMI توسط مگی در سال ۱۹۵۸ به این صورت مطرح شد که: چه کسی باید مسئولیت کنترل موجودی‌ها را بر عهده داشته باشد؟ ولی علاقه به مفهوم VMI به صورت واقعی طی دهه‌ی ۹۰ توسعه یافت. این مفهوم با گذشت دهه‌ها تغییر محسوس نکرده است. به گونه‌ی که ۳۵ سال بعد از این تعریف، کاپاکینو (۱۹۹۳) تعریف مشابهی بدین شرح برای VMI ارائه کرد: VMI برنامه‌ی است که در آن تأمین‌کننده سطح موجودی در انبارهای مشتریان را کنترل می‌کند و در مورد جایگزینی و تکمیل آن احساس مسئولیت می‌کند. همچنین در سال ۱۹۹۶، فاگل بدون نقض تعاریف قبلی VMI و با

به‌طور کلی فرایند مدیریت موجودی توسط فروشنده را می‌توان به صورت سازوکاری که تأمین‌کننده، خود سفارش‌های خرید را بر مبنای اطلاعات مربوط به تقاضای مشتریان برای بنگاه اقتصادی انجام می‌دهد، در نظر گرفت. به عبارت دیگر، مدیریت موجودی توسط فروشنده یک مدل عقب‌گرد جایگزینی کالا است که تأمین‌کننده، مسئولیت پاسخگویی به تقاضای مشتریان را بر عهده دارد. در این مدل به جای آنکه مشتری میزان موجودی خود را کنترل و اقدام به سفارش‌دهی کند، تأمین‌کننده این کار را انجام می‌دهد.

مفهوم VMI <sup>۲</sup> به عملیاتی که در طی زنجیره‌ی عرضه انجام می‌شود شفافیت ساختار مفهومی اولیه VMI توسط مگی در سال ۱۹۵۸ به این صورت مطرح شد که: چه کسی باید مسئولیت کنترل موجودی‌ها را بر عهده داشته باشد؟ ولی علاقه به مفهوم VMI به صورت واقعی طی دهه‌ی ۹۰ توسعه یافت. این مفهوم با گذشت دهه‌ها تغییر محسوس نکرده است. به گونه‌ی که ۳۵ سال بعد از این تعریف، کاپاکینو (۱۹۹۳) تعریف مشابهی بدین شرح برای VMI ارائه کرد: VMI برنامه‌ی است که در آن تأمین‌کننده سطح موجودی در انبارهای مشتریان را کنترل می‌کند و در مورد جایگزینی و تکمیل آن احساس مسئولیت می‌کند. همچنین در سال ۱۹۹۶، فاگل بدون نقض تعاریف قبلی VMI و با

\* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۴/۷/۱۸، اصلاحیه ۱۳۹۵/۵/۱۸، پذیرش ۱۳۹۵/۷/۵

DOI:10.24200/J65.2018.5602

حفظ چهارچوب مفهومی آن، تفسیری این چنین از VMI ارائه داد: "VMI" اساساً یک تفاهم نامه است زیرا صاحب کالا، کالای خود را به بخش دیگری یعنی مشتری، برای استفاده یا فروش مجدد می دهد. این در حالی است که عواید فروش بعد از فروش با استفاده واقعی توسط مشتری به صاحب کالا منتقل خواهد شد.<sup>[۱]</sup>

در دهه های اخیر جنبه های مختلفی از زنجیره ی تأمین VMI مورد مطالعه قرار گرفته است؛ از جمله استفاده از مفهوم VMI برای مدل سازی مسئله ی مکان یابی موجودی<sup>[۲]</sup>، مسئله ی مسیریابی موجودی<sup>[۳]</sup> و مدل سازی زنجیره ی تأمین مبتنی بر قرارداد با استفاده از مسئله ی روزنامه فروش و مقایسه ی آن با زنجیره های تأمین سنتی.

در این پژوهش هدف کمیته کردن هزینه های موجودی و حمل و نقل با در نظر گرفتن گزینه ی انتقال کالا بین انبار خرده فروشان است. بنابراین این امکان برای خرده فروشان وجود دارد که علاوه بر دریافت کالا از تأمین کننده، از خرده فروشان دیگر نیز کالا دریافت کنند. از این رو مدل ارائه شده در این تحقیق به گونه یی عمل می کند که با در نظر گرفتن هزینه های سفارش دهی و حمل و نقل مختلفی که برای هر خرده فروش با تأمین کننده یا با سایر خرده فروشان وجود دارد بهترین مسیر برای انتقال سفارش های بهینه انتخاب شود. بنابراین در این تحقیق مدل سازی سیستم موجودی با استفاده از رویکرد مدیریت موجودی توسط فرسوده انجام می گیرد و انتخاب این که هر خرده فروش، با در نظر گرفتن هزینه های حمل و نقل و سفارش دهی بین اجزای زنجیره (خرده فروشان، تأمین کننده)، سفارش خود را از کدام جز از زنجیره دریافت کند.

اصلی ترین چالش زنجیره ی تأمین مبتنی بر VMI ایجاد یکپارچگی در زنجیره است. هدف از در نظر گرفتن امکان جابه جایی در این تحقیق افزایش یکپارچگی در زنجیره ی تأمین است که در مسائل مکان یابی موجودی استفاده شده است<sup>[۴]</sup> که در آن خرده فروش در مواقع کمبود با سفارش اضطراری از خرده فروشان دیگر کالا دریافت می کند. اما استفاده از امکان جابه جایی کالا بین انبار خرده فروشان در مدل سازی زنجیره ی تأمین بر اساس VMI قبلاً وجود نداشت که در این پژوهش به آن پرداخته می شود.

