

## ارایه روشی جهت محاسبه ارزش کسب شده در شرایط ریسک در محیط فازی

هیرش سلطانیپناه\*

هیوا فاروقی\*\*

روح الله عبدی\*\*\*

### چکیده

تخمین هزینه و زمان واقعی اجرای پروژه یکی از دغدغه های مدیران پروژه است. مدیریت ارزش کسب شده تکنیکی برای پاسخگویی به این دو سوال مهم است که هزینه پایانی انجام پروژه چقدر است؟ تکمیل پروژه چه مدت زمانی بطول می انجامد؟ در روابط موجود در سیستم ارزش کسب شده، عملکرد پروژه فقط بر اساس داده ها و اطلاعات قبلی قابل پیش بینی است و شرایط و موقعیت آینده در آن دیده نشده است. روشهای فراوانی برای رفع این محدودیت ارایه شده است ولی هیچکدام از این روشها شرایط آینده و عدم قطعیتها را بطور کامل در نظر نگرفته اند در این مقاله یک روش جدید با استفاده از بیان زمان، هزینه و پیشرفت پروژه در قالب اعداد فازی برای تعیین شاخص های ارزش کسب شده ارائه شده است. برای تخمین دقیقتر و صحیح تر در پیش بینی نتایج پروژه عامل ریسک نیز در محیط فازی اضافه شده است. در این مقاله ابتدا برخی روشهای موجود بصورت مختصر بیان می شود و سپس متدولوژی فازی و فاکتور ریسک مورد بررسی قرار می گیرد. در پایان پس از تبیین مدل ارائه شده به کمک یک مثال این روش توضیح داده شده است. واژگان کلیدی: مدیریت پروژه، تئوری فازی، مدیریت ریسک، ارزش کسب شده، ارزیابی عملکرد پروژه.

\* عضو هیئت علمی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد سنندج. کردستان، ایران.

\*\* عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه کردستان. کردستان، ایران.

\*\*\* کارشناس ارشد مدیریت و مدیر برنامه ریزی شرکت پتروشیمی ایلام (نویسنده مسئول) roabdi1360@Gmail.com

## مقدمه

تکنیک مدیریت ارزش کسب شده بر مبنای اطلاعات تاریخی و گذشته پروژه پیش بینی‌های لازم را انجام می‌دهد این در حالی است که مدیران پروژه می‌خواهند بدانند که در آینده برای پروژه چه اتفاقی خواهد افتاد و زمان و هزینه نهایی چقدر خواهد بود؟ این سیستم بعنوان یک ابزار هشدار سریع برای مدیران پروژه محسوب می‌شود تا به کمک آن بتوانند اقدامات اصلاحی و به موقع را به منظور کنترل عملکرد پروژه انجام دهند. بدلیل در نظر نگرفتن شرایط آینده و ریسک‌های احتمالی نمی‌توان پیش بینی مناسبی با استفاده از تکنیک ارزش کسب شده بدست آورد ضمن اینکه با گذشت زمان و اجرای پروژه شاخص‌های این تکنیک انحرافات را در مراحل پایانی پروژه نشان نمی‌دهند. در طی سالیان متمادی تکنیک‌های فراوانی برای رفع این مشکل ارائه شده است که در بخش‌های بعدی برخی از این تکنیک‌ها بهمراه روابط موجود آمده است. در ادامه مقاله ابتدا مهمترین مطالعات مربوط به حوزه یاد شده مورد بررسی قرار می‌گیرد سپس با توجه به اهمیت ارزیابی عملکرد پروژه مهمترین روشهای ارزیابی عملکرد توضیح داده خواهد شد. در انتها مدل مورد نظر تشریح و الگوریتم آن ارائه می‌گردد و در ادامه مقاله یک مثال کاربردی به کمک روش ارائه شده حل می‌گردد.

در سال ۱۹۶۷ مدیریت ارزش کسب شده<sup>۱</sup> توسط موسسات دولتی آمریکا بعنوان بخش اصلی معیار سیستم‌های کنترل زمانبندی و هزینه معرفی گردید و بطور گسترده در پروژه‌های بزرگ دولتی مورد استفاده قرار گرفت. اما گزارشات اندکی مبنی بر استقبال بخش خصوصی نیز وجود دارد. در سال ۱۹۹۶ دولت آمریکا به منظور تشویق بخش خصوصی سیستم‌های کنترل زمانبندی و هزینه<sup>۲</sup> را رها نموده و تکنیک ارزش کسب شده را جایگزین نمود. در سال ۲۰۰۰ میلادی موسسه مدیریت پروژه<sup>۳</sup> مجموعه‌ای از اصطلاحات و مفاهیم ساده را در راهنمای دانش مدیریت پروژه<sup>۴</sup> قرار داد [۷ و ۲۱].

لیپه<sup>۵</sup> در ماه مارس سال ۲۰۰۳ مفهوم زمانبندی حاصله<sup>۶</sup> را برای اولین بار مطرح نمود [۱۷]. تحقیقات متعدد دیگری نیز توسط انبری<sup>۷</sup> و لیپه نیز در جهت بهبود و تقویت تکنیک ارزش حاصله و خصوصاً استفاده از این تکنیک به منظور پیش‌بینی شرایط اتمام پروژه

1- Earned Value Management

2 - Cost Value Management

انجام گرفته است [۱۸]. همچنین لیپه ایده‌هایی برای استفاده از ابزارهای کنترل کیفیت برای کنترل شاخص‌های عملکرد ارائه نموده است که موجب کاربردی تر شدن آن شده و امکان تشخیص زود هنگام و شرایط خارج از کنترل را تسهیل می نماید [۱۸ و ۱۶]. کوتا<sup>۸</sup> در مقاله ای تحت عنوان "بکاربردن تکنیک ارزش حاصله ابتدا عدم قطعیت های موجود را شرح داده و سپس روشی برای آن ارائه می دهد که محاسبات خود را بصورت فازی انجام داده است [۱۴]. محققان بسیاری مانند کوچ<sup>۹</sup> و همکارانش، برایت<sup>۱۰</sup> و هوارد<sup>۱۱</sup>، ریدل<sup>۱۲</sup> و چاناس<sup>۱۳</sup> در مسیر یافتن بهترین راه برای محاسبه نتایج پایانی پروژه گام برداشته اند آنها در تحقیقات خود با استفاده از داده های واقعی استخراج شده از پروژه‌های مورد مطالعه عوامل مختلفی را مورد بررسی قرار دادند و تاثیر این عوامل را بر عملکرد پروژه بررسی نمودند [۱۲ و ۹ و ۸]. بهترین و مناسب ترین فرمول به عوامل مختلفی مانند قضاوت مدیر، توافق کارفرما یا مشتری پروژه، اولویت بندی اهداف پروژه در زمان، هزینه و کیفیت مورد نظر و نیز وضعیت موجود پروژه از نظر زمانی، هزینه ای و فنی بستگی دارد [۱۰]. نصار<sup>۱۴</sup> با بکار گیری تجزیه و تحلیل ویبال برای ارزیابی کارایی زمانبندی و هزینه مدلی را ارائه می نماید که برای محاسبه کارایی زمانبندی پروژه از روش ویبال استفاده می کند [۲۰]. هاتوی<sup>۱۵</sup> در سال ۲۰۰۵ در مقاله خود برای محاسبه درصد پیشرفت پروژه مدلی ارائه می کند که از روش ترافیکی داده‌ها استفاده می کند [۱۱]. کیوفی<sup>۱۶</sup> در سال ۲۰۰۶ در مقاله خود با عنوان طراحی مدیریت پروژه یک نشانه گذاری و بهبود محاسبات ارزش کسب شده، ابتدا شاخص‌های متدولوژی ارزش کسب شده را مورد بررسی قرار می دهد سپس شاخص جدیدی با مفهوم روشنتری را بیان می کند [۶]. وانگ<sup>۱۷</sup> در سال ۲۰۰۶ در مقاله خود تحت عنوان تجربه های سودمند برای اندازه گیری هزینه و زمان از طریق ارزش کسب شده و کنترل فرایندهای آماری مدلی را ارائه می نماید که در آن کنترل هزینه و زمان با استفاده از روشهای آماری انجام می شود. همچنین شاخص‌های عملکرد برنامه ای<sup>۱۸</sup> و عملکرد هزینه ای<sup>۱۹</sup> نیز از روش های آماری محاسبه می شوند [۲۳]. لیانگ<sup>۲۰</sup> در سال ۲۰۰۶ در مقاله خود تحت عنوان "تحقیق بر روی روش ارزش حاصله برای پیگیری پیشرفت پروژه" شاخصی را ارائه می نماید که بتوان با استفاده از آن پیشرفت پروژه را بطور مناسبی پیگیری و مشاهده کرد [۱۵]. نایینی و شادرخ در سال ۱۳۸۶ در مقاله ای

خود با عنوان مدیریت ارزش کسب شده با رویکرد فازی بر اساس رویکرد فازی مبتنی بر برشهای  $\alpha$  و بکارگیری متغیرهای کلامی، در بیان میزان پیشرفت پروژه‌ها استفاده می‌نماید [۵]. شاکری و همکارانش در سال ۸۸ در مقاله خود یک روش برای انتخاب مناسبترین شاخص پیش بینی نتایج پایانی پروژه‌ها از نظر زمان و هزینه ارائه نموده‌اند [۳]. ابوالحسنی در سال ۸۹ در مقاله خود هدفش اصلاح قابلیت گرفتن تصمیمات قاعده متد توسط مدیران پروژه با ارائه روش قابل استناد در خصوص پیش بینی نتیجه نهایی پروژه‌ها می‌باشد [۱]. سلطانپناه و همکارانش در سال ۱۳۸۹ در مقاله خود با عنوان استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت مدیریت پروژه در شرایط عدم قطعیت از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره در شناسایی مسیر بحرانی پروژه و معیارهایی همچون زمان فعالیت، هزینه فعالیت، پشتیبانی‌های موجود، ریسک تغییرات طراحی و ریسک‌های خارجی و منابع استفاده می‌کنند [۲]. عبدی و همکارش در سال ۱۳۸۹ در مقاله خود یک مدل را برای پشتیبانی از مدیران پروژه به منظور تمرکز بخشیدن بر روی فعالیت‌های شبکه یک پروژه با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره و عامل ریسک ارائه می‌کنند [۴].

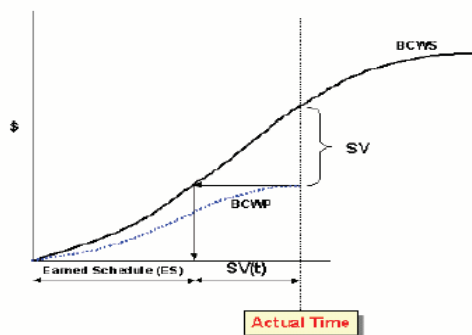
در این مقاله به منظور رفع ابهامات موجود، سه فاکتور زمان، هزینه و میزان پیشرفت در قالب اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته شده‌اند همچنین به عامل ریسک به عنوان یک فاکتور اثر گذار بر تصمیم‌گیری توجه ویژه‌ای شده است. ریسک یک پروژه، رویدادها یا وضعیت‌های ممکن الوقوع نامعلومی است که در صورت وقوع به صورت پیامدهای منفی یا مثبت بر اهداف پروژه تاثیر می‌گذارد. که پیامد این رویدادها مستقیماً بر زمان، هزینه، کیفیت و محدوده پروژه اثر گذار است [۲۲]. و با توجه به اینکه عامل ریسک متاثر از آینده بوده به منظور کاهش عدم قطعیت در برآورد آن از اعداد فازی مثلثی که دارای دقت بیشتری هستند استفاده شده است. تحقیقاتی که تاکنون در زمینه ارزش کسب شده انجام گرفته نتوانسته‌اند کلیه عدم قطعیت‌های موجود را در نظر بگیرند در این مقاله یک روش جدید با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و نیز فازی نمودن زمان، هزینه و میزان پیشرفت پروژه و درگیر نمودن ریسک‌های پروژه ارائه می‌شود.

## روشهای اندازه‌گیری ارزش کسب شده

به منظور اندازه‌گیری ارزش کسب شده روشهای متعددی وجود دارد که در زیر برخی از این روشها به همراه شاخص آنها آمده است.

### روش زمان‌بندی حاصله

برای رفع ایرادات وارد بر شاخصهای ارزش کسب شده مفهوم زمان‌بندی حاصله بوجود آمد این روش مشابه روش مدیریت ارزش کسب شده است با این تفاوت که برای اندازه‌گیری عملکرد پروژه به جای هزینه، مدت زمان برنامه مورد استفاده قرار می‌گیرد برای بدست آوردن زمانبندی حاصله در یک نقطه مشخص از زمان مانند شکل (۱) ارزش حاصله در آن نقطه به موازات محور X ادامه داده می‌شود تا منحنی BCWS را قطع کند از تقاطع بدست آمده خطی عمود بر محور X (زمان) رسم می‌گردد. فاصله مبدا مختصات تا نقطه بدست آمده از تقاطع خط عمود و محور زمان، زمانبندی حاصله نامیده می‌شود مقدار زمانبندی حاصله با تعیین اینکه در چه زمانی از کار انجام شده با نرخ بودجه<sup>۲۲</sup> یا ارزش حاصله بدست می‌آید مشخص می‌گردد [۱۳].



شکل ۱. زمانبندی حاصله (۱۱)

با استفاده از رابطه شماره (۱) می‌توان ES (زمان بندی حاصله) تجمعی را نیز نشان

داد:

$$ES_{cum} = C + I \quad (1)$$

در جایی که ES زمانبندی حاصله و C برابر است با واحدهای کامل زمانی قبل از رسیدن به زمان بودجه مصوب و I برابر است با جز غیر صحیح زمان رسیدن به مقدار

بودجه مصوب.

$$I = \frac{(BCWP - BCWS_C)}{BCWS_{C+I} - BCWS_C} \quad (۲)$$

که در آن BCWS همان بودجه پیش بینی شده برنامه<sup>۲۳</sup> (بودجه مصوب) و BCWP عبارت است از کار انجام شده با نرخ بودجه (ارزش کسب شده).

شاخص‌های عملکرد زمانی

از آنجا که روش زمانبندی حاصله عملکرد واقعی را با زمان مقایسه می‌کند شاخص‌های آن عبارتند از:

$$SV_{(t)} = ES - AT \quad (۳)$$

$$SPI_{(t)} = \frac{ES}{AT} \quad (۴)$$

در جایی که AT نشانگر زمان واقعی<sup>۲۴</sup> است. بر خلاف واریانس زمانبندی<sup>۲۵</sup> که بصورت هزینه ای مطرح می‌شد شاخص SV(t) بر اساس واحد های زمانی مطرح می‌شود که تفسیر مسئله را آسانتر می‌سازد بنابراین  $SV(t) < 0$  و  $SV(t) > 0$  نشانگر واحدهای زمانی است که در آن پروژه از عملکردش عقب تر و یا جلوتر است [۱۲].

روش ارزش حاصله

در تکنیک ارزش حاصله بمنظور پیش بینی ها، شاخص مهمی تعریف می‌شود که شاخص مدت زمان تخمینی برای خاتمه<sup>۲۶</sup> پروژه نامیده می‌شود در روش‌های قبلی این شاخص بدرستی محاسبه نمی‌شد. در زیر رابطه مربوط به این شاخص آمده است:

$$EAC(t)_{ES} = \frac{AD + (PD - ES)}{P.F} \quad (۵)$$

که در آن AD عبارت است از مدت زمان واقعی<sup>۲۷</sup> پروژه، PD همان زمان برنامه‌ریزی شده<sup>۲۸</sup> و PF فاکتور عملکرد<sup>۲۹</sup> است که بر اساس وضعیت پروژه مقدار آن تعیین می‌گردد. برای تعیین وضعیت پروژه از شاخص مدت زمان برنامه‌ریزی شده برای کار باقیمانده<sup>۳۰</sup> استفاده می‌شود. انبری در تحقیقی که در سال ۲۰۰۳ ارائه نمود این شاخص را مورد بررسی قرار داد و معتقد است که مقدار مدت زمان برنامه‌ریزی شده برای کار باقیمانده کاملاً به مشخصه های خاص پروژه (وضعیت پروژه) وابسته است [۱۸]. به منظور تعیین وضعیت های پروژه سه حالت در نظر گرفته می‌شود:

PDWR مطابق برنامه: در این حالت عملکرد گذشته مبنای مناسبی برای پیش‌بینی آینده نیست و مسائل گذشته برآینده اثری ندارند و کار باقیمانده بر اساس برنامه انجام می‌شود.

PDWR دنبال نمودن روند SPI فعلی: در این حالت عملکرد گذشته مبنای مناسبی برای پیش‌بینی آینده است و مسائل گذشته برآینده اثر دارند.

PDWR دنبال نمودن روند شاخص زمان هزینه<sup>۳۱</sup> فعلی: مشکلات مربوط به هزینه و زمانبندی مبنای مناسبی برای پیش‌بینی عملکرد آینده است. (دو عامل زمان و هزینه به صورت جدا از هم در نظر گرفته می‌شوند) به عبارتی:

$$SCI = SPI * CPI$$

بر اساس موقعیت‌های تعریف شده در فوق مقدار PF بصورت زیر تعیین می‌گردد:

الف - مدت زمان باقیمانده از پروژه بر اساس برنامه خواهد بود:  $P.F = 1$

$$EAC(t)_{ES1} = \frac{AD + (PD - ES)}{1} = AD + (PD - ES) \quad (۶)$$

ب- مدت زمان باقیمانده از پروژه مطابق روند  $SPI(t)$  خواهد بود:  $P.F = SPI(t)$

$$EAC(t)_{ES2} = \frac{AD + (PD - ES)}{SPI(t)} \quad (۷)$$

ج- مدت زمان باقیمانده از کار مطابق روند  $SCI(t)$  است:  $P.F = SCI(t)$  بر اساس زمانبندی حاصله معیار دیگری نیز ارائه شده که برای سنجش میزان تلاش لازم برای اتمام پروژه در زمان تعیین شده برای پروژه بکار می‌رود. این معیار یا شاخص عملکرد برنامه زمانبندی جهت تکمیل پروژه<sup>۳۲</sup> نامیده می‌شود و بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$TCSPI(t) = \frac{(PD - ES)}{(PD - AD)} \quad (۹)$$

در مواردی که مدت زمان برنامه ریزی شده برای پروژه مورد بازنگری قرار می‌گیرد از فرمول زیر می‌توان استفاده نمود:

$$EAC(t)_{ES3} = \frac{AD + (PD - ES)}{(CPI \times SPI(t))} = \frac{AD + (PD - ES)}{SCI(t)} \quad (۸)$$

$$TCSPi(t) - LRS = \frac{(PD - ES)}{(LRS - AD)} \quad (10)$$

LRS عبارت است از آخرین زمانبندی بازنگری شده [۲۳].

مدیریت ریسک پروژه:

مدیریت ریسک پروژه، فرایندی سازماندهی شده برای شناسایی، تجزیه تحلیل و ارزیابی ریسکهای مرتبط با پروژه برای اجرا و کنترل روشی مناسب بمنظور جلوگیری یا برخورد با هر ریسک می باشد [۱۳و۸]. در زیر مراحل مربوط به فرایند مدیریت ریسک بر اساس الگوی مدیریت ریسک پروژه معرفی می گردند.

#### الف - برنامه ریزی مدیریت ریسک

برنامه ریزی مدیریت ریسک، فرایند تصمیم گیری در مورد چگونگی و نحوه برنامه ریزی فعالیت های مدیریت ریسک یک پروژه می باشد.

#### ب - شناسایی ریسک

این مرحله از فرایند مدیریت ریسک، روندی کیفی می باشد که با هدف شناسایی و توصیف ریسکهای موثر بر اهداف پروژه، طی می شود. با یک نگاه دقیقتر، شناسایی ریسک فرایند تعیین ریسکهای احتمالی موثر بر پروژه و تعیین مشخصه های هر یک از آنها مستند سازی می باشد.

#### ج - تجزیه و تحلیل کیفی ریسک

تجزیه تحلیل کیفی ریسک عبارت است از ارزیابی احتمال و اثر ریسکهای شناسایی شده. این فرایند ریسکها را با توجه به پیامد و اثر بالقوه شان بر روی اهداف پروژه درجه بندی می کند. برای تجزیه و تحلیل کافی است تا میزان احتمال و پیامد ریسک با استفاده از ابزار و تکنیک های کیفی مشخص گردد.

#### د - تجزیه تحلیل کمی ریسک

هدف از تجزیه تحلیل کمی ریسک، تحلیل عددی احتمال وقوع هر ریسک و پیامدهای آن بر اهداف پروژه می باشد.



#### ۵ - برنامه‌ریزی واکنش به ریسک

برنامه‌ریزی واکنش به ریسک، فرایند افزایش مدام فرصت‌ها بوسیله واکنش مناسب به ریسک‌ها و تهدیدها می‌باشد. برنامه‌ریزی واکنش به ریسک بایستی متناسب با شدت ریسک، هزینه، زمان واقعی و مورد توافق تمام متولیان و دست‌اندرکاران پروژه باشد.

#### ز - پیگیری و کنترل ریسک

این فرایند شامل پیگیری ریسک‌های شناخته شده، کنترل ریسک‌های باقیمانده، شناسایی ریسک‌های جدید، اطمینان از اجرای برنامه ریسک و بالاخره ارزیابی میزان کارایی آنها در کاهش ریسک می‌باشد [۱۹].

#### تشریح روش پیشنهادی

در فرمولهای موجود در سیستم ارزش کسب شده عملکرد پروژه فقط بر اساس داده‌ها و اطلاعات قبلی قابل پیش بینی است و شرایط و موقعیت آینده در آن دیده نشده است. با استفاده از پارامترهای اصلی ارزش کسب شده، ارزش برنامه ریزی شده<sup>۳۴</sup> و هزینه واقعی<sup>۳۵</sup>، تکنیک ارزش کسب شده قادر خواهد بود زمان و هزینه پروژه را کنترل و ارزیابی نماید. ضمن اینکه این تکنیک قادر خواهد بود هزینه نهایی و زمان اتمام پروژه را نیز پیش بینی نماید. از آنجا که گزارشات پیشرفت پروژه و نیز زمان و هزینه انجام فعالیتها از پارامترهای حساس و مبنای اصلی محاسبات ارزش کسب شده می‌باشد غالباً بصورت تقریبی ارائه می‌شوند. اساساً داده‌های پروژه ماهیت غیر قطعی دارند لذا بیان گزارشات پیشرفت، زمان و هزینه بصورت غیر قطعی و تقریبی و همچنین بکارگیری متغیرهای کلامی در مدل ارزش کسب شده موجب ساده‌تر شدن استفاده از متدولوژی یاد شده و همچنین موجب نزدیک تر شدن به ماهیت واقعی پروژه که عدم قطعیت بر آن حاکم است می‌گردد.

## الگوریتم روش پیشنهادی

الگوریتم روش پیشنهادی شامل گامهای زیر می باشد:

قدم ۱: تعریف برنامه پایه پروژه

در این برنامه اطلاعات پایه پروژه شامل زمان و هزینه اجرای فعالیتها تهیه و تایید می شوند.

قدم ۲: تعریف و تعیین متغیرهای کلامی مورد استفاده

برای این منظور در جدول شماره (۱) متغیرهای کلامی مورد استفاده برای بیان میزان پیشرفت، زمان و هزینه آورده شده است. روشهای متعددی برای بیان میزان پیشرفت فعالیتها وجود دارد که از جمله می توان به روش برش  $\alpha$  و یا روش دوبویس و پرید و یا روش درصد تکمیل فعالیت اشاره نمود. علاوه براین روشها می توان از عباراتی نظیر تقریباً ۲۰ درصد و یا بین ۲۰ تا ۳۰ درصد و حدوداً برای بیان متغیرها استفاده نمود.

جدول ۱. جدول متغیرهای کلامی مورد استفاده

متغیر کلامی	عدد فازی معادل
خیلی کم	۰,۱ و ۰,۲
کم	۰,۱ و ۰,۳
متوسط	۰,۴ و ۰,۶
زیاد	۰,۶ و ۰,۸
خیلی زیاد	۰,۸ و ۰,۹

پس از تعیین شدن متغیرهای کلامی که در روش پیشنهادی مورد استفاده قرار می گیرند این متغیرها در اختیار افراد درگیر در پروژه قرار می گیرد.

قدم ۳: تهیه گزارشهای پیشرفت پروژه.

در این قدم از متغیرهای کلامی برای بیان نمودن میزان پیشرفت پروژه استفاده می شود ضمن اینکه این گزارشات پیشرفت توسط افراد درگیر در پروژه بیان می شوند.

#### قدم ۴: تهیه فهرستی از عوامل اثرگذار بر عملکرد پروژه.

در این مرحله از ساختار شکست ریسک و نظرات افراد درگیر در پروژه استفاده می‌شود. شناسایی این عوامل عدم قطعیت‌های حوزه‌های مختلف پروژه را شناسایی و عواملی که بیشترین اثر بر کارایی پروژه را دارند تعیین می‌کند و نسبت به پیش‌بینی شرایط آینده اقدام خواهد شد. هر چقدر ساختار شکست ریسک یا مرحله شناسایی عوامل اثرگذار بر عملکرد پروژه کاملتر و جامعتر باشد می‌توان به شناسایی تغییرات بیشتری در آینده اطمینان داشت.

#### قدم ۵: تهیه و تکمیل پرسشنامه توسط افراد مورد نظر

برای این منظور با استفاده از جدول مربوط به متغیرهای کلامی در قدم دوم اقدام به تکمیل پرسشنامه توسط افراد درگیر در پروژه می‌شود. پرسشنامه بایستی دارای سه ستون شامل احتمال وقوع، فاکتور زمان و هزینه باشد. در ستون مربوط به احتمال وقوع میزان احتمال وقوع ریسک تعیین می‌شود در ستونهای دیگر میزان تاثیر ریسک بر دو عامل زمان و هزینه مورد بررسی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که پایایی و روایی پرسشنامه مذکور بایستی از روشهای مناسب مورد سنجش قرار گیرد.

#### قدم ۶: تعیین ضریب ریسک

برای تعیین ضریب ریسک بایستی مراحل زیر طی گردد:

تبدیل متغیرهای کلامی مورد استفاده به اعداد فازی معادل.

محاسبه میزان ریسک زمان و هزینه در حوزه‌های یاد شده از طریق رابطه زیر

$$\text{میزان ریسک} = \text{احتمال وقوع} \times \text{اثر آن}$$

تبدیل اعداد فازی مربوط به اثرات ریسک به اعداد قطعی از روش مناسب.

میانگین گیری از اعداد حاصل از ریسک‌های مربوط به حوزه‌های یاد شده.

با مجموع گیری از میانگین ریسک‌های مرحله قبل ضریب ریسک تعیین می‌شود.

#### قدم ۷: انجام محاسبات مربوطه شامل:

تعیین شاخص‌های عملکرد.

در زیر روابط مربوط به این شاخص‌ها آمده است.

الف - بودجه برنامه ریزی شده برای تکمیل پروژه<sup>۳۶</sup>: از مجموع بودجه برنامه ریزی

شده کلیه

فعالیت‌های یک پروژه بدست می‌آید. بنابراین داریم:

$$\%PC = \sum_{i=1}^n \widehat{PC}_i \quad (11)$$

در این رابطه BAC عبارت است از بودجه برنامه‌ریزی کل پروژه.

