International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2013)

February 2013, Volume 23, Number 4
pp. 503-514

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

A Mathematical Model for Advanced Planning and Scheduling Problem: Mann Plastic Company Case Study

S.H. Zegordi * **& M. Naderi**

Seyed Hessameddin Zegordi. *Associate Professor, Industrial Engineering Dept., School of Engineering, Tarbiat Modares University,*
Masoomeh Naderi **,** *Master of Science in Industrial Engineering , Tarbiat Modares University*

Keywords

Advanced planning and scheduling,
Mann Plastic Company,
Genetic Algorithm

ABSTRACT

In this paper, a mixed integer programming model for Advanced Planning and Scheduling has been presented and implemented in Mann Plastic Company with the objective of minimizing cost of tardiness and earliness of an order. The proposed mathematical model considers capacity constraints, operation sequence, due date in multi order environment and outsourcing.
In order to solve the mathematical model for advanced planning and scheduling, by using data from Mann Plastic Company, Genetic Algorithm was used and better results with less penalty obtain from genetic algorithm compared to current status. Using the outputs of this model the final product assembly plan and the injection schedules for Mann Plastic company as well as contractor were determined.

© 2013 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 23, No. 4, All Rights Reserved

* **Corresponding author. Hessameddin Zegordi**
Email: *Zegordi@modares.ac.ir*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۴، جلـــد ۲۳، اسفند ۱۳۹۱
صفحـــه ۵۱۴-۵۰۴

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

مدل ریاضی مساله زمانبندی و برنامه ریزی پیشرفته: مورد کاوی شرکت مان پلاستیک

سید حسام الدین ذگردی* و معصومه نادری

کلمات کلیدی

زمانبندی و برنامه ریزی پیشرفته، شرکت مان‌پلاستیک، الگوریتم ژنتیک.

چکیده:

در این مقاله، یک مدل ریاضی عدد صحیح مختلط برای مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته با هدف حداقل کردن مجموع هزینه‌های دیرکرد و زودکرد سفارشات ارائه و در شرکت تولیدی مان پلاستیک پیاده‌سازی شده است. مدل ریاضی ارائه شده محدودیتهای ظرفیت، توالی عملیات، موعد تحویل را در یک محیط چند سفارشی و شرایطی که منابع بیرونی وجود دارد، در نظر می‌گیرد. سپس به منظور حل مدل ریاضی مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفتهء طراحی شده با استفاده از داده‌های موجود در شرکت مان‌پلاستیک از الگوریتم ژنتیک استفاده شد. نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک در مقایسه با وضعیت موجود، جوابهای بهتر و مقدار تابع هدف کمتر را نشان داد. از نتایج حاصله در مدت زمان کوتاه چند دقیقه‌ای برنامه مونتاژ محصول نهایی، برنامه تزریق شرکت مان‌پلاستیک و همچنین پیمانکار استخراج گردید.

۱. مقدمه

امروزه شرکت‌های تولیدی به سبب رقابت شدید جهانی، بیشتر و بیشتر مشتری‌گرا شده‌اند و موفقیت شرکتهای تولیدی به توانایی در ارائه محصولات با کیفیت بالا و هزینه پائین برای تقاضای فزاینده و متنوع مشتریان بستگی کامل دارد. همه تغییرات در محیط سبب تکامل سیستم‌های کنترل و برنامه‌ریزی تولید کارخانجات از برنامه‌ریزی احتیاجات مواد[۲] (MRP) به برنامه‌ریزی منابع تولیدی[۳] (MRPII) و برنامه‌ریزی منابع سازمان[۴] (ERP) گردیده است. با وجود پیشرفتهایی که سیستمهای کنترل و برنامه‌ریزی تولید کارخانجات داشته‌اند یک چیز تغییر نکرده است. "MRP همواره نقطه کانونی همه سیستمهای برنامه‌ریزی تولید است".

متاسفانه، برنامه‌ریزی احتیاجات مواد با وجود کاربرد وسیع در صنایع تولیدی، محدودیتهای ظرفیت را نادیده گرفته و فرض را بر این می‌گیرد که زمانهای تدارک ثابت هستند و توالی عملیات اقلام را در نظر نمی‌گیرد که این موضوع مشکلات متعددی را برای مدیریت کف کارگاه در برنامه‌ریزی تولیدات بعدی ایجاد می‌نماید.

علاوه بر این هیچ‌گونه ضمانتی مبنی بر وجود یک زمانبندی تولید امکانپذیر برای برنامه تولید ایجاد شده وجود ندارد. چنانچه چنین چیزی امکانپذیر نباشد می‌بایست میان سطوح ظرفیتی، اندازه دسته، زمانبندی اصلی تولید[۵] (MPS) و ... نسبت به برنامه تولید انطباق زیادی ایجاد شود. فرآیندهای نامطمئن برنامه‌ریزی طراحان را بر آن می‌دارد که زمانهای تدارک را طولانی نمایند تا عملکرد بهتری بدست آورند. زمانهای تدارک طولانی‌تر معمولا سبب

تاریخ وصول: ۸۹/۱۰/۱۵
تاریخ تصویب: ۹۰/۵/۳۰

***نویسنده مسئول مقاله: دکتر** سید حسام الدین ذگردی، دانشیار دانشکده فنی بخش مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس، Zegordi@modares.ac.ir

معصومه نادری، دانشجوی دانشکده مهندسی صنایع،دانشگاه تربیت مدرس، masoomeh.naderi@yahoo.com

[2] *Materials Requirements Planning (MRP)*
[3] *Manufacturing Resource Planning*
[4] *Enterprise Resource Planning*
[5] *Master Production schedule*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]

خطاهای پیش‌بینی بیشتر، صف‌های طولانی‌تر، موجودی در جریان ساخت (WIP)[1] بیشتر، بهره‌برداری کمتر از ماشین، توان عملیاتی کمتر، افزایش هزینه‌های تولید و حتی کاهش اطمینان در زمانهای تدارک می‌گردد. بی‌شک MRP و زمانبندی تولید به طور تنگاتنگی با هم در ارتباط هستند و می‌بایست به منظور ایجاد برنامه‌های تولید واقع‌گرایانه با هم ادغام شوند که این به نوبه خود منجر به مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته[2](APS) می‌گردد [۱۱].

۱-۱. مروری بر ادبیات APS

لازم به ذکر است که APS هم بر "سیستم‌های برنامه‌ریزی پیشرفته– Advanced Planning System" و هم بر "زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته-Advanced Planning and Scheduling" دلالت دارد.

یک سیستم زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته در فرهنگ لغت APICS به صورت زیر تعریف شده: "هر برنامه کامپیوتری از الگوریتم‌های ریاضی پیشرفته یا منطقی استفاده می‌کند تا بهینه‌سازی یا شبیه‌سازی را در زمانبندی ظرفیت محدود انجام دهد که این تکنیکها به طور همزمان یک دامنه‌ای از محدودیت‌ها و قوانین تجاری را بررسی می‌کنند" [۳].

استادلر در سال ۲۰۰۵ سیستم برنامه‌ریزی پیشرفته را به این صورت تعریف می‌کند: "یکی از اجزای سازنده خانه مدیریت زنجیره تامین[3] (SCM) برنامه‌ریزی پیشرفته است که سطوح مختلف برنامه‌ریزی بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت را به هم پیوند می‌دهد. چندین بسته نرم‌افزاری تجاری برای برنامه‌ریزی پیشرفته وجود دارد که سیستم برنامه‌ریزی پیشرفته نامیده می‌شود [۱۰].

زوکی و همکارانش عنوان کردند که برای تضمین کردن سازگاری تصمیمات زمانبندی و برنامه‌ریزی مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی یکپارچه معرفی شد [۱۹].

سیستم‌های زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته راه‌حل‌های جالبی در حمایت از عملکردهای زمانبندی و برنامه‌ریزی شرکتها فراهم کرده‌اند.

زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته ابزار حمایت تصمیم‌گیری است که شامل چندین توانایی از زمانبندی ظرفیت محدود تا برنامه‌ریزی بر اساس محدودیت می‌باشد. هدف این ابزارها در فراهم کردن برنامه‌های تولید امکان‌پذیر در شرکتها است که محدودیت‌هایی مانند ظرفیت منابع در سطوح تصمیم‌گیری استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی شرکت‌ها را در نظر می‌گیرد.

APS به برنامه‌ریزی و زمانبندی یک کارخانه محدود نمی‌شود بلکه به مسائل زنجیره تامین نیز می‌پردازد. [۹] سیستم APS رویکردهای زمانبندی و برنامه‌ریزی گوناگون را در یک روش یکپارچه می‌سازد [۱۴].

پاتریک و همکارانش عنوان کردند که نرم‌افزار برنامه‌ریزی پیشرفته که اخیرا توسعه یافته برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی زنجیره تامین است که برخلاف ERP تلاش برای پیدا کردن یک برنامه نزدیک بهینه در میان زنجیره تامین دارد به طوریکه گلوگاهها را در نظر می گیرد [۱۲].

زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته هدف را بر مبنای یکپارچه‌سازی برنامه‌ریزی تولید و زمانبندی کارگاه قرار داده و به طور موثر به تخصیص منابع تولید برای تکمیل محصولات چند سطحی می‌پردازد به طوریکه محدودیتهای تولید ارضا شده و اهداف تولید برآورده شوند. مسایل برنامه‌ریزی پیشرفته در سالهای اخیر به صورت چشمگیری مورد توجه قرار گرفته‌اند [۴].

مون و همکارش در سال ۲۰۰۲ مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی را در شرایطی بررسی کردند که منابع بیرونی وجود دارد و سفارش مشتری موعد تحویل دارد.

آنها مدل زنجیره تامین تولید (صنعتی) را توسعه دادند که این مدل برنامه‌ریزی فرآیند، زمانبندی و برون‌سپاری را هماهنگ و یکپارچه می‌کند تا سفارش مشتری در موعد مقررش تحویل داده شود [۵].

مون و همکارانش در سال ۲۰۰۶ هدف از مساله برنامه‌ریزی پیشرفته را تعیین یک برنامه زمانبندی بهینه با انتخاب منابع برای تخصیص و توالی عنوان کردند که این برنامه زمانبندی بهینه زمان تکمیل آخرین کار را که شامل زمانهای پردازش، زمانهای راه‌اندازی و زمانهای حمل و نقل است را کاهش می دهد.

آنها یک مدل برنامه‌ریزی پیشرفته که به طور همزمان برنامه‌های زمانبندی و فرآیند در زنجیره تامین تولید را در نظر می‌گیرد، ارائه کردند.

مدل ارائه شده به وسیله برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط با در نظر گرفتن توالی و منابع آلترناتیو، زمان حمل و نقل و زمان راه‌اندازی وابسته به توالی فرمول‌بندی شد. هدف مدل حداقل کردن زمان تکمیل بود و برای حل مدل یک الگوریتم ژنتیک تطبیقی جدید ارائه دادند [۶].

پویان و همکارانش در سال ۲۰۰۷ یک الگوریتم ژنتیک با یک عملگر جهش جدید بر اساس آشفتگی و جستجوی محلی برای حل مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته در زنجیره تامین تولید که در آن سفارش هر مشتری موعد تحویل دارد و هر ماشین می‌تواند بر روی ماشینهای آلترناتیو تولید شود، ارائه کردند.

[1] *Work In Process*
[2] *Advanced Planning and Scheduling*
[3] *Supply Chain Management*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]

در این مساله هدف حداقل کردن زمان تکمیل سفارش مشتری است. آنها به منظور نشان دادن کارایی GA ارائه شده مسایل مختلف با سایزهای متفاوت را حل کردند که الگوریتم ارائه شده بهتر از روشهای قبلی موجود در ادبیات، به ویژه در مسائل با سایز بزرگ عمل می‌کرد [۱۵].

دن و همکارش در سال ۲۰۰۷ یک راه‌حل همزمان برای مساله برنامه‌ریزی تولید و زمانبندی در یک چارچوب سلسله مراتبی معرفی کردند. چارچوب ارائه شده بر اساس رویکرد افق زمانی غلطان که چندین دوره از افق زمانی را بررسی می‌کند بود و مزایای رویکرد افق غلطان را : ۱) سازگاری با محیط دینامیک ۲) حل مساله برنامه‌ریزی در افق زمانی طولانی عنوان کردند [۷].

کجیا چن و همکارش در سال ۲۰۰۷ هدف مساله APS را پیدا کردن برنامه زمانبندی بهینه برای سفارشات که هم زمان بیکاری تولید و هم جریمه دیرکرد و یا زودکرد یک سفارش حداقل شود عنوان کردند.

آنها یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط ارائه کردند که در یک سیستم یکپارچه از مسائل برنامه‌ریزی تولید و زمانبندی موفق بود. مدل زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته ارائه شده به طور صریح محدودیتهای ظرفیت، توالی عملیات، زمان تدارک، موعد تحویل در یک محیط چند سفارشی را در نظر می‌گیرد. هدف مدل ارائه شده حداقل کردن مجموع جریمه‌های زودکرد و دیرکرد سفارشات و زمان بیکاری تولید است [۱۳].

ارسلان ارنک و همکارانش در سال ۲۰۱۰ مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط ارائه شده توسط آقای کجیا چن را برای حالتی که هر کار امکان پردازش بر روی تعدادی ماشین را داشته باشد، توسعه دادند [۳].

توجه به چشم‌اندازهای جدید در زمینه برنامه‌ریزی و کنترل تولید و ویژگی مساله APS به جهت داشتن چندین توانایی از زمانبندی ظرفیت محدود تا برنامه‌ریزی بر اساس محدودیت مسائل و نیز توجه به بهره‌وری بیشتر بعضی از سازمانها به برون‌سپاری فرآیندهای خود، نویسندگان مقاله را بر آن داشت تا مساله توسعه مدل ریاضی زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته با در نظر گرفتن محدودیتهای ظرفیت، توالی عملیاتها و موعدهای تحویل در یک محیط چند سفارشی و با امکان استفاده از منابع بیرونی را مورد توجه قرار دهند و مدل طراحی شده را در شرکت مان‌پلاستیک پیاده‌سازی نمایند.

ادامه این مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است. بخش دوم به معرفی شرکت مان پلاستیک و تعریف مساله می پردازد. در بخش سوم مدل پیشنهادی ارائه می‌گردد. در بخش چهارم مدل با استفاده از اطلاعات واقعی شرکت مان پلاستیک حل شده و آخرین بخش به بحث و نتیجه گیری اختصاص دارد.

۲. تعریف مساله

۲-۱. معرفی شرکت مان‌پلاستیک

شرکت مان‌پلاستیک از سال ۱۳۶۷ شمسی،فعالیت خود را با هدف تولید مصنوعات پلاستیک به صورت محدود آغاز کرد. فعالیت این واحد تولیدی از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۳ محدود به تولید بطری‌های بادی بوده است. در سال ۱۳۷۳ با خرید دستگاههای تزریق پلاستیک به تدریج تولید پمپهای شوینده در برنامه کاری شرکت قرار گرفت و اولین محصول تولیدی، با نام پمپ شیشه شوی طرح ۱ تولید شد. تدریجاً گستره فعالیتهای شرکت وسیعتر شد و به ترتیب پمپهای غلیظ‌پاش ۱ و پمپ ادکلن با رینگی فلزی، پمپ ژل، پمپ دئودرانت و ادکلن‌جیبی با مخزن استوانه‌ای شکل پلاستیکی، پمپ خمیردندان ۲، پمپ غلیظ‌پاش طرح ۲و۳، پمپ شیشه‌شوی تفنگی (تریگر طرح۳) و پمپ کف‌ساز تولید شدند. شرکت مان‌پلاستیک دارای ۲ سالن عمده تزریق و مونتاژ است.

