

www.markazdanesh.ir

بسم الله الرحمن الرحيم



واحد تبریز

پروژه کارشناسی مدیریت صنعتی

مدیریت پروژه ارزش کسب شده EVPM

نگارش: علی صدرجهانی مهربانی

استاد راهنما: آقای علی عبدلی

تقدیم به:

جویندگان حقیقت و تمام کسانی که قطره قطره دانسته‌های خود را به دریای

متلاطم علم و دانش جاری می‌سازند.

www.markazdanesh.ir

تشکر و قدردانی :

این پروژه در قالب طرح پژوهشی مدیریت ارزش کسب شده پروژه و با حمایت و همکاری آقای علی عبدلی انجام پذیرفته است. از زحمات ایشان نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

www.markazdanesh.ir

چکیده

مدیریت پروژه ارزش کسب شده یکی از روشهایی است که میتوان در آن مراحل پیشرفت پروژه را پیش بینی و منابع و زمان مورد نیاز انجام پروژه را تعیین کرد.

ما در این پروژه سعی داریم که نحوه پیاده سازی یکی از روش های ارزیابی عملکرد و پیشرفت پروژه را مورد بررسی قرار دهیم. این متد که از سریع ترین روش های ارزیابی به حساب می آید، روش ارزش کسب شده نام دارد. از فاکتورهای تعیین کننده در این روش، شخص مدیر پروژه میباشد، با توجه به این که احاطه کامل بر روی پروژه دارد، تعیین کننده محدوده پروژه و انجام اقدام اصلاحی لازم میباشد.

از مهمترین اهداف تیم مدیریت پروژه آن است که بتوانند پروژه را مطابق با بودجه، زمانبندی و با پوشش کلیدی محدوده کاری، به پایان برسانند. بنابراین در پروژه احساس می شود که این عوامل مبنایست به طور مداوم کنترل شود.

مدیریت ارزش کسب شده متدلوژی ارزشمندی در تحلیل و کنترل عملکرد پروژه است. ارزش حاصله با یکپارچه سازی سه بعد، زمان، هزینه و محدوده، امکان اندازه گیری دقیق میزان پیشرفت پروژه و اتخاذ تصمیمات به موقع برای انجام اقدامات اصلاحی را فراهم می آورد. البته تمرکز این روش بیشتر بر مدیریت هزینه است و حتی شاخص های زمانبندی آن بر مبنای هزینه محاسبه میگردد. همچنین شاخصهای زمانبندی که در این روش مورد استفاده قرار میگیرند در یک سوم انتهایی پروژه، عملکرد خوبی نداشته است که این مسئله باعث تعریف مفهوم دیگری به نام زمانبندی حاصله شده است. هدف: بررسی تکنیک های مدیریت پروژه در مدیریت ارزش، که شامل برنامه های برنامه ریزی منابع، هزینه های فنی و الزامات برنامه می باشد.

رویکرد: ارائه مثال از چگونگی اجرای مدیریت ارزش کسب شده در داده های پروژه و چگونگی استفاده از آن به عنوان ابزاری برای تشخیص و حل مسائل.

یافته ها: مدیریت ارزش کسب شده بر این باور استوار است که به عنوان وظایف تکمیل ارزش پروژه را افزایش میدهد و در نتیجه ارزش بدست آمده از پروژه، اندازه گیری پیشرفت واقعی آن پروژه است. ارزش: پیشنهادات قابل تجزیه و تحلیل مدیریت ارزش کسب شده، منافع آن و مشکلات. کلمات کلیدی: مدیریت ارزش کسب شده (EVM)، شاخص های عملکرد زمانبندی (SPI)، شاخص های عملکرد هزینه (CPI)

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مبانی	۱
مقدمه	۲
۱-۱ تعریف ارزش کسب شده (EV)	۶
۱-۱-۱ ارزش کسب شده چیست؟	۶
۱-۱-۲ تعاریف مرتبط با سیستم ارزش و زمان کسب شده	۷
۱-۲ شاخص‌های عملکردی و واریانس	۹
۱-۳ مفهوم و نحوه کار EVMS	۱۱
۱-۴ تعریف عناصر و پارامترهای اصلی EVMS	۱۴
۱-۵ کاربرد متد EV در تولید شاخص‌های کارایی پروژه	۱۵
۱-۵-۱ متد ارزش کسب شده را چگونه می‌توان پیاده نمود؟	۱۷
۱-۵-۲ محصول پروژه:	۱۷
۱-۵-۳ زمان بندی پروژه:	۲۰
۱-۵-۴ رسم خط مینا (BCWS):	۲۰
۱-۵-۵ ارزیابی عملکرد پروژه:	۲۱
۱-۵-۶ روز پنجم پروژه:	۲۳
۱-۵-۷ پروژه ما در چه وضعیتی قرار دارد؟	۲۴
۱-۵-۸ مدت زمان پیش بینی شده کل پروژه (جدید)	۲۶
۱-۵-۹ وضعیت کنونی پروژه چقدر وخیم است؟	۲۷
۱-۵-۱۰ اقدام اصلاحی:	۲۸
۱-۵-۱۱ تهیه خط مبنای جدید	۳۱
۱-۶ ویژگی‌های اساسی از اجرای هر EVM	۳۴
۱-۶-۱ اصول EVMP	۳۵
۱-۶-۲ تجزیه تحلیل عملکرد در EVMS	۳۶
۱-۶-۲ تفسیر شاخصهای عملکردی سیستم مدیریت ارزش کسب شده	۳۷
۱-۶-۳ مزایای پیاده‌سازی EVM	۳۹
۱-۶-۴ محدودیت‌های EVM	۴۱
۱-۶-۵ بررسی‌های شاخص‌های EV	۴۲
۱-۷ شاخص‌های عملکرد دوره‌ای	۴۲
۱-۷-۱ شاخص عملکرد هزینه	۴۳
۱-۷-۲ شاخص عملکرد زمان بندی	۴۳

.....۴۴	۳-۷-۱- بکارگیری شاخص‌های EV در Lifecycle پروژه‌ها
.....۴۷	۸-۱- شرایط بهره‌گیری از نمودارهای کنترلی
.....۴۸	۱-۸-۱- توزیع آماری داده‌های جمع‌آوری شده
.....۵۱	۲-۸-۱- تبدیل داده‌های با توزیع آماری غیرنرمال به توزیع آماری نرمال
.....۵۱	۹-۱- تبدیل توانی (نمایی)
.....۵۳	۱-۹-۱- تبدیل جانسون
.....۵۶	۱۰-۱- نمودارهای کنترلی فردی
.....۶۲	فصل دوم: تخمین و برآورد
.....۶۳	ارائه چندین جدول انجام خواهد پذیرفت
.....۶۳	۱-۲- تخمین تکامل پروژه
.....۶۳	۱-۱-۲- برآورد هزینه اتمام پروژه (EAC)
.....۶۴	۲-۱-۲- برآورد زمان اتمام پروژه EAC(t)
.....۶۶	۳-۱-۲- تخمین هزینه اتمام پروژه
.....۷۰	۲-۲- تعاریف و پارامترهای مورد نظر
.....۸۰	۱-۲-۲- تجزیه و تحلیل مقادیر بدست آمده در جدول ۲-۶:
.....۸۲	۲-۲-۲- برآورد زمان پروژه
.....۸۲	فصل سوم: بکارگیری EVM
.....۸۵	کیسون (PMO)
.....۸۵	مقدمه :
.....۸۹	۲-۳- به کارگیری EVM در تهیه برنامه بودجه پروژه‌ها
.....۹۰	۱-۲-۳- پارامترها و روابط ارزش کسب شده
.....۹۲	۲-۲-۳- مدل پیشنهادی
.....۹۵	۳-۳- ارزش کسب شده فازی
.....۹۶	۴-۳- تخمین زمان و هزینه پروژه فازی
.....۹۶	۱-۴-۳- تخمین هزینه اتمام پروژه
.....۹۷	۲-۴-۳- تخمین زمان اتمام پروژه
.....۹۸	۵-۳- تحلیل نتایج حاصل از ارزش کسب شده فازی
.....۹۸	۱-۵-۳- تحلیل شاخص‌های عملکرد و انحرافات زمان و هزینه پروژه
.....۱۰۲	۲-۵-۳- تحلیل پیش‌بینی زمان و هزینه اتمام پروژه
.....۱۰۲	۶-۳- تحلیل پیش‌بینی زمان اتمام پروژه
.....۱۰۴	فصل چهارم: مطالعه موردی
.....۱۰۵	مقدمه :
.....۱۰۵	۱-۴- تحلیل ارزش حاصله (Earned Value) پروژه‌های در حال اجرا

.....۱:۷.....	۲-۴- تحلیل کارایی برنامه‌ریزی زمانی پروژه‌های در حال اجرا
.....۱:۸.....	۳-۴- تحلیل کارایی برنامه‌ریزی بودجه‌ای پروژه‌های در حال اجرا
.....۱:۹.....	۴-۴- تخمین بودجه مورد نیاز جهت تکمیل پروژه‌های در حال اجرا
.....۱:۱۰.....	۵-۴- الگوی تحلیل ارزش حاصله در قالب پرتفولیوی پروژه‌ها
.....۱:۱۱.....	۶-۴- ورودی‌های سیستم
.....۱:۱۱.....	۷-۴- خروجی‌های مورد انتظار
.....۱:۱۳.....	۴-۷-۱- آیا fast tracking برای پروژه شما مناسب است؟
.....۱:۱۳.....	۴-۷-۲- مقتضیات fast tracking: هنگام استفاده از این تکنیک ...
.....۱:۱۴.....	۴-۷-۳- فرایند fast tracking
.....۱:۱۷.....	۴-۸- پروژه‌های EPC:
.....۱:۱۹.....	۴-۸-۱- مازولهای کلان اجرای پروژه‌های EPC به صورت fast tracking:
.....۱:۱۹.....	۴-۸-۲- مواردیکه در این پروژه‌ها باید کاملاً مد نظر قرار داد:
.....۱:۲۰.....	۴-۹- مطالعه موردی: پروژه یوتیلیتی موقت واحد استحصال اتان
.....۱:۲۰.....	۴-۹-۱- دلایل استفاده از تکنیک fast tracking:
.....۱:۲۲.....	۴-۹-۲- دلایل نقض اجرای صحیح fast tracking:
.....۱:۲۳.....	۴-۹-۳- تحلیل ارزش کسب شده:
.....۱:۲۵.....	فصل پنجم: نتیجه‌گیری
.....۱:۲۶.....	مقدمه:
.....۱:۳۱.....	منابع
.....۱:۳۶.....	پیوست‌ها
.....۱:۳۷.....	فرمول‌های مورد نیاز برای محاسبات

فهرست شکل ها

نام شکل	صفحه
شکل ۱-۱: پارامترهای مختلف مدیریت ارزش کسب شده	۷
شکل ۱-۲: گزارش هزینه پروژه (روش سنتی)	۹
شکل ۱-۳: عملکرد هزینه و زمان	۱۰
شکل ۱-۴: زمان بندی پروژه	۱۱
شکل ۱-۵: فرآیند تولید شاخص کارایی پروژه	۱۳
شکل ۱-۶: زمانبندی فعالیت های پروژه جایگزینی اسکله	۱۷
شکل ۱-۷: کار تجمعی و روزانه برحسب زمانبندی پروژه	۱۸
شکل ۱-۸: ارزش برنامه ریزی شده، هزینه واقعی و ارزش کسب شده بر حسب مدت زمان پروژه تا روز پنجم	۲۱
شکل ۱-۹: پیش بینی EAC و مدت زمان کل پروژه با استفاده از SPI & CPI	۲۳
شکل ۱-۱۰: خط مبنای اولیه و خط مبنای جدید	۳۰
شکل ۱-۱۱: تغییرات هزینه نسبت به زمان	۳۲
شکل ۱-۱۲: ارتباط متقابل بخش های درگیر در یک سازمان پروژه محور	۳۹
شکل ۱-۱۳: نمودار S ارزش کسب شده، شکل اول بصورت علامت اختصاری و در شکل دوم، نام کامل عناصر نوشته شده است	۴۱
شکل ۱-۱۴: نیکویی برآزش انجام شده مربوط به توزیع داده های شاخص های مورد مطالعه توسط آزمون آماری اندسون-دارلینگ. الف. شاخص SPI - ب. شاخص CPI	۴۵
شکل ۱-۱۶: تبدیل جانسون اعمال شده روی داده های شاخص CPI	۴۸
شکل ۱-۱۷: نیکویی برآزش توزیع آماری نرمال برای داده های تبدیل یافته شاخص CPI با مقادیر متفاوت پارامتر λ	۵۸
شکل ۱-۱۸: نمودار خودهمبستگی برای شاخص های مورد مطالعه، الف. شاخص SPI، ب. شاخص CPI	۵۰
شکل ۱-۱۹: نمودار کنترلی فردی اولیه برای شاخص های مورد مطالعه، الف. شاخص SPI، ب. شاخص CPI	۵۱
شکل ۱-۲۰: نمودار کنترلی فردی برای کنترل شاخص های مورد مطالعه، الف. شاخص SPI، ب. شاخص CPI	۵۳
شکل ۱-۲۱: نمودارهای روند برای شاخص های مورد مطالعه، الف. شاخص SPI، ب. شاخص CPI	۵۴
شکل ۱-۲: مفهوم ES در مقابل EV	۵۸
شکل ۲-۲: روشهای برآورد زمان تکمیل پروژه	۷۰
شکل ۱-۳: نمودار پیش بینی پیشرفت یک پروژه فرضی	۷۸
شکل ۲-۳: نمودار ES	۷۹

شکل ۳-۳: نمودار CPI و $SPI(t)$

شکل ۳-۴: نمودار EAC

شکل ۳-۵: نموداری EAC

شکل ۳-۶: پیش بینی هزینه های یک پروژه فرضی در سال ۸۸

شکل ۴-۱: تحلیل $Behind Schedule$ چهار پروژه در حال اجرا

شکل ۴-۲: تحلیل $Under Budget$ و $Over Budget$ برای پروژه ها

شکل ۴-۳: تحلیل تخمینی پروژه ها

شکل ۴-۴

شکل ۵-۱: نمودارهای ترسیمی با توجه به داده های جدول فوق

فهرست جدول ها

نام جدول	صفحه
جدول ۱-۱: خلاصه پارامترها و روابط ارزش کسب شد	۸
جدول ۲-۱: ارزش برنامه ریزی شده برای پروژه جایگزینی اسکله جدید	۱۷
جدول ۳-۱: نتایج واقعی و برنامه ریزی	۲۰
جدول ۴-۱: اقدامات اصلاحی ممکن برای پروژه ساخت اسکله جدید:	۲۶
جدول ۵-۱: خط مینای جدید و برنامه ریزی شده با نتایج واقعی (مقادیر تغییر یافته در داخل پرانتز)	۲۸
جدول ۶-۱: نحوه محاسبه شاخصهای EVMS	۳۲
جدول ۷-۱: شاخصهای عملکردی EVMS	۳۳
جدول ۸-۱: اطلاعات جمع آوری شده مربوط به شاخصهای SPI و CPI	۴۴
جدول ۹-۱: اعمال تبدیل های متفاوت روی داده های غیرنرمال شاخص CPI	۴۷
جدول ۱۰-۱: مقادیر تبدیل یافته داده های شاخص CPI تحت تبدیل جانسون	۵۱
جدول ۱۱-۱: حدود کنترلی در نمودارهای فردی برای شاخص های مورد مطالعه	۵۲
جدول ۱۲-۱: مقادیر شاخص های به دست آمده از پروژه جهت کنترل آماری توسط نمودارهای کنترلی فردی (داده های شاخص CPI توسط تبدیل جانسون به توزیع آماری نرمال تبدیل شده اند).	۵۳
جدول ۱-۲: برآورد PSWR با توجه به وضعیت پروژه	۶۵
جدول ۲-۲: داده های مسئله نمونه	۷۱
جدول ۳-۲: EAC برای دوره های ۹ و ۱۱ در روشهای مختلف	۷۲
جدول ۴-۲: مقادیر اختلاف بین EAC ها و AC برای دوره های ۹ و ۱۱	۷۲
جدول ۵-۲: شاخص ها و برآورد هزینه برای پروژه کناره	۷۳
جدول ۶-۲: برآورد زمان تکمیل پروژه کناره	۷۴
جدول ۷-۲: برآوردهای زمان و هزینه برای پروژه	۷۵
جدول ۱-۳	۸۳
جدول ۲-۳	۸۹
جدول ۳-۳	۹۰
جدول ۴-۳	۹۵
جدول ۱-۴	۹۸
جدول ۲-۴: دو نمونه جدول شاخص های ریالی کنترل هزینه های پروژه (اعداد به ریال)	۹۹
جدول ۳-۴: محاسبه ΔEAC	۱۰۲
جدول ۴-۴: ماتریس تأثیر تغییرات بر زمان و سود پروژه های fast tracking	۱۱۱

.....۱.۲۶.....	جدول ۵-۱
.....۱.۲۶.....	جدول ۵-۲: برنامه شاخص عملکرد؛
.....۱.۲۶.....	جدول ۵-۳
.....۱.۲۷.....	جدول ۵-۴: واریانس هزینه
.....۱.۲۷.....	جدول ۵-۵
.....۱.۲۷.....	جدول ۵-۶: واریانس برنامه؛
.....۱.۲۷.....	جدول ۵-۷
.....۱.۲۷.....	جدول ۵-۸: واریانس برنامه؛
.....۱.۲۸.....	جدول ۵-۹
.....۱.۲۹.....	جدول ۵-۱۰: نمونه جدول تجزیه تحلیل ارزش کسب شده

فصل اول: مبانی

یکی از دغدغه های اصلی مدیران و ذینفعان پروژه اطلاع دقیق از پیشرفت و مقایسه میزان کار انجام شده با میزان کار پیش بینی شده و محاسبه مغایرت های هزینه ای و زمانی با عملکرد واقعی میباشد. همیشه در ارزیابی دقیق مقدار کار انجام شده پروژه محدودیت هایی وجود دارد اما بدو اندازه گیری و سنجش پیشرفت آنچه انجام شده است نمیتوان پروژه را کنترل نمود. متداولترین روش اندازه گیری و پیشرفت پروژه از طریق تجزیه و تحلیل مغایرت یا ارزش افزوده میباشد. تجزیه و تحلیل انحراف از برنامه زمانبندی به مدیر پروژه امکان میدهد تا مشکلات و موانع پروژه را شناسایی و اقدامات لازم را جهت رفع موانع بعمل آورد. سه محور اصلی در هر پروژه وجود دارد که مدیر پروژه باید آن را تحت کنترل و نظارت داشته باشد. این سه اهداف "خوب- سریع- ارزان" هستند. جهت دستیابی به اهداف کیفی بایستی مکانیزم های خاصی جهت دستیابی به اهداف کیفی را اعمال نمایند تا نسبت به دستیابی به این اهداف اطمینان حاصل نمایند ولی در مورد اهداف زود بودن (کنترل مغایرت های زمانی و هزینه ای) بایستی مغایرت بین زمان پیش بینی شده در مقاطع زمانی تعریف شده از قبل شناسایی و مورد ارزیابی قرار گیرد و اثر آن نیز بر کل پروژه کاملاً مشخص گردد. مدیر پروژه برای اقتصادی نگه داشتن پروژه و استفاده کارآمد از بودجه تخصیص یافته باید هزینه های واقعی فعالیت ها را مرتباً تحت نظارت داشته باشد و علل انحراف از مقادیر پیش بینی شده را شناسایی کند و جهت دستیابی به این اهداف عمل نمایند.[1]

مسیر توسعه در سازمان ها را میتوان به واسطه خطوط استراتژیک منقوش در نقشه های راهبردی سازمان جستجو نمود. مسیری که از مأموریت های سازمانی، چشم اندازها، استراتژیها و اهداف راهبردی به طرحها و پروژه های قابل اجرا ختم می شود. فرآیند برنامه ریزی استراتژی های سازمان به هیچ عنوان نباید از فرآیند پیاده سازی استراتژی های سازمان جدا شود که البته حرکت جزیره ای این دو فرآیند در کشور ما مخصوصاً در صنایع بزرگ مشهود است. نحوه اجرای پروژه ها که وضعیت تحقق اهداف استراتژیک سازمان را نمایش می دهد یکی از بازخوردهای اصلی فرآیند برنامه ریزی استراتژیک سازمانی است، بنابراین کیفیت داده هایی که بعنوان بازخوردی از محیط اجرایی استراتژی ها به محیط کلان برنامه ریزی استراتژی ها وارد می شود اهمیت فراوانی دارد.[2]

هدف از مدیریت پروژه ارزیابی هزینه، زمانبندی و عملکرد فنی به منظور کسب بهترین محصول با کمترین هزینه و در کوتاهترین زمان است. مدیریت ارزش کسب شده، روشی است که برای اندازه گیری و برقراری ارتباط پیشرفت فیزیکی واقعی پروژه مورد استفاده قرار گرفته و سه عنصر بحرانی مدیریت پروژه یعنی: مدیریت زمان، هزینه و محدوده پروژه را با هم یکپارچه می نماید. این روش، کار تکمیل شده، زمان صرف شده و هزینه های متحمل شده برای تکمیل پروژه را محاسبه کرده و در ارزیابی و کنترل ریسک پروژه با استفاده از اندازه گیری پیشرفت پروژه کمک می نماید.[3]

ارزش کسب شده، اصلی اساسی در فرآیند مدیریت است که بیان میکند، هر پروژه ای باید تعریف شود، تخمین زده شود و برنامه ریزی شود. مفهوم مدیریت پروژه اولین بار در قرن گذشته و در کارخانه های آمریکا مطرح شده. ارزش کسب شده از این واقعیت استفاده میکند که مقایسه «استانداردهای برنامه ریزی شده کارخانه» با «ساعات واقعی کار» معیار مناسبی برای اندازه گیری

هزینه های واقعی محصولات تولیدی نیست. این روش، «استانداردهای برنامه ریزی شده» را به «استانداردهای کسب شده»، تبدیل کرده و با مقایسه «استانداردهای کسب شده» با ساعات کار واقعی موفق به اندازه گیری درست عملکرد هزینه و زمان می شود.[4]

سیستم ارزش کسب شده، کلیدی برای درک وضعیت پروژه است. زیرا مقدار کار انجام شده را نشان می دهد و در مورد پیش بینی هزینه و زمان نهایی پروژه، تخمینی مناسب فراهم می آورد. از زمان معرفی سیستم مدیریت ارزش کسب شده در سال ۱۹۶۳ تا کنون، روش های زیادی برای برآورد پارامترهای زمان و هزینه تکمیل پروژه ها مطرح گردیده اند.[3]

گرچه مدیریت ارزش کسب شده در جهت پیگیری و تنظیم هر دو عامل زمان و هزینه به کار می رود، ولی اکثر تحقیقات صورت گرفته بر روی هزینه متمرکز شده اند. با وجود این، مدیریت ارزش کسب شده، شاخص های زمانی شناخته شده انحراف زمانبندی و عملکرد زمانبندی را تهیه می کند. با این حال، انحراف زمانی، زمان را اندازه نمی گیرد.[5]

کنترل دقیق و یکپارچه یک پروژه منوط به دسترسی به موقع، مناسب و صحیح به اطلاعات پروژه میباشد. بر همین اساس یکی از فرآیندهای مهمی که در مدیریت ارتباطات پروژه در کتاب استاندارد دانش مدیریت پروژه تعریف شده فرآیند گزارشات عملکرد میباشد. این فرآیند شامل موارد زیر است:

۱. گزارشات وضعیت

۲. گزارشات یشرفت

۳. پیش بینی

گزارشات عملکرد می بایستی حاوی اطلاعات مربوط به زمانبندی، هزینه و کیفیت پروژه باشند. بنا براین تکنیکی که جهت تهیه گزارشات عملکرد استفاده میگردد می بایست موارد فوق را ارضاء نماید. یکی از تکنیک های بسیار مهمی که در سه دهه گذشته برای محاسبه پیشرفت واقعی پروژه مورد استفاده قرار گرفته است، تکنیک مدیریت ارزش کسب شده می باشد. مدیریت ارزش کسب شده برای مدیر پروژه امکان شناسایی نقاط مسئله دار پروژه را فراهم می کند و بر اساس آن می تواند اقدام اصلاحی مقتضی را اتخاذ و سپس اجرا نماید. با استفاده از مدیریت ارزش کسب شده سه عامل مهم پروژه یعنی هزینه، زمان و کیفیت به خوبی قابل کنترل میباشد.[6]

بیشینه تحقیق

مفهوم اولیه ارزش کسب شده در اواخر قرن بیستم میلادی توسط مهندسين صنايع در ايالات متحده آمريکا پديد آمد. اين مفهوم اولیه شامل استفاده از یک رویکرد سه بعدی برای ارزیابی کارایی عملکرد هزینه کار انجام شده در کارخانه ها می باشد. بنابراین آنها جهت اندازه گیری عملکرد کارخانه ها "استانداردهای کسب شده" را با "هزینه های صرف شده" مورد مقایسه قرار می دادند. در نتیجه ساده ترین حالت مدیریت ارزش کسب شده به وجود آمد. در سال ۱۹۶۵ مفهوم ارزش کسب شده در قالب ۳۵ معیار مطرح گردید. در سال ۱۹۹۵ اولین نسخه "سیستم مدیریت ارزش کسب شده" مشتمل بر ۳۲ معیار معرفی گردید. در سال ۲۰۰۰ انجمن مدیریت پروژه آمریکا مجموعه ای از اصلاحات و فرمول های ساده شده مدیریت ارزش کسب شده را در راهنمای پیکره دانش مدیریت پروژه قرار داد. آنچه که امروز این سیستم را بسیار فراگیر و پر کاربرد نموده است، بهبود در عملکرد هزینه و زمانبندی پروژه است که در نتیجه به کار گیری سیستم مدیریت ارزش کسب شده حاصل میگردد. [7]

علی رغم مزایای تکنیک مدیریت ارزش کسب شده، این تکنیک ممکن است برخی اطلاعات مهم را ارائه ندهد و بنابراین مدیران پروژه نتوانند از برخی مغایرت ها و تغییرات در عملکرد پروژه هایشان و همین طور از علت این مغایرت ها مطلع شوند. به منظور رفع این مشکل، لو ولین از نمودارهای کنترل کیفیت آماری در بهبود تکنیک مدیریت ارزش کسب شده بهره گرفتند. [7]

۱-۱ تعریف ارزش کسب شده (EV)

Earned Value Project Management (EVPM) یکی از اساسی ترین

تکنیک های کنترل هزینه است و روشی برای اندازه گیری و ارزیابی پیشرفت واقعی پروژه ها بر

اساس کار انجام شده، زمان سپری شده و هزینه‌ها است. این روش کمک می‌کند که تا با مقایسه برنامه اولیه و پیشرفت واقعی میزان بهره‌وری پروژه مورد ارزیابی قرار گیرد. باتهمیه تصویری گویا از وضعیت پروژه و محاسبه‌ی مقدار ارزش بدست آمده، می‌توان برنامه اولیه را با وضعیت واقعی انجام امور مقایسه کرد و به ارزیابی روشن‌تری از روند پیشرفت پروژه دست یافت. نام ارزش کسب شده ناشی از این تفکر است که هر قلم قابل تحویلی از پروژه زمانی هزینه برنامه‌ریزی شده‌ای دارد که ارزش آن تکمیل شده و به وقوع بپیوندد و ارزش آن در پروژه حاصل خواهد شد که به آن «ارزش کسب شده» گویند. [۱۳]

۱-۱-۱ ارزش کسب شده چیست؟

نام ارزش کسب شده ناشی از این تفکر است که هر قلم قابل تحویلی از پروژه یک هزینه برنامه‌ریزی شده‌ای دارد که به آن ارزش (Value) گویند و زمانی که آن قلم مورد نظر تکمیل شده و به وقوع بپیوندد، ارزش آن در پروژه حاصل خواهد شد که به آن «ارزش کسب شده» گویند. اگر چه مقایسه بین هزینه‌های واقعی و هزینه‌های برنامه‌ریزی شده یک روش معمول در پروژه‌ها می‌باشد، ولیکن این مقایسه نمی‌تواند میزان تکمیل کارها و فعالیتهای پروژه را محاسبه نماید. اما این مرحله (مقایسه هزینه‌های واقعی نسبت به هزینه‌های برنامه‌ریزی شده) یک مرحله واقعی جهت محاسبه بهتر ارزش کسب شده می‌باشد.

این واقعیت از ارزیابی و تشخیص میزان تکمیل کار استنتاج می‌گردد. ارزیابی و تعیین درصدهای تکمیل کار اغلب نیازمند قضاوت‌های معقولی می‌باشد و روشهای مختلفی جهت تعیین آن وجود دارد. یکی از روشهای ارزیابی میزان تکمیل کار برای یک فعالیت، روش (۱۰۰-۰) می‌باشد که اگر فعالیتی با توجه به اهدافی که برای آن در نظر گرفته شده است محقق گردد، ارزش ۱۰۰ گرفته و در غیر این صورت ارزش صفر را برای آن منظور می‌نمایند. در پروژه قلم قابل تحویل مورد نظری که به تحقق نرسیده است، حتماً جهت عدم تحقق آن نقطه کوری وجود داشته و حادثه‌ای رخ داده است. [۸]

۱-۲- تعاریف مرتبط با سیستم ارزش و زمان کسب شده

سیستم ارزش کسب شده دارای تعاریف ویژه‌ای است که در برآورد زمان و هزینه تمام پروژه به آنها نیاز پیدا می‌شود. لذا در این قسمت این موارد بررسی خواهند شد. سیستم ارزش کسب شده سه بعد دارد و از روی این سه بعد می‌توان تحلیلهای مختلفی را در مورد هزینه و زمان بندی پروژه انجام داد. این سه بعد عبارتند از [۳۷].

- هزینه واقعی کار انجام شده^۱ (هزینه واقعی)، این مقدار هزینه واقعی کار انجام شده را نشان می‌دهد.

- هزینه بودجه بندی شده برای کار زمان بندی شده^۲ (بودجه مصوب) میزان هزینه‌ای که در ابتدای دوره برای کار برنامه‌ریزی شده تا آن تاریخ، بودجه بندی شده بود را نشان می‌دهد.

- هزینه بودجه بندی شده برای کار انجام شده^۳ (ارزش کسب شده)، میزان هزینه‌ای را نشان می‌دهد که می‌بایستی برای میزان کار انجام شده (درصد پیشرفت) هزینه می‌شد.

روش ارزش کسب شده، براساس موارد ذکر شده، پارامترها و شاخص‌هایی را تعریف کرده و برای برآورد نهایی زمان و هزینه پروژه از آنها استفاده می‌نماید [۴۲] و [۳۰].

در زیر تعاریف مرتبط آمده شده و در شکل (۱-۱) نمایش داده شده‌اند. همچنین در جدول (۱-۱) روابط مرتبط نمایش داده شده‌اند.

بودجه تکمیل پروژه^۴: کل بودجه برای تمام پروژه (بودجه مصوب)

برآورد تکمیل پروژه^۵: هزینه‌ای که برای تکمیل کل پروژه مورد نیاز است.

برآورد هزینه کار باقیمانده^۶: میزان هزینه‌ای که برای کار باقیمانده مورد نیاز است.

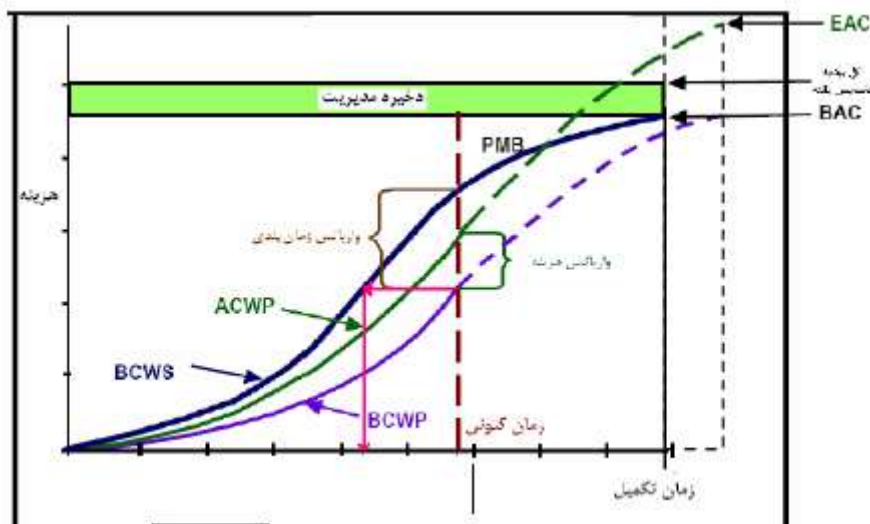
^۱ Actual cost for Work Performed (ACWP)

^۲ Budgeted Cost for Work Scheduled (BCWS)

^۳ Budget Cost for Work Performed (BCWO)

^۴ Budget At Completion (BAC)

^۵ Estimated At Completion(EAC)



شکل ۱-۱: پارامترهای مختلف مدیریت ارزش کسب شده [۲۶] و [۳۰]

شاخص عملکردی^۷: نشان دهنده عملکرد پروژه است که در محاسبات برآورد هزینه

از آن استفاده می‌شود.

هزینه بودجه بندی شده برای کار باقیمانده^۸: نشان دهنده میزان هزینه در

دسترس برای اتمام بقیه پروژه است.

۱-۲- شاخص‌های عملکردی و واریانس

واریانس زمان بندی^۹: برابر اختلاف بین ارزش کسب شده و ارزش برنامه‌ریزی شده

بود و میزان انحراف از برنامه، از نظر زمان بندی را نشان می‌دهد.

واریانس هزینه^{۱۰}: برابر اختلاف بین ارزش کسب شده و هزینه‌های واقعی بوده و

میزان انحراف از برنامه از نظر مالی را نشان می‌دهد.

واریانس تکمیل پروژه^{۱۱}: اختلاف بین برآورد جدید اتمام پروژه و بودجه مصوب

اولیه را نشان می‌دهد.

^۶ Estimated To Completion (ETC)

^۷ Performance Factor (P.F.)

^۸ Budgeted Cost for Work Remained (BCWR)

^۹ Schedule Variance (SV)

^{۱۰} Cost Variance (CV)

^{۱۱} Variance at Completion (VAC)

شاخص عملکرد زمان بندی^{۱۲}: این شاخص نشان می‌دهد که آیا تمام کارهای

برنامه‌ریزی شده مطابق برنامه اجراء شده است یا خیر.

شاخص عملکرد هزینه^{۱۳}: راندمان هزینه را مشخص کرده و کسب عدد یک، ایده‌آل

و مطلوب پروژه بوده و به این معنی است که به ازای هر یک واحد خرج شده در پروژه، یک

واحد کار انجام گرفته (ارزش کسب شده) است.

پارامترها	علائم	مفاهیم	روابط
واریانس‌ها	CV	انحراف هزینه	EV-AC
	SV	انحراف زمان بندی	EV-PV
	VAC	واریانس تکمیل پروژه	EAC-BAC
شاخص‌ها	CPI	شاخص عملکرد هزینه	EV/AC
	SPI	شاخص عملکرد زمان بندی	EV/PV
	TCPI	شاخص عملکرد مورد نیاز برای تکمیل کار باقیمانده	(BAC-EV)/BAC
برآورد هزینه	EAC	برآورد هزینه نهایی پروژه	AC+ETC
	ETC	برآورد بودجه مورد نیاز برای تکمیل پروژه	(BAC-EV)/P.F.

جدول ۱-۱: خلاصه پارامترها و روابط ارزش کسب شد

شاخص عملکرد مورد نیاز برای تکمیل کار باقیمانده^{۱۴}: این شاخص یاد شده بیانگر

این مطلب است که اگر بخواهیم با توجه به وضعیت عملکرد گذشته پروژه، به هدف بودجه

¹² Schedule Performance Index (SPI)

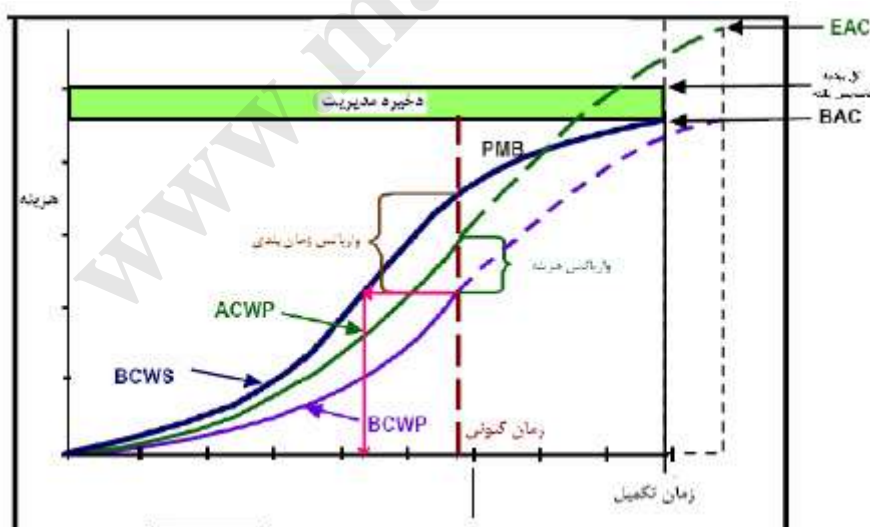
¹³ Cost Performance Index (CPI)

مصوب پروژه دست یابیم. از این به بعد با چه نوع عملکردی بایستی کار کنیم؟ مقدار شاخص یاد شده، از تقسیم کار باقیمانده بر مقدار سرمایه باقیمانده بدست می‌آید. [30].

$$^{(1)}TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC} = \frac{BAC - EV}{EAC - AC}$$

۳-۱- مفهوم و نحوه کار EVMS^{۱۵}

در شکل (۱-۲)، محاسبه عملکرد پروژه به روش معمول، از طریق مقایسه هزینه واقعی و هزینه برنامه‌ریزی شده نشان داده شده است. در نگاه اول، به نظر می‌رسد که پروژه در وضعیتی مناسب قرار دارد و مقدار واقعی هزینه بهتر از عملکرد برنامه‌ریزی شده آن است و احتمالاً هزینه کل پروژه کاهش خواهد یافت، اما تصور کنید که پروژه از نظر زمانبندی عقب باشد. با این فرض، مشخص نیست که آیا اختلاف بین بودجه و هزینه واقعی، عملکرد مناسب هزینه را نشان می‌دهد یا خیر. اشتباه نمودار در اینجا است که هزینه واقعی کار انجام شده (یا هزینه واقعی) را با هزینه بودجه شده کار زمانبندی شده (بودجه مصوب) مقایسه می‌کند.



شکل ۱-۲: گزارش هزینه پروژه (روش سنتی)

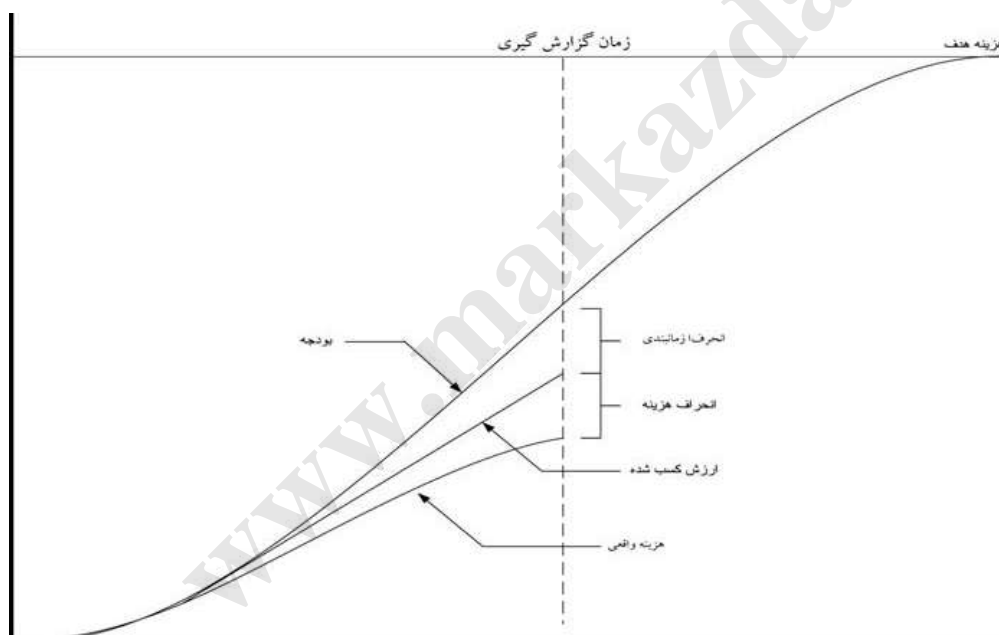
¹⁴ To Complete Performance Index (TCPI)

¹⁵ - Earned value management system

به بیانی دیگر، این روش هزینه بودجه شده برای کار انجام شده را که به ارزش کسب شده (EV) معروف است، در نظر نگرفته است. وقتی ارزش کسب شده در نمودار لحاظ گردد تصویر عملکرد هزینه پروژه واضح است و آشکار می‌شود، زیرا اجزای هزینه و زمانبندی را می‌توان به صورت مجزا مورد بررسی و تحلیل قرار داد.

شکل ۱-۲، وجود انحراف قابل توجه در عملکرد هزینه و عملکرد زمانبندی پروژه را

نشان می‌دهد. براساس این نمودار، پروژه هم از نظر زمانبندی و هم از نظر هزینه، عقب بوده و بیش از حد لازم هزینه شده است. EV، کلیدی برای درک وضعیت پروژه است، زیرا مقدار کار انجام شده را نشان می‌دهد و در موردی پیش بینی هزینه نهایی پروژه، تخمینی مناسب فراهم می‌آورد.



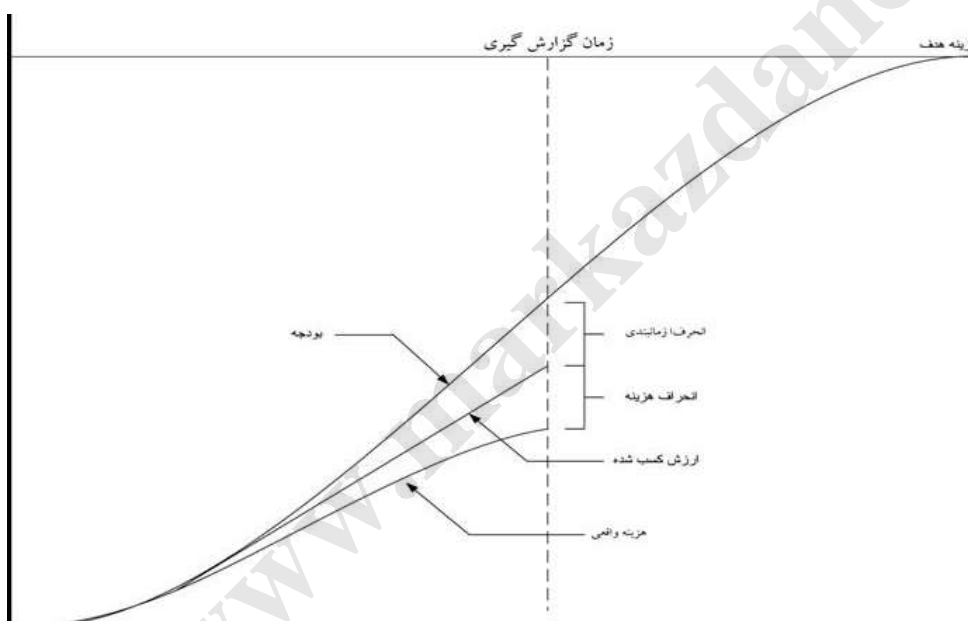
شکل ۱-۳- عملکرد هزینه و زمان

از آنجا که مسائل فنی یکی از مهمترین دلایل بروز مشکلات هزینه‌ای و زمانبندی

در پروژه هستند و نیز با توجه به اینکه عملکرد فنی پروژه به هیچ وجه قابل چشم پوشی نیست، عملکرد هزینه و عملکرد زمانبندی به تنهایی و منحصراً قابل اندازه گیری، ارزیابی و تفسیر نخواهد بود. بیشتر سیستم‌های کنترل هزینه و زمان، بر این فرضیه بنا شده‌اند که

الزامات فنی تنها هنگامی برآورد می‌شوند که تأییدیه تکمیل کار اخذ شود، ولی سیستم EV از سیستم «هشدار زودهنگام» به منظور تعیین مشکلات بالقوه هزینه و زمانبندی و اثرات آنها بر اهداف پروژه بهره می‌گیرد. گزارش‌های زمان بندی حتی با استفاده از انواع نشانگرهای قابل ارائه نظیر: فعالیت‌های تکمیل شده، وقایع (Milestone) تکمیل شده، فعالیت‌های جلوتر از برنامه، فعالیت‌های عقب‌تر از برنامه، شناوری در دسترس و غیره، همیشه نمی‌توانند تصویری واضح از وضعیت پروژه را ارائه دهند.

شکل ۱-۳، وضعیتی را نشان می‌دهد که بعضی از فعالیتها از نظر زمانبندی جلوتر، بعضی عقب‌تر و بعضی مطابق برنامه هستند. در این روش، تعیین وضعیت کل پروژه به راحتی امکان‌پذیر نخواهد بود.



شکل ۱-۴: زمان بندی پروژه

مشکل دیگر، نگهداری مبنای برنامه ریزی است. برنامه‌ریزی و زمانبندی مجدد برخی از فعالیتها (به هر علتی) باعث حذف واریانس‌های زمان بندی فعالیت‌های پروژه می‌شود و ممکن است از کارهایی که از زمان بندی عقب افتاده‌اند، چشم پوشی شود. بدون مبنایی پایدار، اندازه‌گیری معنی‌داری از عملکرد پروژه صورت نخواهد گرفت و روندهای عملکرد، قابل تحقیق و تعیین نخواهند بود. مشابه همین مسئله برای بودجه نیز صادق است. اگر بودجه‌ها

برای اندازه‌گیری عملکرد هزینه به کار روند، بودجه تخصیص داده شده به یک فعالیت، در مواقعی که مشخص شود بودجه برای پروژه کافی نیست، به صورت دلخواه قابل تغییر نخواهد بود. حالت بدتر هنگامی است که بودجه اضافه شده، از فعالیت‌های دیگر فرض گرفته شود. این کار که درواقع «از این جیب به آن جیب» گذاشتن است، گرچه شاید به صورت مقطعی مشکل بودجه را برطرف کند، اما مشکلات هزینه‌ای هنگامی خود را نشان می‌دهد که برای جبران آنها بسیار دیر است. از سوی دیگر، پیگیری تغییرات مبنا، جانشینی برای اندازه‌گیری عملکرد نیست. با توجه به انواع مشکلات تشریح شده، شگفت‌آور نیست که بسیاری از مدیران پروژه به نوعی «در هوا قرار دارند» به بیانی دیگر، آنها هیچ‌گونه اطلاعات درستی از وضعیت پروژه در زمانهای مختلف ندارند. این مسئله ممکن است در پروژه‌های کوچک خیلی جدی نباشد، اما در پروژه‌های بزرگ، مدیر پروژه قطعاً با مشکلات فراوانی روبرو شده و قادر به پیگیری و کنترل تأثیر مشکلات بر هزینه و زمان پروژه نخواهد بود. لذا وجود فرایندی سیستماتیک و سازماندهی شده برای جمع‌آوری اطلاعات عملکرد و ارائه واضح و قاعده‌مند آن در فرآیند مدیریت پروژه امری ضروری به نظر می‌رسد [۱۸].

۴-۱- تعریف عناصر و پارامترهای اصلی EVMS

متدولوژی EVMS دارای سه عنصر اساسی شامل Earned Value (EV), Planned Value (PV) و Actual Cost (AC) می‌باشد که در ادامه به توصیف هر یک از این پارامترها خواهیم پرداخت.

ارزش کار برنامه‌ریزی شده (PV): هزینه بودجه بندی شده کار زمانبندی شده

(BCWS) می‌باشد. به عبارتی میزان هزینه لازم جهت تکمیل فعالیت‌های زمانبندی شده

می‌باشد. ارزش کار برنامه‌ریزی شده نشان دهنده هزینه تجمعی منابع در طول زمانبندی پروژه

می‌باشد که در صورت نمایش گرافیکی به نمودار S-Curve نیز معروف می‌باشد.

ارزش کسب شده (EV): در حقیقت هزینه بودجه بندی شده برای کار انجام

شده^{۱۶} (BCWP) در یک نقطه از زمان می‌باشد. به عبارتی ارزش کسب شده، مقدار هزینه

برنامه‌ریزی شده جهت کاری است که واقعاً تا یک مقطع خاص انجام شده است.

هزینه واقعی (AC): شامل هزینه واقعی کار انجام شده^{۱۷} (ACWP) تا یک

مقطع از زمان می‌باشد، به آن هزینه صرف شده نیز می‌گویند [۱۹].

۵-۱- کاربرد متد EV در تولید شاخص‌های کارایی پروژه

جهت برنامه‌ریزی و کنترل مؤثرتر پروژه‌ها، بکارگیری شاخص‌های پیشنهادی متد

EV در کنار شاخص‌های سنتی (درصد پیشرفت فیزیکی پروژه، درصد جذب بودجه ...)

می‌تواند بسیار اثربخش باشد. این شاخص‌ها می‌توانند در یک سازمان پروژه محور به

خروجی‌های مداوم سیستم برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌های سازمان تبدیل شده و بارخوردهای

مناسبی جهت دپارتمان‌های دیگر بوجود آورند. فرآیندهای بودجه‌ای و زمانی پروژه را نمی‌توان

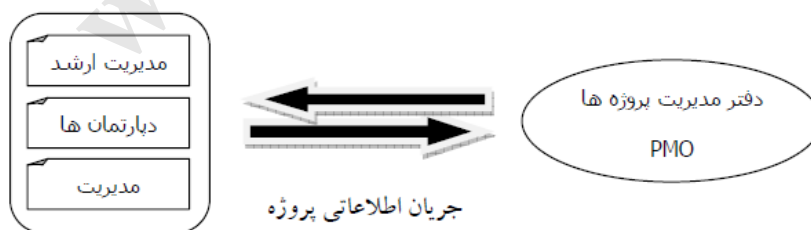
از یکدیگر مستقل در نظر گرفت و تاثیر هر یک بر دیگری را مورد توجه قرار نداد. این موضوعی

است که در روش‌های سنتی کنترل پروژه نادیده گرفته می‌شود. [۱۳]

فرآیند تولید شاخص‌های مذکور که می‌باید در دفتر مدیریت پروژه سازمان صورت

پذیرد در عمل به ایجاد ارزش افزوده اطلاعاتی بر روی Data Pool پروژه‌های سازمان

می‌انجامد. [۲]



شکل ۵-۱: فرآیند تولید شاخص کارایی پروژه

¹⁶ - Budgeted Cost for Work performed (BCWP)

¹⁷ - Actual Cost Work Performance

متدلوژی محاسبه درصد پیشرفت پروژه در EVM اصلی ترین مفهومی است که

صحت نتایج این قبیل تحلیل ها را تضمین می نماید. روشهای سنتی متداولی که جهت

محاسبات پیشرفت فیزیکی فعالیتهای پروژه و بالتبع پرداختهای قرارداد استفاده می شود در

اینجا کاربردی نخواهد داشت فلذا جهت استفاده از متد ارزش حاصله پروژه در سازمان می باید

رویه های محاسباتی و کنترلی پروژه ها بر مبنای این روش مهندسی مجدد گردند. [۲]

جریان اطلاعاتی اکثر سازمان ها در خصوص پروسه های مالی، بالخصوص امور مالی

پروژه ها معمولاً Real Time نیست بدین معنا که تراکنش های مالی انجام شده با تاخیر زمانی

قابل ملاحظه ای به واحدهای کنترلی پروژه ها اطلاع رسانی می گردد. فلذا جمع آوری اطلاعات در

این زمینه از معضلات فرآیند برنامه ریزی و کنترل پروژه ها در شرکت است. [۲]

این مسئله باعث می شود تا کارایی داده های ورودی تحلیل EV بر روی وضعیت

پروژه تنزیل یافته و خروجی تحلیل از صحت و سقم پایین تری برخوردار گردد. فرآیند کنترلی

پروژه ای به دلیل برخورداری از محدودیت های ویژه (از جمله محدودیت های زمانی) معمولاً در

برقراری ارتباط پویا یا فرآیندهای کنترلی جاری سازمان (مانند فرآیندهای کنترل مالی) تا

حدی که باید موفق نیستند. البته روش های پیکراچه سازی جریان های اطلاعاتی سازمانی مانند

ERP و ابزارهای آن (به طور مثال نرم افزار SAP) این قابلیت را بوجود آورده اند تا تراکنش

اطلاعات در سازمان از کارایی لازم برخوردار گردد. (۲)

۱-۵-۱- متد ارزش کسب شده را چگونه می توان پیاده نمود؟

مدیریت موفق پروژه با استفاده از متد ارزش کسب شده نیازمند شناسایی و تعیین

موارد زیر می باشد:

- تعریف هر کدام از اقلام قابل تحویل پروژه

- زمان بندی برای تکمیل هر قلم قابل تحویل

- ارزش مشخص برای هر قلم قابل تحویل

به عبارت دیگر، به منظور استفاده از این سیستم (EVMS)، می‌بایست قبل از شروع کار پروژه، محصول، زمان بندی و هزینه پروژه تعیین شده باشد. بنابراین اگر شما قبلاً از تکنیکهای خوبی برای برنامه‌ریزی در پروژه استفاده کرده باشید، اکنون می‌توانید اطلاعات مورد نیازتان را براحتی استخراج نموده و نتایج تا حدود زیادی واقع بینانه باشد. در اینجا ما به بررسی یک پروژه فرضی می‌پردازیم. این پروژه، قصد جایگزین کردن اسکله قدیمی با اسکله جدید در یک بندر را دارد. [۸]

۱-۵-۲- محصول پروژه:

پروژه مورد بررسی ساخت یک اسکله دو طبقه جدید است که قرار است جایگزین اسکله قدیمی شود. این اسکله به ارتفاع ۱۰ (ft) در زمینی به مساحت 12×12 (ft²) خواهد گرفت و توسط یکسری پلکان به زمین متصل خواهد شد. این اسکله بر روی پایه‌های بتنی مونتاز می‌شود. اگر فرض شود که این بندر در شمال کشور انگلستان قرار داشته باشد، باید پایه‌ها به میزان ۴ (ft) در زمین فرو روند. یعنی درواقع عمق گودالهای حفاری شده باید حداقل ۴ (ft) باشد. در این پروژه کارفرما قصد دارد برای ساخت اسکله از مصالح استاندارد استفاده کند که این مصالح از بازار داخلی تهیه خواهند شد. در جدول ۱-۲ لیستی از تمام فعالیتهای انجام گرفته در این پروژه، در ستون اول و هزینه برآورد شده برای هر فعالیت، در ستون دوم ارائه شده است. در اینجا واحد سنجش هزینه، ساعت کاری^{۱۸} فرض شده است، به نظر می‌رسد ساعت کاری رایج‌ترین و بهترین واحد برای ارزیابی فعالیتهایی باشد، بدلیل اینکه قوانین حقوقی کشورهای مختلف در دسترس نبوده و با هم همخوانی ندارند، از طرفی واحدهای پولی کشورهای مختلف در دسترس نبوده و با هم همخوانی ندارند، از طرفی واحدهای پولی کشورهای مختلف یکسان نمی‌باشد، بنابراین واحد Man hours در دنیای تجاری قابل فهم‌تر است. مدت زمان برنامه‌ریزی شده (البته به صورت برآورد شده) برای هر فعالیت در ستون سوم

¹⁸ - man- hours

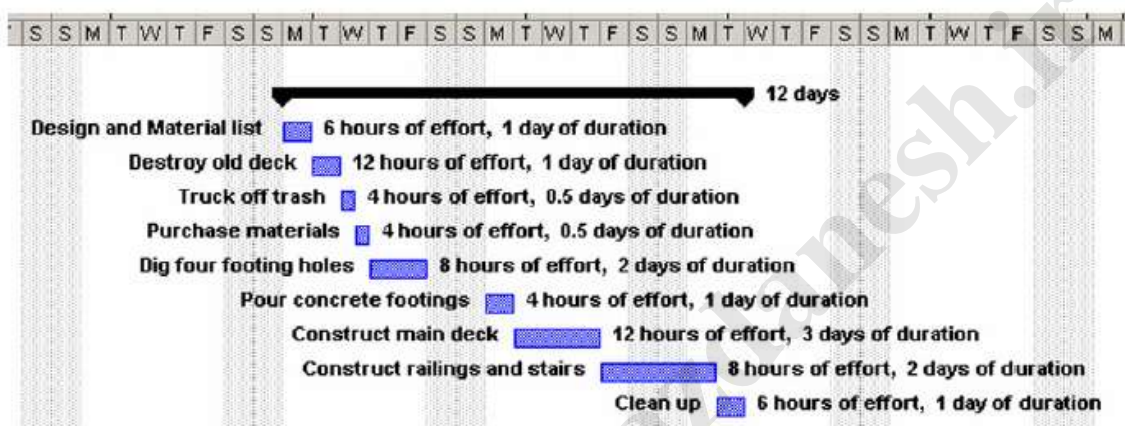
جدول زیر آورده شده است، که این برآوردها برای زمانبندی کل کار پروژه لازم می‌باشند ولی

کافی نیستند. [۸]

فعالیت	هزینه برنامه‌ریزی شده (ساعات - کاری)	مدت زمان برنامه‌ریزی شده (روز)	پایان زمانبندی (روز)	هزینه واقعی (ساعات کاری)	وضعیت (انجام شده یا شروع شده)	ارزش کسب شده (ساعات کاری)
ترسیم نقشه‌ها و استخراج مواد مورد نیاز						
ویران نمودن اسکله قدیمی	۲					
خارج کردن و دورریزی خاکروبه‌ها و مواد زائد		۵.				
خرید مواد مورد نیاز		۵.				
حفاری چهار گودال جهت پایه ستون‌ها						
بتن ریزی پایه ستون‌ها						
ساخت اسکله اصلی (جدید)	۲					

						ساخت نرده‌ها و پلکان‌های اطراف اسکله
						نازک کاری
				۲	۴	جمع

جدول ۱-۲: ارزش برنامه‌ریزی شده برای پروژه جایگزینی اسکله جدید



شکل ۱-۶: زمانبندی فعالیت های پروژه جایگزینی اسکله

۱-۵-۳- زمان بندی پروژه:

آخرین مرحله تعیین توالی فعالیت‌های پروژه است، در این فرآیند تقدم و تأخر شروع فعالیت‌های پروژه تعیین می‌گردد. این زمانبندی به همراه مدت زمانهای برآورد شده فعالیت‌ها، به ما این اجازه را می‌دهد که نمودار گانت فعالیت‌ها را رسم کنیم. (شکل ۱-۶) با توانایی‌های نرم افزار Ms Project، درج لیست و توضیح فعالیت‌ها، به همراه نمودار گانت آنها امکان پذیر است. [۸]

۱-۵-۴- رسم خط مینا (BCWS):

با دسترسی به محدود پروژه، زمان بندی و هزینه برآورد شده برای هر فعالیت، قادر خواهیم بود که خط مبنای پروژه را رسم نماییم. زمان کل این پروژه، ۱۲ روز است که شامل ۶۴ ساعت کاری می‌باشد (هزینه کل برآورد شده). شکل ۱-۷ ساعات کاری روزانه را به

صورت ستون^{۱۹} و ساعات کاری مجموع را به صورت منحنی^{۲۰} نشان می‌دهد. ارتفاع خط در روز دوازدهم به اندازه ۶۴ ساعت کاری است که بیان‌کننده هزینه برنامه‌ریزی شده کل می‌باشد. در ترمینولوژی (EV) این منحنی، زمان‌های لازم جهت انجام هر فعالیت را با هم جمع می‌کنیم، تا بتوانیم منحنی تجمعی برنامه‌ریزی شده را بدست آوریم. روزهایی از پروژه که در آنها کاری تعریف نشده است، منحنی شکستگی دارد. وقتی که فعالیتها کوتاه مدت باشند این روش به خوبی جواب می‌دهد و منحنی بدون شکست رسم می‌شود، ولی زمانی که فعالیت‌های پروژه چندین هفته طول می‌کشند، هزینه آن در طول هفته‌ها به منظور مسطح کردن خط مبنا (بدون شکستگی) تسطیح می‌شود. [۸]



شکل ۱-۷: کار تجمعی و روزانه برحسب زمانبندی پروژه

۱-۵-۵- ارزیابی عملکرد پروژه:

با داشتن برنامه‌ریزی اولیه و خط مبنای تهیه شده ما هم اکنون قادر هستیم که از آن جهت بررسی، کنترل و در نهایت ارزیابی وضعیت عملکرد در پروژه استفاده می‌نماییم. جدول ۱-۳، بیانگر ساعات کاری است که به طور واقعی برای انجام فعالیت‌های پروژه صرف

¹⁹ - bar

²⁰ - Curve

شده‌اند و مشخص می‌کند که آیا فعالیتها بطور کامل انجام شده‌اند یا خیر؟ کار واقعی در ستون هزینه واقعی و وضعیت هر فعالیت در ستون «وضعیت» ثبت شده است. توجه کنید که در این ستون، برای نشان دادن وضعیت فعالیت واژه «انجام شده» و «شروع شده» استفاده شده است. فقط زمانی که برای یک فعالیت واژه «انجام شده» و «شروع شده» استفاده شده است. فقط زمانی که برای یک فعالیت واژه «انجام شده» درج شده باشد، ما می‌توانیم ارزش برنامه‌ریزی شده برای آن فعالیت را که بطور کامل کسب شده در نظر بگیریم و این مقدار را در ستون «EV» درج می‌کنیم. باید به این نکته توجه شود که تا زمانی که فعالیتی کامل نشده است، هیچ ارزش کسب شده‌ای را برای آن نمی‌انگاریم. (براساس متد اندازه‌گیری ۰-۱۰۰). [۸]

فعالیت	هزینه برنامه‌ریزی شده (روز)	مدت زمان برنامه‌ریزی شده (روز)	پایان زمانبندی (روز)	هزینه واقعی (ساعات - کاری)	وضعیت (انجام شده یا شروع شده)	ارزش کسب شده (ساعات - کاری)
ترسیم نقشه‌ها و استخراج مواد مورد نیاز			روز اول		انجام شده	
ویران نمودن اسکله قدیمی	۲		روز دوم	۲	انجام شده	۲
خارج کردن و دورریزی خاکروبه‌ها		۵.	روز سوم		انجام شده	
خرید مواد مورد نیاز		۵.	روز سوم		انجام شده	
حفاری چهار			روز پنجم		شروع شده	

		۰			گودال جهت پایه ستونها
۶		۶		۴	مجموع تا این تاریخ
			روز ششم		بتن ریزی پایه ستونها
			روز نهم	۲	ساخت اسکله اصلی (جدید)
			روز یازدهم		ساخت نرده‌ها و پلکان‌های اطراف اسکله
			روز دوازدهم		نازک کاری و تمیزکاری

جدول ۱-۳: نتایج واقعی و برنامه‌ریزی

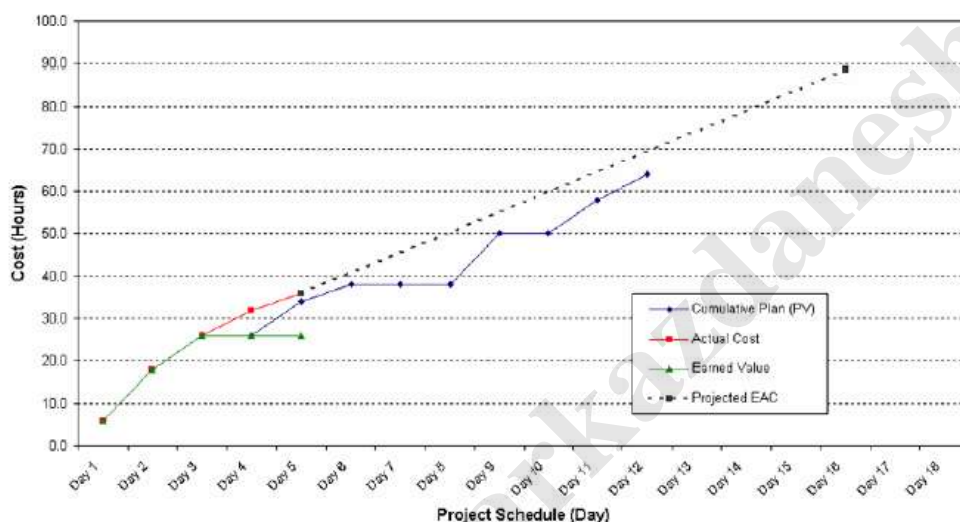
۱-۵-۶- روز پنجم پروژه:

طبق جدول ۱-۳، ما برنامه ریزی کرده بودیم که تا انتهای روز پنجم، ارزش برابر با ۳۴ ساعت از کل پروژه حاصل گردد (مجموع هزینه‌های برنامه‌ریزی شده برای ۵ فعالیت اول) این ۳۴ ساعت باید برای انجام ۵ فعالیت اول صرف می‌شد، ولی طبق نتایج واقعی، ما ۳۶ ساعت برای تکمیل ۴ فعالیت اول صرف کرده‌ایم. فعالیت پنجم که «حفاری گودالها» می‌باشد، شروع شده است ولی هنوز به پایان نرسیده است و این امر به این معنی است که ما طبق برنامه حرکت نمی‌کنیم، هزینه برنامه‌ریزی شده این فعالیت، ۸ ساعت بود ولی هزینه واقعی ثبت شده ۱۰ ساعت را نشان می‌دهد حال آنکه، این فعالیت هنوز تکمیل نشده است پس ما طبق آنچه قبلاً ارایه شد، هیچ ارزشی را برای آن منظور نمی‌کنیم. [۸]

۱-۵-۷- پروژه ما در چه وضعیتی قرار دارد؟

اکنون، اجازه دهید ببینید که اعداد حاصله واقعاً چه معنایی می‌دهند. برنامه‌ریزی

کرده بودیم که تا انتهای روز پنجم، ۳۴ ساعت از کار را انجام دهیم. لیکن در حال حاضر، ما ۳۶ ساعت کاری صرف کرده‌ایم در حالی که کار مفید کسب شده ۳۶ ساعت می‌باشد. یک روش به منظور ارزیابی وضعیت پروژه این است که نتایج را به صورت منحنی رسم کنیم. شکل ۸-۱، ارزش برنامه‌ریزی شده (PV) را به صورت خط ستاره‌دار و هزینه واقعی را با خط مربع‌دار و ارزش کسب شده را با خط مثلث‌دار نشان می‌دهد. [۸]



شکل ۸-۱: ارزش برنامه‌ریزی شده، هزینه واقعی و ارزش کسب شده بر حسب مدت زمان پروژه تا

روز پنجم

با مقایسه خط هزینه واقعی و خط ارزش برنامه‌ریزی شده، ما می‌توانیم ببینیم که

تا روز سوم پروژه، هزینه‌های واقعی مطابق با برنامه پیشرفته است، ولی در روز چهارم خط هزینه واقعی به بالای خط ارزش برنامه‌ریزی شده جهش پیدا کرده است که نشان‌دهنده این است که بیشتر از برنامه خرج کرده‌ایم. همچنین چون هیچ کاری در روزهای چهارم و پنجم انجام نشده است، خط ارزش کسب شده (خط مثلث‌دار) تغییری نیافته و در ارزش ۲۶ ساعت کاری ثابت باقیمانده است. فاصله میان هزینه واقعی، ارزش برنامه‌ریزی شده و ارزش کسب شده به طور واضحی بیانگر وجود مشکلاتی در پروژه است. اجازه دهید تا اعداد را به دقت مورد

بازبینی قرار دهیم تا بتوانیم تحلیلی دقیق از آنچه که گراف به ما می‌گوید، داشته باشیم، بدین منظور از دو شاخص عملکرد هزینه (CPI) و شاخص عملکرد زمانبندی (SPI) استفاده می‌کنیم (CPI) درواقع نسبت (EV) به (AC) است و (SPI) نسبت (EV) به (PV) است. هر دو نسبت با استفاده از ارزش‌های تجمعی به هنگام شده در تاریخ گزارش گیری از وضعیت پروژه، محاسبه می‌شوند. با استفاده از محاسبات ریاضی خواهیم داشت:

$$CPI = 26/36 = 0.72$$

$$SPI = 26/34 = 0.76$$

با استفاده از شاخص‌های (CPI) ، (SPI) می‌توان میزان بهره‌وری پروژه را از نظر هزینه و زمان اندازه‌گیری نمود. براساس (CPI) حاصل شده اینگونه استنتاج می‌شود که از هر ۱۰ ساعت کاری مصرف شده در پروژه تنها (۷.۲) ساعت از آن اثر بخش بوده است براساس (SPI) نیز اینگونه استنتاج می‌شود که جهت رسیدن به اهداف پروژه، برای هر (۷.۶) ساعت کاری صرف شده می‌بایست ۱۰ ساعت، زمان برنامه‌ریزی نمود. (اینگونه تصور کنید، که با هزینه نمودن یک دلار در یک ماشین تولیدی محصولی به ارزش ۷۲ یا ۷۶ سنت به دست خواهید آورد، آیا این قضیه می‌تواند مطلوب نظر شما باشد؟) اگر این نسبت‌ها دقیق باشند، ما می‌توانیم از آنها به منظور پیش بینی هزینه تکمیل پروژه (EAC) استفاده نماییم. جهت تخمین هزینه تکمیل پروژه، کل هزینه برنامه‌ریزی شده (BAC) را بر (CPI) تقسیم می‌نماییم که حاصل آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$EAC = BAC / CPI = 64 / 0.72 = 88.6 \quad (\text{Hours})$$

$$BAC = \text{بودجه تکمیل کار}$$

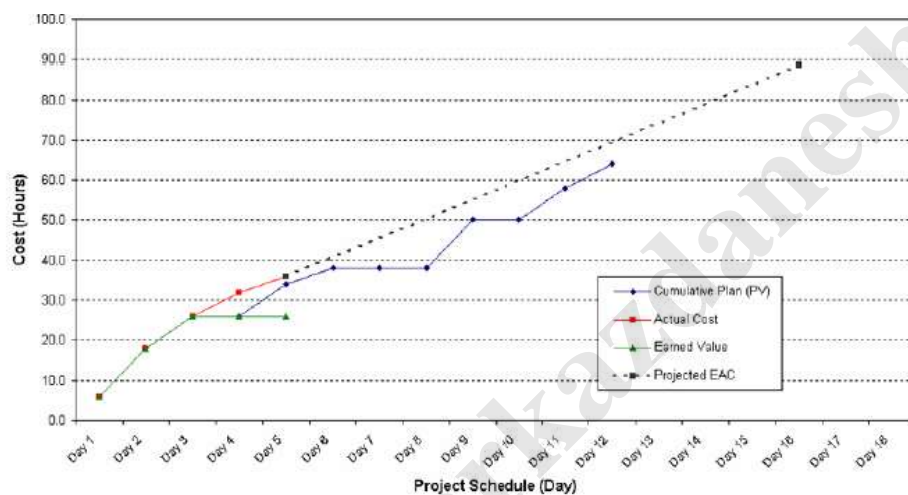
جهت پیش بینی زمان مورد نیاز جهت تکمیل پروژه، کل زمان برنامه‌ریزی شده را

به (SPI) تقسیم می‌نماییم که حاصل آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$SPI = 12 / 0.76 = 15.7 \quad (\text{Days})$$

۱-۵-۸- مدت زمان پیش بینی شده کل پروژه (جدید)

هر کدام از آن دو عملکرد گذشته را شاخص و مبنایی جهت نتایج آینده پروژه، در نظر می‌گیرند. بنابراین به نظر می‌رسد که بعد از گذشت ۵ روز کاری از پروژه تقریباً به زمانبندی ۳ روز و به ساعات کاری برنامه‌ریزی شده تقریباً ۲۴ ساعت اضافه خواهد شد. آیا وضعیت پروژه واقعاً اینگونه است؟ (CPI & SPI، ابزارهایی جهت پیش بینی هزینه و زمان لازم برای تکمیل پروژه می‌باشند، به طوری که نتایج حاصله به وسیله آنها در حد بسیار ایده‌ال (دست بالا) محاسبه می‌شود. هر کدام از آن دو عملکرد گذشته را شاخص و مبنایی جهت نتایج آینده پروژه، در نظر می‌گیرند.) [۸]



شکل ۹-۱: پیش بینی EAC و مدت زمان کل پروژه با استفاده از SPI & CPI

۹-۵-۱- وضعیت کنونی پروژه چقدر وخیم است؟

اگر پروژه را به طور موشکافانه‌ای مورد بررسی قرار دهیم، خواهیم دید که فعالیت ۵ بگونه ناخواسته‌ای بیشتر از بودجه خرج کرده است و هنوز به سرانجام نرسیده است. به نظر می‌رسد که فعالیت حفاری گودالها با مشکل روبرو شده است چون بعد از صرف ۱۰ ساعت کاری، (یعنی ۲ ساعت بیشتر از آنچه که برنامه‌ریزی شده است). فعالیت هنوز به پایان نرسیده است. فعالیت ۵ همچنان (SPI) را نیز کاهش داده است، چون پروژه قادر است که ارزش معتبری جهت تکمیل آن کسب نماید. این مسائل وحشتناک به نظر می‌رسد. با وجود فعالیت ۵ که ۲۵٪ فراتر از بودجه خرج کرده است و هزینه‌ها بالا گرفته است، چگونه می‌توان پروژه را به

حالت ثبات اولیه برگرداند؟ ابتدا می‌بایست برایمان روشن شود که چه حادثه‌ای رخ داده است و در راستای آن اقدام اصلاحی مورد نیاز را اتخاذ نماییم. پس از یک بازنگری و مذاکره در مورد عملکرد پروژه، صاحب‌نظران اصلی پروژه به این نتیجه رسیدند که برآوردهای اولیه آنها برای حفاری گودال‌ها براساس شرایط مساعد برای خاک مورد گودبرداری لحاظ گردیده است. برای سه تا از چهار گودال، فرض مذکور قابل قبول بوده است، لیکن در حفاری گودال چهارم به یک تخته سنگ بزرگ که وزنی بیش از ۵۰۰ تن داشته برخورد کرده‌ایم. صرف نظر از حفاری گودال چهارم، فعالیت‌های دیگر پروژه مطابق آنچه که برنامه‌ریزی شده بود تکمیل شده و به پایان رسیده‌اند و با این تفصیل دیگر هیچ گونه نگرانی وجود نداشته و برآوردهای صورت گرفته برای فعالیت‌هایی که تاکنون شروع نشده‌اند دچار خدشه نخواهد گردید. پس، پروژه ما آنقدرها هم که اعداد و ارقام نشان می‌دهند، بد به نظر نمی‌رسد. چرا که حفاری سه گودال از چهار گودال مورد نظر به پایان رسیده است و اگر سنگی نیز در گودال چهارم وجود نداشت، حفاری آن نیز به پایان می‌رسید. اگر مجدداً (EAC) و زمان مورد نیاز جهت اتمام پروژه را محاسبه نماییم، (EAC) از ۸۸ ساعت کاری به ۷۲ ساعت کاری تقلیل یافته و زمان برآورد شده ما هم از ۱۵.۷ روز به ۱۲.۷ روز کاهش خواهد یافت. این اطلاعات به ما در چگونگی اتخاذ اقدام اصلاحی لازم، کمک خواهد نمود. [۸]

۱-۵-۱۰- اقدام اصلاحی:

اقدام اصلاحی که اتخاذ می‌گردد، اولاً بستگی به میزان شدت مشکلی دارد که پروژه از آن تأثیر می‌پذیرد و ثانیاً بستگی به وزنی که صاحب‌نظران اصلی پروژه برای راه‌حل‌های مختلف قائلند، دارد. به عنوان مثال یکی از مدیران اصلی پروژه اظهار می‌نماید که محصول حاصله مورد توافق نمی‌باشد. یعنی اینکه برای مشخصات فنی مورد نظر مطابق مفاد قرارداد، اهمیت ویژه‌ای قائل است و یا مدیری دیگر زمانبندی پروژه برایش اهمیت داشته باشد (به

واسطه یک رویداد اجتماعی). در جدول شماره ۴-۱ برخی از راه‌حل‌ها و پاسخ‌هایی را که

صاحب‌نظران اصلی پروژه ارائه داده‌اند را لیست نموده‌ایم.

در جدول مذکور مدیران پروژه یکی از ۳ عامل زمانبندی پروژه^{۲۱}، خصوصیات

محصول و عملکرد فنی^{۲۲} و هزینه پروژه^{۲۳} برایشان در الویت بوده و در مورد دو عامل دیگر

انعطاف نشان داده‌اند.

اولویتهای ذی نفعان	رویکرد کلی	روشهای ویژه ممکن
اهمیت به زمانبندی پروژه	با صرف‌نظر از اهمیت خصوصیات محصول و عملکرد فنی پروژه	<ul style="list-style-type: none"> - کاهش محدوده برخی از بخش‌های پروژه. برای مثال استفاده از نرده‌های دستی ساده‌تر. - متوقف کردن حفاری و امیدوار بودن به اینکه بازرس ساختمان به عمق گودال چهارم (گودالی که به سنگ برخورد کرده است) توجه نکند.
	با صرف‌نظر از اهمیت هزینه پروژه	<ul style="list-style-type: none"> - اضافه کاری کردن به منظور اتمام فعالیت قبل از شروع روز ششم. - کرایه کردن یک بیل مکانیکی. (به منظور درآوردن تخته سنگ) - حل مسأله با کمک گرفتن از یک دوست و درازاء آن او را به یک مهمانی دعوت نماییم.
اهمیت به خصوصیات محصول و عملکرد فنی پروژه.	با صرف‌نظر از اهمیت زمانبندی پروژه	کسب اجازه از ذینفعان پروژه. دیر به اتمام رساندن حفاری

²¹ - PROJECT SCHEDULE

²² - PRODUCT FEATURES & PERFORMANCE

²³ - PROJECT COST

		گودال‌ها و سپس جلب رضایت از ذینفعان پروژه.
	با صرفنظر از اهمیت هزینه پروژه	- اضافه کاری کردن به منظور اتمام فعالیت قبل از شروع روز ششم. - کرایه کردن یک بیل مکانیکی. (به منظور درآوردن تخته سنگ) - حل مسأله با کمک گرفتن از یک دوست و در ازاء آن او را به یک مهمانی دعوت نماییم.
اهمیت به هزینه پروژه	با صرفنظر از اهمیت خصوصیات محصول و عملکرد فنی پروژه	- کاهش محدوده برخی از بخشهای پروژه. برای مثال استفاده از نرده‌های دستی ساده‌تر. متوقف کردن حفاری و امیدوار بودن به اینکه بازرس ساختمان به عمق گودال چهارم (گودالی که به سنگ برخورد کرده است) توجه نکند.
	با صرفنظر از اهمیت زمانبندی پروژه	- قبل از آنکه از بودجه بیشتر خرج نمایید، زمانبندی را به گونه‌ای تغییر دهید که هزینه پروژه کمتر دستخوش تغییر گردد.

جدول ۴-۱: اقدامات اصلاحی ممکن برای پروژه ساخت اسکله جدید:

پس از کمی مذاکره، صاحب‌نظران پروژه بر این باورند که می‌بایست به خصوصیت

محصول و عملکرد فنی اهمیت قائل گردید و در راستای آن اقدام اصلاحی مورد نظر اتخاذ

گردد. بنابراین، آنان تصمیم گرفتند که تخته سنگ را از داخل گودال بیرون کشیده و مطابق

آنچه که برنامه ریزی شده بود، عملیات گودبرداری را با رعایت تمام قوانین و مقررات ساختمانی به انجام رسانند. پس با اتخاذ این تصمیم یک فعالیت بر مجموع فعالیت‌های قبلی اضافه خواهد شد و در نتیجه برنامه قبلی می‌بایست مورد بازبینی و اصلاح قرار گیرد. [۸]

۱-۵-۱۱- تهیه خط مبنای جدید

فعالیت خارج نمودن تخته سنگ از گودال به دو قسمت تقسیم می‌شود: ابتدا خاکبرداری از اطراف تخته سنگ، به طوری که تخته سنگ از قیود آزاد شود. سپس تخته سنگ بیرون کشیده می‌شود و در نهایت در حفره‌ای که توسط تخته سنگ ایجاد شده است می‌بایست خاکریزی نمود. در مجموع ۸ ساعت کاری به آنچه که برنامه‌ریزی شده و یک روز به مدت زمان کل پروژه اضافه می‌گردد. جدول ۱-۵، برنامه به هنگام شده جدید را با لحاظ کردن فعالیت اضافه شده (خارج نمودن تخته سنگ) نشان می‌دهد. همچنین در این جدول فعالیت حفاری گودال‌ها «انجام شده» فرض شده است و ارزش آن «کسب شده» لحاظ می‌گردد.

فعالیت	هزینه برنامه ریزی شده (ساعات کاری)	مدت زمان برنامه ریزی شده (روز)	پایان زمانبندی (روز)	هزینه واقعی (ساعات کاری)	وضعیت (انجام شده یا شروع شده)	ارزش کسب شده (ساعات کاری)
ترسیم نقشه‌ها و استخراج مواد مورد نیاز			روز اول		انجام شده	
ویران نمودن اسکله قدیمی	۲		روز دوم	۲	انجام شده	۲
خارج کردن و دورریزی خاکروبه‌ها و مواد زائد		۵.	روز سوم		انجام شده	

خرید مواد	مورد نیاز	۵.	روز سوم	انجام شده	
حفاری گودال	جهت پایه		روز پنجم	انجام شده	
ستون‌ها					
برداشتن سنگ			روز ششم	شروع شده	۶
بتن ریزی پایه	ستون‌ها		روز هفتم (روز ششم)		
ساخت اسکله	اصلی (جدید)	۲	روز دهم (روز نهم)		
ساخت نرده‌ها	و پلکان‌های		روز دوازدهم (روز یازدهم)		
اسکله					
نازک کاری			روز سیزدهم (روز دوازدهم)		
جمع کل		۷۲ (۶۴)		۳۶	۴
		ساعت			

جدول ۵-۱: خط مبنای جدید و برنامه‌ریزی شده با نتایج واقعی (مقادیر تغییر یافته در داخل پرانتز)

خط مبنای اولیه با خط مبنای جدید در شکل ۱-۱۰. مورد مقایسه قرار گرفته، در

نتیجه کل ساعات کاری از ۶۴ ساعت به ۷۲ ساعت و مدت زمان پروژه از ۱۲ روز به ۱۳ روز

ارتقاء می‌یابد. تأثیر تغییر نمودن خط مبنا (آنچه که برنامه‌ریزی شده است) را می‌توان سریعاً به وسیله (SPI) و (CPI) ارزیابی نمود. شاخص‌های عملکرد (SPI) و (CPI) جدید به صورت زیر خواهد بود:

$$CPI = 32/36 = 0.89$$

$$SPI = 32/32 = 1.0$$

$$EAC = 72/0.89 = 80$$

$$13 = 13/1.0 = \text{مدت زمان کل پروژه}$$

اگر جهت ارزیابی عملکرد پروژه غیر از آنچه که قبلاً به توافق رسیده‌ایم (یعنی

استفاده از روش ۰-۱۰۰) از روش درصدهای تکمیل شده^{۲۴}

استفاده نماییم، برای فعالیت حفاری گودال‌ها، ما در واقع ۷۵٪ پیشرفت داشته‌ایم

و ارزش بدست آمده برای آن نیز به ۳۲ ساعت ارتقاء پیدا خواهد نمود، لذا شاخص‌های (CPI)

(SPI) ، تغییر یافته و مقادیر بالا را خواهند داشت. هنوز هم پیش بینی می‌شود که بودجه

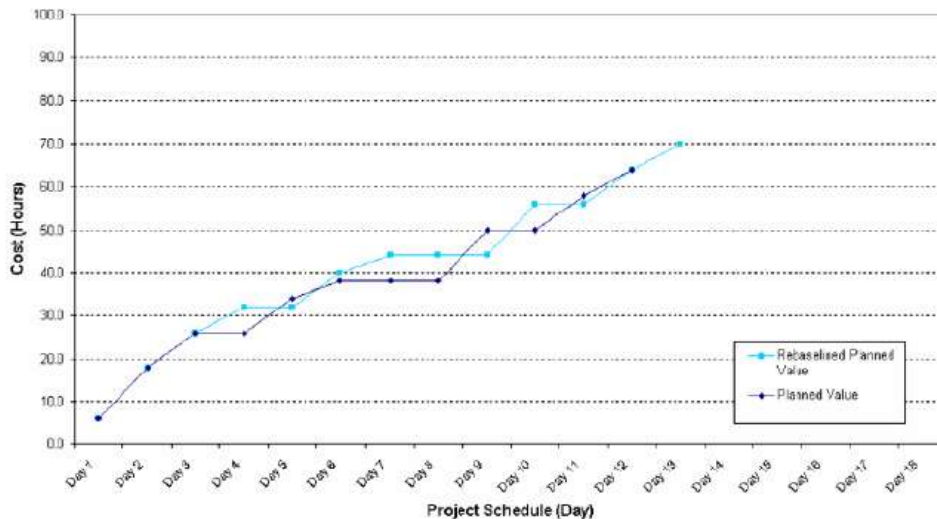
جدید بیشتر از برنامه باشد (به دلیل CPI کمتر از ۱) با توجه به دو ساعت اضافه تری که

صرف برداشتن سنگ در روز پنجم می‌شود. ما انتظار داریم، که بعد از روز ششم، بهره‌وری

(CPI) به سمت ۱ بهبود یابد. برنامه‌ریزی مجدد (تغییر خط مبنا) که همراه با تغییر محدوده

کاری می‌باشد، زمانی مجاز می‌باشد که تغییر مورد نظر توسط ذی‌نفعان پروژه مورد تأیید قرار

گیرد. [۸]



شکل ۱-۱۰: خط مبنای اولیه و خط مبنای جدید

۱-۶-۶- ویژگی‌های اساسی از اجرای هر EVM

تحلیل متدولوژی EV راه استاندارد صنعتی است برای:

۱ اندازه‌گیری پیشرفت پروژه

۲ نشان دادن تکامل زمانی و هزینه‌ی پروژه

۳ راهی است برای ثابت نگه داشتن انحراف معیارهای هزینه و پروژه

پیاده‌سازی EVM برای پروژه‌های بزرگ و پیچیده شامل بسیاری از ویژگی‌های

بیشتر، از جمله شاخص‌ها و پیش‌بینی از عملکرد هزینه (بیش از بودجه و یا در بودجه) و

عملکرد برنامه (در پشت برنامه و یا جلوتر از برنامه) مفید می‌باشد. با این حال، اساسی‌ترین

شرط سیستم EVM بررسی پیشرفت آن با استفاده از PV و EV است. (۱۳)

۱-۶-۱- اصول EVMP

EVMP سه نوع اطلاعات را با هم مقایسه می‌کند:

PV: مقداری کاری که برنامه‌ریزی شده Planned Value

AC: مقدار پولی که هزینه شده (به دلار یا ساعت) - هزینه‌ی واقعی یا Actual

Cost

EV: ارزش کار انجام شده (بر حسب بودجه مرجع به دلار یا ساعت) - ارزش

افزوده یا Earned Value

در این متدولوژی همواره در طول پروژه PV و AC با ارزش افزوده مقایسه

می‌شوند. یعنی با کم کردن آنها از ارزش افزوده یا پیدا کردن نسبت آنها شاخص‌های عملکرد واریانس‌ها را به دست می‌آوریم. این شاخصها از مهمترین فاکتورهای تکنیک EVMP هستند و استفاده از آنها برای تحلیل وضعیت پروژه و پیش‌بینی آن ضروری است. با استفاده از این دو شاخص اصلی و دیگر شاخصها می‌توان در هر لحظه وضعیت پروژه را از نظر زمان‌بندی و هزینه کنترل و یا پیش‌بینی کرد. (۱۳)

یکی از مشکلات اجرای EVMP این است که گفته می‌شود هزینه‌ی اجرای آن زیاد است و فقط برای سازمان‌های دولتی مثل وزارت دفاع مناسب است. اما با اجرای درست آن و اصلاحاتی که در آن صورت می‌گیرد، سود حاصل از آن بیشتر از هزینه آن می‌شود. [۱۳]

۱-۶-۲- تجزیه تحلیل عملکرد در EVMS

از عناصر اصلی EVMS جهت تجزیه و تحلیل وضعیت جاری پروژه و همچنین

پیش‌بینی آینده پروژه استفاده می‌شود. معیارهای زیر جهت این تجزیه و تحلیل استفاده می‌شود.

انحرافات (واریانسها): شامل واریانس زمانبندی ^{۲۵} (SV)، واریانس هزینه (CV)، واریانس هزینه پایانی پروژه ^{۲۶} (VAC).

شاخصها: شامل شاخص عملکرد زمانبندی ^{۲۷} (SPI)، شاخص عملکرد هزینه

(CPI)، شاخص عملکرد مورد نیاز برای تکمیل کار باقی مانده (TCPI).

²⁵ - Schedule Variance (SV)

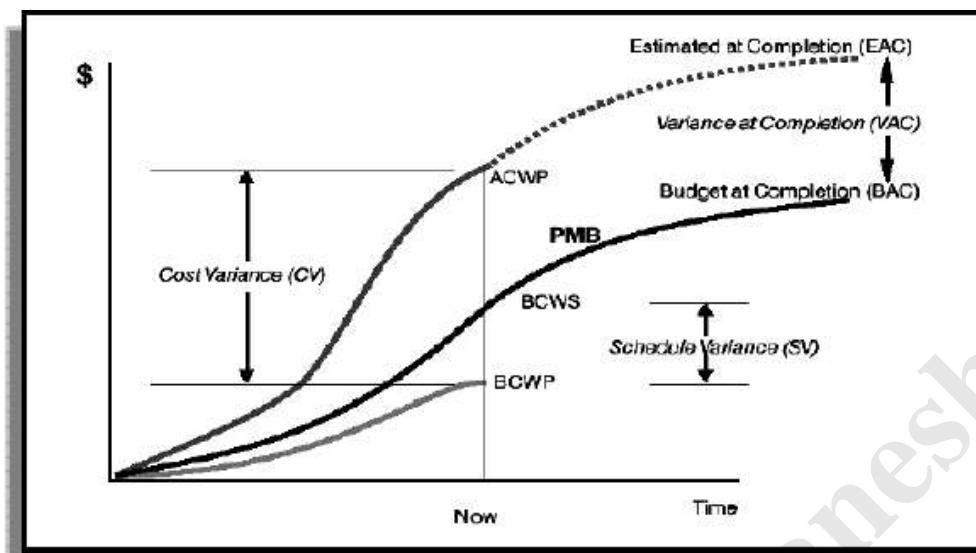
²⁶ - Variance At Completion (VAC)

²⁷ - Schedule Performance Index (SPI)

پیش بینی‌ها: شامل تخمین بودجه مورد نیاز برای کارهای باقی مانده ^{۲۸} (ETC)،

تخمین هزینه پایانی پروژه ^{۲۹} (EAC). شاخصهای فوق در شکل ۱-۱۱ به خوبی نشان داده

شده است. [۲۰]



شکل ۱-۱۱ [۲۰]

Schedule Performance Index(SPI)	$SPI = \frac{BCWP}{BCWS}$
Cost Performance Index(Performance Factor)	$CPI(PF) = \frac{BCWP}{ACWP}$
To Complete Performance Index(Verification Factor)	$TCPI = \frac{BAC - BCWP}{EAC - ACWP}$
Percentage Complete(PC)	$PC = \frac{BCWP}{BAC}$
Estimate At Completion(EAC)	$EAC = ETC + ACWP$
Estimate To Complete(ETC)	$ETC = \frac{BAC - BCWP}{CPI}$
Variance At Completion(VAC)	$VAC = BAC - EAC$
Schedule Variance(SV)	$SV = BCWP - BCWS$
Cost Variance(CV)	$CV = BCWP - ACWP$
Schedule Variance Percentage (SV %)	$SV\% = \frac{SV}{BCWS}$
Cost Variance Percentage (CV %)	$CV\% = \frac{CV}{BCWP}$

جدول ۱-۶: نحوه محاسبه شاخصهای EVMS

۱-۶-۲- تفسیر شاخصهای عملکردی سیستم مدیریت ارزش کسب شده

^{۲۸} - Estimate To Complete (ETC)

^{۲۹} - Estimate At Complete (EAC)

از میان شاخصهای عملکردی در EVMS شاخصهای انحراف زمانبندی و هزینه

(SV, CV) و شاخصهای عملکردی زمانبندی و هزینه (SPI, CPI) 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. ترکیب این چهار شاخص حالت های نه گانه

یک پروژه را نسبت به هزینه و زمان صرف شده آن رقم می زند. این نه حالت با تغییرات

شاخصهای SP, CP, CPI, SPI بین مقادیر صفر و یک و ترکیب آنها رخ می دهد که در

جدول ۷-۱ نشان داده شده اند.

SV& SPI			سنجشهای عملکردی	
$1 > SV \& 0 > SPI$	$1 = SV \& 0 = SPI$	$1 < SV \& 0 < SPI$		
عقب تر از برنامه کمتر از بودجه	مطابق برنامه کمتر از بودجه	جلوتر از برنامه کمتر از بودجه	$\& 0 < CV$ $1 < CPI$	CV & CPI
عقب تر از برنامه مطابق بودجه	مطابق برنامه مطابق بودجه	جلوتر از برنامه مطابق بودجه	$\& 0 = CV$ $1 = CPI$	
عقب تر از برنامه بیشتر از بودجه	مطابق برنامه بیشتر از بودجه	جلوتر از برنامه بیشتر از بودجه	$\& 0 > CV$ $1 > CPI$	

جدول ۷-۱: شاخصهای عملکردی EVMS^{۳۰}

این جدول انواع وضعیتهای یک پروژه حاصل از EVMS یک پروژه نشان می دهد

که ملاک انجام اقدامات اصلاحی جهت انطباق برنامه با عملکرد خواهد بود که به آن ماتریس

^{۳۰} مقاله مدیریت و کنترل پروژه ارزش کسب شده / مهندس ابو الفضل ولوی

تصمیم گیری نیز اطلاق می گردد. برای مثال زمانی که شاخصهای CPI , SPI برابر یک و CV, SV برابر صفر باشد، پروژه مطابق برنامه ریزی اولیه و بودجه تصویب شده می باشد [۱۹].

۱-۶-۳- مزایای پیاده سازی EVM^{۳۱}

۱. استفاده از یک واحد ثابت اندازه گیری در تجزیه و تحلیل ارزش کسب شده: در

این تکنیک برای محاسبه میزان پیشرفت پروژه از نظر هزینه و زمانبندی از یک واحد ثابت مالی (ریالی/دلاری) استفاده می شود که محاسبات را تسهیل بخشیده و کار کنترل را راحت می نماید و برای کنترل زمان و هزینه به یک زبان مشترک دست خواهیم یافت.

۲. ارزش کسب شده به عنوان یک تکنیک و ابزار یکسان جهت اندازه گیری پیشرفت: این تکنیک به عنوان یک تکنیک یکسان در اندازه گیری پیشرفت پروژه های مرکب مورد استفاده قرار میگیرد، به عنوان مثال اگر دو پروژه ای همزمان شروع شده باشند ولی ماهیت تعریف شده برای هر دو پروژه متفاوت باشد، می توان با این تکنیک دو پروژه را بطور یکسان مورد ارزیابی قرار داده و پیشرفت هر کدام را نسبت به دیگری سنجید.

۳. ارزش کسب شده تکنیکی چند منظوره: این تکنیک می تواند میزان پیشرفت پروژه را از جهات مختلف یعنی هزینه، زمان و محدوده پروژه به طور همزمان و تلفیقی نشان دهد که این قضیه در منحنی ها و جداول مقایسه ای برنامه ای و واقعی به خوبی مشهود خواهد بود.

۴. ارزش کسب شده تکنیکی بسیار دقیق در محاسبات پیشرفت: با استفاده از این تکنیک در هر زمانی از اجرای پروژه می توان مغایرت های زمان و هزینه را نسبت به برنامه از پیش تعیین شده با واحدهای بسیار کوچک محاسبه و گزارش نمود.

۵. اختصاص CCN های مختلف برای تیم پروژه می تواند به مدیر پروژه یک نگاه سریع در عملکرد از هر تیم را بدهد. تیم های مجازی را می توان از نزدیک موفق و پاسخگو برای

^{۳۱} - مقاله مدیریت و کنترل پروژه ارزش کسب شده / مهندس ابو الفضل ولوی

اقدامات اصلاحی به عنوان ابزاری برای بهبود ارتباطات دانست و این امر منجر به روابط محکم‌تری با حامیان و همکاران می‌باشد.

۶. با استفاده از پیش‌بینی نتایج نهایی پروژه ارزش به دست آمده، EVM هشدار دهنده اولیه است برای پروژه‌هایی که نیاز به اقدام اصلاحی دارند.

۷. با استفاده از EVM برای حمایت از مدیریت مؤثر و کارآمد می‌توان از نتایج

EVM پروژه‌های متعدد برای راحتی در تصمیم‌گیری مدیریت بالا استفاده کرد.

۸. با استفاده از EVM به مدیران اجازه می‌دهد تا درس‌هایی راجع به زمان

محلی در بسته شدن یک پروژه به مدیران تیم خود بدهند تا این مدیران در پروژه‌های مشابه در آینده ساعت و بودجه کمتری در منطقه‌ای خاص بکار برده و از آن ساعت در جای دیگری از برنامه استفاده کنند.

۹. سریع‌ترین نمایانگر روند، مسائل و مشکلات پروژه.

۱۰. تصویری دقیق از وضعیت پروژه را نشان می‌دهد.

۱۱. پایه و اساس اقدامات اصلاحی است.

۱۲. هزینه‌های نهایی پروژه را پیش‌بینی می‌نماید.

۱۳. اهداف مشترک و دو جانبه تامین کنندگان و مشتریان پروژه را برآورد

می‌سازد. (۹)

۱-۶-۴- محدودیت‌های EVM

۱. سبک وزنی و هزینه زیاد برخی از پروژه‌ها حاکی از عدم سازگاری با استانداردها

می‌باشد.

۲. EVM هیچ گونه پیش‌بینی برای اندازه‌گیری کیفیت پروژه ندارد.

۳. چالش در ایجاد یا کشف محور پیاده‌سازی چالاک از اصل EVM.

۴. دسترسی به مجموعه‌ای از اطلاعات درست و به موقعیت هزینه‌های واقعی را

می‌توان سخت‌ترین جنبه از EVM دانست. (۹)

بهره‌گیری از نمودارهای کنترلی فردی در کنترل و پایش عملکرد هزینه و زمان

پروژه: مطالعه موردی در پروژه‌های عمرانی.

هر فرایندی به طور طبیعی دارای واریانس عملکردی است. و نمودارهای کنترل

کیفیت آماری به عنوان ابزارهایی توانمند در کنترل و نظارت بر فرایندها، می‌توانند به کمک

اصول آماری میان واریانس‌های طبیعی و واریانس‌های غیر طبیعی فرایند اختلاف ایجاد کنند.

همانطور که در بخش ۲ اشاره گردید، تاکنون تحقیقات بسیار محدودی در این زمینه صورت

گرفته است به طوری که تمامی آنها مبتنی بر این فرض بودند که توزیع آماری داده‌های

مربوط به شاخص‌ها بایستی از توزیع آماری داده‌های مربوط به شاخص‌ها در نظر گرفته نشده

است و بنابراین چند رویکرد متفاوت هنگامی که توزیع آماری داده‌های تحت مطالعه غیر نرمال

باشد، ارائه شده است. لذا چهارچوب توسعه داده شده در این مقاله دارای جامعیت و کاربرد

پذیری بیشتری می‌باشد. [۱۷]

۱-۶-۵- بررسی‌های شاخص‌های EV

(BCWS) Budgeted Cost of Work Scheduled: مجموع بودجه‌های

لازم برای کل پکیج‌های کاری برنامه‌ریزی شده، جهت اتمام کار پکیج‌های کاری برنامه‌ریزی شده، جهت اتمام کار در یک دوره زمانی معین.

(ACWP) Actual Cost of Work Performed: هزینه‌های واقعی صرف

شده جهت تکمیل کارهای اجرایی در یک دوره زمانی معین؛ برای مقایسه متعادل، ACWP فقط برای کار انجام شده ثبت می‌شود تا در برابر کارهایی که BCWP آنها نیز گزارش شده، موجود باشد.

(BCWP) Budgeted Cost of Work Performed: مجموع بودجه‌های

لازم برای پکیج‌های کاری تکمیل شده و اجزای کامل شده پکیج (بسته)های کاری ناتمام.

گزارش کلی: $(SV) \text{ Schedule Variance} = (BCWP - BCWS)$: انحراف

زمان‌بندی، با ارزش دلار بیان شده و از تفاضل «مقدار کاری که باید در دوره زمانی داده شده،

تکمیل شود» و «کاری که واقعاً با همان بودجه تعیین شده به انجام رسیده»، حاصل می‌گردد.

اصطلاحات تکمیلی: $(CV) \text{ Cost Variance} = (BCWP - ACWP)$: CV

ارزش حقیقی (به واحد دلار)، هزینه‌های بالاسری (Overrunning) و غیر بالاسری (Under

running) در صورت وجود را نسبت به هزینه برآورد شده اولیه، نشان می‌دهد. [۹]

۱-۷- شاخص‌های عملکرد دوره‌ای

شاخص‌های عملکرد هزینه و زمان که از مهمترین شاخص‌های عملکرد در تکنیک

مدیریت ارزش کسب شده می‌باشند، می‌توانند به صورت دوره‌ای محاسبه و بررسی شوند. در

این حالت مقدار ارزش کسب شده در یک دوره ارزیابی نسبت به ارزش واقعی و ارزش برنامه

ریزی شده در همان دوره سنجیده می‌شود. این شاخص‌ها کارایی تیم پروژه را در یک دوره

ارزیابی نشان می‌دهند. استفاده از نمودار کنترلی برای شاخص‌های مذکور نشان می‌دهد که آیا

تغییرات ایجاد شده در عملکرد زمان بندی و عملکرد هزینه در هر دوره، حالتی غیرعادی دارند و یا تغییرات ایجاد شده طبیعی و قابل چشم پوشی هستند. مهمترین شاخص‌های عملکرد

زمان و هزینه به ترتیب شاخص‌های SPI , CPI هستند.[۱۴]

۱-۷-۱- شاخص عملکرد هزینه

شاخص عملکرد هزینه^{۳۲} نشان دهنده کارایی تیم پروژه در استفاده از منابع مالی پروژه است. این شاخص از تقسیم ارزش کسب شده تجمعی بر هزینه واقعی تجمعی به دست می‌آید. (منظور از تجمعی در نظر گرفتن کل فعالیت‌ها تا زمان حال است). این شاخص توسط رابطه (۱) محاسبه می‌شود. [۱۴]

$$(۱) \text{CPI} = \text{EV} / \text{AC}$$

۱-۷-۲- شاخص عملکرد زمان بندی

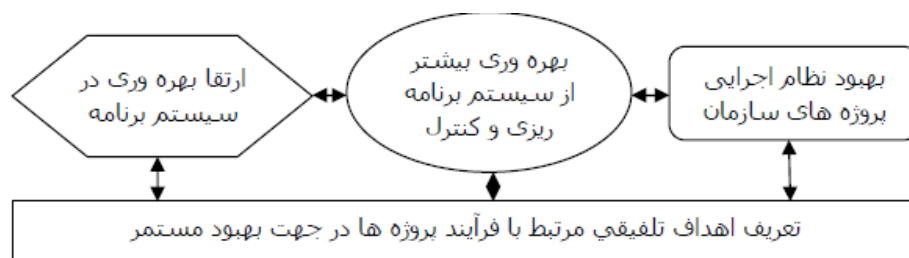
شاخص عملکرد زمان بندی^{۳۳} نشان دهنده کارایی تیم پروژه در استفاده از زمان پروژه است و از تقسیم ارزش کسب شده تجمعی بر هزینه برنامه‌ای تجمعی حاصل می‌شود. (رابطه ۲) [۱۴]

$$(۲) \text{SPI} = \text{EV} / \text{PV}$$

^{۳۲} - Cost performance Index CPI.
^{۳۳} - Schedule performance Index: SPI

۱-۷-۳- بکارگیری شاخص‌های EV در Lifecycle پروژه‌ها

شاخص‌های EV در چرخه عمر پروژه‌های سازمان می‌توانند با پردازش داده‌های پروژه‌ای در هر مرحله و ایجاد ارزش افزوده اطلاعاتی، بهره‌وری قابل توجهی در جریان اطلاعاتی سیستم اجرایی پروژه‌های سازمان بوجود آورند:



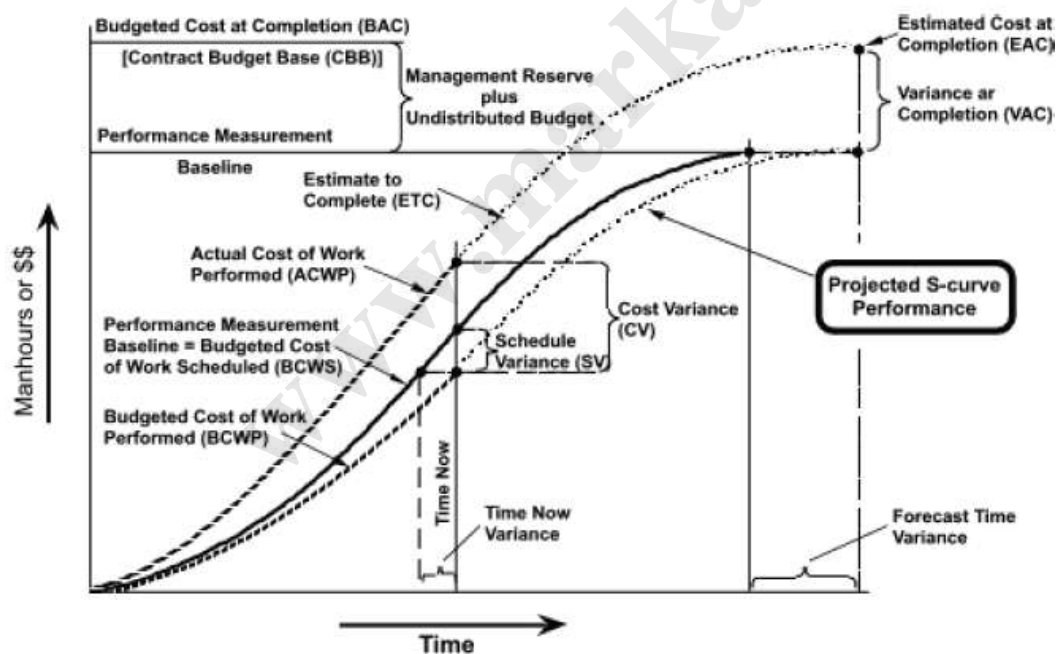
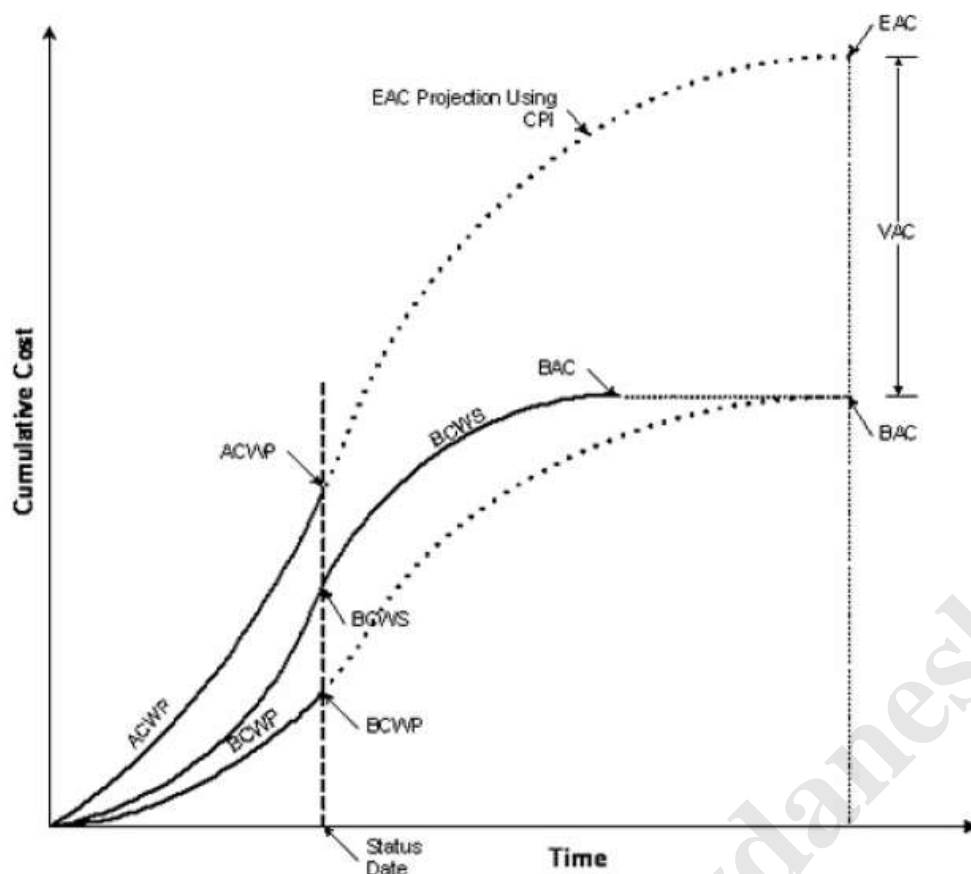
شکل ۱-۱۲: ارتباط متقابل بخش‌های درگیر در یک سازمان پروژه محور^{۳۴}

آنچه در نمودار فوق ملاحظه می‌شود ارتباط متقابل حوزه‌های عمده درگیر در پروژه‌های یک سازمان پروژه محور می‌باشد. اما جهت درک بهتر آنچه که می‌توان از تحلیل ارزش حاصله در پروژه‌ها بدست آورد، چند پروژه در حال اجرا به عنوان نمونه بررسی و برخی از خروجی‌های این قبیل گزارشات مورد تحلیل قرار می‌گیرد. (۲)

مفاهیم اولیه روش ارزش بدست آمده با ترسیم نمودار S به خوبی روشن می‌شوند. با مقایسه پارامترهای فوق در نمودار S به نحو مؤثری می‌توان روند پیشرفت پروژه را بررسی کرد. در این روش یک بودجه برای پروژه در نظر گرفته می‌شود، سپس هزینه‌های آن کنترل می‌شود. یا این که بودجه به هفته، ماه و یا سال شکسته می‌شود و هر بار مقدار واقعی هزینه با بودجه‌ی در نظر گرفته شده مقایسه شود. بدین ترتیب یک منحنی بودجه بدست می‌آید. اگر پروژه مطابق با زمانبندی جلو رفته باشد، منحنی هزینه‌ها، اطلاعات لازم در مورد وضعیت بودجه را نشان می‌دهد. اما اگر پروژه از زمانبندی عقبتر باشد، مدیر پروژه نمی‌تواند وضعیت پروژه را از نمودار درک کند و بیان وضعیت واقعی با اعداد غیرممکن خواهد بود. [۱۰]

وقتی پروژه‌ای بسیار بزرگ یا پیچیده باشد، نمی‌توان فهمید که کدام یک از اجزای پروژه در انحراف منحنی سهم داشته‌اند. EVPM یکی از راههایی است که زمانبندی و هزینه را به هم ربط می‌دهد و آنها را به صورتی ارائه می‌کند که تحلیل مدیریت روی آن آسان باشد. در واقع EVPM یک تصویر یکپارچه از عملکرد و کارایی هزینه و زمانبندی را می‌دهد. (۱۰)

www.markazdanesh.ir



شکل ۱-۱۳: نمودار S ارزش کسب شده، شکل اول بصورت علامت اختصاری و در شکل دوم، نام

کامل عناصر نوشته شده است [۳۰]

۸-۱- شرایط بهره گیری از نمودارهای کنترلی

نمودارهای کنترلی شوهارت پایه و اساس شکل گیری بسیاری از نمودارهای کنترلی هستند. محاسبات ساده و دامنه کاربردپذیری وسیع آنها که به دلیل شکل گیری این نمودارها براساس توزیع آماری نرمال می باشد، این نمودارها را به پرستفاده ترین نمودارهای کنترل کیفیت آماری تبدیل کرده است. از آنجایی که بسیاری از فرایندها را می توان توسط توزیع آماری نرمال مدل نمود و یا با دقت قابل قبولی به توزیع آماری نرمال تقریب زد، امروزه این نمودارها کاربرد زیادی دارند، نمودارهای کنترلی شوهارت براساس دو فرض زیر بنا شده اند. [۱۵]

توزیع آماری داده ها باید از توزیع آماری نرمال پیروی کند و یا با دقت مناسبی قابل تقریب به آن باشند.

داده های متوالی مستقل از یکدیگر باشند. استقلال داده ها بدین معنا است که

مشاهده یک نمونه در مقدار مشاهده شده برای نمونه دیگر اثری نداشته باشد.

به راحتی می توان نشان داد که مناسب ترین نمودار کنترلی برای کنترل و پایش

شاخص های مورد مطالعه در این مقاله، نمودارهای کنترلی فردی می باشند. ^{۳۵} چرا که (۱) دو

شاخص ارزش کسب شده مورد بررسی (۱- توزیع آماری داده های جمع آوری شده ۲-

تبدیل داده های با توزیع آماری غیرنرمال به توزیع آماری نرمال) دارای مقادیر کمی بوده و در

بازه ای پیوسته تهیه می شوند و (۲) این دو شاخص و بسیاری از شاخص های دیگر تکنیک ارزش

کسب شده در بازه های هفتگی و یا ماهانه جمع آوری می شوند. این بدان معنی است که تعداد

نمونه های لازم برای ترسیم نمودارهای کنترلی بسیار کم است. [۱۵]

^{۳۵} کنترل و پایش آماری شاخص های عملکرد زمان و هزینه پروژه ها/ علی اکبر اکبری، امیر صالحی پور

۱-۸-۱- توزیع آماری داده‌های جمع آوری شده

به منظور درک بهتر رویکرد پیشنهادی، توسعه آن را با یک مثال عملی ادامه

می‌دهیم. این مثال یک مطالعه موردی برگرفته از یک پروژه عمرانی می‌باشد. مقادیر

شاخص‌های CPI و SPI به صورت ماهانه محاسبه شده‌اند و برای یک بازه ۳۰ ماهه استخراج

شده است (جدول ۸-۱). از دو نرم افزار Minitab (نسخه ۱۵) و Easyfit (نسخه ۴.۳) به

منظور تشخیص توزیع آماری داده‌ها بهره گرفته شده است. علی رغم قابلیت نرم افزار

Minitab در محاسبات و تحلیل‌های آماری و ترسیم نمودارهای کنترل کیفیت آماری، قابلیت

این نرم افزار در تعیین توزیع آماری داده‌ها محدود به انتخاب کاربر از بین چند توزیع می‌باشد.

در نقطه مقابل نرم افزار Easyfit توانایی منحصر به فردی در تشخیص بسیاری از توزیع‌های

آماری معروف دارد. به منظور شناخت جامع تری از توزیع آماری داده‌های تحت مطالعه،

آزمون‌های برازندگی از طریق سه آزمون آماری متفاوت کلموگراف - اسمیرنف، اندرسون -

دارلینگ و خی دو صورت گرفته‌اند. [۱۷]

شماره نمونه	شاخص SPI	شاخص CPI
۱	۰.۷۳	۱.۰۰
۲	۰.۶۲	۱.۲۱
۳	۰.۹۸	۱.۰۸
۴	۰.۹۱	۱.۱۵
۵	۱.۳۳	۱.۰۸
۶	۲.۱۰	۱.۵۹
۷	۱.۰۲	۱.۴۶
۸	۰.۹۸	۱.۱۱
۹	۲.۲۳	۱.۰۲
۱۰	۲.۳۵	۱.۲۰
۱۱	۱.۱۲	۰.۹۸
۱۲	۲.۲۲	۰.۹۹
۱۳	۲.۱۸	۱.۱۱
۱۴	۲.۱۰	۱.۴۸
۱۵	۱.۹۵	۱.۲۱
۱۶	۱.۳۳	۲.۶۶
۱۷	۱.۵۴	۱.۱۲
۱۸	۲.۰۶	۱.۲۱
۱۹	۱.۸۸	۱.۷۰
۲۰	۱.۸۸	۱.۰۰
۲۱	۱.۸۱	۱.۱۱
۲۲	۱.۲۰	۰.۶۵
۲۳	۱.۷۷	۱.۲۹
۲۴	۱.۷۰	۱.۲۳
۲۵	۱.۴۹	۰.۹۹
۲۶	۱.۶۹	۱.۲۱
۲۷	۱.۷۱	۱.۲۷
۲۸	۱.۵۸	۱.۰۰
۲۹	۱.۳۰	۱.۰۰
۳۰	۱.۴۲	۱.۱۱

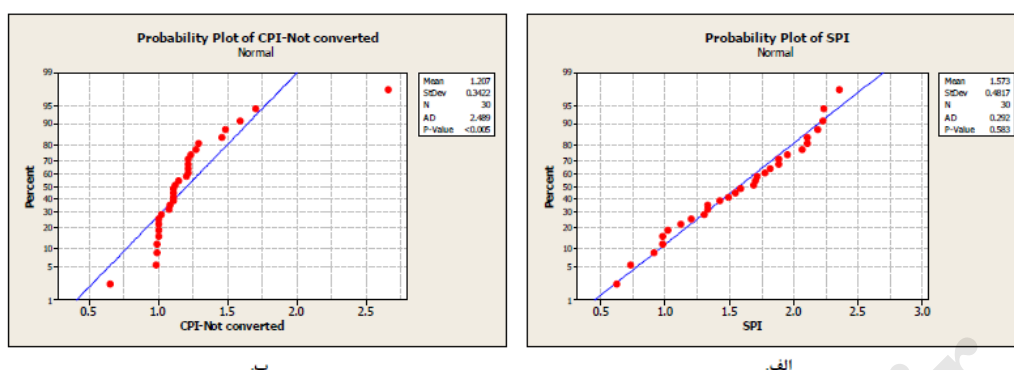
جدول ۱-۸: اطلاعات جمع آوری شده مربوط به شاخص‌های SPI و CPI^{۳۶}

داده‌های شاخص SPI توزیع آماری نرمال پیدا می‌کنند. شکل الف. ۱-۱۴ که بر

پایه‌آزمون آماری اندرسون - دارلینگ و با بهره‌گیری از نرم افزار Minitab تهیه شده است

^{۳۶} مقاله کنترل و پایش آماری شاخص‌های عملکرد زمان و هزینه پروژه ها / علی اکبر اکبری و امیر صالحی پور

ضمن تأیید این مطلب نشان می‌دهد که نمی‌توان فرض نرمال بودن توزیع آماری داده‌های شاخص SPI را رد نمود. [۱۷]



شکل ۱-۱۴: نیکویی برآزش انجام شده مربوط به توزیع داده‌های شاخص‌های مورد مطالعه توسط

آزمون آماری اندسون-دارلینگ. الف. شاخص SPI – ب. شاخص CPI

نتایج برآزش‌های انجام شده توسط نرم افزار Easyfit روی داده‌های شاخص CPI

نشان می‌دهد که توزیع آماری این داده‌ها از توزیع‌های آماری معروف همانند توزیع نمایی، توزیع ویبول و توزیع لاگ‌نرمال که برای آنها نمودار کنترلی توسعه داده شده است پیروی نمی‌کند. لازم به ذکر است که حتی در صورت تبعیت توزیع داده‌های مذکور از توزیع‌های فوق، با توجه به ماهیت شاخص‌های مورد مطالعه و یادآوری این نکته که نمودارهای کنترلی فردی مناسب‌ترین نوع نمودار برای شاخص‌های مذکور هستند، نمودارهای کنترلی توسعه داده شده براساس دیگر توزیع‌های آماری نمی‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. شکل ب. ۱۴-۱ برآزش انجام شده توسط نرم افزار Minitab را برای داده‌های مذکور نشان می‌دهد. گرچه این آزمون تنها برای بررسی فرض نرمال بودن توزیع آماری داده‌های مربوطه انجام شده است و نمی‌توان آن را به دیگر توزیع‌های آماری تعمیم داد. ولی با توجه به شکل می‌توان فرض نرمال بودن داده‌های مربوطه را رد نمود. از طرفی، علی‌رغم اینکه بسیاری از محققین معتقدند که نمودارهای کنترلی فردی نسبت به نقض فرض نرمال بودن توزیع آماری داده‌ها بسیار باثبات هستند. لیکن توصیه شده است از آنها در شرایطی که توزیع آماری داده‌ها از توزیع آماری

نرمال پیروی می‌کند و یا قابل تقریب به آن باشد، استفاده شود. بنابراین باید توزیع آماری

داده‌های شاخص CPI را به توزیع آماری نرمال تبدیل نمود. [۱۶]

۱-۸-۲- تبدیل داده‌های با توزیع آماری غیرنرمال به توزیع آماری نرمال

به عنوان یکی از روشهای متداول در بهره‌گیری از نمودارهای کنترلی شوهارت

برای داده‌های غیرنرمال، تبدیل توزیع آماری داده‌ها به توزیع آماری نرمال مطرح می‌باشد.

روشهای دیگری نیز قابل استفاده هستند که در رأس آنها می‌توان به محاسبه حدود کنترلی

احتمالی اشاره نمود. در این مقاله از رویکرد تبدیل استفاده شده است. [۱۷]

۱-۹- تبدیل توانی (نمایی)

به عنوان یکی از رایج‌ترین تبدیل‌ها، در تبدیل توانی یک توزیع آماری ویبول با

پارامتر شکل ۱ به توان $1/36$ رسانده می‌شود تا تقریب مناسبی از توزیع آماری ویبول به توزیع

آماری نرمال به دست آید. در مرجع [۱۶] بهترین مقدار برای این تبدیل نمایی 5142 و 3

معرفی شده است. البته باید توجه داشت که بسته به پارامترهای توزیع ممکن است این مقدار

تغییر کند، همانند 3.77 و 2777 که توسط مونت گومری استفاده شده است [۱۶]. حالت

عمومی‌تر این نوع تبدیل به تبدیل Box-Cox معروف است و در آن مقداری که متغیر

تصادفی مورد مطالعه به توان آن مقدار رسانده می‌شود، از -5 تا $+5$ قابل تغییر می‌باشد (رابطه

۳).

$$(3) T(x) = (x^\lambda - 1) / \lambda$$

در رابطه (۳) λ پارامتر تبدیل است. برای مقدار $X=0$ براساس محاسبه لگاریتم

طبیعی داده‌ها، تبدیل صورت می‌گیرد. از معایب این تبدیل این است که فقط برای داده‌های

مثبت می‌توان از آن استفاده کرد. جدول ۱-۹ داده‌های تبدیل یافته شاخص CPI توسط این

تبدیل را نشان می‌دهد. باید توجه داشت که براساس نرم افزار Minitab مقدار بهینه پارامتر

تبدیل Box-Cox ۰.۹- می‌باشد (شکل ج - ۳). ولی حتی تبدیل با این مقدار هم نتوانسته

است منجر به ارائه داده‌های دارای توزیع نرمال شود. [۱۷]

شماره نمونه	۲۷۷۷.	۵۱۴۲.	۵.	۷۵.	۱	۳	۵
۱	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۲	۱.۰۵	۱.۹۶	۰.۲۰	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۲۶	۰.۳۲
۳	۱.۰۲	۱.۳۱	۰.۰۸	۰.۰۸	۰.۰۸	۰.۰۹	۰.۰۹
۴	۱.۰۴	۱.۶۱	۰.۱۴	۰.۱۴	۰.۱۵	۰.۱۷	۰.۲۰
۵	۱.۰۲	۱.۲۹	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۸	۰.۰۸	۰.۰۹
۶	۱.۱۴	۵.۱۰	۰.۵۲	۰.۵۵	۰.۵۹	۱.۰۱	۱.۸۳
۷	۱.۱۱	۳.۷۸	۰.۴۲	۰.۴۴	۰.۴۶	۰.۷۰	۱.۱۳
۸	۱.۰۳	۱.۴۴	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۲	۰.۱۴
۹	۱.۰۱	۱.۰۷	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲
۱۰	۱.۰۵	۱.۹۰	۰.۱۹	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۲۴	۰.۳۰
۱۱	۰.۹۹	۰.۹۳	-۰.۰۲	-۰.۰۲	-۰.۰۲	-۰.۰۲	-۰.۰۲
۱۲	۱.۰۰	۰.۹۷	-۰.۰۱	-۰.۰۱	-۰.۰۱	-۰.۰۱	-۰.۰۱
۱۳	۱.۰۳	۱.۴۴	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۲	۰.۱۴
۱۴	۱.۱۲	۳.۹۸	۰.۴۳	۰.۴۶	۰.۴۸	۰.۷۵	۱.۲۳
۱۵	۱.۰۵	۱.۹۶	۰.۲۰	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۲۶	۰.۳۲
۱۶	۱.۳۱	۳۱.۱۳	۱.۲۶.۲۰.۱۳	۱.۴۴	۱.۶۶	۵.۹۴	۲۶.۴۳
۱۷	۱.۰۳	۱.۴۹	۰.۱۲	۰.۱۲	۰.۱۲	۰.۱۳	۰.۱۵
۱۸	۱.۰۵	۱.۹۶	۰.۲۰	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۲۶	۰.۳۲
۱۹	۱.۱۶	۶.۴۵	۰.۶۱	۰.۶۵	۰.۷۰	۱.۳۰	۲.۶۴
۲۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۲۱	۱.۰۳	۱.۴۴	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۲	۰.۱۴
۲۲	۰.۸۹	۰.۲۲	-۰.۳۹	-۰.۳۷	-۰.۳۵	-۰.۲۴	-۰.۱۸
۲۳	۱.۰۷	۲.۴۵	۰.۲۷	۰.۲۸	۰.۲۹	۰.۳۸	۰.۵۱
۲۴	۱.۰۶	۲.۰۷	۰.۲۲	۰.۲۲	۰.۲۳	۰.۲۹	۰.۳۶
۲۵	۱.۰۰	۰.۹۷	۰.۰۱	-۰.۰۱	-۰.۰۱	-۰.۰۱	-۰.۰۱
۲۶	۱.۰۵	۱.۹۶	۰.۲۰	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۲۶	۰.۳۲
۲۷	۱.۰۷	۲.۳۲	۰.۲۵	۰.۲۶	۰.۲۷	۰.۳۵	۰.۴۶
۲۸	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۲۹	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۳۰	۱.۰۳	۱.۴۴	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۲	۰.۱۴

جدول ۱-۹: اعمال تبدیل‌های متفاوت روی داده‌های غیرنرمال شاخص CPI

۱-۹-۱- تبدیل جانسون

با توجه به اینکه تبدیل Box-Cox برای داده‌های منفی قابل به کارگیری نیست،

لذا در بسیاری از موارد عملی قابل کاربرد نخواهد بود. برای این منظور تبدیل دیگری توسعه

داده شده است که دامنه کاربردپذیری آن بسیار جامع‌تر از تبدیل Box-Cox می‌باشد.

برخلاف تبدیل Box-Cox که تنها در معدودی از نرم افزارهای آماری قابل دسترسی است،

تبدیل جانشون در بسیاری از نرم افزارهای آماری نظیر Minitab قابل انجام است. (با توجه به

پیچیدگی محاسباتی تبدیل جانشون این یک مزیت است). بسیاری از نرم افزارهای آماری

همانند Minitab در بسیاری از حالات می‌توانند اقدام به ارائه بهترین تبدیل جانشون برای

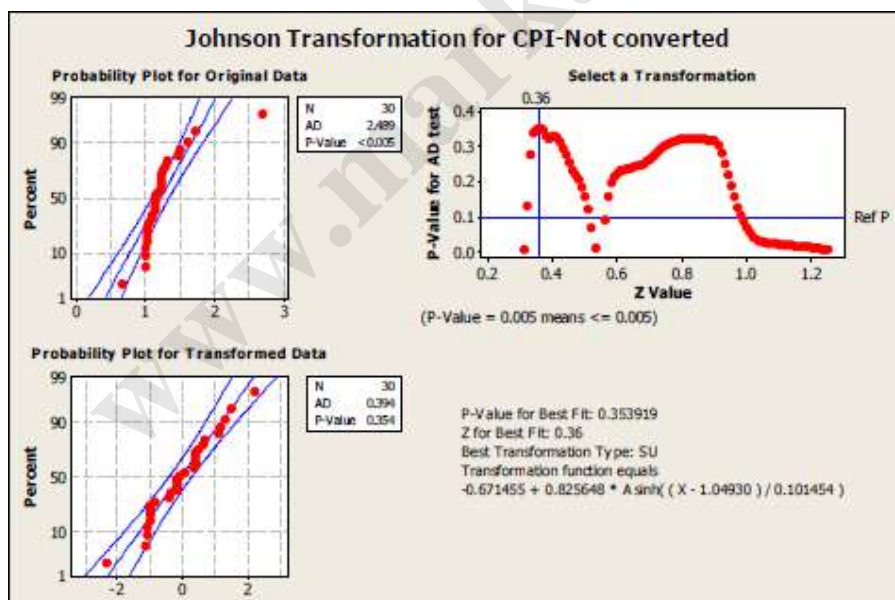
داده‌های با توزیع آماری غیرنرمال نمایند. [۱۷]

همانطور که با دقت در شکل ۱-۱۵ می‌توان دریافت تبدیل جانشون (توسط نرم

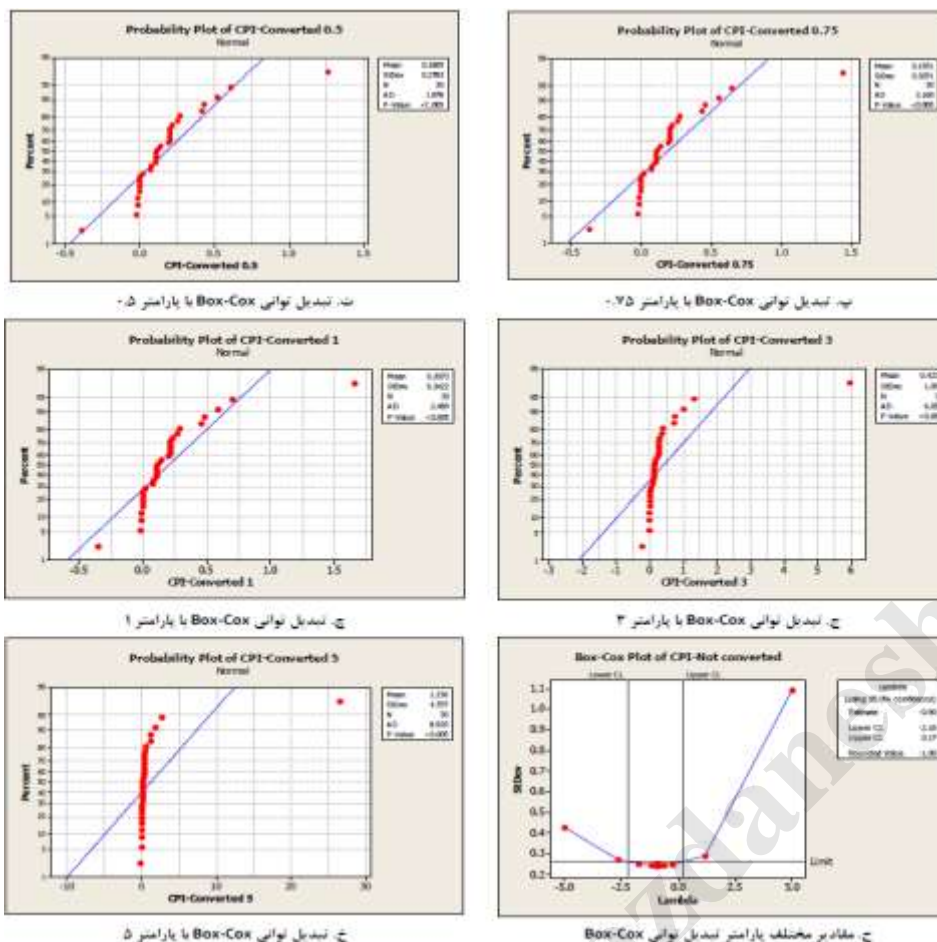
افزار Minitab) می‌تواند داده‌های شاخص CPI را تبدیل به توزیع آماری نرمال کند. در نقطه

مقابل تبدیل‌های توانی و Box-Cox نمی‌تواند توزیع آماری داده‌های شاخص CPI را تبدیل

به توزیع آماری نرمال کنند. (شکل‌های ۱-۱۶). [۱۷]



شکل ۱-۱۵: تبدیل جانشون اعمال شده روی داده‌های شاخص CPI

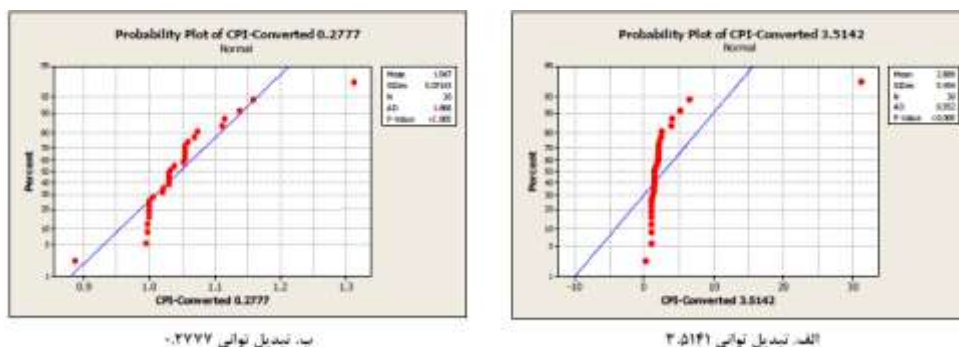


شکل ۱-۱۶: نیکویی برآزش توزیع آماری نرمال برای داده های تبدیل یافته شاخص

CPI با مقادیر متفاوت پارامتر λ

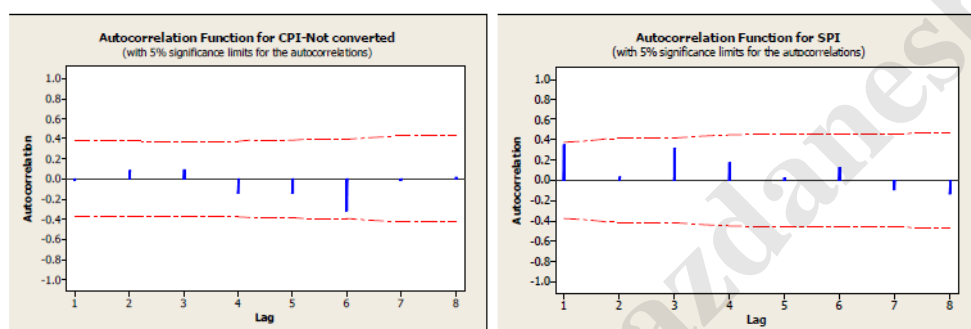
جهت بررسی فرض دوم به کارگیری نمودارهای کنترلی شوهارت، استقلال داده‌ها توسط نرم افزار Minitab نمودارهای خود همبستگی برای داده‌های مربوط به هر دو شاخص ترسیم شده‌اند. (شکل ۱-۱۸). استقلال به این معنی است که داده‌های متوالی روی یکدیگر تأثیر نمی‌گذارند. بنابراین مشاهده مقداری برای یک داده تأثیری در مقدار مشاهده شده برای داده‌های دیگر ندارد. [۱۷]

از شکل‌های ۱۸-۱ الف و ۱۸-۱ ب می‌توان دریافت که داده‌های مورد مطالعه به لحاظ آماری کاملاً مستقل از یکدیگر هستند.



شکل ۱-۱۷: نیکویی برآزش توزیع آماری نرمال برای داده های تبدیل

یافته شاخص CPI با مقادیر متفاوت پارامتر λ



شکل ۱-۱۸: نمودار خودهمبستگی برای شاخص های مورد مطالعه، الف. شاخص SPI، ب. شاخص CPI

۱۰-۱- نمودارهای کنترلی فردی

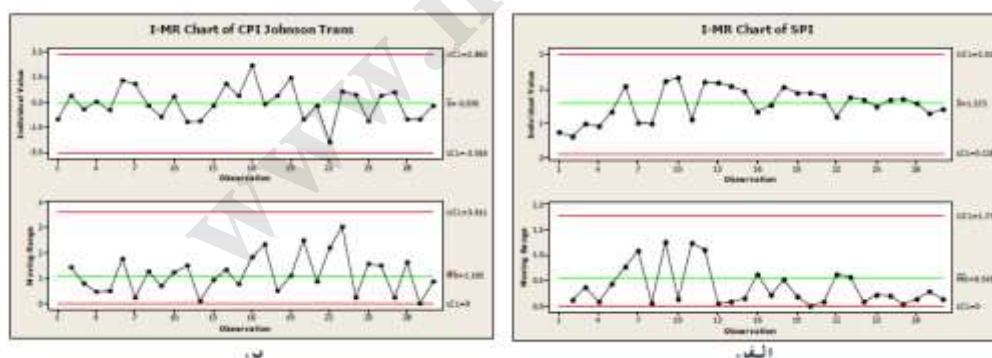
با معتبر بودن دو فرض نرمال بودن و استقلال داده ها می توان نمودارهای کنترلی فردی اولیه برای هر یک از دو شاخص مورد مطالعه را ترسیم نمود. باید توجه داشت که هدف از ترسیم این نمودارها محاسبه حدود کنترلی و دیگر پارامترهای ترسیم نمودارها می باشد. پس از ترسیم نمودارها، آن ها برای کنترل آماری شاخص ها استفاده می شوند.

همانطور که پیشتر نیز گفته شد شاخص های مورد مطالعه در هر دوره از ارزیابی یک نمونه تک عضوی از عملکرد فرآیند ارائه می دهند و بنابراین نمودار کنترلی مناسب، نمودار کنترلی فردی خواهد بود. یادآوری می نماییم با توجه به محاسبه دوره ای شاخص های عملکرد

هزینه و زمان، آنها نشان دهنده مقدار ارزش کسب شده در هر دوره ارزیابی و بنابراین بیانگر کارایی تیم پروژه هستند. لذا مقایسه آنها با یکدیگر منعکس کننده تغییرات عملکردی تیم پروژه می‌باشند. نمودارهای کنترلی فردی که خود متشکل از دو نمودار است (شکل ۱۹-۱). نشان دهنده وجود اختلاف قابل توجهی میان نمونه‌ها هستند. نمودار اول^{۳۷} بیانگر مقادیر به دست آمده از هر نمونه و نمودار دوم^{۳۸} بیانگر اختلاف بین هر دو نمونه متوالی است [۱۴ و ۱۵]. اطلاعات شاخص CPI پروژه که پیشتر در جدول ۱-۸ آورده شده بود، تحت تبدیل جانسون در جدول ۱-۱۰ آورده شده است. این داده‌های تبدیل یافته در ترسیم نمودارهای کنترلی شاخص CPI استفاده شده است.

شماره نمونه شاخص تبدیل یافته	۳۶.	-۰۶.	-۴۳.	-۰۳.	-۴۶.	-۲۹.	۰۷.	-۲۰.	-۹۱.	۳۱.
شماره نمونه شاخص تبدیل یافته	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۰
شماره نمونه شاخص تبدیل یافته	-۲۰.	-۱۳.	-۲۰.	۱۱.	۳۶.	۱۸.	-۱۳.	۳۶.	۴۴.	-۰۶.
شماره نمونه شاخص تبدیل یافته	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۰
شماره نمونه شاخص تبدیل یافته	-۲۰.	-۳۹.	۶۵.	۴۴.	-۱۳.	۳۶.	۵۸.	-۰۶.	-۰۶.	-۲۰.

جدول ۱-۱۰: مقادیر تبدیل یافته داده‌های شاخص CPI تحت تبدیل جانسون



شکل ۱۹-۱: نمودار کنترلی فردی اولیه برای شاخص‌های مورد مطالعه، الف. شاخص

SPI، ب. شاخص CPI

^{۳۷} - Individual X

^{۳۸} - Moving Range

از نمودارهای شکل الف. ۱۹-۱ و ب. ۱۹-۱ لازم است حدود کنترلی و پارامترهای مربوطه به منظور کنترل وضعیت زمانی و هزینه‌ای پیشرفت پروژه استخراج شوند. این حدود در جدول ۱۱-۱ نشان داده شده‌اند.

CPI	SPI		
۲.۸۶۳	۳.۰۱۸	حد بالا	نمودار اول
۰.۰۷۶	۱.۵۷۳	حد مرکزی	
-۳.۰۱۶	۰.۱۲۸	حد پایین	
۳.۶۱۱	۱.۷۷۵	حد بالا	نمودار دوم
۱.۱۰۵	۰.۵۴۳	حد مرکزی	
۰	۰	حد پایین	

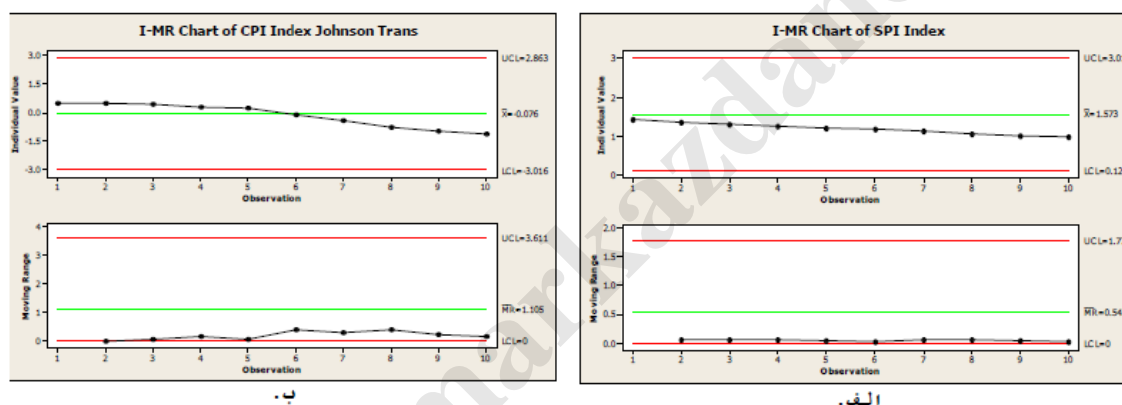
جدول ۱۱-۱: حدود کنترلی در نمودارهای فردی برای شاخص‌های مورد مطالعه

با در دست داشتن حدود کنترلی، اکنون نوبت به ترسیم نمودارهای کنترلی می‌رسد (شکل ۲۰-۱). برای این منظور، از مقادیر شاخص‌ها برای ۱۰ دوره استفاده نموده‌ایم (جدول ۱۲-۱).

شماره نمونه										
شاخص SPI	۴۳.	۳۸.	۳۱.	۲۵.	۲۱.	۱۹.	۱۳.	۰۸.	۰۳.	
شاخص CPI	۲۱.	۲۱.	۲۰.	۱۸.	۱۷.	۱۱.	۰۸.	۰۵.	۰۳.	۰۱.
شاخص CPI تبدیل یافته	۴۷.	۴۷.	۴۳.	۲۸.	۲۴.	-۱۴.	-۴۱.	-۷۸.	-	-۱۵.

جدول ۱-۱۲: مقادیر شاخص‌های به دست آمده از پروژه جهت کنترل آماری توسط نمودارهای

کنترلی فردی (داده‌های شاخص CPI توسط تبدیل جانسون به توزیع آماری نرمال تبدیل شده‌اند).



شکل ۱-۲۰: نمودار کنترلی فردی برای کنترل شاخص‌های مورد مطالعه، الف. شاخص

SPI، ب. شاخص CPI

با دقت در این نمودارهای کنترلی می‌توان دریافت، تحت کنترل بودن دو متغیر

تصادفی فوق که شاخص‌های هزینه‌ای و زمانی یک پروژه در حال اجرا هستند، نشان دهنده این

است که تمامی تخصیص‌های زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های پروژه در حال اجراء تحت کنترل

است. البته بایستی این نکته متذکر شود که در صورتی که نمودارها عدم کنترل فرآیند را نشان

دهند، نیز می‌توان تحلیل‌هایی برای نشان دادن نوع عدم کنترل ارائه داد. (به عنوان مثال، این

عدم کنترل می‌تواند ناشی از عدم اجراء چرخه بهبود مستمر باشد).