ب - ارزش کسب شده: از حاصلضرب بودجه برنامه‌ریزی شده هر فعالیت در درصد پیشرفت واقعی بدست می‌آید.

$$\widehat{EV} = \%AC \times \widehat{BAC} = \%AC \times [BAC_1, BAC_2, BAC_3] \quad (12)$$

که در آن %AC عبارت است از درصد پیشرفت واقعی فعالیت<sup>۳۷</sup>.

ج - درصد پیشرفت برنامه‌ای: از مجموع درصد پیشرفت فعالیت‌های پروژه بدست می‌آید.

(۱۳)

عبارت PC نشانگر میزان پیشرفت  $\widehat{PV} = \%PC \times \widehat{BAC} = [PV_1, PV_2, PV_3]$  برنامه‌ای<sup>۳۸</sup> است.

د - ارزش برنامه ریزی شده: از حاصلضرب درصد پیشرفت هر فعالیت در بودجه برنامه‌ریزی آن فعالیت بدست می‌آید.

$$\widehat{PV} = \%PC \times \widehat{BAC} = [PV_1, PV_2, PV_3] \quad (14)$$

ه - انحراف از هزینه<sup>۳۹</sup>: از تفاضل مقدار ارزش کسب شده از هزینه واقعی بدست می‌آید.

$$\widehat{CV} = \widehat{EV} - AC = [EV_1 - AC, EV_2 - AC, EV_3 - AC] \quad (15)$$

ز - انحراف زمان<sup>۴۰</sup> پروژه: از تفاضل ارزش کسب شده از مقدار ارزش برنامه ریزی شده بدست می‌آید.

(۱۶)

$$\widehat{SV} = \widehat{EV} - \widehat{PV} = [EV_1 - PV_1, EV_2 - PV_2, EV_3 - PV_3]$$

ح - شاخص عملکرد زمان:

$$SPI = \frac{\widehat{EV}}{PV} = \left[ \frac{E_1}{PV_1} \dots \frac{E_3}{PV_3} \right] \quad (17)$$

ط - شاخص عملکرد هزینه:

$$CPI = \frac{\widehat{EV}}{AC} = \left[ \frac{E_1}{AC} \dots \frac{E_3}{AC} \right] \quad (18)$$

ی - شاخص عملکرد پروژه<sup>۴۱</sup>

$$PF = CPI * SPI * RE \quad (19)$$

که در آن RE همان برآورد ریسک پروژه می باشد.

در روابط فوق AC بیانگر هزینه واقعی مصرف شده است. و کلیه روابط فوق در قالب عدد فازی مثلثی بیان می شوند.

شاخص پیش بینی زمان و هزینه اتمام پروژه

در زیر روابط مربوط به این شاخص آورده شده است.

پیش بینی هزینه اتمام پروژه:

برای پیش بینی کل هزینه در زمان اتمام پروژه (EAC) از روش های متفاوتی استفاده می شود که هر روش دارای فرضیات مربوط به خود است. اگر فرض شود که روند تاثیر گذار بر شاخص عملکرد هزینه پروژه در آینده نیز مطابق با وضعیت کنونی خواهد بود رابطه فازی EAC مطابق زیر است.

$$\widehat{EAC} = \frac{\widehat{BAC}}{CPI} = \frac{[BAC_1 \dots BAC_3]}{\left[ \frac{E_1}{AC} \dots \frac{E_3}{AC} \right]} = \left[ \frac{BAC_1 \times AC}{E_1} \dots \frac{BAC_3 \times AC}{E_3} \right] \quad (20)$$

اما اگر فرض شود که عملکرد آینده هزینه پروژه متاثر از فاکتور عملکرد پروژه

است EAC از رابطه زیر بدست می آید:

$$\widehat{EAC} = AC + \frac{\widehat{BAC} - \widehat{EV}}{PF} = \left[ AC + \frac{BAC_1 - E_1}{PF} \dots AC + \frac{BAC_3 - E_3}{PF} \right] \quad (21)$$

که بسته به وضعیت پروژه دارای حالت های متفاوتی است.

اگر  $PF = CPI * SPI * RE$  باشد آنگاه داریم:

$$\widehat{EAC} = AC + \frac{\widehat{BAC} - \widehat{EV}}{\widehat{PF}} = \left[ AC + \frac{BAC_1 - E_1}{SPI_1 \times CPI_1 \times RE}, \dots, AC + \frac{BAC_3 - E_3}{SPI_3 \times CPI_3 \times RE} \right] \quad (22)$$

### پیش بینی زمان اتمام پروژه

روشهای متفاوتی برای تعیین زمان اتمام پروژه  $EAC(t)$  وجود دارد که هر روش نیز شامل حالات مختلف با فرض های متفاوت است رابطه عمومی پیش بینی زمان اتمام پروژه به روش زمانبندی حاصله بصورت زیر است در این رابطه  $AD$  نشان دهنده زمان واقعی پروژه،  $PD$  نشان دهنده زمان برنامه ریزی شده برای اتمام کل پروژه و  $PF$  فاکتور عملکرد است.

$$\widehat{EAC}(t) = AD + \frac{(PD - ES)}{PF} \quad (23)$$

که بسته به وضعیت پروژه دارای حالت های متفاوتی است.

$$\widehat{EAC}(t) = AD + \frac{(PD - ES)}{\widehat{PF}} = \left[ AD + \frac{PD_1 - ES_1}{SPI_1 \times CPI_1 \times RE}, \dots, AD + \frac{PD_3 - ES_3}{SPI_3 \times CPI_3 \times RE} \right] \quad (24)$$

در کلیه روابط فوق اندیسه های ۱ تا ۳ نشانگر اعداد فازی مثلثی بوده که متشکل از سه عدد می باشند.

### مطالعه موردی

برای درک بهتر روش ارائه شده و همچنین بکارگیری شاخص های روش پیشنهادی در زیر یک مثال کاربردی آمده است. آنچه که در جدول شماره (۲) مشاهده می شود داده های خام بخشی از اطلاعات پروژه بوده که توسط افراد درگیر در پروژه احداث شرکت پتروشیمی ایلام بصورت متغیر کلامی مطرح شده اند عبارات کلامی عنوان شده توسط کارشناس به اعداد فازی تبدیل و در نهایت دیفازی شده اند. بدلیل زیاد بودن تعداد فعالیت های پروژه مورد نظر و همچنین زمان بر بودن محاسبات از ذکر آنها در این مقاله صرف نظر شده است. با استفاده از روش پیشنهادی می خواهیم مقدار کل ارزش کسب شده و وضعیت پروژه را مورد ارزیابی قرار دهیم همچنین هزینه و زمان اتمام پروژه را پیش بینی می کنیم.

جدول ۲. اطلاعات مربوط مثال کاربردی

شماره	زمان	هزینه فعالیت	میزان پیشرفت	ارزش کسب
۱	حدوداً ۵۴ روز	تقریباً ۲۰۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۴۰	۷۹۸۰۰۰۰۰
۲	حدوداً ۶۵ روز	تقریباً ۳۵۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۸۰	۲۷۹۸۰۰۰۰۰
۳	حدوداً ۷۴ روز	تقریباً ۲۵۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۶۰	۱۴۹۸۰۰۰۰۰
۴	حدوداً ۴۴ روز	تقریباً ۱۵۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۵۰	۷۴۹۰۰۰۰۰
۵	حدوداً ۴۵ روز	تقریباً ۲۰۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۴۵	۸۹۹۰۰۰۰۰
۶	حدوداً ۸۵ روز	تقریباً ۵۰۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۴۰	۱۹۹۸۰۰۰۰۰
۷	حدوداً ۷۵ روز	تقریباً ۴۵۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۳۵	۱۵۷۳۰۰۰۰۰
۸	حدوداً ۶۰ روز	تقریباً ۳۵۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۳۵	۱۲۲۳۰۰۰۰۰
۹	حدوداً ۸۰ روز	تقریباً ۵۵۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۳۰	۱۶۴۷۰۰۰۰۰
۱۰	حدوداً ۷۵ روز	تقریباً ۱۳۵۰۰۰۰۰۰	حدوداً ۳۰	۴۰۳۰۰۰۰۰
۱۱	حدوداً ۸۰ روز	تقریباً ۲۳۵۰۰۰۰۰۰	تقریباً ۲۰	۴۶۹۰۰۰۰۰
۱۲	حدوداً ۶۵ روز	تقریباً ۳۵۰۰۰۰۰۰	تقریباً ۱۵	۵۲۴۰۰۰۰۰
۱۳	حدوداً ۵۸ روز	تقریباً ۳۳۵۰۰۰۰۰۰	تقریباً ۱۰	۳۳۴۰۰۰۰۰

با توجه به جدول شماره (۲) برای هر فعالیت مقدار ارزش کسب شده از رابطه زیر بدست می آید:

ارزش کسب شده = میزان پیشرفت × هزینه انجام فعالیت

با محاسبه ارزش کسب شده فعالیت، مقدار ارزش کسب شده کل از رابطه زیر محاسبه می شود:

ارزش کسب شده کل = مجموع ارزش کسب شده فعالیت ها

اگر ارزش برنامه ریزی شده برای این بخش از شبکه با توجه به برنامه اصلی پروژه برابر ۱۷۵۰۰۰۰۰۰۰ باشد و کل هزینه مصرفی واقعی برای انجام آنها برابر ۱۹۵۰۰۰۰۰۰۰۰ واحد باشد با توجه به روابط قبلی آنگاه وضعیت پروژه برابر خواهد بود با:

$$AC=1950000000$$

$$PV=1750000000$$

$$CPI=0.73$$

$$SPI=0.83$$

$$EV=1456000000$$

محاسبات نشان می دهد که پروژه مذکور از نظر زمانی عقب تر از برنامه و از نظر هزینه ای بیشتر از بودجه صرف شده است. حال با توجه به محاسبات انجام شده و اطلاعات استخراج شده از پرسشنامه حاوی ریسکهای پروژه اگر میزان ریسک پروژه ۱/۷۱ باشد و زمان برنامه ریزی شده برابر عدد ۲۳۰ روز و زمان واقعی نیز ۳۴۰ روز باشد آنگاه وضعیت پیش بینی زمان اتمام پروژه با در نظر گرفتن عامل ریسک از رابطه زیر

قابل محاسبه بوده و خواهیم داشت :

$$\widehat{EAC}(t) = AD + \frac{(PD - ES)}{\widehat{PF}} = \left[ AD + \frac{PD_1 - ES_1}{SPI_1 \times CPI_1 \times RE}, \dots, AD + \frac{PD_3 - ES_3}{SPI_3 \times CPI_3 \times RE} \right] = 549.8$$

حال با توجه به محاسبات انجام گرفته می توان این گونه یافت که زمان واقعی برای تکمیل پروژه بیشتر از برنامه ریزی شده است لذا مدیر پروژه بایستی برای این بخش نیز تدبیر مناسبی از قبیل بهبود در راندمان افراد، ساعات اضافه کاری و... در نظر بگیرد. با توجه به پیش بینی های بالا این گونه می توان گفت که در این مقطع زمانی با گذشت ۳۹۰ روز از شروع پروژه مورد نظر، پروژه به ۱۶۰ روز دیگر زمان برای تکمیل نیاز دارد. همچنین با بکارگیری سایر روابط ارائه شده می توان هزینه اتمام پروژه و انحرافات هزینه ای را محاسبه نمود.

