

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تربیت معلم تهران

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع – گرایش صنایع

عنوان

کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری در حل مدل تعیین مقدار اقتصادی تولید با

امکان تولید اقلام معیوب، ضایعات و فرآیند دوباره‌کاری

استاد راهنما

دکتر سید حمیدرضا پسندیده

استاد مشاور

دکتر ابوالفضل میرزازاده

نگارش

رضوان داودی

دی ۱۳۹۰

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر؛

توانشان رفت تا به توانایی برسم و مویشان سپید کشت تا رویم سپید بماند؛

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی روشنیشان سرمایه های جاودانی زندگی من است،

با تجلیل و قدردانی از همه آنچه در سال های بودنم بر آنها گذشت.

"وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا"

و بگو پروردگار بر دانش من بیفزای (طه - ۱۱۴)

پاس و ستایش بی کران پروردگار هستی را که آفرید و بخشید و نمون شد.

بر خود لازم می دانم از اساتید فرهیخته و ارجمندم، جناب آقای دکتر پسندیده به پاس راهنمایی های راهگشا و پشتیبانی های فنی و معنوی بسیار و جناب آقای دکتر میرزازاده به پاس یاری و مشاوره، صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری نمایم.

از اساتید بزرگواری که زحمت قرائت و داوری این پایان نامه را تقبل کرده و نکات تکمیلی در جهت بهبود این پژوهش ایراد فرمودند، کمال تشکر را دارم.

چکیده

با توجه به نقش مهم موجودی‌ها در تخمین هزینه در شرکت‌های تولیدی، برنامه‌ریزی تولید و مدیریت موجودی‌ها با هدف کمینه کردن هزینه‌های سیستم تولیدی یکی از مسئولیت‌های مهم و اساسی در واحدهای صنعتی به‌شمار می‌رود. در این پایان‌نامه مدل تعیین مقدار اقتصادی تولید^۱ چند محصولی در حالتی در نظر گرفته می‌شود که امکان تولید محصولات خراب و ضایعات نیز علاوه بر اقلام سالم وجود دارد. در چنین شرایطی فرض می‌شود که همه محصولات تولیدی بازرسی شده و اقلامی که خراب تشخیص داده شوند بعد از یک مرحله دوباره‌کاری به محصول سالم تبدیل می‌شوند، برخی اقلام نیز به صورت ضایعات درآمده و با قیمتی کمتر فروخته می‌شوند. مسأله تحت شرایط محدود بودن گنجایش فضای انبار و تعداد دفعات سفارش در دو حالت محدود بودن و عدم وجود محدودیت در ظرفیت تولید محصولات، مدل‌سازی می‌شود. در اکثر مدل‌های موجودی که تحت محدودیت منابع (نظیر محدودیت در فضای انبار، تعداد دفعات سفارش، زمان راه‌اندازی و غیره) ارائه شده‌اند، سطح منابع مقداری معلوم و ثابت بوده و از پیش تعریف شده‌است، به همین دلیل نتیجه‌ی بهینه‌سازی چنین مدل‌هایی، بدست آوردن حالت بهینه برای یک سیستم مفروض است. در این پایان‌نامه برخلاف بهینه‌سازی‌های معمولی، سطح منابع (محدودیت‌های مسأله) نامعلوم بوده و به صورت متغیرهای تصمیم در نظر گرفته می‌شوند. این روش با عنوان رویکرد برنامه‌ریزی تجدیدپذیر^۲، پورتفولیویی از سطوح منابع را، با هدف بهینه‌سازی تابع هزینه‌های موجودی و کمینه کردن بودجه مورد نیاز برای منابع، جستجو می‌کند. چنین رویکردی منجر به طراحی یک سیستم بهینه به جای بهینه‌سازی یک سیستم موجود می‌شود. مدل‌های پیشنهاد شده از دسته مسائل برنامه‌ریزی غیر خطی می‌باشند که به دلیل پیچیدگی در ابعاد بزرگ از انواع الگوریتم‌های فراابتکاری شامل الگوریتم جستجوی هارمونی^۳، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید^۴، الگوریتم ژنتیک^۵ برای حل مدل یک‌هدفه و الگوریتم‌های فراابتکاری چندهدفه با رویکرد پارتو شامل الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب^۶ و الگوریتم ژنتیک رتبه بندی نامغلوب^۷ برای حل مدل‌های دوهدفه بهره جسته‌ایم. همچنین برای تنظیم پارامتر الگوریتم‌ها، طراحی آزمایشات و متدولوژی سطح پاسخ اجرا شده‌است. در نهایت به منظور سنجش میزان کارایی الگوریتم‌های حل پیشنهادی برای مدل‌های مربوطه، با اجرای آنها بر روی چند مسأله آزمایشی در ابعاد مختلف، مورد تجزیه و تحلیل و مقایسه آماری قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: مقدار اقتصادی تولید، اقلام معیوب و فرآیند دوباره‌کاری، الگوریتم‌های فراابتکاری، برنامه‌ریزی تجدیدپذیر،

طراحی آزمایشات، بهینه‌سازی چندهدفه

¹ Economic Production Quantity (EPQ)

² De Novo Programming

³ Harmony Search Algorithm (HAS)

