E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 8, No. 2 (2023) 391–402.

Paper Type: Original Article

Newsboy Problem with Outsourcing, Limited Capacity and Resalable Return

Arezou Khazaei[1], Parvaneh Samouei[1,*]

[1] *Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; arezou.kze@gmail.com; p.samouei@basu.ac.ir.*

Citation:

Khazaei, A., & Samouei, P. (2023). Newsboy problem with outsourcing, limited capacity and resalable return. *Journal of decisions and operations research, 8*(2), 391-402.

Received: 07/01/2021 Reviewed: 10/02/2021 Revised: 16/04/2021 Accepted: 01/06/2021

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 newosboy 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://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1402.8.2.6.0

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).

Journal of Decisions and Operations Research

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۸، شماره (۲)، (۱۴۰۲)، ۴۰۲-۳۹۱

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی

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

آرزو خزائی[۱]، پروانه سموئی[۱*]

[۱]گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.

چکیده

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

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

یافته‌ها: در مساله 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/ارزش‌افزوده علمی: توسعه مساله پسرک روزنامه‌فروش در شرایط برون‌سپاری و ارجاع کالا و محدودیت ظرفیت.

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

۱- مقدمه

مساله پسرک روزنامه‌فروش جزو 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. باتوجه 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 ازدست‌رفته مواجه می‌شود؛ بنابراین، مدل پسرک روزنامه‌فروش سعی دارد مقدار سفارش بهینه به‌نحوی تعیین شود که مجموع هزینه‌های سیستم موجودی حداقل گردد و خریدار بیش‌ترین سودآوری را کسب نماید [1]. کالاهایی از قبیل روزنامه، کالاهای فصلی، کالاهای فاسدشدنی، کالاهای مد و ... در زمره مساله پسرک روزنامه‌فروش قرار می‌گیرند.

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 به‌یک‌باره، میزان تولید یا سفارش خود را معین کنند. مساله پسرک روزنامه‌فروش ازجمله مدل‌های مهم کنترل موجودی است که عمدتا برای چنین کالاهایی کاربرد دارد؛ اما به علت ایستا بودن مدل‌های کنترل موجودی و پویایی دنیای واقعی، کاربرد مستقیم آن‌ها در

