بسم الله الرحمن الرحيم

٦٩٩١٦

به نام خدا

زمانبندی در کارخانه پلی اکریل اصفهان

به وسیله‌ی:

اعظم پیرمرادیان

پایان‌نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی
از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی

ریاضی کاربردی

از دانشگاه شیراز

شیراز

۱۳۸۶ /۷/ ۱۵

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان‌نامه با درجه : عالی

دکتر کورش زیارتی استادیار بخش کامپیوتر (رئیس جلسه).....

دکتر محمد باقر احمدی استادیار بخش ریاضی: .....

دکتر حمیدرضا ملکی استادیار بخش ریاضی دانشگاه صنعتی شیراز.....

تیرماه ۱۳۸۶

۹۹۱۶

تقدیم به:

بزرگ مهندس آفرینش:
نیروی قدرتمند جهان

و

هدیه های آسمانیش:
خانواده‌ام

سپاسگزاری

سپاس صمیمانه از استاد ارجمند آقای دکتر زیارتی که در مراحل مختلف پایان‌نامه مر ایاری نموده‌اند. همچنین از اساتید بزرگوار، آقای دکتر احمدی و دکتر ملکی که رنج خواندن این پایان نامه را تحمل فرموده اند تشکر و قدردانی می‌کنم. مهندس احمدی همچنین از آقای خواجه زاده و در پایان از زحمات دوستان عزیزم به خصوص آقای ابراهیمیان تشکر می‌کنم. در پایان از خانواده‌ام که همیشه مشوق من بوده‌اند.

چکیده

زمان‌بندی در کارخانه پلی‌اکریل اصفهان

به وسیله:

اعظم پیرمرادیان

این پایان‌نامه به بررسی مسئله زمان‌بندی در کارخانه پلی‌اکریل اصفهان می‌پردازد. سیستم تولیدی کارخانه عموما به عنوان یک مسئله پنج مرحله‌ای flow shop در نظر گرفته می‌شود. هر مرحله شامل چندین ماشین موازی است. ماشین‌ها در تمامی مراحل بجز مرحله اول، از نوع ماشین‌های چند وظیفه‌ای هستند. همچنین برای تولید هر محصول یک هزینه شروع به کار در نظر گرفته می‌شود که وابسته به تولید محصول قبلی در کارخانه است. با توجه به توصیف مسئله بهترین مدل در دیدگاه زمان‌بندی کلاسیک، استفاده از مدل flexible flow shop(f-fsh) به همراه استفاده از مفهوم دسته-کار می‌باشد. در این مدل تعداد دستگاه‌های مورد استفاده برای تولید هر محصول در هر مرحله مشخص است. با توجه به اینکه تعداد بهینه تخصیص ماشین برای ترکیبات مختلف تولید محصول، متفاوت می باشد؛ مدل ذکر شده که یک ترکیب از ابتدا تا انتهای دوره تولید در نظر می گیرد مدل بهینه ای نمی تواند باشد. برای برطرف کردن این نقص، مسئله با استفاده از مدل زمان‌بندی چند روشی پروژه با محدودیت منابع به صورت برنامه‌ریزی اعداد صحیح مدلسازی می‌شود. در این مدل نیز همانند مرحله قبل هزینه شروع به کار در هر مرحله برای تولید محصولات گوناگون به همراه وجود ماشین‌های چند وظیفه‌ای ایده استفاده از مسئله دسته-کار را در ذهن تداعی می‌کند. یکی از مشکلات این نوع مدلسازی نیاز به حافظه و زمان بسیار زیاد کامپیوتر هنگام حل مسئله می‌باشد. برای حل این مشکل یک روش اکتشافی بر اساس تجزیه مدل به دو مرحله پیشنهاد می‌شود. در مرحله اول بدون در نظر گرفتن هزینه شروع به کار و همچنین با کم کردن تعدادی از محدودیت‌هایی تقدم اجرای کار روش انجام کار بدست می‌آید. در مرحله دوم ترتیب اجرای کارها با استفاده از مدلی که بر اساس مسئله تخصیص نوشته شده است بدست می‌آید و در انتها با در نظر گرفتن جواب این دو مرحله روش تولید محصولات برای یک دوره بدست می‌آید. روش پیشنهادی برای داده های پنج ماه متوالی کارخانه اجرا گردید و با زمان بندی اجرا شده در کارخانه مقایسه گردید. با استفاده از روش پیشنهادی زمان تولید محصولات به طور متوسط سه درصد کاهش یافت که این مقدار معادل یک روز در ماه می باشد. بنا به اظهار نظر مهندسین کارخانه کیفیت جواب از لحاظ عملیاتی و با نظر گرفتن مسئله تعمیر و نگهداری ماشینها بهتر می باشد.

