دانشکده علوم ریاضی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ریاضی
شاخه ریاضی کاربردی

عنوان

زمان بندی و برنامه ریزی تخلیه و بارگیری مخازن نفت خام و چگونگی مخلوط کردن بهینه انواع نفت خام با توجه به میزان دریافت و تقاضا

استاد راهنما

دکتر روح ا... یوسف پور

استاد مشاور

دکتر احمد پوردرویش

نگارش

فاطمه امدادی

شهریور ۱۳۹۰

تقدیم به:

مادر فداکار و پدر مهربانم
و
روح پاک شهید محسن امدادی

قدردانی:

سپاس خدای را که نعمت وجود را به همه ی مخلوقات عطا فرمود و خلعتِ شهودِ حُسنش را، خاصِ مقام انسانیت نمود، و به قامت دل آرای آینه ی حسنِ اعظم الهی، روحِ پاک آدمیت، این خلعت را در پوشانید. برترین شکر از میان هر شکری، چون برتری پروردگارمان بر هر وجودی.

سپاس بی پایان از استاد راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر روح الله یوسف پور که همواره خوشه چین دانش و خرد ایشان بوده ام و تداوم همکاری با ایشان نهایت آرزو و مایه ی افتخارم می باشد.

مراتب قدردانی ام تقدیم به جناب آقای دکتر احمد پور درویش که مشاوره این پایان نامه را به عهده داشته اند.

همچنین تشکر می کنم از جناب آقای دکتر سید هادی ناصری و جناب آقای دکتر ندیمی که داوری این پایان نامه را به عهده گرفتند و با ارایه پیشنهادات ارزشمند خود جهت ارتقای کیفی این پایان نامه همت گماشته اند.

در نهایت سپاس بی شائبه دارم از خانواده عزیزم که همواره مشوق اصلی من در تمامی دوران تحصیل بودند و موفقیت خود را از آغاز دوره تحصیل تاکنون مرهون زحمات آنها هستم.

فاطمه امدادی - شهریور ۱۳۹۰

چکیده

زمان بندی تخلیه و بارگیری نفت خام، یکی از مهم ترین و حساس ترین عملیاتی است که در پالایشگاه صورت می گیرد. آنالیز بهتر این فعالیت ها، سبب استفاده بهینه از منابع می شود. به دلایل امنیتی و کاهش هزینه تنظیمات ناشی از انتقال نفت خام از بارانداز ها به تانکر های نگهداری و سپس از تانکر ها به واحد های تخلیه نفت خام، بارگیری و تخلیه نفت خام به صورت پیوسته، دارای اهمیت زیادی است.

مسأله برنامه ریزی و زمان بندی در پالایشگاه از زمان معرفی برنامه ریزی خطی مطرح شده است. روش های مطرح شده برای حل این مسأله به سه گروه روش های دقیق مبتنی بر نمایش گسسته زمان، روش های دقیق مبتنی بر نمایش پیوسته زمان و روش های ابتکاری تقسیم شده اند. اما از معایب اصلی روش برنامه ریزی خطی این است که، تعداد حالت هایی که باید بررسی شود، با افزایش اندازه مسأله به طور نمایی افزایش می یابد. علاوه براین، این روش ها به دلیل وجود قیود و تابع هدف غیر خطی و مفروضات متعددی که برای شدنی بودن به آن ها نیاز دارند، ضعیف تلقی می شود. به همین دلیل ما الگوریتم ژنتیک را به عنوان یک روش ابتکاری برای حل این مسأله معرفی می کنیم. به همین منظور ابتدا مسأله را به شکل یک الگوریتم ژنتیک تبدیل کرده و سپس با اعمال توابع جدید ترکیبی و جهش بر روی آن، به یک جواب جدید می رسیم که از جواب قبلی بهتر است. با ادامه این روند، الگوریتم به یک جواب بهینه همگرا می شود. جواب بهینه این مسأله می تواند در قالب یک نمودار زمان بندی باشد که در آن زمان انجام کار های مختلف در پالایشگاه تعیین شده است .

کلمات کلیدی. برنامه ریزی صحیح آمیخته، الگوریتم ژنتیک، زمان بندی، برنامه ریزی.

