



## An Analysis of Multiple Shipment Models in Inventory Control Systems: A Review

Miad Saberi<sup>1</sup> and Hadi Mokhtari<sup>2</sup>

- 1 .BSc. in Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran, Email: [miadsaberi1380@gmail.com](mailto:miadsaberi1380@gmail.com)
2. Corresponding Author, Associate Prof. of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Email: [mokhtari\\_ie@kashanu.ac.ir](mailto:mokhtari_ie@kashanu.ac.ir)

| Article Info  | ABSTRACT   |
|---|--|
| <p><b>Article type:</b><br/>Research Article</p> <p><b>Article history:</b><br/>Received 27 Jul 2024<br/>Received in revised form 7 Nov 2024<br/>Accepted 18 Feb 2025<br/>Published online 18 Mar 2025</p> <p><b>Keywords:</b><br/>Multiple shipment<br/>Discrete delivery<br/>Multiple delivery<br/>Multiple transport.</p>              | <p>One of the major assumptions considered in various inventory control models is that the issuance of goods and their delivery to the customer is considered a continuous process, while in reality, vehicles are used for delivering goods, and a continuous replenishment policy is usually infeasible. In this regard, numerous researchers have conducted extensive studies since the 1990s and have addressed various aspects of this type of delivery policy, using keywords such as periodic delivery, discrete delivery, multiple shipments, etc. In this research, a literature review of multiple shipment models in inventory control systems is provided, and in this regard, approximately 120 scientific articles that included this topic in their titles, keywords, diagrams, and detailed discussions in the text have been reviewed. Out of all these articles, 75 articles have been further examined, some of which will be visible in a comparative table format. Additionally, the reviewed articles are categorized into two types: based on the type of model and based on the details of multiple shipments, and they are discussed under these titles. In the classification based on the type of model, EOQ, EPQ, and FPR models have been considered, and in the other classification, regardless of the model on which multiple shipments are implemented, articles that address more details of periodic delivery are provided.</p> |
| <p><b>Cite this article:</b> Saberi, M. &amp; Mokhtari, H., (2024)., An Analysis of Multiple Shipment Models in Inventory Control Systems: A Review. <i>Engineering Management and Soft Computing</i>, 10 (2). 1-26. DOI: <a href="https://doi.org/10.22091/jemsc.2025.11078.1185">https://doi.org/10.22091/jemsc.2025.11078.1185</a></p> |  |
|   | <p>© The Author(s)<br/>DOI: <a href="https://doi.org/10.22091/jemsc.2025.11078.1185">https://doi.org/10.22091/jemsc.2025.11078.1185</a></p>  |
| <p><b>Publisher:</b> University of Qom</p>  |  |

## تحلیلی بر مدل‌های ارسال چندگانه در سیستم‌های کنترل موجودی: مطالعه مروری

میعاد صابری<sup>۱</sup> و هادی مختاری<sup>۲</sup>

۱. فارغ‌التحصیل کارشناسی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. رایانامه: [miadsaberi1380@gmail.com](mailto:miadsaberi1380@gmail.com)

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. رایانامه: [mokhtari\\_ie@kashanu.ac.ir](mailto:mokhtari_ie@kashanu.ac.ir)

| اطلاعات مقاله                    | چکیده  |
|----------------------------------|--|
| <b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی   | یکی از عمده‌ترین فرضیاتی که در مدل‌های مختلف کنترل موجودی در نظر گرفته می‌شود، این است که ارسال کالا را امری پیوسته می‌داند، حال آنکه در واقعیت، از وسایل نقلیه برای تحویل کالا استفاده می‌شود، و یک روش تکمیل مداوم، معمولاً غیرقابل اجرا است. در این راستا، پژوهشگران متعدد، مطالعات گسترده‌ای را از دهه ۱۹۹۰، شروع کرده و به جنبه‌های مختلف این نوع سیاست تحویل، با کلیدواژه‌های تحویل دوره‌ای، تحویل گسسته، ارسال چندگانه و... پرداخته‌اند. در این پژوهش، به مرور ادبی مدل‌های ارسال چندگانه در سیستم‌های کنترل موجودی پرداخته شده و در این راستا، حدوداً ۱۳۰ مقاله علمی که این مبحث را چه در عنوان، چه در کلیدواژه‌ها، چه در نمودارها و چه به صورت تفصیلی در متن شامل می‌شد، مورد بررسی قرار گرفته است. از جمیع این مقالات، تعداد ۶۸ مقاله مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفته که برخی از آن‌ها در قالب جدول و با منظر مقایسه، قابل مشاهده خواهند بود. همچنین مقالات مورد بررسی، در دو نوع دسته‌بندی، براساس نوع مدل و براساس جزئیات ارسال چندگانه، تفکیک شده و ذیل این عناوین به آن‌ها پرداخته شده است. در دسته‌بندی براساس نوع مدل، مدل‌های EOQ، EPQ و FPR در نظر گرفته شده‌اند و در دسته‌بندی دیگر، فارغ از مدلی که ارسال چندگانه بر مبنای آن پیاده‌سازی شده، مقالاتی که به جزئیات بیشتری از تحویل دوره‌ای می‌پردازد، آورده شده است. |
| <b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۳/۰۵/۰۶  |  |
| <b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۳/۰۸/۱۷ |  |
| <b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۳/۱۱/۳۰   |  |
| <b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۳/۱۲/۳۰  |  |
| <b>کلیدواژه‌ها:</b>              |  |
| ارسال چندگانه                    |  |
| تحویل چندگانه                    |  |
| تحویل گسسته                      |  |
| حمل و نقل چندگانه                |  |
| سیاست ارسال ناپیوسته             |  |

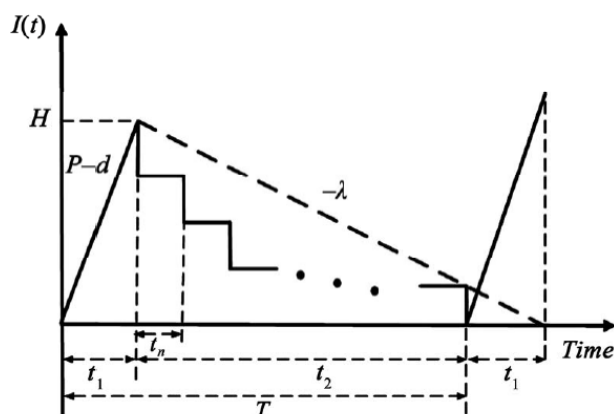
**استناد:** صابری، میعاد و مختاری، هادی. (۱۴۰۳). «تحلیلی بر مدل‌های ارسال چندگانه در سیستم‌های کنترل موجودی: مطالعه مروری». مدیریت مهندسی و

رایانش نرم، دوره ۱۰ (۲). صص: ۱-۲۶. <https://doi.org/10.22091/jemsc.2025.11078.1185>



## (۱) مقدمه

یکی از فرضیاتی که در هر مدل‌های پایه‌ای EOQ و EPQ وجود دارد، این است که ارسال کالا را امری پیوسته در نظر می‌گیرند، حال آنکه در واقعیت، از وسایل نقلیه برای تحویل کالا استفاده می‌شود، و یک روش تکمیل مداوم، معمولاً غیرقابل اجرا است. در عمل از وسایل نقلیه برای تحویل استفاده می‌شود و روش تحویل پیوسته عملاً غیرقابل اجرا است. پژوهشگران از دهه ۱۹۹۰ با بررسی گسترده به جنبه‌های مختلف سیاست‌های تحویل، با استفاده از کلیدواژه‌های تحویل دوره‌ای، تحویل گسسته، ارسال چندگانه و غیره، مطالعات بسیار زیاد و گسترده‌ای را آغاز کرده‌اند. در واقع، نقد و بررسی دقیق این جنبه‌ها به پژوهشگران کمک می‌کند تا الگوریتم‌های بهینه‌سازی مناسب برای ساماندهی فعالیت‌های تحویل کالا را پیدا کنند. به علاوه، شناسایی نقطه بهینه بین هزینه حمل و نقصانات مختلف نظیر خطا در سفارشات و زمانبندی مناسب تحویل کالا، جزء چالش‌های مطالعات حوزه کنترل موجودی است. همچنین چندین پارامتر در تحویل گسسته یا به عبارتی ارسال چندگانه گنجانده شده است، مانند ظرفیت وسیله نقلیه، زمان حمل تا نقطه تقاضا و غیره. در نظر گرفتن این پارامترها می‌تواند عملکرد سیستم موجودی را به طور قابل توجهی تغییر دهد. در ادامه نمودار EPQ با ارسال چندگانه را مشاهده می‌نمایید (نمودار ۱).



نمودار ۱. نمودار مدل EPQ با تحویل ناپیوسته و حمل و نقل چندگانه

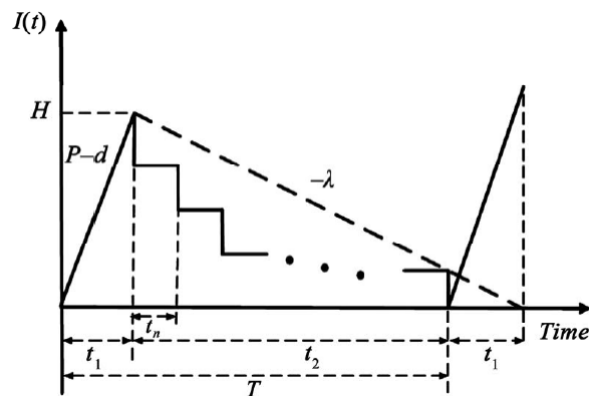
همانطور که قبلاً نیز مطرح شد، پژوهشگران حوزه کنترل موجودی، همواره کوشیده‌اند تا فرضیات غیرواقعی مقالات قبلی را حذف کرده و با واقعی‌تر کردن فضای مسئله، آن را کاربردی کنند تا برای پیاده‌سازی در شرایط روز کارخانجات صنعتی و شرکت‌های تولیدی مناسب‌تر باشد. در همین راستا، تحقیق و مطالعه در رابطه با مدل‌های مختلف ارسال چندگانه در سیستم‌های کنترل موجودی، امری است که به بهره‌وری بنگاه‌های صنعتی و تولیدی کمک کرده و نهایتاً به رضایت بیشتر مشتریان ختم خواهد شد. در این تحقیق مروری بر ادبیات مدل‌های کنترل موجودی با ارسال چندگانه ارائه می‌شود.

## (۲) روش‌شناسی پژوهش

### ۱-۲) مروری بر تاریخچه ادبیات ارسال چندگانه

همانطور که قبلاً نیز بیان شد یکی از فرضیاتی که در مدل‌های مختلف کنترل موجودی وجود دارد، این است که ارسال

کالا را امری پیوسته در نظر می گیرند، حال آنکه در واقعیت، از وسایل نقلیه برای تحویل کالا استفاده می شود، و یک روش تکمیل مداوم، معمولاً غیر قابل اجرا است. همچنین چندین پارامتر در تحویل گسسته یا به عبارتی ارسال چند گانه گنجانده شده است، مانند ظرفیت وسیله نقلیه، زمان حمل تا نقطه تقاضا و غیره. در نظر گرفتن این پارامترها می تواند عملکرد سیستم موجودی را به طور قابل توجهی تغییر دهد. برای فهم بیشتر، نمودار موجودی بر حسب زمان برای این نوع سیاست تحویل را مجدداً مشاهده می کنیم (نمودار ۲):



نمودار ۲. نمودار مدل EPQ با تحویل ناپیوسته و حمل و نقل چند گانه

برای مرور مقالاتی که در این زمینه نگارش شده اند، دو نوع دسته بندی زیر در نظر گرفته شده است:

(۱) دسته بندی بر اساس نوع مدل

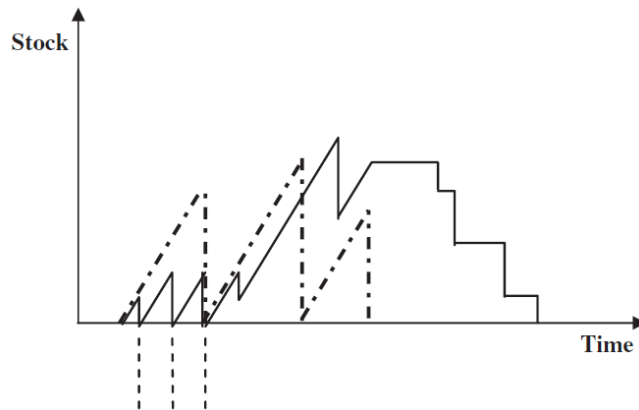
(۲) دسته بندی بر اساس جزئیات ارسال چند گانه

### ۲-۱-۱) دسته بندی بر اساس نوع مدل

بر اساس نوع مدلی که هر پژوهشگر، موضوع ارسال چند گانه را بر مبنای آن ارائه داده است، سه دسته عمده مورد بررسی قرار می گیرند: مدل های EOQ1 با ارسال چند گانه، مدل های EPQ2 با ارسال چند گانه، مدل های FPR3 با ارسال چند گانه

