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 چیذری، 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 ذرت‌خشک‌کنی 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

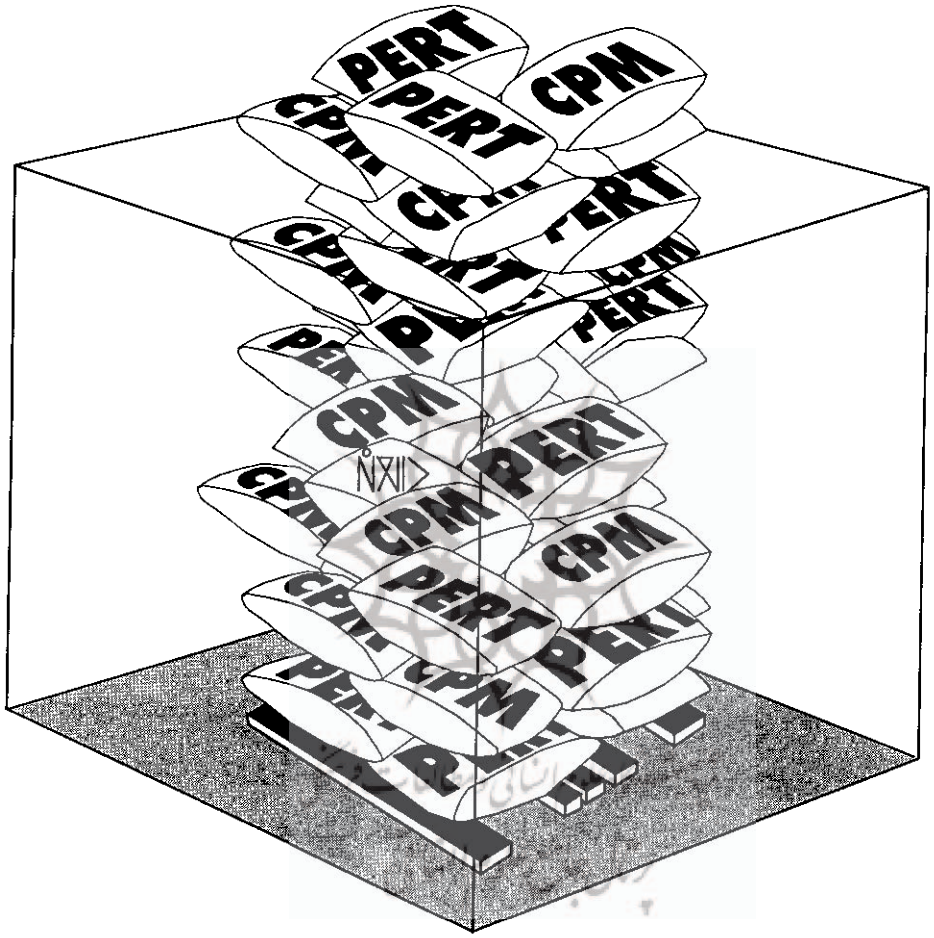
۱۶۸ هزار تن با عملکرد ۹/۸ تن در هکتار، یکی از مهمترین مناطق تولید ذرت تر در کشور به شمار می‌آید.

نگاهی به روشهای پرت و سی‌پی‌ام 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، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی فعالیتهای گوناگون پروژه مهم به شمار می‌آیند همچنین پروژه‌های پیچیده همچون سدها، موج‌شکنهای صیادی و پروژه‌های تحقیقاتی نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. زمان انجام یک پروژه هفته‌ها، ماهها و یا حتی سالها طول می‌کشد. در طی این زمان امکان دارد تغییرات متعددی انجام گیرد که پیشبینی آنها مشکل است و تأثیر زیادی بر هزینه‌ها، روش کار و منابع مورد استفاده می‌گذارد. هر چه زمان پروژه طولانی‌تر باشد با اطمینان کمتری می‌توان زمان پایان و هزینه‌های آن را براورد کرد. تأخیر در زمان انجام پروژه ممکن است بسیار پرهزینه باشد و باعث از دست رفتن فرصتهای دیگر شود و جریمه‌های (هزینه‌های) تأخیر امکان دارد به میلیونها تومان در روز برای بعضی از پروژه‌های بزرگ برسد.

مدیریت درست پروژه‌های بزرگ مستلزم برنامه‌ریزی، زمان‌بندی و هماهنگی دقیق فعالیتهای متعددی است که با یکدیگر در ارتباط‌اند. 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 می‌کرد. در اواخر سالهای ۱۹۵۰، به منظور کمک به انجام این وظایف، رویه‌هایی براساس شبکه‌ها و فنون مربوط به آن توسعه یافتند. از میان گونه‌های متنوع این رویه‌ها و با نامهای گوناگون، دو روش پرت[1] (فن ارزیابی و مرور برنامه) و سی‌پی‌ام[2] (روش مسیر بحرانی) بیش از همه معروفیت پیدا کردند. این دو روش تفاوتهای اساسی چندانی با هم ندارند. در سالهای اخیر، کوششهایی به

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


PERT
CPM
PERT
CPM
PERT
CPM
PERT
CPM
PERT
CPM
PERT
CPM
PERT
CPM
PERT

منظور توسعه مدلی تلفیق از این دو روش انجام گرفته است. این مدل تلفیق به طور عموم سیستم پرت‌گونه[1]، خوانده می‌شود(۱ و ۵).

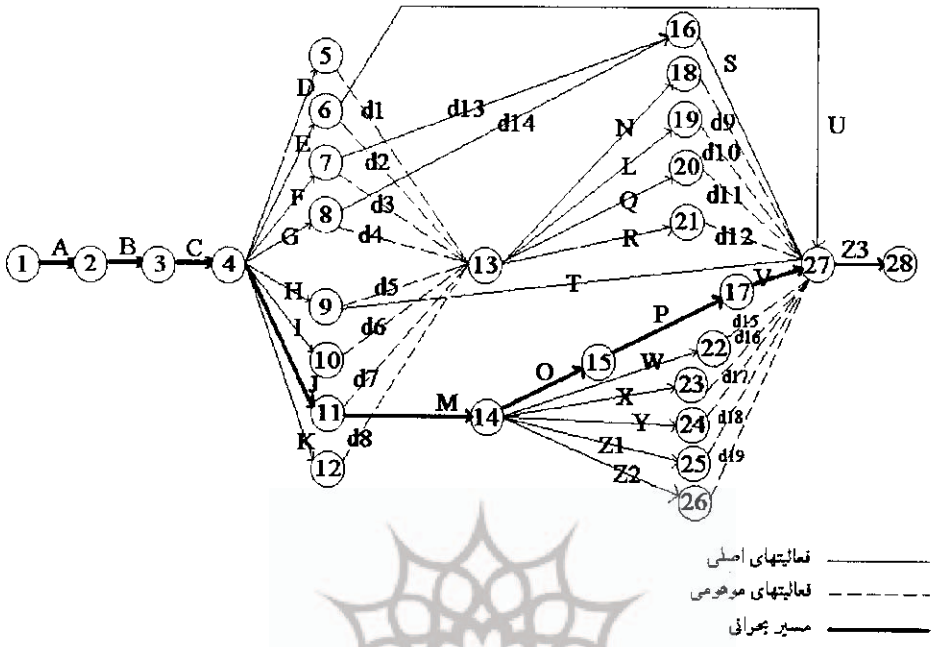
هر چند کاربرد اولیه روشهای پرت و سی‌پی‌ام برای ارزیابی و زمانبندی برنامه‌های تحقیق و توسعه[2] بوده است، ولی برای ارزیابی و کنترل پیشرفت انواع مختلف پروژه‌های دیگر نیز به کار گرفته می‌شود. در این زمینه می‌توان از کاربرد آنها در برنامه‌های ساختمانی، برنامه‌سازی کامپیوتر، برگزاری مزایده و مناقصه، برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری و نوسازی صنایع، نصب سیستمهای کامپیوتری و برنامه‌های فضایی نام برد(۳ و ۴).

روشهای پرت و سی‌پی‌ام به طور عمده برای برنامه‌ریزی و کنترل طراحی می‌شوند. از این رو، به طور مستقیم تأکید فراوانی بر بهینه‌سازی ندارند. گاهی، یکی از هدفهای اصلی آنها، محاسبه احتمال تمام شدن یک پروژه در زمان مقرر است. همچنین با کمک این روشها می‌توان به مشخص کردن فعالیتهایی پرداخت که به احتمال گلوگاههای اصلی به شمار می‌آیند 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[3] پروژه ساخت یک واحد ذرت خشک‌کنی

در تمام سیستمهای پرت و سی‌پی‌ام، روابط دو سویه عناصر پروژه، با به کارگیری یک شبکه بیان می‌شوند. در این شبکه تمامی روابط تقدم و تأخر مربوط به ترتیب انجام وظایف، نشان داده می‌شود. در یک واحد ذرت خشک‌کنی، اجزای شبکه مورد نظر (نمودار شماره ۱) بدین قرار است:

1. Pert-Type System
2. Research and Development
3. Network



نمودار شماره ۱. شبکه فعالیتهای ساخت یک واحد ذرت خشک‌کنی

هر شاخه شبکه، شناساگر یک فعالیت[1] است و هر فعالیت یکی از کارهای لازم برای انجام پروژه را نشان می‌دهد. هر گره معرف یک واقعه[2] است که به طور معمول زمانی را نشان می‌دهد که تمامی فعالیتهای ختم شده به گره تکمیل شوند. پیکانها[3] 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 فعالیتها 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[1] خوانده می‌شوند؛ اینها تنها بیانگر تقدم و تأخرند و در واقع فعالیتی را مشخص نمی‌کنند. برای نمونه در شبکه موردنظر 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 برگیرنده 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 براورد 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[1] 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 برگیرنده زودترین زمان آغاز[2] و زودترین زمان پایان[3] است.

1. Earliest Time
2. Earliest Start

دیرترین زمان[4] 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[5] و دیرترین زمان پایان[6] است. تفاوت میان دیرترین و زودترین زمان یک فعالیت را فرجه[7] 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[8] 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[9]، مسیری را در شبکه نشان می‌دهد، که فرجه تمامی فعالیتهای آن صفر باشد.

خوشبینانه‌ترین زمان[10]، 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.

محتمل‌ترین زمان[11]، 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.

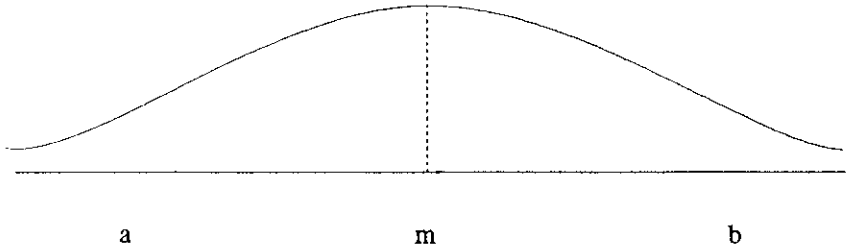
بدبینانه‌ترین زمان[12]، زمان اجرای هر فعالیت در نامطلوبترین شرایط ممکن است و حد بالای توزیع احتمال را مشخص می‌کند.

باید گفت که توزیع مورد بحث، به تقریب بتا[13] بوده و در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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: خوشبینانه‌ترین زمان
m: محتملترین زمان
b: بدبینانه‌ترین زمان



نمودار شماره ۲

نتایج و حل مسئله

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

برای به دست آوردن اطلاعات موردنیاز برای مدیریت پروژه که به منظور برنامه‌ریزی و کنترل پروژه از جمله مشخص کردن فعالیتهای بحرانی، مسیر بحرانی، تاریخ تکمیل پروژه و موارد دیگر انجام می‌شود 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 محوطه‌سازی، ساختمان برق، برق، منبع ذخیره سوخت، سیستم گرمایش، خشک‌کن ذرت ستونی و پروانه بهره‌برداری نیز برابر صفرند، بدین معنا که این فعالیتها بحرانی به شمار می‌آیند و باید تمرکز بیشتری روی آنها شود چرا که تأخیر در انجام فعالیتهای یاد شده، زمان تکمیل کل پروژه را به تأخیر می‌اندازد. مسیری که فعالیتهای پیشگفته در آن قرار دارند، مسیر بحرانی است و مدیر باید توجه ویژه‌ای 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 اصولی (A)	-	۸	۴	۱۲	۳۰۰۰	۳۲۰۰
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	۶۰	۲۴۰۰
۹	ساختمان اداری(I)	C	۴	۲	۶	۱۸۰۰۰	۲۰۰۰۰
۱۰	ساختمان برق(J)	C	۴	۲	۶	۱۴۴۰۰	۱۷۰۰۰
۱۱	ساختمان نگهبانی(K)	C	۴	۲	۶	۲۷۰۰۰	۳۰۰۰۰
۱۲	پروانه ساخت(L)	K تا D	۸	۶	۱۲	۷۰۰۰	۹۰۰۰
۱۳	برق(M)	J	۲۰	۱۶	۲۸	۳۹۷۰۰	۴۳۰۰۰
۱۴	آب(N)	K تا 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 تا D	۱	۱	۲	۲۰۰	۲۰۰
۱۸	سیستم ارتباطی(R)	K تا D	۲	۲	۳	۱۵۰۰	۱۵۰۰
۱۹	سیستم توزین(S)	K تا 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 ستونی(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 دپوی ذرت (Z1)	M	۸	۴	۱۲	۵۰۰۰	۶۵۰۰
۲۷	دستگاه بالاریز(Z2)	M	۸	۴	۱۲	۲۵۰۰	۳۷۰۰
۲۸	پروانه بهره‌برداری(Z3)	همه	۲۴	۱۶	۳۶	۷۵۰۰	۹۰۰۰

مأخذ: داده‌های تحقیق

IP = فعالیت پیشنیاز (Immediate Predecessor)

Tc = زمان ضربتی(Crash Time)

Cn = هزینه معمولی(Normal Cost)

Tn = زمان معمولی (Normal Time)

Tp = بدبینانه‌ترین زمان(Pessimistic Time)

Cc = هزینه ضربتی(Crash Cost)

جدول شماره ۲. نتایج آنالیزپرت (PERT)

ردیف	نام‌فعالیت	زمان‌موردانتظار	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	۰/۰۳	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	۶۲/۶	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

مأخذ: یافته‌های تحقیق

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

زمان مورد انتظار برای اتمام پروژه: ۸۷/۳ هفته

VAR = واریانس هر فعالیت

LS = دیرترین زمان آغاز (Latest Start)

LF = دیرترین زمان پایان (Latest Finish)

ES = زودترین زمان آغاز (Earliest Start)

EF = زودترین زمان پایان (Earliest Finish)

جدول شماره ۳. نتایج آنالیز سی‌پی‌ام (CPM)

ردیف	نام‌فعالیت	زمان‌مورد‌انتظار	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	۳۰
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	۳۰
۹	I	۴	۲۰	۵۰	۲۴	۵۴	۳۰
۱۰	J	۴	۲۰	۲۰	۲۴	۲۴	(CRITICAL)*
۱۱	K	۴	۲۰	۵۰	۲۴	۵۴	۳۰
۱۲	L	۸	۳۰	۵۴	۳۸	۶۲	۲۴
۱۳	M	۲۰	۲۴	۲۴	۴۴	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	۳۰
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

همچنین زمانهای به دست آمده در دو روش پرت و سی‌پی‌ام متفاوت‌اند؛ برای نمونه زمان مورد انتظار برای انجام پروژه در پرت ۸۷/۳ هفته و در سی‌پی‌ام ۸۶ هفته را در بر مـی‌گیرد. اختلاف موجود به این دلیل است که در سی‌پی‌ام فرض می‌شود، زمان فعالیتها قطعی (غیراحتمالی) است بدین معنا که می‌توان 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، نمی‌توان این مدت زمان را قطعی برشمرد، بلکه در واقع یک متغیر تصادفی است که تابع توزیع احتمالی دارد. با توجه به این امر، برای تخمین زمان انجام فعالیت در پـرت از رویکـرد سـه زمـانی پـرت (تخـمین خوشبینانه‌ترین، محتملترین و بدبینانه‌ترین زمان) استفاده می‌شود، تـا از ایـن راه، اطـلاعات اساسی در مورد توزیع احتمالی آن به دست آید.

یکی از برنامه‌ها در مدیریت پروژه، به دست آوردن احتمال تکمیل پروژه در زمانهای غیر از زمان مورد انتظار اتمام پروژه است که برای تجـزیه و تحـلیل آن از بخش Carsh Analysis نرم‌افزار QSB^+ استفاده می‌شود. در جدول آنالیز پرت، زمان تکمیل پروژه برابر ۸۷/۳ هـفته است ولی احتمال تکمیل پروژه در ۷۵ و ۸۰ هفته به ترتیب برابر ۵/۴ و ۳/۵ درصد است.

همچنین یکی دیگر از برنامه‌ها در مدیریت پروژه، برنامه‌ها تغییر در زمان تکمیل پروژه است بدین معنا که اگر مدیر بخواهد زمان تکمیل پروژه را کمتر کند بـاید چـه تـغییراتی را در برنامه‌ریزی خود پدید آورد. در جدول آنالیز سی‌پی‌ام، 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 می‌کند 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

نام‌فعالیت	زمان‌مورد‌انتظار‌پیشین(هفته)	زمان‌مورد‌انتظار‌جدید (هفته)	کاهش زمان(هفته)	افزایش‌هزینه(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: یافته‌های تحقیق

جدول شماره ۵. محاسبه مقدار زمان کاهش (هفته) و هزینه یک واحد کاهش زمان (۱۰۰۰ ریال) برای هر یک از فعالیتها

ردیف	نام‌فعالیت	Mi (Week)	Ki(1000R)
۱	موافقت اصولی	۴	۵۰
۲	تهیه زمین	۴	۶۲/۵
۳	تسطیح و محوطه‌سازی	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 نگهبانی	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	خشک‌کن ذرت ستونی	۲	۱۵۰۰
۲۳	بوجاری 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 بهره‌برداری	۸	۱۸۷/۵

مأخذ: یافته‌های 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:

$$Ki = \frac{Cci - Cni}{Mi} \quad , \quad Mi = Tni - Tci$$

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

Cci : هزینه ضربتی هر یک از فعالیتها

Cni : هزینه معمولی هر یک از فعالیتها

Mi : مقدار زمان کاهش هر یک از فعالیتها

Tni : زمان معمولی هر یک از فعالیتها

Tci : زمان ضربتی هر یک از فعالیتها

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه گیری

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,Z_3

منابع

۱. فردریک س. هیلیرو جرالد 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. سالمی‌فیه، کیوان. راهنمای کنترل پروژه. چاپ اول. نشر ارس رایانه. ۱۳۷۷.

۴. لترنرسی.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 برنامه‌و بودجه. آمارنامه استان فارس. ۱۳۷۷.

7. Srinath L.S. 1989, PERT and CPM, Principles and Application. Third Edition. Affiliated East-West Press.