فهرست مطالب

فهرست تصاویر . . . . . چ

فهرست جدول ها ۱

۱ مقدمه **۲**

۱.۱ تعاریف پایه ای ۲

۱.۱.۱ روش های مدل سازی ۳

۲.۱ بررسی روش های موجود برای حل مسأله زمان بندی ۸

۱.۲.۱ روش های دقیق مبتنی بر نمایش زمانی گسسته ۹

۲.۲.۱ روش های دقیق مبتنی بر نمایش زمانی پیوسته ۹

۳.۲.۱ روش های ابتکاری ۱۰

۲ نمایش زمانی گسسته **۱۲**

۱.۲ شرح مسأله ومدل سازی ۱۲

۲.۲ ویژگی های سیستم تحت مطالعه ۱۳

۳.۲ مدل کلی مطرح شده برای زمان بندی نفت خام ۱۵

۱.۳.۲ ترکیب در منیفلد ۱۹

۲.۳.۲ ترکیب در تانکر ۲۰

۳ نمایش زمانی پیوسته **۲۲**

۱.۳ شرح مسأله ۲۲

۲.۳ فرمول بندی **MILP** ۲۵

۱.۲.۳ بسته سازی ۲۶
۲.۲.۳ ارتباط از بسته به **SBM** ۲۹
۳.۲.۳ ارتباط از **SBM** به تانکر ۳۰
۴.۲.۳ ارتباط از تانکر به **CDU** ۳۰
۵.۲.۳ فعالیت تانکر ۳۱
۶.۲.۳ مدت زمان فعالیت ۳۲
۷.۲.۳ تخلیه نفت خام ۳۴
۸.۲.۳ پالایش نفت خام ۳۴
۹.۲.۳ بالانس نفت خام ۳۵
۱۰.۲.۳ ته نشینی ۳۶
۱۱.۲.۳ تغییر حالت ۳۶
۱۲.۲.۳ نفت تقاضا شده ۳۷
۱۳.۲.۳ جریمه تأخیر ۳۷
۱۴.۲.۳ تابع هدف ۳۸
۳.۳ الگوریتم ۳۹

۴ نمایش زمانی مبنی بر اتفاقات **۴۳**
۱.۴ مقدمه ۴۳
۲.۴ نامساوی های معتبر ۴۵
۱.۲.۴ نامساوی های معتبر برای ترکیب در منیفلد ۴۶
۲.۲.۴ نامساوی های معتبر برای ترکیب در تانکر ۵۱
۳.۲.۴ نامساوی ها معتبر برای هر دو حالت ترکیب ۵۲

۵ الگوریتم ژنتیک **۵۳**
۱.۵ مقدمه ۵۳

۲.۵ پیش زمینه بیولوژیکی (زیست شناختی) ۵۴
۱.۲.۵ سلول ۵۴
۲.۲.۵ کروموزوم ۵۴
۳.۲.۵ تولید مثل ۵۶
۳.۵ الگوریتم ژنتیک ساده ۵۹
۴.۵ انواع کد گذاری ۶۰
۱.۴.۵ کدگذاری دودویی ۶۱
۲.۴.۵ کدگذاری جا به جایی ۶۲
۳.۴.۵ کدگذاری مقداری ۶۲
۵.۵ انتخاب ۶۲
۱.۵.۵ انتخاب به روش چرخ رولت ۶۳
۲.۵.۵ انتخاب رتبه ای ۶۴
۳.۵.۵ انتخاب مسابقه ای ۶۴
۶.۵ عملگر های ترکیب ۶۴
۱.۶.۵ ترکیب یک نقطه ای ۶۵
۲.۶.۵ ترکیب دو نقطه ای ۶۵
۳.۶.۵ ترکیب چند نقطه ای ۶۶
۴.۶.۵ ترکیب یکنواخت ۶۶
۷.۵ جهش ۶۷
۱.۷.۵ معکوس سازی ۶۷
۲.۷.۵ جا به جایی ۶۷
۸.۵ مزایا و محدودیت های الگوریتم ژنتیک ۶۸
۹.۵ استفاده از الگوریتم ژنتیک برای حل مسأله زمان بندی ۶۹

