



## ارائه مدلی جهت برآورد میزان پیشرفت پروژه با معیارهای چندگانه

هیرش سلطان پناه (نویسنده مسئول)

استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج

Email: heresh@iausdj.ac.ir

هومن درخشان

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه عمران، خوزستان، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۰ \* تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۲

### چکیده

یکی از معیارها و عناصر بسیار مهم در کنترل پروژه، درصد پیشرفت پروژه است. این معیار شاخص اصلی عملکرد پروژه بشمار می‌رود که برای کلیه ذی نفعان سازمان و از جمله کارفرمایان و پیمانکاران از اهمیت بالایی برخوردار است. نظارت در اجرای پروژه مستلزم ایجاد مقیاس‌ها و اندازه‌هایی است که در حین پیشرفت پروژه مقدار آنها محاسبه و با ارزش انتظاری یا ارزش مطلوب مقایسه گردد تا به عنوان ابزاری کنترلی مورد استفاده قرار گیرد. برای تعیین درصد پیشرفت واقعی پروژه در اکثر موارد از معیارهای کمی زمان و هزینه استفاده می‌گردد؛ این در حالی است وجود ریسک و تأخیرات در هر پروژه‌ای اجتناب ناپذیر است. بنابراین هدف اصلی این مقاله برآورد میزان درصد پیشرفت پروژه با در نظر گرفتن معیارهای تأثیرگذار بر پیشرفت پروژه می‌باشد. در این راستا مدلی جدید با نگرشی کاربردی و سازگار با استانداردهای متعارف ارائه گردیده که در آن معیارهای ریسک، زمان، شناوری و هزینه لحاظ گردیده است. همچنین برنامه‌ی ماکرو در محیط Excel که قابل لینک شدن به نرم افزار M.S. Project است طراحی و مثال‌های متعددی برای مشخص شدن کارایی روش ارائه شده با آن حل گردیده است. در پایان مقاله به عنوان نمونه یک مثال کاربردی ارائه شده است.

### واژه‌های کلیدی:

کنترل پروژه، درصد پیشرفت پروژه، معیارهای تأثیرگذار پیشرفت، ریسک، شناوری.

## ۱- مقدمه

هرگاه که با واژه درصد پیشرفت مواجه می‌شویم در ذهن ابزاری کنترلی در اجرای پروژه نمایان می‌شود. در مواجه شدن مدیران پروژه با این واژه این سؤال مطرح می‌گردد که آیا مقادیر کمی ارائه شده به عنوان میزان پیشرفت پروژه، واقعاً پیشرفت واقعی پروژه را نشان می‌دهد و آنچه در ذهن ما شکل گرفته است برای سایر ذی‌نفعان پروژه مفهوم یکسانی را تداعی می‌نماید؟ آنچه مسلم است طراحی هر پروژه پس از طرح ایده و رایزنی‌های بسیار، در جهت رسیدن به اهداف پروژه صورت می‌گیرد و در این راستا از آغاز تا اتمام پروژه با استفاده از بهترین تکنیکها و جزییات دقیق، برنامه‌ریزی می‌گردد. با شروع کار، پروژه وارد مرحله هدایت و کنترل می‌گردد. آخرین جزء چرخه اجرایی برنامه‌ریزی- نظارت- کنترل مدیریت پروژه است. بحث کنترل با کنترل فعالیتها آغاز می‌شود. در این مرحله اطلاعات مورد نیاز پیرامون عملکرد سیستم گردآوری می‌شود؛ با میزان مطلوب یا برنامه‌ریزی شده مقایسه می‌گردد و نتایج تجزیه و تحلیل می‌شود و در اختیار مدیر پروژه قرار گرفته، جهت ارزیابی و در صورت نیاز کاهش انحرافات یا اقدامات اصلاحی میان برنامه و واقعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد (Burke, 1999).

در مرحله کنترل، پیگیری و کنترل بر انجام فعالیتها براساس اطلاعات برنامه ریزی شده صورت می‌پذیرد اما اطلاعات مزبور میزان انجام پروژه را در هر مقطع از چرخه حیات پروژه مشخص نمی‌کند از این رو یکی از موضوعات مهم در هر یک از مراحل «برنامه ریزی پروژه» و «کنترل پروژه» تعیین درصد پیشرفت واقعی پروژه است به نحوی که منعکس کننده واقعیت‌های پروژه در ارتباط با عملکرد درست یا نادرست آن باشد.

اگر فعالیتی از پروژه انجام شود و به اتمام برسد، به میزان ارزش وزنی خود باعث پیشرفت پروژه می‌گردد، اما چنانچه بخشی از یک فعالیت انجام شود فقط باعث پیشرفت پروژه به میزان قسمتی از ارزش وزنی مربوطه می‌شود. با توجه به اینکه معمولاً در پروژه‌ها نمی‌توان حجم کار کل پروژه را محاسبه کرد، باید معیاری انتخاب گردد تا برای کلیه فعالیتها هم جنس و قابل جمع بستن باشد. بدین منظور معیارهای متعددی پیشنهاد شده که مهمترین آنها، معیارهای «زمان» و «هزینه» هستند. هر فعالیتی صرفنظر از اینکه چه نوع کاری را شامل شود، مدت زمانی برای انجام شدن نیاز دارد. به همین ترتیب برای انجام هر نوع فعالیتی، هزینه هایی صرف می‌شود. این معیارها، معیارهایی هستند که عموماً برای بررسی میزان پیشرفت پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Assaf and AL-Hejji, 2006). همان طوری که اشاره شد، درصد پیشرفت پروژه از معیارها و عناصر مهم در مدیریت پروژه است که یکی از معیارهای اصلی عملکرد پروژه به شمار می‌رود. شاید معیاری مهم‌تر از درصد پیشرفت پروژه جهت تعیین وضعیت پروژه وجود نداشته باشد که براساس آن میزان ارزش حاصله پروژه محاسبه می‌گردد (Falahi and Tatina, 2006).

مدیریت ارزش کسب شده روش بسیار توانمندی برای مدیریت محدوده، زمان و هزینه پروژه می‌باشد (Anbari, 2003). مدیریت ارزش کسب شده اساساً به منظور کنترل هزینه و زمان در پروژه ایجاد شده است و اکثر پژوهش‌های اولیه در حوزه مدیریت ارزش کسب شده پیرامون هزینه پروژه صورت گرفته (VahediDiz, 2009)، (Inc, 2006). رفتار شاخص‌های زمانی در سیستم مدیریت ارزش کسب شده و نحوه تعیین آنها از طرف بسیاری از محققان مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین تلاش‌های بسیاری جهت بهبود عملکرد زمانی آن صورت گرفت که در نهایت منجر به پیدایش مفهوم زمان بندی کسب شده در سال ۲۰۰۳ توسط لیبکه گردید (Walt, 2005). صحت و دقت بالای ES منجر به تعریف شاخص‌های متعدد جهت سنجش عملکرد زمانی پروژه گردیده و آن را به مکمل مناسبی برای مدیریت ارزش حاصله تبدیل کرده است (Farokhian and Tatina, 2006)، (Vandevoorde and Vanhoucke, 2006). همچنین در مورد اندازه‌گیری و محاسبه عملکرد پروژه‌های ساخت و ساز در کشور کره، براساس معیارهای زمان، هزینه و میزان کار تکمیل شده تحقیقاتی انجام گرفته است (Farokhian and Tatina, 2006). در تحقیق دیگری در زمینه محاسبه درصد پیشرفت پروژه توسط سلطان‌پناه و همکاران معیارهای هزینه، نیروی انسانی، سایر منابع، درجه بحرانی بودن، وضعیت تدارکات و ساختار کلی فعالیت در محاسبه درصد پیشرفت لحاظ گردیده است (Soltanpanah et al., 2009). تحقیقات دیگری نیز در زمینه ارزیابی پیشرفت پروژه صورت گرفته است. برخی از این تحقیقات برای سنجش پیشرفت پروژه، عملکرد پروژه را براساس معیارهای مورد نظر مدل‌های مدیریت کیفیت

و تعالی سازمانی مدنظر قرار داده اند (Soo and Jong, 2004). پاره‌ای دیگر از تحقیقات مفاهیم تکمیل فعالیتها و پیشرفت پروژه را از جنبه مفهوم زمان، هزینه و یادگیری سازمانی بررسی کرده‌اند (Zhang and Bakis, 2008). همچنین در برخی از مقالات موجود در این حوزه، جهت برآورد پیشرفت پروژه ریسک و عدم قطعیت در اجرای فعالیتها و فاکتورهای مؤثر بر آن مدنظر قرار گرفته است (Falahi and Soleymani, 2005)، (Chin Liu et al., 2009).

از جمله تکنیکهای آزمایش شده متداول دیگری که در گستری دانش مدیریت پروژه مورد تأیید است؛ «تخمین پیشرفت فیزیکی با استفاده از میزان واحد یا استاندارد» است. استفاده از این روش تابع شرایط ویژه‌ی است و بر این اصل بنا نهاده شده که کوشش و تلاش استاندارد را برای محاسبه کمیّت کار مورد نظر سنجیده یا شمار واحدهای تمام شده را ثبت می‌نماید (Gardiner, 2005). روش دیگر در تخمین پیشرفت فیزیکی با استفاده از قاعده‌ی صفر یا صد است در این نگرش یا کار اصلاً انجام نشده یا به طور کامل تمام شده، که این روش نیز در حوزه‌های خاصی استفاده می‌شود (Gardiner, 2005). از دیگر روشها «تخمین پیشرفت فیزیکی با استفاده از قاعده صفر تا صد» با تعریف نشانگاه‌های میانی در بازهای زمانی برآوردها و تخمین‌های از محاسبه پیشرفت را ارائه می‌دهد (Gardiner, 2005).

تعیین درصد‌های وزنی از تعیین کننده‌ترین بخشهای بسته مدیریت و کنترل پروژه می‌باشد، و با توجه به تأثیری که بر روی درصد پیشرفت کار دارد هم برای کارفرما و هم برای پیمانکار اهمیت فراوانی دارد. پروژه به عنوان یک کلیت از مجموعه‌ی از فعالیتها تشکیل شده است که شاکله‌ی برنامه‌ریزی آن، در جهت رسیدن به اهداف پروژه می‌باشد. لذا برای برآورد میزان پیشرفت پروژه می‌بایست به فعالیتها و میزان پیشرفت آنها مراجعه نمود، و با جمع‌بندی پیشرفت فعالیتهای پروژه میزان پیشرفت پروژه را محاسبه نمود. اما نکته مهم آنست که فعالیتهای پروژه وزن و درجه اهمیت یکسانی ندارند، فعالیت‌های واقع بر مسیر بحرانی را نمی‌توان با فعالیتهای دارای شنواری با یک دید نگرینست، فعالیت‌های نظیر خرید و تدارکات که نیازمند منابع مالی زیادی هستند نمی‌توان با فعالیت‌های خردی نظیر رنگ‌آمیزی در، را با درجه اهمیت یکسانی در نظر گرفت و در طی چرخه‌ی عمر پروژه پیامدها و اثرات بالقوه ریسک را بر فعالیت‌های مختلف یکسان در نظر گرفت. جایگاه و اهمیت هر فعالیتی متأثر از عوامل متعددی است و بطور طبیعی هر فعالیتی از پروژه با ریسکها و مخاطرات متعددی همراه هستند که در نظر گرفتن آن در برآورد پیشرفت پروژه می‌تواند آنرا واقعی‌تر نماید (Zayed et al., 2008).

ریسک پروژه یا به عبارت دیگر ریسک مجموعه فعالیت‌های تشکیل دهنده پروژه، رخداد یا شرایط نامطمئنی است که اگر به وقوع بپیوندد اثری مثبت یا منفی بر حداقل یکی از اهداف پروژه چون زمان، هزینه، محدوده یا کیفیت می‌گذارد (PMI Institute). با توجه به نکات مطرح شده و با در نظر گرفتن پیشینه تحقیق در این مقاله روش نوینی جهت برآورد میزان درصد پیشرفت پروژه با در نظر گرفتن معیارهای کمی؛ «ریسک»، «زمان»، «شنواری» و «هزینه» که تأثیر بسزایی در روند پیشرفت پروژه دارند، ارائه گردیده است. بدین منظور فرض شده که هر فعالیت درون یک پروژه حجم مشخصی از کل پروژه را تشکیل می‌دهد که این حجم تابعی از عوامل چهارگانه؛ «ریسک»، «زمان»، «شنواری» و «هزینه» می‌باشد. لذا درصد پیشرفت پروژه در هر مقطع از حیات پروژه را می‌توان از مجموع پیشرفت هر فعالیت در سهم آن فعالیت (ضریب وزنی) از کل پروژه محاسبه نمود. جهت محاسبه حجم هر فعالیت از کل پروژه ابتدا لازم است فاز طرح و برنامه ریزی را به اتمام رساند و برنامه اولیه را نهایی نمود. این امر به معنی مشخص نمودن فعالیتها، شبکه ارتباطی فعالیتها، برآورد منابع، هزینه و... می‌باشد که بر اساس آن شبکه مربوط به پروژه بدست می‌آید، سپس ضریب وزنی ریسک، هزینه، زمان و شنواری فعالیتها محاسبه می‌گردد، که در ادامه مقاله نحوه محاسبه این ضریب و در نهایت نحوه تأثیر آنها بر حجم فعالیتها توضیح داده خواهد شد. در ارتباط با ضریب ریسک فعالیتها لازم است توضیح داده شود که جهت مدیریت ریسک پروژه روشهای متعددی وجود دارد که در تمام آنها مشخص نمودن منشأ ریسک، تحلیل ریسک، کمی کردن ریسک و تدوین استراتژی‌های لازم جهت مقابله با ریسک وجود دارد. در مورد کمی کردن ریسک نیز روشهای متعددی وجود دارد که بسته به نوع پروژه می‌توان روش مناسب را انتخاب و در مدل ارائه شده مورد استفاده قرار داد. در این مقاله روش استاندارد مدیریت پروژه (PMBOK) جهت کمی نمودن ریسک مورد استفاده قرار گرفته است.

## ۲- مواد و روشها

با توجه به توضیحات فوق مدل ریاضی تحقیق را به صورت رابطه‌ی (۱) می‌توان ارائه نمود:

$$T_{ij} = f_1(w_{rij}, w_{fij}, w_{tij}, w_{cij}) \quad (1)$$

که در این رابطه :

$T_{ij}$ : حجم فعالیت  $ij$  براساس شاخص‌های مشخص شده یا به عبارت دیگر ارزش فعالیت  $ij$  را نشان می‌دهد.

$w_{rij}$ : ضریب وزنی ریسک فعالیت  $ij$

$w_{fij}$ : ضریب وزنی شناوری فعالیت  $ij$

$w_{tij}$ : ضریب وزنی زمانی فعالیت  $ij$

$w_{cij}$ : ضریب وزنی هزینه فعالیت  $ij$

$i$ : رویداد پایه فعالیت  $ij$

$j$ : رویداد پایان فعالیت  $ij$

با توجه به اینکه مفهوم شناوری و محاسبه فاکتور وزنی آن براساس مقیاس زمان است، می‌توان این ضریب را با ضریب وزنی زمانی ترکیب نمود و به صورت یک فاکتور ترکیبی  $w_{fij}$  ارائه نمود. لذا می‌توان  $T_{ij}$  و  $w_{fij}$  را به صورت روابط (۲) و (۳) نشان داد.

$$T_{ij} = f_2(w_{rij}, w_{fij}, w_{cij}) \quad (2)$$

$$w_{fij} = f_3(w_{fij}, w_{tij}) \quad (3)$$

با توجه به رابطه فوق حجم کل پروژه را می‌توان به صورت (۴) تعریف نمود.

$$T = \sum T_{ij} \quad (4)$$

$T$ : حجم کل پروژه یا ارزش کل پروژه را نشان می‌دهد.

لذا سهم هر فعالیت از کل پروژه را می‌توان از (۵) به دست آورد.

$$P_{ij} = \frac{T_{ij}}{T} \quad (5)$$

که در این رابطه  $P_{ij}$  نشان دهنده سهم فعالیت  $ij$  در کل پروژه است که در واقع سهم ارزشی فعالیت  $ij$  به نسبت کل پروژه را نشان می‌دهد.

اگر میزان پیشرفت هر فعالیت را در زمان  $t$  با علامت  $T_{ijt}$  نشان دهیم می‌توان مقدار آنرا از (۶) و (۷) محاسبه نمود.

$$T_{ijt} = (T_{ij})(t_{ijt}) \quad (6)$$

$$T_{ijt} = [P_{ij} \times T] \times t_{ijt} \quad (7)$$

که در آن  $t_{ijt}$  سهمی از زمان فعالیت  $ij$  است که در زمان گزارش گیری طی شده است. لذا  $T_{ijt}$  را می‌توان از رابطه (۸) نیز بدست آورد.

$$T_{ijt} = t_{ijt} f_2(w_r, w_{ft}, w_c) \quad (8)$$

که در این رابطه  $T_{ijt}$  میزان پیشرفت یا ارزش کسب شده فعالیت  $ij$  در زمان  $t$  را نشان می‌دهد. لذا با توجه به تعاریف فوق میزان پیشرفت پروژه در هر مقطع زمانی را می‌توان از (۹) یا (۱۰) به دست آورد.

$$\theta = \sum T_{ijt} = \sum t_{ijt} \left( \frac{T_{ij}}{T} \right) \times 100 \quad (9)$$

$$\theta = \sum t_{ijt} \times P_{ij} \times 100 \quad (10)$$

که در آن  $\theta$  میزان درصد پیشرفت پروژه در لحظه گزارش گیری است.

در این تحقیق تابع  $f_2(w_r, w_{ft}, w_c)$  به صورت رابطه (۱۱) در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است در عمل بعد از محاسبه کلیه  $T_{ij}$ ها با تقسیم  $T_{ij}$  بر  $T$  سهم هر فعالیت از کل پروژه به صورت نرمال محاسبه می‌گردد.

$$f_2(w_r, w_{ft}, w_c) = w_r \times w_{ft} \times w_c \quad (11)$$

باید به این نکته توجه داشت که در رابطه (۸) می‌توان به جای  $t_{ijt}$ ، از درصد حجم کار انجام شده، درصد منابع استفاده شده، درصد هزینه انجام شده، نظریه کارشناسی یا ترکیبی از آنها استفاده نمود.

### - روش محاسبه ضرایب وزنی

همچنان که توضیح داده شد در این مقاله سهم هر فعالیت از کل پروژه تابعی از ضریب وزنی ریسک  $(w_{rij})$ ، ضریب وزنی شنواری فعالیت  $(w_{ftij})$  و ضریب وزنی هزینه فعالیت  $(w_{cij})$  در نظر گرفته شده است. پس در ادامه نحوه محاسبه هر کدام از این ضرایب توضیح داده خواهد شد.

برای محاسبه ضریب وزنی ریسک  $(w_r)$  فعالیت  $ij$  از روابط (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) استفاده می‌نماییم.

$$GE_{ijt} = E_{ij} \times E_{ijt} \quad (12)$$

$$GE_{ijc} = E_{ij} \times E_{ijc} \quad (13)$$

$$w_{rij} = (k_t \times GE_{ijt}) + (m_c \times GE_{ijc}) \quad (14)$$

که در این روابط:

$E_{ij}$ : احتمال وقوع ریسک فعالیت  $ij$

$E_{ijt}$ : میزان تأثیر ریسک بر زمان فعالیت  $ij$

$E_{ijc}$ : میزان تأثیر ریسک بر هزینه فعالیت  $ij$

$GE_{ijt}$ : شدت ریسک بر زمان

$GE_{ijc}$ : شدت ریسک بر هزینه

$w_{rij}$ : ضریب وزنی ریسک فعالیت  $ij$

$K_t, m_c$ : به ترتیب نشان دهنده اهمیت نسبی زمان و هزینه در محاسبه شدت ریسک

با توجه به اینکه تأثیر شدت ریسک بر زمان و هزینه دارای اهمیت نسبی یکسانی نمی‌باشد برای لحاظ کردن شدت ریسک، این ضرایب با توجه به تجربه متخصصین امر در این زمینه بدست آمده است.

از آنجایی که در روابط (۹) یا (۱۰) برای محاسبه درصد پیشرفت پروژه از شاخص‌های کمی متعددی استفاده شده و این شاخص‌ها دارای واحد مشترک نمی‌باشند، باید ضریب وزنی بدست آمده به صورت نرمالایز شده در رابطه استفاده شود.

برای محاسبه ضریب وزنی ترکیبی فعالیت  $ij$  از روابط (۱۵)، (۱۶) و (۱۷) استفاده می‌نماییم.

$$DS_{ij} = D_{ij} + S_{ij} \quad (15)$$

$$R_{ij} = \frac{D_{ij}}{DS_{ij}} \quad (16)$$

$$w_{ftij} = \frac{R_{ij}}{\sum \sum R} \quad (17)$$

که در این روابط:

$D_{ij}$ : مدت زمان انجام فعالیت  $ij$

$S_{ij}$ : شناوری جمعی فعالیت  $ij$

$DS_{ij}$ : مقدار خروجی از مجموع زمان بعلاوه شناوری فعالیت  $ij$

$R_{ij}$ : ضریب نسبی زمان - شناوری فعالیت  $ij$

$W_{ftij}$ : ضریب وزنی ترکیبی زمان - شناوری فعالیت  $ij$

برای محاسبه ضریب وزنی هزینه فعالیت  $ij$  از رابطه (۱۸) استفاده می‌نمائیم.

$$w_{C_{ij}} = \frac{C_{ij}}{\sum \sum c} \quad (18)$$

که در این رابطه:

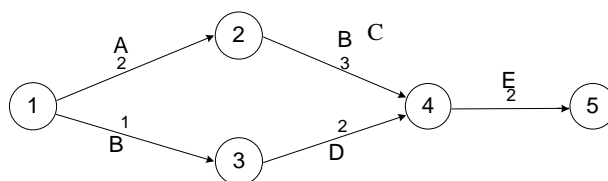
$C_{ij}$ : هزینه انجام فعالیت  $ij$

پس با توجه به رابطه (۱۱) حجم فعالیت  $ij$  از کل پروژه را می‌توان از رابطه (۱۹) محاسبه نمود.

$$T_{ij} = w_{rij} \times w_{ftij} \times w_{cij} = [(k_t \times GE_{ijt}) + (m_c \times GE_{ijc})] \\ \left( \frac{R_{ij}}{\sum \sum R} \right) \left( \frac{C_{ij}}{\sum \sum c} \right) \quad (19)$$

برای توضیح ماهیت مدل ارائه شده از یک مثال ساده که شبکه‌ی آن در شکل ۱ نشان داده شده است استفاده می‌نماییم. با حل شبکه این مسأله مشخص می‌شود فعالیت‌های  $A$  و  $C$  و  $E$  بحرانی هستند و فعالیت‌های  $B$  و  $D$  هر کدام دارای ۲ روز شناوری هستند. اگر بخواهیم در پایان روز سوم میزان پیشرفت واقعی پروژه را به دست آوریم در صورتی که فعالیت‌های شبکه این پروژه در زودترین زمان ممکن آغاز و مطابق برنامه زمان بندی از قبل تعیین شده پیشرفت کرده باشند فعالیت‌های  $A, B, D$  به اتمام رسیده و فعالیت  $C$  پیشرفتی در حدود ۳۳ درصد داشته با اطلاعات جمع‌آوری شده می‌توان درصد پیشرفت را از روش ارائه شده محاسبه نمود.

جدول ۱ محاسبه حجم فعالیتها از کل پروژه را نشان می‌دهد که با توجه به آن در لحظه گزارش‌گیری میزان پیشرفت پروژه معادل ۶۴.۷٪ محاسبه گردیده است.



شکل شماره (۱)

جدول شماره (۱): اطلاعات مربوط به فعالیت‌های پروژه

فعالیت	ضریب وزنی	ضریب ترکیبی (زمان، شناوری)	ضریب وزنی هزینه	ترکیب ضرایب	حجم هر فعالیت از کل پروژه
A	0.115	0.261	0.286	0.0085	0.25
B	0.279	0.087	0.214	0.0052	0.1529411
C	0.162	0.261	0.214	0.009	0.2647058
D	0.283	0.130	0.143	0.0053	0.1558823
E	0.162	0.261	0.143	0.006	0.1764705

$$\theta = [\sum(1)(0.25) + (1)(0.1529411) + (\frac{1}{3})(0.2647058) + (1)(0.1558823)] \times 100 = 64.7\%$$

لازم به توضیح است که جهت استفاده عملی از روش ارائه شده در محیط Excel برنامه‌ای ماکرو طراحی گردیده است که کاربر به سادگی با آن ارتباط برقرار می‌نماید و در هر مرحله گزارش مربوط به پیشرفت فعالیت‌ها در آن ثبت می‌گردد و برنامه به صورت خودکار میزان سهم هر فعالیت از کل پروژه را محاسبه و اطلاعات را به نرم افزار MS-Project انتقال می‌دهد، سپس نرم افزار میزان پیشرفت پروژه را در زمان گزارش‌گیری نشان خواهد داد.

برای توضیح مدل ارائه شده و کارکرد آن در چارچوب برنامه ارائه شده به تجزیه و تحلیل یک مثال عملی که شامل ۳۵ فعالیت است می‌پردازیم. این پروژه مربوط به احداث یک بلوک ساختمانی با استفاده از قالب تونلی می‌باشد. پس از مشخص کردن شبکه ارتباطی فعالیتها و برآورد منابع و هزینه... مشخص شد که ۱۸ فعالیت بر روی مسیر بحرانی قرار دارند به عبارت دیگر شناوری این فعالیتها صفر است. با استفاده از روش ارائه شده، به کمک برنامه طراحی شده در محیط Excel ضرایب وزنی ترکیبی زمان - شناوری و ضریب وزنی هزینه و ضریب وزنی ریسک از روش استاندارد مدیریت پروژه محاسبه گردید که نتایج این محاسبات در جدول شماره ۲ ارائه شده است. پس از وارد نمودن این اطلاعات به نرم افزار MS-Project و اجرای آن میزان پیشرفت پروژه قابل محاسبه و نتایج آن در نمودار (۱) نشان داده شده است همچنان که نتایج نشان می‌دهد در این پروژه درصد پیشرفت واقعی در زمان گزارش‌گیری با روش ارائه شده ۲۷/۸۴ درصد بدست آمده است، این در حالی است که درصد پیشرفت پروژه با بکارگیری نرم افزار MS-Project و روش متعارف COMPLETE % که اساس زمانی دارد ۲۲ درصد می‌باشد. بدیهی است که کم یا زیاد محاسبه نمودن میزان پیشرفت پروژه فی‌نفسه به معنی خوب یا بد بودن روش نمی‌باشد اما در برآورد میزان پیشرفت پروژه هرچه بیشتر عوامل تأثیرگذار در اهمیت فعالیتها را وارد نماییم نتایج ارائه شده به واقعیت نزدیکتر خواهد بود. در تمام مسائل حل شده با روش ارائه شده کارشناسان و خبره‌های فن اذعان داشتند که نتایج بدست آمده از روش ارائه شده از روشهای معمول و متعارف با واقعیت همخوانی بیشتری دارد.

### ۳- نتایج

این مقاله ضمن ارائه یک روش نوین برای محاسبه درصد پیشرفت پروژه، در مقایسه با سایر روشهای متداول کنترل پروژه از جزئیات تأثیرگذار بیشتری برخوردار است، از مزایای بارز روش پیشنهادی اعمال مستقیم چگونگی تأثیر شاخص‌های کمی؛ «ریسک»، «زمان»، «شناوری» و «هزینه» به طور همزمان است. در نظر گرفتن فاکتور شناوری که از عوامل انعطاف‌پذیر پروژه بوده و تأثیر مستقیمی بر روی فرصت‌های انجام فعالیتهاى پروژه می‌گذارد، در کنار فاکتور ریسک که اثرات بالقوه آن همواره اهداف پروژه را تحت تأثیر قرار می‌دهد موجب بالا رفتن دقت نتایج بدست آمده از این روش می‌شود و استفاده از این نتایج کمک بزرگی به مدیریت پروژه در ارزیابی عملکرد پروژه و مطابقت دادن آن با برنامه‌ریزی پروژه می‌نماید.

از مزایای دیگر روش پیشنهاد شده آشنایی مدیران پروژه با شاخصهای اعمال شده و ساده بودن استفاده از مدل در محاسبه درصد پیشرفت پروژه است و با توجه به قابلیت‌های که در زمینه کنترل پروژه دارد، می‌تواند کاستی سایر بسته‌های نرم‌افزاری مدیریت و برنامه ریزی و کنترل پروژه را پوشش دهد. در بسته‌های نرم‌افزاری موجود آن‌چنان‌که به برنامه‌ریزی پروژه اهمیت داده شده به بحث کنترل آن پرداخته نشده است، و در مشهورترین و پرکاربردترین نرم‌افزارها در بهترین حالت، بر پایه‌ی ارزش کسب شده است. پس با استفاده از توانایی برنامه ماکرو طراحی شده در محیط Excel که به راحتی قابل استفاده در نرم افزار MS Project می‌باشد می‌توان درصد پیشرفت واقعی پروژه را در زمان گزارش گیری بدست آورد.

Task Name	Duration	% Complete	درصد پیشرفت % واقعی	Start	January 2010							February 2010															
					27	30	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	
0 pcbt	42 days	22%	27.84	Fri 1/1/10																							
1 خنک‌کردن ری با خنک‌ریزی	7 days	75%	0.74	Fri 1/1/10																							
2 تمسلیح راه های دسترسی سریع، کلان کشی و نصب نخل‌های برق و روشنایی	2 days	50%	0.01	Sun 1/3/10																							
3 بلکسازای مرحله از مناجات انتقال کاکس ها، انتقال فلب ها	1 day	60%	0	Sun 1/3/10																							
4 نصب دیجیتال، تلکترهای آب، موتورهای برق اضطراری	2 days	65%	0	Fri 1/1/10																							
5 نصب تلرک، برین، سلامت قلبهای رامکا و شامین حمل قلب	3 days	70%	0.21	Mon 1/4/10																							
6 تمسلیح و رگلاز، بو پیاده کردن آکس ها،	2 days	50%	0.02	Fri 1/8/10																							
7 اجرای بتن مگر	3 days	100%	0.02	Sun 1/10/10																							
8 اجرای فنداسیون، پدستال و آرماتور بندی بی و قالب بندی	3 days	100%	2.99	Wed 1/13/10																							
9 (بتن ریزی پدستال و رامکا و فنداسیون (بتن رودگیر با ورق روان کننده	2 days	100%	5.06	Sat 1/16/10																							
10 آرماتور بندی دیوارها و نسیبه بارش، لوله های تلمبسی	1 day	100%	1.58	Mon 1/18/10																							
11 نصب قالب های تومبی	1 day	100%	15.37	Tue 1/19/10																							
12 بتن ریزی دیوار و آرماتور بندی سقف اول	1 day	40%	1.51	Wed 1/20/10																							
13 نصب رامکولینن ریزی (بتن رودگیر) سقف اول	1 day	0%	0	Thu 1/21/10																							
14 آرماتور بندی دیوار های طبقه دوم، مکلیک و نصب دیوار طبقه دوم	3 days	0%	0	Fri 1/22/10																							
15 قالب بندی تومبی طبقه دوم	1 day	0%	0	Mon 1/25/10																							
16 آرماتور بندی سقف طبقه دوم، برق و مکلیک و نصب برق و رامکا	1 day	0%	0	Tue 1/26/10																							
17 بتن ریزی (بتن رودگیر) سقف و دیوار های طبقه دوم	1 day	0%	0	Wed 1/27/10																							
18 آرماتور بندی دیوار، مکلیک، برق، و نصب ورق دیوار طبقه سوم	3 days	0%	0	Thu 1/28/10																							
19 قالب بندی تومبی و آرماتور بندی سقف سوم، برق و رامکا طبقه سوم	1 day	0%	0	Sun 1/31/10																							
20 اجرای علق حرارتی روی دیوار های خارجی با یک لایه سیمتکاری اولیه	7 days	15%	0.04	Fri 1/22/10																							
21 بتن ریزی (بتن رودگیر) سقف و دیوار های طبقه سوم	1 day	0%	0	Mon 2/1/10																							
22 نصب پله های پیش ساخته و پیوسته ریزی طبقات	4 days	0%	0	Mon 2/1/10																							
23 اجرای علق حرارتی روی دیوار های خارجی با یک لایه سیمتکاری اولیه	10 days	5%	0.03	Fri 1/29/10																							
24 لوله کشی گال داخل داکت در طبقات	5 days	14%	0.18	Wed 2/3/10																							
25 اجرای خربشته	2 days	0%	0	Tue 2/2/10																							
26 لوله کشی ریزهای آب سرد و گرم مصرفی داخل داکت و سقف زیرزمین	8 days	30%	0.07	Fri 1/29/10																							
27 کله پیوسته ریزی و شیب بندی دام و خربشته و علق حرارتی و نصب در خربشته	5 days	0%	0	Fri 2/5/10																							
28 علق رطوبتی دام و خربشته	2 days	0%	0	Wed 2/10/10																							
29 نصب نرده راه پله در خربشته	4 days	0%	0	Fri 2/5/10																							
30 نسیبه جیبی اندازی ها و نصب درب آنها	4 days	40%	0.01	Thu 1/28/10																							
31 شیب بندی سرویس و تراس در طبقات	7 days	0%	0	Wed 1/27/10																							
32 علق رطوبتی سرویس و تراس و نسیبت	5 days	0%	0	Wed 1/27/10																							
33 کلتی کاری سرویس و آشپزخانه در طبقات	8 days	0%	0	Wed 1/27/10																							
34 نصب شیشه در طبقات	10 days	0%	0	Fri 1/22/10																							
35 سفید کاری در طبقات	6 days	0%	0	Sun 1/31/10																							

شکل شماره (۱): نتایج علمی روش ارائه شده در محیط MS-Project



جدول شماره (۳): اطلاعات مربوط به فعالیتهای پروژه

فعالیت	زمان	شناوری	wr	wft	wc	سهام هر فعالیت از کل پروژه	درصد تکمیل شده	درصد پیشرفت واقعی پروژه %
خاکبرداری یا خاکریزی	7	0	0.019595558	0.039263572	0.017019667	0.009895481	75%	74.21610981
تسطیح راه های دسترسی سریع، کابل کشی و نصب تابلوهای برق و روشنایی	2	3	0.0042657	0.015705429	0.005673222	0.000287216	50%	1.43607892
پاکسازی محوطه از ضایعات، انتقال کانکس ها، و انتقال قالب ها	1	4	0.006585174	0.007852714	0.001323752	5.17288E-05	60%	0.310372557
نصب بچینگ، تانکرهای آب، موتورهای برق اضطراری	2	7	0.002399456	0.008725238	0.000945537	1.49592E-05	65%	0.09723451
نصب تاور کرین، ساخت قالبهای رامکا و شاهین حمل قالب	3	6	0.105576069	0.013087857	0.002836611	0.002961913	70%	20.73338941
تسطیح و رگلاژ، پیاده کردن آکس ها	2	0	0.006078622	0.039263572	0.001891074	0.000341069	50%	1.705343717
اجرای بتن مگر	3	0	0.006611835	0.039263572	0.000945537	0.000185494	100%	1.854935272
اجرای فنداسیون، پدستال و آرماتور بندی پی و قالب بندی	3	0	0.026673954	0.039263572	0.037821483	0.02993327	100%	299.3326999
بتن ریزی پدستال و رامکا و فنداسیون (بتن زودگیر با فوق روان کننده)	2	0	0.050121972	0.039263572	0.034039334	0.050621782	100%	506.2178193
آرماتور بندی دیوارها، تعبیه بازوها و لوله های تاسیساتی	1	0	0.013396963	0.039263572	0.039712557	0.015785649	100%	157.8564875
نصب قالب های تونلی	1	0	0.091285975	0.039263572	0.056732224	0.153660444	100%	1536.604444
بتن ریزی دیوار و آرماتور بندی سقف اول	1	0	0.030659717	0.039263572	0.041603631	0.037846663	40%	151.3866528
نصب رامکا و بتن ریزی (بتن زودگیر) سقف اول	1	0	0.04105736	0.039263572	0.041603631	0.050681619	0%	0
آرماتور بندی دیوارهای طبقه دوم، مکانیک و نصب دیوار طبقه دوم	3	0	0.013396963	0.039263572	0.040658094	0.016161498	0%	0
قالب بندی تونلی طبقه دوم	1	0	0.096084887	0.039263572	0.06429652	0.183303507	0%	0
آرماتور بندی سقف طبقه دوم، برق و مکانیک و نصب ورق و رامکا	1	0	0.039457723	0.039263572	0.042549168	0.049813988	0%	0
بتن ریزی (بتن زودگیر) سقف و دیوارهای طبقه دوم	1	0	0.05172161	0.039263572	0.046331316	0.071100866	0%	0
آرماتور بندی دیوار، مکانیک، برق، و نصب ورق دیوار طبقه سوم	3	0	0.010797553	0.039263572	0.044440242	0.014237376	0%	0
قالب بندی تونلی و آرماتور بندی سقف سوم، برق و رامکا طبقه سوم	1	0	0.035565272	0.039263572	0.069969743	0.073835399	0%	0
اجرای عایق حرارتی روی دیوارهای خارجی با یک لایه سیمانکاری اولیه	7	4	0.010330992	0.02498591	0.014750378	0.002877258	15%	4.315886328
بتن ریزی (بتن زودگیر) سقف و دیوارهای طبقه سوم	1	0	0.05172161	0.039263572	0.054652042	0.083870001	0%	0
نصب پله های پیش ساخته و پوکه ریزی طبقات	4	3	0.080021862	0.022436327	0.066187595	0.08979981	0%	0
اجرای عایق حرارتی روی دیوارهای خارجی با یک لایه سیمانکاری اولیه	10	4	0.015329859	0.028045409	0.017208775	0.005590984	5%	2.795492168
لوله کشی گاز داخل داکت در طبقات	5	4	0.031566178	0.021813096	0.024583964	0.01279174	14%	17.90843601
اجرای خرپشته	2	8	0.021328499	0.007852714	0.035930408	0.004547583	0%	0
لوله کشی ریزهای آب سرد و گرم مصرفی داخل داکت و سقف زیرزمین	8	6	0.00639855	0.022436327	0.020801815	0.002256695	30%	6.770086337
دورچینی داکت ها و پوکه ریزی و شیب بندی بام و خرپشته و عایق حرارتی و نصب در خرپشته	5	0	0.014836637	0.039263572	0.012859304	0.005660844	0%	0

عایق رطوبتی بام و خرپشته	2	0	0.01666289	0.039263572	0.026475038	0.013089261	0%	0
نصب نرده راه پله در خرپشته	4	3	0.067144781	0.022436327	0.009266263	0.010548897	0%	0
تیغه چینی انباری ها و نصب درب آنها	4	11	0.001919565	0.010470286	0.015128593	0.000229773	40%	0.919090509
شیب بندی سرویس و تراس در طبقات	7	9	0.004798912	0.017177813	0.014750378	0.000918866	0%	0
عایق رطوبتی سرویس و تراس و تست	5	11	0.015663116	0.012269866	0.017019667	0.002471767	0%	0
کاشی کاری سرویس و آشپزخانه در طبقات	8	8	0.005372116	0.019631786	0.035930408	0.002863556	0%	0
نصب شیشه در طبقات	10	11	0.003172614	0.018696939	0.020801815	0.000932454	0%	0
سفید کاری در طبقات	6	6	0.002399456	0.019631786	0.023260212	0.000827989	0%	0
								27.84460559

#### ۴- منابع

- 1- Anbari, F. 2003. Earned Value Method and Extensions. Journal of Project Management. 34:4.12-23.
- 2- Assaf, S. and AL-Hejji, S. 2006. Causes of Delay in Large Construction Project. International Journal of Project Management. 24:2. 349-357.
- 3- Burke, R. 1999. Project Management Planning and Control Techniques. 3<sup>rd</sup> ed. New York ,Toronto. John Wiley and Sons Ltd.
- 4- Falahi, K., and Soleymani, H. 2005. Control Project Progress with Practical Approach to Measurement. 2<sup>nd</sup> international Conference on Project Management and Monitoring.
- 5- Farokhian, F. and Tatina, Sh. 2006. Review Evaluation Indicators of Project Function in Earned Value Method Management and its Applications. 3<sup>rd</sup> International Conferences on Project Management. Tehran.Iran.
- 6- Gardiner, P.D. 2005. Project Management: A strategic Planning Approach. 1<sup>st</sup> ed. Hampshire, Palgrave Macmillan.
- 7- Hyeongon, Wi. and Mooyoung J. 2009. Modeling and Analysis of Project Performance Factors in an Extended Project-oriented Virtual Organization (EProVO): Expert Systems with Applications.
- 8- Jafarnezhad, A. 2008. Presenting a Risk Rating phase model in Drilling Project in Petro Pars Company. Journal of Industrial Engineering. 1:1. 21-38.
- 9- Practice Standard for Earned Value Management. 2006. Project Management Institute, Inc.
- 10- Project Management Body of Knowledge. 2000. ANSI/PMI-001-99/2000,PMI Institute, USA.
- 11- Soo, Y.K. and Jong, C.L. 2004. A performance Measurement of a Construction Project in Korea, Fifth Asia pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference.
- 12- Soltanpanah, H., Faroghi, H. and Sadeghi, H. 2009. Presenting a New Model to Calculate Physical Project Progress. Journal of Industrial Management. Islamic Azad University, Sanandaj Branch. 9. 9-30.
- 13- Vahedidiz, A.2008. Earned Value Management. Asia. Tehran.
- 14- Vandevoorde, S. and Vanhoucke, M. 2006. A Comparison of Different Project Duration Forecasting Methods Using Earned Value Metrics. Journal of International Project management. 24.289-302.

- 15- Walt, L. 2005. Earned Schedule Leads to Improved Forecasting, 17<sup>th</sup> IPMC Tyson's Corner, VA.
- 16- Yu-Chih, Liu. and et al. 2009. Task Completion Competency and Project Management Performance. International Journal of Project Management.
- 17- Zayed, T., Amer, M. and Pan, A. 2008. Assessing Risk and Uncertainty Inherent in Chinese Highway Projects Using AHP. International Journal of Project Management. 26.408 – 419.
- 18- Zhang, X., and et al. 2009. Automating Progress Measurement of Construction Projects Automation in Construction. 18:3.294 – 301.

