

تعیین نقطه‌ی سفارش مجدد و ذخیره‌ی احتیاطی در یک سیستم کنترل موجودی با تقاضا و زمان‌های تأمین احتمالی (مطالعه‌ی موردی: رینگ‌های بلادر اندازه‌های ۱۶ و ۲۴ اینچ)

Determining Reorder Point and Safety Stock in an Inventory Management System with Uncertainty in Demand and Lead Times (Case Study: Bladder Rings in Tire Curing Process)

چکیده:

در دنیای پیچیده‌ی کسب‌وکار امروز اصل قطعیت نداشتن، به‌عنوان یک چالش محسوب می‌شود. در این میان سازمان‌هایی قادر به بقا هستند که بتوانند در این فضای رقابتی و پیچیده، برآورد دقیق‌تری از نیازمندی‌های خود داشته باشند. در سیستم‌های لجستیک و زنجیره‌ی تأمین، همواره نامعین بودن زمان‌های تأمین، به‌دلیل‌های گوناگونی مانند محدودیت‌های مالی و لجستیکی، اصلی انکارناپذیر است. از این رو استفاده از مدل‌های سفارش‌دهی مبتنی بر داده‌های قطعی، موجب بروز خطاهای گوناگون می‌شود. به این منظور از مدل‌های احتمالی برای این‌گونه مواقع استفاده می‌شود. از آنجایی‌که رینگ‌های بلادر جزو قطعه‌های مصرفی و گران‌قیمت خط تولید شرکت‌های تایرسازی هستند، مدیریت مناسب موجودی این اقلام، کمک زیادی به افزایش بهره‌وری در انبارهای شرکت‌های تایرسازی می‌کند.

در این مقاله به تعیین نقطه‌ی سفارش و میزان ذخیره‌ی احتیاطی، درحالتی‌که تقاضا مربوط به قطعه‌ها احتمالی بوده و زمان‌های تأخیر نیز قطعی نیستند، می‌پردازیم. نتیجه‌ها نشان می‌دهد که استفاده از این روش‌ها، موجب کاهش هزینه‌های کمبود شده و سطح سرویس انبار را افزایش می‌دهد. همچنین بررسی وجود تناسب بین متغیرهای نقطه‌ی سفارش و ذخیره‌ی احتیاطی، با میزان تقاضا و زمان تحویل اقلام نشان می‌دهد که مدل ریاضی مورداستفاده، دارای پتانسیل مناسبی برای به‌کارگیری در مسائل واقعی‌ست.

واژه‌های کلیدی: زمان تحویل، نقطه‌ی سفارش مجدد، ذخیره‌ی احتیاطی، مدل‌های احتمالی کنترل موجودی.

نوع مقاله: پژوهشی

برآورده شود؛ چراکه تصمیم‌گیری بهینه در این‌باره می‌تواند یک عامل حیاتی در سودآوری سازمان باشد [۱]. این مقاله به موضوع‌های مربوط به کنترل موجودی در زنجیره‌ی تأمین، در شرایط نداشتن قطعیت پرداخته است [۲ و ۳]. مدل‌های

مقدمه:
یک مدل موجودی کارا با استراتژی تهیه‌ی مواد اولیه و تحویل کالای نهایی به‌گونه‌ای عمل می‌کند که از نگهداری موجودی اضافی در دوره‌ی تولید دوری شود و تقاضای مشتریان به‌موقع

قاسم صفری^{(۱)*}، مجتبی دیهیم^(۲)، مهدی چمرلو^(۳)
۱- رئیس انبارهای فنی و ملزومات شرکت لاستیک پارس
۲- رئیس پخت تایر شرکت لاستیک پارس
۳- سرپرست سفارشات شرکت لاستیک پارس
* عهده دار مکاتبات:
Gh_s_borhan@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۲

