

بسم الله الرحمن الرحيم

طراحی سیستم‌های تولید سلولی

تالیف:

دکتر محمد سعیدی مهرآباد

مهندس محمد مهدی پایدار

سرشناسه	: سعیدی مهرآباد، محمد، ۱۳۳۳-
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی سیستم‌های تولید سلولی / تألیف: محمد سعیدی مهرآباد، محمد مهدی پایدار
مشخصات نشر	: تهران : دانشگاه آزاد اسلامی، سازمان چاپ و انتشارات : دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۱۸۰ ص. : مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۲۶۹۰-۷
وضعیت فهرست نویسی	: فیا.
موضوع	: تولید سلولی
موضوع	: تولید سلولی - الگوهای ریاضی
شناسه افزوده	: پایدار، محمد مهدی-
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی. سازمان چاپ و انتشارات
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی. واحد قزوین.
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۲ ط ۴ س/ ۱۸۳ TS
رده بندی دیویی	: ۶۷۰/۴۲۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۳۸۸۳۸۹



کتاب	: طراحی سیستم‌های تولید سلولی
تألیف	: دکتر محمد سعیدی مهرآباد، مهندس محمد مهدی پایدار.
ناشر	: سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی دانشگاه آزاد اسلامی قزوین
سال انتشار	: ۱۳۹۳
نوبت چاپ	: اول، ۱۳۹۳
شمارگان	: ۲۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۹.۵۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۲۶۹۰-۷

❖ کلیه حقوق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است ❖

ساختمان مرکزی: قزوین، بلوار نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین

مرکز پخش قزوین: ۰۲۸۱-۳۶۷۵۷۸۷ و ۳۶۸۸۰۵۸

مراکز فروش تهران: ۰۶۶۴۹۴۵۴۱، ۰۶۶۹۷۳۵۳۹، ۰۶۶۴۸۳۲۵۱، ۰۶۶۹۵۱۶۴۶، ۰۲۱-۶۶۹۵۱۶۴۶

آدرس سایت: www.qiau.ac.ir

پست الکترونیک: qiaup@qiau.ac.ir

پیشگفتار مولفین

زمانی که سیستم‌های تولیدی اغلب نیاز به پیکربندی مجدد دارند تا پاسخگوی تغییرات در تقاضا و طراحی محصول باشند، سیستم‌های کارگاهی و جریانی نمی‌توانند نیازمندی‌های تولید را پاسخگو باشند. یکی از این روش‌های کارآمد برای برنامه‌ریزی تسهیلات و طرح استقرار، تکنولوژی گروهی نامیده می‌شود. تولید سلولی یکی از کاربردهای اولیه قواعد تکنولوژی گروهی برای ساخت و تولید می‌باشد که بر مبنای آن هر سلول متشکل از تعدادی ماشین و تجهیزات تولیدی، قادر به پردازش گروهی از قطعات تحت عنوان خانواده قطعات که دارای فرآیندهای تولیدی مشابه هستند، می‌باشد.

کتاب مذکور در زمینه طراحی سیستم‌های تولید سلولی، یکی از روش‌های نوین استقرار ماشین‌ها می‌باشد که جهت استفاده دانشجویان رشته‌های صنایع، مکانیک و مدیریت صنعتی نگارش شده است. به دلیل اهمیت مبحث مورد نظر و فقدان منبع فارسی مناسب، نگارندگان را بر آن داشت تا به تالیف کتابی در این زمینه که بتواند مورد استفاده دانشجویان خصوصاً در مقطع تحصیلات تکمیلی باشد، اهتمام ورزند. مطالب این کتاب به گونه‌ای نگارش شده است که دانشجویانی که با سیستم‌های تولیدی و تحقیق در عملیات شنایی دارند بتوانند از آن استفاده نمایند.

این کتاب شامل فصل اول تا سوم به مفاهیم مطرح در سیستم‌های تولیدی پرداخته است. فصول چهارم تا ششم وارد معرفی مطالب کلیدی در سیستم‌های تولید سلولی شده است. فصول هفتم تا نهم در برگیرنده مدل‌های پایه‌ای و پیشرفته ارائه شده در زمینه سیستم‌های تولید سلولی می‌باشند.

