پنجمین کنفرانس سیستمهای فازی ایران
هفدهم الی نوزدهم شهریورماه ۱۳۸۳

رویکرد فازی در زمانبندی پروژه

احمد نورنگ[۱]، مهران رضوانی[۲]
دانشگاه امام حسین (ع) ـ دانشکده فنی مهندسی ، گروه مهندسی صنایع
ahnorang@yahoo.com

چکیده
برای ارزیابی عملکرد مدیریت پروژه و کنترل آن بایستی شاخص های مربوطه شناسایی و انتخاب شوند.
در این مقاله همراه با طرح ویژگیهای شاخص و ضرورت آن برای ارزیابی پروژه به سه شاخص مهم عملکرد, هزینه و سود و قابلیت ماندگاری اشاره شده و به نقش منطق فازی برای سنجش توجه شده است. در ادامه زمانبندی بعنوان یکی از ضروریات پروژه محور قرار گرفته و با مرور انواع زمانبندی , مدیریت زمان پروژه,تکنیک های زمانبندی معرفی شده و به دنبال آن به شبکه های قطعی و احتمالی اشاره شده است. در ادامه زمانبندی فازی همراه با فرآیند فازی سازی مطرح شده است. در این راستا شبکه با شاخصهای فازی ارائه شده و منحصر به فرد نبودن مسیر بحرانی مورد تأکید قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: مدیریت پروژه، ارزیابی همه‌جانبه فازی، مسیر بحرانی، رویکرد عددی، شبکه‌های قطعی، اندازه‌گیری به کمک منطق فازی، زمان‌بندی پیش‌گویانه، شبکه‌های احتمالی

۱- مقدمه

برای ارزیابی عملکرد مدیریت پروژه(PM) عوامل غیر قطعی کار را دشوار می سازد در این راستا اندازه گیری به کمک منطق فازی (FLAA) یک ابزار موثر را فراهم می سازد.[۲۰]
از سوی دیگر اندازه گیری در مدیریت پروژه دارای اهمیت زیادی بوده و تکنیک لیو یک روش اندازه گیری (هدف – موضوع) برای کیفیت مدیران پروژه با جرأت ارائه نموده است.
همچنین توسط هیوهین و ونگ[۲۱] اندازه گیری موضوعات یکپارچه شده فازی و سنجش اهداف یکپارچه شده فازی در پروژه مطرح شده است.
برای ارزیابی همه جانبه فازی(FCE) نگرشهای مختلفی وجود دارد. در این راستا رویکرد با زیربنای عددی(LFA) شامل طراحی, ابزار طرح ریزی و ارزیابی است. در این راستا شاخصها و سیستم آنها بایستی ویژگیهای زیر را داشته باشند:[۱۹]

۱- سیستم شاخص بایستی توانایی, انعکاس هر توسعه آگاهی بخشی را منعکس کند.
۲- داده های شاخص مسئله بایستی توانایی جمع آوری منابع قابل اطمینان را داشته باشد.
۳- سیستم شاخص بایستی توانایی جمع بندی ارتباط بین روابط شاخص های ارزیابی و اهداف ارزیابی را داشته باشد.

۱- استادیار دانشگاه امام حسین (ع)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه امام صادق (ع)، Rezvani@isu.ac.ir

هر پروژه با سه شاخص مهم معین می شود.

۱- شاخص عملکرد ۲- شاخص هزینه و سود ۳- شاخص قابلیت ماندگاری

۲- زمانبندی

زمانبندی پروژه یکی از ارکان اساسی مدیریت پروژه است و بعنوان یکی از ورودیهای اصلی ارکان دیگر پروژه (هزینه و بودجه، تدارکات, منابع و کیفیت) محسوب می گردد. بکارگیری روشهای مناسب زمانبندی، یکی از عوامل موفقیت یک پروژه است. تکنیکهای نوین زمانبندی پروژه مانند روشهای ابداعی, روشهای مبتنی بر هوش مصنوعی و شبکه های عصبی و بویژه رهیافت فازی است تا که بتوان در کنار روشهای مرسوم زمانبندی همچون شبکه های قطعی مانند روش مسیر بحرانی (CPM) و شبکه های احتمالی (مانند گرت, پرت) ابزار مناسبی برای استفاده کاربران زمانبندی پروژه ها ارائه داد.[۳]

