



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

بهبود صحت پیش بینی پروژه با تلفیق مدیریت ارزش کسب شده با برآورد (هموار

## سازی) نمایی و پیشگویی کلاس مرجع

چکیده :

در این مقاله روش کنترل پروژه مدیریت ارزش کسب شده (EVM) با رویکرد پیش بینی هموارسازی نمایی تلفیق شده است. این تلفیق منجر به توسعه فرمول های EVM شناخته شده، هزینه زمان بندی کسب شده (ES) و پیش بینی زمانی می شود. یک ارتباط شفاف بین رویکرد های قدیمی و روش جدید معرفی شده موسوم به XSM شناسایی شد که این ارتباط می تواند موجب تسهیل پیاده سازی آینده شود. به طور ویژه، تنها یک پارامتر هموارسازی برای محاسبه ضریب عملکرد EVM پیشرفته نیاز است.، به علاوه، این پارامتر را می توان در طی پیشرفت پروژه براساس اطلاعات عملکرد گذشته و اقدامات مدیریتی پیش بینی شده به طور دینامیکی تعدیل کرد. به علاوه، روش پیش گویی کلاس مرجع (RCF) را می توان با XSM تلفیق کرد. نتایج حاصل از 23 پروژه واقعی نشان می دهد که برای هر دو پیش بینی زمان و هزینه، XSM، یک بهبود عملکرد کلی قابل توجه را با توجه به صحیح ترین روش های پیش بینی پروژه شناسایی شده توسط تحقیقات قبلی، به خصوص در زمان به کارگیری مفهوم RCF نشان می دهد.

**کلمات کلیدی :** مدیریت پروژه، پیش بینی سری های زمانی، پیش بینی مدت زمان، پیش بینی هزینه، کنترل پروژه، دیتابیس تجربی

### 1- مقدمه

پیش بینی مدت زمان و هزینه واقعی یک پروژه در حال انجام، یک بعد ضروری از مدیریت پروژه است. یکی از رایج ترین و بهترین رویکرد ها برای دست یابی به این پیش بینی ها، بر مبنای روش مدیریت ارزش کسب شده (EVM) است. به منظور اطمینان از قابلیت درک مستقل این مقاله، یک خلاصه مختصری از تعاریف و فرمول های کلیدی EVM در جدول 1 گنجانده شده است.

شاخص های زیر خط میانی در جدول 1 را می توان برای نشان دادن عملکرد هزینه و زمان بندی پروژه در یک نقطه خاص در طی اجرای پروژه (یعنی در یک دوره ردیابی یا پایش خاص) مورد استفاده قرار داد. به طور ویژه، یک واریانس زمان بندی SV یا  $SV(t) b0 (N0)$  و یک شاخص عملکرد زمان بندی SPI یا  $SPI(t) b1 (N1)$  بیان می دارد که پروژه از زمان بندی عقب (یا جلوتر) است. به طور مشابه، در رابطه با هزینه پروژه، یک واریانس هزینه CV یا  $CV b0 (N0)$  و شاخص عملکرد هزینه CPI یا  $CPI b1 (N1)$  نشان دهنده پروژه ای است که دارای بودجه بیش تر (یا کم تر) می باشد. وقتی که واریانس های زمان بندی یا هزینه برابر با صفر باشند، پروژه به ترتیب از نظر زمان بندی یا بودجه مشکلی ندارد. این با شاخص های عملکرد هزینه یا زمان بندی ای که برابر با 1 هستند متناظر است.

مطلوبیت و اطمینان پذیری مدیریت ارزش کسب شده به عنوان روشی برای ارزیابی عملکرد هزینه فعلی پروژه و پیش بینی هزینه واقعی آن از زمان ظهور این روش در 1960 میلادی، مورد تایید قرار گرفته است. با این حال عملکرد EVM برای بعد زمانی تنها پس از معرفی مفهوم زمان بندی کسب شده (ES) توسط لیک (2003) به طور قابل توجهی بهبود یافته است. مطالعه اخیر (باتسلیر و واهوک 2015 ب) صریحا نشان داده است که در زمان پیاده سازی ES، پیش بینی زمان مدیریت ارزش کسب شده اساسا دارای سطح دقت و صحت یکسانی با پیش بینی هزینه EVM است. از این روی، روش EVM (مدیریت ارزش کسب شده) می تواند یک مبنای ارزشمند و عملی برای پیش بینی هر دو هزینه و مدت زمان پروژه قلمداد شود.

جدول 1: متریک ها و فرمول های کلیدی EVM (مدیریت ارزش کسب شده)

معیار	تعریف/فرمول
PD	مدت زمان پیش بینی شده، مدت زمان کل پیش بینی شده پروژه
BAC	بودجه در زمان تکمیل پروژه، هزینه کل پروژه
AT	زمان واقعی
PV	ارزش پیش بینی شده، ارزشی که پیش بینی شده است تا در AT کسب شود
EV	ارزش کسب شده، ارزشی که به طور واقعی در AT تحمیل شده است
AC	هزینه واقعی، هزینه هایی که به طور واقعی در AT تحمیل شده اند

ES	زمان بندی کسب شده، زمانی که در آن EV بایستی بر طبق برنامه با $ES = t + \frac{EV - PV_t}{PV_{t+1} - PV_t}$ نقطه زمانی t (یعنی دوره ردیابی) کسب شده باشد که برای آن $EV \geq PV_t$ و $EV < PV_{t+1}$ است.
EAC(t)	مدت زمان برآورد شده در زمان تکمیل، پیش بینی RD انجام شده در AT
EAC(\$)	هزینه برآورد شده در زمان تکمیل، پیش بینی RC در AT
RD	مدت زمان واقعی، مدت زمان واقعی کل پروژه
RC	هزینه واقعی، هزینه واقعی کل پروژه
SV	واریانس زمان بندی $SV = EV - PV$
SPI	شاخص عملکرد زمان بندی $SPI = \frac{EV}{PV}$
SV(t)	واریانس زمان بندی $SV(t) = ES - AT$
SPI(t)	شاخص عملکرد هزینه (زمان) $SPI(t) = \frac{ES}{AT}$
CV	واریانس هزینه $CV = EV - AC$
CPI	شاخص عملکرد هزینه $CPI = EV / AC$
SCI	شاخص هزینه زمان بندی $SCI = SPI * CPI$
SCI(t)	شاخص هزینه زمان بندی (زمان)، $SCI(t) = SPI(t) * CPI$

به علاوه، در طی سال های اخیر، چندین نسخه از رویکرد های پیش بینی EVM سنتی، در منابع و مطالعات پیشنهاد شده است (کیم و رینشمیدت 2010، لپیک 2011، الشائر 2013، خاموشی و گل افشانی 2014، مورتاجی و همکاران 2014، باگرین و همکاران 2015، چن و همکاران 2016). این فهرست از منابع آنقدر جامع نیست که بتواند یک دیدگاه کامل را در اختیار بگذارد و توصیف نسخه های موجود EVM و نیز مقایسه کمی همه این روش ها (از جمله روش توسعه یافته در این مقاله) در حیطه این مطالعه نمی گنجد. مطالعه ما یک موضوع مبرهن را برای تحقیقات آینده مشابه با مطالعه انجام شده توسط باتزیلر و واتهوک (2015 پ) تعریف می کند که در آن سه نسخه پیش بینی EVM (لپیک 2011، الشر 2013، خاموشی و گل افشانی 2014) مقایسه و ترکیب می شوند.

دیگر روش رایج و با عملکرد خوب برای انجام پیش بینی بر اساس داده های سری های زمانی، هموار سازی نمایی می باشد. این روش در اواخر دهه 1950 و اوایل 1960 (براون 1956، 1959، 1963، هالت 1957، هالت و همکاران 1960، مات 1960، وینترز 1960) ظهور کرده است و مبنای برخی از موفق ترین روش های

پیش بینی تاکنون بوده است. ویژگی اصلی یک روش هموار سازی نمایی این است که پیش بینی های تولید شده بر مبنای میانگین های وزنی مشاهدات گذشته است و با طولانی تر شدن مشاهدات، اوزان به طور نمایی، تجزیه می شوند. به علاوه، این روش امکان پیش بینی داده های سری های زمانی را داده و به این ترتیب می توان یک روند کلی و یا یک روند تغییرات فصلی را نشان داد. برای کسب اطلاعات کلی در خصوص منابع، فرمول ها، تغییرات، کاربرد ها و پیشرفت هموار سازی نمایی، به مقاله گاردنر (2006). با این وجود، فرمول های مربوط به مطالعه انجام شده در این مقاله، در بخش های بعدی ارائه خواهند شد.

اگرچه روش هموار سازی نمایی عمدتاً در زمینه های مالی و اقتصادی استفاده می شود با این حال این روش را می توان به هر مجموعه گسسته ای از اندازه گیری های دارای تکرار به کار برد (یعنی به هر سری زمانی). اگرچه داده های مسیریابی (ردیابی) جمع اوری شده در طی پیشرفت پروژه، موسوم به سری های زمانی هستند، هموار سازی نمایی را نیز می توان برای پیش بینی مدت زمان پروژه و هزینه پروژه استفاده کرد. هموار سازی نمایی به طور مستقیم این پتانسیل را نشان می دهد. در واقع پیش بینی EVM متعارف، اهمیت (یا وزن) برابری را به همه مشاهدات گذشته نسبت می دهد، در حالی که رویکرد هموار سازی نمایی، امکان کاهش تدریجی اوزان مشاهدات قدیمی تر را می دهد. کاهش تدریجی اوزان مشاهدات قدیمی تر، یک ویژگی بسیار مفید در زمینه مدیریت پروژه است زیرا امکان پوشش دادن و توجیه اثرات هر دو بهبود عملکرد طبیعی و اقدامات مدیریتی اصلاحی که در طی روند پروژه رخ می دهند را فراهم می آورد. (بخش 2.1 را برای مشاهده یک بحث عمیق تر، ببینید).

از این روی، یک رویکرد پیش بینی جدید برای پیش بینی هزینه و مدت زمان پروژه براساس تلفیق شاخص های EVM شناخته شده در روش پیش بینی هموار سازی نمایی، در این مقاله توسعه یافته است. از این به بعد، این رویکرد جدید را XSM می نامیم که عبارت اختصاری برای روش مبتنی بر هموار سازی نمایی است. به علاوه، توجه داشته باشید که مفهوم کلی XSM اشاره به هر دو بعد پیش بینی زمانی و مکانی برای مولفه های مختلف XSM دارد که در این مقاله معرفی شده و در پیوست الف بحث خواهد شد.

رئوس کلی مطالب این مقاله را می توان به صورت زیر خلاصه سازی کرد. استخراج فرمول های XSM و توضیح کاربرد آن ها (استاتیک/دینامیک) موضوع بخش 2 می باشد و پس از آن یک بحث کیفی در خصوص هدف

استفاده از روش های پیش بینی EVM فعلی و دلیل مناسب بودن روش هموار سازی نمایی برای این منظور ارایه می شود. به علاوه، در همین بخش، ارتباط بین EVM و روش های پیش بینی EVM قدیمی تبیین می شود. سپس بخش 3، یک رویکرد ارزیابی را برای XSM بر اساس مقایسه صحت با روش های پیش بینی EVM برتر ارایه می کند. به علاوه، در بخش 2-3 پیشنهاد می شود تا روش پیش بینی کلاس مرجع (RCF) که در آن یک کلاس مرجع از پروژه های تاریخی مشابه به عنوان مبنایی برای پیش بینی پروژه مورد نظر استفاده می شود، در روش XSM گنجانده شود. در بخش 4، نتایج ارزیابی برای پیش بینی زمان و نیز پیش بینی هزینه ارایه و بحث می شود. به علاوه هر دو رویکرد استاتیک و دینامیک XSM ارزیابی خواهد شد. در نهایت، بخش 5 مربوط به نتیجه گیری کلی و ارایه پیشنهاداتی برای مسیر های تحقیقاتی آینده است.

## 2- توسعه XSM

### محدودیت های روش های پیش بینی مدیریت ارزش کسب شده قدیمی

ما در ابتدا، پیش بینی زمان مدیریت ارزش کسب شده را در نظر می گیریم. در مقاله باتسیلر و وانهوک (2015) (ب)، نشان داده شده است که روش زمان بندی کسب شده (ESM) معرفی شده توسط لپیک (2003) و توسعه یافته توسط هندرسون (2004)، دقیق ترین پیش بینی ها را از مدت زمان پروژه ارایه می کند و این در مقایسه با دو روش پیش بینی زمان مدیریت ارزش کسب شده رایج یعنی روش ارزش پیش بینی شده (PVM) توسط عنبری (2003) و روش مدت زمان کسب شده (EDM) توسط ژاکوب و کین (2004) مقایسه می شود. در این مقاله، ما تنها بر ESM تاکید داریم که فرمول پیش بینی آن (که توسط واندوورده و وانهوک 2006 پیشنهاد شده است) در این جا مطرح شده است (معیار های تعریف شده در جدول 1):

$$EAC(t) = AT + \frac{PD-ES}{PF} \quad (1)$$

در این فرمول، ضریب عملکرد PF می تواند برابر با 1 باشد،  $SPI(t)$  یا  $SCI(t)$  به ترتیب نشان دهنده این است که عملکرد زمان بندی آینده از یک زمان بندی معیار، عملکرد زمانی فعلی و یا هر دو عملکرد زمان و هزینه فعلی پیروی می کند. در این مقاله، ضریب عملکرد غیر متداول تر  $SCI(t)$  در نظر گرفته نشده است. در خصوص ضریب

عملکرد، مطالعات تجربی (گارورو و همکاران 2014، باتسیلر و وانخوک 2015 ب)، نشان داده اند که به طور کلی،  $ESM (PF=1)$  بدون وزن، که از این به بعد به صورت  $ESM-1$  نامیده می شود، دقیق ترین پیش بینی های زمانی را در اختیار می گذارد. با این حال می توان استدلال کرد که این روش واقع گرایانه نیست زیرا عملکرد زمان بندی فعلی را در نظر نمی گیرد. از سوی دیگر، روش وزن دهی شده  $SPI(t)$ ،  $ESM - SPI(t)$  دستاورد های گذشته را در نظر نمی گیرد. این روش در مطالعه شبیه سازی وانهوک (2010) استفاده شده است. در این جا نیز  $SPI(t)$  منعکس کننده عملکرد زمان بندی تجمعی می باشد که فرض می کند عملکرد هر روش ردیابی گذشته تاثیر برابری بر روی انتظارات آینده دارد. این به طور ضمنی نشان میدهد که  $SPI(t)$  به طور صحیح قادر به پوشش دادن دو اثر احتمالی نیست که به طور کلی در مطالعات شبیه سازی در نظر گرفته نشده است:

- وقوع بهبود عملکرد طبیعی در طی روند پروژه به دلیل افزایش سطوح تجربه منابع (برای مثال کارکنان)
- اثر اقدامات مدیریتی اصلاحی که با هدف بهبود عملکرد آینده اتخاذ شده اند

در واقع،  $SPI(t)$  معمولاً عملکرد ابتدایی ترین مراحل پروژه را نیز در نظر می گیرد. برای غلبه بر این موانع، تخصیص وزن بیشتر به عملکرد دوره های پایانی مناسب است، زیرا این ها به بهترین شکل اثر بهبود عملکرد مبتنی بر تجربه و یا اثر تلاش های مدیریتی فعلی را نشان می دهند. بر خلاف  $ESM - SPI(t)$ ،  $ESM-1$  کم و بیش اثر افزایش سطوح تجربه و اقدامات اصلاحی آینده را در نظر می گیرد با فرض این که عملکرد آینده دقیقاً بر اساس برنامه خواهد بود (یعنی بر طبق زمان بندی اولیه). بدیهی است که یک مسئله مربوط به این فرضیه، ناشی از کاربرد اصطلاح "دقیقاً" است. اولاً، هیچ تضمینی نیست که بهبود عملکرد مبتنی بر تجربه حاصل شود (به طوری که بهره وری و بازده آینده به خودی خود افزایش یابد) و یا این که اقدام اصلاحی برای بهبود عملکرد آینده واقعاً اتخاذ خواهد شد. به ویژه، اگر این رخ دادها به وقوع بپیوندند، بعید است که در آینده منطبق بر طرح اولیه باشند.

بحث فوق، بیانگر لزوم یک روش جدید پیش بینی زمان می باشد که بینابین  $ESM - 1$  و  $ESM - SPI(t)$  باشد. به علاوه، این روش بایستی قادر به دادن وزن بیشتر به دوره های ردیابی اخیر باشد که اثر بالقوه افزایش سطوح

اقدامات اصلاحی و منابع توسط مدیریت را پوشش می دهند. به علاوه، یک لازمه اصلی این است که روش جدید قادر به بیان تغییرات پیش بینی شده توسط مدیریت ( قادر به تبیین تفاوت آن با اقدامات مدیریتی ای باشد که قبلاً به طور موثر اتخاذ شده است) از طریق یک پارامتر قابل تنظیم باشد. با در نظر گرفتن همه این پیش نیازها، روش هموار سازی نمایی به عنوان یک مبنای ایده ال برای توسعه روش جدید پیش بینی زمان مطرح می شود. جزئیات بیشتر (ریاضی) در خصوص روش هموار سازی نمایی و کاربرد آن در پیش بینی پروژه در بخش 2-2-2-2 ارائه شده است.

توجه داشته باشید که بحث مربوط به پاراگراف های قبلی تنها مربوط به پیش بینی زمان است. اکنون پیش بینی هزینه مدیریت ارزش کسب شده را در نظر بگیرید. فرمول پیش بینی هزینه اصلی، مشابه با معادله (1) برای پیش بینی زمان است ( شاخص های تعریف شده در جدول 1):

$$EAC(\$) = AC + \frac{BAC - EV}{PF} \quad (2)$$

ضرایب عملکرد PF در نظر گرفته شده در این جا شامل 1 و CPI می باشند این دو، دو مورد از رایج ترین ضرایب عملکرد برای پیش بینی هزینه می باشند و به علاوه بر طبق گزارش باتسیلر و وانهوک (2015 ب)، از طریق این دو ضرایب می توان به بالاترین صحت پیش بینی دست یافت. از این به بعد، هر دو روش را به ترتیب به صورت EAC - 1 و EAC - CPI می نامیم.

در مرحله اول، به شباهت آشکار بین SPI(t) برای زمان ( بیان عملکرد زمان بندی پروژه) و CPI برای هزینه ( بیان عملکرد هزینه پروژه) دقت کنید. از این روی، نقاط ضعف شناسایی شده برای ESM - 1 و ESM - SPI(t) نیز قابل تعمیم به ( به ترتیب) EAC - 1 و EAC - CPI می باشند. به عبارت دیگر، بحث مربوط به ESM-1، برای EAC-1 نیز صادق است و به طور مشابه، موارد گفته شده در خصوص ESM - SPI(t)، برای EAC - CPI نیز صدق می کند. البته، این بحث بایستی بیشتر در رابطه با هزینه باشد تا زمان ( یعنی SPI(t) به CPI تبدیل شود)، با این وجود، مبانی این دو یکسان است. با این حال، نقطه ضعف SPI(t) آن این است که قادر به توجیه



حضور بهبود عملکرد تجربه گرانیست که برای CPI کم اهمیت به نظر می رسد زیرا تغییرات در هزینه در پروژه با تجربه ارتباطی ندارد.

با این حال، وقتی که منابع به دلیل افزایش سطوح تجربه به طور کارآمد مورد استفاده قرار بگیرند، هزینه های منابع (و یا سایر هزینه های متغیر)، با تکمیل شدن پروژه در زمان کم تر، کاهش می یابد. به علاوه، CPI به طور خاص، نقطه ضعف مشابه با  $SPI(t)$  را نشان نمی دهد (این که به طور موثر قادر به در نظر گرفتن اثر اقدامات مدیریتی اخیرا انجام شده بر روی عملکرد آینده نمی باشد). از این روی، بر اساس پیش بینی زمانی، ما می توانیم بگوییم که نیاز به یک روش پیش بینی هزینه جدید احساس می شود که بینابین  $EAC - 1$  و  $EAC - CPI$  قرار داشته باشد. درعین حال، روش هموار سازی نمایی می تواند در این جا به عنوان مبنا در نظر گرفته شود تا اطمینان حاصل کرد که روش پیش بینی هزینه جدید قادر به برآورده کردن انتظارات مشابه با روش پیش بینی زمان است (یعنی توانایی تخصیص وزن بیشتر به دوره های پایش پیشرفت پروژه اخیر و توانایی بیان تغییرات پیش بینی شده در انتظارات مدیریت از طریق پارامتر قابل تعدیل). برای ایجاد یک تمایز شفاف بین روش پیش بینی مبتنی بر هموار سازی نمایی برای مدت زمان پروژه و برای هزینه پروژه، این روش ها از این به بعد به ترتیب  $XSM(t)$  و  $XSM(\$)$  بیان می شوند. به خاطر داشته باشید که مروری بر مفاهیم مورد استفاده برای مولفه های مختلف  $XSM$  را می توان در پیوست الف یافت.

## 2-2 استخراج فرمول های $XSM$

همان طور که در بخش های قبلی به طور مکرر ذکر شد، روش هموار سازی نمایی، مبنایی برای هر دو روش جدید پیش بینی زمان و هزینه (ارایه شده در این مقاله) است. نشان داده شد که  $XSM$  با گنجاندن معیار های مشخص  $EVM$  در فرمول های هموار سازی نمایی ساخته می شود. از آن جا که همه معیار های کلیدی  $EVM$  (به جدول 1 مراجعه کنید)، هر دوی معیار های مربوط به زمان ( $AT-ES$ ) و هزینه ( $AC-EV$ )، یک روند صعودی مشهود و درونی را نشان می دهند با این حال هیچ گونه تغییرات فصلی را نشان نمی دهند- لذا می توان از روش هموار سازی نمایی مضاعف هولت استفاده کرد (هولت 1957، 2004). فرمول اصلی به صورت زیر است

$$F_{t+k} = L_t + kT_t \quad (3)$$

که در این جا،  $t$  مدت زمان فعلی،  $k$  تعداد دوره هایی که در آن خواهان پیش بینی هستیم، مقدار پیش بینی شده برای دوره زمانی  $t+k$  است،  $L_t$  سطح بلند مدت یا ارزش پایه است و  $T_t$  روند تغییرات در هر دوره می باشد.  $L_t$  و  $T_t$  می تواند به صورت زیر محاسبه شود

$$L_t = \alpha y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (5)$$

که  $\alpha$  و  $\beta$  ثابت های هموار سازی و  $y_t$  مقدار واقعی در دوره زمانی  $t$  می باشد.

در این مورد، مقادیر واقعی  $y_t$  با  $AT_t$  و  $ES_t$  برای پیش بینی زمان و  $AC_t$  و  $EV_t$  برای پیش بینی هزینه نشان داده می شوند.

به این ترتیب می توان گفت که استفاده از مقادیر واقعی به عنوان مبنایی برای هر دو پیش بینی زمان و هزینه ، منطقی است. در واقع چون زمان را نمی توان به عقب باز گرداند و هزینه های تحمیل شده را نمی توان جبران کرد، از این روی مقادیر واقعی ( $EV, AT, ES, AC$ ) هرگز کاهش نمی یابد. از این روی  $\alpha$  برای هر دو پیش بینی زمان و هزینه به صورت 1 در نظر گرفته می شود به این معنی که مقادیر واقعی هموار سازی نمی شوند. از این روی معادله 4 به  $L_t = y_t$  ساده سازی می شود. با این حال، روند تغییرات  $T_t$  برای هموار سازی از طریق پارامتر  $\beta$  موجود است.

دردو بخش آتی، فرمول های عمومی برای به ترتیب پیش بینی زمان (یعنی  $XSM(t)$  و پیش بینی هزینه ( $XSM(\$)$ ) با معرفی معیار های EVM متناظر ارایه می شوند. سپس در زیر بخش پایانی، یک رویکرد احتمالی برای استفاده دینامیک از XSM در طی پیشرفت پروژه مطرح می شود.

## 1-2-2 پیش بینی زمان: $XSM(t)$

معادلات 3-5 را می توان برای پیش بینی زمان بیان کرد. توجه کنید که معادله (4) به طور صریح بیان نشده است بلکه مستقیماً در معادله (3) جایگزین می شود زیرا از طریق ساده سازی  $L_t = y_t$ ، ساده می شود. به علاوه، امکان شناسایی دو وضعیت وجود دارد: شرایط واقعی بر طبق پیشرفت پروژه واقعی که با معادلات 6 و 7 نشان داده می شود و وضعیت پیش بینی شده بر طبق زمان بندی معیار که با معادلات 8 و 9 نشان داده می شود.

$$EAC(t) = AT_t + kT_{t,AT} \quad (6)$$

$$T_{t,AT} = \beta(AT_t - AT_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1,AT} \quad (7)$$

$$PD = ES_t + kT_{t,ES} \quad (8)$$

$$T_{t,ES} = \beta(ES_t - ES_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1,ES} \quad (9)$$

توجه داشته باشید که  $T_{0,AT} = T_{0,ES} = PD/N$  را تعریف می کنیم که N تعداد دوره مسیر یابی مورد انتظار بر طبق زمان بندی معیار است.

معادله (6) فرمول مورد نیاز برای دست یابی به یک مدت زمان پروژه پیش بینی شده است. با این حال، در یک دوره مسیر یابی خاص T در طی پروژه، نمی توان از قبل تعیین کرد که چه تعداد دوره مسیر یابی K وجود دارد. برای دست یابی به برآورد زمانی تعداد مورد انتظار دوره های مسیر یابی آینده، معادله 8 را می توان به صورت زیر باز نویسی کرد

$$k = \frac{PD - ES_t}{T_{t,ES}} \quad (10)$$

این K را می توان در معادله 6 جایگذاری کرد و به این ترتیب می توان داشت

$$EAC(t) = AT_t + \frac{PD-ES_t}{T_{t,ES}} T_{t,AT} \quad (11)$$

یا

$$EAC(t) = AT_t + \frac{PD-ES_t}{T_{t,ES}/T_{t,AT}} \quad (12)$$

توجه داشته باشید که معادله 12 کاملاً با فرمول پیش بینی زمان ESM معادله 1 متناظر است. در واقع، معادلات کاملاً برابر زمانی بدست می آیند که ضریب عملکرد معادله 13 در معادله 1 معرفی می شود

$$PF = \frac{T_{t,ES}}{T_{t,AT}} = \frac{\beta(ES_t - ES_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1,ES}}{\beta(AT_t - AT_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1,AT}} \quad (13)$$

در واقع می توان بیان داشت که روش هموار سازی نمایی در رویکرد پیش بینی زمان قدیمی EVM گنجانده شده است. اکنون به بررسی ضریب عملکرد مشتق شده از معادله 13 و شیوه تاثیر پذیری آن از پارامتر هموار سازی  $\beta$  می پردازیم. دو مورد اکستریم را می توان شناسایی کرد.

اولاً، اگر  $\beta=1$  باشد (ماکزیمم حساسیت به عملکرد زمان بندی فعلی)، آنگاه  $PF=SPI(t)_{inst}$  خواهد بود. در این صورت، اثر اقدامات مدیریتی اصلاحی انجام شده در طی فاصله مسیر یابی، به بخش باقی مانده پروژه برون یابی می شود. برای مثال، یک وضعیتی را در نظر بگیرید که در آن مدیریت منابع اضافی را به یک پروژه خاص در طی آخرین دوره مسیر یابی تخصیص می دهد. فرض کنید که این موجب افزایش زیاد در عملکرد زمان بندی برای این دوره پایانی در مقایسه با عملکرد دوره اولیه پروژه شود. در این صورت،  $\beta=1$  ( $PF=SPI(t)_{inst}$ ) به معنی این فرض است که عملکرد زمان بندی اخیر برای بقیه مدت زمان پروژه نیز حفظ خواهد شد (یعنی این منعکس کننده وضعیتی است که در آن منابع اضافی و مازاد تا انتهای پروژه قابل استفاده خواهد بود و سطح عملکرد فعلی را حفظ خواهد کرد)

از سوی دیگر، اگر  $\beta=0$  (عدم حساسیت به عملکرد زمان بندی فعلی) باشد، آنگاه  
 $T_{0,AT}=1$  و  $PF=T_{t-1,ES}/T_{t-1,AT}=T_{0,ES}/$  تولید یک روش ESM-1 شناخته شده می کنند که فرض می  
 کند پیشرفت آینده دقیقاً بر طبق برنامه خواهد بود (یعنی بر طبق زمان بندی معیار).  $XSM(t)$  نیز روش را  
 پوشش می دهد که بر طبق مطالعات اولیه، منجر به دقیق ترین پیش بینی در مورد مدت زمان پروژه می شود.  
 بدیهی است که ، نمی توان تنها از یکی از دو  $\beta$  اکستریم استفاده کرد. یک طیف کامل از مقادیر  $\beta$  وجود  
 دارد که از 0 تا 1 متغیر است. قاعده کلی این است که هر چه  $\beta$  به 1 نزدیک تر باشد، وزن بیشتری به دوره  
 های مسیر یابی اخیر تخصیص داده می شود. اکستریم البته در این جا  $\beta=1$  است که برای آن تنها آخرین بازه  
 مسیر یابی در نظر گرفته می شود. پارامتر  $\beta$  روش پیشنهادی، امکان تعدیل سطح حساسیت پیش بینی را به  
 عملکرد زمان بندی اخیر پروژه می دهد.

## 2-2-2 پیش بینی هزینه: $XSM(\$)$

استخراج فرمول های پیش بینی هزینه، بسیار مشابه با استخراج فرمول های پیش بینی زمان در زیر بخش قبلی  
 است. از این روی، چند تکرار را می توان مشاهده کرد. با این حال، استخراج صریح فرمول پیش بینی هزینه جدید  
 برای اطمینان از قابلیت درک روش لازم است. مطابق با پیش بینی زمان، معادلات 3-5 برای پیش بینی هزینه  
 ارایه می شوبند و معادله 4 به طور صحیح بیان نمی شوند بلکه به طور مستقیم در معادله 3 جایگزین می شوند.  
 از این روی امکان شناسایی دو وضعیت وجود دارد: وضعیت واقعی بر طبق هزینه های پروژه واقعی که با معادلات  
 14 و 15 نشان داده می شود و وضعیت پیش بینی شده بر طبق هزینه های معیار با معادلات 16 و 17 بیان  
 می شوند.

$$EAC(\$) = AC_t + kT_{t,AC} \quad (14)$$

$$T_{t,AC} = \beta(AC_t - AC_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1,AC} \quad (15)$$

$$BAC = EV_t + kT_{t,EV} \quad (16)$$

$$T_{t,EV} = \beta(EV_t - EV_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1,EV} \quad (17)$$

از این روی،  $T_{0,AC} = T_{0,EV} = BAC/N$  را تعریف می‌کنیم که در آن N، تعداد مورد انتظار دوره هایمسیر یبی بر طبق زمان بندی معیار است.

معادله 14، هزینه پروژه پیش بینی شده را نشان می‌دهد. با این حال، یک برآورد مبتنی بر هزینه تعداد مورد انتظار دوره های مسیر یابی آینده K نیاز است. از این روی، معادله 16 به صورت زیر بازنویسی می‌شود

$$k = \frac{BAC - EV_t}{T_{t,EV}} \quad (18)$$

این K را می‌توان در معادله (14) جایگزین کرد که می‌دهد

$$EAC(\$) = AC_t + \frac{BAC - EV_t}{T_{t,EV}} T_{t,AC} \quad (19)$$

یا

$$EAC(\$) = AC_t + \frac{BAC - EV_t}{T_{t,EV}/T_{t,AC}} \quad (20)$$

توجه داشته باشید که معرفی ضریب عملکرد معادله 21 در فرمول پیش بینی هزینه EVM اصلی معادله 2، یک معادله دقیقاً مشابه با معادله 20 را می‌دهد

$$PF = \frac{T_{t,EV}}{T_{t,AC}} = \frac{\beta(EV_t - EV_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1,EV}}{\beta(AC_t - AC_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1,AC}} \quad (21)$$

از این روی می توان بیان داشت که همانند پیش بینی زمان، روش هموار سازی نمایی اخیرا در رویکرد پیش بینی هزینه EVM قدیمی گنجانده شده است. بحث زیر در خصوص تاثیر پارامتر هموار سازی  $\beta$  بر روی ضریب عملکرد مشتق شده از معادله 21 مشابه با بخش 2-2-1 است با این حال اکنون آن را در زمینه هزینه در نظر می گیریم. دو مورد اکسترم را اکنون می توان شناسایی کرد و  $\beta$  را می توان بین این دو طیف انتخاب کرد.

اولا، اگر  $\beta=1$  ( حساسیت ماکزیمم به عملکرد هزینه جاری) باشد، آنگاه  $PF=CPI_{inst}$  است. اثر اقدامات مدیریتی اصلاحی انجام شده در طی بازه مسیریابی را می توان در بخش باقی مانده پروژه برون یابی کرد. برای روشن تر شدن مسئله، اکنون مثال مشابه با پیش بینی زمان در بخش 2-2-1 را در نظر می گیریم. این مربوط به شرایطی است که در آن مدیریت منابع اضافی را به یک پروژه خاص در طی آخرین زمان مسیر یابی تخصیص داده است. این مداخله منجر به افزایش قابل ملاحظه ای در عملکرد زمان بندی برای این دوره پایانی می شود با این حال به دلیل تحمیل منابع مازاد، عملکرد هزینه به طور معنی داری کاهش می یابد. در این صورت، پس از برابر قرار دادن  $\beta$  برابر با 1 ( $PF=CPI_{inst}$ ) به معنی این فرض است که کاهش اخیر در عملکرد هزینه برای بقیه دوره پروژه تداوم خواهد داشت ( یعنی این منعکس کننده وضعیتی است که در آن منابع اضافی قابل استفاده است و از این روی هزینه های مازاد را تا پایان پروژه تحمیل می کند).

از سوی دیگر، در صورتی که  $\beta=0$  (عدم حساسیت به عملکرد هزینه جریان) باشد، آنگاه  $PF=T_{t-1,EV}/T_{t-1,AC}=T_{0,EV}/T_{0,AC}=1$  بوده و ایجاد یک روش  $EAC-1$  می کند که فرض می کند هزینه آینده دقیقا بر طبق برنامه خواهد بود ( یعنی بر طبق هزینه های معیار). مطابق با پیش بینی زمان،  $XSM(\$)$  روشی را پوشش می دهد که این روش صحیح ترین پیش بینی هزینه پروژه را بر طبق مطالعات اولیه می دهد.

### 3-2-2 کاربرد دینامیک XSM

تاکید بخش های قبلی این بود که مقدار پارامتر هموار سازی بایستی قبل از شروع پروژه انتخاب شود و این که در طول کل پروژه به صورت ثابت باقی بماند. این در واقع یک رویکرد ممکن است که به آن رویکرد استاتیک می گوئیم. با این حال، مقادیر  $\beta$  لزوما برای هر دوره مسیر یابی یکسان نیست. برای مثال، می توان  $\beta=1/t$  را قرار

داد و T تعداد دوره مسیر یابی متناظر است. به این ترتیب، پیش بینی های دقیقاً یکسان با  $ESM - SPI(t)$  برای زمان و  $EAC - CPI$  برای هزینه بدست می آید. با این حال توجه داشته باشید که هدف ما استفاده از  $SPI(t)$  یا  $CPI$  به عنوان ضریب عملکرد نیست، بلکه هدف ما ایجاد روش های پیش بینی ای است که وزن بیشتری را به عملکرد آخرین روش های مسیر یابی بدهند که  $SPI(t)$  و  $CPI$  تجمعی استاندارد آن ها مطابق با هم نیست. به هر حال، روش  $XSM$  جدید می تواند یک تعریف کلی را برای هر دو ضرایب عملکرد  $(SPI(t), SPI(t)_{inst}$

و 1) هزینه  $(CPI, CPI_{inst}$  and 1) به عنوان تابعی از پارامتر  $\beta$  ارایه کند.

با این حال توجه داشته باشید که برابر قرار دادن  $\beta$  با  $1/t$  به ازای هر دوره مسیر یابی می تواند به عنوان یک رویکرد استاتیک در نظر گرفته شود، اگرچه مقادیر  $\beta$  برای هر دوره مسیر یابی متفاوت خواهد بود. با این حال آن ها قبل از شروع پروژه ثابت هستند و در طی فرایند پروژه تغییر نمی کنند. با این حال چون  $SPI(t)$  و  $CPI$  ضرایب عملکرد نامطلوب در این مقاله می باشند، اصطلاح رویکرد استاتیک از این به بعد تنها اشاره به شرایطی دارد که در آن  $\beta$  یک مقدار ثابت را برای هر دوره مسیر یابی اختیار می کنند. از سوی دیگر، یک رویکردی که در آن پارامتر هموار سازی را می توان در هر دوره مسیر یابی تعدیل کرد موسوم به رویکرد دینامیک بوده و و پارامتر متغیر متناظر با  $\beta_{dyn}$  نشان داده می شود. دو نسخه رویکرد دینامیک وجود دارد.

اولین مورد، بر اساس تحلیل کمی است. به طور دقیق تر، مقدار  $\beta_{dyn}$  برای یک دوره مسیر یابی خاص به صورت  $\beta -$  تعریف می شود از این روی به صورت یک مقدار ثابت برای همه دوره های مسیر یابی قبلی تعریف می شود و تولید دقیق ترین پیش بینی از همه مراحل و دوره های مسیر یابی قبلی می کند. داده های عملکرد این دوره های مسیر یابی گذشته، کاملاً مشخص هستند از این روی یک مسئله بهینه سازی غیر خطی را می توان مدل سازی کرد که راه حل آن،  $\beta$  بهینه (یعنی  $\beta$  ای که منجر به بالاترین صحت پیش بینی شود) در همه دوره های مسیر یابی گذشته را تعریف می کند. این  $\beta$  بهینه محاسبه شده، به صورت مقدار  $\beta_{dyn}$  برای دوره مسیر یابی فعلی در نظر گرفته می شود و بر اساس این اصل استوار است که  $\beta$  بهینه تاریخی، بهترین برآورد برای بهینه آینده است. وقتی که ما این روش را برای هر دوره مسیر یابی در طی پروژه انجام می دهیم، یک سری متوالی و



دنباله دار از مقادیر مختلف  $\beta_{dyn}$  بدست می آید. از این روی ما از رویکرد دینامیک کمی برای روش پیش بینی XSM پیشنهادی استفاده می کنیم.

توجه داشته باشید که رویکرد پیشنهادی نیاز به اطلاعات انسانی ندارد. با این حال، در برخی شرایط، حذف تاثیر گذاری فرض های شخصی بر انتخاب  $\beta_{dyn}$  در یک نقطه خاص زمانی مناسب نیست. برای مثال، یک پروژه را در نظر بگیرید که در نیمه مسیر خود است، با این حال عملکرد زمان بندی خیلی ضعیفی را در طی نیمه اول خود نشان می دهد. با این حال، مدیریت از مسئله آگاه است و اکنون یک سری اقدامات اصلاحی را اتخاذ کرده است. به طوری که پس از اولین دوره ارزیابی، موجب بهبود عملکرد زمان بندی می شود. ولی چون عملکرد بالای زمان بندی یک پدیده جدید است محاسبات دینامیک کمی در نظر گرفته نخواهد شد. در این نقطه، مدیریت می تواند تصمیم بگیرد که عملکرد زمان بندی بالاتر در حقیقت به بهترین شکل منعکس کننده عملکرد مورد انتظار آینده است (یعنی عملکرد بالاتر در آینده حفظ شود). برای تولید پیش بینی های زمانی ای که منعکس کننده این چشم انداز باشند، مدیریت می تواند  $\beta_{dyn}$  را طوری افزایش دهد که (آن را نزدیک تر به 1 کند). پیش بینی قویا بر مبنای دوره های مسیر یابی اخیر باشد، و بر اساس عملکرد زمان بندی پیشرفته باشد. البته، این رویکرد نمی تواند متکی به پشتیبانی از محاسبات کمی باشد. در عوض، مدیریت بایستی مناسب ترین مقدار  $\beta_{dyn}$  را در یک زمان خاص بر اساس تجربه و بینش خود انتخاب کند. از این روی، این رویکرد می تواند به عنوان یک رویکرد دینامیک کیفی XSM تلقی شود.

### 3- رویکرد ارزیابی

هدف اصلی ادامه این مقاله، مقایسه صحت های XSM با صحت های رایج ترین و بهترین روش های پیش بینی EVM قدیمی هم برای هزینه و هم برای زمان است. از این روی، ما از مجموعه ای از پروژه های مربوط به دیتابیس پروژه زمان واقعی باتسلیر و وانهوک (2015 الف) استفاده می کنیم که در بخش 3-1 ارایه شده اند. در رابطه با ارزیابی XSM، هر دو رویکرد استاتیک (بخش 3-1)، از جمله استفاده از مفهوم RCF و رویکرد دینامیک (بخش 3-3) در نظر گرفته خواهد شد. توجه داشته باشید که بحث های مربوط به این بخش ها مربوط به پیش

بینی های زمان و هزینه هستند. به علاوه، رویکرد استفاده شده برای ارزیابی صحت پیش بینی در بخش 3-4 توضیح داده شده است.

### 1-3 داده های پروژه

23 پروژه واقعی از دیتابیس باتسیلر و وانهوک (2015 الف) برای مطالعه انتخاب شدند. همه این پروژه ها دارای یک زمان بندی معیار واقعی و داده های مسیر یابی ای هستند که به طور مستقیما از مالکان واقعی پروژه گرفته شده اند. 21 پروژه را می توان در بخش ساخت و ساز گسترده در نظر گرفت و دو مورد دیگر مربوط به پروژه های IT هستند. به علاوه، مدت زمان پروژه از تنها دو ماه تا بیش از سه سال و بودجه پروژه از کم تر از 200000 یورو تا بیش از 60000000 یورو متغیر است. اطلاعات دقیق تر تک تک پروژه ها در جدول 2 نشان داده شده است. به علاوه، بر کسب اطلاعات بیشتر و گسترده تر در خصوص پروژه ها با همه داده های پروژه، می توانید به [www.or-as.be/research/database](http://www.or-as.be/research/database) در فرمت ProTrack ([www.protrack.be](http://www.protrack.be)) و فرمت اکسل MS با استفاده از نرم افزار جدید PMConverter مراجعه کنید. پروژه های مربوطه را می توان از طریق کد های پروژه نشان داده شده در اولین ستون جدول 2 بازیابی کرد.

برای هر پروژه، به بررسی این پرداخته می شود که کدام مقدار بتای ثابت تولید صحیح ترین و دقیق ترین پیش بینی می کند (یعنی  $\beta_{opt}$ ). به علاوه،  $B$  بهیچ در همه پروژه ها (یعنی  $\beta_{opt,oa}$ ) تعیین شده و صحت پیش بینی با صحت رایج ترین و بهترین شیوه های پیش بینی EVM مقایسه می شود. با این حال، لازم به ذکر است که استفاده از  $\beta_{opt,oa}$  مستلزم روش هوشمندی برای تخصیص مناسب ترین  $B$  به یک پروژه خاص قبل از شروع پروژه می باشد زیرا  $\beta_{opt,oa}$  به صورت  $B$  تعیین می شود که منجر به بهترین صحت پیش بینی در همه 23 پروژه موجود در دیتابیس می شود. این پروژه ها که در جدول 2 نشان داده شده اند، از نظر بخش، بودجه و مدت زمان متغیر است. از آن جا که شباهت های معنی داری بین تمامیت پروژه ها وجود ندارد (علاوه بر این که بیشتر آن ها در چارچوب یک بخش ساخت و ساز واقع شده اند)، دلیلی مبنی بر این وجود ندارد که  $\beta_{opt}$  یک پروژه خاص برای تعیین مناسب ترین  $B$  در نظر گرفته شود. با این وجود، این کار دقیقا زمانی اعمال می شود که  $\beta_{opt,oa}$  به کار برده شود.

جدول 2: ویژگی های پروژه های مورد نظر

کد پروژه	نام پروژه	بخش	PD (روز)	BAC (یورو)
C2011-05	Telecom System Agnes	فناوری اطلاعات (زمینه های پزشکی)	43	180.485
C2011-07	Patient Transport System	فناوری اطلاعات (زمینه های پزشکی)	389	180.795
C2011-12	Claeys-Verhelst Premises	ساخت و ساز (ساختمان های تجاری)	442	3.027133
C2011-13	Wind Farm	ساخت و ساز صنعتی	525	21369836
C2012-13	Pumping Station Jabbeke	ساخت و ساز (شهری)	125	336410
C2013-01	Wiedauwkaai Fenders	ساخت و ساز شهری	152	1069533
C2013-02	Sewage Plant Hove	ساخت و ساز شهری	403	1236604
C2013-03	Brussels Finance Tower	ساخت و ساز (ساختمان های سازمانی)	425	15440865
C2013-04	Kitchen Tower Anderlecht	ساخت و ساز (ساختمان های سازمانی)	333	2113684
C2013-06	Government Office Building	ساخت و ساز (ساختمان های سازمانی)	252	19429808
C2013-07	Family Residence	ساخت و ساز (ساختمان مسکونی)	216	501030
C2013-08	Timber House	ساخت و ساز	216	501030

		( ساختمان مسکونی)		
1537398	291	ساخت و ساز ( ساخت و ساز تجاری)	Urban Development Project	C2013-09
11421890	786	ساخت و ساز ( شهری)	Town Square	C2013-10
5480520	359	ساخت و ساز ( شهری)	Recreation Complex	C2013-11
818440	115	ساخت و ساز ( ساختمان سازمانی)	Young Cattle Barn	C2013-12
341468	171	ساخت و ساز ( ساختمان تجاری)	Office Finishing Works (1)	C2013-13
62385600	522	ساخت و ساز صنعتی	Compressor Station Zelzate	C2014-04
532410	228	ساخت و ساز مسکونی	Apartment Building (1)	C2014-05
3486376	547	ساخت و ساز ( مسکونی)	Apartment Building (2)	C2014-06
1.102537	353	ساخت و ساز ( مسکونی)	Apartment Building (3)	C2014-07
1992222	233	ساخت و ساز ( مسکونی)	Apartment Building (4)	C2014-08

از این روی یک تخصیص  $\beta$  پیش پروژه سفارشی پیشنهاد شده است که در آن  $\beta$  بر اساس  $\beta_s$  بهینه پروژه های تاریخی با ویژگی های مشابه و یکسان با پروژه مورد نظر تعیین می شود و ایجاد یک  $\beta_{opt,rc}$  تعدیل شده بهتر می شود. RC درین معادله بیانگر روش پیش بینی کلاس مرجع RCF می باشد که توسط کاهنکن و ترسکی (1979 الف) و سپس توسط لولاو و کاهنمن (2003) ارایه شده است. اساس RCF، شناسایی کلاس مرجع پروژه های تاریخی مشابه برای تولید صحیح ترین پیش بینی ها برای پروژه مورد نظر است که ایده اصلی روش  $\beta_{opt,rc}$  است. مفهوم RCF اولین بار توسط کاهنمن و ترسکی (1979 الف و ب) برای غلبه بر اریبی انسانی

ارایه شد که می تواند به شکل اریبی خوش بینانه (یعنی ماهیت بیش از حد خوش بینانه قضاوت انسانی با توجه به رویداد های آینده) و سوء تفسیر راهبردی (یعنی تخمین های خوشبینانه از رویداد های آینده برای نشان دادن توانایی و اثر فراتر از رقابت) باشد و یک دیدگاه بیرونی را بر اقدامات برنامه ریزی شده دارد تا اقدامات درونی. در واقع، RCF بر جزییات یک پروژه خاص (برای مثال اطلاعات فعالیت) برای پیش بینی رویداد های غیر قطعی (یعنی تاخیر فعالیت) که بر روند پروژه تاثیر دارد همانند EVM متعارف، تاکید ندارد. کلویبرگ (2006) و باتسیلرو وانهوک اولین بار از روش RCF استفاده کرده و بعد ها باتسیلر و وانهوک RCF را به طور موفق با روش پیش بینی EVM قدیمی مقایسه کردند. برای بحث دقیق تر بر روی مبانی و عملکرد RCF به عنوان یک روش، ما به کار های فوق الذکر در این پاراگراف می پردازیم.

با توجه به روش جدید معرفی شده در این مقاله، انتظار می رود که  $\beta_{opt,rc}$  منجر به پیش بینی های دقیق تری از  $\beta_{opt,oa}$  شود زیرا بهتر می تواند از پتانسیل کامل XSM با انتخاب یک  $\beta$  که بایستی نزدیک تر به  $\beta_{opt}$  نهایی پروژه مورد نظر باشد استفاده کند و از این روی یک مزیت بیشتر را با توجه به بهترین روش های پیش بینی EVM قدیمی نشان دهد. با این حال، بدست آوردن یک سری پروژه های مشابه با پروژه خاص، نمی تواند یک کار آسان باشد به طوری که باتسیلر و وان هوک، پی بردند که بالاترین درجه تشابه، برای تولید بالاترین صحت پیش بینی لازم است. به طور دقیق تر، کلاس مرجع بایستی متشکل از پروژه های مشابه از یک شرکت باشد. در این مطالعه، این دستور العمل دنبال شده و مجموعه ای از 4 پروژه از یک شرکت (پروژه های 2014-C تا 05 تا 08-2014) که همگی مربوط به ساخت و ساز یک ساختمان آپارتمانی هستند، برای محاسبه  $\beta_{opt,rc}$  در نظر گرفته شدند.

### 3-3 رویکرد دینامیک

برای رویکرد دینامیک، تنها نسخه مبتنی بر تحلیل کمی در نظر گرفته خواهد شد. این رویکرد، شامل مسائل برنامه نویسی غیر خطی (یعنی یافتن  $\beta_{dyn}$  بهینه بر اساس عملکرد گذشته) که برای هر دوره مسیر یابی حادث می شود، با استفاده از

MS Solver Excel حل شده است. از آن جا که کاربرد رویکرد دینامیک کمی برای یک پروژه خاص نیازمند داده های مربوط به پروژه های دیگر نیست (یعنی تنها از پیشرفت پروژه مورد نظر به عنوان ورودی استفاده می کند)، استفاده از روش RCF مناسب نبوده و بنابر این حذف می شود.

هم چنین لازم به ذکر است پیاده سازی رویکرد دینامیک کیفی نیازمند پایش دایمی و زنده یک پروژه است، از جمله درک چشم انداز ها و پیشرفت های مدیریت در زمان های خاص پروژه. این تلاش ها مربوط به این مقاله بوده و نیازمند تحقیقات بیشتر است. با این حال این مقاله، امکان استفاده از  $\beta_{dyn}$  درون پروژه ای مبتنی بر فرضیات شخصی و یا پیش بینی ها در شرایطی که در آن این مناسب است، را خاطر نشان می کند.

### 4-3 ارزیابی صحت پیش بینی

صحت پیش بینی روش های مختلف از حیث میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) بیان شده است که برای آن فرمول کلی به صورت زیر است

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A - P_t}{A} \right| \quad (22)$$

در این جا،  $A$  مقدار واقعی در پایان پروژه و  $P_t$  مقدار پیش بینی شده در دوره مسیر یابی  $t$  است. به علاوه،  $n$  تعداد دوره های مسیر یابی و پایش که به طور واقعی در طی پروژه مورد نظر انجام شده اند، می باشد. هنگام استفاده از معادله 22 برای پیش بینی زمانی (برای مشاهده عبارات اختصاری به جدول 1 مراجعه کنید)،  $A$  و  $P_t$  به ترتیب با RD و EAC(t) جایگزین می شوند. برای پیش بینی هزینه، این به ترتیب به RC و EAC تبدیل می شود. بدیهی است که هر چه مقدار MAPE یک روش پیش بینی خاص پایین تر باشد، صحت آن روش بالاتر خواهد بود. MAPE در بسیاری از مطالعات ارزیابی صحت EVM استفاده شده است (باتسیلر و وانهوک 2015 ب، باتسیلر و وانهوک 2015 پ، باتسیلر و وانهوک در دست چاپ الف، و ب، الشار 2013، گائرو و همکاران 2014، راجینوایانک 2009، وانهوک 2010، وانهوک و واندروورد 2007، زویکل و همکاران 2000).

### 4- نتایج و بحث

در این بخش، نتایج روش های پیش بینی هزینه و زمان مبتنی بر هموار سازی نمایی جدید توسعه یافته ارایه شده و بحث می شوند. روش های پیش بینی زمان و هزینه EVM قدیمی که برای مقایسه با XSM در نظر گرفته می شود، در زیر بخش های 1-4 و 2-4 ارایه خواهد شد. در هر دو زیر بخش، رویکرد استاتیک، از جمله نسخه استفاده کننده از مفهوم RCF- علاوه بر رویکرد دینامیک XSM ارزیابی خواهد شد. لازم به ذکر است که مفاهیم مربوط به رویکرد های مختلف در فنون عمومی XSM در پیوست A خلاصه سازی شده است و در سرتاسر این بخش استفاده خواهد شد.

#### 1-4 پیش بینی زمان: $XSM(t)$

صحت  $XSM(t)$  - هر دو رویکرد استاتیک (بخش 1-1-4) و دینامیک (بخش 2-1-4) - با عملکرد های ESM-1 و ESM-SPI(t) مقایسه می شوند که دو مورد از رایج ترین و صحیح ترین روش های پیش بینی زمان EVM می باشند. همه نتایج در جدول 3 خلاصه شده است.

#### 1-1-4 رویکرد استاتیک: $XSM(t) - \beta_{opt}$ , $XSM(t) - \beta_{opt,oa}$ , $XSM(t) - \beta_{opt,rc}$

اولاً، نتایج رویکرد استاتیک را در نظر بگیرید. مقدار بهینه  $\beta$  برای یک پروژه خاص با  $\beta_{opt}$  و روش مبتنی بر هموار سازی نمایی متناظر با  $XSM(t) - \beta_{opt}$  نشان داده می شود. به یاد بیاورید که برای رویکرد استاتیک،  $\beta - \beta_{opt}$  در سرتاسر پروژه ثابت است. اگر این  $\beta_{opt}$  متفاوت از 0 باشد، به این معنی است که  $XSM(t) - \beta_{opt}$  می تواند پیش بینی های دقیق تری را نسبت به  $ESM-1$  ارایه کند. از سوی دیگر، اگر  $\beta_{opt}$  برابر با 0 باشد، ضریب عملکرد معادله 12 به 1 کاهش می یابد و به این ترتیب  $ESM-1$  صحیح ترین روش پیش بینی زمان است. جدول 3 نشان می دهد که  $\beta_{opt}$  متفاوت از 0 برای 16 از 23 پروژه مورد نظر است (حدود 70 درصد موارد)، و  $XSM(t) - \beta_{opt}$  پتانسیل بهبود صحت پیش بینی ای مدت زمان پروژه را با توجه به روش های EVM قدیمی نشان می دهد. از این روی ما این مسئله را بیشتر مورد بررسی قرار می دهیم

جدول 3: نتایج پیش بینی زمان (صحت در %MAPE)

Project code	EVM methods		Static approach				Dynamic approach	
	<i>ESM-1</i>	<i>ESM-SPI(t)</i>	$\beta_{opt}$	$\beta_{opt}$ accuracy	$\beta_{opt,oa}$ accuracy	$\beta_{opt,rc}$ accuracy	accuracy	timeliness
C2011-05	12.22	11.18	0.650	9.50	12.05	/	12.22	100%
C2011-07	7.95	7.16	0.118	7.01	7.35	/	7.95	90%
C2011-12	3.39	8.14	0.000	3.39	4.09	/	3.39	/
C2011-13	7.83	6.80	0.065	6.80	6.84	/	8.24	85%
C2012-13	7.76	10.38	0.000	7.76	8.44	/	7.76	/
C2013-01	1.73	3.81	0.023	1.72	1.73	/	1.73	100%
C2013-02	5.36	16.35	0.000	5.36	7.34	/	5.36	/
C2013-03	4.25	8.08	0.000	4.25	5.64	/	4.33	/
C2013-04	5.71	7.74	0.129	3.26	4.68	/	5.33	60%
C2013-06	2.46	4.12	0.062	2.14	2.15	/	2.48	85%
C2013-07	3.09	4.97	0.000	3.09	3.52	/	3.09	/
C2013-08	8.91	8.67	0.691	7.80	8.84	/	8.91	100%
C2013-09	11.86	10.94	0.853	10.76	11.77	/	11.75	85%
C2013-10	3.26	6.52	0.000	3.26	3.73	/	3.27	/
C2013-11	6.59	6.90	0.085	6.29	6.38	/	6.59	100%
C2013-12	6.93	8.82	0.130	6.03	6.51	/	6.83	75%
C2013-13	5.61	9.51	0.000	5.61	6.54	/	5.61	/
C2013-15	12.89	10.56	0.159	10.43	12.09	/	12.89	100%
C2014-04	26.99	17.61	0.188	20.80	24.17	/	26.85	75%
C2014-05	4.84	10.82	0.106	3.02	3.50	3.05	5.77	75%
C2014-06	2.35	6.55	0.028	1.70	1.98	2.74	2.27	65%
C2014-07	4.46	13.64	0.093	3.39	3.53	3.39	4.46	85%
C2014-08	8.80	7.05	0.666	7.41	8.63	8.42	8.74	90%
Overall	7.18	8.97	0.050	6.12	7.02	/	7.21	85%
Ref. class	5.11	9.52	0.100	3.88	/	4.40	/	/

کد پروژه، روش EVM، رویکرد استاتیک، رویکرد دینامیک، صحت، بهنگام بودن

وقتی که  $\beta_{opt}$  برای هر پروژه معرفی می شود، صحت پیش بینی میانگین در کل پروژه ها (دو ردیف آخر جدول 3) با 6.12 MAPE درصد نشان داده می شود. در عین حال، *ESM-1* بهترین روش پیش بینی زمان EVM بر طبق تحقیقات تجربی پیشین است (باتسیلر و وانهوک 2015، ب، کائرو و همکاران 2014)، و یک MAPE کلی به میزان 7.18 درصد را نشان می دهد. اگر برای هر پروژه،  $\beta$  بهینه استفاده شود،  $XSM(t) - \beta_{opt}$  می تواند تولید پیش بینی های زمانی ای کند که دارای صحت 14.8 درصد بیش تر از مقدار بدست آمده از *ESM-1* است. با توجه به *ESM-SPI(t)* بهبود نسبی تا 31.8 درصد افزایش می یابد. این در واقع بهبود بالقوه است. با این

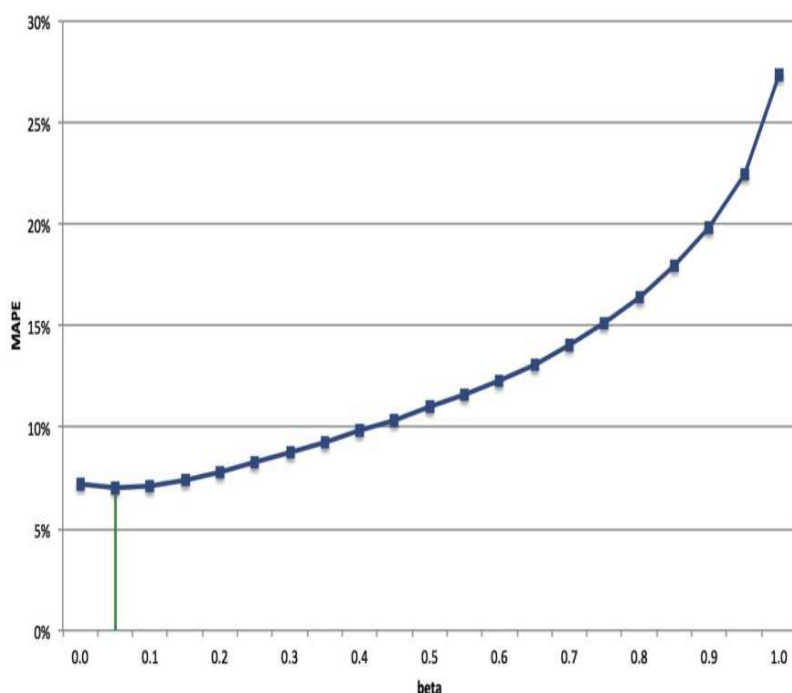


حال در عمل، استفاده از پتانسیل کامل سخت است زیرا  $\beta_{opt}$  که موجب تولید پیش بینی های زمانی بالا می کنند، پس از پایان یافتن پروژه معلوم می شود. و چون ما رویکرد استاتیک را در این جا در نظر می گیریم، که در آن  $\beta$  بایستی قبل از شروع پروژه ثابت باشد، فرض مقدار  $\beta$  بایستی مطرح شود. یک رویکرد منطقی مبنای انتخاب  $\beta$  بر روی داده های عملکرد تاریخی از پروژه های قبلی خواهد بود. از این روی،  $\beta$  را محاسبه می کنیم که به طور متوسط، صحیح ترین پیش بینی ها را در کل پروژه انجام می دهد و این مقدار را  $\beta_{opt,oa}$  می نامیم. روش استفاده کننده از این  $\beta_{opt,oa}$  موسوم به  $XSM(t) - \beta_{opt,oa}$  است. شکل 1 MAPE کلی را برای مقادیر متفاوت بتا نشان می دهد (با بازه های 0.05) و به این ترتیب امکان شناسایی  $\beta_{opt,oa}$  را می دهد.

بر اساس شکل 1 می توان نتیجه گرفت که  $\beta_{opt,oa} = 0.05$  می باشد (خط عمودی). به علاوه، این مقدار  $\beta$  یک MAPE برابر با 7.02 درصد را می دهد که در جدول 3 مشاهده می شود. این MAPE، کاهش قابل ملاحظه ای را در صحت (درصد مطلق) با توجه به شرایطی که در آن  $\beta$  بهینه خاص پروژه (یعنی  $\beta_{opt}$ ) برای هر پروژه استفاده می شود نشان می دهد. با این وجود،  $XSM(t) - \beta_{opt,oa}$  صحیح تر از  $ESM-1$  می باشد با این حال مقدار صحت تا 2.3 درصد می باشد.

با این حال با توجه به بخش 3-2 می توان گفت که استفاده از  $\beta_{opt,oa}$  مستلزم روش هوشمند برای تخصیص مناسب ترین بتا به یک پروژه خاص قبل از شروع پروژه نیست، اگرچه، رویکرد استفاده کننده از  $\beta_{opt,rc}$  و کلاس مرجع از پروژه های مشابه، موجب بهبود صحت پیش بینی می شود. از این روی،  $XSM(t) - \beta_{opt,rc}$  برای چهار پروژه مشابه از دیتابیس مورد نظر انجام شده (یعنی پروژه های 05-2014 تا 08-) و نتایج در ردیف آخر جدول 3 خلاصه شده است. توجه کنید که مقادیر در این ردیف آخر تنها منعکس کننده برآیند میانگین برای چهار پروژه در کلاس مرجع انتخاب شده است. برای این کلاس مرجع، می توان دید که  $\beta$  بهینه اکنون 0.10 است که برابر با  $\beta_{opt,oa}$  (0.05) در همه 23 پروژه نیست. در نتیجه، صحت  $\beta_{opt,rc}$  متفاوت از صحت  $\beta_{opt,oa}$  برای چهار پروژه کلاس مرجع می باشد. یک MAPE برابر با 4.40 با  $XSM(t) - \beta_{opt,rc}$  بدست آمده است که 13.9 درصد کم تر از  $ESM-1$  (MAPE 5.11 درصد است). این مقدار صحت قابل توجه با توجه به

بهترین روش پیش بینی زمان EVM و با توجه به  $XSM(t) - \beta_{opt,oa}$  است. مشاهده اخیر موید این است که استفاده از مفهوم RCF از پتانسیل کامل XSM استفاده می کند. در واقع، در مقایسه با  $ESM-1$ ،  $XSM(t) - \beta_{opt,rc}$  بهبود 13.9 درصدی را از ماکزیمم 24.1 درصد بدست می آورد ( هنگام استفاده از  $\beta_{opt}$  برای هر پروژه)، در حالی که برای  $XSM(t) - \beta_{opt,oa}$  این مقدار تنها 2.3 درصد از ماکزیمم 14.8 درصد است.



شکل 1: تعیین  $\beta_{opt,oa}$  برای پیش بینی زمان

#### 2-1-4 رویکرد دینامیک: $XSM(t) - \beta_{dyn}$

اکنون، نتایج رویکرد دینامیک را برای روش پیش بینی زمان جدید در نظر بگیرید که موسوم به  $XSM(t) - \beta_{dyn}$  است. به طور ویژه ما رویکرد دینامیک را بر اساس تحلیل کمی در نظر می گیریم که در بخش 2-2-3 نشان داده شده است. جدول 3 نشان می دهد که صحت پیش بینی زمان بدست آمده با استفاده از  $XSM(t) - \beta_{dyn}$  با MAPE 7.21 درصد نشان داده می شود. اگرچه این بسیار صحیح تر از  $ESM-SPI(t)$  است (19.6 درصد بهبود نسبی)، با این حال تقریباً برابر با  $ESM-1$  است (0.4 درصد کاهش نسبی). به این ترتیب، یک عملکرد بهتر از  $XSM(t) - \beta_{opt,oa}$  (2.7 درصد بهبود نسبی) را نشان می دهد و از این

روی  $XSM(t) - \beta_{opt,rc}$  بهبود نسبی 17.8 درصد را نشان می دهد. از این روی می توان نتیجه گرفت که رویکرد استاتیک برای  $XSM$ ، پتانسیل بیشتری را برای پیش بینی زمان نسبت به روش دینامیک نشان می دهد.