### مدل های EOQ با ارسال چند گانه

از اولین پژوهش هایی که پیوند اشتراک میان مدل EOQ و سیاست ارسال چند گانه ایجاد کرد، مقاله سجادی و همکاران (۲۰۰۶) در سال ۲۰۰۶ بود. در این مقاله مفهوم اندازه انباشته اقتصادی مشترک برای اصلاح روش کلاسیک شناخته شده EOQ (مقدار سفارش اقتصادی) مطرح شده است. ایده اصلی این مفهوم، در نظر گرفتن همکاری دو طرف (خریدار و فروشنده) برای تعیین اندازه انباشته اقتصادی سودآورتر و در نتیجه دور شدن از فرآیند چانه زنی متخاصم است. در نمودار ۳ نمودار موجودی فروشنده بر حسب زمان برای این مدل را مشاهده می کنید:

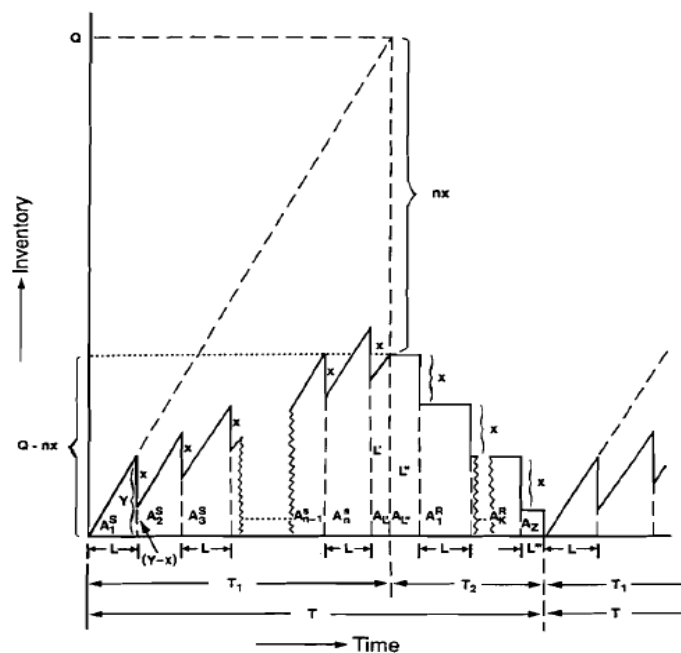


نمودار ۳. سطح موجودی فروشنده بر حسب زمان (خطوط توپر و خطوط چین به ترتیب نشان‌دهنده سطح موجودی با و بدون حمل و نقل چندگانه هستند) [۱۲]

اما با توجه به اینکه مدل EPQ به نوعی پیشرفته‌تر و در فضای تولید واقعی تر از مدل EOQ محسوب می‌شود، عمده مقالاتی که در زمینه ارسال چندگانه نگارش می‌شوند، بیشتر بر پایه مدل‌های EPQ یا EMQ هستند. به همین دلیل مقالات حمل و نقل چندگانه با مدل EOQ فراوانی چندانی ندارد.

#### ۱-۱-۱-۲) مدل‌های EPQ/EMQ با ارسال چندگانه

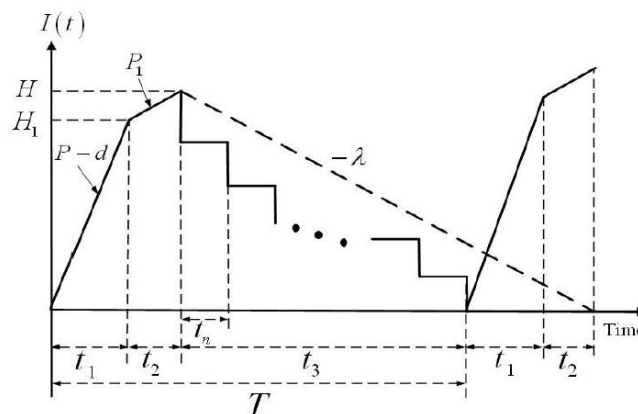
از قدیمی‌ترین مقالاتی که سیاست ارسال ناپیوسته در آن مشاهده می‌شود، پژوهش‌های سرکار و همکاران (۱۹۹۲-۱۹۹۴) و (۲۰۰۱-۲۰۰۲) است که سال انتشار آن‌ها به ۱۹۹۲ الی ۱۹۹۴ میلادی بازمی‌گردد. همانطور که در نمودار ۴ نیز قابل مشاهده است، در نمودار این مطالعات که در آن‌ها یک سیستم تحویل به موقع (JIT) مورد بررسی قرار گرفته، از سیاست ارسال چندگانه استفاده شده است.



نمودار ۴. نمودار موجودی در دست بر حسب زمان در یک مدل EMQ با سیستم تحویل JIT [۷]

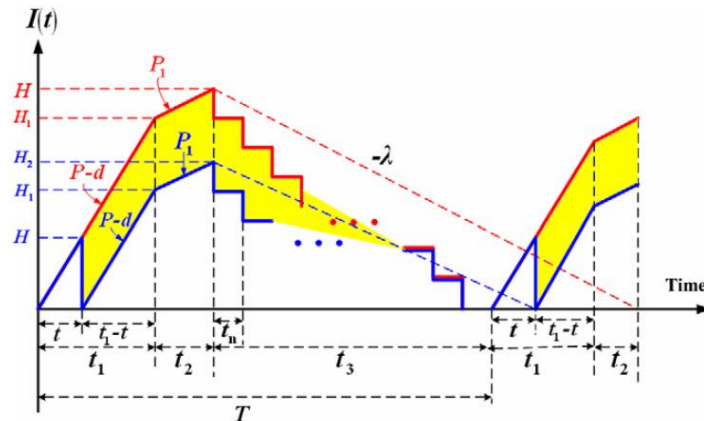
پس از آن نیز، پژوهش‌هایی با همین موضوع توسط سرکار و خان (۲۰۰۲) در سال ۲۰۰۲ انجام گرفت. در ادامه، دو دانشمند ایرانی، پسندیده و اخوان نیاکی [۱۳] به منظور کاربردی‌تر کردن مدل EPQ برای نمودارات تولید در دنیای واقعی و کنترل موجودی، در پژوهشی، این مدل را با این فرض گسترش دادند که سفارش‌ها ممکن است به صورت گسسته در قالب پالت‌های متعدد تحویل داده شوند. علاوه بر این، ممکن است بیش از یک محصول همراه با محدودیت فضای انبار وجود داشته باشد. تحت این شرایط، مسئله را به عنوان یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح غیر خطی فرموله کرده و یک الگوریتم ژنتیک برای حل آن پیشنهاد دادند.

اما همانطور که در چکیده این پژوهش نیز بیان شد، برای اولین بار در سال ۲۰۰۹، چپو و همکاران (۲۰۰۹)، به صورت متمرکزتر از گذشته به این موضوع پرداخته، و مدل خود را با این سیاست تحویل، ارائه کردند. می‌توان گفت این مقاله، از اولین پژوهش‌ها از سیر تکاملی بحث ارسال چندگانه در کنترل موجودی است که توسط نویسندگان این مقاله، شروع شد. در ادامه این مسیر، اکثر پژوهش‌های انجام شده، از نمودارها و رهنمودهای این مقاله بهره بردند. (نمودار ۵)



نمودار ۵. موجودی در دسترس اقلام با کیفیت عالی در مدل EPQ با خط مشی تحویل چندگانه، ضایعات و دوباره‌کاری [۱۳]

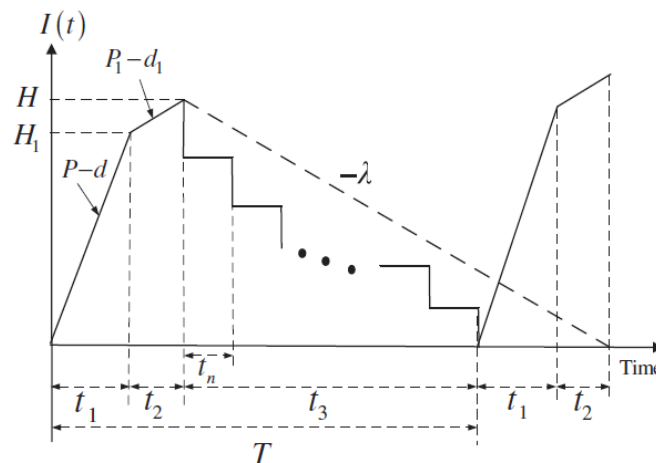
همانطور که در نمودار ۹ نیز قابل مشاهده است، در این مدل علاوه بر سیاست تحویل چندگانه، با توجه به وجود ضایعات، دوباره‌کاری و تضمین کیفیت نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. به این صورت که پس از طی شدن بازه زمانی  $t_1$  و سپری شدن دوره اصلی تولید، در بازه زمانی  $t_2$  عملیات دوباره‌کاری بر روی اقلام معیوب آغاز می‌شود و اقلام پس از برخورداری از کیفیت مناسب، به انبار موجودی اضافه می‌شوند. یک سال بعد چپو و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله‌ای جدید، با ارائه رویکرد جبری و ساده‌تر نسبت پژوهش قبلی، به نوعی آن را توسعه دادند. همچنین در توسعه دیگری به منظور کاهش هزینه نگهداری سهام تامین‌کننده، چپو و همکاران (۲۰۱۱) مسئله مطالعه شده توسط چپو و همکاران (۲۰۱۱) را مجدداً بررسی کرده و یک خط مشی تحویل  $n+1$  را به جای طرح چند تحویلی  $n$  تایی برای آنها در نظر می‌گیرد. تحت خط مشی پیشنهادی، تحویل اولیه اقلام کامل (با کیفیت مناسب) به مشتری برای ارضای تقاضای محصول در طول زمان تولید منظم و زمان دوباره‌کاری سازنده توزیع می‌شود. سپس، در پایان دوباره‌کاری، زمانی که بقیه انباشت تولید تضمین شده است (از کیفیت مناسب برخوردار شده است)، تعداد ثابت  $n$  قسط از محصولات نهایی در یک بازه زمانی مشخص به مشتری تحویل داده می‌شود. نمودار موجودی این مدل در نمودار ۶ قابل مشاهده است:



نمودار ۶. کاهش مورد انتظار در هزینه‌های نگهداری موجودی (به رنگ زرد) مدل پیشنهادی [۲۶] در مقایسه با مدل Chiu و همکاران [۳]

همچنین در توسعه همین مدل از چيو و همکاران (۲۰۱۲)، مقاله ديگري توسط چيو و همکاران (۲۰۱۳) در سال ۲۰۱۳ نگارش شده که در آن یک روش حل ساده شده برای بررسی مجدد مقاله قبل ارائه می‌کند. این رویکرد جایگزین، افراد با دانش کم از حساب دیفرانسیل و انتگرال را قادر به درک راحت‌تر و مدیریت چنین مسئله یکپارچه خریدار - فروشنده واقعی می‌کند.

در ادامه، پژوهش مشابه ديگري توسط چيو و همکاران (۲۰۱۳) انجام گرفت که در آن از روش عددی برای تعیین اندازه انباشته بهینه برای یک سیستم تولیدی با سیاست ارسال موجودی ناپيوسته و دوباره کاری ناقص اقلام معيوب تصادفی استفاده می‌شود. تفاوتی که این مدل با مدل‌های قبلی دارد، در نوع دوباره کاری می‌باشد. در این مدل در طول فرآیند دوباره کاری، شکست در تعمیر وجود دارد. یعنی ممکن است بخشی از اقلام بازسازی شده از بین رفته و به ضایعات تبدیل شود. اقلام تمام شده تنها در صورتی می‌توانند به مشتریان تحویل داده شوند که در پایان دوباره کاری از کیفیت کامل اطمینان حاصل شود. در نمودار ۷ نمودار این مدل را می‌بینید:



نمودار ۷. موجودی در دسترس اقلام با کیفیت عالی در مدل EMQ با خط مشی تحویل چندگانه، دوباره کاری و خرابی در تعمیر [۱۶]

در مقاله‌ای که یک از سال پس از همین پژوهش به انتشار رسید، لی و همکاران (۲۰۱۱) آن را به شرح زیر توسعه دادند:

در مقاله قبل چیو و همکاران (۲۰۱۴) اندازه انباشت بهینه را برای یک سیستم تولیدی با سیاست ارسال ناپیوسته و دوباره کاری ناقص مورد مطالعه قرار دادند. آنها یک طرح چند تحویلی  $n$  تایی را اتخاذ کردند که در پایان فرآیند دوباره کاری شروع می‌شود، زمانی که کل قسمت از کیفیت اطمینان حاصل شود. این مقاله، مدل قبل را با هدف کاهش هزینه نگهداری سهام تامین کننده، گسترش داده و یک خط مشی تحویل  $n + 1$  تایی را به جای طرح چند تحویلی  $n$  تایی آنها پیشنهاد می‌کند.

اما توسعه دیگری نیز بر روش عددی که چیو و همکاران (۲۰۱۴) استفاده کردند انجام شده. چیو و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای یک رویکرد جایگزین (یعنی بدون مشتقات) برای حل یک مدل EPQ خاص با سیاست ارسال ناپیوسته و فرآیند دوباره کاری ارائه می‌کند. این رویکرد جایگزین ممکن است متخصصانی را که دانش کمی از حساب دیفرانسیل و انتگرال دارند، قادر سازد تا چنین سیستم تولید واقعی را به راحتی درک کنند.