مدیریت موجودی بر مبنای فرسوده از دهه ی ۹۰، بعد از استفاده ی موفقیت آمیز وال مارت و پروکتر و گمبل (P&G) در بسیاری از شرکت ها پیاده سازی شد. اما مدل های ساخته شده با استفاده از مفهوم VMI از سال ۲۰۰۵ به بعد با مدل سازی یائو<sup>[۵]</sup> برای مقایسه ی هزینه های سفارش دهی و نگهداری زنجیره ی تأمین VMI با زنجیره ی تأمین سنتی مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۲۰۰۷ با توجه به مدل ارائه شده توسط یائو با افزودن پارامتر هزینه ی انتقال مدل سازی جدیدی ارائه شد و مدل های جدید ارائه شده در حالت سنتی و VMI با مدل های ارائه شده توسط یائو مقایسه شدند.<sup>[۶]</sup>

در جدول ۱: مرور برخی از مدل های حوزه ی زنجیره ی تأمین پیشینه ی پژوهش های این حوزه به صورت خلاصه ارائه شده است. با توجه به آنچه که در جدول مشاهده می شود هنوز خلأهایی در زمینه ی در نظر گرفتن جابه جایی کالا بین انبار خرده فروشان و همچنین مسئله ی مکان یابی تخصیص و ظرفیت وجود دارد. البته در این مقاله با در نظر گرفتن امکان جابه جایی کالا بین خرده فروشان فرض بر این است که هر خرده فروش تنها باید از یک جزء (خرده فروش، تأمین کننده) دیگر زنجیره کالا دریافت کند. بنابراین در این تحقیق با توجه به اینکه هر خرده فروش باید از بین اجزای موجود یک جز را برای دریافت کالا انتخاب کند مسئله ی VMI به یک مسئله ی مکان یابی تخصیص تبدیل می شود. از طرف دیگر مدل های ارائه شده در

زمینه ی VMI فقط به کمیته کردن هزینه های موجودی در زنجیره ی تأمین می پردازند که در این تحقیق به کمیته کردن هزینه های موجودی و حمل و نقل به صورت یکپارچه پرداخته می شود. از طرف دیگر به دلیل اینکه فاصله ی بین خرده فروش ها و تأمین کننده به عنوان عاملی برای محاسبه ی حمل و نقل در مدل لحاظ شده است، به دنبال مسیری هستیم که مجموع هزینه های حمل و نقل و موجودی را کمیته کند.

## ۲. تعریف مسئله

در تحقیق پیش رو هدف، ارائه و حل یک موجودی بازدید پیوسته (R, T) برای تعیین مقدار بهینه ی سفارش خرده فروشان در سیستم مدیریت موجودی توسط فرسوده است. در سیستم مدیریت موجودی فرسوده ی ارائه شده انتقال سفارش بین انبار خرده فروشان بخش اصلی مدل در نظر گرفته می شود. با در نظر گرفتن انتقال بین انبار خرده فروشان مدل به گونه یی مسئله را بهینه می کند که هر خرده فروش با در نظر گرفتن هزینه های متغیر سفارش دهی و حمل و نقل با سایر خرده فروشان و تأمین کننده بهینه ترین سفارش را دریافت کند. منظور از بهترین سفارش در خرده فروش سفارشی است که مشخص می کند هر خرده فروش از کدام جزء از زنجیره (تأمین کننده یا سایر خرده فروشان) کالا دریافت کند به طوری که کل هزینه های سیستم به صورت یکپارچه کمیته شود.

بنابراین مدل ارائه شده یک مدل ترکیبی حمل و نقل و موجودی است که به منظور ساده سازی، مفروضات زیر در مدل در نظر گرفته شده است:

- تقاضای مشتری قطعی و ثابت است
- تقاضای کالاها مستقل از یکدیگر است.
- کمبود مجاز است.
- زمان های تحویل صفر است
- زمان حمل و نقل کالا صفر در نظر گرفته می شود.
- قیمت کالا در دوره ی برنامه ریزی کالا ثابت در نظر گرفته می شود.
- هر خرده فروش برای تأمین کالا تنها به یک جز مراجعه می کند.
- برای حمل و نقل دو وسیله ی نقلیه در نظر گرفته شده است.
- سیستم بازدید موجودی سیستم (R, T) است.

## ۱.۲. نمادهای مدل

$(1, \dots, n)$ : اندیس تأمین کننده و یا خرده فروشانی که به جزء دیگر کالا می دهند.

$(1, \dots, n)$ : اندیس خرده فروشانی که کالا دریافت میکنند.

### ۱.۱.۲. پارامترها:

$AS_1$ : هزینه سفارش دهی تأمین کننده

$AB_{ii}$ : هزینه های سفارش دهی کالا وقتی خرده فروش  $i$  ام از تأمین کننده کالا بگیرد.

$AB_{ij}$ : هزینه های سفارش دهی وقتی خرده فروش  $i$  ام از خرده فروش  $j$  ام کالا دریافت کند.

$h_i$ : هزینه ی نگهداری خرده فروش  $i$  ام

$s_i$ : هزینه های کمبود خرده فروش  $i$  ام

جدول ۱. مرور برخی از مدل‌های حوزه زنجیره تأمین مدیریت موجودی توسط فروشنده.

سال انتشار	نویسنده	خصوصیات مدل		متغیرها			توابع هدف
		چند دورهی محصولی	پارامترها	ارضای مکان‌یابی	ظرفیت حمل و نقل موجودی	قیمت سود/هزینه (قرارداد)	
۲۰۱۱	درویش [۸]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۱	درویش و همکاران [۹]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۲	آن و همکاران [۱۰]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۴	گلاک و همکاران [۱۱]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۳	هریگا و همکاران [۱۲]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۰۸	یائو و همکاران [۱۳]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۰	گوان و همکاران [۱۴]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۳	یو و همکاران [۱۵]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۱	پسندیده و همکاران [۱۶]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۲	بارون و همکاران [۱۷]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۰۹	زاوالنا و همکاران [۱۸]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۰	لی و همکاران [۱۹]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۴	هریگا و همکاران [۲۰]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۴	لی و همکاران [۲۱]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۳	حسینی‌راد [۲۲]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۰۹	یانگ و همکاران [۲۳]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۴	تورس و همکاران [۲۴]	*	*	*	*	*	سطح خدمت
۲۰۱۴	مدل پیشنهادی	*	*	*	*	*	سطح خدمت

$e_1$ : هزینه متغیر استفاده از وسیله حمل و نقل ۱ به ازای هر واحد مسیر  
 $e_2$ : هزینه متغیر استفاده از وسیله حمل و نقل ۲ به ازای هر واحد مسیر  
 $B_1$ : هزینه ثابت استفاده از وسیله نقلیه نوع ۱ به ازای هر واحد مسیر  
 $B_2$ : هزینه ثابت استفاده از وسیله نقلیه نوع ۲ به ازای هر واحد مسیر  
 $v_1$ : ظرفیت وسیله حمل و نقل ۱  
 $v_2$ : ظرفیت وسیله حمل و نقل ۲  
 $Z_i$ : فاصله بین خرده‌فروش  $i$  با تأمین‌کننده

$Z_{ij}$ : فاصله بین خرده‌فروش  $i$  با  $j$   
 $R_i$ : مقدار تقاضای خرده‌فروش  $i$ ام برای یک سال

۲.۱.۲. متغیرهای تصمیم:

$T$ : طول یک چرخه سفارش‌دهی  
 $TCVMI$ : هزینه موجودی زنجیره شامل تأمین‌کننده و خریداران در حالت «مدیریت موجودی توسط فروشنده»