دلیل عملکرد ضعیف تر رویکرد دوم، مربوط به بهنگام بودن روش است. بهنگام بودن مشاهده شده برای هر پروژه به صورت یک نقطه زمانی تعریف می شود که در آن  $\beta_{dyn}$  متفاوت از 0 برای اولین بار بوده و متفاوت از 0 برای همه دوره های مسیر یابی بعدی تا پایان پروژه است. برای مثال، اگر یک پروژه خاص دارای 20 دوره مسیر یابی باشد و رویکرد دینامیک منجر به یک مقدار غیر صفر برای  $\beta_{dyn}$  برای اولین بار در دوره مسیر یابی 14 شود، آنگاه گفته می شود که بهنگامی رویکرد دینامیک برای این پروژه (70% = 14/20) است. توجه کنید که ما بهنگامی را به صورت درصد تعداد کل دوره های مسیر یابی بیان می شود و به نزدیک ترین 5 درصد گرد می شود.

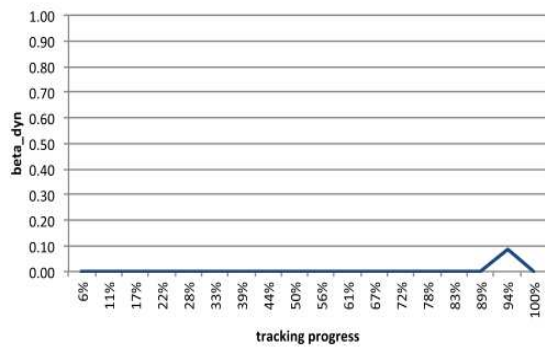
نتایج بهنگامی برای  $XSM(t) - \beta_{dyn}$  در ستون آخر جدول 3 نشان داده شده است. برای پروژه هایی که در آن  $\beta_{opt}$  برابر با صفر است،  $\beta_{opt}$  متناظر با  $\beta_{dyn}$  محاسبه شده برای دوره مسیر یابی نهایی است، نتایج مربوط به بهنگامی وجود ندارد زیرا زمانی که  $\beta_{dyn}$  در کل پروژه برابر با صفر است، مفهوم اهمیتی ندارد. توجه کنید که در این وضعیت،  $XSM(t) - \beta_{dyn}$  کاملاً مشابه با ESM-1 است. یک درصد بهنگامی 100 درصد از سوی دیگر نشان می دهد که رویکرد دینامیک منجر به  $\beta_{dyn}$  غیر صفر برابر با  $\beta_{opt}$  تنها در آخرین دوره مسیر یابی می شود. در این صورت،  $XSM(t) - \beta_{dyn}$  تولید پیش بینی های هم زمان با ESM-1 می کند زیرا  $\beta_{dyn}$  تنها متفاوت از 0 در دتره پایانی مسیر یابی است و برابر با 0 برای کل بخش قبلی پروژه همانند ESM-1 است. از این روی، وقتی که درصد بهنگام سازی برابر با 100 درصد باشد،  $XSM(t) - \beta_{dyn}$  نسبت به ESM-1 برای آن پروژه خاص، مزیتی ندارد. بر این اساس می توان نتیجه گرفت که رویکرد دینامیک برای درصد های پایین تر بهنگامی، سودمند تر است. در واقع، هر چه درصد بهنگام بودن پایین تر باشد، دوره های مسیر یابی ای که در آن ها پیش بینی ها را می توان بر اساس  $\beta_{dyn}$  غیر صفر بهبود دهنده صحت انجام داد، بیشتر خواهد بود.

با این حال بر اساس جدول 3 می توان گفت که تعداد کمی از پروژه ها (5 از 16 پروژه با  $\beta_{opt}$  غیر صفر) یک درصد بهنگامی (به موقع بودن) 100 درصد را برای  $XSM(t) - \beta_{dyn}$  نشان می دهد. به علاوه، پروژه های دیگر نیز درصد بهنگامی بالایی را نشان می دهند. به جز دو پروژه، همگی برابند  $\beta_{dyn}$  غیر صفر را تنها در چهار پروژه آخر تجربه می کند (یعنی پس از 75 درصد بهنگام بودن). این با درصد بهنگامی کلی 85 درصد نشان داده می شود. بر اساس این مقدار و بحث های قبلی، می توان انتظار داشت که  $XSM(t) - \beta_{dyn}$  تولید پیش بینی های زمانی ای نمی کند که به طور معنی دار بهتر از پیش بینی های ESM-1 باشد.

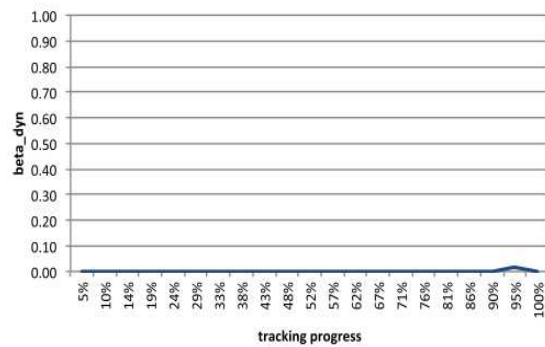
به علاوه،  $XSM(t) - \beta_{dyn}$  گاهی اوقات می تواند صحت کم تری از ESM-1 باشد (مقادیر MAPE در دومین و آخرین ستون جدول 3 را مقایسه می کند). این ناشی از وجود یک سری افزایش کاذب در  $\beta_{dyn}$  محاسبه شده برای دوره های مسیر یابی مختلف است. دو وضعیت احتمالی وجود دارد. در اولین وضعیت، یک رویکرد دینامیک به طور کاذب یک  $\beta_{dyn}$  غیر صفر را برای یک یا چند دوره مسیر یابی در طی پروژه نشان می دهد در حالی که  $\beta_{opt}$  نهایی در واقع برابر با 0 است (یعنی ESM-1 بهترین روش است). این وضعیت برای پروژه های C2013-03 (شکل 2 الف) و C2013-10 (شکل 2 ب) صادق است که در هر دوی آن ها کم ترین افزایش در دوره مسیر یابی ماقبل آخر دیده می شود.

دومین احتمال این است که اگرچه  $\beta_{opt}$  نهایی متفاوت از 0 است (یعنی ESM-1، بهترین روش نیست)، رویکرد پویا مقادیر  $\beta_{dyn}$  غیر صفر را در طی پروژه بدست می دهد که بسیار بالا بوده و تولید پیش بینی هایی می کند که صحت کم تری از ESM-1 ساده ( $\beta=0$ ) برای دوره های مسیر یابی متناظر دارد این برای پروژه های C2011-13 (شکل 2 پ) و C2014-05 (شکل 2 ت) صادق است. افزایش لزوما در شرایطی که  $\beta_{opt}$  متفاوت از صفر است نا مطلوب نیست (از سوی دیگر، در شرایطی که  $\beta_{opt}=0$  است، مطلوب نیست). زیرا مقادیر غیر صفر  $\beta_{dyn}$  بدست آمده از پروژه (به طور ویژه، برای دوره های مسیر یابی که در آن ها پایش پیشرفت پروژه کم تر از درصد بهنگامی است) می تواند یک تقریب نسبتا صحیح از  $\beta_{opt}$  نهایی را در اختیار بگذارد و از این روی پیش بینی های صحیح تری را نسبت به زمانی که  $\beta_{dyn}=0$  برای دوره های مسیر یابی متناظر می باشد، بدست

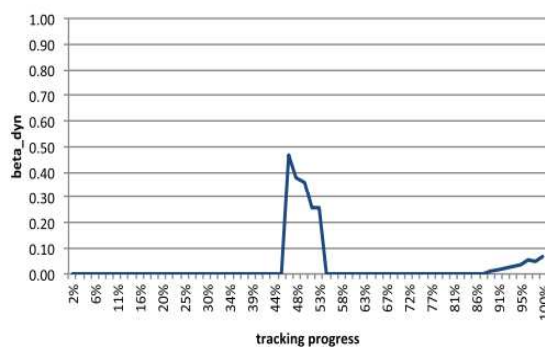
می دهد. یک مثال از این وضعیت ، پروژه C2013-09 می باشد. در این جا، مقدار افزایش کم تر از  $\beta_{opt}$  نهایی است و از این روی  $\beta_{opt}$  نسبت به  $\beta_{dyn}=0$  نزدیک تر است، و از این روی می تواند تولید پیش بینی زمان صحیح تری از ESM-1 برای دوره مسیر یابی متناظر کند.



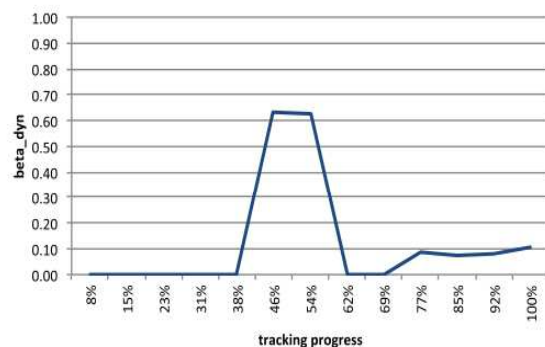
(a) C2013-03



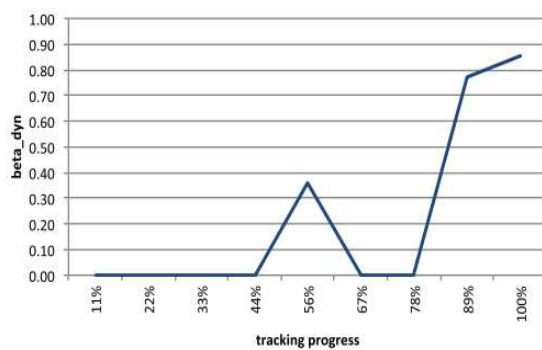
(b) C2013-10



(c) C2011-13



(d) C2014-05



(e) C2013-09

شکل 2: روند تغییرات  $\beta_{dyn}$  بر طبق رویکرد پیش بینی زمان دینامیک برای پروژه های مختلف از دیتابیس

2-4 پیش بینی هزینه:  $XSM(\$)$

مشابه با آنچه که برای پیش بینی زمانی در بخش 4-1 گفته شد، صحت روش های پیش بینی هزینه مبتنی بر هموار سازی نمایی، با عملکرد دو مورد از رایج ترین و صحیح ترین روش های پیش بینی هزینه EVM قدیمی یعنی EAC-1 و EAC-CPI مقایسه می شوند. از این روی هر دو رویکرد دینامیک و استاتیک در نظر گرفته می شوند. جدول 4 همه نتایج مربوطه را خلاصه کرده است.

توجه داشته باشید که نتایج برای پروژه های C2011-05 و C2013-10 نشان داده نشده است. دلیل این است که این پروژه ها فاقد داده های هزینه ای کافی برای اجرای صحیح تحلیل می باشند. در نتیجه، تنها 21 پروژه، برای ارزیابی (\$XSM) در نظر گرفته می شوند. به علاوه ارزیابی برای بعد هزینه کاملا مشابه با ارزیابی انجام شده برای پیش بینی زمان است. از این روی، بحث زیر بخش های زیر مطابق با بخش های 4-1-1 و 4-1-2 است. به علاوه، تعاریف پارامترها و مفاهیم به دلیل نبود فضا تکرار نخواهد شد.

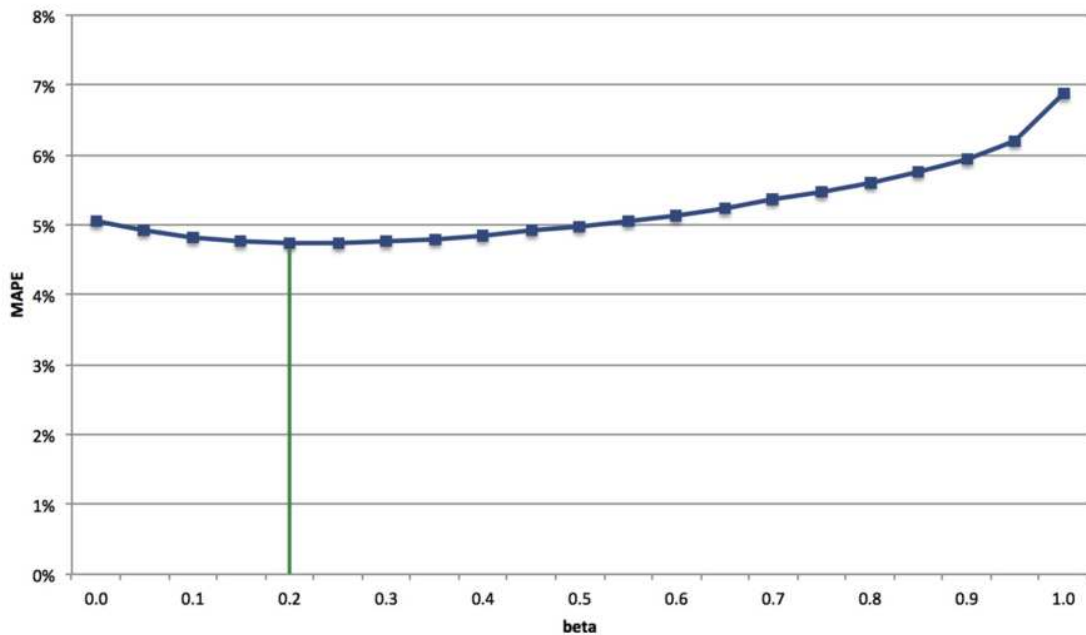
جدول 4: نتایج پیش بینی هزینه (صحت در % MAPE)

Project code	EVM methods		Static approach				Dynamic approach	
	EAC-1	EAC- CPI	$\beta_{opt}$	$\beta_{opt}$ accuracy	$\beta_{opt,oa}$ accuracy	$\beta_{opt,rc}$ accuracy	Accuracy	Timeliness
C2011-05	/	/	/	/	/	/	/	/
C2011-07	3.46	1.32	0.455	1.74	2.30	/	3.26	65%
C2011-12	1.04	1.38	0.187	0.86	0.87	/	1.08	85%
C2011-13	12.84	16.11	0.012	10.63	17.51	/	12.74	85%
C2012-13	2.44	2.64	0.108	2.17	2.27	/	2.44	100%
C2013-01	10.54	9.11	0.232	8.67	8.78	/	10.54	100%
C2013-02	2.56	1.69	0.140	1.35	1.47	/	2.17	50%
C2013-03	4.61	4.47	0.359	4.14	4.33	/	4.61	100%
C2013-04	6.73	3.96	1.000	1.98	5.06	/	4.35	35%
C2013-06	6.33	5.27	0.817	4.67	5.44	/	6.14	75%
C2013-07	0.44	1.49	0.000	0.44	1.04	/	0.44	/
C2013-08	8.88	8.34	1.000	7.99	8.43	/	8.78	70%
C2013-09	4.90	3.65	0.920	2.87	4.07	/	4.78	75%
C2013-10	/	/	/	/	/	/	/	/
C2013-11	0.57	1.33	0.014	0.56	0.97	/	0.57	90%
C2013-12	3.53	2.75	0.320	2.49	2.83	/	3.53	100%
C2013-13	6.75	10.40	0.000	6.75	8.46	/	6.75	/
C2013-15	8.08	8.09	0.099	7.36	7.78	/	8.08	100%
C2014-04	3.33	3.13	0.223	3.05	3.05	/	3.48	95%
C2014-05	2.92	8.07	0.071	1.98	3.00	2.47	2.90	75%
C2014-06	0.75	1.83	0.025	0.47	1.06	0.92	0.70	60%
C2014-07	5.85	5.17	0.444	3.21	3.69	3.83	5.59	40%
C2014-08	9.33	3.88	0.975	4.59	7.03	7.44	8.66	65%
<b>Overall</b>	5.04	4.96	0.200	3.71	4.74	/	4.84	75%
<b>Ref. class</b>	4.71	4.74	0.150	2.56	/	3.67	/	/

#### 1-2-4 رویکرد استاتیک: $XSM(\$) - \beta_{opt}$ , $XSM(\$) - \beta_{opt,oa}$ , $XSM(\$) - \beta_{opt,r}$

اولاً، نتایج مربوط به رویکرد استاتیک را در جدول 4 در نظر بگیرید. مشابه با پیش بینی زمان،  $\beta_{opt}$  متفاوت از 0 بیان می کند که روش پیش بینی هزینه مبتنی بر هموار نمایی متناظر را بیان می کند که با  $XSM(\$) - \beta_{opt}$  نشان داده می شوند که پیش بینی های صحیح تری را نسبت به EAC-1 فراهم می کند. از سوی دیگر، اگر  $\beta_{opt}$  برابر با 0 باشد، ضریب عملکرد معادله 21 به 1 کاهش یافته و از این روی EAC-1 صحیح ترین روش پیش بینی هزینه است. بر اساس جدول 4 می توان گفت که  $\beta_{opt}$  متفاوت از 0 برای 19 پروژه از 21 پروژه است (یعنی محدود 90 درصد موارد). این مشاهده، نشان می دهد که XSM پتانسیل زیادی برای بهبود صحت پیش بینی های هزینه پروژه دارد و حتی بیش از موارد مربوط به پیش بینی زمان است. اکنون ما به بررسی این موضوع می پردازیم.

وقتی که  $\beta_{opt}$  برای هر پروژه معرفی شود، صحت پیش بینی متوسط در همه پروژه ها (دو ردیف آخر جدول 4) با MAPE 3.71 درصد نشان داده می شود. در عین حال، EAC-1 یک MAPE کلی 5.04 درصد را نشان می دهد. این نشان می دهد اگر برای هر پروژه، بتای بهینه استفاده شود،  $XSM(\$) - \beta_{opt}$  می تواند تولید پیش بینی های هزینه ای کند که دارای صحت 26.4 درصد نسبت به EAC-1 است. این براینده، پتانسیل بیشتر XSM را برای پیش بینی هزینه درمقایسه با پیش بینی زمان تایید می کند که در آن بهبود نسبی حداکثر با توجه به ESM-1 محدود به 14.8 درصد است. با این حال، اگرچه ESM-1، روش پیش بینی عالی EVM از میان روش های پیش بینی هزینه EVM می باشد، EAC-1 رقابت حاصل از سایر روش های پیش بینی هزینه EVM و EAC-CPI را تجربه می کند. برای 19 پروژه مورد نظر، EAC-CPI منجر به پیش بینی هایی می کند که به طور متوسط، بهتر از EAC-1 می باشد که همسو با یافته های (زیوکل و همکاران 2000) است. در واقع، EAC-CPI یک MAPE کلی 4.91 درصد را نشان می دهد که کم تر از 5.04 درصد مشاهده شده برای EAC-1 است. با این وجود،  $XSM(\$) - \beta_{opt}$  صحت بالقوه بالای 25.1 درصد را نسبت به EAC-CPI نشان می دهد.



شکل 3: تعیین  $\beta_{opt,oa}$  برای پیش بینی هزینه

با این حال، لازم به ذکر است که نتایج فوق تنها زمانی بدست می آید که  $\beta$  (i.e.  $\beta_{opt}$ ) بهینه برای هر پروژه استفاده شود. همانند پیش بینی زمان  $\beta_{opt}$  قبل از شروع پروژه معلوم نیست و این نشان می دهد که استفاده کامل از پتانسیل فوق الذکر روش جدید در عمل بسیار سخت است زیرا رویکرد استاتیک نیازمند انتخاب پیش از پروژه بتای ثابت است. یک رویکرد واقع گرایانه انتخاب بتای ثابت بر اساس داده های عملکرد تاریخی از پروژه های قبلی است. از این روی،  $\beta_{opt,oa}$  یک مقدار بتا است که به طور متوسط تولید صحیح ترین پیش بینی در همه پروژه ها برای پیش بینی هزینه می کند. روش متناظر، با  $XSM(\$) - \beta_{opt,oa}$  نشان داده می شود. شکل 3، MAPE کلی را برای مقادیر متفاوت بتا (با بازه 0.05) نشان داده و امکان شناسایی  $\beta_{opt,oa}$  را می دهد.

از شکل 3، می توان نتیجه گرفت که  $\beta_{opt,oa} = 0.20$  (خط عمودی) است. توجه کنید که این  $\beta_{opt,oa}$  به طور قابل ملاحظه ای بالاتر از مقدار متناظر 0.05 برای پیش بینی زمان است که نشان می دهد رویکرد مبتنی بر هموار سازی نمایی می تواند برای پیش بینی هزینه بهتر از پیش بینی زمان باشد. در واقع، در رابطه با هزینه، پیش بینی بهینه از مورد استاندارد  $\beta=0$  انحراف داشته و به این ترتیب نیازمند بهبود صحت می باشد. جدول



4 نشان می دهد که کاربرد  $\beta_{opt,oa}$  منجر به MAPE برابر با 4.74 درصد است. این MAPE یک کاهش قابل ملاحظه را در صحت در شرایطی نشان می دهد که در آن  $\beta_{opt}$  برای هر پروژه اعمال می شود. با این وجود، صحت نسبت  $XSM(\$) - \beta_{opt,oa}$  صحیح تر از EAC-1 می باشد و از همه مهم تر صحیح تر از EAC-CPI است. صحت نسبت در مقایسه با مورد دوم، تنها 4.5 درصد است. با این حال، این 2 درصد بهتر از عملکرد  $XSM(t) - \beta_{opt,oa}$  با توجه به ESM-1 در مورد پیش بینی زمان است.

به علاوه، هنگام استفاده از  $\beta_{opt,rc}$  پیشرفته تر، بهبود صحت پیش بینی مشاهده شده به ارتفاع جدیدی می رسد (به آخرین ردی جدول 4 نگاه کنید). در واقع،  $XSM(\$) - \beta_{opt,rc}$  میانگین MAPE 3.67 درصد را در چهار پروژه کلاس مرجع نشان می دهد که 22.2 و 22.6 درصد در مقایسه با به ترتیب EAC-1 و EAC-CPI می باشد. افزایش این صحت پیش بینی بسیار قابل ملاحظه و حتی معنی دار تر از صحت مشاهده شده برای بعد زمانی است که در آن بهبود نسبی  $XSM(t) - \beta_{opt,rc}$  با توجه به ESM-1، بیش از 14 درصد نیست. به علاوه، توجه کنید که  $\beta_{opt,rc}$  اکنون برابر با 0.15 است، در حالی که  $\beta_{opt,oa}$  انداکی بالاتر از 0.20 است. این نشان می دهد برای بالا رفتن صحت، مقدار بتا لزوماً نایستی بالا باشد، زیرا این بستگی به ویژگی های پروژه های مورد نظر دارد (یعنی چهار پروژه کلاس مرجع در این مورد). به علاوه، نتایج نشان می دهد که کاربرد  $\beta_{opt,rc}$  به طور بهتری از پتانسیل کامل XSM در مقایسه با EAC-CPI استفاده می کند و این حاکی از آن است که  $XSM(\$) - \beta_{opt,rc}$  به میزان بهبود 22.6 درصد از ماکزیمم 35.9 درصد می رسد (یعنی هنگام استفاده از  $\beta_{opt}$  برای هر پروژه)، در حالی که برای  $XSM(\$) - \beta_{opt,oa}$  تنها 4.5 درصد از ماکزیمم 25.1 درصد است. از این روی، همه اظهارات انجام شده در بخش 4-1-1 (بعد زمانی) مربوط به مزایای استفاده از RCF در XSM جدید، تایید می شوند.

#### 2-2-4 رویکرد دینامیک: $XSM(\$) - \beta_{dyn}$

اکنون نتایج مربوط به رویکرد دینامیک کمی  $XSM(\$)$  در جدول 4 را در نظر بگیرید. بدیهی است که این رویکرد که با  $XSM(\$) - \beta_{dyn}$  نشان داده می شود، یک صحت پیش بینی کلی 4.84 MAPE درصد را بدست می دهد. توجه کنید که این صحت، اندکی کم تر از  $XSM(\$) - \beta_{opt,oa}$  است (میزان کاهش نسبی 2.1 درصد) و از این روی به طور معنی داری کم تر از  $XSM(\$) - \beta_{opt,rc}$  می باشد (کاهش نسبی 16.9 درصد) و متناظر با مشاهدات پیش بینی زمان است. مجدداً لازم به ذکر است که رویکرد استاتیک XSM، پتانسیل بیشتری را نسبت به روش دینامیک نشان می دهد.

با این حال، بر عکس وضعیت پیش بینی زمانف رویکرد دینامیک عملکرد بهتری از هر دو روش EVM قدیمی دارد زیرا صحت پیش بینی آن 4.1 و 2.4 درصد بالاتر از به ترتیب EAC-1 و EAC-CPI می باشد. دلیل این مربوط به بهنگام بودن  $XSM(\$) - \beta_{dyn}$  می باشد (به آخرین ستون جدول 4 مراجعه کنید). اول از همه، در مقایسه با پیش بینی زمان، پروژه های کم تری، درصد بهنگامی 100 درصد را نشان می دهند (تنها 5 از 19 با  $\beta_{opt}$  غیر صفر). به علاوه، دیگر پروژه های مربوطه نیز به طور کلی درصد بهنگامی کم تر و هفت پروژه (به جای تنها دو مورد برای زمان)، یک برایندر غیر صفر را قبل از درصد بهنگامی 75 درصد نشان می دهد. درصد بهنگامی کلی برای هزینه کم تر از پیش بینی زمان است یعنی 75 درصد به جای 85 درصد است. توجه کنید که، هر چه درصد بهنگامی کم تر باشد، دوره های مسیر یابی بیشتری وجود دارند که در آن پیش بینی ها بر اساس  $\beta_{dyn}$  غیر صفر بهبود دهنده صحت است. از بحث فوق می توان عملکرد بهتر رویکرد دینامیک را نسبت به XSM برای پیش بینی هزینه درک کرد.

