



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی صنایع

ارائه روش حل برای مسئله موازنه زمان، هزینه و کیفیت پروژه‌ها

مریم بشیری برازنده

استاد راهنما: دکتر امیرعباس نجفی

استاد مشاور: دکتر عبدالله آقایی

پایان نامه برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع - صنایع

شهریورماه ۱۳۹۱



تقدیم به پدر فداکار

و

مادر باگذشته



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی صنایع

ارائه روش حل برای مسئله موازنه λ هزینه و کیفیت پروژه‌ها

مریم بشیری

تایید هیئت داوران:

دکتر امیرعباس نجفی

استاد راهنمای پروژه

دکتر عبدالله آقایی

استاد مشاور پروژه

دکتر فرید خوش‌الحان

داور داخلی

دکتر شهرام شادرخ

داور خارجی

پذیرش دانشکده :

دکتر عماد روغنیان

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده

تایید پایان نامه کارشناسی ارشد توسط دانشجو

عنوان پایان نامه: ارائه روش حل برای مسئله موازنه‌ها هزینه و کیفیت پروژه‌ها

نام دانشجو: مریم بشیری

شماره دانشجویی: ۸۹۰۷۳۳۴

اینجانب مریم بشیری دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات انجام شده در این پایان نامه تحت عنوان فوق‌الذکر توسط شخص اینجانب انجام شده است و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می‌باشد و در هر کجا که از مطالب نگارش شده دیگری استفاده شده است با ذکر منبع و ماخذ می‌باشد. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ کجا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه راهنمای نگارش و تدوین پایان نامه کارشناسی ارشد مصوب دانشکده مهندسی صنایع را بطور کامل رعایت نموده‌ام. چنانچه در هر زمان خلاف آنچه گواهی نموده‌ام مشاهده گردد خود را از آثار حقیقی و حقوقی ناشی از دریافت مدرک کارشناسی ارشد محروم می‌دانم و هیچگونه ادعائی نخواهم داشت.

ام‌ا دانشجو:

تاریخ:

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چا و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

تشکر و قدردانی

سپاس خداوند بخشنده و مهربان را که مرا آفرید و روان و تنی سالم بخشید، مرا عضوی از خانواده‌ای مهربان قرار داد و با دوستانی دلسوز آشنا نمود.

با دلی خرسند سر تعظیم و ارادت به خدمت استاد فرهیخته و گرانقدر، جناب آقای دکتر امیرعباس نجفی فرود می‌آورم که در تمامی مراحل این پایان‌نامه، با راهنمایی‌ها و پیشنهادهای ارزنده مرا یاری نمودند. برای ایشان آرزوی توفیق روزافزون، در تمامی مراحل علمی و پژوهشی را از خداوند منان خواستارم. همچنین از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر عبدالله آقایی به خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان تشکر می‌نمایم.

از پدر و مادر مهربانم که همواره در تمامی مراحل زندگی پشتیبان و مشوق من بودند و تمامی موفقیت‌های زندگی‌ام به واسطه دعای خیرشان حاصل شده است، از صمیم قلب تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در پایان از تمامی عزیزان و دوستانی که لحظات زیستن و آموختن در کنارشان برایم به زیباترین خاطرات بدل گشته، قدردانی می‌نمایم. به امید این که تمامی این عزیزان در پناه ایزد منان همواره سلامت و خندان باشند.

چکیده

یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران پروژه، تکمیل پروژه‌ها قبل از موعد مقرر با بالاترین سطح کیفیت و صرف کمترین هزینه است. از اینرو برقراری موازنه بین سه فاکتور متضاد زمان، هزینه و کیفیت از اهمیت زیادی برخوردار است. موازنه هزینه-زمان که سابقه‌ای طولانی در پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه زمانبندی پروژه دارد، بر این فرض استوار است که سرعت بخشیدن به فعالیت‌ها، مستلزم برخورداری از نیروی کار بیش‌تر، تجهیزات کاراتر و در نتیجه هزینه بیش‌تری است. به تازگی این نکته نیز مورد توجه قرار گرفته که فشرده‌سازی فعالیت‌ها ممکن است بر کیفیت آن‌ها تأثیر بگذارد و به طبع آن موازنه زمان-هزینه-کیفیت مطرح شد.

