فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال سیزدهم/ شماره ۴۶ / زمستان ۱۳۹۷

بهبود دقت پیش بینی پروژه های ساخت با استفاده از ادغام مدیریت ارزش کسب شده با روش های کمی پیش بینی در سری های زمانی (مورد مطالعاتی پروژه های فاز ساخت)

مهرداد خازن چین
کارشناس ارشد مهندسی صنایع (مدیریت سیستم و بهروری)، دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب
امیر عباس شجاعی (نویسنده مسؤول)
استادیار، دانشکده صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب
Email: a.shojaie@azad.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۳ * تاریخ پذیرش ۹۷/۱۱/۶

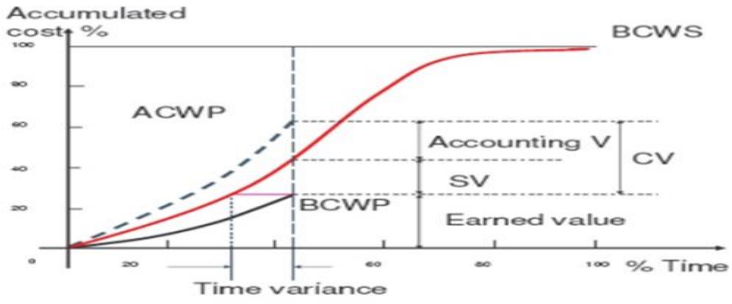
چکیده

مدیریت ارزش حاصله رویکردی جهت یکپارچه سازی مدیریت زمان و هزینه در چارچوب مدیریت محدوده پروژه است. همچنین از کاربردهای دیگر این روش تخمین هزینه های باقی مانده تا تکمیل طرح با استفاده از عملکرد گذشته است. با توجه به بررسی های انجام شده تاکید همه تحقیقات گذشته بر تخمین هزینه نهایی پروژه بوده و توجهی به دیگر مقاطع زمانی پروژه نکردند .بر همین اساس هدف از این تحقیق، تکمیل و گسترش روش های پیش بینی هزینه تکمیل پروژه می باشد .در این تحقیق، روش پیش بینی هزینه تکمیل پروژه از روش رگرسیونی و سری زمانی با توجه به خروجی ها و نتایج بدست آمده انتخاب گردید که بدین منظور رابطه های رگرسیونی و سری زمانی بر اساس رابطه خطی برخی از پارامترهای تاثیر گذار در مدیریت ارزش حاصله جهت محاسبه هزینه های واقعی، ایجاد شدند. و سپس جهت مقایسه رابطه ها، از خطای پیش بینی MAPE همچون روند صعودی یا نزولی مقادیر درصد خطا در دوره های مختلف و آنالیز مقایسه ای استفاده گردید .که برخی از رابطه های رگرسیونی نتایج قابل اعتمادی را از خود نشان داده اند . جهت تعیین بهترین رابطه یا مدل برای پیش بینی هزینه، با استفاده از داده های واقعی دو پروژه در فاز ساخت باماهیت های متفاوت، مدل مذکور مورد استفاده قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: رگرسیون، روند، مدیریت ارزش حاصله، هزینه های واقعی، هزینه های برنامه ریزی شده.

۱- مقدمه

با افزایش پروژه های صنعتی و خدماتی در تمام دنیا، مدیریت ارزش کسب شده به عنوان روشی جدید و کارآ، نقش مهمی را در کنترل یکپارچه ی پروژه ایفا می کند. یکی از دغدغه های اصلی متولیان و دست اندرکاران پروژه ها آن است که بتوانند پروژه خود را طبق برنامه زمانبندی از پیش تعیین شده و بودجهٔ تخصیص داده شده به پایان برسانند. مدیریت ارزش کسب شده[1] با یکپارچه سازی سه بعد مدیریت زمان، مدیریت هزینه و مدیریت محدوده پروژه، امکان اندازه گیری دقیق وضعیت پیشرفت پروژه و اتخاذ تصمیمات به موقع را برای اجرای اقدامات اصلاحی، فراهم می آورد(Moslemi & Geroyan, 2009). امروزه پیش بینی هزینه های واقعی پروژه در یک دوره یکی از جنبه های اساسی مدیریت پروژه است، یکی از بهترین رویکردهای این زمینه مدیریت ارزش کسب شده است. قابلیت اطمینانی که مدیریت ارزش کسب شده برای پیش بینی واقعی هزینه ها دارد؛ آن را به یک ابزار قدرتمند برای ارزیابی عملکرد هزینه فعلی پروژه تبدل کرده است (Batselier & Vanhoucke, 2017). مدیریت ارزش کسب شده بر سه پارامتر کلیدی تکیه دارد: ۱) ارزش کار برنامه ریزی شده[2] ؛ ارزش کار برنامه ریزی شده، میزان هزینه لازم جهت تکمیل فعالیت های زمانبندی شده می باشد. این متغیر هزینه بودجه بندی شده کار زمانبندی شده نیز نامیده می شود. ۲) ارزش کسب شده[3] ؛ ارزش کسب شده، هزینه بودجه شده کار انجام شده می باشد. به عبارت دیگر مقدار هزینه برنامه ریزی شده برای کاری است که در عمل تا یک زمان خاص اتفاق افتاده است. ۳) هزینه واقعی انجام شده[4] ؛ هزینه واقعی برای کار انجام شده می باشد.(شکل۱).



شکل(۱): نمودار مدیریت ارزش کسب شده

که هزینه واقعی انجام شده مقدار هزینه صرف شده جهت کاری است که واقعاً تا یک مقطع از زمان انجام شده است (Naeimi et al, 2015). مدیریت ارزش کسب شده سلامت پروژه را از دو منظر زمان و هزینه در نظر می گیرد. مدیریت ارزش کسب شده یک روش برای ارزیابی عملکرد هزینه های فعلی پروژه و پیش بینی هزینه واقعی آن است که در دهه ۱۹۶۰ این تکنیک معرفی شده و روش های آن تاکنون در حال گسترش و به روز رسانی است. یکی از روش های پیش بینی مقیاس هموار سازی[5] است. این مقیاس بر اساس میانگین وزنی هزینه های گذشته، هزینه های واقعی را پیش بینی می نماید. اگرچه مقیاس هموار سازی در تنظیمات مالی و اقتصادی مورد استفاده قرار می گیرد، اما برای پیش بینی مدت زمان پروژه و هزینه های آن نیز مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین رویکرد هموار سازی پروژه برای پیش بینی زمان و هزینه پروژه یکی از روش های پیش بینی است (Batselier & Vanhoucke, 2017) ؛ که محقق بر اساس پژوهش (۲۰۱۷) به بررسی بهبود دقت در پیش بینی هزینه و زمان پروژه های ساخت بر اساس رویکرد مدیریت ارزش کسب شده خواهد پرداخت. مدیریت ارزش کسب شده تکنیکی برای پاسخگویی به این دو سوال مهم است که هزینه پایانی انجام پروژه چقدر است؟ تکمیل پروژه چه مدت زمانی بطول می انجامد؟ در روابط موجود در سیستم ارزش

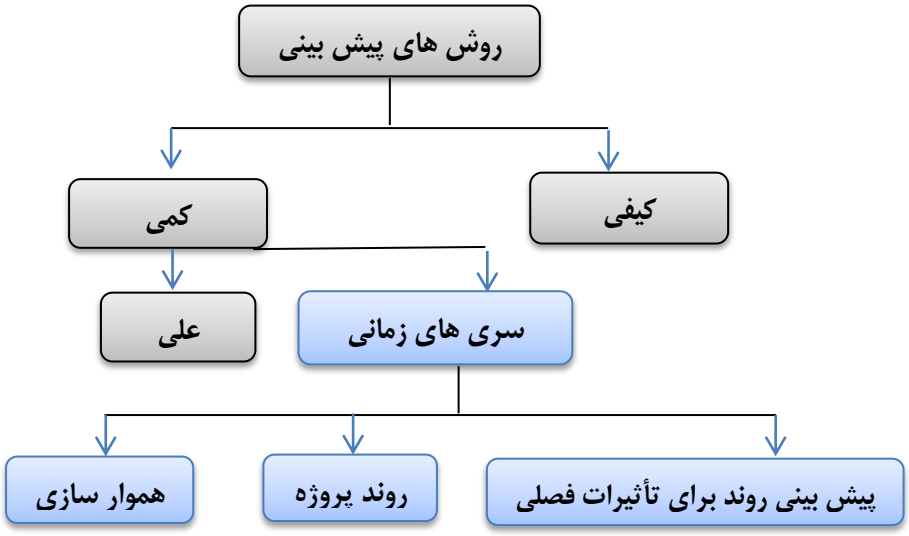
[1] EVM
[2] BCWS(PV)
[3] BCWP (EV)
[4] ACWP(AC)
[5] Smoothing

کسب ها شده، عملکرد پروژه فقط بر اساس داده و اطلاعات قبلی قابل پیش بینی است و شرایط و موقعیت آینده در آن دیده نشده است. تکنیک مدیریت ارزش کسب شده بر مبنای اطلاعات تاریخی و گذشته پروژه پیش بینی های لازم را انجام می دهد این در حالی است که مدیران پروژه می خواهند بدانند که در آینده برای پروژه چه اتفاقی خواهد افتاد و زمان و هزینه نهایی چقدر خواهد بود؟ این سیستم به عنوان یک ابزار هشدار سریع برای مدیران پروژه محسوب می شود تا بتوانند به کمک آن اقدامات اصلاحی و به موقع را به منظور کنترل عملکرد پروژه انجام دهند. بدلیل در نظر نگرفتن شرایط آینده و ریسک های احتمالی نمی توان پیش بینی مناسبی با استفاده از تکنیک ارزش کسب شده بدست آورد ضمن اینکه با گذشت زمان و اجرای پروژه شاخص های این تکنیک انحرافات را در مراحل پایانی پروژه نشان نمی دهند (Soltanpanah et al, 2012). روش های فراوانی برای رفع این محدودیت ارائه شده است ولی هیچکدام از این روشها شرایط آینده و عدم قطعیت ها را بطور کامل در نظر نگرفته اند. با توجه به بررسی‌های انجام شده و آگاهی از پژوهش های انجام شده در زمینه « بهبود دقت پیش بینی پروژه های ساخت با استفاده از مدیریت ارزش کسب شده»، تاکنون پژوهشی در این زمینه انجام نشده است، لذا پرداختن به این موضوع از ضرورت ویژه ای برخوردار است.

۲-روش شناسی پژوهش

اصطلاح پیش بینی همان گونه که از معنای لغوی آن بر می آید، تجسم یک موقعیت یا وضعیت در آینده است. باید توجه داشت که مقادیر پیش بینی نمی توانند به طور صد در صد با آنچه در عمل پیش خواهد آمد، تطابق داشته باشند، ولیکن استفاده از روش های علمی و تجربه شده در امر پیش بینی باعث می شود نتایج حاصله به واقعیت نزدیک شوند. انجام برخی از این پیش بینی ها ساده و برخی دیگر پیچیده و مشکل می باشند. همچنین پیش بینی ها می توانند برای دوره های زمانی کوتاه مدت یا بلند مدت انجام گیرند. البته هیچگاه پیش بینی دقیقاً با واقعیت تطبیق نمی کنند و باید کوشید خطای پیش بینی به حداقل ممکن برسد. به طور کلی می توان روش های پیش بینی را به دو گروه عمده مطابق نمودار (۱) تقسیم بندی نمود. همان طور که مشخص است در روش‌های آماری یا کیفی محاسبات مبتنی بر آمار و ارقام گذشته خواهد بود، که به طور کلی به دو دسته (نمودار۱) تقسیم بندی می شوند:

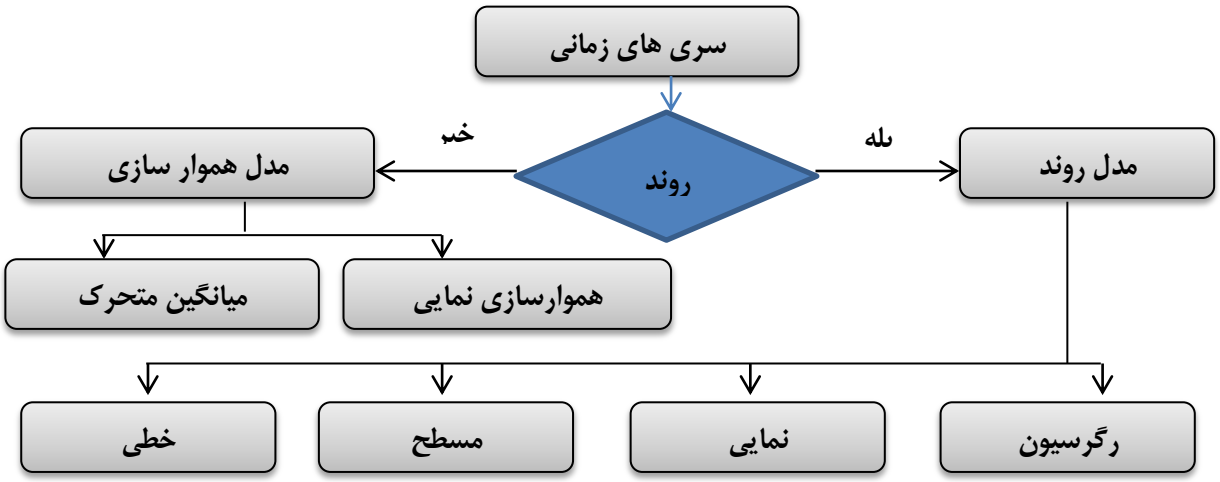
- روش‌های پیش بینی بر مبنای گذشته (سری های زمانی)
- روش‌های پیش بینی علت و معلولی



نمودار شماره (۱): روش های پیش بینی

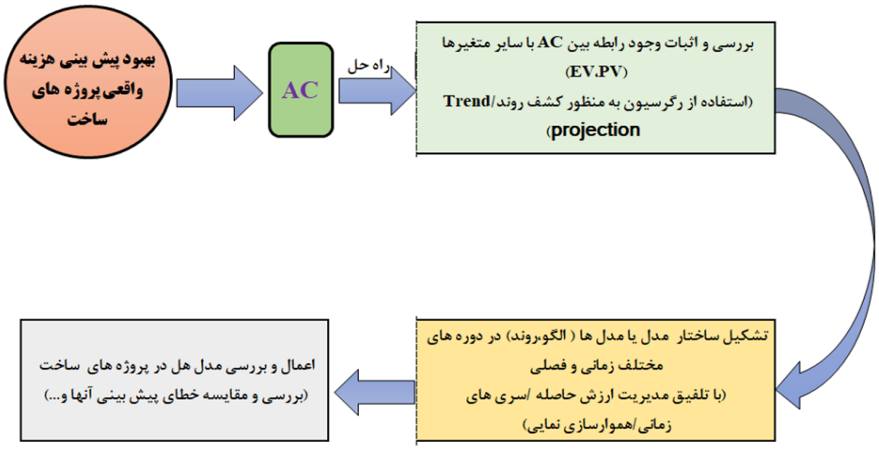
در روش های پیش بینی بر مبنای گذشته، یکی از پرکاربردترین این روش‌های آماری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در علوم مختلف، رگرسیون خطی ساده یا چندگانه است. در تحلیل رگرسیون نوع روابط متغیرها و این که آیا یک متغیر می‌تواند در متغیر دیگر تأثیرگذار باشد یا خیر، بررسی می‌شود. برای استفاده از این روش آماری، پیش فرض‌هایی ذکر گردیده است: ۱. خطی بودن رابطه متغیرهای مستقل و وابسته ۲. نرمال بودن توزیع مقادیر خطا ۳. استقلال مقادیر خطاها ۴. نرمال بودن توزیع متغیر وابسته ،در حالی که در

رگرسیون خطی چندگانه، تأثیر یا رابطه چند متغیر مستقل و یک متغیر وابسته بررسی می‌شود و برای بررسی استقلال خطاها از آزمون دوربین واتسون استفاده می‌گردد که چنانچه مقدار آن در بازه ۱.۵ تا ۲.۵ قرار بگیرد به معنای عدم همبستگی بین خطاها است(Momeni & Ghayoomi, 2011).

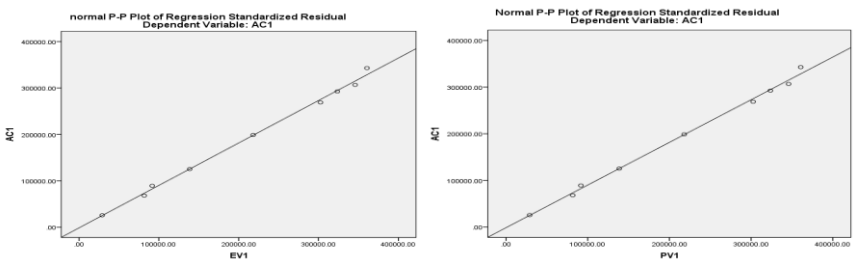


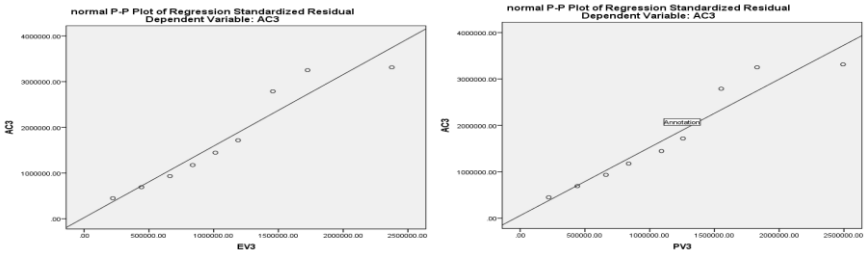
نمودار شماره (۲): روش های حل مساله در دوره های زمانی

باتوجه به نمودارهای (۱) و (۲) و سوی دیگر باتوجه به وجود رابطه روندی بین متغیر های مدیریت ارزش کسب شده که تاثیر گزار هستن می توان از روش های ذکر شده استفاده نمود، فلذا با توجه به این مطالب مدل شکل(۲) پیشنهاد می گردد.



شکل شماره (۲): مدل حل مساله





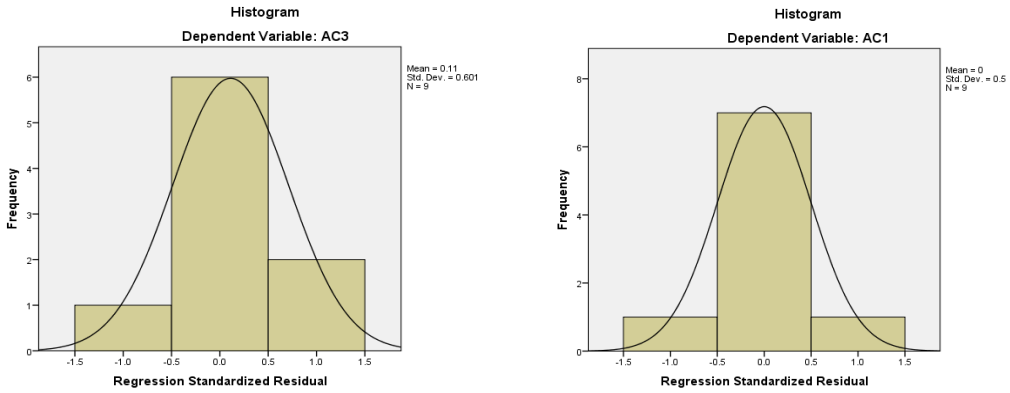
نمودار شماره (۳): وابستگی خطی بین متغیر های PV,EV,AC

با توجه به ارتباط خطی بالای PV ، EV و AC ، کـه در نمودارهـای شـکل ۳ مشـخص اسـت مـی تـوان بـا اسـتفاده از آزمـون کلموگراف– اسمیرنوف[۶] و سپس بررسی وضعیت نرمال بودن خطاها فرضیه نرمال بودن این متغیرها را بررسی نمود.

	AC_3	EV_3	PV_3	ACt_3	T_3
Kolmogorov-Smirnov Z	۰/۵۳۷	۰/۳۴۸	۰/۳۴۳	۰/۴۶۵	۱/۱۳
Asymp. Sig. (2-tailed)	۰/۹۳۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۸۲	۰/۱۵۰

	AC_1	EV_1	PV_1	ACt_1	T_1
Kolmogorov-Smirnov Z	۰/۵۷۴	۰/۶۳۱	۰/۶۲۷	۰/۵۱۵	۰/۵۸۳
Asymp. Sig. (2-tailed)	۰/۸۹۷	۰/۸۲۱	۰/۸۲۷	۰/۹۵۳	۰/۸۸۶

جدول شماره (۱): آزمون کلموگراف–اسمیرنوف



نمودار شماره (۴): نمودارهای نرمال بودن پروژه ها

با توجه به جدول (۱) در هر دو پروژه سطح معناداری بزرگتر از ۰/۰۵می باشد، بنابراین فرض H_0 که حـاکی از نرمـال بـودن متغیـر وابسته است پذیرفته خواهد شد. باتوجه به مشخص شدن نرمال بودن متغیر وابسته همان طور که بیان گردید بایستی وضعیت نرمـال بودن خطاهای این متغیر نیز بررسی گردد.

با بررسی نرمال بودن خطاهای هر دو پروژه (نمودار۴) خطاها دارای توزیع نرمال با میانگین نزدیک به صفر و انحراف معیار نیز نزدیک به یک می‌باشد . با توجه به این نمودار فرض نرمال بودن خطاها برای متغیر تایید می‌گردد. با توجه به اطلاعـات بدسـت آمـده مـدل های رگرسیونی چند متغیره روشی مناسبی برای مدلسازی پیش بینی هزینه واقعی پروژه می باشند. حال بعد از بررسـی وجـود رابطـه بین متغیر وابسته (AC) با سایر متغیر های تعریف شده، نرمال بودن متغیر ها و همچنین با در نظر گرفتن متغیر های کمکـی دیگـر

[6] Kolmogorov-Smirnov

که در پیش بینی مدیریت ارزش حاصله استفاده و تعریف می شوند شش رابطه زیر که از مدل و اطلاعات بدست آمده اند را تعریف و با استفاده از نرم افزار SPSS مقادیر آن را بدست می آوریم.

رابطه اول: $AC = \beta_0 + \beta_1 PV$ در این مدل تنها از ارزش برنامه شده (PV)، برای پیش بینی(AC) استفاده می شود. مدل ساده ای که می توان آنرا پایه و اساسی برای دیگر مدل ها دانست.

رابطه دوم: $$AC_t = \beta_0 + \beta_1 PV_t + \beta_2 AC_{(t-1)}$$

این مدل تلفیقی از یک متغیر سری زمانی و رگرسیون دانست که در آن $AC_{(t-1)}$ متغیر وقفه ای است که از هزینه واقعی دوره از دوره های قبل برای پیش بینی کمک می گیرد. t در آن نشان دهنده (مقطع) زمانی پروژه است.

رابطه سوم: $$AC = \beta_0 + \beta_1 PV + \beta_2 EV$$

این مدل برای پیش بینی از دو پارامتر بنیادی سیستم مدیریت ارزش حاصله، PV و EV به طور همزمان برای مشخص کردن AC استفاده می کند. نقطه قوت این مدل در این است که در عین سادگی، از داده های پایه ای مدیریت ارزش حاصله استفاده می کند.

رابطه چهارم: $AC_t = \beta_0 + \beta_1 PV_t + \beta_2 EV_t + \beta_3 AC_{(t-1)}$ که از ترکیب مدل دوم و سوم می باشد.

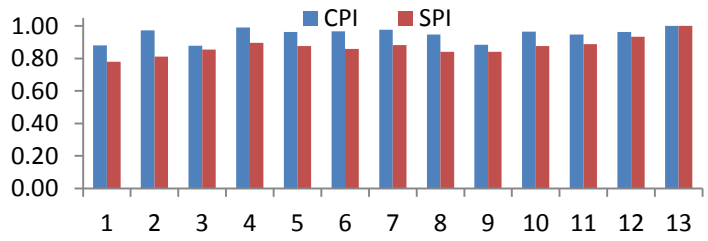
رابطه پنجم: $AC = \beta_0 + \beta_1 PV + \beta_2 EV + \beta_3 T$ که در این مدل T نشان دهنده زمان دوره های پروژه که از متغیر هایی می توان در نظر گرفت که تاثیر گذار است. البته بهتر است به همراه آن EV و PV نیز به کار بروند. زیرا تعداد دوره های زمانی یک پروژه به نوعی دنباله رو این دو پارامتر است و توسط این دو پارامتر محدود می شود.

رابطه ششم: $$AC_t = \beta_0 + \beta_1 PV_t + \beta_2 EV_t + \beta_3 T + \beta_4 AC_{(t-1)}$$

این جامع ترین مدل ایجاد شده می باشد که در آن برای پیش بینی هزینه واقعی از چهار متغیر مستقل استفاده شده است. جهت پیش بینی هزینه واقعی، نسبت به دیگر مدل ها بیشترین داده ورودی را داراست. و در نهایت بعد از بررسی مدل ها و نتایج بدست آمده میزان خطای آنها را از فرمول درصد میانگین خطاها[۷] محاسبه و مقایسه نماییم.

۳-نتایج و بحث

پروژه اول: این پروژه مربوط به قسمتی از یک فاز ساخت تجهیزات پالایشگاهی که در چند فاز مختلف اجرا شده،انتخاب گردیده است که طول مدت پروژه با توجه به تأخیرات به وجود آمده در اجرای آن ۱۳ ماه به طول انجامیده است. در صورتی که طبق برنامه زمانبندی، دوره زمانی این فاز از ساخت کمتر بوده است(تقریبا ۹ماه). با توجه به اطلاعات به دست آمده از خروجی داده های این پروژه ،فرآیند اجرا از برنامه عقب تر بوده است(PV>EV) و همچنین مقادیر AC نیز از مقادیر PV کمتر می باشد که در جای خود قابل تأمل است. که علت آن، اتفاقات متعددی است که می توان به چند قسمت شدن سیستم ساختار سازمانی شرکت اشاره نمود(جزیره ای) که باعث شد یکسری از هزینه های غیرمستقیم از پروژه حذف گردد که باعث گردید علاوه بر داشتن اتلاف(CPI<1 و CV<0) در هزینه ها از برنامه تهیه شده پروژه نیز عقب تر باشیم (SV<0 و SPI<1).(نمودار۵).



نمودار شماره (۵): مقایسه شاخص های CPI و SPI پروژه اول

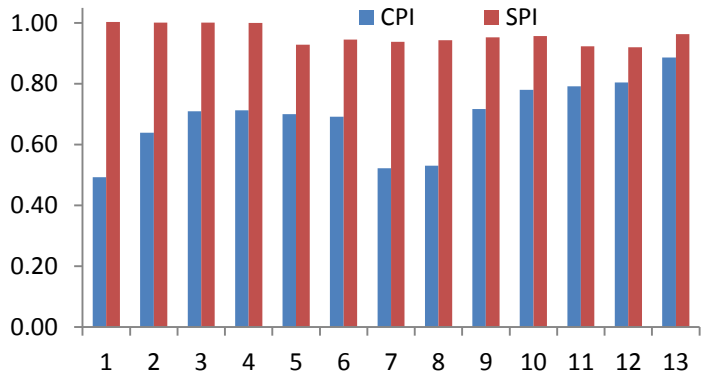
[۷] $\mathbf{MAPE} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\frac{|A_i - F_i|}{A_i} \times 100$

Model	۱	۲	۳	۴	۵	۶
β_0	-۱۳۹۲	۳۱۸۸	−۱۳۵۶	۳۱۰۸	-۳۳۱۷۲	-۳۵۴۱۸
β_1	۱	۰/۸۷	۱/۱۸	۰/۹۱	۱/۰۱	۰/۶۸
β_2	۰	۰/۱۳	-۰/۱۸	-۰/۰۴	-۰/۰۲	۰/۱۸
β_3	۰	۰	۰	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۲
β_4	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۴
AC_{10}	۳۵۸۷۰۲	۳۶۱۸۹۲	۳۶۶۷۰۷	۳۶۳۴۸۸	۳۲۵۲۳۲	۳۱۲۴۰۷
AC_{11}	۳۵۸۷۰۲	۳۶۴۲۸۹	۳۶۵۹۳۵	۳۶۵۸۷۷	۳۲۵۱۶۴	۳۰۹۰۴۶
AC_{12}	۳۵۸۷۰۲	۳۶۴۵۹۱	۳۶۳۰۲۱	۳۶۵۵۶۹	۳۲۴۹۰۷	۳۱۱۴۶۱
AC_{13}	۳۵۸۷۰۲	۳۶۴۶۲۹	۳۵۸۶۷۱	۳۶۴۶۳۱	۳۲۴۵۲۴	۳۱۶۰۷۱
MAPE	۵%	۶%	۶%	۶%	۵%	۹%
D/W	۲/۱	۲/۲	۲/۴	۲/۲	۲/۵	۲/۴

جدول شماره (۲): پیش بینی AC و در صد خطاهای پروژه اول

با استفاده از خروجی های بدست آمده از نرم افزار SPSS و میانگین مطلق درصد خطاها در جدول ۲ می توان نتیجه گرفت که، در پروژه اول درصد خطای تمامی مدل ها در مقایسه با مدل آخر از همه کمتر است، بنابراین برای پروژه اول مدل اول ،دوم و پنجم بهترین مدل برای کاهش هزینه ها می باشد و پس از آنها مدل سوم و چهارم مناسب هستند. مدل ششم به دلیل درصد خطای بالا نسبت به دیگر مدل ها برای کاهش هزینه ها مناسب نخواهد بود.

پروژه دوم: این پروژه مربوط به فاز ساخت یکی از پروژه های سازه ای بوده و همچنان در حال انجام است که به علت مسائل و مشکلاتی از جمله نقدینگی،تغییرات فنی و نقشه ای از سوی کارفرما، تامین مواد و ... با تأخیر روبه رو می باشد(قسمتی از این تاخیرات قابل جبران است.) و همان طور که از اطلاعات آن مشهود است پروژه در ابتدای راه اجرا، با برنامه تقریبا مطابق بوده (SPI ≅1 و PV ≅ EV) اما به علت مشکلاتی که بیان شد باعث گردید در ادامه راه اجرا از برنامه عقب تر باشد (SV<0 و SPI<1) . مقادیر AC نیز از همان ابتدای پروژه از آنچه که برنامه ریزی شده بود(PV) بزرگتر می باشد که در ادامه راه باعث اتلاف هزینه گردیده است (CV<0 و CPI<1).(نمودار۶). با توجه به ماهیت پروژه و دلایلی که وجود دارد این موضوع کاملا منطقی می باشد که تا حال حاضر بعد از برنامه ریزی مجدد[8] و اطلاعات خروجی گرفته شده زمان اجرای این پروژه تقریبا ۲۰ ماه به طول می انجامد که این روند باعث اتلاف هزینه های زیادی می گردد که می توان با کمک روش مدیریت ارزش حاصله تا حدودی جلوی این تاخیرات پیش رو را گرفت.



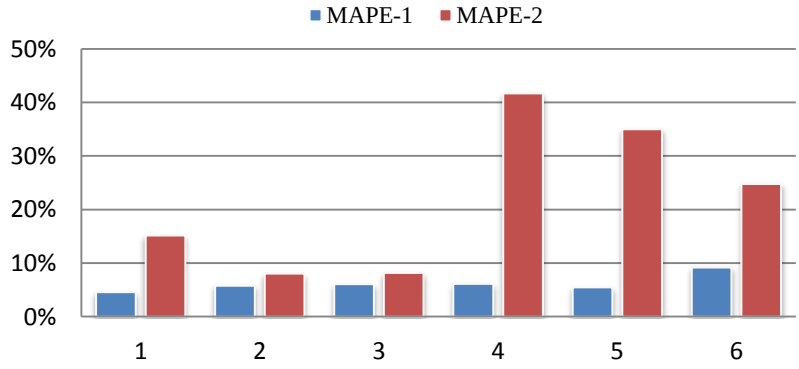
نمودار شماره (۶): مقایسه شاخص های CPI و SPI پروژه دوم

[8] Reschedule

Model	۱	۲	۳	۴	۵	۶
β_0	۵۶۸۵۲	۲۳۹۳۶۱	۱۹۱۱۵۶	۴۳۵۱۰۵	-۱۳۰۸۳۵۶	-۸۷۴۰۹۵
β_1	۰/۹۶	۰/۳۸	۴/۴۱	۴/۳۷	۲/۰۲	۲/۴
β_2	۰	۰/۶	-۳/۵	-۴/۱	-۰/۹	-۱/۸
β_3	۰	۰	۰	۰/۷	۰/۲	۰/۲
β_4	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵
AC_{10}	۲۹۹۵۱۱۹	۳۳۵۷۶۳۴	۳۵۷۴۲۴۰	۴۱۱۸۲۵۲	۲۱۳۹۳۱۸	۲۷۷۴۳۹۲
AC_{11}	۳۱۹۹۰۴۷	۳۴۶۴۴۰۱	۴۱۹۴۰۶۲	۵۲۴۰۱۷۹	۲۴۸۲۹۴۸	۲۸۴۷۷۹۴
AC_{12}	۳۳۰۷۶۹۴	۳۵۷۰۳۸۶	۴۳۷۲۹۹۳	۶۱۴۸۹۳۸	۲۶۲۵۰۲۱	۲۹۸۶۷۹۱
AC_{13}	۳۵۱۲۳۹۲	۳۷۱۳۶۸۵	۴۰۹۵۱۳۷	۶۲۷۴۸۳۳	۲۷۲۶۰۲۹	۲۹۲۱۳۲۹
MAPE	۱۵%	۸%	۸%	۴۲%	۳۵%	۲۵%
D/W	۱/۷	۱/۷	۱/۸	۲	۱/۵	۱/۹

جدول شماره (۳): پیش بینی AC و در صد خطاهای پروژه دوم

در این پروژه نیز با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۳) درصد خطای مدل دوم و سوم در مقایسه با سایر مدل ها از همه کمتر است، بنابراین برای این پروژه مدل دوم و سوم بهترین مدل برای کاهش هزینه ها می باشد و پس از آن مدل اول می تواند سبب کاهش هزینه های پروژه شود.



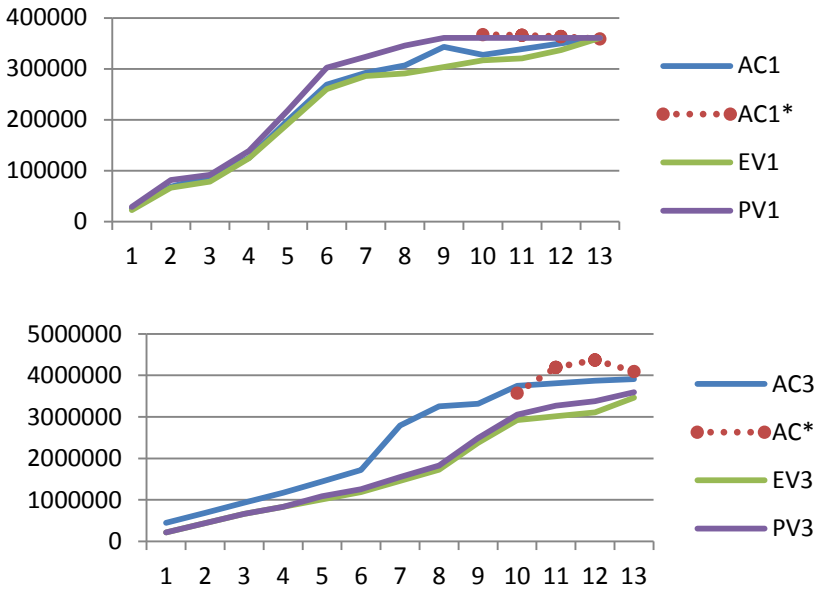
نمودار (۷) مقایسه درصد خطا های دو پروژه

شایان به ذکر است، با توجه به ضریب تعیین های به دست آمده از خروجی آزمون دوربین– واتسون[9] در هر دو پروژه از تغییرات متغیرهای وابسته توسط متغیر مستقل موجود در مدل توجیه می‌شود. که این مقدار حاکی از برازنده بودن مدل ها در جامعه مورد مطالعه نیز می‌باشد.

پس به طور کلی با رجوع به نتایج حاصل از مدلهای رگرسیونی مشاهده شد که مدلهای ۲ و ۳ درصد خطای پایین و قابل قبولی را نسبت به دیگر مدل ها دارند. درحالی که انتظار میرفت مدل شماره شش به این دلیل که از داده های ورودی بیشتری برای پیش بینی استفاده می کند، نتایج بهتری را از خود نشان دهد، در عمل خلاف آن ثابت شد. مدل شماره ۴ و۵ در پروژه دوم نتایج غیر قابل اعتمادتری نسبت به دیگر مدل ها ارائه کرد. مدل شماره ی۱ در پروژه دوم نیز نتوانست نتایج راضی کننده ای از خود نشان دهد. با توجه به اعتبار مدل های ۲ و۳ که از طریق رگرسیون محاسبه شد (نمودار۷)، وجود متغیر های موثر در مدل ها و همچنین با توجه به ماهیت پروژه ها نتیجه می گیریم مدل شماره ۳ با درجه اطمینان قابل قبول تری هزینه های آتی پروژه های مورد مطالعه را پیش بینی می کند. درمجموع، مدل شماره ۳ را به عنوان مدل برتر برای پیش بینی هزینه های آتی پروژه ها انتخاب می کنیم (نمودار۸). با این حال یادآور می شویم که برای هر پروژه با توجه به ماهیت آن ممکن است یک معادله دیگر، پیش بینی های دقیق تری را ارائه

[9] Dorbin-Watson(D/W)

دهد. اما با توجه به نتایج بدست آمده می توان بیان نمود که مدلهای رگرسیونی برای پیش بینی هزینه های دوره های مختلف بـا در نظر گرفتن ماهیت پروژه کاربردی می باشد.



نمودار شماره (۸): مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی مدل منتخب در پروژه ها

با در نظر گرفتن نتایج این تحقیق پیشنهاداتی را می توان برای تحقیق های آینده در نظر گرفـت از جملـه : ارایـه مـدلی جهـت محاسبه EV بر اساس منطق فازی و شبکه عصبی ،پیش بینی مقـادیر PV از روی مقـادیر AC و EV بـا توجـه بـه روشـهای آماری و بررسی این تحقیق در پروژه های مختلف ازجمله: خدماتی ، عمرانی که هر کدام از ایـن موضـوعات مـی توانـد کمـک شایانی را در این زمینه در بر داشته باشد.

منابع

1- Abolhasani, M. (2010). Applyingthe Scheduling Method in Value Management. *6th International Project Management Conference.*
2- Ahmadi, A., Eskandari, A.J., Martagiei, M., Hosseini, S.T. & Nozari, H. (2013). Improving Prediction of Project Execution Time Based on Value Information Management System. *Journal of Managing Tomorrow, Twelfth Year, No. 37, 15-1.*
3- Batselier ,Jordy, Vanhoucke, Mario (2017). Improving project forecast accuracy by integrating earned value management with exponential smoothing and reference class forecasting. *International Journal of Project Management 35 , 28–4.*
4- Brown, R. (1956). Exponential Smoothing for Predicting Demand. *Technical Report, Arthur D. Little Inc., Cambridge, Massachusetts.*
5- Brown, R. (1959). Statistical Forecasting for Inventory Control. *McGraw-Hill, New York, New York.*
6- Brown, R. (1963). Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series. *Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.*
7- Cioffi, D.F. (2006). A scientific notation and an improved formalism for earned value calculation. *International Journal of Project Management 24 (2) ,pp.136-144.*

8- Golabchi, M., Sepeti, M.H.& Tosi, H. (2008). Determining the Project Performance Coefficient in Managing Rated Value by Using Risk Management to Estimate the Final Results of Contractors' Work. *Journal of Technical School, Vol. 41, No. Sixth, 796-787.*

9- July. Mortaji, S., Noorossana, R. & Bagherpour, M. (2014). Project completion time and cost prediction using change point analysis. *J. Manag. Eng. 31, 04014086.*

10- Larqba, E., Salahshoor, J. & Adib, A. (2013). The Impact of Value Management Technique in Increasing the Capacity of Managing Development Projects. *7th National Congress on Civil Engineering, Shahid Nikbakht Engineering Faculty, 8-1.*

11- Lipke W. & Vaughn J. (2000). Statistical process control meets Earned Value. *Cross Talk The Journal Of defense software engineering, Jun:16-20.*

12- Momeni, M. & Qiyomi, A. (2011). Statistical analysis with SPSS. *Tehran, Ketabno Publishing.*

13- Moslemi, L. & Geroyan, N. (2009). Prediction of Time and Cost of Completion of a Project with Value Management Technique. *Kayson Quarterly, New Volume, No. 31, 6-1.*

14- Muth, J. (1960). Optimal properties of exponentially weighted forecasts. *J. Am. Stat. Assoc. 55, 299–306.*

15- Rujirayanyong, T. (2009). A comparison of three completion date predicting methods for construction projects. *J. Res. Eng. Technol. 6, 305–318.*

16- Soltanpanah, H., Farooqi, H. & Abdi, Rohallah (2012). A Method for Calculating Value Gained in Risk in Fuzzy Conditions. *Journal of Industrial Management Studies, Vol. 10, No. 26, 156 -139.*

17- Vanhoucke, M. (2010). Measuring Time Improving Project Performance Using Earned Value Management. *Volume 136 of International Series in Operations Research and Management Science. Springer*.

Improve the accuracy of project construction forecasts by integrating Earn value management with quantitative predictive methods in time series. (Case Study of Phase Construction Projects)

Mehrdad Khazan Chin(Corresponding Author)
M.S in Industrial Engineering, Islamic Azad University, Tehran South Branch, Iran
Email: khazanchingsi@gmail.com
Amir Abbas Shojaei
Assistant Professor, Faculty of Industry, Islamic Azad University, Tehran South Branch, Iran.
Email: a.shojaie@azad.ac.ir

Abstract

The resulting Earn value management is an approach to integrate time and cost management within the scope of project management framework. Other uses of this method are the estimation of remaining costs until the completion of the project using past performance. Also, all previous studies emphasized the final cost estimate of the project and did not pay attention to other periods of the project. Accordingly, the purpose of this study is to complete and extend the methods of forecasting the cost of completing the project. In this research, the method of forecasting the cost of completing the project was selected by regression method and time series with respect to the outputs. Regression and time series relationships based on the linear relationship between some of the effective parameters in the management of the resulting value for calculating actual costs, and then for comparing the relationships, the MAPE prediction error has been used such as the ascending or descending trend of error rates in different periods and comparative analysis. Some of the regression relations have yielded reliable results. To determine the best model or model for cost estimation, using the actual data of two projects in the phase of construction of the project with different conditions, the model was used.

Keywords:Earn Value Management, Regression, Trend Projection, Actual Cost, Planned value Cost