فهرست

عنوان صفحه

فصل اول ۱
مقدمه ۱
فصل دوم ۶
مروری بر تحقیقات پیشین ۶
۲- ۱- مسائل زمان‌بندی ماشین ۶
۲- ۱- ۱- Flexible job shop ۸
۲- ۱- ۲- بررسی مفهوم دسته‌بندی در مسائل ۹
۲- ۲- زمان‌بندی پروژه ۹
۲- ۲- ۱- معرفی روشهای برنامه ریزی شبکه ۱۰
۲- ۲- ۱- ۱- نمودارهای گانت ۱۰
۲- ۲- ۱- ۲- روشهای مسیر بحرانی ۱۱
۲- ۲- ۱- ۳- روش ارزیابی و باز نگری پروژه‌ها (PERT) ۱۱
۲- ۲- ۱- ۴- روشهای گرافیکی ارزیابی و بازنگری پروژه‌ها(GERT) ۱۲
۲- ۲- ۲- ساختار شبکه ۱۳
۲- ۲- ۳- محاسبات زمانی در شبکه‌های گرهی ۱۴
۲- ۳- گسترش مسئله زمان‌بندی پروژه ۱۵
۲- ۳- ۱- مسئله زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع ۱۶
۲- ۳- ۱- مسئله چند روشی زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع ۱۸
۲- ۴- بررسی مسئله General shop از دیدگاه مسئله زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع ۱۹
فصل سوم ۲۱
توصیف مسئله ۲۱
۳- ۱- توصیف کارخانه ۲۱
شکل شماره (۳- ۱) فرآیند قسمت تارسازی ۲۳

عنوان صفحه

۳- ۲- نگرشهای مختلف در مدلسازی ۲۵
۳- ۲- ۱- مدل مسئله از دیدگاه زمان بندی کلاسیک ۲۵
۳- ۲- ۲- مدل مسئله از دیدگاه زمان‌بندی نوین ۲۹
شکل شماره (۳-۲) شبکه گرهی مجموعه فعالیت های مسئله ۳۰
۳- ۲- ۳ روش اکتشافی مدل کردن مسئله ۳۳
شکل (۳- ۳): شبکه فعالیت‌های گرهی مدل ۳۳
شکل (۳- ۴): مدل‌سازی اکتشافی ۳۴
نمودار(۳- ۱): مدت زمان اجرای فعالیت‌ها و رابطه flow shop در مسئله ۳۵
محدودیت منابع را از روی هسته گره در نظر گرفته به صورت زیر مدل می‌کنیم. ۳۵
۳- ۳- چگونگی محاسبه اولیه در مسئله ۳۸
فصل چهارم ۴۱
نتایج ۴۱
۴- ۱- علت انتخاب مدل اکتشافی ۴۱
۴- ۲- بررسی داده‌های کارخانه با استفاده از نرم‌افزار پلی اکریل(I) ۴۳
۴- ۲- ۱- آذر ماه ۸۴ ۴۳
۴- ۲- ۲- دی ماه ۸۴ ۴۷
۴- ۲- ۳- بهمن ماه ۸۴ ۵۱
۴- ۲- ۴- اسفند ماه ۸۴ ۵۴
۴- ۲- ۵- فروردین ماه ۸۵ ۵۷
منابع ۶۱

فهرست جدول

جدول (۴-۱): نتایج حاصل از حل سه مدل زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع در مثال اول..... ۴۱
جدول (۴-۲): نتایج حاصل از حل سه مدل زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع در مثال دوم..... ۴۲
جدول (۴- ۳) نتایج حاصل از حل یک مثال با دوره ۲۰تایی بری مدل افزوده و انتخابی. ۴۳
جدول (۴- ۲- ۱- ۱) پیش‌بینی تولید آذر ۴۳
جدول (۴- ۲- ۱- ۲) داده‌های ورودی به نرم‌افزار پلی‌اکریل(I)..... ۴۳
جدول (۴- ۲- ۱- ۳) جروجی داده‌ها برای تناوب ۴ ساعت ۴۳
جدول (۴- ۲- ۱- ۴) جروجی داده‌ها برای تناوب ۳ ساعت ۴۴
جدول (۴- ۲- ۱- ۵) انتخاب تعداد دستگاه‌ها در روش اجرایی کارخانه ۴۴
جدول (۴- ۲- ۱- ۶) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۴ ساعت..... ۴۴
جدول (۴- ۲- ۱- ۷) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۳ ساعت..... ۴۵
جدول (۴- ۲- ۱- ۸) ترتیب بهینه اجرای کار ۴۵
جدول (۴- ۲- ۲- ۱) پیش‌بینی تولید دی ۸۴..... ۴۶
جدول (۴- ۲- ۲- ۲) داده‌های ورودی به نرم‌افزار پلی‌اکریل(I)..... ۴۶
جدول (۴- ۲- ۲- ۳) خروجی داده‌ها برای تناوب ۴ ساعت ۴۶
جدول (۴- ۲- ۲- ۴) خروجی داده‌ها برای تناوب ۶ ساعت ۴۷
جدول (۴- ۲- ۲- ۵) داده‌های ورودی به نرم‌افزار پلی‌اکریل(I)..... ۴۷
جدول (۴- ۲- ۲- ۶) انتخاب تعداد دستگاه‌ها در روش اجرایی کارخانه ۴۷
جدول (۴- ۲- ۲- ۷) خروجی داده‌ها برای تناوب ۴ ساعت ۴۸
جدول (۴- ۲- ۲- ۸) خروجی داده‌ها برای تناوب ۳ ساعت ۴۸
جدول (۴- ۲- ۲- ۹) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۴ ساعت..... ۴۸
جدول (۴- ۲- ۱- ۱۰) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۳ ساعت..... ۴۸
جدول (۴- ۲- ۲-۱۱) ترتیب بهینه اجرای کار..... ۴۹
جدول (۴- ۲- ۲- ۱۲) مقادیر محاسباتی حل مدل هزینه شروع به کار ۴۹
جدول (۴- ۲- ۳- ۱) پیش‌بینی تولید بهمن ۸۴..... ۵۰
جدول (۴- ۲- ۳- ۲) داده‌های ورودی به نرم‌افزار پلی‌اکریل(I)..... ۵۰
جدول (۴- ۲- ۳- ۳) خروجی داده‌ها برای تناوب ۴ ساعت ۵۰
جدول (۴- ۲- ۳- ۴) خروجی داده‌ها برای تناوب ۳ ساعت ۵۰