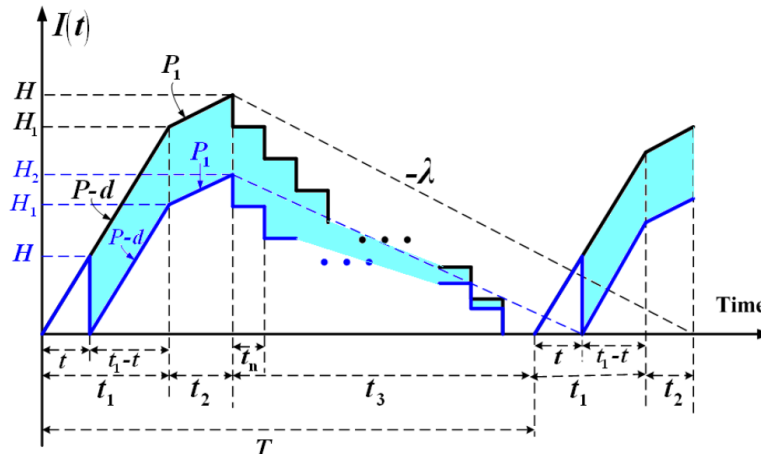
در سال ۲۰۱۱، چیو و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله‌ای از مدل‌سازی ریاضی برای تعیین خط‌مشی بهینه پر کردن موجودی برای مقدار تولید اقتصادی (EMQ) با دوباره کاری و ارسال چندگانه استفاده می‌کنند. یک سال بعد چیو و همکاران (۲۰۱۲)، در توسعه همین مقاله یک رویکرد جبری ساده برای انجام این کار پیشنهاد می‌کنند.

در مقاله مشابهی چیو و همکاران (۲۰۱۵) اندازه و خط مشی حمل و نقل بهینه را برای یک مدل کمیت تولید اقتصادی (EPQ) با تحویل‌های متعدد و دوباره کاری اقلام معیوب تصادفی استخراج می‌کنند. در این مطالعه که مجله ایرانی وابسته به دانشگاه صنعتی شریف آن را منتشر کرده، فرض بر این است که اقلام با کیفیت ناقص به دو گروه تقسیم می‌شوند: اقلام قراضه و اقلام قابل دوباره کاری. همچنین خرابی در تعمیر نیز وجود دارد، از این رو اقلام قراضه اضافی تولید می‌شود. اقلام تمام شده تنها در صورتی می‌توانند به مشتریان تحویل داده شوند که در پایان دوباره کاری از کیفیت کامل اطمینان حاصل شود. در این مطالعه از مدل‌سازی ریاضی استفاده شده و تابع هزینه متوسط تولید - موجودی - تحویل بلندمدت استخراج می‌شود.

در پژوهشی چیو و همکاران (۲۰۱۵)، به تعیین مشترک اندازه تولید بهینه و تعداد بهینه محموله برای یک مدل EPQ با دوباره کاری اقلام معیوب تصادفی تولید شده پرداختند. در این مطالعه، تمام اقلام غیرمنطبق تولید شده قابل تعمیر در نظر گرفته شده و در هر چرخه پس از پایان یک دوره تولید، مجدداً کار می‌شوند. اقساط چندگانه با مقدار ثابت از دسته تمام شده تنها در صورتی می‌تواند به مشتریان تحویل داده شود که در پایان دوباره کاری از کیفیت کامل اطمینان حاصل شود. در ادامه، همین مدل توسط چیو و همکاران (۲۰۱۶) گسترش یافت. در این توسعه یک سیاست تحویل محصول با هدف کاهش هزینه‌های نگهداری سهام فروشنده و خریدار پیشنهاد می‌شود. تحت سیاست افزایش پیشنهادی، یک تحویل اضافی از قبل از اقلام نهایی به خریدار توزیع می‌شود تا تقاضای محصول در طول زمان تولید و کار مجدد تامین کننده برآورده شود. سپس تعداد ثابت  $n$  قسط از اقلام تمام شده در پایان دوباره کاری به خریدار تحویل داده می‌شود. این مطالعه با استفاده از مدل‌سازی ریاضی به همراه معادلات ماتریس، اندازه بهینه تولید و همچنین تعداد بهینه تحویل را بدست می‌آورد

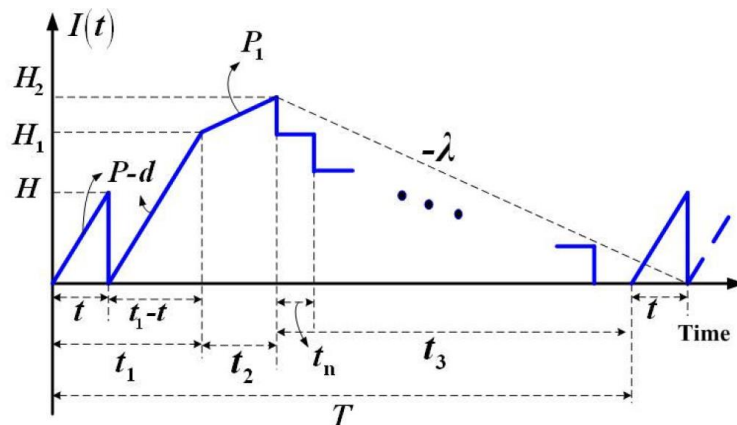


که هزینه‌های کل را برای سیستم یکپارچه فروشنده-خریدار پیشنهادی با سیاست حمل و نقل محصول افزایش می‌دهد. همچنین یک مثال عددی همراه با چند سناریو برای نشان دادن صرفه‌جویی قابل توجه از مدل پیشنهادی ارائه شده است. (نمودار ۸)



نمودار ۸. سطح موجودی ارقام کامل فروشنده در مدل پیشنهادی (به رنگ آبی) و کاهش مورد انتظار در هزینه‌های نگهداری (در سایه آبی روشن) [۳۰] هنگام مقایسه با مدل Chiu و همکاران [۲۲]

همین مقاله نیز توسط چيو و همکاران (۲۰۱۶) ساده سازی شده است. در این مطالعه یک رویکرد جایگزین برای بررسی مجدد روش حل مسئله خود بدون نیاز به ارجاع حساب دیفرانسیل ارائه می‌شود. چنین رویکرد جبری سراسر به تمرین کنندگانی که ممکن است دانش کافی از حساب دیفرانسیل را نداشته باشند، کمک می‌کند تا به آسانی چنین سیستم حمل و نقل تولیدی یکپارچه‌ای را درک کنند. (نمودار ۹)

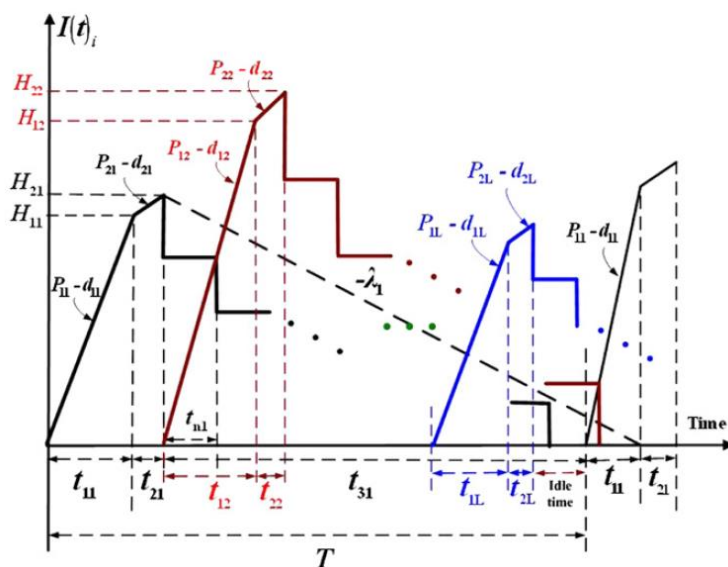


نمودار ۹. موجودی در دست فروشنده از ارقام با کیفیت عالی برای مدل پیشنهادی با دوباره کاری و سیاست تحویل مجدد (n+1) [۲۹]

ریتا و مارتین (۲۰۱۳) در مقاله‌ای که سال ۲۰۱۳ به انتشار رسید، یک مدل ریاضی را ارائه می‌کنند که سیاست پر کردن موجودی بهینه را برای کمیت تولید اقتصادی (EMQ) با دوباره کاری و حمل و نقل چندگانه همراه با گنجاندن هزینه تعویض و بسته‌بندی تعیین می‌کند.

در سال ۲۰۱۳ مطالعه‌ای توسط چيو و همکاران (۲۰۱۳) انجام می‌گیرد که به زمان چرخه مشترک بهینه برای یک سیستم تولید چند موردی با تحویل ناپیوسته و شکست در دوباره کاری مربوط می‌شود. در این مقاله به تأثیرات تحویل چند گانه و شکست در دوباره کاری بر تصمیمات چرخه تولید مشترک سیستم‌های تولید چند موردی توجه شده است. نیز از مدل‌سازی ریاضی برای تعیین چرخه مشترک بهینه استفاده شده که هزینه متوسط بلندمدت را برای چنین سیستم تولید چند موردی خاص به حداقل می‌رساند.

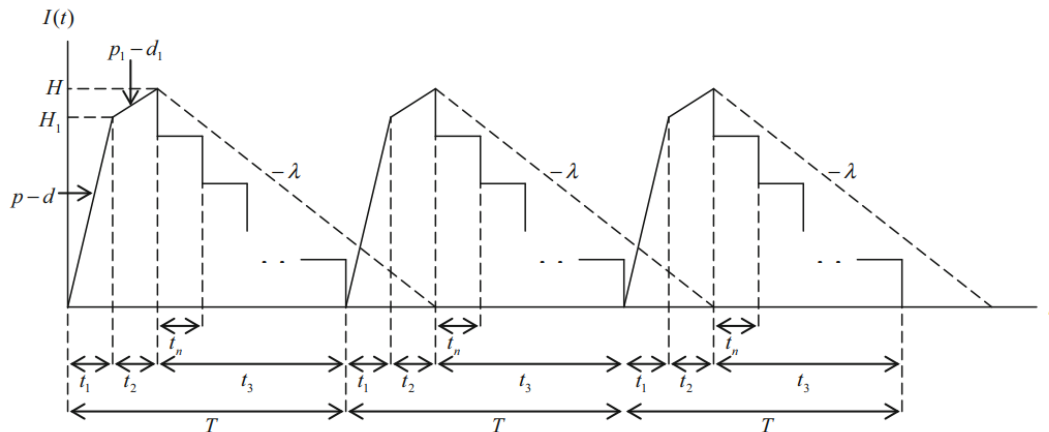
همچنین چيو و همکاران (۲۰۱۴)، در مقاله‌ای دیگر، به توسعه همین مدل پرداختند. یک رویکرد جایگزین برای تعیین زمان چرخه مشترک برای یک سیستم تولید چند موردی با تحویل ناپیوسته و شکست در دوباره کاری برای پژوهش ریتا و همکاران (۲۰۱۳) در این مطالعه پیشنهاد شده است. این مقاله نشان داده است که چنین زمان چرخه مشترک بهینه را می‌توان بدون مشتقات به دست آورد و به وسیله روش ساده‌تری که ارائه می‌دهد، متخصصان با دانش کم یا بدون دانش حساب دیفرانسیل را قادر می‌سازد تا سیستم‌های تولید چند موردی واقعی را به طور مؤثرتری درک و مدیریت کنند. نمودار موجودی این مدل را در نمودار ۱۰ مشاهده می‌شود.