۶ آزمون های عددی **۷۳**

۱.۶ مثال ۱ . . . . . ۷۳
۲.۶ مثال ۲ . . . . . ۸۰

کتاب‌نامه **۸۵**

واژه نامه فارسی به انگلیسی **۹۴**

چکیده انگلیسی ۹۷

لیست تصاویر

۱.۱.۱ روش های جستجو ۷

۱.۲.۱ نمایش زمانی گسسته ۸

۲.۲.۱ نمایش زمانی پیوسته ۸

۱.۱.۳ شمای کلی تخلیه نفت خام و پردازش آن ۲۳

۱.۲.۳ نمای مشروح از ساختن بسته های نفتی ۲۸

۱.۱.۴ نمایش ساعتی ۴۴

۲.۱.۴ نمایش مبتنی بر رخدادها ۴۴

۱.۲.۵ آناتومی سلول جانوران و نوکلئوس سلول[۳۶] ۵۵

۲.۲.۵ کروموزوم ۵۶

۳.۲.۵ تقسیم میتوز ۵۷

۴.۲.۵ تقسیم میوز ۵۸

۱.۴.۵ کدگذاری دودویی ۶۲

۲.۴.۵ کدگذاری جا به جایی ۶۲

۳.۴.۵ کدگذاری مقداری ۶۳

۱.۵.۵ انتخاب ۶۳

۱.۶.۵ ترکیب یک نقطه ای ۶۵

۲.۶.۵ ترکیب دو نقطه ای ۶۶

۳.۶.۵ ترکیب یکنواخت ۶۷

۱.۷.۵ معکوس سازی ۶۷
۲.۷.۵ جا به جایی ۶۸
۱.۹.۵ کروموزوم ترتیب کار ها ۷۰
۲.۹.۵ کروموزوم تخصیص منابع ۷۱
۱.۱.۶ مثال ۱ . . . . . ۷۴
۲.۱.۶ مقادیر اولیه در تانکر ها ۷۴
۳.۱.۶ جدول تعداد قیود و نمودار حل مثال ۱ . . . . . ۷۹
۱.۲.۶ جدول تعداد قیود و نمودار حل مثال ۲ . . . . . ۸۵
۲.۲.۶ نمودار زمان بندی مثال ۱ . . . . . ۸۶
۳.۲.۶ نمودار زمان بندی مثال ۲ . . . . . ۸۶

لیست جداول

۱.۲ نمادهای به کار رفته درقیود ۱۶

۱.۴ نمادهای به کار رفته درقیود معتبر ۴۷

۱.۵ مقایسه بین تکامل طبیعی و اصطلاحات الگوریتم ژنتیک ۵۶

فصل ۱

مقدمه

پالایشگاه، یکی از مهم ترین تأسیسات چند محصوله است. زمان بندی پالایشگاه به دلیل تنوع در عملیات و اهداف، مسأله پیچیده ای است که زمان انتقال نفت خام، تخصیص کشتی ها به تانکر ها و تانکر ها به CDU ها[۱] را محاسبه می کند. در زیر دلایل عمده اهمیت حل مسأله زمان بندی را به طور مختصر بیان می کنیم[۳۵].

- هزینه های روزانه پالایشگاه بسیار زیاد است و حداقل کردن این هزینه ها، می تواند سود قابل توجهی به همراه داشته باشد.
- هرگاه حادثه جدید و یا غیر قابل پیش بینی رخ دهد، متخصصین زمان بندی باید به سرعت وارد عمل شوند تا با تغییر سریع زمان بندی، پالایشگاه متحمل جریمه نشود.(انعطاف پذیری زمان بندی)
- امروزه ابزاری برای بهینه سازی این مسأله که برای همه پالایشگاه ها مورد استفاده باشد و همه ی نیاز های متخصصین زمان بندی را فراهم نماید، وجود ندارد.
- مسایل زمان بندی، از جمله مسایل شناخته شده ای هستند که حل آن ها در زمان کم بسیار مشکل می باشد.

۱.۱ تعاریف پایه ای

در مسایل بهینه سازی گسسته، به دنبال یک جواب x^* درمجموعه گسسته F هستیم که تابع هدف $c(x)$ را که برای همه $x \in F$ تعریف شده است بهینه (حداقل یا حداکثر) می کند. مسایل بهینه سازی گسسته در رده

[۱] Crude Destillation Unit

وسیعی از زمینه های علوم و مهندسی ظاهر می شوند. یکی روش های طبیعی و سیستماتیک برای مطالعه دسته ای از مسایل بهینه سازی گسسته، تبدیل آن ها به یک مسأله برنامه ریزی صحیح می باشد.