جدول (۴- ۲- ۳- ۵) خروجی داده‌ها برای تناوب ۲ ساعت ۵۰
جدول (۴- ۲- ۳- ۶) انتخاب تعداد دستگاه‌ها در روش اجرایی کارخانه ۵۲
جدول (۴- ۲- ۳- ۷) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۴ ساعت..... ۵۲
جدول (۴- ۲- ۳- ۸) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۳ ساعت..... ۵۳
جدول (۴- ۲- ۳- ۹) ترتیب بهینه اجرای کار ۵۳
جدول (۴- ۲- ۳- ۱۰) مقادیر محاسباتی حل مدل هزینه شروع به کار ۵۴
جدول (۴- ۲- ۴- ۱) پیش‌بینی تولید اسفند ۸۴ ..... ۵۴
جدول (۴- ۲- ۴- ۲) داده‌های ورودی به نرم‌افزار پلی‌اکریل(I) ۵۴
جدول (۴- ۲- ۴- ۳) خروجی داده‌ها برای تناوب ۴ ساعت ۵۴
جدول (۴- ۲- ۴- ۴) خروجی داده‌ها برای تناوب ۳ ساعت ۵۴
جدول (۴- ۲- ۴- ۵) انتخاب تعداد دستگاه‌ها در روش اجرایی کارخانه ۵۵
جدول (۴- ۲- ۴- ۶) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۴ ساعت..... ۵۶
جدول (۴- ۲- ۴- ۷) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۳ ساعت ۵۶
جدول (۴- ۲- ۴- ۸) ترتیب بهینه اجرای کار ۵۶
جدول (۴- ۲- ۴- ۹) مقادیر محاسباتی حل مدل هزینه شروع به کار ۵۷
جدول (۴- ۲- ۵- ۱) پیش‌بینی تولید فروردین ۸۵ ..... ۵۷
جدول (۴- ۲- ۵- ۲) داده‌های ورودی به نرم‌افزار پلی‌اکریل(I) ۵۷
جدول (۴- ۲- ۵- ۳) خروجی داده‌ها برای تناوب ۴ ساعت ۵۷
جدول (۴- ۲- ۵- ۴) خروجی داده‌ها برای تناوب ۳ ساعت ۵۷
جدول (۴- ۲- ۵- ۵) انتخاب تعداد دستگاه‌ها در روش اجرایی کارخانه ۵۷
جدول (۴- ۲- ۵- ۶) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۴ ساعت..... ۵۷
جدول (۴- ۲- ۵- ۷) انتخاب تعداد دستگاه‌ها با استفاده از جواب مدل در زمان ۳ ساعت ۵۸
جدول (۴- ۲- ۵- ۸) ترتیب بهینه اجرای کار ۵۸
جدول (۴- ۲- ۵- ۹) مقادیر محاسباتی حل مدل هزینه شروع به کار ۵۸

فهرست شکل‌ها

شکل شماره (۳- ۱) فرآیند قسمت تارسازی ۲۳
شکل شماره (۳-۲) شبکه گرهی مجموعه فعالیت های مسئله ۳۰
شکل (۳- ۳): شبکه فعالیت‌های گرهی مدل ۳۳
شکل (۳- ۴): مدل‌سازی اکتشافی ۳۴
نمودار(۳- ۱): مدت زمان اجرای فعالیت‌ها و رابطه flow shop در مسئله ۳۵

فصل اول

مقدمه

تاریخچه پیدایش تحقیق در عملیات به جنگ جهانی دوم برمی‌گردد. در این جنگ، فرماندهی نظامی انگلستان از گروهی از دانشمندان دعوت به عمل آورد تا در مسایل استراتژیک و تدابیر جنگی مربوط به دفاع زمینی و هوایی کشور مطالعه کنند. هدف از این تحقیق یافتن مؤثرترین روش استفاده از منابع محدود نظامی بود. تشکیل این گروه علمی، به عنوان اولین فعالیت رسمی تحقیق در عملیات به شمار می‌آید. نام «تحقیق در عملیات» بدین مناسبت انتخاب شد که این گروه به پژوهش در عملیات (نظامی) پرداختند. این شیوه جدید تصمیم‌گیری، از آغاز به عنوان رشته‌ای شناخته شد که اطلاعات علمی را از طریق تلاش گروهی متخصص در شاخه های مختلف، به منظور تعیین بهترین نحوه استفاده از منابع محدود به کار می‌گیرد.

پس از موفقیت گروههای نظامی در جنگ، توجه مدیران صنعتی به این رشته جلب شد. آنها در جستجوی راه حلی برای مسایل خود بودند که بر اثر وارد شدن تخصص شغلی در تشکیلات تجاری، روز به روز گسترده‌تر می‌شد. از آنجا که اصولا مشاغل تخصصی برای خدمت به هدف کلی یک سازمان به وجود می‌آیند، اهداف فردی این مشاغل ممکن است همواره با مقاصد آن سازمان سازگار نباشد. این وضع، منجر به ایجاد مسایل تصمیم گیری پیچیده‌ای شده است که سازمانهای مربوط را مجبور به استفاده از مؤثرترین روشهای تحقیق در عملیات کرده است.

اولین تکنیک ریاضی که در این رشته مورد قبول همگان قرار گرفت روش سیمپلکس برنامه ریزی خطی بود که در سال ۱۹۴۷ توسط جورج دانتزینک [۱]، ریاضیدان آمریکایی، بوجود آمد. بعد از آن با تلاش و همکاریهای علاقه مندان در موسسات علمی و صنعتی، تکنیکها و کاربردهای جدیدتری پدید آمد. پیشرفت موثر در این رشته، تا حد زیادی مرهون توسعه همزمان کامپیوترهای رقمی است که توانایی بالایی در سرعت محاسباتی و انبار کردن و بازیابی

---

[۱] Gorge B. Dantzig

اطلاعات دارند. بدون این پیشرفتها، علم تحقیق در عملیات نمی‌توانست با داشتن مسائل محاسباتی در مقیاس بزرگ، موفقیت فعلی را داشته باشد.

امروزه، تاثیر تحقیق در عملیات را می‌توان در بسیاری از زمینه ها مشاهده کرد . فعالیتهای زیادی نیز به این زمینه اختصاص یافته است. این فعالیتها از کاربردهای تجاری و نظامی فراتر رفته، بیمارستانها، موسسات مالی، کتابخانه ها، موسسات آموزشی، طراحی شهرها، دستگاههای حمل و نقل و غیره را شامل می‌شود.

شاخه ای از این فعالیتها، به مسائل زمان بندی مربوط می‌شود. در دنیای امروز، زمان بندی جزیی اجتناب ناپذیر از زندگی است. برای نمونه می‌توان جداولی را در نظر گرفت که فعالیتهای موسسات آموزشی، مؤسسات خدمات درمانی و بهداشتی، سیستمهای حمل و نقل عمومی و تولید کارخانه ها را کنترل می‌کنند. جدول زمانی را می‌توان به عنوان جدولی از وقایع در نظر گرفت که بر اساس زمان وقوع، مرتب شده‌اند. این جدول باید قیود و اهداف سیستم مربوط را تامین کند. یک مسئله زمان‌بندی را می‌توان به صورت مسئله انتساب وقایع به تعدادی مشخص بازه زمانی تعریف کرد. (Wern, ۱۹۹۶)، مسئله زمان‌بندی را به عنوان مسئله تخصیص منابع موجود به اشیای واقع در بازه های زمانی، بیان می‌کند که در آن باید مجموعه ای از قیود، تا حد امکان برآورده شود [۱]. اما در جهان واقعی، سیستمهای گوناگون مشخصه‌های مختلفی دارند و در نظر گرفتن تمام این مشخصه‌ها و خصوصیات، منجر به ایجاد یک فضای جواب ترکیبی بسیار بزرگ می‌شود. بنابراین مسائل دسته‌بندی به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند که در هر دسته، ساختار کلی سیستمها، مشابه و یکسان است. با این وجود، نمی‌توان روشی را ارائه کرد که برای تمام مسائل هر دسته، به بهترین جواب برسد بلکه باید مسئله خاصی را در نظر گرفت و مطابق با آن پیش رفته، راه حلی برای آن ارائه کرد.

دسته‌ای از این مسائل، مربوط به مراکز تولیدی مانند کارخانه‌ها می‌باشد. هدف از حل این مسائل مشخص کردن برنامه تولیدی کارخانه در یک دوره زمانی مشخص مانند یک ماه با در نظر گرفتن منابع موجود در کارخانه اعم از ماشینها، نیروی انسانی، سرمایه نقدی و مواد اولیه موجود در کارخانه می‌باشد. جهت مدل کردن این مسائل دو دیدگاه متفاوت وجود دارد. دیدگاه کلاسیک که به مسئله زمان بندی ماشین[۱] معروف است و دیدگاه نوین که از اضافه کردن محدودیت منابع به مسئله زمان بندی پروژه[۲] بوجود می‌آید.

در مسئله زمان‌بندی ماشین، ماشینها به عنوان تنها منبع مورد استفاده برای تولید محصولات در نظر گرفته می‌شوند. بر این اساس دسته بندی مسائل بر اساس نوع ماشینها و ترتیب اجرای کارها بر روی ماشینها صورت می‌گیرد. اولین نکته‌ای که در این تقسیم بندی به آن توجه می‌شود، تعداد ماشینها است؛ زمانی که تنها یک ماشین برای اجرای کار وجود داشته

---

[۱] Machine Scheduling
[۲] Project Scheduling

باشد با ساده‌ترین نوع مسئله زمان بندی مواجهیم؛ در صورتی که تعداد ماشینها، بیشتر از یک باشد مسائل از لحاظ تعداد عملگرهای یک کار مورد سنجش قرار گرفته و به دو دسته تک مرحله‌ای و چند مرحله‌ای تقسیم می‌شوند. ماشینهایی که برای اجرای کارهای تک مرحله‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، m ماشین موازی‌اند که نسبت به همدیگر در یکی از سه وضعیت یکسان [۱]، یکنواخت[۲]، و نامربوط[۳] قرار می‌گیرند. در مسائل چند مرحله ای موقعیت ماشینها به گونه ای دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد، بر اساس ترتیب اجرای مراحل کار بر روی m ماشین مسائل به سه دسته flow shop، open shop و job shop تقسیم می‌شوند. امروزه با تعریف مسائل بسته بندی [۴]، تقسیم بندی بالا به دو قسمت ساده و یا مدل بسته بندی تقسیم می‌شود.

پروژه مجموعه‌ای از فعالیت‌ها است که به منظور دست یابی به هدف یا منظور خاصی انجام می‌گیرد. مدیر پروژه برای اجرای پروژه به یک برنامه ریزی احتیاج دارد. روشهای علمی برای برنامه ریزی عبارتند از:

روش گانت[۵]

روش یافتن مسیر بحرانی[۶] (CPM)

روش ارزیابی و باز نگری پروژه[۷] (PERT)

روشهای گرافیکی و باز نگری پروژه [۸] (GERT)

اساس این روشها بر این اصل پایه گذاری شده است که منابع موجود جهت انجام پروژه به صورت نامحدود از زمان شروع پروژه در دسترس هستند. اما این نکته واضح است که در واقعیت در اکثر مواقع با کمبود منابع مواجهیم. بر این اساس مسئله زمان بندی پروژه با محدودیت منابع[۹] شکل می‌گیرد که در زیر به توصیف مختصری از این مسئله می‌پردازیم.

مجموعه‌ای متناهی شامل تعداد مشخصی فعالیت داده شده است. منابع مورد نیاز جهت اجرای هر فعالیتی در دوره زمانی مورد نظر، مشخص است. در اجرای فعالیت‌های پروژه اولویت و ترتیبی وجود دارد که مشخص کننده تقدم اجرای فعالیت‌های پروژه است. در واقع این ترتیب مشخص می‌کند که قبل از فعالیت i مجموعه فعالیت‌های p_i باید اجرا شده باشد. فرض بر این است که برای اجرای یک فعالیت توقف نداشته باشیم. در واقع بین انجام یک فعالیت، فعالیت دیگری را شروع نکنیم؛ همچنین بر خلاف زمان بندی پروژه فرض می‌کنیم که منابع موجود

---

۱ Identical
۲ Uniform
۳ Unrelated
۴ Batching
۵ Gant Chart
۶ Critical Path Method
۷ Project Evaluation & Review Technique
۸ Graphical Evaluation & Review Technique
۹ Resource Constrain Project Scheduling Problem

محدود است. هدف از حل مسئله توصیف شده در بالا یافتن یک زمان بندی مناسب برای انجام پروژه با حداقل مقدار دوره زمانی در نظر گرفته می‌شود.

با یک نگاه واقع بینانه‌تر به مسائل متوجه می‌شویم که اکثر فعالیت‌ها (کارها) در یک محیط واقعی می‌تواند بیشتر از یک روش اجرا داشته باشد. بنابراین در صدد یافتن مدلی هستیم که بتواند روش انجام پروژه را نیز انتخاب کند. روشهای اجرای فعالیت ها انعکاسی از ترکیب گوناگون منابع و همچنین کمیت منابعی است که برای اجرای کار در نظر گرفته می‌شود. افزودن انتخاب روش به مدل مسئله زمان بندی پروژه با محدودیت منابع مدل واقعی‌تری را بوجود می‌آورد که به مسئله چند روشی زمان بندی پروژه با محدودیت منابع [1] معروف است.

کارخانه پلی‌اکریل ایران واقع که در جاده اصفهان- شیراز (مبارکه) واقع است به تولید الیاف اکریلیک می‌پردازد. ناحیه پروسس کارخانه متشکل از دو قسمت «پلیمر و بازیابی» و «تارسازی» است. ساخت قسمت پلیمر از طریق فعل و انفعالات شیمیایی در محیط خاص انجام می‌گیرد و پلیمر ساخته شده پس از طی یک سری مراحل به محلولی تبدیل می‌شود که جهت تولید الیاف بر روی سلولهای پنج دستگاه ماشین تارسازی منتقل می‌شود، در انتهای سلولهای ماشینهای تارسازی صفحات تارنده وجود دارد که بر حسب نوع محصول متغیر است. محصول تولید شده در این قسمت که به فلامینت معروف است در داخل ظروف مخصوص انتقال این مواد ریخته شده و به قسمت کشش برده می‌شود. سه دستگاه کشش موجود در این قسمت الیاف را بر حسب نوع محصول تا ۴,۵ برابر می‌کشند. محصول بدست آمده در این قسمت در ظروف مخصوصی توسط کارگر به قسمت انتهایی برده می‌شود. در این قسمت ابتدا محصولات با طولهای معینی برش می‌خورد و سپس به قسمت خشک کن و در انتها به دستگاه های عدل بندی جهت بسته بندی شدن در عدلهای ۳۰۰ کیلوگرمی منتقل می‌شود.

روند توصیف شده در کارخانه در نگاه اول یک مسئله flow shop را در ذهن تداعی می‌کند؛ مراحل تولید الیاف در یک دنباله ای مشخص از ابتدای کارخانه تا انتها طی می‌شوند. در دیدگاه زمان‌بندی ماشین با حل این مسئله ترتیب اجرای کارها مشخص می‌شود؛ به بیان بهتر زمان انجام هر کاری مشخص می‌شود. ولی با یک نگاه واقع بینانه‌تر به مسئله در می یابیم که این گونه مدلسازی برای مسئله‌ای که در هر مرحله آن تعدادی ماشین موازی یکسان وجود دارد باعث نادیده گرفتن بسیاری از شرایط مسئله می‌شود. با این دید، سعی می‌کنیم مسئله را از دیدگاه زمان بندی چند روشی پروژه با محدودیت منابع مورد بررسی قرار دهیم و انتظار داریم جواب بدست آمده در این مدلسازی علاوه بر مشخص کردن زمان شروع هر کار شیوه اجرای هر کار را نیز مشخص کند؛ در واقع با استفاده از جواب این مدل تعداد ماشینهای مورد استفاده برای پروسس هر فعالیت در هر مر حله مشخص می‌شود.