اگر چه ترسیم نمودارهای کنترل کیفیت آماری (شکل ۱-۲۰) دربردارنده اطلاعات

مفیدی است، به منظور نشان دادن مزایای آن در مقابل نمودارهای روند^{۳۹} که در برخی از

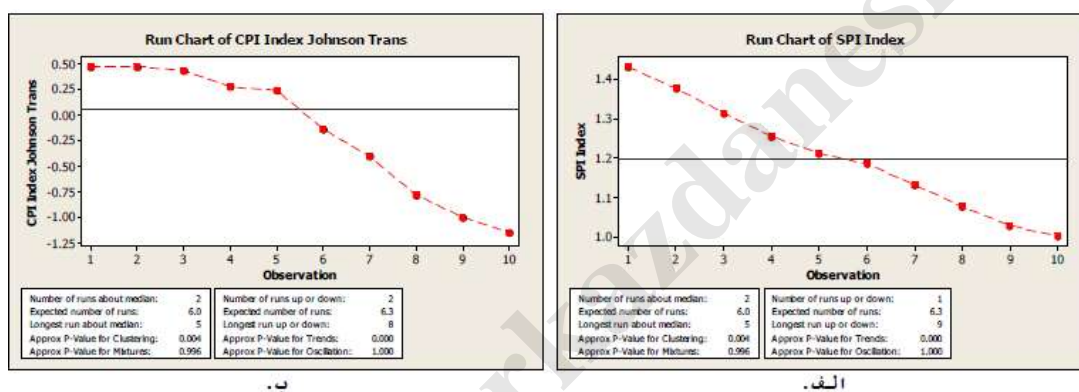
پروژه‌ها جهت کنترل شاخص‌های مورد مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرند بر آن شدیم تا

نمودارهای روند را برای ۱۰ داده مورد مطالعه ترسیم نماییم (شکل ۱-۲۱). اگر چه استفاده از

این نمودارها کمک به نمایش مقادیر شاخص‌ها در طی زمان و مقایسه آنها با یکدیگر می‌نماید،

لیکن نمی‌تواند مبنایی برای قضاوت و تحلیل در خصوص تحت کنترل بودن/ نبودن عملکرد

پروژه باشد این خود از بزرگترین ایرادات نمودار روند می‌باشد.



شکل ۱-۲۱: نمودارهای روند برای شاخص‌های مورد مطالعه، الف. شاخص SPI، ب.

شاخص CPI

با دقت در شکل ۱-۲۱ می‌توان دریافت که برای نمودارهای روند نمی‌توان تحلیل

خاصی را انجام داد و فقط می‌توان اطلاعات جزئی از آن استخراج نمود. به عنوان مثال با دقت

در نمودار روند شاخص SPI (شکل الف. ۱-۲۱) می‌توان دریافت که در اولین ماه از پایش،

وضعیت زمانی پیشرفت پروژه بسیار خوب بوده است و پروژه جلوتر از برنامه زمان بندی خود

می‌باشد. اگر چه این روند در طی این ۱۰ ماه ادامه دارد و همچنان پروژه جلوتر از برنامه زمان

بندی خود بوده است، ولی پیشرفت پروژه سیر نزولی دارد، آنچه از این نمودار روند به دست

می‌آید این است که علی‌رغم سیر نزولی پیشرفت زمانی پروژه، پروژه از برنامه زمانی خود عقب

نیست. ولی تنها با تکیه بر نمودار روند نمی‌توان به اطلاعات دیگر دست یافت، بنابراین رویکرد پیشنهادی در این مقاله می‌تواند عملکرد پروژه را به خوبی منعکس نماید. [۱۷]

خلاصه :

در این فصل به تعریف ارزش کسب شده پرداخته شد و در مورد آن تجزیه تحلیل انجام گرفت و تفسیرهایی بیان شد.

www.markazdanesh.ir

فصل دوم: تخمین و برآورد

www.markazdaneh.ir

مقدمه :

در این فصل به تخمین تکامل پروژه پرداخته می شود و روشهای برآورد هزینه اتمام پروژه و برآورد زمان اتمام پروژه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. این امر با استفاده از حل تعدادی مثال و ارائه چندین جدول انجام خواهد پذیرفت

۲-۱- تخمین تکامل پروژه

سؤال: آیا پیشرفت کار با برنامه ریزی انجام شده مطابقت دارد؟!

پیشرفت و تعابیر مختلف آن اگرچه به نظر می رسد پیشرفت یک پروژه از بدیهیات می باشد برای شروع به کار ابتدا لازم است تعبیر و تعریف روشنی از پیشرفت پروژه ها بدست آورد، چرا که بر اساس تعابیر و اهداف مختلف میزان پیشرفت پروژه تعریف متفاوتی می یابد. به این ترتیب سه تعریف مختلف از پیشرفت پروژه به شکل زیر ارائه می شود (۱۰):

پیشرفت ریالی: مقدار هزینه انجام شده به کل هزینه.

پیشرفت زمانی: مقدار زمان صرف شده به کل زمان.

پیشرفت فیزیکی: مقدار محصولات تولید شده به کل محصولات.

برآوردها

۲-۱-۱- برآورد هزینه اتمام پروژه (EAC)

با پیشرفت پروژه، تیم پروژه می تواند هزینه اتمام پروژه (EAC) را بر اساس عملکرد گذشته برآورد نماید. به طور معمول در برآورد EAC از شاخص های عملکرد پروژه یعنی SPI و CPI استفاده می شود. روش های متفاوتی برای برآورد EAC در شرایط گوناگون وجود دارد، مؤسسه مدیریت پروژه آمریکا (PMI) مهمترین روش های برآورد EAC را بیان می کند. [۱۳]

هزینه اتمام پروژه به هر یک از روش‌های فوق که محاسبه شود، در نهایت با بودجه

اتمام (BAC) و کل بودجه در دسترس مقایسه می‌شود. سپس با توجه به شرایط پیش‌بینی شده، اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه مناسب جهت بهبود عملکرد آتی پروژه اجرا می‌گردد. [۱۳]

۲-۱-۲- برآورد زمان اتمام پروژه $EAC(t)$

به کمک شاخص‌ها و داده‌های EVM می‌توان زمان اتمام پروژه را با توجه به

عملکرد پروژه در گذشته به روش‌های مختلف برآورد نمود. در سال‌های اخیر نیز مفاهیم

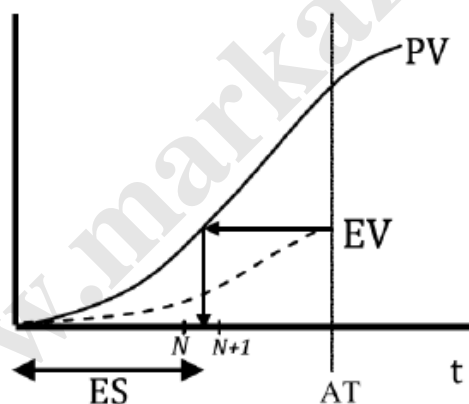
جدیدی برای افزایش دقت برآوردهای زمان اتمام پروژه تعریف و روش‌های جدیدی با استفاده

از این مفاهیم گسترش داده شده‌اند. از جمله مهم‌ترین این مفاهیم، زمان‌بندی کسب شده

(ES) است که در محاسبه $EAC(t)$ به کار گرفته می‌شود. ES در حقیقت معادل زمانی

EV است و همان گونه که در شکل ۱-۲ مشاهده می‌شود از تصویر نمودن EV بر خط مبنای

عملکرد به دست می‌آید. [۱۰] مقدار عددی ES به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:



شکل ۱-۲: مفهوم ES در مقابل EV [۴۱]

N در این رابطه نشان دهنده نزدیک ترین دوره‌ای است که EV فعلی از ارزش

برنامه‌ریزی شده آن دوره بیشتر باشد. به عبارت دیگر، $PV_N < EV < PV_{N+1}$. با داشتن ES

شاخص جدیدی برای عملکرد زمان‌بندی پروژه $SP(t)$ قابل محاسبه است که معادل زمانی

SPI است. $SP(t)$ از رابطه زیر به دست می‌آید: AT در این رابطه معرف دوره زمانی فعلی

است. $SP(t) = ES/AT$ نسبت به SPI دارای برتری است، زیرا شاخص SPI در اواخر پروژه به دلیل نزدیکی Ev به PV به عدد یک همگرا می‌شود و در نهایت چون Ev با PV برابر می‌گردد، همیشه مقدار SPI در پایان پروژه یک خواهد بود، که به صورت نادرست کارایی تیم پروژه در استفاده از مان را ۱۰۰٪ نشان می‌دهد. چنین مشکلاتی با به کارگیری $SP(t)$ مرتفع می‌شوند. [۱۰]

رابطه زیر نشان دهنده فرمول عمومی پیش‌بینی زمان اتمام پروژه به کمک ES است:

در این رابطه، PD نشان دهنده زمان برنامه‌ریزی شده برای اتمام پروژه و PF معرف فاکتور عملکرد است که بر اساس روند تکمیل فعالیت‌های باقی مانده تعیین می‌شود و عموماً می‌توان دو حالت اصلی زیر را برای آن در نظر گرفت:

$$PF=1: \text{طول زمانی فعالیت‌های باقی مانده مانند برنامه باشد: } EAC(T) = AD + (PD-ES)$$

$PF=SPI(t)$: طول زمانی فعالیت‌های باقی مانده بر اساس شاخص $SPI(t)$ فعلی تغییر نماید: [۱۰]

۲-۱-۳- تخمین هزینه اتمام پروژه

فرمولهای زیادی برای تخمین هزینه پایانه‌ی در سالهای گذشته ارائه شده‌اند که در ادامه آورده خواهند شد. فرمول کلی EAC، که معمولاً آخرین پیش‌بینی تجدید نظر شده^{۴۰} نیز نامیده می‌شود، را می‌توان به صورت زیر بیان کرد [۳۷].

(۲) مقدار بودجه مورد نیاز برای تکمیل پروژه، مقدار هزینه صرف شده در

$$EAC = \text{پروژه}$$

$$EAC = AC + ETC(3)$$

^{۴۰} latest Reviset Estimate (LRE).

در تخمین EAC، بیشتر بحث‌ها و فرمولهای موجود به خاطر اختلاف نظر در

روش تخمین بودجه مورد نیاز برای کارهای باقیمانده بوجود آمده‌اند. به طور کلی ETC را می‌توان به صورت ذیل نشان داد.

(۴)

$$ETC = \frac{\text{Budgeted Cost for Work Remained}}{\text{Performance Factor}} = \frac{BCWR}{P.F} = \frac{BAC - BCWP}{P.F}$$

همان‌طور که از فرمول (۴) نیز مشخص است، آنچه که در تخمین ETC مهم

است، فرمول محاسبه عملکرد پروژه است. حال به بررسی هر کدام از پنج فرمول محاسبه EAC خواهیم پرداخت.

الف) محاسبه EAC با فرض عملکرد ۱۰۰ درصدی

در این روش فرض می‌شود که عملکرد پروژه بعد از گزارش گیری ۱۰۰ درصد

است. در این روش مقدار مخرج در رابطه بالا یک شده و به صورت زیر تبدیل می‌شود.

$$EAC = AC + (BAC - EV) \quad (۵)$$

ب) محاسبه EAC با شاخص عملکرد هزینه تجمعی

متوسط عملکرد هزینه جاری پروژه، به راحتی از تقسیم میزان هزینه تجمعی

ارزش کسب شده بر میزان تجمعی هزینه‌های واقعی، قابل محاسبه است. مقدار حاصله، شاخص

عملکرد هزینه بوده که عدد کوچکتر از یک نشان دهنده عملکرد نامناسب هزینه است. در این

روش، از تقسیم بودجه کل بر CPI تخمینی از هزینه پایانی پروژه به دست می‌آید و نتیجه

ادامه روند عملکرد را از هم اکنون تا پایان پروژه منعکس می‌سازد.

$$EAC = AC + \frac{(BAC - EV)}{\text{Cumulative CPI}} \quad (۶)$$

ت) محاسبه EAC با استفاده از SPI تجمعی

$$EAC = AC + \frac{(BAC - EV)}{\text{Cumulative SPI}} \quad (۷)$$

ج) محاسبه EAC با استفاده از CPI و SPI تجمعی

فرمول آماری دیگر، فرمولی متشکل از ترکیب شاخص عملکرد هزینه و زمان است.

فرمول محاسبه این روش و مفهوم آن در زیر تشریح می‌شود:

$$EAC = AC + \frac{(BAC - EV)}{SPI * CPI} \quad (۸)$$

اگر طرح از نظر هزینه و زمان در وضعیت نامطلوبی قرار داشته باشد، باید افزایش

هزینه بیشتری را در پروژه انتظار داشت. علت این امر می‌تواند افزایش بالقوه زمان و یا افزایش

سرعت کارها برای اتمام پروژه در زمان تعیین شده باشد. در هر حال هر دوی آنها هزینه‌بر

است.

د) محاسبه EAC با ترکیبی از SPI , CPI تجمعی

$$EAC = AC + \frac{(BAC - EV)}{W * SPI + (1 - W) * CPI} \quad (۹)$$

در فرمول (۹)، بایستی میزان W مقداری بین صفر و یک انتخاب شود که اکثراً از

ترکیب $0.8 * CPI + 0.2 * SPI$ در پروژه‌ها استفاده شده است [۲۶]. علت این کار، نیز بدین

صورت است. هر چند که هر دو شاخص عملکرد هزینه و زمان بندی مهم هستند، ولی CPI

شاخصی حساس‌تر نسبت به SPI است زیرا عملکرد منفی هزینه (کمتر از یک) به احتمال زیاد

قابل جبران نخواهد بود. این در حالی است که SPI کمتر از یک، با انجام و تکمیل فعالیت‌ها

به سمت یک افزایش خواهد یافت. بنابراین، نظارت دقیق بر روند و نرخ تجمعی CPI همراه با

وضعیت پیشرفت فعالیت‌های مسیر بحرانی، امری ضروری و غیرقابل اجتناب برای مدیران

پروژه‌هاست.

جریستنسن و سایرین، دقت فرمول‌های ذکر شده را بر روی ۲۵ مطالعه انجام

دادند. آنها مناسب‌ترین فرمول‌ها را $CPI * SPI$, CPI , SPI انتخاب نمودند. همچنین آنها نشان

دادند که CPI از بقیه بهتر جواب می‌دهد [۲۵].

در ادامه رویکردی ارائه خواهد شد که براساس داده‌های در دسترس، روشی با کمترین مقدار انحراف انتخاب می‌گردد.

بنابراین، با توجه به آنچه گفته شد، برای تخمین آماری هزینه پایانی پروژه باید مراحل زیر اجرا شوند:

۱. مقدار هزینه واقعی صرف شده تاکنون مشخص شود.
 ۲. تعیین مقدار ارزش بودجه مورد نیاز برای کارهای باقیمانده
 ۳. مقدار کار باقیمانده را بر مقدار یکی از عوامل عملکرد پروژه، مانند CPI
تجمعی، CPI ضربدر SPI و یا ترکیبی از این دو شاخص و ... تقسیم شود.
- با استفاده از این سه مرحله، می‌توان مقدار هزینه پایانی پروژه و در نتیجه مقدار انحراف هزینه پایانی پروژه را تخمین زد. (۲۵)

۱ - تخمین مدت زمان پروژه

علاوه بر هزینه، مسئله مهم دیگر برای مدیر پروژه، مدیران ارشد و به ویژه کارفرما، مدت اجرای پروژه است. بر طبق تعریف، زمان تکمیل پروژه را رویدادی تعیین می‌کند که در انتهای مسیر بحرانی قرار دارد. مسیر بحرانی، زودترین زمان تکمیل پروژه را مشخص می‌کند و از سوی دیگر، طولانی‌ترین مسیر توالی فعالیت‌هایی است که اجرای آنها برای تکمیل پروژه، ضروری تلقی می‌شود.

مدیریت مسیرهای بحرانی و همچنین نزدیک به بحرانی، برای تکمیل پروژه در زودترین زمان ممکن بسیار حیاتی است. علاوه بر این، عامل دیگری که در کنترل زمان مسیر بحرانی به کار گرفته می‌شود، واریانس زمانی پروژه است که می‌توان از آن در تخمین زمان پایان پروژه استفاده کرد.

مدیریت ارزش کسب شده، شاخص‌های زمانی شناخته شده SV و SPI را تهیه

می‌کند. با این حال، انحراف زمانی، زمان را اندازه نمی‌گیرد بلکه به صورت واحد پولی بیان

می‌شود. به مرور زمان، تفسیر و رفتار شاخص‌های عملکردی زمانی مدیریت ارزش کسب شده

توسط نویسندگان مختلف دچار تغییر شدند [۳۱]، که از مشکلات زیر ناشی می‌شدند:

- نخست اینکه، SV به صورت واحدهای پولی اندازه‌گیری می‌شود و نه واحد

زمانی، این نیز درک آن را مشکل می‌سازد.

- دوم اینکه، $SV=0$ به معنای اتمام فعالیت می‌باشد، همچنین به معنای اجراء مطابق برنامه نیز است.

- سوم اینکه، در پایان پروژه SV همواره برابر صفر می‌شود که نشان دهنده

عملکرد کامل حتی در صورت دیر تمام شدن پروژه می‌باشد. به صورت مشابه SPI نیز همواره

در پایان پروژه یک خواهد شد که نشان دهنده کارایی ۱۰۰ درصد از نظر زمانی است حتی اگر

پروژه تأخیر نیز داشته باشد [۵].

بنابراین موارد ذکر شده، در یک نقطه زمانی، شاخص‌های زمانی SV و SPI

غیرقابل اعتماد خواهند بود و نشان داده شده است، جایی که اکثراً این شاخص‌ها عملکرد

خودشان را از دست خواهند داد، معمولاً در ۳۳ درصد آخر پروژه روی می‌دهند [۳۱].

جهت بدست آوردن زمان کسب شده بدین صورت عمل می‌شود. با توجه به شکل

(۱-۱)، در یک نقطه از زمان منحنی ارزش بدست آمده را در نظر گرفته، حال یک خط به

موازی محور زمان رسم می‌کنیم تا در نقطه‌ای منحنی PV را قطع کند. از این نقطه به موازی

محور هزینه خطی کشیده تا زمان کسب شده بدست بیاید. (شکل ۱-۱).

۲-۲- تعاریف و پارامترهای مورد نظر

زمان واقعی^{۴۱}: زمان کنونی پروژه

^{۴۱} Actual Time(AT).

زمان کسب شده^{۴۲}: میزان زمان مورد نیاز برای کار انجام شده

مدت زمان واقعی^{۴۳}: مدت زمان واقعی (کنونی)

زمان برنامه‌ریزی شده کار باقی مانده^{۴۴}: مقداری است که بایستی برآورد شود و

متکی به ویژگیهای مشخص و حالات کنونی پروژه است [۵] در ادبیات سه روش مختلف مطرح شده‌اند که در ادامه به تشریح آنها پرداخته شده است.

مدت زمان برنامه‌ریزی پروژه^{۴۵}: کل مدت زمان برنامه‌ریزی پروژه است.

بنابراین شاخص‌های عملکرد زمان متناظر به صورت زیرند [۵]:

$$SV(t)=ES-AT \quad (10)$$

$$SPI(t)=ES/AT \quad (11)$$

بنابراین برخلاف SV ، $SV(t)$ به صورت واحدی از زمان بیان می‌شود. زیرا مفهوم

آن را آسانتر می‌سازد. $SV(t) < 0$ عبارت است از واحدهای زمانی که پروژه از عملکرد مورد انتظارش عقب است.

با توجه به مطالب گفته شده، زمان تخمینی پروژه به صورت زیر بدست خواهد

آمد:

$$EAC(t)=AD+PDWR \quad (12)$$

$EAC(t)$: زمان تخمینی اتمام پروژه

^{۴۲} Earned schedule(ES).

^{۴۳} Actual Duration(AD).

^{۴۴} Planned duration of work remaining(PDWR).

^{۴۵} planned duration(PD).

وضعیت	انباری [۴]	ژاکوب [۵]	لایپک [۱۵]
PDWR مطابق برنامه	$EAC(t)_{PV1}$	$EAC(t)_{ED1}$	$EAC(t)_{ES1}$
PDWR در صورتی که روند کنونی SPI را دنبال کند.	$EAC(t)_{PV2}$	$EAC(t)_{ED2}$	$EAC(t)_{ES2}$
PDWR در صورتی که روند کنونی SCI (SPI+CPI) را دنبال کند.	$EAC(t)_{PV3}$	$EAC(t)_{ED3}$	$EAC(t)_{ES3}$
PDWR در صورتی که روند کنونی CPI را دنبال کند.	$EAC(t)_{PV4}$	$EAC(t)_{ED4}$	$EAC(t)_{ES4}$
PDWR در صورتی که روند کنونی $0.8 \cdot CPI + 0.2 \cdot SPI$ را دنبال کند.	$EAC(t)_{PV5}$	$EAC(t)_{ED5}$	$EAC(t)_{ES5}$
روش‌ها	نرخ مقدار برنامه‌ریزی شده	مدت کسب شده	زمان کسب شده

جدول ۱-۲: برآورد PSWR با توجه به وضعیت پروژه

الف) روش مقدار برنامه‌ریزی شده

این روش توسط انباری مطرح شد [۲۷] و متکی به نرخ مقدار برنامه‌ریزی شده

می‌باشد و برابر با میانگین مقدار برنامه‌ریزی شده برای هر دوره زمانی است.

$$PVRatc = BAC / PD \quad (۱۳)$$

این روض فرض می‌کند که انحراف زمان بندی می‌تواند با توجه به تقسیم انحراف

زمان بندی به نرخ مقدار برنامه‌ریزی شده به واحدهای زمانی تبدیل شود و نتیجه آن واریانس

زمانی است که با TV نشان داده می‌شود.

$$TV = SV / PVRatc = (SV * PD) / BAC = (EV - PV) * PD / BAC \quad (۱۴)$$

حال با توجه به جدول (۱-۲) و وضعیتهای مختلف، فرمولهای زیر برای مدت زمان

کار باقی مانده بدست می‌آیند:

$$EAC(t)_{PV1} = PD - TV \quad (۱۵)$$

$$EAC(t)_{PV2} = PD / SPI \quad (۱۶)$$

$$EAC(t)_{PV3} = PD / SCI \quad (۱۷)$$

$$EAC(t)_{PV4} = PD / CPI \quad (۱۸)$$

$$EAC(t)_{PV5} = PD / (0.8 * CPI + 0.2 * CPI) \quad (۱۹)$$

ب)

ب) روش مدت کسب شده

این روش توسط ژاکوب مطرح شد [16] و بوسیله ژاکوب و کان توسعه داده شد [5]، که در آن مدت کسب شده حاصل ضرب مدت زمان واقعی پروژه و شاخص عملکرد زمانی است. بنابراین فرمول عمومی پیش بینی مدت کسب شده به صورت زیر است:

$$EAC(t)_{ED} = AD + (PD - ED) / 1 \quad (21)$$

$$= PD + AD * (1 - SPI)$$

$$EAC(t)_{ED2} = AD + (PD - ED) / SPI = PD / SPI \quad (22)$$

$$EAC(t)_{ED3} = AD + (PD - ED) / SCI \quad (23)$$

$$= PD / SCI + AD * (1 - 1 / PCI)$$

$$EAC(t)_{ED4} = AD + (PD - ED) / CPI \quad (24)$$

$$EAC(t)_{ED5} = AD + (PD - ED) / (0.8 * PCI + 0.2 * SPI) \quad (25)$$

برای وضعیت هایی که مدت زمان پروژه بیشتر از زمان برنامه ریزی بوده و هنوز کار تمام نشده است، PD بایستی با AD در معادلات بالا جایگزین شود.

ژاکوب از این فرمول ارزیابی دیگری استفاده کرد که تلاش اضافی مورد نیاز برای اتمام

پروژه در موعد نهایی اتمام پروژه را اندازه می گرفت. این عمل اصلاحی مربوط به عملکرد زمانی

"شاخص عملکرد زمانی تکمیل پروژه" نامیده شده و به صورت زیر محاسبه می شود:

$$TSCPI = (PD - ED) / (PD - AD) \quad (26)$$

و یا

$$TCSPI - LRS = (PD - ED) / (LRS - AD) \quad (27)$$

که در آن LRS عبارت است دیرترین مدت زمان بندی اصلاح شده.

ت) روش زمانبندی کسب شده

این روش اخیراً توسط هندرسون ارائه شده [6] و توسعه ای از روش قبلی لایپک است.

این روش به صورت زیر می تواند بیان شود:

$$ES=N+(EV-PV_N)/(PV_{N+1}-PV_N) \quad (28)$$

که در آن N عبارت است از افزایش زمانی PV که کمتر از مقدار کنونی PV است،

PV_N و PV_{N+1} به ترتیب عبارتند از مقدار برنامه ریزی شده در زمان N و $N+1$.

فرمول عمومی پیش بینی مدت کسب شده به صورت زیر است:

$$EAC(t)_{ES}AD+(PD-ES)/PF. \quad (29)$$

که در آن فاکتور عملکرد بستگی به وضعیت پروژه دارد:

$$EAC(t)_{ES}=AD+(PD-ES)/1 \quad (30)$$

$$=AD+(PD-ES)$$

$$EAC(t)_{ES2}=AD+(PD-ES)/SPI(t) \quad (31)$$

$$EAC(t)_{ES3}=AD+(PD-ES)/(CPI*SPI(t)) \quad (32)$$

$$=AD+(PD-ES)/SCI(t)$$

$$EAC(t)_{ES4}=AD+(PD-ES)/CPI(t). \quad (33)$$

$$EAC(t)_{ES5}=AD+(PD-ES)/PF \quad (34)$$

شاخص عملکرد زمانی تکمیل پروژه

این شاخص نیز به صورت زیر محاسبه می شود:

$$TCSPI(t)=(PD-ES)/(PD-AD) \quad (35)$$

و یا

$$TCSPI(t)-LRS=(PD-ES)/(LRS-AD) \quad (36)$$

۴. متدولوژی ارزیابی و انتخاب بهترین روش جهت برآورد هزینه و زمان اتمام

پروژه

از آنجایی که برآورد هزینه و زمان و اطلاع از میزان هزینه مصرفی و زمان اتمام پروژه در انتهای پروژه در اکثر پروژه‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد، بنابراین انتخاب روشی که بتواند این عمل را به خوبی انجام دهد و کمترین انحراف با مقدار واقعی را در انتهای پروژه داشته باشد، یکی از مسائل مهم و بحرانی در مدیریت پروژه می‌باشد. همچنانکه در بخش سوم و چهارم تشریح شد، برای این کار روشهای مختلفی در تحقیقات گذشته ذکر گردیده‌اند. لذا، در این بخش یک متدولوژی برای انتخاب بهترین روش که از داده‌های در دسترس استفاده می‌نماید، ارائه خواهد شد.

ایده استفاده از این روش بدین صورت است که براساس عملکرد پروژه در مدت زمان انجام شده، بهترین شاخص عملکردی انتخاب می‌گردد. برای سادگی و مدیریت پروژه، پروژه‌ها به سطوح مختلف کنترلی تقسیم شده و برای هر کدام از این بسته‌های کاری، داده‌های مورد نیاز مدیریت ارزش کسب شده جمع‌آوری می‌شوند. این داده‌ها شامل پارامترهایی هستند که در بخش‌های قبلی به آنها اشاره شده است. ایده استفاده از این متدولوژی بدین صورت است، از آنجایی که مقادیر واقعی هزینه تا زمان گزارش گیری در دسترس هستند، بنابراین برآورد کردن این هزینه (هزینه زمان گزارش گیری) در ماههای قبل از آن با توجه به شاخص‌های عملکردی مختلف و انتخاب بهترین آنها از لحاظ کمترین انحراف، می‌تواند روش خوبی باشد. حال برای انتخاب بهترین شاخص در بین پنج شاخص گفته شده برای برآورد هزینه و زمان مراحل زیر به کار گرفته می‌شوند. (۳)

a. انتخاب یک یا چند برهه زمانی قبل از زمان کنونی (زمان گزارش گیری)

b. محاسبه شاخص‌های مختلف عملکردی برای هر کدام از پنج روش در زمان یا

زمان‌های انتخاب شده

c. برآورد هزینه پروژه زمان کنونی با هر یک از شاخص‌ها در زمان‌های انتخاب

شده

d. محاسبه اختلاف مقادیر برآورد شده با هزینه‌های واقعی موجود بدست آمده از

اجرای پروژه

e. محاسبه مقدار میانگین مربعات خطا برای هر یک از روشها

f. انتخاب روشی با کمترین میانگین مربعات خطا

g. برآورد هزینه هر کدام از بسته‌های کاری تمام نشده و همچنین برآورد هزینه

اتمام کل پروژه با توجه به شاخص عملکردی انتخابی در گام ششم.

h. برآورد زمان اتمام پروژه براساس شاخص عملکردی انتخاب شده در گام ۶ و

براساس روشهای مختلف ذکر شده در جدول ۲-۲.

برای برآورد کردن هزینه چنانچه در بخش سوم آورده شد. پنج روش متداول با

توجه به شاخص عملکرد پروژه در ادبیات موضوع به آنها اشاره شده است. این پنج روش به

صورت زیر خلاصه شده‌اند:

$$EAC = AC + \left(\frac{BAC - EV}{Performance.Factor} \right)$$

EAC1 اگر $P.F=1$

EAC2 اگر $P.F=SPI$

EAC3 اگر $P.F=CPI$

EAC4 اگر $P.F=CPI*SPI$

EAC5 اگر $P.F=0.8*CPI+0.2*SPI$

همچنین در جدول (۲-۲) خلاصه روشهای به کار رفته در برآورد زمان تکمیل

پروژه نشان داده شده‌اند.

لایک	ژاکوب	آبایی	
$AD_+(PD-ES)$	$PD+AD \times (1-SPI)$	PD-TV	PDWR مطابق برنامه
$AD_+(PD-ES)/SPI$	PD/SPI	PD/SPI	PDWR در صورتیکه روند کنونی SPI را دنبال کند.
$AD_+(PD-ES)/SCI$	$PD/SCI+AD \times (1-1/CHI)$	PD/CHI	PDWR در صورتیکه روند کنونی SCI را دنبال کند.
$AD_+(PD-ES)/CHI$	$AD_+(PD-ED)/CHI$	PD/CHI	PDWR در صورتیکه روند کنونی CHI را دنبال کند.
$AD_+(PD-ES)/CSI$	$AD_+(PD-ED)/CSI$	PD/CSI	PDWR در صورتیکه روند کنونی CSI را دنبال کند.
$(PD-ES)/(PD-AD)$	$(PD-ED)/(PD-AD)$		TCSPI شاخص ارزیابی زمان اتمام
برخی از فرمول های مرتبط			
$SCI=SPI \times CHI$ شاخص ترکیبی			
$CSI=0.8 \times CHI+0.2 \times SPI$ شاخص ترکیبی			
N دوره زمانی گزارش			
$ED=AD \times SPI$			
$TCSPI=(PD-ED)/(PD-AD)$			
$TCSPI(t)=(PD-ES)/(PD-AD)$			

جدول ۲-۲: روشهای برآورد زمان تکمیل پروژه

۵. مثال (۳)

در این بخش، روش ارزش و زمان کسب شده برای یک مثال فرضی پیاده خواهد گردید. در ابتدا برای این پروژه با استفاده از متدولوژی ذکر شده، بهترین شاخص عملکردی انتخاب شده و براساس این شاخص برآورد هزینه تکمیل پروژه محاسبه می گردند. سپس با استفاده از همین شاخص برآورد زمان تکمیل پروژه براساس روشهای مختلف محاسبه می گردد. فرضیات: فرض کنید پروژه ای داریم که به ۳۶ دوره های زمانی تقسیم شده و اکنون در دوره ۱۱ این پروژه واقع هستیم. حال در پی این هستیم که براساس روش سیستم ارزش کسب شده هزینه اتمام پروژه و براساس سیستم زمان کسب شده زمان پروژه را برآورد نماییم. داده های مورد نیاز برای پروژه تا زمان کنونی در جدول (۲-۳) نمایش داده شده اند. حال براساس متدولوژی ارائه شده در بخش سوم، بهترین شاخص و در نهایت هزینه و زمان تکمیل پروژه برآورد خواهند شد.

دوره زمانی	BCWS	ارزش کسب شده (EV)	هزینه های واقعی (AC)
1	110	100	
2	140	135	160
3	240	210	180
4	265	240	270
5	750	580	880
6	1,200	1000	1,100
7	1,800	1200	1,600
8	2,200	1800	2,000
9	2,800	2,400	2,550
10	3,200	3,000	3,400

جدول ۲-۳: داده های مسئله نمونه

برای انتخاب بهترین روش جهت برآورد هزینه از متدولوژی گفته شده در بخش قبلی استفاده می شود. به طوری که برای دوره های ۲ و ۳ که تمام اطلاعات آنها در جدول (۲-۳) وجود دارد. برای برآورد دوره های ۹ و ۱۱ استفاده می نماییم. سپس مقادیر بدست آمده را با مقدار هزینه واقعی دوره های ۹ و ۱۱ مقایسه کرده و سپس برای دوره های مذکور اختلاف بین هزینه واقعی با مقدار برآورد شده توسط روشهای مختلف را بدست آورده و با استفاده از روش آماری کمترین مربعات خطا، بهترین روش انتخاب می شود. بنابراین فرایندهای زیر برای انتخاب بهترین روش به کار گرفته می شوند:

۱- بدست آوردن مقادیر EAC (دوره های ۹ و ۱۱ را به عنوان دوره پایان در نظر می گیریم). برای سه روش گفته شده و برای دوره های ۲ و ۳ و ۹ (لازم به ذکر است که در صورت انتخاب بیشتر دوره ها دقت انتخاب بهترین روش افزایش خواهد یافت).

۲- محاسبه اختلاف برآوردهای بدست آورده شده با هزینه واقعی دوره های ۹ و ۱۱

برای هر پنج روش

۳- محاسبه میانگین مربعات خطا در روشهای ذکر شده

۴- انتخاب بهترین روش براساس کمترین مربعات خطا

لذا با توجه به مطالب ذکر شده جداول ۲-۴ و ۲-۵ حاصل می شوند.

	دوره 2	دوره 3	AC (دوره 9)	دوره 2	دوره 3	دوره 9	AC (دوره 11)
EAC1	2,825	2,770	2,550	4,625	4,570	4,750	5,400
EAC2	3,319	2,400	2,550	5,452	3,943	5,277	5,400
EAC3	2,924	3,140	2,550	4,790	5,197	5,117	5,400
EAC4	3,436	2,717	2,550	5,648	4,480	5,277	5,400
EAC5	3,231	2,517	2,550	5,305	4,141	4,930	5,400

جدول ۴-۲: EAC برای دوره های ۹ و ۱۱ در روشهای مختلف

اعداد داخل جدول (۴-۲) که سایه زده نشده‌اند، برآورد تکمیل هزینه پروژه تا دوره‌های ۹ و ۱۱ می‌باشند. درضمن اعداد واقع در ستون‌های سایه زده شده اعداد واقعی هزینه در دوره‌های ۹ و ۱۱ می‌باشند.

حال برای اینکه میزان انحراف روشهای مختلف برآورد بدست بیاید، بایستی این مقدار از مقادیر واقعی دوره‌های ۹ و ۱۱ کسر گردند. این محاسبات در جدول (۵-۲) نمایش داده شده‌اند. حال برای سنجش بهترین شاخص عملکردی، میزان انحراف‌ها را با روش آماری مجموع مربعات اندازه گیری می‌کنیم. این مقادیر در ستون آخر جدول (۵-۲) نشان داده شده‌اند. سپس در این ستون کمترین مقدار را انتخاب نموده و روش متناظر با عدد انتخاب شده را به عنوان بهترین شاخص جهت برآورد هزینه کل پروژه انتخاب می‌شود که در این پروژه شاخص CPI است.

	اختلاف با هزینه واقعی دوره 9		اختلاف با هزینه واقعی دوره 11			مجموع مربعات
	دوره 2	دوره 3	دوره 2	دوره 3	دوره 9	
EAC1	275	220	-775	-830	-650	1,836,050
EAC2	769	-150	52	-1,457	-123	2,754,183
EAC3	374	590	-610	-203	-283	980,832
EAC4	886	167	248	-920	-123	1,734,234
EAC5	681	-33	-95	-1,259	-470	2,279,843

جدول ۵-۲: مقادیر اختلاف بین EAC ها و AC برای دوره های ۹ و ۱۱

در جدول (۶-۲) برآورد تکمیل پروژه و سایر پارامترهای ارزش کسب شده محاسبه

شده‌اند.

برآورد تکمیل پروژه (EAC)	شاخص عملکرد هزینه (CPI)	شاخص عملکرد زمان SPI	انحراف هزینه (CV)	انحراف زمان بندی (SV)	AC	EV	PV	دوره زمانی
30,857	0.78	0.91	-1,200	-400	5,400	4,200	4,600	دوره 11

جدول ۶-۲: شاخص ها و برآورد هزینه برای پروژه کناره

۲-۲-۱- تجزیه و تحلیل مقادیر بدست آمده در جدول ۶-۲:

۱. مقدار انحراف زمان بندی منفی، نشان می‌دهد که از برنامه عقب هستیم.
۲. $SPI=91\%$ نشان می‌دهد که فقط ۹۱ درصد از برنامه محقق شده است.
۳. CV نشان می‌دهد که به اندازه ۱۲۰۰ واحد بیشتر هزینه شده است.
۴. $CPI=78\%$ نشان می‌دهد که ۲۲٪ بیشتر هزینه شده است.

شاخص عملکرد مورد نیاز برای تکمیل کار باقیمانده پروژه

$$TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC) = 1.645$$

این مقدار نشان می‌دهد که اگر با توجه به وضعیت عملکرد گذشته پروژه، به هدف

بودجه مصوب پروژه دست یابیم، از این سه بعد بایستی با عملکرد ۱۰۶.۴۵ درصد کار انجام

شود.

۲-۲-۲- برآورد زمان پروژه

برای برآورد کردن زمان پروژه چنانکه در فصل قبل گفته شد، سه روش برای برآورد کردن زمان تکمیل پروژه براساس ضرایب عملکرد مختلف بیان گردید. حال براساس این روشها برای پروژه میزان زمان مورد نیاز برای تکمیل پروژه تخمین زده می‌شود. در جدول (۲-۷) این مقادیر برای پروژه محاسبه شده‌اند.

لایپک	ژاکوب	انباری	
35,29	36,96	36,60	PDWR مطابق برنامه
37,60	39,43	39,43	PDWR در صورتی که روند کتونی SPI را دنبال کند.
45,20	47,55	50,69	PDWR در صورتی که روند کتونی SCI را دنبال کند.
42,22	44,37	46,29	PDWR در صورتی که روند کتونی CPI را دنبال کند.
41,17	43,25	44,73	PDWR در صورتی که روند کتونی CSI را دنبال کند.
0,971428571	1,038261		TCSPI شاخص ارزیابی زمان اتمام

جدول ۲-۷: برآورد زمان تکمیل پروژه کناره

بنابراین با توجه به جدول (۲-۷) می‌توان دریافت که میزان برآورد زمان بندی در روشهای مختلف متفاوت است ولی با توجه به متدولوژی به کار رفته در قسمت هزینه، نتیجه گرفته شد که اگر پروژه با عملکرد CPI کار کند کمترین انحراف را خواهد داشت. پس در اینجا نیز از روش PDWR در صورتی که روند CPI را دنبال کند استفاده خواهد شد. بنابراین برای پروژه نتایج نهایی زیر حاصل شده‌اند (جدول ۲-۸).

برآورد زمان اتمام پروژه			برآورد هزینه اتمام پروژه
لایپک	ژاکوب	انباری	
۴۲.۲۲	۴۴.۳۷	۴۶.۲۹	۳۰۸۵۷

جدول ۲-۸: برآوردهای زمان و هزینه برای پروژه

www.markazdanesh.ir

فصل سوم: بکارگیری EVM

۳-۱- به کارگیری EVM برای ارزیابی عملکرد پروژه‌ها در دفتر پشتیبانی

مدیریت پروژه‌های کیسون (PMO)

مقدمه :

روش مدیریت ارزش کسب شده (EVM) یکی از تکنیک های بسیار مهمی است که در طی سه دهه اخیر، محاسبه پیشرفت واقعی پروژه و یا به عبارتی بهتر برای مدیریت جامع و یکپارچه پروژه مورد استفاده قرار گرفته است.

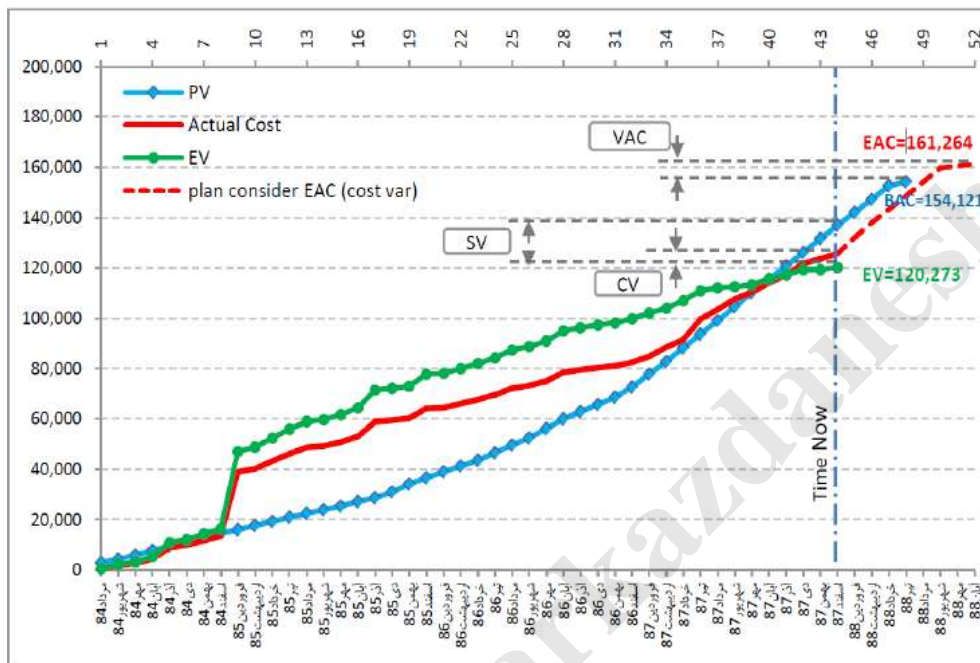
بکارگیری روش (EVM) در پروژه های فنی به منظور ارزیابی عملکرد پروژه ها و نتایج پیشرفت و تاثیر آن در برنامه ریزی بودجه پروژه ها کاملاً مشهود است. این امر مستلزم تخمین بعضی ارکان اصلی مانند هزینه اتمام پروژه و زمان اتمام آن است که در این روش ابتدا به شناسایی و تخمین زمان و هزینه انجام پروژه پرداخته می شود. در این روش پس از این تخمین ها به بررسی و تحلیل هر یک از شاخص های عملکرد پروژه پرداخته می شود که زمان و هزینه تخمین زده شده به وسیله پارامترهای خاص، جدول ها و فرمولها تحلیل و تعیین می شود.

در این فصل نیز سعی شده با استفاده از مثال های گویا و روشن در کنار جدول ها و تحلیل های کاربردی به اهمیت بکارگیری EVM بیش از پیش پرداخته شود.

یکی از وظایف دفتر پشتیبانی مدیریت پروژه‌ها در کیسون، بررسی اطلاعات عملکرد، محاسبه شاخص های کنترلی جهت حصول اطمینان از حسن اجرای پروژه، پیش بینی شرایط آتی پروژه و تهیه گزارش های عملکرد ماهانه در سطوح مختلف مراکز هزینه، WBS و بسته های کاری است این واحد در راستای اجرای این وظیفه از تکنیک EVM بهره می گیرد. (۱۳)

جهت آشنایی با مفاهیم تشریح شده EV و کاربردهای آن در ارزیابی عملکرد پروژه‌ها، در ادامه بخشی از نمودارهای تهیه شده برای یک پروژه فرضی، در شکل شماره ۳-۱

بررسی شده است. این نمودار بیانگر روند ارزش برنامه‌ریزی شده، هزینه واقعی و ارزش کسب شده پروژه است. انحرافات هزینه‌ی (CV) و انحرافات زمان‌بندی (SV) مطابق فرمول‌های گفته شده محاسبه می‌شوند. منفی بودن مقادیر انحرافات بیانگر آن است که پروژه از نظر هزینه و زمان‌بندی از برنامه عقب‌تر است. از مقایسه این دو انحراف می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که انحراف هزینه‌های پروژه‌ای در این مقطع کمتر از انحراف زمان‌بندی آن است. (۱۳)



شکل ۳-۱: نمودار پیش‌بینی پیشرفت یک پروژه فرضی

با فرض آن که عملکرد هزینه‌ای پروژه در آینده مشابه عملکرد فعلی باشد، از بین

فرمول‌های جدول EAC، این پروژه از فرمول $EAC = \frac{BAC}{CPI}$ محاسبه شده است که مقدار

آن ۴/۶٪ بیشتر از BAC پروژه است.

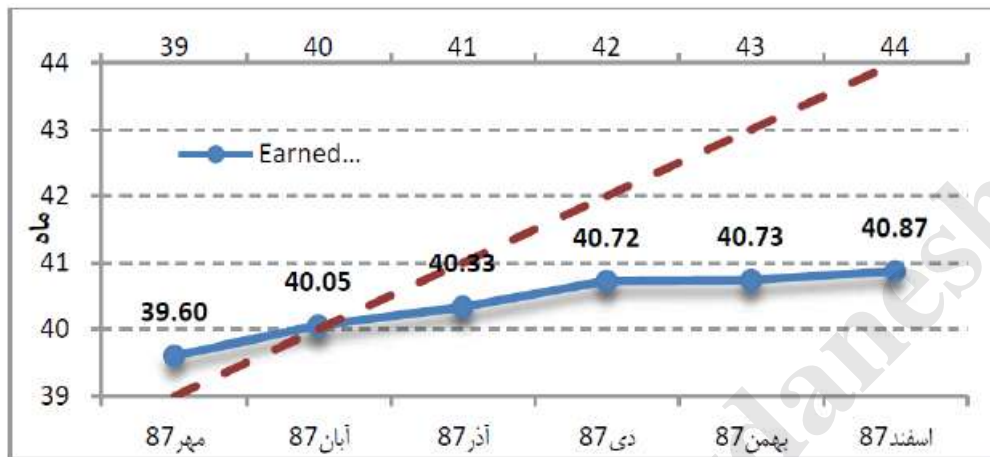
هم چنین زمان اتمام پروژه که از رابطه $EAC(t) = \frac{PD - ES}{SPI(t)}$ برآورد شده است،

۴ ماه تاخیر در اتمام پروژه را پیش‌بینی می‌کند. سپس با مشخص شدن برآورد زمان و هزینه

اتمام پروژه، روند هزینه پروژه در ماه‌های باقی مانده با فرض پیشرفت پروژه متناظر با برنامه،

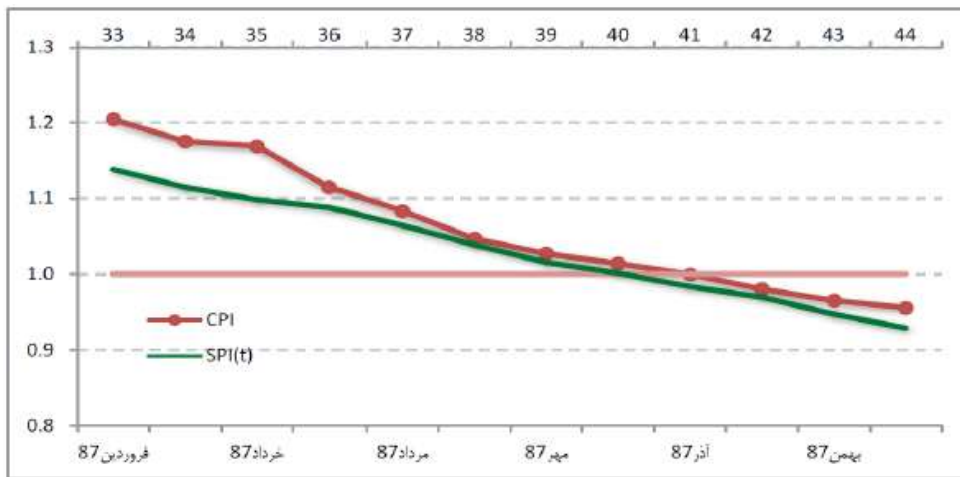
محاسبه شده و در نمودار به صورت خط چین نشان داده شده است.

نمودار شکل ۲-۳ روند ES در یک دوره ۶ ماهه را نشان می‌دهد همان طور که مشاهده می‌شود، علی‌رغم آن که در مهر ۸۷ (سی و نهمین ماه پروژه) عملکرد زمانی پروژه بهتر از برنامه بوده، به گونه‌ای که $ES = 39.6$ است، با گذشت زمان، پیشرفت پروژه نسبت به روند مورد انتظار در برنامه کندتر شده، به گونه‌ای که در ماه چهل و چهارم تنها به اندازه ۴۰/۸۷ پیشرفت حاصل شده. (۱۳)



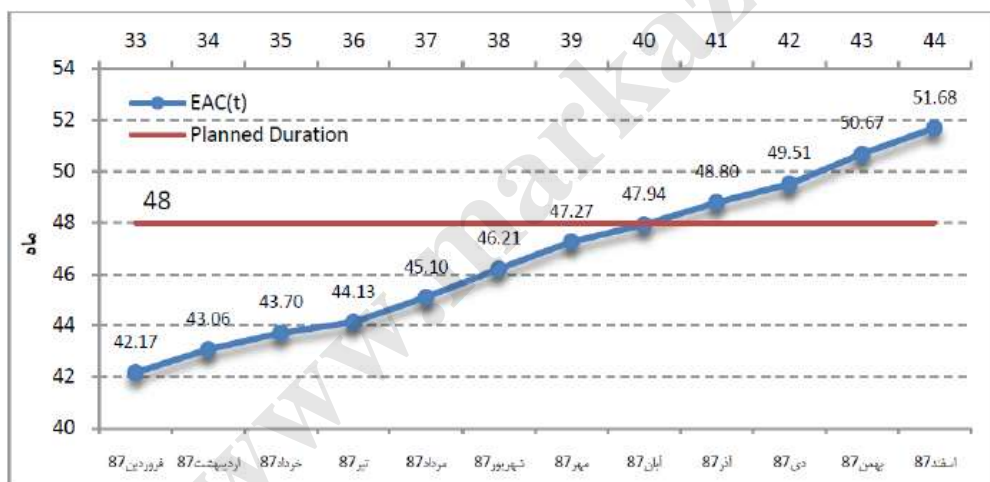
شکل ۲-۳: نمودار ES

شکل ۳-۳ نمایانگر روند شاخص عملکرد هزینه (CPI) و شاخص عملکرد زمان‌بندی $SPI(t)$ در طول سال ۸۷ است. بالاتر بودن این شاخص‌ها از عدد یک نشان دهنده عملکرد بهتر از برنامه و پایین‌تر بودن آن‌ها از عدد یک گویای عملکرد ضعیف‌تر از برنامه است. نمودار نشان می‌دهد که در طول سال ۸۷ راندمان عملکرد هزینه این پروژه بهتر از راندمان عملکرد زمانی آن بوده است. (۱۳)



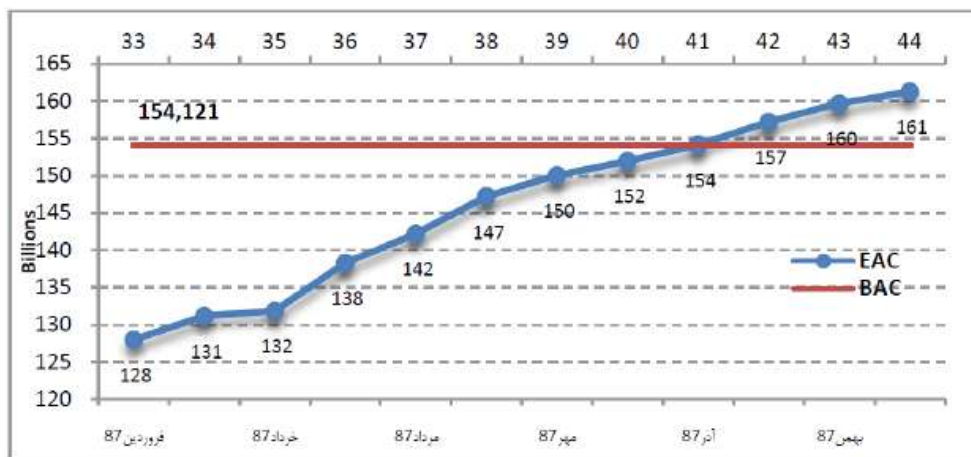
شکل ۳-۳: نمودار CPI و SPI (t)

شکل ۳-۴ نشان می‌دهد که طبق برآورد، زمان اتمام پروژه طی ۱۲ ماه سال ۸۷ در حال افزایش بوده است و اکنون در ماه چهل و چهارم پیش‌بینی می‌شود اجرای پروژه تقریباً تا ۸ ماه دیگر) تا آبان ماه ادامه یابد؛ این در حالی است که زمان اولیه اجرای پروژه مطابق برنامه‌ی مبنا، ۴۸ ماه بوده است. (۱۲)



شکل ۳-۴: نمودار EAC

شکل ۳-۵ نشان می‌دهد که طی سال ۸۷ پیش‌بینی هزینه اتمام پروژه EAC نیز دارای رشد است و در این مقطع برآورد می‌شود که پروژه با ۷۱۴۲ میلیون ریال بودجه بیشتر نسبت به BAC، برابر با ۱۶۱۲۶۴ میلیون ریال به پایان برسد. (۷)



شکل ۳-۵: نموداری EAC

۳-۲- به کارگیری EVM در تهیه برنامه بودجه پروژه‌ها

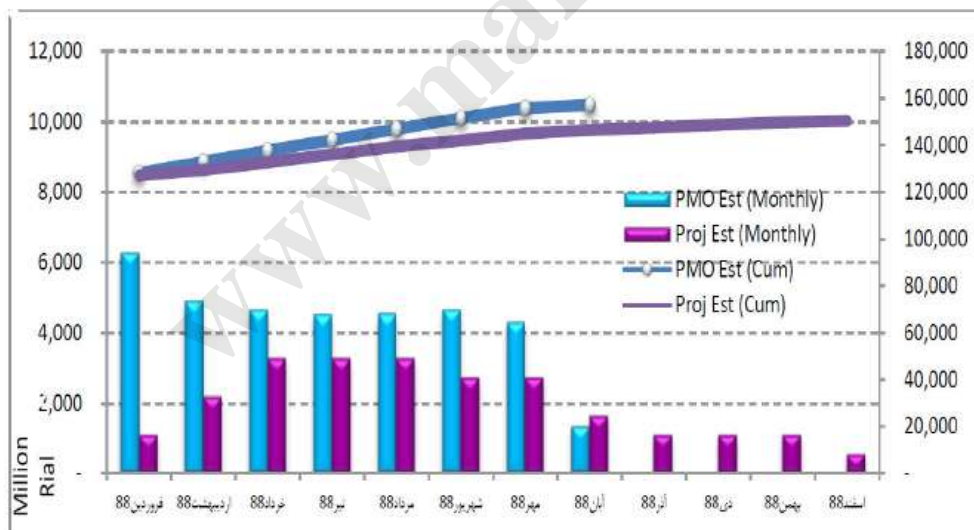
در پایان سال ۸۷ از PMO خواسته شد که برای بودجه‌بندی پروژه‌ها در سال ۸۸

برآوردی از هزینه‌های ماهانه هر یک از پروژه‌ها ارائه دهد. در این راستا با توجه به محاسبات

EV و تخمین‌های زمان و هزینه اتمام پروژه‌ها و روند اجرای برنامه‌ها، برآوردی از این هزینه‌ها

تهیه گردید. به عنوان نمونه بخشی از نتایج این محاسبات برای یک پروژه فرضی در شکل

شماره ۳-۶ آورده شده است. (۱۲)



شکل ۳-۶: پیش بینی هزینه‌های یک پروژه فرضی در سال ۸۸

در شکل ۳-۶ هزینه ماهانه و تجمعی پروژه در سال ۸۸ که توسط دفتر پروژه و

PMO به طور مجزا برآورد شده است، مشاهده می‌شود. طبق برآورد PMO بر اساس

محاسبات EVM، پروژه تا آبان ماه ۸۸ با هزینه‌ای بیشتر از آن چه تیم پروژه برای انجام کل فعالیت‌ها در نظر گرفته است، به اتمام خواهد رسید. با توجه به آن که پیش‌بینی‌های EV برخی از محدودیت‌های پروژه نظیر تغییرات محدوده، دعاوی، مشکلات مالی کارفرما و ... را در نظر نمی‌گیرد و نیز در برآورد زمان و هزینه اتمام پروژه، شاخص‌های عملکرد ثابت فرض می‌شوند، برآوردهای صورت گرفته بر اساس EV می‌تواند به عنوان ورودی برای محاسبات بودجه سالانه منظور شود و بودجه سالانه پروژه بر اساس مفروضات و محدودیت‌های جدید تدقیق گردد. (۱۲)

۳-۲-۱- پارامترها و روابط ارزش کسب شده

ارزش کسب شده با کمک سه پارامتر اصلی خود (PV.EV.AC) توانایی محاسبه واریانس‌ها، شاخص‌ها و تخمین‌های زمان و هزینه پروژه را برای مدیران پروژه قادر ساخته است. مهمترین پارامترها و روابط در جدول زیر برآورد شده است. (۳۵)

جهت محاسبه درصد تکمیل برنامه ریزی شده، به منظور تعیین ارزش برنامه‌ریزی

شده در هر دوره بازبینی از روش زیر استفاده می‌شود.

$$\text{if : } AT > FT \Rightarrow \%PC = 100\%$$

$$\text{if : } \begin{cases} FT > AT \\ AT > ST \end{cases} \Rightarrow \%PC = \frac{AT - ST}{Du} \times 100\%$$

$$\text{if : } ST > AT \Rightarrow \%PC = 0\%$$

که در این رابطه ^{20}FT زمان اتمام فعالیت، ^{21}ST زمان شروع فعالیت، ^{22}AT زمان

بازبینی پروژه و ^{23}Du مدت زمان انجام فعالیت می‌باشد.

۳-۲-۲- مدل پیشنهادی

از آنجا که زمان و هزینه برآورد شده جهت انجام فعالیت‌ها در ابتدای پروژه، حالت

غیرقطعی دارد، در اینجا استفاده از اعداد فازی مثلثی جهت تعریف آنها پیشنهاد و بررسی شده

است. جهت انجام مقایسات و تحلیل‌های اعداد فازی از دو روش « $\alpha - CUT$ » و «دوبویس و

پرید» استفاده شده است.

این روش بر مبنای امکان بیان گردیده و برای مقایسه دو عدد فازی مثلثی مطابق

رابطه زیر تعریف شده است. به گونه‌ای که درجه امکان بزرگ و یا کوچک بودن دو عدد فازی

مثلثی از طریق این رابطه بیان می‌شود [۳۲].

$$\begin{aligned} \tilde{F} &= (f_1, f_2, f_3), \tilde{H} = (h_1, h_2, h_3) \\ \begin{cases} \text{if } f_2 > h_2 \Rightarrow T(\tilde{F} > \tilde{H}) = 1 \\ \text{else } T(\tilde{F} > \tilde{H}) = \frac{f_3 - h_1}{(f_3 - h_1) + (h_2 - f_2)} \end{cases} \end{aligned}$$

در این روش، ماهیت فازی بودن اعداد در نظر گرفته شده و با استفاده از نظریه

امکان به مقایسه دو عدد فازی می‌پردازد بدین معنی که به طور قطعی ادعا نمی‌کند عددی

فازی نسبت به عددی دیگر کوچک‌تر و یا بزرگ‌تر است، اما به احتمال زیاد درک نظریه امکان

توسط افراد معمولی و یا برخی مدیران پروژه سخت بوده و ممکن است این روش را به کار

نگیرند که برای این افراد روش برش α پیشنهاد گردیده است.

روش برش α

برش α روشی است که اعداد فازی را به اعداد کلاسیک تبدیل می‌نماید، برای

عدد فازی مثلثی \tilde{A} برش α به صورت زیر تعریف می‌شود [۳۲].

$$A_\alpha = [\alpha + \alpha(b - \alpha), c - \alpha(c - b)]$$

$$A_\alpha^R = \alpha + \alpha(b - \alpha)$$

$$B_\alpha^L = c - \alpha(c - b)$$

A_α^R برش راست α و A_α^L برش چپ α نامیده می‌شود.

جهت مقایسه دو عدد فازی از طریق برش α از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\text{if } A_\alpha^R \leq B_\alpha^R \Rightarrow \tilde{A} \leq \tilde{B}$$

$$\text{if } A_\alpha^L \leq B_\alpha^L \Rightarrow \tilde{A} \leq \tilde{B}$$

درک روش $\alpha - \text{CUT}$ نسبت به روش دوبویس و پرید ساده تر بوده و برای افرادی

که توانایی و یا علاقه‌ای به استفاده و درک آن را ندارند، پیشنهاد می‌گردد.

محاسبه درصد پیشرفت برنامه‌ای فازی

همانگونه که قبلاً ذکر شد جهت محاسبه درصد پیشرفت برنامه‌ای فعالیت‌ها

می‌بایست مقایساتی بین زمان بازبینی با زمان آغاز و پایان فعالیت‌ها، انجام گیرد. از این روی

در اینجا دو روش $\alpha - \text{CUT}$ و روش دوبویس و پرید جهت انجام این مقایسات پیشنهاد و

بررسی می‌گردد. (۳۵)

محاسبه درصد پیشرفت برنامه‌ای فعالیت‌ها با روش $\alpha - \text{CUT}$:

جهت انجام مقایسات مربوط به زمان بازبینی با زمان آغاز و پایان فعالیت‌ها به برش

آلفای چپ و راست زمان آغاز و پایان فعالیت نیاز می‌باشد پس از محاسبه این مقادیر از رابطه

زیر جهت تعیین درصد پیشرفت برنامه‌ای هر فعالیت استفاده می‌شود. (۳۵)

$$AT \succ FT_{\alpha}^R \Rightarrow \% \tilde{PC} = [100\%, 100\%, 100\%]$$

$$FT_{\alpha}^R \prec AT \prec FT_{\alpha}^L \Rightarrow \% \tilde{PC} = \frac{AT - \tilde{ST}}{\tilde{D}_u} \times 100\%$$

$$AT \prec ST_{\alpha}^L \Rightarrow \% \tilde{PC} = [0\%, 0\%, 0\%]$$

محاسبه درصد پیشرفت برنامه‌ای فعالیت‌ها با روش دوبویس و پرید:

اساس این روش نظریه امکان می‌باشد به گونه‌ای که اگر امکان بزرگ بودن دو عدد

فازی برابر ۱ باشد، بدین معنی است که یکی از اعداد فازی با حداکثر درجه امکان از دیگری

بزرگتر می‌باشد. (۳۵)

$$T(AT \succ \tilde{FT}) = 1 \Rightarrow \% \tilde{PC} = [100\%, 100\%, 100\%]$$

$$\begin{cases} T(\tilde{FT} \succ AT) = 1 \\ T(AT \succ \tilde{ST}) = 1 \end{cases} \Rightarrow \% \tilde{PC} = \frac{AT - \tilde{ST}}{\tilde{D}_u} \times 100\%$$

$$T(\tilde{ST} \succ AT) = 1 \Rightarrow \% \tilde{PC} = [0\%, 0\%, 0\%]$$

۳-۳- ارزش کسب شده فازی

در ابتدای پروژه مدت زمان و هزینه هر فعالیت به صورت فازی تعریف شده و براساس آن پارامترها و روابط ارزش کسب شده فازی را می‌توان در هر دوره بازبینی محاسبه نمود و در نهایت به تحلیل آن‌ها پرداخت. (۳۵)

روابط فازی مربوط به پروژه در زمان بازبینی به صورت زیر ارائه می‌شود (۳۵)

- بودجه برنامه‌ریزی شده برای تکمیل پروژه

$$\tilde{BAC} = \sum_{i=1}^N \tilde{BAC}_i$$

- ارزش کسب شده پروژه

$$\tilde{EV} = \%AC \times \tilde{BAC} = \%AC \times [BAC_1, BAC_2, BAC_3] = [E_1, E_2, E_3]$$

- درصد پیشرفت برنامه‌ای پروژه

$$\% \tilde{PC} = \sum_{i=1}^n \tilde{PC}_i$$

- ارزش برنامه‌ریزی شده پروژه

$$\tilde{PV} = \% \tilde{PC} \times \tilde{BAC} = [PV_1, PV_2, PV_3]$$

- انحراف هزینه پروژه

$$\tilde{CV} = \tilde{EV} - AC = [EV_1 - AC, EV_2 - AC, EV_3 - AC]$$

- انحراف زمان پروژه

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

- شاخص عملکرد هزینه پروژه

$$C\tilde{PI} = \frac{\tilde{EV}}{AC} = \left[\frac{E_1}{AC}, \frac{E_2}{AC}, \frac{E_3}{AC} \right]$$

- شاخص عملکرد زمان پروژه

$$S\tilde{PI} = \frac{\tilde{EV}}{\tilde{PV}} = \left[\frac{E_1}{PV_3}, \frac{E_2}{PV_2}, \frac{E_3}{PV_1} \right]$$

- شاخص عملکرد هزینه زمان بندی شده پروژه

$$S\tilde{CI} = S\tilde{PI} \times C\tilde{PI} = \left[\frac{E_1^2}{PV_3 \times AC^5}, \frac{E_2^2}{PV_2 \times AC^5}, \frac{E_3^2}{PV_1 \times AC} \right]$$

۳-۴- تخمین زمان و هزینه پروژه فازی

۳-۴-۱- تخمین هزینه اتمام پروژه

دو رویکرد جهت تخمین هزینه اتمام پروژه وجود دارد (۳۵)

I با فرض اینکه، روند تأثیرگذار بر شاخص عملکرد هزینه پروژه در آینده، مطابق با وضعیت کنونی باشد، در این حالت از فرمول زیر جهت تخمین هزینه استفاده می‌شود.

$$E\tilde{AC} = \frac{B\tilde{AC}}{C\tilde{PI}} = \left[\frac{BAC_1}{CPI_3}, \frac{BAC_2}{CPI_2}, \frac{BAC_1}{CPI_1} \right]$$

II. با فرض اینکه عملکرد آینده پروژه متأثر از فاکتور عملکرد باشد.

$$E\tilde{AC} = AC + E\tilde{TC} = AC + \frac{B\tilde{AC} - \tilde{EV}}{PF}$$

تأثیر مقادیر مختلف فاکتور عملکرد در جدول زیر آورده شده است.

تخمین هزینه اتمام پروژه	حالات مختلف فاکتور عملکرد
$E\tilde{A}C = AC + (\tilde{B}AC - \tilde{E}V) = [AC + \tilde{B}AC_1 - \tilde{E}V_1, \dots, AC + \tilde{B}AC_3 - \tilde{E}V_1]$	$PF = 1$
$E\tilde{A}C = AC + \frac{\tilde{B}AC - \tilde{E}V}{\tilde{C}PI} = [AC + \frac{\tilde{B}AC_1 - \tilde{E}V_1}{\tilde{C}PI_1}, \dots, AC + \frac{\tilde{B}AC_3 - \tilde{E}V_1}{\tilde{C}PI_1}]$	$PF = \tilde{C}PI$
$E\tilde{A}C = AC + \frac{\tilde{B}AC - \tilde{E}V}{\tilde{S}PI} = [AC + \frac{\tilde{B}AC_1 - \tilde{E}V_1}{\tilde{S}PI_1}, \dots, AC + \frac{\tilde{B}AC_3 - \tilde{E}V_1}{\tilde{S}PI_1}]$	$PF = \tilde{S}CI$
$E\tilde{A}C = AC + \frac{\tilde{B}AC - \tilde{E}V}{\tilde{S}CI} = [AC + \frac{\tilde{B}AC_1 - \tilde{E}V_1}{\tilde{S}CI_1}, \dots, AC + \frac{\tilde{B}AC_3 - \tilde{E}V_1}{\tilde{S}CI_1}]$	$PF = \tilde{S}PI$
$E\tilde{A}C = AC + \frac{\tilde{B}AC - \tilde{E}V}{0.2 * \tilde{S}PI + 0.8 * \tilde{C}PI} = [AC + \frac{\tilde{B}AC_1 - \tilde{E}V_1}{0.2 * \tilde{S}PI_1 + 0.8 * \tilde{C}PI_1}, \dots, AC + \frac{\tilde{B}AC_3 - \tilde{E}V_1}{0.2 * \tilde{S}PI_1 + 0.8 * \tilde{C}PI_1}]$	$PF = 0.2 * \tilde{S}PI + 0.8 * \tilde{C}PI$

جدول ۲-۳

۲-۴-۳- تخمین زمان اتمام پروژه

مدل عمومی تخمین مدت زمان پایان پروژه در حالت فازی به صورت زیر می‌باشد.

$$E\tilde{A}C(t) = AD + P\tilde{D}WR$$

AD مدت زمان واقعی پروژه است که حالت قطعی دارد. اما $P\tilde{D}WR$ ^{۲۴} مدت

زمان برنامه‌ریزی شده برای کار باقی مانده است که وابسته به تخمین‌های اولیه زمان

فعالیت‌هاست و فازی در نظر گرفته می‌شود. (۳۵)

سه مدل توسط انبری، ژاکوب و لایپک جهت پیش بینی زمان اتمام پروژه ارائه

گردیده است. [۲۵ و ۳۲ و ۳۴] که در حالت فازی و براساس وضعیت‌های مختلف بررسی و در

جدول زیر آورده شده است.

وضعیت های مختلف $PD\bar{W}R$	Anbari	Jacob	Lipke
مقایسه برنامہ	$EAC(t)_{an} = PD - TV$ $= [PD_1 - TV_1, \dots, PD_n - TV_n]$	$EAC(t)_{ja} = AD + (P\bar{D} - E\bar{D}) =$ $[AD + (PD_1 - ED_1), \dots, AD + (PD_n - ED_n)]$	$EAC(t)_{li} = AD + (P\bar{D} - E\bar{S})$ $= [AD + (PD_1 - ES_1), \dots, AD + (PD_n - ES_n)]$
وحدت گویی SPI نیال کند	$EAC(t)_{an} = \frac{PD}{SPI} = [\frac{PD_1}{SPI_1}, \dots, \frac{PD_n}{SPI_n}]$	$EAC(t)_{ja} = AD + \frac{(P\bar{D} - E\bar{D})}{SPI}$ $= \frac{P\bar{D}}{SPI} = [\frac{PD_1}{SPI_1}, \dots, \frac{PD_n}{SPI_n}]$	$EAC(t)_{li} = AD + \frac{(P\bar{D} - E\bar{S})}{SPI}$ $= [\frac{PD_1 - ES_1}{SPI_1}, \dots, \frac{PD_n - ES_n}{SPI_n}]$
وحدت گویی SCI (SPI * CPI) ادبالی کند	$EAC(t)_{an} = \frac{PD}{SCI} = [\frac{PD_1}{SCI_1}, \dots, \frac{PD_n}{SCI_n}]$	$EAC(t)_{ja} = AD + \frac{(P\bar{D} - E\bar{D})}{SCI}$ $= [AD + \frac{(PD_1 - ED_1)}{SCI_1}, \dots, AD + \frac{(PD_n - ED_n)}{SCI_n}]$	$EAC(t)_{li} = AD + \frac{(P\bar{D} - E\bar{S})}{SCI}$ $= [AD + \frac{(PD_1 - ES_1)}{SCI_1}, \dots, AD + \frac{(PD_n - ES_n)}{SCI_n}]$
وحدت گویی CPI نیال کند	$EAC(t)_{an} = \frac{PD}{CPI} = [\frac{PD_1}{CPI_1}, \dots, \frac{PD_n}{CPI_n}]$	$EAC(t)_{ja} = AD + \frac{(P\bar{D} - E\bar{D})}{CPI}$ $= [AD + \frac{(PD_1 - ED_1)}{CPI_1}, \dots, AD + \frac{(PD_n - ED_n)}{CPI_n}]$	$EAC(t)_{li} = AD + \frac{(P\bar{D} - E\bar{S})}{CPI}$ $= [AD + \frac{(PD_1 - ES_1)}{CPI_1}, \dots, AD + \frac{(PD_n - ES_n)}{CPI_n}]$
وحدت گویی $(\alpha * SPI) + (1 - \alpha) * CPI$ ادبالی کند	$EAC(t)_{an} = \frac{PD}{0.2 * SPI + 0.8 * CPI} =$ $[\frac{PD_1}{0.2 * SPI_1 + 0.8 * CPI_1}, \dots, \frac{PD_n}{0.2 * SPI_n + 0.8 * CPI_n}]$	$EAC(t)_{ja} = AD + \frac{P\bar{D} - E\bar{D}}{0.2 * SPI + 0.8 * CPI} =$ $[AD + \frac{PD_1 - ED_1}{0.2 * SPI_1 + 0.8 * CPI_1}, \dots, AD + \frac{PD_n - ED_n}{0.2 * SPI_n + 0.8 * CPI_n}]$	$EAC(t)_{li} = AD + \frac{P\bar{D} - E\bar{S}}{0.2 * SPI + 0.8 * CPI} =$ $[AD + \frac{PD_1 - ES_1}{0.2 * SPI_1 + 0.8 * CPI_1}, \dots, AD + \frac{PD_n - ES_n}{0.2 * SPI_n + 0.8 * CPI_n}]$

جدول ۳-۳ جدول پیش بینی زمان اتمام پروژه در حالت فازی و در وضعیتهای مختلف

۳-۵- تحلیل نتایج حاصل از ارزش کسب شده فازی

۳-۵-۱- تحلیل شاخص های عملکرد و انحرافات زمان و هزینه پروژه

واریانس زمان و هزینه پروژه می بایست با مقدار صفر مقایسه شود تا عقب بودن و

یا جلو بودن از زمان و هزینه پروژه مشخص گردد. در اینجا نحوه انجام این مقایسات با کمک

دو روش « $\alpha - CUT$ » و «دویوس و پرید» ارائه شده است. (۳۵)

روش $\alpha - CUT$:

جهت تحلیل اعداد فازی توسط برش α در اینجا از برش سمت راست α جهت

مقایسات استفاده شده است. (۳۵)

$$CV_{\alpha}^R = E\tilde{V} - AC = [EV_1 - AC_1, EV_2 - AC_2, EV_3 - AC_3]$$

$$CV_{\alpha}^R = (EV_3 - AC) - \alpha[(EV_3 - AC) - (EV_2 - AC)] = (EV_3 - AC) - \alpha(EV_3 - EV_2)$$

if $CV_{\alpha}^R < 0 \Rightarrow$ هزینه صرف شده از بودجه برنامه ریزی شده بیشتر می باشد.