* نویسنده مسئول

p.samouei@basu.ac.ir

http://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1402.8.2.6.0

بازار کار زیر سوال می‌رود. در هر صنعتی احتمال کمبود ظرفیت در تامین تقاضاها وجود دارد و مواجه با کمبود علاوه بر فروش ازدست‌رفته، 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 [2]. هم‌چنین گاهی اوقات در نزد خرده‌فروشان مقادیر زیادی از کالای فروخته‌نشده در پایان فصل فروش نگه‌داشته می‌شود. این مقدار بالقوه از کالای فروخته‌نشده قطعا 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 تامین‌کننده منعقد می‌شود که به‌موجب آن کالاهای فروخته‌نشده به‌طور کامل یا جزیی بازپرداخت شوند [3]. خوجا [4] مساله پسرک روزنامه‌فروش را به حالت تخفیف چندتایی که سود بیش‌تری از حالت تک تخفیفی دارد، توسعه داد. چن و چن [5] مدل را به حالت ترتیب رزرو تعمیم دادند به‌طوری‌که مشتریانی که رزرو انجام می‌دهند از تخفیف برخوردارند. چن و چن [6] به همین مدل ترتیب رزرو، حالت محدودیت بودجه را نیز اضافه کردند و با الگوریتم *MCR* مقدار بهینه سفارش و تخفیف معین شده است. لاو و لاو [7] مساله 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. وایراکتارکیس [8] مساله چند محصولی پسرک روزنامه‌فروش را به حالت محدودیت بودجه تعمیم داد که در آن تقاضاها احتمالی بودند؛ اما برای تقاضا توزیع خاصی درنظر گرفته نشده و از دو سناریو تقاضای بازه‌ای و گسسته استفاده کردند. در این پژوهش مساله پسرک روزنامه‌فروش به‌صورت تک‌محصولی که دارای تقاضا تصادفی گسسته است، فرض شده و محدودیت بودجه نیز وجود ندارد. عبدالملک و همکاران [9] نیز همین مساله 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 کرده است. ژانگ و همکاران [10] مساله پسرک روزنامه‌فروش را در حالت محدودیت ظرفیت بررسی کردند و برای حل از یک الگوریتم که ماهیت باینری 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 [11] مساله 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 از صفر استفاده شده است؛ هم‌چنین تقاضاها پیوسته احتمالی بودند. سای و همکاران [14] مطالعه ژانگ و دو [11] را به حالت محدودیت منابع و بودجه تعمیم دادند و در آن باتوجه به میزان ظرفیت تولیدی از برون‌سپاری برای مقابله با کمبود احتمالی ظرفیت استفاده کردند. وی و همکاران [12] یک مدل کنترل موجودی برای فرآیندهای مرجوعی ارایه کردند که در آن تقاضا و ارجاع کالا به‌صورت متغیرهای احتمالی و کران‌دار می‌باشند. مسترد و همکاران [13] مساله پسرک روزنامه‌فروش را در حالتی بررسی کردند که شکل توزیع تقاضا مشخص نیست و برای حل مساله تنها از میانگین و واریانس تقاضاها استفاده‌شده و ارجاعات قابل‌فروش مجدد هستند و محصولات خریداری‌شده با بازپرداخت کامل به مشتری بازگردانده می‌شدند. آدیکاری و همکاران [14] در شرایطی که هم تقاضا و هم میانگین تقاضاها متغیرهای تصادفی هستند، مدلی را ارایه کردند که نتایج آن به تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند تا پیش‌بینی تقاضاها را به‌گونه‌ای انجام دهند که سود موردانتظار حداکثر شود. مشود و همکاران [15] به موضوع تخریب محصولات در قالب یک مدل پسرک روزنامه‌فروش مبتنی بر سیستم تحویل به‌موقع (*JIT*) چندگانه می‌پردازند. هم‌چنین در مدلشان، سیاست ارجاع کالا و ضمانت پس‌ازفروش را برای جلب نظرمشتری اتخاذ کردند و با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی کلاسیک، میزان بهینه تولید، قیمت عمده‌فروشی و ... را به دست آورده‌اند. اوتا و همکاران [16] مساله پسرک روزنامه‌فروش چندمحصولی را در حالت محدودی بودجه با تقاضای نرمال لگاریتمی که میانگین و واریانس توزیع برای هر تقاضا متفاوت بود را موردبررسی قرار دادند. آدیکاری و همکاران [17] مدل کلاسیک پسرک روزنامه‌فروش را در حالت تقاضای فازی موردبررسی 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 [18] یک مدل دوهدفه مدیریت موجودی با تقاضای فازی برای یک مساله زنجیره‌تامین با فروشندگان متعدد ارایه کردند که در آن اهداف مدل کمینه کردن کل هزینه موجودی و بهینه‌سازی فضای انبار است.

باتوجه به مطالب بیان‌شده و اهمیت آن‌ها دریک 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 تاثیرگذارند 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 مساله پسرک

روزنامه‌فروش با تقاضای احتمالی گسسته را در حالت محدودیت ظرفیت در تولید داخلی، برون‌سپاری محدود و کالاهای مرجوعی را به شکل هم‌زمان موردبررسی قرار دهند.

۲- ساختار مقاله

مساله پسرک روزنامه‌فروش تک‌محصولی را درنظر بگیرید که در لحظه t_0 تولیدکننده پیش‌بینی تقاضاها را دریافت و باتوجه به آن مقدار تولید داخلی (y_j) را تعیین می‌کند. درصورتی‌که میزان تقاضا از حداکثر ظرفیت تولید داخلی (y_0) بیش‌تر باشد، تولیدکننده می‌تواند برای پاسخگویی به تقاضا از گزینه برون‌سپاری با درنظر گرفتن سقف مجاز آن (z_0) استفاده کند و مقدار برون‌سپاری (z_j) را برای محصول موردنظر تعیین کند. سپس محصول تحویل‌داده‌شده به مشتری با احتمال r بازگردانده می‌شود. از این مقدار، $k\%$ آن قابل‌فروش مجدد است و $(1-k)\%$ از آن دچار ارزش اسقاطی می‌گردد. این چرخه ارجاع و فروش مجدد به‌طور مکرر ادامه دارد تا زمانی‌که محصول بازگردانده نشود یا قابل‌فروش مجدد نباشد [11]، [13]. 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 به‌ازای مقادیر مختلف تقاضای احتمالی در طی دوره، مقادیر نظیر آن، حجم تولید درنظر گرفته می‌شود. سپس با استفاده از مدل نوشته‌شده، مقدار سود به‌ازای هر مقدار تولید محاسبه و درنهایت میزان تولیدی که بیش‌ترین سود را برای ما ایجاد کند، به‌عنوان مقدار بهینه انتخاب می‌شود.

مقاله‌های [11] و [13] مطالعه‌های پایه تحقیق حاضر می‌باشند. در تحقیق [13]، مساله پسرک روزنامه‌فروش در حالت چند محصولی با محدودیت ظرفیت و برون‌سپاری موردمطالعه 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 تامین‌کننده وجود نداشت؛ هم‌چنین تقاضاها پیوسته احتمالی بودند. در مدل ما نیز برای مقابله با کمبود ظرفیت، از استراتژی برون‌سپاری محدود با زمان تدارک غیرصفر تحت شرایط ارجاع کالا استفاده شده است؛ اما تقاضا حالت گسسته دارد. در تحقیق [11]، مساله پسرک روزنامه‌فروش در حالتی بررسی شده است که توزیع تقاضا مشخص نیست و برای حل مساله تنها از میانگین و واریانس تقاضاها استفاده شده است و ارجاعات قابل‌فروش 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.

۲-۱- مفروضات مدل

فروشنده برای محصول مرجوعی هزینه جمع‌آوری b را متحمل شده و هیچ هزینه برگشتی برعهده مشتری نیست؛ درصورتی‌که کالاها در طی فصل فروش بازگردانده شوند و محصول آسیبی ندیده باشد، قابل‌فروش 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 با فاصله زمانی بین تحویل و سفارش غیر از صفر استفاده می‌شود. کمبود، مجاز و به‌صورت ازدست رفته است. در صورت ارجاع کالا، بازپرداخت به‌صورت کامل انجام می‌شود [11]، [13]. تقاضا نیز گسسته با تابع احتمال معین فرض شده است.

۲-۲- معرفی شاخص‌ها، پارامترها و متغیرها

شاخص‌ها

تقاضا: $i = 1,\dots,n$.

میزان تولید: $j = 1,\dots,n$.

پارامترها

D_i: مقدار تقاضای تصادفی ith در طول دوره.

p_i: تابع احتمال تقاضای تصادفی ith 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 به‌ازای ارجاع‌های متعدد کالا در طول دوره.

p_G: واحد درآمد موردانتظار برای یک‌بار ارجاع کالا.

p_r: واحد درآمد موردانتظار 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 $0 \le r \le 1$.

k: احتمال فروش مجدد کالای مرجوعی $0 \le k \le 1$.

Q_j: مقدار کل تولید به‌ازای سناریو jth.

متغیرها

y_j: تعداد محصول تولید داخلی به‌ازای سناریو jth.

z_j: تعداد کالای برون‌سپاری‌شده به‌ازای سناریو jth.

EX: تابع سود موردانتظار.

طبق تحقیق [18] درآمد موردانتظار برای یک‌بار ارجاع کالا در مدت‌زمان دوره برابر عبارت p_G است:

$$p_G=(1-r)s-rb+r(1-k)v. \quad (۱)$$

فروشنده هر محصولی که ارجاع داده نشده است را با قیمت S به فروش می‌رساند. اگر درصد ارجاع برابر r باشد، به‌ازای هر واحد کالا، درآمد موردانتظار برابر $(1-r)S$ است. برای هر محصولی که توسط مشتری بازگردانده می‌شود، تولیدکننده هزینه جمع‌آوری b را پرداخت می‌کند؛ بنابراین، هزینه موردانتظار برای هر واحد rb است. از $r\%$ کالای بازگشتی، $(1-k)\%$ قابل‌فروش مجدد نیست و دچار اسقاطی می‌شود که واحد درآمد موردانتظار برای آن برابر $r(1-k)v$ است. طبق تحقیق [11] درآمد موردانتظار برای ارجاع‌های متعدد کالا در طول دوره، تشکیل یک تصاعد هندسی می‌دهد و به‌صورت زیر است:

$$p_r=p_G(1 + rk +(rk)^2+\dots) =\frac{p_G}{1-rk}. \quad (۲)$$

به‌طور مشابه هزینه کمبود به‌ازای ارجاع‌های متعدد کالا طبق تحقیق [18] برابر g_r است.

$$g_r =\frac{g}{1-rk}. \quad (۳)$$

- میزان درآمد حاصل از فروش محصول:

$$\sum_{i=1}^{n} p_r min(D_i ,Q_j)p_i. \quad (۴)$$

- میزان درآمد حاصل از اسقاط کالاها:

$$\sum_{i=1}^{n} (Q_j - min (D_i ,Q_j))p_i v. \quad (۵)$$

- میزان هزینه کمبود:

$$\sum_{i=1}^{n} (D_i - min(D_i,Q_j))p_i g_r. \quad (۶)$$

- هزینه تولید داخلی کالا: اگر مقدار تولید داخلی به‌ازای هر j به میزان y_j باشد و تولید هر واحد هزینه‌ای به‌اندازه c ایجاد کند، آن‌گاه کل هزینه تولید داخلی به میزان cy_j برآورد می‌شود.
- هزینه برون‌سپاری: چنان‌چه میزان برون‌سپاری کالاها به‌ازای هر j به‌اندازه 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:

$$z_j \le z_0, \ j =1,\dots,n. \quad (۷)$$

- محدودیت مربوط به سقف مجاز تولید داخلی:

$$y_j \le y_0, \ j =1,\dots,n. \quad (۸)$$

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

$$y_j+z_j=Q_j , \ j =1,\dots,n. \quad (۹)$$

۳-۲- صورت کلی مدل

$$EX= \sum_{i=1}^{n} p_r min(D_i ,Q_j)p_i + \sum_{i=1}^{n} (Q_j - min (D_i ,Q_j))p_i v - \sum_{i=1}^{n} (D_i - min(D_i,Q_j))p_i g_r - cy_j - w_0 z_j. \quad (۱۰)$$

$$S.t.$$

$$z_j \le z_0, \ j =1,\dots,n. \quad (۱۱)$$

$$y_j \le y_0, \ j =1,\dots,n. \quad (۱۲)$$

$$y_j+z_j=Q_j, \ j =1,\dots,n. \quad (۱۳)$$

$$y_j \ge 0, \ j =1,\dots,n. \quad (۱۴)$$

$$z_j \ge 0, \ j =1,\dots,n. \quad (۱۵)$$

مدل از نوع برنامه‌ریزی غیرخطی[1] است که وجود عبارت $min(D_i, Q_j)$ در تابع هدف موجب غیرخطی‌سازی مدل شده است. برای حل مساله، 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:

$$y_j \ge 0, \ j =1,\dots,n. \quad (۱۶)$$

$$W_i \le Q_j. \quad (۱۷)$$

[1] Nonlinear Programming (NLP)

به همین ترتیب مدل به یک مدل برنامه‌ریزی خطی تبدیل‌شده و سپس توسط نرم‌افزار *GAMS* حل شده است.

۳- یافته‌های پژوهش

در هر مساله‌ای که یک تابع هدف با تعدادی محدودیت از جنس منابع، زمان و ... وجود داشته باشد، باید از مدل‌سازی ریاضی استفاده کرد؛ یعنی مساله موردنظر را در غالب تعدادی متغیر و علایم ریاضی نشان داد که در اغلب موارد حل چنین مسایلی به‌صورت دستی سخت و شاید غیرممکن باشد. در چنین حالتی باید از نرم‌افزارهای بهینه‌سازی استفاده کرد که نرم‌افزار *GAMS* 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 ۱۰ مثال با ابعاد مختلف، به همراه تحلیل هر یک ارایه 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

تجزیه‌وتحلیل 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 تامین نشوند.

مثال ۲- بهترین مقدار تولید داخلی و برون‌سپاری به ترتیب ۸۰ و صفر خواهد بود. به‌ازای $j = 4$ 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 باقی‌مانده با برون‌سپاری تامین شود.

مثال ٤- بیش‌ترین مقدار سود در صورتی حاصل می‌شود که تنها ۲۳۰۰ واحد از تقاضاها تامین 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 ٥- باتوجه به جدول نتایج حل، بیش‌ترین مقدار سود ۱٤۷۲ واحد است که به‌ازای آن مقادیر بهینه تولید داخلی و برون‌سپاری به ترتیب ۱۱۷ و ۲۳ است.

مثال ٦- بهترین ترکیب تولید مربوط به $j = 6$ است.

مثال ۷- به‌ازای مقادیر تولید ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ و ۸۰ چون درآمد نمی‌تواند هزینه‌ها را جبران کند؛ از این‌رو 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- باتوجه به نتایج حل مثال، بیش‌ترین مقدار سود به‌ازای $j = 7$ حاصل می‌شود.

مثال ۹- از بین مقادیر منفی و مثبت تابع سود بهترین ترکیب مربوط به $j = 5$ 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 **جدول ۲** و **جدول ۳** پارامترها و مقادیرشان برای هر مثال ارایه شده است. مقادیر هر پارامتر نیز به‌صورت تصادفی از داخل یک بازه انتخابی، توسط نرم‌افزار اکسل به‌دست 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:

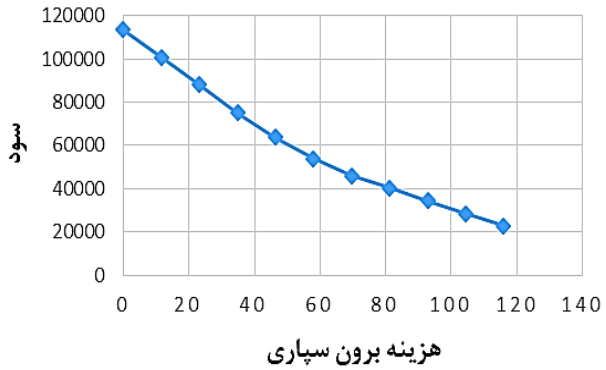
- پارامتر قیمت فروش (s) بزرگ‌تر از هزینه تولید داخلی (c) است.
- پارامتر هزینه برون‌سپاری (w_0) از هزینه تولید داخلی (c) بزرگ‌تر؛ اما از قیمت فروش (s) کوچک‌تر است.
- پارامتر ارزش اسقاطی (v) کوچک‌تر از قیمت فروش (s) است.
- در شرایط اقتصاد نرمال، پارامتر ارزش اسقاطی (v) از هزینه تولید داخلی (c)، کوچک‌تر است.
- مجموع احتمالات تقاضا در طی یک دوره نیز باید برابر یک شود.
- پارامتر احتمال بازگشت کالای فروخته‌شده (r) و احتمال فروش مجدد کالای مرجوعی (k)، چون از جنس احتمال هستند، بایستی بین صفر و یک باشند.

۱-۳- تحلیل حساسیت

در این قسمت از اطلاعات مربوط به مثال ٤ موجود در **جدول ۱** و **جدول ۲** استفاده کرده‌ایم تا با استفاده از آن نتایج حاصل از تحلیل را برای هر پارامتر به‌صورت نموداری نشان دهیم.

۱-۱-۳- تاثیر تغییرات پارامتر هزینه برون‌سپاری (w_0) بر تابع سود

کاهش در این پارامتر موجب کاهش هزینه برون‌سپاری می‌گردد و بالعکس. جملات هزینه‌ای نیز با تابع سود رابطه عکس‌دارند و کاهش در آن باعث افزایش سود می‌شود؛ بنابراین، روند مورد مشاهده برای سود در **شکل ۱** موردانتظار است.

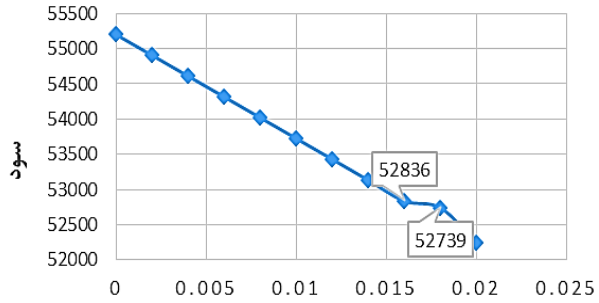


شکل ۱- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر هزینه برون‌سپاری.

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

۲-۱-۳- تاثیر پارامتر احتمال ارجاع کالای فروخته‌شده (r) بر تابع سود

طبق **رابطه (۱)**، اگر میزان r افزایش یابد، تعداد کالاهایی که دچار اسقاط می‌شوند، بیش‌تر می‌گردد؛ درنتیجه میزان درآمد حاصل از تولید محصولات کاهش می‌یابد. از طرفی به‌ازای هر واحد محصولی که توسط مشتری ارجاع داده می‌شود، باید هزینه جمع‌آوری به‌اندازه 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؛ درنتیجه با افزایش g_r، هزینه کمبود زیاد می‌شود و به‌موجب تمامی این جمله‌ها تابع سود کاهش می‌یابد.

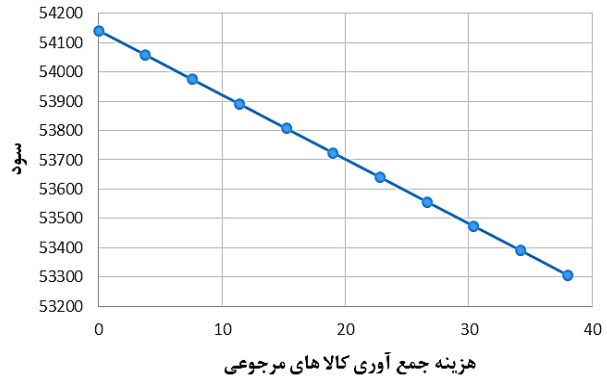


شکل ۲- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر احتمال ارجاع کالا.

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

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

طبق **رابطه (۱)**، پارامتر هزینه جمع‌آوری کالاهای مرجوعی بر واحد درآمد موردانتظار برای یک‌بار ارجاع کالا یعنی p_G تاثیر می‌گذارد. به صورتی که با افزایش b مقدار p_G کاهش می‌یابد. باتوجه به **رابطه (۲)**، p_G با واحد درآمد موردانتظار به‌ازای ارجاع‌های متعدد کالا در طول دوره (p_r) رابطه مستقیم دارد و با کاهش p_G میزان p_r نیز کم می‌شود؛ درنتیجه میزان درآمد حاصل از فروش محصولات کاهش یافته و به دنبال آن میزان سود نیز کم می‌شود. با این توصیف روند کاهش سود در **شکل ۳** معنادار است.

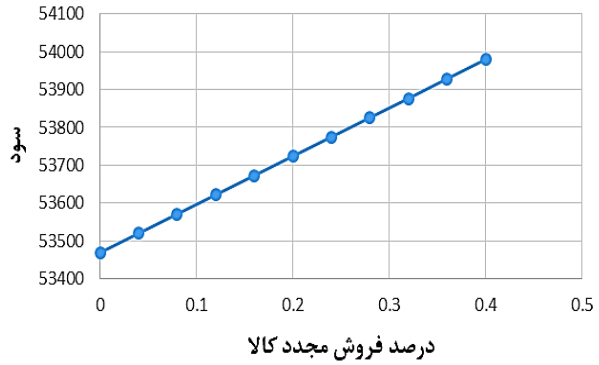


شکل ۳- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر هزینه جمع‌آوری کالای مرجوعی.

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

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

هرچقدر 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.

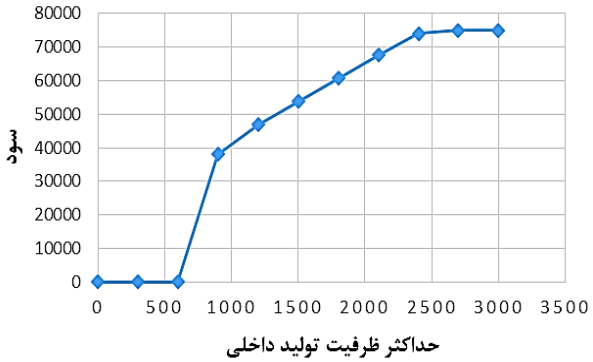


شکل ۴- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر درصد فروش مجدد کالا.

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

۳-۱-۵- تاثیر تغییرات حداکثر ظرفیت تولید داخلی (y_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 درنهایت نیز سود بیش‌تری ایجاد می‌گردد. در این نمودار به‌ازای دو مقدار پایانی، میزان سود یکسانی حاصل‌شده؛ 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 سه‌نقطه ابتدایی نمودار، حداقل تقاضا که ۲۰۰۰ واحد است را هم برآورده نمی‌کنند؛ بنابراین، میزان سود حاصل‌شده نیز صفر است.

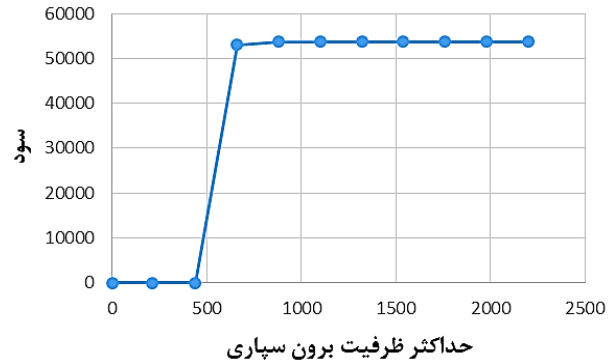


شکل ۵- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر حداکثر ظرفیت تولید داخلی.

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

۳-۱-۶- تاثیر تغییرات حداکثر ظرفیت برون‌سپاری (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 به‌دست نمی‌آید؛ اما با افزایش ظرفیت برون‌سپاری توان تامین تقاضاها افزایش می‌یابد و به تبعیت از آن، تابع سود نیز صعود می‌کند؛ اما میزان افزایش ظرفیت برون‌سپاری نیز تا حدی موثر است که از مقدار کل تقاضاهای دریافت شده بیش‌تر نباشد. به‌عنوان مثال به‌ازای هر یک از مقادیر مختلف حداکثر ظرفیت برون‌سپاری مربوط به ۷ نقطه انتهایی نمودار، چون تمامی تقاضاها تامین می‌گردند، سودآوری یکسانی ایجاد شده است؛ بنابراین، افزایش ظرفیت نیز باید تا جایی ادامه داشته باشد که تغییر فزاینده‌ای در تابع سود اعمال کند.



شکل ۶- تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر حداکثر ظرفیت برون‌سپاری.

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

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

براساس یافته‌های فوق، با اعمال سیاست بازگشت کالا در مساله پسرک روزنامه‌فروش، هرچه نرخ ارجاع محصول افزایش یابد، میزان سود شرکت کاهش می‌یابد؛ زیرا با افزایش درصد کالای مرجوعی هزینه جمع‌آوری، واحد هزینه کمبود به‌ازای ارجاع‌های متعدد کالا در

طول دوره و تعداد کالای اسقاطی به سبب بازگشت، افزایش می‌یابد و درنهایت منجر به کاهش سود می‌شود؛ بنابراین، شرکت‌ها یا باید این سیاست را تقبل نکنند که در این حالت احتمال نارضایتی مشتریان و کاهش تقاضا نیز وجود دارد و به طریقی دیگر بر کاهش سود تاثیر خواهد گذاشت، یا در صورت اجرا جهت تقلیل کم‌تر سود کالاها را با قیمت کامل بازپرداخت ننمایند. زمانی که محصولات به سازمان بازگردانده می‌شوند درصدی از کالاها قابلیت فروش مجدد با قیمت واقعی را دارند؛ بنابراین، هرچه 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 داده شده است. استراتژی برون‌سپاری نیز تاثیر فزاینده‌ای بر تابع سود گذاشته است؛ زیرا در این حالت پتانسیل سازمان برای تامین تقاضا افزایش‌یافته و سرانجام حجم بیش‌تری از کالاها به فروش می‌رسند. اگرچه برون‌سپاری هزینه‌ای بیش‌تر از تولید داخلی دارد؛ اما درصورتی‌که قیمت فروش محصول از هزینه آن بیش‌تر باشد، بر سودآوری شرکت افزوده می‌شود. پارامترهای واحد قیمت فروش، ارزش اسقاطی و میزان ظرفیت تولید داخلی تاثیر مثبتی بر سودآوری داشتند؛ زیرا به‌موجب آن‌ها برمیزان 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، تاثیر منفی برسودآوری خواهند گذاشت و موجب کاهش آن می‌شوند.

در تحقیقات آتی، می‌توان این پژوهش را به حالت چند محصولی، اضافه کردن حالت تخفیف به مساله، درنظر گرفتن محدودیت‌هایی نظیر فضای انبار و بودجه و درنظر گرفتن توزیع‌های دیگری نظیر نرمال توسعه داد.

منابع

[1] HajShirmohammadi, A. (2019). *The book of principles of planning and control of production and inventories*. The pillars of knowledge. (**In Persian**). https://www.gisoom.com/book/11048032/

[2] Lee, G., Shin, G., Hwang, D. W., Kuper, P., & Kang, M. (2018). How manufacturers' long-term orientation toward suppliers influences outsourcing performance. *Industrial marketing management*, *74*, 288–297. DOI:https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.07.003

[3] Shen, B., & Li, Q. (2015). Impacts of returning unsold products in retail outsourcing fashion supply chain: a sustainability analysis. *Sustainability*, *7*(2), 1172–1185.

[4] Khouja, M. (1995). The newsboy problem under progressive multiple discounts. *European journal of operational research*, *84*(2), 458–466.

[5] Chen, L. H., & Chen, Y. C. (2009). A newsboy problem with a simple reservation arrangement. *Computers and industrial engineering*, *56*(1), 157–160. DOI:https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.04.010

[6] Chen, L. H., & Chen, Y. C. (2010). A multiple-item budget-constraint newsboy problem with a reservation policy. *Omega*, *38*(6), 431–439. DOI:https://doi.org/10.1016/j.omega.2009.10.007

[7] Lau, H. S., & Hing Ling Lau, A. (1996). The newsstand problem: a capacitated multiple-product single-period inventory problem. *European journal of operational research*, *94*(1), 29–42. DOI:https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00192-1

[8] Vairaktarakis, G. L. (2000). Robust multi-item newsboy models with a budget constraint. *International journal of production economics*, *66*(3), 213–226. DOI:https://doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00129-2

[9] Abdel-Malek, L., Montanari, R., & Morales, L. C. (2004). Exact, approximate, and generic iterative models for the multi-product Newsboy problem with budget constraint. *International journal of production economics*, *91*(2), 189–198. DOI:https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.09.004

[10] Zhang, B., Xu, X., & Hua, Z. (2009). A binary solution method for the multi-product newsboy problem with budget constraint. *International journal of production economics*, *117*(1), 136–141. DOI:https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.10.003

[11] Zhang, B., & Du, S. (2010). Multi-product newsboy problem with limited capacity and outsourcing. *European journal of operational research*, *202*(1), 107–113. DOI:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.04.017

[12] 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. DOI:https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.11.008

[13] Mostard, J., de Koster, R., & Teunter, R. (2005). The distribution-free newsboy problem with resalable returns. *International journal of production economics*, *97*(3), 329–342. DOI:https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.09.003

[14] Adhikary, K., Roy, J., & Kar, S. (2019). Newsboy problem with birandom demand. *Decision making: applications in management and engineering*, *2*(1), 1–12.

[15] Mashud, A. H. M., Wee, H. M., Huang, C. V., & Wu, J. Z. (2020). Optimal replenishment policy for deteriorating products in a newsboy problem with multiple just-in-time deliveries. *Mathematics*, *8*(11), 1981. https://doi.org/10.3390/math8111981

[16] 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. DOI:10.1504/IJSOM.2021.112515

[17] Adhikary, K., Roy, J., & Kar, S. (2020). Fuzzy random Newsboy problem with chance distribution. *Journal of intelligent and fuzzy systems*, *39*(5), 6857–6868.

[18] Karbasi Bonab, V., Yousefi Nejad Attari, M., & Neishabouri, E. (2018). Presenting a bi-objective vendor managed inventory model with fuzzy demand for multiple vendor. *Journal of decisions and operations research*, *2*(2), 147–168. DOI:10.22105/dmor.2018.57316

جدول ۱- اطلاعات مربوط به تقاضاها و احتمالات.

Table 1- Information on requirements and probabilities.

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

جدول ۲- اطلاعات مربوط به هر پارامتر.

Table 2- Information about each parameter.

مثال	y_0	z_0	k	g	r	b	W_0	v	c	S
1	218	110	0.73	17	0.19	12	34	9	28	624
2	100	28	0.43	50	0.035	23	87	21	75	115
3	265	35	0.85	315	0.75	70	180	65	125	535
4	1500	1100	0.2	25	0.01	19	58	11	35	71
5	117	30	0.85	17	0.05	14	30	12	28	43
6	2147	436	0.57	84	0.8	53	190	50	112	364
7	88	29	0.32	131	0.5	125	812	112	348	840
8	160	70	0.72	90	0.43	110	290	98	218	450
9	1200	1500	0.22	92	0.18	85	230	65	191	348
10	600	1000	0.6	16	0.62	15	30	12	23	50

خزائی و سموئی / تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحه: ۴۰۲-۳۹۱