



# بهینه‌سازی توأم سیاست‌های نگهداری و تعمیرات و تولید

مترجمان:

پرویز فتاحی

وحید حاجی‌پور

آرش نوبری

پاییز ۱۳۹۵

|            |                                                                                                   |             |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| TS         | رزگ، نیدهال                                                                                       | Rezg Nidhal |
| ۱۵۵        | بهنه سازی توأم سیاست های نگهداری و تعمیرات و تولید/ نیدهال رزگ، سوفیان                            |             |
| ۹ ب ۴۲ ر / | دلاگی و عبدالحکیم خطاب، ترجمه پرویز فتاحی، وحید حاجی پور و آرش نوبری.                             |             |
| ۱۳۹۵       | همدان: مرکز نشر دانشگاه بوعلی سینا ۱۳۹۵                                                           |             |
|            | ۱۴۹ ص: جدول، نمودار                                                                               |             |
|            | شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۸-۲۲۶-۳                                                                           |             |
|            | ۱. مدیریت تولید ۲. نگهداری از گیاهان - مدیریت ۳. برنامه ریزی استراتژیک ۴. سیستم های کنترل هوشمند. |             |
|            | الف. فتاحی، پرویز، مترجم ب. حاجی پور، وحید مترجم ج. نوبری، آرش، مترجم د. عنوان                    |             |
|            | رده دبویی ۶۵۸/۵                                                                                   |             |

www.ketab.ir

|               |                                                    |
|---------------|----------------------------------------------------|
| عنوان:        | بهنه سازی توأم سیاست های نگهداری و تعمیرات و تولید |
| مترجمان:      | دکتر پرویز فتاحی، وحید حاجی پور، آرش نوبری         |
| ناشر:         | مرکز نشر دانشگاه بوعلی سینا                        |
| چاپخانه:      | روشن                                               |
| صفحه و قطع:   | ۱۴۹- وزیري                                         |
| نوبت چاپ:     | اول                                                |
| تیراژ:        | ۱۰۰۰                                               |
| قیمت:         | ۸۰۰۰ تومان                                         |
| تاریخ انتشار: | ۱۳۹۵                                               |
| شابک:         | ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۸-۲۲۶-۳                                  |
| شماره کتاب:   | م/۳۹۶                                              |

کلیه حقوق برای مرکز نشر دانشگاه بوعلی سینا محفوظ است

مراکز فروش در همدان: ۱. دانشگاه بوعلی سینا، مرکز نشر تلفکس: ۰۸۱-۳۸۲۹۱۲۷۶

۱. خیابان شهید حسین فهمیده، روبروی پارک مردم، فروشگاه مرکز نشر دانشگاه

۲. خیابان مهدیه روبروی خانه معلم - انتشارات دانشجو

نماینده گی فروش در تهران: ۱. موسسه کتابیران، میدان انقلاب، خیابان لبافی نژاد غربی (بعد از چهار راه کارگر جنوبی)،

بعد از فروشگاه سیلات، پلاک ۲۳۷ تلفن: ۶۶۹۲۶۸۷-۶۶۴۱۳۴۱۶

۲. نوپردازان، میدان انقلاب، خیابان لبافی نژاد، بین ۱۲ فروردین و اردیبهشت، پلاک ۲۰۶ تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۱۱۱۷۳

امروزه، اهمیت عملیات نگهداری و تعمیرات به عنوان یکی از عوامل پشتیبانی واحدهای صنعتی و نقش آن در کسب موفقیت‌های آتی بر هیچ سازمانی پوشیده نیست. در حقیقت، واحدهای تولیدی و صنعتی دریافته‌اند که به منظور دستیابی به اهداف خود در بازار رقابتی علاوه بر داشتن برنامه‌های مناسب جهت تولید محصولات و خدمات، نیازمند برنامه‌ریزی عملیات نگهداری و تعمیرات نیز می‌باشند که آن‌ها را در کاهش قیمت تمام‌شده، کاهش هزینه‌های تولیدی، افزایش کیفیت محصولات خروجی و غیره یاری می‌کند.