در این پژوهش مدل ریاضی‌ای به منظور موازنه زمان-هزینه-کیفیت در پروژه‌ها ارائه شده است. در این مدل فرض بر این است که هر یک از فعالیت‌های پروژه دارای مجموعه‌ای از حالات ممکن برای اجرا هستند و در هر حالت طول مدت اجرا، هزینه و کیفیت مشخص است. میزان منبع مورد نیاز پروژه که در ابتدای پروژه باید تأمین گردد و نیز حالت اجرای هر فعالیت، متغیرهای تصمیم مدل هستند و هدف یافتن زمانبندی‌ای است که زمان، هزینه و کیفیت پروژه را بهینه نماید. موعد تحویل پروژه از طریق محاسبه طول مسیر بحرانی با در نظر گرفتن طولانی‌ترین زمان اجرا برای هر فعالیت، بدست می‌آید. همچنین فرض شده است که طول مدت اجرای هر فعالیت تابعی غیرصعودی از میزان نیاز آن به منابع است. منابع مورد نیاز پروژه از دو نوع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیرند و همچنین منابع تجدیدپذیر به دو گروه وابسته به زمان و مستقل از آن تقسیم می‌شوند. با توجه به اینکه مسئله از درجه پیچیدگی بالایی برخوردار است و در زمره مسائل NP-Hard قرار می‌گیرد، به منظور حل آن از روش فراابتکاری الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود. همچنین مسائلی با اندازه‌های کوچک، متوسط و بزرگ تولید شده و به منظور اعتبارسنجی مدل و روش حل، نتایج حاصل از حل آن‌ها بر مبنای الگوریتم ارائه شده با نتایج حاصل از حل به وسیله نرم‌افزار لینگو مقایسه می‌گردد.

کلمات کلیدی: زمانبندی پروژه، موازنه زمان-هزینه-کیفیت، منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، الگوریتم ژنتیک.

فهرست مطالب

فصل اول	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- تعریف مسئله	۴
۱-۳- روش‌های حل	۵
۱-۴- نظریه پیچیدگی	۶
۱-۵- مسئله زمانبندی با محدودیت منابع	۷
۱-۶- مسئله زمانبندی پروژه با محدودیت منبع و فعالیت‌های چند حالتی	۹
۱-۷- موازنه زمان-هزینه	۱۰
۱-۸- موازنه زمان-منبع	۱۲
۱-۹- موازنه زمان-هزینه-کیفیت	۱۲
۱-۱۰- بیان مسئله و سوال تحقیق	۱۲
۱-۱۱- جنبه نوآوری و جدیدبودن تحقیق	۱۳
۱-۱۲- رئوس مطالب تحقیق	۱۳
۱-۱۳- جمع‌بندی	۱۴
فصل دوم	۱۵

۱-۲-مقدمه	۱۶
۲-۲-اجزای زمانبندی پروژهها	۱۶
۱-۲-۲-منابع	۱۶
۱-۱-۲-۲-دسته‌بندی منابع از نقطه‌نظر بخش‌پذیری منبع	۱۶
۲-۱-۲-۲-دسته‌بندی منابع از نظر قابلیت توقف	۱۷
۳-۱-۲-۲-دسته‌بندی منابع از نقطه نظر محدودیت منبع	۱۷
۱-۳-۱-۲-۲-دسته‌بندی‌های کلاسیک	۱۷
۲-۳-۱-۲-۲-سایر دسته‌بندی‌ها	۱۸
۲-۲-۲-فعالیت‌ها	۲۲
۱-۲-۲-۲-نیاز فعالیت به منبع	۲۲
۲-۲-۲-۲-مدت اجرای فعالیت	۲۲
۳-۲-۲-۲-محدودیت‌های پیش‌نیازی فعالیت	۲۴
۴-۲-۲-۲-پارامترهای زمان فعالیت	۲۵
۵-۲-۲-۲-وزن (درجه‌ی اهمیت) فعالیت	۲۵
۶-۲-۲-۲-جریان‌های نقدی فعالیت	۲۶
۷-۲-۲-۲-آماده‌سازی فعالیت	۲۶
۸-۲-۲-۲-قابلیت شکسته شدن فعالیت	۲۷
۳-۲-۲-اهداف	۲۷