واحد تزریق: اولین سالن ابتدای خط تولید سالن تزریق است و وظیفه تولید قطعات تزریقی مورد نیاز پمپ‌ها مطابق برنامه تولید ابلاغ شده توسط واحد برنامه‌ریزی را بر عهده دارد. در این سالن تعدادی دستگاه تزریق پلاستیک وجود دارد که به صورت موازی با هم کار می‌کنند و هریک از قطعات بر روی تعدادی از این دستگاه‌ها قابلیت تولید دارند. طبق تعریف، مساله ماشین‌های موازی کلاسیک به صورت ذیل تشریح می‌شود:

یک مجموعه‌ای از کارهای مستقل بر روی ماشین‌های موازی یکسان دردسترس، پردازش می‌شوند.

هر ماشین فقط یک کار را در یک زمان مشخص می‌تواند انجام دهد و هر کار تنها بر روی یک ماشین پردازش می‌شود. هر کار در شروع افق زمانبندی حاضر است و زمان پردازش و موعد تحویل مجزا دارد [۱۴].

مطابق با تعریف فوق و با توجه به اینکه کارها در سالن تزریق، منتظر انجام عملیات تزریق پلاستیک قطعات هستند و تزریق هریک از قطعات زمان پردازش جداگانه دارد، می‌توان سالن تزریق این شرکت را به تنهایی به صورت یک مساله ماشین‌های موازی کلاسیک در نظر گرفت.

واحد مونتاژ: این واحد وظیفه مونتاژ محصول نهایی مطابق برنامه ریزی بعمل آمده را بر عهده دارد که شامل خطوط جداگانه مونتاژ و تجهیزات مورد نیاز برای هریک از محصولات تولیدی در شرکت است که قطعات پس از تکمیل فرآیند تزریق جهت مونتاژ محصول نهایی به این واحد انتقال می‌یابند. طبق تعریف بیکر در

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]

مدل‌های جریان کارگاهی[1]، کارها به صورت مجموعه‌ای از عملیات در نظر گرفته می‌شوند که ساختار تقدمی‌خاصی دارند. به ویژه هریک از عملیات به جز مورد اول دقیقا یک عملیات مقدم مستقیم و هریک از عملیات بجز مورد آخر دقیقا یک مورد فعالیت موخر مستقیم دارد.

بنابراین تکمیل هر کار مستلزم توالی مشخصی از عملیات است. این نوع ساختار تقدمی‌اغلب ساختار تقدمی‌خطی نامیده می‌شود. کارگاه دارای m ماشین مختلف و هر کار از m نوع عملیات مختلف تشکیل شده است که هریک از آنها با یک ماشین انجام می‌شود. ویژگی کارگاه با جریان کار، گردش کار تک جهتی است. به عبارت دیگر این نوع کارگاه دارای توالی طبیعی از ماشین‌آلات است [۱].

همان‌طور که ملاحظه می‌شود طبق تعاریف فوق و فرآیند تولید و مونتاژ محصولات، ساختار تولید این شرکت به صورت کارگاه با جریان کارگاهی است. همانطور که قبلا ذکر شد سالن تزریق نیز به صورت یک مساله ماشین‌های موازی کلاسیک مدل می شود که در ادبیات تعابیر متعددی از این مدلها از قبیل *جریان کارگاهی انعطاف پذیر*[2] یا *جریان کارگاهی با ماشین‌های موازی*[3] (FSPM) یا *جریان کارگاهی ترکیبی*[4] وجود دارند.

۲-۲. تعریف دقیق مساله

تنوع محصولات، تعدد قطعات هر محصول، مشتریان متعدد و ... از ویژگیهای شرکت مان‌پلاستیک است که برنامه‌ریزی و زمانبندی تولید دقیقی را طلب می کند تا از حداکثر ظرفیت تولیدی و نیروی انسانی استفاده شده و محصولات با کیفیت بالا، هزینه پائین و به موقع تحویل مشتریان گردد. ضمن اینکه محدودیتهای موجود، رضایت مشتریان و اهداف مدیران نیز می بایست در نظر گرفته شود.

لذا دلیل انتخاب شرکت مان‌پلاستیک شرایط موجود در این شرکت، تنوع محصولات، ماشین‌آلات تزریق پلاستیک با ابعاد مختلف و دیگر ویژگیهای موجود در این کارخانه بوده است.

لازم به ذکر است که در این شرکت محدودیت‌های مختلف از قبیل محدودیت‌های ظرفیت، اولویت (توالی عملیات) و موعدهای تحویل وجود دارد که با توجه به ماهیت تقاضای سفارشی محصولات، طراحی فرآیند زمانبندی و برنامه‌ریزی در این شرکت به نحوی که از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار بوده و قابلیت انطباق با جریانهای تقاضا را داشته باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است.

مسائلی مانند عدم امکان انبارش، هزینه‌های فروش از دست رفته، نیروی انسانی و زمان دردسترس محدود منجر گردید که از طریق شیوه‌های علمی این موارد حل گردد.

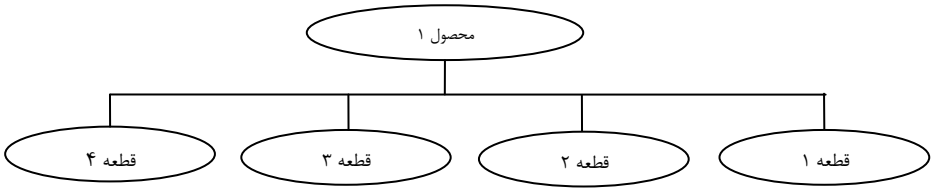
حال در اینجا مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی تولید شرکت مان پلاستیک برای محصولات که دارای ساختار ۲ سطحی هستند به تفضیل مورد بررسی قرار می‌گیرد. مثال ساده از ساختار محصولات در شکل زیر ترسیم شده است.

محصولات نهایی و قطعات این شرکت در میان خود دارای محدودیت اولویت هستند. بدین معنا که قبل از مونتاژ محصول می‌بایست قطعات آن تولید شوند. هریک از این قطعات نیازمند عملیات تزریق بر روی ماشینهای واجد شرایطی هستند که دائماً برای تولید در داخل سالن تزریق شرکت و همچنین نزد پیمانکار در دسترس هستند (تعداد دستگاههای پیمانکارنیز محدود است). برنامه‌ریزی فرآیند به صورت تخصیص هریک از قطعات محصولات به ماشین‌آلات با توجه به محدودیت دستگاههای تزریق تعریف می‌شود. در این شرکت ساختار محصولات، تعداد سفارشات محصولات، موعدهای تحویل آنها و همچنین زمان پردازش عملیات مشخص هستند. زمان‌های راه‌اندازی قابل اغماض بوده و یا در زمان‌های پردازش گنجانده می‌شود. لازم به ذکر است زمان تزریق قطعات کوتاه بوده و بر مبنای ثانیه است. علاوه بر این هر قطعه می‌تواند روی یک ماشین در یک زمان معین پردازش شود. هر ماشین می‌تواند یک قطعه را پردازش کرده و ۲۴ ساعت در روز کارکند. پس از تکمیل تولید قطعات هر محصول، مونتاژ آن محصول به تفکیک سفارشات مشتریان شروع می‌شود (واحد مونتاژ این شرکت ۸ ساعت در روز کار می‌کند) و به واسطه آن میزان زودکرد یا دیرکرد هر سفارش با توجه به زمان تکمیل و موعد تحویل سفارش مشخص می‌گردد.

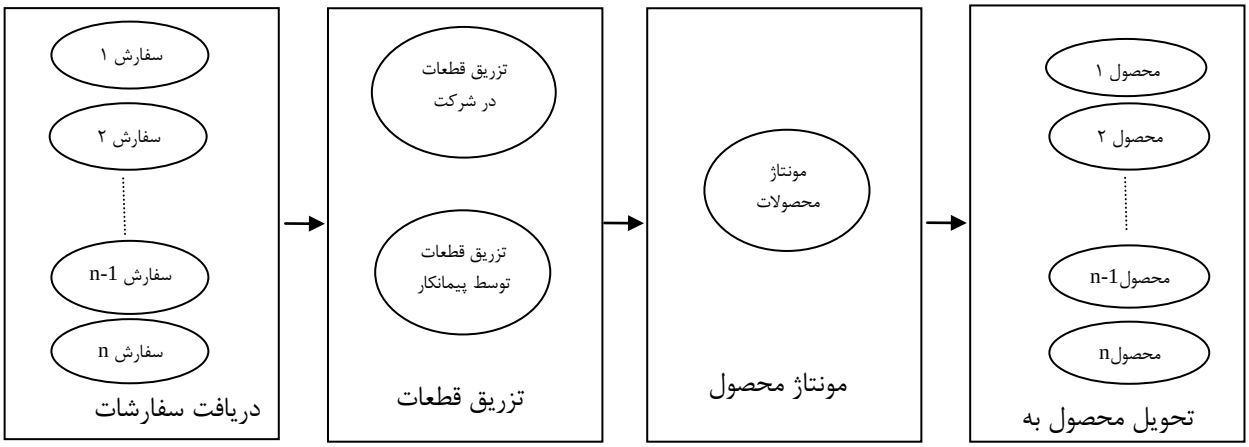
مساله در این مقاله یافتن یک برنامه بهینه برای سفارشات است بطوریکه جریمه‌های دیرکرد و زودکرد به حداقل برسد. یعنی هدف مساله یافتن یک برنامه برای تکمیل سفارشات تا حد امکان در موعد تحویلشان است، بر اساس این اصل که تحویل زود یا دیر یک سفارش منجر به افزایش هزینه‌ها می‌شود. چنانچه یک سفارش زودتر از موعدش تکمیل شود می‌بایست آن را در انبار تا موعد تحویلش نگاه داشت و به این صورت جریمه زودکرد را به بار می‌آورد. از طرفی دیگر، چنانچه سفارشی پس از موعد تحویلش تکمیل شود منجر به جریمه دیرکرد می‌شود که نارضایتی مشتری، جریمه در قرارداد و لطمه احتمالی به اعتبار شرکت را به بار می‌آورد. در شکل ۲ فرآیند تکمیل سفارش مشتری ترسیم شده است.

[1] *Flow Shop*
[2] *Flexible Flow Shop*
[3] *The Flow Shop with Parallel Machines : FSPM*
[4] *Hybrid Flow Shop*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]



شکل ۱. مثال ساده از ساختار محصول



شکل ۲. نمایش فرآیند تکمیل سفارش مشتری

بنابراین موضوع اصلی این مقاله ارائه و طراحی چارچوبی کلی برای مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته است بطوریکه مدل ارائه شده محدودیتهای ظرفیت، توالی عملیات و موعدهای تحویل را در یک محیط چند سفارشی که امکان برون‌سپاری وجود دارد در نظر گرفته و در شرکت مان‌پلاستیک پیاده سازی شود.

۳. فرمولبندی مساله

در این بخش با توجه به ماهیت تولید این شرکت و محدودیت‌های موجود به استخراج ساختار مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته و تعیین پارامترها و متغیرهای آن پرداخته می‌شود. به منظور طراحی مدل ریاضی مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته پارامترها و متغیرهای زیر معرفی می‌گردند.

پارامترها:

i نوع محصول $i = 1,2, \ldots$

n تعداد سفارشات

j شماره سفارش $j = 1,2, \ldots, n$

K تعداد ماشین آلات در داخل شرکت

B تعداد ماشین آلات پیمانکار

n_i تعداد قطعات محصول i

ip قطعه p از محصول i

Q_{ij} مقدار سفارش j از محصول i

N_{ip} ضریب مصرف قطعه p از محصول i

d_{ip} میزان نفربری قالب قطعه p از محصول i

Mp حداکثر نفرات در دسترس در واحد تولید

t_{ipk} زمان پردازش قطعه p برای محصول i بر روی ماشین k

to_{ipb} زمان پردازش قطعه p برای محصول i بر روی ماشین b پیمانکار

DD_{ij} موعد تحویل برای سفارش j از محصول i

ta_i زمان مورد نیاز مونتاژ برای محصول i

TC_{ij} هزینه دیرکرد سفارش j از محصول i

EC_{ij} هزینه زودکرد سفارش j از محصول i

متغیرها:

S_{ipk} دیرترین زمان پایان تولید قطعه p از محصول i بر روی ماشین k

S_{ipb} دیرترین زمان پایان تولید قطعه p از محصول i بر روی ماشین b پیمانکار

S_{maxi} دیرترین زمان پایان تولید قطعات محصول i در داخل

S_{maxio} دیرترین زمان پایان تولید قطعات محصول i در خارج (توسط پیمانکار)

C_{ij} زمان تکمیل تولید سفارش j از محصول i

L_{ij} تعداد روزهای تاخیر (تعداد واقعی) برای سفارش j از محصول i

E_{ij} عداد روزهای زودکرد (تعداد واقعی) برای سفارش j از محصول i

L_{ij}^{I} تعداد روزهای تاخیر (عدد صحیح) برای سفارش j از محصول i

E_{ij}^{I} تعداد روزهای زودکرد (عدد صحیح) برای سفارش j از محصول i

A_{ij} زمان شروع مونتاژ سفارش j از محصول i

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]

X_{ipkt} : $\begin{cases} 1 & \text{قطعه } p \text{ از محصول } i \text{ بر روي ماشين } k \text{ در روز } t \text{ توليد گردد} \\ 0 & \text{در غيراينصورت} \end{cases}$

Y_{ipbt} : $\begin{cases} 1 & \text{قطعه } p \text{ از محصول } i \text{ بر روي ماشين } b \text{ توسط پيمانكار در روز } t \text{ توليد گردد} \\ 0 & \text{در غيراينصورت} \end{cases}$

با توجه به نظرات مدیران و کارشناسان شرکت و در نظر داشتن اهداف کیفی شرکت (نگـــرش مشتری مداری و کسب رضایت مشتری) و همچنین محدودیت فضا در انبار و هزینه بالای مواد (خواب سرمایه) که برخی از مواد به صورت مشترک بوده و قابلیت مصرف در محصولات مختلف را دارند، تابع هدف حداقل کردن دیرکرد و زودکرد سفارشات تعریف گردید. مدل این مساله با توجه به تعریف تابع هدف فوق و متغیرها و پارامترها به صورت ذیل ارائه می‌گردد:

$$MIN \sum_{i=1}^{7}\sum_{j=1}^{n}(TC_{ij} * L_{ij}^{I} + EC_{ij} * E_{ij}^{I})$$

Subjected To:

$$X_{ipkt} * t * 24 \le S_{ipk} \quad \text{for i, p, k, t} = 1,2,... \qquad (۱)$$

$$S_{ipk} \le S_{\max i} \quad \text{for i, p, k} \qquad (۲)$$

$$A_{ij} \ge S_{\max i} \quad \forall \text{ i, j} = 1 \qquad (۳)$$

$$A_{ij} \ge C_{ij-1} \quad \forall \text{ i, j} > 1 \qquad (۴)$$

$$\sum_{k=1}^{K} X_{ipkt} \le 1 \quad \text{for i, p, t} = 1,2,... \qquad (۵)$$

$$\sum_{t=1}^{t}\sum_{k=1}^{K} X_{ipkt} = [\frac{t_{ipk} * N_{ip} * Q_{ij}}{24*60*60}] \quad \text{for i, p} \qquad (۶)$$

$$\left(\frac{A_{ij}}{24}\right) + \left(\frac{ta_i * \sum_{j=1}^{j} Q_{ij}}{8}\right) = C_{ij} \quad \forall \text{ i, j} \qquad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^{7}\sum_{p=1}^{n_i} X_{ipkt} \le 1 \quad \text{for k, t} = 1,2,... \qquad (۸)$$