### نتیجه گیری

در مقاله مذکور ابتدا برخی از روشها و تکنیک های مربوط به ارزیابی عملکرد پروژه مورد تحلیل قرار گرفته است سپس با ارائه روشی جدید برخی از ابهامات مربوط به تکنیک ارزش کسب شده برطرف شده است. در این مقاله با بیان زمان، هزینه و میزان پیشرفت پروژه در قالب اعداد فازی مثلی شاخص ها و روابط موجود در تکنیک یاد شده برای اولین بار از حالت قطعی به فازی تبدیل شده است تا پیش بینی ها دقیقتر گردد. در بیان ورودی های مدل مذکور اعداد بصورت مثلی تعریف شده اند تا سهولت بیان برای مدیران با استفاده از متغیرهای کلامی ایجاد شود. در ادامه با اضافه نمودن ضریب ریسک در برخی از شاخص های مدل ارزش کسب شده با نگاه به آینده و در نظر گرفتن برخی از ریسک های اثرگذار در اجرای پروژه یک ارزیابی مناسب و دقیق از وضعیت پروژه بدست آمده است. از آنجا که مقاله برگرفته از داده ها و اطلاعات واقعی بوده است لذا می تواند به عنوان یک مدل کاربردی بکار گرفته شود.

به عنوان پیشنهاد برای تحقیقات آتی می توان برخی دیگر از پارامترهای مربوط به تکنیک ارزش کسب شده را از حالت قطعی به فازی تبدیل نمود و یا از تکنیک های دیگری برای محاسبه درصد پیشرفت پروژه استفاده نمود.



## منابع

۱. ابوالحسنی مهدی، بکارگیری روش زمان بندی کسب شده در مدیریت ارزش کسب شده، ششمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، سال ۱۳۸۹.
۲. سلطانپناه هیرش، فاروقی هیوا، عبدی روح الله، استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت مدیریت پروژه در شرایط عدم قطعیت، ششمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، سال ۱۳۸۹.
۳. شاکری اقبال، تحویلیان علی، جلالی فرزاد، ارائه یک متدولوژی جهت انتخاب بهترین شاخص پیش بینی نتایج پایانی پروژه‌ها در سیستم ارزش کسب شده، پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، سال ۱۳۸۸.
۴. عبدی روح الله، حسینعلی حیدری، ارائه مدلی برای تخصیص اولویت به فعالیت‌های پروژه، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت، نوآوری و کارآفرینی، سال ۱۳۸۹.
۵. مسلمی نایینی لیلا، شادرخ شهرام، متدولوژی مدیریت ارزش کسب شده با رویکرد فازی، سومین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، سال ۱۳۸۶.
6. Cioffi, D.F., Designing project management: A scientific notation and an improved formalism for earned value calculation ", International Journal of Project Management 24 (2), 2006 ,pp.136-144.
7. Cooper .D.L,"Project Risk Management Guidelines", John Wiley and Sons,2005.
8. Covach, J., et al. (1981). A Study to Determine Indicators and Methods to Compute EAC, ManTech International Corporation, Virginia.
9. Fleming, Q. W. and Koppel man, J. M. (2000). Earned value project management. 2nd Edition, Project Management Institute, Pennsylvania, USA.
10. Ghane Pasand Fomeni, Faeze, (2005). Earned Value Management System and Costs Control in Project, 4thInternational Conference Industrial Engineering, Tehran-Iran. [In Farsi].
11. Hatvey, R.J., "Data traffic as an indicator of project progress: Earned information ", VDI Berichte, 2005, pp.61-71
12. Henderson K. Earned Schedule: A Breakthrough Extension to Earned Value Theory? A Retrospective Analysis of Real Project Data. The Measurable News 2003 (Summer)
13. Kerzner.H,"Project Management A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling",Baldwin- Wallace College , 2005.
14. Kuchta, D.,"Fuzzy fication of the earned value method ", WSEAS Transaction on System 4(12), 2005, pp.2222-2229
15. Liang, C.,"Research on earned value method for software project tracking ", Computer Engineering 32(15), 2006, pp.70-71+74
16. Lipke W. "Schedule is different" The Measurable News 2003(March)
17. Lipke W., & Vaughn J., "Statistical process control meets Earned Value", Cross Talk The Journal Of defense software engineering, Jun 2000:16-20.
18. Lipke W." The Possibility of Success", the Journal of Quality Assurance

Institute, Jan 2004, 14-21

19. Maarten G.H.Biji and Robbert J. Hamann,"Risk Management Literature Survey", Delft University of Technology , August 2002.
20. Nassar , K.M., gunnarsson, H.G, Hegab , " using Weibull analysis for evaluation of cost and schedule performance " , Journal of Construction Engineering and management 131
21. PMBOK 2004 (A Guide to Project Management Body of Knowledge) project Management Institute.
22. Riedel, M. A. and Chance, J. L. (1989). "Estimate At Completion (EAC): A Guide to Their Calculation and Application for Aircraft, Avionics and Engine Programs, Aeronautical Systems Division, Wright- Patterson AFB Ohio.
23. Wang ,Q.,"Practical experiences of cost /schedule measure through Earned Value Management and Statistical Process Control ",Lecture Notes in Computer Science (including subseries lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 3966 LNCS, 2006, pp.348-354