در گذشته برنامه‌ریزی در حوزه‌های نگهداری و تعمیرات و تولید به صورت مجزا و بدون توجه به یکدیگر صورت می‌گرفت و این در حالی است که تأثیر متقابل میان عملیات تولید و نگهداری و تعمیرات، به دلیل ماهیت مشابه هر یک از آن‌ها در بهره‌گیری از منابع سازمان نظیر نیروی انسانی و موجودی، تحمیل هزینه‌ها بر سازمان، می‌تواند نقش بسزایی در بهینه‌سازی هر یک از این برنامه‌ها داشته باشد. بنابراین، به نظر می‌رسد توجه توأم و همزمان به هر یک از این عملیات تولیدی و نگهداری و تعمیراتی می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیمات صحیح‌تر و در عین حال کاراترتری گردد. از این رو در طول سال‌های اخیر، مطالعات و تحقیقات بسیاری در زمینه بهینه‌سازی توأم سیاست‌های نگهداری و تعمیرات و تولید صورت گرفته است.

کتاب حاضر با عنوان "بهینه‌سازی توأم سیاست‌های نگهداری و تعمیرات و تولید" ترجمه کتابی است با همین عنوان که با نویسندگی رزگرمندگاران در سال ۲۰۱۴ توسط انتشارات Wiley به چاپ رسید. در این کتاب سعی شده است تا بر نظر گرفتن جنبه‌های مختلف تولید نظیر کنترل موجودی، کنترل کیفیت، عملیات پیمانکاری و توجه به مسائل زیست‌محیطی، مسأله بهینه‌سازی سیاست‌های تولید و نگهداری و تعمیرات را به صورت توأم و همزمان مورد بررسی قرار دهد. امید است ترجمه این کتاب بتواند اهمیت و لزوم توجه همزمان به عملیات نگهداری و تعمیرات را در کنار عملیات تولیدی، بیش از پیش روشن سازد.

در انتها لازم می‌دانیم صمیمانه از کلیه کسانی که ما را در تدوین این کتاب یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی نماییم. از خوانندگان محترم تقاضا داریم، با ارسال پیشنهادها و انتقادهای خود به آدرس ایمیل [fattahi@basu.ac.ir](mailto:fattahi@basu.ac.ir)، مترجمان را در رفع کاستی‌های این کتاب یاری نمایند.

پرویز فتاحی

وحید حاجی‌پور

آرش نوبری

## پیشگفتار مؤلفان

## ۱- انگیزه‌های کتاب حاضر

امروزه رقابت میان سازمان‌ها سبب شده است که بسیاری از آنها در استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات، تولیدی و خدماتی خود تجدید نظر کنند. در حقیقت، بهبود موقعیت یک صنعت به صورت خاص، نیازمند کاهش هزینه‌ها و افزایش رضایت مشتریان است. رسیدن به این دو هدف بدون مدیریت صحیح و تصمیم‌گیری مناسب، امکان‌پذیر نیست. واضح است که تأمین به موقع تقاضای مشتریان به دلیل ماهیت تصادفی آن، امری دشوار بوده و عواملی نظیر خرابی‌های ماشین‌آلات و پایین بودن میزان دسترس‌پذیری سیستم، این مشکل را تشدید می‌کند.

در کل، صنایع تولیدی به دنبال استفاده از مناسب‌ترین برنامه‌های تولیدی هستند که آن‌ها را در کاهش هزینه‌ها و مشکلات ناشی از کمبود ظرفیت‌ها یاری می‌کند. همچنین، به منظور تضمین بهره‌وری پیوسته یک سازمان به مدیران توصیه می‌شود که به صورت ویژه و همزمان، بر روی سیستم‌های تولیدی و نگهداری و تعمیرات تمرکز داشته باشند. از آنجا که فعالیت‌های تولیدی و نگهداری و تعمیراتی با منابع فیزیکی گوناگون نظیر نیروی انسانی و ایستگاه‌های کاری مرتبط هستند، بنابراین به هنگام تصمیم‌گیری و ارائه برنامه‌ها باید توجهی ویژه به مدیریت این منابع که برای بقای شرکت حیاتی هستند، معطوف گردد. با توجه به آنچه که گفته شد می‌توان چنین نتیجه گرفت که زمان‌ها را رسیده است تا به صورت توأم به برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی تولید و نگهداری و تعمیرات پرداخته شود. واضح است که سیاست‌های تولید و نگهداری و تعمیرات یکپارچه، توجه برخی از محققانی را که به منظور ایجاد استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات یکپارچه با احتساب الزامات نگهداری و تعمیرات و تولید، از استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات سنتی جدا شده‌اند، به خود جلب کرده است.

## ۲- مرور کلی فصل‌ها

هدف از این کتاب ارائه چندین سیاست نگهداری و تعمیرات و تولید یکپارچه جدید با احتساب محدودیت‌های صنعتی و محیطی است.