سال است، بر اساس رابطه‌های ۴ و ۵ و ۶ محاسبه می‌شود:

$$T_H + T_S = \sum_{i=1}^n \frac{h_i^* q^r}{r^* Q} + S_i^* \frac{(Q-q)^r}{r^* Q} \quad (4)$$

سفارش بهینه که حاصل ضرب تقاضا در دوره سفارش دهی است:

$$Q = R^* T \quad (5)$$

بیشینه‌ی سطح موجودی در حالتی که کمبود داریم:

$$q = \frac{Q^* s}{h + s} \quad (6)$$

$$\Rightarrow T_H + T_S = \sum_{i=1}^n \frac{(R^* T^* h^* S^r)}{r^* (h + S)^r} + \frac{(R_i^* T^* S^* h^r)}{r^* (h + S)^r} \quad (7)$$

### ۳.۲.۲. هزینه‌ی سالیانه حمل و نقل

هزینه‌های حمل و نقل شامل هزینه ثابت استفاده از وسیله‌ی نقلیه و هزینه‌ی متغیر حمل و نقل که با ضرب در فاصله‌ی بین اجزای خرده‌فروش به دست می‌آید، در نظر گرفته شده است. در این پژوهش دو نوع وسیله‌ی حمل و نقل با ظرفیت متغیر در نظر گرفته شده است بنابراین هزینه‌ی حمل و نقل سالیانه با توجه به اینکه بین دو جزء حمل صورت گرفته باشد ( $g_{ij} = 1$ ) عبارت است از:

$$TC_{Tr} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{r^*} * i^* g_{ij}^* ([X_i^* \frac{T}{V_i} + 1])^* (B_1 + e_1^* Z_{ij}) + \frac{1}{r^*} * W_{ij}^* g_{ij}^* ([X_i^* \frac{T}{V_i} + 1])^* (B_2 + e_2^* Z_{ij}) \quad (8)$$

### ۳.۲. محدودیت‌ها

#### ۱.۳.۲. محدودیت روابط بین اجزای زنجیره

این محدودیت یک محدودیت ساده‌سازی برای حل مسئله است. با توجه به این محدودیت هر خرده‌فروش باید فقط از یک عضو دیگر (خرده‌فروش یا تأمین‌کننده) زنجیره کالا دریافت کند:

$$\sum_{j=1}^n g_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

#### ۲.۳.۲. محدودیت وجود رابطه بین تأمین‌کننده و خرده‌فروشان

این محدودیت بیان‌کننده این است که حداقل یکی از خرده‌فروشان از تأمین‌کننده کالا دریافت کند. اگر این محدودیت نباشد ممکن است به دلیل پایین بودن هزینه‌ی سفارش دهی بین خرده‌فروشان هیچ کدام از خرده‌فروشان کالا را از تأمین‌کننده دریافت نکنند که به لحاظ عملی غیرممکن است:

$$\sum_{i=1}^n g_{ij} \geq 1, i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

#### ۳.۳.۲. محدودیت استفاده از وسیله‌ی نقلیه

این محدودیت بیان‌کننده این است که سفارش‌های بهینه‌ی انتخاب شده بین خرده‌فروشان و تأمین‌کننده فقط با وسیله‌های نقلیه‌ی نوع ۱ و ۲ قابل انتقال‌اند:

$$l_{ij} + W_{ij} = 1, for j = 1 \dots n \quad (11)$$

$T_H$ : هزینه‌های نگهداری

$T_A$ : هزینه‌های سفارش دهی

$T_s$ : هزینه‌های کمبود

$TC_{tr}$ : هزینه‌های حمل و نقل

$Q_i$ : مقدار سفارش خریدار  $i$  ام

$T$ : سیکل بهینه‌ی تأمین‌کننده در طول یک دوره

$g_{ij}$ : متغیر صفر و یک برای انتقال کالا بین خرده‌فروش  $i$  و خرده‌فروش  $j$  یا تأمین‌کننده

$L_{ij}$ : متغیر صفر و یک برای انتقال سفارش بین خرده‌فروش  $j$  و خرده‌فروش  $i$  یا تأمین‌کننده توسط وسیله‌ی نقلیه‌ی ۱

$W_{ij}$ : متغیر صفر و یک برای انتقال سفارش بین خرده‌فروش  $j$  و خرده‌فروش  $i$  یا تأمین‌کننده توسط وسیله‌ی نقلیه‌ی ۲

$F_i$ : مقدار تقاضای مستقیم هر خریدار:

$$F_i = R_i - g_{ij}^* R_i + \sum_{i=1}^n g_{ij}^* R_i \quad (1)$$

$X_i$ : مقدار تقاضای غیر مستقیم هر خریدار

$$X_i = R_i - g_{ij}^* F_i + \sum_{i=1}^n g_{ij}^* F_i \quad (2)$$

### ۲.۲. محاسبه‌ی هزینه‌های مدل

تابع هدف از سه قسمت تشکیل شده است: قسمت اول از هزینه‌های سفارش دهی تأمین‌کننده و خرده‌فروشان تشکیل شده است. قسمت دوم تابع هدف بیانگر هزینه‌های کمبود و نگهداری خرده‌فروشان است. قسمت سوم هزینه‌های حمل و نقل را شامل می‌شود که از دو بخش هزینه ثابت و متغیر به ازای هر وسیله‌ی نقلیه تشکیل شده است. تعداد وسیله‌ی نقلیه از جزء صحیح تقسیم مقدار سفارش وارده به هر جزء زنجیره بر ظرفیت وسیله‌ی نقلیه به اضافه یک به دست می‌آید و هزینه‌های متغیر حاصل ضرب فاصله در هزینه‌ی متغیر به ازای هر واحد مسی‌راست.

با توجه به فرضیات و نمادهای ارائه شده هزینه‌های سالیانه برابر مجموع هزینه‌های خرده‌فروشان و تأمین‌کننده است؛ برای اینکه مدل‌سازی ایجاد شده بر اساس مفهوم VMI صورت پذیرد هزینه‌های موجودی خرده‌فروشان بر عهده‌ی تأمین‌کننده گذاشته شده است. بنابراین هزینه‌های موجودی خرده‌فروشان برابر صفر می‌شود و هزینه‌های موجودی تأمین‌کننده به صورت زیر محاسبه می‌شود.

