

مدل‌سازی و حل ابتکاری مسئله برنامه‌ریزی موجودی با ملاحظه تنوع در روش‌های حمل‌ونقل

مصطفی حسن‌پور، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، ایران
نورالدین دبیری، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: n.dabiri@gu.ac.ir
دریافت: 95/12/18 - پذیرش: 96/04/17

چکیده

مدیریت موجودی توسط فروشنده (VMI) یکی از استراتژی‌های معمول در زنجیره تأمین است که در آن به فروشنده اجازه داده می‌شود تا از طرف خریدار با توجه به محدودیت‌های ذکر شده در قرارداد در مورد زمان و مقدار تحویل تصمیم‌گیری کند. در این مقاله یک زنجیره تأمین دو سطحی شامل یک فروشنده و چند خرده‌فروش تحت استراتژی مدیریت موجودی توسط فروشنده را با وجود محدودیت گنجایش انبار خرده‌فروش و جریمه برای اضافی موجودی انبار با در نظر گرفتن شیوه‌های مختلف حمل و نقل با ظرفیت‌های مختلف ارائه شده است. سپس با ارائه روش حل ابتکاری مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح بدست آمده حل شده است. در این مدل چرخه سفارش‌دهی خرده‌فروشان مستقل از یکدیگر و فروشنده عمل می‌کند. همچنین تنوع و هزینه‌های حمل و نقل سفارشات نیز بر اساس مقدار سفارش و روش حمل در نظر گرفته شده است. هدف از ارائه این مدل و روش حل یافتن مقدار سفارش و تعداد ارسال‌های فروشنده به خرده‌فروش‌ها و روش حمل‌ونقل سفارشات برای کمینه‌سازی هزینه کل موجودی و حمل‌ونقل به خصوص برای مسائلی با ابعاد بزرگ در زمان کم است. پس از ساخت مدل ریاضی، از نرم‌افزار لینگو و روش ابتکاری برای یافتن مقادیر بهینه در مثال‌های عددی استفاده شد نتایج حاصل نشان می‌دهد که با افزایش تعداد خرده‌فروش‌ها پیچیدگی و زمان حل مدل توسط لینگو به سرعت افزایش می‌یابد و روش حل ابتکاری پیشنهادی توانست مسائل را به خصوص در ابعاد بزرگ با دقت بیشتر و در زمان بسیار کمتر حل کند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت موجودی توسط فروشنده، یک فروشنده و چند خرده‌فروش، هزینه حمل‌ونقل، روش‌های حل‌ونقل، روش ابتکاری

1- مقدمه

موجودی خود و پایین دستی‌ها را بر عهده بگیرد (Yu, Wang, & Liang, 2012). در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در رابطه با مدیریت زنجیره تأمین انجام گرفته است و رویکردهای جدیدی در این زمینه با موفقیت به کار گرفته شده‌اند. بعضی از این رویکردها به بخش‌های مختلف درگیر در زنجیره کمک می‌کند تا همکاری بهتری در انتقال اطلاعات فروش و وضعیت انبار داشته باشند تا زنجیره تأمین کارایی بیشتری در ارائه خدمات و سودرسانی داشته

اجزای مختلف زنجیره تأمین در امور مالی، اطلاعات، محصول و سرویس‌دهی با یکدیگر در ارتباط هستند. بیشینه کردن خدمت به مشتری و سودرسانی زنجیره نیازمند مدیریت مؤثر و کارا در تمام مراحل اشتراک‌گذاری اطلاعات و تصمیم‌گیری‌هاست (Ramanathan, 2013). تحولات طولانی‌مدت در اوایل دهه هشتاد میلادی باعث تبدیل زنجیره تأمین هماهنگ به مدیریت موجودی توسط فروشنده شد و پیشنهاد شد که تأمین‌کننده مسولیت

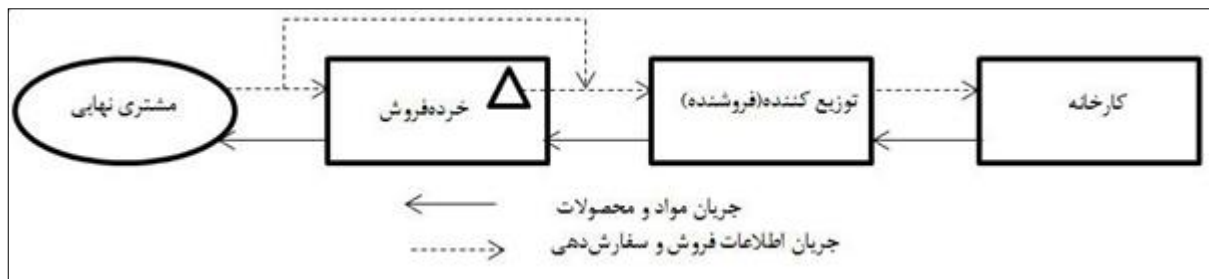
باشد. در بسیاری از این رویه ها علاوه بر تلاش در جهت هماهنگ‌سازی اطلاعات و عملیات بین اجزای زنجیره، سعی در انتقال مسئولیت به رده‌های بالاتر زنجیره شده است. یکی از این رویکردها، رویکرد مدیریت موجودی توسط فروشنده است. ساختار اولیه مفهومی VMI توسط مگی^۱ در سال 1958 بدین صورت مطرح شد که چه کسی می‌بایستی مسئولیت کنترل موجودی‌ها را داشته باشد. بسیاری از خرده‌فروشان مانند والمارت این رویکرد را به صورت موفقیت‌آمیزی پیاده‌سازی کرده‌اند (Simchi-Levi, Kaminsky, & Simchi-Levi, 2004).

در گذشته هر عضو سعی می‌کرد که هزینه‌های خود را کاهش دهد و کسب و کار خود را بهینه کند اما در رویکرد جدید سعی بر پیدا کردن راهی است که کل زنجیره عملکردی بهینه داشته باشند و بتواند خدمات بهتری برسانند و با مشکل اضافه موجودی یا کمبود مواجه نشوند. در یک زنجیره تأمین سنتی هر عضو مسئول کنترل موجودی و تولید یا فعالیت‌های صدور سفارش خودش است. یک مشکل اساسی که همه اعضا در یک زنجیره تأمین سنتی با آن روبرو هستند این است که برای پاسخگویی تقاضای مشتریان، چه مقدار باید به تأمین‌کننده سفارش دهند، که در واقع مسئله کلاسیک کنترل موجودی است (Disney, Potter, & Gardner, 2003).

در این رویکرد اجزاء پایین‌تر زنجیره اطلاعات تقاضای محصولات خود و وضعیت انبار خود را در اختیار قسمت‌های بالایی زنجیره تأمین قرار داده و تصمیمات مربوط به سطح موجودی خود را به او واگذار کند. در این تعویض مسئولیت در بیشتر موارد، عضو بالایی موجودی را

نگهداری کرده و ریسک عدم قطعیت تقاضا را می‌پذیرد (Lee & Chu, 2005). در حقیقت مدیریت موجودی توسط فروشنده، یک روند پرکردن مجدد انبار به صورت کاشی است که فروشنده را به پاسخ‌گویی سریع به تقاضای واقعی مشتریان قادر می‌سازد. مدیریت موجودی توسط فروشنده مشارکت بین فروشنده و خرده‌فروش را افزایش می‌دهد در حالی که در آن فروشنده تصمیم‌گیرنده اصلی در مورد کنترل موجودی است. تحت این رویکرد، فروشنده در مورد سطوح مناسب موجودی هر کدام از محصولات و سیاست و رویکرد مناسب برای کنترل این سطح تصمیم‌گیری می‌کند (Lin, Cai, & Xu, 2010).