نمودار ۱۰. سطح موجودی در دست محصول با کیفیت عالی  $\alpha$  در سیستم تولید چند موردی پیشنهادی تحت سیاست زمانی چرخه مشترک [۴۰]

همچنین در همان سال ۲۰۱۳، چيو و همکاران (۲۰۱۳)، در پژوهشی به تعیین مشترک زمان چرخه چرخش و تعداد محموله‌ها برای مدل کمیت تولید اقتصادی چند موردی (EPQ) با نرخ نقص تصادفی پرداختند. این مطالعه به عوامل عملی مانند تولید اقلام معیوب، به حداکثر رساندن استفاده از ماشین و سیاست تحویل چند گانه پرداخته و یک مدل EPQ چند موردی با نرخ ضایعات تصادفی و سیاست تحویل چند گانه را بررسی می‌کند. در سال ۲۰۱۵، طالعی‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله‌ای که کار چيو و همکاران (۲۰۱۵) را بهبود بخشیده، یک مدل موجودی EPQ را با فرآیند دوباره کاری، سیاست

حمل و نقل چندگانه و قیمت گذاری توسعه می‌دهد. موجودی EPQ پیشنهادی، اندازه انباشت تکمیلی و قیمت فروش را به طور مشترک تعیین می‌کند. (نمودار ۱۱)

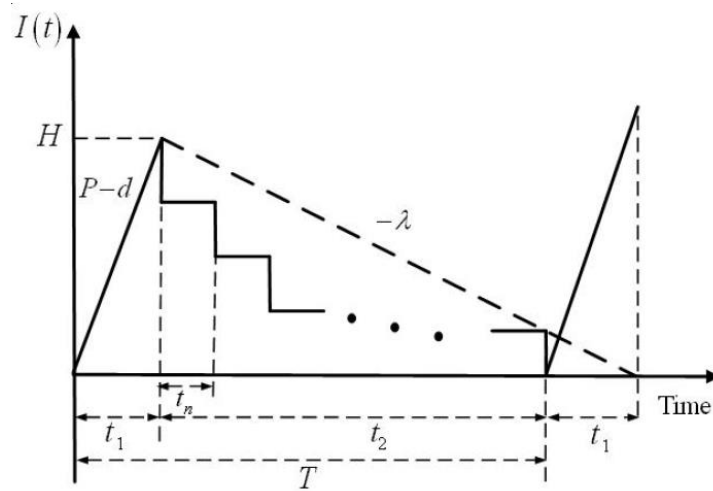


نمودار ۱۱. سطح موجودی اقلام با کیفیت عالی در مدل EPQ با سیاست تحویل چندگانه و دوباره‌کاری [۴۴]

اما یکی از جدیدترین پژوهش‌هایی که در این حوزه به انتشار رسیده است، پژوهش فلاحی و همکاران (۲۰۲۳) می‌باشد. تعمیر و نگهداری تجهیزات و فعالیت‌های مرتبط، سیاست‌های حمل و نقل و جنبه‌های کیفی از جمله چالش‌های محیط کسب و کار رقابتی هستند. از سوی دیگر، نمودارات گرمایش زمین باعث می‌شود فشارهای متفاوتی از سوی دولت‌ها بر شرکت‌ها وارد شود تا این نوع نگرانی‌ها و دغدغه‌ها را در فعالیت خود در نظر بگیرند. فلاحی و همکاران دریافتند که هیچ‌کس یک مدل موجودی - تولید پایدار را به گونه‌ای مطالعه نمی‌کند که کیفیت ناقص اقلام، طرح PM4 و خط‌مشی حمل و نقل چندگانه در نظر گرفته شود. از این رو آن‌ها یک مدل کمیت تولید اقتصادی پایدار با در نظر گرفتن سیاست‌های نگهداری پیشگیرانه و حمل و نقل چندگانه در جایی که بخشی از اقلام تولید شده معیوب است را فرموله کردند. همچنین دو مورد خاص مورد مطالعه قرار گرفته است. در مورد اول، تقاضای دوره تولید توسط اقلام تولید شده در چرخه قبلی ارضا می‌شود. در مورد دوم، تولید و مصرف همزمان در طول دوره تولید در نظر گرفته شده و به صورت ریاضی فرموله شده است. همچنین یک روش تحلیلی برای حل مدل‌ها ارائه شده است و یک مثال عددی نیز برای هر دو مورد مطرح شده است. مقایسه دو مورد ثابت می‌کند که مورد دوم سودمندتر بوده و هزینه کلی سیستم موجودی را کاهش می‌دهد.

## ۲-۱-۱-۲ مدل‌های FPR با ارسال چندگانه

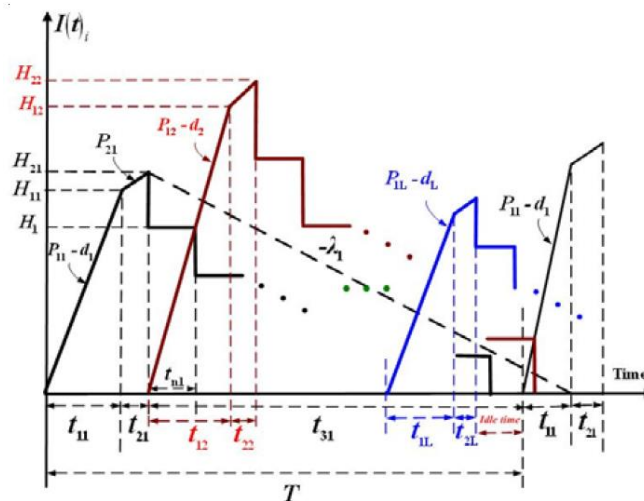
می‌توان گفت اولین تلاقی مدل FPR با سیاست ارسال چندگانه، پژوهش چپو و همکاران (۲۰۱۶) است. این مدل، با توجه به غیرقابل اجتناب بودن تولید اقلام معیوب، با در نظر گرفتن امحاء آن‌ها، علاوه بر خط‌مشی ارسال چندگانه، سیاست تضمین کیفیت را نیز در دستور کار خود قرار می‌دهد. در نمودار ۱۲ نمودار این مدل قابل مشاهده است:



نمودار ۱۲. موجودی در دست اقلام با کیفیت عالی در مدل FPR با ضایعات و سیاست حمل و نقل چندگانه [۱۵]

پس از آن، در پژوهش دیگری از چیو و همکاران (۲۰۱۷) یک مدل نرخ تولید محدود (FPR) با ضایعات و محموله‌های متعدد ارائه شده که با استفاده از روش جبری حل می‌شود. در این تحقیق فرض بر این است که تمام اقلام معیوب، ضایعات هستند و اقلام تنها در صورتی می‌توانند به مشتریان تحویل داده شوند که در پایان دوره تولید، از کیفیت مطمئن برخوردار باشند. این مقاله نشان می‌دهد که اندازه بهینه انباشت و هزینه‌های کلی برای آن مدل FPR فوق‌الذکر می‌تواند بدون مشتقات استخراج شود و در نتیجه، دانشجویان یا افرادی که دانش کمی از حساب دیفرانسیل و انتگرال دارند را قادر می‌سازد تا مدل FPR واقعی را درک کرده و به راحتی آن را مدیریت کنند.

در سال ۲۰۱۲ و در پژوهش دیگری از چیو و همکاران (۲۰۱۲) با هدف تعیین بهینه زمان چرخه تولید مشترک مقاله‌ای نگارش شده که در آن میانگین بلندمدت هزینه در واحد زمان را به حداقل می‌رساند و اثر دوباره کاری بر زمان چرخه مشترک بهینه برای چنین مدل FPR چند موردی خاص با سیاست دوباره کاری و حمل و نقل چندگانه بررسی می‌شود. (نمودار ۱۳)



نمودار ۱۳. موجودی در دست اقلام با کیفیت عالی برای محصول A در یک چرخه تولید مشترک [۲۸]

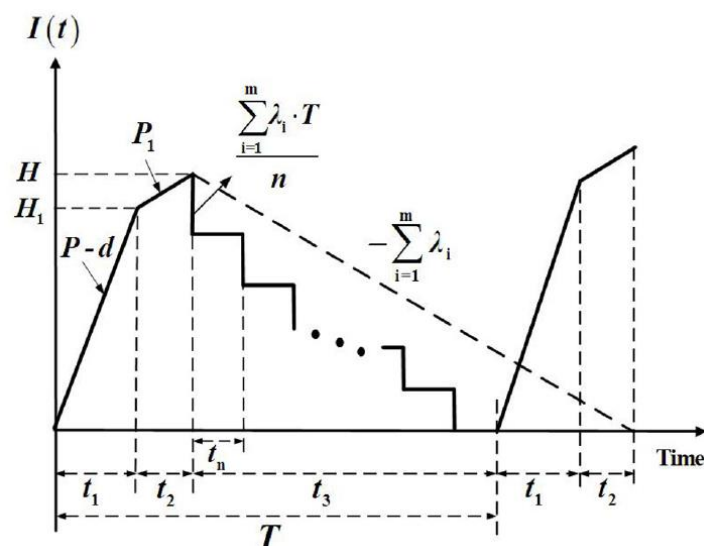
یک سال بعد در سال ۲۰۱۳، چپو و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای به بررسی اثر نرخ ضایعات تصادفی بر مدل نرخ تولید محدود چند آیتمی (FPR) با سیاست حمل و نقل چندگانه می‌پردازد. مدل کلاسیک FPR برنامه ریزی تولید را برای تک محصول، یک شرایط عالی در طول دوره تولید و یک سیاست ارسال موجودی مستمر در نظر می‌گیرد. با این حال، در محیط‌های واقعی تولید، به منظور به حداکثر رساندن استفاده از ماشین، فروشندگان اغلب برنامه‌ریزی می‌کنند تا به نوبه خود  $m$  محصول را روی یک ماشین واحد تولید کنند. همچنین در هر دوره تولیدی به دلیل عوامل مختلف، تولید اقلام غیر منطبق اجتناب ناپذیر است. در این مطالعه فرض بر این است که این اقلام معیوب قابل تعمیر نیستند، بنابراین باید با هزینه اضافی اسقاط شوند و تحویل محصولات نهایی تحت یک سیاست حمل و نقل چندگانه عملی است. هدف ما تعیین زمان چرخه تولید مشترک بهینه است که میانگین بلندمدت هزینه در واحد زمان را به حداقل می‌رساند و تأثیر نرخ ضایعات تصادفی بر زمان چرخه مشترک بهینه را بررسی می‌کند.

چپو و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای یک مدل نرخ تولید محدود تک ماشین تک محصولی (FPR) با تمایز تاخیری و یک سیاست تحویل چندگانه را بررسی می‌کنند. همچنین در ادامه همین مقاله، مطالعه دیگری انجام شده که در آن به یک مدل نرخ تولید محدود چند محصولی (FPR) تمایز تاخیری با خط‌مشی ضایعات و تحویل چندگانه با استفاده از یک طرح تولید دو دستگامی پرداخته شده است.

در ادامه چپو و همکاران (۲۰۱۴) همین مدل را گسترش دادند. یک مدل نرخ تولید محدود چند موردی (FPR) با دوباره کاری و یک سیاست تحویل بهبود یافته در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. برخلاف مدل کلاسیک FPR که هدف آن بدست آوردن اقتصادی‌ترین اندازه برای یک سیستم تولید تک محصولی با کیفیت کامل و یک سیاست ارسال پیوسته است، این مقاله تولید چندین محصول بر روی یک ماشین واحد، بازسازی تمام اقلام غیرمتمم‌دار تولید شده، و یک سیاست کاهش هزینه، چند تحویل را در نظر می‌گیرد. این مطالعه، پژوهش چپو و همکاران (۲۰۱۵) را با گنجانیدن یک سیاست حمل و نقل بهبود یافته  $n+1$  در مدل آن‌ها گسترش داده است. براساس چنین سیاستی، یک تحویل اضافی از اقلام تمام شده در طول زمان تولید فروشنده انجام می‌شود تا تقاضای محصول در طول مدت زمان اضافه و زمان دوباره کاری فروشنده برآورده شود. زمانی که بقیه قطعات تولیدی از کیفیت لازم برخوردار باشند و کار بازسازی آن‌ها نیز به پایان رسیده باشد، تعدادی از قطعات نهایی به مشتریان تحویل داده می‌شود. اهداف تعیین یک زمان چرخه تولید بهینه و مشترک است که میانگین هزینه سیستم در واحد زمانی طولانی مدت را به حداقل می‌رساند، اثرات دوباره کاری و سیاست تحویل بهبود یافته بر تولید بهینه را مطالعه می‌کند.

اما همچنان توسعه بر کار چپو و همکاران (۲۰۱۵) ادامه دارد. چپو و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله جدیدی یک روش حل جبری ساده شده به نسبت کار قبلی را برای بررسی مجدد یک مسئله FPR چند موردی با سیاست دوباره کاری و چند حمل و نقل پیشنهاد کردند. در نتیجه، این مطالعه نشان می‌دهد که زمان چرخه تولید مشترک بهینه را می‌توان بدون استفاده از حساب دیفرانسیل به دست آورد. چنین رویکرد ساده‌ای راه‌حل مفیدی برای مدیران مجرب در رابطه با حل مسئله FPR چند موردی دنیای واقعی است.

چیو و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی که در سال ۲۰۱۴ به انتشار رسید، به مطالعه تصمیم پر کردن - حمل و نقل برای مدل نرخ تولید محدود چند مشتری (FPR) با تضمین کیفیت و تحویل ناپیوسته پرداختند. در این مطالعه در نظر گرفته شده که یک محصول توسط یک تولید کننده تولید می شود و همه اقلام برای هدف کنترل کیفیت غربال می شوند. اقلام غیرمنطبق برداشته شده و به عنوان اقلام ضایعاتی یا قابل تعمیر طبقه بندی می شوند. دوباره کاری بلافاصله پس از تولید منظم در هر چرخه پر کردن انجام می شود. پس از تضمین کیفیت کل مجموعه، چندین محموله به طور همزمان به چند مشتری در هر چرخه تحویل داده می شود. هر مشتری تقاضای سالانه محصول، هزینه نگهداری واحد سهام و همچنین هزینه های ثابت و متغیر تحویل محصول خود را دارد. برای حل مدل پیشنهادی از مدل سازی ریاضی به همراه معادلات ماتریس هسین استفاده شده است. یک سیاست بازپرداخت - حمل و نقل بهینه نمودار بسته برای چنین مدل FPR یکپارچه خاصی به دست آمده است. یک مثال عددی نیز برای نشان دادن کاربرد عملی نتایج به دست آمده ارائه شده است. در نمودار ۱۴ نمودار این مدل نشان داده شده است:



نمودار ۱۴. موجودی در دسترس فروشنده از اقلام با کیفیت عالی [۴۱]

چیو و همکاران (۲۰۱۶) در سال ۲۰۱۶ و در دو پژوهش، یک مدل نرخ تولید محدود تک ماشین تک محصولی (FPR) با تمایز تاخیری و یک سیاست تحویل چندگانه را بررسی کرده، نیز به یک مدل نرخ تولید محدود چند محصولی (FPR) تمایز تاخیری با خط مشی ضایعات و تحویل چندگانه با استفاده از یک طرح تولید دو دستگاهی می پردازند.

