Archive of SID

ارایه یک رویکرد فازی جهت مدیریت عملکرد پروژه ها در شرایط عدم اطمینان

علیرضا قنبری
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مدیریت، تبریز، ایران
Alireza.Ghanbari@hotmail.com
هوشنگ تقی زاده (نویسنده مسئول)
استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مدیریت، تبریز، ایران
Taghizadeh@iaut.ac.ir
سلیمان ایران زاده
دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مدیریت، تبریز، ایران
Iranzadeh@iaut.ac.ir

چکیده

یکی از مهمترین فعالیت های مدیران پروژه ، مدیریت و نظارت بر عملکرد پروژه است. تکنیک مدیریت زمان کسب شده (***EDM***) به عنوان جدید ترین تکنیک در این حوزه، برخلاف روش های پیشین برای اندازه گیری عملکرد زمانی پروژه از داده های بر پایه زمان استفاده می کند؛ این تفاوت منجر به نتایج واقع گرایانه تر در حوزه عملکرد خواهد شد. رویکرد جدیدی که در این پژوهش ارائه شده است، استفاده از رویکرد فازی جهت سنجش عملکرد پروژه در شرایط عدم اطمینان با استفاده از تکنیک نوظهور ***EDM*** می باشد. در این راستا از متغیرهای کلامی جهت اظهار درصد پیشرفت فعالیت ها و توسعه شاخص های این تکنیک به شاخص های توسعه یافته فازی که توانایی سنجش عملکرد پروژه را در شرایط عدم اطمینان دارند استفاده شده است. جهت رتبه بندی اعداد فازی نیز از روش جدیدی که بر پایه رابطه اولویت نسبی استوار است استفاده و برای شفاف سازی رویکرد ارائه شده، این رویکرد در یک پروژه نمونه واقعی در صنایع راه سازی پیاده سازی شده است.

کلید واژه:
مدیریت عملکرد، رویکرد فازی، تکنیک مدیریت زمان کسب شده، عدم قطعیت

مقدمه

در حال حاضر سازمان ها در محیطی متلاطم و رقابتی فعالیت می کنند. عکس العمل به موقع و سریع مدیران در مقابل شرایط متغیر در موفقیت سازمان ها و پروژه های آن نقش اساسی را دارد. در پروژه ها در واقع کنترل اجرای دقیق و کامل برنامه تدوین شده بایستی به نحو احسنت توسط مدیران پروژه ها بکار بسته شود، بطوری که هنگام خروج از برنامه بتوان با تشخیص علل و طرح اقتصادی ترین فعالیت ها، پروژه را به نزدیک ترین حالت ممکن در مسیر اولیه و اصلی خود بازگرداند. فلذا یکی از دغدغه های اصلی مدیران و ذینفعان پروژه اطلاع دقیق از پیشرفت و مقایسه میزان کار انجام شده با میزان کار پیش بینی شده و محاسبه مغایرت های هزینه ای و زمانی با عملکرد واقعی می باشد. همیشه در ارزیابی دقیق مقدار کار انجام شده پروژه محدودیت هایی وجود دارد اما بدون اندازه گیری و سنجش پیشرفت آنچه انجام شده است نمیتوان پروژه را کنترل نمود. اینجاست که اهمیت مدیریت عملکرد پروژه آشکار می شود.

یکی از مهمترین فعالیت های مدیریت پروژه ، مدیریت و نظارت بر عملکرد پروژه است. اطمینان از اینکه پروژه در قالب برنامه تعریف شده از نظر زمان و هزینه در حال انجام است.در این راستا تکنیک های فراوانی جهت مدیریت و نظارت بر عملکرد پروژه پیشنهاد شده اند که براساس شاخص های پر اهمیتی چون هزینه و زمان به بررسی و ارزیابی عملکرد پروژه می پردازند. جهت بهبود دقت ارزیابی عملکرد زمانی، رویکرد جدیدی در سال ۲۰۱۳ پیشنهاد شده است که تکنیک مدیریت زمان کسب شده (***EDM***) نام دارد. تاکید بر شاخص زمانی در برآورد زمان تحویل پروژه ها نه تنها به مدیریت زمان بندی تحویل پروژه کمک می کند بلکه باعث صرفه جویی در هزینه ها نیز خواهد شد. پایه و اساس این متدلوژی براساس استفاده ویژه از اطلاعات مبتنی بر زمان برای ایجاد شاخص های پیشرفت فیزیکی است. بنابراین شاخص های عملکرد زمانی(برنامه ای) از هرگونه

www.SID.ir

Archive of SID

وابستگی به مقادیر هزینه برنامه ریزی آزاد می گردند و بنابراین دیگر تحت تاثیر آنها نخواهند بود. این متد شاخص هایی را پیشنهاد می کند که در آن اندازه گیری عملکرد هزینه و زمان جدا سازی شده است و شاخص های متنوعی جهت اندازه گیری پیشرفت و عملکرد زمان و هزینه معرفی شده است. از طرف دیگر در مباحث مدیریت پروژه در بسیاری از مواقع حجم کل کاری که بایستی جهت تکمیل فعالیت ها انجام شود نامشخص و نامعلوم و خارج از کنترل است. در چنین شرایطی استفاده از تئوری فازی که عدم اطمینان را در سیستم ها و فعالیت ها تشریح می کند کاربرد فراوانی دارد؛ لذا جهت رفع مشکل عدم اطمینان در پروژه ها و در هنگامی که نظارت و مدیریت بر عملکرد پروژه در شرایط عدم اطمینان ضروری به نظر می رسد می توان از تکنیک ***EDM*** با رویکرد فازی بهره برد.

۱. مبانی نظری پژوهش

با پیشرفت تکنولوژی و ایجاد فضای رقابتی در صنعت و کسب و کار ،توجه به راندمان کار و ایجاد کارایی و اثربخشی به عنوان راهکاری مفید در جهت برآورد مدیران مطرح گردیده است. بهره وری در هر زمینه به عنوان شاخصه اصلی در هر سیستم، زمینه را برای تحلیل هرچه بیشتر مدیران گشوده است. لذا توجه به روش های برآورد و اندازه گیری عملکرد و بالاخص مدیریت عملکرد در این شرایط رقابتی صنعت ،اهمیت ویژه ای پیدا کرده است.

۱.۱. بررسی پیشینه تکنیک های اندازه گیری و مدیریت عملکرد پروژه و معرفی تکنیک مدیریت زمان کسب شده(EDM)

در این زمینه تکنیک فراوانی جهت اندازه گیری و مدیریت عملکرد پروژه پیشنهاد شده اند. از میان آنها می توان به تکنیک فراگیر مدیریت ارزش کسب شده (***EVM***) و تکنیک زمان بندی کسب شده (***ES***) اشاره کرد. مدیریت ارزش کسب شده سیستم شناخته شده مدیریتی است که هزینه زمان بندی و عملکرد تکنیکی را با یکدیگر ترکیب کرده و انحرافات هزینه و زمان و هم چنین شاخص های عملکردی را محاسبه و زمان و هزینه پروژه را پیش بینی می نماید (***Naderpour & Mofid, 2011: 1945-195***). با توجه به اهمیت زمان و هزینه در سیستم های تولیدی و پروژه ای باید بیان داشت که یکی از چالش های اصلی در مباحث مدیریتی پروژه ها، ایجاد تعادل در مفاهیم ۳گانه محدوده زمان بندی و هزینه می باشد ***(Warburton,2011:1082-1092)***.