با این استراتژی، خرده‌فروش‌ها از هزینه‌های سنگین موجودی رها شده و از طرفی دیگر فروشنده با در اختیار داشتن تقاضای مشتریان نهایی زنجیره تأمین، می‌تواند زمانبندی و اندازه تحویل محصول به خرده‌فروشان خود را به طور قابل توجهی بهبود دهد. در قبال این آزادی عمل، فروشنده تضمین می‌کند که مشتریان با کمبود محصول مواجه نمی‌شوند. در روابط سنتی‌تر میان فروشنده و مشتری که در آن مشتریان درخواست سفارش محصولات را به فروشنده می‌دادند، به دلیل زمانبندی سفارشات مشتریان، ممکن است کارایی به شدت کاهش و به نوبه آن هزینه‌های موجودی و توزیع به شدت افزایش یابد. با وجود این، تحقق کاهش هزینه‌های ناشی از به کارگیری این سیستم در عمل ساده نیست و به ویژه با افزایش تعداد و تنوع مشتریان این امر دشوارتر نیز می‌شود. نمودار ساده‌ای از این استراتژی در شکل 1 آمده است.



شکل 1. ساختار زنجیره تأمین تحت VMI

2- ادبیات موضوع

قطعی و ثابت، یک مدل ریاضی برای یک زنجیره تامین دوسطحی شامل یک تولیدکننده و تعدادی خرده فروش گسترش دادند. در این مدل تولیدکننده مواد اولیه را خریداری کرده، محصول نهایی را می‌سازد و برای خرده فروشان خود ارسال می‌کند. سپس راه حل ارائه شده را برای تعیین مقادیر بهینه را با چند مثال عددی حل کردند (Zhang, Liang, Yu, & Yu, 2007). گویال و همکاران یک مدل موجودی با در نظر گرفتن سیستم حمل و نقل ارائه نمودند که در آن مدل سعی بر کاهش هزینه کل زنجیره شده بود (Goyal & Nebebe, 2000). کازمین ساری^۹ مزایای حاصل از CPFR و VMI را با یک مطالعه شبیه‌سازی مقایسه و بررسی کردند. آنها یک زنجیره تامین چهارسطحی شامل یک کارخانه، یک انبار، یک توزیع کننده و یک خرده فروش را شبیه سازی میکند و با تحلیل آماری خروجی‌های شبیه سازی، نتیجه گرفتند که اولاً در شرایط بررسی شده مزایای حاصل از CPFR بیشتر از VMI است، ثانیاً بهبود عملکرد CPFR و VMI به سه عامل محدودیت ظرفیت کارخانه، مدت زمان تحویل و عدم قطعیت در تقاضای بازار بستگی دارد و تفاوت میان CPFR و VMI نیز به طرز معنی‌داری به این عوامل بستگی دارد و ثالثاً تفاوت میان مزایای حاصل از CPFR و VMI با افزایش عدم قطعیت در تقاضا افزایش می‌یابد (Sari, 2008). المهدا و ماتینی^{۱۰} تئوری بازی استاکلبرگ را برای مقایسه سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده در حالی که تولید کننده رهبر باشد با موقعیتی که یکی از خرده فروش‌ها رهبر باشد به کار برده‌اند و سپس نتایج به دست آمده را با هم مقایسه کردند (Almehdawe & Mantin, 2010).

همانطور که به چند نمونه در ادبیات اشاره شد موضوع مدل مدیریت موجودی توسط فروشنده با یک فروشنده و چند خریدار به تعداد مطلوبی بررسی شده است. اما مدل‌های ارائه شده هنوز راه زیادی تا مبدل شدن به مدل نهایی کاربردی دارند. در یکی از این پژوهش‌ها هاریگا و همکاران^{۱۱} یک مدل مدیریت موجودی توسط فروشنده با

مدیریت موجودی توسط فروشنده شناخته شده‌ترین سیاست در رابطه بین حلقه‌های زنجیره در مدیریت زنجیره تامین است. این موضوع که کی و چقدر سفارش دهیم نیز موضوعی کلیدی در زنجیره تامین است. یائو و همکاران^۲ مدل مدیریت موجودی توسط فروشنده با یک فروشنده و یک خریدار را با در نظر گرفتن نقطه سفارش دهی بهینه بررسی کردند و در آن مزایای پیاده سازی VMI را نشان دادند (Yao, Evers, & Dresner, 2007). یوان کین و همکاران^۳ به بررسی زنجیره تاملینی شامل یک تامین کننده و یک فروشنده در حالیکه تقاضا تابعی کاهشی از قیمت می باشد پرداخته‌اند. آنها از بازی استاکلبرگ برای تحلیل زنجیره تامین استفاده کرده و از تخفیف قیمت برای ایجاد هماهنگی در زنجیره تامین استفاده کرده‌اند (Qin, Tang, & Guo, 2007).

درویش و آداه^۴ یک مدل مدیریت موجودی توسط فروشنده با یک فروشنده و چند خریدار را با در نظر گرفتن جریمه فروشنده برای اضافه محصول در انبار و چرخه سفارش دهی برابر برای همه خرده‌فروش‌ها در نظر گرفتند و از راه حل ابتکاری برای به دست آوردن پاسخ بهینه استفاده کردند و در آخر نیز با استفاده از مثال‌های عددی روش پیشنهادی خود را آنالیز کردند (Darwish & Odah, 2010). دوان و همکاران^۵ یک مدل موجودی با یک فروشنده و یک خریدار را برای محصولات با طول عمر ثابت و در نظر گرفتن سیاست تخفیف دهی بررسی کردند (Duan, Luo, & Huo, 2010). پسندیده و همکاران^۶ یک زنجیره تامین که در آن فروشنده‌ای با انبار محدود عهده‌دار موجودی چندمحصول خریدار بود را بررسی کردند. آنها مدل عدد صحیح غیرخطی بدست آمده را با الگوریتم ژنتیک حل کردند (Pasandideh, Niaki, & Nia, 2011). کاردناس و همکاران^۷ نیز روشی ساده‌تر و بهتر برای حل مدل مطرح شده توسط پسندیده و همکاران ارائه دادند (Cárdenas-Barrón, Treviño-Garza, & Wee, 2012). ژانگ و همکاران^۸ تحت نرخ تولید و تقاضای

ساختار ارائه مطالب بدین صورت خواهد بود که پس از مقدمه‌ای که در بخش اول آورده شد و همچنین ادبیات موضوع ارائه شده در این بخش، در بخش سوم، مدل ریاضی ارائه خواهد شد، در بخش چهارم روش حل پیشنهادی تشریح خواهد گردید و بخش پنجم شامل حل مثالی عددی و در نهایت در بخش ششم نیز نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

3- مدل ریاضی

مدل مدیریت موجودی توسط فروشنده با یک فروشنده و چند خریدار با در نظر گرفتن جریمه برای موجودی اضافه در انبار خریدار و محاسبه هزینه و نوع حمل و نقل براساس مقدار محصول خریداری شده را می‌توان به صورت یک مدل ریاضی عدد صحیح غیرخطی فرموله کرد. لازم به ذکر است که در این مدل چرخه سفارش‌دهی خرده‌فروشان برخلاف فرض ارائه شده در تحقیق درویش در سال 2010 باهم برابر در نظر گرفته نشده و سفارش هر خرده‌فروش مستقل از بقیه ارسال می‌شود. هزینه و ظرفیت هر روش نیز متفاوت است. پیش از بیان مدل، ابتدا نمادهای استفاده شده برای توصیف مدل ارائه می‌شود.

$j=1,2,\dots,m$ اندیس خرده‌فروشان است که در آن m تعداد خرده‌فروشان است. برای خرده‌فروش j ام داریم:

D_j : نرخ تقاضا در یک واحد زمانی

A_j : هزینه سفارش دهی برای هر بار سفارش

H_j : هزینه نگهداری هر واحد محصول در هر دوره زمانی

U_j : گنجایش انبار بر حسب واحد محصول

π_j : جریمه محصول اضافه بر گنجایش انبار که باید فروشنده تومان به ازای هر واحد اضافه بار در هر چرخه پردازد.