⁴ Simulated Annealing Algorithm (SA)

⁵ Genetic Algorithm (GA)

⁶ Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II)

⁷ Non-dominated Ranking Genetic Algorithm (NRGA)

فهرست مطالب

فصل اول - کلیات تحقیق.....	۱
۱-۱ - مقدمه.....	۲
۲-۱ - بیان مسأله.....	۲
۳-۱ - اهمیت ضرورت تحقیق.....	۳
۴-۱ - اهداف تحقیق.....	۴
۵-۱ - سؤالات تحقیق.....	۵
۶-۱ - ساختار پایان نامه.....	۵
فصل دوم - مبانی نظری و مروری بر ادبیات موضوع.....	۶
۱-۲ - مقدمه.....	۷
۲-۲ - کنترل موجودی ها.....	۷
۱-۲-۲ - تعریف اصطلاحات یک مسأله موجودی.....	۷
۲-۲-۲ - انواع موجودی و اهمیت اقتصادی موجودی ها.....	۸
۳-۲-۲ - مشخصه های سیستم موجودی.....	۹
۴-۲-۲ - مدل مقدار تولید اقتصادی (EPQ).....	۱۰
۳-۲ - پیشینه تحقیق مدل های مقدار اقتصادی تولید.....	۱۳
۴-۲ - مرور ادبیات الگوریتم های بهینه یابی تک هدفه.....	۱۷
۱-۴-۲ - الگوریتم جستجوی هارمونی (HSA).....	۱۷
۲-۴-۲ - الگوریتم شبیه سازی تبرید (SA).....	۲۲
۳-۴-۲ - الگوریتم ژنتیک (GA).....	۲۷
۵-۲ - مرور ادبیات الگوریتم های بهینه یابی چندهدفه مبتنی بر رویکرد پارتو.....	۴۲
۱-۵-۲ - بهینه یابی چندهدفه.....	۴۳
۲-۵-۲ - الگوریتم ژنتیک مرتب سازی نامغلوب نخبه گرا (NSGA-II).....	۴۵
۳-۵-۲ - الگوریتم ژنتیک رتبه بندی نامغلوب (NRGA).....	۴۸
۶-۲ - طراحی آزمایشات.....	۵۱
۱-۶-۲ - مفهوم طراحی آزمایشات.....	۵۱
۲-۶-۲ - اهداف طراحی آزمایشات.....	۵۱
۳-۶-۲ - کاربردهای طراحی آزمایشات.....	۵۲

۵۲..... ۲-۶-۴ - مراحل انجام طراحی آزمایش‌ها

۵۴..... فصل سوم- روش تحقیق

۵۵..... ۱-۳ - مقدمه و تعریف مسأله

۵۷..... ۲-۳ - فرضیات

۵۷..... ۳-۳ - پارامترها

۵۸..... ۴-۳ - مدل‌های پیشنهادی

۱-۴-۳ - تعیین مقدار بهینه تولید برای مدل تولید چند محصولی با تعمیر اقلام خراب، محدودیت فضای انبار و

۵۸..... تعداد دفعات سفارش (مدل اول)

۲-۴-۳ - یک طرح بهینه برای مسأله مقدار اقتصادی تولید با محدودیت منابع فضای انبار و تعداد دفعات سفارش

۶۱..... (مدل دوم)

۳-۴-۳ - یک طرح بهینه برای مسأله مقدار اقتصادی تولید با محدودیت منابع فضای انبار و تعداد دفعات سفارش

۶۳..... در حالت تولید محصولات روی یک ماشین (مدل سوم)

۶۵..... ۵-۳ - روش‌های حل پیشنهادی

۶۵..... ۱-۵-۳ - روش‌های حل مدل پیشنهادی اول

۷۰..... ۲-۵-۳ - روش‌های حل مدل‌های پیشنهادی دوم و سوم

۷۳..... فصل چهارم- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۷۴..... ۱-۴ - مقدمه

۷۴..... ۲-۴ - تحلیل نتایج مدل پیشنهادی اول

۷۴..... ۱-۲-۴ - تنظیم پارامترهای الگوریتم‌های فراابتکاری

۷۶..... ۲-۲-۴ - تنظیم پارامترها و معیارهای کنترلی الگوریتم ژنتیک

۷۹..... ۳-۲-۴ - تنظیم پارامترها و معیارهای کنترلی الگوریتم جستجوی هارمونی

۸۲..... ۴-۲-۴ - تنظیم پارامترها و معیارهای کنترلی الگوریتم شبیه‌سازی تبرید

۸۵..... ۵-۲-۴ - مثال عددی

۸۷..... ۶-۲-۴ - مقایسه عملکرد سه الگوریتم

۹۲..... ۳-۴ - تحلیل نتایج مدل‌های پیشنهادی دوم و سوم

۹۲..... ۱-۳-۴ - تعیین معیارهای کنترلی و پارامترهای الگوریتم‌ها

۹۲..... ۲-۳-۴ - مقایسه عملکرد دو الگوریتم

۱۰۲..... فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۰۳..... ۱-۵ - خلاصه و نتیجه‌گیری

