

کنترل پویای پیشرفت پروژه‌ها با استفاده از نظام «استاندارد ارزش کسب‌شده»

عباس نادریپور (کارشناس ارشد)
دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
مسعود مفید (استاد)
دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

مهم‌ترین ابزار مدیر پروژه برای اتخاذ تصمیم در مورد نحوه کنترل و راهبری پروژه، اطلاعات به دست آمده از گزارش‌هایی است که توسط گروه برنامه‌ریزی و کنترل پروژه تهیه می‌شود. گزارش‌های کنترل پروژه مرسوم به علت عدم برخورداری از قابلیت به‌روزرسانی و تحلیل لحظه به لحظه اطلاعات و پیش‌بینی موانع پروژه به‌طور هم‌زمان و در تمامی ابعاد، نمی‌توانند تصویری واضح از پروژه ارائه دهند. همچنین به علت عدم وجود مبنایی پایدار در اندازه‌گیری نحوه انجام فعالیت‌ها در هر لحظه از زمان، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی مجدد برخی از فعالیت‌ها به لحاظ رفع موانع پروژه باعث می‌شود از فعالیت‌های دیگری که از برنامه زمان‌بندی عقب افتاده‌اند چشم‌پوشی گردد. طبق تحقیقات نگارندگان، موفق‌ترین نظام کنترل پروژه حال حاضر دنیا استاندارد ارزش کسب‌شده می‌باشد. مدیر پروژه می‌تواند با استفاده از شاخص‌های حاصل از استقرار این نظام نوپا، مشکلات و موانع موجود اجرای پروژه را در کوتاه‌ترین زمان ممکن شناسایی نموده و با درک صحیح از وضعیت موجود و پیش‌بینی مشکلات آتی به ارائه راهکارهای موثر جهت تأمین اهداف تعیین شده پروژه بپردازد.

abas.naderpour@gmail.com
mofid@sharif.edu

واژگان کلیدی: کنترل پروژه، استاندارد ارزش کسب‌شده، برنامه‌ریزی، زمان‌بندی.

مقدمه

پیش‌بینی مشکلات آتی پروژه، و در نهایت به‌کنترل پویای پیشرفت پروژه در هر لحظه از زمان اجرای آن می‌پردازند.

تاریخچه‌ی پیدایش نظام استاندارد ارزش کسب‌شده

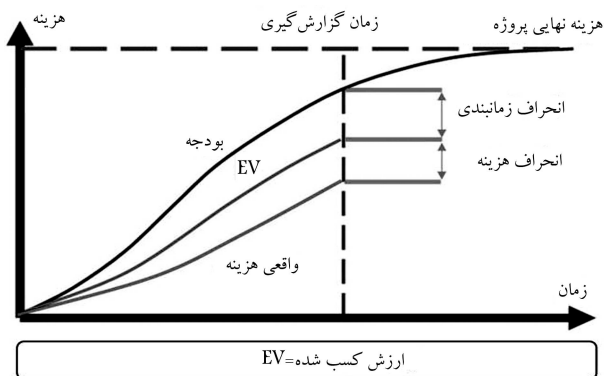
استاندارد ارزش کسب‌شده برای اولین بار توسط مهندسان یکی از کارخانه‌های ایالات متحده، و به‌منظور بهینه‌سازی مدیریت هزینه‌های تولید محصولات صنعتی به‌کار گرفته شد. آنان به تجربه به این نکته دست یافته بودند که مقایسه‌ی استانداردهای برنامه‌ریزی‌شده‌ی کارخانه^۱ با ساعات واقعی کار^۲ معیار مناسبی برای اندازه‌گیری هزینه‌های واقعی محصولات نیست. به همین دلیل آنها استانداردهای برنامه‌ریزی شده‌ی کارخانه را به استانداردهای کسب‌شده^۳ تبدیل کردند و با مقایسه‌ی این استانداردها با ساعات واقعی کار موفق به اندازه‌گیری صحیح و دقیق عملکرد هزینه شدند؛ و نیز از مقایسه‌ی استانداردهای برنامه‌ریزی شده‌ی کارخانه با استانداردهای کسب‌شده به اندازه‌گیری عملکرد زمانی فعالیت‌ها پرداختند. همچنین انحراف واقعی هزینه را از اختلاف بین هزینه‌های واقعی صرف‌شده و استانداردهای کسب‌شده‌ی کارخانه محاسبه کردند^۴.

با توجه به صحت و دقت نتایج حاصل از به‌کارگیری این روش در اندازه‌گیری

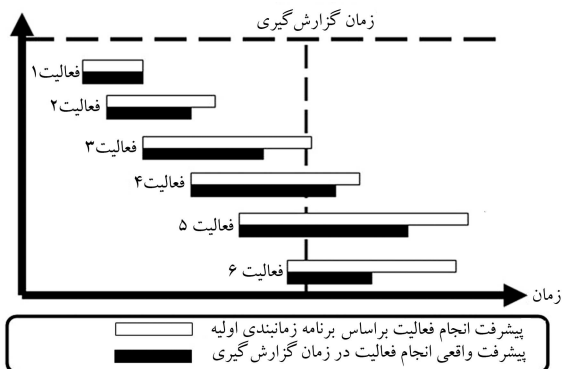
استاندارد ارزش کسب‌شده^۱ در سال ۱۹۹۸ میلادی تحت عنوان استاندارد [ANSI/EIA# ۷۴۸]، در انستیتو استاندارد ملی ایالات متحده به‌ثبت رسیده است. این استاندارد ۳۲ معیار دارد که در پنج گروه اصلی سازمان‌دهی شده‌اند. گروه‌های اصلی در برگیرنده‌ی معیارهای مربوط به سازمان‌دهی، برنامه‌ریزی و بودجه‌بندی، حسابداری، معیارهای گزارش تحلیلی و مدیریتی و معیارهای بازنگری و کنترل داده‌های پروژه هستند.

مطالعات انجام‌شده بر روی بیش از ۸۰۰ پروژه در ایالات متحده نمایان‌گر این نکته است که با اجرای دستورالعمل‌های این استاندارد، در مدت زمانی کم‌تر از ۱۵ درصد از پیشرفت فیزیکی پروژه، مشکلات و موانع موجود در مسیر اجرای پروژه قابل شناسایی و پیش‌بینی هستند^۱. نظام استاندارد ارزش کسب‌شده از طریق یکپارچه‌سازی اصولی اطلاعات هزینه و زمان‌بندی در قالبی معنی‌دار و منطقی، حفظ استانداردهای فنی انجام کار، و تعریف مبنایی پایدار به‌منظور برنامه‌ریزی هزینه و زمان‌بندی فعالیت‌ها، به اندازه‌گیری صحیح و دقیق عملکرد فعالیت‌ها در پروژه می‌پردازد. شاخص‌های حاصل از انجام این محاسبات که به «پارامترهای هشدار زود هنگام» معروف شده‌اند، در هر لحظه از زمان اجرای پروژه به بیان مشکلات موجود،

تاریخ: دریافت ۱۳۸۵/۱۰/۵، داوری ۱۳۸۶/۴/۳۱، پذیرش ۱۳۸۶/۱۰/۲۶.



شکل ۲. نمودار عملکرد هزینه به روش ارزش کسب شده.



شکل ۳. وضعیت پیشرفت فعالیت‌ها در زمان تهیه گزارش.

مفهوم کنترل پویای پروژه توسط نظام استاندارد ارزش کسب شده

عملکرد سیستم‌های مرسوم کنترل هزینه و زمان‌بندی پروژه بر این اصل استوار است که یک فعالیت هنگامی از نظر فنی پایان یافته تلقی می‌شود که تأییدیه‌ی تکمیل کار اخذ شود. گزارش‌های مربوط به زمان‌بندی فعالیت‌ها، حتی با استفاده از انواع شاخص‌های زمان‌بندی (نظیر فعالیت‌های تکمیلی، فعالیت‌های جلوتر از برنامه، فعالیت‌های عقب‌تر از برنامه و شناوری فعالیت‌ها) همواره قادر به ارائه‌ی تصویری واضح از پروژه نیستند. در نمودار ارائه‌شده در شکل ۳، بعضی از فعالیت‌ها از نظر زمان‌بندی جلوتر، بعضی عقب‌تر و بعضی مطابق برنامه‌اند. در این حالت تعیین وضعیت کل پروژه به راحتی امکان‌پذیر نخواهد بود. در این شکل مستطیل سفید نشان‌گر مدت زمان کل انجام فعالیت است، و مستطیل‌های سیاه میزان پیشرفت کار در طی زمان را نشان می‌دهند^[۸].

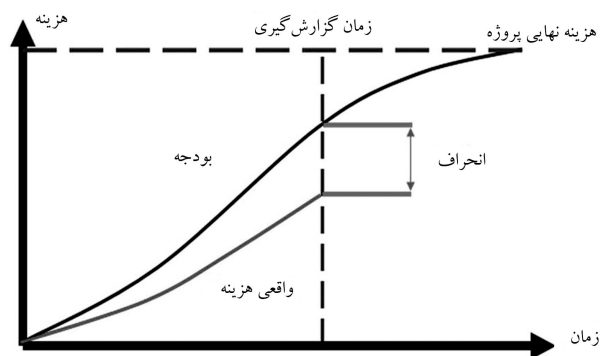
در صورت عدم وجود مبنایی پایدار در اندازه‌گیری نحوه‌ی انجام فعالیت‌ها در هر لحظه از زمان، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی مجدد برخی فعالیت‌ها به منظور رفع موانع پیش‌آمده در پیشبرد اهداف پروژه، باعث حذف واریانس‌های زمان‌بندی دیگر فعالیت‌های پروژه می‌شود و ممکن است از فعالیت‌های دیگری که از برنامه‌ی زمان‌بندی عقب افتاده‌اند چشم‌پوشی شود. همچنین بدون وجود مبنایی پایدار اندازه‌گیری معنی‌داری از عملکرد پروژه صورت نخواهد گرفت و روند عملکرد فعالیت‌ها قابل تحقیق و تعیین نخواهد بود^[۹]. مطالعات انجام‌شده بر روی بیش از ۸۰۰ پروژه در ایالات متحده نشان داد که با استفاده از دستورالعمل‌های این استاندارد،

عملکرد مالی و زمانی پروژه‌ها، در سال ۱۹۶۳ میلادی و همزمان با انتشار دستورالعمل *PERT/COST* که حاوی تعریف ساده و ابتدایی از استاندارد ارزش کسب شده بود، دولت آمریکا پیمان‌کاران طرف قرارداد خود را ملزم به رعایت این دستورالعمل برای پیشبرد پروژه، و ارائه‌ی گزارش‌های مدیریتی بر مبنای این سیستم کرد. در سال ۱۹۹۵ میلادی، با اعمال نظرات بخش خصوصی، ویرایش محتویات این دستورالعمل جمع‌بندی نهایی شد و در سال ۱۹۹۸ تحت عنوان استاندارد [ANSI/EIA# ۷۴۸] به ثبت رسید.

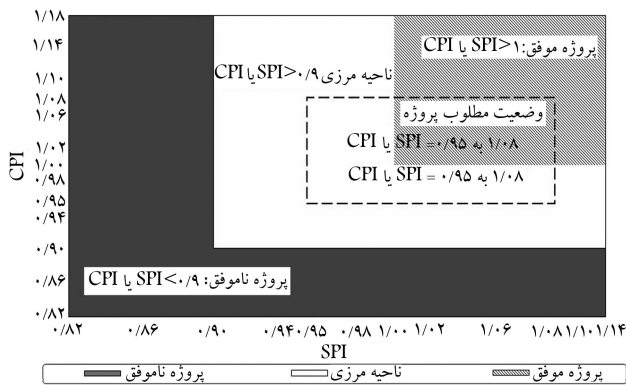
مفهوم یکپارچه‌کردن اطلاعات هزینه و زمان توسط نظام استاندارد ارزش کسب شده

در شکل ۱ بررسی عملکرد هزینه به روش سنتی، از طریق مقایسه‌ی هزینه‌ی واقعی و بودجه‌ی برنامه‌ریزی شده، نشان داده شده است. در نگاه نخست به نظر می‌رسد که پروژه در وضعیت عملکردی مناسبی قرار دارد و هزینه‌ی واقعی انجام‌شده همیشه‌تر از عملکرد برنامه‌ریزی شده‌ی آن است؛ همچنین، احتمالاً هزینه‌ی کل پروژه کاهش خواهد یافت. اما اگر پروژه از لحاظ زمان‌بندی عقب باشد، مشخص نیست که اختلاف بین بودجه و هزینه‌ی واقعی نشان‌گر عملکرد مناسب هزینه باشد یا خیر. در واقع این نمودار فقط هزینه‌ی واقعی کار انجام شده را با بودجه‌ی مصوب کار زمان‌بندی شده مقایسه می‌کند. هنگامی که ارزش کسب‌شده در نمودار لحاظ شود تصویر عملکرد هزینه‌ی پروژه واضح و آشکار می‌شود، زیرا اجزای هزینه و زمان‌بندی را می‌توان به صورت مجزا مورد بررسی و تحلیل قرار داد. شکل ۲ وجود انحراف قابل توجه در عملکرد هزینه و زمان‌بندی پروژه را نشان می‌دهد^[۷-۴].

نمودار شکل ۲ که بر مبنای نتایج حاصل از محاسبات نظام استاندارد ارزش کسب شده ترسیم شده، نشان‌گر آن است که پروژه هم از لحاظ زمان‌بندی و هم از نظر هزینه عقب است و برای این پروژه بیش از میزان پیش‌بینی شده، هزینه شده است. در واقع در نمودار شکل ۲، اطلاعات هزینه و زمان با یکدیگر یکپارچه شده و منحنی سومی به نام «منحنی ارزش کسب‌شده» به وجود می‌آورد که معیار اندازه‌گیری انحرافات زمان‌بندی و مالی پروژه است. این یکپارچگی اطلاعات باید با در نظر گرفتن مبنایی پایدار در جهت برنامه‌ریزی مؤثر هزینه و زمان‌بندی توأم باشد.



شکل ۱. نمودار عملکرد هزینه به روش سنتی.



شکل ۵. طیف مطلوب شاخص‌های استاندارد ارزش کسب‌شده.

جدول ۱. تفسیر شاخص‌های استاندارد ارزش کسب‌شده.

تحلیل و تفسیر شاخص‌های سیستم استاندارد ارزش کسب‌شده.	
عملکرد زمان‌بندی پروژه = خوب	$SPI > 1$
عملکرد زمان‌بندی پروژه = بد	$SPI < 1$
عملکرد زمان‌بندی پروژه = متوسط	$SPI = 1$
عملکرد هزینه‌ی پروژه = خوب	$CPI > 1$
عملکرد هزینه‌ی پروژه = بد	$CPI < 1$
عملکرد هزینه‌ی پروژه = متوسط	$CPI = 1$

نتایج حاصل از تحلیل و تفسیر شاخص‌های نظام استاندارد ارزش کسب‌شده را می‌توان مطابق جدول ۱ خلاصه کرد، به نحوی که عدد بزرگ‌تر از واحد نشان‌دهنده‌ی عملکرد موفق، و عدد کوچک‌تر از واحد نشان‌دهنده‌ی عملکرد ناموفق پروژه براساس این شاخص‌ها است.

مثالی ساده برای تفهیم محاسبه‌ی شاخص‌های کنترل پویای استاندارد ارزش کسب‌شده

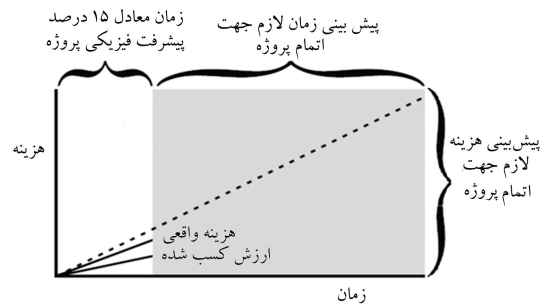
با یک مثال ساده‌ی محاسباتی به بررسی مفهوم این شاخص‌ها می‌پردازیم. فرض کنید بودجه‌ی برنامه‌ریزی شده برای انجام یک پروژه ۱۰۰ واحد باشد. در تاریخ خاصی که پروژه بررسی می‌شود (تاریخ وضعیت) مطابق برنامه، پروژه باید ۲۵٪ پیشرفت داشته باشد اما در عمل پیشرفت واقعی ۱۵٪ است. از طرف دیگر هزینه‌ی انجام شده ۲۲ واحد است. محاسبه‌ی پارامترهای ارزش به دست آمده چنین است.

$$BCWS = (\text{هزینه‌ی مبنا}) \times (\text{درصد پیشرفت مطابق برنامه}) = 100 \times 25\% = 25 \text{ واحد} \quad (1)$$

$$BCWP = (\text{هزینه‌ی مبنا}) \times (\text{درصد پیشرفت واقعی پروژه}) = 100 \times 15\% = 15 \text{ واحد} \quad (2)$$

مقایسه‌ی $BCWP$ و $BCWS$ میزان انحراف از برنامه از نظر زمان‌بندی را نشان می‌دهد.

$$BCWP - BCWS = \text{اریانس زمان‌بندی پروژه} = 15 - 25 = -10 \text{ واحد} \quad (3)$$



شکل ۴. نتایج آماری حاصل از به‌کارگیری نظام استاندارد ارزش کسب‌شده در پیش از ۸۰۰ پروژه در ایالات متحده.

در مدت زمانی کم‌تر از ۱۵ درصد پیشرفت فیزیکی مشکلات و موانع موجود در مسیر اجرای فعالیت‌های پروژه قابل شناسایی و پیش‌بینی است (شکل ۴). این پارامترهای هشدار زود هنگام CPI و SPI نام‌دارند^[۱].

معرفی شاخص‌ها و پارامترهای کنترل پویای نظام استاندارد ارزش کسب‌شده

از دیدگاه مدیریت ارزش کسب‌شده، پروژه‌ها باید از دو منظر مورد ارزیابی قرار گیرند. ۱. عملکرد زمان‌بندی پروژه؛ ۲. عملکرد هزینه‌ی پروژه. در ادامه به توضیح هر کدام از این موارد و معرفی شاخص‌ها و پارامترهای مربوط به آنها می‌پردازیم.

الف) شاخص مربوط به عملکرد زمان‌بندی پروژه

منظور از بررسی عملکرد زمان‌بندی پروژه، مقایسه‌ی مقدار کار انجام‌شده با مقدار کار برنامه‌ریزی شده است. برای محاسبه‌ی این مقدار، ارزش کار انجام‌شده ($BCWP$)^۵ بر مقدار کار برنامه‌ریزی شده ($BCWS$)^۶ تقسیم، و عدد حاصله «شاخص عملکرد زمان‌بندی»^۷ یا SPI نام دارد. عدد کم‌تر از ۱ برای این شاخص نشان‌دهنده‌ی وضعیت نامطلوب (عقب‌تر بودن از زمان‌بندی پیشرفت پروژه) است. در این حالت برای بررسی و محاسبه‌ی دقیق میزان انحراف زمانی پروژه، باید از شاخص SPI و روش مسیر بحرانی (سیستم زمان‌بندی پروژه) به‌طور هم‌زمان استفاده کرد؛ زیرا ممکن است فعالیت‌هایی که موجب کاهش مقدار SPI شده‌اند در مسیر بحرانی پروژه قرار نداشته باشند، یا به‌اندازه‌ی کاهش نشان داده شده در این شاخص، در زمان پایان پروژه تأثیر نداشته باشد^[۸، ۹، ۱۱].

ب) شاخص مربوط به عملکرد هزینه‌ی پروژه

شاخص عملکرد هزینه‌ی پروژه (CPI)^۸، نشان‌گر ارتباط ارزش کار انجام‌شده ($BCWP$) با مقدار هزینه‌ی صرف‌شده برای این کار ($ACWP$)^۹ است. عدد کم‌تر از ۱ نشان‌دهنده‌ی عملکرد نامطلوب، یعنی صرف هزینه‌ی بیش از بودجه‌ی مصوب است. حساسیت شاخص CPI در مقایسه با شاخص SPI بیشتر است، زیرا عملکرد منفی هزینه به احتمال زیاد قابل جبران نخواهد بود. این در حالی است که SPI کم‌تر از ۱ را می‌توان با برنامه‌ریزی مجدد زمان انجام فعالیت‌ها، و بهره‌گیری از شنواری‌های موجود در زمان انجام آنها بهبود بخشید و مقدار این شاخص را به عدد ۱ نزدیک کرد^[۸، ۹، ۱۱]. بنابراین، نظارت دقیق بر روند و نرخ تجمعی CPI همراه با وضعیت پیشرفت فعالیت‌های مسیر بحرانی، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر برای مدیران پروژه‌ها است. در شکل ۵ طیف مطلوب شاخص‌های CPI و SPI به نمایش درآمده است.

مقایسه‌ی $ACWP$ و $BCWP$ میزان انحراف از برنامه را از نظر مالی مشخص می‌کند.

$$BCWP - ACWP = \text{واریانس هزینه‌ی پروژه}$$

$$\text{واحد } -7 = 15 - 22 = \text{واریانس هزینه‌ی پروژه} \quad (4)$$

نسبت $BCWP$ به $BCWS$ نشان‌گر شاخص عملکرد زمان‌بندی است. مقدار کوچک‌تر از ۱ این شاخص نشان‌گر میزان عقب‌ماندگی زمانی پروژه است.

$$SPI = BCWP/BCWS$$

$$SPI = 15 \div 25 = 0.6 < 1 \quad (5)$$

نسبت $BCWP$ به $ACWP$ نشان‌گر شاخص عملکرد هزینه است. مقدار کوچک‌تر از ۱ این شاخص نشان‌دهنده‌ی این واقعیت است که بودجه‌ی پروژه باردهی لازم (مطابق برنامه) را ندارد.

$$CPI = BCWP/ACWP$$

$$CPI = 15 \div 22 = 0.68 < 1 \quad (6)$$

استفاده کرد؛ مثلاً استفاده از روش ۲۵/۷۵ در بسته‌های کاری که در زمان مشخص شروع و طی یک یا دو دوره ارزیابی عملکرد تکمیل می‌شود، بسیار مناسب است. با شروع فعالیت، ۲۵ درصد و در پایان ۷۵ درصد باقی‌مانده از ارزش کل فعالیت کسب می‌شود. بنابراین با استفاده از این معیار می‌توان پیشرفت فعالیت‌ها را در هر زمان دلخواه در طول مدت اجرای پروژه مورد ارزیابی قرار داد؛ هنگامی که با وضعیتی مطابق شکل ۳ درمورد پیشرفت انجام فعالیت‌های پروژه مواجه هستیم تقریب مناسبی می‌توان پیشرفت کل پروژه را اندازه‌گیری کرد^۹.

در ادامه به مطالعه‌ی یک پروژه‌ی واقعی به‌منظور بررسی لزوم استفاده از نظام مدیریت ارزش کسب‌شده در پروژه‌ها می‌پردازیم. برای ملموس‌بودن نتایج حاصل از این مطالعه‌ی موردی، یک پروژه‌ی ساده‌ی ساختمانی مربوط به احداث مرکز آموزشی در یکی از مناطق جنوبی کشور انتخاب شده است که فعالیت‌های آن معمولی و دور از پیچیدگی ناشی از ماهیت اجرای پروژه‌های خاص است.

مطالعه‌ی یک پروژه‌ی واقعی برای بررسی لزوم استفاده از نظام استاندارد ارزش کسب‌شده در پروژه‌ها

به‌منظور بررسی ضرورت استفاده از نظام مدیریت ارزش کسب‌شده در پروژه‌ها به مطالعه‌ی پروژه‌ی واقعی احداث یک مرکز آموزش در یکی از مناطق جنوبی کشور می‌پردازیم. مطابق قرارداد، زمان اولیه‌ی برنامه‌ریزی شده برای اجرای این پروژه معادل ۱۶ ماه، و نیز بودجه‌ی تعیین‌شده برای انجام آن در حدود ۳۰ میلیارد ریال بوده است. این مجتمع آموزشی شامل فضای ورودی، کلاس‌ها، ساختمان‌های جانبی، آزمایشگاه، مرکز رایانه، رستوران و نمازخانه است. ساختمان‌های این مجتمع آموزشی عموماً به‌صورت سوله هستند. شکل ۶ نمایی از این پروژه را نشان می‌دهد.

برنامه‌ی زمان‌بندی تهیه‌شده برای مدیریت و کنترل این پروژه دارای ۱۰۳۱ فعالیت و سه سطح ساختار شکست کارها^{۱۶} یا (WBS) است. تاریخ شروع پروژه مهرماه ۱۳۸۲ بوده و با تحویل زمین در این تاریخ، پیمانکار اجرای پروژه را شروع کرده است. طبق برنامه‌ی زمان‌بندی اولیه، این پروژه باید تا پایان بهمن‌ماه سال ۱۳۸۳ پایان می‌پذیرفت. وزن فیزیکی و ریالی اجزای اصلی این پروژه، یا به‌عبارت دیگر زیرپروژه‌های این پروژه، همچنین زیربنای مربوط به هرکدام از آنها در جدول ۲ ارائه شده است. نمودارهای مربوط به پیشرفت پروژه نیز در شکل ۷ به نمایش درآمده است.

در شکل ۸ برنامه‌ی زمان‌بندی اولیه‌ی پروژه در سطوح اول و دوم ساختار شکست



شکل ۶. نمایی از وضعیت تکمیل‌شده پروژه مورد مطالعه.

تعریف مبنایی پایدار برای اندازه‌گیری عملکرد پروژه در سیستم استاندارد ارزش کسب‌شده

چنان‌که پیش‌تر بیان شد، نظام استاندارد ارزش کسب‌شده با استفاده از مبنایی پایدار به یکپارچه‌سازی اطلاعات و هزینه‌ی پروژه می‌پردازد. برای ایجاد مبنا^{۱۰} روش‌های زیادی وجود دارد که در اینجا به روش‌های توصیه‌شده بر مبنای راهنمای استفاده از استاندارد ارزش کسب‌شده در پروژه‌ها (منتشر شده توسط دولت ایالات متحده) می‌پردازیم^۹. این روش‌ها عبارت‌اند از:

- روش فرمول ثابت^{۱۱}؛
- روش برهه‌های وزن‌دار^{۱۲}؛
- روش تخمین درصد پیشرفت^{۱۳}؛
- روش درصد پیشرفت با دروازه برهه‌ی^{۱۴}؛
- روش شمارش واحدهای تکمیل‌شده^{۱۵}.

در این نوشتار قصد تشریح جزئیات تمام این روش‌ها را نداریم، اما برای آشناسدن با مفهوم ایجاد مبنا به ارائه‌ی توضیح اجمالی روش فرمول ثابت -- که از بقیه‌ی روش‌ها مرسوم‌تر است -- می‌پردازیم.

روش فرمول ثابت در ایجاد مبنای اندازه‌گیری

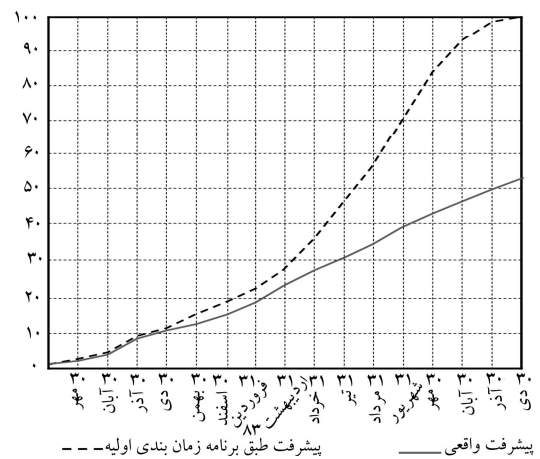
این روش در اولین سال‌های به‌کارگیری ارزش کسب‌شده بسیار معمول بود اما استفاده از آن در سال‌های اخیر کاهش یافته است. گرچه این روش از نظر مفهومی بسیار قابل قبول است، اما برای استفاده‌ی مناسب و مؤثر از آن تهیه‌ی برنامه‌ی زمان‌بندی با جزئیات ضرورت دارد. با توجه به ماهیت برخی از پروژه‌ها، این روش گاهی کارایی چندانی ندارد. برای این نوع اندازه‌گیری فقط سه نسبت مشخص شده، اما در واقع از هر نسبتی بین صفر تا ۱۰۰ (مانند ۱۰/۹۰، ۲۰/۸۰، ۴۰/۶۰، ...) می‌توان

جدول ۲. زیر پروژه‌های مربوط به پروژه‌ی احداث مجتمع آموزشی.

