دومین کنفرانس بین المللی مدیریت و سیستم های فازی
۹ اسفندماه ۱۳۹۷
دانشگاه ایوان کی، موسسه مهدپژوهش ره پویان حقیقت،
انجمن علمی مدیریت دانش ایران، انجمن تعالی کسب و کار ایران

توسعه روش مدیریت ارزش کسب شده تحت شرایط عدم قطعیت فازی

حمیدرضا مقیسه[۱*]، سید میثم موسوی[۲]، سمانه ذوالفقاری[۳]

[۱] گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران

[۲] گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران

[۳] گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران

[*] حمیدرضا مقیسه: Hamidreza.mogheiseh@shahed.ac.ir

چکیده:

مدیریت ارزش کسب شده (EVM)، ابزاری قدرت‌مند در جهت ارزیابی عملکرد پروژه می‌باشد. در هر زمان از اجرای پروژه می‌توان با استفاده از این روش، پروژه را کنترل کرد و مقدار انحراف آن از زمان‌بندی را مشخص نمود. با وجود تمام امتیازات مثبتی که مدیریت ارزش کسب شده دارد، مشکلاتی را نیز در خلال آن می‌توان به وضوح دید. در این مقاله با استفاده از معیارهای انگیزه کسب شده (EIM)، سه شاخص زمان، هزینه و کیفیت در طول اجرای پروژه کنترل می‌شود. EIM برای پروژه‌هایی که قصد نزدیکی به برنامه کارفرما را دارند، استفاده می‌شود. درEIM، مقادیر واقعی حاصل از اجرای پروژه و همچنین مقادیر برنامه‌ریزی که توسط مدیر پروژه ارائه شده است، با مقادیر داده شده توسط کارفرما مقایسه می‌شود. در این تحقیق هزینه، درصد پیشرفت واقعی و کیفیت، به صورت اعداد فازی مثلثی می‌باشد و زمان هر فعالیت قطعی است. در انتها دقت و صحت رویکرد، در قالب یک مثال عددی، تحلیل و نتایج ارائه می‌گردد.

کلمات کلیدی:

مدیریت ارزش کسب شده؛ معیار انگیزه کسب شده؛ اعداد فازی مثلثی؛ مدیریت کیفیت.

۱ مقدمه

کنترل پروژه یکی از سه جزء مهم برنامه‌ریزی پروژه است. این مفهوم توسط یویتیوال [۱] معرفی شده و توسط ونهوک [۲] تصحیح شده است. در فاز کنترل پروژه، شخص مسئول، وظیفه کنترل پیشرفت پروژه را دارد و هنگامی که احساس کند پروژه از کنترل خارج شده است، واکنش نشان می‌دهد. برای انجام این کار، کنترل کنندگان اغلب از تکنیک‌های کنترل کمی استفاده می‌کنند، که سیگنال‌های هشدار دهنده مرتبط با عملکرد پروژه را ارائه می‌دهند[۳]. مدیران پروژه برای ارزیابی عملکرد پروژه، از مدل‌های متفاوتی برای سنجش آن استفاده می‌کنند. این مدل‌ها باید اطلاعات دقیق را به مدیران منتقل کنند[۴]. یکی از تکنیک‌هایی که برای کنترل پروژه‌ها استفاده می‌شود، مدیریت ارزش کسب شده (EVM)[۱] است، که از دهه ۱۹۶۰ میلادی شروع به کار کرده [۵]، و در دهه‌های بعد پیشرفت قابل توجهی داشته است [۶]. موانع زیادی برای اجرای EVM وجود دارد. به عنوان مثال، مرحله ارائه گزارش، شامل مقدار کار واقعی کامل شده است و کیفیت کار را شامل نمی‌شود [۷]. لیپکا و همکاران [۸] روی پیش‌بینی زمان نهایی پروژه تمرکز کرده‌اند و برای تعیین زمان و هزینه نهایی پروژه، روشی را با استفاده از چارت‌های کنترلی ارائه داده‌اند. چن و همکاران [۹] یک روش مدل‌سازی ساده را برای بهبود قدرت پیش‌بینی ارزش برنامه‌ریزی شده قبل از اجرای پروژه پیشنهاد داده‌اند. واربرتون و سیووفی[۱۰] پروفایل‌های مختلفی را برای هزینه و زمان پروژه ارائه داده‌اند. با استفاده از این پروفایل‌ها، زمان و هزینه به دست آمده در هر نقطه از پروژه را می‌توان محاسبه کرد. میشاکووا و همکاران [۱۱] بیان کرده‌اند که هدف از تحقیق انجام شده این است که روش‌های مدل‌سازی احتمالی را با کنترل زمان و کنترل هزینه‌های پروژه‌های ساختمانی و سرمایه گذاری تطبیق دهند. بابار و همکاران[۱۲] معتقد هستند که EVM سنتی بدون توجه به ریسک‌های ممکن، زمان تکمیل پروژه را پیش‌بینی می‌کند. دراین مقاله، برای تخمین بهتر EAC[۱] یک چارچوب توسعه یافته است که شامل شاخص‌های عملکرد کلیدی مختلف است. مرادی و همکاران [۱۳] مدیریت ارزش کسب شده را تحت شرایط عدم قطعیت فازی همراه با مدیریت ریسک اجرا کرده‌اند. در مدل آن‌ها درصد پیشرفت پروژه فازی می‌باشد و براساس آن، پیشرفت زمانی و هزینه‌ای پروژه کنترل می‌شود و در هر نقطه زمانی از پروژه، می‌توان زمان و هزینه نهایی پروژه را تخمین زد. دادسون و همکاران [۱۴] مدل جدیدی را ارائه داده‌اند و کیفیت پروژه را با تبدیل کردن به هزینه، اندازه‌گیری کرده‌اند.

باتوجه به ادبیات موضوع ملاحظه می‌شود که موضوع انگیزشی وجود ندارد. همچنین سه عنصر زمان، هزینه و کیفیت به طور همزمان مورد ارزیابی قرار نگرفته است. به‌طور خاص، این تحقیق معیارهایی را برای پروژه‌هایی که هدف آن نزدیکی به برنامه کارفرما می‌باشد، مورد بررسی قرار می‌دهد. با در نظر گرفتن این اطلاعات، یک نمایش دقیق از جایگاه پروژه به دست می‌آید. این تکنیک این‌طور طراحی شده است که نیاز به اطلاعات بیشتر در مقایسه با EVM سنتی نیست [۳]. سه عملکرد زمان، هزینه و کیفیت در این تحقیق در نظر گرفته شده است.

تمرکز این مقاله بر فاز کنترل می‌باشد. به این ترتیب قرارداد بین مالک پروژه و پیمانکار مذاکره شده است و پیمانکار متعهد شده است که آن قرارداد را اجرا خواهد کرد [۳]. این چنین قراردادهایی سبب می‌شود که پیمانکار هنگام تنظیم قرارداد با دقت بیشتری عمل کند و از اعلام موارد اضافی و سوءاستفاده کردن خودداری نماید. به این ترتیب در این مدل که معیار انگیزه کسب شده[۲] نامیده شده است، بهینه سازی سیگنال‌های کنترل، برای کمک به قرارداد، هنگام اجرای قرارداد است. در این تحقیق روش ارائه شده با استفاده از اعداد فازی مثلثی انجام و نتایج ارائه می‌شود. استفاده از اعداد فازی به این دلیل است که نتایج به واقعیت بیشتر نزدیک شده و انعطاف پذیری افزایش یابد. یک عدد فازی به صورت و (a_l, a_m, a_u) نشان داده شده است.

---

[۱] Estimate at Completion
[۲] Earned Incentive Metric

۲ رویکرد ارائه شده

این روش بر مبنای مدل پایه [۳]، برپایه سه نوع زمان‌بندی است: زمان‌بندی که توسط کارفرما انجام شده است (β)، زمان‌بندی بهینه که توسط مدیر پروژه انجام شده است (π) و زمان‌بندی واقعی حاصل از اجرای پروژه (α). در ادامه توسعه مدل با استفاده از روابط اعداد خاکستری و استفاده از مدیریت کیفیت ارائه شده است.

۲-۱ زمان بندی کارفرما (β):

در این زمان‌بندی، کارفرما برنامه خود را برای اجرای پروژه ارائه می‌دهد. معادله (۱)، مقادیر برنامه‌ریزی شده توسط کارفرما در هر نقطه از زمان را نشان می‌دهد. PC_{it}^{β} نشان‌دهنده درصد پیشرفت هر فعالیت تا دوره زمانی t می‌باشد که کارفرما برنامه‌ریزی کرده است. C_i^{β} بیانگر هزینه برنامه‌ریزی شده توسط مالک برای انجام فعالیت i می‌باشد.

$$(\mathrm{PV}_{\mathrm{lt}}^{\beta}.\mathrm{PV}_{\mathrm{mt}}^{\beta}.\mathrm{PV}_{\mathrm{ut}}^{\beta}) = \left(\sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{PC}_{\mathrm{lit}}^{\beta} * \mathrm{C}_{\mathrm{li}}^{\beta}.\sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{PC}_{\mathrm{mit}}^{\beta} * \mathrm{C}_{\mathrm{mi}}^{\beta} .\sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{PC}_{\mathrm{uit}}^{\beta} * \mathrm{C}_{\mathrm{ui}}^{\beta}\right) \quad (۱)$$

۲-۲ زمان بندی برنامه‌ریزی شده(π):

این زمان‌بندی که توسط مدیر پروژه انجام می‌شود، حالت بهینه زمان‌بندی می‌باشد. معادلات مربوط به این نوع زمان‌بندی در زیر ارائه می‌شود:

$$(C_{lt}^{\pi}.C_{mt}^{\pi}.C_{ut}^{\pi}) = (\sum_{i=1}^{n} C_{lit}^{\pi} .\sum_{i=1}^{n} C_{mit}^{\pi}.\sum_{i=1}^{n} C_{uit}^{\pi}) \quad (۲)$$

معادله (۲)، هزینه برنامه‌ریزی شده تا هر دوره زمانی را نشان می‌دهد که برابر با جمع هزینه‌های فعالیت‌های انجام شده تا آن دوره زمانی می‌باشد. سپس ارزش کسب شده برنامه‌ریزی شده برای هر دوره زمانی محاسبه می‌شود:

$$(EV_{lt}^{\pi}.EV_{mt}^{\pi}.EV_{ut}^{\pi}) = (\sum_{i=1}^{n} PC_{lit}^{\pi} * C_{li}^{\beta}.\sum_{i=1}^{n} PC_{mit}^{\pi} * C_{mi}^{\beta}.\sum_{i=1}^{n} PC_{uit}^{\pi} * C_{ui}^{\beta}) \quad (۳)$$

در معادله (۳)، PC_{it}^{π} درصد پیشرفت برنامه‌ریزی شده فعالیت i تا دوره زمانی t را نشان می‌دهد. C_i^{β} نشان‌دهنده هزینه کارفرما برای اجرای هرفعالیت می‌باشد. از مقدار ارزش کسب شده، می‌توان برای تعیین عملکرد زمانی برنامه‌ریزی شده استفاده کرد. این کار با استفاده از معادلات (۴)و(۵)انجام می‌شود:

$$ES_t^{\pi} = \tau + \frac{EV_t^{\pi} - PV_{\tau}^{\beta}}{PV_{\tau+1}^{\beta} - PV_{\tau}^{\beta}} \quad (۴)$$

$$\tau = t | PV_t^{\beta} \le EV_t^{\pi} \le PV_{\tau+1}^{\beta} \quad (۵)$$

مدیر پروژه برای هرفعالیت به صورت روزانه کیفیت را برنامه‌ریزی می‌کند. کیفیت به دست آمده برای هر روز به صورت معادله (۶) به هزینه تبدیل و محاسبه می‌شود:

$$(QEV_{lt}^{\pi}.QEV_{mt}^{\pi}.QEV_{ut}^{\pi}) = (\sum_{i=1}^{n} Q_{lit}^{\pi} * C_{li}^{\beta}.\sum_{i=1}^{n} Q_{mit}^{\pi} * C_{mi}^{\beta}.\sum_{i=1}^{n} Q_{uit}^{\pi} * C_{ui}^{\beta}) \quad (۶)$$

به طوری که Q_{it}^{π} کیفیتی است که مدیر پروژه برای هر فعالیت در هر روز کاری برنامه‌ریزی کرده است.

هنگامی که این مقادیر محاسبه شده است، مقدار برنامه‌ریزی شده انگیزه‌های هزینه و دوره‌ای می‌تواند مشخص شود.