۱۰۴..... ۲-۵ - پیشنهادات جهت تحقیقات آتی

۱۰۵..... فهرست منابع و مآخذ

فهرست جداول

- جدول ۱-۲: رابطه بین تبرید جامدات و شبیه‌سازی تبرید ۲۳
- جدول ۱-۴: سطوح پارامترهای GA بکاررفته در طرح مرکب مرکزی ۷۷
- جدول ۲-۴: آزمایشات طرح مرکب مرکزی برای GA ۷۷
- جدول ۳-۴: تحلیل رگرسیون بر روی متغیر پاسخ الگوریتم GA ۷۸
- جدول ۴-۴: تحلیل واریانس برای متغیر پاسخ الگوریتم GA ۷۸
- جدول ۵-۴: مقادیر بهینه پارامترهای الگوریتم جستجوی هارمونی ۷۹
- جدول ۶-۴: سطوح پارامترهای HSA بکاررفته در طرح مرکب مرکزی ۷۹
- جدول ۷-۴: آزمایشات طرح مرکب مرکزی برای HSA ۸۰
- جدول ۸-۴: تحلیل رگرسیون بر روی متغیر پاسخ الگوریتم HSA ۸۱
- جدول ۹-۴: تحلیل واریانس برای متغیر پاسخ الگوریتم HSA ۸۱
- جدول ۱۰-۴: مقادیر بهینه پارامترهای الگوریتم جستجوی هارمونی ۸۲
- جدول ۱۱-۴: سطوح پارامترهای SA بکاررفته در طرح مرکب مرکزی ۸۲
- جدول ۱۲-۴: آزمایشات طرح مرکب مرکزی برای SA ۸۳
- جدول ۱۳-۴: تحلیل رگرسیون بر روی متغیر پاسخ الگوریتم SA ۸۴
- جدول ۱۴-۴: تحلیل واریانس برای متغیر پاسخ الگوریتم SA ۸۴
- جدول ۱۵-۴: مقادیر بهینه پارامترهای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ۸۵
- جدول ۱۶-۴: پارامترهای مثال عددی ۸۶
- جدول ۱۷-۴: جواب حاصل از حل مثال عددی توسط سه الگوریتم پیشنهادی ۸۶
- جدول ۱۸-۴: مسائل نمونه برای مقایسه عملکرد الگوریتم‌ها ۸۸
- جدول ۱۹-۴: نتایج حاصل از اجرای الگوریتم‌های HSA، GA و SA ۸۸
- جدول ۲۰-۴: آزمون برابری واریانس‌های بهترین جواب بدست آمده توسط HSA، GA و SA ۹۰
- جدول ۲۱-۴: آزمون برابری میانگین‌های بهترین جواب بدست آمده توسط HSA، GA و SA ۹۰
- جدول ۲۲-۴: نتایج آزمون **Tukey** در تشخیص اختلاف بین میانگین‌های بهترین جواب بدست آمده توسط HSA، GA و SA ۹۰
- جدول ۲۳-۴: نتایج نهایی آزمون **Tukey** (مقایسه میانگین‌های بهترین جواب بدست آمده توسط HSA، GA و SA) ۹۰
- جدول ۲۴-۴: آزمون برابری واریانس‌های زمان صرف شده توسط HSA، GA و SA ۹۱
- جدول ۲۵-۴: آزمون برابری میانگین‌های زمان صرف شده توسط HSA، GA و SA ۹۱

جدول ۴-۲۶: نتایج آزمون Games-Howell در تشخیص اختلاف بین میانگین‌های زمان صرف شده توسط	
SA و GA، HSA.....	۹۱
جدول ۴-۲۷: نتایج محاسباتی معیارهای مقایسه الگوریتم‌های NSGA-II و NPGA در حل مدل دوم.....	۹۵
جدول ۴-۲۸: آمار استنباطی مربوط به آزمون برابری میانگین پنج معیار الگوریتم‌های NSGA-II و NPGA در	
حل مدل دوم.....	۹۵
جدول ۴-۲۹: نتایج محاسباتی معیارهای مقایسه الگوریتم‌های NSGA-II و NPGA در حل مدل سوم.....	۹۷
جدول ۴-۳۰: آمار استنباطی مربوط به آزمون برابری میانگین پنج معیار الگوریتم‌های NSGA-II و NPGA در	
حل مدل سوم.....	۹۷