برای فروشنده داریم:

D_v : مجموع تقاضای فروشنده $\sum_{j=1}^m D_j$

A_v : هزینه سفارش دهی برای هر بار سفارش

H_v : هزینه نگهداری هر واحد محصول در هر واحد زمانی

$i=1,2,\dots,n$ اندیس روش حمل و نقل محصول است که در

یک فروشنده و چند خریدار را با جریمه فروشنده برای اضافه محصول در انبار با چرخه نابرابر سفارش‌دهی خرده‌فروش‌ها در نظر گرفتند و از راه حل ابتکاری برای به دست آوردن پاسخ بهینه استفاده کردند (Hariga, Gumus, 2013). مدل پیشنهادی آنان در واقع بسط مدل پیشنهادی درویش و همکاران بود. ما در این مقاله سعی در بسط مدل پیشنهادی آنان با در نظر گرفتن و محاسبه هزینه و نوع حمل و نقل براساس مقدار محصول خریداری شده کرده‌ایم سپس راه حل ابتکاری آنان را نیز برای مساله جدید توسعه و بهبود داده ایم. در این مقاله، مساله مدیریت موجودی در یک زنجیره تأمین دوبخشی متشکل از یک فروشنده و مجموعه‌ای از خرده‌فروشان بررسی شده است که در آن، در هر دوره مقدار مشخصی از یک محصول با استفاده از وسیله حمل و نقل با ظرفیت محدود و هزینه متفاوت تحت استراتژی ارسال مستقیم، تحت فرض‌های زیر بین خرده‌فروشان توزیع می‌گردد. این مدل شامل فروض زیر است:

- فروشنده محصول خود را از یک منبع بیرونی بدون محدودیت تولید خریداری می‌کند.
- هزینه نگهداری فروشنده از هزینه نگهداری خریدار کمتر است.
- نرخ تقاضای مشتری قطعی و ثابت است.
- زمان خدمت‌رسانی به هریک از خرده‌فروشان توسط وسایل حمل، صفر در نظر گرفته شده است.
- هر وسیله حمل در هر دوره تنها می‌تواند به یک خرده‌فروش محصول تحویل دهد.
- محصول ارسالی به هریک از خرده‌فروشان در هر سفارش تنها باید طی یک ارسال به خرده‌فروش تحویل داده شود.
- ظرفیت انباشت محدود است
- کمبود مجاز نیست.

هدف این مدل یافتن مقدار سفارش و تعداد ارسال‌های فروشنده به خرده‌فروش‌ها و روش حمل و نقل سفارشات به منظور کمینه‌سازی هزینه کل موجودی است.

آن n تعداد روش‌های حمل و نقل محصول است. برای هر روش i داریم:

هزینه حمل و نقل محصول C_i

ظرفیت حمل و نقل باروش i Cap_i

متغیر صفر و یک، نشانگر حمل و نقل سفارش خریدار j با روش i ام.

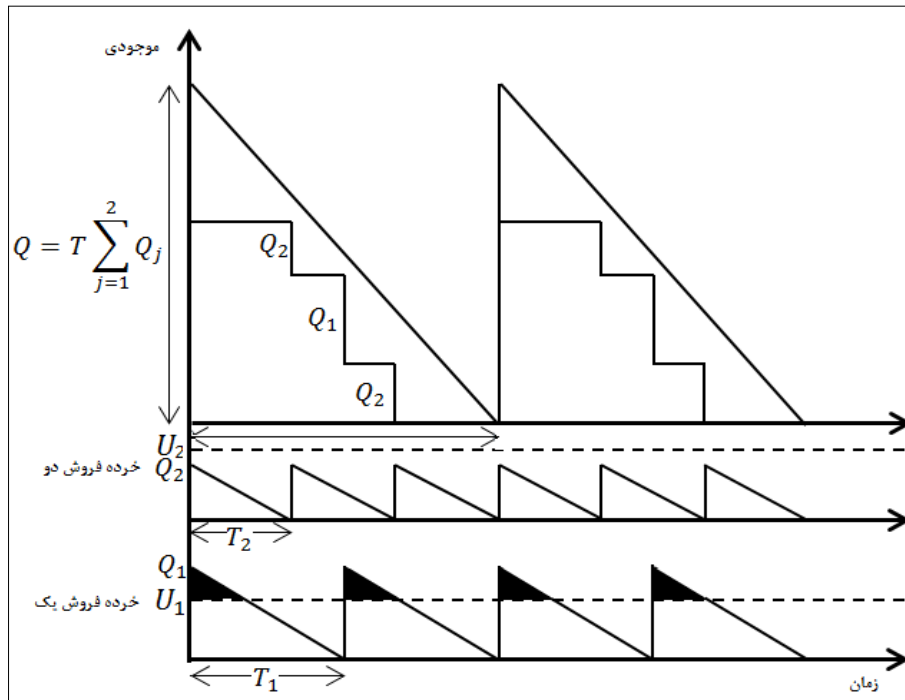
و در نهایت متغیرهای مدل:

Q_j : مقدار سفارش، $T_j D_j$

T : چرخه سفارش مجدد فروشنده

T_j : چرخه سفارش مجدد خریدار j ام

n_j : تعداد سفارشات خریدار j ام در چرخه سفارش مجدد فروشنده، T



شکل 2. تغییرات موجودی فروشنده و دو خرده‌فروش در طول زمان

فرض بر این است که هر خرده‌فروش می‌تواند در هر چرخه سفارش دهی فروشنده بیش از یک سفارش داشته باشد، یعنی برای هر خرده‌فروش داریم:

$T = n_j T_j$ در شکل 2 این چرخه‌های سفارش برای فروشنده و دو خرده‌فروش نشان داده شده است. می‌خواهیم مدلی برای نمایش هزینه کل زنجیره ارائه دهیم. هزینه کل برابر است با:

$$1) \quad TC = \frac{A_v}{T} + \sum_{j=1}^m \frac{A_j}{T_j} + \frac{H_v A_v T}{2} + \sum_{j=1}^m \frac{(H_j - H_v) D_j T_j}{2} + \sum_{j=1}^m \frac{\pi_j}{2 T_j D_j} E_j^2 + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{X_{ji} C_i}{T_j}$$

$$2) \quad \sum_{i=1}^n X_{ji} \leq 1 \quad \forall j \in M$$

$$3) \quad Q_j \leq \sum_{i=1}^n X_{ji} Cap_i \quad \forall j \in M$$

$$4) \quad T = n_j T_j \quad \forall j \in M$$

$$5) \quad E_j = Q_j - U_j = T_j D_j - U_j \quad \forall j \in S$$

$$6) \quad n_j \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall j \in M$$

خرده فروش بسته به مقدار آن و ظرفیت هر روش حمل تنها از یک روش حمل و نقل استفاده می‌شود و تنها مقدار سفارش است که روش حمل را تعیین می‌کند. واضح است که در مقدار سفارش نمی‌تواند بیشتر از ظرفیت روش حمل باشد. اگر مجموعه S را در نظر بگیریم، مجموع حالت‌های ممکن برای اعضای S که در تحقیق درویش و همکاران (Darwish & Odah, 2010) برای چرخه های برابر m+1 حالت نشان داده شده بود برابر تمام حال های ممکن یعنی 2^m حالت خواهد بود (Almehdawe & Mantin, 2010). از طرفی حل این مدل متغیرهای تصمیم‌گیری صفر و یک بیشتری دارد که در نتیجه حل این مدل خواهان محاسبات عددی پیچیده و بزرگی است مخصوصا اگر مساله پیش رو مدلی با تعداد خرده فروشان زیاد باشد.