$$\sum_{i=1}^{7}\sum_{p=1}^{n_i}\sum_{k=1}^{K} X_{ipkt} \le 1 \quad \text{for t} = 1,2,... \qquad (۹)$$

$$\sum_{i=1}^{7}\sum_{p=1}^{n_i}\sum_{k=1}^{K} X_{ipkt} * d_{ip} \le mp \quad \text{for t} = 1,2,... \qquad (۱۰)$$

$$S_{ipk} \le S_{iqk} \quad \text{for i, p, q, k} \qquad (۱۱)$$

$$Y_{ipbt} * t * 24 \le S_{ipb} \quad \text{for i, p, b, t} = 1,2,... \qquad (۱۲)$$

$$S_{ipb} \le S_{\max io} \quad \text{for i, p, b} \qquad (۱۳)$$

$$A_{i1} \ge S_{\max io} + 24 \quad \forall \text{ i} \qquad (۱۴)$$

$$S_{ipb} \le S_{iqb} \quad \text{for i, p, q, b} \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{b=1}^{B} Y_{ipbt} \le 1 \quad \text{for i, p, b, t} = 1,2,... \qquad (۱۶)$$

$$\sum_{t=1}^{t}\sum_{b=1}^{B} Y_{ipbt} = [\frac{to_{ipb} * N_{ip} * Q_{ij}}{24*60*60}] \quad \text{for i, p} \qquad (۱۷)$$

$$\sum_{i=1}^{7}\sum_{p=1}^{n_i} Y_{ipbt} \le 1 \quad \text{for b, t} = 1,2,... \qquad (۱۸)$$

$$\sum_{i=1}^{7}\sum_{p=1}^{n_i}\sum_{b=1}^{B} Y_{ipbt} \le 1 \quad \text{for t} = 1,2,... \qquad (۱۹)$$

$$\left(\frac{A_{ij}}{24} + \frac{ta_i * \sum_{j=1}^{j} Q_{ij}}{8}\right) - DD_{ij} \le L_{ij} \quad \forall \text{ i, j} \qquad (۲۰)$$

$$DD_{ij} - \left(\frac{A_{ij}}{24} + \frac{ta_i * \sum_{j=1}^{j} Q_{ij}}{8}\right) \le E_{ij} \quad \forall \text{ i, j} \qquad (۲۱)$$

$$L_{ij}^{I} \ge L_{ij} \quad \forall \text{ i, j} \qquad (۲۲)$$

$$E_{ij}^{I} \ge E_{ij} - 0.99 \quad \forall \text{ i, j} \qquad (۲۳)$$

$$S_{\max i}, S_{\max io}, S_{iqk}, S_{iqb}, A_{ij} \ge 0 \quad \forall \text{ i, j, p, q, k, b} \qquad (۲۴)$$

$$E_{ij}, L_{ij}, C_{ij} \ge 0 \quad \forall \text{ i, j} \qquad (۲۵)$$

$$L_{ij}^{I}, E_{ij}^{I} \ge 0 \text{ and Integer} \quad \forall \text{ i, j} \qquad (۲۶)$$

$$X_{ipkt}, Y_{ipbt} \in \{0,1\} \quad \forall \text{ i, p, k, b} \qquad (۲۷)$$

محدودیت‌های (۱) و (۲) مطمئن می‌سازد که زمان پایان تولید هر یک از قطعات محصول i در واحد تزریق شرکت، کوچکتر یا مساوی دیرترین زمان پایان تولید کلیه قطعات محصول i است. (S_{maxi} معرف زمانی است که تولید کلیه قطعات محصول i در

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]

واحد تزریق پایان یافته است). محدودیت‌های (۳) و (۴) مطمئن می‌سازد که زمان شروع مونتاژ سفارش اول محصول نهایی بزرگتر یا مساوی دیرترین زمان پایان تولید قطعات محصول i (S_{maxi}) است و زمان شروع مونتاژ سفارشات بعدی محصول نهایی بزرگتر یا مساوی زمان تکمیل تولید سفارش قبل از محصول i (C_{ij-1}) است.

از هر قطعه نیمه ساخته تنها یک قالب وجود دارد لذا هر قالب در هر روز تنها بر روی یک دستگاه تولید می‌شود.این عبارت در محدودیت(۵) تعریف شده است. محدودیت (۶) مطمئن می‌سازد هر قالب به میزان مورد نیاز تولید نماید. محدودیت (۷) نشان می دهد زمان تکمیل هر سفارش (C_{ij}) توسط زمان شروع مونتاژ محصول اول (A_{i1}) به اضافه زمان مونتاژ مجموع سفارشات آن محصول تا سفارش مورد نظر ($ta_i * \sum Q_{ij}$) بدست می‌آید. در واحد تزریق، هر دستگاه تنها برخی از قالبها را با توجه به ابعاد، نوع و ... می تواند تولید کند که این عبارت در محدودیت (۸) تعریف شده است. در سالن تزریق فقط k دستگاه وجود دارد که تنوع قطعات تولید شده در یک روز می‌بایست کمتر یا مساوی k باشد. این عبارت در محدودیت (۹) تعریف شده است.

محدودیت نیروی انسانی دردسترس منجر به محدودیت در ترکیب تولید (نوع محصولات تولیدی) می‌شود. زیرا میزان نفربری هر قالب متفاوت است و ترکیب قالبها در هر روز می‌بایست به گونه‌ای باشد که مجموع نفربری قالبها کوچکتر یا مساوی نفرات در دسترس باشد. این عبارت در محدودیت (۱۰) تعریف شده است.

در هر مجموعه‌ای محصولات از درجه اهمیت متفاوتی برخوردار هستند بدین معنی که اگر شرایط تزریق به گونه‌ای باشد که از میان ۲ قطعه از ۲ محصول مختلف آماده برای پردازش، تنها قادر به تزریق یکی باشیم اولویت بر اساس اهمیت محصول مشخص می‌شود. اولویت تزریق قطعات بر روی دستگاه‌ها در محدودیت (۱۱) در نظر گرفته شده است. محدودیت‌های (۱۲) و (۱۳) مطمئن می‌سازد که زمان پایان تولید هریک از قطعات تولیدی توسط پیمانکار کوچکتر یا مساوی دیرترین زمان پایان تولید کلیه قطعات محصول i است.

محدودیت (۱۴) مطمئن می‌سازد زمان شروع مونتاژ سفارش اول محصول نهایی بزرگتر یا مساوی دیرترین زمان پایان تولید قطعات محصول i توسط پیمانکار(S_{maxio}) بعلاوه زمان حمل و نقل است.(در این مساله زمان بازرسی ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد). اولویت تزریق قطعات بر روی دستگاه‌های پیمانکار در محدودیت (۱۵) در نظر گرفته شده است. محدودیت تعداد قالب پیمانکار در محدودیت (۱۶) تعریف شده است. محدودیت (۱۷) مطمئن می‌سازد هر قالب در دست پیمانکار به میزان مورد نیاز تولید نماید. محدودیت (۱۸) نشان می‌دهد در واحد تزریق پیمانکار هر دستگاه محدودیت تولید دارد و هر ماشین در هر روز تنها یک قطعه تولید می‌کند.

محدودیت (۱۹) نشان می‌دهد که تنوع قطعات تولید شده در یک روز می‌بایست کمتر یا مساوی تعداد ماشین آلات پیمانکار باشد. محدودیت (۲۰) و (۲۱) میزان دیرکرد و زودکرد یک سفارش را نشان می‌دهد. با در نظر داشتن این نکته که میزان دیرکرد به صورت واحدی از روز است، محدودیت (۲۲) مقادیر دیرکرد را به عدد صحیح تبدیل میکند.

اگر یک سفارش ۴ ساعت یا نیمروز بعد از موعد مقررش تمام شود یک روز دیرکرد اتفاق می‌افتد.