در فصل اول، استراتژی یکپارچه‌ای از کنترل موجودی و نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای یک واحد تولیدی با خرابی‌های تصادفی که در آن سطح دسترس‌پذیری حداقلی مورد نیاز

است، ارائه می‌گردد. سیستم تولیدی مورد بررسی در این فصل با در نظر گرفتن عملیات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه به محض رسیدن به دوره‌ای خاص و یا وقوع خرابی، مورد مطالعه است. به منظور تأمین پیوسته واحد تولید در مواقعی که عملیات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و عملیات تعمیر با زمان‌های تصادفی بر روی ماشین‌ها در حال انجام است، مقداری موجودی محافظ محدود، با سطح  $h$ ، در لحظه  $A$  از ابتدای چرخه تولید ایجاد می‌شود. همچنین در این فصل، یک مدل تحلیلی و یک رویکرد عددی جهت یافتن مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم که هزینه متوسط کل در واحد زمان را کمینه ساخته و محدودیت دسترس‌پذیری را برآورده می‌کنند ارائه خواهد شد. متغیرهای تصمیم این مسأله عبارتند از دوره نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، سطح موجودی محافظ و زمان ایجاد موجودی محافظ از شروع دوره تولید.

**در فصل دوم** به سه سیستم توأم استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات و کنترل موجودی با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی ارائه می‌گردد. در این فصل، دو استراتژی به منظور بهره‌برداری از یک سیستم تولیدی متشکل از دو ماشین موازی که موجودی خط مونتاژی را تأمین می‌کنند، مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. یک مدل شبیه‌سازی برای هر یک از این دو استراتژی ایجاد شده تا بتوان آنها را از نظر اقتصادی مقایسه کرد. صورت همزمان مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم را برای هر یک از آنها مشخص کرد.

**در فصل سوم**، استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و کنترل کیفیت به صورت توأم برای فرآیندهای تولید ناقص مورد بررسی قرار گرفته است. در حقیقت، در این فصل یک سیاست جدید نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و کنترل کیفیت یکپارچه برای یک سیستم تولیدی با خرابی تصادفی که قادر به تولید محصولات تأییدشده (سالم) و تأییدنشده (معیوب) است، ارائه می‌شود. سیستم مورد بررسی در این فصل شامل یک ماشین روی برآورده کردن تقاضایی ثابت است. بر اساس نسبت محصولات تأییدنشده در هر انباشته ( $l$ ) و مقایسه آن با یک مقدار حدی ( $l_m$ )، تصمیم‌گیری برای انجام و یا عدم انجام عملیات نگهداری و تعمیرات بر روی سیستم، صورت می‌گیرد. برای کاهش اختلالات ناشی از توقف ماشین مورد نظر در هنگام اجرای عملیات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و یا تعمیرات اصلاحی، یک موجودی محافظ با ظرفیت محدود، با سطح  $h$  ایجاد می‌شود تا تأمین پیوسته خط تولید را در ادامه تضمین کند. همچنین یک مدل تحلیلی ترکیب‌شده با شبیه‌سازی ارائه شده است تا مقدار بهینه  $l_m^*$  و  $h^*$  را به صورت همزمان مشخص نماید.

در فصل چهارم، بهینه‌سازی توأم استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات و کنترل تولید تحت شرایط قراردادهای پیمانکاری بررسی می‌گردد. در این فصل، با الهام از یک مسأله صنعتی، نگهداری و تعمیرات کارا و سیاست‌های تولید به موقع در شرایط پیمانکاری در دو حالت بررسی شده است. جهت‌گیری اول شامل قرارداد پیمانکاری با هدف تأمین تقاضای ثابت است، با علم بر این که سیستم تولیدی متشکل از یک ماشین  $M_1$  که قادر به تأمین کل تقاضا نبوده و یک ماشین  $M_2$  که نرخ خرابی ثابتی دارد، می‌باشد که سه سیاست نگهداری و تعمیرات برای  $M_1$  در این حالت مورد آزمایش قرار گرفته است. جهت‌گیری دوم، سیستم تولیدی را به عنوان یک تأمین‌کننده در نظر می‌گیرد که به منظور برآورده کردن تقاضایی ثابت بخشی از ظرفیت تولید خود را برای پیمانکاری تخصیص می‌دهد. در این حالت یک سیستم تولیدی شامل دو ماشین که هر یک از آن‌ها قادر به تولید یک محصول مشابه می‌باشند، در شرایط خرابی و اجرای فعالیت‌های پیمانکاری، در نظر گرفته شده است. هدف از این فصل، عبارت است از تأیید کارایی سیاست نگهداری و تعمیرات یکپارچه که تصمیمات نگهداری و تعمیرات و تولید را در شرایط پیمانکاری با یکدیگر ترکیب می‌کنند. در نهایت، یک مدل تحلیلی ارائه شده که به منظور اثبات کارایی اقتصادی هر یک از دو حالت بهینه‌سازی ترکیب شده است.

در فصل پنجم، سیاست نگهداری و تعمیرات یکپارچه جدیدی با در نظر گرفتن آسیب‌های زیست‌محیطی بررسی می‌گردد. در این فصل، یک مدل نگهداری و تعمیرات برای سیستم تک‌واحدی تولید کالاها و خدمات پیشنهاد شده است. این سیستم در معرض افت تصادفی است که این افت نه تنها بر کیفیت محصول تأثیر داشته بلکه بر محیط نیز اثر می‌گذارد. در این حالت فرض شده است که محیط، زمانی آسیب می‌بیند که سطح مشخصی از افت در سیستم اتفاق بیافتد. مدل نگهداری و تعمیرات ارائه شده به دنبال ارزیابی سطح افت سیستم به گونه‌ای است که آسیب‌های زیست‌محیطی کاهش یابد. هدف از این مسأله تعیین تاریخ بهینه بازرسی‌ها به منظور کمینه‌سازی متوسط هزینه کل در واحد زمان تعریف شده است. تابع هزینه مورد بررسی، متشکل از هزینه‌های بازرسی و نگهداری و تعمیرات به اضافه هزینه جرمه حاصل از آسیب‌های زیست‌محیطی می‌باشد.

## فهرست مطالب

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| فصل ۱- بهینه‌سازی توأم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و کنترل موجودی- رویکرد تحلیلی.....       | ۱  |
| ۱-۱- مقدمه.....                                                                             | ۱  |
| ۱-۲- شرح مسأله.....                                                                         | ۴  |
| ۱-۳- بررسی تحلیلی.....                                                                      | ۶  |
| ۱-۳-۱- مدل هزینه نگهداری و تعمیرات.....                                                     | ۶  |
| ۱-۳-۲- مدل هزینه کنترل موجودی.....                                                          | ۷  |
| ۱-۳-۳- متوسط هزینه مدل واحد زمان.....                                                       | ۱۵ |
| ۱-۴- بهینه‌سازی.....                                                                        | ۱۶ |
| ۱-۵- مثال عددی و تحلیل حساسیت.....                                                          | ۱۷ |
| ۱-۵-۱- الگوریتم حل عددی.....                                                                | ۱۷ |
| ۱-۶- مثال عددی.....                                                                         | ۱۹ |
| ۱-۷- نتیجه‌گیری.....                                                                        | ۲۲ |
| ۱-۸- مراجع.....                                                                             | ۲۳ |
| فصل ۲- بهینه‌سازی توأم استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات و کنترل موجودی- رویکرد شبیه‌سازی..... | ۲۵ |
| ۲-۱- مقدمه.....                                                                             | ۲۵ |
| ۲-۲- شرح مسأله.....                                                                         | ۲۹ |
| ۲-۲-۱- تنظیمات.....                                                                         | ۲۹ |
| ۲-۲-۲- تعریف استراتژی‌های کنترلی پیشنهادی.....                                              | ۳۱ |
| ۲-۲-۳- علائم و اختصارات.....                                                                | ۳۲ |

- ۳-۲- بررسی تحلیلی و بیان پیچیدگی..... ۳۲
- ۱-۳-۲- فرمولبندی مسأله بهینه‌سازی هزینه..... ۳۳
- ۲-۳-۲- پیچیدگی مسأله کنترل بهینه..... ۳۴
- ۴-۲- مدل شبیه‌سازی..... ۳۴
- ۱-۴-۲- اصول شبیه‌سازی..... ۳۴
- ۲-۴-۲- الگوریتم‌های شبیه‌سازی..... ۳۵
- ۵-۲- کاربرد عددی و بهینه‌سازی..... ۳۸
- ۱-۵-۲- مقایسه استراتژی‌های CCS و ICS..... ۳۸
- ۲-۵-۲- تحلیل اثر ظرفیت موجودی (h)..... ۴۰
- ۳-۵-۲- دسترس‌پذیری بهینه..... ۴۰
- ۴-۵-۲- یافتن بهترین تعادل میان دسترس‌پذیری و هزینه: تحلیل چندمعیاره..... ۴۲
- ۶-۲- نتیجه‌گیری..... ۴۵
- ۷-۲- مراجع..... ۴۶
- فصل ۳- کنترل کیفیت و استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه توأم برای فرآیند تولید ناقص..... ۴۹
- ۱-۳- مقدمه..... ۴۹
- ۲-۳- شرح مسأله..... ۵۲
- ۳-۳- بررسی تحلیلی..... ۵۴
- ۱-۳-۳- متوسط هزینه موجودی..... ۵۶
- ۲-۳-۳- متوسط هزینه نگهداری و تعمیرات..... ۶۰
- ۳-۳-۳- متوسط هزینه کیفیت..... ۶۰

|     |                                                                                         |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| ۶۲  | ۴-۳- بهینه‌سازی                                                                         |
| ۶۴  | ۵-۳- مثال عددی و تحلیل حساسیت                                                           |
| ۶۷  | ۶-۳- نتیجه‌گیری                                                                         |
| ۶۷  | ۷-۳- مراجع                                                                              |
| ۶۹  | فصل ۴- بهینه‌سازی توأم استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات و تولید با در نظر گرفتن پیمانکاری |
| ۶۹  | ۱-۴- مقدمه                                                                              |
| ۷۲  | ۲-۴- شرح مسأله                                                                          |
| ۷۳  | ۳-۴- استفاده توأم از تولید داخلی و پیمانکاری برای تأمین تقاضای محصول                    |
| ۷۳  | ۱-۳-۴- بیان مسأله                                                                       |
| ۷۴  | ۲-۳-۴- اطلاعات و علائم مورد نیاز برای مسأله عددی                                        |
| ۷۵  | ۳-۳-۴- سیاست نگهداری و تعمیرات ساده (SMP)                                               |
| ۷۶  | ۴-۳-۴- سیاست نگهداری و تعمیرات بهبود یافته (IMP)                                        |
| ۷۹  | ۵-۳-۴- سیاست نگهداری و تعمیرات تولید (PMP)                                              |
| ۸۳  | ۶-۳-۴- تحلیل عملکرد SMP، IMP و PMP                                                      |
| ۹۰  | ۴-۴- سیاست‌های کنترل تولید تحت شرایط انجام عملیات پیمانکاری                             |
| ۹۰  | ۱-۴-۴- بیان مسأله                                                                       |
| ۹۴  | ۲-۴-۴- سیاست نگهداری و تعمیرات ساده                                                     |
| ۹۴  | ۳-۴-۴- سیاست نگهداری و تعمیرات یکپارچه                                                  |
| ۹۴  | ۴-۴-۴- تحلیل عملکرد InMP و SMP                                                          |
| ۱۰۰ | ۵-۴- نتیجه‌گیری                                                                         |

- ۴-۶- پیوست ۱: مدل شبیه‌سازی IMP ..... ۱۰۲
- ۴-۷- پیوست ۲: مدل شبیه‌سازی SMP ..... ۱۰۳
- ۴-۸- مراجع ..... ۱۰۴
- فصل ۵- بهینه‌سازی توأم نگهداری و تعمیرات و خدمات با در نظر گرفتن محدودیت‌های محیطی ..... ۱۰۷
- ۵-۱- مقدمه ..... ۱۰۷
- ۵-۲- مرور ادبیات ..... ۱۰۹
- ۵-۳- شرح مسأله ..... ۱۱۴
- ۵-۴- بررسی تحلیلی ..... ۱۱۷
- ۵-۵- بهینه‌سازی ..... ۱۱۹
- ۵-۶- مثال عددی و تحلیل حساسیت ..... ۱۲۲
- ۵-۶-۱- آزمایش ۱: تأثیر  $C_d$  بر  $\left(\frac{E(C_t)}{E(T_c)}\right)^*$  و  $\delta$  ..... ۱۲۳
- ۵-۶-۲- آزمایش ۲: تأثیر  $H$  بر  $\left(\frac{E(C_t)}{E(T_c)}\right)^*$  و  $\delta$  ..... ۱۲۵
- ۵-۷- نتیجه‌گیری ..... ۱۲۸
- ۵-۸- پیوست‌ها ..... ۱۲۹
- ۵-۸-۱- اثبات قضیه ۲-۵ ..... ۱۲۹
- ۵-۸-۲- اثبات قضیه ۳-۵ ..... ۱۳۰
- ۵-۸-۳- اثبات قضیه ۴-۵ ..... ۱۳۰
- ۵-۹- مراجع ..... ۱۳۱
- نتیجه‌گیری ..... ۱۳۳