مسأله **برنامه ریزی (خطی) صحیح** [۲]، همان مسأله **برنامه ریزی خطی** [۳] است، به جز این که برخی از متغیر های آن محدود شده اند به این که تنها مقادیر صحیح را اختیار کنند. به طور کلی با در نظر گرفتن ماتریس های A و B و بردار های b، c و d مسأله

$$\begin{aligned} &minimize && c^{'}(x) + d^{'}(y) \\ &s.t && A(x) + B(y) = b, \\ & && x, y \geq ۰, \\ & && x\ integer, \end{aligned}$$

یک مسأله برنامه ریزی خطی صحیح آمیخته[۴] است. توجه داشته باشید که حتی اگر قیود نامساوی هم وجود داشته باشد، باز هم می توان مسأله را با اضافه یا کم کردن متغیر های کمکی به فرم بالا نوشت. اگر متغیر پیوسته y وجود نداشته باشد، این مسأله، مسأله برنامه ریزی صحیح نامیده می شود. اگر هیچ متغیر پیوسته ای وجود نداشته باشد و مؤلفه های بردار x تنها مقادیر ۰ و ۱ باشند، این مسأله، مسأله**برنامه ریزی صحیح صفر و یک** [۵]$(ZOIP)$ نامیده می شود.

برنامه ریزی صحیح، ساختار مدل سازی قدرتمندی است که انعطاف پذیری بالایی برای حل مسایل بهینه سازی گسسته دارد. اما از طرف دیگر بهای این انعطاف پذیری این است که حل مسأله برنامه ریزی صحیح نسبت به برنامه ریزی خطی خیلی مشکل تر است.

۱.۱.۱ روش های مدل سازی

در این بخش تکنیک های مدل سازی را مطرح می کنیم که به فرمول بندی مسایل بهینه سازی گسسته به عنوان یک مسأله برنامه ریزی صحیح، کمک می کند. در مقایسه با برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی صحیح از لحاظ مدل سازی قوی تر است. متأسفانه هیچ روش عمومی برای فرمول بندی مسایل بهینه سازی گسسته

[۲] Linear Integer Programming
[۳] Linear Programming
[۴] Mixed-Integer Linear Programming
[۵] Zero-One Integer Programming

وجود ندارد و بهدست آوردن یک مدل خوب در واقع یک هنر است. به این دلیل به ذکر چند مثال اکتفا می کنیم.

انتخاب دودوبی

کاربرد مهم متغیر دودوبی x در کد کردن انتخاب بین دو گزینه است. بسته به این که کدام گزینه انتخاب شود، متغیر x می تواند صفر یا یک باشد.

مثال ۱.۱ (مسأله کوله پشتی صفر و یک): فرض کنید n کالا داریم که وزن کالای j ام برابر w_j است و ارزش متناظر با آن برابر c_j می باشد. بیشترین وزنی که کوله پشتی توان حمل آن را دارد برابر K است. می خواهیم کالاهایی را برای حمل انتخاب کنیم که ارزش کل آن ها حداکثر شود و وزن کوله پشتی از K بیشتر نشود.

برای مدل کردن این مسأله، متغیر دودوبی x_j را طوری تعریف می کنیم که اگر کالای j ام انتخاب شود برابر ۱ است و در غیر این صورت برابر ۰ است. مسأله می تواند به صورت زیر فرمول بندی شود:

$$\begin{aligned} maximize \quad & \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \\ s.t \quad & \sum_{j=1}^{n} w_j x_j \leq K \\ & x_j \in \{0, 1\}, \qquad j = 1, ..., n. \end{aligned}$$

قیود تحمیلی

یک خصوصیت مشترک در مسایل بهینه سازی گسسته این است که تصمیمات مشخصی به یکدیگر وابسته هستند. به طور خاص، فرض کنید تصمیم A فقط وقتی می تواند اتخاذ شود که تصمیم B از قبل اتخاذ شده باشد. برای مدل کردن چنین حالت هایی، می توان متغیر دودوبی x و به ترتیب y را به گونه ای تعریف کرد که برابر ۱ است، هرگاه تصمیم A و به ترتیب B گرفته شود و در غیر این صورت برابر ۰ است. وابستگی این دو تصمیم می تواند توسط قید زیر مدل شود:

$$x \leq y, \qquad .۱۰$$

یعنی اگر $y = 0$ (تصمیم B گرفته نشود) آنگاه $x = 0$ (تصمیم A نمی تواند گرفته شود). در ادامه مثالی را بیان می کنیم که کاربرد قیود تحمیلی را نشان می دهد.

مثال ۲.۱ (مسأله تعیین محل): فرض کنید n محل برای قرار دادن وسایل خدماتی و لیستی از m مشتری داریم که باید از این n محل سرویس دهی شوند. هزینه راه اندازی محل j ام، c_j است، در حالی که سرویس دهی مشتری i ام از محل j ام دارای هزینه ثابت d_{ij} می باشد. هدف، انتخاب مجموعه ای محل ها و تخصیص هر مشتری به یک محل است به طوری که کل هزینه ها مینیمم شود.

