

## بهینه‌سازی یک زنجیره تأمین شامل انبارها و فروشگاه‌های خرده‌فروشی با استفاده از تکنیک داده کاوی حریصانه بهبود یافته

مرضیه فریدی ماسوله، استادیار گروه کامپیوتر و فناوری اطلاعات موسسه آموزش عالی احرار رشت

### چکیده:

هدف: امروزه چالش اصلی در زنجیره تأمین، روی تحرک کالا (یا مدیریت جریان کالا) تمرکز دارد. محصول مناسب باید در کمترین زمان ممکن و از سریع‌ترین راه و با کمترین هزینه به دست مشتری مناسب خود برسد. یک زنجیره تأمین شامل اجزای مختلفی می‌باشد که نقش مهمی را در کاهش هزینه‌های خدمت‌رسانی بر عهده دارد. هدف از این مقاله حداقل سازی هزینه‌های زنجیره شامل هزینه راه اندازی، هزینه نگهداری و هزینه حمل و نقل در دوره‌های زمانی مختلف است.

روش‌شناسی: به دلیل پیچیدگی مسئله برای حل آن از الگوریتم فرا ابتکاری حریصانه استفاده شده است. از آنجا که چگونگی مواجهه با پایگاه داده‌های بزرگ در مدیریت زنجیره تأمین مسئله بسیار مهمی می‌باشد، در این مقاله کاربرد داده کاوی در زنجیره تأمین پیشنهاد شده است.

یافته‌ها: بر اساس نتایج تحقیق، تکنیک‌های داده کاوی می‌تواند به صورت موثری در قسمت‌های مختلف زنجیره تأمین نظیر انتخاب تأمین کننده، توزیع کننده، پیش‌بینی کننده تقاضا و غیره مورد استفاده قرار گیرند.

نتیجه‌گیری: علاوه بر این، نتایج بدست آمده نشان داد که الگوریتم حریصانه قادر به یافتن بهترین پاسخ در فضای جستجو نبوده و بنابراین یک فاز جستجوی محلی برای بهبود جواب به آن اضافه شده است. نتایج حاصل تاییدی بر اثر بخشی الگوریتم پیشنهادی می‌باشد.

کلمات کلیدی: بهینه سازی، زنجیره تأمین، انبار، فروشگاه خرده فروشی، داده کاوی، الگوریتم حریصانه بهبود یافته.

## مقدمه

در دنیای رقابتی عصر حاضر، مشتریان خواهان عکس‌العمل سریع‌تر، قابلیت اطمینان بالاتر و انعطاف پذیری بیشتر در تغییر نیازهایشان هستند. این فاکتورها، تولیدکنندگان و ارائه‌کنندگان خدمات را ملزم به پیدا کردن راه‌های بهتری برای مدیریت جریان مواد در سازمان‌هایشان، جهت پیشرفت و حفظ بقای خود می‌کنند [۱، ۲].

در گذشته، تنوع و تعداد کالاها و خدمات محدودتر بوده و فاصله بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان مسافت کمتری داشت در نتیجه توزیع کالاها، مسئله قابل توجهی به حساب نمی‌آمد و خرده‌فروشان به راحتی می‌توانستند کالاهای مورد نیاز خود را تهیه کنند، ولی امروزه تولید انبوه، افزایش تنوع کالاها، افزایش تعداد مصرف‌کنندگان و فاصله میان آن‌ها با تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان، باعث افزایش اهمیت توجه به سیستم تولید و توزیع مناسب شده است. از طرفی با افزایش رقابت بیشتر بین شرکت‌ها در بازار، تلاش آنها برای کسب موقعیت ثابت‌تر و پایدارتر به نحوی است که می‌توان هدف از این رقابت را متمایز شدن و پیشی گرفتن از دیگر رقبا دانست و این رقابت شدید در عصر حاضر مدیران شرکت‌ها و سازمان‌ها را بر آن داشته است که برای رسیدن به این هدف، خود را به علم و تکنولوژی روز مجهز نمایند. از این‌رو افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها دو عامل مهم برای به دست آوردن سهم بیشتر در این رقابت است [۳، ۴ و ۵].

داده کاوی به‌عنوان یک ابزار جدید برای پردازش و استفاده از اطلاعات، برای حل مشکلات مدیریتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. داده کاوی، با تکیه بر داده‌های بزرگ اطلاعاتی در زنجیره تامین، اطلاعات مفیدی در مورد تامین‌کننده، توزیع‌کننده، و میزان تقاضا استخراج می‌کند. که این دانش خود به تنهایی اعتبار فراوانی دارد. اطلاعات بدست آمده و دانش‌های حاصل از آن، ثروت و اعتباری است که شرکت‌های زنجیره تامین می‌توانند آن را با هم مبادله کنند. با چنین دانشی، تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان و نیز فروشندگان می‌توانند درخواست‌های عملی، تولید و ارایه محصول و نیز برنامه ریزی برای تامین را توسعه دهند. بدین ترتیب، اطلاعات به آرامی در جهت بهینه کردن مدیریت زنجیره تامین به جریان در می‌آید تا به راه اندازی و هماهنگی کل صنعت کمک کند [۶، ۷ و ۸].