در ادبیات پروژه, ارکان اصلی شامل تعریف فعالیتها, توالی فعالیتها و زمان انجام فعالیتهای پروژه است. عموماً در مسایل واقعی و خصوصاً پروژه های تحقیقاتی تخمین این شاخص از سوی مجریان پروژه و خبرگان معمولاً با نوعی از ابهام و عدم اطمینان همراه است. این عدم اطمینان را می توان در کلماتی مثل تقریباً, بیشتر از , حدوداً و .... مشاهده نمود که اصطلاحاً کلماتی فازی هستند. در این مورد استفاده از روش CPM که شاخص ها را قطعی در نظر می گیرد, معمولاً نتایج خوبی بهمراه نخواهد داشت. از دیگر سو ودر پروژه های تحقیقاتی, بدلیل عدم دستیابی به آمار و اطلاعات کافی, استفاده از احتمالات هم درتخمین شاخصها(روشهای گرت , پرت) از کارایی لازم برخوردار نیستند. با پیدایش و رشد نظریه فازی در سالهای اخیر و کاربردهای فراوان آن , خصوصاً در مواردی که با برآوردهای انسانی سر و کار داریم, مناسب ترین ابزار برای بیان عدم اطمینان این شاخصها, استفاده از مفاهیم فازی است. به عبارت بهتر منطق فازی تکنیک بسیار مناسبی برای سیستم های پیچیده غیر ساخت یافته و سیستم هایی است که درنتیجه قضاوت های انسانی و وجود قواعد سرانگشتی در آنها , مبهم و غیر قابل فهم می نماید.[۵،۶،۷]

جا دارد تا در این مقاله بین زمانبندی در پروژه بصورت فازی و زمانبندی پروژه با فعالیت های تصادفی که در نتیجه تخصیص منابع اتفاق می افتد, تفاوت قایل شویم. در اولی مدت زمان انجام فعالیتها برمبنای اعداد فازی است و تابعی از سطح مهارت افراد چگونگی تخصیص منابع و نیز میزان پیچیدگی فعالیتها محسوب می شود.هر دو بعد سطح مهارت و میزان پیچیدگی با اعداد فازی نشان داده می شود.

اما در دومی به هر فعالیتی مدت زمان تصادفی تعلق می گیرد که وابسته به چگونگی تخصیص منابع به آن فعالیت است.[۸]

در این مقاله برای سهولت در کاربرد و بیان موضوع, سه دسته از شبکه ها: شبکه هایی با شاخص زمان فلزی, شبکه هایی با کلیه شاخص های فازی و گرت فازی, مورد بررسی و دقت نظر قرار می گیرند.

۳- انواع زمانبندی

در بسیاری از موارد تحقق اهداف موقتی و حتی روزانه در نتیجه انجام زمانبندی مناسب برای سازمان به منظور جلب رضایت مشتریان و نمایش توان انعطاف پذیری مجموعه حایز اهمیت هستند. انواع زمانبندی بقرار زیر است :

- برنامه ریزی برای فعالیت های آتی که به "زمانبندی پیش گویانه" معروف است. این وجه از زمانبندی مرسوم ترین و در عین حال قدیمی ترین نوع زمانبندی است.
- " زمانبندی واکنشی"[1] (عکس العمل) هنگامی مطرح می شود که ناظر (مجری) می بایست هماهنگ با رخدادهای عالم واقع تغییراتی در زمانبندی از قبل پیش بینی شده خود اعمال نماید.

1- Reactive Scheduling

- نوع سوم از زمانبندی مربوط به حالتی است که در اجرا یک فرآیند زمانبندی عوامل مختلفی مانند انسان و ماشین دخیل هستند وبصورت متعامل با یکدیگر عمل می کنند.″ زمانبندی تعاملی″[1] دو بعد قبلی را با نیازمندیهای کاربر نظیر سفارش جدید, تغییر اولویت بندی سفارشات, حذف سفارشات و .... تلفیق و یکپارچه می سازد.

۴- مدیریت زمان پروژه

مدیریت زمان پروژه، یکسری فرایندهای مورد نیاز جهت اطمینان از تکمیل پروژه در مدت زمان مصوب است و به طور کلی شامل دو رکن " تهیه زمان‌بندی پروژه " و " کنترل زمان‌بندی پروژه " می‌باشد [۱۰،۱۶] .

۱. تهیه زمان‌بندی پروژه : شاخص‌های اصلی زمان‌بندی پروژه عبارتند از : تعریف فعالیت‌ها، توالی فعالیت‌ها و زمان فعالیت‌ها.

۲. فرآیند کنترل زمان‌بندی : این فرایند به طور کلی شامل تطابق برنامه زمانبندی با عمل می‌باشد. بر اساس زمانبندی پروژه، گزارش‌های عملکرد و یا درخواست‌های مربوط به تغییر، اقدامات اصلاحی صورت گرفته و زمانبندی پروژه بهنگام می‌شود. البته زمانی می‌توان کنترل مناسبی بروی زمان پروژه داشت که یک برنامه زمانبندی واقعی و مناسب از پروژه در دست داشته باشیم.

۵- تکنیکهای زمانبندی پروژه

روش های مختلف گانت چارت,GERT,CPM, PERT , موازنه هزینه– زمان, روش های ابتکاری تسطیح و تخصیص منابع و شبیه سازی (روش مونت کارلو), رایج ترین فنون ارائه شده برای حل مسایل زمانبندی پروژه هستند. معروفترین تکنیکهای نوین زمانبندی عبارتند از : زمانبندی به روش ابداعی[2], زمانبندی مبتنی بر محدودیت[3], زمانبندی با رویکرد فازی[4], زمانبندی به کمک شبکه های عصبی[5], زمانبندی به روش هوش مصنوعی توزیع شده[6] و زمانبندی متا[7]. در این میان , شبکه ها ابزارکارآمد و مناسبی برای حل مسابل پیچیده زمانبندی پروژه محسوب می شوند.[۱۲،۱]

تکنیک	پیش گویانه	واکنشی
ابداعی(هیوریستیک)	+	+
مبتنی بر محدودیت	+	O
بهبود متعامل	+	O/-
رویکرد فازی	+	+
شبکه های عصبی	O	-
روش هوش مصنوعی توزیع شده	O	+
زمانبندی متا	+	+

+: می تواند مورد استفاده قرارگیرد.

- : نباید مورد استفاده قرار گیرد.

O: با محدودیت می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

1- Interactive Scheduling
2- Heuristic
3- Constraint
4- Fuzzy
5- Neural Networks
6- Distributed
7- Meta

۵-۱- شبکه های قطعی

در شبکه های قطعی شاخص های اصلی زمانبندی پروژه (تعریف, توالی و زمان فعالیت ها) قطعی هستند.این شبکه ها در پروژه هایی که بتوان تخمین قطعی از شاخصها ارائه داد , به دلیل سادگی, بسیار کارآمد و مناسب هستند.CPM (روش مسیر بحرانی) نمونه بارز این نوع شبکه ها هستند.

۵-۲- شبکه های احتمالی

شبکه هایی که شاخص های شبکه زمانبندی و روابط بین آنها, احتمالی باشند, در این دسته قرار می گیرند. این شبکه ها بیشتر در مسایلی کاربرد دارند که شاخص ها را نتوان به طور قطعی تخمین زد ولی از سوی دیگر بتوان با در دست داشتن اطلاعات و منابع مربوط به پروژه های مشابه, شاخص های پروژه را با احتمالات بیان نمود. در مسایل واقعی(خصوصاً پروژه های تحقیق و توسعه) که بیشتر شاخص های شبکه نامعین و غیر قطعی هستند , این روش ها نسبت به شبکه های قطعی نتایج واقعی تری ارائه می دهند, اما زمانی استفاده از این روش ها اعتبار دارد که اطلاعات و آمار پروژه های مشابه برای برآورد احتمالات و توزیع های احتمالی در دسترس باشد. شبکه های گرت نمونه بارز این نوع از شبکه ها هستند.

۵-۳- زمانبندی بهینه

در بسیاری از مسائل عالم واقع، بهینه سازی فرایند زمانبندی حائز اهمیت فراوان است. بدین خاطر از میان تکنیک‌های یاد شده به نظر می‌رسد زمانبندی پروژه‌ها به صورت فازی از عینیت بیشتری برخوردار باشد. [۹]

۶- زمانبندی با رویکرد فازی

رویکرد فازی امکان زمانبندی فعالیت‌های ذاتاً پویا و ناقص را فراهم می‌سازد. رهیافت مذکور امکان به کارگیری مجموعه‌های فازی، متغیرهای زبانی و استنتاج به کمک قواعد فازی در موضوعات مبهم را به منظور فرموله کردن دانش پروژه مهیا می‌کند . [۱۵،۱۴]

مهمترین مواردی که زمانبندی نادقیق توسط مجموعه‌های فازی پشتیبانی می‌شوند عبارتند از :

حالتی که تاریخ یا مدت زمان به صورت مبهم ارائه شده است؛ مانند موعد پرداخت / سر رسید پروژه.

تعریف و شناسایی ترجیحات به صورت مبهم مانند ترجیح مبهم میان بدیل‌ها و جایگزین‌ها.

عدم شفافیت در رابطه با ارزش پارامترهای زمانبندی مانند زمان فرایندها.

دانش یک مجموعه مانند گروهی از ماشین‌ها به جای هر یک از ماشین‌ها به تنهائی.