4- روش حل مدل پیشنهادی

روش حل ارائه شده از جواب‌های نرم افزار لینگو به عنوان جواب اولیه برای به دست آوردن جواب نزدیک به بهینه استفاده می‌کند. فرض کنیم که S مجموعه خرده فروشانی است که مقدار محصول ارائه شده به آنان از حد بالایی انبار آنان گذشته است. حال p_j را تعریف می‌کنیم $p_j = 1$ اگر $E_j = T_j D_j - U_j > 0$ ، در غیر این صورت $p_j = 0$ است. پس داریم:

$$TC_j = \begin{cases} \frac{A_j + 0.5\pi_j (u_j^2/D_j)}{T} n_j + 0.5 \frac{h_j - h_v + \pi_j}{n_j} D_j - \pi_j D_j & : p_j = 1 \\ \frac{A_j}{T} n_j + 0.5 \frac{h_j - h_v}{n_j} D_j & : p_j = 0 \end{cases} \quad (7)$$

اولین عدد صحیحی است که در رابطه زیر n_j با توجه به خاصیت کمینه سازی مدل به راحتی نشان داده می‌شود که بهترین صدق کند

$$\begin{cases} n_j(n_j - 1) \leq 0.5 \frac{h_j - h_v + \pi_j}{A_j + 0.5\pi_j (u_j^2/D_j)} D_j T^2 \leq n_j(n_j + 1) & : p_j = 1 \\ n_j(n_j - 1) \leq 0.5 \frac{h_j - h_v}{A_j} D_j T^2 \leq n_j(n_j + 1) & : p_j = 0 \end{cases} \quad (8)$$

بعد از به دست آمدن n_j های جدید مجموعه S نیز تغییر خواهد کرد. با توجه به مجموعه S جدید TC در یک دوره زمانی به صورت زیر خواهد بود:

$$TC = \frac{A_v \sum_{j=1}^m A_j n_j + 0.5 \sum_{j \in S} \pi_j u_j^2 n_j / D_j}{T} + \frac{h_v D_v + \sum_{j=1}^m (h_j - h_v) D_j / n_j + \sum_{j \in S} \pi_j D_j / n_j}{2} T - \sum_{j \in S} \pi_j u_j \quad (9)$$

که در تابع هزینه (معادله 1)) عبارت اول هزینه سفارش‌دهی فروشنده در یک واحد زمانی است. عبارت دوم مجموع هزینه سفارش دهی خرده فروشان در یک واحد زمان، عبارت سوم هزینه نگهداری فروشنده در یک واحد زمان، عبارت چهارم مجموع هزینه نگهداری خرده فروشان در یک واحد زمان، عبارت پنجم مجموع جریمه متحمل شده توسط فروشنده به دلیل موجودی اضافی داده شده به خرده فروشان است که در آن $E_j = Q_j - U_j = T_j D_j$ است. مجموعه S مجموع تمام خرده‌فروشان است که مقدار محصول ارسال شده برای آنان از حد بالایی فراتر رفته است. برای خرده فروشان دیگر واضح است که مقدار E_j صفر خواهد بود. در واقع مقدار موجودی مشمول جریمه برای خرده فروشانی که موجودی آنها از حد تعیین شده تخطی کرده است برابر $E_j^2 / 2D_j$ است. در شکل 2 این مقدار را برای خرده فروش یک با رنگ تیره مشخص کرده‌ایم. این مقدار با احتساب π_j جریمه برای هر محصول به صورت عبارت پنجم به دست آمده است. عبارت ششم مجموع هزینه حمل و نقل سفارشات ارسالی به خرده فروشان است که در آن X_{ji} در صورتی برابر یک خواهد شد که سفارش خرده‌فروش j ام با روش حمل و نقل i ام ارسال شده باشد، در غیر این صورت صفر خواهد بود.

محدودیت (2) و (3) بیان می‌کند که برای سفارش هر

و بهترین T برای فروشنده به صورت زیر خواهد بود:

$$T = \sqrt{2 \frac{A_v \sum_{j=1}^m A_j n_j + 0.5 \sum_{j \in S} \pi_j u_j^2 n_j / D_j}{h_v D_v + \sum_{j=1}^m (h_j - h_v) D_j / n_j + \sum_{j \in S} \pi_j D_j / n_j}} \quad (10)$$

9. قرار می‌دهیم: $r = r + I$.

10. به گام اول بازمی‌گردیم.

همانطور که مشخص است الگوریتم زمانی پایان می‌پذیرد که T تغییر نکند یا TC افزایش بیابد. هنگامی که الگوریتم پایان یافت مقادیر TC^* ، T^* و n_j^r مقادیر بهینه ما هستند.

5- حل مثال عددی

حال با استفاده از مثال هایی عددی کارایی الگوریتم را می‌سنجیم. برای امتحان الگوریتم پیشنهادی به این صورت عمل کردیم که ابتدا مدل ریاضی مورد نظر به همراه محدودیت‌های لازم را به نرم افزار لینگو دادیم. سپس با داده‌های تصادفی مدل مذکور را حل کردیم. این داده‌های تصادفی شامل $Cap_i, C_i, \pi_j, h_j, A_j, D_j, m$ بودند. مدت ۱۲۰ دقیقه را حداکثر زمان برای حل مدل در نظر گرفتیم. این داده‌ها برای ابعاد مختلف مدل داده شد. برای هر تعداد از خرده فروش‌ها 6 نوع داده تصادفی مختلف بررسی شد. پارامتر D_j از بازه (1000، 5000)، A_j از بازه (40، 100)، H_j از بازه (5، 10) و π_j از بازه (2، 5) انتخاب شده‌اند. تعداد خرده فروش‌های مورد بررسی به صورت زیر انتخاب شد: 5-7-9-11-13-15-20-30-40-50-60-70-80-90-100-130-160-190-220-250-300-400-500. متدهای حمل و نقل نیز در سه حالت 2، 3 و 5 نوع وسیله‌ای و به ترتیب با ظرفیت‌های بارگیری 150-300، 150-300-500 و در آخر 50-150-300-500-700 در نظر گرفته شده است.

هزینه هر وسیله حمل نیز به ترتیب ظرفیت بارگیری به صورت 30-60-90-120-150 است.

قابل ذکر است که u_j همان مقدار سفارش اقتصادی

حال با استفاده از این فرمول‌ها ما روشی را ارائه کردیم که T نزدیک بهینه را می‌یابد، بدین صورت که ابتدا در گام اول ما جواب‌های اولیه Lingo را در اختیار الگوریتم می‌گذاریم سپس الگوریتم با طی گام‌ها و تکرارهای خود به ما پاسخ خواهد داد. گام‌های الگوریتم در زیر آمده است: گام آماده سازی: مدل ریاضی توسط لینگو حل شده و T و TC و n_j بدست آمده را جایگذاری می‌کنیم و شمارنده حلقه یعنی r را صفر قرار می‌دهیم. برای هر $j=1, 2, \dots, m$ قرار می‌دهیم: $n_j^0 = n_j$ و $TC^* = TC$ و $T^r = T$.

1. برای $j=1, 2, \dots, m$ اولین n_j که در رابطه 8 صدق می‌کند را می‌یابیم.

2. برای هر $j=1, 2, \dots, m$ بعد از بدست آمدن Q_j ها، X_{ji} را با شرط اینکه هیچ تقاضایی بی‌پاسخ نماند و با توجه به ظرفیت انواع سایل نقلیه تعیین می‌کنیم.

3. برای هر $j=1, 2, \dots, m$ چرخه سفارش دهی را بدست می‌آوریم و با بدست آوردن E_j مجموعه S را مجدداً مشخص می‌کنیم.

4. از رابطه شماره 9 هزینه کل TC^r را بدست می‌آوریم.

5. از رابطه شماره 10 چرخه سفارش دهی فروشنده T^r را بدست می‌آوریم.

6. اگر TC^r از TC^* بزرگتر باشد از الگوریتم خارج می‌شویم در غیر این صورت برای هر $j=1, 2, \dots, m$ قرار می‌دهیم: $TC^* = TC^r$ و $T^* = T^r$ (به عنوان مثال یعنی TC^r را جایگزین TC^* می‌کنیم).

7. اگر برای هر $j=1, 2, \dots, m$ ، $n_j^r = n_j^{r-1}$ از الگوریتم خارج می‌شویم در غیر این صورت قرار می‌دهیم: $n_j^{r-1} = n_j^r$.

8. برای هر $j=1, 2, \dots, m$ بوسیله n_j^{r-1} مجموعه S را مجدداً تعیین می‌کنیم.