## ۲-۱-۲) دسته بندی براساس جزئیات ارسال چندگانه

عمده مقالاتی که آمیخته با مفهوم ارسال چندگانه است، آن را صرفاً به عنوان یک سیاست تحویل در نظر گرفته و به صورت دقیق به جزئیات آن نمی پردازد. جزئیاتی که می تواند شامل موارد زیر باشد:

- در نظر گرفتن فرکانس حمل و نقل
- بهینه کردن مشترک اندازه انباشته و تعداد محموله ها

- در نظر گرفتن هزینه راه‌اندازی برای تعیین سیاست حمل و نقل
- تعیین همزمان تصمیمات تولید و حمل و نقل
- در نظر گرفتن ظرفیت وسیله حمل و نقل
- در نظر گرفتن مسافت و مدت زمان حمل تا نقطه تقاضا

از این رو، در این دسته‌بندی قصد داریم مقالاتی که به صورت جزئی‌تر به این مفهوم پرداخته‌اند را مورد بررسی قرار دهیم.

### ۱-۲-۱) در نظر گرفتن هزینه راه‌اندازی برای تعیین سیاست حمل و نقل

کیم و همکاران (۲۰۰۸)، در پژوهشی به بررسی مزایای مشارکت خریدار - تامین‌کننده بر روی سیستم‌های تحویل چندگانه (SSSD) 5 می‌پردازد و دو خط مشی را پیشنهاد می‌کند که تامین‌کننده می‌تواند به منظور برآورده کردن نیازهای مشتریان دنبال کند:

۱) تحویل چندگانه راه‌اندازی منفرد 6 (SSMD)

۲) راه‌اندازی چندگانه تحویل چندگانه 7 (MSMD)

اگر هزینه راه‌اندازی ثابت آن نسبتاً بالا باشد، تامین‌کننده ترجیح می‌دهد SSMD را پیاده‌سازی کند و یک سفارش کامل را با یک راه‌اندازی تولید کند. با این حال، اگر تامین‌کننده بتواند هزینه راه‌اندازی را کاهش دهد و ظرفیت تامین‌کننده بیشتر از سطح آستانه ( $P=2D$ ) باشد، پیاده‌سازی سیاست راه‌اندازی چندگانه و تحویل چندگانه (MSMD) برای تامین‌کننده سودمندتر است، حتی اگر او هزینه‌های راه‌اندازی مکرر و بیشتری پرداخت کند؛ زیرا صرفه‌جویی در هزینه‌های نگهداری موجودی، بیشتر از افزایش هزینه‌های راه‌اندازی صرف می‌کند. در این مقاله، پژوهشگران برای انتخاب خط مشی بهینه، تعاملات بین متغیرها مانند ظرفیت تولید، نرخ یادگیری و هزینه‌های نگهداری برای هر دو طرف را بررسی می‌کنند.

### ۲-۲-۱) بهینه کردن مشترک اندازه انباشته و تعداد محموله‌ها

در پژوهشی که در سال ۲۰۱۱ به انتشار رسید، چپو و همکاران (۲۰۱۱)، به تعیین مشترک اندازه تولید بهینه و تعداد بهینه محموله برای یک مدل EPQ با دوباره کاری اقلام معیوب تصادفی تولید شده پرداختند. در این مطالعه، تمام اقلام غیرمنطبق تولید شده قابل تعمیر در نظر گرفته شده و در هر چرخه پس از پایان یک دوره تولید، مجدداً کار می‌شوند. اقساط چندگانه با مقدار ثابت از دسته تمام شده تنها در صورتی می‌تواند به مشتریان تحویل داده شود که در پایان دوباره کاری از کیفیت کامل اطمینان حاصل شود.

در سال ۲۰۱۲ کاردنس-بارون و همکاران (۲۰۱۲) به طور مشترک هم اندازه بهینه انباشت تکمیلی و هم تعداد بهینه محموله‌ها را برای مدل‌های موجودی پیشنهاد شده توسط چپو و همکاران (۲۰۱۲) و چپو و همکاران (۲۰۱۳)، استخراج می‌کنند. در این مقاله، برای مدل‌های ذکر شده، دو راه حل برای دو مورد زیر توسعه داده شده است:

5 Single setup single delivery

6 Single setup multiple delivery

7 Multiple setup multiple delivery

- اندازه انباشت تکمیلی (Q) پیوسته و تعداد محموله‌ها (n) گسسته

- اندازه انباشت تکمیلی (Q) گسسته و تعداد محموله‌ها (n) گسسته

با روش‌های پیشنهادی، راه‌حل بهتری در مقایسه با راه‌حل گزارش شده توسط مدل‌های ذکر شده به دست می‌آید. در نهایت، رویکرد روش ارائه شده را می‌توان به راحتی برای این مدل‌ها اعمال کرد و در نتیجه می‌توان به راه‌حل بهتری برای مسائل موجودی آنها دست یافت.

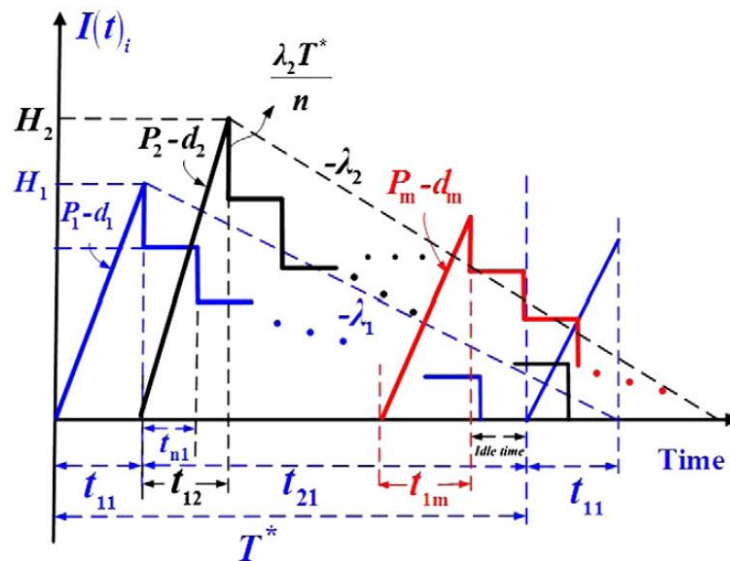
در سال ۲۰۱۳ کاردنس-بارون و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی، دو مقاله چپو و همکاران (۲۰۱۱-۲۰۱۲)، را توسعه دادند.

در آن مقالات یک روش بهینه‌سازی جایگزین برای بدست آوردن اندازه بهینه انباشت تکمیلی برای یک مدل کمیت تولید اقتصادی (EMQ) با دوباره کاری و ارسال‌های متعدد ارائه شده است، اما هر دو مقاله تعیین تعداد محموله‌ها را در نظر نمی‌گیرند. این مقاله هم اندازه بهینه انباشت تکمیلی و هم تعداد بهینه محموله‌ها را به طور مشترک تعیین می‌کند. راه حل این مقاله بهتر از راه حل‌های چپو و همکاران (۲۰۱۱-۲۰۱۲) است.

در ادامه، مجدداً کاردنس-بارون و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای دو مقاله چپو و همکاران (۲۰۱۰) و چپو و همکاران (۲۰۱۱)، را گسترش دادند. این مقاله دو الگوریتم را توسعه می‌دهد تا به طور مشترک اندازه بهینه انباشت تکمیلی و تعداد بهینه محموله‌ها را برای مدل موجودی پیشنهاد شده توسط چپو و همکاران (۲۰۱۱) و چپو و همکاران (۲۰۱۲)، تعیین کند. کاربرد و پیاده‌سازی الگوریتم‌های پیشنهادی آسان است. ذکر این نکته مهم است که مدل‌های قبلی برخی شرایط را پوشش نمی‌دادند. همچنین زمانی که هر دو متغیر (اندازه بهینه انباشت تکمیلی و تعداد بهینه محموله‌ها) به عنوان متغیرهای گسسته در نظر گرفته شوند، مسئله موجودی را حل نمی‌کنند. این‌ها ویژگی‌های مهمی هستند که در مقاله جدید به آن‌ها پرداخته شده است. نیز این مقاله کارهای تحقیقاتی چن و همکاران (۲۰۱۲) و چپو و همکاران (۲۰۱۳) را ساده، بهبود و تکمیل می‌کند.

در سال ۲۰۱۳، چپو و همکاران (۲۰۱۳)، در پژوهشی به تعیین مشترک زمان چرخه چرخش و تعداد محموله‌ها برای مدل کمیت تولید اقتصادی چند موردی (EPQ) با نرخ نقص تصادفی پرداختند. این مطالعه به عوامل عملی مانند تولید اقلام معیوب، به حداکثر رساندن استفاده از ماشین و سیاست تحویل چندگانه پرداخته و یک مدل EPQ چند موردی با نرخ ضایعات تصادفی و سیاست تحویل چندگانه را بررسی می‌کند. استراتژی زمان چرخه تولید مشترک در این مطالعه برای مقابله با تضادهای احتمالی زمان‌بندی تولید چندین محصول استفاده می‌شود. یک خط مشی عملیاتی بهینه نمودار بسته (از نظر زمان چرخه مشترک و تعداد تحویل) که میانگین بلندمدت هزینه در واحد زمان را به حداقل می‌رساند. اثرات نرخ ضایعات تصادفی مختلف و سیاست‌های عملیاتی مختلف بر تابع هزینه مورد انتظار و اجزای آن نیز بررسی شده است. نتیجه این پژوهش مدیریت را قادر می‌سازد تا چنین سیستم حمل‌ونقل چند موردی واقعی را درک، برنامه‌ریزی و کنترل کند. در نمودار ۱۵ نمودار موجودی آن را مشاهده می‌کنید:





نمودار ۱۵. موجودی در دست اقلام با کیفیت عالی برای محصول A در یک چرخه تولید مشترک [۳۷]

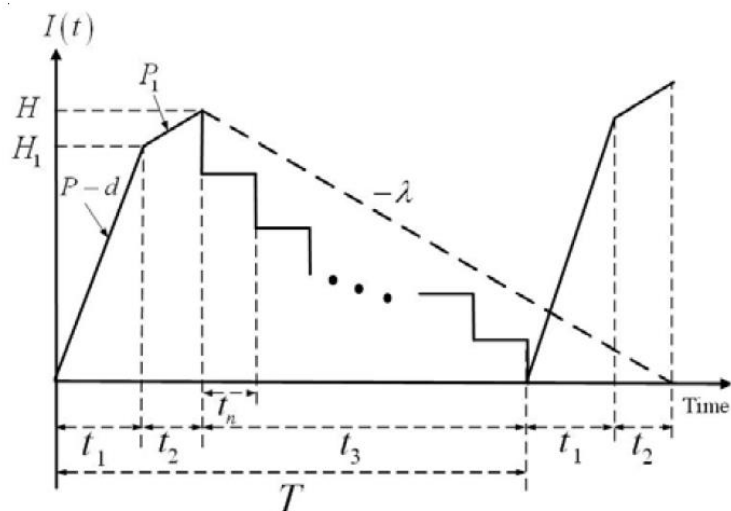
در ادامه، طالعی‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) در یک کار تحقیقاتی مسئله تعیین مشترک قیمت فروش، اندازه انباشته تکمیل و تعداد محموله‌ها برای یک مدل کمیت تولید اقتصادی (EPQ) با دوباره کاری اقلام معیوب و سیاست حمل‌ونقل چندگانه را مورد بررسی قرار می‌دهند. این مقاله، مطالعه چپو و همکاران (۲۰۱۵) را با گنجاندن قیمت به عنوان متغیر تصمیم علاوه بر اندازه انباشته و متغیرهای تصمیم‌گیری حمل‌ونقل چندگانه بازبینی و گسترش می‌دهد.

تروینو-گارزا و همکاران (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای دو روش برای به دست آوردن راه‌حل برای یک خانواده از مدل‌های موجودی کمی تولید اقتصادی برای یک سیستم یکپارچه فروشنده - خریدار با توجه به اینکه سیستم تولید محصولات معیوب تولید می‌کند، که در آن تعداد محموله‌ها باید یک مقدار گسسته باشد و اندازه محموله می‌تواند مقادیر پیوسته یا عدد صحیح را بگیرد، ارائه می‌دهند. این مقاله مدل‌های موجودی قبلی را با در نظر گرفتن متغیرها (اندازه انباشته و تعداد محموله‌ها) با توجه به ماهیت واقعی آنها بازبینی و حل می‌کند.