ردیف	نام زیر پروژه	زیر بنا (مترمربع)	وزن فیزیکی	وزن ریالی
۱	سالن شماره ۱	۱۰۳۵	٪۵٫۲۸	٪۴٫۶۳
۲	سالن شماره ۲	۱۲۹۱	٪۵٫۶۸	٪۴٫۸۷
۳	سالن شماره ۳	۱۲۹۱	٪۵٫۶۸	٪۴٫۸۷
۴	سالن شماره ۴	۱۰۳۵	٪۵٫۲۸	٪۴٫۶۳
۵	سالن شماره ۵	۶۰۸	٪۴٫۳۳	٪۳٫۷۸
۶	فضای شرقی	۴۳۲	٪۲٫۷۳	٪۲٫۴۲
۷	فضای غربی	۴۳۲	٪۲٫۷۵	٪۲٫۴۲
۸	نمازخانه	۹۲۹	٪۷٫۳۷	٪۹٫۴۲
۹	رستوران	۹۲۹	٪۶٫۱۵	٪۵٫۸۳
۱۰	هسته‌ی میانی - همکف	۵۷۶	٪۳٫۲۲	٪۲٫۷۸
۱۱	ورودی	۱۱۴۵	٪۷٫۶	٪۶٫۶۷
۱۲	لابراتوار زبان	۹۲۹	٪۶٫۳	٪۷٫۶۳
۱۳	اتاق کامپیوتر	۹۲۹	٪۵٫۹۷	٪۷٫۰۲
۱۴	هسته‌ی میانی - طبقه‌ی اول	۵۷۶	٪۲٫۶۸	٪۲٫۳۲
۱۵	کلاس‌ها	۹۲۹	٪۹	٪۱۱٫۷۵
۱۶	محوطه	۴۳۵۰۰	٪۱۱٫۷۸	٪۱۱٫۳۲

جدول ۳. چگونگی پیشرفت پروژه تا پایان سال ۱۳۸۳.

تاریخ گزارش‌گیری	پیشرفت طبق برنامه	پیشرفت واقعی
PLAN	ACTUAL	
پایان آذر ۱۳۸۲	٪۶٫۷	٪۷٫۶
پایان دی ۱۳۸۲	٪۱۰٫۵	٪۱۰٫۳
پایان بهمن ۱۳۸۲	٪۱۴٫۳	٪۱۱٫۸
پایان اسفند ۱۳۸۲	٪۱۹	٪۱۲٫۷
پایان فروردین ۱۳۸۳	٪۲۱	٪۱۷
پایان اردیبهشت ۱۳۸۳	٪۲۷	٪۲۵
پایان خرداد ۱۳۸۳	٪۳۸	٪۲۷
پایان تیر ۱۳۸۳	٪۴۳	٪۳۰
پایان مرداد ۱۳۸۳	٪۵۶	٪۳۵
پایان شهریور ۱۳۸۳	٪۶۹	٪۳۸
پایان مهر ۱۳۸۳	٪۸۳	٪۴۲
پایان آبان ۱۳۸۳	٪۹۵	٪۴۴
پایان آذر ۱۳۸۳	٪۹۸	٪۴۹
پایان دی ۱۳۸۳	٪۹۹	٪۴۹٫۵
پایان بهمن ۱۳۸۳	٪۱۰۰	٪۵۴
پایان اسفند ۱۳۸۳	٪۱۰۰	٪۵۸



شکل ۷. مقایسه‌ی نمودار پیشرفت واقعی و پیش‌بینی‌شده‌ی پروژه.

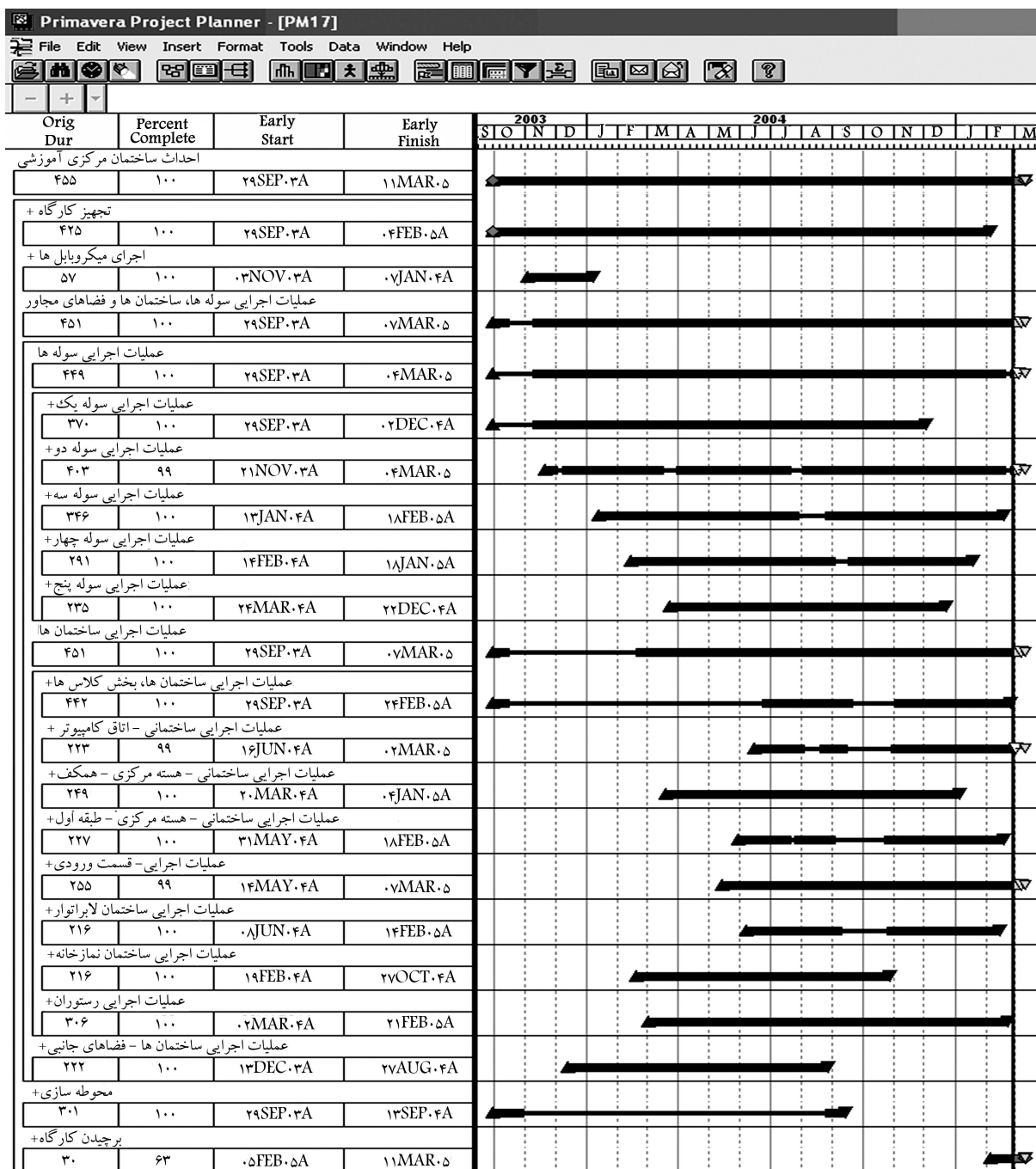
برنامه‌ریزی اولیه به تدریج از ماه ۹ اجرای پروژه نمایان می‌شود. همچنین با مطالعه‌ی گزارش پیشرفت کارهای تهیه‌شده توسط مشاور پروژه، ملاحظه می‌شود که بررسی وضعیت پیشرفت مالی پروژه جنبه‌ی تشریفاتی داشته و یکپارچه‌سازی اطلاعات زمان‌بندی و هزینه به منظور بررسی انطباق آنها با مبانی واقعی برنامه‌ریزی پروژه صورت نگرفته است. به همین دلیل پس از گذشت ۸ ماه از زمان اجرای پروژه -- یعنی تا پایان اردیبهشت ۱۳۸۳، با مطالعه‌ی گزارش پیشرفت پروژه مربوط به این ماه که نزدیک به پیشرفت مورد انتظار بر مبنای برنامه‌ریزی اولیه در این ماه است، کارفرمای پروژه شاید حتی تصور نکند که با این روند اجرای پروژه، اتمام پروژه‌ی او ممکن است بیش از دو برابر مدت زمان پیش‌بینی‌شده به طول بینجامد. در واقع در روند بررسی پیشرفت پروژه تاکنون به این نکته توجه نشده است که ارزش کسب‌شده‌ی حاصل از کار صورت گرفته در قبال هزینه‌ی انجام شده چقدر بوده است.

البته معمولاً تأثیر عواملی چون بارندگی‌های بی‌سابقه و شدید در منطقه، تداخل عملیات اجرایی با پیمانکاران مجاور، مشکلات مربوط به تهیه‌ی مصالح بنایی چون سیمان و یا افزایش بهای آهن‌آلات، ایجاد تغییر در نقشه‌های ابلاغی به پیمانکار، و نیز موارد جزئی نظیر قطعی برق کارگاه در روزهایی از انجام پروژه، کاهش راندمان نیروی انسانی به علت شروع فصل گرما، و توجیحات دیگری از این قبیل را علل تأخیر در پروژه می‌شناسند اما باید توجه داشت که این موانع همیشه و در همه‌جا و به طرق مختلف در روند اجرای پروژه‌ها -- به‌ویژه پروژه‌های مربوط به حوزه‌ی ساختمان و نصب -- تأثیر می‌گذارند. به عبارت دیگر، پروژه‌ها همیشه در شرایط ایده‌آل و مطلق انجام نمی‌گیرند. بنابراین باید به این نکته اشاره کرد که چنانچه برنامه‌ریزی دقیق و کنترل صحیح در امر اجرای پروژه مورد توجه قرار گیرد، این مشکلات و موانع قابل پیش‌بینی و برطرف کردن هستند. وجود مواردی از این قبیل نشان می‌دهد که بین اجزای سیستم برنامه‌ریزی و کنترل پروژه پیوستگی لازم وجود ندارد. مثلاً برنامه‌ی زمان‌بندی انجام شده ممکن است چندان با ماهیت ساختار شکست کارها تناسب نداشته باشد، یا روش تحلیل

کارها (WBS) نمایش داده شده است. چنان که ملاحظه می‌شود پیش‌بینی زمان اولیه‌ی انجام این پروژه حدوداً ۱۶ ماه بوده است.

همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، این پروژه مطابق برنامه‌ی زمان‌بندی اولیه باید در پایان بهمن سال ۱۳۸۳ پایان می‌پذیرفت، در حالی که پیشرفت واقعی پروژه در این تاریخ حدود ۵۴ درصد است.

مقصود از طرح موردی این پروژه‌ی واقعی در این نوشتار بررسی جزئیات علل تأخیرات به وجود آمده نیست؛ بلکه هدف اشاره به این نکته است که در فاصله‌ی زمانی ۸ ماه اول اجرای پروژه توسط پیمانکار، یعنی تا پایان اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ که معادل ۵۰ درصد زمان پیش‌بینی شده توسط برنامه‌ی اولیه‌ی پروژه است، طبق گزارش‌های پیشرفت فیزیکی موجود، چنین به نظر می‌رسد که این پروژه مطابق و همگام با برنامه‌ریزی اولیه پیشرفت فیزیکی داشته و عقب افتادگی پیشرفت پروژه از



شکل ۸. برنامه‌ی زمان‌بندی اولیه‌ی پروژه در سطوح اول و دوم ساختار شکست کارها (WBS).

پس از این ابلاغ، مشاور اقدام به ترمیم گروه کنترل پروژه خود -- به‌لحاظ بهره‌گیری این گروه از دانش روز کنترل پروژه -- کرد. گروه جدید کنترل پروژه با مطالعه‌ی بررسی ساختار شکست کارهای پروژه و بررسی روابط موجود میان فعالیت‌ها و منابع آنها، برنامه‌ی جبرانی خود را ظرف مدت کوتاهی ارائه کرد. برنامه‌ی جبرانی ارائه‌شده بر مبنای استقرار نظام استاندارد ارزش کسب‌شده در پروژه و نتایج حاصل از محاسبه‌ی شاخص‌های هشدار زودهنگام *CPI* و *SPI*، در پروژه استوار شده بود.

مبنای محاسبه‌ی ارزش کسب‌شده فعالیت‌های پروژه -- با توجه به ماهیت پروژه

اطلاعات با نوع پروژه متناسب نباشد، یا این که به‌روزرسانی پروژه واردکردن اطلاعات به‌منظور تحلیل به سیستم کنترل پروژه به‌صورت یکپارچه و با در نظر گرفتن هم‌زمان تأثیر سایر عوامل انجام نگرفته باشد. در ادامه‌ی روند پیشرفت این پروژه، در تاریخ فروردین ماه ۱۳۸۴ کارفرما طی جلسه‌ی ضمن عقد الحاقیه‌ی به قرارداد پیمانکار، از مشاور خواست برنامه‌ی زمان‌بندی جدیدی برای جبران فعالیت‌های باقی‌مانده‌ی پروژه تهیه کند که طی آن علاوه بر پیشرفت فیزیکی، پیشرفت ریالی پروژه نیز مورد توجه قرار گیرد. در این مقطع از زمان، پیشرفت فیزیکی پروژه در حدود ۶۰ درصد، و پیشرفت ریالی حدوداً ۷۳/۸ درصد بوده است.

تمامی کسانی که در امر برنامه‌ریزی و کنترل پروژه مشغول به‌کارند با مفاهیم زمان‌بندی، برنامه‌ریزی، تحلیل و به‌روزرسانی پروژه، و نیز ساختار شکست کارها و سایر موارد مشابه آشنا هستند اما یکپارچه‌سازی این موارد به‌نحوی که تناسب بین تمامی این اجزا را در پروژه رعایت کند باید توسط یک استاندارد تضمین شود. نظام استاندارد ارزش کسب‌شده با برخورداری از پشتوانه‌ی نتایج موفق حاصل از به‌کارگیری آن در پروژه‌های فراوان، و ارائه‌ی نتایج منطبق بر واقعیت به بهره‌گیری از شاخص‌های کنترل پویای پروژه، مناسب‌ترین مرجع برای برنامه‌ریزی و کنترل پیشرفت پروژه‌ها است. در ادامه به‌نحوی استقرار این نظام، و مراحل پیاده‌سازی آن در پروژه خواهیم پرداخت.

استقرار و پیاده‌سازی نظام استاندارد ارزش کسب‌شده

در مدیریت پروژه

استاندارد ارزش کسب‌شده ۳۲ معیار دارد که در پنج گروه اصلی سازمان‌دهی شده‌اند. گروه‌های اصلی شامل معیارهای مربوط به سازمان‌دهی، برنامه‌ریزی و بودجه‌بندی، حسابداری، معیارهای گزارش تحلیلی و مدیریتی، و معیارهای بازنگری و کنترل داده‌های پروژه هستند. در اینجا فقط به بیان نحوه‌ی استقرار این روش می‌پردازیم. برای این که سیستم ارزش کسب‌شده را در پروژه پیاده‌سازی کنیم باید مراحل زیر را به‌ترتیب انجام دهیم [۹]:

۱. استقرار سیستم متناسب ساختار شکست فعالیت‌ها *WBS* برای تقسیم پروژه به بخش‌های قابل کنترل و مدیریت؛
 ۲. مشخص کردن فعالیت‌های پروژه به‌نحوی که اتمام پروژه منوط به انجام این فعالیت‌ها باشد؛
 ۳. اختصاص بودجه‌ی به هرکدام از فعالیت‌ها به‌منظور انجام آن فعالیت؛
 ۴. برنامه‌ریزی برای اضافه‌کاری فعالیت‌ها؛
 ۵. ترسیم منحنی‌ها و تحلیل اطلاعات به‌منظور مشخص کردن برنامه‌ی زمان‌بندی اولیه؛
 ۶. به روزکردن گزارشات پیشرفت مربوط به انجام فعالیت‌ها؛
 ۷. وارد کردن اطلاعات مربوط به هزینه‌های واقعی انجام‌شده، به‌منظور تحلیل به روش ارزش کسب‌شده؛
 ۸. انجام محاسبات بر مبنای سیستم ارزش کسب‌شده و تهیه‌ی چاپ گزارشات و نمودارها؛
 ۹. تحلیل اطلاعات حاصله و انتشار تفاسیر حاصل از این تحلیل‌ها.
- همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شده، استقرار صحیح این نظام در مدیریت پروژه، توأم با درک صحیح ماهیت پروژه و فعالیت‌های موجود در سطوح مختلف ساختار شکست کارهای پروژه، ضامن دقت و صحت محاسبات مربوط به شاخص‌های کنترل پیشرفت پروژه و پیش‌بینی نتایج پایانی پروژه است.

پیش‌بینی نتایج پایانی پروژه با استفاده از شاخص‌های

عملکردی ارزش کسب‌شده

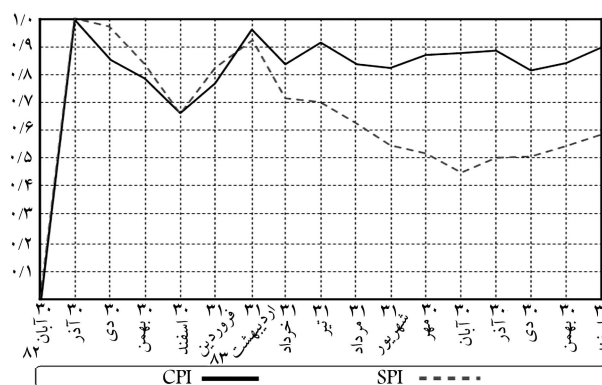
پیش‌بینی نتایج پایانی پروژه با استفاده از شاخص‌های عملکردی ارزش کسب‌شده یکی دیگر از مزایای مهم به‌کارگیری این نظام در کنترل پیشرفت پروژه‌ها است؛

-- براساس روش فرمول ثابت (که پیش‌تر به آن اشاره شد) انتخاب شده بود. همچنین این گروه به محاسبه‌ی شاخص‌های *CPI* و *SPI* از ابتدای پروژه تا پایان اسفند ماه سال ۱۳۸۳ پرداخت (شکل ۹).

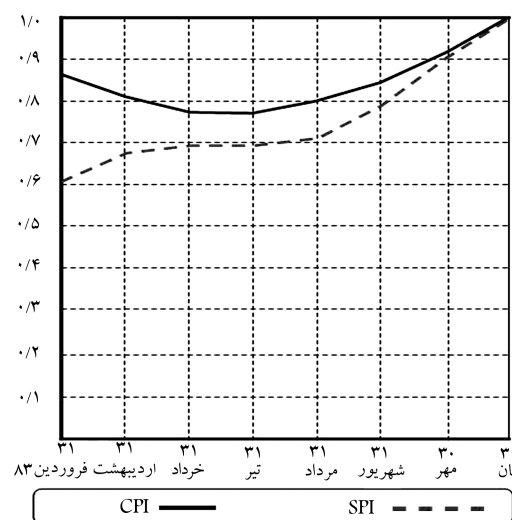
چگونگی پیشرفت پروژه مطابق برنامه‌ی زمان‌بندی جدید، از فروردین ماه ۱۳۸۴ تا پایان آبان ۱۳۸۴، در شکل ۱۰ آمده است. چنان‌که ملاحظه می‌شود تأثیر چشم‌گیر حاصل از استقرار نظام استاندارد کسب‌شده در شاخص‌های *CPI* و *SPI* کاملاً مشهود است؛ و در نهایت پروژه با طی کردن یک روند رو به رشد همه‌جانبه در آذرماه ۱۳۸۴ به‌صورت تحویل موقت به کارفرما تحویل داده شد.

در گزارش‌های بررسی عملکرد ماهانه‌ی پروژه که توسط گروه جدید کنترل پروژه از فروردین ماه ۱۳۸۴ تا پایان آبان ۱۳۸۴ ارائه شده بود، علاوه بر شاخص‌های فوق انحرافات موجود در عملکرد هزینه‌ی و زمان‌بندی پروژه، سایر موارد مربوطه نیز بر مبنای نظام ارزش کسب‌شده محاسبه و گزارش شده بود که پرداختن به جزئیات آن در این مقال نمی‌گنجد.

نکته‌ی که در اینجا باید به آن اشاره شود این است که تحول به‌وجود آمده در مدیریت و کنترل این پروژه فقط با انجام یک‌سری محاسبات عددی مربوط به شاخص‌های ذکرشده‌ی فوق انجام نمی‌گیرد، بلکه این شاخص‌ها و محاسبات مربوط به آنها زمانی کارآمدند که تمامی معیارها و جزئیات نظام استاندارد ارزش کسب‌شده در پروژه پیاده‌سازی شود و استقرار یابد.



شکل ۹. مقایسه‌ی شاخص‌های *CPI* و *SPI* تا اسفند ۱۳۸۳.



شکل ۱۰. مقایسه شاخص‌های *CPI* و *SPI* در سال ۱۳۸۴.

بدین معنی که علاوه بر کنترل پویای پروژه در هر لحظه از اجرای آن با پیش‌بینی مشکلات آتی توسط این سیستم مدیر پروژه می‌تواند به ارائه‌ی راهکارهایی به‌منظور رفع موانع موجود در مسیر اجرای فعالیت‌های پروژه بپردازد.

پیش‌بینی علمی نتایج پایانی پروژه معمولاً با فرض تأمین بودجه‌ی مصوب در زمان تعیین‌شده و عدم وقوع حوادث غیر مترقبه و غیرعادی صورت می‌گیرد. پیش‌بینی نتایج پایانی پروژه معمولاً از دو جنبه -- پیش‌بینی زمان پایان پروژه و هزینه پایانی آن برای مدیران پروژه حائز اهمیت است. در ادامه چگونگی پیش‌بینی نتایج پایانی پروژه با استفاده از شاخص‌های عملکردی ارزش کسب‌شده می‌پردازیم.

الف) پیش‌بینی هزینه‌ی پایان پروژه

مطالعه‌ی بیش از صدها پروژه در ایالات متحده نشان داد که وقتی درصد پیشرفت یک پروژه به بیش از ۱۵ درصد می‌رسد، عملکرد پروژه تقریباً هیچگاه از میانگین عملکرد جاری آن بیشتر نمی‌شود، بلکه کم‌تر نیز می‌شود.

دکتر کریستنسن با انجام مطالعات فراوان بر روی پروژه‌های گوناگون به این نکته اشاره می‌کند که شاخص عملکرد تجمعی هزینه، وقتی که پروژه حدود ۲۰ درصد پیشرفت کرده است، دیگر بیش از ۱۰ درصد مقدار کنونی آن تغییر نخواهد کرد و در اکثر موارد وقتی که پروژه به انتهای خود نزدیک می‌شود، نوسان این شاخص بیشتر و البته بدتر می‌شود^{[۱۳][۱۴]}.

بنابراین می‌توان با تقسیم بودجه‌ی کل پروژه بر شاخص عملکرد هزینه CPI به تخمین هزینه‌ی پایانی پروژه، و به تبع آن با مشخص‌بودن هزینه‌ی انجام‌شده‌ی پروژه در هر لحظه از اجرای آن، به محاسبه‌ی بودجه‌ی مورد نیاز برای پایان پروژه پرداخت.

ب) پیش‌بینی زمان پایان پروژه

زمان پایان پروژه را با استفاده از شیوه‌های زمان‌بندی و تعیین مسیر بحرانی مانند CPM نیز می‌توان به دست آورد، اما روش استاندارد کسب‌شده در محاسبه‌ی میزان

انحراف از زمان‌بندی اولیه روش دقیق و جامع‌تری ارائه می‌دهد، بدین‌صورت که میزان انحراف مالی زمان‌بندی پروژه را به‌وسیله‌ی تفاضل هزینه‌ی انجام شده برای ارزش به‌دست آمده از بودجه‌ی مصوب در آن مقطع زمانی را محاسبه کرده سپس این مقدار انحراف مالی زمان‌بندی را بر متوسط بودجه‌ی جاری ماهیانه‌ی پروژه تقسیم کرده و در نهایت به‌میزان انحراف برنامه‌ی زمانی پروژه از برنامه‌ی زمانی مصوب اولیه در هر لحظه از زمان اجرای پروژه می‌پردازد.

نتیجه‌گیری

استاندارد ارزش کسب‌شده به‌وسیله‌ی یکپارچه‌سازی اصولی اطلاعات هزینه و زمان‌بندی پروژه، با تعریف مبنایی پایدار در قالبی معنی‌دار و با دیدگاهی فراگیر نسبت به رعایت تناسبی کارآمد بین اجزای تمامی مفاهیم بنیادی مدیریت و کنترل پروژه و با حفظ استانداردهای فنی انجام کار، با کنترل شاخص‌های حاصل از استقرار این روش در پروژه به اندازه‌گیری صحیح و دقیق عملکرد فعالیت‌ها در پروژه پرداخته، به‌گونه‌ی که در هر لحظه از زمان اجرای پروژه با بیان مشکلات موجود و پیش‌بینی مشکلات آتی به کنترل دینامیکی پروژه می‌پردازد. برتری این روش نسبت به روش‌های سنتی متداول، با مطالعه‌ی پروژه‌ی واقعی اشاره شده در متن نوشتار به‌وضوح به‌تصویر کشیده شده است. در این پروژه با گذشت زمانی معادل ۵۰ درصد از زمان پروژه، مدیریت پروژه که از روش‌های سنتی کنترل پروژه بهره می‌گیرد هنوز به‌وضعیت نامطلوب پروژه خود پی نبرده است و نیز پس از گذشت زمانی معادل با پایان برنامه‌ی زمان‌بندی اولیه، این پروژه فقط به نیمی از اهداف نهایی خود دست یافته است اما در این زمان، با تغییر سیستم کنترل پروژه به سیستم استاندارد ارزش کسب‌شده و با کنترل شاخص‌های حاصل از استقرار این روش، در یک برنامه جبرانی، پروژه همگام با برنامه‌ریزی حاصل از به‌کارگیری این روش با موفقیت در زمان مورد نظر مدیریت تحول یافته پروژه به‌پایان می‌رسد.

پانویس

1. earned value standard
2. planned factory standard
3. actual factory hours
4. earned standard
5. budgeted cost of work performed
6. budgeted cost of work scheduled
7. scheduled performance index
8. cost performance index
9. actual cost of work performed
10. base line
11. fixed formula
12. milestone weights
13. percent complete
14. milestone weights with % complete
15. units complete
16. work breakdown structure

منابع

1. Fleming, Q.W., and Koppelman, J.M., "Earned value project management: a powerful tool for software

projects", Crosstalk, *The Journal of Defense Software Engineering*, **35**, (10), pp. 10-14 (July 1998).

2. Fleming, Q.W., and Koppelman J. M. "The earned value body of knowledge", *Proceedings of the 30th Annual Project Management Institute, Seminars & Symposium*, Philadelphia, PA, USA, October pp.10-16 (1999).
3. Fleming, Q.W., and Koppelman, J.M., "The earned value concept: back to the basics" PM network, *Journal of Construction Management*, **8**, (12), pp. 16-27, PMI (January 1994).
4. Fleming, Q.W., and Koppelman, J.M., "The earned value concept: taking step one-scope the project", PM Network, *Journal of Construction Management*, **10**, (16) PP. 7-15, PMI (May 1994).
5. Vahedi, A., "Project Management Using Earned Value Management System", Gap Publication, Iran (2004).
6. McConnel, D.R., "Earned-Value Technique for performance measurement." *Journal of Management in Engineering*, **1**, (2), pp. 79-94, ASCE, (1985).
7. Carr, R.I., "Integration of cost and schedule control" Preparing for construction in the 21st century (Proc. Construction. Congress '91), L.M.Chang, ed., P.P 687-692, ASCE (1991).

8. Tammo, T.W., "Earned Value, Clear and Simple", Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority (April 1999).
9. Hamilton, B.A., "Earned Value Management Tutorial", Office of Engineering and Construction Management, US Department of Energy (2003).
10. Kim, Y.W. & Ballard, G., "Is the Earned-Value Method an Enemy of Work Flow". Paper presented at the Eight Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-8), Brighton (2000).
11. Henderson, K., "The Benefits of Earned Value Management for Strategic Commercial Imperatives", *Proceeding of PMI Global Congress* (2005).
12. Christensen, D., "Using the Earned Value Cost Management Report to Evaluate the Contractor's Estimate at Completion", *Acquisition Review Quarterly* (1999).
13. Anbari, F.T., "Earned Value Project Management Method and Extensions", *Project Management Journal*, **34**, (4), Project Management Institute (2003).