خریدار است و $h_v = 1$ و $A_v = 500$ فرض شده اند. برای هرکدام از این مسائل 6 مدل داده مختلف در نظر گرفتیم و مسئله را حل کردیم. بدیهی است که لینگو قادر به حل کردن مدل با پیچیدگی زیاد نیست به همین دلیل با توجه به جواب لینگو مسائل را به سه طبقه مجزا تقسیم کردیم. دسته اول، دسته مسائل کوچک هستند یعنی مسائلی که لینگو در مدت معین جواب دقیقی به ما می‌دهد. دسته دوم، دسته مسائل متوسط هستند که در آنها در مدت مشخص لینگو تنها قادر به یافتن محدوده‌ای شامل جواب بهینه است و دسته سوم مسائل بزرگ هستند که در مدت مشخص لینگو قادر به ارائه هیچ پاسخی نشد. تا جایی که لینگو توانست مقدار اولیه مناسبی را در اختیارمان بگذارد از جواب‌های لینگو به عنوان ورودی اولیه برای حل مدل ابتکاری استفاده کرده‌ایم. برای هر مسئله یک مورد تصادفی از 6 مورد مختلف داده را در جداول 1 و 2 آورده‌ایم.

5-1- مسائل کوچک و متوسط

در جدول اطلاعات مربوط به مسائل کوچک و متوسط آورده شده است. همانطور که مشخص است لینگو در مسئله کوچک (مسائلی که کرانه بالا U و پایین L در آنها برابر است) پاسخ دقیقی ارائه کرده است و برای مسئله متوسط بازه‌ای شامل کرانه پایین و بالا داده است. در ستون‌های بعدی زمان حل لینگو و الگوریتم پیشنهادی آورده شده است. بعد از آن سعی شده که افزایش دقت و کارایی الگوریتم پیشنهادی نسبت به لینگو را با مقایسه گپ‌های این دو روش نشان دهیم. گپ مطرح شده به صورت زیر به دست آمده است:

$$11) \text{Gap}(\text{lingo}) = \frac{U-L}{L}$$

$$12) \text{Gap}(\text{MATLAB}) = \frac{\text{answer}(\text{MATLAB}) - L}{L}$$

$$13) \text{Improvement} = \text{Gap}(\text{Lingo}) - \text{Gap}(\text{MATLAB})$$

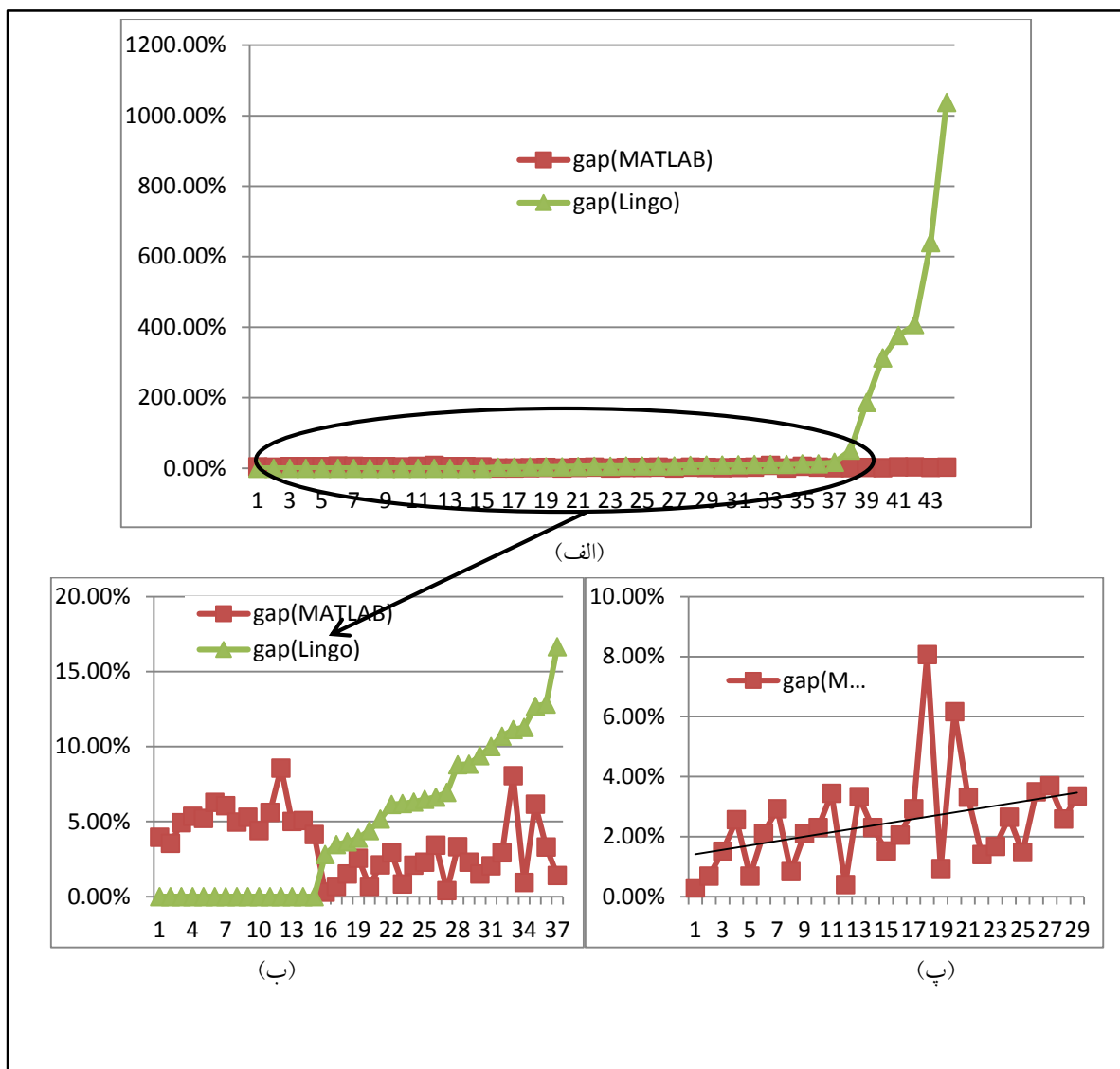
در ادامه نتایج را بررسی می‌کنیم.

جدول 1. نتایج مثال عددی برای مسائل کوچک و متوسط

#	m	n	Lingo				Heuristic Method			improvment
			L	U	Time (min)	Gap	Solution	Time (sec)	gap	
1	5	2	15952	15952	1	0	16584	4	0.0396189	-0.0396189
2	5	3	15441	15441	1	0	15989	3	0.0354899	-0.0354899
3	5	5	14870	14870	1	0	15603	3	0.0492939	-0.0492939
4	7	2	24379	24379	1	0	25684	3	0.0535297	-0.0535297
5	7	3	23462	23462	1	0	24685	4	0.0521268	-0.0521268
6	7	5	23201	23201	2	0	24659	2	0.0628421	-0.0628421
7	9	2	27964	27964	1	0	29658	4	0.0605779	-0.0605779
8	9	3	27302	27302	3	0	28657	3	0.0496301	-0.0496301
9	9	5	26216	26216	1	0	27603	2	0.0529066	-0.0529066
10	11	2	35426	35426	5	0	36989	3	0.0441201	-0.0441201
11	11	3	34120	34120	1	0	36035	4	0.0561254	-0.0561254
12	11	5	32878	32878	8	0	35698	6	0.0857716	-0.0857716
13	13	2	40342	40342	2	0	42360	5	0.0500223	-0.0500223
14	13	3	40320	40320	4	0	42368	4	0.0507937	-0.0507937
15	13	5	38982	43321	120	0.1113078	42126	5	0.0806526	0.0306552
16	15	2	46750	46750	11	0	48690	4	0.0414973	-0.0414973
17	15	3	46724	52652	120	0.1268727	49603	3	0.0616172	0.0652555
18	15	5	45540	49560	120	0.088274	46590	5	0.0230567	0.0652174
19	20	2	57444	164520	120	1.8640067	58962	5	0.0264257	1.8375809
20	20	3	56985	60486	120	0.0614372	58653	6	0.0292709	0.0321664
21	20	5	56120	63325	120	0.1283856	57980	3	0.0331433	0.0952423
22	30	2	93345	96581	120	0.0346671	93985	5	0.0068563	0.0278108
23	30	3	91598	99658	120	0.0879932	94650	6	0.0333195	0.0546737
24	30	5	90870	96502	120	0.0619787	91630	5	0.0083636	0.0536151