در این مقاله با به‌کارگیری تکنیک‌های داده کاوی حریمانه [۹، ۱۰]، به بررسی مسئله چند دوره ای در یک زنجیره تامین شامل چند تولیدکننده و توزیع‌کننده پرداخته شده است. ساختار ارائه مطالب در ادامه به این صورت خواهد بود: در بخش دوم، فرمولاسیون مسئله ارائه خواهد شد، در بخش سوم زنجیره تامین مورد بررسی تشریح خواهد گردید. تکنیک داده کاوی حریمانه در بخش چهارم ارائه می‌شود. بخش پنجم به بیان نتایج محاسباتی اختصاص یافته است و سرانجام در بخش ششم نتیجه‌گیری ارائه شده است.

## فرموله کردن مسئله

زنجیره تامین دو سطحی ای را در نظر بگیرد که شامل  $N$  انبار و  $M$  فروشگاه خرده‌فروشی است. برای هر انبار  $k$  از مجموعه  $N$  یک ظرفیت ثابت  $C_k$  در نظر گرفته می‌شود. این در حالی است که هر فروشگاه خرده‌فروشی  $n$  از مجموعه  $M$  تقاضای  $D_n$  دارد که باید تامین شود. هر گره انبار به هر فروشگاه خرده‌فروشی با خط  $L_{kn}$  متصل می‌شود. هزینه تمام شده در این خط برای هر مورد محصول ارسال شده  $P_{kn}$  است. با در نظر گرفتن

این توپولوژی، لازم است هزینه کل تأمین تقاضای هر فروشگاه خرده فروشی با مقدار کالای ارسالی  $G_{kn}$  از انبار  $k$ ام به فروشگاه خرده فروشی  $n$ ام حداقل شود. مقدار ارسال شده از انبار  $k$ ام باید کمتر یا برابر ظرفیت  $C_k$  این انبار باشد. علاوه بر این، مقدار دریافت شده در فروشگاه خرده فروشی  $n$ ام باید برابر تقاضای  $D_n$  فروشگاه خرده فروشی  $n$ ام باشد. بنابراین ظرفیت کل انبارها باید بیشتر یا برابر تقاضای کل در فروشگاه‌های خرده فروشی باشد. از دیدگاه ریاضی، مسئله مورد بررسی می‌تواند به فرم زیر تعریف شود:

$$\min \left\{ \sum_{k=1}^N \sum_{n=1}^M G_{kn} P_{kn} \right\} \quad (۱)$$

که در آن متغیرهای تصمیم‌گیری  $G_{kn}$  باید در قیود زیر صدق کنند:

$$\sum_{n=1}^M G_{kn} \leq C_k \quad \forall k \quad (۲)$$

$$\sum_{k=1}^N G_{kn} = D_n \quad \forall n \quad (۳)$$

$$\sum_{k=1}^N C_k \geq \sum_{n=1}^M D_n \quad (۴)$$

حال فرض کنید که بخشی از تقاضای یک فروشگاه خرده فروشی مشخص با مقدار  $GL_n$  و جریمه  $PL_n$  تأمین نشود. در این حالت مسئله به فرم ریاضی زیر بازنویسی می‌شود:

$$\min \left\{ \sum_{k=1}^N \sum_{n=1}^M G_{kn} P_{kn} + \sum_{n=1}^M GL_n PL_n \right\} \quad (۵)$$

که در آن متغیر تصمیم‌گیری اضافه شده به مسئله  $GL_n$  است و عبارت اضافه شده در رابطه (۵) بیانگر مقدار فروش از دست رفته کل در فروشگاه خرده فروشی  $n$ ام است. در این حالت با در نظر گرفتن فروش از دست رفته در هر فروشگاه خرده فروشی  $n$ ام، رابطه (۳) به شکل زیر تصحیح می‌گردد.

$$\sum_{k=1}^N G_{kn} + GL_n = D_n \quad \forall n \quad (۶)$$

در زنجیره تأمین واقعی، سرویس حمل و نقل معمولاً به وسیله کامیون یا سایر وسایل نقلیه انجام می‌شود که در این حالت کل هزینه حمل و نقل به تعداد وسایل نقلیه مورد استفاده برای حمل و نقل بستگی خواهد داشت. با این فرض،  $T_{nk}$  تعداد وسایل نقلیه مورد استفاده برای حمل و نقل مقدار مشخصی کالا ( $G_{kn}$ ) از انبار  $k$ ام به

فروشگاه خرده فروشی  $n$ ام می‌باشد. ظرفیت وسیله نقلیه  $CT$  و هزینه حمل و نقل آن  $PT_{nk}$  در نظر گرفته می‌شود. بعلاوه در این مقاله فرض بر این است که تنها از یک نوع وسیله نقلیه با ظرفیت ثابت استفاده می‌شود. باتوجه به فرض جدید مسئله بهینه سازی به فرم زیر در می‌آید:

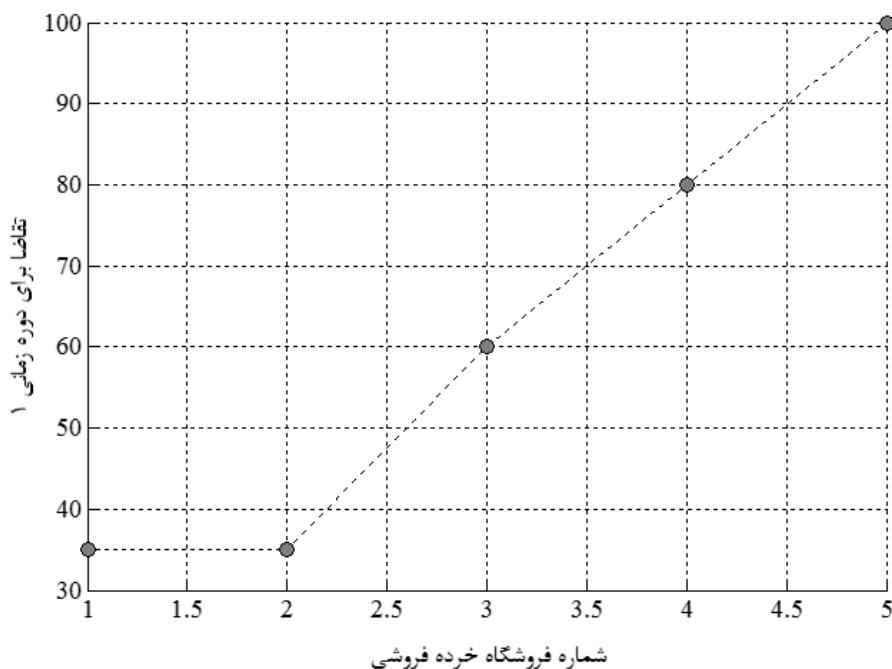
$$\min \left\{ \sum_{k=1}^N \sum_{n=1}^M T_{kn} PT_{kn} + \sum_{n=1}^M GL_n PL_n \right\} \quad (7)$$

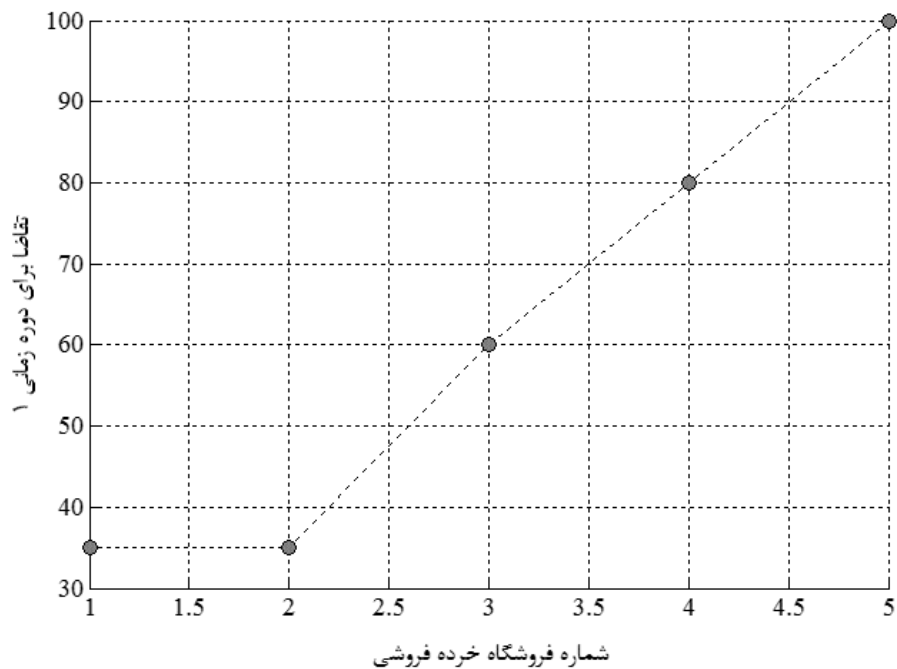
که در آن متغیرهای تصمیم‌گیری  $G_{kn}$  باید در قید زیر صدق کنند:

$$G_{kn} \leq T_{nk} CT \quad \forall k, n \quad (8)$$

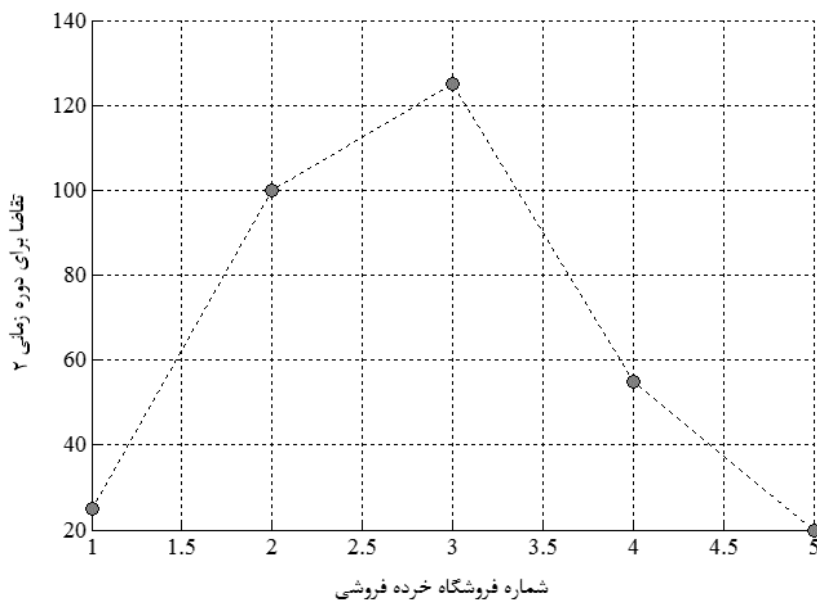
### زنجیره تأمین مورد بررسی

زنجیره تامین مورد بررسی متشکل از ۴ انبار و ۵ فروشگاه خرده فروشی است. هدف این مقاله حداقل سازی هزینه کل تحویل کالا از انبارها به فروشگاه‌های خرده فروشی با توجه به چندین دوره زمانی، تقاضای مورد نیاز و ظرفیت هر یک از فروشگاه‌ها و انبارها می‌باشد. ظرفیت وسیله نقلیه ۷۰ واحد فرض شده است. اطلاعات بیشتر در مورد داده‌های ورودی در شکل‌های ۱ تا ۹ آورده شده است.

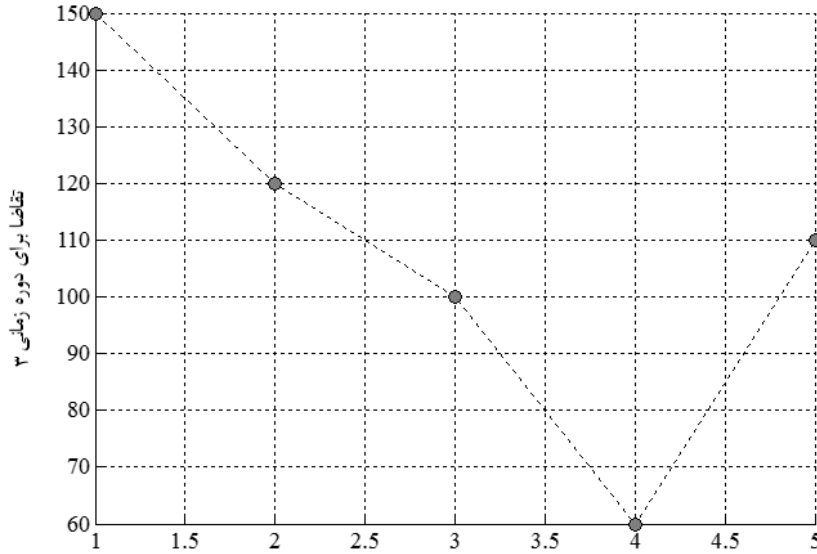




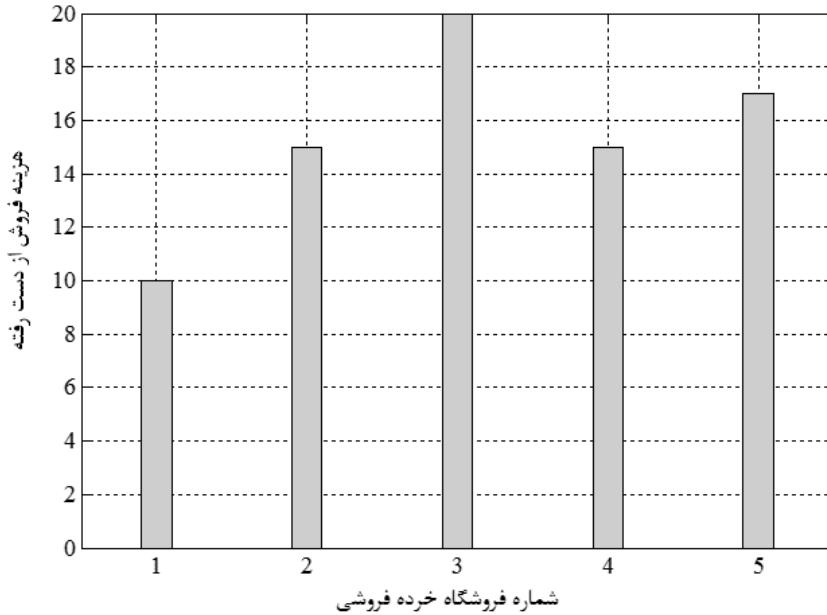
شکل ۱: اطلاعات مربوط به مقدار تقاضای فروشگاه‌های خرده فروشی برای دوره زمانی ۱



