

## پیاده سازی تکنیک ارزش کسب شده در پروژه های راهسازی (مطالعه موردی: پروژه احداث جاده جایگزین سقز - بانه)

احسان احد مطلق

عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور تهران  
[ehsanahadmotlaghi@gmail.com](mailto:ehsanahadmotlaghi@gmail.com)

لیلا علی بیگی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه پیام نور تهران  
[Lalibeigi@yahoo.com](mailto:Lalibeigi@yahoo.com)

واژگان کلیدی: مدیریت ارزش کسب شده، ارزیابی عملکرد زمانبندی، ارزیابی عملکرد هزینه

### چکیده

همواره مدیریت پروژه در تلاش است که پروژه مطابق با بودجه مصوب و زمانبندی برنامه ریزی شده و با پوشش کیفیت ذکر شده در قرارداد به اتمام برسد. به همین خاطر وجود یک سیستم مناسب که بتواند عوامل زمان و هزینه را بطور مداوم کنترل نماید ضروری بنظر میرسد. سیستم مدیریت ارزش کسب شده (EVMS<sup>1</sup>) تکنیک ارزشمندی در این رابطه است. شاخص های عملکردی هزینه و زمان در این تکنیک ابزارهای مدیریتی مفیدی میباشند که مدیر پروژه را در راستای یکپارچه سازی ابعاد زمان و هزینه در پروژه یاری میرساند. با اینکه متد ارزش کسب شده در تمام پروژه ها قابل اجراست اما باید ابتدا بستر سازی لازم برای پیاده سازی آن فراهم شود. لذا در این مقاله راهکاری سیستماتیک برای ایجاد این بستر ارائه شده، بطوریکه با بکار بستن آن در برنامه ریزی پروژه می توان تکنیک EVM<sup>2</sup> را پیاده نمود. در مقاله حاضر بستر سازی لازم برای یک پروژه راهسازی صورت گرفته و تکنیک EVM در آن پیاده شده است و در نهایت وضعیت کنونی پروژه در قالب شاخص های عملکرد هزینه ای و زمانی به نمایش درآمده است که ابزار مناسبی جهت تجزیه و تحلیل عملکرد پروژه و پیش بینی آینده آن در اختیار مدیریت پروژه میباشد.

<sup>1</sup> - Earned Value Management System

<sup>2</sup> - Earned Value Management

مدیریت ارزش کسب شده (EVM) از معیارهای سیستم کنترل زمانبندی و هزینه نشأت گرفته است که به اختصار آن را بصورت C/SCSC<sup>۱</sup> نمایش می دهند. C/SCSC حاوی ۳۵ معیار بود که برای اولین بار توسط وزارت دفاع آمریکا (DOD<sup>۲</sup>) در سال ۱۹۶۷ میلادی به عنوان روش های قابل قبول جهت مدیریت هزینه مورد استفاده قرار گرفتند [۱]. اکثر سیستم های مدیریتی مورد استفاده در پروژه های بزرگ هماهنگ با یکدیگر نبوده و چون به رفع نیازهای خاص پدید آمده اند مستقل از هم کار می کنند. برای مثال وظایف واحد حسابداری در قبال هزینه هامستقل از برنامه زمانبندی پروژه و واحد مربوط به آن صورت می گیرد. چون مبنای اندازه گیری (یا به اصطلاح خط کش) متفاوت است به طبع باید انتظار داشت که گزارشات تهیه شده به وسیله واحدها نیز همخوانی نداشته و متناقض باشد. در این میان EVMS استاندارد است که سبب یکپارچه سازی گزارشات کنترل و نظارت بر برنامه زمانی و هزینه ی پروژه ها می گردد [۲]. مدیریت ارزش کسب شده عموماً به عنوان یک تکنیک مدیریتی که برنامه ریزی و استفاده از منابع را به برنامه زمانبندی و نیازمندی های عملکرد تکنیکی مرتبط می سازد تعریف شده است [۳]. از طرف دیگر برخی مدیریت ارزش بدست آمده را به عنوان روشی برای اندازه گیری و گزارش پیشرفت فیزیکی واقعی پروژه و همچنین یکپارچه کردن سه عامل اساسی مدیریت پروژه یعنی مدیریت محدوده، زمان و هزینه که با اندازه گیری پیشرفت پروژه در واحد پولی به کنترل پروژه و ریسک آن کمک می کند، معرفی کرده اند [۴]. استفاده کنندگان از ارزش بدست آمده، همگی بر این عقیده اند که استفاده از این روش، عملکرد هزینه، برنامه زمانبندی و نیز عملکرد فنی پروژه های آنان را بهبود داده است. این روش ابتدا در پروژه های بزرگ فدرال اجرا می شد، اما نشان داده شده است که صرف نظر از اندازه پروژه این روش می تواند برای پروژه های کوچک و بزرگ دولتی استفاده شود [۵]. همچنین مدیریت ارزش بدست آمده تکنیکی است که با کنترل همزمان زمان و هزینه در پروژه، مدیر پروژه را به ابزار ارزشمندی مجهز می کند که او را قادر می سازد بودجه نهایی و زمان اختتام پروژه را پیش بینی کند [۶]. بطور خلاصه، مدیریت ارزش کسب شده، مدیر پروژه را در شناسایی «نقاط مساله دار» پروژه یاری می کند و مدیریت در صورت لزوم، اقدامات اصلاحی را انجام می دهد. سه آیتیم در پروژه وجود دارد که مدیر پروژه باید آن را کنترل نماید، این موارد همان خوب بودن (کیفیت)، سرعت و ارزان تمام شدن هستند. به سبب بروز اشکال در کمیت پذیر کردن هدف عملکرد (خوب) که موضوعی کیفی است، معمولاً برای اندازه گیری کیفیت از تجزیه و تحلیل ارزش کسب شده، استفاده نمی شود بلکه این تجزیه و تحلیل برای اهداف مربوط به هزینه و زمانبندی به کار می رود [۷].

### **پیشینه تحقیق**

حسین ساوجی و همکارش [۸]، مقاله ای تحت عنوان «بررسی روش های نوین در مدیریت ارزش حاصله در مدیریت پروژه» در چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه ارائه کرد. ساوجی در این مقاله با مطالعه و بررسی مقالات و کنفرانس های علمی برگزار شده، حوزه های اصلی در مدیریت ارزش کسب شده را بصورت زیر تقسیم بندی کرد:

۱. شاخص ها و مدل های جدید در پیش بینی هزینه
۲. اضافه کردن شاخص ها و یا مدل های جدید
۳. ارائه برنامه کامپیوتری
۴. کاربرد روش ارزش کسب شده در موارد خاص
۵. هم افزایی مدیریت ارزش کسب شده و مدیریت ریسک
۶. استفاده از روش های فازی
۷. شاخص ها و مدل های جدید در پیش بینی زمان

**1 - Cost/Schedule Control System Criteria**

**2 - Department Of Defense**

موضوع مقاله حاضر در حیطه ی حوزه ۴ قرار می گیرد. در این حوزه محققین به ارایه کاربرد روش ارزش کسب شده در مواردی خاص می پردازند. یوتز و همکاران در سال ۲۰۰۷ در مقاله ای تحت عنوان «مدیریت ارزش حاصله در NASA، راه حلی ساده و یکپارچه» که در کنفرانس «اُتروسپیس» به چاپ رسیده است؛ با تشریح پروژه های NASA و اهمیت آنها، تکنیک ارزش کسب شده را در این پروژه ها پیاده کرده و نتایج آن را اعلام می دارد [۹].

کیم و همکاران در سال ۲۰۰۳ در مقاله ای تحت عنوان «یک مدل برای کارایی موثر روش مدیریت ارزش حاصله» که در مجله بین المللی «مدیریت پروژه» به چاپ رسیده است؛ در روش ارزش کسب شده مدل را پیشنهاد می کند که برای اجرای بهتر این روش در پروژه های تحقیقاتی کاربرد دارد [۱۰].

قائم و همکارش در سال ۲۰۰۶ در مقاله ای تحت عنوان «یک چهارچوبی برای زمان واقعی پروژه های ساختمانی و ردگیری درصد پیشرفت پروژه» که در کنفرانس «مهندسی، ساخت و اقدامات در محیط های چالش برانگیز» به چاپ رسیده است؛ برنامه کامپیوتری ارائه می نماید که در محاسبه روش ارزش حاصله در پروژه های ساختمانی کاربرد دارد [۱۱].

گوآن و همکاران در سال ۲۰۰۶ در مقاله ای تحت عنوان «کاربرد ارزش حاصله در پروژه های انبارداری» که در مجله «اطلاعات مدیریت و دانش کامپیوتر» به چاپ رسیده است؛ به تشریح پروژه های انبارداری پرداخته و سپس کاربرد روش ارزش حاصله را در پروژه های انبارداری بیان می دارد [۱۲].

کوآ در سال ۲۰۰۷ در مقاله ای تحت عنوان «کاربرد روش ارزش کسب شده در پروژه های تکی و یا سبیدی از پروژه های IT» که در مجله «بیجینگ» به چاپ رسیده است؛ ابتدا پروژه های IT را بصورت تکی و یا سبیدی از پروژه ها تشریح کرده و سپس شاخص های روش ارزش کسب شده را در این پروژه ها محاسبه کرده و نتایج آن را اعلام می دارد [۱۳].

نوآ در سال ۲۰۰۶ در مقاله ای تحت عنوان «کنترل کارایی و پیشرفت هزینه قابل پرداخت برای قراردادهای ساخت» که در کنفرانس «مهندسی هزینه» به چاپ رسیده است؛ کاربرد روش ارزش کسب شده را در پروژه های ساخت و پیمانکاری بیان می دارد [۱۴]. در این مقاله سعی شده است با پیاده کردن تکنیک ارزش کسب شده در یک پروژه راهسازی و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آن، اهمیت تکنیک EVM در کنترل پروژه های عمرانی راهسازی نمایانگر شود.

## معرفی پارامترهای کلیدی و شاخص های تحلیلی در مدیریت ارزش کسب شده

### 1) پارامترهای کلیدی EVMS

متدولوژی EVMS دارای سه ارزش کلیدی می باشد که این ارزش ها بصورت مالی (دلاری/ریالی) محاسبه می گردند. در ادامه به توصیف هر کدام از آنها می پردازیم.

الف) ارزش برنامه ای ( $PV^1$  &  $BCWS^2$ )

ارزش برنامه ای (PV) راهزینة بودجه شده برای کار زمانبندی شده تعریف می کنند. در واقع BCWS برابر است با بهای پیش بینی کارهای زمانبندی شده تا تاریخی که مورد بررسی قرار می گیرد [۱۵].

ب) ارزش کسب شده ( $EV^3$  &  $BCWP^4$ )

ارزش کسب شده (EV) را هزینه بودجه شده برای کار انجام شده تعریف می کنند. به عبارت دیگر BCWP مقدار پولی است که طبق بودجه تعیین شده برای هر فعالیت، باید برای جمع کارهای انجام شده تا لحظه بررسی به پروژه تخصیص داده شود [۱۵].

- 
- 1 - Planned Value
  - 2 - Budgeted Cost of Work Scheduled
  - 3 - Earned Value
  - 4 - Budgeted Cost of Work Performed

ج) هزینه واقعی (AC<sup>۱</sup> & ACWP<sup>۲</sup>)

هزینه واقعی کار انجام شده، مقدار پولی است که ما تا لحظه بررسی پروژه، صرف انجام فعالیت های پروژه نموده ایم [۱۵].

## ۲) شاخص انحرافات هزینه و زمان [۱۶]

الف) شاخص انحراف هزینه (CV<sup>۳</sup>)

این شاخص در نتیجه تفاضل هزینه واقعی از ارزش کسب شده به دست می آید:

$$CV = EV - AC$$

و درصد انحراف هزینه CVP<sup>۴</sup> (CV%) از رابطه زیر به دست می آید:

$$CVP = CV / BCWP$$

ب) شاخص انحراف زمان (SV<sup>۵</sup>)

این شاخص در نتیجه تفاضل ارزش برنامه ای از ارزش کسب شده به دست می آید:

$$SV = EV - PV$$

و درصد انحراف زمانی (SVP<sup>۶</sup>) (SV%) از رابطه زیر به دست می آید:

$$SVP = SV / BCWS$$

## ۳) شاخص عملکرد هزینه و زمان

الف- شاخص عملکرد هزینه (CPI<sup>۷</sup>) [۱۷]: این شاخص نسبت هزینه بودجه بندی شده کار اجرا شده به هزینه واقعی کار اجرا شده می باشد.

$$CPI = BCWP / ACWP = EV / AC$$

ب- شاخص عملکرد زمانبندی (SPI<sup>۸</sup>) [۱۶]: این شاخص بیان می کند چه مقدار کار در مقایسه با مقدار برنامه ریزی شده، انجام شده است و از رابطه زیر مقدار آن به دست می آید:

$$SPI = BCWP / BCWS = EV / PV$$

## ۴) شاخص تخمین هزینه نهایی پروژه

الف) پیش بینی هزینه مورد نیاز برای تکمیل کار (ETC<sup>۹</sup>) را می توان با استفاده از شاخص عملکرد هزینه (CPI) انجام داد. این عمل از طریق رابطه زیر بدست می آید [۱۷]:

$$ETC = (BAC^{۱۰} - BCWP) / CPI$$

- 
- 1 - Actual Cost
  - 2 - Actual Cost of Work Performed
  - 3 - Cost Variance
  - 4 - Cost Variance Percentage
  - 5 - Schedule Variance
  - 6 - Schedule Variance Percentage
  - 7 - Cost Performance Index
  - 8 - Schedule Performance Index
  - 9 - Estimated Cost to Completion
  - 10 - Budget at Completion

ب) تخمین هزینه تکمیل پروژه (EAC<sup>1</sup>) نیز از حاصل جمع هزینه واقعی کاری که تا به حال انجام شده و تخمین هزینه مورد نیاز کارهای در دست اجرا به دست می آید [۱۷]. فرمول های مختلفی برای تخمین EAC ارائه شده است، در اینجا برخی از پرکاربردترین آنها را بیان میکنیم [۱۸].

$$EAC_1 = AC + (BAC - EV) / CPI$$

$$EAC_2 = AC + (BAC - EV) / SPI$$

$$EAC_3 = AC + (BAC - EV) / (CPI * SPI)$$

$$EAC_4 = AC + (BAC - EV) / (W_1 * SPI + W_2 * CPI) \quad (W_1 = 0.2 \quad W_2 = 0.8)$$

### 5) شاخص درصد صرفه جویی (FI<sup>2</sup>) [۱۷]

این شاخص درصد صرفه جویی در پروژه ها را نشان می دهد و فرمول محاسبه آن به شرح زیر می باشد:

$$FI = BCWP / (ACWP - BCWP)$$

### 6) شاخص ضریب بحرانی (Cr<sup>3</sup>) [۱۷]

این شاخص از ترکیب دو شاخص SPI و CPI (ضرب دو شاخص در هم) به دست می آید. اگر این ضریب کمتر از یک باشد نشان دهنده وجود یک مشکل در پروژه است. رابطه ریاضی آن بصورت زیر است:

$$Cr = CPI * SPI$$

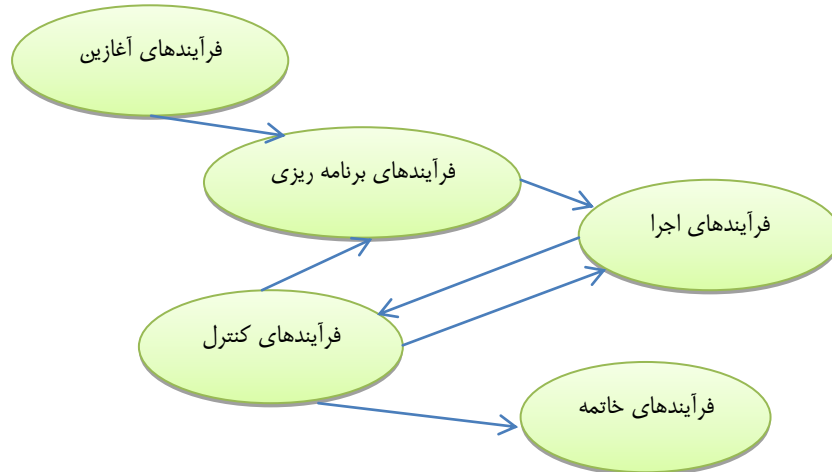
### اصول پیاده سازی تکنیک مدیریت ارزش کسب شده در پروژه

فرآیندهای مدیریت پروژه در استاندارد دانش مدیریت پروژه آمریکا (PMBOK) در پنج گروه شامل فرآیندهای آغازین، فرآیندهای برنامه ریزی، فرآیندهای اجرایی، فرآیندهای کنترلی، فرآیندهای اختتامی دسته بندی شده است. در هر یک از مراحل اجرای پروژه، نهایتاً پس از تعامل کافی بین فرآیندهای مختلف، نتایج در قالب خروجی آن مرحله بطور کامل مشخص می شود تا به عنوان ورودی مرحله بعد مورد استفاده قرار گیرد [17]. این فرآیندها در قالب شکل ۱ آمده است.

<sup>1</sup> - Estimated At Completion

<sup>2</sup> - Frugal Index

<sup>3</sup> - Critical ratio



شکل (۱): فرآیندهای ۵ گانه مدیریت پروژه در PMBOK\_2008

### برنامه ریزی سیستماتیک پروژه؛ یک پیش نیاز اساسی برای EVM

لازمه پیاده سازی تکنیک EVM و استفاده از کاربرد شاخص های آن در تجزیه و تحلیل پروژه، ایجاد یک برنامه ریزی مناسب و سیستماتیک برای پروژه می باشد. متأسفانه در بسیاری از پروژه هایی که در کشورمان اجرا می شود برنامه ریزی فقط محدود به یک برنامه زمانبندی می شود و برنامه ریزی منابع در آن صورت نمی گیرد. در نتیجه برنامه ای برای هزینه و بودجه بندی پروژه در نظر نمی گیرند. از طرفی تکنیک EVM در ارزیابی عملکرد هزینه ای پروژه قدرتمندتر عمل می نماید تا در ارزیابی عملکرد زمانبندی آن. لذا در استفاده از این تکنیک، باید در برنامه ریزی پروژه ها با تعریف و تخصیص منابع، برنامه ریزی هزینه و بودجه نیز انجام شود. در مطالعه موردی که صورت گرفت با شناسایی مشکلات و ضعف هایی که در برنامه ریزی و کنترل پروژه موردی وجود داشت، راهکاری مناسب جهت برنامه ریزی پروژه ارائه شد، که یک پیش نیاز اساسی برای اجرای EVM می باشد. این راهکار شامل ۲ فاز است:

فاز اول: برنامه ریزی زمان پروژه

فاز دوم: برنامه ریزی هزینه پروژه

### فاز اول: برنامه ریزی زمان پروژه [با اقتباس از منبع ۱۷]

این فاز در طی ۵ مرحله صورت می گیرد و هر مرحله دارای ورودی ها و خروجی هایی می باشد که در آن از ابزارها و تکنیک هایی استفاده می شود.

## مرحله ۱: تعریف فعالیت

ورودی ها: عوامل محیطی، سرمایه های فرآیندی سازمان، بیانیه محدوده پروژه، ساختار شکست کار، واژه نامه WBS، برنامه مدیریت محدوده

ابزارها و تکنیک ها: تجزیه، الگوها، برنامه ریزی موجی غلتان، قضاوت کارشناسانه، اجرای برنامه ریزی خروجی ها: لیست فعالیت، ویژگی های فعالیت، لیست مایلستونها، تغییرات درخواست شده

## مرحله ۲: توالی فعالیت

ورودی ها: بیانیه محدوده پروژه، فهرست فعالیت، ویژگی های فعالیت، فهرست مایلستونها، درخواستهای تغییر تایید شده ابزارها و تکنیک ها: روش نمودارسازی تقدم و تاخر، روش نمودارسازی پیکانی، الگوهای شبکه زمانبندی، تعیین وابستگی، استفاده از تاخیرات و تعجیلات

خروجی ها: نمودارهای شبکه ای زمانبندی پروژه، لیست فعالیت (به روز شده)، ویژگی های فعالیت (به روز شده)، تغییرات درخواست شده

## مرحله ۳: تخمین منبع فعالیت

ورودی ها: عوامل محیطی، سرمایه های فرآیندی سازمان، لیست فعالیت، ویژگیهای فعالیت، در دسترس بودن منابع، برنامه مدیریت پروژه ابزارها و تکنیک ها: قضاوت کارشناسانه، تحلیل گزینه ها، داده های برآورد شده انتشار یافته، نرم افزار مدیریت پروژه، برآورد از پایین به بالا خروجی ها: منابع مورد نیاز فعالیت، ویژگی های فعالیت (به روز شده)، ساختار شکست کار، تقویم های منبع (به روز شده)، تغییرات درخواست شده

## مرحله ۴: تخمین زمان فعالیت

ورودی ها: عوامل محیطی، سرمایه های فرآیندی سازمان، بیانیه محدوده پروژه، فهرست فعالیت ها، ویژگیهای فعالیت، منابع مورد نیاز فعالیت، تقویم های منابع، برنامه مدیریت پروژه (فهرست ریسک، برآورد هزینه های فعالیت) ابزارها و تکنیک ها: قضاوت کارشناسانه، تخمین قیاسی، تخمین پارامتریک، برآوردهای سه نقطه ای، تحلیل اندوخته خروجی ها: برآوردهای مدت زمان فعالیت، ویژگی های فعالیت (به روز شده)

## مرحله ۵: توسعه زمانبندی

ورودی ها: سرمایه های فرآیندی سازمان، بیانیه محدوده پروژه، فهرست فعالیت ها، ویژگی های فعالیت، نمودارهای شبکه ای زمانبندی پروژه، منابع مورد نیاز فعالیت، تقویم های منابع، برآورد مدت زمان فعالیت، برنامه مدیریت پروژه، فهرست ریسک ابزارها و تکنیک ها: تحلیل شبکه زمانبندی، روش مسیر بحرانی، فشرده سازی زمانبندی، تحلیل سناریوی چه می شود اگر، تسطیح منابع، روش زنجیره بحرانی، نرم افزار مدیریت پروژه، تقویم های کاربردی، تنظیم تاخیرات و تعجیلات، مدل زمانبندی

خروجی ها: زمانبندی پروژه، داده های مدل زمانبندی، خط مبنای زمانبندی، منبع مورد نیاز (به روز شده)، ویژگی های فعالیت (به روز شده)، تقویم پروژه (به روز شده)، تغییرات درخواست شده، برنامه مدیریت پروژه (به روز شده)، برنامه مدیریت زمانبندی (به روز شده)

## فاز دوم: برنامه ریزی هزینه پروژه [ با اقتباس از منبع ۱۷ ]

### مرحله ۱: تخمین هزینه

ورودی ها: عوامل محیطی، سرمایه های فرآیندی سازمان، بیانیه محدوده پروژه، ساختار شکست کار، واژه نامه WBS، برنامه مدیریت پروژه (برنامه مدیریت پروژه، برنامه مدیریت کارکنان، فهرست ریسک) ابزارها و تکنیک ها: تخمین قیاسی، تعیین نرخهای هزینه منبع، تخمین پایین به بالا، تخمین پارامتریک، نرم افزار مدیریت پروژه، تحلیل پیشنهاد فروشندگان، تحلیل اندوخته، هزینه کیفیت خروجی ها: تخمین های هزینه فعالیت، تخمین هزینه فعالیت با جزییات پشتیبانی، تغییرات درخواست شده، برنامه مدیریت هزینه پروژه (به روز شده)

### مرحله ۲: بودجه بندی هزینه

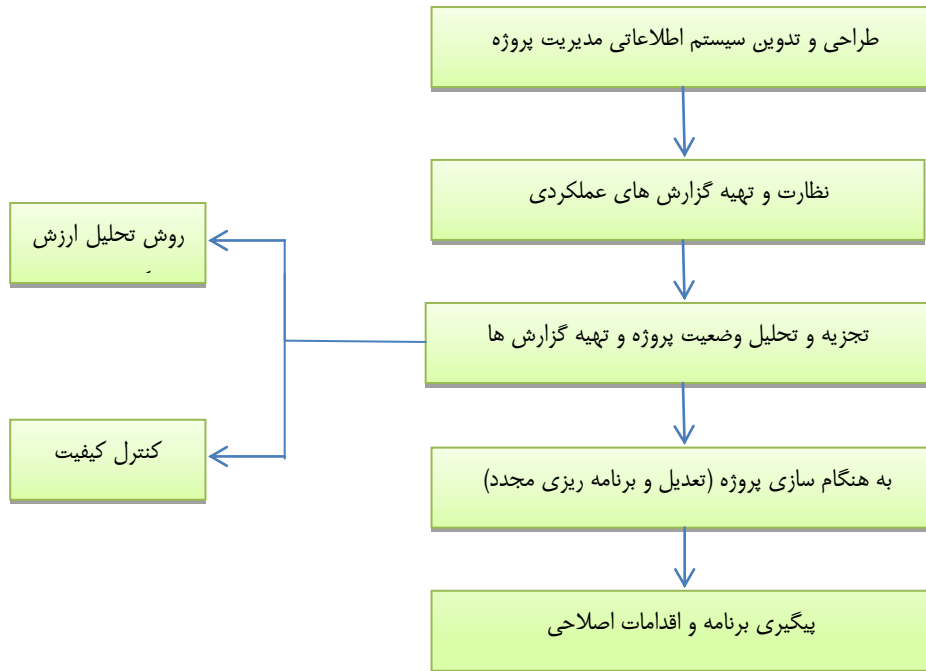
ورودی ها: بیانیه محدوده پروژه، ساختار شکست کار، واژه نامه WBS، تخمین هزینه فعالیت، تخمین هزینه فعالیت با جزییات پشتیبانی کننده، زمانبندی پروژه، تقویم منبع، قرارداد، برنامه مدیریت پروژه ابزارها و تکنیک ها: جمع بندی هزینه، تحلیل اندوخته، تخمین پارامتریک، اصلاح محدودیت سرمایه گذاری خروجی ها: خط مبنای هزینه، نیازهای سرمایه گذاری پروژه، برنامه مدیریت هزینه (به روز شده)، تغییرات درخواست شده

## کنترل سیستماتیک پروژه ؛ یک بستر اساسی برای EVM

مدیر پروژه در حین اجرای پروژه با بکارگیری سیستم های کنترلی خاصی به مقایسه و ارزیابی پیش بینی ها با عملکردهای واقعی پرداخته و در صورت مشاهده اختلافات محسوس، عکس العمل های مناسب را انجام می دهد. اساسا فرآیند کنترل، عملیات کاهش اختلاف میان طرح برنامه ریزی شده و طرح واقعی در حال اجراست [۲]. همانگونه که در شکل ۱ پیداست، کنترل از یک طرف با برنامه ریزی و از طرف دیگر با اجرای پروژه، بطور پویا در تعامل است. در چرخه زیست پروژه ها سه عامل مهم و اساسی زمانبندی، هزینه و کیفیت پروژه ها و فعالیت های آنها باید مورد نظارت قرار گرفته و با مقایسه برنامه و عملکرد و تشخیص علل انحرافات، اقدامات اصلاحی صورت پذیرد [۱۷]. برای محاسبه شاخص های EVM لازم است که اطلاعات مربوط به هزینه و پیشرفت پروژه در دسترس باشند. برای جمع آوری این اطلاعات، اجرای یک فرآیند کنترل که بطور سیستماتیک در سرتاسر پروژه پیاده شده است، پیشنهاد می گردد.



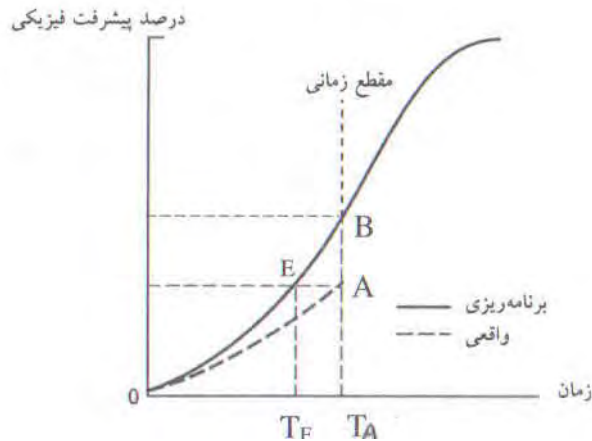
راهکار پیشنهادی در قالب الگوریتم زیر آمده است:



شکل (۲): الگوریتم فرآیند کنترل سیستماتیک

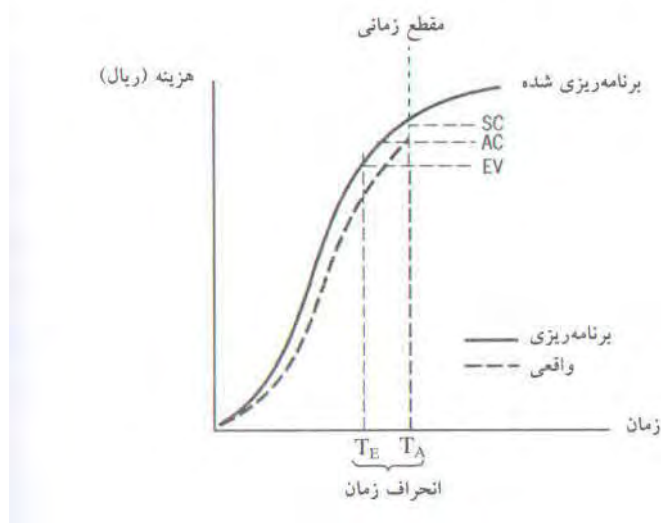
## تشریح روش تحلیل ارزش کسب شده [۱۷]

مفهوم ارزش کسب شده بدین معنی است که هر قلم قابل تحویل، یک هزینه برنامه ریزی شده دارد که به آن ارزش می گویند و زمانی که به وقوع بپیوندد ارزش آن در پروژه حاصل خواهد شد و به آن ارزش کسب شده گویند. برای تجزیه و تحلیل ارزش کسب شده از یک نمودار تجمعی استفاده می شود که به آن نمودار S می گویند. نام نمودار S از این واقعیت ناشی می شود که نمودار تجمعی پیشرفت پروژه (بر حسب پیشرفت فیزیکی یا ریالی) آن تقریباً شبیه به شکل حرف انگلیسی S می باشد. نمودار (۱) پیشرفت فیزیکی یک پروژه را بر حسب زمان (ماه) به صورت تجمعی نشان می دهد. دو منحنی نمایش داده شده بر روی نمودار، یکی درصد پیشرفت فیزیکی بر حسب زمان بر مبنای فعالیت های برنامه ریزی شده در ابتدای شروع پروژه و دیگری عملکرد واقعی پیشرفت را بر حسب زمان نشان می دهد [۱۹]. این نمودار نشان می دهد که در مقطع زمانی مشخصی (در حال حاضر  $T_A$ ) درصد پیشرفت واقعی به میزان A درصد می باشد، در حالیکه در این مقطع زمانی پیشرفت پروژه باید طبق برنامه برابر B درصد باشد. این بدین معنی است که به میزان AB درصد ( $B-A=AB$ ) عقب تر از برنامه هستیم. اگر بخواهیم مدت زمان تاخیر را به دست آوریم باید درصد پیشرفت واقعی را بر روی منحنی برنامه ریزی شده مشخص کنیم (نقطه E). در این میزان پیشرفت، زمان برابر  $T_E$  می باشد. بنابراین به میزان  $(T_A - T_E)$  واحد زمان از پروژه عقب هستیم. تحلیل فوق را می توان بر حسب هزینه (ریال) نیز ارزیابی کرد.



نمودار (۱): نمودار پیشرفت فیزیکی و زمان

نمودار (۲) که بر اساس تجمعی هزینه و زمان رسم شده است، مشاهده می شود که انحراف هزینه زمان بندی شده از هزینه واقعی (SC<sup>1</sup>-AC) بسیار کم است، در حالیکه پیشرفتی نبوده است. این انحراف هزینه گمراه کننده است. بطوریکه انحراف واقعی خیلی بیشتر از آن، برابر (AC-EV) است. توجه نمایید که ارزش حاصله با توجه به میزان تاخیر (T<sub>E</sub>) برابر EV می باشد. روش ارزش کسب شده، ترکیبی از دو نمودار ارایه شده با دقت بسیار بالاتر از زمانبندی هزینه و عملکرد را ارایه می کند. مطالب فوق نشان می دهد که یک مشکل جدی در مقایسه مخارج صرف شده واقعی در برابر مخارج صرف شده برنامه ای (ارزش کسب شده) در هر دوره زمانی وجود دارد.

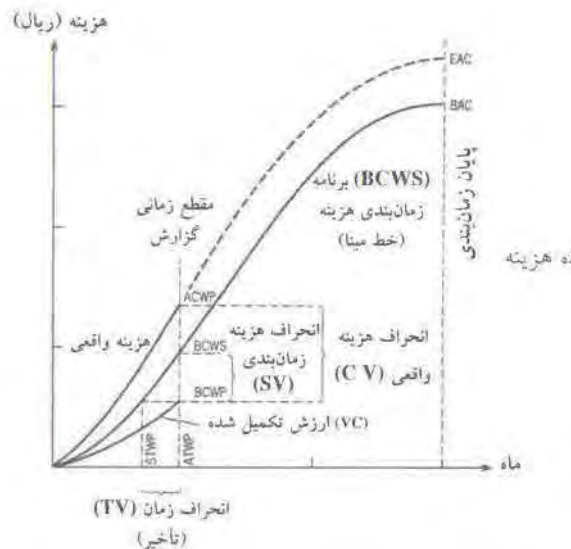


نمودار (۲): نمودار هزینه و زمان

ارزش کسب شده حاصل از کار اجرا شده، عبارت از ضرب درصد فیزیکی تخمینی کار تکمیل شده در هزینه برنامه ریزی شده کار تا مقطع زمانی مورد نظر می باشد. بنابراین ارزش کسب شده مبلغی است که باید برای کار انجام شده خرج می گردید. این مقدار می تواند با مبالغ واقعی صرف شده مقایسه شود. همانطور که ارایه شد برای محاسبه ارزش کسب شده کار انجام شده، تخمین درصد پیشرفت کار انجام شده

<sup>1</sup> - Scheduled Cost

بسیار مهم است. نمودار (۳) مفهوم ارزش کسب شده را نشان می دهد. این نمودار کاربردهای مطرح شده در فوق را بنا نموده و پایه ای برای ارزیابی هزینه و زمان قرار می دهد.



**نمودار (۳): نمودار ارزش کسب شده**

مفهوم ارزش کسب شده با گزارش هزینه و پیشرفت عملکرد، در نمودار جامع (۳) به صورت ترکیبی ارایه شده است. منحنی هزینه بودجه بندی شده کار زمانبندی شده (BCWS) نشان داده شده روی نمودار، بودجه برنامه ریزی شده به صورت تجمعی برای اجرای پروژه در هر زمان است و میزان بودجه پیش بینی شده جهت تکمیل کل پروژه (BAC) نشان دهنده میزان بودجه مورد نیاز برای اتمام کل پروژه است. حال اگر در مقاطع زمانی، وضعیت پیشرفت پروژه مورد بررسی قرار گیرد و هزینه های واقعی کار انجام شده (ACWP) و هزینه بودجه بندی شده کار اجرا شده (BCWP) اندازه گیری و به صورت دو منحنی مطابق نمودار (۳) نشان داده می شود. توجه نمایید که هزینه بودجه بندی شده کار اجرا شده در واقع هزینه کارهای اجرا شده بر مبنای قیمت های قراردادی (یا فهرست بها) در برنامه زمانبندی شده می باشد. در حالیکه دیگری مبالغی است که برای انجام کار به طور واقعی پرداخت شده است. پس از تهیه، انجام محاسبات و رسم منحنی های فوق در یک نمودار می توان وضعیت پروژه را تحلیل کرد.

### پیش بینی وضعیت آینده پروژه

مدیران پروژه تمایل دارند که آینده پروژه را از لحاظ هزینه نهایی و زمان تکمیل کارها پیش بینی نمایند. شاید قوی ترین دلیل برای بکار گیری ارزش کسب شده، برای پیش بینی آماری هزینه نهایی (احتمالی) و نتایج زمانبندی پروژه است [۱۶]. تخمین هزینه نهایی پروژه (EAC) در مدیریت پروژه بسیار مهم است. زیرا این روش سریعترین و آسانترین روش برای محاسبه هزینه پایانی می باشد، در مدیریت پروژه و تحلیل های هزینه اغلب از EAC برای اعتبار بخشیدن به برآوردهای موجود در قراردادها استفاده می شود [۱۶]. قطعا زمانی که نتایج EAC مخالف با برآوردهای (قیمت های) پیمانکاران می باشد مدیران پروژه مورد سوال واقع می شوند لذا مدیران پروژه از EAC برای توجیه یا ادامه روند پروژه برای مدیران سطح بالا استفاده می کنند [۲۰].

## مانیتورینگ پروژه با استفاده از شاخص های EVM

از میان شاخص های عملکردی در EVMS، شاخص های انحراف زمانبندی و هزینه (CV، SV) و شاخص های عملکردی زمانبندی و هزینه (CPI، SPI) در تشریح موقعیت هر پروژه نقش تعیین کننده دارند، با ترکیبی از این چهار شاخص در مقادیر مختلف، مدیریت پروژه می تواند نسبت به عملکرد پروژه قضاوت نماید [۲۱]. این ترکیبات ۹ حالت ایجاد می کند که موقعیت پروژه را از لحاظ هزینه و زمان نشان می دهد. (شکل ۳)

Performance Measures		Schedule		
		SV > 0 & SPI > 1.0	SV = 0 & SPI = 1.0	SV < 0 & SPI < 1.0
Cost	CV > 0 & CPI > 1.0	Ahead of Schedule Under Budget	On Schedule Under Budget	Behind Schedule Under Budget
	CV = 0 & CPI = 1.0	Ahead of Schedule On Budget	On Schedule On Budget	Behind Schedule On Budget
	CV < 0 & CPI < 1.0	Ahead of Schedule Over Budget	On Schedule Over Budget	Behind Schedule Over Budget

شکل (۳): تحلیل وضعیت پروژه در حالت‌های مختلف

## پیاده سازی تکنیک EVM در پروژه احداث جاده جایگزین سقز - بانه

شرکت جهاد نصر کردستان یکی از پروژه هایی که هم اکنون در دست اجرا دارد پروژه احداث راه جایگزینی سقز- بانه به طول ۱۵,۲۶۱ کیلومتر و عرض ۱۳ متر می باشد. طبق برنامه زمانبندی اولیه در پیمان مدت زمان پروژه ۲۴ ماه بوده است، اما به سبب بروز مشکلات، زمان آن طولانی گشته است. جهت ارزیابی و کنترل زمان و هزینه در پروژه تصمیم گرفته شد که با گذشت تقریباً ۲ سال از شروع پروژه تکنیک EVM در آن پیاده شود و از شاخص های آن جهت تجزیه و تحلیل عملکرد پروژه استفاده شود. محاسبه شاخص ها براساس گزارش تهیه شده از پروژه در انتهای فروردین ماه سال ۹۲ می باشد. محاسبات به همراه تحلیل آنها در زیر آمده است.

طبق گزارش درصد پیشرفت واقعی پروژه ۳۷,۵۱٪ می باشد در حالیکه طبق برنامه می بایست ۹۶,۸۸٪ می بود. برای داشتن تصویری واقعی از وضعیت پروژه این عدد به تنهایی کفایت نمی کند چونکه یک پروژه دارای ابعاد مختلف هزینه و زمان و کیفیت می باشد.

انحرافات هزینه و زمان:

$$CV = EV - AC = 16,847,496,945$$

$$\% CV = +\%28$$

$$SV = EV - PV = -93,437,693,400$$

$$\% SV = -\%61$$

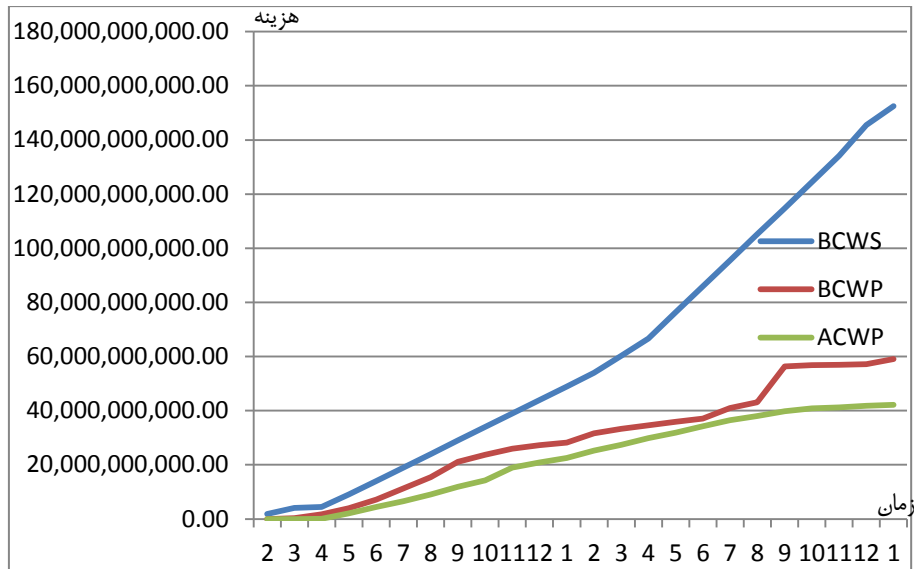
انحراف هزینه مثبت است و این به معنای سود برای شرکت است. انحراف زمانبندی منفی است و این به معنای عقب ماندن از برنامه زمانبندی است. برای محاسبه میزان بهره وری پروژه از نظر هزینه و زمان از شاخص های SPI و CPI استفاده می کنیم.

$$CPI = 1.39$$

$$SPI = 0.39$$

CPI بزرگتر از یک است و این یعنی عملکرد هزینه ای پروژه خوب است. اینگونه تحلیل می شود که هزینه واقعی صرف شده کمتر از بودجه برنامه ریزی شده می باشد. SP

I کمتر از یک است و این یعنی عملکرد زمانی پروژه خوب نیست. یعنی پروژه از نظر زمانبندی از برنامه عقب است و این گونه تحلیل می شود که از هر ۱۰۰ ساعت زمان که برنامه ریزی شده است فقط ۳۹ ساعت از آن تبدیل به کار می شود. نمودار ارزش کسب شده پروژه در زیر آمده است:



نمودار (۴): نمودار ارزش کسب شده پروژه جاده سقز- بانه تا فروردین ماه ۹۲

## نتیجه گیری

تکنیک EVM دارای شاخص های پیچیده و متنوعی می باشد که تا حد امکان در این تحقیق، این شاخص ها معرفی شده اند. در پروژه راهسازی مذکور برای اولین بار این تکنیک پیاده شد و شاخص های آن تجزیه و تحلیل گشتند و در اختیار شرکت جهاد نصر کردستان گذاشته شد. متأسفانه هنوز در کنترل پروژه ها، برای مقایسه واقعیت با برنامه به صورت کلاسیک عمل می شود که در آن فقط یک عدد به عنوان درصد پیشرفت پروژه اعلام می شود، در مقابل تکنیک EVM یک روش مدرن است که شاخص های آن با مانیتور کردن وضعیت مالی و زمانی پروژه، مدیریت را در پیش بینی آینده پروژه و انجام اقدامات اصلاحی به موقع کمک می نماید. از طرف دیگر توانایی تحلیل تکنیک EVM، محدود به یک پروژه نمی شود، بلکه با استفاده از شاخص های آن، می توان همزمان چند پروژه را از نظر عملکرد هزینه و زمانبندی مقایسه کرد. لذا سازمان هایی همچون شرکت جهاد نصر که در یک مقطع زمانی چند پروژه را در دست اجرا دارند، می توانند از شاخص های EVM برای ارزیابی عملکرد پروژه ها و مدیران پروژه هایشان استفاده نمایند. در تحقیق حاضر دستورالعمل های لازم برای پیاده سازی تکنیک EVM در پروژه آورده شده است، لذا این تحقیق می تواند مرجع خوبی برای پروژه هایی باشد که تاکنون این تکنیک در آنها پیاده نشده است. امید است که این تکنیک در تمامی پروژه های عمرانی از جمله راهسازی، سدسازی، ساختمان سازی بکار برده شود تا به کمک آن، قدمی در حل مشکلات این پروژه ها برداشته شود.

۱. فرج مشایی محمد رضا، کتاب مدیریت ارزش کسب شده، تهران، انتشارات رسا، ۱۳۸۵
۲. سبزه پرور مجید، کتاب کنترل پروژه به روش گام به گام، تهران، انتشارات ترمه، ۱۳۹۱
3. Abba WF. Earned value management reconciling government and commercial practices . Program manager 1997 ;26; 58\_67
4. VandevordeS ,Vanhoucke M.A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. Int Project Management J 2006; 24; 289\_302
5. Anbari F. Earned value method and extensions. Project Manage J 2003; 34 (4): 12\_23
۶. باقرپور مرتضی، ابراهیمی احمد، نوری سیامک " کاربرد مدلسازی آماری جهت تخمین هزینه های باقیمانده تا تکمیل پروژه: توسعه ای بر رویکرد ارزش کسب شده"، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه
7. Fleming ,Q.W ,Koppleman ,J.M. (1998) " Earned Value Project Management: A Powerful Tool for Software Project" s ,Croos Talk: The Journal of Defense Software Engineering ,USA
۸. ساوجی حسین، خیرخواه امیرسامان " بررسی روش های نوین در مدیریت ارزش حاصله در مدیریت پروژه"، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه
9. Putz ,P. ,Maluf ,D.A. ,Bell ,D.G. ,Gurram ,M.M. ,Hsu ,J. ,Patel ,H.N. ,Swanson ,K.J. ,“Earned value management at NASA: An integrated ,lightweight solution” ,IEEE Aerospace Conference Proceedings ,art. no. 4161726 ,2007
10. E. Kim et al. ,“A model for effective implementation of Earned Value Management Methodology” ,International Journal of Project Management 21 ,2003: 375\_382
11. Ghanem ,A.G. ,Abdelrazig ,Y.A. ,“A framework for real\_time construction project progress tracking. Eearth and Space” ,Proceedings of the 10thBiennial International Conference On Engineering ,Construction ,and Operations in Challenging Environments ,2006 ,pp. 112
12. 25.23.Gowan ,J.A. ,Mathieu ,R.G. ,Hey ,M.B. ,“Earned value management in a data warehouse project” ,Information Management and Computer Security 14 (1) ,2006 ,pp. 37\_50
13. Cao ,J. ,“Earned value application in single and portfolio IT projects” ,Journal of Beijing University of Technology 33 (SUPPL.) ,2007 ,pp. 18\_22
14. Nkuah ,M.Y. ,“Progress and performance control of a cost reimbursable construction contract” ,Cost Engineering (Morgantown ,West Virginia) 48 (5) ,2006 ,pp. 13\_18
۱۵. احمدیان نژاد داوود، کتاب آموزش سریع Microsoft Office Project 2010، تهران، انتشارات عابد، ۱۳۹۱
۱۶. کهریزی سعید، میرمحمد صادقی علیرضا، قربانی سالانقوج محمد، "ارایه روشی کاربردی جهت پیاده سازی روش مدیریت ارزش کسب شده"، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه
۱۷. آجرلو منصور، کتاب مدیریت پروژه، تهران، دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۰
18. David S. Christensen ,“Project Advocacy And The Estimate At Completion Problem” , Published in the Journal of Cost Analysis (Spring 1996) ,pp.35\_60
۱۹. آجرلو منصور، برنامه ریزی و کنترل پروژه (با رویکرد مدیریت پیمان)، انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)، ۱۳۸۵
20. WalteLipke ,“Independent Estimate Completion\_Another Method” ,Tinker AFB ,ok 73145\_9144
۲۱. شاکری اقبال، فرداد فریدون، «کنترل هزینه پروژه با بکارگیری سیستم مدیریت ارزش کسب شده (EVMS)»