برای مدل کردن این مسأله، متغیر تصمیم دودویی y_j را برای هر محل j تعریف می کنیم . y_j برابر ۱ است، اگر محل j ام برای سرویس دهی انتخاب شود و در غیر این صورت برابر صفر است. همچنین متغیر تصمیم دودویی x_{ij} را برابر ۱ تعریف می کنیم، اگر مشتری i ام توسط محل j ام سرویس دهی شود و در غیر این صورت برابر صفر است. مسأله تخصیص کالا به مشتری به صورت زیر فرمول بندی می شود:

$$
\begin{aligned}
minimize \quad & \sum_{j=۱}^{n} c_j y_j + \sum_{i=۱}^{m}\sum_{j=۱}^{n} d_{ij} x_{ij} \\
s.t \quad & \sum_{j=۱}^{n} x_{ij} = ۱ && \forall i, \\
& x_{ij} \le y_j, && \forall i, j, \\
& x_{ij}, y_j \in \{۰, ۱\} && \forall i, j.
\end{aligned}
$$

در این مسأله، قید تحمیلی $x_{ij} \le y_j$ این واقعیت را بیان می کند که اگر محل j ام برای سرویس دهی انتخاب نشود ($y_j = ۰$) آنگاه مشتری نمی تواند از آنجا سرویس بگیرد و باید $x_{ij} = ۰$.

ارتباط میان متغیر ها

محدودیت هابی به شکل

$$\sum_{j=۱}^{n} x_j \le ۱,$$

که در آن همه متغیر ها دودویی هستند، بیان می کنند که حداکثر یکی از متغیر های x_j می تواند یک باشد. به طور مشابه اگر محدودیت به شکل $\sum_{j=۱}^{n} x_j = ۱$ باشد، آنگاه دقیقاً یکی از متغیر های x_j باید یک باشد[۴]. یکی از بزرگترین مشکلات مسأله ی برنامه ریزی صحیح از نظر محاسباتی، اثر خطاهای ناشی از گرد کردن به خاطر حل آن در کامپیوتر های رقمی است که ناگزیر از آن هستیم. اگر چه الگوریتم هابی جهت حل مسأله ی برنامه ریزی صحیح ابداع شده است که با مسأله ای شروع می کند که در آن تمامی اعداد، صحیح

هستند، در نتیجه خطای ناشی از گرد کردن حذف خواهد گردید، ولی مشکل این الگوریتم ها تقارب بسیار کند آن ها است که بعضی مواقع بسیار گران و بعضی مواقع و از نظر محاسباتی غیر مفید هستند. به هر حال روش های مختلف موجود برای حل مسأله برنامه ریزی صحیحِ به دست آمده از فرمول بندی یک مسأله زمان بندی را، می توان به دو گروه تقسیم بندی کرد:

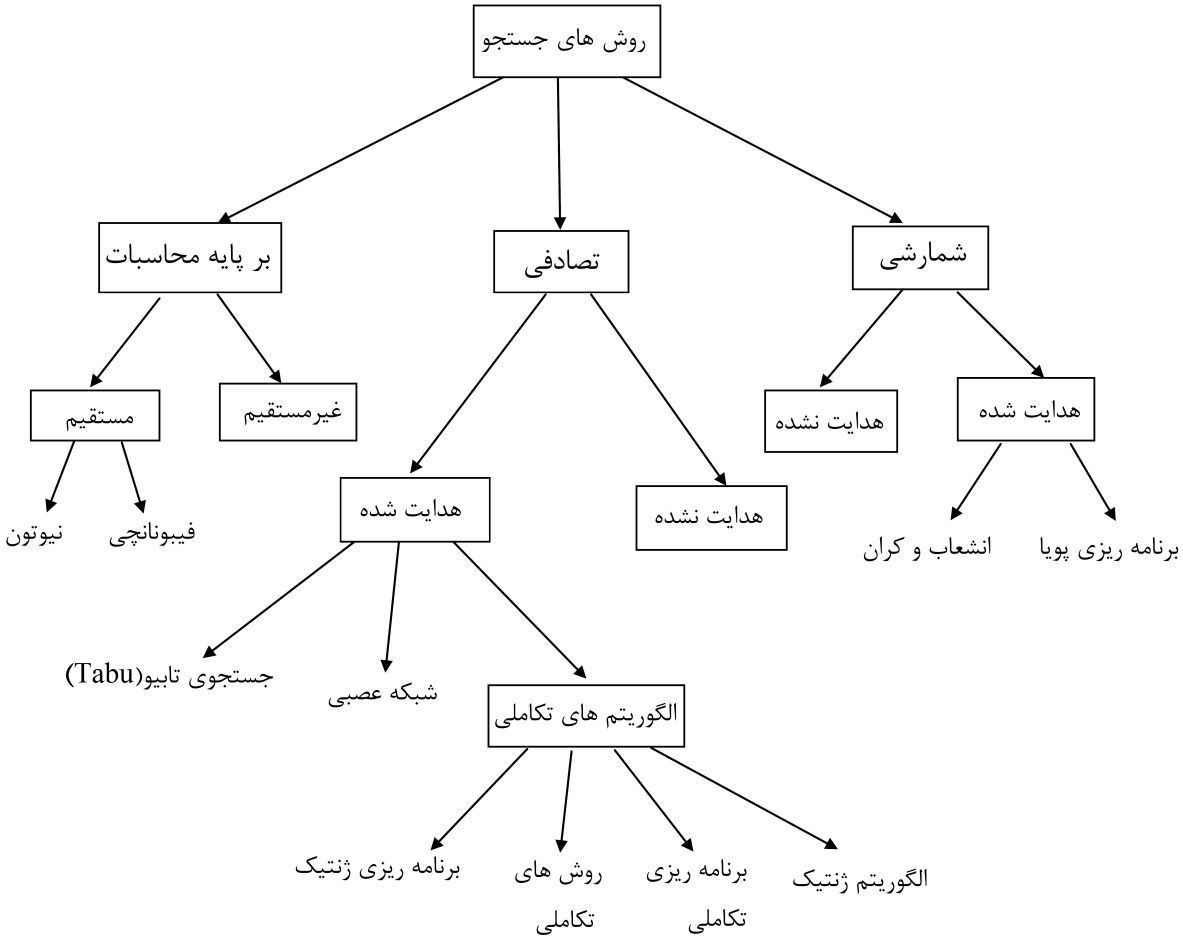
روش های صفحه برشی[۶]

روش های جستجو[۷]

در روش های صفحه برش که برای برنامه ریزی خطی صحیح ابداع شده اند، ابتدا جواب بهینه پیوسته محاسبه می شود. سپس به طور سیستماتیک، با افزودن قید های اضافی خاص که بیانگر شرایط لازم برای صحیح شدن هستند، ناحیه شدنی به تدریج تعدیل می گردد تا اینکه جواب بهینه ی مسأله ی پیوسته، جواب مورد نظر را بدهد. وجه تسمیه ی صفحه برش از اینجا سرچشمه می گیرد که افزودن هر قید ثانویه، به طور مؤثر، قسمتی از ناحیه شدنی مسأله پیوسته را برش می دهد به طوری که قسمت بریده شده شامل جواب صحیح شدنی نیست. روش های برشی از دو الگوریتم، برش کسری و الگوریتم مختلط، به ترتیب برای حل یک مسأله برنامه ریزی خطی صحیح محض[۸] (ILP) و مسأله برنامه ریزی خطی صحیح آمیخته[۹] (MILP) استفاده می کنند. روش جستجو، از ایده ی ساده ی بررسی کلیه نقاط صحیح شدنی ناحیه ی جواب LP پیوسته (مسأله ی برنامه ریزی خطی که در آن قید صحیح بودن از روی متغیر ها برداشته شده باشد) سرچشمه می گیرد. دسته بندی روش های مختلف جستجو و معرفی آن ها در شکل درختی (۱.۱.۱) نشان داده شده است.

ما برای حل فرمول بندی های صحیح مطرح شده در مثال های فصل ۶ ، که با به کارگیری روش های زمان بندی فصل دوم و چهارم به دست آمده است از نرم افزار CPLEX استفاده می کنیم. لازم به ذکر است که این نرم افزار، یکی از نرم افزار های بهینه سازی خطی است که شامل پیاده سازی روش سیمپلکس، الگوریتم های نقطه ی درونی و الگوریتم های شاخه و کران برای برنامه ریزی صحیح می باشد. اما در فصل پنجم، ما از الگوریتم ژنتیک که با توجه به شکل (۱.۱.۱) یکی از روش های جستجوی تصادفی است، برای حل این مسایل استفاده می کنیم.[۴]

[۶] Cutting Plane Methods
[۷] Search Methods
[۸] Integer Linear Programming
[۹] Mixed-Integer Linear Programming

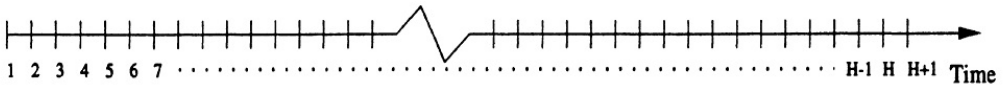


شکل ۱.۱. روش های جستجو

بعد از تعاریف پایه ای که بیان شد، روش های موجود برای حل مسأله زمان بندی را به طور مختصر شرح می دهیم.

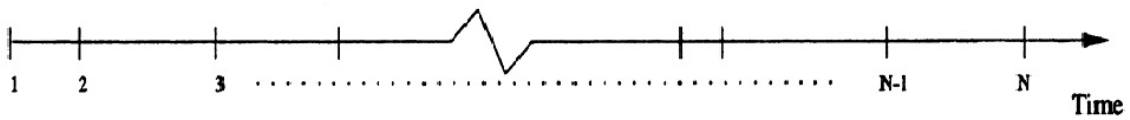
۲.۱ بررسی روش های موجود برای حل مسأله زمان بندی

همانطور که در چکیده این پایان نامه به آن اشاره شد، روش های مطرح شده برای حل مسأله زمان بندی به سه گروه روش های دقیق مبتنی بر نمایش زمانی گسسته، روش های دقیق مبتنی بر نمایش زمانی پیوسته و روش های ابتکاری دسته بندی شده است. شرح مختصر هر یک از این روش ها در بخش های بعدی بیان شده است، اما قبل از آن تفاوت میان نمایش زمانی گسسته و پیوسته را توضیح می دهیم. در نمایش زمانی



شکل ۲.۱. نمایش زمانی گسسته

گسسته افق زمانی به تعداد بازه هایی با طول معین و یکسان تقسیم می شود شکل و برای این که بدانیم هر فعالیت در کدامیک از این دوره ها رخ داده است از متغیر های دودویی استفاده می کنیم که همین امر منجر به افزایش تعداد قیود و متغیر های مسأله می شود. در نهایت این رویه زمان حل را افزایش می دهد. اما در نمایش زمانی پیوسته، افق زمانی به تعدادی بازه با طول های متغیر تقسیم می شود (شکل ۲.۲). به عبارت دیگر ممکن است طول یک بازه با بازه های زمانی دیگر متفاوت باشد که این امر پیچیدگی مسأله را کاهش می دهد ولی معایب دیگری دارد که در فصل سوم به آن ها اشاره خواهد شد.



شکل ۲.۱. نمایش زمانی پیوسته

۱.۲.۱ روش های دقیق مبتنی بر نمایش زمانی گسسته

یکی از اولین روش های چاپ شده برای حل مسأله زمان بندی مخازن نفت خام، توسط شاه [۱۰]در سال ۱۹۹۶معرفی شد[۳۳]. در این روش، مؤلف مدلی را بر اساس نمایش گسسته زمان تعریف کرد که در نهایت به یک مسأله برنامه ریزی خطی صحیح آمیخته (MILP) دست یافت. برخی از قیود، غیر خطی بوده اند که برای رفع این مشکل مسأله به دو زیر مسأله تقسیم شد: زیر مسأله اول مدل سازی بارگیری مخازن از بارانداز ها بوده و زیر مسأله دوم، تخلیه نفت خام را از مخزن به CDU ها مدل سازی می کند. این روش وجود یک جواب شدنی برای مسأله را تضمین می کند ولی اثباتی برای بهینگی آن ارایه نمی دهد. لی[۱۱] و کیم[۱۲]، روش دیگری را برای حل مسأله زمان بندی نفت خام در پالایشگاه[۱۳] (SCO) مطرح نمودند[۱۹]. در این روش، از مدل MILP برای حداقل کردن هزینه های عملیاتی و نگهداریِ متناظر با بارگیری و تخلیه نفت خام، استفاده شده است. تمامی قیودِ غیر خطی متناظر با عملیات ترکیب، خطی شده اما این خطی سازی گاهی باعث به دست آمدن یک ترکیب نامناسب برای CDU می شود. یعنی در قیود مربوط به ترکیب نفت خام، صدق نمی کند. رِدی[۱۴]، یک فرمول بندی بر اساس روش هیبریدی را مطرح نمود[۲۹]. در این روش از ترکیب نمایش پیوسته و گسسته زمانی به طور همزمان استفاده شده است. هدف آن ها افزایش بهره وری (سود) با حداقل کردن جریمه های نگهداری بیش از حد موجودی تانکر ها و تأخیر در تخلیه کشتی ها بعد از رسیدن به بار انداز است. مؤلفان هزینه تنظیمات تانکر ها را درنظر نگرفتند، زیرا از نظر آن ها جریمه های نگهداری و تخلیه تانکر ها از اهمیت بیشتری برخوردار است. با ارایه یک فرآیند تکراری، براساس جواب یک مسأله (MILP) جواب بهینه مسأله محاسبه می شود.[۱۹]

