

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هشتم، شماره ۲۹، بهار ۱۳۷۹

مدیریت پروژه ساخت یک واحد ذرت خشک‌کنی با به‌کارگیری روشهای پرت و سی‌پی‌ام (PERT & CPM)

دکتر امیرحسین چیدری، حمید امیرنژاد*

چکیده

استان فارس یکی از استانهای تولیدکننده عمده محصولات زراعی در کشور به شمار می‌آید؛ به گونه‌ای که تنها نزدیک به ۴۸ درصد ذرت کشور در این استان تولید می‌شود. از همین رو به نظر می‌رسد که با ساخت و راه‌اندازی یک واحد ذرت خشک‌کنی، با هدف نگهداری و تبدیل محصول ذرت، بتوان کمک شایسته‌ای به اقتصاد استان کرد. از آنجا که ساخت و آماده‌سازی واحدهای بزرگ و متوسط ذرت خشک‌کنی هزینه بسیار بالایی دارد، بنابراین بهتر است در زمینه مدیریت ساخت این گونه واحدها، از شیوه‌های بهینه و یاریگر مدیریت در برنامه‌ریزی، زمانبندی، ارزیابی و هماهنگی، مانند روشهای پرت (PERT) و سی‌پی‌ام (CPM)

* به ترتیب: مدیر گروه اقتصاد کشاورزی و دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

بیش از پیش بهره گرفت. مطالعه‌ای که نوشتار آن را پیش‌رو دارید، چگونگی و روند مدیریت ساخت یک واحد ذرت خشک‌کنی را به روش پرت و سی‌پی‌ام نشان داده و نتایج آن را بررسی می‌کند. اطلاعات موردنیاز مطالعه نیز در سال ۱۳۷۶ با روش مراجعه به محل (استان فارس، شهرستان مرودشت) و از راه تکمیل پرسشنامه و گفتگو گردآوری شده است.

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و گسترش صنعت مرغداری سبب توجه جدی به بازدهی تولید محصول ذرت در واحد سطح شده همچنین نیاز به توسعه کارخانه‌های ذرت خشک‌کنی را در کشور بخصوص در مناطق ذرت‌خیز در پی داشته است. ذرت یک محصول راهبردی در زنجیره محصولات کشاورزی و صنایع غذایی به شمار می‌آید؛ ولی مشکل اصلی این محصول، چربی و رطوبت بالای آن است. واحدهای ذرت خشک‌کنی در واقع مرحله نهایی از مراحل تولید ذرت برشمرده می‌شوند، زیرا اگر زمان را اعمال کنیم ذرت تر نمی‌تواند وجود خارجی داشته باشد، برای این‌که ذرت تر در مدت ۴۸ ساعت به علت داشتن چربی و رطوبت بالا فاسد می‌شود. برای جلوگیری از فاسد شدن ذرت تر، رطوبت آن را از ۲۵ تا ۳۵ درصد باید به ۱۴ درصد رساند که این کار در کارخانه‌های ذرت خشک‌کنی انجام می‌گیرد.

این مطالعه در زمینه مدیریت پروژه ساخت یک واحد ذرت خشک‌کنی با به کارگیری روشهای پرت و سی‌پی‌ام انجام شده است.

منطقه مورد مطالعه، شهرستان مرودشت در استان فارس است، که محصولات عمده آن گندم و ذرت به شمار می‌آیند. در سال ۱۳۷۵، کل تولید ذرت کشور برابر ۸۰۰ هزار تن بوده است که ۳۸۹ هزار تن آن یعنی ۴۸/۵ درصد، به استان فارس مربوط می‌شود، از این مقدار، ۱۶۸ هزار تن یعنی ۴۳ درصد در شهرستان مرودشت تولید شده است. تعداد کل کارخانه‌های ذرت خشک‌کنی فعال در استان فارس در سال ۱۳۷۶، برابر ۳۸ واحد بوده است که ۱۷ واحد آن در منطقه مرودشت قرار دارد. شهرستان مرودشت با سطح زیرکشتی برابر ۱۷ هزار هکتار و تولید

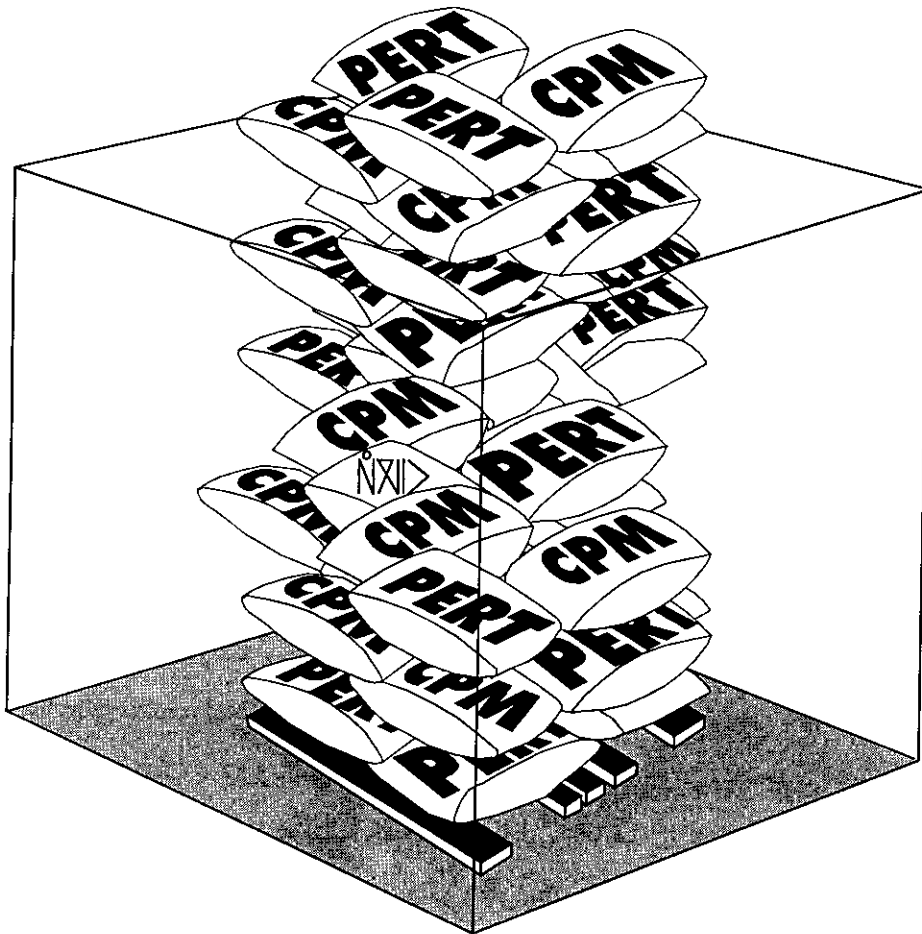
۱۶۸ هزار تن با عملکرد ۹/۸ تن در هکتار، یکی از مهمترین مناطق تولید ذرت تر در کشور به شمار می آید.