مقدار نهایی شاخص هزینه برنامه‌ریزی شده توسط معادله (۷) محاسبه می‌شود:

$$(I_{lt}^{C\pi}, I_{mt}^{C\pi}, I_{ut}^{C\pi}) = S^{C} * [(EV_{lt}^{\pi}, EV_{mt}^{\pi}, EV_{ut}^{\pi}) - (C_{lt}^{\pi}, C_{mt}^{\pi}, C_{ut}^{\pi})] \quad (۷)$$

به طور مشابه برای شاخص زمان برنامه‌ریزی شده نیز از فرمول (۸) استفاده می‌شود:

$$(I_{lt}^{D\pi}, I_{mt}^{D\pi}, I_{ut}^{D\pi}) = S^{D} * [(ES_{lt}^{\pi}, ES_{mt}^{\pi}, ES_{ut}^{\pi}) - (\mathrm{t})] \quad (۸)$$

برای کیفیت نیز مانند زمان و هزینه عمل شده است و معادله (۹) برای آن به دست آمده است:

$$(I_{lt}^{Q\pi}, I_{mt}^{Q\pi}, I_{ut}^{Q\pi}) = S^{Q} * [(QEV_{lt}^{\pi}, QEV_{mt}^{\pi}, QEV_{ut}^{\pi}) - (C_{lt}^{\pi}, C_{mt}^{\pi}, C_{ut}^{\pi})] \quad (۹)$$

۳-۲ زمان بندی حاصل از اجرای پروژه (α):

پس از برنامه‌ریزی به دست آمده از کارفرما و زمان‌بندی مدیر پروژه، و به دست آوردن شاخص‌های مربوطه، پروژه وارد فاز سوم می‌شود. در این فاز پروژه اجرا می‌شود و نتایج حاصله با برنامه‌ریزی کارفرما مقایسه شده و شاخص‌های مربوطه محاسبه می‌شود. در ابتدا باید هزینه روزانه برای پروژه را محاسبه کنیم. این کار با استفاده از معادله (۱۰) انجام می‌شود:

$$C_{t}^{\alpha} = \sum_{i=1}^{n} C_{it}^{\alpha} \quad (۱۰)$$

که C_{it}^{α} ، هزینه انجام فعالیت i تا دوره زمانی t می‌باشد. سپس مقدار ارزش کسب شده کار انجام شده به صورت معادله (۱۱) محاسبه می‌شود:

$$(EV_{lt}^{\alpha}.EV_{mt}^{\alpha}.EV_{ut}^{\alpha}) = \sum_{i=1}^{n} [PC_{it}^{\alpha} * (C_{li}^{\beta}.C_{mi}^{\beta}.C_{ui}^{\beta})] \quad (۱۱)$$

پس از محاسبه ارزش کسب شده تا یک دوره زمانی، برنامه زمانی به دست آمده برای تعیین عملکرد به صورت معادله (۱۲) و (۱۳) محاسبه می‌شود:

$$ES_{t}^{\alpha} = \tau + \frac{EV_{t}^{\alpha} - PV_{\tau}^{\beta}}{PV_{\tau+1}^{\beta} - PV_{\tau}^{\beta}} \quad (۱۲)$$

$$\tau = t|PV_t^{\beta} \le EV_t^{\alpha} \le PV_{\tau+1}^{\beta} \quad (۱۳)$$

در این زمان‌بندی هم مانند حالت قبل کیفیت واقعی روزانه برای هر فعالیت به دست آمده است. کیفیت به دست آمده در حالت واقعی با استفاده از معادله (۱۴) محاسبه و به هزینه تبدیل می‌شود:

$$(QEV_{lt}^{\alpha}.QEV_{mt}^{\alpha}.QEV_{ut}^{\alpha}) = (\sum_{i=1}^{n} Q_{lit}^{\alpha} * C_{li}^{\beta}.\sum_{i=1}^{n} Q_{mit}^{\alpha} * C_{mi}^{\beta}.\sum_{i=1}^{n} Q_{uit}^{\alpha} * C_{ui}^{\beta}) \quad (۱۴)$$

در این معادله، Q_{it}^{α} برابر با کیفیت واقعی هرفعالیت تا دوره t می‌باشد.

سرانجام این مقادیر در دوره خاصی از زمان استفاده می‌شوند. این معادلات شبیه معادلات استفاده شده برای تعیین شاخص‌های برنامه‌ریزی شده است. فرمول (۱۵) برای محاسبه شاخص هزینه واقعی و فرمول (۱۶) برای محاسبه شاخص زمان واقعی استفاده می‌شود. همچنین از معادله (۱۷) برای محاسبه شاخص کیفیت واقعی استفاده می‌شود.

$$(I_{lt}^{C\alpha}, I_{mt}^{C\alpha}, I_{ut}^{C\alpha}) = S^{C} * [(EV_{lt}^{\alpha}, EV_{mt}^{\alpha}, EV_{ut}^{\alpha}) - (C_t^{\alpha})] \quad (۱۵)$$

$$(I_{lt}^{D\alpha}, I_{mt}^{D\alpha}, I_{ut}^{D\alpha}) = S^{D} * [(ES_{lt}^{\alpha}, ES_{mt}^{\alpha}, ES_{ut}^{\alpha}) - (\mathrm{t})] \quad (۱۶)$$

$$(I_{lt}^{Q\alpha}, I_{mt}^{Q\alpha}, I_{ut}^{Q\alpha}) = S^{Q} * [(QEV_{lt}^{\alpha}, QEV_{mt}^{\alpha}, QEV_{ut}^{\alpha}) - (C_t^{\alpha})] \quad (۱۷)$$

نظارت بر پروژه توسط مقایسه شاخص‌های برنامه‌ریزی شده ($I_t^{Q\pi}$ و $I_t^{C\pi}$ و $I_t^{D\pi}$) با شاخص‌های واقعی ($I_t^{Q\alpha}$ و $I_t^{C\alpha}$ و $I_t^{D\alpha}$) انجام می‌شود. هر کدام از این شاخص‌ها در حقیقت نشان‌دهنده انحراف از مقادیر برنامه‌ریزی می‌باشد. این مقادیر به طور جداگانه برای زمان، هزینه و کیفیت استفاده می‌شود. ساده‌ترین راه اندازه‌گیری عملکرد پروژه، تفاوت بین این دو مقدار در یک نقطه خاص در زمان است. این تفاوت‌ها به عنوان اختلاف انگیزشی نامیده می‌شوند. معادلات (۱۸) تا (۱۹) چگونگی انجام این کار را نشان می‌دهد.

$$\mathrm{IV(C)_t} = \mathrm{I_t^{C\alpha}} - \mathrm{I_t^{C\pi}} \quad (۱۸)$$

$$\mathrm{IV(D)_t} = \mathrm{I_t^{D\alpha}} - \mathrm{I_t^{D\pi}} \quad (۱۹)$$

$$\mathrm{IV(Q)_t} = \mathrm{I_t^{Q\alpha}} - \mathrm{I_t^{Q\pi}} \quad (۲۰)$$

از آن‌جا که مقادیر معادلات (۱۸) تا (۲۰) فازی می‌باشد، برای تبدیل کردن به عدد قطعی از رابطه (۲۱) استفاده می‌شود.

$$\mathrm{A} = (\mathrm{a_l} + 2\mathrm{a_m} + \mathrm{a_u})/4 \quad (۲۱)$$

اگر مقدار رابطه (۲۱) مثبت شد، یعنی پروژه از زمان‌بندی جلو و اگر منفی شد یعنی از زمان‌بندی عقب می‌باشد.

۳ نتایج محاسباتی

براساس روابط در نظر گرفته شده در این مقاله سه عنصر زمان، هزینه و کیفیت در هر دوره زمانی از پروژه کنترل می‌شود. این مدل با استفاده از اعداد فازی مثلثی ارائه شد. یک مثال عددی برای ارزیابی صحت مدل ارائه شده است. در این مثال مقادیر S^C و S^D و S^Q مقدار ثابت یک را دارا می‌باشند. اطلاعات اولیه در مورد این مثال در جدول۱ مشاهده می‌شود.