موجودی خریدار و فروشنده در مدیریت زنجیره‌ی تأمین را می‌توان حالت خاصی از مدل‌های موجودی تولید دوسطحی دانست که پژوهش‌های گسترده‌ای هم در این زمینه صورت گرفته است. هماهنگی در زنجیره‌ی تأمین، نقش مهمی در عملکرد موفق سیستم‌های تولید و موجودی ایفا می‌کند. اگر هیچ‌گونه هماهنگی در زنجیره‌ی تأمین وجود نداشته باشد، تولیدکننده و خریدار، برای بیشتر کردن سود یا کمتر کردن هزینه‌های خود به صورت مستقل تصمیم‌گیری می‌کنند. این نوع تصمیم‌گیری نمی‌تواند در برابر نگرش یکپارچه به کل سیستم، بهینه بوده و در این صورت سودآوری کل زنجیره‌ی تأمین قابل‌تصور نیست [۴]. در پی این واقعیت و به دنبال به دست آوردن شرایط برنده-برنده بین اعضای زنجیره، مفهوم اندازه‌ی سفارش اقتصادی توأم به وجود آمد.

گویال برای اولین بار، با فرض نرخ تولید نامحدود برای فروشنده، مدل اندازه‌ی نمونه‌ی اقتصادی توأم را با هدف کاهش هزینه‌های خریدار و فروشنده ارائه کرده است (نرخ تولید نامحدود یعنی فروشنده خود تولیدکننده نیست، به عبارتی کالاها را از تأمین‌کننده‌ی خارجی خریداری می‌کند) [۵].

بنرجی نیز با فرض تقاضای ثابت، نرخ تولید محدود و سیاست بهر به بهر، هزینه‌ی توأم خریدار و فروشنده را با استفاده از مدل اندازه‌ی نمونه‌ی اقتصادی توأم بیان کرد. این هزینه شامل هزینه‌های سفارش‌دهی، هزینه‌ی راه‌اندازی واحد تولید، هزینه‌ی خرید کالا و هزینه‌ی سفارش‌دهی بوده است. همچنین در این مدل، تولیدات فروشنده در هر راه‌اندازی به تعداد نیاز خریدار است [۶].

گویال مدل ارائه‌شده توسط بنرجی را گسترش داد. او شرایط تولید به اندازه‌ی سفارش را برداشت و مقدار تولید اقتصادی فروشنده را مضرب صحیحی از مقدار تقاضای خریدار در نظر گرفت. او نشان داد تفکیک کالاهای تولیدی یک راه‌اندازی در چندین حمل برای تحویل به مشتری، هزینه‌ی

کمتری خواهد داشت [۷].

لو برای مدل "یک خریدار یک فروشنده"، با فرض برابری حجم دسته‌ها، سیاست حمل و تولید بهینه را ارائه کرد و روش هیوریستیک^(۱) تکراری را برای موضوع "یک فروشنده و چند خریدار" توسعه داد [۸].

پان و یانگ با تعمیم زمان تحویل متغیر، مدل گویال را در سال ۱۹۸۸ میلادی توسعه دادند. آن‌ها در این مدل، به زمان تحویل و هزینه‌ی کل مورد انتظار کمتری دست یافتند [۹].

ایانگ و همکاران مدل پان و یانگ را با فرض مجاز شمردن کمبود و نقطه‌ی سفارش‌دهی مجدد متغیر، توسعه دادند [۱۰].

هدلی و ویتین برای اولین بار، سیاست مرور پیوسته‌ی موجودی را مورد بحث قرار دادند. آن‌ها فرمول دقیقی از متوسط هزینه‌ی موجودی برای سیستم موردنظر با تقاضای پواسون و فاصله‌ی زمانی تحویل ثابت و مشخص ارائه دادند [۱۱].

لیو و شیو با دید کنترل‌پذیر بودن مدت تحویل، مدلی با تقاضای پواسون توسعه دادند [۱۲].

بندایا و عبدالرئوف مدل ارائه‌شده توسط لیو و شیو در سال ۱۹۹۱ میلادی را با فرض تقاضای نرمال توسعه دادند [۱۳].

در ادامه پژوهش‌گران بسیاری از جمله ایانگ و همکاران [۱۴]، لی [۱۵]، لی و همکاران [۱۶] مدل‌های کنترل موجودی با تقاضای احتمالی را توسعه دادند.

پورهیت و همکاران به بهینه‌سازی سیاست کنترل موجودی با فرض تصادفی بودن تقاضا و کاهش آلاینده‌ی پرداختند [۱۷]. کونها و همکاران به ارائه‌ی یک مدل کنترل موجودی دوسطحی با فرض تصادفی بودن تقاضا پرداختند [۱۷].