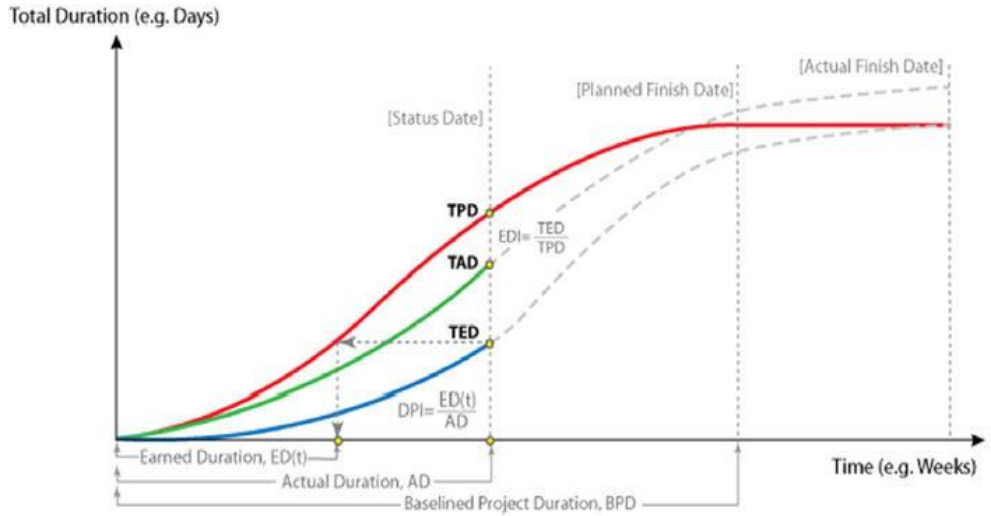
اما شاخص های عملکرد زمانی ***EVM*** کارآمدی کمی برخوردارند. در این خصوص می توان به ۳عامل اساسی ناکارآمدی اشاره کرد که اولین عامل آن این مساله می باشد که شاخص های عملکرد زمانی ***EVM*** از قبیل ***SV*** با واحد های هزینه اندازه گیری می شود و واحدهای زمانی در آنها نقشی ندارند که این مساله درک رفتار این شاخص را مشکل می سازد و در تفسیرها ایجاد اشتباه می کند (ساوجی و خیرخواه ،۱۳۸۷: ٤). دومین عامل عدم امکان تفسیر مناسب از وضعیت پروژه در زمانی است که ***SV=0*** و یا ***SPI=1*** می باشد که در این صورت یا کار پایان پذیرفته است یا مطابق برنامه در حال پیش روی می باشد (شاکری و سایرین ، ۱۳۸۸). در نهایت سومین عامل مربوط به رفتار ***SV***و***SPI*** در انتهای پروژه می باشد که با نزدیک شدن به پایان پروژه ***SV***به صفر و ***SPI*** به سمت یک میل می کند که معرف عملکرد کاملاً مطلوب پروژه می باشد حتی اگر پروژه تاخیر داشته باشد. با این نقایص پیشگویی زمان به طور قابل استناد از این شاخص ها نمی تواند به کار گرفته شود (***Vandevoorde & Vanhoucke :2006,289-302***). مطالعات نشان می دهد که در رفتار غیرطبیعی شاخص های عملکرد زمانی ***EVM*** زمانی که پروژه به حدود ٦٥٪ پیشرفت می رسد آغاز می شود (***Lipke,2009;Vanhoucke: 2010***).

تکنیک زمان کسب شده(***EDM***) (***Khamooshi & Golafshani: 2013***) برای رفع کاستی های تکنیک زمان کسب شده(***ES***)، بعلت استفاده از داده های بر پایه هزینه به عنوان ابزاری برای ارزیابی عملکرد زمان بندی پروژه، طراحی شده است. پایه و اساس این تکنیک بر استفاده ویژه از داده های بر پایه زمان برای ایجاد شاخص های پیشرفت فیزیکی می باشد. بنابراین، شاخص های عملکرد زمانی از هرگونه وابستگی به مقادیر هزینه زمان بندی شده خارج می شوند و در نتیجه دیگر تحت تاثیر آنها نخواهند بود (***Vanhoucke et al,2015: 7***).

شکل ذیل شکل مفهومی محاسبات***EDM*** را نمایش می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱). نمودار مفهومی EDM (Khamooshi&Golafshani,۲۰۱۳:۱۰)

تکنیک های معدودی تاکنون برای سنجش عملکرد زمان/زمان بندی پروژه پیشنهاد شده است (***Turner,2010; Vanhoucke,2015***). در بیشتر این سنجه ها تمرکز روی اندازه گیری عملکرد خط مبنا (***Baseline***) و اینکه پروژه با توجه به پارامترهای ***EVM*** در چه وضعیتی می باشد (همگی بر پایه داده های هزینه ای هستند). بنابراین این تکنیک ها می توانند بهبود و توسعه یابند و سنجه های عملکردی قابل اعتبار تری ایجاد نمایند. همچنین سنجه های اضافی دیگری نیز می توانند طراحی شوند.

مطالعات انجام شده در سال ۲۰۱۵ در خصوص مقایسه عملکرد تکنیک های مختلف مدیریت عملکرد و پیش بینی زمان پروژه از قبیل (***Lipke,2011; Elshaer,2013 ;Khamooshi and Golafshani,2013***)، در خصوص تکنیک ***EDM*** اظهار می دارد :" تکنیک ***EDM(t)*** یقیناً به عنوان یک متدلوژی معتبر برای پیش بینی زمان پروژه مورد اثبات قرار گرفته است، طوری که می تواند با تکنیک های پیشنهادی موجود از قبیل ***EVM***و ***ES*** رقابت کند و حتی آنها را بهبود دهد." (***Batselier and Vanhoucke,2015:*** ۹).

لیست شاخص های تکنیک ***EDM***، فرمول های مربوطه و روابط آنها در پیوست الف آمده است. جهت مطالعه جزئیات بیشتر این تکنیک می توان به منابع مرتبط از قبیل (***Khamooshi and Golafshani,2013***) مراجعه نمود.

۱. ۲. منطق فازی

در سال ۱۹۶۵ توسط دانشمند ایرانی الاصل به نام لطفعلی عسگرزاده که جامعه بین‌المللی به نام پروفسور زاده از ایشان یاد می‌کند، ارائه شد. رویکرد نظریه فازی با درنظرگرفتن ابهام و عدم اطمینان، به جای حذف و نادیده گرفتن آن، با ترویج منطق چند ارزشی به جای منطق دو ارزشی، امکان بررسی دقیق تر مسائل را فراهم می کند. در منطق کلاسیک، اطلاعات یا کاملاً درست یا کاملاً غلط اند و کنترل اطلاعات ناقص و غیر دقیق میسر نیست. در حالیکه همین اطلاعات حاوی داده هایی است که به ما این توانایی را می دهد که پاسخ مناسب تری برای مسائل بیابیم. در منطق کلاسیک ،اگر یک عنصر به مجموعه ای تعلق نداشته باشد، با عدد صفر نشان داده می شود و اگر به آن مجموعه تعلق داشته باشد، با عدد یک نشان داده می شود. اما در منطق فازی تعلق به مجموعه مزبور در بازه بسته ۰و۱قرار میگیرد. بنابراین، می توان گفت که منطق فازی همان بسط منطق کلاسیک است(***Zadeh,1992: 13-14***).