در **فصل اول** تاریخچه تولید و صنایع تولیدی مختلف بررسی شده‌اند. عملیات تولیدی و ارتباط بین تولید و محصول توضیح داده شده است. در ادامه با معرفی مفاهیم تولیدی اعم از نرخ تولید، ظرفیت تولید، میزان دسترسی و بهره‌برداری، زمان تولید و کالاهای در حال ساخت پرداخته شده است. در انتهای فصل به بیان انواع هزینه‌های عملیاتی تولید پرداخته شده است. **فصل دوم** به بررسی مفاهیم برنامه‌ریزی فرآیند، مهندسی همزمان و برنامه‌ریزی تولید پرداخته شده است. همچنین نحوه تصمیم‌گیری در مورد ساخت یا خرید و تفاوت‌ها بین برنامه‌ریزی فرآیند و برنامه‌ریزی تولید مورد بحث قرار گرفته شده است. **فصل سوم** شامل مباحث حمل و نقل و شرایط آن، تجهیزات مربوط به حمل و نقل مواد، چگونگی جابه‌جایی مواد و قواعد حاکم بر حمل و نقل مواد می‌باشد. **فصل چهارم** در برگیرنده انواع روش‌های استقرار ماشین و نحوه انتخاب شیوه استقرار می‌باشد. در ادامه مفاهیم تکنولوژی گروهی و سیستم‌های تولید سلولی به تفصیل بیان می‌شود. **فصل پنجم** به مدیریت پروژه در طراحی سیستم تولید سلولی تکیه دارد. ساختار تفکیک‌شده سازماندهی برای پیاده‌سازی سلول‌های تولیدی، فازهای اصلی اجرای تولید سلولی از جمله موارد مطرح شده می‌باشد. **فصل ششم** به نقش مسائل سازمانی و انسانی در اجرای سیستم تولید سلولی می‌پردازد. مباحثی همچون فرهنگ سازمانی، ساختار سازمانی، انگیزش سازمانی، آموزش نیروی انسانی نقش بسزایی در موفقیت پروژه طراحی سیستم‌های تولید سلولی دارند. **فصل هفتم** روش‌هایی که هدف آنها تشکیل خانواده قطعات و گروه ماشین‌ها با استفاده از ماتریس شاخص صفر-یک عملیات قرار داده شده است، مورد ملاحظه قرار گرفته است. همچنین به معرفی روش‌های شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک پرداخته و نحوه استفاده آنها در طراحی آرایش سلولی نشان داده شده است. **فصل هشتم** به نقش توالی عملیات در مساله آرایش سلولی پرداخته و دو مدل ریاضی مرتبط و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید جهت حل آنها ارائه شده است. در نهایت، **فصل نهم** به معرفی مفهوم تولید سلولی پویا در جهت پاسخ‌گویی به تغییرات تقاضا متمرکز شده و مدل‌های ریاضی مرتبط ارائه شده است. در این فصل نقش عدم قطعیت پارامترهای تولیدی در شرایط فازی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

علی رغم تلاش مولفان، کتاب پیش رو، خالی از ایراد نبوده و خوشحال می‌شویم نظرات و پیشنهادات اصلاحی خود را به اطلاع مولفان برسانید تا در ویرایش‌های بعدی کتاب لحاظ شوند.

فهرست مطالب

فصل اول: عملیات تولیدی	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- تاریخچه تولید	۱
۱-۳- صنایع تولیدی و محصولات	۴
۱-۴- عملیات تولیدی	۷
۱-۵- ارتباطات بین تولید و محصول	۹
۱-۶- مفاهیم تولیدی و مدل‌های ریاضی	۱۳
۱-۷- هزینه‌های عملیاتی تولید	۱۷
فصل دوم: طراحی فرآیند و مهندسی همزمان	۲۳
۱-۲- مقدمه	۲۳
۲-۲- برنامه‌ریزی فرآیند	۲۳
۲-۲- برنامه‌ریزی فرآیند به کمک کامپیوتر	۲۷
۳-۲- مهندسی همزمان و طراحی برای ساخت	۲۹
۴-۲- برنامه‌ریزی تولید و شرفته	۳۲
فصل سوم: حمل و نقل مواد	۳۴
۱-۳- مقدمه	۳۴
۲-۳- بررسی اجمالی تجهیزات جابجایی مواد	۳۴
۳-۳- موارد قابل توجه در طراحی سیستم حمل و نقل مواد	۳۷
۴-۳- قواعد کلی برای حمل و نقل مواد	۴۰
فصل چهارم: تکنولوژی گروهی و تولید سلولی	۴۴
۱-۴- مقدمه	۴۴
۲-۴- استقرار ماشین‌ها	۴۴
۲-۴- نحوه انتخاب شیوه استقرار	۴۶
۳-۴- تکنولوژی گروهی	۴۹
۴-۴- تولید سلولی	۵۰
۵-۴- مباحث تولید سلولی	۵۳
فصل پنجم: مدیریت پروژه و اجرای تولید سلولی	۵۷
۱-۵- مقدمه	۵۷
۲-۵- مدیریت پروژه برای تولید سلولی	۵۸
۳-۵- برنامه ریزی برای سلول‌های تولیدی	۶۳
۴-۵- اجرای سلول‌های تولیدی	۶۸
فصل ششم: مسائل سازمانی و انسانی در تولید سلولی	۷۵
۱-۶- مقدمه	۷۵
۲-۶- فرهنگ سازمانی	۷۶
۳-۶- ساختار سازمانی	۷۷
۴-۶- انگیزه سازمانی	۸۱
۵-۶- آموزش و توسعه	۸۲
۶-۶- تجربه واقعی در اجرای تولید سلولی	۸۷