با در نظر داشتن این نکته که هزینه‌های زودکرد نیز به صورت واحدی از روز تعریف شده است، محدودیت (۲۳) مقادیر زودکرد را به عدد صحیح تبدیل میکند. اگر یک سفارش ۴ ساعت یا نیمروز قبل از موعد مقررش تکمیل می‌شود اعتقاد داریم که در این شرایط زودکرد نداریم. محدودیت‌های (۲۴)،(۲۵) ،(۲۶) و (۲۷) متغیرهای مثبت، متغیرهای صحیح مثبت و متغیرهای باینری را تعریف می‌کنند.

۴. حل مدل با استفاده از اطلاعات واقعی شرکت مان پلاستیک

۴-۱. حل مدل با استفاده از LINGO

در مدل ریاضی طراحی شده برای مساله APS هدف حداقل کردن مجموع هزینه‌های زودکرد و دیرکرد است. با داشتن کلیه اطلاعات و داده‌های جمع‌آوری شده از شرکت مان پلاستیک، مدل ساخته شده از طریق نرم‌افزار LINGO که یکی از قویترین ابزار تحقیق در عملیات بوده و توانایی حل مدلهای مختلف OR، از جمله مدلهای خطی را دارا می‌باشد حل گردید. ابتدا به منظور بررسی نتایج مدل، مساله با ابعاد کوچک (تعداد محصولهای مختلف) توسط نرم‌افزار LINGO حل شد که خروجی نرم‌افزار برنامه تزریق و مونتاژ را با حداقل مقدار تابع هدف ارائه می‌دهد. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود مساله با تعداد محصول کم، ۳ محصولی، در مدت زمان کوتاه حل شد درحالیکه با افزایش تعداد محصول به دلیل افزایش متغیرها و محدودیتها زمان محاسبات به شدت افزایش یافت. بطوریکه در ۵ محصولی بیش از ۴۰ ساعت زمان صرف شد. حال با در نظر گرفتن این نکته که مساله واقعی ۷ محصولی است، نرم‌افزار LINGO قادر به رسیدن به جواب نهایی در مساله واقعی نیست. با توجه به شرایط شرکت مان‌پلاستیک و محدودیت قابلیت نرم‌افزار LINGO برای مسائل متوسط و بزرگ از الگوریتم ژنتیک جهت حل مساله در مدت زمان کوتاهتر استفاده گردید.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]

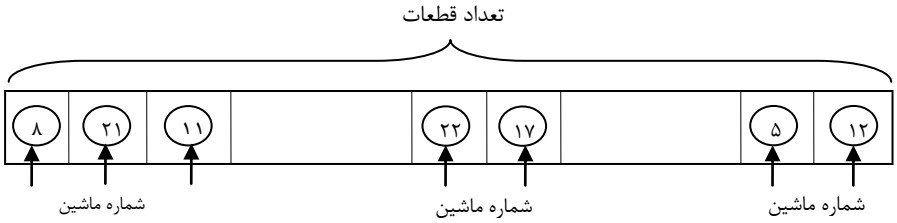
جدول ۱. مدت زمان حل، ابعاد مساله با توجه به تعداد محصولهای مختلف

تعداد محصول	۳ محصولی	۴ محصولی	۵ محصولی	۶ محصولی	۷ محصولی
تعداد متغیرها	۱۱۶۶	۱۵۶۵	۱۹۷۳	۲۵۲۸	۲۹۲۴
تعداد محدودیتها	۱۶۰۸	۲۱۲۶	۲۶۳۵	۳۳۲۲	۳۸۰۵
مدت زمان حل	۰۰:۰۶:۵۲	۰۶:۵۱:۲۶	۴۰:۰۴:۰۹	-----	-----

۴-۲. حل با استفاده از الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یکی از روشهای تصادفی بهینه‌یابی است که توسط جان هلند ابداع شده است. الگوریتم‌های ژنتیک یک گروه از الگوریتم‌های تصادفی هستند که از تکامل طبیعی در سیستم‌ها ی بیولوژیک الهام گرفته شده‌است. الگوریتم‌های GA فرآیندهای خود را به صورت جمعیت‌های طبیعی که برای بقا ضروری هستند شبیه‌سازی می‌کنند: در طبیعت، آنهایی در رقابت شایسته‌ترین هستند، زنده می‌مانند. از این رو تطابق با یک محیط متغیر و رقابت‌پذیر، جهت زنده ماندن افراد ضروری است. ویژگی‌های مختلفی که منحصراً یک فرد را توصیف می‌کنند، ظرفیت زنده ماندن فرد را تعیین می‌کنند و این ویژگی‌ها از طریق مشخصات ژنتیکی فرد تعیین می‌شوند. مخصوصاً هر ویژگی از طریق یک واحد اصلی که ژن نامیده می‌شود، کنترل می‌گردد. مجموعه ژنهای کنترل کننده ویژگی‌ها، کروموزمها را تشکیل می‌دهند که مسائل کلیدی برای بقای شخص هستند. فرآیند تولید مثل، تنوعاتی را در ائتلاف ژنها ایجاد می‌کند و هنگامیکه منابع ژنتیکی (کروموزمها) دو والد مجدداً در طی تولید مثل با یکدیگر آمیخته می‌شود، تکامل آغاز می‌گردد. موضوعات اصلی در حل مساله از طریق استفاده از الگوریتم GA طرح کد گذاری هر جواب، محاسبه شایستگی، ادغام، جهش و استراتژی گزینش هستند.

کدگذاری. یک جواب با یک رشته از اعداد تصادفی کدگذاری می‌شود. طرح کدگذاری در این مساله با توجه به ماهیت و شرایط مساله، یک ساختار یک سطحی از شماره ماشینها است که هر ژن مربوط به هریک از قطعات است. در واقع در این ساختار هر ژن معرف شماره ماشین اختصاص یافته به قطعه است.



شکل۳. نمایش ساختار کروموزم مساله

ارزیابی. در GA کروموزمها شامل اطلاعات زیادی هستند که می‌بایست توسط اندازه‌گیری شایستگی ارزیابی شوند. مقادیر شایستگی برتری نسبی کروموزمها را نشان می‌دهند، که برای پروسه‌های بعدی نیاز است و شامل عملگر گزینش و عملگر تولید مثل است. برای مساله ارائه شده هر کروموزم با استفاده از تابع معادله ۲۸ ارزیابی می‌شود که جریمه زودکرد و دیرکرد را جمع می‌کند. *تابع شایستگی*[1] $eval(X_h)$ برای کروموزم X_h در مساله زمانبندی است.

$$eval(X_h) = \sum_{i=1}^{7}\sum_{j=1}^{n}(TC_{ij} * L_{ij}^{I} + EC_{ij} * E_{ij}^{I}) \qquad (۲۸)$$

n تعداد سفارشات

TC هزینه سفارشات دارای تاخیر هر روز هر کار

EC هزینه سفارشات زودهنگام هر روز هر کار

L_i^I تعداد روزهای تاخیر (عدد صحیح) برای سفارش O_i

E_i^I تعداد روزهای زودهنگام (عدد صحیح) برای سفارش O_i

گزینش. رویکرد معروف چرخ رولت[2] برای گزینش کروموزم جهت هدایت کردن عملگر ژنتیک به کار می‌رود. بر اساس این رویکرد احتمال گزینش یک کروموزم توسط شایستگی آن تعیین می‌شود. کروموزم‌هایی که بیشترین مقدار شایستگی را دارند احتمال بیشتر برای انتخاب دارند.

مکانیسم گزینش چرخ رولت کروموزم را به طور احتمالی و نه به طور قطعی انتخاب می‌کند. بنابراین کروموزم در جمعیت با یک

[1] *Fitness Function*

[2] *Roulette wheel*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]

احتمالی انتخاب می‌شود که باید حاصلجمع این احتمال‌ها نیز برابر یک شود، پروسه گزینش به صورت ذیل است:

قدم ۱: شایستگی کل جمعیت را طبق رابطه (۲۹) محاسبه نمایید.

$$F = \sum_{h=1}^{psize} eval(X_h) \qquad (۲۹)$$

قدم ۲: احتمال گزینش P_h برای هر کروموزم X_h را طبق رابطه (۳۰) محاسبه نمایید.

$$P_h = \frac{eval(X_h)}{\sum_{h=1}^{psize} eval(X_h)} \qquad (۳۰)$$

قدم ۳ : یک عدد تصادفی r در محدوده [۱و۰) ایجاد نموده

قدم ۴ : اگر $P_{h-1} \le r \le P_h$ سپس کروموزم X_h انتخاب می‌شود.