ادامه جدول 1. نتایج مثال عددی برای مسائل کوچک و متوسط

#	m	n	Lingo				Heuristic Method			Improvement
			L	U	Time (min)	Gap	Solution	Time (sec)	Gap	
25	40	2	123128	126585	120	0.0280765	123486	4	0.0029075	0.0251689
26	40	3	122895	130650	120	0.0631026	125478	5	0.0210179	0.0420847
27	40	5	120652	128659	120	0.0663644	124803	4	0.0344047	0.0319597
28	50	2	151882	169023	120	0.1128573	153302	5	0.0093494	0.103508
29	50	3	150651	621718	120	3.126876	152866	5	0.0147029	3.1121732
30	50	5	148952	159302	120	0.0694855	149555	6	0.0040483	0.0654372
31	60	2	168502	186523	120	0.1069483	173440	8	0.0293053	0.077643
32	60	3	166694	182352	120	0.0939326	169226	8	0.0151895	0.0787431
33	60	5	165841	176592	120	0.0648272	169658	6	0.023016	0.0418111
34	70	2	196401	203567	120	0.0364866	199365	7	0.0150916	0.021395
35	70	3	193114	200650	120	0.0390236	198062	5	0.0256222	0.0134014
36	70	5	190526	200378	120	0.0517095	194555	11	0.0211467	0.0305628
37	80	2	221654	1124856	120	4.0748283	229850	7	0.0369765	4.0378518
38	80	3	219873	229561	120	0.0440618	221379	8	0.0068494	0.0372124
39	80	5	217982	1038126	120	3.7624391	225611	10	0.0349983	3.7274408
40	90	2	244651	269117	120	0.1000037	249660	8	0.0204741	0.0795296
41	90	3	243256	1800000	120	6.3996119	249551	9	0.0258781	6.3737338
42	100	2	285653	333258	120	0.1666532	289674	8	0.0140765	0.1525767
43	100	3	281952	3206580	120	10.372787	291400	9	0.0335092	10.339278
44	130	2	391572	591265	120	0.5099777	398117	11	0.0167147	0.4932631

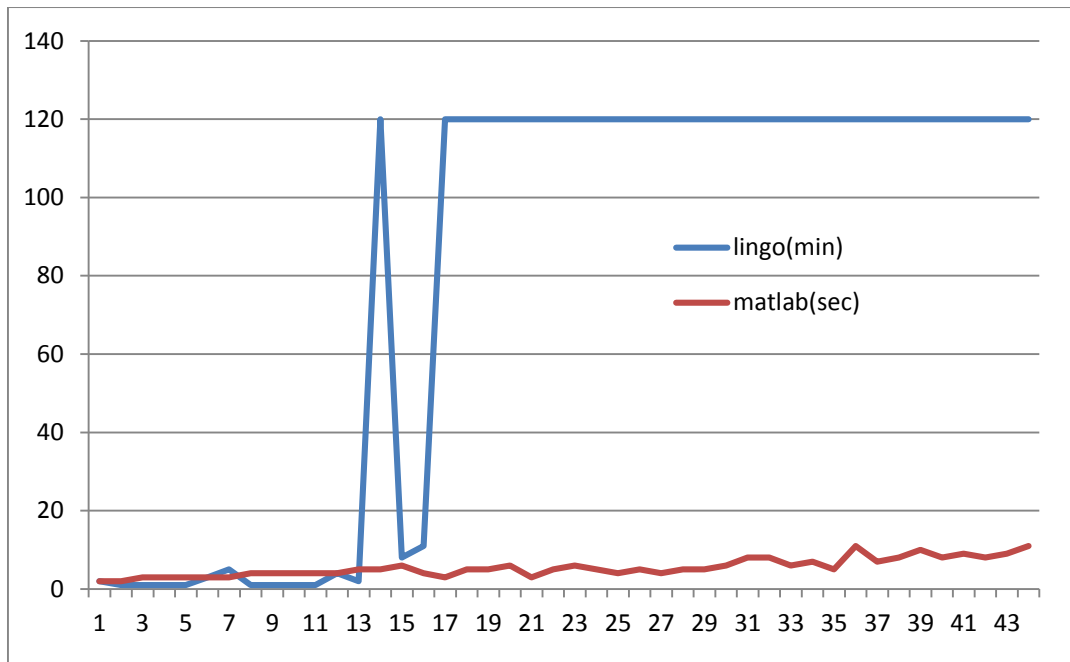


شکل 3. نمایش گپ دو روش حل

شاهد افزایش گپ هر دو روش هستیم که البته گپ الگوریتم به صورت محسوسی کمتر از گپ لینگو است و این نشان از دقت بالای الگوریتم در تخمین پاسخ بهینه دارد. شکل 3-پ روند صعودی گپ الگوریتم را نشان می‌دهد.

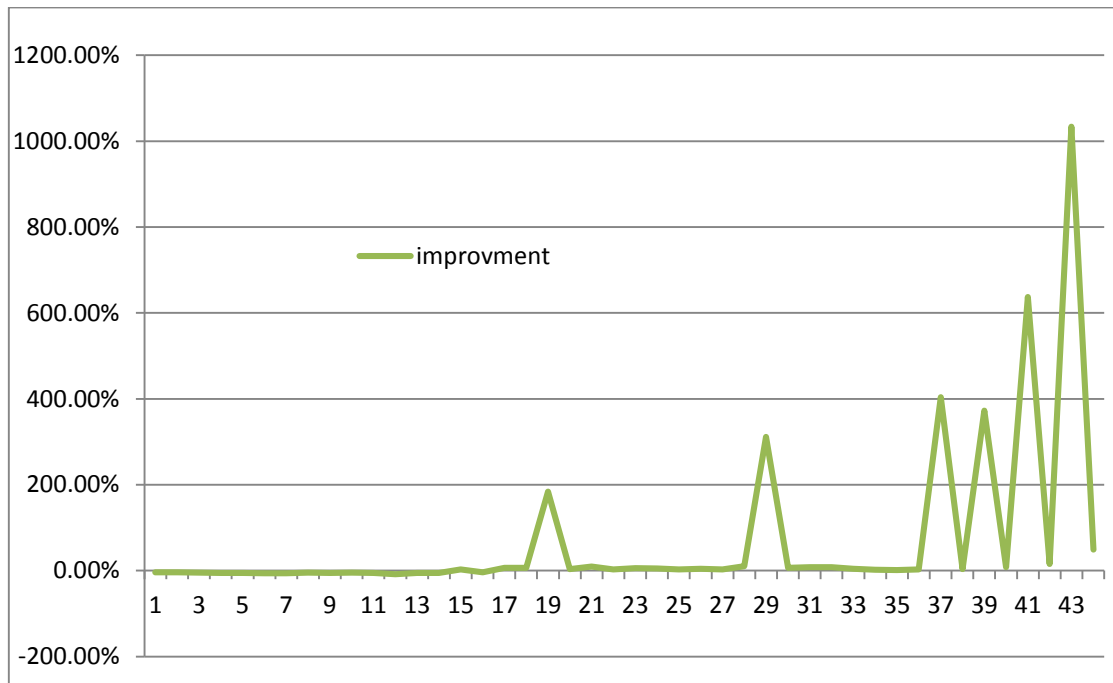
حال به مدت زمان حل این دو روش می‌پردازیم. در شکل 4 زمان حل هر دو روش آورده شده است. با توجه به یکسان نبودن واحد زمانی در دو روش حل این شکل صرفاً برای مشاهده تفاوت‌ها آورده شد. با این که زمان حل در هر دو روش افزایشی است، زمان حل الگوریتم پیشنهادی بسیار کمتر از لینگو است.