۲.۲.۱ روش های دقیق مبتنی بر نمایش زمانی پیوسته

جولی[۱۵] در سال (۲۰۰۲) [۱۳]و مورو [۱۶] و پینتو[۱۷] در سال ۲۰۰۰ [۲۶]فرمول بندی پیوسته زمان را برای زمان بندی در پالایشگاه(که انواع مختلفی از نفت خام را با استفاده از خطوط لوله دریافت می کند) مطرح نمودند.

[۱۰] Shah
[۱۱] Lee
[۱۲] Kim
[۱۳] Scheduling Crude Oil
[۱۴] Reddy
[۱۵] Joly
[۱۶] Moro
[۱۷] Pinto

در این حالت تنها یک تانکر هم برای نگهداری و هم برای مخلوط کردن در نظر گرفته شده است که در نتیجه، زمان بارگیری و تخلیه بین چند دقیقه تا چند ساعت متغیر است. این تغییر زیاد در زمان انتقال، متغیر های اضافی را به مسأله تحمیل می کند. جواب مسأله از طریق خطی سازی قیود غیر خطی که از نمایش پیوسته زمان حاصل شده است، به دست می آید. این خطی سازی بعد مسأله را افزایش می دهد اما شدنی بودن جواب مسأله را تضمین می کند. در سال۲۰۰۸ ، کاروپیا[۱۸]، فیورمن[۱۹] و گروسمن[۲۰]، با استفاده از نمایش پیوسته زمان مدل برنامه ریزی صحیح آمیخته غیر محدب را برای مدل سازی انتقال نفت خام در پالایشگاه، معرفی کردند.[۱۵] از ویژگی های آن، تعداد جابه جایی های مورد نیاز برای تعیین افق زمانی هر جریان است (که همانند مدل های پیوسته دیگر، شناخته شده نیست و قبل از بهینه سازی به طور دلخواه انتخاب می شود) که به طور محسوسی اندازه مدل را کاهش می دهد. هدفی که این مدل در نظر گرفته، کاهش هزینه های عملیاتی است که شامل هزینه های تخلیه، هزینه انتظار کشتی در دریا، هزینه نگهداری نفت خام و هزینه های تنظیمات می باشد. علاوه براین هزینه انتظارِ جریان نفت خام و میانگین موجودی نیز در نظر گرفته شده است. در سال ۲۰۰۳ روش دیگری برای مسأله زمان بندی کوتاه مدت عملیات پالایشگاه، بر اساس فرمول بندی زمانی پیوسته، مطرح شد [۱۲]. در این روش، عملیات پالایشگاه به سه زیر مسأله تقسیم می شود که شامل عملیات مربوط به نفت خام، فرآیند های دیگر پالایشگاه و تانکر های واسط، و تولیدات نهایی و عملیات ترکیب می باشد. در [۱۸]، اولین زیر مسأله مورد بررسی قرار گرفت که مشکل اصلی آن تولید نفت نامناسب، بوده است. در این فرمول بندی، هزینه های ناشی از تغییر حالت تانکر های ترکیب کننده یا واحد های تقطیر نفت خام (CDU ها)، مهم تر از هزینه های عملیاتی، در نظر گرفته شده است و قوانین عملیاتی همچون تخلیه چند کشتی توسط یک تانکر، پر کردن یک CDU توسط چند تانکر، زمان ته نشینی برای جداسازی نفت از آب و غیره از اهمیت چندانی برخوردار نمی باشند.

۳.۲.۱ روش های ابتکاری

برای مسایل صنعتی بزرگ، حل مسأله MILP ناشی از زمان بندی نفت خام، با ابزار بهینه سازی مبتنی بر شاخه و کران یا صفحه برش، می تواند سخت باشد و در برخی موارد خاص، به دلیل پیچیدگی های وابسته به

[۱۸] Karuppiah
[۱۹] Furman
[۲۰] Grossmann