بهبود پیشبینی زمان اتمام پروژه بر مبنای اطلاعات سیستم مدیریت ارزش کسب شده

دکتر علیرضا علی احمدی
استاد دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

دکتر میثم جعفری اسکندری
استادیار گروه مهندسی صنایع- دانشگاه پیام نور

سید طه حسین مرتجی
کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

حامد نوذری
کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

مدیریت ارزش کسب شده یکی از قویترین و پرکاربرد ترین تکنیک های مدیریت پروژه است که در سال های اخیر از سوی کارشناسان و مدیران پروژه مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. یکی از مفاهیم توسعه ای مدیریت ارزش کسب شده، زمان بندی کسب شده[1] میباشد که شاخص عملکردی زمان پروژه را از دقت و صحت بالایی برخوردار کرده است. از دیگر کاربردهای ES میتوان به پیشبینی زمان اتمام پروژه اشاره کرد. در تحقیقات بسیاری نشان داده شده است که پیشبینی زمان اتمام پروژه با استفاده از ES از سایر روش های موجود برتری قابل توجهی داشته و اغلب نتایج بهتری را ارائه میکند. با وجود کاربرد وسیع مدیریت ارزش کسب شده در مدیریت پروژه، اخیرا تحقیقاتی توسط ماریو ونهوک صورت گرفته است که بکارگیری این روش در تمامی پروژه ها را با تردید مواجه کرده است. در این تحقیقات نشان داده شده است که توپولوژی شبکه بر کارایی این تکنیک به شدت موثر است، بدین نحو که نتایج حاصله از این تکنیک تنها در شبکه های سری از صحت خوبی بهره مند میباشد و در شبکه های موازی دچار تردید هستند. حال آنکه بسیاری از پروژه ها توامان از ارتباطات موازی و سری استفاده میکنند. در این مقاله سعی بر آن است تا با بکارگیری روش طولانی ترین مسیر، زمان پیشبینی شده اتمام پروژه در شبکه های با توپولوژی موازی را بر مبنای اطلاعات سیستم مدیریت ارزش کسب شده و بدون افزودن حجم قابل توجه به محاسبات، بهبود بخشید. علاوه بر این، انتظار میرود مدل پیشنهادی اشکال وارده را برطرف نموده و بتواند به عنوان راه حلی مناسب برای استفاده مدیریت ارزش کسب شده در شبکه های موازی بکارگرفته شود.

کلید واژه:

مدیریت ارزش کسب شده، زمان بندی کسب شده، طولانی ترین مسیر، توپولوژی شبکه

مقدمه

طبق نظر کارشناسان و مدیران فعال پروژه در ایران، در حال حاضر بعد زمانی پروژه ها در کشور از اهمیت بیشتری نسبت به بعد هزینه ای آن برخوردار است. به دنبال این حقیقت، استفاده از شاخص های عملکردی که منعکس کننده سلامت عمومی پروژه از منظر زمان میباشند، همچنین شاخص های پیشبینی زمان انجام پروژه که زمان نهایی پروژه را با استفاده از روند فعلی تخمین میزنند به شدت افزایش یافته است.برای پیشبینی زمان اتمام پروژه روش های متعددی وجود دارد. طبق تحقیقات انجام گرفته ثابت شده است که بکارگیری زمان کسب شده برای پیشبینی زمان اتمام پروژه، از صحت و دقت بالاتری برخوردار است. از مهمترین این تحقیقات میتوان به منبع شماره (۱۱)

اشاره کرد که با درنظر گرفتن اطلاعات مربوط به پروژه های واقعی و همچنین اطلاعات شبیه سازی شده، مطالعه ای مقایسه ای بین روش های موجود برای پیشبینی زمان اتمام پروژه انجام داده است. با این وجود تحقیقات در زمینه بهبود روش های پیشبینی عملکرد نهایی پروژه همچنان ادامه داشته است. اما با توجه به مشکلاتی که اخیرا به به کارایی سیستم مدیریت ارزش کسب شده در شبکه های با توپولوژی موازی وارد شده است، نگرانی هایی برای مجریان و مدیران پروژه ها ایجاد شده است [۱۳، ۱٤]. در این پژوهش با استفاده از ایده ES-LP (زمان کسب شده بر مبنای طولانی ترین مسیر) که برای نخستین بار توسط والتر لیپکه توسعه یافته است، بهبود پیشبینی زمان اتمام پروژه با استفاده از ESرا در حالت عمومی مورد بررسی قرار خواهیم داد [۹]. علاوه بر این مدل پیشنهادی به شبکه های با توپولوژی موازی تعمیم داده خواهد شد.

ادامه این مقاله بدین ترتیب سازماندهی شده است: در ابتدا، مرور ادبیات صورت خواهد گرفت که در آن مدیریت ارزش کسب شده و مفهوم زمان کسب شده (زمان بندی کسب شده) اجمالا مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در بخش ۲، بیان مساله و اهمیت موضوع و به دنبال آن در بخش ۳، سوالات و روش تحقیق بیان شده است. در بخش ٤، مطالعه موردی مطرح شده و کارایی مدل پیشنهادی مورد تجزیه و تحلیل و بررسی قرار خواهد گرفت. در نهایت مقاله با نتیجه گیری و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی پایان خواهد پذیرفت.

۱.مرور ادبیات

۱ .۱. مدیریت ارزش کسب شده

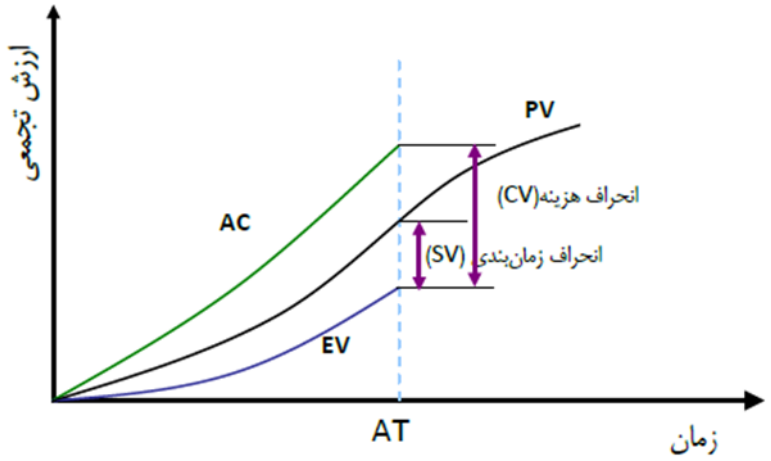
مدیریت ارزش کسب شده روشی است که از سال ۱۹٦۰ میلادی، زمانی که وزارت دفاع آمریکا روش استانداردی را برای سنجش کارآیی پروژه های خود پیشنهاد کرد، به کار گرفته میشود. این سیستم با بکارگیری مجموعه ای از معیار ها به سنجش و ارزیابی سلامت عمومی پروژه میپردازد. این شاخص ها معمولا به عنوان علایم زودهنگام هشدار دهنده برای شناسایی مشکلات پروژه و یا برای استفاده بهینه از فرصت ها به کار میروند. اصول اولیه و نحوه بکارگیری این تکنیک در منابع بسیاری بصورت مشروح بیان شده است [۲،۳]. اگرچه مدیریت ارزش کسب شده سلامت پروژه را از هردو منظر زمان و هزینه در نظر میگیرد، اما اکثر تحقیقات در بکارگیری این تکنیک از منظر هزینه انجام شده است [۲].

در این تکنیک عملکرد پروژه با استفاده از شاخص های کلیدی: ارزش کسب شده[۲]، ارزش برنامه ریزی شده[۳] و هزینه صرف شده[۴] مورد سنجش قرار میگیرد. مهمترین نمادهای مورد استفاده در مدیریت ارزش کسب شده در جدول زیر خلاصه شده است.

جدول ۱- نماد های مورد استفاده در مدیریت ارزش کسب شده

نماد	توصیف
PV	مقدار بودجه از پیش تعیین شده برای انجام فعالیت ها در دوره های زمانی معین است.
AC	در واقع هزینه واقعی یا پرداخت شده فعالیت هاست. هزینه واقعی نشانگر میزان پیشرفت کار نیست، بلکه فقط نشان دهنده میزان ساعت و پول صرف شده است. **AC** میتواند کمتر، بیشتر یا برابر با **PV** باشد.
BAC	همان بودجه کل پروژه است.
EV	ارزش مالی کار انجام شده تا زمان ارزیابی است. در واقع ارزش بودجه ای کار انجام شده را نشان میدهد.
CV=EV-AC	انحراف هزینه در نتیجه اختلاف میان هزینه واقعی و ارزش کسب شده ایجاد میگردد. انحراف از بودجه برنامه ریزی شده را برای حجم کار انجام شده نشان میدهد.
SV=EV-PV	انحراف زمان بندی در نتیجه اختلاف میان ارزش برنامه ریزی شده و ارزش کسب شده ایجاد میشود.
VAC=BAC-EAC	انحراف هزینه اتمام پروژه در واقع اختلاف ارزش برنامه ریزی شده کل پروژه و هزینه پیش بینی شده برای اتمام پروژه است.
CPI=EV/AC	نشان دهنده کارایی تیم پروژه در استفاده از منابع مالی پروژه است.
SPI=EV/PV	نشان دهنده کارایی تیم پروژه در استفاده از زمان پروژه است.
EAC	برآورد هزینه یا زمان اتمام پروژه
AT	زمانی واقعی که پروژهرا ارزیابی می کنیم

منحنی S[۵] یکی از مفاهیم پرکاربرد در مدیریت ارزش کسب شده میباشد. از این نمودار برای نمایش میزان تجمعی مقادیر متغیر یا عاملی استفاده میشود. دلیل نامگذای این منحنی با نام S آنست که این منحنی که نمایانگر وضعیت میباشد، در حالت عمومی شکلی شبیه به S دارد. استفاده از این منحنی در پروژهها بسیار مرسوم است. معمولا محور افقی در این منحنی نمایانگر تاریخهای نظارت و محور عمودی نمایانگر مقادیر تجمعی درصد پیشرفت یا منابع مصرفی میباشد. در هر تاریخ نظارت به ازای درصد پیشرفت یا منابع مصرفی نقطهای رسم و تمامی نقاط با خطی به هم وصل میشوند. این خط بیانگر روند درصد پیشرفت یا منابع مصرفی میباشد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده میشود در هر زمان مشخصی از پروژه که قرار داریم[۶] میتوانیم با توجه به وضعیت مقادیر EV و AC نسبت به PV، انحرافات هزینه ای و زمانی را نسبت به مقدار برنامه ریزی شده پیدا کرده و در نتیجه آن شاخص های عملکردی زمان و هزینه را به دست آوریم. با استفاده از منحنی S میتوان نمایی کلی از سلامت عمومی پروژه را نمایش داد.



شکل ۱- نمایش گرافیکی پارامترهای سیستم مدیریت ارزش کسب شده

بعد از محاسبه شاخص های عملکرد زمان و هزینه پروژه، میتوان آنها را بصورت زیر تفسیر نمود (۱٤).

Schedule Performance Index: SPI=EV/PV

اگر SPI=1 باشد: پروژه مطابق با زمان بندی پیش رفته است،

اگر SPI<1 باشد: پروژه تاخیر دارد،

اگر SPI>1 باشد: پروژه از زمانبندی جلوتر است.

Cost Performance Index: CPI=EV/AC

اگر CPI=1 باشد: پروژه مطابق با بودجه مصوب پیش میرود،

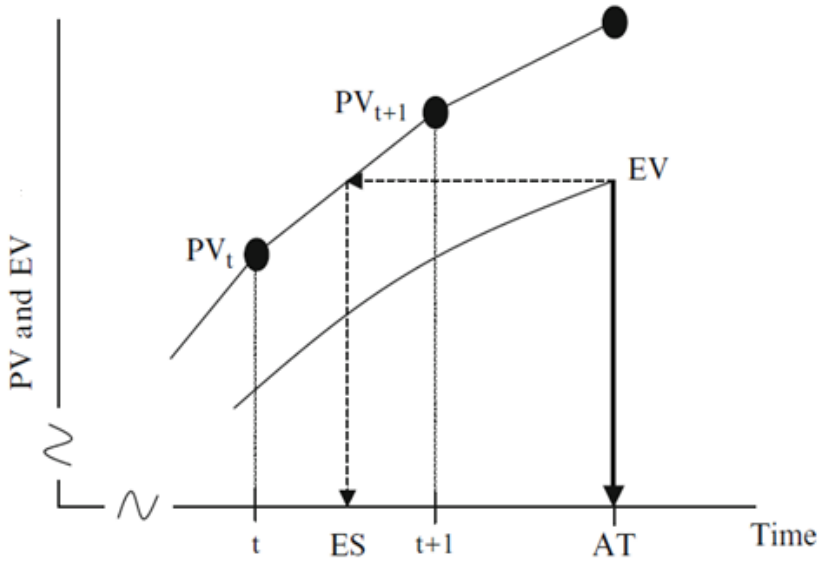
اگر CPI<1 باشد: پروژه هزینه مازاد صرف کرده است،

اگر CPI>1 باشد: پروژه کمتر از بودجه مصوب هزینه صرف کرده است.

۲.۱. زمان کسب شده

مقادیر PV و EV پیشرفت زمانی پروژه را با استفاده از سنجه های مالی منعکس میکنند، در حالیکه پیشرفت زمانی باید با استفاده از سنجه های وابسته به زمان اندازه گیری شود.تحقیقات بسیاری نشان داده است که در اواخر پروژه مقدار EV و PV بدون در نظر گرفتن میزان عملکرد واقعی، الزاما به هم نزدیک خواهند شد و در نتیجه شاخص SPIعملکرد خوبی را از خود نشان داده و به سمت ۱ میل خواهد کرد [۸،٥]. برای جلوگیری از این مشکل مفهوم زمان کسب شده (ES)توسط والتر لیپکه

توسعه یافت [۵]. زمان کسب شده مقداری از خط مبنای عملکرد (منحنی PV تجمعی) میباشد که با توجه به ارزش کسب شده محقق شده است.نمایش گرافیکی محاسبه زمان کسب شده در شکل زیر ارائه شده است.



شکل ۲- نمایش گرافیکی محاسبه ES

در واقع میتوان گفت ES نسخه توسعه یافته ای از EV و PV استکه با استفاده از آن میتوان شاخص عملکردی زمان را از بعد زمان بررسی کرد ((SPI(t)، حال آنکه بدون در نظر گرفتن ES این شاخص با مقادیر پولی اندازه گیری خواهد شد (SPI). برای محاسبه ES دو بخش را باید مد نظر قرار داد. اول، بخش صحیح که نشان دهنده زمانی است که در آن زمان شرایط زیر ضدق کند.

1, Find t such that EV ≥ PV$_t$ and EV <PV$_t$

دوم، بخش اعشاری آن است که نشان دهنده درونیابی خطی بین PVt و PVt+1 میباشد، و از طریق زیر قابل محاسبه*است.*

$$\frac{EV - PV_t}{PV_{t+1} - PV_t} \qquad (1)$$

بنابراین برای محاسبه ES داریم:

1, Find t such that EV ≥ PV$_t$ and EV <PV$_t$

$$ES = t + \frac{EV - PV_t}{PV_{t+1} - PV_t} \qquad (2)$$

در معادله فوق ES نشان دهنده زمان کسب شده، EV نشان دهنده ارزش کسب شده در زمان فعلی، و PVt نشان دهنده ارزش برنامه ریزی شده در زمان t میباشد [۸].

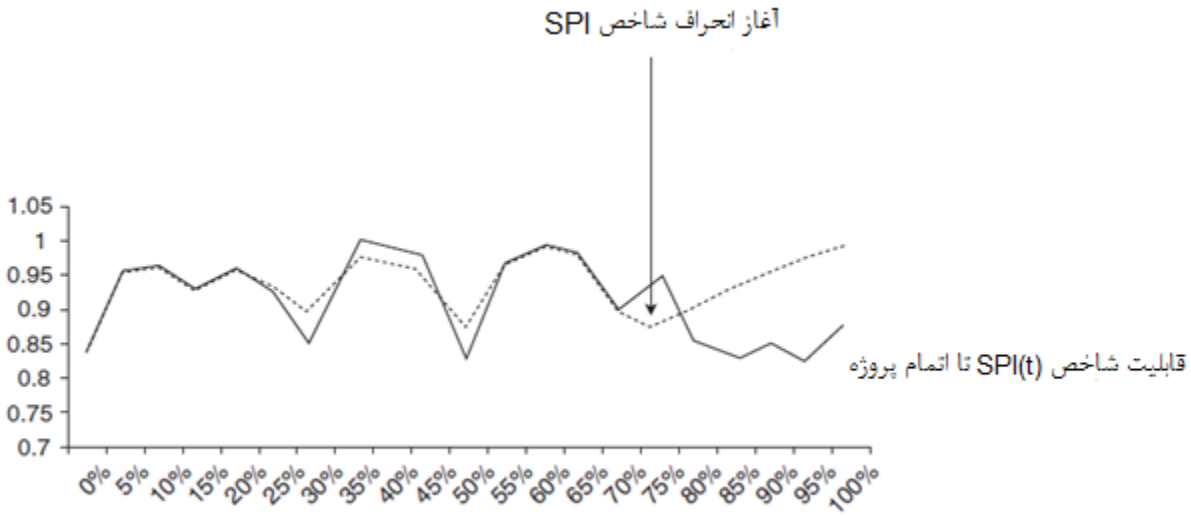
با محاسبه مقدار زمان کسب شده، انحراف زمانی از برنامه ریزی و همچنین شاخص عملکردی زمان پروژه با در نظر گرفتن زمان کسب شده به صورت زیر قابل محاسبه میباشد:

$$SV=ES-AT \qquad (۳)$$

$$SPI(t)=\frac{ES}{AT} \qquad (۴)$$

که در معادلات فوق،AT نشان دهنده زمان فعلی میباشد.

همانطور که پیش از این بیان شد، شاخص SPI(t) در مقایسه با شاخص SPI از کارایی بالاتری برخوردار است. در شکل زیر روند شاخص های SPI و SPI(t) نشان داده شده است، و همانطور که مشاهده میشود، در اواخر پروژه (معمولا بعد از ۷۵٪) شاخص SPIبه اشتباه به سمت ۱ میل خواهد کرد، حال آنکه ممکن است است پروژه چندین ماه از زمانبندی اولیه، تاخیر داشته باشد (۱٤).



شکل ۳- مقایسه شاخص های SPI و SPI(t) در انتهای پروژه

با بکارگیری مقدار SPI(t) همچنین میتوان شاخص های پیش بینی زمانی پروژه را به نحوی دقیق تر محاسبه کرد. یکی از این شاخص ها که توسط هندرسون توسعه یافته است بصورت زیر قابل محاسبه میباشد (٤):

$$IEAC = \frac{PD}{SPI(t)} \qquad (۵)$$

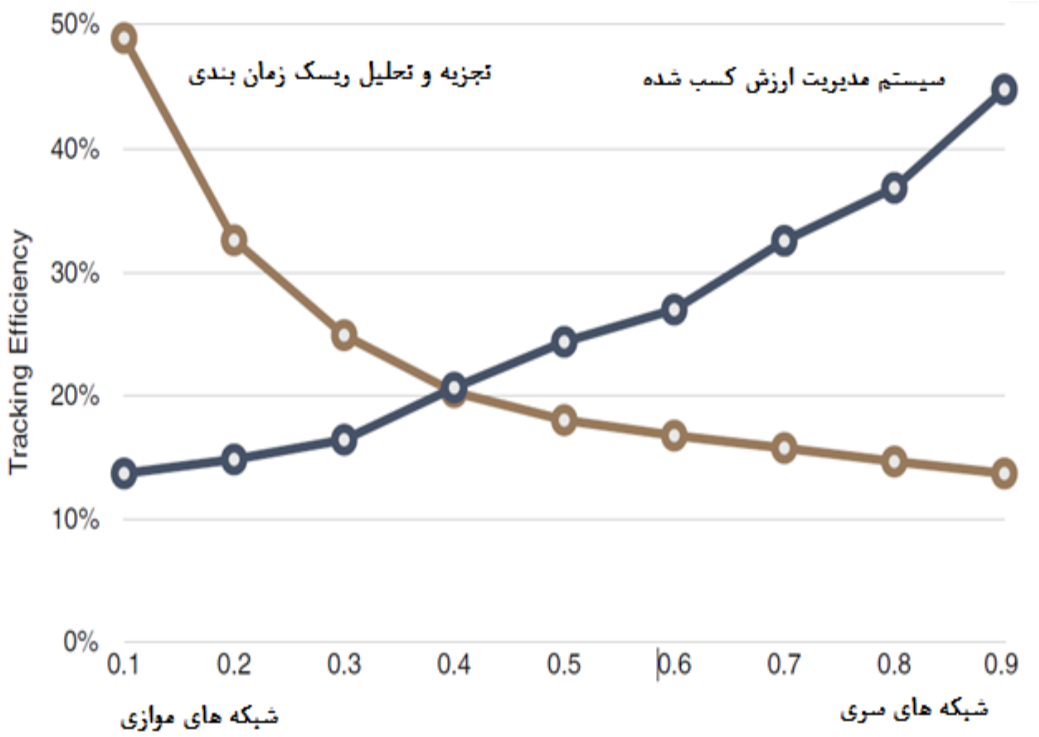
که در آن IEAC نشان دهنده تخمین زمان پایان پروژه، PD نشان دهنده زمان برنامه ریزی شده برای پروژه و SPI(t) نشان دهنده شاخص عملکردی زمان بر مبنای ES میباشد. قابلیت پیش بینی زمان پایان پروژه با استفاده از روش فوق توسط محققین بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است که از مهمترین آنها میتوان به پژوهش صورت گرفته توسط ونهوک و وندرورد(۱۱) اشاره کرد. آنها در پژوهش خود قابلیت این پیش بینی را با استفاده از داده های پروژه های واقعی و همچنین داده های شبیه سازی شده مورد برررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این پیشبینی نسبت به روش های دیگر از قابلیت بالاتری برخوردار میباشد.

۲ . بیان مساله و اهمیت موضوع

اگر چه سلامت پروژه از هر دو بعد هزینه و زمان بررسی میشود، اما بسته به شرایط موجود، این دو از اهمیت های متفاوتی برخوردار هستند. با توجه به شرایط موجود در کشور، نویسندگان این مقاله معتقدند که زمان پروژه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. به عنوان مثال در مناطق نفت خیز جنوب، سرعت در حفر چاه و بهره برداری از مخازن مشترک، بسیار با اهمیت تر از هزینه اجرای پروژه است. بنابراین در این پژوهش،بطور خاص، کنترل و مدیریت زمان مد نظر قرار گرفته است.

همانطور که بیان شد، شاخص های عملکرد فعلی پروژه و پیشبینی زمان اتمام پروژه نقش مهمی را مدیریت زمان پروژه ها ایفا میکنند، بطوریکه این شاخص ها میتوانند به عنوان علائم زود هنگام هشدار دهنده برای جلوگیری از مشکلات و یا استفاده بهینه از فرصت ها به کار گرفته شوند. به همین دلیل همواره نیاز برای محاسبه شاخص های دقیقتر با انحرافات کمتر احساس شده است. در پژوهش پیش رو نویسندگان قصد دارند با استفاده از روش ES-LP، به بهبود زمان پیشبینی شده اتمام پروژه کمک کنند، به نحوی که این زمان در طول پروژه انحراف کمی از زمان واقعی اتمام پروژه داشته باشد.

علاوه براین، اخیرا اشکالاتی به سیستم مدیریت ارزش کسب شده وارد شده است که طبق این اشکالات، استفاده از این روش فقط در شبکه های با توپولوژی سری قابل توجیه است. در این تحقیقات نشان داده شده است که هر چه پروژه دارای شبکه ای با توپولوژی موازی باشند، کارایی این سیستم به شدت کاهش پیدا خواهد کرد [۱۳]. این مطلب را میتوان در شکل ٤ مشاهده نمود. یکی از روش هایی که برای غلبه بر این مشکل پیشنهاد شده است استفاده ترکیبی از مدیریت ارزش کسب شده و تجزیه و تحلیل ریسک زمان بندی میباشد که توسط پروفسور ونهوک توسعه یافته است [١٤]. اگر چه این روش در مطالعات اولیه نتایج خوبی را از خود نشان داده است، اما بکارگیری آن مستلزم صرف وقت و هزینه قابل توجهی میباشد. چرا که حجم قابل توجهی را به فرآیند محاسبات وارد میکند. برای برطرف کردن این مشکل راه حل دیگری نیز وجود دارد. در واقع اگر بتوان سیستم مدیریت ارزش کسب شده فعلی را بصورتی توسعه داد که بدون استفاده از اطلاعاتی خارج از این سیستم بتوان از آن در شبکه های با توپولوژی موازی استفاده نمود، میتوان به نحوی ساده تر بر این مشکل فائق آمد. در این پژوهش سعی شده است، علاوه بر بهبود زمان پیشبینی اتمام پروژه، به حل این مشکل نیز کمک شود.



شکل ۴- کارآیی مدیریت ارزش کسب شده و تجزیه و تحلیل ریسک زمان بندی در شبکه های سری و موازی

۳ . روش و سوالات تحقیق

در این پژوهش با بکارگیری اطلاعات واقعی از یک پروژه نرم افزاری، زمان پیشبینی شده اتمام پروژه با در نظر گرفتن شبکه کلی پروژه و همچنین با در نظر گرفتن روش طولانی ترین مسیر محاسبه شده و با یکدیگر مقایسه میشود. مدل مورد نظر بدین صورت است که تمامی مسیرهای سری در شبکه شناسایی شده و سپس با استفاده از ES، زمان پیش بینی شده اتمام هر مسیر با استفاده از فرمول های ۲ و ۵ محاسبه میشود. همین عمل بطور مشابه برای شبکه کل پروژه نیز انجام شده و مجددا زمان پیشبینی شده اتمام پروژه به دست می آید. بعد از محاسبه مقادیر زمان پیشبینی شده اتمام پروژه در هر دو روش، در هر دوره زمانی طولانی ترین زمان پیش بینی شده در نظر گرفته میشود. همانطور که در سوالات تحقیق بیان میشود، پیش بینی میشود قرار دادن این مقدار (طولانی ترین زمان پیشبینی شده) به عنوان حد بالا در محاسبات زمان اتمام پروژه نیز منطقی باشد. بعد از شناسایی مقادیر پیشبینی ها، میتوان آنها را با زمان واقعی اتمام پروژه مقایسه نموده و انحرافات را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

نویسندگان مقاله پیش رو سعی دارند در این مقاله به سوالات زیر پاسخ دهند:

۱. آیا پیش بینی زمان اتمام پروژه توسط روش طولانی ترین مسیر از پیش بینی زمان اتمام پروژه توسط کل پروژه کارا تر است؟
۲. آیا پیش بینی زمان اتمام پروژه با در نظر گرفتن کل پروژه میتواند به عنوان حد پایین و پیشبینی انجام شده توسط روش پیشنهادی به عنوان حد بالای برای زمان اتمام پروژه در نظر گرفته شود؟
۳. استفاده از روش طولانی ترین مسیر میتواند بر تاثیرات منفی شبکه های با توپولوژی موازی در پیش بینی زمان اتمام پروژه غلبه کند.

٤ .مطالعه موردی

در این بخش نحوه بکارگیری و میزان کارایی روش طولانی ترین مسیر با بهره گیری از اطلاعات یک پروژه نرم افزاری مورد بررسی قرار خواهد گرفت. پروژه مورد نظر شامل ۱۰ فعالیت میباشد که روابط بین آنها بصورت پایان به آغاز میباشد. زمان برنامه ریزی شده برای انجام این پروژه ۱۰ ماه میباشد. جدول ۲ سایر اطلاعات مورد نیاز در مورد این پروژه را ارائه کرده است. در این جدول PVPeriodic نشان دهنده مقادیر ارزش برنامه ریزی شده دوره ای، EVPeriodic نشان دهنده مقادیر ارزش کسب شده دوره ای، و علامت * نشان دهنده زمان شروع فعالیت مورد نظر میباشد.به منظور راحتی محاسبات تمامی اعداد در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ ارائه شده اند. با توجه به مفاهیم شبکه ها، خواننده مقاله باید قادر باشد مسیرهای شبکه را از جدول ۲ استخراج کند. به عنوان مثال فعالیت A طبق برنامه میبایست بعد از شروع در دوره ۳ خاتمه یابد، به دنبال آن در دوره ۳ فعالیت D شروع شده و در دوره ۷ خاتمه میابد. با منطقی مشابه به آنچه گفته شد فعالیت I در دوره ۷ آغاز شده و در دوره ۱۰ به پایان میرسد. بنابراین مسیر A-D-I یکی از مسیرهایی است که میتوان از جدول فوق استخراج نمود. به همین ترتیب مسیرهای دیگری نیز (که در جدول ۳ بطور مفصل شرح داده شده است) قابل شناسایی میباشند. البته همانطور که در جدول ۲ مشخص است مقادیر برنامه ریزی شده و کسب شده الزاما با هم برابر نبوده و ممکن است حتی در دوره های جداگانه به وقوع بپیوندند. ضمنا طبق جدول ۲ مشخص است که زمان واقعی اتمام این پروژه ۱۲ ماه میباشد.

جدول ۲- داده های پروژه نرم افزاری

	وظیفه		دوره												
			۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	A	$PV_{Periodic}$	*	۶	۶	۱۰									
		$EV_{Periodic}$		*	۵	۱۰	۷								
۲	B	$PV_{Periodic}$		*	۵	۵									
		$EV_{Periodic}$			*	۲	۳	۵							
۳	C	$PV_{Periodic}$			*	۱۰	۶	۶							
		$EV_{Periodic}$			*	۶	۱۰	۶							
۴	D	$PV_{Periodic}$				*	۶	۵	۱۰	۲					
		$EV_{Periodic}$			*	۷	۶	۵	۵						
۵	E	$PV_{Periodic}$					*	۱۲	۱۵	۱۰					
		$EV_{Periodic}$					*	۱۰	۱۰	۱۷					
۶	F	$PV_{Periodic}$						*	۵	۶	۸				
		$EV_{Periodic}$								*	۵	۵	۹		
۷	G	$PV_{Periodic}$			*	۳	۵	۸	۸	۱۰					
		$EV_{Periodic}$				*	۵	۱۰	۵	۵	۵	۴			
۸	H	$PV_{Periodic}$						*	۵	۵	۵				
		$EV_{Periodic}$							*	۴	۴	۴	۳		
۹	I	$PV_{Periodic}$								*	۱۰	۱۰	۱۰		
		$EV_{Periodic}$										*	۶	۱۰	۱۴
۱۰	J	$PV_{Periodic}$									*	۱۰	۱۰		
		$EV_{Periodic}$										*	۱۵	۵	

بعد از استخراج تمامی مسیرها از شبکه پروژه، مقادیر برنامه ریزی شده و کسب شده دوره ای را میتوان با استفاده از اطلاعات سیستم مدیریت ارزش کسب شده (و بدون انجام محاسبات و تکنیک های دیگر) محاسبه نمود. این اطلاعات در جدول ۳. نمایش داده است. در جدول مذکور PVCumulative و EVCumulative به ترتیب نشان دهنده ارزش برنامه ریزی شده و ارزش کسب شده تجمعی میباشند که به راحتی با استفاده از مقادیر دوره ای قابل محاسبه هستند.

در جدول ۳ هرگاه علامت * در مقابل خانه های PVPeriodic و PVCumulative آمده است بیانگر این است که برای این دوره ها کاری برنامه ریزی نشده است. همچنین هر گاه علامت * در مقابل خانه های EVPeriodic و EVCumulative آمده است، بیانگر این است که در این خانه های هنوز ارزشی کسب نشده است، به عبارت دیگر در این خانه ها تاخیر وجود دارد.

جدول ۳- داده های دوره ای و تجمعی مسیرهای شناسایی شده

مسیر	دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
A-D-I	$PV_{Periodic}$	۶	۶	۱۰	۶	۵	۱۰	۲	۱۰	۱۰	۱۰		
	$EV_{Periodic}$	*	۵	۱۷	۱۳	۵	۵	*	*	*	۶	۱۰	۱۴
	$PV_{Cumulative}$	۶	۱۲	۲۲	۲۸	۳۳	۴۳	۴۵	۵۵	۶۵	۷۵		
	$EV_{Cumulative}$	*	۵	۲۲	۳۵	۴۰	۴۵	*	*	*	۵۱	۶۱	۷۵
B-D-I	$PV_{Periodic}$	*	۵	۵	۶	۵	۱۰	۲	۱۰	۱۰	۱۰		
	$EV_{Periodic}$	*	*	۹	۹	۱۰	۵	*	*	*	۶	۱۰	۱۴
	$PV_{Cumulative}$	*	۵	۱۰	۱۶	۲۱	۳۱	۳۳	۴۳	۵۳	۶۳		
	$EV_{Cumulative}$	*	*	۹	۱۸	۲۸	۳۳	*	*	*	۳۹	۴۹	۶۳
C-F-J	$PV_{Periodic}$			۱۰	۶	۶	۵	۶	۸	۱۰	۱۰		
	$EV_{Periodic}$	*	*	۶	۱۰	۶	*	*	۵	۵	۲۴	۵	
	$PV_{Cumulative}$	*	*	۱۰	۱۶	۲۲	۲۷	۳۳	۴۱	۵۱	۶۱		
	$EV_{Cumulative}$	*	*	۶	۱۶	۲۲	*	*	۲۷	۳۲	۵۶	۶۱	
C-H-J	$PV_{Periodic}$	*	*	۱۰	۶	۶	۵	۵	۵	۱۰	۱۰		
	$EV_{Periodic}$	*	*	۶	۱۰	۶	*	۴	۴	۴	۱۸	۵	
	$PV_{Cumulative}$	*	*	۱۰	۱۶	۲۲	۲۷	۳۲	۳۷	۴۷	۵۷		
	$EV_{Cumulative}$	*	*	۶	۱۶	۲۲	*	۲۶	۳۰	۳۴	۵۲	۵۷	
E-I	$PV_{Periodic}$	*	*	*	*	۱۲	۱۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰		
	$EV_{Periodic}$	*	*	*	*	۱۰	۱۰	۱۷	*	*	۶	۱۰	۱۴
	$PV_{Cumulative}$	*	*	*	*	۱۲	۲۷	۳۷	۴۷	۵۷	۶۷		
	$EV_{Cumulative}$	*	*	*	*	۱۰	۲۰	۳۷	*	*	۴۳	۵۳	۶۷
G-I	$PV_{Periodic}$	*	*	۳	۵	۸	۸	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰		
	$EV_{Periodic}$	*	*	*	۵	۱۰	۵	۵	۵	۴	۶	۱۰	۱۴
	$PV_{Cumulative}$	*	*	۳	۸	۱۶	۲۴	۳۴	۴۴	۵۴	۶۴		
	$EV_{Cumulative}$	*	*	*	۵	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۴	۴۰	۵۰	۶۴
کل شبکه	$PV_{Periodic}$	۶	۱۱	۲۸	۱۷	۳۱	۴۳	۳۳	۲۳	۲۰	۲۰		
	$EV_{Periodic}$	*	۵	۲۵	۳۱	۳۶	۲۰	۲۶	۱۴	۱۳	۳۳	۱۵	۱۴
	$PV_{Cumulative}$	۶	۱۷	۴۵	۶۲	۹۳	۱۳۶	۱۶۹	۱۹۲	۲۱۲	۲۳۲		
	$EV_{Cumulative}$	*	۵	۳۰	۶۱	۹۷	۱۱۷	۱۴۳	۱۵۷	۱۷۰	۲۰۳	۲۱۸	۲۳۲

بعد از به دست آوردن مسیر ها در هر شبکه و جمع آوری اطلاعات آنها، برای هر کدام از مسیرها میتوانمقدار(SPI(t و در نتیجه IEAC(t)، یعنی زمان اتمام پیشبینی شده پروژه را با توجه به فرمولهای ۲، ٤، و ٥ محاسبه نمود. در محاسبات میبایست دقت شود که همانطور که بیان شد در بعضی از دوره ها کار برنامه ریزی شده ای وجود ندارد و در بعضی دوره ها نیز تاخیر وجود دارد. به منظور راحتی محاسبات نویسندگان مقاله پیشنهاد میکنند از نرم افزار ES Calculator (Special Case) که بصورت رایگان نیز قابل دریافت است استفاده شود.

نتایج به دست آمده (یعنی زمان های پیشبینی شده توسط مسیرهای مختلف و در دوره های مختلف) را میتوان در جدولی به شکل جدول ٤ خلاصه نمود. در جدول ٤ در هر دوره میبایست بزرگترین پیشبینی انجام شده را در نظر گرفت. در جدول مذکور این مقادیر با رنگ دیگری نمایش داده شده است. به عنوان مثال در دوره ۷ از بین تمامی پیشبینی های انجام شده، عدد ۱۲ را که بزرگترین عدد در بین اعداد پیشبینی شده آن دوره میباشد انتخاب کرده ایم. با بررسی جدول ٤ به سادگی مشخص است که با توجه به زمان واقعی اتمام پروژه (که در این مثال ۱۲ ماه میباشد)، پیشبینی های انجام شده توسط مدل پیشنهادی نسبت به پیشبینی انجام شده با در نظر گرفتن کل شبکه برتری قابل توجهی دارد. با این حال نویسندگان مقاله برای نشان دادن کارایی این روش مقادیر میانگین و انحراف معیار زمان های پیشبینی شده در هر دو روش را با یکدیگر مقایسه نموده اند.جدول ٥ مقدار انحراف پیشبینی ها را در هر دو روش (طولانی ترین مسیر و کل شبکه) با توجه به زمان واقعی اتمام پروژه نمایش داده است. به علاوه در این جدول مقدار میانگین و انحراف معیار انحرافات محاسبه شده نیز به دست آمده است.ثابت شده است که پیشبینی زمان اتمام پروژه توسط تمامی روش ها در ۲۵٪ اولیه پروژه از کارایی خوبی برخوردار نیست. به همین دلیل در مقایسه بین دو روش در قسمت اول جدول ٥، میانگین و انحراف معیار انحرافات بدون در نظر گرفتن سه دوره اول محاسبه شده است. البته در قسمت دوم جدول مذکور نشان داده شده است که حتی با در نظر گرفتن سه دوره اول نیز مدل پیشنهادی نتایجی بسیار بهتر از مدل سنتی پیشبینی زمان اتمام پروژه دارد.

همانطور که در جدول ٥ مشاهده میشود مقدار انحراف پیشبینی ها از زمان واقعی اتمام پروژه توسط روش طولانی ترین مسیر حتی تا ۵۰٪ نسبت به روش سنتی کاهش پیدا کرده است.

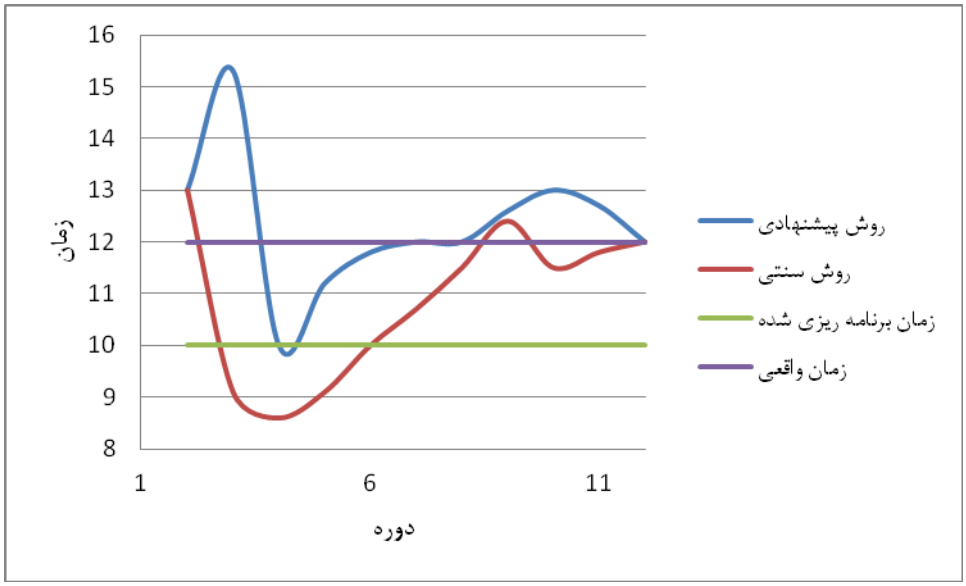
جدول ۴- پیشبینی زمان اتمام پروژه در دوره ها و مسیرهای مختلف

مسیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
A-D-I		۱۳	۷,۷	۶,۸	۸	۸,۱	۹,۱	۱۰,۱	۱۱,۱	۱۱,۹	۱۲,۱	۱۲
B-D-I			۷	۷,۳	۷,۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۱,۸	۱۲,۱	۱۲
C-F-J			۱۵,۳	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲,۳	۱۰,۴	۱۱	
C-H-J			۱۵,۳	۱۰	۱۰	۱۱	۱۱,۴	۱۱,۷	۱۱,۹	۱۰,۵	۱۱	
E-I					۱۱,۲	۱۱,۸	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲,۷	۱۲,۵	۱۲
G-I				۸,۷	۸,۶	۹,۹	۱۰,۸	۱۱,۷	۱۲,۶	۱۳	۱۲,۷	۱۲
کل شبکه		۱۳	۹,۱	۸,۶	۹,۱	۱۰	۱۰,۷	۱۱,۵	۱۲,۴	۱۱,۵	۱۱,۸	۱۲