۸۹	۶-۷- قسمت‌های نادیده گرفته شده در اجرای تولید سلولی
۹۲	فصل هفتم: مسئله آرایش سلولی
۹۲	۷-۱- مقدمه
۹۲	۷-۲- الگوریتم خوشه‌بندی بر اساس رتبه
۹۶	۷-۳- روش شبکه عصبی
۱۰۰	۷-۴- برنامه‌ریزی خطی
۱۰۳	۷-۵- الگوریتم ژنتیک
۱۰۸	۷-۶- مدل ریاضی بر پایه فروشنده دوره‌گرد
۱۱۲	۷-۷- معیار اندازه‌گیری عملکرد
۱۱۴	فصل هشتم: آرایش سلولی و توالی عملیات
۱۱۴	۸-۱- مقدمه
۱۱۴	۸-۲- توالی عملیات و چیدمان ماشین‌ها
۱۱۶	۸-۳- مدل ریاضی
۱۲۰	۸-۴- روش شبیه‌سازی تدریجی
۱۳۰	۸-۵- معیار اندازه‌گیری عملکرد
۱۳۱	فصل نهم: سیستم‌های تولید سلولی پویا
۱۳۱	۹-۱- مقدمه
۱۳۱	۹-۲- نیازمندی‌های محیط پویا
۱۳۳	۹-۳- مدل ریاضی سیستم تولید سلولی پویا
۱۴۳	۹-۴- تعمیم مدل ریاضی در شرایط فازی
۱۵۹	۹-۵- مدل ریاضی سیستم تولید سلولی پویا و چیدمان ماشین‌ها
۱۷۰	مراجع