برای تحلیل دقیق شکل و دقت نتایج از گپ لینگو به عنوان عنصر نمایش دهنده پیچیدگی مسائل استفاده کردیم. به همین دلیل نتایج بدست آمده در جدول را براساس گپ لینگو مانند شکل 3-الف مرتب کردیم. همانطور که در شکل 3 دیده می‌شود در چند مساله گپ لینگو بسیار بزرگ به دست آمده است. با کنار گذاشتن آنها نمودار بهتری مانند نمودار شکل 3-ب به دست می‌آید. همانطور که پیداست در مسائل ابتدایی (مسائل کوچک) که به علت ارائه جواب دقیق توسط لینگو دارای گپ صفر بود گپ الگوریتم بالاتر قرار گرفته که با توجه به اختلاف کم پاسخ‌ها قابل توجه و چشم‌پوشی است. در مسائل متوسط



شکل 4. نمایش زمان حل دو روش حل

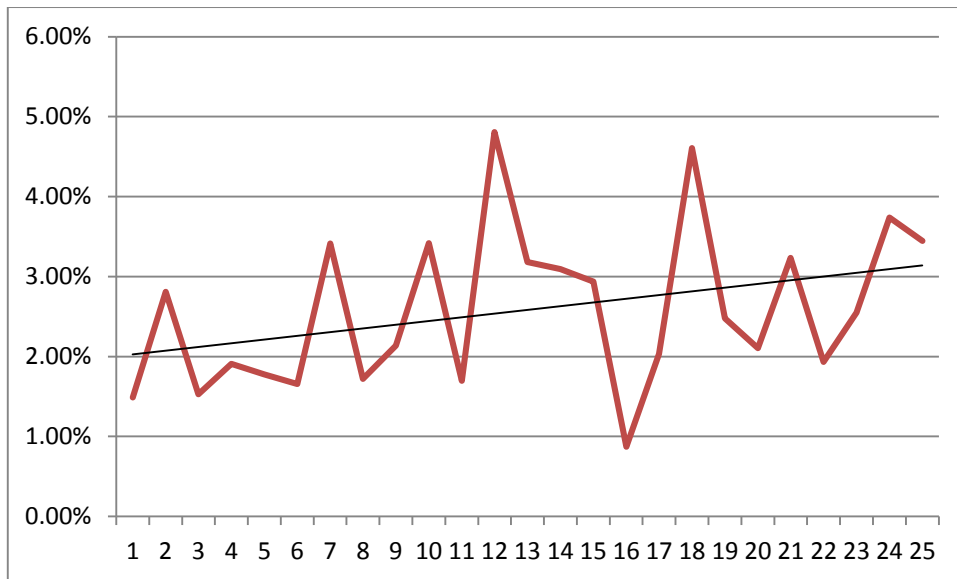
در شکل 5 سعی شده تا بهبود حاصل شده به وسیله الگوریتم پیشنهادی نشان داده شود. همانطور که دیده می‌شود هرچه مساله بزرگتر شده الگوریتم بهبود حاصل شده بیشتر است و الگوریتم کارا تر است.



شکل 5. نمایش مقدار بهبود حاصل شده توسط الگوریتم

جدول 2. نتایج مثال عددی در مسائل بزرگ

#	m	n	initial solution=3			initial solution=5			initial solution=10			initial solution=15			Gap
			best sol	mean	mean time	best sol	mean	mean time	best sol	mean	mean time	best sol	mean	mean time	
45	90	5	264801	265925	3	262619	265456	4	261560	265698	3	260917	262346	3	0.0149
46	100	5	299987	300042	5	299664	300285	4	294062	294646	4	291786	295284	2	0.0281
47	130	3	401913	402310	2	401913	406293	2	401072	403151	3	395864	403020	3	0.0152
48	130	5	401140	402801	4	401140	405846	5	399440	400189	2	393629	399960	4	0.0191
49	160	2	464507	468323	3	464507	470948	4	461882	463484	4	456394	463478	3	0.0178
50	160	3	463150	467255	4	463150	471760	5	459169	467182	5	455612	457823	5	0.0165
51	160	5	469205	469759	5	465761	469611	3	458806	467214	5	453712	462699	3	0.0341
52	190	2	549517	551431	5	546317	549709	4	541002	549783	4	540228	545652	5	0.0172
53	190	3	544416	545980	4	544416	551292	4	538632	547580	5	533023	534516	6	0.0214
54	190	5	538651	539865	6	535984	544468	6	531450	532805	6	520845	524644	6	0.0342
55	220	2	617060	619114	4	617060	623024	6	614302	619848	4	606769	613821	6	0.0170
56	220	3	631244	634430	4	619592	638215	5	609880	613594	5	602298	609622	6	0.0481
57	220	5	594722	600511	7	594722	604551	8	588112	596224	9	576379	579147	9	0.0318
58	250	2	741610	746843	9	733198	740094	8	728970	737912	9	719344	728504	7	0.0310
59	250	3	728565	734420	9	728565	738634	7	720421	729307	9	707764	719729	7	0.0294
60	250	5	701924	702058	8	701924	703057	9	701721	702449	7	695845	702246	9	0.0087
61	300	2	950219	954878	7	950219	963041	8	934067	945761	8	931287	942296	9	0.0203
62	300	3	963431	963674	9	946991	960265	8	929682	933963	10	921001	928811	7	0.0461
63	300	5	951273	958021	7	943174	967045	11	928990	935745	8	928291	945821	10	0.0248
64	400	2	1365085	1370816	10	1365085	1374934	10	1352201	1366835	10	1336922	1338965	12	0.0211
65	400	3	1175591	1175665	14	1153938	1176728	15	1149340	1155402	15	1138780	1159668	14	0.0323
66	400	5	1132356	1141675	14	1132356	1146624	14	1118269	1138427	14	1110890	1114008	15	0.0193
67	500	2	1471485	1479665	15	1471485	1490571	13	1449340	1453755	15	1434906	1442442	13	0.0254
68	500	3	1466516	1474654	14	1440308	1463137	15	1414587	1416876	14	1413685	1429559	15	0.0374
69	500	5	1405365	1408037	13	1405365	1418328	14	1381115	1392118	13	1358536	1369357	13	0.0345



شکل 6. افزایش گپ با افزایش دفعات حل با تعداد تصادفی مختلف

5-2- مسائل بزرگ

بزرگتر می‌شود و این نشان دهنده این است که هرچه مساله بزرگتر باشد این راه حل می‌تواند کارایی بهتری داشته باشد.

6- نتیجه گیری

در این پژوهش ما یک مدل دو سطحی مدیریت موجودی توسط فروشنده شامل یک فروشنده و چند خریدار را ارائه کردیم. در این مدل هزینه سفارش‌دهی فروشنده و خرده فروش‌ها، هزینه نگهداری فروشنده و خرده فروش‌ها، جریمه اضافی موجودی در انبار و همچنین هزینه حمل و نقل سفارشات از فروشنده تا خرده‌فروش‌ها بوسیله چند نوع وسیله نقلیه در نظر گرفته شده است. هدف این پژوهش بدست آوردن مقدار سفارش و چرخه سفارش دهی بهینه برای کمینه کردن هزینه‌های ذکر شده در کل زنجیره دوسطحی و همچنین سرعت بخشیدن به حل مدل‌هایی در ابعاد بزرگ است و در همین راستا یک الگوریتم ابتکاری ارائه شد و در ادامه کارایی آن با استفاده از مثال‌های عددی سنجیده شد مشاهده کردیم الگوریتم در ابعاد متوسط و بزرگ که لینگو قادر نیست در مدتی محدود پاسخ دقیق دهد، بسیار سریعتر و دقیقتر از لینگو مدل را حل می‌کند.