در تمامی پژوهش‌های یادشده، سیستم موجودی با فرض تقاضا یا زمان بازپرسازی ثابت مورد بررسی قرار گرفته است. با غیرقطعی در نظر گرفتن پارامترهای تقاضا و زمان تأمین کالا، در تعیین مقدار بهینه‌ی تولید، به منظور کاهش هزینه‌ی کل، مدل کاربردی‌تر و به واقعیت حاکم بر سیستم‌های تولید

۱- یابنده. روندی محاسباتی است که با سعی و خطا یا قانون‌هایی آسان، راهکار یک مسأله را می‌یابد. از واژه‌ی یونانی هیوریستیک به معنی یافتن برگرفته شده است.

نزدیکتر می‌شود. این موضوع موجب می‌شود که سیاست تولید، به سمت سیاست‌های تولید کششی نزدیک شود. در این مقاله با لحاظ کردن شرایط تقاضا، سعی می‌شود شرایط یک سیستم تولید کششی در آن رعایت شود و به عبارت دیگر به ماهیت واقعی تقاضای توجه بیشتری داده شود.

مدل تحقیق

مدل این پژوهش یک مدل ریاضی کنترل موجودی با تقاضای احتمالی و زمان بازپرسازی یا تأمین تصادفی است. در این مدل تقاضا در هر واحد زمانی، از زمان تحویل احتمالی و دارای توزیع نرمال با میانگین $\bar{D}$ و انحراف معیار δ_D است و زمان تأمین نیز احتمالی و دارای توزیع نرمال با میانگین $\bar{L}$ و انحراف معیار δ_L است. در این صورت ذخیره احتیاطی و نقطه سفارش مجدد از این رابطه‌ها به دست می‌آید [۱۸]:

$$RoP = \bar{D} \cdot \bar{LT} + Z_{1-\alpha} \sqrt{\bar{LT} \cdot \delta_D^2 + (\delta_{LT} \cdot \bar{D})^2}$$

$$SS = Z_{1-\alpha} \sqrt{\bar{LT} \cdot \delta_D^2 + (\delta_{LT} \cdot \bar{D})^2}$$

که در آن به ترتیب:

$\bar{D}$ = میانگین تقاضا در زمان تحویل؛

$\bar{LT}$ = میانگین زمان تحویل؛

δ_D = انحراف استاندارد تقاضا در زمان تحویل؛

δ_{LT} = انحراف استاندارد زمان‌های تأخیر؛

RoP = نقطه سفارش مجدد؛

SS = میزان ذخیره احتیاطی است.

با در نظر گرفتن این پارامتر برای اقلام مورد بررسی، نتیجه‌های مشابه جدول (۱) شد. در این جدول دوره تقاضا برحسب سالانه است و در نتیجه مقدار میانگین و انحراف استاندارد زمان تأخیر نیز باید برحسب سال باشد. برای نمونه

برای رینگ بلادر ۲۴ اینچ آیتم دو، با توجه به این که مقدار میانگین زمان تأخیر برحسب روز برابر ۹۶ روز است؛ بنابراین برحسب سال معادل ۲۶ سال می‌شود که این مقدار باید در فرمول‌های فوق قرار گیرد.

جدول ۱- میانگین تقاضا و زمان‌های تحویل

شرح کالا	میانگین تقاضای سالانه	انحراف معیار تقاضای سالانه	میانگین زمان تحویل (برحسب روز)	انحراف معیار زمان تحویل (برحسب روز)
رینگ بلادر ۲۴ اینچ آیتم دو	۷	۶	۹۶	۲۵
رینگ بلادر ۲۴ اینچ آیتم سه	۱۰	۹	۱۰۰	۶۷
رینگ بلادر ۱۶ اینچ آیتم دو	۳	۲	۵۷	۱۹
رینگ بلادر ۱۶ اینچ آیتم سه	۴	۴	۴۷	۱۸

در این صورت مقدار نقطه سفارش مجدد و میزان ذخیره احتیاطی بر اساس جدول و نمودار زیر است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود نقطه سفارش مجدد و ذخیره احتیاطی برای اقلامی که دارای تقاضا و انحراف استاندارد بالاتر و همچنین زمان تأمین طولانی‌تری هستند، بیشتر است.

برای نمونه میزان رینگ بلادر ۲۴ اینچ آیتم سه، دارای بیشترین مقدار تقاضا، بیشترین مقدار پراکندگی در تقاضا و همچنین طولانی‌ترین زمان تحویل است، بنابراین لازم است تا به منظور جلوگیری از کمبود قطعه یادشده، میزان نقطه سفارش مجدد و همچنین ذخیره احتیاطی - که ارتباط تنگاتنگی با مدت زمان تحویل دارد - در نظر گرفته شود. به همین ترتیب می‌توان مقدار نقطه سفارش مجدد و ذخیره احتیاطی را برای سایر اقلام نیز تحلیل کرد. با توجه به این که میزان نقطه سفارش و ذخیره احتیاطی در این مدل دارای تناسب

نتیجه‌گیری:

ماهیت سیستم‌های تولیدی قطعیت نداشتن در داده‌هاست. مدل‌های کلاسیک و قطعی کنترل موجودی، فقط زمانی که داده‌ها معین باشند از کارایی مناسب برخوردار هستند. در محیط‌هایی که تقاضا به شکل احتمالی تغییر پیدا می‌کند، استفاده از مدل‌های قطعی می‌تواند هزینه‌های کلی موجودی را افزایش دهد. به همین منظور از مدل‌های احتمالی استفاده می‌شود که با فضای پیچیده تطابق بیشتری دارند. در این مقاله با استفاده از یک مدل کنترل موجودی احتمالی، در فضایی که تقاضا و زمان‌های تأخیر احتمالی هستند، به تعیین نقطه سفارش مجدد و نخیره احتیاطی پرداختیم.

نتیجه‌ها نشان می‌دهد که مدل مورد استفاده دارای پتانسیل مناسبی برای استفاده از موضوع‌های واقعی‌ست؛ چراکه هرچقدر زمن تأخیر و میزان تقاضا بیشتر باشد (اندازی ۲۴ اینچ)، مقدار نقطه سفارش و نخیره احتیاطی نیز بیشتر می‌شود. افزون بر این، به کارگیری این مدل، سبب کاهش هزینه‌های نگهداری موجودی و همچنین جلوگیری از توقف‌های خط تولید، به دلیل تأمین نشدن این قطعه‌ها شده است. در نهایت به کارگیری مدل پیشنهادی، به دلیل بر نظرگیری بهینه‌سازی هم‌زمان چند کالا و سفارش‌دهی هم‌زمان آن‌ها، می‌تواند سبب کاهش هزینه‌های خرید قطعه‌ها به دلیل استفاده از تخفیف‌ها شود *IRM*

با میزان تقاضا و زمان تحویل است، می‌توان گفت که مدل ریاضی مسأله، از صحت و دقت مناسب برخوردار است و در نتیجه می‌تواند در سایر موارد مشابه نیز به کار گرفته شود.

جدول ۲- مقدارهای نقطه سفارش و نخیره احتیاطی اقلام

شرح کالا	نقطه سفارش مجدد	ذخیره احتیاطی
رینگ بلادر ۲۴ اینچ آیتم دو	۸	۱
رینگ بلادر ۲۴ اینچ آیتم سه	۱۱	۵
رینگ بلادر ۱۶ اینچ آیتم دو	۲	۱
رینگ بلادر ۱۶ اینچ آیتم سه	۲	۱



نمودار ۱- نمودار مقایسه‌ای نقطه سفارش و نخیره احتیاطی اقلام

گونگون

مراجع

1. Bousdekis A, Papageorgiou N, Magoutas B, Apostolou D, Mentzas G (2017) A Proactive Event-Driven Decision Model for Joint Equipment Predictive Maintenance and Spare Parts Inventory Optimization. *Procedia CIRP* 59: 184- 189. doi:https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.09.015
2. Garcia- Herreros P, Agarwal A, Wassick JM, Grossmann IE (2016) Optimizing inventory policies in process networks under

- uncertainty. Computers & Chemical Engineering 92: 256- 272. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.05.014>
3. Mikalef P, Pateli A (2017) Information technology- enabled dynamic capabilities and their indirect effect on competitive performance: Findings from PLS- SEM and fsQCA. Journal of Business Research 70:1-16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.09.004>
 4. Mohammaditabar D, Ghodsypour SH, Hafezalkotob A (2016). A game theoretic analysis in capacity- constrained supplier-selection and cooperation by considering the total supply chain inventory costs. International Journal of Production Economics 181: 87- 97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.11.016>
 5. Goyal S (1977). An integrated inventory model for a single supplier- single customer problem. The International Journal of Production Research 15 (1): 107- 111
 6. Banerjee A (1986) A joint economic- lot- size model for purchaser and vendor. Decision sciences 17 (3): 292- 311
 7. Goyal SK (1988) "A JOINT ECONOMIC- LOT- SIZE MODEL FOR PURCHASER AND VENDOR": A COMMENT. Decision sciences 19 (1): 236- 241
 8. Lu L (1995) A one-vendor multi-buyer integrated inventory model. European journal of operational research 81 (2):312- 323
 9. Pan JC- H, Yang J- S (2002) A study of an integrated inventory with controllable lead time. International Journal of Production Research 40 (5): 1263- 1273
 10. Ouyang L- Y, Wu K- S, Ho C- H (2007) An integrated vendor- buyer inventory model with quality improvement and lead time reduction. International Journal of Production Economics 108 (1-2): 349- 358
 11. Hadley G, Whitin TM (1963) Analysis of inventory systems.
 12. Liao C- J, Shyu C- H (1991) an analytical determination of lead time with normal demand. International Journal of Operations & Production Management 11 (9): 72- 78
 13. Ben- Daya Ma, Raouf A (1994) Inventory models involving lead time as a decision variable. Journal of the Operational Research Society 45 (5): 579- 582
 14. Ouyang L- Y, Yeh N- C, Wu K- S (1996) Mixture inventory model with backorders and lost sales for variable lead time. Journal of the Operational Research Society 47 (6): 829- 832
 15. Lee W- C (2005) Inventory model involving controllable backorder rate and variable lead time demand with the mixtures of distribution. Applied mathematics and computation 160 (3): 701- 717
 16. Lee W- C, Wu J- W, Lei C- L (2007) Computational algorithmic procedure for optimal inventory policy involving ordering cost reduction and back- order discounts when lead time demand is controllable. Applied mathematics and computation 189 (1): 186- 200
 17. Purohit AK, Choudhary D, Shankar R (2015) Inventory Lot- Sizing under Dynamic Stochastic Demand with Carbon Emission Constraints. Procedia- Social and Behavioral Sciences 189: 193- 197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.03.214>
 18. Chapman J (2007) Unlocking the essentials of effective blood inventory management. Transfusion 47: 190S- 196S

C Determining Reorder Point and Safety Stock in an Inventory Management System with Uncertainty in Demand and Lead Times (Case Study: Bladder Rings in Tire Curing Process)

Gh. Safari*, M. Deyhim and M. Chamarloo

1. The Head of Technical Warehouses and Supplies of Pars Tire Co.
2. The Chairman of the Tire Curing Pars Tire Co.
3. Supervisor of Orders for Pars Tire Co.

*Corresponding author Email: Gh_s_borhan@yahoo.com

Recieved: June 2018, Accepted: September 2018

Abstract: In present complicated business environment, uncertainties have a great role. In the meantime, for business continuity, the organizations must have more accuracy about their requirements. Uncertainty in lead times is a usual issue in supply chains. This issue comes from some constraints in financial and logistic systems. For this reason, using of inventory control models with deterministic parameters can create various mistakes. To overcome these issues the stochastic inventory models are used. Since the bladder rings are considered as production tools in tire manufacturing process then optimal inventory management of these items can due to more productivity. In this study, we propose a new mathematical model for an inventory control systems with uncertainty in demand and lead times. The results demonstrate that using of proposed model can lead to reducing the shortage costs and increasing of service level of warehouse. Furthermore, existence of coordination between reorder point and safety stock with demand level and lead times shows that the proposed mathematical model has a good potential to use in real-life problems.

Keywords: Lead times, Reorder point, Safety stock, Stochastic inventory models.