۲۸	..... ۲-۲-۳-۱-اهداف مبتنی بر زمان
۲۹	..... ۲-۲-۳-۲-اهداف مبتنی بر منبع
۳۰	..... ۲-۲-۳-۳-اهداف مالی
۳۰	..... ۲-۲-۳-۴-سایر اهداف
۳۱	..... ۲-۳-مرور ادبیات مسئله
۳۲	..... ۲-۳-۱-مسئله زمانبندی پروژه با محدودیت منبع
۳۳	..... ۲-۳-۲-مسئله زمانبندی پروژه با محدودیت منبع و فعالیت‌های چند حالتی
۳۵	..... ۲-۳-۳-موازنه‌زمان-هزینه
۳۵	..... ۲-۳-۳-۱-موازنه‌زمان-هزینه در حالت پیوسته
۳۶	..... ۲-۳-۳-۲-موازنه هزینه-زمان در حالت گسسته
۴۰	..... ۲-۳-۴-موازنه زمان-منبع
۴۰	..... ۲-۳-۴-۱-موازنه زمان-منبع در حالت پیوسته
۴۰	..... ۲-۳-۴-۲-مسئله موازنه زمان-منبع در حالت گسسته
۴۲	..... ۲-۳-۵-موازنه زمان-هزینه-کیفیت
۴۵	..... ۲-۴-جمع‌بندی
۴۶	..... فصل سوم
۴۷	..... ۳-۱-مقدمه

- ۳-۲-بهبینه‌یابی ۴۷
- ۳-۳-روش‌های بهینه‌یابی ۴۸
- ۳-۳-۱-روش‌های بر پایه ریاضیات ۴۹
- ۳-۳-۲-روش‌های شمارشی ۵۰
- ۳-۳-۳-روشهای تصادفی ۵۰
- ۳-۳-۴-مقدمه‌ای بر الگوریتم ژنتیک ۵۳
- ۳-۳-۴-۱-الگوریتم ژنتیک موازی ۵۵
- ۳-۳-۴-۲-برنامه‌ریزی ژنتیکی ۵۵
- ۳-۳-۴-۳-الگوریتم ژنتیکسری ۵۶
- ۳-۳-۴-۴-مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک ۵۷
- ۳-۳-۴-۴-۱-کدگذاری جواب‌ها ۵۷
- ۳-۳-۴-۴-۲-رمزگشایی کروموزوم‌ها و ارزیابی آن‌ها ۵۷
- ۳-۳-۴-۴-۳-تکثیر ۵۷
- ۳-۳-۴-۴-انتخاب والدین ۵۸
- ۳-۳-۴-۵-عملگر پیوند ۵۹
- ۳-۳-۴-۶-جهش ۵۹
- ۳-۳-۴-۷-شرط توقف ۶۰
- ۳-۳-۵-تفاوت‌های الگوریتم ژنتیک با سایر روش‌های جستجو ۶۱

۴-۳- تنظیم پارامترها ۶۱

۴-۳- جمع بندی ۶۲

فصل چهارم ۶۳

۴-۱- مقدمه ۶۴

۴-۲- نمادها و فرضیات ۶۴

۴-۳- مدل ریاضی مسئله ۶۷

۴-۴- اعتبارسنجی و حل مدل ۶۸

۴-۴-۱- حل مدل با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک ۶۹

۴-۴-۱-۱- ساختار کروموزوم ۷۰

۴-۴-۱-۲- زمانبندی کروموزومها و محاسبه تابع برازندگی ۷۱

۴-۴-۱-۳- چرخه اصلی الگوریتم ۷۱

۴-۴-۲- طراحی و حل آزمایشها ۷۲

۴-۴-۲-۱- پارامترهای مدل ۷۳

۴-۴-۲-۲- تنظیم پارامترهای الگوریتم ۷۳

۴-۴-۲-۳- نتایج محاسباتی ۷۶

۴-۵- جمع بندی ۸۰

فصل پنجم ۸۱

۵-۱- مقدمه ۸۲

۵-۲- خلاصه‌ای از تحقیق ۸۲

۵-۳- خلاصه نتایج ۸۲

۴-۵- پیشنهادها برای تحقیقات آتی ۸۳

منابع ۸۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۴: پارامترهای مدل..... ۶۶

جدول ۲-۴: اطلاعات مسائل حل شده..... ۷۲

جدول ۳-۴: پارامترهای الگوریتم ژنتیک در سه سطح..... ۷۴

جدول ۴-۴: نتایج تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک به روش تاگوچی..... ۷۴