عملگرهای ژنتیک. عملگرهای ژنتیک از قبیل تولید مثل، ادغام و جهش برای تولید یک مجموعه از کروموزمهای جدید که نسل نامیده می‌شوند، اجرا می‌شوند. عملگرهای ژنتیک گوناگونی می‌توانند در GA استفاده شوند. ضمنا تعداد کروموزم‌های انتخاب شده برای انجام تولید مثل، ادغام و جهش توسط کاربر GA تنظیم شده و به صورت N_r و N_c و N_m علامت گذاری می‌شود. قطعاً مجموع اعداد کروموزم‌ها برای تولید مثل، ادغام و جهش مساوی با سایز جمعیت است. تولید مثل برگزیده مستقیماً توسط کپی کردن بهترین کروموزم‌های N_r از نسل جاری به بعدی انجام می‌شود. مزیت استراتژی برگزیده این است که بهترین کروموزم های هم پیوند با برنامه‌های زمانبندی به طور یکنواخت از یک نسل به نسل دیگر بهبود می‌یابند.

عملگر ادغام به تفضیل به صورت زیر است:

قدم ۱: ابتدا دو کروموزم به عنوان والد از نسل جاری بر طبق مکانیزم گزینش انتخاب می‌شود (P_c احتمال ادغام برای هر ژن است)

قدم ۲: محل ادغام مشخص می‌شود.

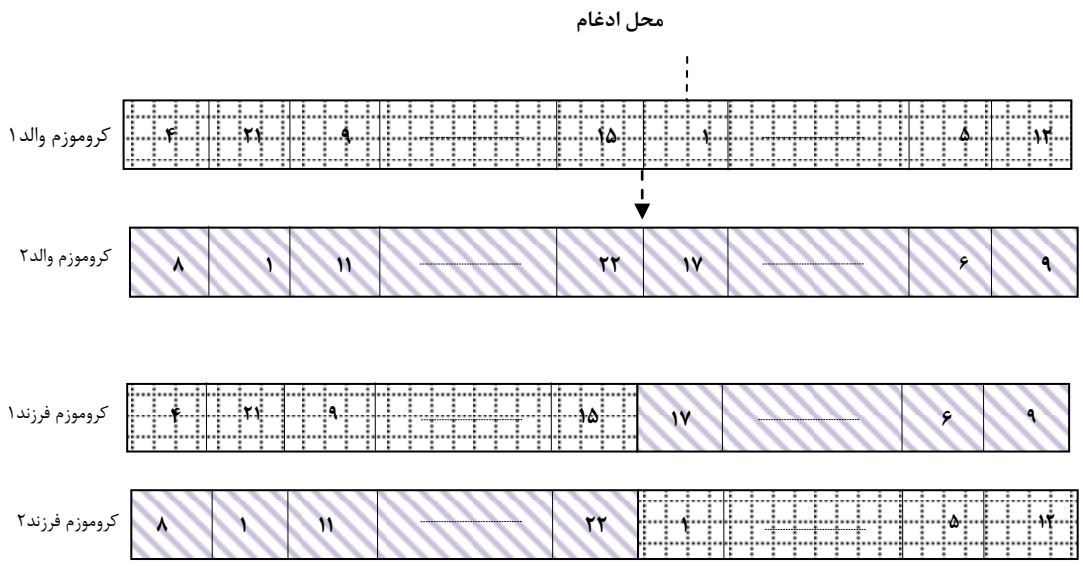
قدم ۳: پس از مشخص شدن محل ادغام، ۲ کروموزم جدید از ادغام ۲ والد ایجاد می‌گردد.

عملگر جهش به تفضیل به صورت زیر است:

قدم ۱: ابتدا یک کروموزم به صورت تصادفی از نسل جاری انتخاب می‌شود (P_m احتمال جهش برای هر ژن است)

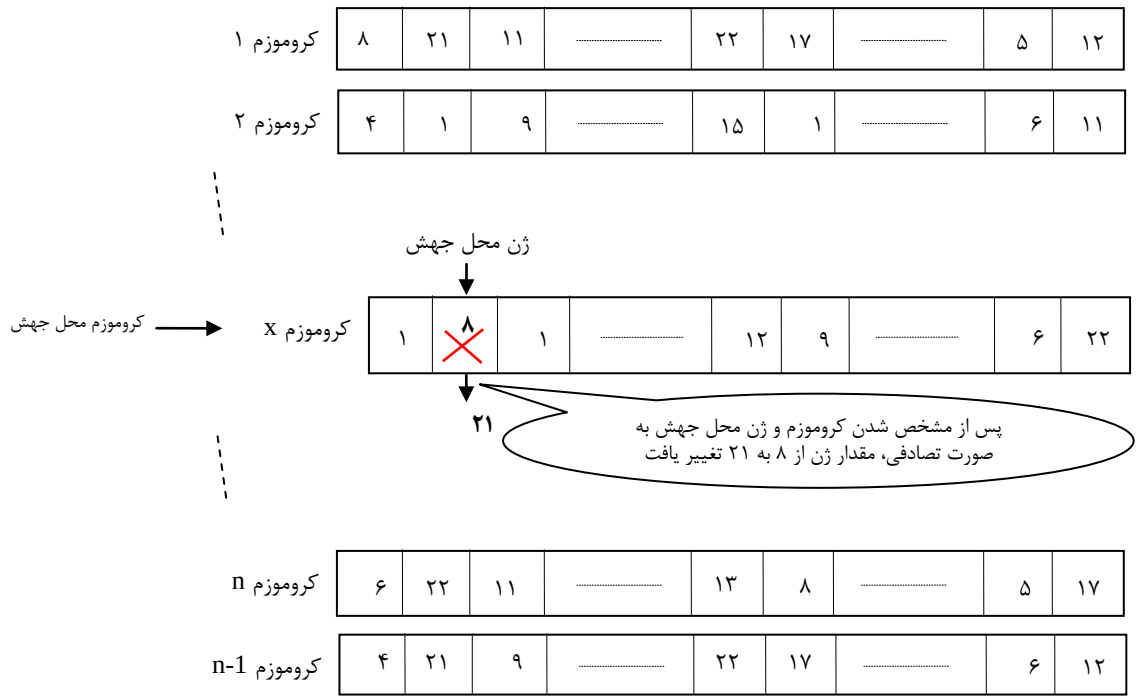
قدم ۲: محل جهش بر روی کروموزم به صورت تصادفی مشخص می‌شود.

قدم ۳: پس از مشخص شدن محل جهش، از ماشینهای ممکن برای پردازش قطعه (ژن انتخاب شده برای عملیات جهش) یک ماشین دیگر اختصاص داده می‌شود.



شکل۴. نمایش عملگر ادغام

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]



شکل ۵. نمایش عملگر جهش

به منظور یافتن جواب مناسب در زمان معقول، الگوریتم ارائه شده فوق با استفاده از پارامترهای جدول ۲ به تعداد ۵۰ بار اجرا گردید.

جدول ۲. جدول پارامترهای الگوریتم ژنتیک

احتمال جهش	احتمال ادغام	سایز جمعیت
۰،۰۵	۰،۶	۴۰

در الگوریتم ژنتیک زمان حل بسیار پائین بوده (میانگین زمان حل ۷۵ ثانیه است) و جواب قابل قبولی ارائه گردید. به منظور مقایسه الگوریتم ارائه شده با روش موجود زمانبندی و برنامه‌ریزی تولید شرکت مان‌پلاستیک، این روش نیز کدنویسی گردید.