---

[1] Multi Mode Resource Constrain Project Scheduling Problem

ساختار این پایان نامه در ادامه بدین صورت است که ابتدا توضیحی در مورد زمان بندی ماشین‌ها، زمان بندی پروژه، و زمان بندی پروژه با محدودیت منابع در فصل دوم بیان می‌شود؛ سپس در فصل سوم به توصیف مسئله و چگونگی مدلسازی آن با استفاده از مدل زمان بندی پروژه با محدودیت منابع می‌پردازیم؛ و در انتها به مقایسه جوابهای کارخانه و جواب بدست آمده از حل مدل که توسط نرم افزار تهیه شده از برنامه VB و Lingo ۸ بدست آمده است، می‌پردازیم.

فصل دوم

مروری بر تحقیقات پیشین

این فصل به بررسی مسائل زمان‌بندی از دیدگاه کلاسیک و دیدگاه نوین می‌پردازد. در بخش اول زمان‌بندی کلاسیک همراه با توضیح هر مسئله، به صورت کامل دسته بندی می‌شود و مفهوم زمان‌بندی پروژه که اساس دیدگاه زمان‌بندی نوین است در بخش دوم مورد بررسی قرار می‌گیرد سپس با استفاده از این مفهوم دیدگاه نوین زمان‌بندی به صورت کامل شرح داده می‌شود. دو مدل اساسی زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع[۱]، و زمان‌بندی پروژه چند روشی با محدودیت منابع[۲] در این بخش بیان می‌شود.

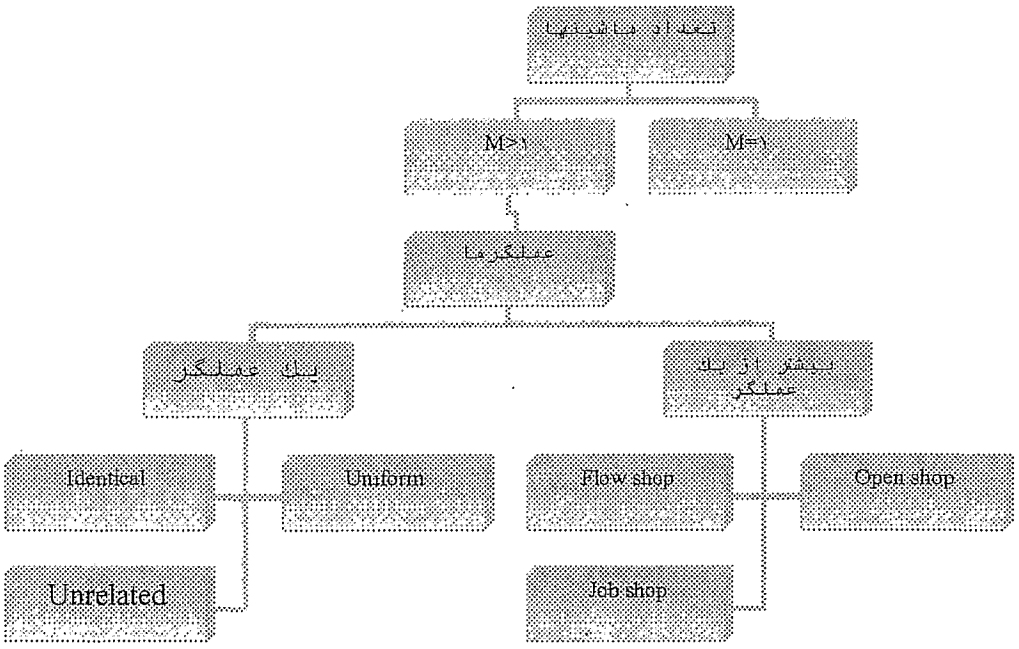
۲- ۱- مسائل زمان‌بندی ماشین

یکی از مهمترین شاخه‌های مسائل تحقیق در عملیات مسئله زمان‌بندی است. در دیدگاه کلاسیک، ماشین‌ها به عنوان تنها منبع اجرای کارها، نقش اساسی در مشخص کردن نوع مسائل به عهده دارند. اولین نکته‌ای که برای تقسیم‌بندی مسائل در نظر گرفته می‌شود تعداد ماشین‌ها است. بر این اساس مسائل به دو دسته مسائلی که تنها یک ماشین برای اجرای کار دارند، و مسائلی که بیشتر از یک ماشین برای اجرای کار دارند تقسیم می‌شوند. اکنون باید تقسیم‌بندی را روی دسته دوم گسترش دهیم. این تقسیم‌بندی را بر اساس تعداد عملگرهای کارها به دو دسته کارهای تک عملگری و کارهایی که بیشتر از یک عملگر دارند تقسیم

[۱] Resource Constrain Project Scheduling Problem
[۲] Multi Mode Resource Constrain Project Scheduling Problem

می‌کنیم. شاخه کارهای تک مرحله‌ای با m ماشین دسته‌بندی، بر اساس نوع ماشین‌ها گسترش می‌یابد. m ماشین مورد استفاده برای اجرای کارهای تک مرحله‌ای نسبت به همدیگر در یکی از سه وضعیت یکسان[۱]، یکنواخت[۲] و نامربوط[۳] قرار می‌گیرند. در m ماشین موازی یکسان، مدت زمان اجرای کار تنها به نوع کار بستگی دارد. در وضعیت یکنواخت مدت زمان اجرای کار به نوع کار و به سرعت ماشین وابسته است و سرانجام در m ماشین موازی نامربوط مدت زمان اجرای کار به نوع کار و به نوع ماشین مورد استفاده برای کار وابسته است [۸]، [۱۲].

در شاخه کارهای چند مرحله‌ای، بر اساس موقعیت اجرای کارها بر روی m ماشین، تقسیم‌بندی دیگری وجود دارد. سه دسته مسائل flow shop ، open shop و job shop محصول این دسته‌بندی می‌باشد. در مسئله flow shop یک کار m عملگر خود را به ترتیب از ماشین شماره یک شروع کرده و در ماشین mام به پایان می‌رساند. در مسئله open shop تعداد عملگرهای کارها برابر با تعداد ماشین‌ها است ولی ترتیب اجرای عملگرها به صورت یک جریان از اولین تا آخرین ماشین نمی‌باشد. اگر با مسئله‌ای روبه‌رو باشیم که هیچ اجباری برای برابری تعداد عملگرهای کارها و تعداد ماشین‌ها نباشد یک مسئله job shop داریم [۵]، [۹]، [۱۰]، [۱۱]. جدول شماره (۱) طرح این تقسیم‌بندی را نشان می‌دهد.



جدول شماره (۱): طرح تقسیم بندی مسائل زمان بندی کلاسیک

[۱] Identical
[۲] Uniform
[۳] Unrelated

۲-۱-۱- Flexible job shop

کاربرد گسترده مسائل زمان‌بندی در دنیای واقعی یکی از عوامل گسترش این نوع مسائل می‌باشد. طرح پایه‌ای تقسیم‌بندی مسائل زمان‌بندی ماشین که در بالا مطرح شد بر این اساس استوار بود که در هر مرحله برای اجرای عملگرها تنها یک ماشین وجود دارد؛ حال آنکه در واقعیت با مسائلی روبه‌رو هستیم که برای اجرای یک عملگر، مجموعه‌ای از ماشین‌ها وجود دارد. این مسئله علت بوجود آمدن مسئله flexible job shop است [۵]. در ادامه با توضیح کامل این مسئله به بررسی مدل این گونه مسائل می‌پردازیم.

فرض کنیم مجموعه‌ای شامل n کار مشخص شده است؛ i اندیس کار، و نماد J_i مشخص کننده کار iام است که شامل k_i عملگر O_{ik} می‌باشد. مجموعه U، شامل m را در نظر می‌گیریم نماد M_j مشخص کننده ماشین jام مجموعه است. مدت زمان اجرای عملگر O_{ik} بر روی ماشین M_j برابر با مقدار P_{ikj} می‌باشد. U_{ik} زیرمجموعه‌ای از ماشین‌های مجموعه U می‌باشد که قابلیت اجرای عملگر O_{ik} را دارند. زمانی که عملگر O_{ik} تکمیل می‌شود با نماد t_{ik}^f نمایش داده می‌شود و نماد w_j بار زمانی[۱] ماشین M_j را نشان می‌دهد.

با توجه به نمادگذاری مطرح شده در بالا مسئله flexible job shop را درصورتی که تنها یک کار داشته باشیم به صورت زیر مدل می‌کنیم [۱۱].

$$\min \quad t_m = \max_{1\le i\le n} \{\max_{1\le k\le k_i} \{t_{ik}^f\}\} \qquad (۲-۱)$$

$$\min \quad w_n = \max_{1\le j\le m} \{w_j\} \qquad (۲-۲)$$

$$\min \quad w_t = \sum_{j=1}^{m} w_j \qquad (۲-۳)$$

subject.to

$$t_{ik}^f + P_{i,k+1,j} \le t_{i,k+1}^f \qquad \forall i,k,j \qquad (۲-۴)$$

$$t_{i,k}^f \ge 0 \qquad \forall i,k \qquad (۲-۵)$$

معادله (۲- ۱) زمان تکمیل آخرین عملگر را حداقل می کند. معادله (۲- ۲) بیشترین بار زمانی را برای تمام ماشین‌ها حداقل می‌کند. معادله (۲- ۳) جمع بارهای زمانی تمام ماشین‌ها را حداقل می‌کند. نامعادلات (۲- ۴) و (۲- ۵) محدودیت‌های اساسی رابطه تقدم بین عملگرها را نمایش می‌دهد. لازم به ذکر است که معادله (۲- ۲) و(۲- ۳) اساس معنی زمان‌بندی flexible job shop در مسائل می‌باشد. در واقع متعادل کردن زمان انجام کارها و همچنین مشخص کردن ماشین‌ها برای اجرای عملگرها با استفاده از این دو رابطه صورت می‌گیرد.