فهرست جداول

جدول ۱-۱: تقسیم بندی صنایع براساس طبقه بندی استاندارد بین المللی صنایع.....	۵
جدول ۱-۲: کدهای استاندارد بین المللی صنعت برای صنایع مختلف در بخش تولید.....	۵
جدول ۱-۳: بعضی از صنایع تولیدی و محصولاتشان.....	۶
جدول ۱-۴: تعداد قطعات مجزای به کار رفته در محصولات مونتاژی مختلف.....	۱۱
جدول ۱-۵: تعداد نمونه ای از عملیات پردازش مورد نیاز بخش های متنوع تولید.....	۱۱
جدول ۱-۶: مشخص کردن ماشین تولید با ارزش np و no.....	۱۱
جدول ۱-۷: عمده هزینه های سربار تولید.....	۱۹
جدول ۱-۸: عمده هزینه های سربار مشارکتی.....	۱۹
جدول ۲-۱: راهنمای آماده سازی برگه مسیر.....	۲۵
جدول ۲-۲: عوامل تاثیر گذار در تصمیم ساخت یا خرید.....	۲۷
جدول ۲-۳: قواعد و منمهای عمومی در DFM/A.....	۳۱
جدول ۲-۴: اجزای هزینه تولید.....	۳۱
جدول ۲-۵: عوامل طراحی برای چرخه طول عمر.....	۳۲
جدول ۳-۱: مشخصات مورد نیاز در طول عمر.....	۳۸
جدول ۳-۲: انواع تجهیزات - مدل و مدل مواد مربوط به سه نوع از چیدمان (استقرار).....	۴۰
جدول ۴-۱: ویژگی های انواع طرح های استقرار.....	۴۷
جدول ۴-۲: مزایا، محدودیت ها و موارد کاربرد طرح های مختلف استقرار.....	۴۸
جدول ۴-۳: ماتریس ماشین- قطعه شامل ۵-۴ ماشین (مثال ۴-۱).....	۵۳
جدول ۴-۴: آرایش سلولی مثال ۴-۱.....	۵۳
جدول ۴-۵: مثالی از ماتریس قطعه- ماشین.....	۵۵
جدول ۴-۶: جواب بهینه تشکیل سلول جدول ۴-۵.....	۵۵
جدول ۴-۷: وجود آلترناتیو مسیر برای قطعه پنجم از جدول ۴-۱.....	۵۵
جدول ۴-۸: جواب بهبود یافته بر اساس جدول ۴-۷.....	۵۵
جدول ۴-۹: جواب به دست آمده از اضافه شدن ماشین نوع دوم.....	۵۶
جدول ۵-۱: وظایف اصلی در بردارنده اجرای تولید سلولی.....	۶۲
جدول ۵-۲: فعالیت ها و نواحی عملیاتی مرتبط برای تولید سلولی.....	۷۰
جدول ۷-۱: ماتریس شاخص قطعه- ماشین شامل ۶ قطعه و ۶ ماشین (مثال ۷-۲).....	۹۸
جدول ۷-۲: ماتریس مالتی گراف اولیه (مثال ۷-۲).....	۹۹
جدول ۷-۳: ماتریس مالتی گراف ثانویه (مثال ۷-۲).....	۹۹
جدول ۷-۴: جواب به دست آمده توسط روش شبکه عصبی گراف (مثال ۷-۲).....	۹۹
جدول ۷-۵: ماتریس شاخص قطعه- ماشین شامل ۱۰ قطعه و ۱۰ ماشین (مثال ۷-۳).....	۹۹
جدول ۷-۶: ماتریس مالتی گراف جدول ۷-۵ (مثال ۷-۳).....	۱۰۰
جدول ۷-۷: جواب به دست آمده توسط روش شبکه عصبی گراف (مثال ۷-۳).....	۱۰۰
جدول ۷-۸: جواب به دست آمده مثال اول توسط روش برنامه ریزی خطی.....	۱۰۳
جدول ۷-۹: جواب به دست آمده مثال اول توسط روش برنامه ریزی خطی.....	۱۰۳
جدول ۷-۱۰: تعریف نمادهای mTSP و تولید سلولی.....	۱۱۰