تابع عضویت یک عدد فازی ذوزنقه ای مانند $A = [a_1, a_3, a_3, a_4]$ بصورت زیر تعریف می شود:

www.SID.ir

Archive of SID

$$\mu_{\tilde{A}}x = \begin{cases} 0 & x \le a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \le x \le a_2 \\ 1 & a_2 \le x \le a_3 \\ \frac{x-a_3}{a_4-a_3} & a_3 \le x \le a_4 \\ 0 & a_4 \le x \end{cases} \qquad (۱)$$

۱. ۳. مروری بر تحقیقات پیشین صورت گرفته

مطالعات فازی در زمینه های تکنیک های مدیریت پروژه بطور محدودی صورت گرفته است که از آن جمله می توان به(***Naeni et al,2011***) اشاره کرد که در این پژوهش، تکنیک ***EVM*** با رویکرد فازی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در این مقاله اشاره شده است که: "ترکیب رویکرد فازی با محاسبات ***EVM*** ،محدودیت های پیشین مدل های قطعی ***EVM*** را به همراه ندارد و مدل سازی را با توجه به واقعیت انجام می دهد. در این پژوهش، از رویکرد فازی برای محاسبات ***EVM*** استفاده شده است و شاخص های این تکنیک به شاخص های فازی تبدیل شده است."(***Naeni et al, 2011: 8***). مطالعاتی در خصوص استفاده از رویکرد فازی در بررسی شاخص های اصلی تکنیک ***EVM*** (***EV,AC,PV***) با استفاده از متغیرهای کلامی و کاربرد تکنیک***α–cut*** انجام شده است که پژوهشگران آن اعتقاد دارند بدین وسیله نتایج واقع گرایانه تری نسبت به رویکردهای سنتی بدست آمده است (***PONZ-TIENDA et al,2012 ; Zowghi et al,2011***).

۲. روش تحقیق

نظریه فازی برای بیان و تشریح عدم قطعیت در فعالیت ها مورد استفاده قرار میگیرد و برای بیان و مدل سازی ابهامات با استفاده از متغیرهای کلامی از نظریه های فازی استفاده می شود. برای مثال چنانچه نتوان میزان دقیق پیشرفت پروژه با اعداد کمی اظهار نمود، میتوان از متغیرهای کلامی نظیر خیلی زیاد بهره برد. البته متغیرهای کلامی قبل از اینکه به اعداد تبدیل شوند نمی توانند در تکنیک ***EDM*** مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین با توجه به متغیرهای کلامی، اعداد فازی و توابع عضویت را تعریف می نماییم و سپس محاسبات مربوط به ***EDM*** را انجام می دهیم. مدیران و کارشناسان پروژه نیز با توجه به تجربیات خود و درگیر بودن با پروژه، از متغیرهای کلامی جهت اعلام میزان پیشرفت پروژه استفاده می کنند.

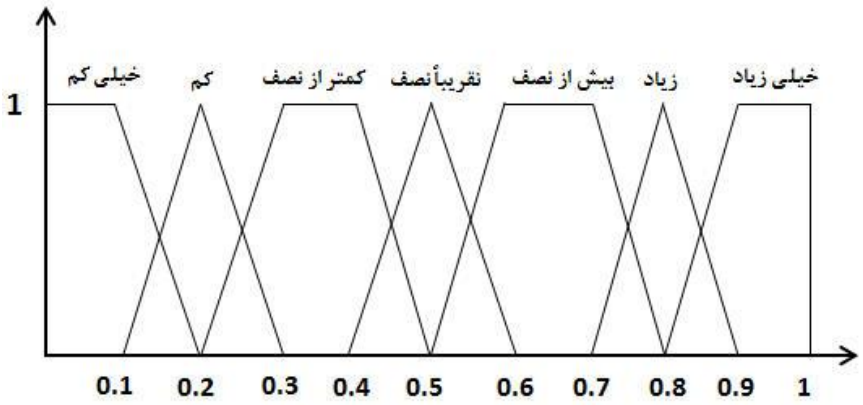
کاربرد این تکنیک در زمانی است که حجم کار باقیمانده برای تکمیل فعالیت ها و پروژه نامشخص و نا معین می باشد و در حقیقت از کنترل خارج است. مثال مناسبی که در این مورد اشاره شده است (***Naeni et al,2011:2***) در پروژه عمرانی و برای مثال سد سازی ،سطح زمین بایستی تا رسیدن به لایه سخت سنگی حفاری گردد، قبل از رسیدن به این لایه ،حجم دقیق حفاری و مقدار کار موردنیاز ،نامشخص و از کنترل خارج است؛ بنابراین درصد پیشرفت فعالیت حفاری نمی تواند بطور دقیق اندازه گیری شود. بنابراین در چنین پروژه هایی که عدم قطعیت در فعالیت ها وجود دارد، اندازه گیری درصد پیشرفت فعالیت ها از طریق استفاده از متغیرهای کلامی ،کاربردی تر است. از طرف دیگر استفاده از این متغیرهای کلامی، از طریق پاسخ داده به سوالاتی از قبیل:" چه نسبتی از فعالیت تکمیل شده است" برآورد درصد پیشرفت فعالیت ها را به مراتب آسان تر و در عین حال واقعی تر می نماید.

در حقیقت در مدل پیشنهادی از مدیران و کارشناسان پروژه درخواست می شود با توجه به عدم قطعیت در میزان دقیق پیشرفت فعالیت ها، میزان پیشرفت را با عبارات کیفی نظیر: خیلی کم ،کم، کمتر از نصف، نصف، بیشتر از نصف، زیاد و خیلی زیاد بیان نمایند. توضیحاً اینکه در این پژوهش جهت فازی کردن متغیرهای کلامی از روش پیشنهادی در (***Naeni et al,2011***)استفاده شده است .

در شکل۳و جدول ۱ شرایط در نظر گرفته شده برای متغیرهای کلامی و اعداد فازی معادل آن مشاهده می شود که چنانچه مشخص است از اعداد فازی ذوزنقه ای و مثلثی استفاده شده است. با رجوع به جدول ۱ می توان متغیرهای کلامی استفاده شده توسط مدیران و کارشناسان پروژه را به اعداد فازی تبدیل نمود و محاسبات را مطابق با آن انجام داد .

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۲). نمودار متغیرهای کلامی

جدول (۱) . جدول متغیرهای کلامی و اعداد فازی معادل

متغیر کلامی	معادل عدد فازی
خیلی کم	(۰،۰،۰،۱،۰،۲)
کم	(۰،۱،۰،۲،۰،۲،۰،۳)
کمتر از نصف	(۰،۲،۰،۳،۰،٤،۰،٥)
تقریباً نصف	(۰،٤،۰،٥،۰،٥،۰،٦)
بیش از نصف	(۰،٥،۰،٦،۰،۷،۰،۸)
زیاد	(۰،۷،۰،۸،۰،۸،۰،۹)
خیلی زیاد	(۰،۸،۰،۹،۱،۱)

با مراجعه به جداول فوق، برای مثال متغیر کلامی زیاد، برابر با عدد فازی $(۰,۷,۰,۸,۰,۸,۰,۹)$خواهد بود یا برای مثال می توان از مدیران خواست برآورد خود را از درصد پیشرفت فعالیت ها با عباراتی نظیر "تقریباً۲۰٪" و یا "حدوداً بین۲۰تا۳۰٪" بیان کنند و سپس کارشناس مربوطه عبارات مورد اشاره را به عدد فازی تبدیل نماید. درصد پیشرفت فعالیت iام را از این پس با Pi نمایش می دهیم.