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲: رفتار سیستم موجودی در مدل EPQ..... ۱۲
- شکل ۲-۲: مقایسه فرآیند بداهه‌سرایبی و بهینه‌سازی مهندسی..... ۱۸
- شکل ۳-۲: نمودار جریانی الگوریتم جستجوی هارمونی..... ۱۹
- شکل ۴-۲: مفهوم ایجاد جواب جدید در الگوریتم جستجوی هارمونی (گام سوم)..... ۲۱
- شکل ۵-۲: شبه کد الگوریتم شبیه‌سازی تبرید استاندارد..... ۲۴
- شکل ۶-۲: نمودارهای مربوط به هر یک از روش‌های کاهش دما..... ۲۶
- شکل ۷-۲: نمودار جریانی الگوریتم ژنتیک..... ۲۹
- شکل ۸-۲: عملگر تقاطع یک نقطه‌ای..... ۳۷
- شکل ۹-۲: عملگر تقاطع دونقطه‌ای..... ۳۸
- شکل ۱۰-۲: نحوه مرتب‌سازی جواب‌های نامغلوب یک جمعیت..... ۴۶
- شکل ۱۱-۲: نحوه محاسبه فاصله ازدحام در یک مسأله دوهدفه حداقل‌سازی..... ۴۶
- شکل ۱۲-۲: نحوه ایجاد جمعیت نسل بعد الگوریتم NSGA-II..... ۴۸
- شکل ۱۳-۲: نمودار جریانی الگوریتم‌های NSGA-II و NPGA..... ۵۰
- شکل ۱۴-۲: ارتباط بین خروجی و ورودی‌های یک سیستم را از دیدگاه طراحی آزمایشات..... ۵۱
- شکل ۱-۳: فرآیند سیستم موجودی مسأله..... ۵۶
- شکل ۲-۳: نمودارهای موجودی؛ (a) مصرف مواد خام، (b) تولید محصولات سالم، (c) تولید ضایعات، (d) مصرف محصول نهایی در انبار..... ۵۶
- شکل ۱-۴: نمودار همگرایی جواب‌های الگوریتم ژنتیک..... ۸۷
- شکل ۲-۴: نمودار همگرایی جواب‌های الگوریتم جستجوی هارمونی..... ۸۷
- شکل ۳-۴: نمودار همگرایی جواب‌های الگوریتم شبیه‌سازی تبرید..... ۸۷
- شکل ۴-۴: نمودار گرافیکی مقایسه الگوریتم‌های NSGA-II و NPGA بر اساس پنج معیار استاندارد در حل مدل دوم..... ۹۶
- شکل ۵-۴: نمودار گرافیکی مقایسه الگوریتم‌های NSGA-II و NPGA بر اساس پنج معیار استاندارد در حل مدل سوم..... ۹۸

فصل اول - کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

یکی از مسئولیت‌های مهم و اساسی در واحدهای صنعتی مدیریت و کنترل موجودیهاست. فعالیت‌های متمرکز شده تحت عنوان کنترل موجودی‌ها، همواره مورد توجه خاص مدیریت می‌باشند. واحدهای مختلف صنعت نیز هریک با توجه به اهداف و وظایفی که بر عهده دارند، به نوعی خاص، سیاست‌های رایج و نحوه اعمال فعالیت‌های مربوط به کنترل و مدیریت موجودی‌ها را مورد توجه قرار داده و هریک بنابه مصالح خود به سیاست و خط مشی بخصوص در اداره این فعالیت گرایش دارند. در این میان وظیفه مسئولین و دست‌اندرکاران قسمت کنترل تولید و موجودی‌ها آن است که با توجه به اهداف واحد صنعتی با در نظر گرفتن کلیه عوامل و شرایط، روش‌هایی را در پیش گیرند که در اقتصاد کلی کارخانه اثر مثبت داشته باشد.

هدف اصلی از مدیریت مواد اولیه و قطعات مورد نیاز این است که اولاً در هنگام نیاز کالا و قطعات به میزان مورد نظر موجود باشند و ثانیاً مقدار کالا و قطعات به اندازه مناسب باشد یعنی نه به میزان زیاد که هزینه انبارداری فوق‌العاده‌ای را به سازمان تحمیل نماید و فضای دیگر کالاها را اشغال نماید و نه آنقدر کم که خط تولید متوقف شود. به عبارت دیگر، منافع ناشی از دارا بودن موجودی بیش از هزینه‌های کمبود آن باشند.

۱-۲- بیان مسأله

هر سازمان بایستی برای خرید اقلام معین به منظور تولید کالاها و خدماتش، سفارشات دوره‌ای متفاوتی را صادر نماید. معمولاً این اقلام شامل مواد خام، تدارکات و قطعات خریداری شده می‌باشند. برای خرید بعضی از چنین اقلامی بایستی تعدادی که در هر زمان سفارش داده می‌شود تعیین گردد. این مقادیر اغلب به نام "مقدار سفارش" نامیده می‌شود. در هر صورت در اکثر مواقع بعضی عوامل موجب تشویق سازمان به انتخاب مقادیر زیاد می‌گردد در حالی که عوامل دیگری سازمان را به انتخاب مقادیر کوچک تشویق می‌کند. عواملی که مقادیر زیاد را تشویق می‌کنند، همان هزینه‌هایی هستند که در هر بار سفارش ایجاد می‌شوند و شامل هزینه‌های صدور سفارش، حمل و نقل و تحویل سفارش می‌باشند. به دلیل اینکه این هزینه‌ها در هر بار سفارش ثابت هستند، سازمان را تشویق به افزایش مقدار سفارش و کاهش تعداد دفعات سفارش در طول دوره می‌نمایند. احتمالاً در مواردی که امکانات بیشتر برای سفارش مقادیر زیادتر فراهم است و یا زمانی که انتظار رود در آینده نزدیک قیمت‌ها افزایش یابند سازمان تشویق به مقادیر زیادتر می‌گردد. زیرا به محض افزایش در مقادیر سفارش متوسط تعداد اقلام ذخیره شده افزایش یافته و در نتیجه خطر ایجاد کسری موجودی کاهش می‌یابد.

بر خلاف عوامل ذکر شده، عواملی وجود دارند که مقادیر کمتر سفارش را تشویق می‌کنند. مهمترین این عوامل هزینه‌های ناشی از متوسط موجودی بالای حاصل از سفارش مقادیر بالاست. این هزینه‌ها شامل اقلامی مانند هزینه انبارداری، هزینه فساد موجودی‌ها، مالیات‌های مربوطه و هزینه بهره یا هزینه فرصت ایجاد شده مربوط به سرمایه‌گذاری در موجودی‌ها می‌باشد.

بطور خلاصه زمانی که بعضی هزینه‌ها با تغییر در مقدار سفارش کاهش می‌یابند، بعضی دیگر افزایش می‌یابند. کاری که برنامه‌ریزی تولید باید انجام دهد، تعیین مقادیر سفارش اقتصادی است که کل هزینه‌ها را کمینه خواهد نمود.

علاوه بر صدور سفارش خرید اقلام هر سازمانی سفارشات را برای تولید بعضی اقلام صادر می‌کند. دومین نوع سفارش شامل قطعات مونتاژهای فرعی و محصولات نهایی می‌باشد. در مقایسه با سفارش خرید اقلام، سفارشات تولید بوسیله بخش تولید صادر می‌گردند. در این حالت تعیین مقدار کلاهایی که باید در یک زمان معین تولید شوند الزامی است. روش تعیین این مسأله مانند روشی است که در مورد خرید اقلام بکار می‌رود.

برای شروع کار بایستی این واقعیت که در هر بار سفارش هزینه‌های ثابت ایجاد می‌شوند، درک گردد. این هزینه‌ها شامل هزینه صدور سفارش، نصب ابزارآلات مربوطه و کنترل پروسه تولید می‌باشند. البته مجموع هزینه سفارش حاصله در مدت یک سال را می‌توان به جای سفارشات کم بوسیله سفارش مقادیر زیاد کاهش داد. همچنین اگر سفارش زیادتر، اجازه استفاده از متدهای کارآمدتر تولید را فراهم کند و یا به خاطر وجود منحنی یادگیری منجر به افزایش بهره‌وری گردد، ممکن است چنین مقادیری منجر به کاهش قیمت تمام شده محصول گردد. در نهایت، مقادیر سفارش زیاد، باعث افزایش متوسط موجودی و در نتیجه کاهش خطر کسری موجودی و یا ازدست‌دادن سفارش مشتریان خواهد شد. ولی تمام مزایای این تولید انبوه بوسیله هزینه‌هایی که در نتیجه نگهداری متوسط موجودی زیاد ایجاد می‌گردد، جبران می‌شود. بنابراین مانند خرید کالا، برنامه‌ریزی تولید بایستی مقدار سفارش را که کل این هزینه‌های مؤثر از مقدار سفارش را به حداقل می‌رساند تعیین کند.

اگر یک سازمان صدها نوع مختلف محصول خریداری یا تولید نماید تعیین مقدار اقتصادی برای هر یک از آنها کار سختی خواهد بود گرچه ماهیت بعضی از این اقلام به نوعی است که تنها راه سازمان خرید یا تولید آنها بر مبنای میزان تقاضای آنها خواهد بود. این حالت وقتی اتفاق می‌افتد که یک کالا را نتوان ذخیره نمود و یا نتوان از آن محافظت و نگهداری کرد. طبیعتاً این مسأله شامل حال خیلی از خدمات می‌شود. واضح است هرگونه بحث در مورد تعیین حجم چنین اقلامی بی‌معنی به‌نظر می‌رسد زیرا اینگونه اقلام را تنها زمانی که به آنها نیاز است و به مقداری که نیاز باشد بایستی خریداری یا تولید نمود. ولی حتی وقتی از نیاز به تعیین مقدار اقتصادی سفارش چنین اقلامی صرف‌نظر شود، ممکن است بنگاهی بخواهد بقیه صدها و یا هزاران مورد خرید یا تولید خود را بصورت گروهی سفارش دهد. زیرا تجزیه و تحلیل دقیق هر یک از این اقلام زمان‌بر و هزینه‌بر است و اکثر سازمان‌ها بایستی تعیین کنند که کدامیک از این اقلام به مطالعه دقیق نیاز دارد.

۱-۳- اهمیت ضرورت تحقیق

از جمله موضوع‌هایی که انواع سازمان‌ها با آن روبرو هستند، مسائل موجود در زمینه برنامه‌ریزی تولید و مدیریت موجودی می‌باشد. مسائلی از قبیل میزان و زمان سفارشات مواد اولیه، قطعات نیمه ساخته، تعیین نوع سیستم کنترل موجودی، تعیین ظرفیت انواع انبارها و برنامه‌ریزی برای تحویل به‌موقع و اقتصادی سفارشات در این بحث قرار دارند. اهمیت نگهداری موجودی در سیستم‌های تولید و فروش و بالا بودن هزینه‌های ناشی از نگهداری موجودی‌ها اعم از

مواد اولیه، قطعات نیمه‌ساخته یا محصول نهایی باعث گردیده تعداد زیادی از محققان به بررسی و تحلیل مدل‌های گوناگون موجودی و تولید بپردازند. موضوع اصلی مسائل مدیریت موجودی و برنامه‌ریزی برای تولید، بهینه‌یابی مقدار سفارش اقتصادی یا تعیین اندازه دسته تولید با توجه به ظرفیت‌ها و محدودیت‌ها و به منظور کمینه‌کردن کل هزینه‌های مرتبط با سفارش، تولید و راه‌اندازی، خرید، نگهداری، تحویل و ... و یا بیشینه‌کردن کل سود مرتبط با سیستم مدیریت و کنترل موجودی می‌باشد. در همین راستا مدل مقدار اقتصادی سفارش^۱ و مدل مقدار اقتصادی تولید^۲ به طور وسیعی برای تعیین اندازه دسته سفارش و یا تولید در سیستم‌های مدیریت و کنترل موجودی بکار می‌روند.

۱-۴- اهداف تحقیق

مدل EPQ یکی از قدیمی‌ترین و شناخته شده ترین مدل‌ها در تئوری موجودی است که به خاطر ساده بودن هنوز بطور گسترده‌ای در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال ۱۹۱۵، هریس برای اولین بار این مدل را معرفی کرد و از آن زمان تلاش‌های تحقیقاتی زیادی در جهت بهبود این مدل از دیدگاه‌های مختلف صورت گرفته است. هدف اصلی این پایان نامه آن است که در ادامه تلاش‌های صورت گرفته توسط دیگر محققان، با کنار گذاشتن بعضی از فرضیات محدود کننده مطرح در مدل کلاسیک EPQ، این مدل به گونه ای توسعه یابد تا فرضیات آن هرچه بیشتر با شرایط دنیای واقعی سازگار باشند. به عنوان مثال مدل کلاسیک تنها یک محصول را در نظر می‌گیرد و فرض می‌کند همه محصولات بطور سالم تولید می‌شوند. همچنین در این مدل محدودیتی برای ذخیره محصولات و دفعات سفارش در نظر گرفته نشده است. در این پژوهش یک مدل EPQ در حالت چند محصولی تحت شرایطی در نظر گرفته می‌شود که فضای انبار و تعداد دفعات سفارش و ظرفیت تولید محصول محدود بوده و امکان تولید اقلام معیوب و ضایعات وجود دارد و فرآیند دوباره‌کاری روی محصولات خراب انجام می‌شود. هدف از مدلسازی مسأله تحت چنین شرایطی طراحی یک سیستم تولید بهینه با استفاده از رویکرد برنامه ریزی تجدیدپذیر^۳ است. به عبارت دیگر، در پژوهش حاضر مدلسازی تحت شرایط واقعی‌تری صورت گرفته است که در آن مقدار منابع موجود برای دو محدودیت انبارش محصولات و دفعات سفارش معین و معلوم نبوده و در جهت بهینه شدن، قابل تغییر هستند. در این راستا مدل‌ها ارائه شده و سپس نسبت به حل آنها اقدام می‌گردد.

علاوه بر هدف اصلی ذکر شده بعضی از اهداف فرعی این پژوهش عبارتند از:

- توسعه و تطبیق سه رویکرد فراابتکاری متفاوت شامل الگوریتم ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید و جستجوی هارمونی برای حل مدل تک‌هدفه اول
- توسعه و تطبیق دو رویکرد فراابتکاری متفاوت بر مبنای الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی غیرپست و الگوریتم ژنتیک رتبه‌بندی غیرپست برای حل مدل‌های دوهدفه

¹ Economic Order Quantity

² Economic Production Quantity

³ De Novo Programming

- بهبود کارایی الگوریتم‌های ارائه شده از طریق تنظیم پارامترهای آنها با استفاده از طراحی آزمایشات
- مقایسه کارایی الگوریتم‌های توسعه داده شده از طریق تجزیه و تحلیل و مقایسه نتایج حاصل از اجرای الگوریتم‌ها برای هر یک از سه مدل ارائه شده.

۱-۵- سوالات تحقیق

- چگونه می‌توان مدل EPQ را در حالت چندمحصولی تحت شرایط مجاز بودن تولید اقلام معیوب و ضایعات و وجود فرآیند دوباره کاری محصولات معیوب و با محدودیت‌های فضای انبار و و تعداد دفعات سفارش توسعه داد؟
- چگونه می‌توان از رویکرد برنامه ریزی تجدیدپذیر برای طراحی یک سیستم بهینه تحت شرایط پیش گفته استفاده نمود؟
- چگونه می‌توان الگوریتم‌های SA، GA و HSA را برای حل مدل تک‌هدفه بکار برد؟
- چگونه می‌توان الگوریتم‌های NSGA-II، NRGGA را برای حل مدل تک‌هدفه بکار برد؟
- کارایی سه الگوریتم SA، GA و HSA برای حل مدل تک‌هدفه نسبت به هم چگونه است؟
- کارایی دو الگوریتم NSGA-II، NRGGA برای حل مدل‌های چندهدفه نسبت به هم چگونه است؟

۱-۶- ساختار پایان‌نامه

مجموعه حاضر در پنج فصل تدوین شده است. فصل اول به بیان مقدمه، ضرورت و اهداف مسأله مورد بررسی می‌پردازد.