هزینه صرف شده از بودجه برنامه ریزی شده کمتر می باشد.

$$\text{if } CV_{\alpha}^R > 0 \Rightarrow$$

^{۴۶} مقاله پیش بینی زمان و هزینه پروژه، با استفاده از تکنیک ارزش کسب شده با رویکرد فازی/نازنین مغیث پور، امیر عباس نجفی

هزینه صرف شده برابر با بودجه برنامه ریزی شده می‌باشد.

$$\text{if } CV_{\alpha}^R = 0 \Rightarrow$$

روش دویوبس و پرید

این روش امکان بیشتر و یا کمتر بودن هزینه از بودجه برنامه‌ریزی شده را همراه با

درجه امکان آن نشان می‌دهد. در این روش یکی از اعداد صفر و دیگری $C\tilde{V}$ می‌باشد.

$$\tilde{F} = C\tilde{V} = [EV_1 - AC, EV_2 - AC, EV_3 - AC], \tilde{H} = [0, 0, 0]$$

$$\text{if } : (EV_2 - AC > 0) \Rightarrow T(C\tilde{V} > 0) = 1 \Rightarrow$$

امکان اینکه هزینه صرف شده از هزینه برنامه‌ریزی شده بیشتر باشد برابر ۱ است.

امکان اینکه هزینه صرف شده از هزینه برنامه‌ریزی شده بیشتر باشد برابر

$$\text{است.} \frac{EV_3 - AC}{EV_3 - EV_2}$$

$$\text{else : } T(C\tilde{V} > 0) = \frac{(EV_3 - AC) - 0}{(EV_3 - AC - 0) + (0 - EV_2 + AC)} = \frac{EV_3 - AC}{EV_3 - EV_2} \Rightarrow$$

جهت مشخص شدن امکان کمتر بودن هزینه صرف شده از هزینه بودجه بندی

شده بایستی در مقایسه فوق جای دو عدد عوض شود:

امکان اینکه هزینه صرف شده از هزینه برنامه‌ریزی شده کمتر باشد برابر ۱ است.

$$\tilde{F} = [0, 0, 0], \tilde{H} = C\tilde{V} = [EV_1 - AC, EV_2 - AC, EV_3 - AC]$$

$$\text{if } : (0 > EV_2 - AC) \Rightarrow T(0 > C\tilde{V}) = 1 \Rightarrow$$

امکان اینکه هزینه صرف شده از هزینه برنامه‌ریزی شده کمتر باشد برابر

$$\text{است.} \frac{AC - EV_1}{EV_2 - EV_1}$$

$$\text{else : } T(0 > C\tilde{V}) = \frac{0 - (EV_1 - AC)}{(0 - EV_1 + AC) + (EV_2 - AC - 0)} = \frac{AC - EV_1 - AC}{EV_2 - EV_1} \Rightarrow$$

انحراف زمان پروژه نیز مانند روابط بالا مقایسه و تحلیل می‌شود.

به منظور تحلیل شاخص‌های عملکرد پروژه مانند روابط ذکر شده عمل می‌شود. با

این تفاوت که شاخص‌ها می‌بایست با عدد ۱ مقایسه شوند. نحوه تحلیل شاخص‌ها از دو روش

مقایسه‌ای به صورت زیر می‌باشد. (۳۵)

روش $\alpha - \text{CUT}$:

$$\text{CPI} = \frac{E\tilde{V}}{AC} = \left[\frac{E_1}{AC}, \frac{E_2}{AC}, \frac{E_3}{AC} \right]$$

$$\text{CPI}_\alpha^R = \frac{E_3}{AC} - \alpha \left(\frac{E_3 - E_2}{AC} \right) = \frac{E_3 - \alpha(E_3 - E_2)}{AC}$$

پروژه از بودجه برنامه ریزی شده عقب‌تر است.

$$\text{if } \text{CPI}_\alpha^R < 1 \Rightarrow$$

پروژه از بودجه برنامه ریزی شده جلوتر است.

$$\text{if } \text{CPI}_\alpha^R > 1 \Rightarrow$$

پروژه مطابق بودجه برنامه ریزی شده است.

$$\text{if } \text{CPI}_\alpha^R < 1 \Rightarrow$$

روش دوبویس و پرید:

این روش امکان جلو و یا عقب بودن از بودجه برنامه‌ریزی شده را همراه با درجه

امکان آن نشان می‌دهد. در این روش یکی از اعداد ۱ و دیگری \tilde{CPI} می‌باشد.

امکان اینکه پروژه از بودجه برنامه‌ریزی شده جلوتر باشد برابر ۱ است.

$$\tilde{F} = \tilde{CPI} = \left[\frac{E_1}{AC}, \frac{E_2}{AC}, \frac{E_3}{AC} \right], \tilde{H} = [0, 0, 0]$$

$$\text{if : } \left(\frac{E_2}{AC} > 1 \right) \Rightarrow T(\tilde{CPI} > 1) = 1 \Rightarrow$$

امکان اینکه پروژه از بودجه برنامه‌ریزی شده جلوتر باشد برابر با حاصل عبارت

روبروست.

$$\text{else : } T(\tilde{CPI} > 1) = \frac{\frac{E_1}{AC} - 1}{\left(\frac{E_1}{AC} - 1 \right) + \left(1 - \frac{E_2}{AC} \right)} \Rightarrow$$

جهت مشخص شدن امکان عقب بودن پروژه از بودجه برنامه‌ریزی شده بایستی در

مقایسه فوق جای دو عدد عوض شود:

امکان عقب بودن پروژه از برنامه بودجه بندی شده برابر ۱ است.

$$\tilde{F} = [1, 1, 1], \tilde{H} = \tilde{CPI} = \left[\frac{E_1}{AC}, \frac{E_2}{AC}, \frac{E_3}{AC} \right]$$

امکان عقب بودن پروژه از برنامه بودجه بندی شده برابر با حاصل عبارت روبروست.

$$\text{else : } T(1 > \tilde{CPI}) = \frac{1 - \frac{E_1}{AC}}{\left(1 - \frac{E_1}{AC} \right) + \left(\frac{E_2}{AC} - 1 \right)} \Rightarrow$$

سایر شاخصهای عملکردی پروژه مطابق روابط بالا با عدد ۱ مقایسه و براساس

توضیحات جدول ۱، تحلیل می‌شوند.

۳-۵-۲- تحلیل پیش بینی زمان و هزینه اتمام پروژه

مانند تحلیل‌های گذشته می‌توان از دو روش $\alpha - \text{CUT}$ و دویوبس و پرید جهت

تحلیل پیش بینی زمان و هزینه پروژه، استفاده کرد.

تحلیل پیش بینی هزینه اتمام پروژه

به منظور انجام این تحلیل، می‌بایست مقدار هزینه تخمین زده شد $(E\tilde{A}C)$ را با

مقدار بودجه برنامه‌ریزی شده جهت اتمام پروژه $(B\tilde{A}C)$ مقایسه نمود.

مانند آنچه که دو روش $\alpha - \text{CUT}$ گفته شد، بایستی برش سمت $\alpha - \text{CUT}$

گفته شد، بایستی برش سمت راست α هر کدام مشخص و با یکدیگر مقایسه شود و در روش

دویوبس و پرید نیز با مانند آنچه که گفته شد عمل می‌شود با این تفاوت که به جای عدد ۰ و

یا ۱ عدد فازی مثلثی $(B\tilde{A}C)$ با $(E\tilde{A}C)$ مقایسه می‌شود.

۳-۶- تحلیل پیش بینی زمان اتمام پروژه

برای انجام این تحلیل، می‌بایست مقدار زمان برآورد شده $(E\tilde{A}C(t))$ را با مدت

زمان برنامه ریزی شده جهت اتمام پروژه $(P\tilde{D})$ مقایسه نمود. به منظور انجام تحلیل فوق

بایستی از یکی از روشهای مقایسه‌ای که قبلاً ذکر شد استفاده شود، روش استفاده مانند قبل

می‌باشد.

به منظور تحلیل هر یک از مدل‌های تخمین زمان اتمام پروژه می‌توان از یکی از

روشهای مقایسه‌ای فلزی استفاده نمود، که روش کار مانند آنچه که در قبل آورده شده است

می‌باشد.

نتایج حاصل از مقایسات انجام شده با استفاده از جدول زیر تحلیل می‌شوند. (۳۵)

حالات مقایسه		پیش بینی زمان و هزینه پروژه	
$E\bar{A}C(t)$	$E\bar{A}C$		
$EAC_u^R(t) \leq PD_u^R \Rightarrow$ پروژه زودتر از زمان برنامه ریزی شده به پایان می رسد. $EAC(t)_u^R > PD_u^R \Rightarrow$ پروژه با مدت زمان برنامه ریزی شده تکمیل نخواهد شد.	$EAC_u^R < BAC_u^R \Rightarrow$ پروژه با هزینه ای کمتر از مقدار برنامه ریزی شده به پایان می رسد. $EAC_u^R > BAC_u^R \Rightarrow$ پروژه با بودجه برنامه ریزی شده تکمیل نخواهد شد.	$\alpha - CUT$	روش مقایسه
$T(E\bar{A}C(t) < \bar{P}\bar{D}) = X \Rightarrow$ پروژه با امکان X ، زودتر از زمان برنامه ریزی شده به پایان می رسد. $T(E\bar{A}C(t) > \bar{P}\bar{D}) = Y \Rightarrow$ پروژه با امکان Y ، با زمان برنامه ریزی شده تکمیل نخواهد شد.	$T(E\bar{A}C < \bar{B}\bar{A}C) = X \Rightarrow$ پروژه با امکان X ، با هزینه ای کمتر از مقدار برنامه ریزی شده به پایان می رسد. $T(E\bar{A}C > \bar{B}\bar{A}C) = Y \Rightarrow$ پروژه با امکان Y ، با بودجه برنامه ریزی شده تکمیل نخواهد شد.	دوبیس و پرید	

جدول ۳-۴

فصل چهارم: مطالعه موردی

www.markazdanesh.ir

مقدمه :

در این فصل تحلیل ارزش حاصله پروژه های در حال اجرا و همچنین تحلیل کارایی برنامه ریزی زمانی و بودجه و تخمین بودجه مورد نیاز جهت تکمیل پروژه های در حال اجرای این پروژه ها از مقایسه ۴ پروژه در حال اجرا در یک شرکت پروژه محور می باشد. الگوی تحلیل ارزش حاصله در قالب پرتفولیوی پروژه ها بیان می شود.

در اواسط فصل به بررسی و تعریف روش fast tracking پرداخته می شود و اینکه آیا این روش برای پروژه ما مناسب است یا خیر و دلایل آن در ادامه به بررسی پروژه های EPC که شامل سه بخش مهندسی، تدارکات و ساخت می باشد پرداخته می شود و روش کلی کار به همراه موارد کلی که در این پروژه ها باید کاملاً در نظر گرفته شود بیان می شود.

در انتهای فصل به مطالعه موردی پروژه یوتیلیتی موقت واحد استحصال اتان، دلایل استفاده از روش fast tracking در آن، دلایل نقض اجرای صحیح fast tracking و تحلیل ارزش کسب شده در این پروژه پرداخته می شود.

۴-۱- تحلیل ارزش حاصله (Earned Value) پروژه های در حال اجرا

جدول ذیل شامل محاسبات مربوط به شاخص های متد ارزش کسب شده در ۴

پروژه حال اجرا در یک شرکت پروژه محور می باشد. (۲)

پروژه	A	B	C	D
وضعیت	در حال اجرا	در حال اجرا	در حال اجرا	در حال اجرا
B	3,8	44,1	21,0	4,37
CWS	03,538,896	65,072,000	00,000,000	0,000,000
A	3,2	8,60	14,5	6,46
CWP	02,980,123	4,000,000	96,350,000	0,000,000
B	3,3	34,4	10,8	3,45
CWP	23,091,878	48,756,160	00,000,000	0,000,000

C	12	25,8	-	-
V	0,111,755	44,756,160	3,796,350,000	3,040,000,000
S	-	-	-	-
V	480,447,018	9,716,315,840	10,200,000,000	950,000,000
E	3,8	44,1	42,0	12,5
AC	83,613,399	65,072,000	24,921,429	40,000,000

جدول ۱-۴

مقادیر فوق جهت ایجاد قابلیت مقایسه با بودجه مصوب پروژه ها به صورت درصد

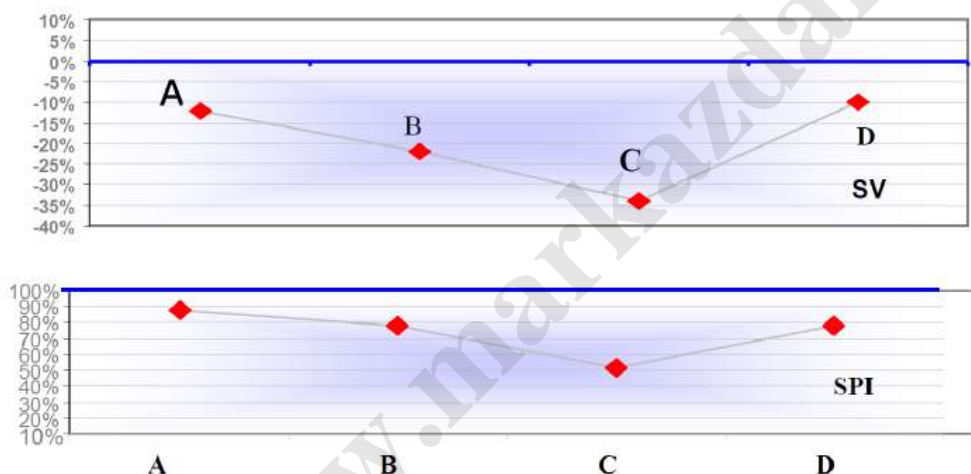
در جدول ذیل مجدداً محاسبه می گردند: (۲)

پروژه	A	B	C	D
BCW S	95%	100%	70%	46%
ACW P	80%	19%	49%	68%
BCW P	83%	78%	36%	36%
CV	3%	59%	-13%	-32%
SV	-12%	-22%	-34%	-10%
EAC	97%	100%	140%	132%

جدول ۴-۲: دو نمونه جدول شاخص‌های ریالی کنترل هزینه‌های پروژه (اعداد به ریال)

۴-۲- تحلیل کارایی برنامه‌ریزی زمانی پروژه‌های در حال اجرا

در مورد پروژه‌های در حال اجرا، جهت ارزیابی و تحلیل اینکه فرآیند زمانبندی هر پروژه تاکنون تا چه اندازه موفقیت‌آمیز و قرین به واقعیت بوده است از شاخص SV استفاده می‌شود که بازگویی حدود انحراف زمانبندی برنامه‌ای پروژه از واقعیت می‌باشد (۱۱)



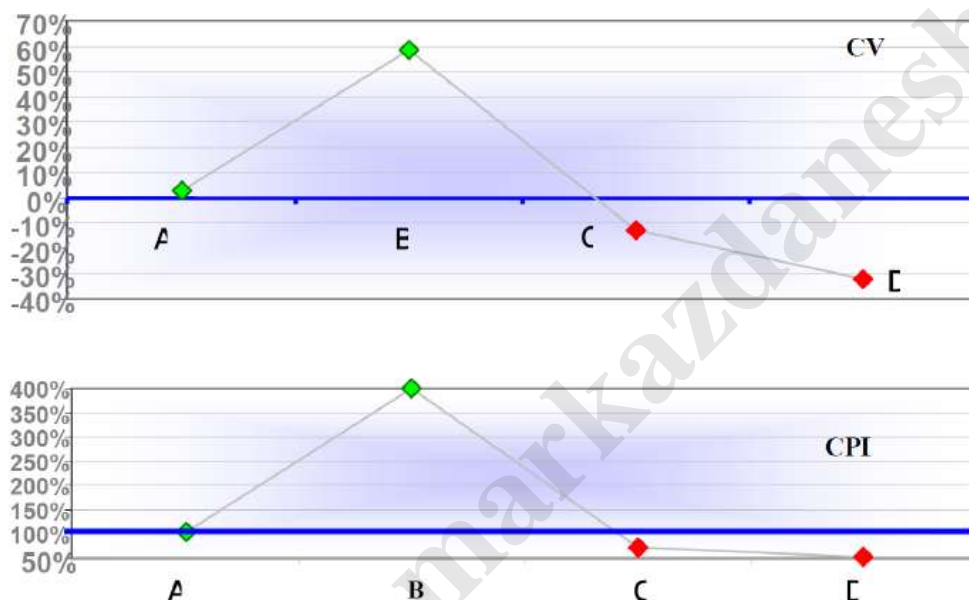
شکل ۴-۱: تحلیل Behind Schedule چهار پروژه در حال اجرا

نمودارهای فوق هر چهار پروژه را Behind Schedule تحلیل نموده است. در

خصوص پروژه‌های B و C با توجه به اهمیت، تحلیل نموده است. در خصوص پروژه‌های استراتژیک پروژه‌ها در سبد پروژه‌های سازمان و انحراف قابل توجه زمانی این مسئله مشهودتر می‌باشد. به ویژه در مورد پروژه C که بر اساس مدرک طرح تجاری محصول آن (Biz Plan) حاشیه سود بالایی را در پرتفولیوی محصولات شرکت مورد مثال به خود اختصاص داده است. (۱۱)

۳-۴- تحلیل کارایی برنامه‌ریزی بودجه‌ای پروژه‌های در حال اجرا

در مورد پروژه‌های در حال اجرا، جهت ارزیابی و تحلیل این مهم که فرآیند بودجه‌ریزی هر پروژه تاکنون تا چه اندازه موفقیت‌آمیز و قرین به واقعیت بوده است از شاخص CV استفاده می‌شود که بازگویی حدود انحراف بودجه‌بندی برنامه‌ای پروژه از واقعیت می‌باشد. شاخص CPI نیز نتایج همگونی با شاخص CV دارد که در شرایط مطلوب می‌باید بزرگتر از عدد ۱ باشد شاخص SPI نیز در شرایط مطلوب بزرگتر از ۱ خواهد بود):



شکل ۴-۲: تحلیل Over Budget و Under Budget برای پروژه‌ها

نمودارهای فوق پروژه‌های A و B را Under Budget و پروژه‌های C و D را

Over Budget تحلیل می‌کند. در مورد پروژه C ملاحظه می‌گردد فرآیندهای برنامه‌ریزی

زمانی و بودجه‌ای هر دو از انحراف محسوسی برخوردارند که سودآوری پیش‌بینی شده

حاصل از اجرای این پروژه، هزینه فرصت از دست رفته قابل توجهی را برای سازمان به ارمغان

خواهد آورد. محاسبه این هزینه از روی خروجی‌های این تحلیل بازگو کننده مقادیر دقیق‌تر و

قابل استنادتری خواهد بود. (۲)

۴-۴- تخمین بودجه مورد نیاز جهت تکمیل پروژه‌های در حال اجرا

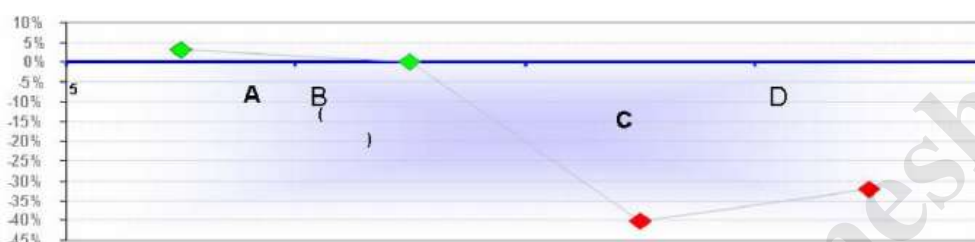
با در نظر گرفتن کارایی بودجه‌بندی و زمانبندی هر پروژه تا کنون، می‌توان بودجه

مورد نیاز تا تکمیل پروژه (ETC) و بالتبع کل بودجه مورد نیاز جهت اتمام پروژه (EAC) را

با تخمین بهتری محاسبه و تصحیح نمود. از جمله خروجی‌های این تحلیل می‌توان به تخمین

دقیق‌تر بودجه کل مورد نیاز دوره‌های مالی آتی سازمان جهت تزریق در مرکز هزینه پروژه‌ها

اشاره نمود. (۲)



شکل ۴-۳: تحلیل تخمینی پروژه‌ها

پروژه	EAC	ΔEAC
A	3,883,613,399	120,111,755
B	44,165,072,000	0
C	42,024,921,429	-12,024,921,429
D	12,540,000,000	-3,040,000,000

جدول ۴-۳: محاسبه ΔEAC (۲)

منظور از ΔEAC اختلاف در بودجه مصوب پروژه و تخمین بودجه مورد نیاز تا

تکمیل پروژه می‌باشد. (۱۰)

۴-۵- الگوی تحلیل ارزش حاصله در قالب پرتفولیوی پروژه‌ها

تحلیل ارزش حاصله را می‌توان در مقیاس پرتفولیو نیز انجام داد که طبیعتاً نتایج

حاصله دیگر در خصوص سبدهی از پروژه‌ها معنا پیدا می‌کند. اگر فرآیند برنامه‌ریزی و اجرای

پروژه‌های یک سبد خاص در سازمان را مورد بررسی قرار دهیم مشخص می‌ود المان‌های

فراوانی در این فرایندها وجود دارند که برای اکثر پروژه‌ها مورد بررسی قرار دهیم مشخص

می‌شود المان‌های فراوانی در این فرایندها وجود دارند که برای اکثر پروژه‌ها سبد مشترک

می‌باشند. عواملی مانند واحدهای طراحی و برنامه‌ریزی، پیمانکاری و مدیریتی که به دلیل

اشتراکات قابل ملاحظه، خروجی‌هایی با الگوی مشابه ایجاد می‌کنند. به عنوان مثال سبد

پروژه‌های افزایش ظرفیتی در یک شرکت تولیدی به دلیل برخورداری پروژه‌هایش از المان‌های

مشترک پردازش‌گر در فرآیند برنامه‌ریزی و اجرای خود، رفتارهای مشابهی در کارایی زمانبندی

و بودجه‌بندی خود نشان می‌دهد. (۱۱)

فلذا محاسبه فاکتورهای الگوی رفتاری هر سبد پروژه‌ای در سازمان می‌تواند

شاخص‌هایی را در اختیار PMO سازمان قرار دهد که در تحلیل سرمایه‌گذاری‌های سازمان

می‌توانند بسیار کارا باشند. (۱۱)

در ادامه به ورودی‌های مورد نیاز این تحلیل و خروجی‌های قابل انتظار آن پرداخته خواهد شد.

۴-۶- ورودی‌های سیستم

در ابتدا می‌باید ورودی‌های سیستم به همراه تغییرات مورد نظر در رویه‌های برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌های سازمان را به دقت تبیین نمود تا از صحت و سقم خروجی‌ها یا اطمینان بیشتری بتوان بهره‌مند شد. ورودی‌های اصلی این سیستم را می‌توان به صورت ذیل دسته‌بندی نمود:

داده‌های برنامه‌ریزی شده پروژه‌ها (بودجه اولیه، زمان برنامه‌ریزی شده ...)

داده‌های دوره اجرایی پروژه‌ها (متمم‌های بودجه‌ای، تمدید زمانی ...)

پیشرفت فیزیکی برنامه‌ای و واقعی پروژه در هر دوره گزارش‌گیری (از دیدگاه

کارفرما که شالوده روش محاسبه پیشرفت پروژه در این مطالعه خواهد بود)

جذب بودجه پروژه (تا حد امکان نزدیک به واقعیت) (۱۳)

۴-۷- خروجی‌های مورد انتظار

تعدادی از خروجی‌های مورد انتظار که می‌توان بر اساس نتایج بدست آمده از

تحلیل Ev در هر سبد از پروژه و در هر دوره گزارش‌گیری بدست آورد در ذیل ذکر شده‌اند که

برخی از آنها می‌توانند بازگو کننده نحوه تحقق اهداف استراتژیک کلان شرکت در سازمان

باشند. به عنوان مثال نتایج سبد پروژه‌های توسعه محصولات جاری یا سبد پروژه‌های افزایش

ظرفیت محصولات در یک شرکت تولیدی به صورت کلی نمایانگر وضعیت تحقق اهداف

استراتژیک مرتبط خواهند بود. (۱۳)

همچنین بودجه‌بندی دقیق‌تر سالانه پروژه‌های سازمان به صورت Bottom-Up

بررسی ریسک سرمایه‌گذاری در هر سبد پروژه‌های سازمان و موارد مشابه دیگرهمگی به واسطه

تولید داده‌های با ارزش افزوده اطلاعاتی بالا و با استفاده از متد EV میسر می‌گردد:

محاسبه میزان کارایی فرآیند برنامه‌ریزی زمانی در یک سبد پروژه
 محاسبه میزان کارایی فرآیند برنامه‌ریزی بودجه‌ای در یک سبد پروژه
 تخمین بودجه مورد نیاز جهت تکمیل پروژه‌های جاری یک سبد
 تخمین زمان مورد نیاز جهت تکمیل پروژه‌های جاری یک سبد
 محاسبه ریسک سرمایه‌گذاری در یک سبد پروژه (ایجاد یک پروژه جدید)
 محاسبه هزینه - فرصت تأخیر در بهره‌برداری از پروژه‌های هر سبد
 تحلیل ریسک تحقق اهداف استراتژیک مرتبط با پروژه‌ها
 ایجاد شاخص‌های تلفیقی مرتبط با فرآیند اجرای پروژه‌ها جهت بهبود (۱۰)
 ۱. تحلیل پروژه جهت بکارگیری تکنیک fast tracking [۳۶]:

fast tracking نوعی تکنیک مدیریت پروژه جهت انجام یک پروژه در کوتاهترین زمان ممکن است. این تکنیک جهت انجام همزمان فعالیت‌هایی که به هم وابسته نمی‌باشند بکار می‌رود که به کوتاه شدن خط پایان پروژه می‌انجامد.
 اما بکارگیری این تکنیک منوط به لحاظ کردن شرایط خاصی است که در ذیل به آنها اشاره می‌شود.

۴-۷-۱- آیا fast tracking برای پروژه شما مناسب است؟

- قبل از بکارگیری این تکنیک برقراری فرض‌های زیر مسلم است:
۱. داشتن یک برنامه زمانبندی واقعی از فعالیت‌هایی که به درستی تعریف شده‌اند.
 ۲. آگاهی کامل از روابط پیشنیازی فعالیت‌ها
 ۳. فهم کامل از نیازمندی‌ها، اهداف و اولویت‌های پروژه
 ۴. داشتن روابط خوب و معقول با کارفرما
 ۵. داشتن یک رویه مناسب جهت پیگیری پیشرفت پروژه و اداره کردن ریسک و

خطرات

باید در نظر داشت که اجرای fast tracking تحت شرایطی خاص می‌تواند مناسب باشد. چرا که مدیریت پروژه‌ای که اینگونه اجرا می‌شود، به دلیل انجام همزمان شمار زیادی از فعالیتها سخت‌تر از حالت عادی است. همچنین هنگام بروز مشکلات در پروژه به دلیل گستره وسیع فعالیت‌های در دست اجرا اثر منفی روی پروژه جدی‌تر است. بنابراین در بکارگیری این تکنیک باید کاملاً دقت کرد و مقتضیات زیر را در نظر گرفت.

۴-۷-۲- مقتضیات fast tracking: هنگام استفاده از این تکنیک ...

- به دلیل تغیی مداوم شرایط، پروژه باید در کوتاهترین زمان ممکن و حتی زودتر از زمان مورد انتظار جهت رسیدن به اهداف مورد نظر به پایان برسد.
 - پروژه از برنامه زمانبندی عقب است و فعالیت‌های باقیمانده باید جهت جبران زمان از دست رفته آرنج شوند.
 - پروژه در وضعیت دشواری است و fast tracking جهت کمینه کردن ضررهای بیشتر الزامی است.
- هنگام مواجهه با نیاز به اجرای fast tracking اولین راه حلی که به ذهن خطور می‌کند، شاید افزودن منابع یا افزایش ساعات کار باشد، اما این گزینه‌ها همیشه مناسب و مؤثر نیستند.
- بکارگیری نیروی انسانی بیشتر که البته گاهی اوقات نیز ممکن نیست - همیشه راه حل مناسبی نیست. در بعضی از پروژه‌ها مهم نیست که شما چقدر منبع جهت انجام سریعتر کار اضافه می‌کنید، به این دلیل که کار تنها با میزان متناهی و محدودی از منابع قابل انجام است. در این وضعیت منابع اضافی فقط باعث آشفته‌گی بیشتر و در حقیقت ممانعت از پیشرفت می‌شوند.
- گاهی اوقات اضافه کاری یک پیشنهاد فریبنده است و باعث ایجاد یک حلقه^{۴۷} می‌شود که پروژه را از اهداف اولیه دور می‌کند. مادامیکه ساعات اضافه کاری عقب ماندگیها^{۴۸} را در برنامه

47 - Loop
48 - Lag

زمانبندی کاهش می‌دهد، مفید است اما اضافه کاری بیش از حد به دلیل پایین آوردن کارایی منجر به نتیجه عکس خواهد شد. این موضوع در شکل شماره ۴-۴ نمایش داده شده است. (۲۱)



شکل ۴-۴

۴-۷-۳- فرایند fast tracking

گام اول: شناسایی اهداف و قابلیت‌ها

(۱) چرا به fast tracking نیاز دارید؟

(۲) به دنبال بازدهی بیشتر هستید یا حل مسئله؟

(۳) آیا تواناییها و منابع لازم جهت مدیریت شایسته و مؤثر پروژه تحت اجرای تکنیک

fast tracking را دارید؟

گام دوم: بازبینی برنامه زمانبندی

(۱) شناسایی روابط پیش‌نیازی سخت (روابطی که نمی‌توانند تغییر کنند)

(۲) شناسایی روابط پیش‌نیازی نرم (روابطی که قابل اصلاح یا حذف شدن هستند)

(۳) شناسایی کارهایی که^{۴۹} بهم وابستگی ندارند و می‌توانند همزمان اتفاق بیافتند. این

نکته کلید fast tracking است.

گام سوم: بازبینی خط زمان^{۵۰} پروژه

(۱) با شناسایی فعالیتهای مقارن، برنامه زمانبندی باید طوری ایجاد و اصلاح شود که به

این کارها امکان تکمیل شدن در کوتاهترین زمان ممکن را بدهد.

(۲) وابستگی‌های نرم را با حذف موارد ممکن بشکنید.

(۳) روی وابستگی‌های سخت تمرکز کنید. اینکار را می‌توان با چرخش نفرات^{۵۱} و کار در

شیفت‌های مختلف به منظور کاهش زمان پروژه از طریق اختصاص زمان بیشتری به اجرای این

فعالیت‌ها انجام داد.

گام چهارم: شناسایی الترناتیوها

(۱) آیا منابع اضافی را می‌توان تخصیص داد و به کدام کارها؟

(۲) آیا اضافه کاری در دسترس است و چگونه می‌توان آن را در پروژه به کار گرفت؟

(۳) آیا می‌توان محدوده پروژه را تغییر داد؟

(۴) آیا می‌توان کارکردهای اقلام قابل تحویل پروژه را کاهش داد؟

(۵) آیا می‌توان پروژه را به شکل Outsource اجرا کرد؟

گام پنجم: وزندهی الترناتیوها

پس از استخراج الترناتیوها نوبت به وزندهی آنها براساس چهار پارامتر مقایسه‌ای زیر

می‌رسد.

(a) زمان: چه مقدار زمان را می‌خواهید ذخیره کنید؟

(b) سود: چه مزایایی از اجرای fast tracking حاصل می‌شود؟

(c) هزینه: چه هزینه‌هایی از محل fast tracking تحمیل خواهد شد؟

(d) اهمیت: چه اثری روی نفرات یا دیگر پروژه‌های در حال اجرا دارد؟

گام ششم: رسیدن به اجماع

قبل از اجرای fast tracking در پروژه باید مطمئن شد که آنالیز پروژه کامل است و

کلیه مازولهای مهم پروژه شناسایی و تحلیل شده‌اند و نیز اثر اجرای این تکنیک را روی کلیه منابع

داخلی و مشتری نهایی بررسی کرد و پارامترهای مهم مورد نظر آنها را در اجرای پروژه لحاظ کرد.

اینکار سبب می‌شود که مشکلات ایجاد هماهنگی در پروژه به حداقل ممکن کاهش یابد.

گام هفتم: نظارت و پیگیری مشکلات

پیگیری و مدیریت مؤثر مشکلات از وظایف حیاتی در اجرای تکنیک fast tracking به

شمار می‌رود. در این پروژه‌ها کارها با سرعت زیاد رو به جلو می‌روند و هر بار فعالیت‌های زیادی جهت

انجام در راه هستند. بنابراین توانایی مدیریت و پیگیری مسائل پروژه جهت رسیدن به موفقیت حیاتی

است. (۲۴)

۴-۸- پروژه‌های EPC:

این پروژه‌ها شامل سه بخش مهندسی، تدارکات و ساخت می‌باشد. اغلب پروژه‌های نفت،

گاز و پتروشیمی به صورت EPC انجام می‌شوند. روش کلی انجام کار اینگونه است که کارفرما پروژه

را به پیمانکار عمومی^{۵۲} واگذار می‌کند. این پیمانکار مسئول تحویل اقلام قابل تحویل^{۵۳} پروژه یا به

عبارتی دیگر مسئول تحویل فیزیکی پروژه است. ضلع سوم این مثلث نیز مشاور است که توسط

کارفرما استخدام می‌شود و مسئولیت طراحی مهندسی پروژه را به عهده دارد. تأمین مالی^{۵۴} پروژه نیز

باید در این مرحله صورت گیرد. سیستم‌های اجرای پروژه‌های EPC شامل چندین مدل است که در

ادامه به معرفی پنج مدل خواهیم پرداخت [۲۲].

۱. سیستم چهار عامله (SDB+MC)^{۵۵}: در این سیستم کارفرما اختیارات مدیریت

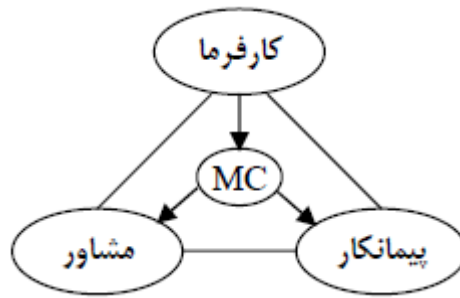
خود را به مدیر قرارداد واگذار می‌کند. (تصویر شماره ۴-۵)

52 - General Contractor

53 - Deliverable

54 - Financing

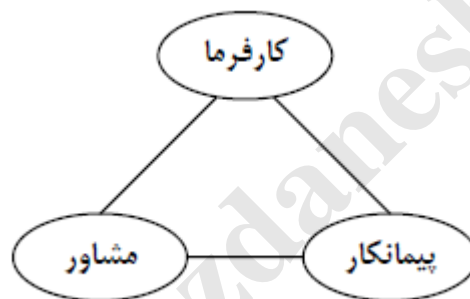
55 - Sequential Design Build



شکل ۴-۵

۲. سیستم سه عامله (SDB): در این سیستم می‌توان فعالیت‌ها را موازی انجام داد.

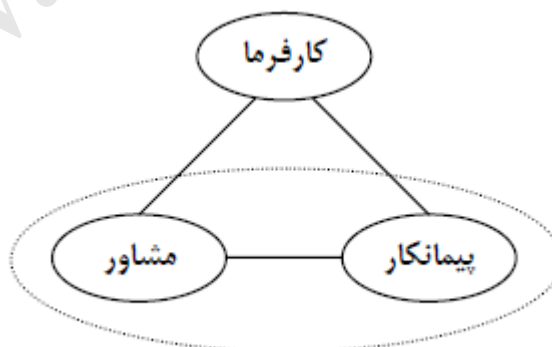
برای مثال قبل از اتمام کارهای مهندسی، فعالیت‌های ساخت را شروع کرد. (تصویر شماره ۴-۶)



شکل ۴-۶

۳. سیستم دو عامله (DB): در این سیستم معمولاً کارفرما تیم نظارت دارد. (تصویر

شماره ۴-۷)



شکل ۴-۷

۴. سیستم تک عامله (B): در این سیستم تمام عوامل پروژه (کارفرما، پیمانکار، مشاور و

مدیر قرارداد) مشارکتی^{۵۶} را تشکیل می‌دهند که همگی در تمام منافع مشترک هستند.

۵. سیستم بیع متقابل^{۵۷} (Built Operate Transfer): در این سیستم تمام منابع

مالی پروژه را پیمانکار تأمین می‌کند، به این شرط که بخشی از عملیات^{۵۸} بعد از اتمام پروژه را خود بر

عهده بگیرد و از سود آن برخوردار شود. از این دسته قراردادهای می‌توان به قراردادهای ۲ و ۳ توسعه

میدان گازی پارس جنوبی اشاره کرد که شرکت توتال فرانسه اجرای آن را برعهده داشت.

۴-۸-۱- ماژولهای کلان اجرای پروژههای EPC به صورت fast tracking:

(۱) مدیریت قرارداد^{۵۹}: وظیفه ایجاد هماهنگی در تمام بخش‌های پروژه را عهده‌دار است.

(۲) یکپارچگی^{۶۰}: پروژه باید در همه بخشهای EPC یکپارچه باشد، یعنی به صورت

سیستم تک عامله عمل کند.

(۳) انتقال سیال اطلاعات: یعنی بخش ساخت بتواند از مهندسی و تدارکات به راحتی

اطلاعات مورد نیاز خود را بگیرد.

(۴) بخش ساخت بتواند بخشهای مهندسی و تدارکات را Claim کند. به عبارت دیگر

بخش ساخت بتواند دلایل تأخیر و ادعای خسارت را از بخشهای خرید و مهندسی مطالبه کند.

(۵) کارفرما بتواند بخش ساخت را Claim کند. یعنی بتواند از بخش ساخت ادعای

خسارت در اجرا و تحویل اقلام قابل تحویل بکند. (۲۴)

۴-۸-۲- مواردیکه در این پروژهها باید کاملاً مد نظر قرار داد:

۱. از آنجائیکه در پروژههای fast tracking با توجه به همزمانی فازهای طراحی و

اجراء هم دستورها^{۶۱} و هم احجام کاری^{۶۲} مرتب تغییر می‌کنند، کلیه مسائل قابل پیش بینی^{۶۳} در فاز

اجرا باید بصورت واضح در قالب اگر - آنگاه^{۶۴} در قرارداد آورده شود.

56 - (Consortium)

57 - Buy Back

58 - Operation

59 - Management of contract

60 - Integration

نکته: تغییر دستور مربوط به فعالیتهایی است که آیتم قراردادی ندارد (یعنی به ازای این کارها در قرارداد رکورد اطلاعاتی وجود ندارد) ولی در مورد تغییر احجام تنها احجام کاری منطبق بر آیتم‌های قراردادی دستخوش تغییر می‌شوند.

۲. در اینگونه پروژه‌ها اغلب شاهد تأخیر^{۶۵} و بیکاری^{۶۶} نیروها و نیز ماشین آلات هستیم. چنانچه به وضوح وضعیت این موارد در قرارداد روشن نباشد، موجب می‌شود تا پیمانکار از تجهیزات خود بکاهد که خودبخود به تأخیر در کل پروژه می‌انجامد.

۳. انحراف از رویه‌ها یا مشخصات فنی، تغییر در یک کار معمولاً تغییرات در دیگر کارهای متعاقب را بدنبال دارد و در نتیجه منجر به مختل شدن برنامه کلی^{۶۷} می‌شود.

۴. تغییرات: مشتمل بر دو نوع هستند. تغییرات مربوط به ارزش و تغییرات ناشی از تصمیم‌های مدیریتی [۲۳]. هر چه تصمیمات مدیریتی منجر به ارزش افزوده بیشتر شود در پیشبرد پروژه مؤثرتر است. ماتریس زیر نشان دهنده حالات مختلف این موضوع است:

ارزش	تغییرات	
	دارای ارزش افزوده	بدون ارزش افزوده
مدیریتی	حداکثر سود	حداقل زمان
غیرمنتظره (ذاتی و اکتسابی فرایند یا نیروها)	حداکثر سود و حداکثر زمان	حداقل سود و حداکثر زمان

جدول ۴-۴: ماتریس تأثیر تغییرات بر زمان و سود پروژه‌های fast tracking

۴-۹- مطالعه موردی: پروژه یوتیلیتی موقت واحد استحصال اتان

۴-۹-۱- دلایل استفاده از تکنیک fast tracking:

- 61 - Change order
- 62 - Extra work
- 63 - Concern
- 64 - if- then
- 65 - Delay
- 66 - Idle time
- 67 - Overall

شرکت متولی ایجاد یوتیلیتی متمرکز در عسلویه مسئولیت تأمین یوتیلیتی مورد نیاز واحدهای پتروشیمی واقع در عسلویه را بر عهده دارد، اما به دلیل تأخیر نمی‌توانست سرویس‌های خود را به موقع به واحد استحصال آنان برساند و از آنجاییکه هر روز تأخیر در بهره‌برداری از این پروژه زبان هنگفتی را به دنبال داشت، لذا تصمیم بر ایجاد یک واحد یوتیلیتی موقت جهت تأمین ملزومات مورد نیاز این واحد گرفته شد. از جمله این ملزومات می‌توان به نیتروژن، هوای فشرده، آب مقطر و بخار اشاره کرد. با توجه به توضیحات فوق استفاده از تکنیک fast tracking در این پروژه با توجه زمان محدود و ضررهای قابل تحمیل به پروژه ضروری به نظر می‌رسید. سیستم اجرایی در این پروژه از نوع سه عامله بود و کارفرما، پیمانکار و مشاور سه ضلع این پروژه را تشکیل می‌دادند. این پروژه به صورت E+PC از سوی کارفرما تعریف شد. بخش مهندسی کاملاً از حوزه کاری پیمانکار خارج بود و بخش خرید و تدارکات بین کارفرما و پیمانکار مشترک بود. یعنی بخشی از اقلام پروژه را کارفرما و بخش دیگر را پیمانکار تأمین می‌کرد و تنها بخش ساخت بطور کامل به پیمانکار اختصاص داشت.

از جمله اقداماتی که در راستای اجرای این تکنیک در پروژه اجرا شد، می‌توان به حذف یک واحد بویلر از محدوده قرارداد اشاره کرد. بدینگونه که پس از بازنگری پروژه مشخص شد که واحد یوتیلیتی موقت می‌تواند با تعداد دو بویلر نیز خدمات مورد نیاز جهت واحد استحصال آنان را فراهم کند. لذا جهت انجام سریع پروژه بویلر شماره ۳ از محدوده قرارداد حذف گردید.

در پروژه فوق‌الذکر تأخیرهای بسیاری با توجه به برنامه زمانبندی بوقوع پیوست. از آن جمله می‌توان به تأخیر قریب به چهار ماه در تحویل بویلرها و سه ماه در تحویل فیلترها از طرف کارفرما به پیمانکار را عنوان کرد که این مقدار تأخیر در یک پروژه شش ماهه قابل قبول نیست. تأثیر منفی این میزان تأخیر بر هزینه و زمان پروژه در آنالیز ارزش کسب شده^{۶۸} که در ادامه خواهد آمد، نشان داده شده است. (۲۴)

۴-۹-۲- دلایل نقض اجرای صحیح fast tracking:

رویه هماهنگی^{۶۹} پروژه تدوین شده بود و لیکن به این دلیل که موارد زیر در آن به روشنی نیامده بود، می‌توان دلایل نقض اجرای صحیح fast tracking در پروژه را بشرح زیر لیست کرد:

(۱) عدم انتقال بموقع اطلاعات به ذینفعان پروژه: برای این مورد می‌توان بویلرها را مثال زد. سازنده بویلرها که شرکتی هلندی بود کار را به شرکتهای جزء واگذار کرده بود که این خود هماهنگی اضافی را به پروژه تحمیل کرده بود. در اثنای پروژه شرکت سازنده به دلایلی از ادامه ساخت بویلرها سرباز زده بود و عملاً پیشرفتی در کار دیده نمی‌شد. این مورد حساس از سوی کارفرما که مسئولیت تحویل این قلم را به پیمانکار داشت، به پیمانکار اطلاع داده نشد و در نتیجه پیمانکار در حالیکه می‌توانست با اطلاع از این جریان نیروها و منابع خود را بر دیگر بخش‌های پروژه جهت پیشبرد سریع کار متمرکز کند، عملاً منابع خود را در این بخش اتلاف کرد که هم زمان و هم هزینه بیشتری را به پروژه تحمیل کرد.

(۲) نبود ارتباط سیال بین بخشهای ساخت و مهندسی: این ارتباط تنها از طریق کارفرما برقرار بود و در نتیجه مشکلات فراوانی را جهت اجرای fast tracking پروژه از قبیل اتلاف زمان جهت برقراری ارتباط با واسطه با کارفرما پدید می‌آورد. همچنین گاهی اوقات به دلیل عدم آگاهی طرفین ذینفع ارتباط از جریان اطلاعات، از وضعیت اسناد اطلاعی در دست نبود.

(۳) در رویه هماهنگی پروژه وضعیتهای شرطی (اگر - آنگاه) بدرستی مشخص نبود. این نقیصه موجب شده بود تا بخش ساخت در مواردی که به علت تأخیر و یا اشتباه در بخش‌های مهندسی و خرید نمی‌توانست پیشرفتی حاصل کند و عملاً با افزایش هزینه به علت خواب سرمایه مواجه می‌شد، نتواند از این بخشها ادعای خسارت کند، یا خود برای جلوگیری از تأخیر بیشتر دست بکار شود. جهت مطالعه تطبیقی در این مورد می‌توان از شرکت هیوندایی - پیمانکار اصلی فاز ۴ و ۵ میدان گازی پارس جنوبی - نام برد که در مواردی که پیمانکاران جزء^{۷۰} قادر به انجام تعهدات خود

69 - Coordination procedure
70 - Sub Contractor

نبودند، برای جلوگیری از تأخیر در پروژه خود مستقیماً وارد عمل می‌شد و پس از اجرای کار هزینه آن را به پیمانکار جزء تحمیل^{۷۱} می‌کرد.

(۴) انحراف از مشخصات فنی: در چندین مورد انحراف از مشخصات فنی^{۷۲} از جمله الکترودهای جوشکاری موجب حجم نسبتاً زیادی دوباره‌کاری شد. (۲۴)

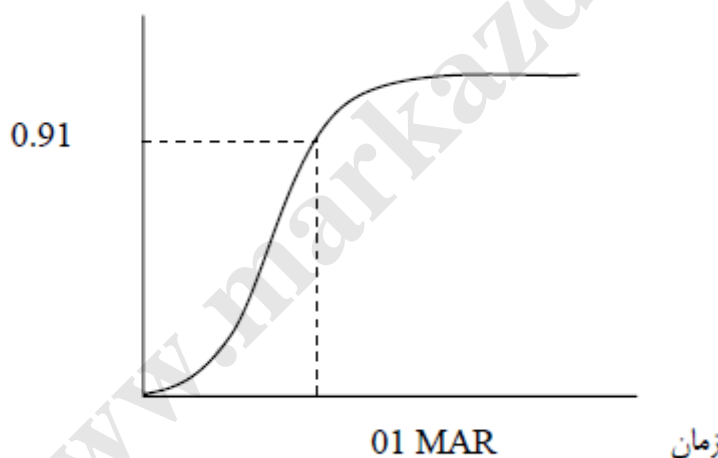
۳-۹-۴- تحلیل ارزش کسب شده:

نکته: جهت حفظ اسرار کارفرما مبالغ آورده شده به صورت ضربی از ارقام واقعی

آمده‌اند.

کل بودجه اجرا ۶۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰ تومان و ۶۵٪ این مبلغ یعنی ۳.۹۰۰.۰۰۰.۰۰۰ بودجه بخش ساخت است. تحلیل فوق برای این پروژه، در زمان ۱ مارس ۲۰۰۴ به صورت ذیل می‌باشد:

قابل ذکر اینکه زمان انجام پروژه طبق برنامه شش ماه است.



شکل ۴-۴

$$BCWS = 91\% \times 3,900,000,000 = 3,549,000,000$$

$$ACWP = 2,354,430,000$$

$$BCWP = 48,4\% \times 3,900,000,000 = 1,887,600,000$$

$$CPI = 1,887,600,000 / 2,354,430,000 = 80,17\%$$

$$SPI = 1,887,600,000 / 3,540,000,000 = 53,19\%$$

71 - Charge

72 - Welding procedure specification

به ازای هر واحد هزینه ۸۰.۱۷٪ تبدیل به کار می‌شود، در نتیجه هزینه مورد نیاز برای

اتمام پروژه برابر است با:

$$3,900,000,000/80,17\%=4,864,524,793$$

از هر واحد بودجه ۵۳.۱۹٪ در واحد زمان مصرف می‌شود، در نتیجه زمان مورد نیاز برای

اتمام پروژه (بر حسب ماه) برابر است با:

$$11.3=6/53.19\%$$

و نهایتاً حداکثر بودجه مورد نیاز برای اتمام پروژه $(CPI*SPI)$:

$$3,900,000,000/(53.19\%*80.17\%)=9,146,110,665$$

ملاحظه می‌شود که مطابق تحلیل فوق در اثر نقض اصول fast tracking بودجه پروژه

بیش از ۱.۵ برابر و زمان پروژه تقریباً دو برابر شده است. (۲۴)

فصل پنجم: نتیجه‌گیری

مقدمه:

در این فصل به جمع بندی و نتیجه گیری کلی در مورد کل پروژه پرداخته می شود و به جزئیاتی مانند نوع مدل ارائه شده و نحوه ی کاربرد آن پرداخته می شود.

فرآیندهای مدیریت عملکرد در سالهای اخیر به عنوان ابزاری برای ارزیابی عملکرد منابع انسانی پروژه مورد توجه قرار گرفته است، ابزارهایی که در مقایسه با روشهای انتزاعی و سنتی، نگرش مدیریت به این موضوع را یکپارچه می کند و گسترش می دهد. بر این مبنا می بایست استراتژی پاداش بر پایه این اصل مهم بنا و استوار گردد که، منبع نهایی ایجاد ارزش در سازمان پروژه نیروی انسانی سازمان می باشد. این ابزار مدیریت پروژه به خصوص در مدیریت خزش محدوده های ردیابی و عملکرد آن در مقابل اقدامات واقعی بودجه و برنامه در هر نقطه در زمان موثر می باشد، نه تنها در نقاط عطف. برنامه ریزی موثر پروژه نیروی انسانی سازمان می باشد. این ابزار مدیریت پروژه به خصوص در مدیریت خزش محدوده های ردیابی و عملکرد آن در مقابل اقدامات واقعی بودجه و برنامه در هر نقطه در زمان موثر می باشد، نه تنها در نقاط عطف. برنامه ریزی موثر پروژه، برای ما داده های مورد نیاز جهت به کار گیری متد ارزش کسب شده را فراهم می سازد. گردآوری داده ها به ما امکان محاسبه شاخص های عملکرد هزینه و زمان بندی را خواهد داد. با در نظر گرفتن این شاخص ها و برنامه از پیش تعیین شده مشخص می شود که ما در کجای پروژه قرار داریم و به کجا خواهیم رفت. به طور خلاصه، ما می توانیم بهترین تصمیم را بگیریم برای آنکه به کجا خواهیم رفت، زمانیکه بدانیم در کجا قرار گرفته ایم.

همانطور که از متن تحقق جاری می توان استنباط نمود، مزایای این روش در سازمان های پروژه محور بالاخص ابر سازمان ها که از حجم جریان اطلاعاتی بالایی برخوردارند به عنوان فرآیندی که می تواند داده هایی با قابلیت تصمیم سازی بالا تولید کند غیر قابل انکار

خواهد بود. ایجاد مسیرهای هادی اطلاعات خامی که در حوزه پروژه‌ای سازمان در جریان است به واسطه ساز و کارهای مدیریت پرتفلیوی پروژه‌ها، و در مرکز آن، موتور پردازشگر فرآیند برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌ها که بر مبنای متد EVM بنا نهاده شده است همگی در راستای اثربخشی بیشتر PMO در سازمان موثر خواهند بود. اما محدودیت‌هایی از جمله کارایی ضعیف جریان اطلاعاتی در بخش مدیریت پروژه‌های سازمان (که در متن شرح داده شد) و همچنین تضادهایی که در رویه‌ها و نظام برنامه‌های اجرایی پروژه‌ها در سازمان با این متدولوژی بوجود می‌آید نیز می‌بایست مد نظر قرار گیرند.

با احتساب آنچه به عنوان مزیت و محدودیت ذکر شد، کاربرد این روش را می‌توان به شرکت‌ها و سازمان‌های بزرگ و رو به توسعه توصیه نمود که تعدد پروژه‌ها آن‌ها را به سازمان‌های پروژه محور ملقب نموده است.

عموماً مشتریان (داخلی و خارجی) هر پروژه‌ای مایلند که پروژه در کوتاهترین زمان ممکن کامل شود. اما این مورد به تنهایی نمی‌تواند توجیه کننده استفاده از تکنیک fast tracking باشد. بسته به نوع پروژه و تجربیات تیم پروژه و نتایج مورد انتظار، ممکن است که این تکنیک انتخاب خوبی نباشد. اجرای این تکنیک در پروژه‌ای که باید روی خط زمان که قابل کوتاه شدن نیست، پیش رود تنها به ایجاد اختلال و در نتیجه شکست می‌انجامد. در حالی که اگر این تکنیک با مطالعه کامل پروژه به طور مؤثر بکار گرفته شود، می‌تواند ابزاری کارا جهت پاسخگویی به تغییرات شرایط پروژه و نیازهای بازار باشد. همچنین سیستم تک عامله (کنسرسیوم) بهترین روش اجرای پروژه‌های fast tracking معرفی می‌گردد.

علی‌رغم اهمیت سیستم مدیریت ارزش کسب شده به عنوان متدولوژی ارزش‌مندی در تحلیل و کنترل عملکرد پروژه‌ها، تحقیقات روی طراحی و توسعه رویکردی یکپارچه به منظور کنترل عملکرد پروژه از طریق این متدولوژی بسیار محدود بوده است. در این پروژه‌ها (CPI, SPI) استفاده شد. برای اطمینان از تحقق شروط اصلی به کارگیری این

نمودارها (استقلال داده‌ها و توزیع آماری نرمال داده‌ها)، آزمون‌های مربوطه انجام شدند. در ادامه قابلیت‌های این رویکرد نسبت به رویکردهای مرسوم در قالب مثالی نشان داده شد. باید توجه داشت صرف نظر از توزیع آماری داده‌ها، متدولوژی ارائه شده در این مقاله را می‌توان در حالت کلی برای تحت کنترل قرار دادن عملکرد پروژه از طریق شاخص‌های ارزش کسب شده به کار بست.

در این پروژه ضمن آشنایی با ادبیات موضوع و مفاهیم کلیدی مدیریت ارزش کسب شده به بررسی جایگاه این تکنیک در فرایند مدیریت پروژه پرداخته شده، در این تکنیک با ابزارهای اندازه‌گیری مناسب و هدفمند با قابلیت کاربرد در هر نوع پروژه و سنجش عملکرد زمان، هزینه و محدوده پروژه را برای مدیریت آن میسر می‌سازد و مدیر پروژه در هر زمان از مرحله ساخت پروژه قادر خواهد بود براساس عملکرد پروژه تا آن مقطع زمانی درصد موفقیت پروژه را در تحقق اهداف زمان و هزینه آن برآورد و پیش بینی نماید.

سیستم مدیریت ارزش کسب شده، سه مؤلفه اصلی مدیریت پروژه یعنی مدیریت زمان، مدیریت هزینه و عملکرد فنی را با هم یکپارچه می‌کند. این روش مقادیر واریانس زمان و هزینه پروژه را محاسبه کرده و با محاسبه شاخص‌های عملکردی، زمان بندی و هزینه نهایی پروژه را در سطوح مختلف پروژه محاسبه می‌نماید. در این تحقیق، از روش ارزش کسب شده برای برآورد هزینه اتمام پروژه و از روش زمان کسب شده نیز در برآورد زمان اتمام پروژه استفاده شد. روشهای مختلفی که برای برآورد زمان و هزینه موجودند ارائه گردید. یک متدولوژی جهت انتخاب بهترین روش برآورد هزینه و زمان اتمام پروژه ارائه گردید. در این روش، بهترین روش برای برآورد هزینه اتمام پروژه بدست آمده و از شاخص عملکردی آن در برآورد زمان اتمام پروژه استفاده شد. با استفاده از مثال عملی روشهای مختلف موجود در زمینه برآورد زمان و هزینه پروژه با هم مقایسه شده و بهترین روش با کمترین انحراف از مقادیر واقعی مشاهده شده، انتخاب شدند.

این پروژه ابتدا به معرفی تکنیک مدیریت ارزش کسب شده پرداخته و سپس روشی نوین جهت به کارگیری این تکنیک در پروژه‌ها ارائه نموده است. این روش با تعریف زمان و هزینه فعالیت‌ها به صورت اعداد فازی تمام شاخص‌ها و مدل‌های موجود پیش بینی زمان و هزینه پروژه را از حالت قطعی خارج و به مدل‌های فازی تبدیل نموده است. به گونه‌ای که با در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت موجود در پروژه‌ها، به مدیران پروژه این امکان را می‌دهد تا براساس تحلیل‌هایی نزدیک‌تر به واقعیت تصمیم‌گیری نمایند.

اعداد فازی موجود در این روش به صورت اعداد فازی مثلثی تعریف شده و ارائه دو روش مقایسه‌ای « $\alpha - \text{CUT}$ » و «دوبویس و پرید» جهت تحلیل اعداد فازی درک این مدل را برای مدیران پروژه تسهیل نموده است. روش $\alpha - \text{CUT}$ با تبدیل اعداد فازی به اعداد کلاسیک، مقایسه آنها را امکان پذیر نموده است و در روش دوبویس و پرید از نظریه امکان جهت انجام مقایسات اعداد فازی استفاده شده است.

مدل ارائه شده کاملاً کاربردی بوده و می‌تواند در شرایطی که زمان و هزینه پروژه از ابتدا به صورت غیرقطعی و فازی تعریف شده است، مورد استفاده قرار گیرد.

پروژه حاضر می‌تواند زمینه‌ای جهت گسترش مدل فازی ارزش کسب شده باشد به گونه‌ای که دیگر پارامترهای این تکنیک مورد بررسی قرار گرفته و در صورت امکان به اعداد فازی تبدیل شوند. به عنوان مثال می‌توان درصد پیشرفت واقعی فعالیت‌ها را از روشهای دیگر محاسبه نمود و امکان فازی شدن آنها را بررسی کرد.

همچنین بررسی دیگر روشهای مقایسه‌ای فازی جهت انجام مقایسات و تحلیل‌های اعداد فازی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. www.mdar.behdasht.gov.org

۰۲ الگوی تحلیل ارزش حاصله در سبد پروژه ها، علی مشیری موحد، مصطفی زمانی، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه

۰۳ مقایسه روش های مختلف پیش بینی هزینه و زمان اتمام پروژه با استفاده از شاخص های زمان و ارزش کسب شده و ارائه متدولوژی انتخاب بهترین روش ، عبدالسلام قادری، سیامک نوری، آرش ربانی، پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع

4.Fleming,Q.W.and J.M.kooppleman."the earned value body of knowledge."in proceeding of the both annual project management institute 1999.pennsylvania.usa

5.vanderoorde,s.and M. vanhoucke,"a comparison of differons project durntion forecasting methods using earned valu metrics.",international journal of pm, (24):p.289-302.,2006

6.project management institute. A Guide to project management body of knowledge(pmbok gu:de).usa.project management institute .2005

7.fleming,Q.W. and J.M. kooppleman."earned value project management: A power ful tool for software project"S , croostalk: the journal of defense software Engineering, usa.

۰۸ مدیریت پروژه ارزش کسب شده ، محمد رضا فرج مشائی، مؤسسه فرهنگی رسا، تهران، ۸۵

۰۹ مقاله مدیریت و کنترل پروژه ارزش کسب شده ، مهندس ابوالفضل ولوی

10.www.ajdesigner.com

۰۱۱ مقاله پیش بینی زمان و هزینه اتمام پروژه با تکنیک مدیریت ارزش کسب شده ، لیا

مسلمی، نغمه گرویان

۰۱۲ مدیریت پروژه ارزش کسب شده ، علی واحدی دیز ، آریانا قلم، تهران، ۸۷

13.www.wikipedia.org

۱۴. مسلمی نائینی، لیل، رویکردی مبتنی بر تئوری فازی برای ارزش کسب شده، پایان نامه

کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۵

۱۵. نور اسناء، رسول، مقدمه ای بر کنترل آماری فرایند انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

چاپ هشتم ۱۳۸۲

16.steyn,H.,(2008),A frame work for managing Qualityon system development projects, Portland international conference on management of engeenering and technology, vols

۱۷. علی اکبر اکبری ف امیر صالحی پور ، کنترل و پایش آماری شاخص های عملکرد زمان و

هزینه پروژه ها ، مطالعه موردی در پروژه های عمرانی ۱۳۹۱

18.Abba, W.F.(1999)<earned value management system>, earned value symposium, Tokyo,japan

19.progect management. Institute(2005) <practice standard for earned value management>, Pennsylvania, (pmi), pmi standard committee. Usa

20.Gautam banerjee, rajib Das . (2003)<earned value management system for IT projects>

21.model based dynamic resource management for construction projects, moonseo park, Departement of Architecture, seoul national university, san 56-1 shinrim-dong, seoul, republic of korea, Accepted 3 november 2004

۲۲. امامی زاده، بهرام، مقدمه ای بر مدیریت پروژه (ساختار سیستمی مدیریت پروژه)، ۱۳۸۰

23.J.Lyneis,k. cooper , S.Els, strategic management of complex projects: a case study using system dynamics, system dynamics Review, vol. 17(3), tohnwiley& sous , 2001

۲۴. مصطفی دارایی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیر

کبیر (پلی تکنیک تهران) مدیریت پروژه fast tracking با تأکید بر پروژه های EPC ۱۳۸۴

- 25.christensen,D.S., "using performance indices to evaluate the Estimateat completion."journal of cost analysis:p.7-15.1994
- 26.christensen.D.S., " using the earned value cost management report to evaluate the contvactors estimate at completion.", Acquisition review Quartely, summer 1999
- 27.Anbari,F., "earned value methodan dextensions" project management J, 34(4):p.12-23,2003
- 28.Ernest Orlando Lawrence Berkeley national laboratory, " Erned value management system(LBNL-EVMS) description," inrevision4.9.:Berkley.,2005
- 29.lipke,W., "earned schedule...anextension to EVM theory."insweden EVM conference.. stocholm:PMI.,2005
- 30.lipke,W., "schedeuleisdifferet," in the measurable News..P.31-43,2003(march)
- ۳۱ شوئدی، ح.(۱۳۸۵)، "نظریه مجموعه های فازیو کاربرد آن در مهندسی صنایع و مدیریت"، انتشارات گسترش علوم پایه، چاپ اول
- 32.Fleming,QW., Koppelman,J.M(2000)"earned value project management", 2 edition, nemtown square,PA:project management institute
- 33.Henderson , K.(2004)"Furter Deverlop mentsin earned schedule, in the measurable News
- ۳۴ نازنین مغیث پور ، امیر علی نجفی، پیش بینی زمان و هزینه پروژه با استفاده از تکنیک ارزش کسب شده با رویکرد فازی
- 35.project management institute website 2005
- 36."successfully presenting earned value ", www. Kidasa.com , editor , KIDASA softwore , incorporation., 2005
- 37.jacob, D.,:forecasting project schedule completion with earned value metrics.", the measursble News:1.7-9.,2003

38.jacob , D. and M. kane,"forecasting schedule completion using earned value metrics revisited , in the measurable news."(summer).P.11,2004

39.earned value management-REF8018, the project management institute [www.BMI.org],203

www.markazdanesh.ir

پیوست‌ها

www.markazdanesh.ir

فرمول‌های مورد نیاز برای محاسبات

شاخص عملکرد هزینه؛

شاخص عملکرد هزینه (شاخص تورم مصرف کننده)	$CPI = \frac{BCWP}{ACWP}$
هزینه بودجه‌بندی شده کار انجام شده (BCWP)	$CPI \times ACWP$
هزینه واقعی کار انجام شده (ACWP)	$WP = \frac{BCWP}{CPI}$

جدول ۱-۵

CPI=1	CPI<1	CPI>1
پروژه مطابق هزینه برآورد شده	پروژه با هزینه بیشتر برآورد انجام شده	پروژه با هزینه کمتر از برآورد انجام شده

جدول ۲-۵: برنامه شاخص عملکرد؛

برنامه شاخص عملکرد (عر)	$CPI = \frac{BCWP}{ACWS}$
هزینه بودجه‌بندی شده کار انجام شده (BCWP)	$SPI \times BCWS$
هزینه بودجه‌بندی شده کار برنامه‌ریزی شده (BCWS)	$WS = \frac{BCWP}{SPI}$

جدول ۳-۵

$SPI=1$	$SPI<1$	$SPI>1$
پروژه مطابق زمان برآورد شده	پروژه دیرتر از برآورد انجام شده	پروژه زودتر از برآورد انجام شده

جدول ۴-۵: واریانس هزینه

واریانس هزینه (رزومه)	$WP - ACWP$
هزینه بودجه‌بندی شده کار انجام شده (BCWP)	$CV + ACWP$
هزینه واقعی کار انجام شده (ACWP)	$BCWP - CV$

جدول ۵-۵

$CV=0$	$CV<0$	$CV>0$
پروژه مطابق برنامه بوده	پروژه گرانتر تمام شده	پروژه ارزانتر تمام شده

جدول ۶-۵: واریانس برنامه؛

واریانس برنامه (CV)	$WP - BCWS$
هزینه بودجه‌بندی شده کار انجام شده (BCWP)	$SV + BCWS$
هزینه بودجه‌بندی شده کار برنامه‌ریزی شده (BCWS)	$BCWP - SV$

جدول ۷-۵

$SV=0$	$SV<0$	$SV>0$
پروژه مطابق برنامه بوده	پروژه دیرتر تمام شده	پروژه ارزانتر تمام شده

جدول ۸-۵: واریانس برنامه؛

واریانس در تکمیل (VAC)	$AC - EAC$
بودجه در تکمیل (BAC)	$AC + EAC$
برآورد قیمت تمام شده در پایان (EAC)	$AC - VAC$

جدول ۵-۹

پنج مرحله اولیه جهت محاسبه ارزش کسب شده مورد نیاز می باشد که عبارتند از:

۱- شناخت کامل محدوده پروژه از روش ساختار شکست کار W.B.S یا روش

AM/PM

۲- شناخت فعالیت های پروژه با حفظ محدوده و یکپارچگی پروژه

۳- زمان گذاری فعالیت ها و تنظیم پیشنیازی ها

۴- تخصیص منابع و هزینه به فعالیت

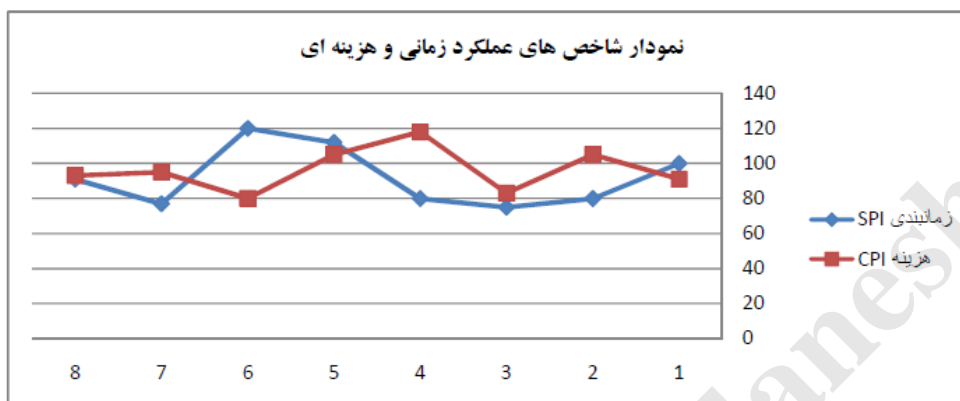
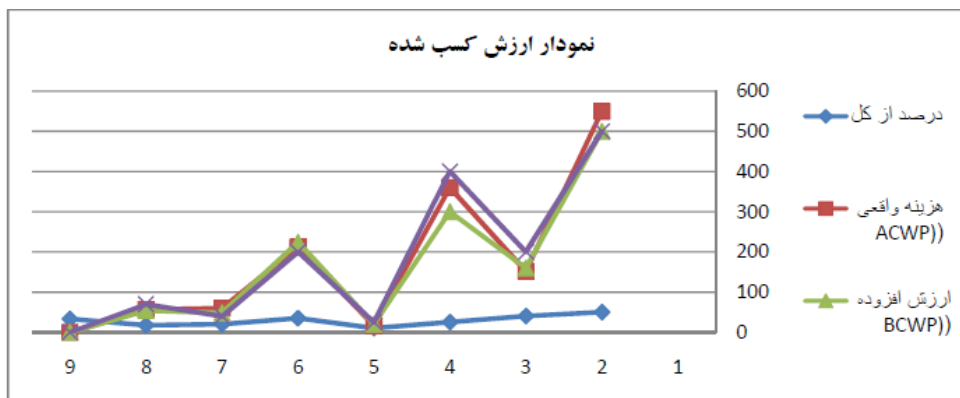
۵- تجزیه و تحلیل کلیه داده ها و تنظیم برنامه ریزی کل زمان بندی کل پروژه

با توجه به اطلاعات فوق امکان ترسیم منحنی های مختلف با استفاده از تکنیک

ارزش کسب شده مهیا می گردد. (۱۱)

درصد از کل	% شاخص عملکرد			انحراف زمانبندی SV		انحراف CV هزینه	هزینه واقعی (ACWP)	ارزش افزوده (BCWP)	بودجه (BCWS)
	زمانبندی SPI	هزینه CPI	درصد SVP	SV مبلغ	درصد CVP	SV مبلغ			
0	00	1	0			0.000-	50.000	00.000	00.000
0	0	05	20-	0.000-		.000	52.000	60.000	00.000
5	5	3	25-	00.000-	0-	0.000-	60.000	00.000	00.000
0	0	18	20-	.000-	5	.000	7.000	0.000	5.000
5	12	05	12	4.000		1.200	12.800	24.000	00.000
0	20	0	20	.000	5-	2.000-	0.000	8.000	0.000
7	7	5	23-	6.000-	-	.700-	6.700	4.000	0.000
3	1	3	9-	29.000-	-	02.500-	.408.500	.306.000	.435.000

جدول ۵-۱۰: نمونه جدول تجزیه تحلیل ارزش کسب شده



شکل ۵-۱: نمودارهای ترسیمی با توجه به داده های جدول فوق