به علاوه، تنها یک پروژه (C2014-04) دارای یک افزایش کاذب در روند  $\beta_{dyn}$  محاسبه شده برای دوره های مختلف مسیر یابی و پایش می باشد که اثر مثبتی بر روی صحت پیش بینی در مقایسه با وضعیت پیش بینی زمان دارد (که در این جا چهار مورد در نظر گرفته شده است). این مربوط به پروژه ای است که برای آن  $\beta_{opt}$  نهایی، متفاوت از 0 است با این حال رویکرد دینامیک، تولید مقادیر  $\beta_{dyn}$  غیر صفری در زمان پروژه می کند که

بسیار بالا است و منجر به پیش بینی های هزینه ای می کند که صحت کم تری از EAC-1 برای دوره های مسیر یابی متناظر دارد ( $\beta=C$ ). شکل 4 روند تغییرات  $\beta_{dvm}$  را برای این پروژه نشان می دهد.

## 5- نتیجه گیری

در این مقاله، یک رویکرد پیش بینی جدید برای مدت زمان و هزینه پروژه بر اساس استفاده از معیار های EVM در روش هموار سازی نمایی، توسعه یافت. این رویکرد جدید، موسوم به XSM است ( عبارت اختصاری برای روش مبتنی بر هموار سازی نمایی) و یک تشابه قوی را با روش پیش بینی سنتی EVM نشان می دهد. در واقع، روش هموار سازی نمایی نسبتاً سخت، را می توان برای پیش بینی مدیریت پروژه با استفاده از یک ضریب عملکرد جدید مبتنی بر یک پارامتر هموار سازی بتا در رویکرد پیش بینی قدیمی EVM، به سادگی پیاده سازی کرد. لذا، روش هموار سازی نمایی را می توان به طور کامل در چارچوب EVM موجود هم برای پیش بینی هزینه و هم پیش بینی زمان گنجانده که موید، کاربرد و عملی بودن روش جدیداً توسعه یافته است. در رابطه با نکات فنی XSM می توان گفت که، پارامتر هموار سازی به کار برده شده  $\beta$  معمولاً بین 0 و 1 متغیر است و مقادیر اکسترم آن به ترتیب منعکس کننده عدم حساسیت و ماکزیم حساسیت به عملکرد زمان/هزینه فعلی پروژه است. این بدین معنی است که هر چه  $\beta$  به 1 نزدیک تر باشد حساسیت به عملکرد آخرین دوره مسیر یابی بالاتر خواهد بود. توانایی پیش بینی بر اساس عملکرد پروژه، یکی از مهم ترین عوامل توسعه XSM بود. در واقع، XSM امکان تعدیل پیش بینی های زمانی و هزینه ای را با در نظر گرفتن بهبود عملکرد تجربه گرا و اقدامات مدیریتی اصلاحی، فراهم می کند. روش های پیش بینی EVM سنتی، از سوی دیگر، به طور کافی قادر به توجیه این اثرات نیست. به علاوه، مهم ترین روش های پیش بینی EVM (یعنی  $ESM-1$  و  $ESM-SPI(t)$ ) برای زمان و EAC-1 و EAC-CPI برای هزینه) را می توان از حیث فرمولاسیون های XSM بیان کرد. از این روی، لازم به ذکر است که XSM از این روش های قدیمی استفاده کرده و موجب توسعه و تعمیم پیش بینی EVM سنتی می شود.

به علاوه، XSM را می توان به هر دو شیوه دینامیک و استاتیک استفاده کرد. برای رویکرد استاتیک، مقدار  $\beta$  قبل از شروع پروژه انتخاب شده و از این روی در طول کل پروژه ثابت است. به علاوه سه نسخه از این رویکرد

استاتیک را می توان شناسایی کرد: اولین مورد بر اساس مقدار  $\beta$  ثابت است که تولید صحیح ترین پیش بینی برای پروژه مورد نظر می کند ( $\beta_{opt}$ )، دومین نسخه بستگی به  $\beta$  بهینه در همه پروژه های دیتابیس دارد ( $\beta_{opt,oa}$ ) و سومین نسخه، تنها پروژه های مرتبط با ویژگی های مشابه را برای تعریف  $\beta$  بهینه ( $\beta_{opt,rc}$ ) در نظر می گیرد. رویکرد اخیر، در حقیقت مفهوم RCF را در XSM گنجانده است. به علاوه لازم به ذکر است که  $\beta_{opt}$  برای یک پروژه نمی تواند قبل از شروع پروژه معلوم باشد، در حالی که  $\beta_{opt,rc}$  و  $\beta_{opt,oa}$  را می توان از پروژه های تاریخی در دیتابیس محاسبه کرد. از این روی XSM بر اساس  $\beta_{opt}$  منعکس کننده پتانسیل ماکزیمم روش جدید است، در حالی که رویکرد های مبتنی بر  $\beta_s$  منعکس کننده عملکرد های قابل حصول است.

برای رویکرد دینامیک، پارامتر هموار سازی را می توان در طی پروژه تغییر داد و از این روی یک مقدار متفاوت برای هر دوره مسیر یابی در نظر گرفته می شود.



شکل 4: روند تغییرات  $\beta_{dyn}$  بر طبق رویکرد پیش بینی هزینه دینامیک برای پروژه C2014-04

در این مورد، پارامتر هموار سازی، با  $\beta_{dyn}$  نشان داده می شود. دو نسخه احتمالی از رویکرد دینامیک وجود دارد. اولین مورد بر اساس تحلیل کمی است. به طور دقیق تر، مقدار  $\beta_{dyn}$  برای یک دوره مسیر یابی خاص، به صورت یک مقدار بتا محاسبه شده است که تولید صحیح ترین پیش بینی در همه دوره های مسیر یابی (پایش) قبلی کند. از سوی دیگر، یک رویکرد دینامیک کیفی به مدیریت امکان انتخاب مناسب ترین مقدار  $\beta_{dyn}$  در یک زمان

خاص نه بر اساس محاسبات کمی، بلکه بر اساس تجارب شخصی و اطلاعات خود می کند (برای مثال با توجه به اثر اقدامات اصلاحی پیش بینی شده). این گزینه دوم در این مقاله بحث نشده است با این وجود مخاطب بایستی امکان لحاظ کردن افکار و بینش های انسانی را در XSM در نظر بگیرد.

صحت های پیش بینی رویکرد استاتیک و دینامیک با صحت های رایج ترین و بهترین روش های پیش بینی مدیریت ارزش کسب شده (قدیمی) از نظر زمان و هزینه مقایسه شدند. به این منظور، داده های مربوط به 23 پروژه زمان واقعی از دیتابیس (باتسیلر و وانهوک 2015 الف) و قابل دسترس در [www.or-as.be/research/](http://www.or-as.be/research/) database, استفاده شد. مقایسه MAPE نشان می دهد که XSM پتانسیل تولید پیش بینی هایی دارد که دارای صحت متوسط 14.8 درصد بیشتر نسبت به بهترین روش پیش بینی زمان EVM می باشد (ESM-1) و حتی 25.1 درصد صحت بیشتری در مقایسه با بهترین روش پیش بینی هزینه EVM (EAC-CPI) دارد. با این حال، استفاده از پتانسیل کامل XSM بسیار سخت است زیرا مستلزم آگاهی از  $\beta_{opt}$  قبل از شروع پروژه است. با این وجود، حتی برای کاربرد اولیه استاتیک XSM (بر اساس  $\beta_{opt,oa}$ )، بهبود عملکرد متوسط با توجه به روش های پیش بینی زمان و هزینه EVM برتر به ترتیب 2.3 و 4.5 درصد وجود دارد. رویکرد دینامیک کمی از سوی دیگر، تولید نتایجی می کند که صحت نسبتاً کم تری دارد و صحت آن نیز قابل بهبود نیست. بر عکس، عملکرد رویکرد استاتیک را می توان با در نظر گرفتن کلاس های مرجع بهبود بخشید. در واقع، هنگام استفاده از  $\beta_{opt,rc}$  برای یک کلاس مرجع از پروژه های مشابه در دیتابیس مورد استفاده هدف افزایش صحت با توجه به بهترین روش های پیش بینی EVM تا 13.9 درصد برای زمان و 22.2 درصد برای زمان است. توجه کنید که XSM عملکرد بهتری برای پیش بینی هزینه نسبت به زمان دارد و این در حالی است که بهبود در هر دو زمینه (زمان و هزینه) قابل توجه می باشد.

نتایج بدست آمده نشان می دهد که XSM، که روش EVM را با روش هموار سازی نمایی تلفیق می کند، پتانسیل بالایی را برای بهبود صحت پیش بینی های پروژه نشان می دهد به ویژه زمانی که مفهوم RFC در نظر گرفته شود. به این ترتیب هدف مذکور در عنوان این مقاله، حاصل شده است. با این حال لازم به ذکر است که ارزیابی فعلی بر روی 23 پروژه انجام شد. لذا، هدف ما، ارایه نتایج قابل تعمیم نیست، بلکه هدف ما نشان دادن

دقیق پتانسیل یک روش پیش بینی جدیدا توسعه یافته است. XSM به ویژه مناسب ترین نسخه بر اساس  $\beta_{opt,rc}$  بایستی بر روی یک مجموعه بزرگ تر از پروژه ها تست شوند. سایر موضوعات برای تحقیقات آینده، می تواند شامل مقایسه XSM با سایر روش های پیش بینی پیشرفته (مبتنی بر EVM)، ارزیابی اثر فراوانی مسیر یابی و نظم در عملکرد XSM، بررسی احتمال استفاده از یک رویکرد دینامیک کمی XSM و ارزیابی اثر تسلسل بودن و نظم پروژه ( باتسیلر و وانهوک در دست چاپ ب) بر روی صحت پیش بینی های هزینه و زمان XSM می باشند.

جدول الف-5: دوره احتمالی برای  $\beta$  و  $\beta_{dyn}$

	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7
$\beta$	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
$\beta_{dyn}$	0.00	0.00	0.07	0.00	0.08	0.16	0.21

#### پیوست الف: نماد ها و علائم برای مولفه های مختلف XSM

علائم مربوط به مولفه ها و اجزای مختلف روش مبتنی بر هموار سازی نمایی در این مقاله، به ترتیبی که در متن ارایه شده اند در زیر لیست شده اند

XSM	روش مبتنی بر هموار سازی نمایی که شامل هر دو پیش بینی زمان و هزینه است
XSM(t)	مولفه پیش بینی زمان XSM
XSM(\$)	مولفه پیش بینی هزینه XSM
$\beta$	پارامتر هموار سازی کلی مورد استفاده در XSM. فرض بر این است که بتا قبل از شروع پروژه انتخاب شده و در کل دوره های مسیر یابی ثابت باقی می ماند
$\beta_{opt}$	مقدار بهینه بتا برای یک پروژه خاص در دیتابیس
$\beta_{opt,oa}$	مقدار بهینه بتا در کل پروژه در دیتابیس

<p>مقدار بهینه برای بتا در همه پروژه ها در یک کلاس مرجع یکسان. یعنی با ویژگی های مشابه از نظر بخش، بودجه، مدت زمان</p>	$\beta_{opt,rc}$
<p>مقدار پارامتر متغیر هموار سازی که برای هر دوره مسیر یابی بر اساس عملکرد دوره های گذشته محاسبه می شود. این <math>\beta_{dyn}</math> می تواند برای هر دوره متفاوت باشد.</p>	$\beta_{dyn}$
<p>یادداشت لازم به ذکر است که <math>\beta_{opt,rc}</math> و <math>\beta_{opt,oa}</math> در حقیقت مشخصات بتای عمومی هستند. از این روی <math>\beta_{opt,rc}</math> <math>\beta_{opt,oa}</math> <math>\beta_{opt}</math> مقدار یکسانی را را برای هر دوره حفظ می کند. از سوی دیگر، <math>\beta_{dyn}</math> می تواند در طی پروژه تغییر کند، و می تواند مقادیر مختلف را برای دوره های مختلف اختیار کند زیرا به طور دینامیک در روند پروژه تعدیل می شود. جدول الف-5 تفاوت در دوره های مختلف را <math>\beta_{opt,oa}</math> <math>\beta_{opt}</math> و یا <math>\beta_{opt,rc}</math> <math>\beta_{dyn}</math> بر روی یک پروژه با هفت دوره مسیر یابی نشان می دهد</p>	یادداشت
<p>رویکرد استاتیک <math>XSM(t)</math> بر اساس <math>\beta_{opt}</math></p>	$XSM(t) - \beta_{opt}$
<p>رویکرد استاتیک <math>XSM(t)</math> بر اساس <math>\beta_{opt,oa}</math></p>	$XSM(t) - \beta_{opt,oa}$
<p>رویکرد استاتیک <math>XSM(t)</math> بر اساس <math>\beta_{opt,rc}</math></p>	$XSM(t) - \beta_{opt,rc}$
<p>رویکرد دینامیک <math>XSM(t)</math> بر اساس <math>\beta_{dyn}</math></p>	$XSM(t) - \beta_{dyn}$
<p>رویکرد استاتیک <math>XSM(\\$)</math> بر اساس <math>\beta_{opt}</math></p>	$XSM(\$) - \beta_{opt}$
<p>رویکرد استاتیک <math>XSM(\\$)</math> بر اساس <math>\beta_{opt,oa}</math></p>	$XSM(\$) - \beta_{opt,oa}$
<p>رویکرد استاتیک <math>XSM(\\$)</math> بر اساس <math>\beta_{opt,rc}</math></p>	$XSM(\$) - \beta_{opt,rc}$
<p>رویکرد دینامیک <math>XSM(\\$)</math> بر اساس <math>\beta_{dyn}</math></p>	$XSM(\$) - \beta_{dyn}$



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی