



Paper Type: Original Article



Newsboy Problem with Outsourcing, Limited Capacity and Resalable Return

Arezou, Khazaei¹, Parvaneh, Samouei^{2*} 

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; arezou.kze@gmail.com;

² Assistant professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; p.samouei@basu.ac.ir

Citation:



Khazaei, A., & Samouei, P. (2021). Newsboy Problem with Outsourcing, Limited Capacity and Resalable Return. *Journal of decisions and operations research*, Volume (Issue), PP.

Received: 06/01/2021

Reviewed: 12/03/2021

Revised: 09/04/2021

Accept: 01/05/2021

Abstract

Purpose: The newsboy problem is one of the most widely used and important models in the field of inventory control. In fact, there are many industries whose products fall into the category of newsboy problem, Such as seasonal goods, food products. But in practice there are more restrictions than the assumptions of the newsboy problem. In this article has tried, in order to make the problem more in line with the real world some limitations during production, such as outsourcing mode, capacity limit and returned goods, have been added to the problem.

Methodology: This research is based on library studies and the development of mathematical modeling.

Findings: In the newsboy problem, there are important parameters such as outsourcing, capacity constraints and product referral which in this study, the effect of each of these parameters on profitability has been evaluated.

Originality/Value: Development of the newsboy problem in terms of outsourcing and returned Products and capacity constraints.

Keywords: Capacity constraints, Newsboy problem, Outsourcing, Returned products

Corresponding Author: p.samouei@basu.ac.ir

 <http://dx.doi.org/10.22105/dmor.2021.266283.1298>



Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



مسئله پسرک روزنامه‌فروش در حالت برون‌سپاری، محدودیت ظرفیت و کالای مرجوعی

آرزو خزائی^۱، پروانه سموئی^۲

^۱دپارتمان مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
^۲استادیار، دپارتمان مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

چکیده

هدف: مسئله پسرک روزنامه‌فروش یکی از مدل‌های پرکاربرد و مهم در حوزه کنترل موجودی است. در واقعیت صنایع زیادی وجود دارد که محصولات آنها در زمره مسئله پسرک روزنامه‌فروش قرار می‌گیرد مانند کالاهای فصلی، محصولات غذایی؛ اما در عمل محدودیت‌های بیشتری نسبت به مفروضات مسئله پسرک روزنامه‌فروش وجود دارد. در این نوشته سعی شده‌است، جهت انطباق بیشتر مسئله با دنیای واقعی برخی از محدودیت‌های هنگام تولید از جمله حالت برون‌سپاری، محدودیت ظرفیت و کالای مرجوعی به مسئله اضافه شوند.

روش‌شناسی پژوهش: این پژوهش براساس مطالعات کتابخانه‌ای و توسعه مدل‌سازی ریاضی صورت گرفته است.

یافته‌ها: در مسئله پسرک روزنامه‌فروش پارامترهای مهمی نظیر برون‌سپاری، محدودیت ظرفیت و ارجاع کالا وجود دارد، که در این پژوهش تاثیر هر یک از این پارامترها بر میزان سودآوری مورد ارزیابی قرار گرفته است.

اصالت/ارزش افزوده علمی: توسعه مسئله پسرک روزنامه‌فروش در شرایط برون‌سپاری و ارجاع کالا و محدودیت ظرفیت.

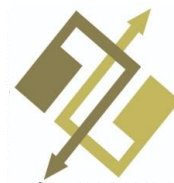
کلیدواژه‌ها: برون‌سپاری، کالای مرجوعی، مسئله پسرک روزنامه‌فروش، محدودیت ظرفیت.

۱- مقدمه

مسئله پسرک روزنامه‌فروش جزء مدل‌های احتمالی کنترل موجودی است که در آن کالا یک دوره مصرف معینی دارد و از آنجاکه بازه زمانی تحویل کالا طولانی است، خریدار بایستی مصرف دوره‌های آتی را به‌یک‌باره سفارش دهد. با توجه به اینکه تقاضا در طول دوره تصادفی است، اگر خریدار بیش از نیاز دوره سفارش دهد با مازاد تقاضا و هزینه‌های نگهداری و کاهش ارزش کالا و بالعکس اگر کمتر از تقاضای دریافتی در طول دوره سفارش دهد با هزینه‌های کمبود و سود فروش از دست‌رفته مواجه می‌شود؛ بنابراین مدل پسرک روزنامه‌فروش سعی دارد مقدار سفارش بهینه به نحوی تعیین شود که مجموع هزینه‌های سیستم موجودی حداقل گردد و خریدار بیشترین سودآوری را کسب نماید (حاج شیر محمدی^۱، ۲۰۱۰). کالاهایی از قبیل روزنامه، کالاهای فصلی، کالاهای فاسدشدنی کالاهای مد و... در زمره مسئله پسرک روزنامه‌فروش قرار می‌گیرند.