در این دسته مسائل ما پاسخ اولیه‌ای برای شروع الگوریتم پیشنهادی نداریم. به همین سبب چند مقدار تصادفی را به عنوان مقادیر اولیه به الگوریتم دادیم بدین صورت که بعد از امتحان تعداد مختلفی داده تصادفی شامل 3، 5، 10 و 15 بهترین پاسخ را در جدول آورده‌ایم. اعداد تصادفی انتخاب شده برای T از بازه (0.5 و 0)، n_j نیز عددی تصادفی از بین اعداد 2 تا 7 و TC نیز هر عددی بزرگ تا الگوریتم را در تکرار اول دچار مشکل نکند. همانطور که پیداست با افزایش این تعداد اعداد تصادفی بهترین پاسخ ارائه شده توسط الگوریتم نیز کاهش پیدا کرد و بهینه‌تر شد. سپس معیاری برای نشان دادن مقدار این تغییرات به صورت زیر ارائه کردیم:

$$\text{Gap} = \frac{\text{best sol}_3 - \text{best sol}_{15}}{\text{best sol}_{15}} * 100\%$$

بدین صورت که best sol_3 بهترین پاسخ از بین پاسخ‌های سه مقدار اولیه و best sol_{15} بهترین پاسخ از بین پاسخ‌های 15 مقدار اولیه بود. بدیهی است که best sol_{15} مقدار کمتری از best sol_3 داشته باشد چون تعداد بیشتری مقدار اولیه برای شروع در نظر گرفته‌ایم. شکل 6 نشان‌دهنده رابطه مستقیم این گپ با پیچیدگی مساله است. همانطور که مشاهده می‌شود در مسائل بزرگتر گپ

- shipment policy for a single-vendor–single-buyer system. *European Journal of Operational Research*, 121(1), pp.175-178 .
- Hariga, M., Gumus, M., Daghfous, A., & Goyal, S. (2013), A vendor managed inventory model under contractual storage agreement. *Computers & Operations Research*, 40(8), pp.2138-2144 .
 - Lee, C. C., & Chu, W. H. J. (2005). Who should control inventory in a supply chain? *European Journal of Operational Research*, 164(1), pp.158-172 .
 - Lin, Z., Cai, C., & Xu, B. (2010). Supply chain coordination with insurance contract. *European Journal of Operational Research*, 205(2), pp.339-345 .
 - Pasandideh, S. H. R., Niaki, S. T. A., & Nia, A. R. (2011), 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 .
 - Qin, Y., Tang, H., & Guo, C. (2007), Channel coordination and volume discounts with price-sensitive demand. *International Journal of Production Economics*, 105(1), pp.43-53 .
 - Ramanathan, U. (2013), Aligning supply chain collaboration using Analytic Hierarchy Process. *Omega*, 41(2), pp.431-440 .
 - Sari, K. (2008), On the benefits of CPFR and VMI: A comparative simulation study. *International Journal of Production Economics*, 113(2), pp.575-586 .
 - Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2004), *Managing the supply chain: the definitive guide for the business professional*: McGraw-Hill Companies.
 - Yao, Y., Evers, P. T., & Dresner, M. E. (2007), Supply chain integration in vendor-managed inventory. *Decision support systems*, 43(2), pp.663-674.
 - Yu, Y., Wang, Z., & Liang, L. (2012), A vendor managed inventory supply chain with deteriorating raw materials and products. *International Journal of Production Economics*, 136(2), pp.266-274.
 - Zhang, T., Liang, L., Yu, Y., & Yu, Y. (2007), An integrated vendor-managed inventory model for a two-echelon system with order cost reduction. *International Journal of Production Economics*, 109(1), pp.241-253.

در همین راستا این پژوهش می‌تواند با توسعه در تحقیقات آینده و حل با استفاده از روشهای ابتکاری دیگر یا بهبود روش ارایه شده موجب کاهش یافتن هزینه‌های زنجیره شود. همچنین با در نظر گرفتن تقاضای تصادفی می‌توان مدل ارائه شده را کاراتر از پیش نمود یا با بسط و توسعه روش حل این پژوهش را بهبود بخشید.

7- پی‌نوشت‌ها

1. Magee
2. Yao et al.
3. Yiayn et al.
4. Darwish et al.
5. Duan et al.
6. Pasandideh et al.
7. Cardenas et al.
8. Zhang et al.
9. Sari et al.
10. Almehdawe and Mantin
11. 11 Hariga et al.

8- مراجع

- Almehdawe, E., & Mantin, B. (2010), Vendor managed inventory with a capacitated manufacturer and multiple retailers: Retailer versus manufacturer leadership. *International Journal of Production Economics*, 128(1), pp. 292-302 .
- Cárdenas-Barrón, L. E., Treviño-Garza, G., & Wee, H. M. (2012), A simple and better algorithm to solve the vendor managed inventory control system of multi-product multi-constraint economic order quantity model. *Expert Systems with Applications*, 39(3), pp.3888-3895 .
- Darwish, M., & Odah, O. (2010), Vendor managed inventory model for single-vendor multi-retailer supply chains. *European Journal of Operational Research*, 204(3), pp.473-484 .
- Disney, S. M., Potter, A. T., & Gardner, B. M. (2003), The impact of vendor managed inventory on transport operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(5), pp.363-380.
- Duan, Y., Luo, J., & Huo, J. (2010), Buyer–vendor inventory coordination with quantity discount incentive for fixed lifetime product. *International Journal of Production Economics*, 128(1), pp.351-357.
- Goyal, S. K., & Nebebe, F. (2000), Determination of economic production–

-
- European Journal of Operational Research*, 204(3), 473-484 .
4. Disney, S. M., Potter, A. T., & Gardner, B. M. (2003). The impact of vendor managed inventory on transport operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(5), 363-380 .
 5. Duan, Y., Luo, J., & Huo, J. (2010). Buyer–vendor inventory coordination with quantity discount incentive for fixed lifetime product. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 351-357 .
 6. Goyal, S. K., & Nebebe, F. (2000). Determination of economic production–shipment policy for a single-vendor–single-buyer system. *European Journal of Operational Research*, 121(1), 175-178 .
 7. Hariga, M., Gumus, M., Daghfous, A., & Goyal, S. (2013). A vendor managed inventory model under contractual storage agreement. *Computers & Operations Research*, 40(8), 2138-2144 .
 8. Lee, C. C., & Chu, W. H. J. (2005). Who should control inventory in a supply chain? *European Journal of Operational Research*, 164(1), 158-172 .
 9. Lin, Z., Cai, C., & Xu, B. (2010). Supply chain coordination with insurance contract. *European Journal of Operational Research*, 205(2), 339-345 .
 10. Pasandideh, S. H. R., Niaki, S. T. A., & Nia, A. R. (2011). A genetic algorithm for vendor managed inventory control system of multi-product multi-constraint economic order quantity model. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2708-2716 .
 11. Qin, Y., Tang, H., & Guo, C. (2007). Channel coordination and volume discounts with price-sensitive demand. *International Journal of Production Economics*, 105(1), 43-53 .
 12. Ramanathan, U. (2013). Aligning supply chain collaboration using Analytic Hierarchy Process. *Omega*, 41(2), 431-440 .
 13. Sari, K. (2008). On the benefits of CPFR and VMI: A comparative simulation study. *International Journal of Production Economics*, 113(2), 575-586 .
 14. Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2004). *Managing the supply chain: the definitive guide for the business professional*: McGraw-Hill Companies.
 15. Yao, Y., Evers, P. T., & Dresner, M. E. (2007). Supply chain integration in vendor-managed inventory. *Decision support systems*, 43(2), 663-674 .

-
- ¹ Magee
 - ² Yao et al.
 - ³ Yiayn et al.
 - ⁴ Darwish et al.
 - ⁵ Duan et al.
 - ⁶ Pasandideh et al.
 - ⁷ Cardenas et al.
 - ⁸ Zhang et al.
 - ⁹ Sari et al.
 - ¹⁰ Almehdawe and Mantin
 - ¹¹ Hariga et al.

7. مراجع

1. Almehdawe, E., & Mantin, B. (2010). Vendor managed inventory with a capacitated manufacturer and multiple retailers: Retailer versus manufacturer leadership. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 292-302 .
2. Cárdenas-Barrón, L. E., Treviño-Garza, G., & Wee, H. M. (2012). A simple and better algorithm to solve the vendor managed inventory control system of multi-product multi-constraint economic order quantity model. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3888-3895 .
3. Darwish, M., & Odah, O. (2010). Vendor managed inventory model for single-vendor multi-retailer supply chains.

-
16. Yu, Y., Wang, Z., & Liang, L. (2012). A vendor managed inventory supply chain with deteriorating raw materials and products. *International Journal of Production Economics*, 136(2), 266-274 .
 17. Zhang, T., Liang, L., Yu, Y., & Yu, Y. (2007). An integrated vendor-managed inventory model for a two-echelon system with order cost reduction. *International Journal of Production Economics*, 109(1), 241-253 .