نگاهی به روشهای پرت و سی پی ام PERT & CPM

پروژه یادشده در برگیرنده مجموعه فعالیتهای به طور کامل مشخص است که باید به ترتیب خاصی اجرا شود. در این راستا تجزیه و تحلیل، برنامه ریزی و زمان بندی فعالیتهای گوناگون پروژه مهم به شمار می آیند همچنین پروژه های پیچیده همچون سدها، موج شکنهای صیادی و پروژه های تحقیقاتی نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. زمان انجام یک پروژه هفته ها، ماهها و یا حتی سالها طول می کشد. در طی این زمان امکان دارد تغییرات متعددی انجام گیرد که پیشبینی آنها مشکل است و تأثیر زیادی بر هزینه ها، روش کار و منابع مورد استفاده می گذارد. هر چه زمان پروژه طولانی تر باشد با اطمینان کمتری می توان زمان پایان و هزینه های آن را برآورد کرد. تأخیر در زمان انجام پروژه ممکن است بسیار پرهزینه باشد و باعث از دست رفتن فرصتهای دیگر شود و جریمه های (هزینه های) تأخیر امکان دارد به میلیونها تومان در روز برای بعضی از پروژه های بزرگ برسد.

مدیریت درست پروژه های بزرگ مستلزم برنامه ریزی، زمان بندی و هماهنگی دقیق فعالیتهای متعددی است که با یکدیگر در ارتباط اند. تا چندین سال پیش هیچ تکنیک کلی و قابل قبولی برای کمک به مدیریت پروژه وجود نداشت و هر مدیری روش ویژه خود را اجرا می کرد. در اواخر سالهای ۱۹۵۰، به منظور کمک به انجام این وظایف، رویه هایی براساس شبکه ها و فنون مربوط به آن توسعه یافتند. از میان گونه های متنوع این رویه ها و با نامهای گوناگون، دو روش پرت^۱ (فن ارزیابی و مرور برنامه) و سی پی ام^۲ (روش مسیر بحرانی) بیش از همه معروفیت پیدا کردند. این دو روش تفاوت های اساسی چندانی با هم ندارند. در سالهای اخیر، کوششهایی به

1. PERT (Program Evaluation and Review Technique)
2. CPM (Critical Path Method)



منظور توسعه مدلی تلفیق از این دو روش انجام گرفته است. این مدل تلفیق به طور عموم سیستم پرت گونه^۱، خوانده می شود (۱ و ۵).

هر چند کاربرد اولیه روشهای پرت و سی پی ام برای ارزیابی و زمانبندی برنامه های تحقیق و توسعه آ بوده است، ولی برای ارزیابی و کنترل پیشرفت انواع مختلف پروژه های دیگر نیز به کار گرفته می شود. در این زمینه می توان از کاربرد آنها در برنامه های ساختنی، برنامه سازی کامپیوتر، برگزاری مزایده و مناقصه، برنامه ریزی تعمیر و نگهداری و نوسازی صنایع، نصب سیستمهای کامپیوتری و برنامه های فضایی نام برد (۳ و ۴).

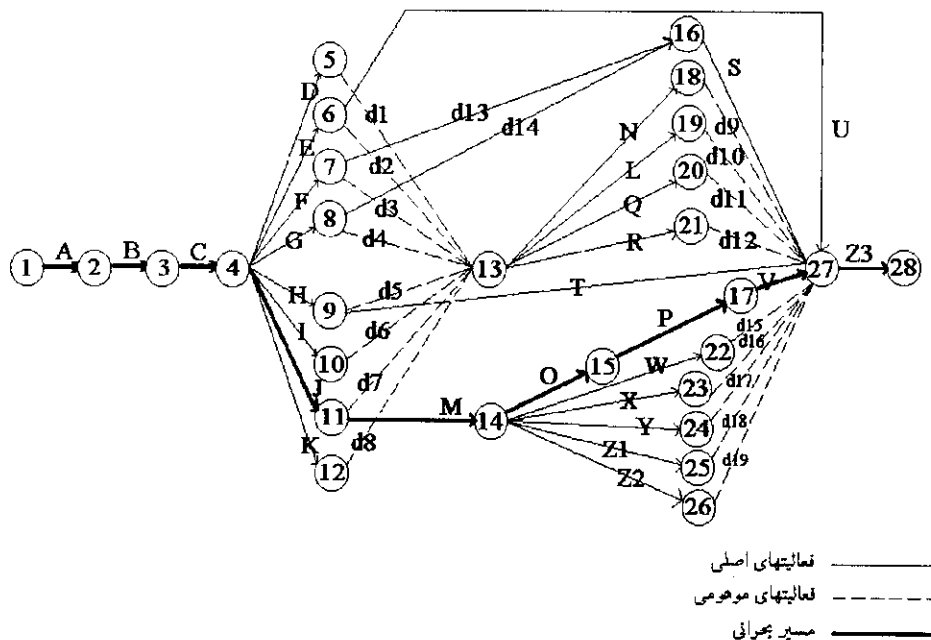
روشهای پرت و سی پی ام به طور عمده برای برنامه ریزی و کنترل طراحی می شوند. از این رو، به طور مستقیم تأکید فراوانی بر بهینه سازی ندارند. گاهی، یکی از هدفهای اصلی آنها، محاسبه احتمال تمام شدن یک پروژه در زمان مقرر است. همچنین با کمک این روشها می توان به مشخص کردن فعالیتهایی پرداخت که به احتمال گلوگاههای اصلی به شمار می آیند آنگاه بیشترین کوشش را بر اجرای آنها متمرکز کرد تا باعث به تأخیر افتادن کل پروژه نشوند. هدف دیگر دو روش یاد شده، بررسی آثار برگرفته از تغییر برنامه است. یک کاربرد مهم دیگر آنها نیز ارزیابی انحراف از زمانبندی است.

شبکه^۳ پروژه ساخت یک واحد ذرت خشک کنی

در تمام سیستمهای پرت و سی پی ام، روابط دو سویه عناصر پروژه، با به کارگیری یک شبکه بیان می شوند. در این شبکه تمامی روابط تقدم و تأخر مربوط به ترتیب انجام وظایف، نشان داده می شود. در یک واحد ذرت خشک کنی، اجزای شبکه مورد نظر (نمودار شماره ۱) بدین قرار است:

1. Pert-Type System
3. Network

2. Research and Development



نمودار شماره ۱. شبکه فعالیتهای ساخت یک واحد ذرت خشک‌کنی

هر شاخه شبکه، شناساگر یک فعالیت^۱ است و هر فعالیت یکی از کارهای لازم برای انجام پروژه را نشان می‌دهد. هر گره معرف یک واقعه^۲ است که به طور معمول زمانی را نشان می‌دهد که تمامی فعالیتهای ختم شده به گره تکمیل شوند. پیکانها^۳ نشان می‌دهند که واقعه‌ها به چه ترتیب باید روی دهند، همچنین پیش از آنکه هر یک از فعالیتهایی که از یک گره شروع می‌شوند بتوانند آغاز شوند، نخست باید خود آن واقعه روی داده باشد. گرهی که تمام فعالیتهای رو به آن دارند (مقصد شبکه) واقعه‌ای است که تکمیل پروژه را براساس برنامه کنونی نشان می‌دهد.

- 1. Activity
- 2. Event
- 3. Arrow Heads

پیکانهایی که با خط چین نشان داده شده‌اند، فعالیتهای موهومی^۱ خوانده می‌شوند؛ اینها تنها بیانگر تقدم و تأخرند و در واقع فعالیتی را مشخص نمی‌کنند. برای نمونه در شبکه مورد نظر فعالیت موهومی وجود دارد که از گره‌های ۷ و ۸ به سوی گره ۱۶ رسم شده است و نشان می‌دهد که پیش از خرید و نصب سیستم توزین، ابتدا باید انبار مواد اولیه و انبار محصول نهایی آماده شده باشند. یک قاعده کلی در رسم شبکه پروژه‌ها این است که دو گره نمی‌توانند به طور مستقیم به وسیله بیش از یک شاخه به یکدیگر مربوط شوند. در شرایطی که دو یا چند فعالیت همزمان با یکدیگر در جریان باشند، می‌توان از فعالیتهای موهومی، برای پرهیز از زیر پا گذاشتن قاعده پیشگفته استفاده کرد.

اهمیت روشهای پرت و سی‌پی‌ام

به کارگیری روشهای پرت و سی‌پی‌ام مدیریت را وادار می‌سازد که برای جزئیات کار نیز برنامه‌ریزی داشته باشد و آنچه را که برای تحقق یافتن بموقع هدفهای پروژه باید انجام گیرد، معین کند. مدیریت ناگزیر است به برنامه‌ریزی بپردازد و نسبت به زمانهای انجام کار و تاریخهای تکمیل آن تعهد داشته باشد. همچنین این ابزارها ارتباط بهتری میان بخشهای مختلف یک سازمان و عرضه‌کنندگان مواد اولیه و خریداران برقرار می‌کند. در یک شبکه، تعداد فعالیتهای بحرانی تنها در برگزیده بخش کوچکی از کل فعالیتهاست؛ معرفی فعالیتهای بحرانی امکان به کارگیری یک سیستم نظارت اثر بخش را فراهم می‌کند که تنها بر روی فعالیتهای بحرانی متمرکز می‌شود.

به طور کلی برنامه‌های پرت و سی‌پی‌ام اطلاعات زیر را برای مدیریت فراهم می‌سازند:

۱. مشخص کردن فعالیتهای بحرانی، غیر بحرانی و مسیر بحرانی
۲. تاریخ یا زمان مورد انتظار برای اتمام پروژه
۳. زمان آغاز و پایان هر یک از فعالیتهای پروژه

1. Dummy

۴. مقدار فرجه هر فعالیت غیر بحرانی
۵. احتمال اتمام پروژه در زمانهای متفاوت
۶. کنترل و برنامه‌ریزی فعالیتهای پروژه

تفاوت و شباهتهای اصلی روشهای پرت و سی‌پی‌ام

همان‌طور که پیداست، این دو روش به هم نزدیک‌اند ولی دو تفاوت اصلی میان آنها وجود دارد که یکی در شیوه تخمین زمان فعالیتهاست؛ همان طوری که در بالا توضیح داده شد در پرت برای به دست آوردن زمان فعالیتها از سه تخمین استفاده می‌شود که براساس توزیع احتمالات، زمانها متفاوت‌اند. بنابراین، پرت یک ابزار احتمالی به شمار می‌آید. در سی‌پی‌ام تنها یک تخمین زمانی وجود دارد، یعنی سی‌پی‌ام یک ابزار قطعی برشمرده می‌شود.

تفاوت دیگر این است که سی‌پی‌ام افزون بر برآورد زمانی، تخمینی روشن را از هزینه‌ها به دست می‌دهد. بنابراین، از پرت به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی و کنترل زمان استفاده می‌شود و سی‌پی‌ام نیز برای کنترل زمان و هزینه پروژه به کار می‌رود. جنبه‌های دیگری از پرت و سی‌پی‌ام این امکان را می‌دهد که افزون بر زمان و هزینه، به کنترل منابع دیگر، ایجاد تعادل در آنها، تحلیل انواع دیگری از برنامه‌های زمان‌بندی شده، پرداخته شود.

توضیح برخی از اصطلاحات در زمینه پرت و سی‌پی‌ام

پیش از بررسی کردن مدیریت پروژه ساخت یک واحد ذرت خشک‌کنی، باید بعضی اصطلاحات در این زمینه توضیح داده شود:

زودترین زمان^۱ مربوط به فعالیت، زمانی است که آن فعالیت می‌تواند رخ دهد به شرطی که تمام فعالیتهای مقدم بر آن در زودترین زمان ممکن آغاز شده باشند. زمان پیشگفته در برگرنده زودترین زمان آغاز^۲ و زودترین زمان پایان^۳ است.

1. Earliest Time

2. Earliest Start

دیرترین زمان^۴ مربوط به فعالیت، زمانی است که آن فعالیت می‌تواند آغاز شود بدون آنکه زمان تکمیل پروژه از زودترین زمان طولانی‌تر شود. این زمان در برگیرنده دیرترین زمان آغاز^۵ و دیرترین زمان پایان^۶ است. تفاوت میان دیرترین و زودترین زمان یک فعالیت را فرجه^۷ آن فعالیت می‌نامند. به این ترتیب، فرجه هر فعالیت نشاندهنده مدتی است که می‌توان آن فعالیت را به تأخیر انداخت بدون آنکه زمان اتمام پروژه به تأخیر افتد به شرطی که دیگر فعالیتها بر پایه برنامه انجام شود.

فعالیت بحرانی^۸ فعالیتی است که منجر به تأخیر افتادن دیگر فعالیتها و در نهایت تأخیر در تکمیل کل پروژه از پیش برنامه‌ریزی شده می‌شود و فرجه آن نیز صفر است. مسیر بحرانی^۹ مسیری را در شبکه نشان می‌دهد، که فرجه تمامی فعالیتهای آن صفر باشد.

خوشبینانه‌ترین زمان^{۱۰}، حداقل زمان مورد نیاز برای انجام هر فعالیت است و زمانی تحقق می‌یابد که تمامی امور بموقع و به طور کامل انجام شود. این زمان برابر با زمان ضربتی نیز است. این مقدار پایینترین حد توزیع احتمال را نشان می‌دهد.

محمتمل‌ترین زمان^{۱۱}، زمان مورد نیاز انجام هر فعالیت در شرایط معمولی است؛ این زمان برابر با زمان معمولی هر فعالیت نیز است. این مقدار حداکثر توزیع احتمال را نشان می‌دهد.

بدبینانه‌ترین زمان^{۱۲}، زمان اجرای هر فعالیت در نامطلوبترین شرایط ممکن است و حد بالای توزیع احتمال را مشخص می‌کند.

باید گفت که توزیع مورد بحث، به تقریب بتا^{۱۳} بوده و در نمودار شماره ۲ نشان داده شده

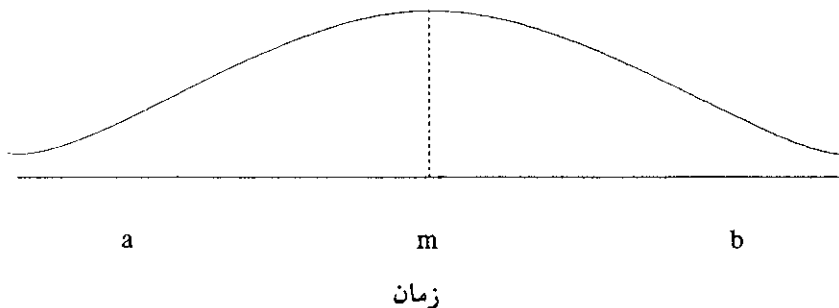
است:

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 3. Earliest Finish | 4. Latest Time |
| 5. Latest Start | 6. Latest Finish |
| 7. Slack | 8. Activity Path |
| 9. Critical Path | 10. Optimistic Time |
| 11. Most Likely Time | 12. Pessimistic Time |
| 13. Beta | |

a: خوشبینانه ترین زمان

m: محتملترین زمان

b: بدبینانه ترین زمان



نمودار شماره ۲

نتایج و حل مسئله

اطلاعات مورد نیاز برای مشخص شدن فعالیتهای ساخت یک واحد ذرت خشک کنی و همچنین تعیین فعالیتهای پیشنیاز و زمانهای معمولی، ضربت و بدبینانه و سرانجام پیشبینی هزینه های معمولی و ضربتی در جدول شماره ۱ آورده شده است.

برای به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز برای مدیریت پروژه که به منظور برنامه ریزی و کنترل پروژه از جمله مشخص کردن فعالیتهای بحرانی، مسیر بحرانی، تاریخ تکمیل پروژه و موارد دیگر انجام می شود و به طور کلی برای حل مسئله مورد نظر، از بسته نرم افزاری QSB⁺ استفاده شده است.

همان طوری که از جدول شماره ۲ و ۳ پیداست، فرجه فعالیتهای موافقت اصولی برابر صفر است همچنین تهیه زمین، تسطیح و محوطه سازی، ساختمان برق، برق، منبع ذخیره سوخت، سیستم گرمایش، خشک کن ذرت ستونی و پروانه بهره برداری نیز برابر صفرند، بدین معنا که این فعالیتها بحرانی به شمار می آیند و باید تمرکز بیشتری روی آنها شود چرا که تأخیر در انجام فعالیتهای یاد شده، زمان تکمیل کل پروژه را به تأخیر می اندازد. مسیری که فعالیتهای پیشگفته در آن قرار دارند، مسیر بحرانی است و مدیر باید توجه ویژه ای به این مسیر داشته باشد.

جدول شماره ۱. اطلاعات مورد نیاز مدیریت پروژه ذرت خشک‌کنی

ردیف	نام فعالیت	IP	هفته (Tn)	هفته (Tc)	هفته (Tp)	هزارریال (Cn)	هزارریال (Cc)
۱	موافقت اصول (A)	-	۸	۲	۱۲	۳۰۰۰	۳۲۰۰۰
۲	تهیه زمین (B)	A	۶	۲	۸	۸۷۵۰	۹۰۰۰
۳	تسطیح و محوطه‌سازی (C)	B	۶	۴	۸	۱۱۲۵۰	۱۴۰۰۰
۴	دیوارکشی (D)	C	۴	۲	۸	۲۴۰۰۰	۲۷۵۰۰
۵	سالن تولید (E)	C	۱۰	۴	۱۵	۸۷۵۰۰	۹۲۰۰۰
۶	انبار مواد اولیه (F)	C	۶	۳	۸	۲۷۵۰۰	۴۰۰۰۰
۷	انبار محصول نهایی (G)	C	۶	۳	۸	۳۷۵۰۰	۴۰۰۰۰
۸	آزمایشگاه (H)	C	۴	۲	۶	۶۰۰	۲۴۰۰
۹	ساختمان اداری (I)	C	۴	۲	۶	۱۸۰۰۰	۲۰۰۰۰
۱۰	ساختمان برق (J)	C	۴	۲	۶	۱۴۴۰۰	۱۷۰۰۰
۱۱	ساختمان نگهداری (K)	C	۴	۲	۶	۲۷۰۰۰	۳۰۰۰۰
۱۲	پروانه ساخت (L)	K & D	۸	۶	۱۲	۷۰۰۰	۹۰۰۰
۱۳	برق (M)	J	۲۰	۱۶	۲۸	۳۹۷۰۰	۴۳۰۰۰
۱۴	آب (N)	K & D	۶	۳	۱۰	۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰
۱۵	منبع ذخیره سوخت (O)	M	۴	۲	۶	۳۰۰۰	۳۳۰۰
۱۶	سیستم گرمایش (P)	O	۴	۲	۵	۱۸۰۰	۲۰۰۰
۱۷	سیستم اطفای حریق (Q)	K & D	۱	۱	۲	۲۰۰	۲۰۰
۱۸	سیستم ارتباطی (R)	K & D	۲	۲	۲	۱۵۰۰	۱۵۰۰
۱۹	سیستم توزین (S)	K & D	۱	۱	۲	۵۰۰۰	۵۰۰۰
۲۰	لوازم آزمایشگاهی (T)	H	۱	۱	۲	۳۰۰۰	۳۰۰۰
۲۱	سیستم تهویه (U)	E	۱	۱	۲	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۲۲	خشک‌کن ذرت سنتونی (V)	P	۱۰	۸	۱۵	۸۰۰۰۰	۸۳۰۰۰
۲۳	بوجاری ذرت (W)	M	۴	۲	۷	۱۵۰۰۰	۱۶۵۰۰
۲۴	بالابر (X)	M	۸	۴	۱۲	۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰
۲۵	تسمه نقاله (Y)	M	۸	۴	۱۲	۵۰۰۰	۶۵۰۰
۲۶	مخزن دیوی ذرت (ZI)	M	۸	۴	۱۲	۵۰۰۰	۶۵۰۰
۲۷	دستگاه بالابریز (Z2)	M	۸	۴	۱۲	۲۵۰۰	۳۷۰۰
۲۸	پروانه بهره‌برداری (Z3)	همه	۲۴	۱۶	۳۶	۷۵۰۰	۹۰۰۰

مأخذ: داده‌های تحقیق

IP = فعالیت پیشیناز (Immediate Predecessor) Tn = زمان معمولی (Normal Time)
 Tc = زمان ضربتی (Crash Time) Tp = بدبینانه‌ترین زمان (Pessimistic Time)
 Cn = هزینه معمولی (Normal Cost) Cc = هزینه ضربتی (Crash Cost)

جدول شماره ۲. نتایج آنالیز پرت (PERT)

ردیف	نام فعالیت	زمان مورد انتظار	VAR	ES	LS	EF	LF	فرجه (SLACK)
۱	A	۸	۱/۷	۰	۰	۸	۸	(CRITICAL) بحرانی*
۲	B	۵/۶	۱	۸	۸	۱۳/۶	۱۳/۶	(CRITICAL) بحرانی*
۳	C	۶	۰/۴	۱۳/۶	۱۳/۶	۱۹/۶	۱۹/۶	(CRITICAL) بحرانی*
۴	D	۴/۳	۱	۱۹/۶	۵۰	۲۴	۵۴	۳۰
۵	E	۹/۸	۳/۳	۱۹/۶	۴۴/۵	۲۹/۵	۵۴/۳	۲۴/۸
۶	F	۵/۸	۰/۶	۱۹/۶	۴۸/۵	۲۵/۵	۵۴/۳	۲۸/۸
۷	G	۵/۸	۰/۶	۱۹/۶	۴۸/۵	۲۵/۵	۵۴/۳	۲۸/۸
۸	H	۴	۰/۴	۱۹/۶	۵۰/۳	۲۳/۶	۵۴/۳	۳۰/۶
۹	I	۴	۰/۴	۱۹/۶	۵۰/۳	۲۳/۶	۵۴/۳	۳۰/۶
۱۰	J	۴	۰/۴	۱۹/۶	۱۹/۶	۲۳/۶	۲۳/۶	(CRITICAL) بحرانی*
۱۱	K	۴	۰/۴	۱۹/۶	۵۰/۳	۲۳/۶	۵۴/۳	۳۰/۶
۱۲	L	۸/۳	۱	۲۹/۵	۵۴/۳	۳۷/۸	۶۲/۳	۲۴/۸
۱۳	M	۲۰/۶	۴	۲۳/۶	۲۳/۶	۴۴/۳	۴۴/۳	(CRITICAL) بحرانی*
۱۴	N	۶/۱	۱/۳	۲۹/۵	۵۶/۵	۳۵/۶	۶۲/۶	۲۷
۱۵	O	۴	۰/۴	۴۴/۳	۴۴/۳	۴۸/۳	۴۸/۳	(CRITICAL) بحرانی*
۱۶	P	۳/۸	۰/۰۲	۴۸/۳	۴۸/۳	۵۲/۱	۵۲/۱	(CRITICAL) بحرانی*
۱۷	Q	۱/۱	۰/۰۲	۲۹/۵	۶۱/۵	۳۰/۶	۶۲/۶	۳۲
۱۸	R	۲/۱	۰/۰۲	۲۹/۵	۶۰/۵	۳۱/۶	۶۲/۶	۳۱
۱۹	S	۱/۱	۰/۰۲	۲۵/۵	۶۱/۵	۲۶/۶	۶۲/۶	۳۶
۲۰	T	۱/۱	۰/۰۲	۲۳/۵	۶۱/۵	۲۴/۸	۶۲/۶	۳۷/۸
۲۱	U	۱/۱	۰/۰۲	۲۹/۵	۶۱/۵	۳۰/۶	۶۲/۶	۳۲
۲۲	V	۱۰/۵	۱/۳	۵۲/۱	۵۲/۱	۵۲/۱	۶۲/۶	(CRITICAL) بحرانی*
۲۳	W	۴/۱	۰/۶	۴۴/۳	۵۸/۵	۴۸/۵	۶۲/۶	۱۴/۱
۲۴	X	۸	۱/۷	۴۴/۳	۵۴/۶	۵۲/۳	۶۲/۶	۱۰/۳
۲۵	Y	۸	۱/۷	۴۴/۳	۵۴/۶	۵۲/۳	۶۲/۶	۱۰/۳
۲۶	Z1	۸	۱/۷	۴۴/۳	۵۴/۶	۵۲/۳	۶۲/۶	۱۰/۳
۲۷	Z2	۸	۱/۷	۴۴/۳	۵۴/۶	۵۲/۳	۶۲/۶	۱۰/۳
۲۸	Z3	۲۴/۶	۱۱/۱	۶۲/۶	۶۲/۶	۸۷/۳	۸۷/۳	(CRITICAL) بحرانی*

* مسیر بحرانی پروژه: A - B - C - J - M - O - P - V - Z3

مأخذ: یافته‌های تحقیق

زمان مورد انتظار برای اتمام پروژه: ۸۷/۳ هفته

VAR - واریانس هر فعالیت

ES - زودترین زمان آغاز (Earliest Start)

LS - دیرترین زمان آغاز (Latest Start)

EF - زودترین زمان پایان (Earliest Finish)

LF - دیرترین زمان پایان (Latest Finish)

جدول شماره ۳. نتایج آنالیز سی پی ام (CPM)

ردیف	نام فعالیت	زمان مورد انتظار	ES	LS	EF	LF	فرجه (SLACK)
۱	A	۸	۰	۰	۸	۸	(CRITICAL)*
۲	B	۶	۸	۸	۱۴	۱۴	(CRITICAL)*
۳	C	۶	۱۴	۱۴	۲۰	۲۰	(CRITICAL)*
۴	D	۴	۲۰	۵۰	۲۴	۵۴	۲۰
۵	E	۱۰	۲۰	۴۴	۳۰	۵۴	۲۴
۶	F	۶	۲۰	۴۸	۲۶	۵۴	۲۸
۷	G	۶	۲۰	۴۸	۲۶	۵۴	۲۸
۸	H	۴	۲۰	۵۰	۲۴	۵۴	۲۰
۹	I	۴	۲۰	۵۰	۲۴	۵۴	۲۰
۱۰	J	۴	۲۰	۲۰	۲۴	۲۴	(CRITICAL)*
۱۱	K	۴	۲۰	۵۰	۲۴	۵۴	۲۰
۱۲	L	۸	۳۰	۵۴	۳۸	۶۲	۲۴
۱۳	M	۲۰	۲۴	۲۴	۲۴	۴۴	(CRITICAL)*
۱۴	N	۶	۳۰	۵۶	۳۶	۶۲	۲۶
۱۵	O	۴	۴۴	۴۴	۴۸	۴۸	(CRITICAL)*
۱۶	P	۴	۴۸	۴۸	۵۲	۵۲	(CRITICAL)*
۱۷	Q	۱	۳۰	۶۱	۳۱	۶۲	۳۱
۱۸	R	۲	۳۰	۶۰	۳۲	۶۲	۳۰
۱۹	S	۱	۲۶	۶۱	۲۷	۶۲	۲۰
۲۰	T	۱	۲۴	۶۱	۲۵	۶۲	۳۷
۲۱	U	۱	۳۰	۶۱	۳۱	۶۲	۳۱
۲۲	V	۱۰	۵۲	۵۲	۶۲	۶۲	(CRITICAL)*
۲۳	W	۴	۴۴	۵۸	۴۸	۶۲	۱۴
۲۴	X	۸	۴۴	۵۴	۵۲	۶۲	۱۰
۲۵	Y	۸	۴۴	۵۴	۵۲	۶۲	۱۰
۲۶	Z1	۸	۴۴	۵۴	۵۲	۶۲	۱۰
۲۷	Z2	۸	۴۴	۵۴	۵۲	۶۲	۱۰
۲۸	Z3	۲۴	۶۲	۶۲	۸۶	۸۶	(CRITICAL)*

مأخذ: یافته‌های تحقیق

* مسیر بحرانی پروژه: A - B - C - J - M - O - P - V - Z3

زمان مورد انتظار برای اتمام پروژه: ۸۶ هفته

هزینه کل برای اتمام پروژه: ۴۷۲۲۶۰ هزار ریال

هیچنین زمانهای به دست آمده در دوروش پرت و سی پی ام متفاوت اند؛ برای نمونه زمان مورد انتظار برای انجام پروژه در پرت ۳/۸۷ هفته و در سی پی ام ۸۶ هفته را در بر می گیرد. اختلاف موجود به این دلیل است که در سی پی ام فرض می شود، زمان فعالیتها قطعی (غیراحتمالی) است بدین معنا که می توان آنها را با تقریب بسیار خوبی به طور قطعی پیشبینی کرد، ولی فرض یاد شده به طور کامل پذیرفتنی نیست. به طور معمول به علت وجود عوامل مختلف، نمی توان این مدت زمان را قطعی برشرد، بلکه در واقع یک متغیر تصادفی است که تابع توزیع احتمالی دارد. با توجه به این امر، برای تخمین زمان انجام فعالیت در پرت از رویکرد سه زمانی پرت (تخمین خوشبینانه ترین، محتملترین و بدبینانه ترین زمان) استفاده می شود، تا از این راه، اطلاعات اساسی در مورد توزیع احتمالی آن به دست آید.

یکی از برنامه ها در مدیریت پروژه، به دست آوردن احتمال تکمیل پروژه در زمانهای غیر از زمان مورد انتظار اتمام پروژه است که برای تجزیه و تحلیل آن از بخش Carsh Analysis نرم افزار QSB⁺ استفاده می شود. در جدول آنالیز پرت، زمان تکمیل پروژه برابر ۳/۸۷ هفته است ولی احتمال تکمیل پروژه در ۷۵ و ۸۰ هفته به ترتیب برابر ۴/۵ و ۳/۵ درصد است.

هیچنین یکی دیگر از برنامه ها در مدیریت پروژه، برنامه ها تغییر در زمان تکمیل پروژه است بدین معنا که اگر مدیر بخواهد زمان تکمیل پروژه را کمتر کند باید چه تغییراتی را در برنامه ریزی خود پدید آورد. در جدول آنالیز سی پی ام، زمان تکمیل پروژه ۸۶ هفته است؛ حال اگر مدیر پروژه بخواهد در ۷۵ هفته پروژه را تکمیل کند در نتیجه زمان و هزینه بعضی از فعالیتها تغییر می کند که این موضوع در جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

جدول شماره ۴. تغییرات زمان و هزینه فعالیتها برای تکمیل پروژه در ۷۵ هفته

نام فعالیت	زمان مورد انتظار پیشین (هفته)	زمان مورد انتظار جدید (هفته)	کاهش زمان (هفته)	افزایش هزینه (هزارریال)
موافقت اصولی	۸	۴	۴	۲۰۰
تهیه زمین	۶	۲	۴	۲۵۰
منبع ذخیره سوخت	۴	۳	۱	۱۵۰
سیستم گرمایش	۴	۲	۲	۲۰۰

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول شماره ۵. محاسبه مقدار زمان کاهش (هفته) و هزینه یک واحد کاهش زمان

(۱۰۰۰ ریال) برای هر یک از فعالیتها

ردیف	نام فعالیت	Mi (Week)	Ki(1000R)
۱	موافقت اصولی	۴	۵۰
۲	تهیه زمین	۴	۶۲/۵
۳	تسطیح و محوطه سازی	۲	۱۳۷۵
۴	دیوارکشی	۲	۱۷۵۰
۵	سالن تولید	۶	۷۵۰
۶	انبار مواد اولیه	۳	۸۳۳/۳
۷	انبار محصول نهایی	۳	۸۳۳/۳
۸	آزمایشگاه	۲	۱۲۰
۹	ساختمان اداری	۲	۱۰۰۰
۱۰	ساختمان برق	۲	۱۳۰۰
۱۱	ساختمان نگهداری	۲	۱۵۰۰
۱۲	پروانه ساخت	۲	۱۰۰۰
۱۳	برق	۴	۸۲۵
۱۴	آب	۳	۶۶۶/۶
۱۵	منبع ذخیره سوخت	۲	۱۵۰
۱۶	سیستم گرمایش	۲	۱۰۰
۱۷	سیستم اطفای حریق	۰	۰
۱۸	سیستم ارتباطی	۰	۰
۱۹	سیستم توزین	۰	۰
۲۰	لوازم آزمایشگاهی	۰	۰
۲۱	سیستم تهویه	۰	۰
۲۲	خشک کن ذرت ستونی	۲	۱۵۰۰
۲۳	بوچاری ذرت	۲	۷۵۰
۲۴	بالابر	۴	۵۰۰
۲۵	تسمه نقاله	۴	۳۷۵
۲۶	مخزن دپوی ذرت	۴	۳۷۵
۲۷	دستگاه بالاریز	۴	۵۰
۲۸	پروانه بهره برداری	۸	۱۸۷/۵

مأخذ: یافته های تحقیق

Mi = مقدار زمان کاهش هر یک از فعالیتها

Ki = هزینه یک واحد کاهش هر یک از فعالیتها

همان طور که از جدول شماره ۴ پیداست، برای انجام پروژه در ۷۵ هفته یعنی ۱۱ هفته کمتر از زمان تکمیل معمولی پروژه، از میان ۲۸ فعالیت پروژه، زمان انجام فعالیت‌های موافقت اصولی، تهیه زمین، منبع ذخیره سوخت و سیستم گرمایش به ترتیب برابر ۴، ۴، ۱، ۲ هفته کاهش می‌یابد و در اثر این کاهش زمان، ۸۰۰ هزار ریال افزایش هزینه به دست می‌آید که هزینه کل پروژه به ۴۷۳۰۶۰ هزار ریال می‌رسد.

به طور کلی هر یک از فعالیتها را می‌توان در حد فاصل دو زمان معمولی و ضربتی انجام داد. کاهش زمان انجام هر یک از فعالیتها، افزایش هزینه را در بردارد بدین معنا که اگر بخواهیم یک فعالیت را زودتر از زمان معمولی به پایان برسانیم به ازای هر واحد کاهش زمان، مقداری به هزینه معمولی افزوده می‌شود (جدول شماره ۵). برای محاسبه هزینه یک واحد کاهش زمان، فرمولهای زیر به کار می‌روند:

$$K_i = \frac{C_{ci} - C_{ni}}{M_i}, \quad M_i = T_{ni} - T_{ci}$$

K_i : هزینه یک واحد کاهش زمان برای هر یک از فعالیتها

C_{ci} : هزینه ضربتی هر یک از فعالیتها

C_{ni} : هزینه معمولی هر یک از فعالیتها

M_i : مقدار زمان کاهش هر یک از فعالیتها

T_{ni} : زمان معمولی هر یک از فعالیتها

T_{ci} : زمان ضربتی هر یک از فعالیتها

نتیجه‌گیری

روشهای پرت و سی‌پی‌ام در مدیریت پروژه‌ها، در راستای برنامه‌ریزی، برقراری و تفهیم مسئولیتهای مدیریتی و مشخص کردن زمان واقع‌بینانه اتمام پروژه، ارزشمند برشمرده می‌شوند. این دو روش به عنوان ابزاری هشداردهنده به شمار می‌آیند که به منظور اقدامات پیشگیرانه و جلوگیری از مشکلات احتمالی آینده انجام می‌گیرند. اگرچه این روشها گشاینده تمامی مشکلات نیستند و در دنیای واقعی به امکانات و محدودیتهای آنها توجه بسنده نمی‌شود ولی در همین حال در مواردی متعدد، به مدیریت پروژه‌ها کمکهای باارزشی کرده‌اند. با توجه به تعیین مسیرهای بحرانی به کمک روشهای پرت و سی‌پی‌ام، همچنین مشخص شد که برای کاهش

زمان انجام فعالیت‌های مختلف، باید چه مقدار هزینه اضافی پرداخت کرد که بیشترین مقدار هزینه اضافی هر واحد کاهش زمان (هفته)، مربوط به تسطیح و محوطه‌سازی و سپس انبار مواد اولیه و انبار محصول نهایی می‌شود.

یادآوری می‌شود با به کارگیری دو روش پرت (PERT) و سی‌پی‌ام (CPM)، فعالیت‌های

بحرانی پروژه عبارت است از: A,B,C,J,M,O,P,V,Z₃

منابع

۱. فردریک س. هیلبرو ج. لیبرمن. تحقیق در عملیات، جلد دوم، ترجمه محمد مدرس و اردوان آصف وزیری ۱۳۷۰.
۲. حاج شیرمحمدی، علی. مدیریت و کنترل پروژه، کاربرد روش‌های پرت و سی‌پی‌ام، گرت و پی‌ان. ۱۳۷۵.
۳. سالمی فیه، کیوان. راهنمای کنترل پروژه. چاپ اول. نشر ارس رایانه. ۱۳۷۷.
۴. لترنسی. جی. برنامه‌ریزی و مدیریت. ترجمه جمشید جهرمی. چاپ سوم ۱۳۷۱.
۵. برومند، زهرا و بهروز لاری سمنانی. تحقیق در عملیات. انتشارات هور. ۱۳۷۷.
۶. سازمان برنامه و بودجه. آمارنامه استان فارس. ۱۳۷۷.
7. Srinath L.S. 1989, PERT and CPM, Principles and Application. Third Edition. Affiliated East-West Press.