جدول ۵-۴: نتایج محاسباتی حل سه گروه از مسائل..... ۷۷

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: اهداف سه‌گانه پروژه‌ها..... ۲
- شکل ۱-۳: عملیات جهش بر روی یک کروموزوم..... ۶۰
- شکل ۱-۴: مراحل اصلی الگوریتم ژنتیک ارائه شده..... ۷۲
- شکل ۲-۴: تنظیم پارامترها برای مسائل کوچک..... ۷۵
- شکل ۳-۴: تنظیم پارامترها برای مسائل متوسط..... ۷۵
- شکل ۴-۴: تنظیم پارامترها برای مسائل بزرگ..... ۷۶
- شکل ۴-۵: نمودار همگرایی G.A برای مسائل کوچک..... ۷۸
- شکل ۴-۶: نمودار همگرایی G.A برای مسائل متوسط..... ۷۸
- شکل ۴-۷: نمودار همگرایی G.A برای مسائل بزرگ..... ۷۹
- شکل ۴-۸: نمودار مقایسه کارایی G.A و لینگو..... ۷۹

فصل اول

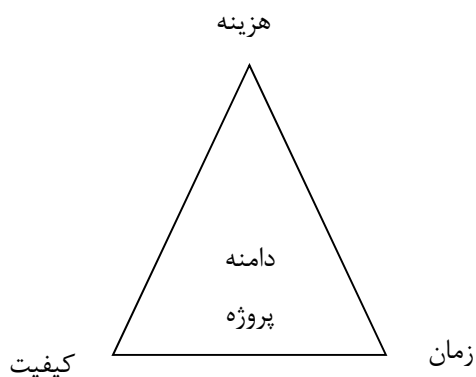
کلیات

۱-۱- مقدمه

امروزه بخش اعظم فعالیت‌هایی که به منظور تولید کالا و یا ارائه خدمات در سازمان‌ها اجرا می‌شوند، در قالب پروژه‌ها تعریف می‌شوند. با این وجود بسیاری از این پروژه‌ها با تاخیر، ضرردهی و یا عدم تطابق با استانداردهای کیفیتی مواجه می‌شوند. بنابراین توجه به تکنیک‌ها و روش‌های مدیریت پروژه از اهمیت بسزایی برخوردار است. سابقه طرح و بررسی مفاهیم و روش‌های مدیریت پروژه به بیش از نیم قرن پیش برمی‌گردد و در این مدت تعاریف متنوع و متعددی در مورد مدیریت پروژه ارائه شده است.

موسسه ملی استاندارد آمریکا، مدیریت پروژه را این طور تعریف می‌کند: «بکارگیری دانش، مهارت‌ها، تکنیک‌ها و ابزارها برای فعالیت‌های پروژه به منظور رفع نیازهای پروژه.»

مدیریت پروژه و بخش جدایی‌ناپذیر آن، زمانبندی، از محورهای اصلی تحقیقات تئوری و عملی در زمینه تحقیق در عملیات بوده و همچنان است. زمانبندی پروژه، به دنبال برقراری موازنه و تعادل بین اهداف رقابتی و متضاد پروژه، کیفیت، زمان و هزینه با حفظ دامنه پروژه است. سه جنبه زمانبندی که در شکل زیر نشان داده شده است و به طبع آن موازنه بین آن‌ها موضوع مطالعات بسیاری بوده است.



شکل ۱-۱: اهداف سه‌گانه پروژه‌ها

متدولوژی زمانبندی از دو منظر به طور پیوسته توسعه یافته است. از یک سو مسائل عملی مدلسازی شده و از سوی دیگر روش‌های حل مسائل بهینه‌سازی تولید شده، توسعه یافته‌اند.

با این فرض که هزینه مستقیم فعالیت به طول مدت اجرای آن بستگی دارد و با صرف هزینه بیش‌تر می‌توان فعالیت‌های پروژه را فشرده نمود، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به منظور مینیمم‌سازی هزینه مستقیم پروژه ارائه شدند. کلی^۱ اولین مدل را در سال ۱۹۶۱ تحت عنوان موازنه هزینه-زمان معرفی نمود. کلی با در نظر گرفتن رابطه خطی بین زمان و هزینه فعالیت‌ها، یک مدل ریاضی ارائه نمود و با استفاده از یک الگوریتم ابتکاری مدل ارائه شده را حل نمود. در همان سال فولکرسون^۲ روشی برای بدست آوردن نمودار هزینه-زمان ارائه نمود که در طول پروژه، زمان و هزینه بهینه هر فعالیت را به منظور مینیمم‌سازی مجموع هزینه پروژه به طوری که از مهلت تحویل تعیین شده تجاوز نکند، مشخص می‌کند. سپس مسائل با فعالیت‌های دارای چند حالت اجرا، مطرح شدند که به دنبال تعیین بهترین حالت (زمان و هزینه) اجرای فعالیت‌ها به نحوی هستند که ضمن رعایت محدودیت‌ها، تابع هدف را بهینه کنند. در سال ۱۹۹۶ تابو^۳ و سورش^۴ با بیان این حقیقت که فشرده‌سازی فعالیت‌ها بر سطح کیفیت آن‌ها تأثیرگذار است، موازنه زمان-هزینه و کیفیت را در پروژه‌ها مورد بررسی قراردادند. آن‌ها سه مدل ریاضی ارائه نمودند که هر یک بدنبال بهینه‌سازی یکی از فاکتورهای ذکر شده ضمن تعیین کران برای دو فاکتور دیگر بود. (ایرانمش و همکاران، ۲۰۰۸)

در این پژوهش، مدلی ریاضی به منظور موازنه زمان-هزینه-کیفیت در پروژه‌ها ارائه شده است. این مدل جزء دسته مسائل سرمایه‌گذاری منبع با فعالیت‌های چند حالتی نیز قرار می‌گیرد. الگوریتم ژنتیکی به منظور حل مدل ارائه و در محیط نرم‌افزار متلب کدنویسی شده است. همچنین به منظور اعتبارسنجی مدل و روش حل، مثال‌های عددی‌ای تولید و با بهره‌گیری از نرم‌افزار لینگو و الگوریتم ارائه شده، حل شده‌اند.

¹Kelly

²Fulkerson

³Tabu

⁴Suresh

در این فصل پس از تعریف مسئله و روش‌های حل، دسته مسائل مرتبط معرفی شده است. سپس اهداف تحقیق، جنبه نوآوری آن و رئوس مطالب پایان‌نامه بیان می‌گردد.

۱-۲- تعریف مسئله

طی دهه‌های گذشته، تحقیقات متعددی بر روی انواع مسائل زمانبندی انجام شده است. در مدل کلاسیک مسئله زمانبندی با محدودیت منبع^۱ که به اختصار RCPSP نامیده می‌شود، زمانبندی به صورت توالی‌ای از زمان‌های شروع (پایان) فعالیت‌ها تعریف می‌شود، اما در پروژه‌هایی که فعالیت‌ها چند حالت اجرا دارند، اطلاعات دیگری نیز در مورد حالت اجرای هر فعالیت مورد نیاز است. طبق تعریف زمانبندی‌ای شدنی است که تمام محدودیت‌های پیش‌نیازی و زمانی و محدودیت‌های دسترسی به منابع را رعایت نماید.

اسپرینگر^۲ و همکاران (۱۹۹۵)، سه دسته‌بندی دیگر از زمانبندی را معرفی نمودند. زمانبندی نیمه‌فعال که زمانبندی شدنی‌ای است که در آن هیچ یک از فعالیت‌ها نتوانند بدون تغییر ترتیب اجرا یا تجاوز از محدودیت‌ها زودتر از زمان برنامه‌ریزی شده، شروع شوند. زمانبندی فعال، حالتی شدنی از ترتیب فعالیت‌هاست که در آن هیچ یک از فعالیت‌ها نمی‌توانند بدون تجاوز از محدودیت‌ها، زودتر شروع شوند. در نهایت زمانبندی شدنی‌ای که در آن فعالیت‌هایی با طول مدت برابر با واحد زمان (هر فعالیت به تعدادی فعالیت با طول اجرای یک تقسیم می‌شود) فعال هستند، بدون تأخیر نامیده می‌شود. بین انواع زمانبندی رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$NDS \subseteq AS \subseteq SAS \subseteq FS \subseteq S$$

که به ترتیب از راست به چپ عبارتند از: زمانبندی، زمانبندی شدنی، زمانبندی شبه فعال و زمانبندی بدون تأخیر. (وگلارز و همکاران، ۲۰۱۱)

^۱Resource Constraint Project Scheduling Problem

^۲Sprecher