### ۳-۲-۱-۲-۳) در نظر گرفتن فرکانس حمل‌ونقل

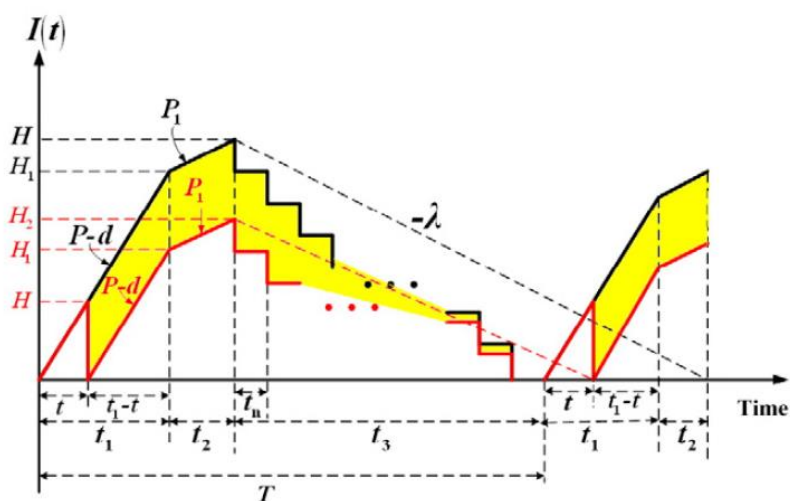
در مقاله‌ای از چپو و همکاران (۲۰۱۲)، در توسعه یکی از مقالات گذشته، تاثیر فرکانس حمل‌ونقل متغیر بر سیاست تولید-توزیع در یک سیستم یکپارچه خریدار بررسی می‌شود. در مقاله‌ی اخیر، چپو و همکاران (۲۰۱۵)، اندازه بهینه انباشت برای یک مسئله کمیت تولید اقتصادی را با چند تحویل و تضمین کیفیت، براساس این فرض که تعداد محموله یک ثابت معین است، استخراج کردند. با این حال، در یک سیستم یکپارچه فروشنده - خریدار در محیط زنجیره تامین، تعیین مشترک اندازه انباشت و تعداد محموله‌های تامین مجدد ممکن است به چنین سیستمی کمک کند تا مزیت رقابتی قابل توجهی از نظر تبدیل شدن به یک تولیدکننده کم هزینه و همچنین داشتن ارتباط محکم با مشتری به دست آورد. به همین دلیل، مطالعه حاضر کار چپو و همکاران (۲۰۱۳) را با در نظر گرفتن فرکانس حمل و نقل به عنوان یکی از متغیرهای تصمیم‌گیری و گنجاندن هزینه نگهداری سهام مشتری در تجزیه و تحلیل هزینه سیستم، گسترش می‌دهد. نیز یک مثال عددی برای نشان

دادن استفاده عملی از نتیجه تحقیق ارائه شده است. نمودار موجودی در دست این مدل بر حسب زمان، در نمودار ۱۶ قابل مشاهده است:



نمودار ۱۶. موجودی در دسترس از اقلام با کیفیت عالی در یک مدل نرخ تولید محدود یکپارچه با سیاست حمل و نقل چندگانه، ضایعات و دوباره کاری [۲۱]

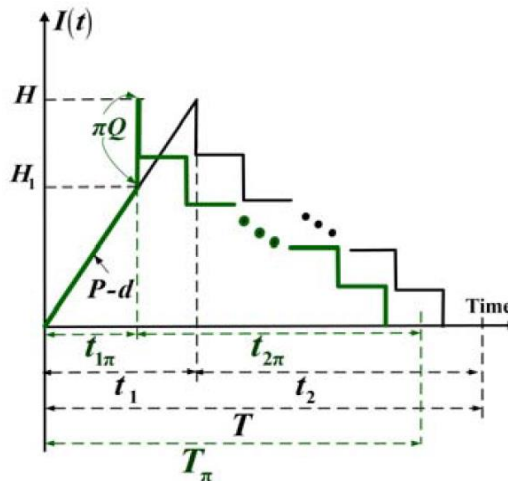
چیو و همکاران (۲۰۱۴)، یک سیستم یکپارچه فروشنده - خریدار را در نظر می‌گیرند که شامل دوباره کاری و سیاست تحویل محصول پیشرفته است که هدف آن کاهش هزینه‌های نگهداری سهام برای فروشنده و خریدار است. ایشان کار چیو و همکاران (۲۰۱۵)، را با ترکیب یک اصلاحیه خط مشی حمل و نقل  $n + 1$  تایی به جای سیاست حمل و نقل  $n$  تایی گسترش می‌دهند. هدف این است که هم اندازه بهینه انباشت تکمیلی و هم تعداد بهینه محموله‌ها را بدست آوریم که میانگین هزینه بلندمدت را برای این سیستم یکپارچه فروشنده - خریدار به حداقل برساند. (نمودار ۱۷)



نمودار ۱۷. سطح موجودی اقلام با کیفیت عالی فروشنده در مدل پیشنهادی (به رنگ قرمز) و کاهش مورد انتظار در هزینه های نگهداری (در سایه زرد رنگ) [۳۲] در مقایسه با مدل Chiu و همکاران [۲۱] (رنگ مشکی)

چیو و همکاران (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای به بررسی اندازه انباشت بهینه و مسئله فرکانس حمل و نقل برای یک سیستم زنجیره تامین با یک سیاست برون‌سپاری جزئی و ضایعات تصادفی می‌پردازند. در این مطالعه، تقاضای یک محصول تا حدی برون‌سپاری و بخشی توسط واحدهای تولیدی ساخته می‌شود تا حجم کار ماشینی و زمان‌بندی تولید صاف را کم‌تر کند. در طی فرآیند ساخت، بخشی از اقلام قراضه تصادفی تولید می‌شود و محصولات نهایی با استفاده از سیاست حمل و نقل چندگانه به مکان‌های فروش توزیع می‌شوند. هدف این است که به طور همزمان تصمیمات بهینه تولید در اندازه انباشته و فرکانس حمل و نقل تعیین شود تا هزینه‌های کلی مورد انتظار برای چنین سیستم زنجیره تامین را به حداقل برساند.

این مطالعه با هدف ارائه اطلاعات بینشی به مدیران سیستم‌های زنجیره تامین برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری آن‌ها، یک گزینه برون‌سپاری سودمند را در کار قبلی گنجانده و مساله بهینه‌سازی مجدد اندازه انباشته و فرکانس حمل و نقل را با یک سیاست برون‌سپاری جزئی و اقلام قراضه تصادفی بررسی کرد. در نمودار ۱۸ نمودار این مدل را مشاهده می‌کنید:

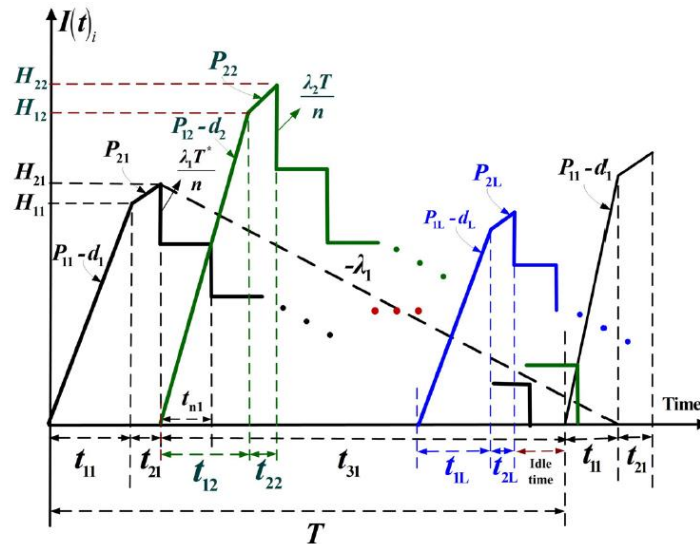


نمودار ۱۸. سطح موجودی در دست اقلام با کیفیت عالی در مدل پیشنهادی (به رنگ سبز) [۴۹] در مقایسه با موجودی در همان مدل بدون برون‌سپاری (در رنگ مشکی) [۱۵]

#### ۴-۲-۱-۲ تعیین همزمان تصمیمات تولید و حمل و نقل

اخیراً سیستم یکپارچه فروشنده - خریدار توجه بسیاری از مدیران را به خود جلب کرده است، زیرا می‌تواند به نفع هر دو طرف زنجیره تامین باشد و برای به کارگیری سیستم به اصطلاح زنجیره تامین درون سازمانی جهانی شده امروزی مناسب است. بهینه‌سازی چنین سیستم زنجیره تامین، به مدیران در دستیابی به هدف کاهش هزینه‌های عملیاتی کلی کمک می‌کند. انگیزه این مفهوم، منجر به پژوهش چیو و همکاران (۲۰۱۶) شد. آن‌ها در این مطالعه سعی داشته‌اند به طور همزمان تصمیمات تولید و حمل و نقل را برای یک سیستم موجودی یکپارچه فروشنده - خریدار چندمحصولی با یک فرآیند دوباره کاری تعیین کنند، که در آن چندین محصول به ترتیب توسط یک ماشین واحد تحت یک سیاست زمانی چرخه چرخش ساخته می‌شوند. تمام اقلام معیوب تولید شده در تولید معمولی قابل تعمیر فرض شده و بلافاصله پس از پایان تولید معمولی دوباره کاری می‌شوند. کالاهای تمام شده هر محصول پس از دوباره کاری به دفاتر فروش/مشتریان حمل می‌شود. نیز در این مطالعه یک خط مشی تحویل چندگانه اعمال می‌شود که در آن مقدار ثابتی از  $n$  قسط از دسته تمام شده در

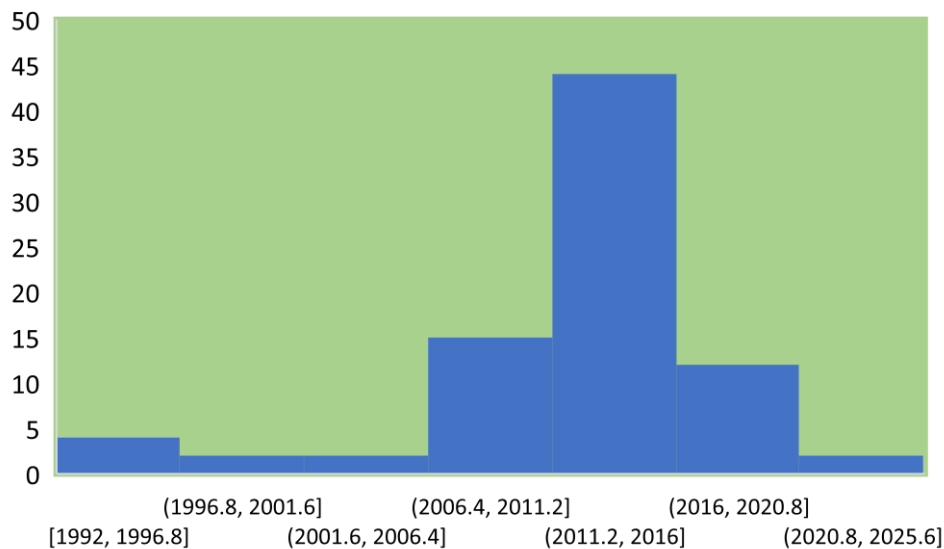
بازه‌های زمانی ثابت در طول بازه زمانی ارسال، تحویل می‌شوند. همچنین تکنیک‌های مدل‌سازی و بهینه‌سازی ریاضی برای کمک به تعیین همزمان تصمیم‌های تولید و حمل‌ونقل بهینه که هزینه‌های کلی سیستم مورد انتظار را به حداقل می‌رساند، استفاده شده است. در نمودار ۱۹ نمودار این مدل قابل مشاهده خواهد بود:



نمودار ۱۹. سطح موجودی در دست محصول با کیفیت کامل  $i$  در زمان  $t$  [۵۰] در مقایسه با سیستم پیشنهادی [۲۸]

### ۳) بحث و نتیجه‌گیری

در جدول ۱، اکثر قریب به اتفاق مقالاتی که مفهوم ارسال ناپیوسته، ارسال چندگانه، تحویل دوره‌ای و برنامه تحویل متعدد را چه در عنوان، چه در متن و چه در نمودارهای کنترل موجودی خود جای داده‌اند آورده شده است. تاریخ انتشار این مقالات از سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۲۳ را شامل می‌شود. همچنین نمودار ۲۰ فراوانی مقالات را در سالهای مختلف نمایش می‌دهد.



نمودار ۲۰. نمودار هیستوگرام مقاله‌های منتشر شده

جدول ۱. مقالات اصلی با موضوع ارسال ناپیوسته محصولات، ارسال چندگانه و تحویل متعدد

| عدم قطعیت | جزئیات ارسال     |                                  |                  |   | نوع مدل |            |     | پژوهشگران                     |
|-----------|------------------|----------------------------------|------------------|---|---------|------------|-----|-------------------------------|
|           | فرکانس حمل و نقل | تصمیمات همزمان تولید و حمل و نقل | هزینه راه‌اندازی | تعیین همزمان مقدار سفارش و تعداد محموله | FPR     | EPQ<br>EMQ | EOQ |                               |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | سرکار و گلهر (۱۹۹۲)           |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | سرکار و پریجا (۱۹۹۴)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | گویال و نب (۲۰۰۰)             |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | سرکار و خان (۲۰۰۲)            |
|           |                  |                                  |                  |   |         |            | *   | سجادی و همکاران (۲۰۰۶)        |
|           |                  |                                  | *                |   |         | *          |     | کیم و همکاران (۲۰۰۸)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۰)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۱)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | ویدیادنا و وی (۲۰۰۹)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۱)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۲)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۲)          |
|           | *                |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۳)          |
|           |                  |                                  |                  | *                                       |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۳)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | لی و همکاران (۲۰۱۱)           |
|           |                  |                                  |                  | *                                       |         | *          |     | کاردنس-بارون و همکاران (۲۰۱۲) |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۴)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۴)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | ریتا و مارتین (۲۰۱۳)          |
|           | *                |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۵)          |
|           |                  |                                  |                  | *                                       |         | *          |     | کاردنس-بارون و همکاران (۲۰۱۳) |
|           |                  |                                  |                  | *                                       |         | *          |     | کاردنس-بارون و همکاران (۲۰۱۳) |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۵)          |
|           |                  |                                  |                  | *                                       |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۶)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | کاردنس-بارون و همکاران (۲۰۱۴) |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۶)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۶)          |

| عدم قطعیت | جزئیات ارسال     |                                  |                  |   | نوع مدل |            |     | پژوهشگران                     |
|-----------|------------------|----------------------------------|------------------|---|---------|------------|-----|-------------------------------|
|           | فرکانس حمل و نقل | تصمیمات همزمان تولید و حمل و نقل | هزینه راه اندازی | تعیین همزمان مقدار سفارش و تعداد محموله | FPR     | EPQ<br>EMQ | EOQ |                               |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | کاردنس-بارون و همکاران (۲۰۱۵) |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | طالعی زاده و همکاران (۲۰۱۵)   |
|           |                  | *                                |                  |   |         | *          |     | چیو و همکاران (۲۰۱۶)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | پریان و اوتایاکومار (۲۰۱۷)    |
|           |                  |                                  |                  |   | *       |            |     | چیو و همکاران (۲۰۱۷)          |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          | *   | جونرینالدی و همکاران (۲۰۱۸)   |
|           |                  |                                  |                  |   |         | *          |     | فلاحی و همکاران (۱)           |
|           |                  |                                  |                  | *                                       |         | *          |     | تروینو-گاززا و همکاران (۲۰۱۵) |

همانطور که در جدول فوق نیز قابل ملاحظه است، ویژگیهای مقالات اصلی از پژوهشگران مختلف مورد مطالعه قرار گرفت و براساس نوع مدل و جزئیات ارسال، دسته‌بندی شدند. دسته‌بندی اول شامل مدل‌های FPR, EPQ, EOQ و دسته‌بندی دوم جزئیاتی از قبیل تعیین یا عدم تعیین همزمان مقدار سفارش و تعداد محموله، در نظر گرفتن یا نگرفتن هزینه راه‌اندازی، تعیین یا عدم تعیین همزمان تصمیمات تولید و حمل و نقل، در نظر گرفتن یا نگرفتن فرکانس حمل و نقل را شامل می‌شوند.

اگرچه که در این زمینه خاص از کنترل موجودی، تحقیقات خوبی صورت گرفته اما با نگاهی گذرا به جدول ۱ می‌توان دریافت که کمتر پژوهشی به دخیل کردن جزئیات ارسال و متغیرهای آن می‌پردازد. از این رو برای پژوهش‌های آتی پیشنهادهایی ذیل دو عنوان توسط نویسنده ارائه می‌گردد.

– تعیین همزمان اندازه انباشت اقتصادی در مدل‌های ارسال چندگانه و یک متغیر موثر دیگر:

- تعداد بهینه محموله‌های ارسالی: تعیین همزمان اندازه انباشت اقتصادی محصول و تعداد بهینه محموله‌هایی که برای از انبار به سوی مشتریان ارسال می‌شود.
- مقدار بهینه انباشت محصولات قرضه‌ی بیرون آمده از عملیات دوباره کاری: در عمده مقالاتی که عملیات دوباره کاری در آن وجود دارد، فرض اصلی این است که امحاء محصولات معیوبی که از عملیات دوباره کاری، سالم خارج نمی‌شوند (قرضه)، به صورت لحظه‌ای انجام می‌شود، حال آنکه در شرایط واقعی، این امر، موجب ایجاد هزینه زیاد برای معدوم کردن هر واحد محصول قرضه می‌شود. از طرفی انباشت کل محصولات قرضه و سپس معدوم کردن آنها نیز،

باعث ایجاد هزینه نگهداری زیادی می‌شود. برای پژوهش‌های آینده، می‌توان با پیدا کردن مقدار بهینه‌ی انباشت محصولات قراضه‌ی بیرون آمده از عملیات دوباره‌کاری، به کاهش هزینه‌های سیستم کمک کرد.

○ و هر متغیر دیگری که شرایط مدل را به واقعیت نزدیکتر کرده و باعث کاهش هزینه‌های سیستم می‌گردد.

– اضافه شدن پارامترهای موثر دیگر بر اندازه انباشته اقتصادی:

- ظرفیت وسیله نقلیه
- مسافت نقطه تقاضا
- سرعت وسیله نقلیه
- مصرف سوخت و انرژی وسیله نقلیه

همچنین اغلب مدل‌های ارائه شده، فرض را بر ثابت بودن تقاضا می‌گذارند حال آنکه با توسعه این مقالات و تصادفی در نظر گرفتن سفارشات، می‌توان مدل را به شرایط واقعی نزدیکتر کرد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، مطالعات و پژوهش‌های مختلف در زمینه ارسال چندگانه در سیستم‌های موجودی، همچنان ادامه داشته و برای رسیدن به بهره‌وری بالاتر کارخانجات صنعتی و شرکت‌های تولیدی و در نهایت رضایت بیشتر مشتریان، راهگشا خواهند بود.

## منابع و مراجع

- Cárdenas-Barrón, L.E., Taleizadeh, A.A., Treviño-Garza, G. (2012). An improved solution to replenishment lot size problem with discontinuous issuing policy and rework, and the multi-delivery policy into economic production lot size problem with partial rework, *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 18, Pages 13540-13546. [10.1016/j.eswa.2012.07.012](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.07.012)
- Cárdenas-Barrón, L.E., Sarkar, B., Treviño-Garza, G. (2013). An improved solution to the replenishment policy for the EMQ model with rework and multiple shipments, *Applied Mathematical Modelling*, Volume 37, Issue 7, Pages 5549-5554. [10.1016/j.apm.2012.10.017](https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.10.017)
- Cárdenas-Barrón, L.E., Sarkar, B., Treviño-Garza, G. (2013). Easy and Improved Algorithms to Joint Determination of the Replenishment Lot Size and Number of Shipments for an EPQ Model with Rework, *Mathematical and Computational Applications*, 18, No. 2: 132-138. [10.3390/mca18020132](https://doi.org/10.3390/mca18020132)
- Cárdenas-Barrón, L.E., Treviño-Garza, G., Widyadana, G.A., Wee, H.M. (2014). A constrained multi-products EPQ inventory model with discrete delivery order and lot size, *Applied Mathematics and Computation*, Volume 230, Pages 359-370. [10.1016/j.amc.2013.12.077](https://doi.org/10.1016/j.amc.2013.12.077)
- Cárdenas-Barrón, L.E., Treviño-Garza, G., Taleizadeh, A.A., Vasant, P. (2015). Determining Replenishment Lot Size and Shipment Policy for an EPQ Inventory Model with Delivery and Rework, *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2015: 595498. [10.1155/2015/595498](https://doi.org/10.1155/2015/595498)
- Chen, K.K., Chiu, S.W. (2011). Replenishment Lot Size and Number of Shipments for EPQ Model Derived Without Derivatives, *Mathematical and Computational Applications*, 16, No. 3: 753-760. [10.3390/mca16030753](https://doi.org/10.3390/mca16030753)
- Chen, K.K., Wu, M.F., Chiu, S.W., Lee, C.H. (2012). Alternative approach for solving replenishment lot size problem with discontinuous issuing policy and rework, *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 2, Pages 2232-2235. [10.1016/j.eswa.2011.08.030](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.030)
- Chiu, S.W., Lin, L.W., Chen, K.K., Chou, C.L. (2013). Determining production–shipment policy for a vendor–buyer integrated system with rework and an amending multi-delivery schedule, *Economic Modelling*, Volume 33, Pages 668-675. [10.1016/j.econmod.2013.05.020](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.05.020)
- Chiu, Y.S.P., Chiu, S.W., Li, C.Y., Ting, C.K. (2009). Incorporating multi-delivery policy and quality assurance into economic production lot size problem, *J Sci Ind Res*, 68, 505-512.
- Chiu, S.W., Lin, H., Cheng, C., Chung, C. (2009). Optimal production-shipment decisions for the finite production rate model with scrap, *International Journal for Engineering Modelling*, 22 (1-4), 25-34.

- Chiu, Y.S.P., Chen, K.K., Chang, H.H. (2010). Solving an Economic Production Lot Size Problem with Multi-Delivery Policy and Quality Assurance Using an Algebraic Approach, *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 69, No. 12, pp. 926-929.
- Chiu, S.W., Chiu, Y.P., Lin, C.K., Chang, C. (2010). Solving finite production rate model with scrap and multiple shipments using algebraic approach, *International Journal for Engineering Modelling*, 23 (1-4), 43-47.
- Chiu, Y.S.P., Liu, S.C., Chiu, C.L., Chang, H.H. (2011). Mathematical modeling for determining the replenishment policy for EMQ model with rework and multiple shipments, *Mathematical and Computer Modelling*, Volume 54, Issues 9–10, Pages 2165-2174. [10.1016/j.mcm.2011.05.025](https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.05.025)
- Chiu, S.W., Chen, K.K., Lin, H.D. (2011). Numerical method for determination of the optimal lot size for a manufacturing system with discontinuous issuing policy and rework, *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 27, 1545–1557. [10.1002/cnm.1369](https://doi.org/10.1002/cnm.1369)
- Chiu, S.W., Lin, H.D., Wu, M.F., Yang, J.C. (2011). Determining replenishment lot size and shipment policy for an extended EPQ model with delivery and quality assurance issues, *Scientia Iranica*, Volume 18, Issue 6, Pages 1537-1544. [10.1016/j.scient.2011.09.008](https://doi.org/10.1016/j.scient.2011.09.008)
- Chiu, Y.S.P., Chang, C.Y., Ting, C.K., Chiu, S.W. (2011). Effect of variable shipping frequency on production-distribution policy in a vendor-buyer integrated system, *International Journal for Engineering Modelling*, vol.24, no. 1-4, pp. 11-20.
- Chiu, S.W., Gong, D.C., Chiu, C.L., Chung, C.L. (2011). Joint Determination of the Production Lot Size and Number of Shipments for EPQ Model with Rework, *Mathematical and Computational Applications*, Vol 16, No. 2, pp 317-328. [10.3390/mca16020317](https://doi.org/10.3390/mca16020317)
- Chiu, Y.S.P., Lin, H., Hwang, M., Pan, N. (2011). Computational Optimization of Manufacturing Batch Size and Shipment for an Integrated EPQ Model with Scrap, *American Journal of Computational Mathematics*, Vol. 1 No. 3, pp. 202-207. [10.4236/ajcm.2011.13023](https://doi.org/10.4236/ajcm.2011.13023)
- Chiu, S.W., Chiu, Y.S.P., Yang, J.C. (2012). Combining an alternative multi-delivery policy into economic production lot size problem with partial rework, *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 3, Pages 2578-2583. [10.1016/j.eswa.2011.08.112](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.112)
- Chiu, S.W., Chen, K.K., Chiu, Y.S.P., Ting, C.K. (2012). Notes on the mathematical modeling approach used to determine the replenishment policy for the EMQ model with rework and multiple shipments, *Applied Mathematics Letters*, Volume 25, Issue 11, Pages 1964-1968. [/10.1016/j.aml.2012.03.010](https://doi.org/10.1016/j.aml.2012.03.010)
- Chiu, Y.P., Pan, N., Chiu, S.W., Chiang, K. (2012). Optimal production cycle time for multi-item FPR model with rework and multi-shipment policy, *International Journal for Engineering Modelling*, 25 (1-4), 51-57.
- Chiu, Y.S.P., Cheng, F.T., Chen, K.K., Chang, H.H. (2012). Reexamining a Specific Vendor-buyer System with Rework and an Improving Delivery Plan Using an Alternative Approach, *Wseas Transaction on Systems*, Issue 5, Volume 11, pages 153-162.
- Chiu, Y.S.P., Lin, Y.C., Chiu, S.W., Ting, C.K. (2012). Joint determination of lot-size and shipment policy for a vendor-buyer system with rework and an improving delivery plan, *African Journal of Business Management*, 6, 333-340. [10.5897/AJBM11.2366](https://doi.org/10.5897/AJBM11.2366)
- Chiu, S.W., Lee, C.H., Cheng, F.T., Ting, C.K. (2013). Production–shipment policy for EPQ model with quality assurance and an improved delivery schedule, *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems*, 19:4, 344-352. [10.1080/13873954.2013.763282](https://doi.org/10.1080/13873954.2013.763282)
- Chiu, Y.S.P., Lin, H.D., Cheng, F.T., Hwang, M.H. (2013). Optimal common cycle time for a multi-item production system with discontinuous delivery policy and failure in rework, *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 72, No. 7, pp. 435-440.
- Chiu, Y.S.P., Huang, C.C., Wu, M.F., Chang, H.H. (2013). Joint determination of rotation cycle time and number of shipments for a multi-item EPQ model with random defective rate, *Economic Modelling*, Volume 35, Pages 112-117. [10.1016/j.econmod.2013.06.024](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.06.024)
- Chiu, Y.S.P., Chen, K.K., Cheng, F.T., Ting, C.K. (2013). Reexamination of “Combining an alternative multi-delivery policy into economic production lot size problem with partial rework” Using an Alternative Approach, *Journal of Applied Research and Technology*, Volume 11, Issue 3, Pages 317-323. [10.1016/S1665-6423\(13\)71541-4](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(13)71541-4)
- Chiu, S.W., Kuo, Y.Y., Huang, C.C., Chiu, Y.S.P. (2013). Random scrap rate effect on multi-item finite production rate model with multi-shipment policy, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5(22): 5164-5169. [10.19026/rjaset.5.4260](https://doi.org/10.19026/rjaset.5.4260)
- Chiu, S.W., Pai, F.Y., Wu, W.K. (2013). Alternative approach to determine the common cycle time for a multi-item production system with discontinuous deliveries and failure in rework, *Economic Modelling*, Volume 35, Pages 593-596. [10.1016/j.econmod.2013.08.017](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.08.017)
- Chiu, Y.S.P., Chen, Y.C., Lin, H.D., Chang, H.H. (2014). Combining an improved multi-delivery policy into a single-producer multi-retailer integrated inventory system with scrap in production, *Economic Modelling*, Volume 39, Pages 163-167. [10.1016/j.econmod.2014.02.031](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.02.031)
- Chiu, Y.S.P., Lin, L.W., Pai, F.Y., Chiu, S.W. (2014). Finite Production Rate Model With Quality Assurance, Multi-customer and Discontinuous Deliveries, *Journal of Applied Research and Technology*, Volume 12, Issue 1, Pages 5-13. [10.1016/S1665-6423\(14\)71601-3](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)71601-3)
- Chiu, S.W., Chiu, Y.S.P., Li, T.W., Chen, H.M. (2014). A multi-product FPR model with rework and an improved delivery policy, *International Journal for Engineering Modelling*, 27, No. 3-4, 111-118.



- Chiu, S.W., Sung, P.C., Tseng, C.T., Chiu, Y.S.P. (2015). Multi-product FPR model with rework and multi-shipment policy resolved by algebraic approach, *Journal of Scientific & Industrial Research*, 74, 555–559.
- Chiu, S.W., Lin, H.D., Song, M.S., Chen, H.M., Chiu, Y.S.P. (2015). An extended EPQ-based problem with a discontinuous delivery policy, scrap rate, and random breakdown, *The Scientific World Journal*, 2015:621978. [10.1155/2015/621978](https://doi.org/10.1155/2015/621978)
- Chiu, S.W., Sung, P.C., Chang, H.H. (2015). A note on joint determination of the rotation cycle time and number of shipments for a multi-item EPQ model with a random defective rate. *International Journal for Engineering Modelling*, 28: 17-27.
- Chiu, Y.S.P., Hsieh, Y.T., Kuo, J.S., Chiu, S.W. (2016). A delayed differentiation multi-product FPR model with scrap and a multi-delivery policy – I: Using single-machine production scheme, *International Journal for Engineering Modelling*, 29, No. 1-4: 37-52.
- Chiu, S.W., Hsieh, Y.T., Chiu, Y.S.P., Hwang, M.H. (2016). A delayed differentiation multi-product FPR model with scrap and a multi-delivery policy – II: Using two-machine production scheme, *International Journal for Engineering Modelling*, 29, No. 1-4: 53-68.
- Ritha, W., Martin, N. (2013). Replenishment Policy for EMQ Model with Rework, Multiple Shipments, Switching and Packaging, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Volume 02, Issue 01. [10.17577/IJERTV2IS1344](https://doi.org/10.17577/IJERTV2IS1344)
- Chiu, Y.S.P., Liang, G.M., Chiu, S.W. (2016). Solving a Fabrication Lot-Size and Shipping Frequency Problem with an Outsourcing Policy and Random Scrap, *Mathematical and Computational Applications*, 21, No. 4: 45. [10.3390/mca21040045](https://doi.org/10.3390/mca21040045)
- Chiu, Y.S.P., Chiang, K.W., Chiu, S.W., Song, M.S. (2016). Simultaneous determination of production and shipment decisions for a multi-product inventory system with a rework process, *Advances in Production Engineering And Management*, 11, 141–151. [10.14743/apem2016.2.216](https://doi.org/10.14743/apem2016.2.216)
- Chiu, S.W., Liu, C., Li, Y. i Chou, C. (2017). Manufacturing lot size and product distribution problem with rework, outsourcing and discontinuous inventory distribution policy, *International Journal for Engineering Modelling*, 30 (1-4), 49-61.
- Fallahi, A., Azimi-Dastgerdi, A., Mokhtari, H. (2023). A sustainable production-inventory model joint with preventive maintenance and multiple shipments for imperfect quality items, *Scientia Iranica*, 30(3), 1204-1223. [10.24200/sci.2021.55927.4475](https://doi.org/10.24200/sci.2021.55927.4475)
- Goyal, S.K., Nebebe, F. (2000). Determination of economic production–shipment policy for a single-vendor–single-buyer system, *European Journal of Operational Research*, Volume 121, Issue 1, Pages 175-178. [10.1016/S0377-2217\(99\)00013-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00013-2)
- Harris, F.W. (1913). How Many Parts to Make at Once. *Factory, The Magazine of Management*, 10, 135-136, 152.
- Jawanmardi, Ehsan, (2009). Inventory Control, *Payam Noor University Press Shiraz (In Persian)*.
- Jonrinaldi., Rahman, T., Henmaidi., Wirdianto, E., Zhang, D.Z. (2018). A Multiple Items EPQ/EOQ Model for a Vendor and Multiple Buyers System with Considering Continuous and Discrete Demand Simultaneously, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Yogyakarta, Indonesia*, (The 4th Asia Pacific Conference on Manufacturing Systems and the 3rd International Manufacturing Engineering Conference 7–8 December 2017), Volume 319, 012037. [10.1088/1757-899X/319/1/012037](https://doi.org/10.1088/1757-899X/319/1/012037)
- Kalantari, S.S., Taleizadeh, A.A. (2020). Mathematical modelling for determining the replenishment policy for deteriorating items in an EPQ model with multiple shipments, *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 7:2, 164-171. [10.1080/23302674.2018.1542753](https://doi.org/10.1080/23302674.2018.1542753)
- Kim, S.L., Banerjee, A., Burton, J. (2008). Production and delivery policies for enhanced supply chain partnerships, *International Journal of Production Research*, 46:22, 6207-6229. [10.1080/00207540701472124](https://doi.org/10.1080/00207540701472124)
- Lee, T.J., Chiu, S.W., Chang, H.H. (2011). On Improving Replenishment Lot Size of an Integrated Manufacturing System with Discontinuous Issuing Policy and Imperfect Rework, *American Journal of Industrial and Business Management*, Vol. 1 No. 1, 2011, pp. 20-29. [10.4236/ajibm.2011.11003](https://doi.org/10.4236/ajibm.2011.11003)
- Pasandideh, S.H.R., Akhavan Niaki, S.T., Yeganeh, J.A. (2010). A parameter-tuned genetic algorithm for multi-product economic production quantity model with space constraint, discrete delivery orders and shortages, *Advances in Engineering Software*, Volume 41, Issue 2, Pages 306-314. [10.1016/j.advengsoft.2009.07.001](https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2009.07.001)
- Pasandideh, S.H.R., Akhavan Niaki, S.T. (2008). A genetic algorithm approach to optimize a multi-products EPQ model with discrete delivery orders and constrained space, *Applied Mathematics and Computation*, Volume 195, Issue 2, 2008, Pages 506-514. [10.1016/j.amc.2007.05.007](https://doi.org/10.1016/j.amc.2007.05.007)
- Poursaidi, Mohammad Hossein, (2012). Production and inventory planning and control, Mahan Publishing House Tehran (In Persian)
- Priyan, S., Uthayakumar, R. (2017). Setup cost reduction EMQ inventory system with probabilistic defective and rework in multiple shipments management, *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8: 223–241. [10.1007/s13198-016-0418-2](https://doi.org/10.1007/s13198-016-0418-2)
- Taleizadeh, A.A., Kalantari, S.S., Cárdenas-Barrón, L.E. (2015). Determining optimal price, replenishment lot size and number of shipments for an EPQ model with rework and multiple shipments, *Journal of Industrial and Management Optimization*, Volume 11, Number 4: 1059-1071. [10.3934/jimo.2015.11.1059](https://doi.org/10.3934/jimo.2015.11.1059)
- Treviño-Garza, G., Castillo-Villar, K.K., Cárdenas-Barrón, L.E. (2015). Joint determination of the lot size and number of shipments for a family of integrated vendor–buyer systems considering defective products, *International Journal of Systems Science*, 46:9, Vol. 46, No. 9, 1705–1716. [10.1080/00207721.2014.886750](https://doi.org/10.1080/00207721.2014.886750)
- Sarker, B.R., Jamal, A.M.M. (1993). An optimal batch size for a production system operating under a just-in-time delivery system, *International Journal of Production Economics*, Vol. 32, No. 2, pp.255–260. [10.1016/0925-5273\(93\)90072-S](https://doi.org/10.1016/0925-5273(93)90072-S)

- Sarker, B.R., Parija, G.R. (1994). An optimal batch size for a production system operating under a fixed-quantity, periodic delivery policy, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 45, No. 8, pp.891–900. [10.1057/jors.1994.141](https://doi.org/10.1057/jors.1994.141)
- Sarker, R.A., Khan, L.R. (2001). An optimal batch size under a periodic delivery policy, *International Journal of Systems Science*, 32 (9), 1089–1099. [10.1080/00207720010015717](https://doi.org/10.1080/00207720010015717)
- Sarker, R.A., Khan, L.R. (2002). An optimal batch size for a JIT manufacturing system, *Comput Ind Eng*, 42(2–4):127–136. [10.1016/S0360-8352\(02\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(02)00009-8)
- Sarker, B.R., Golhar, D.Y. (1992). Economic manufacturing quantity in a just-in time delivery system, *International Journal of Production Research*, Vol. 30, No. 5, pp.961–972. [10.1080/00207549208942936](https://doi.org/10.1080/00207549208942936)
- Siajadi, H., Ibrahim, R.N., Lochert, P.B. (2006). Joint economic lot size in distribution system with multiple shipment policy, *International Journal of Production Economics*, Volume 102, Issue 2, 2006, Pages 302-316. [10.1016/j.ijpe.2005.04.003](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.04.003)
- Taleizadeh, A.A., Kalantari, S.S., Cárdenas-Barrón, L.E. (2016). Pricing and lot sizing for an EPQ inventory model with rework and multiple shipments, *TOP* 24, 143–155. [10.1007/s11750-015-0377-9](https://doi.org/10.1007/s11750-015-0377-9)
- Taft, E.W. (1918). The most economical production lot, *Iron Age*, vol. 101, pp.1410-1412.
- Tseng, C.T., Wu, M.F., Lin, H.D., Chiu, Y.S.P. (2014). Solving a vendor–buyer integrated problem with rework and a specific multi-delivery policy by a two-phase algebraic approach, *Economic Modelling*, Volume 36, Pages 30-36. [10.1016/j.econmod.2013.09.013](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.09.013)
- Widyadanaa, G.A., Wee, H.M. (2009). A multi-product EPQ model with discrete delivery order: a Langrangean solution approach, in: *Global Perspective for Competitive Enterprise, Economy and Ecology Advanced Concurrent Engineering*, pp. 601–608. [10.1007/978-1-84882-762-2\\_57](https://doi.org/10.1007/978-1-84882-762-2_57)
- Wilson, R.H. (1934). A Scientific Routine for Stock Control, *Harvard Business Review*, Vol. 13, No. 1, pp. 116-128.
- Wu, M.F., Chiu, Y.S.P., Sung, P.C. (2014). Optimization of a multi-product EPQ model with scrap and an improved multi-delivery policy, *Journal of Engineering Research*, 2, 27. [10.7603/s40632-014-0027-7](https://doi.org/10.7603/s40632-014-0027-7)