پس از تعیین درصد پیشرفت فعالیت ها با استفاده از متغیرهای کلامی و تبدیل آنها با اعداد فازی مطابق با توابع عضویت جدول ۱، با محاسبه زمان کسب شده فازی هر فعالیت($\widetilde{ED}_i$)شروع می نماییم:

$$\widetilde{P_i} = [a_{۱}, a_{۲}, a_{۳}, a_{٤}]$$

$$\widetilde{ED_i} = API_i \times BPD_i = \tilde{P}_i \times BPD_i = [E_{۱}, E_{۲}, E_{۳}, E_{٤}] \qquad (۲)$$

توضیحاً اینکه $APIi$شاخص پیشرفت فعالیت i است که در شرایط عدم قطعیت و عدم اطمینان با توجه به اینکه امکان محاسبه دقیق آن وجود ندارد بصورت متغیر کلامی بیان شده و با رجوع به جدول۱به عدد فازی تبدیل می شود. $BPDi$نیز در این رابطه نشان دهنده مقدار زمان برنامه ریزی شده برای انجام کل فعالیت iاست که در نهایت با استفاده از این رابطه ،مقدار زمان کسب شده فعالیت i محاسبه می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۲.۲. توسعه شاخص های فازی مدیریت عملکرد و برآورد زمان پروژه

شاخص های تکنیک **EDM** چنانچه گفته شد توانایی سنجش عملکرد پروژه در شرایط عدم قطعیت ندارند، بنابراین با استفاده از رویکرد فازی، این شاخص ها به شاخص های فازی بایستی توسعه یابند. در این قسمت با استفاده از روابط فازی و فرمول های مربوط به این شاخص ها که در پیوست ۱ آمده است، شاخص های فازی توسعه یافته معرفی شده اند:

زمان کسب شده کل پروژه در هر مقطع زمانی از مجموع $\widetilde{ED}_i$محاسبه می شود و با **TED** نمایش داده می شود که در این رابطه **EVi** می تواند برخی از آنها اعداد فازی باشند در حالیکه مابقی مقادیر قطعی و غیرفازی باشد:

$$TED = \sum_{i=1}^{n} ED_i = [ED_1, ED_2, ED_3, ED_4] \qquad (۳)$$

$\widetilde{ED(t)}$ که زمان فازی کسب شده در (تاریخ گزارش گیری(**t**)یا زمان واقعی(**AD**)) است که در پایان پروژه برابر با **BPD**(زمان برنامه ریزی شده مبنا برای کل پروژه)است. $\widetilde{ED(t)}$ در حقیقت معادل زمانی زمان کسب شده (**TED**)است که از تصویر نمودن **TED** بر روی خط مبنا بدست می آید. با توجه به در نظر گرفتن **EDi** و **TED** بصورت اعداد فازی، **ED(t)** نیز به یک عدد فازی تبدیل خواهد شود و هریک از چهار عضو عدد ذوزنقه ای $\widetilde{TED}$ بر روی خط مبنا تصویر می شوند و تابع عضویت $\widetilde{ED(t)}$تعریف می شوند که در حالت فازی محاسبات بدین شرح است:

$$\widetilde{ED(t)}_i = t + \frac{\widetilde{TED} - TPD_t}{TPD_{t+1(Calender\ unit)} - TPD_t} \times 1 = t + \frac{E_i - TPD_t}{TPD_{t+1(Calender\ unit)} - TPD_t} \times 1$$

$$i = 1; 2; 3; 4$$

$$\widetilde{ED(t)}_i = \left[\widetilde{ED(t)}_1, \widetilde{ED(t)}_2, \widetilde{ED(t)}_3, \widetilde{ED(t)}_4\right] \qquad (۴)$$

در این فرمول $\widetilde{ED(t)}$زمان کسب شده فازی (در تاریخ گزارش گیری یا زمان واقعی(**AD**)) است. $\widetilde{TED}$ زمان فازی کسب شده کل در **AD** و **TPDt** زمان برنامه ریزی شده کل در **t** است و **Calender Unit**معرف زمانی است که **t** اندازه گیری می شود. در پایان پروژه **ED(t)** مشابه **BPD** (زمان برنامه ریزی شده مبنا)خواهد شد.**ti** نشان دهنده بزرگترین مقطع زمانی است که در آن **TPDt**از **Ei** کمتر است و **TPDt+1** زمان کل برنامه ریزی شده برای مقطع زمانی بعد از **t** یعنی **t+1** است.

شاخص فازی عملکرد زمانی کل پروژه($\widetilde{DPI}$):که در هر نقطه از زمان نشان دهنده عملکرد پیشرفت زمانی کل پروژه در راستای تکمیل پروژه است. به عبارتی دیگر نشان می دهد که پروژه در راستای رسیدن به هدف تاریخ تکمیل پروژه با توجه به مسیر بحرانی چگونه عمل می کند و در حالت فازی بدین صورت محاسبه می شود:

$$\widetilde{DPI} = \frac{\widetilde{ED(t)}_i}{AD} = \left[\frac{\widetilde{ED_{t1}}}{AD}, \frac{\widetilde{ED_{t2}}}{AD}, \frac{\widetilde{ED_{t3}}}{AD}, \frac{\widetilde{ED_{t4}}}{AD}\right] \qquad (۵)$$

شاخص فازی زمان کسب شده کل پروژه($\widetilde{EDI}$): که در هر نقطه از زمان نشان دهنده کل کار انجام شده بر پایه زمان در مقایسه با کار برنامه ریزی شده کل در آن نقطه از زمان است. این شاخص به روابط فعالیت ها وابستگی ندارد و از روابط فی مابین آنها برای دستیابی به تاریخ پایان پروژه صرفنظر می کند که در حالت فازی بدین صورت محاسبه می شود:

$$\widetilde{EDI} = \frac{\widetilde{TED}}{TPD} = \left[\frac{\widetilde{ED_1}}{TPD}, \frac{\widetilde{ED_2}}{TPD}, \frac{\widetilde{ED_3}}{TPD}, \frac{\widetilde{ED_4}}{TPD}\right] \qquad (۶)$$

شاخص های پیش بینی عملکرد جهت پیش بینی عملکرد پروژه در آینده با توجه به روند گذشته بکار میروند. در این شاخص ها عملکرد فعلی به آینده تعمیم داده می شود و با این فرض به پیش بینی وضعیت پروژه در آینده پرداخته می شود. یکی از این شاخص ها که مشابه

www.SID.ir

Archive of SID

EAC[۱] در تکنیک ***EVM*** کاربرد دارد، شاخص ***EDAC*** است که برآورد زمان مورد نیاز جهت تکمیل پروژه است که نسبت زمان برنامه ریزی شده مبنای پروژه(***BPD***) بر شاخص عملکرد زمانی کل پروژه(***DPI***) است که در این رابطه فرض می شود که ***DPI*** در ادامه پروژه تغییر نخواهد کرد و عملکرد زمانی پروژه ثابت خواهد ماند و با توجه به اینکه در شرایط عدم قطعیت ***DPI*** مطابق رابطه ۵ یک عدد فازی است بنابراین ***EDAC*** نیز به یک عدد فازی تبدیل می شود و بدین صورت محاسبه می شود:

$$\widetilde{EDAC} = \frac{BPD}{\widetilde{DPI}} = \frac{BPD}{\left[\frac{ED_{t1}}{AD}, \frac{ED_{t2}}{AD}, \frac{ED_{t3}}{AD}, \frac{ED_{t4}}{AD}\right]} = \left[\frac{BPD \times AD}{ED_{t4}}, \frac{BPD \times AD}{ED_{t3}}, \frac{BPD \times AD}{ED_{t2}}, \frac{BPD \times AD}{ED_{t1}}\right] \qquad (۷)$$