^۱ Haj Shirmohammadi





در دنیای واقعی نیز کسب‌وکارهای زیادی وجود دارد که تولید و عرضه کالا برای آن‌ها تنها در یک دوره محدود امکان‌پذیر است و از همان ابتدای دوره باید به یک‌باره، میزان تولید یا سفارش خود را معین کنند. مسئله پسرک روزنامه‌فروش از جمله مدل‌های مهم کنترل موجودی است که عمدتاً برای چنین کالاهایی کاربرد دارد؛ اما به علت ایستا بودن مدل‌های کنترل موجودی و پویایی دنیای واقعی، کاربرد مستقیم آن‌ها در بازار کار زیر سؤال می‌رود. در هر صنعتی احتمال کمبود ظرفیت در تأمین تقاضاها وجود دارد و مواجهه با کمبود علاوه بر فروش از دست‌رفته، دو شاخص رضایت مشتری و اعتبار شرکت را نیز به خطر می‌اندازد. صنایع ذکرشده نیز از این وضعیت مستثنا نیستند؛ بنابراین در حل این معضل می‌توان از برون‌سپاری به شیوه مناسب استفاده کرد (لی و همکاران^۱، ۲۰۱۸). همچنین گاهی اوقات در نزد خرده‌فروشان مقادیر زیادی از کالای فروخته نشده در پایان فصل فروش نگه‌داشته می‌شود. این مقدار بالقوه از کالای فروخته نشده قطعاً به خرده‌فروشان آسیب می‌رساند و سود آن‌ها را کاهش می‌دهد؛ بنابراین برای کمک به خرده‌فروشان و تداوم تجارت، یک سیاست بازگشتی در ابتدای معامله بین خرده‌فروش (مشتری) و تأمین‌کننده منعقد می‌شود که به موجب آن کالاهای فروخته نشده به‌طور کامل یا جزئی بازپرداخت شوند (شن و لی^۲، ۲۰۱۵). خوچا^۳ (۱۹۹۵) مسئله پسرک روزنامه‌فروش را به حالت تخفیف چندتایی که سود بیشتری از حالت تک تخفیفی دارد، توسعه داد. چن و چن^۴ (۲۰۰۹) مدل را به حالت ترتیب رزرو تعمیم دادند به طوری که مشتریانی که رزرو انجام می‌دهند از تخفیف برخوردارند. چن و چن (۲۰۱۰) به همین مدل ترتیب رزرو، حالت محدودیت بودجه را نیز اضافه کردند و با الگوریتم MCR مقدار بهینه سفارش و تخفیف معین می‌شد. لاو و لاو^۵ (۱۹۹۶) مسئله پسرک روزنامه‌فروش چند محصولی را در دو حالت محدودیت ظرفیت منابع و محدودیت منابع چندتایی بررسی کردند. در تحقیق پیش‌رو نیز محدودیت ظرفیت در میزان تولید داخلی و خارجی که به دلایل متعددی همچون کمبود نیروی انسانی، ماشین‌آلات و... می‌تواند رخ دهد، بررسی شده است. وایراکتاریس^۶ (۲۰۰۰) مسئله چند محصولی پسرک روزنامه‌فروش را به حالت محدودیت بودجه تعمیم داد که در آن تقاضاها احتمالی بودند؛ اما برای تقاضا توزیع خاصی در نظر گرفته نشده و از دو سناریو تقاضای بازه‌ای و گسسته استفاده کردند. در این پژوهش مسئله پسرک روزنامه‌فروش به صورت تک‌محصولی که دارای تقاضا تصادفی گسسته است، فرض شده و محدودیت بودجه نیز وجود ندارد. عبدالملک و همکاران^۷ (۲۰۰۴) نیز همین مسئله چند محصولی را به حالت محدودیت بودجه توسعه دادند. برای حالتی که تابع چگالی تقاضا یکنواخت بود، فرمول‌های حل دقیق و برای زمانی که تابع تقاضا پیوسته بود، حل بهینه یا نزدیک به بهینه را ایجاد می‌کرد. ژانگ و همکاران^۸ (۲۰۰۹) مسئله پسرک روزنامه‌فروش را در حالت محدودیت ظرفیت بررسی کردند و برای حل از یک الگوریتم که ماهیت بابری داشت، استفاده کردند. این الگوریتم برای هر دو نوع تقاضای گسسته و پیوسته احتمالی کاربرد دارد. در مدل ما نیز محدودیت ظرفیت در تولید داخلی و برون‌سپاری وجود دارد؛ اما روش حل آن به شکل یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی است که تنها برای توزیع تقاضای گسسته کاربرد دارد. ژانگ و دو^۹ (۲۰۱۰) مسئله پسرک روزنامه‌فروش را در حالت چند محصولی با محدودیت ظرفیت و برون‌سپاری بررسی کردند که در آن برای مقابله با کمبود احتمالی از برون‌سپاری با زمان تدارک صفر و غیر صفر استفاده شده است؛ همچنین تقاضاها پیوسته احتمالی بودند. سای و همکاران^{۱۰} (۲۰۱۳) مطالعه ژانگ و دو را به حالت محدودیت منابع و بودجه تعمیم دادند و در آن با توجه به میزان ظرفیت تولیدی از برون‌سپاری برای مقابله با کمبود احتمالی ظرفیت استفاده کردند. وی و همکاران^{۱۱} (۲۰۱۱) یک مدل کنترل موجودی برای فرآیندهای مرجوعی ارائه کردند که در آن تقاضا و ارجاع کالا به صورت متغیرهای احتمالی و کران‌دار می‌باشند. مسترد و همکاران^{۱۲} (۲۰۰۵) مسئله پسرک روزنامه‌فروش را در حالتی بررسی کردند که شکل توزیع تقاضا مشخص نیست و برای حل مسئله تنها از میانگین و واریانس تقاضاها استفاده شده و ارجاعات قابل فروش مجدد هستند و محصولات خریداری شده با بازپرداخت کامل به مشتری بازگردانده می‌شدند. آدیکاری و همکاران^{۱۳} (۲۰۱۸) در شرایطی که هم تقاضا و هم میانگین تقاضاها متغیرهای تصادفی هستند، مدلی را ارائه کردند که نتایج آن به تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند تا پیش‌بینی تقاضاها را به گونه‌ای انجام دهند که سود مورد انتظار حداکثر شود. مشود و همکاران^{۱۴} (۲۰۲۰) به موضوع تخریب محصولات در قالب یک مدل پسرک روزنامه‌فروش مبتنی بر سیستم تحویل به موقع (JIT) چندگانه می‌پردازند. همچنین در مدلشان، سیاست ارجاع کالا و ضمانت پس از فروش را برای جلب

¹ Li et al

² Shen and Li

³ Khouja

⁴ Chen and chen

⁵ Lau and Lau

⁶ Vairaktarakis

⁷ Abdel-Malek et al

⁸ Zhang et al

⁹ Zhang and Du

¹⁰ Sai et al

¹¹ Wei et al

¹² Mostard et al

¹³ Adhikary et al

¹⁴ Mashud et al



نظر مشتری اتخاذ کردند و با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی کلاسیک، میزان بهینه تولید، قیمت عمده‌فروشی و... را به دست آورده‌اند. اوتا و همکاران^۱ (۲۰۲۱) مسئله پسرک روزنامه‌فروش چندمحصولی را در حالت محدودی بودجه با تقاضای نرمال لگاریتمی که میانگین و واریانس توزیع برای هر تقاضا متفاوت بود را مورد بررسی قرار دادند. آدیکاری و همکاران (۲۰۲۰) مدل کلاسیک پسرک روزنامه‌فروش را در حالت تقاضای فازی مورد بررسی قرار داده‌اند و برای رسیدن به مقدار سفارش بهینه و حداکثر سود، از یک روش جدید مبتنی بر برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی استفاده کرده‌اند. کرباسی بناب و همکاران^۲ (۲۰۱۷) یک مدل دو هدفه مدیریت موجودی با تقاضای فازی برای یک مسئله زنجیره تأمین با فروشندگان متعدد ارائه کردند که در آن اهداف مدل کمینه کردن کل هزینه موجودی و بهینه‌سازی فضای انبار است.