پس از اجرای داده‌های مربوط به ۵ هفته کاری با روش موجود و الگوریتم ژنتیک، نتایج در جدول ۳ مقایسه گردید. همان‌طور که مشاهده می‌شود نتایج حاصل از حل الگوریتم ژنتیک طراحی شده بهتر از نتایج حاصل از روش موجود است.

جدول ۳. جدول مقایسه نتایج کسب شده

	هفته۱	هفته۲	هفته۳	هفته۴	هفته۵
مقدار تابع هدف بر اساس روش موجود	۱۱۵۰	۹۹۵	۱۰۱۰	۱۸۷۵	۷۳۰
بهترین مقدار GA بدست آمده	۴۴۰	۶۹۵	۶۱۰	۱۰۷۰	۲۳۰
مدت زمان حل	۰۰:۰۱:۰۷	۰۰:۰۲:۰۲	۰۰:۰۱:۲۲	۰۰:۰۱:۰۱	۰۰:۰۰:۵۶
درصد بهبود	٪۶۱،۷	٪۳۰	٪۳۹،۶	٪۴۳	٪۶۸،۵

۵. نتیجه‌گیری

ایده این تحقیق با توجه به اهمیت زمانبندی و برنامه‌ریزی تولید، ویژگی مساله APS،تعهد شرکتها به مشتریان و نیاز به یک سیستم یکپارچه برنامه‌ریزی و زمانبندی شکل گرفت و در طی آن یک مدل ریاضی مساله زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته ارائه و در شرکت مان پلاستیک پیاده‌سازی گردید. لذا این تحقیق به دلیل زمانبر بودن وضعیت موجود فرآیند برنامه‌ریزی و زمانبندی تولید در شرکت مان‌پلاستیک، تعهد آن شرکت به مشتریان و نیاز به یک سیستم یکپارچه برنامه‌ریزی و زمانبندی آغاز گردید و به دلیل نگرش مشتری مداری و اهمیت پاسخگویی به موقع به نیازهای مشتریان در این شرکت، حداقل کردن هزینه زودکرد و دیرکرد هدف قرار گرفت. محدودیتهای واقعی تولید در شرکت مان‌پلاستیک به صورت ریاضی مدلسازی و توسط نرم‌افزار LINGO حل گردید. زمانبر بودن حل مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط ارائه شده با توجه به ابعاد مساله واقعی توسط نرم افزار LINGO منجر به ارائه روش حل دیگر گردید که در این

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]

تحقیق روش الگوریتم ژنتیک از میان متاهیوریستیک‌های موجود انتخاب گردید.

مقایسه نتایج حاصل از تابع هدف در الگوریتم ژنتیک و وضعیت موجود حاکی از عملکرد خوب الگوریتم ژنتیک ارائه شده است. لذا در این تحقیق الگوریتم ژنتیک ضمن حل مساله با انحراف کم مقدار تابع هدف، به خوبی به حل مساله برنامه‌ریزی و زمانبندی پیشرفته می‌پردازد و خروجی آن برنامه مونتاژ محصول نهایی، برنامه تزریق شرکت و برنامه تزریق پیمانکار است. با اجرای مدل طراحی شده و ارائه الگوریتم ژنتیک برای شرکت مان‌پلاستیک و مقایسه نتایج مدل ارائه شده با نتایج روش موجود، شرکت مان‌پلاستیک به هدف تحویل به موقع سفارشات مشتریان نزدیک‌تر گردید. شایان ذکر است که، در نظر گرفتن مساله با هدف حداقل کردن هزینه‌های برون‌سپاری در شرایطی که محدودیت تخصیص بودجه برای ترکیب تولید پیمانکار وجود دارد و همچنین استفاده از الگوریتم‌های متاهیوریستیک دیگر مانند جستجوی ممنوع، تبرید شبیه‌سازی شده و الگوریتم مورچگان جهت حل این مسائل عملی و بزرگ می‌تواند زمینه‌های مناسبی برای مطالعات آتی و توسعه مدل مورد بررسی در این مقاله باشد.

منابع

[۱] قاسمی طاری، فرهاد.، فاطمی قمی، سید محمد تقی.، توالی عملیات و زمانبندی (کنت آر.بیکر). موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۶.

[2] Arslan Ornek, Selin Ozpeynirci, Cemalettin Oztürk, *A Note on ''A Mixed Integer Programming Model for Advanced Planning and Scheduling (APS)*" ; European Journal of Operational Research 203, 2010.

[3] Chao-Hsien Lin, Sheue-Ling Hwang, Eric Min-Yang Wang., *A Reappraisal on Advanced Planning and Scheduling Systems*, Industrial Management & Data Systems, 2007

[4] Chen kejia., *Modeling and Optimization of Advanced Planning and Scheduling*, A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirement for the Degree of Doctor of Philosophy Department of Industrial and Systems Engineering The Hong Kong Polytechnic University, 2006.

[5] Chiung Moon, Young Lee, *An Advanced Planning and Scheduling with Outsourcing in Manufacturing Supply Chain* . Computer & Industrial Engineering 43, 2002, pp. 351-374.

[6] Chiung Moon, Yoonho Seo, Youngsu Yun, *Adaptive Genetic Algorithm for Advanced Planning in Manufacturing Supply Chain*. 2006.

[7] Dan Wu, Marianthi Ierapetritou. *Hierarchical Approach for Production Planning and Scheduling Under Uncertainty* ; Chemical Engineering and Processing 46, 2007.

[8] David, F., Pierreval, H., Caux, C., *Advanced Planning and Scheduling Systems in Aluminium Conversion Industry* . International Journal of Computer Integrated Manufacturing , Vol. 19 , No. 7 , 2006, pp.705 – 715.

[9] Hartmut Stadtler, *Supply Chain Management and Advanced Planning- Basics*, overview and challenges . European Journal of Operational Research 163, 2005, pp. 575–588.

[10] Ik Sun Lee, C.S., Sung , *Minimizing Due Date Related Measures for a Single Machine Scheduling Problem with Outsourcing Allowed* , European Journal of Operational Research 186, 2008.

[11] Ik Sun Lee, C.S., Sung , *Single Machine Scheduling Problem with Outsourcing Allowed* , Int Production Economics 111, 2008.

[12] Jonsson Patrik, Linea Kjellsdotter, *Applying Advanced Planning systems for Supply Chain Planning: Three Case Studies* . International Journal of Physicalb Distribution & Logistics Management Vol. 37 No. 10, 2007, pp. 816-834.

[13] Kejia Chen, Ping Ji, *A Mixed Integer Programming Model for Advanced Planning and Scheduling(APS*), 2007,

[14] Kenneth Musselman, Jean O., Reilly, Steven Duket, *The Role Of Simulation In Advanced Planning and Scheduling.* Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, 2002.

[15] Liu Min, Wu Cheng, *A Genetic Algorithm for Minimizing the Makespan in the Case of Scheduling Identical Parallel Machines* , Artificial Intelligence in Engineering 13, 1999.

[16] Pu Yan, Dayou Liu, Donghui Yuan, Ji Yu, *Genetic Algorithm with Local Search for advanced planning and scheduling*. 2007.

[17] Tavakkoli-Moghaddam, R., Taheri, F., Bazzazi, M., Izadi M., Sassani; F., *Design of a Genetic Algorithm for bi-Objective Unrelated Parallel Machines Scheduling with Sequence-Dependent Setup Times and Precedence Constraints* ; Computers & Operations Research 36, 2009.

[18] Srikanth, K., Iyer, Barkha Saxena, *Improved Fenetic Algorithm for the Permutation & Flowshop Scheduling Problem* ; Computers & Operations Research 31, 2004.

[19] Xinyu Shao, XinyuLi, LiangGao, ChaoyongZhang, *Integration of Process Planning and Scheduling-Amodified Genetic Algorithm-Based Approach*, Computers & Operations Research 36, 2009.

[20] Zukui, Li, Marianthi, G., Ierapetritou, *Integrated Production Planning and Scheduling using a Decomposition Framework*, Chemical Engineering Science, 2009.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-16]