#### ۱.۲.۲. هزینه‌ی سالیانه‌ی سفارش دهی

هزینه‌ی سالیانه‌ی سفارش دهی مجموع هزینه‌های سفارش دهی تأمین‌کننده و مجموع هزینه‌های سفارش دهی خرده‌فروشان است؛ در اینجا هزینه‌ی سفارش دهی خرده‌فروشان بین خرده‌فروشان در نظر گرفته می‌شود که جابه‌جایی وجود دارد و با متغیر صفر و یک مشخص می‌شود. بنابراین، هزینه‌ی سالیانه سفارش دهی عبارت است از:

$$T_A = \sum_{i=1}^n \frac{A s_1}{T} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n g_{ij}^* \left( \frac{A B_{ij}}{T} \right) \quad (3)$$

#### ۲.۲.۲. هزینه‌ی سالیانه‌ی نگهداری و کمبود

در اینجا مجموع هزینه‌های نگهداری و کمبود (رابطه‌ی ۷) با توجه اینکه به عبارت  $\frac{q-Q}{r^* Q}$  بیانگر متوسط موجودی در سال و عبارت  $\frac{(Q-q)^r}{r^* Q}$  بیانگر متوسط کمبود در

## ۴.۲. مدل نهایی

با توجه به محدودیت‌ها و هزینه‌های ارائه شده در قسمت قبل مدل نهایی به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$TCVMI = \sum_{i=1}^n \frac{AS_i}{T} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n g_{ij} * \left(\frac{AB_{ij}}{T}\right) + \sum_{i=1}^n \frac{(R_i^* T^* h^* S^t)}{\Psi^*(h+S)^t} + \frac{(R_i^* T^* S^* h^t)}{\Psi^*(h+S)^t} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\frac{1}{T} * l_{ij} * g_{ij} * ([X_i^* \frac{T}{V_i} + 1]) * (B_1 + e_1^* Z_{ij})}{\frac{1}{T} * W_{ij} * g_{ij} * ([X_i^* \frac{T}{V_i} + 1]) * (B_1 + e_1^* Z_{ij})} \quad (12)$$

ST :

$$\sum_{j=1}^n g_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n$$

$$L_{ij} + W_{ij} = 1, \text{ for } j = 1 \dots n$$

با مشتق گرفتن از رابطه ۱۱ مقدار  $T$  به شکل زیر به دست می‌آید و در رابطه قبل قرار داده شده و مدل حل می‌شود:

$$\frac{\partial TCVMI}{\partial T} = 0 \Rightarrow T \approx \sqrt{\frac{\Psi^*(AS + \sum_{i=1}^n g_{ij}^* AB_{ij})}{\sum_{i=1}^n \frac{R_i^*(S_i+h_i)}{\Psi^* h_i^* S_i} + \frac{X_i^*(S_i+h_i)}{\Psi^* h_i^* S_i}}} \quad (13)$$

## ۳. رویکرد حل

مدل ارائه شده یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح است. برای حل این مدل از نرم‌افزار LINGO استفاده شده است.

برای مقایسه‌ی جواب‌های ارائه شده مسئله‌ی VMI را برای سه حالت حل می‌کنیم:

روش اول: مسئله را بدون در نظر گرفتن محدودیت امکان جابه‌جایی کالا حل می‌کنیم که تابع هدف عبارت است از:

$$TCS_1 = \sum_{i=1}^n \frac{AS_i}{T} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n g_{ij}^* \left(\frac{AB_{ij}}{T}\right) + \sum_{i=1}^n \frac{(R_i^* T^* h^* S^t)}{\Psi^*(h+S)^t} + \frac{(R_i^* T^* S^* h^t)}{\Psi^*(h+S)^t} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\frac{1}{T} * l_{ij} * ([X_i^* \frac{T}{V_i} + 1]) * (B_1 + e_1^* Z_{ij})}{\frac{1}{T} * W_{ij} * g_{ij} * ([X_i^* \frac{T}{V_i} + 1]) * (B_1 + e_1^* Z_{ij})} \quad (14)$$

روش دوم: در این روش مدل ارائه شده در مقاله و در واقع مدل نهایی را حل می‌کنیم که در جدول ۲  $TCS_2$  در نظر گرفته می‌شود. روش سوم: به منظور کاهش زمان حل مدل نهایی در این قسمت با توجه به اینکه عامل‌های اثرگذار در مدل ارائه شده در روش دوم هزینه‌های سفارش‌دهی بین خرده‌فروشان است، مسئله در قالب یک مسئله‌ی TSP در نظر گرفته می‌شود با این تفاوت که فاصله‌ی بین شهرها در

اینجا همان هزینه‌های سفارش‌دهی در نظر گرفته شده است: بنابراین تابع هدف با در نظر گرفتن سایر محدودیت‌ها به صورت زیر می‌شود.

$$F(x) = \sum_{j=1}^n g_{ij}^* AB_{ij}$$

$$ST : \sum_{i=1}^n g_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n g_{ij} \geq 1, i = 1, \dots, n \quad (15)$$

با حل مدل فوق  $g_{ij}$  به دست آمده را در رابطه‌ی زیر جای‌گذاری می‌کنیم و  $T$  را به دست می‌آوریم:

$$T \approx \sqrt{\frac{\Psi^*(AS + \sum_{i=1}^n g_{ij}^* AB_{ij})}{\sum_{i=1}^n \frac{R_i^*(S_i+h_i)}{\Psi^* h_i^* S_i} + \frac{X_i^*(S_i+h_i)}{\Psi^* h_i^* S_i}}} \quad (16)$$

با جای‌گذاری  $T$  در مدل زیر هزینه‌های حمل و نقل را کمینه می‌کنیم:

$$TCS_1 = \sum_{i=1}^n \frac{AS_i}{T} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n g_{ij}^* \left(\frac{AB_{ij}}{T}\right) + \sum_{i=1}^n \frac{(R_i^* T^* h^* S^t)}{\Psi^*(h+S)^t} + \frac{(R_i^* T^* S^* h^t)}{\Psi^*(h+S)^t} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\frac{1}{T} * l_{ij} * ([X_i^* \frac{T}{V_i} + 1]) * (B_1 + e_1^* Z_{ij})}{\frac{1}{T} * W_{ij} * g_{ij} * ([X_i^* \frac{T}{V_i} + 1]) * (B_1 + e_1^* Z_{ij})}$$

$$L_{ij} + W_{ij} = 1, \text{ for } j = 1 \dots n \quad (17)$$

## ۱.۳. مثال عددی

در جدول ۲ پارامترها و نتایج حل مقدار تقاضا و هزینه‌های کمبود و نگهداری واحد کالا برای ۳۰ خرده‌فروش آمده است. اطلاعات اولیه از مقاله‌ی درویش دریافت شده است [۷] و هزینه‌های سفارش‌دهی بین خرده‌فروشان یک ماتریس  $30 \times 30$  است که  $A_{ij}$  (که  $i \neq j$ ) سطر  $i$ ام از ستون  $j$ ام ماتریس است و نشانگر هزینه‌های سفارش‌دهی است در زمانی که خرده‌فروش  $i$  ام از خرده‌فروش  $j$  ام کالا دریافت کند و  $A_{ii}$  هزینه‌های سفارش‌دهی در حالتی است که خرده‌فروش  $i$  ام از تأمین‌کننده کالا دریافت کند. هزینه‌های سفارش‌دهی از مقاله‌ی درویش گرفته شده است؛ فرض بر آن است که هزینه‌های سفارش‌دهی کالا زمانی که یک خرده‌فروش از خرده‌فروش دیگر کالا دریافت می‌کند از توزیع یکنواخت پیروی می‌کند. بنابراین  $A_{ij}$  (که  $i \neq j$ ) به صورت تصادفی از یک توزیع یکنواخت  $U(0, 2M)$  پیروی می‌کند که در آن  $M$  میانگین توزیع یکنواخت ارائه شده است. همچنین فواصل بین اجزای زنجیره بر اساس توزیع یکنواخت بین  $U(50, 200)$  در نظر گرفته شده است.

مسئله برای حالات  $AS_1 = 4, 40, 400, 4000$  با استفاده از نرم‌افزار LINGO حل شده است که نتایج به تفکیک برای  $T$  از ۲ تا ۳۰ خرده‌فروش و حالات  $ASI = 4, 40$  در جدول ۲: پارامترها و نتایج حل ارائه شده است. همچنین نتایج کلی مجموع هزینه‌ها برای حالات  $AS_1 = 4, 40, 400, 4000$  در جدول ۳ ارائه شده است و نتایج حل برای حالتی که ۸ خرده‌فروش داریم به تفصیل در جدول ۴ آمده است. در جدول ۵: کالاهایی که با وسیله‌ی حمل و نقل ۱ انتقال می‌یابند

جدول ۲. پارامترها و نتایج حل.

$AS_1 = ۴۰$			$AS_1 = ۴$			$S_i$	$H_i$	$A_i$	$D_i$	خرده فروش
$TCS_T$	$TCS_T$	$TCS_S$	$TCS_T$	$TCS_T$	$TCS_S$	۱,۷۵	۶,۵	۱۱	۲۵۷۰	۱
۱۱۹۲,۴۴	۱۱۹۹,۵۴۲	۱۰۷۵,۳۰۵	۸۵۵,۰۹	۸۵۵,۰۹	۷۷۰,۵۶۲۴	۳	۱۰	۴۰	۱۸۵۰	۲
۱۵۹۶,۱۷	۱۸۵۴,۳۳۸	۱۵۹۶,۱۷	۱۳۴۹,۰۱	۱۴۷۹,۳	۱۳۴۹,۰۱	۱,۷۵	۸	۳۵	۱۶۰۰	۳
۲۲۵۳,۴۳۹	۲۵۶۹,۱۷	۲۶۴۹,۷۳۶	۲۰۰۸,۴۷۱	۲۱۶۹,۴۳۶	۲۴۶۰,۴۶۹	۸	۱۸	۸۰	۶۰۰	۴
۲۷۷۲,۲۹۲	۳۲۲۰,۸۲۹	۳۷۴۸,۰۲۶	۲۴۵۱,۱۲۴	۲۶۵۹,۰۴	۳۵۷۱,۶۲۵	۲,۵	۹	۴۵	۲۳۰۰	۵
۲۹۴۸,۰۵۵	۳۱۵۵,۳۴۷	۴۵۷۳,۸۰۲	۲۴۸۱,۶۶۹	۲۵۱۴,۲۹۳	۴۴۱۳,۲۶۷	۲	۸,۵	۳۰	۱۳۰۰	۶
۳۴۱۱,۹۳۸	۵۹۶۱,۲۸۳	۶۳۷۵,۱۳	۲۹۰۴,۳۸۸	۳۲۰۱,۳۲۱	۶۲۳۲,۲۶۷	۲	۷	۹۰	۳۲۰۰	۷
۳۹۷۴,۲۸۳	۴۴۱۶,۷۴۴	۸۴۵۳,۹۹۵	۳۴۲۲,۰۵۴	۳۶۷۱,۷۹۳	۸۳۲۵,۰۶۴	۲,۷۵	۷,۵	۱۰۰	۲۵۰۰	۸
۴۵۵۵,۳۹۳	۴۹۹۰,۴۰۹	۱۰۴۶۹,۸۹	۳۹۹۴,۱۰۱	۴۲۶۱,۹۴۷	۱۰۳۵۱,۶۶۶	۳	۸	۹۰	۱۹۰۰	۹
۵۳۱۸,۱۵۵	۵۶۸۶,۰۱۷	۱۳۶۲۱,۳۲	۴۷۳۰,۱۸۱	۴۹۴۰,۲۵۲	۱۳۵۰۸,۲۱	۲	۵	۱۲۰	۵۹۰۰	۱۰
۶۲۰۲,۸۵۵	۶۶۰۷,۹۸۷	۱۶۸۸۲,۹۸	۵۶۱۴,۶۴۴	۵۸۸۳,۹۴۷	۱۶۷۷۵,۲۷	۴	۸	۱۲۰	۲۹۰۰	۱۱
۵۹۵۵,۲۹۵	۶۲۴۷,۸۲۷	۱۸۹۸۶,۸۴	۵۲۹۶,۵۰۶	۵۴۲۷,۸۲۵	۱۸۸۸۵,۵۸	۳,۷۵	۹	۷۵	۱۱۰۰	۱۲
۷۴۶۱,۳۹	۸۰۷۰,۹۷۷	۲۲۷۶۳,۰۶	۶۷۹۷,۲۵	۷۲۲۲,۷۲۳	۲۲۶۶۶,۸۸	۱,۵	۴	۱۴۰	۶۸۰۰	۱۳
۲۶۴۴۷,۰۵	۸۴۲۴,۳۳۳	۲۶۴۴۷,۰۵	۷۲۳۶,۳۴۴	۷۵۳۹,۱۶	۲۶۳۵۶,۹۹	۲	۷,۵	۱۵۰	۳۴۰۰	۱۴
۸۶۰۶,۱۱۶	۹۰۸۰,۵۹۹	۳۰۷۱۲,۷۷	۷۹۰۲,۶۳۳	۸۱۸۳,۴۲۳	۳۰۶۲۶,۵۴	۲,۵	۶	۱۵۰	۴۲۰۰	۱۵
۸۲۴۱,۱۶۶	۸۶۶۸,۷۲۴	۳۶۰۱۰,۷۶	۷۴۳۰,۵۹۶	۷۶۷۷,۷۹۱	۳۵۹۲۸,۷۴	۲,۵	۶,۵	۲۰۰	۴۷۰۰	۱۶
۸۷۲۳,۸۶۷	۹۲۰۵,۳۶۹	۳۹۰۲۶,۱۱	۷۹۳۹,۴۵۹	۸۲۵۶,۶۸۸	۳۸۹۴۷,۷۲	۶	۱۴	۱۰۰	۷۰۰	۱۷
۹۲۴۵,۰۱۴	۱۰۰۱۸,۸۹	۴۲۹۹۲,۸۳	۸۴۷۳,۷۰۳	۹۰۷۰,۸۸۷	۴۲۹۱۷,۴۶	۲	۶,۵	۱۳۰	۳۳۰۰	۱۸
۹۸۶۳,۷۹	۱۰۶۵۳,۴۹	۴۷۱۲۳,۵۳	۹۰۹۶,۴۳۴	۹۷۲۱,۹۹۱	۴۷۰۵۱,۵۶	۱,۵	۷	۱۵۰	۳۴۰۰	۱۹
۱۱۱۴۰,۳۱	۱۱۹۴۲,۵۶	۵۲۷۹۰,۰۸	۱۰۳۷۳,۳۲	۱۱۰۳۱,۴۳	۵۲۷۱۹,۵۴	۲,۵	۴	۱۶۰	۶۰۰۰	۲۰
۱۲۲۰۸,۵۱	۱۲۹۷۷,۱۳	۵۸۷۴۹,۸	۱۱۴۲۳,۷۶	۱۲۰۵۹,۴۱	۵۸۶۸۱,۷۶	۱,۵	۳	۲۰۰	۷۶۰۰	۲۱
۱۳۲۳۰,۸۲	۱۳۸۶۵,۰۸	۶۶۰۰۳,۰۴	۱۲۳۸۱,۴۴	۱۲۸۸۵,۹۵	۶۵۹۳۶,۶۵	۲,۵	۴	۲۲۰	۶۹۵۰	۲۲
۱۳۷۳۵,۸۸	۱۴۳۱۰,۶۳	۷۱۶۷۹,۶۱	۱۲۸۵۶,۳۴	۱۳۳۰۲,۹	۷۱۶۱۳,۸۷	۳,۲۵	۶	۱۲۰	۴۳۵۰	۲۳
۱۴۸۳۶,۱	۱۵۴۴۰,۰۶	۷۹۰۹۹,۰۴	۱۳۹۶۳,۹۸	۱۴۴۴۳,۲۸	۷۹۰۳۴,۵۶	۳	۶	۲۰۰	۵۴۰۰	۲۴
۱۵۸۱۸,۱۹	۱۶۴۳۷	۸۶۹۴۳,۱۸	۱۴۹۵۳,۱۳	۱۵۴۵۳,۰۱	۸۶۸۸۰,۵۸	۳	۵,۵	۲۴۰	۴۹۰۰	۲۵
۱۶۰۲۴,۳۹	۱۶۴۸۴,۷۶	۹۱۰۵۶,۲۲	۱۵۱۵۹,۲۹	۱۵۵۰۶,۳۸	۹۰۹۹۵,۶	۳,۵	۹	۱۲۰	۸۵۰	۲۶
۱۶۳۵۹,۳۴	۱۶۷۷۰,۲۷	۱۰۳۱۲۳,۱	۱۵۴۷۰,۳۸	۱۵۷۶۷,۷۸	۱۰۳۰۶۶,۱	۳	۵,۵	۵۰۰	۵۱۰۰	۲۷
۱۷۳۲۳,۳۶	۱۷۷۱۳,۸۱	۱۱۸۳۵۹,۵	۱۶۴۲۳,۰۵	۱۶۷۰۵,۴۸	۱۱۸۳۰۶,۶	۲,۵	۴,۵	۷۰۰	۶۵۵۰	۲۸
۱۸۰۳۹,۳۴	۱۸۳۸۵,۰۴	۱۲۵۷۳۵	۱۷۱۱۵,۹۵	۱۷۳۵۵,۷۶	۱۲۵۶۸۴,۳	۰,۵	۲	۳۰۰	۸۲۰۰	۲۹
۱۸۷۳۵,۲	۱۹۶۰۹,۲۸	۱۴۱۲۵۱,۵	۱۷۸۰۸,۰۴	۱۸۶۰۰,۵۳	۱۴۱۲۰۴,۱	۲	۳,۵	۷۵۰	۶۹۰۰	۳۰