۲ .۳ .۲ ترجمه و تفسیر شاخص های فازی توسعه یافته

شاخص های فازی توسعه یافته فوق بایستی برای تصمیم گیری ترجمه و تفسیر شوند. بدین معنی که بایستی این اعداد فازی به اعداد قابل تفسیر جهت مقایسه با مقادیر پیش بینی شده تبدیل شوند. در این راستا از تکنیک های متعددی می توان استفاده نمود. این تکنیک ها به ۲دسته تقسیم بندی می شوند. دسته اول تکنیک های دیفازی سازی و دسته دوم تکنیک های مقایسه اعداد فازی با احتساب اولویت نسبی می باشند. ***Wang*** (۲۰۱٤) اعتقاد دارد که دیفازی سازی، به دلیل از بین رفتن مفهوم فازی، ساده تر از تکنیک های رتبه بندی اعداد فازی است. از طرف دیگر، مقایسه زوجی اعداد فازی علیرغم پیچیدگی بیشتر مفهوم فازی را همچنان حفظ می نماید. فلذا از میان تکنیک های متعدد موجود(***Wang, 2014; Lee and Li, 1988; Choobineh and Li, 1993; Adamo, 1980; Requena et al., 1994; Fortemps and Roubens, 1996***) تکنیک رتبه بندی اعداد فازی با استفاده از رابطه اولویت نسبی که توسط ***Wang*** (۲۰۱٤) معرفی شده است در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است.

با توجه به این تکنیک چنانچه ***A*** و ***B*** دو عدد فازی ذوزنقه ای باشند، آنگاه:

Is preferred to $\widetilde{B}$ ***If*** $\mu_p(A,B) > \frac{1}{2}\widetilde{A}$

$$\mu_p(A,B) = \frac{1}{2}\left(\frac{(a_1-b_4)+(a_2-b_2)+(a_3-b_2)+(a_4-b_1)}{2\|T\|} + 1\right) \qquad (۸)$$

$\|A,B\| = \|T\|$ نیز بدین صورت محاسبه می شود:

$$\|A,B\| = \|T\| = \begin{cases} \frac{(t_1^+ - t_4^-)+(t_2^+ - t_3^-)+(t_3^+ - t_2^-)+(t_4^+ - t_1^-)}{2} & if\ t_1^+ \geq t_4^- \\ \frac{(t_1^+ - t_4^-)+(t_2^+ - t_3^-)+(t_3^+ - t_2^-)+(t_4^+ - t_1^-)}{2} + 2(t_4^- - t_1^+) & if\ t_1^+ \leq t_4^- \end{cases}$$

$$\boldsymbol{t_1^+ = max\{a_1, b_1\}, t_2^+ = max\{a_2, b_2\}, t_3^+ = max\{a_3, b_3\}, t_4^+ = max\{a_4, b_4\}}$$

$$t_1^- = min\{a_1, b_1\}, t_2^- = min\{a_2, b_2\}, t_3^- = min\{a_3, b_3\}, t_4^- = min\{a_4, b_4\}$$

(۹)

از آنجایی که در این پژوهش مقایسه با یک عدد قطعی انجام می گیرد، رابطه فوق بصورت ذیل تعدیل می گردد:

Assume $X \geq 0$ ***is a real number,*** $\widetilde{A}$ ***is preferred to X If*** $\mu_p(\widetilde{A}, X) > \frac{1}{2}$

$$\mu_p(\widetilde{A}, X) = \frac{1}{2}\left(\frac{(a_1-X)+(a_2-X)+(a_3-X)+(a_4-X)}{2\|T\|} + 1\right) \qquad (۱۰)$$

$$\|T\| = \begin{cases} \frac{(t_1^+ - t_4^-)+(t_2^+ - t_3^-)+(t_3^+ - t_2^-)+(t_4^+ - t_1^-)}{2} & if\ t_1^+ \geq t_4^- \\ \frac{(t_1^+ - t_4^-)+(t_2^+ - t_3^-)+(t_3^+ - t_2^-)+(t_4^+ - t_1^-)}{2} + 2(t_4^- - t_1^+) & if\ t_1^+ \leq t_4^- \end{cases} \qquad (۱۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$t_1^+ = max\{a_1, X\}, t_2^+ = max\{a_2, X\}, t_3^+ = max\{a_3, X\}, t_4^+ = max\{a_4, X\}$$
$$t_1^- = min\{a_1, X\}, t_2^- = min\{a_2, X\}, t_3^- = min\{a_3, X\}, t_4^- = min\{a_4, X\}$$

جداول ذیل تفسیر مقایسه مقادیر $\widetilde{DPI}$ و $\widetilde{EDI}$ را با عدد یک نمایش می دهد:

مقدار $\widetilde{DPI}_R^\alpha$	تفسیر
$\mu_p(\widetilde{DPI}, ۱) > \frac{۱}{۲}$	عملکرد از برنامه زمان بندی عقب تر است
$\mu_p(\widetilde{DPI}, ۱) = \frac{۱}{۲}$	عملکرد مطابق با برنامه زمان بندی است
$\mu_p(\widetilde{DPI}, ۱) < \frac{۱}{۲}$	عملکرد از برنامه زمان بندی جلوتر است

جدول (۳). تفسیر مقادیر $\mu_p(\widetilde{EDI}, 1)$

مقدار $\widetilde{EDI}_R^\alpha$	تفسیر
$\mu_p(\widetilde{EDI}, ۱) > \frac{۱}{۲}$	کار انجام شده از برنامه زمان بندی عقب تر است
$\mu_p(\widetilde{EDI}, ۱) = \frac{۱}{۲}$	کار انجام شده مطابق با برنامه زمان بندی است
$\mu_p(\widetilde{EDI}, ۱) < \frac{۱}{۲}$	کار انجام شده از برنامه زمان بندی جلوتر است

زمان برنامه ریزی شده مبنا(BPD) زمان کل تخصیص داده شده به پروژه است. در اینجا متغیری با عنوان زمان رزرو (SR) تعریف می شود که در شرایط فورس ماژور مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین زمان کل در دسترس پروژه(FAD) بصورت ذیل محاسبه می شود:

$$FAD=BPD+SR \qquad (۱۲)$$

بنابراین تفسیر مقادیر $\widetilde{EDAC}$ بصورت ذیل می باشد:

جدول (۴). تفسیر $\mu_p(\widetilde{EDAC}, BPD)$

وضعیت $\widetilde{EDAC}$	تفسیر	توضیحات

www.SID.ir

Archive of SID

پروژه زودتر از زمان برنامه ریزی شده مبنا به پایان می رسد	$\widetilde{EDAC} \leq BPD$	$\mu_p(\widetilde{EDAC}, BPD) \leq \frac{1}{2}$
پروژه جهت تکمیل در زمان کل مجاز به زمان رزرو(SR) نیاز دارد	$BPD < \widetilde{EDAC} \leq FAD$	$\boldsymbol{\mu_p(\widetilde{EDAC}, FAD) \leq \frac{1}{2}}$ **and** $\boldsymbol{\mu_p(\widetilde{EDAC}, BPD) > \frac{1}{2}}$
پروژه نمی تواند در زمان کل در دسترس تکمیل شود.	$\widetilde{EDAC} > FAD$	$\boldsymbol{\mu_p(\widetilde{EDAC}, FAD) > \frac{1}{2}}$

۳. یافته های پژوهش

در این قسمت یک نمونه پروژه واقعی که وضعیت عدم اطمینان در برخی از فعالیت های آن وجود دارد، مورد بررسی قرار گرفته و کاربرد تکنیک ها و شاخص های معرفی شده در قسمت پیش، در نمونه مورد بررسی تشریح شده است. پیاده سازی شاخص های فازی طراحی شده در یک نمونه واقعی این امکان را فراهم می سازد تا بصورت عملی، دامنه کاربرد و توانایی تکنیک معرفی شده در سنجش مدیریت عملکرد پروژه مشخص گردد.

۳.۱. نمونه موردی

این پروژه مربوط به عملیات راه سازی و بطور اخص در خصوص تکمیل عملیات راه سازی محور شیراز – جهرم در استان فارس می باشد. پروژه مورد بررسی با توجه وجود ماهیت عدم اطمینان در برخی فعالیت های پروژه راه سازی از قبیل خاک برداری ، خاک ریزی و ... پیشنهاد شده است.

فعالیت های پروژه جهت تکمیل در ۲۲ هفته برنامه ریزی شده اند که در جدول ۵ ذیل زمان کل برنامه ریزی شده($\boldsymbol{TPD}$) و زمان کل واقعی ($\boldsymbol{TAD}$) را تاریخ گزارش گیری (هفته ٦) نمایش می دهد.

جدول (۵). مقادیر TPD و TAD پروژه نمونه

Week	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
TPD	۴۰	۷۵	۱۰۹	۱۳۲	۱۵۴	۱۶۵	۱۸۶	۱۹۸	۲۰۸	۲۱۵	۲۲۹
TAD	۴۶	۸۱	۱۱۵	۱۴۲	۱۶۵	۱۸۵	-	-	-	-	-
Week	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲
TPD	۲۴۰	۲۴۷	۲۵۴	۲۶۱	۲۶۸	۲۷۵	۲۸۲	۲۸۹	۲۹۶	۳۰۳	۳۰۹
TAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

هم چنین اطلاعات مربوط به پیشرفت فعالیت ها و زمان برنامه ریزی شده جهت تکمیل فعالیت ها به شرح جدول ٦ آمده است:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۶). اطلاعات مربوط به فعالیت های پروژه نمونه

شماره فعالیت	نام فعالیت	(زمان برنامه ریزی شده جهت تکمیل فعالیت BPD_i	میزان پیشرفت
۱	بسترسازی	۲۱	انجام شده است
۲	خاک برداری	۳۱	زیاد
۳	خاک ریزی	۵۱	بیش از نصف
٤	احداث دیوار حایل	۳۱	٪۱۰۰
٥	احداث آبرو	٤۱	بین٪ ۷۰ تا٪ ۹۰
٦	اجرای اساس	٥۱	تقریباً نصف
۷	اجرای آسفالت	٥۳	شروع نشده است
۸	نصب علائم و تجهیزات ایمنی	۳۰	شروع نشده است

جهت محاسبه مقادیر زمان کسب شده فازی هر فعالیت($\boldsymbol{EDi}$)از رابطه ۲ که پیش تر معرفی شد استفاده شده است.نحوه محاسبات به طور مثال برای فعالیت ۱ به شرح ذیل است و نتایج در جدول ۷ شامل تغییر مقادیر میزان پیشرفت هر فعالیت برحسب متغیرهای کلامی به مقادیر فازی و مقادیر زمان کسب شده فازی هر فعالیت آمده است.

$$\widetilde{\boldsymbol{ED}}_{\boldsymbol{1}} = \widetilde{\boldsymbol{P}}_{\boldsymbol{1}} \times \boldsymbol{BPD}_{\boldsymbol{1}} = [\boldsymbol{1,1,1,1}] \times \boldsymbol{21} \approx [\boldsymbol{21,21,21,21}]$$

جدول (۷). زمان کسب شده و میزان پیشرفت فعالیت های پروژه نمونه

۸	نام فعالیت	BPD_i (برحسب روز)	میزان پیشرفت	$\widetilde{P}_i$	$\widetilde{ED}_i$
۱	بسترسازی	۲۱	٪۱۰۰	[۱،۱،۱،۱]	۲۱
۲	خاک برداری	۳۱	زیاد	[۰،۷۰،۸۰،۸۰،۹۰]	[۲۲،۲۵،۲۵،۲۸]
۳	خاک ریزی	۵۱	بیش از نصف	[۰،۵۰،۶۰،۷۰،۸]	[۲۶،۳۱،۳۶،۴۱]
٤	احداث دیوار حایل	۳۱	٪۱۰۰	[۱،۱،۱،۱]	۳۱
٥	احداث آبرو	۴۱	بین ٪۷۰ تا ٪۹۰	[۰،۷۰،۸۰،۸۰،۹۰]	[۲۹،۳۳،۳۳،۳۷]
٦	اجرای اساس	۵۱	کمتر از نصف	[۰،۲۰،۳۰،۴۰،۵۰]	[۱۵،۲۰،۲۶،۱۰]
۷	اجرای آسفالت	۵۳	شروع نشده است	[۰،۰،۰،۰]	[۰،۰،۰،۰]
۸	نصب علائم و تجهیزات ایمنی	۳۰	شروع نشده است	[۰،۰،۰،۰]	[۰،۰،۰،۰]

در نهایت میزان زمان کسب شده فازی کل($\widetilde{\boldsymbol{TED}}$) در پایان هفته ٦ با استفاده از رابطه ۲برابر است با :

$$\widetilde{\boldsymbol{TED}} = [\boldsymbol{139,156,166,184}]$$

جهت محاسبه شاخص های فازی مدیریت عملکرد، بایستی مقدار $\widetilde{\boldsymbol{ED}}(\boldsymbol{t})$ (با استفاده از رابطه ٤) نیز محاسبه شود:

$$(\widetilde{\boldsymbol{ED}}_{\boldsymbol{1}} = \boldsymbol{139}, \boldsymbol{TPD_4 < 139 < TPD_5}) \gg\gg\gg \boldsymbol{t_1 = 4}$$

$$\widetilde{\boldsymbol{ED}(t_1)} = \boldsymbol{t_1} + \frac{\boldsymbol{139 - 132}}{\boldsymbol{154 - 132}} \approx \boldsymbol{4 + 0.32 = 4.32}$$