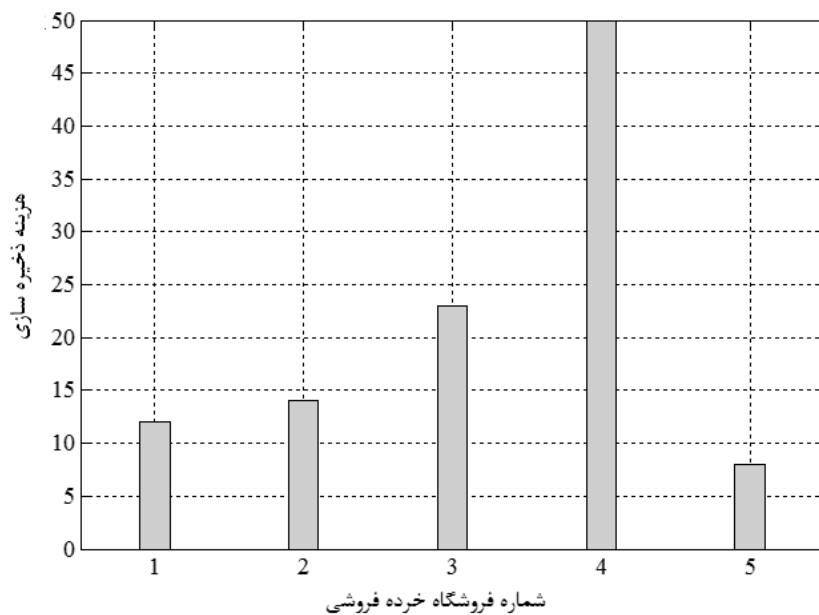
شکل ۲: اطلاعات مربوط به مقدار تقاضای فروشگاه‌های خرده‌فروشی برای دوره زمانی ۲



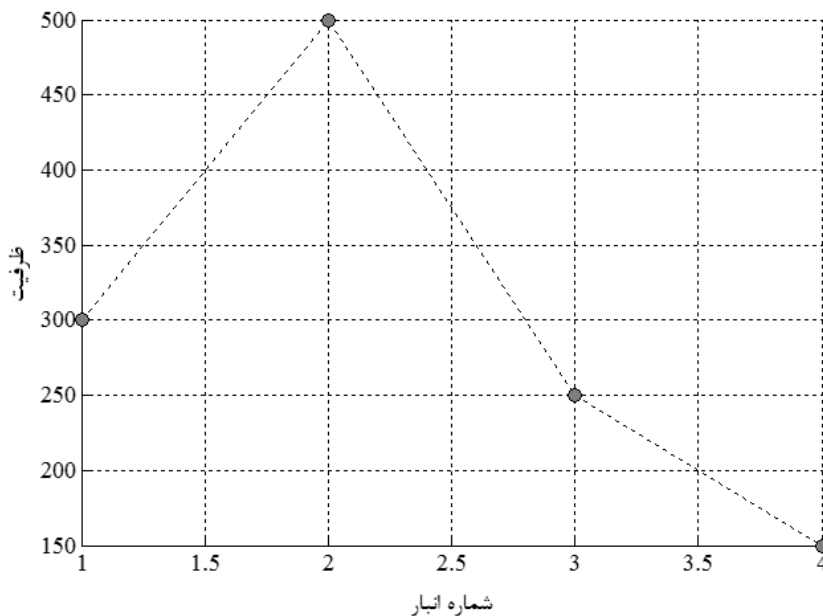
شکل ۳: اطلاعات مربوط به مقدار تقاضای فروشگاه‌های خرده‌فروشی برای دوره زمانی ۳



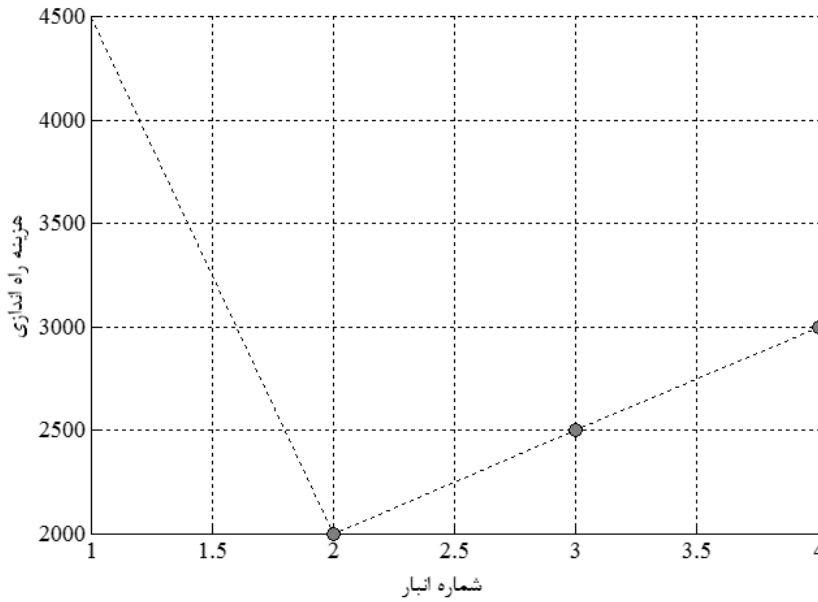
شکل ۴: اطلاعات مربوط به هزینه فروش از دست رفته ی فروشگاه‌های خرده فروشی