در فصل دوم به بیان مبانی نظری مورد استفاده در تحقیق و علاوه بر آن به مرور ادبیات مدل‌های مرتبط با سیستم‌های موجودی که با فرضیات و تحت شرایط مختلف توسط محققان ارائه شده‌اند پرداخته‌ایم. بخش اصلی تحقیق در فصل‌های سوم و چهارم قرار دارد. در فصل سوم مدل‌های توسعه یافته و الگوریتم‌های حل پیشنهادی ارائه می‌شوند. در این فصل ابتدا مدل مورد بررسی تشریح شده و فرضیات اساسی آن و نمادهای بکار رفته ارائه می‌گردد، سپس مدلسازی انجام می‌گیرد و در نهایت برای حل مدل‌ها الگوریتم‌های فراابتکاری مناسب پیشنهاد می‌گردد.

فصل چهارم به تجزیه و تحلیل روش‌های حل ارائه شده اختصاص دارد، در این فصل ضمن اینکه از روش طراحی آزمایشات جهت تنظیم پارامترهای الگوریتم‌های حل استفاده می‌شود، با ارائه چندین مثال عددی و اجرای روش‌های مختلفی نظیر مقایسات آماری نتایج، کارایی الگوریتم‌های ارائه شده مورد سنجش و مقایسه قرار می‌گیرند. در نهایت، فصل پنجم نتیجه گیری و ارائه پیشنهادهای برای تحقیقات آینده را دربرخواهد گرفت.

فصل دوم - مبانی نظری و مروری بر ادبیات موضوع

۱-۷- مقدمه

در فصل اول اهداف موضوع تحقیق تشریح شده و اهمیت آن تا حدی روشن شد. در این فصل به بیان مبانی و چارچوب نظری تحقیق و مرور ادبیات موضوع می‌پردازیم.

۱-۸- کنترل موجودی‌ها

۱-۸-۱- تعریف اصطلاحات یک مسأله موجودی

- موجودی: ذخیره‌ای از مواد و کالا است که به صورت راکد یا نیمه‌تمام جهت برآورده کردن تقاضایی در آینده (مصرف، فروش، تبدیل) نگهداری و مورد استفاده قرار می‌گیرد مانند مواد خام، محصولات نیمه‌ساخته، قطعات یدکی و محصول نهایی.
- تولید: فرآیندی است که در آن مجموعه‌ای از مواد اولیه توسط عوامل تولید از قبیل نیروی انسانی و ماشین‌آلات به مجموعه‌ای از محصولات یا کالاهای ساخته شده تبدیل می‌گردند.
- برنامه‌ریزی و کنترل تولید و موجودی‌ها: عبارت است از برنامه‌ریزی و کنترل جریان مواد، موجودی‌ها و فرآیندهای تولیدی به منظور تأمین محصول مورد نیاز، در زمان مورد نیاز به تعداد مورد نیاز با کیفیت مورد نظر و حداقل هزینه.
- تقاضای مستقل: اقلام با تقاضای مستقل به عنوان اقلام نهایی برای مشتری فرستاده می‌شوند. این اقلام می‌توانند کالاهای نهایی یا قطعات یدکی/تعمیری باشند. تقاضای این اقلام مبتنی بر بازار و متقل از اقلام دیگر است.
- تقاضای وابسته: اقلام با تقاضای وابسته در تولید یک محصول نهایی استفاده می‌شوند. چنین اقلامی ممکن است مواد خام، زیر مونتاژها و یا قطعات فرعی باشند.
- زمان تدارک یا پیش‌زمان تحویل: عبارتست از فاصله زمانی بین لحظه‌ی انجام سفارش تا لحظه‌ای که سفارش وارد سیستم موجودی می‌شود.
- موجودی در دست: مقدار موجودی که بطور فیزیکی و در حال حاضر در اختیار شرکت است. مقدار موجودی در دست از نظر مقدار عددی هیچگاه منفی نیست.
- کمبود: هرگاه سطح موجودی یک سیستم به صفر می‌رسد، هرگونه تقاضایی که از آن پس اتفاق می‌افتد به صورت کمبود در خواهد آمد. دو حالت کلی در کمبود قابل بررسی است: سفارشات تأخیر شده^۱: در این حالت هنگام بروز کمبود، مشتریانبه منظور تأمین نیازمندی خود تا زمان دریافت سفارش جدید توسط شرکت منتظر باقی می‌مانند.

^۱ Backordering

فروش از دست رفته^۱: در این حالت در هنگام بروز کمبود، مشتریان به منظور تأمین تقاضای خود به منبع دیگری مراجعه می‌کنند. در این وضعیت، شرکت تقاضای مشتریانی که توانایی تدمین آنها را ندارد از دست می‌دهد.

- سطح خدمت: توانایی تأمین کردن تقاضای مشتری از موجودی‌های تحت اختیار سازمان را سطح خدمت (سرویس) گویند.