به همین روال سایر مقادیر نیز محاسبه می شوند:

$$\widetilde{\boldsymbol{ED}(t_2)} = \boldsymbol{5.18}\ , \widetilde{\boldsymbol{ED}(t_3)} = \boldsymbol{6.05}\ , \widetilde{\boldsymbol{ED}(t_4)} = \boldsymbol{6.9}$$

$$\widetilde{\boldsymbol{ED}(t)} = [\widetilde{\boldsymbol{ED}(t_1)}, \widetilde{\boldsymbol{ED}(t)_2}, \widetilde{\boldsymbol{ED}(t)_3}, \widetilde{\boldsymbol{ED}(t)_4}] = [\boldsymbol{4.32, 5.18, 6.05, 6.9}]$$

www.SID.ir

Archive of SID

حال می توان مقادیر شاخص های اندازه گیری عملکرد $\widetilde{DPI}$ و $\widetilde{EDI}$ را با استفاده از روابط ۵و۶ محاسبه نمود:

$$\widetilde{DPI} = \frac{\widetilde{ED(t)}_{\iota}}{AD} = \frac{[4.32, 5.18, 6.05, 6.9]}{6} = [0.72, 0.86, 1.01, 1.15]$$

$$\widetilde{EDI} = \frac{\widetilde{TED}}{TPD} = \left[\frac{\widetilde{ED_1}}{TPD}, \frac{\widetilde{ED_2}}{TPD}, \frac{\widetilde{ED_3}}{TPD}, \frac{\widetilde{ED_4}}{TPD}\right] = \left[\frac{139, 156, 166, 184}{165}\right]$$
$$= [0.84, 0.94, 1.01, 1.11]$$

جهت تفسیر مقادیر فازی شاخص های فوق از جداول ۲و۳ و روابط ۱۰و۱۱ استفاده می کنیم که نتایج آن به شرح ذیل است:

$$\left\|\widetilde{EDI}, 1\right\| = \|T_1\| = \frac{(1-1)+(1-1)+(1.01-0.94)+(1.11-0.84)}{2} = 0.17$$

$$\mu_p\left(\widetilde{EDI}, 1\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{(EDI_1-1)+(EDI_2-1)+(EDI_3-1)+(EDI_4-1)}{2\|T_1\|}+1\right)$$
$$= \frac{1}{2}\left(\frac{(0.84-1)+(0.94-1)+(1.01-1)+(1.11-1)}{0.34}+1\right) = 0.35$$
$$< \frac{1}{2}$$

کار انجام شده از برنامه زمان بندی عقب تر است.

جهت تفسیر $\widetilde{DPI}$ نیز از روابط مشابه استفاده می کنیم که نتایج آن به شرح ذیل است:

$$And\ \mu_p\left(\widetilde{DPI}, 1\right) = 0.27 < \frac{1}{2}\left\|\widetilde{DPI}, 1\right\| = \|T_2\| = 0.17$$

بنابراین عملکرد زمانی نسبت به برنامه زمان بندی پیش بینی شده نامناسب است.

جهت محاسبه برآورد زمان پروژه براساس رابطه ۷ محاسبات بدین شرح است:

$$\widetilde{EDAC} = \frac{BPD}{\widetilde{DPI}} = \left[\frac{BPD\times AD}{ED_{t4}}, \frac{BPD\times AD}{ED_{t3}}, \frac{BPD\times AD}{ED_{t2}}, \frac{BPD\times AD}{ED_{t1}}\right] = \left[\frac{22\times6}{6.9}, \frac{22\times6}{6.05}, \frac{22\times6}{5.18}, \frac{22\times6}{4.32}\right] =$$
$$[19.13, 21.82, 25.48, 30.55] \approx [19, 22, 26, 31]$$

$$\left\|\widetilde{EDAC}, BPD\right\| = \|T_3\| = \frac{(22-22)+(22-22)+(26-22)+(31-19)}{2} = 8$$

$$\mu_p\left(\widetilde{EDAC}, BPD\right) = \mu_p\left(\widetilde{EDAC}, 22\right) =$$
$$\frac{1}{2}\left(\frac{(EDAC_1-22)+(EDAC_2-22)+(EDAC_3-22)+(EDAC_4-22)}{2\times8}+1\right) =$$
$$\frac{1}{2}\left(\frac{(19-22)+(22-22)+(26-22)+(31-22)}{2\times8}+1\right) = 0.81 > \frac{1}{2}$$

$$\left\|\widetilde{EDAC}, FAD\right\| = \|T_3\| = \frac{(27-27)+(27-26)+(27-22)+(31-19)}{2} = 9$$

زمان رزرو (SR) با توجه به نظرات خبرگان ۵هفته تعیین گردید. بنابراین مطابق با رابطه ۱۲ زمان کل در دسترس را محاسبه می کنیم :

$$FAD=BPD+SR= 22 +5 = 27$$

$$\mu_p\left(\widetilde{EDAC}, FAD\right) = \mu_p\left(\widetilde{EDAC}, 27\right) =$$
$$\frac{1}{2}\left(\frac{(EDAC_1-27)+(EDAC_2-27)+(EDAC_3-27)+(EDAC_4-27)}{2\times9}+1\right) =$$
$$\frac{1}{2}\left(\frac{(19-27)+(22-27)+(26-27)+(31-27)}{2\times9}+1\right) = 0.22 < \frac{1}{2}$$

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به محاسبات فوق داریم: $\mu_p(\widetilde{EDAC}, FAD) \leq \frac{1}{2}$ و $\mu_p(\widetilde{EDAC}, BPD) > \frac{1}{2}$

بنابراین مطابق با جدول٤: $BPD < \widetilde{EDAC} \leq FAD$

در نتیجه پروژه جهت تکمیل در زمان کل مجاز به زمان رزرو(SR) نیاز دارد. بنابر این مدیران پروژه بایستی نسبت به تعریف اقدامات اصلاحی جهت تکمیل پروژه در زمان مجاز اقدام نمایند.

نتیجه گیری

تکنیک های متعددی جهت ارزیابی و اندازه گیری عملکرد پروژه از قبیل EVM و ES وجود دارد. تکنیک EDM به عنوان آخرین تکنیک ارزیابی عملکرد پروژه ، برخلاف تکنیک های پیشین استفاده از داده های بر پایه هزینه را جهت ارزیابی عملکرد زمان پروژه را کنار گذاشته و از داده های بر پایه زمان در این راستا استفاده می کند. اگرچه تمامی این تکنیک ها تنها در شرایط قطعیت کاربرد داشته اما در واقعیت، به عنوان مثال در برآورد پیشرفت فعالیت های پروژه، قضاوت های انسانی تاثیر قابل ملاحظه دارد که البته عاری از خطا و احتمال نیست. در این پژوهش جهت مواجهه با چنین مشکلاتی، رویکرد فازی نوینی برای مدیریت عملکرد پروژه و برآورد زمانی پیشنهاد شده است. این رویکرد شاخص های فازی را توسعه داده است که قادر به اندازه گیری عملکرد پروژه در شرایط عدم اطمینان است. جهت تفسیر و ترجمه این شاخص های فازی، روش رتبه بندی فازی براساس رابطه اولویت نسبی مورد استفاده قرار گرفته و در نهایت جهت شفاف سازی رویکرد معرفی شده در یک پروژه نمونه راه سازی مورد استفاده و تشریح شده است. مشخص است که رویکرد معرفی شده نتایج واقع گرایانه تری ارایه داده و توسعه آن می تواند راه حل های نوینی جهت حل مشکلات عدم اطمینان در پروژه ها ارائه نماید.

منابع

- ساوجی ح، خیرخواه ا (۱۳۸۷)، «بررسی روش های نوین در مدیریت ارزش حاصله در مدیریت پروژه» ، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه
- شاکری ا ، تحویلیان ع و جلایی ف (۱۳۸۸)، «ارائه یک متدلوژی جهت انتخاب بهترین شاخص پیش بینی نتایج پایانی پروژه در سیستم مدیریت ارزش کسب شده(EVMS)»، پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه .

Adamo, J. M (1980), Fuzzy decision trees, Fuzzy Sets and Systems, 4, 207–219

Batselier, J. Vanhoucke, M (۲۰۱۵), Evaluation of deterministic state-of-the-art forecasting approaches for project duration based on earned value management, Int. J. Proj. Manag,

Choobineh, F., and Li, H. (1993) an index for ordering fuzzy numbers: Fuzzy Sets Systems, 54, ۲۸۷–۲۹٤.

Elshaer, R (2013), Impact of sensitivity information on the prediction of project's duration using earned schedule method. Int. J. Proj. Manag, 31, 579–588

Fortemps, P., and Roubens, M. (1996). Ranking and defuzzification methods based on area compensation: Fuzzy Sets Systems, 82, 319–330.

Khamooshi, H. Golafshani, H (2013), EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement, Int. J. Proj. Manag.

Lee, E.S., and Li, R.J. (1988) Comparison of fuzzy numbers based on the probability measure of fuzzy events: Comput. Math. Appl. 15, 887–896

www.SID.ir

Archive of SID

Lipke, W (2009), Earned Schedule (1 ed.), Lulu Publishing.

Lipke, W (2011), Schedule adherence and rework, PM World Today 13, pp. 1–14

Naeni, L. Shadrokh, S & Salehipour, A (2011), A Fuzzy Approach for The Earned Value management, International journal of Project Management 29,764-772

Naderpour, A. Mofid, M. (2011), Improving Construction Management of an Educational, Procedia Engineering, 14, 1945-1952.

PONZ-TIENDA, P. Pellicer, E. Yepes, V (2012), Complete fuzzy scheduling and fuzzy earned values management in construction projects, Journal of Zheijang university-Science A, 13(1), ٥٦-٦٨

Requena, I., Delgado, M. J.I., and Verdagay, J. I. (1994) Automatic ranking of fuzzy numbers with the criterion of decision-maker learnt by an artificial neural network: Fuzzy Sets systems, ٦٤, ١–١٩

Turner, J.R (٢٠١٠), Evolution of project management as evidenced by papers, published in the International Journal of Project Management. Int. J. Proj, Manag,1–6

Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M. (2006), A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. International Journal of Project Management, ٢٤ (٤), ٢٨٩-٣٠٢.

Vanhoucke, M. (2010) Measuring Time - Improving Project Performance using Earned Value Management, International Series in Operations Research and Management Science, Springer, Vol. 136

Vanhoucke, M. Andrade, P. Salvaterra, F. Batselier, J (2015), Introduction to Earned Duration, The Measurable News, 2015.02, 15-27

Wang Y.-J. (2014) Ranking triangle and trapezoidal fuzzy numbers based on the relative preference relation: Applied Mathematical Modelling, 39, Issue 2, 586-599.

Warburton, R. D. H. (2011), A time-dependent earned value model for software projects, International journal of project management, Article in Press.

Zadeh, L.A (1992), Foreword of the Proceedings of the Second International Conference on Fuzzy Logic and Neural Networks, Iizuka, Japan, 13-14

Zowghi, M. Haghighi, M. Zohouri, B (2011), Cost and schedule approach in fuzzy environment, International journal of Research and reviews in information sciences, Vol.1 ,No.2, 67-73

www.SID.ir

Archive of SID

پیوست ۱. جدول خلاصه شاخص های تکنیک EDM

EDM Notation	Arithmetic method	Description
Activity Progress Index (API_i)	-	measures the progress of activity
Baseline Planned Duration(BPD_i)	-	the authorized duration for activity i.
Earned Duration of Scheduled Activity (EDI_i)	$ED_i = BPD_i \times API_i$	The value of work performed for activity i
Planned Duration of Scheduled Activity (PD_i)	-	the Planned duration assigned to the scheduled work to be accomplished for activity i
Actual Duration of Scheduled Activity (AD_i)	-	the time in calendar units between the actual start of the activity and either that point in time if the activity is in progress or the actual finish date if the activity is complete
Total Earned Duration(TED)	$\boldsymbol{TED = \sum_{i=1}^{n} ED_i}$	
Total Planned Duration(TPD)	$\boldsymbol{TPD = \sum_{i=1}^{n} PD_i}$	At any particular point in time for all the in-progress and completed activities at that time.
Total Actual Duration(TAD)	$\boldsymbol{TAD = \sum_{i=1}^{n} AD_i}$	
Earned Duration (ED(t))	Find t Such that $TE \geq TPD_t$ and $TED < TPD_{t+1\ (Calendar\ Unit)}$ $\boldsymbol{ED(t) = t + \frac{TED - TPD_t}{TPD_{t+1\ (Calender\ Unit)} - TPD_t} \times 1(Calender\ Unit)}$	The duration corresponding to Total Earned Duration (TED) on Total Planned Duration S-curve
Duration Performance Index (DPI)	$\boldsymbol{DPI = \frac{ED(t)}{AD}}$	A measure of schedule performance in delivering the activity.
Earned Duration Index(EDI)	$\boldsymbol{EDI = \frac{TED}{TPD}}$	A measure of duration earned compared to what was planned to be done up to that point in time.
Project Performance Index (PPI)	$\boldsymbol{PPI = \frac{ED(t)}{BPD}}$	A measure of overall duration progress of the project
Estimated Duration At Completion (EDAC)	$\boldsymbol{EDAC = \frac{BPD}{DPI} = \frac{AD}{PPI}}$	Estimated Duration at Completion, considering a constant performance for the remainder of the project.
Estimated Duration to Complete (EDTC)	$\boldsymbol{EDTC = \frac{BPD}{DPI} - AD = \frac{AD \times (1 - PPI)}{PPI}}$	Estimated Duration to Complete, considering a constant performance for the remainder of the project.

www.SID.ir

Archive of SID

Slater, S. F., & Narver, J. C. (1995). Market orientation and the learning organization. Journal of Marketing, 59(3), 63–74.

Szeto, E. (2000). Innovation capacity: working towards amechanism for improving innovation within an inter-organizational network. The TQM Magazine 12 (2), 149–158.

Truss , C., & Gratton, L. (1994). Strategic Human Resource , Management , The International Journal of HRM , NO 43.

Ulrich, David (1997). The HR Champions. Harvard Business School Press.

Yan, Y., Xiao-Ying, D., Kathy, N., Mohamed, K., Jin-Xing, H. (2013). Strategies, technologies, and organizational learning for developing organizational innovativeness in emerging economies, Journal of Business Research, 66, pp. 2507–2514

Yusliza, M. U. (2012). The Path from an Administrative Expert to a Strategic Partner Role: A Literature Review, Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business, Vol 3, No 9.

Zehira ,c., Üzmezb ,A., Yıldızc b,H.(2016). The Effect of SHRM Practices on Innovation Performance: The Mediating Role of Global Capabilities. Procedia - Social and Behavioral Sciences ۲۳۵ (۲۰۱۶) ۷۹۷ – ۸۰۶.

پی نوشت

[1] ***Estimate at Completion***

www.SID.ir