جدول ۳. مقایسه‌ی هزینه‌های مجموع ۳۰ خرده‌فروش در ۳ حالت.

$AS_1 = ۴۰۰۰$			$AS_1 = ۴۰۰$			$AS_1 = ۴۰$			$AS_1 = ۴$		
$TCS_T$	$TCS_T$	$TCS_S$	$TCS_T$	$TCS_T$	$TCS_S$	$TCS_T$	$TCS_T$	$TCS_S$	$TCS_T$	$TCS_T$	$TCS_S$
۸۶۱۲۴۷,۹	۱۲۰۴۸۴۷	۱۵۴۹۹۰۱	۴۰۵۳۰۴	۴۵۳۳۶۹	۱۳۵۴۶۷۷۶	۲۶۷۶۷۴	۲۸۱۹۳۳	۱۳۲۸۲۹۹	۲۴۷۹۱۲	۲۵۷۸۴۸	۱۳۲۵۲۶۳
۰,۵۵۶	۰,۷۷۷	۰,۲۹۹	۰,۳۳۵	۰,۲۰۲	۰,۲۱۲	۰,۱۸۷	۰,۱۹۵				

جمع هزینه‌های  
۳۰ خرده‌فروش  
درصد هزینه  
نسبت به حالت  
بدون جابه‌جایی

و در جدول ۶: کالاهایی که با وسیله حمل و نقل ۲ انتقال می‌یابند و در جدول ۷: متغیرهای تصمیم برای ۸ خرده‌فروش نشان داده شده‌اند. مثال عددی برای ۸ خرده‌فروش: در جدول ۴،  $(g_{ij} = 1)$  به این مفهوم است که خرده‌فروش  $i$  از خرده‌فروش  $j$  کالا دریافت می‌کند و  $(g_{ii}=1)$  یعنی خرده‌فروش  $i$  از تأمین‌کننده کالا دریافت می‌کند.

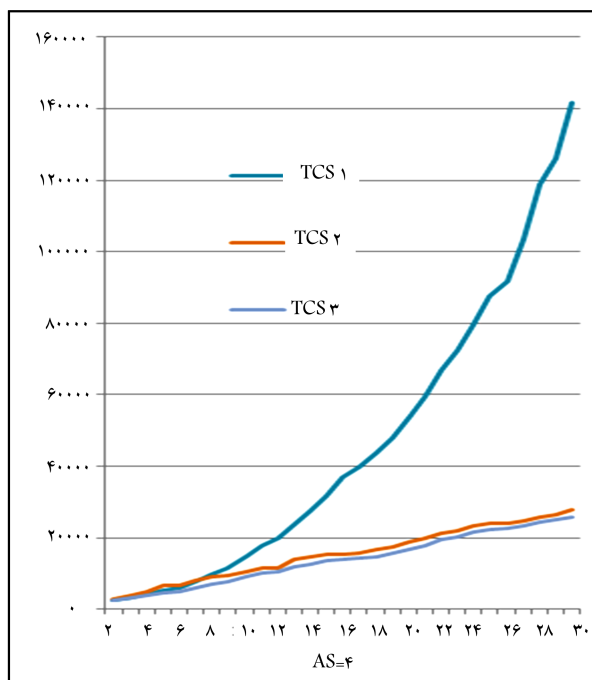
در جدول ۵،  $(l_{ij} = 1)$  یعنی انتقال سفارش  $i$  به  $j$  در صورت وجود، توسط وسیله نقلیه نوع ۱ انجام می‌شود.

در جدول ۶: کالاهایی که با وسیله حمل و نقل ۲ انتقال می‌یابند  $W_{ij} = 1$  یعنی انتقال سفارش  $i$  به  $j$  در صورت وجود توسط وسیله نقلیه نوع ۲ انجام می‌شود.

#### ۴. ارزیابی حل

مدل ارائه شده برای ۱۱۶ مثال در شرایطی که تعداد خرده‌فروشان از ۲ خرده‌فروش تا ۳۰ عدد خرده‌فروش تغییر می‌کند و برای حالت‌های  $AS_1 = 4, 40, 400, 4000$  حل شد. با مشاهده نتایج حل در شرایطی که تعداد خرده‌فروشان کم است اثر کاهش هزینه‌های موجودی با در نظر گرفتن جابه‌جایی کالا بین انبار خرده‌فروشان نسبت به حالتی که جابه‌جایی مجاز نیست، ملموس نیست؛ ولی با افزایش تعداد خرده‌فروشان، اثر کاهش هزینه‌های موجودی همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، به وضوح مشخص می‌شود. برای مثال‌های حل شده فقط برای حالتی که تعداد خرده‌فروشان ۲ است هزینه‌های موجودی و حمل و نقل مدل بدتر از حالتی است که هیچ‌گونه جابه‌جایی در نظر گرفته نشود. بنابراین مدل ارائه شده در ۹۷ درصد مثال‌های حل شده بهتر از حالتی عمل می‌کند که هیچ‌گونه جابه‌جایی در نظر گرفته نشود.

با ارزیابی نتایج ارائه شده برای  $AS_1 = 4, 40, 400$  و شکل ۱ مشاهده می‌شود که امکان جابه‌جایی کالا زمانی که هزینه‌های سفارش دهی تأمین‌کننده نسبت



شکل ۱. تفکیک هزینه‌های موجودی برای  $AS = 4$ .

جدول ۴. ارتباط گره‌ها برای دریافت کالا.

$g_{ij}$	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۲	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۴	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰

جدول ۵. کالاهایی که با وسیله حمل و نقل ۱ انتقال می‌یابند.

$L_{ij}$	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۲	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۶. کالاهایی که با وسیله حمل و نقل ۲ انتقال می‌یابند.

$W_{ij}$	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰

جدول ۷. متغیرهای تصمیم برای ۸ خرده‌فروش.

$X$	$F$	$Q$	$T$	Retailer
۲۵۷۰	۲۵۷۰	۱۰۷,۵۷۵۲		۱
۱۸۵۰	۱۸۵۰	۷۷,۴۳۷۳۷		۲
۴۸۰۰	۴۸۰۰	۶۶,۹۷۲۸۶		۳
۶۰۰	۶۰۰	۲۵,۱۱۴۸۲	۰,۴۱۸۵۸	۴
۸۵۵۰	۷۹۵۰	۹۶,۲۷۳۴۹		۵
۱۹۰۰	۱۹۰۰	۵۴,۴۱۵۴۵		۶
۳۲۰۰	۳۲۰۰	۱۳۳,۹۴۵۷		۷
۲۵۰۰	۲۵۰۰	۱۰۴,۶۴۵۱		۸

خرده‌فروشان تعداد مسیرهایی که خرده‌فروشان می‌توانند برای برطرف کردن تقاضای خود به کار ببرند افزایش می‌یابد. ولی از طرفی هزینه‌های حمل و نقل برای یک کالا ممکن است افزایش یابد. زیرا ممکن است کالا مسیر طولانی‌تری برای انتقال به خرده‌فروش طی کند ولی هزینه‌ی سفارش‌دهی آن کاهش یابد. مدل ارائه شده، بهینه‌سازی بین هزینه‌های مذکور را ارائه می‌کند.

به‌طور کلی موفقیت در زنجیره‌های تأمین عموماً وابستگی مستقیمی با مدیریت روابط بین هزینه‌های موجودی و سطح ارائه خدمات مشتری دارد. مهم‌ترین کارایی و نقش VMI نیز در زنجیره‌های عرضه در همین دو مورد یعنی کاهش هزینه‌ها و ارتقای سطح خدمت‌دهی است. همچنین پیاده‌سازی VMI در زنجیره‌های عرضه، منافعی را برای هر دو طرف دارد که می‌توان به کاهش موجودی، پیش‌بینی دقیق‌تر میزان سفارش و تقاضا و افزایش فروش اشاره کرد.

برای تحقیقات آتی می‌توان مسئله را با افزودن محدودیت‌های ظرفیت انبار، تعداد سفارش و بودجه بررسی کرد. همچنین می‌توان مدل‌سازی را برای زمانی که سیستم تولیدی وجود دارد، انجام داد. علاوه بر این به‌منظور کاهش زمان حل می‌توان مدل ارائه شده را با الگوریتم‌های فرا ابتکاری حل کرد. همچنین می‌توان مدل را با در نظر گرفتن تقاضای احتمالی و سیستم‌های چند دوره‌یی و با در نظر گرفتن تخفیف مدل‌سازی کرد. در این مقاله محدودیتی در ارتباط اجزا با هم در نظر گرفته نشده و فرض بر این است که همه‌ی اجزا با هم رابطه دارند. می‌توان با اضافه کردن محدودیت رابطه بین اجزا نیز مسئله را مدل‌سازی کرد.

به خرده‌فروش کم باشد به نسبت بسیار زیادی هزینه‌های موجودی را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر مشاهده می‌شود که با افزایش نسبت هزینه‌های سفارش‌دهی تأمین‌کننده نسبت به خرده‌فروش الگوریتم پیشنهاد شده بر مبنای مسئله TSP بدتر عمل می‌کند.

## ۵. نتیجه‌گیری

هزینه در این نوشتار یک مسئله‌ی VMI با امکان جابه‌جایی کالا بین انبار خرده‌فروشان معرفی شد که متغیرهای تصمیم این مدل عبارت‌اند از سیکل سفارش‌دهی بهینه و همچنین انتخاب بهترین ترکیب برای ارتباط بین خرده‌فروشان به نحوی که مجموع هزینه‌های حمل و نقل و موجودی به صورت یکپارچه در زنجیره‌ی تأمین بهینه شود. به‌طور کلی مشاهده می‌شود که استفاده از گزینه‌ی امکان جابه‌جایی در مسئله‌ی VMI در مقایسه با حالتی که جابه‌جایی بین خرده‌فروشان امکان‌پذیر نباشد، برای حالتی که نسبت هزینه‌های سفارش‌دهی تأمین‌کننده به هزینه‌های سفارش‌دهی خرده‌فروش کم است به شدت هزینه‌های موجودی را کاهش می‌دهد تا جایی که برای حالت  $AS_1 = 4$  هزینه‌های موجودی تا  $80^\circ$  درصد کاهش پیدا کرده است. همچنین با استفاده از گزینه‌ی امکان جابه‌جایی کالا بین خرده‌فروشان با افزایش تعداد خرده‌فروشان به نتایج مطلوب‌تری دست پیدا می‌کنیم؛ زیرا با افزایش تعداد

## پانویس‌ها

1. economic order quantity
2. vendor managed inventory

## منابع (References)

1. Dong, Y , Xu. K. “ A supply chain model of vendor managed inventory”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **38**(2), pp 75-95 (2002).
2. Hsieh, C.-L. “A Multiobjective Evolutionary Approach for Integration of Location-Inventory distribution network problem under vendor-managed inventory systems”, *Annals of Operations Research.*, **186**, pp. 213-229 (2011).
3. Lmariouha, c. N. “The Multi-vehicle Mutli-product Inventory-Routing”, *International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT), Advanced Logistics and Transport.*, pp. 319-323 (2014).
4. Azuma.M.R, Coelho.G.P, Zuben.F.V , “Evolutionary Multi-Objective Optimization for the Vendor-Managed Inventory Routing Problem”, *Evolutionary Computation.*, pp. 1457-1464 (2011).
5. Olsson, F. “Emergency Lateral transshipments in a Two-Location Inventory System with Positive Transshipment Leadtimes”. *European Journal of Operational Research.*, **242**(2), pp. 424-433 (2014).
6. Piet van der Vlist, R. K. “Note on supply chain integration in vendor-managed inventory”, *Decision Support Systems.*, **44**(1) pp. 360-365 (2007).
7. Disney, S. M. “The effect of Vendor Managed Inventory ( VMI) dynamics on the Bullwhip Effect in supply chains”, *International journal of production economics.*, **85**(2), pp. 199-215. (2003, August).
8. Darwish, O. “Vendor managed inventory model for single-vendor multi-retailer supply chains”, *European Journal of Operational Research.*, **204**(3), pp. 473-484 (2010).
9. Darwish, M. “Vendor-Managed Inventory model for single-vendor single-buyer Supply Chain. Logistics Systems and Management”, *Logistics Systems and Management.*, **8**(3), pp. 313-329 (2011).
10. Anna.G.S, Ponnambalama.S.G, Jawahar.N, “Evolutionary algorithms for optimal operating parameters of vendor managed inventory systems in a two-echelon supply chain”, *Advances in Engineering Software.*, **52**, pp. 47-54 (2012).
11. Glock, C. H, Kim.T, “Shipment consolidation in a multiple-vendor-single-buyer integrated inventory model”, *Computers & Industrial Engineering.*, **70**, pp. 31-42. (2014).



12. Hariga a, n. M. "A vendor managed inventory model under contractual storage agreement". *Computers & Operations Research.*, **40**(8), pp. 2138-2144 (2013).
13. Yao.Y, Dresner.M, "The inventory value of information sharing, continuous replenishment, and vendor-managed inventory", *Transportation Research Part E.*, **44**(3), pp. 361-378 (2008).
14. Guan.R, Zhao.X, "On contracts for VMI program with continuous review (r, Q) policy", *European Journal of Operational Research.*, **207**, pp. 656-667. (2010).
15. Yu, Y. Z. "Optimal selection of retailers for a manufacturing vendor in a vendor managed inventory system", *European Journal of Operational Research.*, **225**(2), pp 273-284 (2013).
16. Pasandideh S.H.d R., et. "A genetic algorithm for vendor managed inventory control system of multi-product multi-constraint economic order quantity model", *Expert Systems with Applications.*, **38**(3), pp. 2708-2716 (2011).
17. Shu, Z. H. "A logistics network design model with vendor managed inventory", *Int. J. Production Economics.*, **135**(2), pp. 754-761 (2012).
18. Xu, K. a. "Stocking policy in a two - party vendor managed channel with space restriction", *International Journal of Production Economics.*, **117**(2), pp. 271-285 (2009).
19. Lee, L. R. "Vendor-managed inventory in a global environment with exchange rate uncertainty", *Int. J. Production Economics.*, **130**(2), pp. 169-174 (2010).
20. Hariga, E. H.-D. "A note on generalized single-vendor multi-buyer integrated inventory supply chain models with better synchronization", *Production Economics.*, **154**, pp. 313-316 (2014).
21. Lee.J.Y, Cho.R.K, "Contracting for vendor-managed inventory with consignment stock and stockout-cost sharing", *Int. J. Production Economics.*, **151**, pp. 158-173 (2014).
22. Hosseini Rad.R, Razmi.J, Sangari.M.S, Fallah Ebrahimi.Z, "Optimizing an integrated vendor-managed inventory system for a single vendor two-buyer supply chain with determining weighting factor for vendor's ordering cost", *Production Economics.*, **153**, pp. 295-308 (2014).
23. Yang, C. N. "Evaluating the effects of distribution centres on the performance", *European Journal of Operational Research.*, **201**(1), pp. 112-122 (2010).
24. Torres.F, Ballesteros.F, Villa.M, *Modeling a Coordinated Manufacturer-Single-Item System Under Vendor managed inventory*, *Operations Research & Management*, pp. 247-278 (2014).