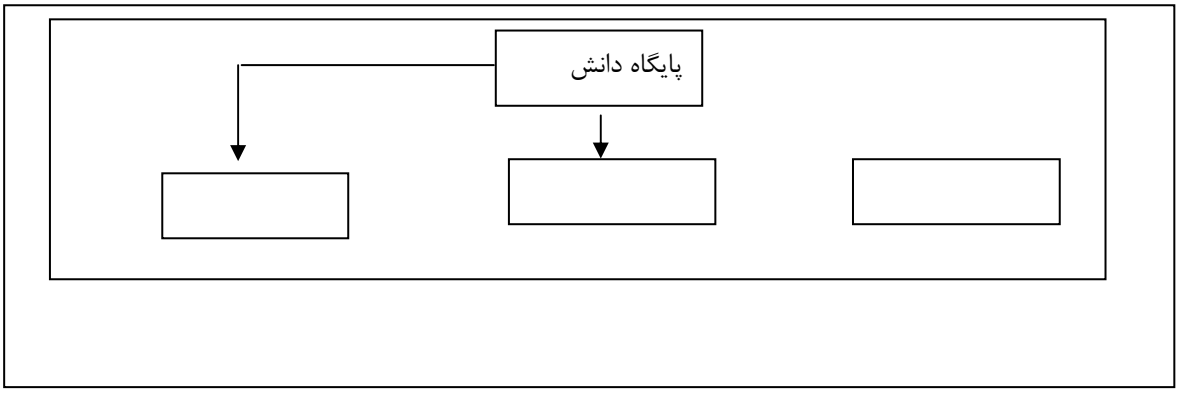
به منظور هدایت و کنترل اطلاعات نادقیق به کمک کنترل کننده‌های فازی (شکل ۱) باید گام‌های زیر برداشته شود :

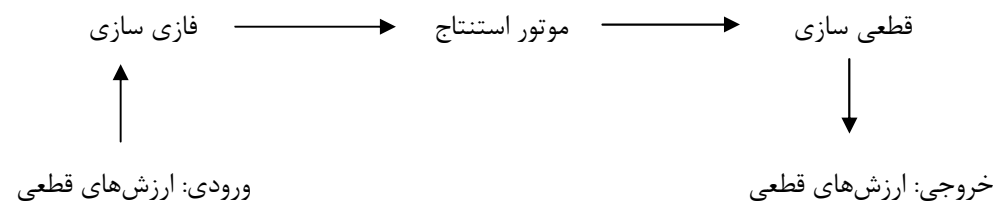
فازی سازی : تبدیل داده‌های زمانبندی به اطلاعات فازی

قواعد فازی : پردازش اطلاعات فازی منطبق با قوانین فازی

تبدیل فازی به قطعی : بیان اطلاعات فازی شده به صورت اطلاعات قطعی

مهمترین مزیت زمانبندی فازی؛ امکان تمرکز قابل ملاحظه بر تصمیمات زمانبندی و ضعف عمده آن اساس نیاز جدی به محاسبات کامپیوتری است.





شکل (۱) : فرایند فازی سازی داده‌ها (۱)

۱-۶- کاربرد فازی در زمانبندی پروژه

دلایل کاربرد فازی در زمانبندی پروژه را می‌توان به ترتیب زیر خلاصه کرد :

- ابهام و نااطمینانی در تعریف و توالی فعالیت‌ها : ترتیب و توالی فعالیت‌های پروژه به طور دقیق در مرحله برنامه‌ریزی پروژه، در اکثر پروژه‌ها خصوصاً پروژه‌هایی که برای اولین بار انجام می‌شوند و پروژه‌های تحقیق و توسعه همیشه امکان پذیر نیست و با نوعی عدم اطمینان و ابهام از سوی مجریان پروژه همراه هستند. این عدم اطمینان و نادقیقی در تخمین‌های افراد خبره را می‌توان با استفاده از مجموعه‌های فازی بیان کرد.
- ابهام و نااطمینانی در برآورد زمان فعالیتها : برآورد زمان فعالیت‌های پروژه به طور دقیق امکان پذیر نیست و همیشه به نوعی با عدم اطمینان و نادقیقی در برآوردهای توصیفی رو به رو هستیم. این موضوع را می‌توان در کلمات مجریان پروژه برای تخمین‌ها کاملاً مشاهده نمود. (مثلاً استفاده از کلمات تقریباً و حدوداً ۲۰ روز و ...) این ابهام و عدم اطمینان برآورد زمان، به ویژه در پروژه‌های تحقیقاتی و پروژه‌هایی که برای اولین بار انجام می‌شوند، بیشتر مبتلا به است. لذا می‌توان از مجموعه‌های فازی برای بیان عدم اطمینان در تخمین زمان فعالیت‌ها نیز بهره جست.
- طبیعت ذهنی بودن نظرات خبرگان
- عدم تکرار پذیری در فعالیت‌های پروژه خصوصاً پروژه‌های تحقیقاتی
- روش‌های احتمالی به داده‌های کامل و شرایط از پیش تعیین شده نیاز دارند و تخمین توزیع‌ها نیز بر اساس آمار و اطلاعات پروژه‌های مشابه صورت می‌گیرد. روشهای مبتنی بر رویکرد فازی در مقایسه با روشهای احتمالی به اطلاعات به مراتب کمتری نیاز دارند.

حجم کمتر محاسبات در روشهای فازی نسبت به روش‌های احتمالی و تقلیل مشکلات محاسبه‌ای در روش‌های احتمالی، با استفاده از فازی سازی داده‌ها (مانند مشکل محاسبه حداکثر و حداقل دو توزیع تصادفی در ارزیابی گره‌های نوع "و" و "یای عام" در روش گرت احتمالی)[۱۳،۱۰]

۲-۶- روشهای زمانبندی فازی پروژه

اگر چه بسیاری از مطالعاتی را که در زمینه کاربرد مفهوم فازی در پژوهش عملیاتی و علوم تصمیم گیری صورت گرفته است، می‌توان در روش‌های زمانبندی و برنامه‌ریزی به کار بست، با این حال سابقه نخستین مطالعات منتشر شده در مورد کاربرد نظریه فازی در زمانبندی پروژه، به اواخر دهه ۷۰ می‌رسد. "چاناس و کمبروفسکی" در سال ۱۹۸۱ جزء اولین کسانی بودند که فازی را در زمانبندی پروژه، به کار گرفتند. آنها روشی به نام پرت فازی ارائه دادند که در واقع همان روش پرت کلاسیک است، با این تفاوت که در آن روابط و شاخص‌های فازی جایگزین روابط کلاسیک شده‌اند. بدین ترتیب زمان تکمیل پروژه را که یک عدد فازی است، به دست می‌آورند. در این مقاله برای سهولت، آنها را از نظر نوع کاربرد به سه دسته زیر تقسیم نموده و مورد بررسی قرار می‌دهیم :

- زمان فازی : شبکه‌های زمانبندی پروژه که فقط، شاخص زمان در آنها فازی است.
- شبکه‌های فازی : یعنی شبکه‌هایی که همه شاخصهای زمانبندی پروژه بتواند فازی باشد.

- گرت فازی : شبکه‌های احتمالی گرت که شاخص‌های فازی جایگزین شاخص‌های احتمالی شده‌اند.

اساس کلی این روش‌ها را می‌توان در مراحل زیر خلاصه کرد :

۱. نحوه نمایش فازی شاخصهای زمانبندی (تعریف فعالیت‌ها، توالی فعالیت‌ها و زمان فعالیت‌ها) : مجموعه فازی، اعداد فازی، متغیرهای زبانی، امکان پذیری و ...

۲. انتخاب روش حل پایه و جایگزینی روابط فازی : اساس روش‌های حل زمانبندی فازی را معمولاً روش‌های کلاسیک مانند روش‌های CPM ، PERT ، GERT تشکیل می‌دهند که در این روش‌ها از روابط فازی مانند max (حداکثر فازی)،min (حداقل فازی)، جمع، ضرب و تفریق فازی به جای روابط قطعی و احتمالی استفاده می‌کنیم.

۳. تفسیر نتایج : با توجه به فازی بودن ورودیها، خروجی‌های سیستم مانند زمان تکمیل پروژه، مسیر بحرانی و شاخص‌های دیگر فازی خواهند بود؛ یعنی منحصر به فرد نیستند و به طرق مختلف می‌توان آنها را تفسیر نمود.

۶-۲-۱ زمان فازی

روشهایی از زمانبندی پروژه را می‌توان در این قسمت دسته بندی کرد که فقط شاخص زمان فعالیت پروژه را بصورت فازی درنظر گرفته‌اند.

پیشگامان زمانبندی با شاخص زمان فازی، چاناس و کمبروفسکی و هنری پرید در آخر دهه ۷۰ هستند که در بخش قبلی توضیح داده شد. بعدها مقالات زیادی در این زمینه منتشر شد که به تدریج مساله کاربرد فازی در زمانبندی را کاملتر کرده است. یک نمونه مهم از این مطالعات "روش لوتراپنگ و مسلحی " است.

اساس روش‌های زمانبندی با زمان فازی را می‌توان در سه مرحله زیر خلاصه کرد :

نمایش زمان : فرض ما بر این است که تعریف توالی فعالیت‌ها معین است و در شبکه پروژه فقط شاخص زمان نادقیق و مبهم است.

تخمین زمان فعالیت‌ها به طور 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 اعداد فازی بیان کرد. نمایش زمان فعالیت‌ها در مقالات عموماً به صورت مجموعه‌های فازی با زمان گسسته، مجموعه‌های فازی با زمان پیوسته، اعداد فازی مثلثی، اعداد فازی ذوزنقه‌ای و اعداد فازی از نوع LR، بیان شده است.

۱. تعیین روش حل پایه و جایگزینی روابط فازی : بعد از تعیین شبکه و تخمین زمان فازی فعالیت‌ها، قدم بعدی انتخاب روش زمانبندی فازی است که عموماً بر پایه همان روش‌های حل کلاسیک می‌باشد. مانند روش CPM برای محاسبات رو به جلو و محاسبات رو به عقب، روش برنامه ریزی خطی CPM و روش طولانی‌ترین مسیر؛ چون شاخص‌های فازی هستند، بنابراین باید روابط فازی مناسب را جایگزین روابط جبری کلاسیک نمود.