---

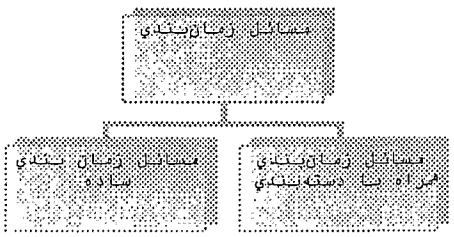
[۱] Workloads (total processing time)

۲-۱-۲- بررسی مفهوم دسته‌بندی در مسائل

مفهوم دسته‌بندی یکی دیگر از مفاهیمی است که در راستای افزایش بازدهی و کارایی مدلهای زمان‌بندی بوجود آمده است. افزودن هزینه شروع به کار در مسائل موقعیت استفاده از این مفهوم را ایجاد می‌کند. در این گونه مسائل کارها به F خانواده تقسیم می‌شوند، n_f مشخص کننده تعداد کارهایی است که در خانواده $f=1,...,F$ وجود دارد. این تقسیم بندی به گونه‌ای صورت گرفته است که هیچ هزینه شروعی بین کارهای داخل یک خانواده وجود ندارد؛ ولی در صورتی که یک کار از خانواده f بلافاصله بعد از اتمام کارهای خانواده g روی ماشین i انجام گیرد هزینه شروع به کار S_{igf} را برای ماشین i در نظر می‌گیریم. و در صورتی که خانواده f اولین فعالیت برای شروع یک دوره باشد نماد S_{iof} مشخص کننده این هزینه است. اگر رابطه $S_{igf}=S_{iof}$ برای تمام خانواده‌های f و g برقرار باشد، هزینه شروع به کار در ماشین i مستقل از دنباله خانواده‌ها[۱] تعریف می‌شود؛ در غیر این صورت مسئله یک مسئله وابسته به دنباله خانواده‌ها[۲] می‌باشد [۱۶].

وجود ماشین‌هایی که قادرند در یک زمان بیشتر از یک محصول را پردازش کنند، موقعیت دیگری برای کاربرد مفهوم دسته‌بندی ایجاد می‌کند. در این گونه مسائل یک دسته عبارت است از کارها که به صورت همزمان بر روی ماشین اجرا می‌شوند. به عنوان مثال کوره اغلب کارخانجات نمونه‌ای از این گونه ماشینها است و یک دسته می‌تواند به عنوان تعداد کارهایی در نظر گرفته شود که همزمان داخل کوره قرار می‌گیرند [۱۳].

افزودن این مفهوم در مسائل زمان‌بندی ماشین، تقسیمات ارائه شده در اول بخش را گسترده‌تر کرده به نحوی که می‌توانیم تمام آن تقسیم‌بندی‌ها را برای مسئله همراه با دسته‌بندی نیز به کار ببریم. با توجه به این توضیحات مسائل زمان‌بندی به دو شاخه اصلی مسائل زمان‌بندی ساده و مسائل زمان‌بندی دسته‌ای تقسیم می‌شوند. که در ادامه هر شاخه تقسیم بندی قبلی وجود دارد.



۲-۲- زمان‌بندی پروژه

[۱] Sequence independent
[۲] Sequence dependent

با معرفی زمان‌بندی کلاسیک در بخش قبل، اکنون نوبت به بررسی زمان‌بندی نوین می‌رسد. دیدگاه نوین زمان‌بندی براساس مفهوم زمان‌بندی پروژه پایه گذاری شده است؛ براین اساس قبل از بررسی این دیدگاه، مفهوم زمان‌بندی پروژه را مورد بررسی قرار می‌دهیم. کتابهای تحقیق در عملیاتی زیادی این مطلب را مورد بررسی قرار داده‌اند. متون مربوط به توضیحات این فصل برگرفته از کتاب دکتر شیر محمدی می‌باشد.

یک پروژه را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

"مجموعه ای از فعالیت‌ها که برای دست‌یابی به هدف یا منظور خاصی انجام می‌گیرد."

به عبارتی پروژه‌ها شامل فعالیت‌هایی هستند که باید در تاریخ‌های معین با هزینه‌های مشخص و کیفیت تعیین شده‌ای اجرا شوند. واضح است که جهت اداره صحیح پروژه‌های بزرگ نیازمند برنامه‌ریزی دقیق هستیم. برای انجام این کار ابزارهایی وجود دارد که اساس نظریه زمان‌بندی پروژه هستند. در این بخش، ابتدا به توصیف این ابزارها می‌پردازیم؛ و سپس در ادامه ساختار شبکه را که بهترین شیوه نمایش یک پروژه است، مورد بررسی قرار می‌دهیم، و به دو نوع شبکه برداری و گره‌ای اشاره می‌کنیم. و در انتها به محاسبات زمانی در شبکه‌های گره‌ای می‌پردازیم.

۲- ۲- ۱- معرفی روشهای برنامه ریزی شبکه

تاریخ تمدن بشر با تولید یا ساختن، یا بوجود آوردن چیزی از چیز دیگر همراه بوده و بی‌شک برای آنچه که می‌بایست ساخته شود، هرچند ساده امور ساخت بصورت نظری در فکر طراح برنامه‌ریزی می‌شد. برای بنای اهرام مصر، یا آثار زیبای تخت جمشید، آگاهانه برنامه‌هایی وجود داشته. برنامه‌ریزی برای انسان پدیده‌ای نو نیست، نوآوری در روشهای اعمال برنامه‌ریزی بوده است. در این بخش تاریخچه روشهای مختلف برنامه‌ریزی را به همراه توضیح مختصری ارائه می‌کنیم.

۲- ۲- ۱- ۱- نمودارهای گانت

اولین ملاحضات علمی برای دست‌یابی به روشهای برنامه‌ریزی در اوایل قرن بیستم توسط هنری گانت[۱]، و فردریک تایلور[۲] به عمل آمده است. در این روش برای برنامه‌یزی از یک نمودار

[۱] Henry L. Gantt (۱۸۶۱-۱۹۱۹)

[۲] Fredrick Winslow Taylor (۱۸۵۶-۱۹۱۵)