نشریه علمی سد و نیروگاه برق آبی
سال ششم / شماره بیست و سوم / زمستان ۹۸

Journal of Dam and Hydroelectric PowerPlant
6th Year / No. 23 / March 2020

پیش‌بینی زمان و هزینه‌های پروژه با استفاده از مدیریت ارزش کسب‌شده مبتنی بر اعداد فازی ذوزنقه‌ای

سمیرا ندافی[۱]
سید حامد موسوی راد*[۲]
شهرام آریافر[۳]

چکیده

ازآنجاکه کنترل پروژه، یکی از مسائل مهم و پرکاربرد در سازمان‌های پروژه محور به‌حساب می‌آید و توجه بسیار زیادی را به خود جلب می‌کند. تاکنون پژوهش‌های بسیار زیادی در زمینه کنترل پروژه به روش‌های مختلف صورت گرفته است که کاربرد و اهمیت این موضوع را به‌خوبی نشان می‌دهند. مدیران پروژه نیز نیاز دارند تا با برنامه‌ریزی دقیق‌تر هر پروژه بتوانند زمان و هزینه اتمام پروژه را به‌درستی ارزیابی و میزان تأخیر در زمان اتمام پروژه و کمبود بودجه را به حداقل ممکن برسانند. البته خیلی از مواقع پیشرفت فعالیت‌های پروژه به‌صورت کیفی است و نیاز است درصد پیشرفت واقعی پروژه به‌صورت غیرقطعی بیان می‌شود. درنتیجه نیاز است که این عدم قطعیت‌ها را در پیش‌بینی‌های زمان و هزینه اتمام پروژه در نظر گرفت. در این راستا این پژوهش به توسعه روش پیش‌بینی زمان و هزینه پروژه در شرایط عدم قطعیت با استفاده از تکنیک مدیریت ارزش کسب‌شده مبتنی بر اعداد فازی ذوزنقه‌ای پرداخته است. در انتهای این مقاله، اعتبار روش توسعه داده‌شده با استفاده در یک مثال عددی واقعی بررسی گردید.

واژه‌های کلیدی

کنترل پروژه، پیش‌بینی هزینه، پیش‌بینی زمان، اعداد فازی ذوزنقه‌ای، مدیریت ارزش کسب‌شده

۱. کارشناسی ارشد، بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲*. استادیار، بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران s.h.moosavirad@uk.ac.ir.
۳. استادیار، بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۸/ ۰۴/ ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: ۱۰/ ۰۲/ ۱۳۹۸

مقدمه

هر پروژه در زمان مشخصی آغاز می‌شود اما زمانی خاتمه می یابد که به اهداف (از پیش تعیین‌شده) نائل شده باشد یا هنگامی‌که مشخص شود اهداف پروژه قابل حصول نبوده، می بایستی پروژه خاتمه یابد. بعضی از پروژه‌ها در طی سالیان طولانی به نتیجه می‌رسند، اما به‌هرحال زمان اجرای هیچ پروژه ای نامحدود نبوده و به عبارتی پروژه یک تلاش مداوم نیست. محصولات و خدمات بدست آمده از اجرای پروژه‌ها برخلاف دوره اجرای آن‌ها عموماً دائمی هستند (موسسه مدیریت پروژه[۱] ,۲۰۱۲) .

یک مسئله دیگر درباره پروژه‌ها میزان حصول به نتایج (و اهداف از پیش) تعیین‌شده آن‌ها در موعد مشخص‌شده است. این موضوع به‌طور دائم توجه مسئولین پروژه را به خود مشغول می دارد و آنان همیشه در تکاپوی پاسخ به این سؤال هستند که آیا می‌توانند پروژه را مطابق اهداف از پیش تعیین‌شده به اتمام برسانند (موسسه مدیریت پروژه ,۲۰۱۲) .

مدیریت پروژه، برنامه‌ریزی و هدایت پروژه در چهارچوب زمان، هزینه و محدوده مشخص به‌سوی ایجاد نتایج مشخص آن است. مدیریت پروژه فعالیت‌های برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، نظارت بر اجرا و هدایت اجرا را در برمی‌گیرد و سعی دارد تا با استفاده درست از منابع، نتایج مشخص و مورد انتظار را با هزینه توافق شده قبلی در موعد درست خود تحویل دهد. به بیان دیگر مدیریت پروژه به‌کارگیری دانش، مهارت‌ها، ابزار و تکنیک‌های لازم در جریان اجرای فعالیت‌ها، به‌منظور رفع نیازها و انتظارات متولیان از اجرای پروژه است. مدیریت پروژه در اجرای این مهم از دو بازوی قدرتمند برنامه‌ریزی و کنترل پروژه بهره می‌گیرد (کولین[۲] و همکاران ,۲۰۱۵) .

نظارت بر پروژه و تصمیم‌گیری در رابطه با انجام اقدامات اصلاحی از اجزای حیاتی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری[۳] و کنترل مدیریت یکپارچه پروژه است. مدیریت ارزش کسب‌شده[۴] / برنامه کسب‌شده[۵] (EVM / ES) یک روش کنترل پروژه است که معمولاً برای کنترل برنامه و زمان‌بندی پروژه از بالا به پایین اعمال می‌شود (کولین و همکاران ,۲۰۱۵; کولین و ون هوک[۶] ,۲۰۱۵) . درواقع مدیریت ارزش کسب‌شده (EVM) یک تکنیک مدیریت پروژه است که برای اندازه‌گیری پیشرفت پروژه در شیوه‌های عینی مورداستفاده قرار می‌گیرد. بنا بر آنچه توسط موسسه مدیریت پروژه اظهارشده است مشکلات عملکردی پروژه با اجرای EVM قابل‌تشخیص و مشاهده است (مسلمی نائینی و همکاران[۷] ,۲۰۱۴) .

کنترل پروژه ازجمله موضوعات است که از دهه‌های گذشته، دانشگاهیان و مجریان را برای انجام پژوهش جذب کرده است. سیستم‌های کنترل پروژه، تغییرات در متغیرهای برنامه‌ریزی اولیه را در مقایسه با عملکرد واقعی پروژه نشان داده و همچنین انحراف از عملکرد پروژه فعلی از عملکرد برنامه‌ریزی‌شده را برای انجام اقدامات اصلاحی که توسط سیستم انجام می‌شود، هشدار می‌دهد. خاموشی و همکاران عنوان کرده‌اند که مدیریت ارزش کسب‌شده در اصل به‌عنوان یک ابزار مدیریت هزینه است که برای پیگیری برنامه توسعه داده‌شده است و استفاده از هزینه به‌عنوان یک نماینده برای اندازه‌گیری عملکرد پروژه برای کنترل مدت‌زمان پروژه است (خاموشی و گل افشانی , ۲۰۱۴) . چهارچوبEVM ، یکپارچه‌سازی دامنه، هزینه، زمان و برنامه پروژه است (آسبز[۸] و همکاران ,۲۰۱۳) . PV ارزش برنامه‌ریزی‌شده[۹]، بودجه مصوب شده جهت اجرای یک فعالیت یا یکی از اجزای ساختار شکست کار است که شامل جزئیات اجرا و مقادیر آن کار به همراه قیمت‌های واحد آن‌ها می‌باشد. EV ارزش کسب‌شده[۱۰]، ارزش کار انجام‌شده یک فعالیت یا یکی از اجزای ساختار شکست کار می‌باشد که در تاریخی مشخص پس از شروع پروژه، بر مبنای قیمت‌های واحد و مفروضات بودجه‌ای اولیه (مبنای محاسبات PV) محاسبه می‌شود (واحدی[۱۱] ,۲۰۰۸) . طراحی و توسعه این روش توسط وزارت دفاع ایالات‌متحده در طول دهه شصت، اجازه داده است تا مدیران پروژه اندازه‌گیری و بررسی پیشرفت پروژه و تشخیص انحراف از مرحله برنامه‌ریزی پروژه را انجام دهند و اقدامات اصلاحی اولیه را با توجه به تشخیص انحراف‌ها صورت دهند.

۱ . Project Management Institute
۲. Colin
۳. DSS: Decision Support System
۴. EVM: Earned Value Management
۵. ES: Earned Schedule
۶. Colin & Vanhoucke
۷. Moslemi Naeni
۸. Acebes
۹. PV: Planned Value
۱۰. EV: Earned Value
۱۱. Vahedi

بدین ترتیب هزینه جدید و زمان فعالیت‌ها و زمان اتمام پروژه را با توجه به نتایج حاصله پیش‌بینی نمایند (فاریس[۱] و همکاران ,۲۰۱۱) .

با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده تاکنون تمامی پژوهشگران به بررسی دو عامل زمان و هزینه در پروژه‌ها با روش EVM سنتی پرداخته‌اند و در هیچ‌یک از پژوهش‌های انجام‌شده، به بررسی EVM با دیدگاه فازی با بررسی هر دو مقدار EV وPV به‌صورت فازی نپرداخته‌اند. با توجه به اینکه دادن اطلاعات به‌صورت زبانی و محدود نکردن نظر مدیر پروژه برای مدیران پروژه راحت‌تر است، لذا پیشرفت واقعی و برنامه‌ای کار به‌صورت زبانی با استفاده از اعداد فازی می‌تواند راهگشایی برای این منظور باشد؛ بنابراین در شرایطی که داده‌ها به‌صورت غیرقطعی بیان می‌شوند مدیر پروژه برای استفاده از روش‌های سنتی و معمول EVM با محدودیت‌هایی برای محاسبه و بیان مقادیر EV و PV به‌صورت قطعی مواجه است و این موضوع باعث ناکارا آمد شدن روش EVM معمول و سنتی در این شرایط می‌شود.

تکنیک ارزش کسب‌شده، متداول‌ترین روش ارزیابی عملکرد پروژه می‌باشد (موسسه مدیریت پروژه ,۲۰۱۲). در این روش، زمان، هزینه و محدوده پروژه با همدیگر یکپارچه‌شده و می‌توان هرکدام را مورد ارزیابی قرار داد. در این پژوهش سعی شده است تا با در نظر گرفتن مقادیر زبانی درصد پیشرفت واقعی و برنامه‌ای پروژه و با استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای، زمان و هزینه پروژه پیش‌بینی شود.

ادامه این مقاله بدین شرح است که در بخش دوم، با آوردن مرور ادبیات به‌طورکلی به بررسی موضوع پرداخته‌شده است، در بخش سوم، روش پژوهش به‌طور جامع و منسجم بیان‌شده است، در بخش چهارم، با آوردن مثال عددی نتایج کار بیان‌شده است و در انتها، در بخش پنجم، با بیان نتیجه‌گیری و پیشنهادهای کاربردی و علمی مقاله به پایان می‌رسد.

مرور ادبیات

پیش‌بینی زمان اتمام پروژه از دهه‌های بسیار زیادی است که موردبررسی و توجه قرار گرفته است و اهمیت و حساسیت این مسئله در هر پروژه‌ای به‌خوبی درک شده است. در این قسمت سعی بر این است تا با مروری بر پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه پیش‌بینی زمان اتمام پروژه‌ها، یک دید کلی و منسجم نسبت به این موضوع ایجاد شود.

کولین و همکاران در سال ۲۰۱۵ در مطالعه‌ای یک مدل چند متغیره با استفاده از EVM / ES برای کنترل برنامه زمان‌بندی پروژه از بالا به پایین ارائه کرده‌اند. آن‌ها در مدلشان یک تحلیل مؤلفه‌های اصلی روی یک مرجع کنترل زمانی شبیه‌سازی‌شده اجرا کردند.

مسلمی نائینی و همکاران در سال ۲۰۱۴ نیز یک مدل جدید فازی ارزش کسب‌شده، ارائه دادند که نه‌تنها از مزایای توسعه و آنالیز شاخص‌های ارزش کسب‌شده برخوردار بود، بلکه زمان و هزینه پروژه را تحت شرایط عدم قطعیت برآورد می‌کرد. مدل توسعه‌یافته، در ارزیابی پیشرفت پروژه‌ها، در صورت وجود عدم قطعیت می‌توانست بسیار مفید باشد. مؤلفان مقاله با یک مثال ساده نشان دادند که مدل چگونه در واقعیت قابل‌اجرا خواهد بود.

فاریس و همکاران در سال ۲۰۱۱ در مطالعه‌ای نشان دادند که چگونه یک سیستم EVM می‌تواند به‌منظور به دست آوردن یک EVA[۲] مؤثر در پروژه‌ها اجرا شود. آن‌ها از این سیستم در یکی از پروژه‌های عمرانی در زمینه احداث خطوط ریلی مالزی استفاده نمودند.

هانگ[۳] و همکاران در سال ۲۰۱۴ نیز در مقاله‌ای بر اساس مفهوم سنتی EVM مراحل مربوطه را برای پیش‌بینی زمان و هزینه پروژه‌ها را برای یک پروژه تشریح نمودند.

۱. Faris
۲. EVA: Earned Value Analysis
۳. Huang

بتس لایر و وانهوک[۱] در سال ۲۰۱۵ نیز سه روش تعیین زمان پیش‌بینی و ترکیب متقابل آن‌ها بر اساس داده‌های واقعی پروژه ارائه دادند. واندورده و وانهوک[۲] در سال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای، سه روش مختلف پیش‌بینی مدت‌زمان پروژه را با استفاده از معیارهای ارزش کسب‌شده ارائه کردند و نتایج آن‌ها را روی داده‌های پروژه واقعی تحلیل کردند.

لیپکه[۳] و همکاران در سال ۲۰۱۰، به‌منظور بهبود قابلیت مدیران پروژه برای تصمیم‌گیری آگاهانه، یک روش پیش‌بینی قابل‌اعتماد از هزینه نهایی و مدت‌زمان ارائه کردند. در روش پیشنهادی آن‌ها از ترکیب EVM، ES و روش‌های پیش‌بینی آماری استفاده‌شده است.

کولین و وانهوک در سال ۲۰۱۵ در مطالعه‌ای دو رویکرد کنترل پروژه جدید که اجزای کنترل بالا به پایین را با پایین به بالا ترکیب می‌کنند ارائه کردند. برای این منظور آن‌ها روش EVM را با نقاط کنترلی چندگانه الهام گرفته از مسیر بحرانی ترکیب نمودند.

مرتجی[۴] و همکاران در سال ۲۰۱۳ نیز EVM را در شرایط غیرقطعی با استفاده از اعداد فازی L-R فرمول‌بندی کردند. این قابلیت EVM در محیط فازی، امکان ارزیابی عملکرد پروژه را در شرایط واقعی و غیرقطعی بهبود می‌بخشد و منجر به برنامه‌ریزی بهتر و تصمیم‌گیری‌های مناسب مدیریتی می‌شود. علاوه بر این، آن‌ها یک روش کارآمد برای محاسبه برآورد هزینه تکمیل پروژه، توسعه دادند. درنهایت، آن‌ها با بیان یک مثال نشان دادند که روش پیشنهادی در واقعیت موفقیت‌آمیز بوده است.

کارون[۵] و همکاران در سال ۲۰۱۳ نیز یک مدل بیزی در چارچوب مدیریت ارزش کسب شده با هدف محاسبه یک حدود اطمینان برای برآورد هزینه‌ی و زمان تکمیل پروژه ارائه کرده‌اند. این مدل بر مبنای ادغام داده‌ها، گزارش‌ها و دانش کیفی توسط کارشناسان ارائه شد. در نهایت مدل ارائه شده آن‌ها در یک پروژه نفت و گاز آزمایش گردید.

فروزان پور[۶] و همکاران در سال ۲۰۱۶ بیان کردند که توسعه (ER)[۷] بر پایه مدل ارزش کسب‌شده بسیار مفید است. آن‌ها توضیح دادند که چگونه فاصله ارزش کسب‌شده (IEV)[۸] و دیگر شاخص‌های EVM را می‌توان با استفاده از روش ER توسعه‌یافته، برآورد کرد. سپس آن‌ها یک مطالعه موردی برای نشان دادن چگونگی استفاده مدل جدید در واقعیت ارائه کردند.

آسبس و همکاران در سال ۲۰۱۳ در مطالعه‌ای یک چهارچوب گرافیکی برای کنترل پروژه با توسعه EVM در جهت یکپارچه‌سازی ابعادی زمان و هزینه پروژه با مدیریت ریسک ارائه کردند. آن‌ها بیان داشتند که برای پیاده‌سازی این چارچوب، مدیران پروژه فقط به اطلاعات ارائه‌شده توسط تجزیه‌وتحلیل EVM سنتی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو نیاز دارند.

خاموشی و گل‌افشانی در سال ۲۰۱۴ بیان کردند EVM با تأکید بیش‌ازحد بر هزینه سعی در بررسی عملکرد زمانی پروژه داد. لذا مدل جدیدی برای تأکید بر جنبه زمانی پروژه به نام مدیریت مدت‌زمان کسب‌شده EDM[۹] معرفی کردند. روش EDM مشابه با روش EVM است با این تفاوت که برای اندازه‌گیری عملکرد برنامه، به‌جای هزینه، مدت‌زمان برنامه مورداستفاده قرار می‌گیرد.

عسگری ده‌آبادی[۱۰] و همکاران در سال ۲۰۱۴ نیز یک چهارچوب جدیدی را با استفاده از رگرسیون فازی برای پیش بینی عملکرد هزینه‌ای و زمان‌بندی پروژه ارائه کردند. آن‌ها این رویکرد جدید را در یک پروژه عمرانی نیز اجرا کردند.

کولین و وانهوک در سال ۲۰۱۴، یک سیستم کنترل پروژه با استفاده از حدود مجاز آماری برای EVM ارائه دادند. در تحقیق آنها این دامنه‌ها یا حدودهای مجاز به عنوان آستانه‌هایی روی نمودارهای کنترلی در حین اجرای پروژه‌ها عمل می‌کنند.

---

۱. Batselier & Vanhouck
۲. Vandevoorde & Vanhoucke
۳. Lipke
٤. Mortaji
٥. Caron
٦. Forouzanpour
۷. ER: Evidential Reasoning
۸. IEV: Interval Earned Value
۹. EDM: Earned Duration Management
۱۰. Asgari Dehabadi

چن[۱] و همکاران در سال ۲۰۱۶ در مطالعه‌ای یک روش مدل‌سازی ساده برای بهبود قدرت پیش‌بینی PV قبل از اجرای یک پروژه پیشنهاد کردند. اعتبار این پیش‌بینی، با استفاده از درصد خطا مطلق (MAPE) بررسی و تأیید گردید. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که پیش‌بینی PV قبل از انجام پروژه‌ها، امکان پیش‌بینی قابل‌اطمینان‌تری در مورد EV و عملکرد AC فراهم می‌کند.

کیم[۲] و همکاران در سال ۲۰۱۵ یک سیستم پیشنهادی ICCSM[۳] برای پروژه‌های ساخت‌وساز با استفاده از تئوری‌های مدیریت ارزش کسب‌شده، توسعه دادند. آن‌ها یک ساختمان اداری در سئول، کره جنوبی، به نام پروژه 'H'، برای یک مطالعه موردی انتخاب کردند و نشان دادند که سیستم ICCSM پیشنهادی، ارزیابی سریع و دقیقی از عملکرد پروژه بر اساس برنامه ساخت‌وساز فراهم می‌کند.

بتس لایر و وانهوک[۴] در سال ۲۰۱۷ در مقاله‌ای سه تکنیک پیش‌بینی زمان پروژه را موردبررسی و تحلیل قرار دادند. دو روش اول مبتنی بر هزینه بر اساس روش EVM بودند و روش سوم EDM بود که مبتنی بر زمان است. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که دو روش توسعه‌یافته EVM قدرت دقت در پیش‌بینی را در موارد مختلف افزایش می‌دهد. همچنین EDM خیلی مشابه روش‌های EVM عمل می‌کند و امکان بهبود این روش نیز وجود دارد. پاجارس و لوپز[۵] در سال ۲۰۱۱ در مقاله‌ای، دو معیار جدید ارائه کردند که مدیریت ارزش کسب‌شده (EVM) و مدیریت ریسک پروژه را برای کنترل و نظارت بر پروژه ترکیب می‌کند. آن‌ها انحراف‌های هزینه و زمانی ناشی از استفاده از EVM را با انحراف‌ها که پروژه می بایست در شرایط مورد انتظار ناشی از تحلیل ریسک داشته باشد مقایسه نمودند. این دو شاخص به مدیران پروژه اجازه می دهد تا تجزیه‌وتحلیل کنند که آیا تاخیرات زمانی پروژه در محدوده مورد انتظار است یا تغییرات ساختاری و سامانمند در طول چرخه عمر پروژه روی داده است.

کرخوو و وانهوک[۶] در سال ۲۰۱۷ در مطالعه‌ای، یک روش جدید کنترل پروژه را به‌طور خاص برای پروژه‌های تحت قرارداد معرفی کردند. آن‌ها بیان داشتند که تکنیک‌های EVM ES / سنتی هستند و به‌جای این تکنیک‌ها می‌توان از روش کنترلی جدید آن‌ها تحت عنوان "مؤلفه انگیزه کسب‌شده" (EIM) [۷] استفاده نمود. روش کنترلی پیشنهادشده آن‌ها روی ۴۲۰۰ پروژه در حجم‌ها و ساختارها و قراردادهای تشویقی مختلف شبیه‌سازی و آزمایش گردید. نتایج این آزمایش‌ها نشان داد که تکنیک EIM به‌طور معنی‌داری از روش‌های معمول EVM / ES دقیق‌تر است و بنابراین باید در پروژه‌هایی که انگیزه‌های هزینه و زمان نقش مهمی دارند، استفاده شود.

مغیث‌پور و نجفی در سال ۱۳۸۸ نیز در پژوهشی مشابه، با استفاده از اعداد فازی مثلثی به پیش‌بینی زمان و هزینه پروژه پرداختند. آن‌ها درصد پیشرفت برنامه‌ای را با روش‌های آلفا برش[۸] و دوبویس و پرید[۹] محاسبه کردند. روش آلفا برش، اعداد فازی را به اعداد کلاسیک تبدیل می کند در حالی که روش دوبویس و پرید ماهیت فازی بودن اعداد را در نظر می گیرید و با استفاده از نظریه امکان به مقایسه دو عدد فازی می پردازد به این معنی که ادعا نمی کند که عدد فازی نسبت به عدد دیگری کوچک تر و یا بزرگ تر است. در این تحقیق آنها بیان نمودند که درک روش آلفا برش به دلیل ذکر شده در بالا نسبت به روش دوبویس و پرید ساده تر می باشد.

با توجه به‌مرور ادبیات صورت گرفته تاکنون فقط مقدار EV به‌صورت عدد فازی ذوزنقه‌ای بیان‌شده است و PV به‌صورت اعداد فازی بیان‌نشده است. به عبارتی تاکنون به‌صورت هم‌زمان پژوهشی توسط نویسندگان مشاهده نشده است که دو مقدار EV و PV را به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان نمایند. درحالی‌که در نظر گرفتن این دو پارامتر به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای در مقایسه با اعداد فازی مثلثی علاوه بر دقت بیشتر و انعطاف‌پذیری بالا باعث افزایش کارایی و راحتی ارائه گزارش‌ها توسط مدیر پروژه می‌شود.

---

۱. Chen
۲. Kim
۳. Integrated CO_2, Cost and Schedule Management
۴. Batselier & Vanhoucke
۵. Pajares & Lopez-Paredes
۶. Kerkhove & Vanhoucke
۷. EIM: Earned Incentive Metric
۸. $\propto -CUT$
۹. Dubois and Prade

روش پژوهش

در این پژوهش روش انجام کار به این صورت است که ابتدا، مروری کوتاه بر اعداد فازی و دلایل استفاده از آن بیان‌شده است. سپس گام‌های پیاده‌سازی روش EVM مبتنی بر دیدگاه فازی ذکرشده است و در انتها اجرا شده است.

نظریه فازی اولین بار توسط لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ مطرح گردید. این نظریه درواقع در پاسخ به عدم امکان استفاده از منطق بولین در بسیاری از مسائل دنیای واقعی که با عدم قطعیت مواجه هستند شکل گرفت. لذا از این نظریه برای مدل کردن عدم قطعیت موجود در شرایط واقعی می‌توان استفاده نمود. ازجمله کاربردهای تئوری فازی می‌توان به توانایی آن در مدل کردن عبارات زبانی اشاره کرد. منطقی است که مدل عدم قطعیت را با استفاده از اصطلاحات زبانی با تئوری فازی تطبیق دهند. به‌عنوان مثال، اگر پیشرفت فعالیت به‌طور قطعی وجود نداشته باشد، با استفاده از اصطلاحات زبانی می‌توان آن را به‌عنوان «بسیار کم» و غیره بیان کرد. لذا در موضوع گزارش پیشرفت و روش EVM، این اصطلاح زبانی نمی‌تواند قبل از تبدیل آن به یک عدد بر تکنیک EVM اعمال شود؛ بنابراین ابتدا اصول فازی را در شرایط زبان‌شناختی برای تبدیل آن‌ها به اعداد فازی اعمال می‌کنند. سپس ریاضیات EVM را تغییر می‌دهند تا منعکس‌کننده ارزش‌های جدید (اعداد فازی) باشد. به‌طور معمول، متخصصان پروژه این تحول را مطابق با دانش و تجربه خود در مورد پروژه و با ویژگی‌های فعالیت انجام می‌دهند (کیم و همکاران ,۲۰۱۵ ;مسلمی نائینی و همکاران , ۲۰۱۴).

روابط موجود بین اعداد فازی:

فرض کنید که $r > 0$ یک عدد حقیقی است و $\tilde{m}، \tilde{n}$ دو عدد فازی ذوزنقه‌ای با چهار عضو، به‌عنوان مثال $\tilde{m}=\left[m_1, m_2, m_3, m_4\right]$ و $\tilde{n}=\left[n_1, n_2, n_3, n_4\right]$ آنگاه عملیات بین این دو عدد فازی به‌صورت زیر تعریف‌شده است (مسلمی نائینی و همکاران ,۲۰۱۴) .

$$\tilde{m}+\tilde{n}=\left[m_1+n_1, m_2+n_2, m_3+n_3, m_4+n_4\right] \quad (۱)$$

$$\tilde{m}-\tilde{n}=\left[m_1-n_4, m_2-n_3, m_3-n_2, m_4-n_1\right] \quad (۲)$$

$$\tilde{m} * \tilde{n}=\left[m_1 * n_1, m_2 * n_2, m_3 * n_3, m_4 * n_4\right] \quad (۳)$$

$$\frac{\tilde{m}}{\tilde{n}}=\left[\frac{m_1}{n_4}, \frac{m_2}{n_3}, \frac{m_3}{n_2}, \frac{m_4}{n_1}\right] \quad (۴)$$

$$\tilde{m} * r=\left[m_1 * r, m_2 * r, m_3 * r, m_4 * r\right] \quad (۵)$$

استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای به دلیل در نظر گرفتن عدم قطعیت که در شرایط پروژه‌های واقعی حاکم است استدلال می‌شود و دوم آنکه در نظر گرفتن این متغیرها به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای امکان محاسبات ریاضی را به‌سادگی ممکن می‌سازد. همچنین، دلیل دیگر استفاده از اعداد ذوزنقه‌ای فازی این است که چون تابع عضویت اعداد فازی ذوزنقه‌ای دارای چهار عضو هستند، دقت بیشتر و بازه بزرگ‌تر را برای نظر مدیر پروژه در نظر می‌گیرند (کیم و همکاران ,۲۰۱۵ ;مسلمی نائینی و همکاران ,۲۰۱۴) .

جدول (۱): عدد فازی اختصاص داده‌شده به هر اصطلاح زبانی (مسلمی نائینی و همکاران, ۲۰۱۴).

مقادیر زبانی	اعداد فازی
شروع نشده	[۰،۰،۰،۰]
خیلی کم	[۰ ،۰ ،۰.۱،۰.۲]
کم	[۰.۱،۰.۲،۰.۳]
کمتر از نصف	[۰.۲،۰.۳،۰.۴،۰.۵]
نصف	[۰.۴،۰.۵،۰.۵،۰.۶]
بیشتر از نصف	[۰.۵،۰.۶،۰.۷،۰.۸]
زیاد	[۰.۷،۰.۸،۰.۸،۰.۹]
خیلی زیاد	[۰.۸،۰.۹،۱،۱]

پیاده‌سازی روش EVM برای پیش‌بینی زمان و هزینه پروژه مبتنی بر دیدگاه فازی به‌صورت زیر بیان می‌شود:

برآورد EV به‌صورت فازی ذوزنقه‌ای:

۱. ابتدا مقدار درصد پیشرفت واقعی کلیه فعالیت‌ها در ماه مبنای پروژه به‌صورت زبانی طبق جدول (۱) توسط مدیر

پروژه مشخص می‌شود.

۲. درصدهای پیشرفت واقعی زبانی تعریف‌شده برای هر فعالیت را به اعداد فازی ذوزنقه‌ای متناظر که در جدول (۱) بیان‌شده است، تبدیل می‌کنند.

۳. اعداد فازی ذوزنقه‌ای بدست آمده برای هر فعالیت در بودجه مربوط به آن فعالیت ضرب شده و مقدار EV هر فعالیت به‌صورت فازی طبق فرمول زیر بدست می‌آید.

$$\widetilde{EV}_t = Cost_t \times \widetilde{P}_t \qquad (۶)$$

۴. بعد از محاسبه EV فازی، سایر محاسبات به‌صورت زیر انجام می‌شود.

$$\widetilde{EV} = \sum \widetilde{EV}_t \qquad (۷)$$

$$\widetilde{CPI} = \frac{\widetilde{EV}}{AC} \qquad (۸)$$

$$\widetilde{EAC}_c = \frac{BAC}{\widetilde{CPI}} = \left[\frac{BAC*AC}{\widetilde{EV}_۴}, \frac{BAC*AC}{\widetilde{EV}_۳}, \frac{BAC*AC}{\widetilde{EV}_۲}, \frac{BAC*AC}{\widetilde{EV}_۱}\right] \qquad (۹)$$

برآورد PV به‌صورت فازی:

۱. ابتدا از مدیر پروژه درخواست می‌شود تا مقادیر درصد پیشرفت برنامه‌ای هر فعالیت در ماه مبنای پروژه را به‌صورت زبانی طبق جدول (۱) تعریف کند.

۲. درصدهای پیشرفت زبانی تعریف‌شده برای هر فعالیت را به اعداد فازی ذوزنقه‌ای متناظر آن‌که در جدول (۱) بیان‌شده است، تبدیل می‌کنند.

۳. اعداد فازی بدست آمده برای هر فعالیت در بودجه مربوط به آن فعالیت ضرب شده و مقدار PV هر فعالیت به‌صورت فازی طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\widetilde{PV} = Cost * \widetilde{P}_t \qquad (۱۰)$$

۴. بعد از محاسبه PV ذوزنقه‌ای، سایر محاسبات به‌صورت زیر انجام می‌شود.

$$\widetilde{PV} = \sum \widetilde{PV}_t \qquad (۱۱)$$

$$\widetilde{SPI} = \frac{\widetilde{EV}}{\widetilde{PV}} = \left[\frac{\widetilde{EV}_۱}{\widetilde{PV}_4}, \frac{\widetilde{EV}_۲}{\widetilde{PV}_3}, \frac{\widetilde{EV}_۳}{\widetilde{PV}_2}, \frac{\widetilde{EV}_۴}{\widetilde{PV}_1}\right] \qquad (۱۲)$$

$$\widetilde{EAC}_t = \frac{TAC}{\widetilde{SPI}} = \left[\frac{TAC*\widetilde{PV}_1}{\widetilde{EV}_۴}, \frac{TAC*\widetilde{PV}_2}{\widetilde{EV}_۳}, \frac{TAC*\widetilde{PV}_3}{\widetilde{EV}_۲}, \frac{TAC*\widetilde{PV}_4}{\widetilde{EV}_۱}\right] \qquad (۱۳)$$

نتایج

در این قسمت با ارائه مثال عددی، نتایج حاصل از روش بیان‌شده و به‌صورت منسجم آورده می‌شود. در این قسمت مقادیر درصد پیشرفت فعالیت‌ها در ماه هشتم به‌صورت زبانی توسط مدیر پروژه بیان‌شده است و مقدار BAC کل پروژه نیز مشخص و برابر با ۵۴۹۶۱۰۰۰۰۰ می‌باشد و TAC کل پروژه برابر ۱۲ ماه گزارش‌شده است.

برای بررسی روش EVM با دیدگاه فازی به‌صورت زیر عمل شده است:

ابتدا از مدیر پروژه خواسته‌شده است تا مقادیر درصد پیشرفت واقعی پروژه را برای محاسبه EV فازی به‌صورت کلامی مشخص کند، به‌عنوان مثال فعالیت ۱. ۲. ۱ در جدول (۲)، مقدار زبانی درصد پیشرفت واقعی اختصاص داده‌شده به این فعالیت "خیلی زیاد" می‌باشد که با نگاه به جدول (۱)، مقدار معادل آن [۰. ۸،۰. ۹،۱،۱] می‌باشد که با ضرب مقدار هزینه فعالیت که معادل ۳۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال است در [۰. ۸،۰. ۹،۱،۱]، طبق فرمول (۶)، مقدار EV فازی آن فعالیت که برابر [۲۴۰۰۰۰۰۰۰. ۲۷۰۰۰۰۰۰۰. ۳۰۰۰۰۰۰۰۰. ۳۰۰۰۰۰۰۰۰] بدست می‌آید، بعد از تبدیل مقادیر زبانی کلیه فعالیت‌ها به اعداد فازی متناظر آن‌ها، برای بدست آوردن EV فازی کل، در انتهای ماه هشتم که ماه مبنای پروژه می‌باشد، از فرمول (۷) استفاده کرده و مقدار EV فازی کل، بدست می‌آید.

مجدد از مدیر پروژه خواسته‌شده است تا مقادیر درصد پیشرفت برنامه‌ای پروژه را برای محاسبه PV فازی به‌صورت زبانی مشخص کند، به‌عنوان مثال فعالیت ۱. ۲. ۱ در جدول (۳)، مقدار زبانی درصد پیشرفت برنامه‌ای اختصاص داده‌شده به این فعالیت "زیاد" می‌باشد که با نگاه به جدول (۱)، مقدار معادل آن [۰. ۷،۰. ۸،۰. ۸،۰. ۹] می‌باشد که با ضرب مقدار هزینه فعالیت که معادل ۳۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال است در [۰. ۷،۰. ۸،۰. ۸،۰. ۹]، طبق فرمول (۱۰)، مقدار PV زبانی آن فعالیت که برابر [۲۱۰۰۰۰۰۰. ۲۴۰۰۰۰۰۰. ۲۴۰۰۰۰۰۰۰.

۲۷۰۰۰۰۰۰۰] بدست می‌آید، بعد از تبدیل مقادیر زبانی کلیه فعالیت‌ها به اعداد فازی ذوزنقه‌ای متناظر آن‌ها، برای بدست آوردن PV فازی کل، در انتهای ماه هشتم که ماه مبنای پروژه می‌باشد، از فرمول (۱۱) استفاده کرده و مقدار PV فازی کل، بدست می‌آید.

نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد، مقادیر ارائه‌شده برای هزینه نهایی ($\widetilde{EAC_c}$) و زمان نهایی ($\widetilde{EAC_t}$) پروژه به ترتیب برابر با [۷۸۱۸۴۷۹۰۶۰، ۶۶۹۵۶۹۶۲۷۴، ۶۱۶۳۷۱۵۰۹۵، ۵۸۵۴۸۹۶۳۲۴] و [۱۰.۵۳,۱۲.۷۶,۱۳.۷۹,۱۶.۶۷] به‌صورت بازه‌ای می‌باشند. که این؛ کهل به دلیل عدم قطعیت در داده‌های پروژه طبق شرایط واقعی به دلیل انعطاف‌پذیری بالای اعداد فازی ذوزنقه‌ای، باعث دقت بیشتر در نتایج می‌شود. با بررسی شاخص عملکرد زمان‌بندی ($\widetilde{SPI}$) و شاخص عملکرد هزینه ($\widetilde{CPI}$) که به ترتیب برابر است با [۱. ۱۴، ۰. ۹۴، ۰. ۸۷، ۰. ۷۲] و [۰. ۹۴، ۰. ۸۹، ۰. ۸۲، ۰. ۷۰] می‌توان درباره عملکرد زمان‌بندی و هزینه‌ای پروژه نیز اظهارنظر کرد و بیان داشت که به دلیل اینکه عدد ۱ بین $\widetilde{SPI_3}$و $\widetilde{SPI_4}$ است پس از نظر برنامه زمان‌بندی، تقریباً پروژه از زمان‌بندی اولیه عقب است. همچنین چون عدد یک از $\widetilde{CPI_4}$ نیز بیشتر است لذا از نظر هزینه‌ای بیش‌ازحد بودجه برنامه‌ریزی‌شده، پروژه هزینه داشته است. درنتیجه پروژه، عملکرد هزینه و زمان‌بندی نامناسبی دارد.

$$\widetilde{EV} = \sum \widetilde{EV_i} = \quad (۱۴)$$
$$[۳۲۷۵۹,۳۸۲۷۲۰,۴۱۵۷۵۲,۴۳۷۶۸۱] \times 10^4$$

$$\widetilde{PV} = \sum \widetilde{PV_i} = \quad (۱۵)$$
$$[۳۸۴۷۲۷,۴۳۹۶۸۸,۴۳۹۶۸۸,۴۵۴۳۷۶] \times 10^4$$

$$\widetilde{CPI} = \frac{\widetilde{EV}}{AC} = \quad (۱۶)$$
$$\left[\frac{۳۲۷۷۹۰۰۰۰}{۴۶۶۲۵۳۶۸۵۰}, \frac{۳۸۲۷۲۰۰۰۰}{۴۶۶۲۵۳۶۸۵۰}, \frac{۴۱۵۷۵۲۰۰۰۰}{۴۶۶۲۵۳۶۸۵۰}, \frac{۴۳۷۶۸۱۰۰۰۰}{۴۶۶۲۵۳۶۸۵۰}\right] =$$
$$[۰.۷۰۰.۸۲,۰.۸۹,۰.۹۴]$$

$$\widetilde{SPI} = \frac{\widetilde{EV}}{\widetilde{PV}} = \quad (۱۷)$$
$$\left[\frac{۳۲۷۷۹۰۰۰۰}{۴۵۴۳۷۶۰۰۰۰}, \frac{۳۸۲۷۲۰۰۰۰}{۴۳۹۶۸۸۰۰۰۰}, \frac{۴۱۵۷۵۲۰۰۰۰}{۴۳۹۶۸۸۰۰۰۰}, \frac{۴۳۷۶۸۱۰۰۰۰}{۳۸۴۷۲۷۰۰۰۰}\right] =$$
$$[0.720.87,0.94,1.14]$$

$$\widetilde{EAC_c} = \frac{BA}{\widetilde{CPI}} = \quad (۱۸)$$
$$\left[\frac{BAC*AC}{\widetilde{EV_4}}, \frac{BAC*AC}{\widetilde{EV_3}}, \frac{BAC*AC}{\widetilde{EV_2}}, \frac{BAC*AC}{\widetilde{EV_1}}\right] \cong$$
$$[۵۸۵۴۸۹,۶۱۶۳۷۱,۶۶۹۵۶۹,۷۸۱۸۴۷] \times 10^4$$

$$\widetilde{EAC_t} = \frac{TAC}{\widetilde{SPI}} = \quad (۱۹)$$
$$\left[\frac{TAC*\widetilde{PV_1}}{\widetilde{EV_4}}, \frac{TAC*\widetilde{PV_2}}{\widetilde{EV_3}}, \frac{TAC*\widetilde{PV_3}}{\widetilde{EV_2}}, \frac{TAC*\widetilde{PV_4}}{\widetilde{EV_1}}\right] =$$
$$[۱۰.۵۳,۱۲.۷۶,۱۳.۷۹,۱۶.۶۷]$$

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی کارهای صورت گرفته و نتایج حاصل از این پژوهش پی به این برده شده است که همواره مسئله پیش‌بینی زمان و هزینه‌ی پروژه یکی از مسائل بسیار مهم و قابل‌توجه در بحث کنترل پروژه می‌باشد که توجه بسیار زیادی را به خود جلب کرده است. از مهم‌ترین اهداف گروه پروژه این است که بتواند پروژه را مطابق با بودجه مصوب و زمان‌بندی برنامه‌ریزی‌شده به پایان برساند. با استفاده از روش مدیریت ارزش کسب‌شده مبتنی بر اعداد فازی ذوزنقه‌ای، می‌توان درصد پیشرفت فعالیت‌ها را به‌طور زبانی مشخص و با معادل‌سازی آن‌ها با مقادیر کمی فازی، موردبررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار داد. همچنین برای نزدیکی هرچه بیشتر شرایط مدل ارائه‌شده با شرایط پروژه‌های واقعی، این شاخص‌ها به‌صورت فازی محاسبه شده‌اند.

بنابراین استفاده از روش مدیریت ارزش کسب‌شده مبتنی بر اعداد فازی گامی به‌سوی مدیریت صحیح زمان و هزینه در پروژه و به‌علاوه افزایش کارایی و بهبود بهره‌وری آن و با توجه به عدم قطعیت در داده‌ها با توجه به شرایط واقعی و انعطاف‌پذیری اعداد فازی ذوزنقه‌ای در محاسبات، با ارائه نتایج

جدول (۲): روش محاسبه EV فازی.

ردیف	درصد پیشرفت فیزیکی واقعی به‌صورت مقادیر کیفی	درصد پیشرفت واقعی به‌صورت اعداد فازی	Cost	$\widetilde{EV} = \text{Cost} * \text{Fuzzy Number}_i$
۱			**ریال ۵،۴۹۶،۱۰۰،۰۰۰**	$\widetilde{EV}_i$ [۴۳۷۶۸۱۰۰۰۰ .۴۱۵۷۵۲۰۰۰۰ .۳۸۲۷۲۰۰۰۰۰ .۳۲۷۷۵۹۰۰۰۰] $\sum$=
۱ .۱	شروع نشده	[۰،۰،۰،۰]	**ریال ۰**	[۰ .۰ .۰ .۰]
۲ .۱			**ریال ۴۴۰،۰۰۰،۰۰۰**	
۱ .۲ .۱	خیلی زیاد	[۰ .۰ .۸،۰ ۹،۱،۱]	ریال ۳۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۳۰۰۰۰۰۰۰۰ .۳۰۰۰۰۰۰۰ .۲۷۰۰۰۰۰۰ .۲۴۰۰۰۰۰۰]
۲ .۲ .۱	خیلی زیاد	[۰ .۰ .۸،۰ ۹،۱،۱]	ریال ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۱۰۰۰۰۰۰۰۰ .۱۰۰۰۰۰۰۰ .۹۰۰۰۰۰۰۰ .۸۰۰۰۰۰۰۰]
۳ .۲ .۱	خیلی زیاد	[۰ .۰ .۸،۰ ۹،۱،۱]	ریال ۴۰،۰۰۰،۰۰۰	[۴۰۰۰۰۰۰۰ .۴۰۰۰۰۰۰۰ .۳۶۰۰۰۰۰۰ .۳۲۰۰۰۰۰۰]
۳ .۱			**ریال ۲،۱۳۵،۹۰۰،۰۰۰**	
۱ .۳ .۱	خیلی زیاد	[۰ .۰ .۸،۰ ۹،۱،۱]	ریال ۵۹۸،۰۰۰،۰۰۰	[۵۹۸۰۰۰۰۰۰ .۵۹۸۰۰۰۰۰۰ .۵۳۸۲۰۰۰۰۰ .۴۷۸۴۰۰۰۰۰]
۲ .۳ .۱	خیلی زیاد	[۰ .۰ .۸،۰ ۹،۱،۱]	ریال ۷۸۰،۰۰۰،۰۰۰	[۷۸۰۰۰۰۰۰۰ .۷۸۰۰۰۰۰۰ .۷۰۲۰۰۰۰۰۰ .۶۲۴۰۰۰۰۰۰]
۳ .۳ .۱	زیاد	[۰ .۰ .۷،۰ .۸،۰ ۹ ۸،۰]	ریال ۶۹۲،۹۰۰،۰۰۰	[۶۲۳۶۱۰۰۰۰ .۵۵۴۳۲۰۰۰۰ .۵۵۴۳۲۰۰۰۰ .۴۸۵۰۳۰۰۰۰]
۴ .۳ .۱	خیلی زیاد	[۰ .۰ .۸،۰ ۹،۱،۱]	ریال ۶۵،۰۰۰،۰۰۰	[۶۵۰۰۰۰۰۰ .۶۵۰۰۰۰۰۰ .۵۸۵۰۰۰۰۰ .۵۲۰۰۰۰۰۰]
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
۶ .۱			**ریال ۱،۱۲۰،۰۰۰،۰۰۰**	
۱ .۶ .۱	کم	[۰ .۰ .۱،۰ .۲،۰ ۳ .۲،۰]	ریال ۱۲۰،۰۰۰،۰۰۰	[۳۶۰۰۰۰۰۰ .۲۴۰۰۰۰۰۰ .۲۴۰۰۰۰۰۰ .۱۲۰۰۰۰۰۰]
۲ .۶ .۱	کم	[۰ .۰ .۱،۰ .۲،۰ ۳ .۲،۰]	ریال ۲۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۶۰۰۰۰۰۰۰ .۴۰۰۰۰۰۰۰ .۴۰۰۰۰۰۰۰ .۲۰۰۰۰۰۰۰]
۳ .۶ .۱	کم	[۰ .۰ .۱،۰ .۲،۰ ۳ .۲،۰]	ریال ۸۰،۰۰۰،۰۰۰	[۲۴۰۰۰۰۰۰ .۱۶۰۰۰۰۰۰ .۱۶۰۰۰۰۰۰ .۸۰۰۰۰۰۰۰]
۴ .۶ .۱	کم	[۰ .۰ .۱،۰ .۲،۰ ۳ .۲،۰]	ریال ۶۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۱۸۰۰۰۰۰۰۰ .۱۲۰۰۰۰۰۰۰ .۱۲۰۰۰۰۰۰۰ .۶۰۰۰۰۰۰۰]
۵ .۶ .۱	کم	[۰ .۰ .۱،۰ .۲،۰ ۳ .۲،۰]	ریال ۲۰،۰۰۰،۰۰۰	[۶۰۰۰۰۰۰ .۴۰۰۰۰۰۰ .۴۰۰۰۰۰۰ .۲۰۰۰۰۰۰]
۶ .۶ .۱	کم	[۰ .۰ .۱،۰ .۲،۰ ۳ .۲،۰]	ریال ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۳۰۰۰۰۰۰۰ .۲۰۰۰۰۰۰۰ .۲۰۰۰۰۰۰۰ .۱۰۰۰۰۰۰۰]
۷ .۱			**ریال ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰**	
۱ .۷ .۱	کم	[۰ .۰ .۱،۰ .۲،۰ ۳ .۲،۰]	ریال ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۳۰۰۰۰۰۰۰ .۲۰۰۰۰۰۰۰ .۲۰۰۰۰۰۰۰ .۱۰۰۰۰۰۰۰]

به صورت اعداد فازی ذوزنقهای، سیستم گزارش دهی تو سط مدیر پروژه به‌آسانی قابل انجام است و برای مدیر پروژه محدودیتی ایجاد نخواهد کرد.

با توجه به نتایج بدست آمده از پروژه و آنچه در قسمت نتایج بیان‌شده است، در روش EVM با دیدگاه فازی چون داده‌ها به صورت غیرقطعی بیان می شوند ا ستفاده از این روش بسیار کارآمد و ساده می‌باشد که با استفاده از اطلاعات و عملکرد گذشته پروژه، دید جامع و کلی نسبت به عملکرد پروژه از ابتدا تا انتهای کار ارائه داده و می‌تواند برای تصمیمات مدیر پروژه برای پروسه برنامه‌ریزی مجدد، موردتوجه قرار گیرد. همچنین این روش بیان‌شده به مدیران پروژه این امکان را می‌دهد که عملکرد نامطلوب پروژه‌ها را در آینده پیش‌بینی کرده و اقدامات لازم به‌منظور پیشگیری از مواجه شدن با این شرایط را فراهم کنند. همچنین از این روش توضیح داده‌شده میتوان در سازمانهایی که با محدودیت اطلاعات به دلایل امنیتی و یا کمبود اطلاعات مواجه هستند استفاده کرد. به‌عنوان یکی از کارهای موردبررسی در آینده میتوان با در نظر گرفتن مقدار AC به‌صورت فازی روش استفاده‌شده در این پژوهش را توسعه داد. همچنین از اعداد خاکستری و یا اعداد فازی مثلثی نیز می‌توان در مطالعات آتی در روش EVM استفاده نمود و نتایج آن‌ها را با دستاوردهای این پژوهش مقایسه نمود.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مادی و معنوی شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی ایران طی قرارداد پژوهشی شماره ۹۵/۱۰۰۴ انجام‌گرفته است.

جدول(۳): روش محاسبه PV فازی.

ردیف	درصد پیشرفت برنامه‌ای به‌صورت مقادیر کیفی	درصد پیشرفت برنامه‌ای به‌صورت اعداد فازی	Cost	= Cost * Fuzzy Number $\widetilde{PV}_i$
۱			**ریال ۵،۴۹۶،۱۰۰،۰۰۰**	[۴۳۹۶۸۸۰۰۰۰ .۴۳۹۶۸۸۰۰۰۰ .۳۸۴۷۲۷۰۰۰۰] **$\sum \widetilde{PV}_i$ = [۴۵۴۳۷۶۰۰۰۰**
۱.۱	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	**ریال ۰**	[۰ .۰ .۰ .۰ ۰]
۱.۲			**ریال ۴۴۰،۰۰۰،۰۰۰**	
۱.۲.۱	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۳۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۲۱۰۰۰۰۰۰۰ .۲۴۰۰۰۰۰۰ .۲۴۰۰۰۰۰۰ [۲۷۰۰۰۰۰۰
۱.۲.۲	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۷۰۰۰۰۰۰۰ .۸۰۰۰۰۰۰۰ .۸۰۰۰۰۰۰۰ .۹۰۰۰۰۰۰۰]
۱.۲.۳	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۴۰،۰۰۰،۰۰۰	[۲۸۰۰۰۰۰۰ .۳۲۰۰۰۰۰۰ .۳۲۰۰۰۰۰۰ .۳۶۰۰۰۰۰۰]
۱.۳			**ریال ۲،۱۳۵،۹۰۰،۰۰۰**	
۱.۳.۱	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۵۹۸،۰۰۰،۰۰۰	[۴۱۸۶۰۰۰۰۰ .۴۷۸۴۰۰۰۰۰ .۴۷۸۴۰۰۰۰ [۵۳۸۲۰۰۰۰۰
۱.۳.۲	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۷۸۰،۰۰۰،۰۰۰	[۵۴۶۰۰۰۰۰۰ .۶۲۴۰۰۰۰۰۰ .۶۲۴۰۰۰۰۰ [۷۰۲۰۰۰۰۰۰
۱.۳.۳	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۶۹۲،۹۰۰،۰۰۰	[۴۸۵۰۳۰۰۰۰ .۵۵۴۳۲۰۰۰۰ .۵۵۴۳۲۰۰۰۰ [۶۲۳۶۱۰۰۰۰
۱.۳.۴	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۶۵،۰۰۰،۰۰۰	[۴۵۵۰۰۰۰۰ .۵۲۰۰۰۰۰۰ .۵۲۰۰۰۰۰۰ .۵۸۵۰۰۰۰۰]
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
۱.۶			**ریال ۱،۱۲۰،۰۰۰،۰۰۰**	
۱.۶.۱	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۱۲۰،۰۰۰،۰۰۰	[۸۴۰۰۰۰۰۰ .۹۶۰۰۰۰۰۰ .۹۶۰۰۰۰۰۰ .۱۰۸۰۰۰۰۰۰]
۱.۶.۲	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۲۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۱۴۰۰۰۰۰۰۰ .۱۶۰۰۰۰۰۰ .۱۶۰۰۰۰۰۰ [۱۸۰۰۰۰۰۰۰
۱.۶.۳	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۸۰،۰۰۰،۰۰۰	[۵۶۰۰۰۰۰۰ .۶۴۰۰۰۰۰۰ .۶۴۰۰۰۰۰۰ .۷۲۰۰۰۰۰۰]
۱.۶.۴	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۶۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۴۲۰۰۰۰۰۰۰ .۴۸۰۰۰۰۰۰ .۴۸۰۰۰۰۰۰ [۵۴۰۰۰۰۰۰
۱.۶.۵	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۲۰،۰۰۰،۰۰۰	[۱۴۰۰۰۰۰۰ .۱۶۰۰۰۰۰۰ .۱۶۰۰۰۰۰۰ .۱۸۰۰۰۰۰۰]
۱.۶.۶	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۷۰۰۰۰۰۰۰ .۸۰۰۰۰۰۰۰ .۸۰۰۰۰۰۰۰ .۹۰۰۰۰۰۰۰]
۱.۷			**ریال ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰**	
۱.۷.۱	زیاد	[۰ .۷،۰ .۸،۰ .۸،۰ ۹]	ریال ۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	[۷۰۰۰۰۰۰۰ .۸۰۰۰۰۰۰۰ .۸۰۰۰۰۰۰۰ .۹۰۰۰۰۰۰۰]

مراجع

۱. مغیث‌پور، نازنین و امیرعباس نجفی، (۱۳۸۸)، "پیش‌بینی زمان و هزینه پروژه با استفاده از تکنیک ارزش کسب‌شده با رویکرد فازی"، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، تهران

2. Acebes, F. , Pajares, J. , Galán, J. M. , & López-Paredes, A. (۲۰۱۳). "Beyond earned value management: A graphical framework for integrated cost, schedule and risk monitoring". *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* ۷٤, ۱۸۹-۱۸۱.
3. Asgari Dehabadi, M. M., Salari, M., & Mirzaei, A. R. (۲۰۱٤). "Estimation of project performance using earned value management and fuzzy regression". *Shiraz Journal of System Management,* ۲, ۱۲۲-۱۰۵.
4. Batselier, J., & Vanhoucke, M. (۲۰۱۵). "Evaluation of deterministic state-of-the-art forecasting approaches for project duration based on earned value management". *International Journal of Project Management, 33 (7)*, ۱۵۹٦-۱۵۸۸.
5. Batselier, J., & Vanhoucke, M. (۲۰۱۷). "Improving project forecast accuracy by integrating earned value management with exponential smoothing and reference class forecasting". *International Journal of Project Management, 35 (1)*, ٤۳-۲۸.
6. Caron, F., Ruggeri, F., & Merli, A. (۲۰۱۳). "A Bayesian approach to improve estimate at completion in earned value management". *Project Management Journal,* 44 (1), ۱٦-۳.
7. Chen, H. L., Chen, W. T., & Lin, Y. L. (۲۰۱٦). "Earned value project management: Improving the predictive power of planned value". *International Journal of Project Management, 34 (1)*, ۲۹-۲۲.
8. Colin, J., Martens, A., Vanhoucke, M., & Wauters, M. (۲۰۱۵). "A multivariate approach for top-down project control using earned value management". *Decision Support Systems,* ۷۹, ۷٦-٦۵.
9. Colin, J., & Vanhoucke, M. (۲۰۱٤). "Setting tolerance limits for statistical project control using earned value management". *Omega,* ٤۹, ۱۲۲-۱۰۷.
10. Colin, J., & Vanhoucke, M. (۲۰۱۵). "A comparison of the performance of various project control methods using earned value management systems". *Expert Systems with Applications, 42 (6)*, ۳۱۷۵-۳۱۵۹.
11. Faris Khamidi, M., Waris, A., & Idrus, A. (۲۰۱۱). "Application of earned value management system on an infrastructure project: A malaysian case study". *International Conference on Management and Service Science,* ۸, ۵-۱.
12. Forouzanpour, H., Mirzazadeh, A., & Nodoust, S. (۲۰۱٦). "An evidential reasoning approach for the earned value management". *Scientia Iranica E,23 (2)*, ۷۰۰-٦۸۵.
13. Huang, J. W., Pan, H. M., Li, Y., Zhu, Y. T., & Liao, Z. Y. (۲۰۱٤). "Cost/schedule monitoring and forecasting for project based on earned value management (EVM) ". *Advanced Materials Research,* ۹۲۱-۹۱۹, ۱٤٤۰-۱٤۳۷.
14. Kerkhove, L. -P., & Vanhoucke, M. (۲۰۱۷). "Extensions of earned value management: Using the earned incentive metric to improve signal quality". *International Journal of Project Management, 35 (2)*, ۱٦۸-۱٤۸.
15. Khamooshi, H., & Golafshani, H. (۲۰۱٤). "EDM: Earned duration management, a new approach to schedule performance management and measurement". *International Journal of Project Management, 32 (6)*, ۱۰٤۱-۱۰۱۹.
16. Kim, J. , Koo, C. , Kim, C. J. , Hong, T. , & Park, H. S. (۲۰۱۵). "Integrated CO۲, cost, and schedule management system for building construction projects using the earned value management theory". *Journal of Cleaner Production,* ۱۰۳, ۲۸۵-۲۷۵.
17. Lipke, W. , Zwikael, O. , Henderson, K. , & Anbari, F. (۲۰۱۰). "Prediction of project outcome: The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes". *International Journal of Project Management, 27 (4)*, ٤۰۷-٤۰۰.
18. Mortaji, S. T. H. , Bagherpour, M. , & Noori, S. (۲۰۱۳). "Fuzzy earned value management using LR fuzzy numbers". *Journal Of Intelligent & Fuzzy Systems, 24 (2)*, ۳۳۲-۳۲۳.
19. Moslemi Naeni, L., Shadrokh, S., & Salehipour, A. (۲۰۱٤). "A fuzzy approach for the earned value management". *International Journal of Project Management, 32 (4)*, ۷۱٦-۷۰۹.
20. Pajares, J., & Lopez-Paredes, A. (۲۰۱۱). "An extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Control Index and the Schedule Control Index". *International Journal of Project Management,29 (5)*, ٦۲۱-٦۱۵.
21. Project Management Institute. (۲۰۱۲). "*A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) "*: Newton Square, PA., USA: Project Management Institute.
22. Vahedi Diz, A. (۲۰۰۸). "*Earned value project management (EVPM) "* (second ed.): Asia publisher.
23. Vandevoorde, S. & ,Vanhoucke, M. (۲۰۱۰). "A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics". *International Journal of Project Management, 24(4)*, ۳۰۲-۲۸۹.