با توجه به مطالب بیان‌شده و اهمیت آن‌ها در یک فرآیند تولید موفق، در این پژوهش برخی از شرایط دنیای واقعی نظیر استفاده از برون‌سپاری محصولات، محدودیت ظرفیت در تولید داخلی و خارجی و ارجاع کالای فروخته‌شده از سوی مشتری، به مدل پسرک روزنامه‌فروش اضافه‌شده تا متوجه شویم هر یک از این موارد به چه شکلی در تابع سود تأثیرگذارند و برای رسیدن به بیشترین سوددهی لازم است که پارامترهای مربوط به هر استراتژی را در چه مقداری تنظیم کنیم. در سایر تحقیقات انجام‌شده نیز مدلی یافته نشده است که مسئله پسرک روزنامه‌فروش با تقاضای احتمالی گسسته را در حالت محدودیت ظرفیت در تولید داخلی، برون‌سپاری محدود و کالاهای مرجوعی را به شکل هم‌زمان مورد بررسی قرار دهند.

۲- ساختار مقاله

مسئله پسرک روزنامه‌فروش تک‌محصولی را در نظر بگیرید که در لحظه t_0 تولیدکننده پیش‌بینی تقاضاها را دریافت و با توجه به آن مقدار تولید داخلی (y_i) را تعیین می‌کند. در صورتی که میزان تقاضا از حداکثر ظرفیت تولید داخلی (y_i) بیشتر باشد، تولیدکننده می‌تواند برای پاسخگویی به تقاضا از گزینه برون‌سپاری با در نظر گرفتن سقف مجاز آن (z_0) استفاده کند و مقدار برون‌سپاری (z_i) را برای محصول مورد نظر تعیین کند. سپس محصول تحویل داده‌شده به مشتری با احتمال α بازگردانده می‌شود. از این مقدار، k درصد آن قابل فروش مجدد است و درصد $(1-k)$ از آن دچار ارزش اسقاطی می‌گردد. این چرخه ارجاع و فروش مجدد به‌طور مکرر ادامه دارد تا زمانی که محصول بازگردانده نشود یا قابل فروش مجدد نباشد (ژانگ و دو، ۲۰۱۰) و (مسترد و همکاران، ۲۰۰۵). هدف کلی نیز تصمیم‌گیری درباره مقادیر بهینه برون‌سپاری و تولید داخلی است؛ به‌گونه‌ای که امید ریاضی تابع سود حداکثر گردد. در جهت رسیدن به این هدف به ازای مقادیر مختلف تقاضای احتمالی در طی دوره، مقادیر نظیر آن، حجم تولید در نظر گرفته می‌شود. سپس با استفاده از مدل نوشته‌شده، مقدار سود به ازای هر مقدار تولید محاسبه و در نهایت میزان تولیدی که بیشترین سود را برای ما ایجاد کند، به‌عنوان مقدار بهینه انتخاب می‌شود.

مقالات ژانگ و دو (۲۰۱۰) و مسترد و همکاران^۳ (۲۰۰۵) مقالات پایه تحقیق حاضر می‌باشند. در مسترد و همکاران^۴ (۲۰۰۵)، مسئله پسرک روزنامه‌فروش در حالت چند محصولی با محدودیت ظرفیت و برون‌سپاری مورد مطالعه قرار گرفته است و برای مقابله با کمبود احتمالی از برون‌سپاری با زمان تدارک صفر و غیرصفر استفاده کرده‌اند که در استفاده از میزان برون‌سپاری، محدودیتی در منابع تأمین‌کننده وجود نداشت؛ همچنین تقاضاها پیوسته احتمالی بودند. در مدل ما نیز برای مقابله با کمبود ظرفیت، از استراتژی برون‌سپاری محدود با زمان تدارک غیر صفر تحت شرایط ارجاع کالا استفاده‌شده است؛ اما تقاضا حالت گسسته دارد. در ژانگ و دو (۲۰۱۰)، مسئله پسرک روزنامه‌فروش در حالتی بررسی شده است که توزیع تقاضا مشخص نیست و برای حل مسئله تنها از میانگین و واریانس تقاضاها استفاده‌شده است و ارجاعات قابل فروش مجدد هستند. محصولات خریداری‌شده نیز با بازپرداخت کامل به مشتری بازگردانده می‌شدند که در مدل ما نیز تمامی این فرضیات تحت شرایط برون‌سپاری با فرض گسسته بودن تقاضای تصادفی برقرار است.

¹Ota et al

²Karbasi Bonab et al

³Mostard et al

⁴Mostard et al



فروشنده برای محصول مرجوعی هزینه جمع‌آوری b را متحمل شده و هیچ هزینه برگشتی بر عهده مشتری نیست؛ در صورتی که کالاها در طی فصل فروش بازگردانده شوند و محصول آسیبی ندیده باشد، قابل فروش مجدد است. همچنین فرض شده، فروش مرجوعی‌ها نسبت به محصولات تازه تولید در اولویت است. هزینه نگهداری فیزیکی برای محصولات نیز ناچیز انگاشته شده است. در پاسخگویی به مازاد تقاضا از استراتژی برون‌سپاری بافاصله زمانی بین تحویل و سفارش غیر صفر استفاده می‌شود. کمبود، مجاز و به صورت ازدست‌رفته است. در صورت ارجاع کالا، بازپرداخت به صورت کامل انجام می‌شود (ژانگ و دو، ۲۰۱۰) و (مسترد و همکاران، ۲۰۰۵). تقاضا نیز گسسته با تابع احتمال معین فرض شده است.

۲-۲- معرفی شاخص‌ها، پارامترها و متغیرها

۲-۲-۱- شاخص‌ها

تقاضا: $i=1, \dots, n$

میزان تولید: $j=1, \dots, n$

۲-۲-۲- پارامتر

D_i : مقدار تقاضای تصادفی i ام در طول دوره

p_i : تابع احتمال تقاضای تصادفی i ام در طول دوره

s : قیمت فروش یک واحد کالا

c : هزینه تولید داخلی هر واحد کالا

v : ارزش اسقاطی هر واحد کالا

b : هزینه جمع‌آوری محصول مرجوعی هر واحد کالا

g : هزینه کمبود هر واحد کالا

g_r : هزینه کمبود به ازای ارجاع‌های متعدد کالا در طول دوره

p_G : واحد درآمد مورد انتظار برای یک بار ارجاع کالا

p_r : واحد درآمد مورد انتظار برای ارجاع‌های متعدد کالا $p_r > c$

w_0 : هزینه برون‌سپاری هر واحد کالا

y_0 : حداکثر ظرفیت تولید داخلی

z_0 : حداکثر ظرفیت برون‌سپاری

r : احتمال بازگشت کالای فروخته‌شده، $0 \leq r \leq 1$

k : احتمال فروش مجدد کالای مرجوعی، $0 \leq k \leq 1$

Q_j : مقدار کل تولید به ازای سناریو j ام

۲-۲-۳- متغیر

y_j : تعداد محصول تولید داخلی به ازای سناریو j ام

z_j : تعداد کالای برون‌سپاری شده به ازای سناریو j ام

EX : تابع سود مورد انتظار

طبق ژانگ و دو (۲۰۱۰) درآمد مورد انتظار برای یک بار ارجاع کالا در مدت‌زمان دوره برابر عبارت p_G است:

$$p_G = (1-r)s - rb + r(1-k)v, \quad (1)$$



فروشنده هر محصولی که ارجاع داده نشده است را باقیمت S به فروش می‌رساند. اگر درصد ارجاع برابر r باشد، به ازای هر واحد کالا، درآمد مورد انتظار برابر $(1-r)S$ است. برای هر محصولی که توسط مشتری بازگردانده می‌شود، تولیدکننده هزینه جمع‌آوری b را پرداخت می‌کند؛ بنابراین هزینه مورد انتظار برای هر واحد rb است. از درصد کالای بازگشتی، $(1-k)$ درصد قابل فروش مجدد نیست و دچار اسقاطی می‌شود که واحد درآمد مورد انتظار برای آن برابر $r(1-k)v$ است. طبق ژانگ و دو (۲۰۱۰) درآمد مورد انتظار برای ارجاع‌های متعدد کالا در طول دوره، تشکیل یک تصاعد هندسی می‌دهد و به صورت زیر است:

$$p_r = p_G(1 + rk + (rk)^2 + \dots) = \frac{p_G}{1-rk} \quad (2)$$

به طور مشابه هزینه کمبود به ازای ارجاع‌های متعدد کالا طبق ژانگ و دو (۲۰۱۰) برابر g_r است:

$$g_r = \frac{g}{1-rk} \quad (3)$$

- میزان درآمد حاصل از فروش محصول

$$\sum_{i=1}^n p_r \min(D_i, Q_i) p_i \quad (4)$$

- میزان درآمد حاصل از اسقاط کالاها

$$\sum_{i=1}^n (Q_j - \min(D_i, Q_j)) p_i v \quad (5)$$

- میزان هزینه کمبود

$$\sum_{i=1}^n (D_i - \min(D_i, Q_j)) p_i g_r \quad (6)$$

- هزینه تولید داخلی کالا

اگر مقدار تولید داخلی به ازای هر j به میزان y_j باشد و تولید هر واحد هزینه‌ای به اندازه c ایجاد کند، آنگاه کل هزینه تولید داخلی به میزان cy_j برآورد می‌شود.

- هزینه برون‌سپاری

چنانچه میزان برون‌سپاری کالاها به ازای هر j به اندازه z_j تعیین شود و هزینه هر واحد برون‌سپاری w_0 باشد، آنگاه کل هزینه برون‌سپاری برابر $w_0 z_j$ است.

- محدودیت مربوط به سقف مجاز برون‌سپاری

$$z_j \leq z_0, j = 1, \dots, n, \quad (7)$$

- محدودیت مربوط به سقف مجاز تولید داخلی

$$y_j \leq y_0, j = 1, \dots, n, \quad (8)$$

- محدودیت مربوط به مجموع تعداد کالاهای تولید داخلی و تعداد کالاهای برون‌سپاری شده که باید برابر حجم محصولی باشد که کارخانه تصمیم گرفته در پاسخگویی به تقاضاها در طول دوره عرضه کند.

$$y_j + z_j = Q_j, j = 1, \dots, n, \quad (9)$$

۲-۳- صورت کلی مدل

$$EX = \sum_{i=1}^n p_r \min(D_i, Q_i) p_i + \sum_{i=1}^n (Q_j - \min(D_i, Q_j)) p_i v - \sum_{i=1}^n (D_i - \min(D_i, Q_j)) p_i g_r - cy_j - w_0 z_j \quad (10)$$

S.to:

$$z_j \leq z_0, j = 1, \dots, n, \quad (11)$$



$$y_j \leq y_0, j = 1, \dots, n, \quad (12)$$

$$y_j + z_j = Q_j, j = 1, \dots, n, \quad (13)$$

$$y_j \geq 0, j = 1, \dots, n, \quad (14)$$

$$z_j \geq 0, j = 1, \dots, n, \quad (15)$$

مدل از نوع برنامه‌ریزی غیرخطی (NLP) است که وجود عبارت $\min(D_i, Q_j)$ در تابع هدف موجب غیرخطی سازی مدل شده است. برای حل مسئله، ابتدا باید مدل خطی شود که برای رفع این مشکل $\min(D_i, Q_j)$ برابر متغیری مانند W_i فرض شده سپس دو محدودیت به شرح زیر به محدودیت‌های موجود اضافه شده است:

$$y_j \geq 0, j = 1, \dots, n, \quad (16)$$

$$W_i \leq Q_j. \quad (17)$$

به همین ترتیب مدل به یک مدل برنامه‌ریزی خطی تبدیل شده و سپس توسط نرم‌افزار گمز حل شده است.

۳- یافته‌های پژوهش

در هر مسئله‌ای که یک تابع هدف با تعدادی محدودیت از جنس منابع، زمان و... وجود داشته باشد، باید از مدل‌سازی ریاضی استفاده کرد؛ یعنی مسئله موردنظر را در غالب تعدادی متغیر و علائم ریاضی نشان داد؛ که در اغلب موارد حل چنین مسائلی به صورت دستی سخت و شاید غیرممکن باشد. در چنین حالتی باید از نرم‌افزارهای بهینه‌سازی استفاده کرد؛ که نرم‌افزار گمز یک برنامه قدرتمند در حل مدل‌های مختلف ریاضی (برنامه‌ریزی خطی، غیرخطی و...) حتی در ابعاد بزرگ است. در این بخش نیز با استفاده از همین نرم‌افزار، نتایج مربوط به حل ده مثال با ابعاد مختلف، به همراه تحلیل هر یک ارائه می‌شود.

جدول ۱- نتایج حاصل از حل هر مثال.

Table 1- results of solving each example.

مثال	مقدار بهینه	r	z_j	y_j
1	3691	0.19	0	200
2	2054	0.035	0	80
3	32743	0.75	35	265
4	53724	0.01	800	1500
5	1472	0.05	23	117
6	65381	0.8	413	2147
7	1598	0.5	0	50
8	4237	0.43	0	140
9	27235	0.18	0	894
10	9146	0.62	70	600

تجزیه و تحلیل نتایج مربوط به هر مثال به شرح زیر است:

مثال ۱. بهترین مقدار تولید داخلی و برون‌سپاری به ترتیب ۲۰۰ و صفر خواهد بود. در این حالت بهتر است که از برون‌سپاری استفاده نشود و در طول دوره تقاضاهای بیشتر از ۲۰۰ واحد تأمین نشوند.

مثال ۲. بهترین مقدار تولید داخلی و برون‌سپاری به ترتیب ۸۰ و صفر خواهد بود. به ازای $z=4$ به دلیل محدودیت ظرفیت در تولید، مدل نشدنی شده است.

مثال ۳. بهترین حالت این است که میزان کل تولید ۳۰۰ واحد باشد که از این میزان ۲۶۵ واحد آن با تولید داخلی و ۳۵ واحد باقی مانده با برون‌سپاری تأمین شود.

مثال ۴. بیشترین مقدار سود در صورتی حاصل می‌شود که تنها ۲۳۰۰ واحد از تقاضاها تأمین گردد و از این میزان ۱۵۰۰ واحد آن سهم تولید داخلی باشد. در این حالت بهتر است که از استراتژی برون‌سپاری به تعداد ۸۰۰ واحد استفاده شود و تقاضای بیشتر از این حد در طی دوره با کمبود مواجه شود.

مثال ۵. با توجه به جدول نتایج حل، بیشترین مقدار سود ۱۴۷۲ واحد است که به ازای آن مقادیر بهینه تولید داخلی و برون‌سپاری به ترتیب ۱۱۷ و ۲۳ است.

مثال ۶. بهترین ترکیب تولید مربوط به $z=6$ است.

مثال ۷. به ازای مقادیر تولید ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ و ۸۰ چون درآمد نمی‌تواند هزینه‌ها را جبران کند؛ از این رو مقدار سوددهی منفی (زیان) است. از بین مقادیر مثبت نیز ترکیب بهینه تولید داخلی و برون‌سپاری به ترتیب ۵۰ و صفر خواهد بود؛ بنابراین بهتر است میزان کل تولید در طول دوره فقط ۵۰ واحد باشد و اگر تقاضا از این حد بیشتر بود اجازه دهیم که با کمبود مواجه شود.

مثال ۸. با توجه به نتایج حل مثال، بیشترین مقدار سود به ازای $z=7$ حاصل می‌شود.

مثال ۹. از بین مقادیر منفی و مثبت تابع سود بهترین ترکیب مربوط به $z=5$ است. همچنین نشان می‌دهد که تحت چنین شرایطی استفاده از برون‌سپاری توصیه نمی‌شود.

مثال ۱۰. بهترین انتخاب برای تولید داخلی و برون‌سپاری به ترتیب ۶۰۰ و ۷۰ واحد است.

در قسمت ضمایم، در جدول‌های شماره ۲ و ۳ پارامترها و مقادیرشان برای هر مثال ارائه شده است. مقادیر هر پارامتر نیز به صورت تصادفی از داخل یک بازه انتخابی، توسط نرم‌افزار اکسل به دست آمده است؛ البته همان‌طور که مشهود است بین برخی از پارامترهای مدل ارتباط خاصی وجود دارد که انتخاب بازه و عدد تصادفی در چارچوب این ارتباطات بوده است. برای تشریح بیشتر روابط بین پارامترها داریم:

- پارامتر قیمت فروش (s) بزرگ‌تر از هزینه تولید داخلی (c) است.

- پارامتر هزینه برون‌سپاری (w_0) از هزینه تولید داخلی (c) بزرگ‌تر، اما از قیمت فروش (s) کوچک‌تر است.

- پارامتر ارزش اسقاطی (v) کوچک‌تر از قیمت فروش (s) است.

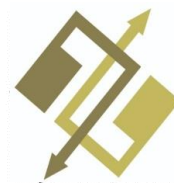
- در شرایط اقتصاد نرمال، پارامتر ارزش اسقاطی (v) از هزینه تولید داخلی (c)، کوچک‌تر است.

- مجموع احتمالات تقاضا در طی یک دوره نیز باید برابر یک شود.

- پارامتر احتمال بازگشت کالای فروخته شده (r) و احتمال فروش مجدد کالای مرجوعی (k)، چون از جنس احتمال هستند، بایستی بین صفر و یک باشند.

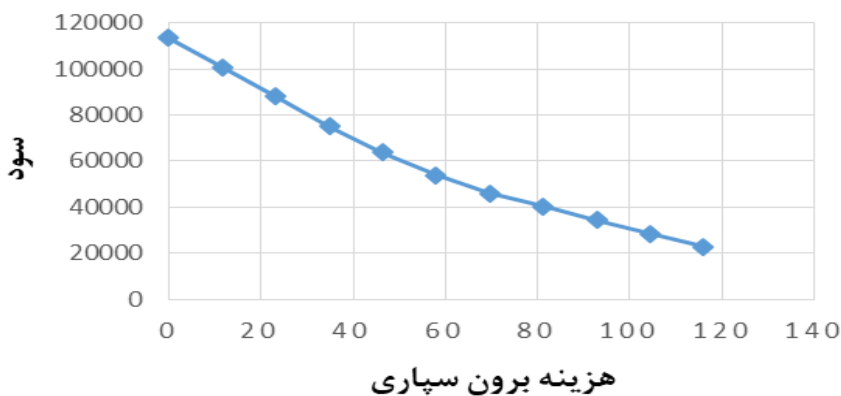


در این قسمت از اطلاعات مربوط به مثال چهارم موجود در جدول ۱ و ۲ استفاده کرده‌ایم تا با استفاده از آن نتایج حاصل از تحلیل را برای هر پارامتر به صورت نموداری نشان دهیم.



۱-۱-۳- تأثیر تغییرات پارامتر هزینه برون سپاری (w_0) بر تابع سود

کاهش در این پارامتر موجب کاهش هزینه برون سپاری می‌گردد و بالعکس. جملات هزینه‌ای نیز با تابع سود رابطه عکس دارند و کاهش در آن باعث افزایش سود می‌شود؛ بنابراین روند مورد مشاهده برای سود در نمودار زیر مورد انتظار است.

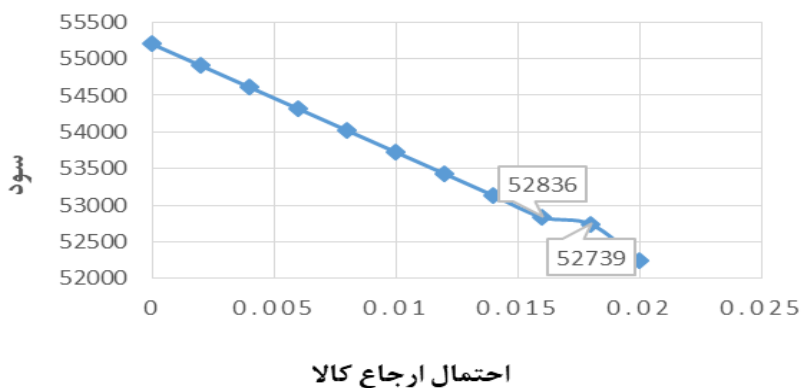


نمودار ۱- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر هزینه برون سپاری.

Figure 1- Changes in the objective function relative to the outsourcing cost parameter.

۲-۱-۳- تأثیر پارامتر احتمال ارجاع کالای فروخته شده (r) بر تابع سود

طبق رابطه (۱)، اگر میزان r افزایش یابد، تعداد کالاهایی که دچار اسقاط می‌شوند، بیشتر می‌گردد؛ در نتیجه میزان درآمد حاصل از تولید محصولات کاهش می‌یابد. از طرفی به ازای هر واحد محصولی که توسط مشتری ارجاع داده می‌شود، باید هزینه جمع‌آوری به اندازه b پرداخت گردد که هرچه درصد ارجاع کالا بیشتر باشد میزان هزینه جمع‌آوری نیز بیشتر می‌شود. طبق رابطه (۳) نیز هر چه درصد کالاهای مرجوعی بیشتر شود، هزینه کمبود به ازای ارجاع‌های متعدد کالا در طول دوره (g_r) افزایش می‌یابد؛ در نتیجه با افزایش g_r ، هزینه کمبود زیاد می‌شود و به موجب تمامی این جملات تابع سود کاهش می‌یابد.

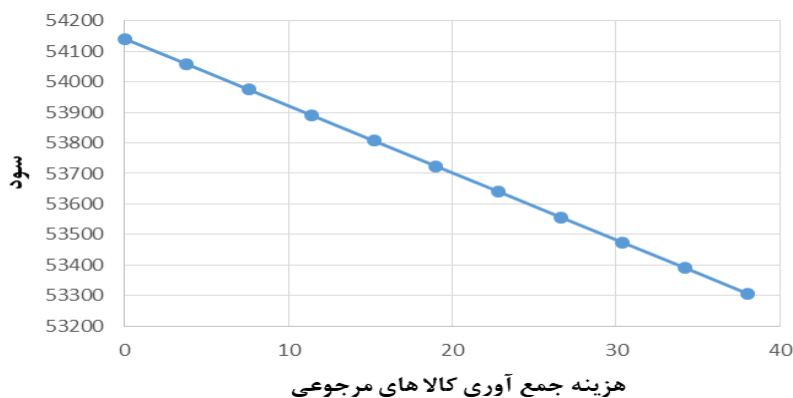


نمودار ۲- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر احتمال ارجاع کالا.

Figure 2- Changes in the objective function relative to the product referral probability parameter.

۳-۱-۳- تأثیر پارامتر هزینه جمع‌آوری کالاهای مرجوعی (b) بر تابع سود

طبق رابطه (۱)، پارامتر هزینه جمع‌آوری کالاهای مرجوعی بر واحد درآمد مورد انتظار برای یک‌بار ارجاع کالا یعنی p_G تأثیر می‌گذارد. به صورتی که با افزایش b مقدار p_G کاهش می‌یابد. با توجه به رابطه (۲)، p_G با واحد درآمد مورد انتظار به ازای ارجاع‌های متعدد کالا در طول دوره (p_r) رابطه مستقیم دارد و با کاهش p_G میزان p_r نیز کم می‌شود؛ در نتیجه میزان درآمد حاصل از فروش محصولات کاهش یافته و به دنبال آن میزان سود نیز کم می‌شود. با این توصیف روند کاهش سود در نمودار زیر معنادار است.

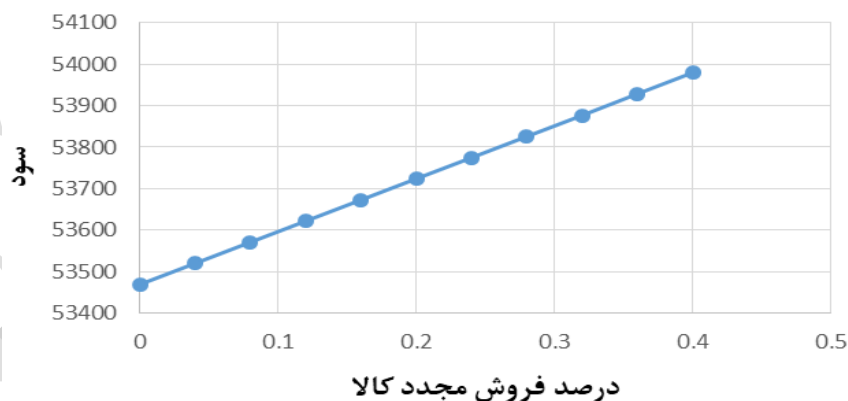


نمودار ۳- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر هزینه جمع‌آوری کالای مرجوعی.

Figure 3- Changes in the objective function relative to the cost of collecting the returned products.

۳-۱-۴- تأثیر تغییرات درصد فروش مجدد کالا (k) بر تابع سود

هر چقدر درصد فروش مجدد کالا افزایش یابد، تعداد کالای بیشتری باقیمت اصلی (s) به فروش می‌رسد و میزان درآمد ناشی از فروش و تابع سود افزایش می‌یابند. مطابق نمودار زیر نیز با افزایش درصد فروش مجدد کالا، تابع سود روندی روبه رشد پیدا می‌کند.

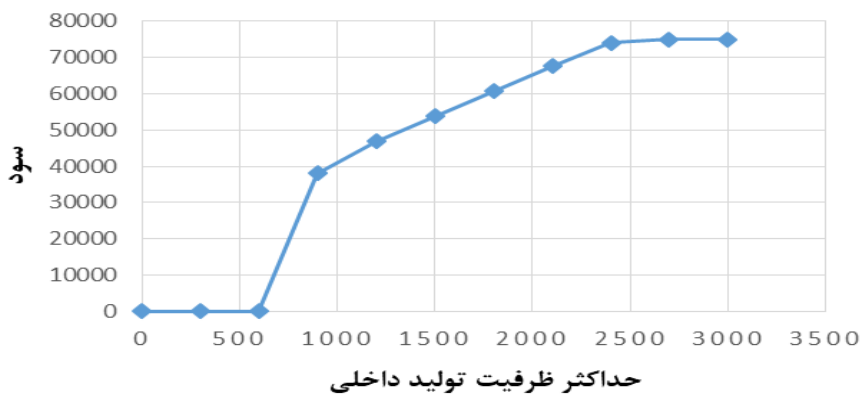


نمودار ۴- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر درصد فروش مجدد کالا.

Figure 4- Changes in the objective function relative to the resale percentage parameter.

۳-۱-۵- تأثیر تغییرات حداکثر ظرفیت تولید داخلی (γ_0) بر تابع سود

در پاسخگویی به تقاضاها می‌توان از دو منبع تولید داخلی و برون‌سپاری استفاده کرد که واحد هزینه تولید داخلی نسبت به برون‌سپاری کمتر است. هر چه میزان ظرفیت تولید داخلی افزایش یابد، نیاز ما به استفاده از منابع برون‌سپاری کمتر می‌شود، کالاها با هزینه پایین‌تری تولید می‌شوند و در نهایت نیز سود بیشتری ایجاد می‌گردد. در این نمودار به ازای دو مقدار پایانی، میزان سود یکسانی حاصل شده؛ زیرا در این مثال حداکثر میزان تقاضا ۲۵۷۰ واحد است و هر یک از مقادیر مربوط به این دونقطه، می‌توانند این حد از تقاضا را برآورده کنند؛ بنابراین افزایش ظرفیت در تولید داخلی نیز تا حدی نیاز است که موجب افزایش تابع سود شود. همچنین مقادیر مربوط به سه نقطه ابتدایی نمودار، حداقل تقاضا که ۲۰۰۰ واحد است را هم برآورده نمی‌کنند، بنابراین میزان سود حاصل شده نیز صفر است.

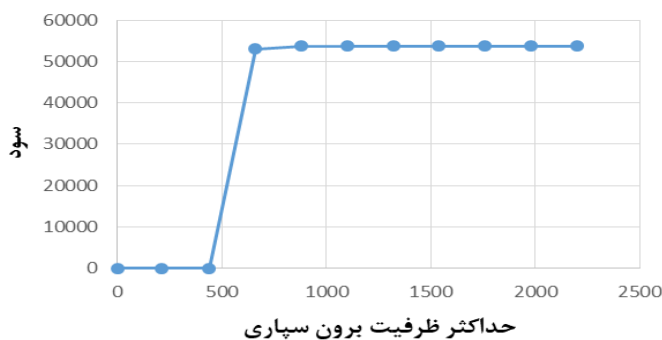


نمودار ۵- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر حداکثر ظرفیت تولید داخلی.

Figure 5- Changes in the objective function relative to the maximum internal production capacity parameter.

۳-۱-۶- تأثیر تغییرات حداکثر ظرفیت برون سپاری (z_0) بر تابع سود

با استفاده از ظرفیت ثابت تولید داخلی که ۱۵۰۰ واحد است و هر یک از سه مقدار اولیه نمودار، حداقل تقاضا (۲۰۰۰) نیز برآورده نمی‌شود و هیچ سودی هم به دست نمی‌آید؛ اما با افزایش ظرفیت برون سپاری توان تأمین تقاضاها افزایش می‌یابد و به تبعیت از آن، تابع سود نیز صعود می‌کند؛ اما میزان افزایش ظرفیت برون سپاری نیز تا حدی مؤثر است که از مقدار کل تقاضاهای دریافت شده بیشتر نباشد. به‌عنوان مثال به ازای هر یک از مقادیر مختلف حداکثر ظرفیت برون سپاری مربوط به ۷ نقطه انتهایی نمودار، چون تمامی تقاضاها تأمین می‌گردند، سودآوری یکسانی ایجاد شده است؛ بنابراین افزایش ظرفیت نیز باید تا جایی ادامه داشته باشد که تغییر فزاینده‌ای در تابع سود اعمال کند.



نمودار ۶- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر حداکثر ظرفیت برون سپاری.

Figure 6- Changes in the objective function relative to the maximum outsourcing capacity parameter.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

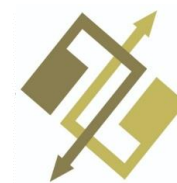
بر اساس یافته‌های فوق، با اعمال سیاست بازگشت کالا در مسئله پسرک روزنامه‌فروش، هر چه نرخ ارجاع محصول افزایش یابد، میزان سود شرکت کاهش می‌یابد؛ زیرا با افزایش درصد کالای مرجوعی هزینه جمع‌آوری، واحد هزینه کمبود به ازای ارجاع‌های متعدد کالا در طول دوره و تعداد کالای اسقاطی به سبب بازگشت، افزایش می‌یابد و در نهایت منجر به کاهش سود می‌شود؛ بنابراین شرکت‌ها یا باید این سیاست را تقبل نکنند که در این حالت احتمال ناراضی مشتری و کاهش تقاضا نیز وجود دارد و به طریقی دیگر بر کاهش سود تأثیر خواهد گذاشت، یا در صورت اجرا جهت تقلیل کمتر سود کالاها را باقیمت کامل بازپرداخت نمایند. زمانی که محصولات به سازمان بازگردانده می‌شوند درصدی از کالاها قابلیت فروش مجدد باقیمت واقعی را دارند؛ بنابراین هر چه نرخ فروش مجدد کالا بیشتر باشد، سود شرکت نیز به نسبت آن صعود می‌کند. سازمان‌ها برای استفاده موفقیت‌آمیز از این تاکتیک باید این پارامتر را تا حد ممکن بالا نگه‌دارند که یکی از روش‌های محقق کردن آن مورد هدف قرار دادن بازارهای فروش متناسب با کالاهای ارجاع داده‌شده است. استراتژی برون سپاری نیز تأثیر فزاینده‌ای بر تابع سود گذاشته است؛ زیرا در این حالت پتانسیل سازمان برای تأمین تقاضا افزایش یافته و سرانجام حجم بیشتری از کالاها

به فروش می‌رسند. اگرچه برون‌سپاری هزینه‌ای بیشتر از تولید داخلی دارد، اما در صورتی که قیمت فروش محصول از هزینه آن بیشتر باشد، بر سودآوری شرکت افزوده می‌شود. پارامترهای واحد قیمت فروش، ارزش اسقاطی و میزان ظرفیت تولید داخلی تأثیر مثبتی بر سودآوری داشتند؛ زیرا به موجب آن‌ها بر میزان درآمد سازمان افزوده می‌شود. ولی پارامترهای واحد هزینه کمبود، واحد هزینه برون‌سپاری، واحد هزینه تولید داخلی و واحد هزینه جمع‌آوری کالای مرجوعی چون ماهیت هزینه‌ای دارند، تأثیر منفی بر سودآوری خواهند گذاشت و موجب کاهش آن می‌شوند. در تحقیقات آتی، می‌توان این پژوهش را به حالت چند محصولی، اضافه کردن حالت تخفیف به مسئله، در نظر گرفتن محدودیت‌هایی نظیر فضای انبار و بودجه و در نظر گرفتن توزیع‌های دیگری نظیر نرمال توسعه داد.

منابع

- Abdel-Malek, L., Montanarib, R., & Morales, L.C. (2004). Exact, approximate, and generic iterative models for the multi-product Newsboy problem with budget constraint. *Int. J. Production Economics*, 91 (2), 189–198.
- Adhikary, K., Roy, J., & Kar, S. (2018). Newsboy problem with birandom demand. *Applications in Management and Engineering*, 2(1), 1-12.
- Adhikarya, K., Royb, J., & Kara, S. (2020). Fuzzy random Newsboy problem with chance distribution. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 39(5), 6857-6868.
- Chen, L. H., & Chen, Y.Ch. (2010). A multiple-item budget-constraint newsboy problem with a reservation policy. *Omega*, 38(6), 431–439.
- Chen, L.H., & Chen, Y.Ch. (2009). A newsboy problem with a simple reservation arrangement. *Computers & Industrial Engineering*, 1(56), 157-160.
- Haj Shirmohammadi, A. (2010). Principles of planning and control of production and inventories. *Isfahan: Arkan Danesh Publications*, fourth edition.
- Karbasi Bonab, V., Yousefi Nejad Attari, M., & Neyshabouri, A. (2017). Provide a dual-purpose inventory management model with fuzzy demand for multiple vendors. *Decision making and operations research*, 2(2), 14-168. (In Persian). DOI: 10.22105/dmor.2018.57316
- Khouja, M. (1995). The newsboy problem under progressive multiple discount. *European journal of operational research*, 84(2), 458-466.
- Lau, H. Sh., & Lau, A.H.L. (1996). The newsstand problem: A capacitated multiple-product single-period inventory problem. *European Journal of Operational Research*, 94(1), 29-42.
- Lee, G., Shin, G. Ch., Hwang, D. W., Kuper, P., & Kang, M. (2018). How manufacturers' long-term orientation toward suppliers influences outsourcing performance. *Industrial Marketing Management*, 74, 288-297.
- Mashud, H. M., Wee, H. M., Huang, Ch. V., & Wu, J. Zh. (2020). Optimal Replenishment Policy for Deteriorating Products in a Newsboy Problem with Multiple Just-in-Time Deliveries. *Mathematics*, 8(11).
- Mostard, J., Koster, R.D., & Teunter, R. (2005). The distribution-free newsboy problem with resalable returns. *Production Economics*, 97 (3), 329–342.
- Ota, M., Srinivasan, S., & Nandakumar, C. D. (2021). Economic ordering model for multiple items with stochastic demand and budget constraint. *International Journal of Services and Operations Management*, (38)1, 1-21.
- Sai-hua, Z., Lin, D., & Zhao-ming, H. (2013). Multi-Product Newsboy Problem with Two Constraints and Nonzero Lead Time Outsourcing. *Journal of Quantitative Economics*, 68(2).
- Shen, B., & Li, Q. (2015). Impacts of Returning Unsold Products in Retail Outsourcing Fashion Supply Chain: A Sustainability Analysis. *Sustainability*, 7 (2), 1172-1185.
- Vairaktarakis, G.L. (2000). Robust multi-item newsboy models with a budget constraint. *International Journal of Production Economics*, 66 (3), 213–226.
- Wei, C., Li, Y., & Cai, X. (2011). Robust optimal policies of production and inventory with uncertain returns and demand. *International Journal of Production Economics*, 134(2), 357–367.
- Zhang, B., & Du, SH. (2010). Multi-product newsboy problem with limited capacity and outsourcing. *European Journal of Operational Research*, 202 (1), 107–113.
- Zhang, B., Xu, X., Hua, Z. (2009). A binary search method for the multi-product newsboy problem with budget constraint. *International Journal of Production Economics*, 117 (1), 136–141.





جدول ۲- اطلاعات مربوط به تقاضاها و احتمالات.

Table 2- Information on requirements and probabilities.

تقاضا (D _i)										مثال		
احتمال (p _i)												
-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	200	1	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.5		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	80	2	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.3		
-	-	-	-	-	-	-	-	150	200	250	300	3
-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.04	0.21	0.55	
-	-	-	-	-	-	2000	2100	2300	2400	2500	4	
-	-	-	-	-	-	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2		
-	-	-	-	-	100	110	120	130	140	150	5	
-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1		
-	-	-	-	2000	2300	2340	2500	2550	2560	2590	6	
-	-	-	-	0.2	0.5	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2		
-	-	-	10	20	30	40	50	60	70	80	7	
-	-	-	0.05	0.1	0.1	0.15	0.2	0.15	0.6	0.1		
-	-	-	40	60	80	100	120	140	170	190	8	
-	-	0.1	0.05	0.15	0.05	0.1	0.2	0.15	0.1	0.05		
-	672	229	750	772	894	977	1539	2511	2523	2875	9	
-	0.05	0.11	0.1	0.13	0.1	0.05	0.1	0.14	0.05	0.08		
210	250	265	280	312	356	410	520	670	800	1050	10	
0.08	0.09	0.1	0.12	0.5	0.05	0.14	0.1	0.05	0.11	0.06		

جدول ۳- اطلاعات مربوط به هر پارامتر.

Table 3- Information about each parameter.

S	c	v	W ₀	r	b	g	k	z ₀	y ₀	مثال
624	28	9	34	0.19	12	17	0.73	110	218	1
115	75	21	87	0.035	23	50	0.43	28	100	2
535	125	65	180	0.75	70	315	0.85	35	265	3
71	35	11	58	0.01	19	25	0.2	1100	1500	4
43	28	12	30	0.05	14	17	0.85	30	117	5
364	112	50	190	0.8	53	84	0.57	436	2147	6
840	348	112	812	0.5	125	131	0.32	29	88	7
450	218	98	290	0.43	110	90	0.72	70	160	8
348	191	65	230	0.18	85	92	0.22	1500	1200	9
50	23	12	30	0.62	15	16	0.6	1000	600	10