۲. تفسیر نتایج : با توجه به فازی بودن ورودی‌ها، خروجی‌ها نیز مانند دیرترین و زودترین زمان شروع و ختم فعالیت‌های پروژه، زمان تکمیل پروژه، شاخص‌های مسیر بحرانی و شناوری‌ها هم فازی خواهند بود. لذا می‌توان آنها را به روش‌های مختلف به دست آورد.

۶-۲-۲ -شبکه با کلیه شاخص‌های فازی

در قسمت قبل، شبکه‌های قطعی را در نظر گرفتیم که در آنها، فقط شاخص زمان فعالیت‌ها، فازی بود. در مسائل واقعی به پروژه‌هایی برخورد می‌کنیم که نه تنها شاخص زمان فعالیت‌ها مبهم و نادقیق است بلکه شاخص‌های دیگر شبکه پروژه،

یعنی تعریف فعالیتها و توالی آنها نیز مبهم و نادقیق است و نمی‌توان از ابتدا شبکه قطعی و معینی از فعالیت‌های پروژه مشخص کرد.

این نوع از شبکه‌ها را که همگی شاخص‌های آن نامطمئن و فازی باشد "شبکه فازی" می‌نامیم. با توجه به این که حیطه مذکور در مسائل واقعی کاربرد بیشتری دارد، اما تاکنون مطالعات چندانی در آن صورت نگرفته است که این امر می‌تواند به دلیل پیچیده بودن موضوع باشد. به نظر می‌رسد تنها روش قابل تأمل در این رابطه مربوط به مطالعات " ماریس " باشد.

- روش شبکه فازی

۱. ترسیم شبکه با در نظر گرفتن فعالیت‌هایی با درجه عضویت بزرگتر از صفر ؛
۲. در صورت به وجود آمدن لوپ (به دلیل ساختار فازی فعالیت‌ها) می‌توان لوپ‌ها با تعریف فعالیت‌های جدید حذف کرده و شبکه جدید را تعیین نمود.
۳. تعیین مسیرها : مسیرهای شبکه از گره ابتدا به گره انتها در این حالت قطعی نخواهد بود. چون تعریف و توالی فعالیت‌ها در این حالت فازی است، مسیرها هم فازی خواهند بود و می‌توان تابع عضویت مسیرها ($g(p)$) را محاسبه کرد. اگر p یک مسیر از شبکه باشد، آنگاه امکان پذیری مسیر $G(p)$ را می‌توان از رابطه فازی زیر به دست آورد؛ یعنی حداقل امکان پذیری فعالیت‌های روی مسیر :

$G(p)=\min(g_{ij}+1(A_{ij}))$
$J=(1,2,\ldots m-1)$

۴. تعیین زمان کل مسیرها : زمان کل مسیر مساوی مجموع زمان فعالت‌هاست که با توجه به فازی بودن زمان فعالیت‌ها و تعریف فعالیت‌ها، زمان کل هر مسیر هم فازی خواهد بود و به ترتیب زیر به دست می‌آید :

- اگر زمان فعالیت‌ها فازی باشد (طبق فرض) با تابع عضویت $Fi(j)$ $I=1,2,3,\ldots$ فرض کنیم فعالیت‌ها هم فازی باشد با تابع عضویت $F(Ai)$ زمان فازی اصلاح شده هر فعالیت به شکل زیر محاسبه می‌شود :

$$Fi(0)=\max[\int i(0),1-\int(Ai)]$$
$$Fi(i)=\min(\int i(i),1-\int(Ai)),\ j>0$$

- اگر فعالیت قطعی باشد، زمان فازی هر فعالیت همان $Fi(j)$ (طبق فرض) خواهد بود.

- تعیین زمان فازی هر مسیر : زمان مسیر مساوی مجموع زمان فعالیت‌هاست که با توجه به فازی بودن زمان فعالیت‌ها و تعریف فعالیت‌ها، زمان فازی هر مسیر($\int p,\int' p,\int'' p,\ldots$) ازجمع مجموعه‌های فازی فالیت‌ها $\int i(i)\int'' i$ به ترتیب زیر به دست می‌آید :

$$\int_p^1(i)=\int i1(i)=\int 0(i)$$
$$\int_p^a(i)=\max(\min(\int_p^{a-1}(k),\int ja(j);k\notin I,j+k=I))$$

- زمان فازی کل هر مسیر : با توجه به فازی بودن هر مسیر با تابع عضویت $g(p)$ ، تابع عضویت ترکیبی زمان فازی کل هر مسیر طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود :

$$\int p?\quad I\quad <0,1>$$
$$\int p?=\min(\int p.g(p)),i\in p$$

۵. تعیین مسیر بحرانی و شناوری‌ها: از آنجا که مسیرها مجموعه‌های فازی است و چند زمان ممکن برای هر مسیر وجود دارد، در نتیجه مسیر بحرانی و شناوری مسیرها هم فازی خواهد بود و نه منحصر به فرد.[۱۸]

۳-۲-۶- گرت فازی

شبکه‌های " گرت" به عنوان ابزاری قوی برای تحلیل سیستم‌های واقعی و پیچیده به کار می‌روند. در مسائل پیچیده و بزرگ اغلب تعریف معین شبکه با نااطمینانی مواجه است و تخمین شاخص‌های موجود در شبکه گرت (زمان فعالیت‌ها و احتمال رخداد شاخه فعالیت) عموماً به صورت نادقیق و مبهم انجام می‌شود.