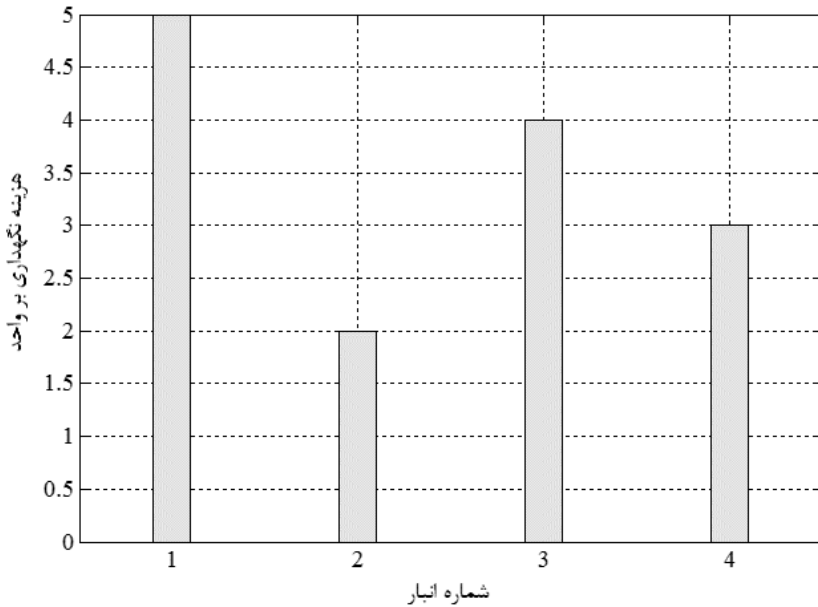
شکل ۵: اطلاعات مربوط به هزینه ذخیره سازی فروشگاه‌های خرده فروشی



شکل ۶: اطلاعات مربوط به ظرفیت انبارها

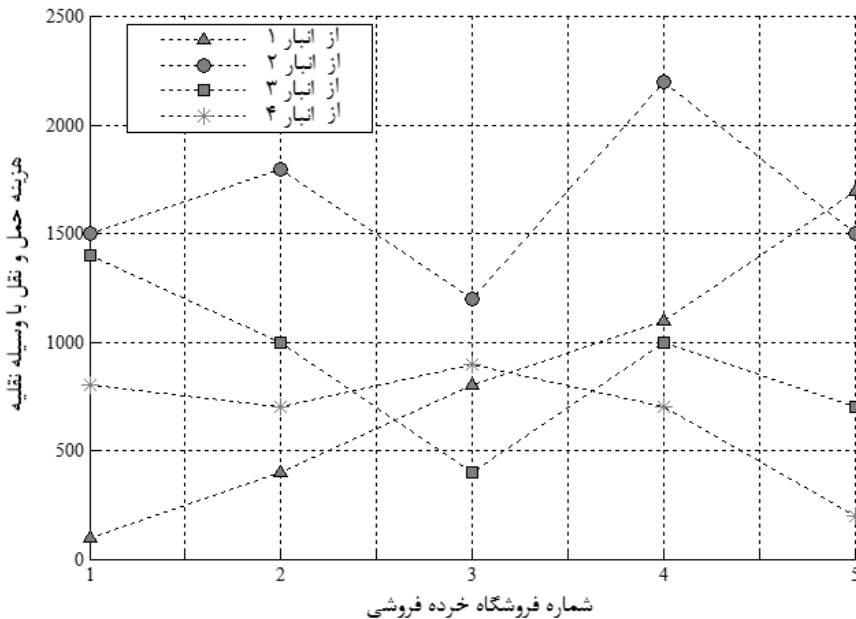


شکل ۷: اطلاعات مربوط به هزینه راه اندازی انبارها



شکل ۸: اطلاعات مربوط به هزینه نگهداری بر واحد انبارها





شکل ۹: اطلاعات مربوط به هزینه حمل و نقل از انبارها به هر یک از فروشگاه‌های خرده فروشی

### دستیابی به عملکرد بهینه زنجیره تأمین مورد بررسی با استفاده از تکنیک داده کاوی حریصانه

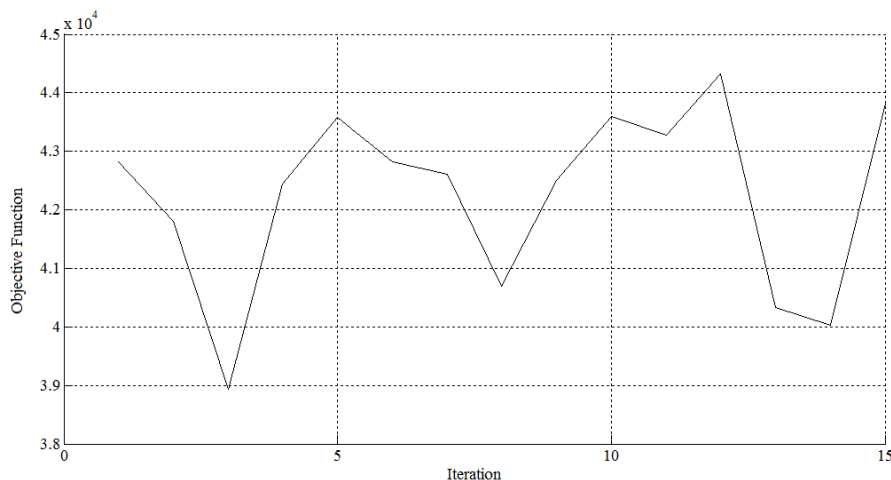
هدف این مقاله انتخاب جفت انبار مرکزی و فروشگاه خرده فروشی به گونه‌ای است که تقاضای فروشگاه خرده فروشی  $n$ ام از انبار  $k$ ام با کمترین هزینه تأمین شود. برای این منظور ابتدا فروشگاه‌های خرده فروشی ای که بیشترین پتانسیل هزینه فروش از دست رفته را دارند شناسایی می‌شوند. سپس انباری برای تأمین تقاضای فروشگاه خرده فروشی مشخص شده انتخاب می‌گردد. انتخاب انبار نیز بر اساس حداقل کردن مجموع هزینه‌های راه اندازی، هزینه نگهداری، و هزینه حمل و نقل می‌باشد.

برای حل این مسئله، از روش حل ابتکاری حریصانه استفاده شده است. روش حریصانه یکی از روش‌های مشهور و پرکاربرد طراحی الگوریتم‌ها است که با ساختاری ساده در حل بسیاری از مسائل استفاده می‌شود. این روش اغلب در حل مسائل بهینه‌سازی استفاده شده است. در حالت کلی این روش سرعت و مرتبه‌ی اجرایی بهتری نسبت به روش‌های مشابه خود دارد؛ اما متناسب با مسئله ممکن است به یک جواب بهینه سراسری ختم نشود. در روش حریصانه رسیدن به هدف در هر گام مستقل از گام قبلی و بعدی است. یعنی در هر مرحله برای رسیدن به هدف نهایی، مستقل از این که در مراحل قبلی چه انتخاب‌هایی صورت گرفته و انتخاب فعلی ممکن است چه انتخاب‌هایی در پی داشته باشد، انتخابی که در ظاهر بهترین انتخاب ممکن است صورت می‌پذیرد. به همین دلیل است که به این روش، روش حریصانه گفته می‌شود.

دستیابی به عملکرد بهینه زنجیره تامین به این صورت انجام می‌شود که ابتدا یک جواب اولیه از طریق الگوریتم حریصانه ارائه می‌شود. سپس فاز جستجوی محلی برای بهبود جواب استفاده می‌گردد.

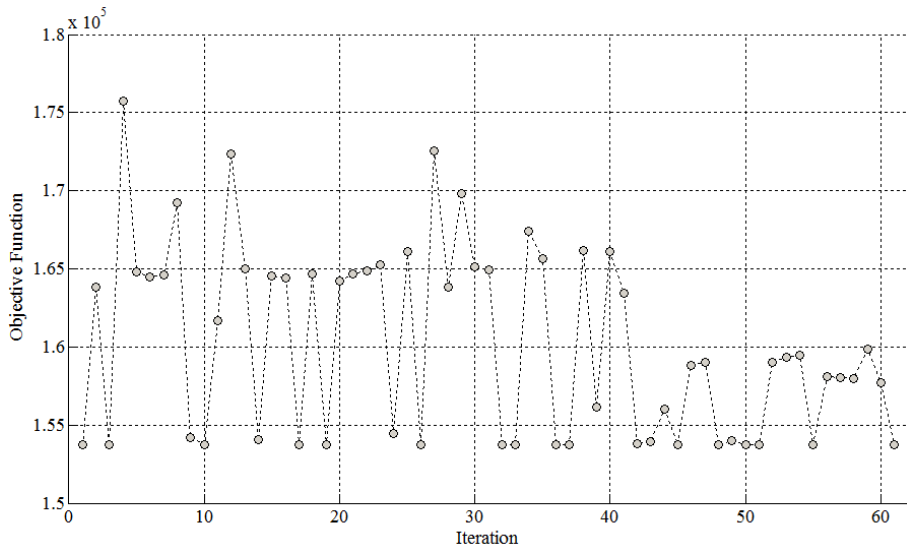
### بررسی نتایج به دست آمده

شکل ۱۰ مقادیر به دست آمده برای تابع هدف در تکرارهای مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۱۰ دیده می‌شود، مقدار تابع هدف در آخرین تکرار به حداقل نرسیده است که این موضوع نشان از آن دارد که آخرین پاسخ بدست آمده توسط الگوریتم حریصانه بهترین پاسخ در فضای جستجو نیست. به همین علت برای بهبود پاسخ از فاز جستجوی محلی استفاده شد که نتایج آن در ادامه آمده است.

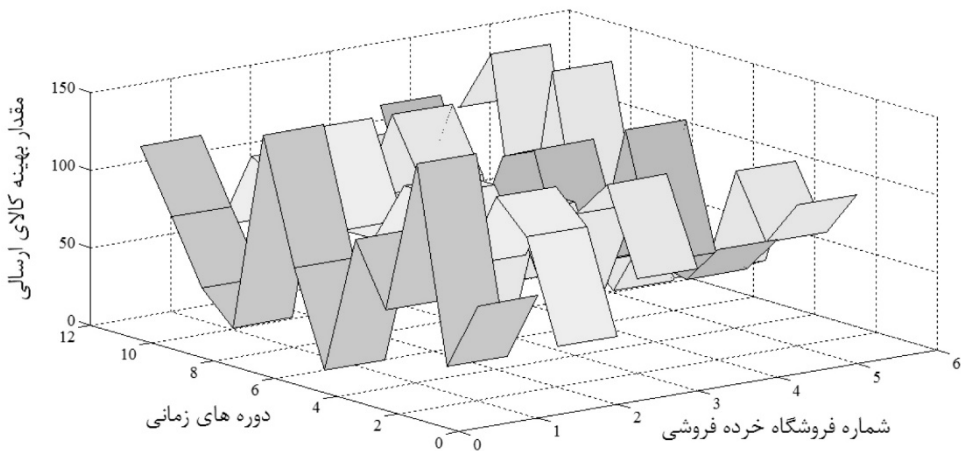


شکل ۱۰: تغییرات تابع هدف در تکرارهای مختلف

شکل ۱۱ مقادیر بدست آمده برای تابع هدف در تکرارهای مختلف در حالت جستجوی محلی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است مقدار تابع هدف در آخرین تکرار به حداقل رسیده و بهترین پاسخ بدست آمده است. شکل ۱۲ نیز پاسخ بهینه بدست آمده برای مقادیر کالای ارسالی به فروشگاه‌های خرده فروشی را در دوره‌های زمانی مختلف برای این حالت نشان می‌دهد.



شکل ۱۱: تغییرات تابع هدف در تکرارهای مختلف در حالت جست و جوی محلی



شکل ۱۲: مقادیر بهینه بدست آمده برای کالاهای ارسالی به فروشگاه‌های خرده فروشی

## نتیجه‌گیری

این مقاله به بررسی مسئله زنجیره تأمین شامل دو سطح تولید و توزیع در حالت چند دوره‌ای پرداخته است. یک مدل ریاضی با متغیرهای صحیح و پیوسته برای محصول تولیدی موجود در انبار چندین کارگاه و ارسال آن به چندین مرکز خرده فروشی طراحی شده است. اهداف مسئله شامل کمینه سازی هزینه‌های زنجیره تأمین شامل

هزینه راه اندازی، هزینه نگهداری و هزینه حمل و نقل در دوره‌های زمانی مختلف بود. جهت حل مدل ارائه شده از دو روش حریصانه ساده و حریصانه بهبود یافته استفاده گردید. مدل مسئله به صورت جداگانه با هر یک از دو روش ارائه شده و با استفاده از نرم افزار Matlab اجرا و نتایج آن با یکدیگر مقایسه گردید.

### فهرست منابع

- [1] Sheu, J.B.; Kundu, T. Forecasting time-varying logistics distribution flows in the One Belt-One Road strategic context. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 2017.
- [2] Grimm, C., A.M. Knemeyer, M. Polyviou and X. Ren, "Supply Chain Management Research in Management Journals: A Review of Recent Literature (2004-2013)," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 45, No. 5, (2015), pp. 404-458.
- [3] A Singh, K Nijhar. "Recent developments in the garment supply chain," *Automation in Garment Manufacturing*, 377-396, 2018.
- [4] Sitek, P., Wikarek, J., Nielsen, P.: A constraint-driven approach to food supply chain management. *Ind. Manag. Data Syst.* 117(9) (2017).
- [5] N. Jamili, M. Ranjbar, and M. Salari, "A bi-objective model for integrated scheduling of production and distribution in a supply chain with order release date restrictions," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 40, pp. 105–118, 2016.
- [6] Barakos, G; Gutzmer, J; Mischo, H (2016). "Strategic evaluations and mining process optimization towards a strong global REE supply chain". *Journal of Sustainable Mining*. 15 (1): 26–35.
- [7] Nguyen, Truong, Zhou, Li, Spiegler, Virginia, Ieromonachou, Petros and Lin, Yong (2017) Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review. *Computers & Operations Research*.
- [8] Chang Liu, Jianming Yao, "Dynamic supply chain integration optimization in service mass customization," *Computers & Industrial Engineering*, Volume 120, June 2018, Pages 42-52.
- [9] K. Karabulut, "A hybrid iterated greedy algorithm for total tardiness minimization in permutation flowshops," *Computers & Industrial Engineering*, Volume 98, August 2016, Pages 300-307.
- [10] Tasgetiren, MF, Kizilay, D, Pan, QK. Iterated greedy algorithms for the blocking flowshop scheduling problem with makespan criterion. *Comput Oper Res* 2017; 77: 111–126.