جدول۱- اطلاعات مربوط به فعالیت‌ها

فعالیت	پیش نیاز	کارفرما		مدیر پروژه			واقعی		
		زمان	هزینه	زمان	هزینه	کیفیت	زمان	هزینه	کیفیت
A	-	5	(1200,1700, 2200)	3	(1400,1900,2400)	MH	5	1900	H
B	-	5	(400,900,1400)	5	(450,950,1450)	M	5	900	MH
C	-	9	(250 ,750,1250)	8	(250,750,1250)	M	5	700	MH
D	A	7	(200,700,1200)	5	(200,700,1200)	M	8	800	H
E	B	12	(1300,2000,2700)	14	(1400,2000,2600)	H	12	1900	MH
F	B	13	(1700,2200,2700)	14	(1500,2000,2500)	MH	14	2000	M
G	C	9	(6000,6500,7000)	10	(5500,6000,6500)	MH	9	6000	M
H	C	9	(900,1500,2100)	7	(1000,1500, 2000)	H	9	1400	ML
I	D,E	14	(750,1250,,1750)	10	(750,1250 ,1750)	M	14	1000	H
J	F,G	11	(1400,2000,2600)	10	(1550,2050 ,2550)	MH	10	2000	MH
K	H	16	(1600,2000,2400)	16	(1400,2000,2600)	VH	15	2000	H

بر طبق جدول۱، برای کیفیت هر فعالیت از متغیرهای زبانی استفاده شده است. جدول۲ چگونگی تبدیل این متغیرها به مقادیر عدد فازی را نشان می‌دهد (Li et al., 2007):

جدول۲- متغیرهای زبانی تبدیل شده به مقادیر عدد فازی

متغیر زبانی	نماد	مقدار عددی
خیلی کم	VL	(0,0.1,0.1)
کم	L	(0,0.1.0.3)
کمتر از متوسط	ML	(0.1,0.3,0.5)
متوسط	M	(0.3,0.5,0.7)
بیشتر از متوسط	MH	(0.5,0.7,0.9)
زیاد	H	(0.7,0.9,1)
خیلی زیاد	VH	(0.9,0.9,1)

در جداول ۳ تا ۵، نتایج حاصل از کنترل پروژه در روز دهم، بیستم و روز آخر آورده شده است.

جدول۳- نتایج کنترل هزینه

روز	شاخص هزینه برنامه ریزی شده	شاخص هزینه واقعی	شاخص هزینه کل
10	-251/163	640	891/163
20	585	883/75	298/75
34	400	900	500

جدول۴- نتایج کنترل کیفیت

روز	شاخص کیفیت برنامه ریزی	شاخص کیفیت واقعی	شاخص کیفیت کل
10	2677/85	370	-2297/85
20	-2315	-2801/25	-486/25
34	5190	6705	1515

جدول۵- نتایج کنترل زمان

روز	شاخص زمان برنامه ریزی شده	شاخص زمان واقعی	
10	0/25	-0/009	-0/26
20	0/44	-0/007	-0/45
34	3	0	-3

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، تا روز دهم، بیستم و روز آخر از لحاظ هزینه کمتر از برنامه، هزینه شده است. جدول ۴ این اطلاعات را نشان می‌دهد که کیفیت پروژه در روز دهم و بیستم از مقدار برنامه ریزی شده عقب است و در روز آخر از مقدار برنامه‌ریزی شده بهتر عمل کرده است و کیفیت واقعی در سطح بالا تری از مقدار برنامه ریزی شده قرار دارد.

مقادیر جدول ۵ نشان می‌دهد که تا روز دهم ، بیستم و روز آخر، پروژه از برنامه زمان‌بندی عقب است. این نشان دهنده این است که اجرای پروژه بر طبق برنامه مدیر پروژه پیش نرفته است و از زمان‌بندی بدتر عمل کرده است.

۳ نتیجه‌گیری

در این مقاله روابطی ارائه شد که مدیریت ارزش کسب شده را گسترش داد و بر اساس آن، در هر نقطه از اجرای پروژه عملکرد زمان، هزینه و کیفیت را می‌توان اندازه گیری کرد. این روابط بر اساس اعداد فازی مثلثی نشان داده شد. برای اندازه گیری عملکرد این سه عنصر، ابتدا کارفرما و سپس مدیر پروژه برنامه خود را ارائه می‌دهند. سپس پروژه انجام می‌شود و مقادیر حاصل از اجرای پروژه و همچنین برنامه مدیر پروژه با برنامه کارفرما مقایسه می‌شود. اختلاف این دو مقدار نشان‌دهنده عملکرد پروژه است. در انتها مثالی ارائه شد و پروژه در روز دهم، بیستم و روز آخر کنترل شد. نتایج به این صورت بود که پروژه در روز دهم، بیستم و روز آخر، کمتر از هزینه برنامه ریزی شده هزینه کرده است. اما پروژه از نظر کیفیت در روز دهم و بیستم بدتر از کیفیت برنامه ریزی شده عمل کرده، در حالی که در روز آخر، از آن‌چه که برنامه‌ریزی شده بهتر بود. از نظر زمانی، پروژه در روزهایی که کنترل شد از زمان‌بندی عقب بود. با نگاهی

اجمالی به نتایج، این‌طور برداشت می‌شود که پروژه از نظر زمانی بدتر عمل کرده است و از نظر هزینه، کمتر از مقادیر برنامه‌ریزی شده می‌باشد و از لحاظ کیفیت، در روز های آغازین بدتر از برنامه ریزی شده عمل کرده بود و هر چه به انتهای پروژه نزدیک شد کیفیت واقعی هم بالاتر رفت که این امر می‌تواند ناشی ازعدم وجود تجربه کافی در ابتدای پروژه باشد که با پیشرفت پروژه تجربه بیشتر شده است و انحراف از برنامه ریزی از بین رفته است. مزیت روش ما این است که با مقایسه با برنامه کارفرما سعی می‌شود تا پایان پروژه این فاصله کم و کمتر شود. با توجه به این که ممکن است در طول اجرای پروژه مشکلات پیش‌بینی نشده‌ای آن را تحت تاثیر قرار دهد؛ لذا برای توسعه بیشتر این روابط، می‌توان از مدیریت ریسک نیز استفاده کرد. علاوه براین، برای نزدیکی بیشتر نتایج به شرایط واقعی پروژه‌ها، توسعه مدل‌های فازی می‌تواند برای این روابط و محاسبات به کار برده شود.

منابع:

[1]. Uyttewaal, E. Dynamic Scheduling With Microsoft Office Project 2003: The book by and for professionals, Co-published with International Institute for Learning, 2005

[2]. Vanhoucke, M. Project management with dynamic scheduling, Springer Berlin Heidelberg, 2012.

[3]. Kerkhove, L. P., & Vanhoucke, M. Extensions of earned value management: Using the earned incentive metric to improve signal quality, International Journal of Project Management, 2017, 35(2), 148-168.

[4]. Browning, T. R. On the alignment of the purposes and views of process models in project management, Journal of Operations Management, 2010, 28(4), 316-332.

[5]. Vanhoucke, M. Measuring time: Improving project performance using earned value management, Springer Science & Business Media, 2012.

[6]. Cioffi, D. F. Completing projects according to plans: an earned-value improvement index, Journal of the Operational Research Society, 2006, 57(3), 290-295.

[7]. Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. If EVM is so good, why isn't it used on all projects, The Measurable News, 2004, 1-5.

[8]. Lipke, W., Zwikael, O., Henderson, K., & Anbari, F. Prediction of project outcome: The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes, International journal of project management, 2009, 27(4), 400-407.

[9]. Chen, H. L., Chen, W. T., & Lin, Y. L. Earned value project management: Improving the predictive power of planned value, International Journal of Project Management, 2016, 34(1), 22-29.

[10]. Warburton, R. D., & Cioffi, D. F. Estimating a project's earned and final duration. International Journal of Project Management, 2016, 34(8), 1493-1504.

[11]. Mishakova, A., Vakhrushkina, A., Murgul, V., & Sazonova, T. Project control based on a mutual application of pert and earned value management methods, Procedia engineering, 2016, 165, 1812-1817.

[12]. Babar, S., Thaheem, M. J., & Ayub, B. Estimated cost at completion: Integrating risk into earned value management, Journal of Construction Engineering and Management, 2016, 143(3), 04016104.

[13]. Moradi, N., Mousavi, S. M., & Vahdani, B. An earned value model with risk analysis for project management under uncertain conditions, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2017, 32(1), 97-113.

[14]. Dodson. M, Defavari. G, de Carvalho. V. Quality: the third element of earned value management, Procedia Computer Science, 2015, 1; 64, 932-9.