استفاده از رویکرد احتمالی در این مواقع مناسب نیست. در شبکه‌های گرت احتمالی، دو شاخص مربوط به شاخه‌های فعالیت، یعنی زمان فعالیت و احتمال رخداد آن، به صورت توزیع‌های احتمالی و احتمالات بیان می‌شوند و این موضوع مستلزم آن است که داده‌های آماری برای تخمین احتمالات در دسترس باشند. اما در بیشتر مسائل واقعی و پروژه‌های تحقیقاتی معمولاً این آمارها یا در دسترس نیستند یا اینکه ثبت نمی‌شوند. در صورتی که اگر این شاخص‌ها با استفاده از مفهوم فازی بیان شوند، ضرورت وجود آمارها و داده‌ها حذف شده و تخمین آنها واقعی‌تر می‌نماید. به همین جهت می‌توان گفت که شبکه‌های گرت فازی، همان شبکه‌های گرت احتمالی هستند. با این تفاوت که در آنها شاخص‌های فازی جایگزین شاخص‌های احتمالی شده‌اند. در این دسته نیز بر خلاف کاربردهای فراوان آن در مسائل واقعی، به دلیل پیچیدگی ذاتی، کمتر کار شده است. می‌توان گفت " ایتاکورا" و " نیشیکاوا " اولین افرادی بودند که مفاهیم فازی را در شبکه‌های گرت جهت زمانبندی پروژه به کار گرفتند. آنها ترکیب‌های مختلف گره‌های منطقی را با شاخه‌های فازی فعالیت‌ها مورد مطالعه قرار دادند. بعدها " چنگ " نیز نوع خاصی از شبکه‌های گرت (گره‌های "یای ویژه") با شاخص‌های فازی را جهت حل مسائل قابلیت اطمینان مورد مطالعه قرار داد. [۱۷]

۷- جمع بندی و نتیجه گیری

حوزه به کارگیری زمانبندی سرعت در حال گسترش و تکامل است. این موضوع صرفاً نه به خاطر ملاحظات اقتصادی (زمانبندی مناسب می‌تواند میلیونها دلار صرفه جویی کند) بلکه به واسطه کاربرد گسترده آن در حوزه‌های متنوع کاری است چرا که تقریباً همه تکنیکهای حل مساله نیازمند به کارگیری آن هستند.

در مسائل واقعی شاخص‌های زمانبندی پروژه (تعریف و توالی فعالیت‌ها، زمان فعالیت‌ها) اغلب نامطمئن و نادقیق هستند. فازی به عنوان ابزاری مناسب برای نمایش نااطمینانی و عدم قطعیت در شاخص‌های زمانبندی پروژه می‌باشد. اساس روش‌های زمانبندی فازی را می‌توان در سه مرحله : نمایش شاخص‌های زمانبندی فازی پروژه (مجموعه‌های فازی، اعداد فازی، متغیر زبانی و ...)، انتخاب روش حل پایه و جایگزینی روابط فازی در آنها (جایگزینی روابط فازی به جای روابط جبری و احتمالی در روش‌های کلاسیک قطعی و احتمالی) و تفسیر نتایج فازی خلاصه کرد.

روش‌های مختلف زمانبندی فازی پروژه را می‌توان در سه دسته زمان فازی، شبکه فازی و گرت فازی تقسیم بندی کرد. در روش‌های زمانبندی پروژه با زمان فازی، فقط شاخص زمان فعالیت‌ها مبهم و نادقیق است که به صورت فازی بیان می‌شود. با توجه به فازی بودن ورودی‌ها (زمان فعالیت‌ها)، خروجی‌های مدل مانند دیرترین و زودترین زمانهای شروع و ختم شناوری‌ها و مسیرهای بحرانی هم فازی و غیر قطعی خواهند بود. در این زمینه مسائلی همچون زمانبندی فازی پروژه با محدودیت منابع، بهنگام کردن و کامپیوتری نمودن محاسبات می‌تواند جزو تحقیقات آینده باشد. در روش‌های شبکه فازی، کلیه شاخص‌های شبکه پروژه (تعریف و توالی فعالیت‌ها و زمان فعالیت‌ها) به کمک فازی بیان می‌شود که حوزه بیشتری از مسائل واقعی را در بر می‌گیرد. این مدل‌ها را می‌توان با مجموعه‌ای از تبدیلات، به مدل‌های زمانبندی با شاخص زمان فازی تبدیل کرد. روش‌های گرت فازی همان شبکه‌های گرت احتمالی هستند که در آنها شاخص‌های فازی جایگزین شاخص‌های احتمالی شبکه شده‌اند. این روش‌ها خصوصاً در زمانبندی پروژه‌های تحقیقاتی کارآیی بالایی دارند، اما به دلیل پیچیدگی در

این زمینه کمتر کار شده است. می‌توان گفت این روش‌ها با نمایش شاخص‌ها به صورت فازی که بیان طبیعی دانش متخصصان می‌باشد، نتایج واقعی‌تری نسبت به روش‌های دیگر زمانبندی پروژه ارائه می‌دهند.

مراجع

[1] Jorgen sauer, “ knowledge-based system techniques and applications in scheduling” university of Oldenburg, department of computer science, 2003, **http://www-is.informatik.uni-oldenburg.de/~sauer/**
[2] A. SUDIARSO and A.W.LABIB, “A fuzzy logic approach to an integrated maintenance/production scheduling algorithm”, int. j. prod. Res., 2002, vol.40, no.13,
[3] L, compero.” Comparison of fuzzy & pert type resource constraint”, project management journal, vol.25, 2002
[4] John, yongjean, “ project scheduling in a fuzzy environment”, **www.project** scheduling.com/2003/
[5] “ Project scheduling: recent models, algorithms and applications”, edited by jan weglarz, poznan university of technology, Poland, international series in operation research and management science 14, December 1998 hardbound 552 pp.
[6] C. D. Yang, T. M. Kuo. And H. C. Tai, “Hgain scheduling using fuzzy rules,” in proc. IEEE Conf. Decision and control, vol.4, 1996,pp. 3794-3799
[7] B. H. Cho and H. C. NO, “Design, stability and performance of a robus fuzzy logic gain scheduler for nuclear steam generators, ”IEEE Trans. Nucl. Sci., vol. 44, pp. 1431-1441, Aug. 1997. Andrew j. chipper field, Beatrice Bica, and peter j. Fleming. “ Fuzzy scheduling control of a gas Turbine Aero-Engine: A Multiobjective Approach”, IEEE transactions on industrial electronics, vol. 49, NO. 3, JUNE 2002
[8] Pierre Bonnal, Didier Gourc, Germain Locoest, “ where we do stand with fuzzy project scheduling”, 2003, university Toulouse, France.
[9] Wolfgang Eiden, “ flexible scheduling based on fuzzy technique”, 2003, university of Darmstadt.
[10] Pierre_BONNAL, ”fuzzy logic and project scheduling”, THU,10 August 1995, (**bonnal@mt.msm.cern.ch**)
[11] smith,S.F., and Becker, M. A, “An ontology for constructing scheduling systems”. AAAI Spring Symposium on Ontological Engineering, Palo Alto, CA, 120-129. (1997)
[12] Kempf, K. G. “Manufacturing planning and scheduling: where we are and where we need to be”. 5 th conference on Artificial Intelligence Applications, CAIA, Miami, FI.(1989)
[13] Jyh-Horng chou anh chen-Huei Hsieh, “Stability conditions of fuzzy gain scheduling systems”, international journal of fuzzy systems, vol.4, no.3, September 2002
[14] Andrew j. chipper field, Beatrice Bica,and peter j. Fleming. “Fuzzy scheduling control of a gas Turbine Aero-Engine: A Multiobjective Approach”, TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, vol. 49, NO. 3, JUNE 2002
[15] C. C. Lee, “fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller-Parst I & II,” IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol.20, pp.404-435,Mar./Apr.1990
[16] McDernott, d., and Hendler, j,” planning: what it is, what it could be, An Introduction to the special issue on planning and scheduling”, journal Artificial intelligence, 76, 1995.
[17] S. Chang, “Fuzzy repairable reliability based on fuzzy gert” Microelectronic Reliability, Vol. 36 no. 10, 1996
[18] Pasit lorterapong, osama moslehi, “ project network analysis using fuzzy sets theory”, construction engineering and management, December 1996
[19] ZHANG Liyi, “fuzzy compreensive evaluation method of informatization project post-evaluation” Fuzzy Information Processing Theories and Applications, March 1-4, 2003
[20] Hou, Heyin, and Wang, Huanchen, “the assessment for the quality of venture capital project managers based on flaa” Fuzzy Information Processing Theories and Applications, March 1-4, 2003
[21] Liu Dexue, fan Zhiping, Wang Xinrong, “A Subjective and objective method for the Quality of venture vapital project managers, journal of industry Engineering / Engineering management,”, 2002