جدول ۷-۱۱: ماتریس قطعه- ماشین شامل ۷ قطعه و ۵ ماشین (مثال ۷-۴).....	۱۱۱
جدول ۷-۱۲: ماتریس ضریب عدم تشابه (مثال ۷-۴).....	۱۱۱
جدول ۷-۱۳: جواب به دست آمده با استفاده از مدل (مثال ۷-۴).....	۱۱۲
جدول ۸-۱: ماتریس قطعه- ماشین شامل ۸ ماشین و ۲۰ قطعه (مثال ۸-۱).....	۱۱۶
جدول ۸-۲: جواب الگوریتم CASE برای ماتریس 8×20	۱۱۶
جدول ۸-۳: ماتریس قطعه- ماشین با توالی عملیات (مثال ۸-۲).....	۱۱۹
جدول ۸-۴: مقادیر پارامترها (مثال ۸-۲).....	۱۱۹
جدول ۸-۵: تعریف نمادهای MDmTSP و تولید سلولی.....	۱۲۲
جدول ۸-۶: ماتریس جریان مثال ۸-۳.....	۱۲۹
جدول ۸-۷: جواب بهینه مثال ۸-۳.....	۱۲۹
جدول ۹-۱: استانداردهای تولید داده نمونه (مثال ۹-۱).....	۱۴۱
جدول ۹-۲: داده نمونه ۱ (۸ قطعه - ۳ عملیات برای هر قطعه - ۶ ماشین - ۳ دوره) برای مثال ۹-۱.....	۱۴۲
جدول ۹-۳: جزئیات بهترین جواب به دست آمده (مثال ۹-۱).....	۱۴۳
جدول ۹-۴: دلایل نظر گرفتن عدم قطعیت در پارامترهای سیستم تولید سلولی.....	۱۴۶
جدول ۹-۵: داده نمونه ۲ (۸ قطعه - ۲ عملیات برای هر قطعه - ۶ ماشین - ۲ دوره) برای مثال ۹-۲.....	۱۴۸
جدول ۹-۶: جواب بهینه مدل با استریک به ازی مقادیر مختلف سطح دقت (مثال ۹-۲).....	۱۴۸
جدول ۹-۷: مثال نمونه با ۴ قطعه (۱ قطعه دارای ۲ عملیات)، ۴ ماشین و ۲ دوره برای مثال ۹-۳.....	۱۵۶
جدول ۹-۸: جواب های بهینه برای برنامه اساسی- مثال نمونه ارائه شده در جدول ۹-۷ (مثال ۹-۳).....	۱۵۷
جدول ۹-۹: جدول ۸- جواب بهینه مدل از حل مسئله حداکثر سازی تصمیم (مثال ۹-۳).....	۱۵۷
جدول ۹-۱۰: جوابهای بهینه مربوط به چهار مسئله اساسی (مثال ۹-۴).....	۱۵۸
جدول ۹-۱۱: بهترین جواب به دست آمده از مسئله حداکثر سازی تصمیم ۵ (مثال ۹-۴).....	۱۵۸
جدول ۹-۱۲: جواب حد بالا برای مسئله حداکثر سازی تصمیم - (مثال ۹-۴).....	۱۵۸
جدول ۹-۱۳: اطلاعات مربوط به ماشین ها (مثال ۹-۵).....	۱۶۵
جدول ۹-۱۴: اطلاعات مربوط به قطعات (مثال ۹-۵).....	۱۶۵
جدول ۹-۱۵: ماتریس ماشین- قطعه (مثال ۹-۵).....	۱۶۵
جدول ۹-۱۶: مقدار تابع هدف و اجزای آن (مثال ۹-۵).....	۱۶۶
جدول ۹-۱۷: برنامه تولیدی بهینه (مثال ۹-۵).....	۱۶۶
جدول ۹-۱۸: ماتریس جدید ماشین- قطعه برای تحلیل حساسیت مثال ۹-۵.....	۱۶۷
جدول ۹-۱۹: مقدار تابع هدف و اجزای آن از تحلیل حساسیت مثال ۹-۵.....	۱۶۷
جدول ۹-۲۰: برنامه تولیدی بهینه از تحلیل حساسیت مثال ۹-۵.....	۱۶۸

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: تعریف های مختلف از فرآیند تولید..... ۱
- شکل ۱-۲: تولید مستمر در صنایع..... ۶
- شکل ۱-۳: چگونگی صرف زمانی برای یک قطعه در کارگاه تولید دسته ای..... ۹
- شکل ۱-۴: نقش هزینه های ثابت و متغیر در روش های تولید دستی و ماشینی..... ۱۸
- شکل ۱-۵: تفکیک هزینه های تولید محصول..... ۱۹
- شکل ۲-۱: نمونه ای از برگه مسیر..... ۲۴
- شکل ۲-۲: نوعی از توالی فرآورده ها مورد نیاز یک قطعه..... ۲۵
- شکل ۲-۳: مقایسه توسعه سنتی و توسعه به روش مهندسی هم زمان برای یک محصول..... ۳۰
- شکل ۲-۴: چرخه برنامه ریزی تولید پیشرفته..... ۳۳
- شکل ۳-۱: حمل و نقل مواد در سیستم های تولید..... ۳۴
- شکل ۳-۲: مثال هایی از پنج نوع اساسی تجهیزات حمل و نقل مواد..... ۳۵
- شکل ۳-۳: مثال هایی از کانتینرهای بار واحد جهت حمل و نقل مواد..... ۳۷
- شکل ۳-۴: انواع حمل تجهیزات حمل و نقل مواد به عنوان تابعی از تعداد و مسافت جابه جا شده..... ۳۹
- شکل ۴-۱: نمونه ای از سیستم کارگاهی..... ۴۵
- شکل ۴-۲: نمونه ای از سیستم جریان..... ۴۶
- شکل ۴-۳: ارتباط بین روش تولید و روش های استقرار..... ۴۶
- شکل ۴-۴: نمودار C-Q..... ۴۸
- شکل ۴-۵: نمودار P-Q..... ۴۹
- شکل ۴-۶: نمونه ای از تولید سلولی..... ۵۱
- شکل ۵-۱: عواملی که موقع اجرای سلول های تولیدی باید در نظر گرفته شوند..... ۵۸
- شکل ۵-۲: استفاده از مدیریت پروژه برای تولید سلولی..... ۶۱
- شکل ۵-۳: طرح سازمان ماتریسی..... ۶۸
- شکل ۶-۱: ساختار سازمانی برای ایجاد تغییر..... ۷۸
- شکل ۷-۱: نمونه ای از ارتباط نرون ها..... ۹۶
- شکل ۷-۲: نمونه ای از یک شبکه عصبی مصنوعی در آرایش سلولی..... ۹۷
- شکل ۷-۳: کد لینگو مدل پیشنهادی..... ۱۰۴
- شکل ۷-۴: نمای کلی از الگوریتم ژنتیک..... ۱۰۶
- شکل ۷-۵: عملگر آمیزش ساده..... ۱۰۷
- شکل ۷-۶: عملگر آمیزش یکنواخت..... ۱۰۷
- شکل ۸-۱: تاثیر توالی عملیات بر روی حمل و نقل درون و بین سلولی..... ۱۱۵
- شکل ۸-۲: آرایش سلولی به دست آمده توسط مدل ریاضی در حالت دوم (مثال ۸-۲)..... ۱۲۰
- شکل ۸-۳: آرایش سلولی به دست آمده توسط مدل ریاضی (مثال ۸-۲)..... ۱۲۰
- شکل ۸-۴: فلوچارت یک شبیه سازی تبرید کلاسیک..... ۱۲۶
- شکل ۸-۵: پیکربندی تولید سلولی بر اساس MDmTSP (مثال ۸-۳)..... ۱۲۹
- شکل ۹-۱: پیکربندی مجدد سلولی در شرایط پویا..... ۱۳۲
- شکل ۹-۲: نقل و انتقالات درون و بین سلولی مواد با تجهیزات و اندازه دسته متفاوت..... ۱۳۴
- شکل ۹-۳: تاثیر توالی عملیات بر نقل و انتقالات بین سلولی مواد..... ۱۳۴

- شکل ۹-۴: نحوه استقرار فرضی سلول ها و ماشین ها ۱۳۴
- شکل ۹-۵: چگونگی تعامل بین اجزا تابع هدف ۱۳۶
- شکل ۹-۶: چگونگی محاسبه حرکت های درون و بین سلولی با فرض وجود توالی عملیات ۱۳۹
- شکل ۹-۷: پیکربندی سلولی مربوط به حل ارائه شده در جدول ۹-۲ (مثال ۹-۱) ۱۴۳
- شکل ۹-۸: تابع عضویت تقاضای قطعه p در دوره h ۱۴۵
- شکل ۹-۹: تابع عضویت ظرفیت در دسترس ماشین نوع m در هر دوره برنامه ریزی ۱۴۵
- شکل ۹-۱۰: پیکربندی بهینه سلولی متناظر با نتایج به دست آمده در جدول ۹-۵ (مثال ۹-۲) ۱۴۹
- شکل ۹-۱۱: چهار مدل پایه ای جهت محاسبه حد پایین و بالای مقادیر تابع هدف ۱۵۱
- شکل ۹-۱۲: تابع عضویت هدف ۱۵۱
- شکل ۹-۱۳: تابع عضویت محدودیت های فازی ۱۵۲
- شکل ۹-۱۴: تعمیم برنامه های چهارگانه برای مدل پیشنهادی ۱۵۳
- شکل ۹-۱۵: پیکربندی سلولی مربوط به نتایج ارائه شده در جدول ۹-۱۱ (مثال ۹-۴) ۱۵۸
- شکل ۹-۱۶: پیکربندی سلولی مربوط به نتایج ارائه شده در جدول ۹-۱۲ (مثال ۹-۴) ۱۵۸
- شکل ۹-۱۷: تاثیر توالی عملیات و چیدمان ماشین ها در محاسبه تعداد حرکات درون سلولی ۱۶۰
- شکل ۹-۱۸: نمونه ای از جریان مواد بین ماشین ها ۱۶۵
- شکل ۹-۱۹: پیکربندی بهینه ۱۶۷
- شکل ۹-۲۰: پیکربندی بهینه از تجزیه حساسیت مثال ۹-۵ ۱۶۸
- شکل ۹-۲۱: جریان مواد بین ماشین ها برای قطعه دوم (مثال ۹-۵) ۱۶۹