۱-۸-۲- انواع موجودی و اهمیت اقتصادی موجودی‌ها

کنترل و نگهداری موجودی یک مسأله مرسوم و معمول برای هر سازمانی در هر بخش اقتصادی است. مسأله موجودی، هم در سازمان‌های دولتی و هم در سازمان‌ها و موسسات غیرانتفاعی از مسائل مورد توجه است. بطور کلی به دلایل زیر پرداختن به مفاهیم علم موجودی مفید است؛

- موجودی یکی از دارایی‌های سازمان است که نیازمند ذخیره‌سازی، تخصیص و کنترل است.
 - تمامی سازمان‌ها موجودی دارند.
 - بخش قابل توجهی از دارای سازمان می‌تواند به صورت موجودی‌های آن باشد.
 - موجودی‌ها هم از نظر تولید درآمد و هم از نظر ارتباطات با مشتریان روی فروش تأثیر می‌گذارند.
 - موجودی‌ها روی هزینه‌های تولید و عملیات تأثیر می‌گذارند.
 - مقادیر زیاد موجودی باعث پایین آمدن نرخ بازگشت سرمایه می‌شود.
 - داشتن موجودی مستلزم پذیرفتن هزینه‌هایی است که به واسطه نگهداری آن به سیستم تحمیل می‌گردد.
 - داشتن موجودی بیش از حد حتی می‌تواند سبب ورشکستگی گردد.
- کل موجودی‌های یک سازمان شامل مواد خام^۲، محصولات نیمه‌ساخته^۳، محصولات نهایی^۴ و تدارکات^۵ هستند. مواد خام، اقلامی هستند که از تأمین‌کنندگان خریداری می‌شوند تا به عنوان ورودی در فرآیند تولید استفاده شوند.

محصولات در جریان ساخت، عبارتند از محصولات نیمه تمامی که هنوز در فرآیند تولید هستند. این اقلام هم انباشته‌های کارهای نیمه‌تمام و هم صف مواد منتظر برای پردازش‌های بعدی را نشان می‌دهند. محصولات نهایی، کالاهای نهایی آماده برای فروش، توزیع و انبارش هستند. تدارکات، اقلام موجودی مصرفی در فعالیتهای عادی و جاری سازمان هستند که قسمت یا جزئی از محصول نهایی نیستند.

¹ Lost sale

² Raw material

³ In-process products

⁴ Finished products

⁵ Supplies

۱-۸-۳- مشخصه‌های سیستم موجودی

برای تجزیه و تحلیل یک سیستم موجودی می‌بایست خصوصیات آن بررسی شود. موارد زیر اجزایی هستند که با شناخت آنها می‌توان سیستم‌های مختلف موجودی را از یکدیگر متمایز کرده و آنها را شناخت.

۱-۳-۸-۱- تقاضا

تقاضا یکی از مهمترین اجزای سیستم موجودی است. برای شناخت تقاضای یک سیستم موجودی می‌بایست نکات زیر شناسایی و تعیین گردند:

- اندازه تقاضا: مقدار مورد نیاز جهت تأمین تقاضا (می‌تواند ثابت یا متغیر، قطعی یا احتمالی باشد).
- نرخ تقاضا: اندازه تقاضا در واحد زمان
- الگوی تقاضا: طرق مختلفی که تقاضا می‌تواند رخ دهد (یکنواخت، نمایی، پله‌ای و ...)
- مستقل یا وابسته بودن تقاضا: چنانچه تقاضای محصولی مستقیماً از بیرون سیستم تعیین گردد، آن را مستقل گویند. ولی اگر تقاضای محصولی وابسته به تقاضای محصول دیگری باشد، آن را وابسته گویند.

۱-۳-۸-۲- جایگزینی^۱

بحث جایگزینی در سیستم موجودی بیانگر نحوه ورود و جایگزین شدن موجودی در سیستم است. در پاسخ‌گویی به تقاضا از موجودی سیستم کاسته و مصرف می‌شود. از این رو می‌بایست موجودی مصرفی به نحوی تأمین و جایگزین شود. موارد زیر نکات مطرح در جایگزینی هستند:

- نرخ جایگزینی: اندازه جایگزینی در واحد زمان
- دوره برنامه‌ریزی: فاصله زمانی بین دو تصمیم متوالی برای جایگزینی موجودی
- زمان تدارک: دوره بازبینی و نقطه سفارش مجدد: نقطه سفارش مجدد به معنی مقداری از موجودی است که در صورت کمتر شدن از این مقدار می‌بایست سفارش جدید برای جایگزینی موجودی صورت گیرد.

۱-۳-۸-۳- محدودیت‌ها^۲

در هر سیستمی از جمله سیستم‌های موجودی محدودیت‌هایی وجود دارند که برای تحلیل و بررسی دقیق سیستم و ارائه راهکار مناسب می‌بایست این محدودیت‌ها را شناسایی کرده و در نظر گرفت. عمده محدودیت‌های مطرح در سیستم‌های موجودی را می‌توان بصورت زیر دسته بندی کرد:

- محدودیت روی واحد کالا: برای مثال سفارش و یا تولید کالا تنها در بسته‌ها یا واحدهای خاصی صورت گیرد.
- محدودیت‌های تقاضا: مجاز بودن کمبود یا نبودن آن. تقاضای منفی (کالاهای مرجوعی) و موارد مشابه
- محدودیت‌های جایگزینی:

¹ Replenishment

² Constraints