جدول ۵- مقایسه انحراف از زمان واقعی پروژه با در نظر گرفتن هر دو روش

دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
روش طولانی ترین مسیر		۱	۳,۳	۲	۰,۸	۰,۲	۰	۰	۰,۶	۱	۰,۷	
میانگین (بدون در نظر گرفتن دوره ۱-۳)							۰,۶۶۲۵					
انحراف معیار (بدون در نظر گرفتن دوره ۱-۳)							۰,۶۱۴۲					
میانگین (با در نظر گرفتن دوره ۱-۳)							۰,۹۶					
انحراف معیار (با در نظر گرفتن دوره ۱-۳)							۰,۹۵۹۳					
کل پروژه		۱	۲,۹	۳,۴	۲,۹	۲	۱,۳	۰,۵	۰,۴	۰,۵	۰,۲	
میانگین (بدون در نظر گرفتن دوره ۱-۳)							۱,۴					
انحراف معیار (بدون در نظر گرفتن دوره ۱-۳)							۱,۱۵۵۴					
میانگین (با در نظر گرفتن دوره ۱-۳)							۱,۵۱					
انحراف معیار (با در نظر گرفتن دوره ۱-۳)							۱,۱۳۸۸					

در نمودار ۵ نمایش گرافیکی زمان های پیشبینی شده توسط هر دو روش در مقایسه با زمان برنامه ریزی شده و واقعی نشان داده شده است.



شکل ۵- مقایسه روش سنتی و مورد نظر

همانطور که نشان داده شد، روش پیشنهادی نسبت به روش سنتی از قابلیت بالاتری برخوردار است. به علاوه همانطور که در شکل ۵ نیز مشاهده میشود میتوان از زمان پیشبینی شده توسط روش سنتی و پیشنهادی، به ترتیب به عنوان حد پایین و حد بالا برای کنترل زمان واقعی اتمام پروژه کمک گرفت. اگرچه در این مقاله سوال سوم تحقیق به روشنی پاسخ داده نشد، اما با توجه به نتایج به دست آمده نویسندگان معتقدند که با استفاده از روش فوق در شبکه های موازی یا سری موازی میتوان کارایی سیستم مدیریت ارزش کسب شده را در این حالت به میزان قابل توجهیبهبود داد. به هر حال نویسندگان مقاله امیدوارند که پژوهشگران، مجریان و مدیران پروژه روش طولانی ترین مسیر را در پروژه های خود و با استفاده از داده ها و شبکه های مختلف بررسی نموده و نتایج آن را به اشتراک بگذارند.

نتیجه گیری

در این مقاله ایده ES-LP که برای اولین بار توسط والتر لیپکه توسعه یافت مورد بررسی قرار گرفته و برای بهبود پیشبینی زمان اتمام پروژه استفاده شد. طبق روش ارائه شده نتایج حاصل از پیشبینی با استفاده از روش طولانی ترین مسیر نتایج بسیار بهتری را نسبت به روش سنتی خواهد داشت. به علاوه میتوان از روش طولانی ترین مسیر به عنوان حد بالا برای کنترل و مدیریت زمان اتمام پروژه استفاده نمود. به منظور نشان دادن میزان قابلیت روش طولانی ترین مسیر در این مقاله، یک پروژه نرم افزاری که شامل ۱۰ فعالیت بود در نظر گرفته شد، و در نتیجه نشان داده شد که نتایج حاصله از روش فوق به شکل قابل توجهی میزان انحرافات زمان های پیشبینی شده را نسبت به زمان واقعی اتمام پروژه کاهش خواهد داد (حتی تا ۵۰٪). به علاوه با توجه به کارایی روش فوق، به میزان بسیار زیادی احتمال میرود که بتوان این روش را برای فائق آمدن بر مشکلات سیستم مدیریت ارزش کسب شده در شبکه های موازی بکار گرفت.

منابع

1. *Anbari, F., (2003), Earned Value Project Management Method and Extensions. Project Management Journal 34 (4), 12–23.*
2. *Fleming, Q., and Koppelman, J., (2003), What's Your Project's Real Price Tag? Harvard Business Review 81, 20–21.*
3. *Fleming, Q., and Koppelman, J.,(2005), Earned Value Project Management, 3rd Edition. Project Management Institute, Newtown's Square, PA.*
4. *Henderson, K., (2004), Further Developments in Earned Schedule. The Measurable News,*
5. *Lipke, W., (2003), Schedule is Different. The Measurable News, Summer,31-34.*
6. *Lipke, W., (2006), Applying Earned Schedule to Critical Path Analysis and More. The Measurable News, Fall, 26-30.*
7. *Lipke, W., (2008), Project Duration Forecasting: Comparing Earned Value Management Methods to Earned Schedule. Cross Talk, December,10-15.*
8. *Lipke, W., (2009). Earned Schedule. LULU Press, Oklahoma.*
9. *Lipke, W.,(2012), Speculations on Project Duration Forecasting. The Measurable News, March, 1-11.*

10. *Lipke, W., Earned Schedule Application to Small Projects. PM World Today, April, Vol XIII, Issue IV.*
11. *S. Vandevoorde, and M. Vanhoucke, (2006), A Comparison Of Different Project Duration Forecasting Methods Using Earned Value Metrics. International Journal of Project Management 24, 289–302*
12. *Spring, 15-22.*
13. *Vanhoucke, M., (2012), Measuring The Efficiency Of Project Control Using Fictitious And Empirical Project Data. International Journal of Project Management 30, 252–263.*
14. *Vanhoucke, M.,(2012). Project Management with Dynamic Scheduling. Springer, Germany.*

پی‌نوشت

[1] *Earned Schedule: ES*
[2] *Earned Value: EV*
[3] *Planned Value: PV*
[4] *Actual Cost: AC*
[5] *S Curve*
[6] *Actual Time: AT*