نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

Journal of Decisions and Operational Research

دوره ۴، شماره (۱)، بهار ۱۳۹۸

الگوبرداری از مدل هزینه‌ی سازنده برای برآورد اندازه، زمان و بهای تمام‌شده پروژه‌های خدمات مهندسی به‌منظور قیمت‌گذاری مناقصه‌ای

رضا بندریان *

گروه توسعه کسب و کار، سازمان مدیریت فناوری، پژوهشگاه صنعت نفت.

چکیده

باتوجه به این‌که وجود انحراف در برآوردهای اولیه از اندازه، زمان و بهای تمام‌شده‌ی پروژه با مقادیر واقعی آن پس‌از اجرای پروژه، دشواری‌های متعددی را برای مناقصه‌گران فراهم می‌آورد، این امر ضرورت به‌کارگیری روش‌هایی را برای افزایش دقت برآوردهای اولیه نمایان می‌کند. به روش‌های مختلفی می‌توان بهای تمام‌شده‌ی پروژه را محاسبه کرد که یکی از آن‌ها مدل‌سازی الگوریتمی بهای تمام‌شده می‌باشد. در این تحقیق تلاش شده تا با الگوبرداری از مدل هزینه‌ی سازنده، که یک مدل تجربی برای محاسبه‌ی بهای تمام‌شده نرم‌افزار است، یک مدل الگوریتمی برای محاسبه‌ی بهای تمام‌شده‌ی پروژه‌های خدمات مهندسی توسعه یابد. این مدل، با محاسبه‌ی اندازه‌ی پروژه و تعدیل آن برمبنای محرک‌های اندازه و هزینه، به‌دنبال ارتقاء دقت برآوردهای اولیه از بهای تمام‌شده‌ی پروژه می‌باشد. مدل توسعه‌یافته برای یک مطالعه‌ی موردی به‌اجرا درآمده و بااستفاده‌از اطلاعات تاریخی مورد اعتبارسنجی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: برآورد زمان و بهای تمام‌شده‌ی پروژه، مدل هزینه‌ی سازنده، ، بهای تمام‌شده‌ی سقف و کف، قیمت‌گذاری مناقصه‌ای.

دریافت: ۱۳۹۷/۸/۱۰ اصلاح: ۱۳۹۷/۱۲/۱ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹

۱- مقدمه

امروزه در عرصه‌ی کسب و کار بسیاری از پروژه‌های بزرگ و کوچک خدمات مهندسی از طریق برگزاری مناقصه واگذار می‌شوند. در مناقصات خدمات مهندسی، قیمت معمولاً دومین فاکتوری است که در پیشنهادات بعداز شایستگی فنی ارزیابی می‌شود، اما اگر مناقصه‌گزار از وضعیت مالی خوبی برخوردار نباشد، اهمیت قیمت افزایش می یابد و در کانون توجه قرار می‌گیرد. قیمت‌گذاری مناقصه‌ای به‌دلیل تاثیرپذیر بودن از تعداد بی‌شماری از پارامترها و متغیرهای غیرکمی نظیر فضای کسب‌وکار، شرایط سیاسی و اقتصادی روز، شرایط رقبا، وضعیت شرکت و... همانند بسیاری از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی به تجربه‌وتحلیل کیفی نیاز دارد و لذا مدل‌سازی آن بسیار دشوار است. این موضوع نشان‌دهنده‌ی اهمیت مسئله‌ی قیمت و قیمت‌گذاری در مناقصه می‌باشد (من و پاور، ۲۰۰۷).

در این راستا، سازمان‌های مناقصه‌گر درجهت تعدیل و هماهنگ نمودن روند قیمت‌گذاری خود به‌منظور حضور موفق در مناقصات، تلاش‌های گسترده‌ای انجام داده‌اند. واضح است که نتیجه‌بخش بودن این تلاش‌ها نیازمند نظامی مدون و منسجم در این زمینه می‌باشد. بااستفاده‌از تجارب موجود در سازمان‌های مناقصه‌گر و تلفیق آن با روش‌ها و تکنیک‌های علمی می‌توان مدلی سیستماتیک طراحی نمود و احتمال موفقیت در مناقصه را با ارائه قیمت مناسب بهینه نمود (لاکسولاتی، ۲۰۰۵).

* عهده‌دار مکاتبات: bandarianr@ripi.ir

اغلب روش‌ها و مدل‌های توسعه‌یافته برای قیمت‌گذاری مناقصه‌ای مبتنی‌بر رویکرد هزینه‌ی مبناء می‌باشند و درواقع هزینه را مبنایی برای قیمت درنظر می‌گیرند. مباحث مطروحه در این رویکرد، پیرامون چگونگی تعیین میزان سود و نوع هزینه‌هایی است که باید در محاسبه‌ی بهای تمام‌شده درنظر گرفته شوند (شکوهی، ۱۳۹۵). مهم‌ترین ویژگی محاسبه‌ی بهای تمام‌شده این است که یک سطح تراز یا شاخصی فراهم می‌کند که مناقصه‌گر برای هر قیمت پیشنهادی می‌تواند وضعیت خود را ارزیابی و حاشیه‌ی سود را تعیین نماید. در این رویکرد، درنهایت، قیمت‌گذاری براساس محاسبه‌ی بهای تمام‌شده و افزودن سود به آن صورت می‌گیرد. در شرایطی که مناقصه‌گر به‌دنبال پوشش هزینه‌های خود باشد و یا پروژه‌ی موردنظر برای اولین‌بار بخواهد اجرا شود، این روش متداول‌ترین روش است و به‌روش پایه هزینه مشهور است (بلک، ۱۹۷۶).

یکی از مهم‌ترین نقاط ضعف رویکرد هزینه‌ی مبنا برای قیمت‌گذاری مناقصه‌ای این است که در بسیاری از فعالیت‌ها و پروژه‌ها برآورد هزینه‌ها به‌علت ماهیت مبهم کار و یا پیچیده بودن آن، به‌طور کامل و دقیق برای مناقصه‌گران امکانپذیر نمی‌باشد. بنابراین برآورد هزینه ها نیازمند توانائی در ترسیم ابعاد مختلف کار و جزئیات آن می باشد تا براساس آن و سطح کیفی عملکرد خود و یا سطح کیفی مورد انتظار مناقصه‌گزار اقدام به تخمین هزینه تمام شده پروژه نماید. راه‌حل ارائه‌شده برای برطرف کردن این مشکل استفاده از سناریوسازی است. درصورتی که امکان برآورد دقیق هزینه تمام‌شده به‌علت ماهیت کار وجود نداشته باشد می‌توان براساس سناریوسازی چندین حالت مختلف را در نظر گرفت و بااستفاده از نظرات خبرگان، احتمال وقوع هر یک از آن‌ها را برآورد نمود. سپس امید ریاضی هزینه تمام‌شده محاسبه می‌گردد (لونگ استف، ۱۹۹۰).

هدف این تحقیق آن است تا با الگوبرداری از مدل هزینه‌ی سازنده، الگوریتمی برای برآورد بهای تمام‌شده پروژه‌های خدمات مهندسی توسعه دهد تا یاریگر شرکت‌های ارائه‌کننده خدمات مهندسی برای محاسبه‌ی اندازه، زمان و بهای تمام‌شده‌ی پروژه به‌منظور قیمت‌گذاری مناقصه‌ای و حضور موفق در مناقصات باشد.

۲- مروری‌بر مباحث مربوط

برآورد هزینه و زمان موردنیاز برای تکمیل یک پروژه خدمات مهندسی یکی از حیاتی‌ترین و مشکل‌ترین کارها برای مدیران سازمان‌های ارائه‌کننده خدمات مهندسی و مشاوره‌ای در فرآیند حضور در مناقصات و ارائه‌ی پیشنهاد مالی می باشد. با وجود اهمیت مسائل فنی و بازاریابی برای موفقیت در یک مناقصه، اگر مدیریت فرآیند حضور در مناقصه ضعیف باشد احتمال شکست در آن مناقصه بیش‌تر از موفقیت آن است (من و پاور، ۲۰۰۷).

به‌منظور برآورد هزینه‌ها و زمان در یک پروژه، مدل های برآورد بهای تمام‌شده متعددی به‌وجود آمده است. به‌دلیل وجود تنوع شدید در پروژه‌ها، ایجاد مدلی که برآوردهای دقیق از بهای تمام‌شده‌ی پروژه در اختیار مناقصه‌گران قرار دهد بسیار مشکل است. وجود انحرافات شدید در هزینه‌های پروژه‌های خدمات مهندسی و برآوردهای اولیه و افزایش مستمر این انحرافات باعث شده که دست اندرکاران این امر پی‌درپی نگرانی خود را از ناتوانی خود در برآورد دقیق هزینه‌ها ابراز نمایند. لذا یکی از مهم‌ترین اهداف مناقصه‌گران ایجاد مدل‌های مفیدی است که منطبق‌بر چرخه‌ی عمر پروژه باشد و هزینه‌ی اجرای یک پروژه را به‌دقت برآورد کند (لونگ استف، ۱۹۹۰).

سه تکنیک اصلی برآورد بهای تمام‌شده‌ی پروژه‌ها عبارت‌اند از: قضاوت متخصصان، برآورد براساس مقایسه، و مدل‌سازی الگوریتمی بهای تمام‌شده . قضاوت متخصصان که رایج‌ترین شیوه می باشد بر دانش ضمنی جمعی یک تیم از افراد متخصص استوار است. مدیران برای حضور در مناقصات، عمدتا به‌روش قضاوت متخصصان اعتماد می‌کنند چون برآوردها به‌سادگی و بدون استفاده از ابزارها یا تکنیک‌های پیچیده به‌دست می‌آیند.

برآورد براساس مقایسه، پروژه‌ی در شرف اجرا را با پروژه‌های مشابه قبلی که اطلاعات زمان بندی و بودجه آن‌ها در دست است مقایسه می‌کند (بوهم و همکاران الف، ۱۹۹۵). مدل‌سازی الگوریتمی بهای تمام‌شده به‌معنای به‌کارگیری یک مدل بهای تمام‌شده (به‌صورت یک یا چند فرمول ریاضی که از طریق تحلیل آماری اطلاعات تاریخی به‌دست آمده) می باشد. بررسی داده‌های تاریخی مربوط‌به پروژه

های مختلف نشان داده است که روند بهای تمام‌شده با برخی پارامترهای قابل اندازه‌گیری، همبستگی دارند. این مشاهدات به ارائه‌ی مدل‌های متعددی منتهی شده است که برای ارزیابی، پیش‌بینی و کنترل بهای تمام‌شده پروژه‌ها می‌توانند مورداستفاده قرار گیرند (جانسون، ۱۹۹۸).

هدف این تحقیق، توسعه‌ی یک مدل برای محاسبه‌ی بهای تمام‌شده‌ی پروژه‌های خدمات مهندسی در مراحل مختلف آن برمبنای الگوبرداری از مدل هزینه‌ی سازنده (COCOMO) می‌باشد.

۲-۱- مدل COCOMO

مدل COCOMO یک مدل تجربی است که از جمع‌آوری داده‌های تعداد زیادی پروژه‌ی نرم‌افزاری به‌دست آمده است. این داده‌ها تجزیه‌وتحلیل شده‌اند تا بهترین فرمولی که با داده‌های واقعی تناسب دارد حاصل شود. مدل اولیه در سال ۱۹۸۱ منتشر شد. بعدها بوهم و همکارانش مدل مذکور را بهبود دادند و مدل COCOMO II را ارائه کردند که باعث تحولات زیادی در مهندسی نرم‌افزار شد. مدل COCOMO به دلایل متعدد نسبت‌به مدل های دیگر برتری دارد:

- *مستندات کافی از این مدل در اختیار عموم قرار دارد و ابزارهای تجاری متعددی برای استفاده از آن در دسترس می باشد.*
- *این مدل به‌طور گسترده‌ای در سازمان‌های مختلف مورداستفاده و ارزیابی قرار گرفته است که نتایج آن قابل اعتماد بوده و می باشد.*

مدل COCOMO یکی از رایج‌ترین مدل‌های برآورد بهای تمام‌شده است. این مدل، مجموعه‌ای از سه مدل فرعی است که برای مراحل مختلف پروژه، فرمولی برای برآورد بهای تمام‌شده نرم‌افزار ارائه می‌دهند. به‌طوری که هرچه در طول پروژه به پیش می رویم برآوردهای مدل هم دقیق‌تر می‌شوند (بوهم و همکاران ب، ۱۹۹۵).

اگرچه مدل COCOMO ، مدل پیچیده‌ای است اما کار کردن با آن چندان مشکل نیست. COCOMO ابزار مناسبی برای مدیران پروژه است که با کمک آن می‌توانند بودجه‌بندی پروژه را ازنظر زمان و یا نیروی انسانی کنترل کنند. مدل COCOMO یک ابزار مدیریتی است که این امکان را برای تولیدکننده‌ی نرم‌افزار فراهم می‌کند تا پیش‌از این‌که پروژه‌ی نرم‌افزاری شروع شود و پیش‌ازآن که شرکت متحمّل هزینه‌های هنگفتی گردد، درباره‌ی اجرا و یا در طول اجرا درخصوص تداوم پروژه، تصمیم‌گیری شود (جوجرسان و شپارد، ۲۰۰٤).

۳- مدل‌سازی بهای تمام‌شده براساس الگوبرداری از COCOMO II

۳-۱- تعیین اندازه‌ی پروژه به‌منظور محاسبه‌ی بهای تمام‌شده

یکی از مسائل مهم در برآورد بهای تمام‌شده‌ی پروژه، پیش‌بینی اندازه‌ی پروژه است، چون هزینه و کیفیت پروژه به‌طور ذاتی به این عامل بستگی دارد. تعداد نفر ساعت واحد اصلی اندازه‌گیری پروژه در بسیاری از مدل های الگوریتمی می‌باشد. تعریف " یک ساعت نفر ساعت" به‌خاطر وجود تفاوت‌های مفهومی بین سطح تخصصی و نوع کار اجراشده، شرایط و امکانات اجرا و... کار پیچیده ای است. درواقع در پروژه‌های خدمات مهندسی، هدف، تعیین میزان کار فکری انجام‌شده برای تکمیل پروژه است اما مشکل از آن‌جا شروع می‌شود که بخواهیم معیار ثابتی برای تمام سطوح کار تخصصی و کارهای تخصصی مختلف تعریف شود. مشکل دیگری که در استفاده‌از این روش وجود دارد این است که برآورد دقیق اندازه و عمق کار تخصصی در مراحل اولیه پروژه بسیار مشکل است زیرا اندازه‌ی کار تخصصی به تصمیماتی که برای طراحی پروژه مربوط می‌شود بستگی دارد که در مراحل اولیه، این تصمیمات هنوز اتخاذ نشده‌اند (جوجرسان و شپارد، ۲۰۰٤).

در اوایل به‌کارگیری برآورد بهای تمام‌شده‌ی پروژه، میزان نفر ساعت مقبول‌ترین شیوه‌ی اندازه‌گیری پروژه بود، اما این روش مشکلات متعددی داشت. این معیار به راحتی قابل پیش‌بینی نبوده و به سبک اجرای هر شرکت بستگی دارد.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۴، شماره (۱)، بهار ۱۳۹۸، صفحه: ۷۳-۵۴

یک روش قابل اعتمادتر برای تعیین اندازه‌ی پروژه، فانکشن پوینت[۱] است. تحلیل فانکشن پوینت اولین بار توسط آلن البرشت از شرکت IBM در اواسط دهه ۷۰ میلادی طراحی شد. تحلیل فانکشن پوینت شیوه‌ای برای تفکیک پروژه‌ها به اجزاء کوچکتر به‌منظور تسهیل در درک و بررسی آن‌هاست. انسان برای حل مسائل، آن‌ها را به اجزاء کوچک‌تر و قابل‌فهم می شکند. مسائلی که در نگاه اول بسیار مشکل به‌نظر می‌آیند وقتی که به اجزاء خود شکسته‌شده و طبقه‌بندی می‌شوند، بسیار سهل و آسان هستند. براساس این منطق تعداد اهداف یا بخش‌های اصلی به‌صورت خام برآورد می‌شود و سپس میزان پیچیدگی هریک از آن‌ها تخمین زده می‌شود. هریک از اهداف یا بخش‌ها براساس مقدار ابعاد مشخصات تعریف‌شده برای پیچیدگی در یک طبقه‌ی ساده، متوسط و دشوار طبقه‌بندی شده و براساس آن تعدیل می‌شود (لونگ استریت، ۲۰۰٤).

فانکشن پوینت یک واحد اندازه‌گیری ترتیبی مثل کیلومتر، ساعت، درصد، و امثال آن‌ها می باشد. این روش، پروژه را از طریق تفکیک، به قابلیت‌هایی که براساس طراحی منطقی برای مناقصه‌گزار[۲] فراهم می‌کند، اندازه‌گیری می‌کند. روش فانکشن پوینت تعداد قابلیت‌های پروژه را از دیدگاه مناقصه‌گزار شمارش می‌کند. برای این کار، ابتدا اجزای قابل‌تشخیص توسط مناقصه‌گزار شناسایی و به‌وسیله چند ضریب پیچیدگی تعدیل‌شده و باهم جمع می‌شوند. چون انتخاب قابلیت‌ها ازمنظر مناقصه‌گزار صورت می‌گیرد، نتایج حاصل از جزئیات فنی مستقل است (جوجرسان و اسجیبرگ، ۲۰۰٤). پس‌از محاسبه‌ی اولیه‌ی اندازه پروژه، از آن به‌عنوان اندازه‌ی اسمی در مراحل بعدی استفاده می‌شود.

براساس الگوبرداری انجام‌شده در مدل توسعه‌یافته، با دانستن اندازه‌ی پروژه، میزان نیروی انسانی لازم برای تکمیل پروژه برمبنای نفر- ماه[۳] از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$PM = \frac{A}{T} \times (Size)^{B} \qquad (۱)$$

که در آن B : فاکتور نمایی تعدیل اندازه‌ی پروژه.

A : ضریب تعدیل‌کننده برآورد فعالیت.

T: ساعات کار عادی ماهانه نیروی انسانی تخصصی برمبنای هزار ساعت[٤].

Size : اندازه‌ی اسمی[۵] پروژه برمبنای هزار نفر ساعت (تعداد نفر ساعت پروژه تقسیم بر ۱۰۰۰).

PM : اندازه تطبیق‌یافته‌ی[٦] پروژه برمبنای نیروی انسانی به نفر- ماه.

مدل توسعه‌یافته دارای یک فاکتور نمایی برای درنظر گرفتن صرفه یا عدم صرفه مقیاس[۷] در هنگام افزایش اندازه‌ی پروژه است. این فاکتور به‌صورت توان اندازه‌ی پروژه (B) نشان داده می‌شود. یک ضریب ثابت هم برای نشان دادن اثر افزایش اندازه‌ی پروژه بر میزان نیروی انسانی موردنیاز در مدل وجود دارد (بوهم و همکاران ب، ۱۹۹۵).

برای محاسبه‌ی اندازه‌ی اسمی پروژه برمبنای هزار نفر ساعت به‌صورت ذیل عمل می‌شود:

---

[۱] Function Point

[۲] User identifiable process or component

[۳] Person – Month (PM)

[٤] **به‌طورمعمول در محاسبات استاندارد بین المللی میزان ساعات کار عادی ماهانه نیروی‌های انسانی تخصصی ۱۵۲ ساعت می‌باشد که بر مبنای هزار ساعت ۰/۱۵۲ می‌باشد.**

[۵] Nominal

[٦] Adjusted

[۷] Diseconomies of scale

$$NT_{FP} = \sum_i (AC_i \times T_i) \quad (۲)$$

$$AC_i = \frac{RO_i}{EO_i} \quad (۳)$$

$$Size = \frac{\text{تعداد کل نفر ساعت پروژه}}{۱۰۰۰} \quad (۴)$$

$$\text{Size} = \frac{۱}{۱۰۰۰} \sum NT_{FP_i}$$

NTFP: زمان نرمال هریک از فانکشن پوینت‌ها یا آبجکت پوینت[1]ها.

ACi: ضریب عملکرد برای فعالیت i.

Ti: متوسط زمان اجرای فعالیت i.

ROi: بازدهی واقعی فعالیت i.

EOi: بازدهی مورد انتظار فعالیت i.

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که اختلاف بین اندازه‌ی اسمی پروژه (Size) و اندازه‌ی تطبیق‌یافته‌ی پروژه (PM) می‌تواند تا بیش از ۶۰۰ درصد باشد. دلایل این امر می‌تواند موارد متعددی از جمله پیچیدگی پروژه‌ها و دشواری و انحراف در برآورد اولیه‌ی اندازه‌ی پروژه باشد (جانسون، ۱۹۹۸). براین‌اساس، به‌منظور جلوگیری از انحراف و اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و مقادیر واقعی، شرط ذیل برای مدل تعریف می‌گردد. درصورتی که جواب مسئله در این شرط صدق نکرد پروژه در مقیاس موردنظر با شرایط و امکانات تعریف‌شده توجیه مقیاس اقتصادی و اجرایی ندارد (الوانی و میرشفیعی، ۱۳۸۸).

$$۱ \le \frac{۱}{۲}\left(\frac{\frac{Size}{T}}{PM} + \frac{PM}{\frac{Size}{T}}\right) \le ۳ \quad (۵)$$

۳-۲- تعیین مقدار فاکتورهای تعدیل اندازه‌ی نمایی

برای تعیین مقدار فاکتور تعدیل اندازه‌ی نمایی (B) مقادیر عددی درجه‌بندی فاکتورهای تعدیل اندازه پروژه با هم جمع شده و در فرمول زیر قرار می‌گیرند:

$$B = ۰/۹۱ + ۰/۰۱ \sum_{i=۱}^{۵} w_i \quad (۶)$$

پنج فاکتور برای تعدیل اندازه به‌قرار زیر تعریف شده است:

[1] Object point

- *سابقه اجرایی[۱]: میزان تجربه‌ی قبلی شرکت را در کار بر روی این نوع پروژه نشان می‌دهد. خیلی کم یعنی شرکت هیچ‌گونه تجربه‌ی قبلی در این زمینه ندارد. فوق‌العاده زیاد به‌معنی این است که شرکت کاملا با موضوع آشناست.*
- *قابلیت انعطاف در اجرا[۲]: نشان‌دهنده‌ی میزان انعطاف در اجرا است. خیلی کم یعنی فرآیندهای اجرا ازقبل تعیین‌شده هستند. فوق‌العاده زیاد به‌معنی این است که مشتری فقط اهداف کلی را معین کرده است.*
- *شفاف بودن ریسک ارکان پروژه[۳]: میزان تحلیل و بررسی ریسک انجام‌شده را اندازه می‌گیرد. خیلی کم یعنی بررسی ناچیزی صورت‌گرفته و فوق‌العاده زیاد یعنی بررسی به‌صورت کامل و مفصل انجام شده است. این فاکتور به‌دنبال پاسخ به این سوال است که اجزای پروژه تا چه‌اندازه دقیق معین شده است.*
- *همکاری تیمی[۴]: میزان همکاری اعضای تیم اجرا را با همدیگر نشان می دهد. خیلی کم یعنی اعضای تیم در همکاری و ارتباط با هم دچار مشکل هستند. فوق‌العاده زیاد یعنی اعضاء همکاری بی وقفه ای با هم دارند.*
- *بلوغ فرآیندهای اجرا [۵]: میزان بهبود انجام‌گرفته در فرآیندهای اجرا را نشان می‌دهد. این فاکتور یک درجه‌بندی ۵ سطحی دارد. در سطح اول، شرکت دارای فرآیندهای تثبیت‌شده‌ای برای اجرا نیست. این‌گونه شرکت‌ها شرایط باثباتی ندارند و قادر به تکرار موفقیت‌های قبلی نیستند. در سطح دو، شرکت‌ها قادر به تکرار فرآیندهای موفق قبلی در پروژه‌های بعدی هستند. شرکت‌ها در این سطح از اندکی مدیریت پروژه بهره‌مند هستند اما هنوز خطر سرریز شدن هزینه‌ها از میزان بودجه‌شده وجود دارد. در سطح سه، شرکت فرآیندهای استانداری را برای اجرای پروژه تعریف کرده و در طول زمان آن‌ها را بهبود می‌دهد. این شرکت‌ها از یک ثبات رویه در بین پروژه‌های مختلف خود برخوردارند. در سطح چهار، مدیریت با استفاده‌از اندازه‌گیری‌های دقیق، فرآیند اجرا را به‌طور موثری کنترل می‌کند. مدیریت می‌تواند راه‌های تعدیل و تطبیق فرآیندها با ویژگی‌های پروژه‌های مختلف را با کم‌ترین میزان افت کیفیت شناسایی کند. در سطح پنج، شرکت‌ها به بهبود مستمر فرآیندها از طریق نوآوری‌های فناورانه متمرکز هستند.*

جدول ۱ درجه‌بندی این فاکتورها را به‌همراه مقادیر عددی استاندارد آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- درجه‌بندی فاکتورهای تعدیل.

فاکتورهای تعدیل	خیلی کم	کم	معمولی	زیاد	خیلی زیاد	فوق العاده زیاد
PREC	کاملا بدون سابقه	بدون سابقه زیاد	تا حدودی بدون سابقه	آشنایی معمولی	آشنایی زیاد	آشنایی کامل
	۶/۲	۴/۹۶	۳/۷۲	۲/۴۸	۱/۲۴	۰
FLEX	سخت	گاهی آزادی	مقداری آزادی	راحتی معمولی	راحتی زیاد	اهداف کلی
	۵/۰۹	۴/۰۵	۳/۰۴	۲/۰۳	۱/۰۱	۰
RESL	اندك(۲۰%)	مقداری (۴۰%)	اغلب(۶۰%)	معمولا (۷۵%)	اکثرا (۹۰%)	کاملا (۱۰۰%)
	۷/۰۷	۵/۶۵	۴/۲۴	۲/۸۳	۱/۴۱	۰
TEAM	ارتباطات بسیار مشکل	ارتباطات مقداری مشکل	ارتباطات همکارانه اولیه	همکاری زیاد	همکاری بسیار زیاد	تعاملات یکپارچه
	۵/۴۸	۴/۳۸	۳/۲۹	۲/۱۹	۱/۱	۰
PMAT	سطح ۱ پایین	سطح ۱ بالا	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴	سطح ۵
	۷/۰۸	۶/۲۴	۴/۶۸	۳/۱۲	۱/۵۶	۰

بنابراین در یک پروژه خدمات مهندسی که اندازه‌ی آن ۱۰۰ هزار نفر ساعت[۶] است (۶۵۸ نفرماه) و درجه‌ی تمام فاکتورهای تعدیل آن روی فوق‌العاده زیاد (۰) تنظیم شده باشد، $\sum w_i = ۰$ و $B = ۰/۹۱$ و نیروی انسانی لازم $۱۰۰^{۰.۹۱} = ۴۳۵$ و $\frac{۱}{۰.۱۵۲}$ نفر ماه می باشد.

[۱] Precedentedness (PREC)

[۲] Development Flexibility (FLEX)

[۳] Risk Resolution of Project Components (RESL)

[۴] Team Cohesion (TEAM)

[۵] Process Maturity (PMAT)

[۶] **واحد اندازه گیری پروژه در این مدل هزار نفر ساعت است**

در همین پروژه اگر درجه‌ی تمام فاکتورهای تعدیل آن روی خیلی‌کم تنظیم شود، $\sum w_i = ۳۰/۸۹$ و $B = ۱/۲۲$ و نیروی انسانی لازم $\frac{۱}{۰.۱۵۲} \times ۱۰۰^{۱.۲۲} = ۱۸۱۲$ نفر ماه می‌باشد. این نشان‌دهنده‌ی تاثیر تغییر پارامتر B بر دامنه‌ی تغییرات جواب در مدل می باشد.

به‌طورکلی اگر $B < 1$ باشد پروژه دارای صرفه‌های اقتصادی مقیاس است، یعنی اگر اندازه‌ی پروژه دوبرابر شود اندازه‌ی نیروی انسانی کم‌تر از دو برابر افزایش می‌یابد. اگر $B = 1$ باشد صرفه و عدم صرفه‌ی ناشی‌از مقیاس برای پروژه باهم برابرند. اگر $B > 1$ باشد وجود عدم صرفه‌های مقیاس را برای پروژه نشان می‌دهد. این موضوع معمولا دو دلیل عمده دارد: رشد هزینه به‌علت افزایش ارتباطات بین پرسنل و رشد هزینه‌ی ناشی‌از یکپارچه کردن سیستم های بزرگ (خارج شدن از منطقه‌ی اقتصادی تابع تولید).

۳-۳- ضرایب تعدیل‌کننده‌ی برآورد فعالیت[۱]

در این مدل، هفده (۱۷) ضریب تعدیل برآورد برای نشان دادن اثر شرایط حاکم بر فرآیند اجرا در برآورد پروژه تعریف شده است. جدول ۲ تمام ضرایب تعدیل مدل را به‌همراه درجه‌بندی آن‌ها نشان می‌دهد. این ضرایب ویژگی‌های موثربر فرآیند اجرای پروژه هستند که برآورد اولیه‌ی پروژه را تعدیل می‌کنند. این ضرایب ارزش عددی استاندارد دارند و درهم ضرب می‌شوند تا عامل نیروی انسانی را در مدل تعدیل کنند. ارزش اسمی تعیین‌شده برای هر کدام از این ضرایب برابر ۱ است. اگر ضریب، اثر افزاینده روی برآورد اولیه داشته باشد مقدار آن بزرگ‌تر از ۱ است. بالعکس، اگر ضریب، عامل نیروی انسانی را کاهش دهد مقدار آن کوچک‌تر از ۱ می شود (بوهم و همکاران ب، ۱۹۹۵).

بنابراین، مقدار ضریب A در فرمول ۱ به‌وسیله‌ی فرمول زیر محاسبه می شود:

$$A = ۰.۷۳ \times (۲.۱ + \log(\prod EM_i)) . \qquad (۷)$$

مجموعه‌ی ۱۷ ضریب تعدیل مدل در ٤ گروه مختلف دسته‌بندی شده‌اند:

- *فاکتورهای پروژه یا نتیجه‌ی پروژه که ویژگی‌های موردنیاز برای پروژه یا نتیجه پروژه هستند.*
- *فاکتورهای پلت فرم (زمینه اجرای پروژه) که به محدودیت‌های فیزیکی و سخت‌افزاری موجود در پروژه دلالت دارند.*
- *فاکتورهای نیروی انسانی که به قابلیت‌ها و تجربیات تیم اجرای پروژه می‌پردازند.*
- *فاکتورهای پروژه که ویژگی‌های خاص اجرای پروژه را موردتوجه قرار می‌دهند.*

در ادامه به‌طور تفصیلی به تشریح معیارهای هریک از این گروه ها پرداخته می‌شود.

۳-۳-۱- فاکتورهای پروژه یا نتیجه‌ی پروژه

- *قابلیت اطمینان موردنیاز[۲]*

این پارامتر میزان صحت عملکرد محصول یا نتیجه‌ی پروژه را در طول زمان استفاده از آن اندازه‌گیری می‌کند. اگر پیامد بروز عیب در آن یک آسیب جزئی باشد مقدار این پارامتر در مدل "کم[۳]" تعیین می‌شود. اگر عیب در عملکرد آن آسیب جانی و مالی گسترده‌ای داشته باشد مقدار آن "خیلی زیاد[٤]" درنظر گرفته می‌شود.

---

[۱] Effort Multipliers (EM)

[۲] Required Reliability (RELY)

[۳] Low

[٤] Very high

- *اندازه‌ی داده و اطلاعات مورد نیاز*[۱]

این پارامتر اثر حجم داده‌ها و اطلاعات موردنیاز برای اجرای پروژه را برمیزان فعالیت لازم برای تکمیل پروژه نشان می‌دهد. این کار با محاسبه‌ی نسبت اندازه فعالیت گردآوری داده و اطلاعات به‌اندازه‌ی پروژه محاسبه می‌شود. اگر نسبت حاصل کم‌تر از ۰/۱ باشد مقدار این فاکتور "کم" و اگر این نسبت بیش‌تر از ۰/۸ باشد مقدار آن "خیلی زیاد" تعیین می‌گردد.

- *پیچیدگی پروژه یا محصول آن*[۲]

این عامل متشکل از ۵ جزء می‌باشد که عبارت‌اند از:

- *عملیات اجرا و کنترل.*
- *ماهیت تصادفی، احتمالی یا قطعی اطلاعات، داده‌ها، و اجزای (فعالیت‌های) پروژه.*
- *ماهیت ساختاریافته یا ساختارنیافته اطلاعات، داده‌ها، و اجزای (فعالیت‌های) پروژه*
- *مدیریت ارتباطات و تعاملات بین اعضا و تیم‌های درگیر پروژه و هم‌چنین مشتری یا کارفرما (عملیات تحویل پروژه).*
- *ماهیت و پیچیدگی نتایج و خروجی پروژه.*

براساس این عوامل میزان پیچیدگی پروژه یا محصول آن طبق درجه‌بندی آن که از "خیلی کم " تا "فوق‌العاده زیاد " می‌باشد انتخاب می‌شود.

- *قابلیت استفاده‌ی مجدد موردنیاز*[۳]

این پارامتر میزان فعالیت اضافی که برای تولید زیرپروژه‌های قابل استفاده در پروژه‌های جاری و آتی لازم است را اندازه‌گیری می‌کند. این فعالیت شامل انجام طراحی دقیق‌تر پروژه، مستندسازی کامل‌تر، انجام تست‌های بیش‌تر برای اطمینان از درست عمل کردن زیرپروژه‌ها در پروژه‌های دیگر می‌باشد.

- *میزان مستندسازی موردنیاز برای طول چرخه عمر نتیجه‌ی پروژه*[۴]

مدل‌های مختلف برآورد عامل مستندات لازم را در محاسبات خود لحاظ کرده‌اند. در این مدل، درجه‌بندی این فاکتور برحسب میزان تناسب با نیازهای طول چرخه‌ی عمر محصول یا نتیجه‌ی پروژه تعیین شده است.

۳-۳-۲- فاکتورهای پلت فرم (زمینه‌ی اجرای پروژه)

پلت فرم (زمینه‌ی اجرای پروژه) به ترکیب زمان، مکان، و منابع، که زیرساخت‌های موردنیاز برای اجرای پروژه را فراهم می کند اطلاق می شود (مثل مکان اجرا، محدوده زمانی اجرا، و تجهیزات و سخت افزار).

---

[۱] Database Size (DATA)
[۲] Product Complexity (CPLX)
[۳] Required Reusability (RUSE)
[۴] Document Match to Life-Cycle Needs (DOCU)

- *محدودیت زمان اجرا* [۱]

این عامل میزان محدودیت زمانی که پروژه هنگام اجرا با آن مواجه است را نشان می‌دهد. این عامل زمانی معنا پیدا می‌کند که پروژه می‌بایست فعالیت‌های لازم را در کم‌ترین زمان ممکن انجام دهد (مثل پروژه‌های اضطراری و یا پروژه‌های حوزه نظامی). هم‌چنین گاهی اوقات در استفاده‌از تجهیزات و سخت افزار نیز محدودیت زمانی وجود دارد.

- *محدودیت فضای اجرا* [۲]

این فاکتور محدودیت فضای اجرا و استقرار را که بر اجرای پروژه حاکم است نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال در یک فضای کوچک از برخی امکانات و تجهیزات سخت‌افزاری نمی‌توان استفاده نمود.

- *تغییرپذیری پلت فرم* [۳]

این فاکتور به بررسی میزان تغییرات اساسی و جزئی در پلت فرم اجرای پروژه می‌پردازد. این عامل زمانی معنا دارد که امکان تغییر در پلت فرم اجرای پروژه محتمل و یا وجود داشته باشد.

۳-۳-۳- فاکتورهای نیروی انسانی

- *توانایی تحلیلگران* [۴]

تحلیلگران افرادی هستند که روی موضوع الزامات سیستم و طراحی کلیات و جزئیات سیستم کار می‌کنند. مهم‌ترین ویژگی‌هایی که در درجه‌بندی این فاکتور باید درنظر گرفته شوند، توانایی، کارایی، و قدرت برقراری ارتباط و همکاری گروه تحلیلگران با دیگران است.

- *توانایی طراحان* [۵]

ارزیابی این فاکتور باید برمبنای گروه طراحان باشد نه برمبنای تک تک آن‌ها. مهم‌ترین ویژگی‌هایی که در درجه‌بندی این فاکتور باید درنظر گرفته شوند، توانایی، کارایی، و قدرت برقراری ارتباط و همکاری با دیگران است.

- *استمرار نیروی انسانی در پروژه* [۶]

درجه‌بندی این عامل برحسب میزان گردش سالانه‌ی پرسنل درگیر در پروژه از تغییر ۳% تا ۴۸% ، متغیر می‌باشد.

- *تجربه‌ی نیروی انسانی در زمینه‌ی اجرای پروژه* [۷]

درجه‌بندی این فاکتور به سطح تجربه‌ی کاری تیم اجرای پروژه روی این نوع پروژه‌ها می‌باشد.

- *تجربه‌ی نیروی انسانی از پلت فرم اجرای پروژه* [۸]

---

۱ Execution Time Constraint (TIME)
۲ Main Space Constraint (SPAC)
۳ Platform Volatility (PVOL)
۴ Analyst Capability (ACAP)
۵ Designer Capability (DCAP)
۶ Personnel Continuity (PCON)
۷ Implementation Experience (IEXP)
۸ Platform Experience (PEXP)

درجه‌بندی این فاکتور براساس بهره‌وری ناشی از تجربه‌ی کار تیم پروژه با پلت‌فرم و شرایط اجرای این نوع پروژه‌ها می‌باشد.

- *تجربه‌ی نیروی انسانی از ابزار موردنیاز پروژه*[1]

این فاکتور معیاری برای تشخیص میزان تجربه‌ی تیم اجرای پروژه در زمینه‌ی ابزارهای اجرای پروژه است. فرآیند اجرای پروژه‌های خدمات مهندسی نیازمند استفاده از ابزارهایی است که در شناسایی الزامات سیستم، طراحی سیستم و تحلیل آن، مدیریت تنظیمات، استخراج مستندات سیستم، قالب بندی و شکل دهی پروژه، و آزمون پایداری سیستم مفید می‌باشد. علاوه‌بر داشتن تجربه در طراحی و اجرا در یک حیطه‌ی مشخص، وجود مجموعه ابزارهای پشتیبانی کننده اجرای پروژه هم در کاهش زمان اجرا موثر است.

۳-۳-٤- فاکتورهای اجرای پروژه

- *استفاده از ابزارهای تخصصی*[2]

استفاده از ابزارهای نرم‌افزاری و سیستم‌های خبره از دهه ۱۹۷۰ در اجرای پروژه‌های مهندسی رواج یافت و به‌طور مستمر بهبود قابل ملاحظه‌ای یافته است. لذا این فاکتور در مدل درنظر گرفته شده است. درجه‌بندی این پارامتر از بهره‌گیری از ابزارهای ساده، "خیلی کم" تا ابزارهای تخصصی و مدیریت یکپارچه چرخه عمر پروژه[3]*، "خیلی زیاد" تعیین شده است.*

- *توسعه و اجرای پروژه در چند پایگاه*[4]

با افزایش تعداد پایگاه‌های کاری اجرای پروژه در چند بخش و اثر با اهمیتی که این پدیده در هزینه‌ی اجرای پروژه دارد، این پارامتر در مدل طراحی‌شده درنظر گرفته شده است. درجه‌بندی این فاکتور به تعیین و ارزیابی دو عامل بستگی دارد: یکپارچگی پایگاه‌های اجرای پروژه[5] *(از یکپارچگی کامل*[6] *تا پراکندگی بین المللی پایگاه‌های اجرا*[7]*) و میزان ارتباطات تیم اجرای پروژه (از نامه‌نگاری ساده و تلفن تا استفاده از امکانات چندرسانه‌ایی کامل از قبیل پست الکترونیک، شبکه های اینترنتی، ویدئو کنفرانس و غیره).*

- *فشردگی زمان‌بندی موردنیاز برای اجرای پروژه*[8]

این عامل میزان محدودیت زمانی که بر تیم اجرای پروژه تحمیل می‌شود را نشان می‌دهد. درجه‌بندی این عامل برحسب درصد افزایش و کاهش در زمان‌بندی نرمالی که برای تکمیل پروژه لازم است تعریف می‌شود. کاهش زمان‌بندی به‌خاطر افزایش فشار کاری تیم اجرا منجر به افزایش میزان فعالیت در مراحل پایانی تولید می‌شود.

---

[1] Tool Experience (TEXP)
[2] Use of Expert Tools (TOOL)
[3] Integrated life-cycle management tools
[4] Multisite Development (SITE)
[5] Site collection
[6] Fully collected
[7] International distribution
[8] Required Development Schedule (SCED)

جدول ۲- ضرایب تعدیل مدل توسعه‌یافته.

گروه		خیلی کم	کم	معمولی	زیاد	خیلی زیاد	فوق العاده زیاد
فاکتورهای محصول یا نتیجه‌ی پروژه	RELY	آسیب مختصر	کم، زیان ساده قابل ترمیم	متوسط، زیان ساده قابل ترمیم	زیان شدید مالی	زیان مالی و خطر جانی برای انسان	
	DATA		اندازه‌ی پایگاه داده/اندازه کد نرم‌افزار<۱۰	بین ۰/۱ و ۰/۴	بین ۰/۴ و ۰/۸	بیش‌تر از ۰/۸	
	CPLX	خیلی کم	کم	معمولی	زیاد	خیلی زیاد	فوق‌العاده زیاد
	RUSE		ندارد	در طول گردآوری داده	در طول تحلیل	در طول طراحی	در طول اجرای پروژه
	DOCU	بسیاری از نیازهای چرخه‌ی عمر پروژه پوشش داده نشده	برخی از نیازهای چرخه عمر پروژه پوشش داده نشده	متناسب با نیازهای چرخه عمر پروژه	زیادتر از نیازهای چرخه عمر پروژه	خیلی زیادتر از نیازهای چرخه عمر پروژه	
فاکتورهای زمینه‌ی اجرای پروژه	TIME			کم‌تر از ۵۰% زمان اجرایی موجود	۷۰%	۸۵%	۹۵%
	SPAC			کم‌تر از ۵۰% فضای موجود	۷۰%	۸۵%	۹۵%
	PVOL		تغییرات اساسی کم تغییرات جزئی کم	اساسی متوسط جزئی متوسط	اساسی متوسط جزئی زیاد	اساسی زیاد جزئی زیاد	
فاکتورهای نیروی انسانی	ACAP	صدک پانزدهم	صدک سی‌و پنجم	صدک پنجاه‌و پنجم	صدک هفتادو پنجم	صدک نودم	
	PCAP	صدک پانزدهم	صدک سی‌و پنجم	صدک پنجاه‌و پنجم	صدک هفتادو پنجم	صدک نودم	
	PCON	۴۸% درسال	۲۴% درسال	۱۲% درسال	۶% درسال	۳% درسال	
	IEXP	کم‌تر از۲ماه	۶ ماه	۱سال	۳سال	۶ سال	
	PEXP	کم‌تر از۲ماه	۶ ماه	۱سال	۳سال	۶ سال	
	TEXP	کم‌تر از۲ماه	۶ ماه	۱سال	۳سال	۶ سال	
	TOOL	کدنویسی، ویرایش و اصلاح	یکپارچه‌سازی اندک	ابزارهای ساده چرخه‌ی عمر، یکپارچه‌سازی متوسط	ابزارهای پیچیده چرخه‌ی عمر، یکپارچه‌سازی متوسط	ابزارهای پیچیده چرخه‌ی عمر، یکپارچه‌سازی خوب با فرآیندها، متدها و روش‌های متجدد	
فاکتورهای پروژه	SITE: یکپارچگی پایگاه	بین‌المللی	چند شهر و چند شرکت	چند شهر یا چند شرکت	یک شهر یا منطقه	یک ساختمان یا مجموعه	کاملا مجتمع در یک محل
	SITE: پشتیبانی ارتباطات	تلفن و پست محدود	تلفن و فکس اختصاصی	شبکه و ایمیل	ارتباطات شبکه‌ای گسترده	ارتباطات شبکه‌ای به همراه ویدئو کنفرانس	ارتباطات چندرسانه‌ای زنده
	SCED	۷۵%	۸۵%	۱۰۰%	۱۳۰%	۱۶۰%	

هریک از عبارات زبانی مطرح‌شده در جدول ضرایب تعدیل دارای یک مقدار عددی می‌باشند که ارزش‌های عددی استاندارد ضرایب تعدیل مدل توسعه‌یافته به‌صورت جدول ۳ می‌باشد (بوهم و همکاران الف، ۱۹۹۵؛ بوهم و همکاران ب، ۱۹۹۵؛ والردی و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۳- ارزش‌های عددی استاندارد ضرایب تعدیل مدل توسعه‌یافته.

گروه			خیلی کم	کم	معمولی	زیاد	خیلی زیاد	فوق العاده زیاد
فاکتورهای محصول یا نتیجه‌ی پروژه		RELY	۰/۷۵	۰/۸۸	۱	۱/۱۵	۱/۴۰	–
		DATA	–	۰/۹۴	۱	۱/۰۸	۱/۱۶	–
		CPLX	۰/۷۰	۰/۸۵	۱	۱/۱۵	۱/۳۰	۱/۶۵
		RUSE		۱/۱۵	۱	۰/۸۶	۰/۷۰	۰/۵۶
		DOCU	۰/۸۳	۰/۹۱	۱	۱/۱۰	۱/۲۴	–
فاکتورهای زمینه‌ی اجرای پروژه		TIME	–	–	۱	۱/۱۱	۱/۳۰	۱/۶۶
		SPAC	–	–	۱	۱/۰۶	۱/۲۱	۱/۵۶
		PVOL	–	۰/۸۷	۱	۱/۱۵	۱/۳۰	–
	فاکتورهای نیروی انسانی	ACAP	۱/۴۶	۱/۱۹	۱	۰/۸۶	۰/۷۱	–
		PCAP	۱/۴۲	۱/۱۷	۱	۰/۸۶	/۷۰	–
		PCON	۱/۱۵	۱/۰۷	۱	۰/۸۷	۰/۷۱	–
		IEXP	۱/۲۹	۱/۱۳	۱	۰/۹۱	۰/۸۲	–
		PEXP	۱/۲۱	۱/۱	۱	۰/۹	–	–
		TEXP	۱/۱۴	۱/۰۷	۱	۰/۹۵	–	–
	فاکتورهای پروژه	TOOL	۱/۲۴	۱/۱۰	۱	۰/۹۱	۰/۸۳	–
		SITE: یکپارچگی پایگاه	۱/۲۴	۱/۱۰	۱	۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۷۰
		SITE: پشتیبانی ارتباطات	۱/۲۴	۱/۱۰	۱	۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۷۰
		SCED	۱/۲۳	۱/۰۸	۱	۱/۰۴	۱/۱۰	–

۴- برآورد زمان تکمیل پروژه

مدیران پروژه همان‌طور که میزان فعالیت لازم برای تکمیل پروژه و هزینه‌ی کل پروژه را برآورد می‌کنند به مقدار زمان لازم برای اجرای پروژه هم نیازمندند. مدت زمان لازم برای تکمیل پروژه جدول زمان‌بندی پروژه[۱] خوانده می‌شود. سازمان‌ها خواستار آن‌اند که زمان اجرای پروژه را کاهش دهند تا بتوانند علاوه‌بر افزایش بهره‌وری خود، پروژه را در موعد مقرر تحویل دهند (بوهم و همکاران الف، ۱۹۹۵؛ بوهم و همکاران ب، ۱۹۹۵).

براساس مدل طراحی‌شده برای محاسبه مدت زمان لازم برای تکمیل پروژه (TDEV) از فرمول ذیل استفاده می‌شود:

$$TDEV = \frac{(SCED)}{۱۰۰} \times ۳/۶۷ \times PM^{(۰/۲۸+۰/۲(B-۰/۹۱))} \qquad (۸)$$

TDEV مدت زمان برآوردی برحسب ماه از زمان شناسایی نیازمندی‌های پروژه تا هنگامی که پروژه اجرا و تائید می‌شود (که پروژه همه نیازمندی‌های مشخص‌شده را برآورده می‌کند) را دربر می‌گیرد. PM مقدار نیروی انسانی محاسبه‌شده از فرمول ۱ می باشد.

[۱] Project schedule

SCED% درصد افزایش یا کاهش در زمان‌بندی پروژه است. اگر زمان‌بندی پیش‌بینی‌شده تفاوت زیادی با زمان‌بندی برنامه‌ریزی شده داشته باشد بدان معناست که احتمال عدم تحویل پروژه در مدت زمان برنامه‌ریزی شده بالاست (بوهم و همکاران ب، ۱۹۹۵).

برای تشریح نحوه‌ی محاسبه‌ی زمان‌بندی در مدل، با فرض این‌که برآورد کار لازم برای یک پروژه خدمات مهندسی ٦٠ نفر – ماه است و عامل تعدیل اندازه (B) برابر با ۱/۱۷ باشد، دراین صورت مدت زمان لازم برای تکمیل پروژه با استفاده‌از فرمول فوق برابرست با:

$$TDEV = \frac{(۱۰۰)}{۱۰۰} \times ۳/۶۷ \times ۶۰^{(۰/۲۸+۰/۲(۱/۱۷-۰/۹۱))} = ۱۴ month$$

۵- عدم اطمینان در برآورد اندازه و زمان اجرای پروژه

دقت برآوردهای یک الگوریتم برآورد بهای تمام‌شده پروژه به‌میزان اطلاعات دردسترس از پروژه بستگی دارد.

با آغاز و پیشرفت فرآیند اجرای پروژه، اطلاعات بیشتری از پروژه به‌دست می‌آید که باعث می‌شود برآوردهای پروژه به واقعیت نزدیک شده و دقیق‌تر انجام شود.براین‌اساس برخی کاربران مدل ترجیح می‌دهند به‌جای استفاده‌از برآورد نقطه‌ای، از برآورد فاصله‌ای استفاده کنند. برای‌این‌منظور، وقتی‌که اندازه‌ی پروژه از طریق مدل برآورد شد، مقادیر خوش‌بینانه و بدبینانه مقدار فعالیت با درنظر گرفتن یک واحد انحراف استاندارد حول مقدار محاسبه‌شده از فرمول به‌دست می آید (جدول ٤). این مقادیر را می‌توان برای محاسبه‌ی محدوده‌ی زمانی لازم برای تکمیل پروژه نیز به‌کار برد (بوهم و همکاران الف، ۱۹۹۵).

جدول ۴- برآورد فاصله‌ای برای مدل توسعه‌یافته.

میزان پیچیدگی	برآورد خوش بینانه	برآورد بدبینانه
فوق‌العاده زیاد و خیلی زیاد	۰/۵۰	۲
زیاد و متوسط	۰/۶۷	۱/۵
کم و خیلی کم	۰/۸۰	۱/۲۵

۶- محاسبه‌ی بهای تمام‌شده‌ی پروژه

پس‌از محاسبه‌ی اندازه‌ی تطبیق‌یافته‌ی پروژه و برآورد زمان تکمیل آن بر اساس مراحل فوق، باید هزینه‌ی تمام‌شده‌ی اجرای پروژه محاسبه گردد. برای‌این منظور باید نرخ هزینه برای هر ساعت کار نیروی انسانی تعیین گردد. این نرخ باید شامل تمام هزینه‌های مواد (ملزومات)، دستمزد، و سربار به‌ازای هر ساعت کار باشد. باید توجه داشت که عمده‌ترین هزینه در اجرای پروژه‌های خدمات مهندسی، هزینه‌ی دستمزد نیروی انسانی است و باتوجه به این موضوع هزینه سربار براساس ضریبی از هزینه‌ی دستمزد محاسبه می‌شود. بررسی اطلاعات تاریخی نشان داده که معمولا هزینه‌ی سربار برای امور مهندسی در حدود ۲ تا ۳ برابر هزینه‌ی دستمزد خواهد بود. نرخ دستمزد ساعتی استاندارد برای متخصصین مختلف در سطح جهان توسط یونیدو و در کشور ایران براساس فهرست بهای سازمان مدیریت قابل‌دسترسی می‌باشد اما می‌توان از اطلاعات واقعی خود سازمان نیز استفاده نمود (بوهم و همکاران الف، ۱۹۹۵؛ بوهم و همکاران ب، ۱۹۹۵).

۷- مطالعه موردی برمبنای مدل توسعه‌یافته: برآورد پروژه‌ی تدوین برنامه‌ی توسعه‌ی میدان نفتی آزادگان

چهارچوب تشریح‌شده در فوق برمبنای موارد ذیل می باشد:

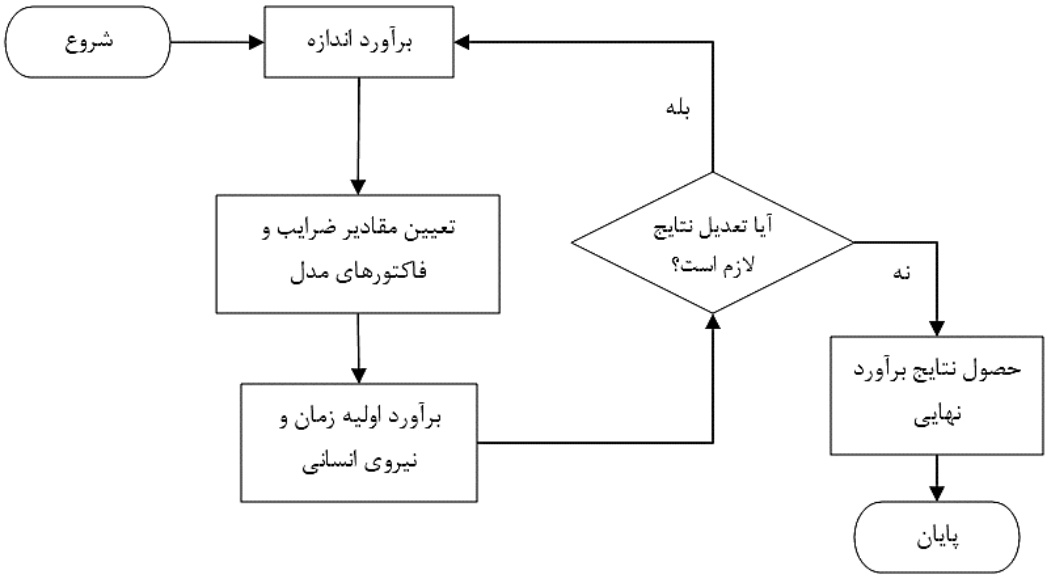
- *الگوبرداری از مدل COCOMO.*
- *دانش و تجربه‌ی کارشناسان و متخصصان درگیر در فعالیت‌های مناقصه‌ای در سازمان‌های ارائه‌کننده خدمات دانشی.*
- *آخرین مطالب تئوریکی مطرح‌شده در ادبیات.*

معمولا برای غنی‌سازی و بهبود مدل طراحی‌شده، شفاف نمودن فاکتورهای موجود در آن، چگونگی مدیریت اجزاء مختلف و موثر تشکیل‌دهنده چهارچوب و موضوعات اصلی و مشکلات کلیدی که بهره برداران در زمان استفاده با آن مواجه می‌شوند، یک مطالعه‌ی

عملی براساس آن صورت می‌پذیرد. بنابراین در ادامه این مقاله، یک مطالعه‌ی موردی براساس چهارچوب ارائه‌شده به‌اجرا در می‌آید که هدف از آن عبارت‌است از:

- *به‌کارگیری چهارچوب توسعه‌یافته برای نشان دادن مفهوم، قابلیت‌ها و محدودیت‌های آن در یک حیطه‌ی خاص و واقعی.*
- *غنی‌سازی و تکمیل چهارچوب ارائه شده.*
- *برجسته نمودن و بحث در خصوص مشکلاتی که بهره برداران هنگام استفاده‌از مدل با آن مواجه می‌شوند.*

بدین‌منظور یکی از پروژه‌های جاری پژوهشگاه صنعت نفت انتخاب شد. موضوع این پروژه، تدوین برنامه‌ی توسعه‌ی میدان نفتی آزادگان بود. شرکت درحال بررسی و تصمیم‌گیری برای ارائه‌ی پیشنهاد به‌منظور حضور در مناقصه‌ی مربوطه می‌باشد و قصد دارد درباره‌ی قیمت پیشنهادی مناقصه تصمیم‌گیری کند. بدین‌منظور، براساس مدل توسعه‌یافته مطابق نمودار ذیل مراحل کار اجرا شد.



شکل ۱- مراحل اجرای مدل برای مطالعه‌ی موردی.

اولین قدم برای اجرای مدل توسعه‌یافته، تعیین اندازه‌ی پروژه است. برای‌این منظور، باتوجه به تجربیات موجود و آشنایی با مراحل و ارکان کار از روش فانکشن پوینت استفاده شد. نحوه‌ی انجام این کار بدین‌صورت بود که براساس طرح اولیه‌ی موجود از میدان نفتی که در مرحله‌ی اکتشاف به‌دست آمده بود، ابتدا بخش‌های پنجگانه‌ی پروژه براساس روش فانکشن پوینت تعیین و تعداد فعالیت‌های هریک از آن‌ها تعیین شد. سپس سهم هریک از بخش‌های پنجگانه و فعالیت‌های آن‌ها از کل پروژه مشخص شد (جدول ۵).

در مرحله‌ی بعد، فعالیت‌های محاسبه‌شده به‌صورت نفر ساعت تبدیل شد و از مجموع آن‌ها اندازه‌ی فانکشن پوینت‌ها و در نهایت اندازه‌ی اسمی پروژه محاسبه گردید. برای این کار از اطلاعات پروژه‌های گذشته و تجربیات خبرگان دارای سوابق در حیطه‌ی مربوطه استفاده شد. پس از محاسبه‌ی اندازه‌ی اسمی پروژه برمبنای نفر ساعت، آن را تقسیم‌بر هزار نموده تا به‌مقیاس هزار نفر ساعت تبدیل شود. همان‌طور که اطلاعات جدول ۵ نشان می‌دهد اندازه‌ی پروژه ٦۰۰۰ هزار نفر ساعت محاسبه شد و با تقسیم آن بر ۱۰۰۰ اندازه‌ی اسمی پروژه‌ی ٦ به‌دست می‌آید.

جدول ۵ - فانکشن پوینت‌ها و فعالیت‌های تشکیل‌دهنده هریک از آن‌ها به‌همراه سهم آن‌ها از کل پروژه.

فازها	شرح فعالیت‌ها	سهم از فرع	اصل	طول مدت اجرا(روز)	زمان اجرا (نفر ساعت)	هزینه (هزار ریال)
۱	جمع آوری داده، مرور آن‌ها و ایجاد بانک داده	%۱۰۰	%۱/۳۸	۲۳	۸۲	۵۵۰۴۷
۱	جمع آوری و مرور داده‌ها	%۷۵	%۱/۰۳	۲۰	۶۲	۴۱۳۸۵
۲	ایجاد بانک داده و ورود داده‌ها به آن	%۲۵	%۰/۳۴	۸	۲۰	۱۳۶۶۲
۲	تعیین مشخصات مخزن	%۱۰۰	%۳۳/۷۹	۱۱۰	۲۰۲۹	۱۳۵۸۴۸۵
۱	مطالعات ژئوفیزیك مخزن	%۱۹	%۶/۴۲	۵۰	۳۸۶	۲۵۷۹۵۵
۲	مطالعات ژئولوژیکی مخزن	%۱۷	%۵/۷۵	۵۰	۳۴۵	۲۳۱۰۳۵
۳	مطالعات پتروفیزیك مخزن	%۱۵	%۵/۰۷	۵۰	۳۰۴	۲۰۳۷۱۲
۴	مطالعات شکاف مخزن	%۱۷	%۵/۷۵	۵۰	۳۴۵	۲۳۱۰۳۵
۵	مهندسی اولیه مخزن	%۱۱	%۳/۷۲	۷۰	۲۲۳	۱۴۹۴۷۰
۶	مطالعات ژئومدلینگ مخزن	%۲۱	%۷/۱۰	۱	۴۲۶	۲۸۵۲۷۸
۳	شبیه‌سازی مخزن	%۱۰۰	%۲۳/۴۵	۷۵	۱۰۴۶	۹۴۱۸۲۰
۱	مدل‌سازی اولیه	%۵۲	%۱۲/۱۹	۵۰	۷۳۱	۴۸۹۷۹۵
۲	پیش‌بینی سناریوی تولید	%۴۵	%۱۰/۵۵	۵۰	۶۳۳	۴۲۳۸۹۹
۳	استخراج نتایج شبیه‌سازی مخزن	%۳	%۰/۷۰	۱۰	۴۲	۲۸۱۲۶
۴	آماده‌سازی MDP و ارزیابی اقتصادی	%۱۰۰	%۳۵/۸۶	۷۵	۲۱۵۲	۱۴۴۰۸۵۵
۱	گزینه‌های مختلف برای زمان‌بندی توسعه‌ی میدان	%۲۵	%۸/۹۷	۴۰	۵۳۹	۳۶۰۴۱۵
۲	تخمین کلی سرمایه و هزینه‌های عملیاتی	%۲۰	%۷/۱۷	۴۰	۴۳۰	۲۸۸۰۹۰
۳	تجزیه و تحلیل اقتصادی	%۲۰	%۷/۱۷	۴۰	۴۳۰	۲۸۸۰۹۰
۴	طراحی پایه تجهیزات سطح زمین	%۳۲	%۱۱/۴۸	۴۰	۶۸۹	۴۶۱۲۶۶
۵	تهیه و ارائه MDP	%۳	%۱/۰۸	۱۵	۶۴	۴۲۹۹۴
۵	مدیریت مخزن، مطالعه عدم اطمینان مخزن و ارزیابی ریسک	%۱۰۰	%۵/۵۲	۷۹	۳۳۱	۲۲۱۷۹۳
۱	انتخاب پارامترهای کلیدی	%۴۷	%۲/۵۹	۲۱	۱۵۵	۱۰۴۰۶۶
۲	تجزیه و تحلیل ریسک	%۴۸	%۲/۶۵	۵۰	۱۵۹	۱۰۶۴۷۷
۳	گزارش مدیریت مخزن	%۵	%۰/۲۸	۱۵	۱۷	۱۱۲۵۰
جمع کل			%۱۰۰	۲۸۰	۶۰۰۰	۴۰۱۸۰۰۰

مرحله‌ی بعدی، تعیین مقادیر ضریب B و A در مدل است. این ضرایب به‌وسیله فرمول‌های مربوطه محاسبه شد و مقدار ضریب B برابر با ۱/۰۶۵۸ طبق جدول ٦ محاسبه گردید.

جدول ۶- محاسبه ضریب B در مدل.

فاکتورهای تعدیل	مقدار	
PREC	زیاد	۲/۴۸
FLEX	کم	۴/۹۶
RESL	زیاد	۲/۸۳
TEAM	زیاد	۲/۱۹
PMAT	زیاد	۳/۱۲
B	۱/۰۶۵۸	

مقدار ضرایب EMi برابر با ۱/۲۳۹ محاسبه گردید و درنتیجه مقدار A برابر شد با ۱/٦ (۰/۷۳ × (۲/۱+log۱/۲۳۹)).

جدول ۷- محاسبه‌ی ضریب A در مدل.

گروه		ضرایب	مقدار ضرایب	ارزش عددی
فاکتورهای محصول یا نتیجه‌ی پروژه		RELY	خیلی زیاد	۱/۴
		DATA	کم	۰/۹۴
		CPLX	زیاد	۱/۱۵
		RUSE	کم	۱/۱۵
		DOCU	خیلی زیاد	۱/۲۴
فاکتورهای زمینه‌ی اجرای پروژه		TIME	معمولی	۱
		SPAC	معمولی	۱
		PVOL	زیاد	۱/۱۵
فاکتورهای نیروی انسانی		ACAP	معمولی	۱
		PCAP	معمولی	۱
		PCON	خیلی زیاد	۰/۷۱
		IEXP	زیاد	۰/۹۱
		PEXP	معمولی	۱
		TEXP	زیاد	۰/۹۵
		TOOL	زیاد	۰/۹۱
فاکتورهای پروژه		SITE یکپارچگی پایگاه	زیاد	۰/۹۱
		SITE پشتیبانی ارتباطات	زیاد	۰/۹۱
		SCED	کم	۱/۰۸
		∏EM		۱/۲۳۹

در مرحله‌ی آخر با داشتن مقدار تمام ضرایب، مقدار نیروی انسانی و زمان لازم برای اجرای پروژه طبق فرمول‌های مربوطه به‌دست آمد.

جدول ۸- نتایج محاسبات مدل.

Size	B	T	EM	A	PM	TDEV
۶	۱/۰۶۵۸	۰/۱۵۲	۱/۲۳۹	۱/۶	۷۱/۱	۱۱/۷۵

محاسبات جدول فوق بیانگر آن است که برای اجرای پروژه تدوین برنامه‌ی توسعه میدان نفتی آزادگان با توجه به شرایطی که طبق ضرایب مدل برای آن فرض شد حدود ۷۱ نفر - ماه کار نیروی انسانی و ۱۱/۷۵ ماه زمان لازم است. با توجه به این‌که در محاسبات، هر نفر - ماه معادل ۱۵۲ ساعت درنظر گرفته شده بنابراین برای تکمیل این پروژه در مجموع ۱۰۸۱۰ ساعت فعالیت مورد نیاز است که متوسط نیروی انسانی ماهانه ٦ نفر می‌باشد. باتوجه به این‌که زمان برنامه‌ریزی شده برای اجرای پروژه ۱۲ ماه می‌باشد و زمان پیش‌بینی‌شده ۱۱/۷۵ ماه است احتمال تحویل پروژه در مدت‌زمان برنامه‌ریزی شده بسیار بالاست.

به‌منظور محاسبه برآورد فاصله‌ای اندازه پروژه، باتوجه به این‌که در مرحله‌ی محاسبه‌ی ضرایب تعدیل، میزان پیچیدگی پروژه زیاد برآورد شده بود؛ محدوده‌ی نتایج برآورد مدل از ۰/٦۷ برابر مقدار محاسبه شده تا ۱/۵ برابر آن می باشد.

مرحله‌ی بعدی تعیین نرخ هزینه برای هر ساعت کار نیروی انسانی است که این نرخ باید شامل تمام هزینه‌های مواد، دستمزد و سربار به‌ازای هر ساعت کار باشد. براساس بررسی سوابق تاریخی مشخص شد که هزینه‌ی سربار در چنین پروژه‌هایی در حدود ۲/۸ برابر هزینه‌ی دستمزد می‌باشد. نرخ دستمزد ساعتی برای متخصصین مختلف فعال در این پروژه براساس نرخ های داخلی سازمان طبق جدول ۹ می باشد.

جدول ۹- نرخ دستمزد ساعتی اعضای تیم اجرای پروژه.

تخصص	نرخ دستمزد (ریال)
مدیر پروژه	۱۰۷۳۰۰
پژوهنده‌ی ارشد (تحلیلگر)	۹۶۶۰۰
پژوهنده‌ی ارشد (طراح)	۹۶۶۰۰
تکنسین	۵۶۲۰۰
آزمایشگر	۴۱۸۰۰

برای پروژه‌ای در ابعاد پروژه‌ی تدوین برنامه‌ی توسعه‌ی میدان نفتی آزادگان، تعداد یک نفر به‌عنوان مدیر پروژه، دو نفر تحلیلگر، دو نفر طراح، یک نفر تکنسین و یک نفر آزمایشگر باید فعالیت کنند. باتوجه به نرخ‌های دستمزد جدول ۹ می‌توان هزینه‌ی کل پروژه را برآورد کرد. جدول ۱۰ خلاصه‌ی محاسبات هزینه را نشان می دهد.

جدول ۱۰- خلاصه‌ی محاسبات هزینه‌ی پروژه‌ی تدوین برنامه‌ی توسعه‌ی میدان نفتی آزادگان.

تخصص	نرخ دستمزد (ریال)	تعداد	ساعت کار ماهانه	هزینه‌ی دستمزد ماهانه (هزار ریال)	هزینه‌ی سربار ماهانه (هزار ریال)	جمع هزینه‌های ماهانه (هزارریال)
مدیر پروژه	۱۰۷۳۰۰	۱	۱۵۲	۱۶۳۰۹/۶	۴۵۶۶۶/۹	۶۱۹۷۶/۵
پژوهنده‌ی ارشد (تحلیلگر)	۹۶۶۰۰	۲	۳۰۴	۲۹۳۶۶/۴	۸۲۲۲۵/۹	۱۱۱۵۹۲/۳
پژوهنده‌ی ارشد (طراح)	۹۶۶۰۰	۲	۳۰۴	۲۹۳۶۶/۴	۸۲۲۲۵/۹	۱۱۱۵۹۲/۳
تکنسین	۵۶۲۰۰	۱	۱۵۲	۸۵۴۲۴۰۰	۲۳۹۱۸/۷	۳۲۴۶۱/۱
آزمایشگر	۴۱۸۰۰	۱	۱۵۲	۶۳۵۳/۶	۱۷۷۹۰/۱	۲۴۱۴۳/۷
						۳۴۱۷۶۵/۹

هزینه‌ی ماهانه‌ی اجرای پروژه ۳۴۱۷۶۵/۹ هزار ریال است که باتوجه به مدت‌زمان اجرای پروژ (۱۱/۷۵ ماه) هزینه‌ی کل پروژه در مدت اجرا برابر ۴۰۱۸ میلیون ریال محاسبه می‌گردد. سپس براساس سهم هریک از فعالیت‌ها از کل پروژه، هزینه‌ی موردنیاز برای هریک از آن‌ها (مطابق جدول ۵) مشخص می‌شود.

۸- اعتبارسنجی مدل توسعه‌یافته

برای حصول اطمینان از صحت برآوردها و به‌منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی و بررسی نتایج حاصل از آن، تعداد کثیری پروژه‌ی دیگر که در گذشته انجام شده و اطلاعات آن‌ها نیز مشخص بود انتخاب و براساس فرآیند مدل پیشنهادی موردبررسی قرار گرفت. درواقع با استفاده‌از اطلاعات تاریخی، نتایج حاصل‌از اجرای مدل، موردبررسی قرار گرفت.

در ادامه، اجرای مدل برای دو پروژه‌ی مطالعه جامع و شبیه‌سازی میدان نفتی البرز و شبیه‌سازی میدان نفتی آسماری ارائه شده است. اطلاعات تفصیلی این پروژه‌ها و خلاصه‌ی اطلاعات مربوط به آن‌ها به‌قرار جداول زیر است:

جدول ۱۱- مشخصات پروژه‌ی مطالعه‌ی جامع و شبیه‌سازی میدان نفتی البرز.

ردیف	مراحل انجام پروژه		درصد از پروژه	نفر ساعت	مدت (ماه)
۱	جمع‌آوری اطلاعات و ایجاد بانک اطلاعاتی		۴/۵	۷۴	۲
۲	مطالعه و ارزیابی	پتروفیزیك	۱۲/۶	۲۰۶	۱
	مخزن	ژئوفیزیك و زمین‌شناسی	۲۸/۴	۴۶۹	۳
		مهندسی مخزن پایه	۱۷/۹	۲۹۶	۲
۳	مدل‌سازی مخزن		۲۰	۳۳۰	۴
۴	پیش‌بینی عملکرد آینده‌ی مخزن		۱۳/۷	۲۲۷	۳
۵	تهیه و تدوین گزارشات		۲/۹	۴۸	۲
جمع کل			۱۰۰	۱۶۵۰	۱۲

** با توجه به هم‌پوشانی فعالیت‌ها زمان اجرای پروژه ۱۲ ماه می‌باشد.

جدول ۱۲- مشخصات پروژه‌ی شبیه‌سازی میدان نفتی آسماری.

ردیف	مراحل انجام پروژه	درصد از پروژه	نفر ساعت	مدت (روز)
۱	جمع‌آوری اطلاعات موجود	۱۵	۳۰۰۰	۲۱۷
۲	جمع‌آوری اطلاعات میدان نفتی	۶۰	۱۲۰۰۰	۷۸۳
۳	جمع‌آوری اطلاعات سطحی میدان نفتی	۸	۱۶۰۰	۱۵
۴	تعریف ساختمان و ساختار سطوح	۱۳	۲۶۰۰	۱۵
۵	تعریف نوع سنگ مخزن	۴	۸۰۰	۱۵
جمع کل		۱۰۰	۲۰۰۰۰	۱۰۴۵

با توجه به هم‌پوشانی فعالیت‌ها زمان اجرای پروژه ۲۴ ماه می‌باشد.

جدول ۱۳- خلاصه‌ی مشخصات پروژه‌های موردنظر.

نام پروژه	اندازه‌ی اسمی (نفرساعت)	زمان اجرا (ماه)	تعداد نفرات	مجموع ساعات کارکرد واقعی (نفرساعت)
مطالعه‌ی جامع و شبیه‌سازی میدان نفتی البرز	۱۶۵۰	۱۲	۴ کارشناس و یک مدیر پروژه	۲۱۲۵
شبیه‌سازی میدان نفتی آسماری	۲۰۰۰۰	۲۴	۱۲ کارشناس و یک مدیر پروژه	۱۶۲۴۰

نتایج برآورد در جدول ١٤ آمده است. طبق جدول ذیل، پروژه‌ی مطالعه‌ی جامع و شبیه‌سازی میدان نفتی البرز ۱۷/۳۸ نفر- ماه کار لازم دارد که با احتساب ۱۵۲ ساعت کار در ماه برای هر نفر، میزان کل ساعت کار برآوردی ٢٦٤٢ می شود. این مقدار با ساعات واقعی کار در اجرای این پروژه بسیار نزدیک است. در مورد پروژه‌ی شبیه‌سازی میدان نفتی آسماری برآورد انجام‌شده حاکی‌از نیاز به ۹۳/۷ نفر-ماه فعالیت است که معادل ١٤٢٤٢ ساعت کار می‌باشد.

جدول ۱۴- نتایج محاسبه‌ی پارامترها و برآورد اندازه‌ی تطبیق‌یافته پروژه توسط مدل.

نام پروژه	Size	EM	A	B	PM	TDEV
مطالعه جامع و شبیه‌سازی میدان نفتی البرز	۱/۶۵	۱/۳۷۰	۱/۶۳۲	۰/۹۶۱۵	۱۷/۳۸	۷/۱۴
شبیه‌سازی میدان نفتی آسماری	۲۰	۰/۰۸۷۴	۰/۷۶	۰/۹۷۸۴	۹۳/۷	۲۲/۲۸

برآوردها را به‌جای نقطه‌ای می‌توان به‌صورت فاصله‌ای نیز انجام داد تا میزان دقت و تطبیق آن‌ها با واقعیت بهتر نمایان شود. برای‌این‌منظور از داده‌های جدول ٤ که در مورد محدوده‌ی نتایج خروجی ارائه شد، باید استفاده نمود. باتوجه به این‌که در انجام دو برآورد اخیر میزان پیچیدگی اندک (کم) بوده است، محدوده نتایج برآورد مدل از ۰/۸۰ برابر مقدار محاسبه‌شده تا ۱/۲۵ برابر آن می باشد. بااین‌حساب، محدوده‌ی برآورد دو پروژه طبق جدول ۱۵ می‌باشد. مشاهده می‌شود که مقادیر ساعات واقعی هر دو پروژه در محدوده‌ی برآورد قرار دارد.

جدول ۱۵- مقایسه‌ی محدوده‌ی نتایج برآورد با مقادیر واقعی.

نام پروژه	بدبینانه	متوسط	خوش بینانه	مقدار واقعی
مطالعه جامع و شبیه‌سازی میدان نفتی البرز	۳۳۰۲	۲۷۰۸	۲۱۱۴	۲۱۲۵
شبیه‌سازی میدان نفتی آسماری	۱۷۸۰۲	۱۴۵۹۸	۱۱۳۹۴	۱۶۲۴۰

پس‌از اجرای مدل و به‌دست آوردن نتایج، اندازه‌ی تطبیق‌یافته‌ی پروژه، زمان پیش‌بینی‌شده و هزینه با اندازه‌ی واقعی، زمان و هزینه‌ای که پروژه در گذشته اجرا شده بود مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج در همه‌ی موارد نشان داد که اندازه، زمان و هزینه‌ی اجرای پروژه در دامنه، میان خوشبینانه و بدبینانه قرار دارد. از این نکته نباید غافل شد که هیچ برآوردی بدون خطا نیست و همواره درصدی از خطا وجود دارد. البته می‌توان از طریق تنظیم[1] مدل بااستفاده از داده‌های حاصل از فعالیت یک شرکت خاص و تحلیل آماری آن‌ها، برآوردهای بهتری برای پروژه‌های آن شرکت به‌دست آورد که این موضوع خود جای تحقیق و بررسی دارد.

۹- نتیجه‌گیری

بیشتر مدل‌های برآورد هزینه، به اندازه‌ی پروژه برای محاسبات خود نیاز دارند. بااین‌حال، برآورد اندازه‌ی پروژه در آغاز آن مشکل است. اگرچه می‌توان برای تعیین اندازه‌ی پروژه از روش فانکشن پوینت و یا آبجکت پوینت استفاده کرد اما این روش‌ها بسیار ذهنی هستند. شرایط خاصی که در هر سازمان وجود دارد در بهره‌وری آن‌ها موثر است و برخی از مدل‌های برآورد اندازه‌ی پروژه برای احتساب این تفاوت‌ها عامل تعدیلی دارند. تخمینگر، برای لحاظ کردن تفاوت بین پروژه‌ی خود با مجموعه اطلاعاتی که مدل براساس آن‌ها شکل گرفته بر این عامل تعدیل اطمینان می‌کند. اما این‌گونه تعمیم‌ها معمولا کافی نیستند. استفاده از محرک‌های هزینه همیشه باعث بهبود دقت برآورد نمی‌شود. در این مدل فرض شد که این محرک‌های هزینه از هم مستقل‌اند اما در عمل واقعا اینطور نیست. خیلی از این عوامل بر یکدیگر اثر می‌گذارند و این باعث می‌شود که روی برخی ویژگی‌ها تاکید بیشتری شود. از طرف‌دیگر، این محرک‌های هزینه به‌شدت ذهنی هستند. به‌علاوه، محاسبات عامل تعدیل، معمولا بسیار پیچیده است. برخی مدل‌ها روی عامل فناوری بسیار حساس می‌باشند. اما این عامل به‌راحتی محاسبه نمی‌شود. علیرغم توسعه‌ی مدل‌هایی برای برآورد بهای تمام‌شده‌ی پروژه، با این‌حال، هیچ مدلی نتوانسته است به‌طور مداوم و در همه‌ی شرایط برآوردهای دقیقی ارائه دهد و این به‌علت مبهم و ناقص بودن اطلاعات مهم پروژه

[1] Calibration

در مراحل اولیه کار می‌باشد. براین‌اساس، مدل‌های مبتنی‌بر منطق‌فازی در قالب دستورهای "اگر ... آنگاه" (استنتاج کیفی) برای کار با این‌گونه اطلاعات دقیق‌تر هستند. هم‌چنین با تلفیق منطق‌فازی و شبکه‌های عصبی می‌توان به نتایج بهتری دست یافت چراکه رویکرد شبکه‌ی عصبی ابزار قدرتمندی برای مدل‌سازی مجموعه‌ی پیچیده‌ای از روابط و معلومات ازمیان اطلاعات گذشته فراهم می‌کند.

منابع

شکوهی، م. ر. (۱۳۹۵). درآمدی بر اقتصاد پیمانکاری در صنعت نفت ایران: بررسی رویکرد ساخت یا خرید. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران, ٤(١٦), ٣١-٨٤.

الوانی، س. م؛ میرشفیعی، ن. (۱۳۸۸). مدیریت تولید. انتشارات آستان قدس.

Black, F. (1976). The pricing of commodity contracts. *Journal of financial economics*, *3*(1-2), 167-179.

Boehm, B., Clark, B., Horowitz, E., Westland, C., Madachy, R., & Selby, R. (1995a). Cost models for future software life cycle processes: COCOMO 2.0. *Annals of software engineering*, *1*(1), 57-94.

Boehm, B., Clark, B., Horowitz, E., Madachy, R., Selby, R., & Westland, C. (1995b). An overview of the COCOMO 2.0 software cost model. *Software technology conference* (p. 21).

Johnson, K. (1998). *Software cost estimation: metrics and models*. Department of Computer Science, University of Calgary.

Jørgensen, M., & