

بررسی تکنیک‌های موجود در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی

محمد حسین کریمی گوارشکی

کارشناس ارشد مهندسی صنایع و

کارشناس پژوهشی مجتمع دانشگاهی مهندسی صنایع

چکیده:

هدف از ارائه این مقاله بررسی انواع تکنیک‌های مرسوم و جدید زمانبندی پروژه و مزایا و نارسایی‌های آنها در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی می‌باشد. زمانبندی پروژه یکی از ارکان اساسی مدیریت، ارزیابی و انتخاب پروژه می‌باشد. پروژه‌های تحقیقاتی ویژگی‌های خاصی دارند و ابزار و تکنیک‌های خاصی برای زمانبندی آنها نیاز است. تکنیک‌های شبکه‌ای زمانبندی پروژه به‌طور کلی شامل تکنیک‌های مرسوم شبکه‌های قطعی و احتمالی و تکنیک‌های جدید شبکه‌های فازی می‌باشند. تکنیک‌های شبکه‌های قطعی (CPM) - که استفاده از آنها به دلیل سادگی و کاربردی بودن بسیار رایج می‌باشد - توانایی مدل‌کردن عدم قطعیت تعریف و زمان فعالیت‌ها و وجود سیکل‌ها در این پروژه‌ها را نداشته و خطای زیادی دارند و بهتر است در کنار تکنیک‌های قویتر بکار روند. تکنیک‌های شبکه‌های احتمالی (مانند GERT, PERT) نتایج بهتری نسبت به تکنیک‌های قطعی می‌دهند اما عدم وجود آمار و اطلاعات برای تخمین احتمالی در این پروژه‌ها و عدم وجود روش‌های حل تحلیلی در شبکه‌های گرت با ترکیب‌های گره‌های مختلف از مشکلات کاربرد این روش در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی می‌باشند. در تکنیک‌های شبکه‌های فازی، پارامترهای شبکه پروژه و روابط بین آنها فازی می‌باشند. این تکنیک‌ها (زمان فازی، شبکه با کلیه پارامترهای فازی و گرت فازی) با توجه به استفاده از فازی به عنوان ابزاری مناسب برای بیان عدم اطمینان موجود در پارامترهای پروژه، ابزار مناسبتری برای زمانبندی پروژه‌های تحقیق و توسعه خواهند بود. این تکنیک‌ها، خصوصاً گرت فازی با

لحاظکردن ویژگی‌های بیشتری از پروژه‌های تحقیقاتی، نتایج بسیار واقع‌تری نسبت به تکنیک‌های ذکر شده می‌دهند و پیشنهاد می‌شود در کنار تکنیک‌های قطعی برای زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی بکار روند.

کلمات کلیدی: زمانبندی پروژه - شبکه‌های قطعی - شبکه‌های احتمالی - شبکه‌های فازی

۱- مقدمه:

تحقیقات رکن اساسی توسعه جوامع بشری می‌باشد، بطوری که یکی از شاخص‌های اساسی رشد کشورها انجام پروژه‌های تحقیقاتی است. پروژه‌های تحقیقاتی عموماً بسیار هزینه‌بر و طولانی بوده و نتایج آن در کوتاه‌مدت قابل لمس نیست. لذا اگر نتوان به درستی این پروژه‌ها را هدایت نمود باید منتظر شکست مراکز تحقیقاتی و هزینه‌های سنگین تحمیل شده بود. مدیریت پروژه‌های تحقیقاتی به دلیل ماهیت عدم قطعی بودن آنها همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. سه شاخص عمده در مدیریت پروژه عبارتست از: هزینه، زمان و کیفیت که دو عامل هزینه و کیفیت تابعی از زمان انجام پروژه هستند. زمانبندی نامناسب و غیرواقعی از پروژه، باعث بروز مشکلات زیادی از جمله: ایجاد خطا در برآورد هزینه و بودجه‌بندی، ایجاد خطا در اولویت‌بندی پروژه‌ها، تحمیل هزینه‌های دیرکرد و سلب اعتماد کارفرما در قراردادهای، امکان نداشتن برنامه‌ریزی منابع و تدارکات پروژه، عدم موفقیت در کنترل پروژه و ایجاد تناقض در گزارشات پیشرفت پروژه خواهد شد که در ادامه به اختصار توضیح داده می‌شود. بنابراین می‌توان گفت زمانبندی پروژه یکی از ارکان

اساسی مدیریت پروژه و ارزیابی و انتخاب پروژه می‌باشد.

یکی از دلایل اصلی زمانبندی غیرواقعی پروژه عدم استفاده و یا عدم وجود تکنیک‌های مناسب زمانبندی پروژه می‌باشد. هر چند که عوامل دیگر مثل عدم تأمین بودجه لازم در زمان مطلوب، عدم بکارگیری تکنولوژی مناسب اجرایی در انجام فعالیت‌های پروژه هم تأثیر دارند. پروژه‌های تحقیقاتی ویژگی‌های خاصی دارند (عدم قطعیت در تعریف فعالیت‌ها، نتایج نامشخص فعالیت‌ها، وجود حلقه و سیکل، عدم قطعیت در زمان فعالیت‌ها و عدم تکراری بودن فعالیت‌ها) که آنها را از سایر پروژه‌ها متمایز می‌کند و باعث مشکل‌کردن زمانبندی این پروژه‌ها می‌شود و تکنیک‌های خاص می‌طلبند. در این مقاله ضمن معرفی تکنیک‌های مرسوم شبکه‌ای زمانبندی پروژه (شبکه‌های قطعی، شبکه‌های احتمالی) و تکنیک‌های جدید شبکه‌های فازی، مزایا و نارسایی‌های آنها در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- مشکلات زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی:

زمانبندی نامناسب و غیرواقعی پروژه‌ها منشاء مشکلات زیادی در دیگر ارکان مدیریت پروژه می‌شود که عملاً می‌توان در مراکز تحقیقاتی مشاهده کرد. در اینجا به اختصار اثرات زمانبندی نامناسب پروژه در دیگر ارکان مدیریت پروژه که حاصل تجربه عملی در مراکز تحقیقاتی می‌باشد ارائه می‌شود.

۱- ایجاد خطا در برآورد هزینه پروژه و بودجه‌بندی:

زمان پروژه بر روی هزینه‌های پروژه تأثیر

برای زمانبندی آنها نیاز می‌باشد. این ویژگی‌ها به شرح زیر می‌باشند:

۱- عدم قطعیت در تعریف فعالیت‌ها

در پروژه‌های تحقیقاتی تعریف دقیق و قطعی فعالیت‌ها امکان‌پذیر نیست. چون پروژه‌های تحقیقاتی غالباً غیرتکراری هستند و برای اولین‌بار انجام می‌شوند، لذا نمی‌توان فعالیت‌های پروژه را از ابتدا بطور دقیق برنامه‌ریزی کرد.

۲- نتایج نامشخص و غیرقطعی فعالیت‌های تحقیقاتی (عدم قطعیت در توالی فعالیت‌ها)

در پروژه‌های تحقیقاتی نتایج انجام فعالیت‌ها معین و قطعی نیست و با توجه به نتیجه فعالیت‌ها و مرحله‌ها، فعالیت‌های بعدی انجام می‌شوند که ممکن است با روش‌های مختلف دنبال شود. مثلاً بعد از انجام یک آزمایش ممکن است نتایج مختلفی به دست آید زیرا هر نتیجه به‌دست آمده فعالیت‌های خاصی را دنبال می‌کند، ولی نتایج در ابتدای پروژه مشخص و قطعی نیستند.

۳- عدم قطعیت در زمان فعالیت‌های پروژه

عموماً در پروژه‌های تحقیقاتی به دلیل غیرقطعی بودن فعالیت‌ها، زمان فعالیت‌ها هم غیرقطعی و مبهم است. زمان انجام این فعالیت‌ها را نمی‌توان در یک نقطه زمانی معین و قطعی برآورد کرد و عملاً در یک فاصله زمانی صورت می‌گیرد. این موضوع را به راحتی می‌توان در بیان طبیعی مجریان پروژه با استفاده از کلمات فازی و تقریبی مانند تقریباً ۲۰ روز، بین ۱۰ تا ۱۵ روز و... مشاهده کرد. این مسأله در مورد زمان تکمیل پروژه هم صدق می‌کند.

زمانبندی غیرواقعی پروژه باعث می‌شود که شبکه‌های زمانبندی پروژه در حین اجرای پروژه، تغییرات زیادی بکنند و گاهی اوقات حتی شبکه‌های ابتدایی کاملاً منسوخ شوند.

۴- عدم تکراری بودن فعالیت‌های تحقیقاتی

عموماً پروژه تحقیقاتی پروژه‌ای است که برای

این ضعف اکثر اوقات سبب بی‌اعتمادی مجریان به این شبکه‌ها می‌شود و در نتیجه اجرای پروژه بدون در نظر گرفتن برنامه انجام می‌شود.

۶- عدم موفقیت در کنترل پروژه:

زمانی می‌توان انتظار کنترل موفق پروژه را داشت که برنامه‌ریزی مناسبی برای کنترل آن وجود داشته باشد. هرچه برنامه‌ریزی و زمانبندی واقعی‌تر باشد کنترل پروژه راحت‌تر و موفق‌تر خواهد بود. زمانبندی نامناسب پروژه باعث مشکلات زیاد در کنترل پروژه خواهد شد و سبب می‌شود که در جلسات سه‌ماهه کنترل پروژه تنش‌های فراوانی بین مسئولین و مدیران و عوامل اجرایی پدیدار شود.

۷- تناقض در گزارشات پیشرفت پروژه:

با توجه به ویژگی‌های خاص این پروژه‌ها خصوصاً مسئله وجود حلقه‌ها و برگشت‌پذیرها، گزارشات پیشرفت غالباً با تناقض‌هایی همراه هستند، بارها مشاهده شده است که درصد پیشرفت پروژه در ماه‌های بعد کمتر از ماه‌های قبل اعلام می‌شود.

۳- ویژگی‌های پروژه‌های تحقیقاتی

زمانبندی پروژه عبارتست از تعیین شبکه زمانبندی پروژه و برآورد زمان تکمیل پروژه که بر اساس نمودار شبکه فعالیت‌ها، برآورد مدت زمان، مشخصه‌های منابع مورد نیاز، محدودیت‌های کاری و محیطی و با استفاده از تکنیک‌های زمانبندی پروژه انجام می‌شود. پارامترهای اصلی زمانبندی پروژه عبارتند از: تعریف فعالیت‌ها، توالی فعالیت‌ها و زمان فعالیت‌های پروژه. این پارامترها در بعضی پروژه‌های ساده و تکراری مثل پروژه‌های ساختمانی، تا حدودی قطعی و معین هستند، اما در بیشتر پروژه‌ها خصوصاً پروژه‌هایی که برای اولین‌بار انجام می‌شوند مثل پروژه‌های تحقیقاتی، نامطمئن و غیرقطعی می‌باشند.

به‌طور کلی پروژه‌های تحقیقاتی ویژگی‌های خاصی دارند که آنها را از سایر پروژه‌های عمومی مانند پروژه‌های ساختمانی متمایز می‌کند و زمانبندی این پروژه‌ها را با مشکلاتی مواجه می‌کند و تکنیک‌های خاصی

مستقیم دارد، خصوصاً در پروژه‌های تحقیقاتی که نیروی انسانی متخصص، بخش زیادی از هزینه را شامل می‌شوند. خطا در زمانبندی و برآورد زمان تکمیل پروژه، متعاقباً خطا در برآورد هزینه را افزایش می‌دهد، در نتیجه بودجه‌بندی پروژه‌ها را هم با مشکل مواجه خواهد کرد.

۲- ایجاد خطا در انتخاب و اولویت‌بندی پروژه‌ها:

یکی از ابزار تصمیم‌گیری برای تصویب یا رد پروژه، شاخص زمان و هزینه پروژه می‌باشد. برآورد زمان غیرواقعی از پروژه هم بطور مستقیم، و هم بطور غیرمستقیم با تأثیر گذاشتن بر برآورد هزینه پروژه، تصمیم‌گیری‌ها را دچار خطا می‌کند، خصوصاً اگر بحث اولویت‌بندی پروژه‌ها و انتخاب پروژه بهتر در میان باشد.

۳- سلب اعتماد کارفرما و تحمیل جریمه در پروژه‌های قراردادی:

خطا در برآورد هزینه پروژه و قیمت تمام‌شده، در تنظیم قراردادهای خسارت زیادی به بار می‌آورد. علاوه بر این زمان تکمیل پروژه نقش مهمی در تنظیم قرارداد دارد و خطای زیاد در برآورد باعث سلب اعتماد کارفرما و تحمیل هزینه خواهد شد.

۴- برنامه‌ریزی نامناسب منابع و تدارکات پروژه:

برنامه‌ریزی مناسب و تدارکات پروژه روی کاهش زمان و هزینه پروژه تأثیرگذار هستند که در صورت نداشتن یک سیستم زمانبندی مناسب، عملاً امکان برنامه‌ریزی منابع و تدارکات پروژه وجود ندارد.

۵- تغییرات زیاد شبکه‌های زمانبندی:

زمانبندی غیرواقعی پروژه باعث می‌شود که شبکه‌های زمانبندی پروژه در حین اجرای پروژه، تغییرات زیادی بکنند و گاهی اوقات حتی شبکه‌های ابتدایی کاملاً منسوخ شوند. البته بخشی از این تغییرات به ماهیت خاص این پروژه‌ها بستگی دارد ولی بخش زیادی به ناتوانی تکنیک‌های مورد استفاده در نمایش فعالیت‌های غیرقطعی پروژه مربوط می‌شود.

اولین بار انجام می‌شود. بنابراین فعالیت‌های پروژه‌های تحقیقاتی عمدتاً غیرتکراری می‌باشند و آمار و اطلاعاتی در خصوص آنچه مورد تحقیق است در دسترس نمی‌باشد. به این دلیل برآورد زمان و تعریف فعالیت‌های پروژه، عموماً ذهنی و تجربی صورت می‌گیرد.

شروع حلقه‌ها و برگشت‌پذیرها

در پروژه‌های تحقیقاتی امکان وجود حلقه‌ها و برگشت‌پذیرها بسیار زیاد است. یعنی ماهیت فعالیت‌های این پروژه‌ها به نحوی است که پس از انجام آن امکان دوباره‌کاری و برگشت به فعالیت‌های ابتدایی وجود دارد. به عنوان مثال پس از انجام ساخت قطعه و تست آن ممکن است لازم باشد که دوباره به میز طراحی برگشته و قطعه مجدداً اصلاح و ساخته شود، که این موارد در پروژه‌های تحقیقاتی زیاد پیش می‌آید.

۴- تکنیک‌های زمانبندی پروژه

تاکنون روش‌های مختلف ابتکاری (تسطیح و تخصیص منابع)، گانت چارت، روش‌های تحلیل شبکه، روش‌های ریاضی، شبیه‌سازی برای حل مسائل زمانبندی پروژه ارائه شده است که ابتدایی‌ترین آنها روش گانت چارت است که بسیار ساده می‌باشد و در مدیریت‌های سطح بالا کاربرد زیادی دارد. اما بطور کلی تکنیک‌های شبکه ابزار کارآمدی برای حل مسائل پیچیده زمانبندی پروژه می‌باشند که علاوه بر قابلیت‌های گرافیکی باعث ساده‌سازی حجم محاسبات هم می‌شوند.

تکنیک‌های شبکه‌ای زمانبندی پروژه را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

۱- تکنیک‌های شبکه‌های قطعی

۲- تکنیک‌های شبکه‌های احتمالی

۳- تکنیک‌های شبکه‌های فازی

تکنیک‌های مرسوم شبکه‌های قطعی و شبکه‌های احتمالی تاکنون معرفی شده‌اند اما تکنیک‌های شبکه‌های فازی جدیداً مطرح شده‌اند که در این مقاله معرفی می‌شوند. ضمن معرفی این تکنیک‌ها، مزایا و نارسایی‌های آنها در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴-۱- شبکه‌های قطعی^۱

یک شبکه تصویری از یک پروژه است که

فعالیت‌های لازم را از نقطه شروع تا به هدف نهایی ترسیم می‌کند. $G(N, A)$ یک شبکه جهت‌دار با N گره و A کمان است. گره‌ها بیان‌کننده وقایع هستند درحالی که کمان‌ها بیان‌کننده فعالیت‌های پروژه می‌باشند. در شبکه پروژه سه پارامتر اصلی تعریف فعالیت‌ها، توالی فعالیت‌ها و زمان فعالیت‌ها وجود دارند که در شبکه‌های قطعی این پارامترها قطعاً هستند. این شبکه‌ها در پروژه‌هایی که بتوان تخمین قطعی از پارامترها ارائه داد، به دلیل سادگی بسیار کارآمد و مناسب هستند. روش مسیر بحرانی (CPM) نمونه بارز این نوع شبکه‌ها می‌باشد.

۴-۱-۱- روش مسیر بحرانی (CPM)

در این روش با محاسبات ساده رو به جلو و رو به عقب، پارامترهای زودترین و دیرترین زمان شروع و ختم پروژه و فعالیت‌ها، زمان تکمیل پروژه، شناوری‌های آزاد و کل فعالیت‌ها و مسیر بحرانی به دست می‌آید. با توجه به قابلیت‌های این روش (ساده، کاربردی و کامل بودن اطلاعات) و وجود نرم‌افزارهای کارآمد در این روش، استفاده از آن در زمانبندی پروژه‌ها بسیار رایج می‌باشد. این روش در پروژه‌هایی مانند پروژه‌های ساختمانی که پارامترهای تعریف و توالی در شبکه پروژه معین است و تا حدودی زمان انجام فعالیت‌ها مشخص است (هرچند که در مسایل دنیای واقعی اینطور نیست) نتایج مناسبی می‌دهد و خطای کمی دارد که با توجه به قابلیت‌های جانبی این روش نسبت به دیگر روش‌ها قابل چشم‌پوشی است. اما در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی خصوصاً در برآورد زمان پروژه، استفاده از این روش خطای زیادی به همراه خواهد داشت و بهتر است در کنار تکنیک‌های قویتر بکار رود.

معایب

۱- این تکنیک‌ها قابلیت نشان‌دادن سیکل‌ها و حلقه‌های برگشتی را در زمانبندی پروژه ندارند.
۲- این تکنیک‌ها عدم قطعیت در تعریف و توالی فعالیت‌های پروژه‌های تحقیقاتی را در نظر نمی‌گیرند.

۲- این تکنیک‌ها عدم قطعیت در زمان فعالیت‌های پروژه‌های تحقیقاتی را در نظر نمی‌گیرند.

۴- پروژه‌های تحقیقاتی که با این روش‌ها مدل می‌شوند به دلایل فوق بسیار ساده شده و غیرواقعی خواهند بود. بنابراین نتایج به دست آمده از این روش‌ها با خطای زیادی مواجه خواهند شد و مسایل زیر را به دنبال دارد.

- زمان پیش‌بینی شده تکمیل پروژه با زمان واقعی آن اختلاف زیادی دارد.

- تغییرات زیاد شبکه‌های زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی با استفاده از این تکنیک، به دلیل ناتوانایی‌های این تکنیک در مدل‌کردن واقعیت‌های این پروژه‌ها و در نظر نگرفتن فعالیت‌های احتمالی.

- در این تکنیک‌ها زمان فعالیت‌ها و در نتیجه زمان تکمیل پروژه یک نقطه زمانی قطعی و مشخص هستند. در صورتی که با ویژگی‌های پروژه‌های تحقیقاتی تطابق ندارد. در نتیجه در جلسات سه‌ماهه کنترل پروژه تنش‌های فراوانی بین مسئولین و مدیران و عوامل اجرایی پدیدار شود و کنترل پروژه بسیار مشکل است.

- تناقض در گزارشات پیشرفت پروژه به دلیل ناتوانی در مدل‌کردن برگشت‌پذیرهای احتمالی پروژه‌ها و در نظر نگرفتن فعالیت‌های احتمالی در این تکنیک‌ها.

۴-۲- شبکه‌های احتمالی^۲

شبکه‌هایی هستند که پارامترهای شبکه (تعریف و توالی فعالیت‌ها، زمان فعالیت‌ها) و روابط بین آنها احتمالی هستند. در این شبکه‌ها پارامترها به صورت احتمالی و توزیع‌های احتمالی بیان می‌شوند. این شبکه‌ها در مسائلی بیشتر کاربرد دارد که پارامترها را نتوان به طور قطعی تخمین زد که در مسایل واقعی غالباً به این ترتیب است و از طرفی با در دست داشتن اطلاعات و آمار پروژه‌های مشابه بتوان پارامترهای پروژه را با احتمالات بیان کرد. شبکه‌های پرت و گرت از نمونه‌های بارز این نوع شبکه‌ها می‌باشند.

۴-۲-۱- روش پرت (PERT)

شبکه‌هایی هستند که فقط زمان فعالیت‌ها در آنها غیرقطعی هستند. این روش نوع خاصی از شبکه‌های احتمالی گرت بوده که در آنها تمامی گره‌ها «قطعی» هستند [۲]. از طرف دیگر این شبکه‌ها همان شبکه‌های قطعی CPM هستند که فقط پارامتر زمان آن غیرقطعی و احتمالی است. این روش در پروژه‌هایی بیشتر کاربرد دارد که

رویکردهای فازی به اطلاعات در مقایسه با روش‌های احتمالی

۵- سهولت حل روش‌های فازی و حجم محاسبات کمتر نسبت به روش‌های احتمالی

تاکنون تکنیک‌های زیادی جهت زمانبندی فازی پروژه‌ها ارائه شده است که از نظر نوع کاربرد می‌توان به سه دسته زمان فازی، شبکه فازی و گرت فازی تقسیم نمود که به اختصار معرفی می‌شوند برای مطالعه بیشتر به منبع [۵] مراجعه کنید.

۱-۳-۴- زمان فازی (CPM فازی)

در این تکنیک‌ها که با عنوان پرت فازی و سی پی ام فازی نیز معروف هستند، پارامترهای تعریف فعالیت و توالی فعالیت‌های آنها معین و قطعی هستند و می‌توان شبکه قطعی فعالیت‌های پروژه را رسم نمود، اما پارامتر زمان فعالیت در این پروژه‌ها نادقیق و مبهم است که با استفاده از فازی بیان می‌شوند. چنان‌اس و کمبروفسکی [7] در سال ۱۹۸۱ جزو اولین کسانی بودند که فازی را در زمانبندی پروژه بکار گرفتند. آنها روشی به نام پرت فازی ارائه دادند که همان روش پرت کلاسیک است با این تفاوت که روابط و پارامترهای فازی جایگزین روابط کلاسیک شده‌اند.

تخمین زمان فعالیت‌ها به‌طور طبیعی از سوی مجریان و خبره‌ها به صورت متغیرهای زبانی (تقریباً ۲۰ روز بیشتر از ۲۰ روز و کمتر از ۴۰ روز و...) بیان می‌شوند که کلماتی فازی هستند و می‌توان آنها را به شکل‌های مختلف با استفاده از فازی بیان کرد. نمایش زمان فعالیت‌ها عموماً به صورت مجموعه‌های فازی با زمان گسسته، مجموعه‌های فازی با زمان پیوسته، اعداد فازی مثلثی، اعداد فازی دوزنقه‌ای (شکل ۱) [8] و اعداد فازی نوع LR بیان می‌شود. اساس روش حل این تکنیک‌ها عموماً بر پایه همان روش‌های کلاسیک (روش مرسوم CPM محاسبات رو به جلو و محاسبات رو به عقب، روش برنامه‌ریزی خطی CPM، روش طولانی‌ترین مسیر) می‌باشند. با این تفاوت که روابط فازی مناسب جایگزین روابط جبری می‌شود [۱۱]، [۱۰]، [۹]، [۸]. با توجه به فازی بودن ورودی (زمان فعالیت)، خروجی‌های مدل مانند شاخص‌های دیرترین و زودترین

همکارانش در این زمینه توسعه برنامه‌های کامپیوتری ویژه شبیه‌سازی برای این شبکه‌ها معروف به GERTIII می‌باشد [۲].

بطور کلی شبکه‌های گرت با استفاده از گره‌های منطقی و شاخه‌های احتمالی و حلقه‌ها، ابزار مناسبی برای مدل‌کردن پروژه‌های تحقیقاتی می‌باشند و می‌توانند مسئله عدم قطعیت و زمان فعالیت‌ها و وجود حلقه‌ها را در این پروژه‌ها حل کند، اما این شبکه‌ها دو مشکل اساسی دارند:

۱- در تکنیک‌های احتمالی گرت، عدم قطعیت فعالیت‌ها و زمان فعالیت‌ها با احتمالات و توزیع‌های احتمالی بیان می‌شود که نیازمند به وجود آمار و اطلاعات در برآوردها است اما در پروژه‌های تحقیقاتی با توجه به ویژگی عدم تکرارپذیری فعالیت‌ها این اطلاعات موجود نیست و تخمین‌ها به صورت تجربی و ذهنی بیان می‌شود.

۲- مسئله دوم اینکه در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی عموماً از ترکیب‌های گره‌های مختلف در شبکه‌های گرت استفاده می‌شود، در صورتی که روش مناسب کاربردی برای حل تحلیلی این شبکه‌ها موجود نیست.

۳-۴- شبکه‌های فازی

شبکه‌هایی هستند که در آنها پارامترهای پروژه و روابط بین آنها فازی هستند. در مسایل واقعی پارامترهای پروژه بصورت مبهم و غیرقطعی هستند. در این شبکه‌ها از مجموعه‌های فازی برای بیان عدم اطمینان پارامترها استفاده می‌شود. دلایل کاربرد فازی در زمانبندی پروژه‌ها عبارتند از:

- ۱- ابهام و ناطمینانی در تعریف و توالی فعالیت‌ها.
- ۲- عدم قطعیت در برآورد زمان فعالیت‌ها که این را می‌توان در کلمات مجریان پروژه برای تخمین‌ها کاملاً مشاهده نمود (مثلاً استفاده از کلمات تقریباً و حدوداً ۲۰ روز، بیشتر از ۱۰ روز و...) و این ابهام و عدم اطمینان برآورد زمان، در پروژه‌های تحقیقاتی و پروژه‌هایی که برای اولین بار انجام می‌شوند بیشتر است.
- ۳- طبیعت ذهنی بودن نظرات خبره‌ها
- ۴- عدم دسترسی و یا کمبود اطلاعات پروژه‌های گذشته و مشابه در برآوردها و نیاز کمتر

ترسیم معینی از فعالیت‌ها و توالی آنها داشته باشیم، اما زمان فعالیت را نتوانیم به‌طور قطعی معین کنیم. در اکثر پروژه‌ها هم تغییر عوامل محیطی، تغییر امکانات و منابع، تخمین دقیق از زمان فعالیت را ناممکن می‌سازد، از این جهت می‌توان زمان فعالیت را با توزیع‌های احتمالی بیان کرد تا به واقعیت نزدیکتر باشد. در این روش زمان فعالیت پروژه با توزیع احتمالی بتا (یا سه پارامتر زمان خوشبینانه، زمان محتملترین و زمان بدبینانه) بیان می‌شود. این روش زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی نتایج واقعی‌تر نسبت به روش قطعی CPM خواهد داد اما فقط توانسته ویژگی عدم قطعیت زمان فعالیت‌ها را تا حدودی حل کند.

معایب

۱- محدودیت این روش در استفاده از توزیع بتا برای زمان فعالیت‌ها (وقتی اعتبار دارد که دلایلی قابل قبول برای در نظر گرفتن توزیع بتا از زمان فعالیت‌ها وجود داشته باشد).

۲- این تکنیک در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی دارای همان معایب تکنیک‌های قطعی است و فقط تا حدی مسئله عدم قطعیت زمان فعالیت‌ها را حل کرده است.

۲-۲-۴- روش گرت (GERT)

شبکه‌های گرت ابزار مناسبی برای تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی مسایل واقعی هستند. شبکه‌های گرت کاربردهای فراوانی دارند مانند: تجزیه و تحلیل سیستم‌های صف، موجودی، قابلیت اطمینان و مدیریت پروژه. شبکه‌های گرت از گره‌های منطقی و شاخه‌های احتمالی تشکیل می‌شوند، حلقه و برگشت‌پذیری‌ها نیز در این شبکه‌ها مجاز است. گره‌های منطقی گرت بطور کلی شامل گره‌های (یای خاص) (و) و (یای عام) می‌باشند. اگر شبکه‌های گرت فقط شامل گره‌های (یای خاص) باشد می‌توان با استفاده از روش‌های تحلیلی به بررسی شبکه و محاسبات مربوط به آن پرداخت. اما اگر شبکه‌های گرت دارای گره‌های دیگر یعنی گره‌های (و) و (یای عام) باشند آنگاه به واسطه پیچیدگی و حجم محاسبات روش‌های تحلیلی پاسخگوی حل مسایل نبوده و در این گونه موارد از شبیه‌سازی برای تحلیل مسئله استفاده می‌شود. از جمله تلاش‌های پروفیسور پریترسکر^۳ و

زمان شروع و ختم فازی فعالیت‌های پروژه، و زمان تکمیل پروژه یک عدد فازی است. مسیر بحرانی و شناوری‌ها هم فازی خواهند بود و منحصر بقدر نیستند.

این تکنیک‌ها نسبت به تکنیک‌های قطعی نتایج واقعی‌تری می‌دهند و مانند تکنیک‌های پرت فقط عدم قطعیت زمان فعالیت‌ها را در نظر می‌گیرند در عین حالیکه محدودیت توزیع ندارند و مزایای کاربرد فازی نسبت به احتمالات که بیان شد را نیز دارا می‌باشند.

معایب: این تکنیک‌ها هم در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی همان معایب تکنیک‌های قطعی را دارا هستند و فقط تا حدی مسئله عدم قطعیت زمان فعالیت‌ها را حل کرده است.

۲-۳-۴- شبکه با کلیه پارامترهای فازی

در قسمت قبل شبکه‌های قطعی در نظر گرفته شد که در آنها تنها پارامتر زمان فعالیت‌ها، فازی است. در مسائل واقعی به پروژه‌هایی برخورد می‌کنیم که نه تنها پارامتر زمان فعالیت‌ها مبهم و نادقیق است بلکه پارامترهای دیگر شبکه پروژه یعنی تعریف فعالیت‌ها و توالی فعالیت‌ها هم مبهم و نادقیق است و نمی‌توان از ابتدا شبکه قطعی و معینی از فعالیت‌های پروژه مشخص کرد و خود شبکه هم غیرقطعی است. در اینگونه موارد هم عدم اطمینان پارامترهای تعریف فعالیت‌ها و توالی فعالیت‌ها را می‌توان با استفاده از فازی مدل کرد. این شبکه‌ها که کلیه پارامترهای آن بتواند نامطمئن و فازی باشد را شبکه فازی می‌نامیم. در این زمینه با اینکه در مسائل واقعی کاربرد بیشتری دارد، مطالعات زیادی صورت نگرفته و تنها یک روش توسط ماریس ارائه شده است [۱۲]. این روش نسبت به روش قبلی قابلیت بالاتری برای زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی دارد.

۱- این تکنیک‌ها قابلیت نشان دادن سیکل‌ها و حلقه‌های برگشتی را در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی ندارند.

۲- تکنیک‌های کارآمدی در این زمینه ارائه نشده است.

۳-۳-۴- گرت فازی^۴

شبکه‌های گرت فازی، همان شبکه‌های گرت احتمالی هستند با این تفاوت که پارامترهای فازی جایگزین پارامترهای احتمالی شده‌اند. در

شبکه‌های گرت احتمالی، دو پارامتر مربوط به شاخه‌های فعالیت یعنی زمان فعالیت و احتمال رخداد آن، به صورت توزیع‌های احتمالی و احتمالات بیان می‌شوند و این مستلزم آن است که داده‌های آماری برای تخمین احتمالات در دسترس باشند. اما در بیشتر مسائل واقعی و پروژه‌های تحقیقاتی معمولاً این آمار یا در دسترس نیستند یا ثبت نمی‌شوند. در صورتی که اگر این پارامترها با استفاده از فازی بیان شوند ضرورت وجود آمارها و داده‌ها حذف می‌شود و تخمین آنها واقعی‌تر می‌باشد. از طرف دیگر به دلیل استفاده از فازی و سهولت روابط فازی مشکل پیچیدگی روش‌های احتمالی هم کمتر خواهد شد.

در این تکنیک‌ها تعداد فعالیت‌های خارج از هر گره متعلق به یک مجموعه فازی است، همچنین زمان انجام فعالیت‌ها هم متعلق به مجموعه فازی است و سیکل هم مجاز است. این تکنیک‌ها با استفاده از توانایی بالای مدل کردن شبکه‌های گرت و استفاده از مجموعه‌های فازی توانسته بسیاری از ویژگی‌های پروژه‌های تحقیقاتی را تحت پوشش قرار دهند و ابزار مناسبی برای مدل کردن پروژه‌های تحقیقاتی و پروژه‌هایی که برای اولین بار اجرا می‌شوند، هستند.

در این دسته به دلیل پیچیدگی برخلاف کاربردهای فراوان آن در مسائل واقعی، کمتر کار شده است. آقای ایتاکورا و نیشیکاوا [13] جزو اولین افرادی هستند که مفاهیم فازی را در شبکه‌های گرت جهت زمانبندی پروژه بکار گرفتند. آنها ترکیب‌های مختلف گره‌های منطقی را با شاخه‌های فازی فعالیت‌ها مورد مطالعه قرار دادند. بعدها آقای چنگ [14] نوع خاص شبکه‌های گرت (گره‌های یای خاص) با پارامترهای فازی را جهت حل مسائل قابلیت اطمینان مورد مطالعه قرار داد که نمی‌تواند در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی که شامل انواع گره‌ها هستند بکار گرفته شود.

معایب

این تکنیک‌ها ابزار مناسبی برای زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی در مورد برآورد زمان تکمیل پروژه هستند و نتایج بسیار واقعی‌تر نسبت به تکنیک‌های ذکر شده می‌دهند. تنها

مشکل آن، عدم وجود روش‌های کارآمد در این زمینه می‌باشد که در این خصوص هم تلاش‌هایی توسط نگارنده صورت گرفته [6] و روش کاربردی و مناسبی ارائه شده است و امید است توسعه یابد.

۵- نتیجه گیری

پروژه‌های تحقیقاتی ویژگی‌های خاصی دارند (عدم قطعیت در تعریف فعالیت‌ها، نتایج نامشخص فعالیت‌ها، وجود حلقه و سیکل، عدم قطعیت در زمان فعالیت‌ها و عدم تکراری بودن فعالیت‌ها)، که آنها را از پروژه‌های دیگر متمایز کند و ابزار و تکنیک‌های خاصی برای زمانبندی آنها نیاز است. تکنیک‌های شبکه‌ای زمانبندی پروژه به سه دسته تکنیک‌های شبکه‌های قطعی، شبکه‌های احتمالی و شبکه‌های فازی تقسیم می‌شوند.

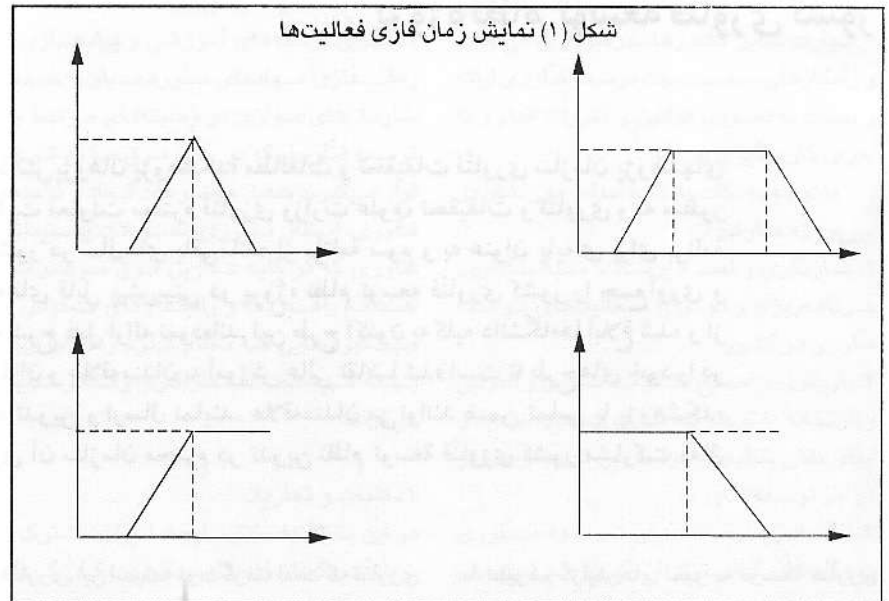
۱- تکنیک‌های شبکه‌های قطعی (CPM): تکنیک‌هایی هستند که پارامترهای پروژه در آنها قطعی می‌باشند. استفاده از این تکنیک‌ها به دلیل سادگی و کاربردی بودن بسیار رایج می‌باشد ولی در مورد زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی کارایی لازم را ندارند چون توانایی مدل کردن عدم قطعیت تعریف فعالیت‌ها و زمان فعالیت‌ها و وجود سیکل‌ها در این پروژه‌ها را ندارند و خطای زیادی دارند و بهتر است در کنار تکنیک‌های قویتر بکار روند.

۲- تکنیک‌های شبکه‌های احتمالی (مانند PERT, GERT): تکنیک‌هایی هستند که پارامترهای پروژه و روابط بین آنها احتمالی می‌باشند. تکنیک PERT عدم قطعیت را فقط در زمان فعالیت‌ها در نظر می‌گیرد و نمی‌تواند سیکل‌ها و حلقه‌های موجود در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی را مدل کند. GERT که نمونه بارز این شبکه‌های احتمالی هست، روشی مناسب برای مدل کردن عدم قطعیت‌های پارامترهای این پروژه‌ها (با استفاده از گره‌های منطقی و شاخه‌های احتمالی) و سیکل‌های پروژه می‌باشد. اما عدم وجود آمار و اطلاعات برای تخمین احتمالی در این پروژه‌ها و عدم وجود روش‌های حل تحلیلی در شبکه‌های گرت با ترکیب‌های گره‌های مختلف از مشکلات کاربرد این روش در زمانبندی پروژه‌های

جدید در گرت فازی برای زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی صنایع، ۱۳۷۹

منابع و مراجع انگلیسی:

- 7) Chans, S, Kamburowski, J. "The Use of fuzzy variables in pert". Fuzzy sets and Systems. 5, pp.11-19, 1981.
- 8) Lorterapong, Pasit, Moselhi, Osama. "Project network analysis using fuzzy sets theory" J. Construction Engineering and management, ASCE December, pp. 308-318, 1996.
- 9) Chang, I.S, Tsujimera, Y, Gen, M, Tozawa, T. " An efficient approach for large scale project planning based on fuzzy Delphi method" fuzzy sets and systems 76, pp. 277-288, 1995.
- 10) Mon, D. L, Chang, C.H, Lu, H.C "Application of fuzzy distributions on project management" fuzzy sets and System. 73, pp. 227-234, 1995.
- 11) Rommelfanger, H.J. "Network analysis information flow in fuzzy environment" fuzzy sets and systems, 67 pp. 119-128, 1994.
- 12) Evans, G.W, Karwowski, W, Wilhelm, M.R. "Application of fuzzy set methodologics in industrial engineering". Elsevier, pp. 115-125, 1989.
- 13) Itakura, H, Nishikawa, Y, "fuzzy network technique for technological forecasting" fuzzy sets and system 14, pp. 99-131, 1984.
- 14) Cheng, C.H "fuzzy repairable reliability based on fuzzy gert" Microelectronic Reliability Vol. 36, No. 10, pp. 1557-1563, 1996.



(c) تقریباً بعد از t8، اما یقیناً بعد از t9؛ وضعیتی را نشان می‌دهد که یقیناً بعد از t8 اتفاق می‌افتد و بیشترین امکانپذیری آن بعد از t9 است (حد پایین فازی).
 (d) تقریباً قبل از t9؛ اما یقیناً قبل از t8؛ وضعیتی را نشان می‌دهد که یقیناً قبل از t9 رخ می‌دهد اما بیشترین امکانپذیری آن قبل از t8 است (حد بالای فازی). □

منابع و مراجع فارسی

- ۱) آلابوش، حمید، دانش مدیریت پروژه، انتشارات حامی پروژه، ۱۳۷۷.
- ۲) حاج شیرمحمدی، مدیریت و کنترل پروژه، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، ۱۳۷۵.
- ۳) فاطمی قمی، محمدتقی، طراحی و تجزیه و تحلیل سیستم‌ها با استفاده از تکنیک‌های شبکه، نشر دانش امروز (وابسته به مؤسسه انتشارات امیرکبیر)، ۱۳۷۵.
- ۴) درودیان، محمود، بکارگیری روش گرت در برنامه‌ریزی پروژه‌های تحقیقاتی صنعتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت، دانشکده مهندسی صنایع، ۱۳۷۳.
- ۵) کریمی گوارشکی، محمدحسین، کاربرد فازی در زمانبندی پروژه، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی صنایع، ۱۳۷۹.
- ۶) کریمی گوارشکی، محمدحسین، ارائه روشی

تحقیقاتی می‌باشند.

۲- در تکنیک‌های شبکه‌های فازی، پارامترهای شبکه پروژه و روابط بین آنها فازی می‌باشند. این تکنیک‌ها (زمان فازی، شبکه با کلیه پارامترهای فازی و گرت فازی) با توجه به استفاده از فازی به عنوان ابزاری مناسب برای بیان عدم اطمینان موجود در پارامترهای پروژه-ابزار مناسبتری برای زمانبندی پروژه‌های تحقیق و توسعه خواهند بود. این تکنیک‌ها (خصوصاً گرت فازی) با لحاظ کردن ویژگی‌های بیشتری از پروژه‌های تحقیقاتی، نتایج بسیار واقعی‌تری نسبت به تکنیک‌های ذکر شده می‌دهند.

پیشنهاد می‌شود در مرحله ابتدایی خصوصاً برآورد زمان تکمیل پروژه از شبکه‌های گرت فازی که توانایی بالایی در مدل‌کردن واقعیت‌ها دارد، استفاده شود و در سطوح بالاتر از تکنیک‌های ساده CPM که از تبدیل تکنیک‌های گرت به دست آمده‌اند، استفاده شود. البته باید توجه داشت که موفقیت در مدیریت پروژه مستلزم تعامل بین همه ارکان مدیریت پروژه می‌باشد.

(a) تقریباً t2؛ وضعیتی که زمان فعالیت مقداری بین 11 و 13 باشد ولی بیشتر به ظاهر 12 است.
 (b) تقریباً بین 14 و 17؛ وضعیتی که زمان فعالیت مقداری بین 14 و 17 است. ولی بیشتر به ظاهر بین 15 و 16 می‌باشد.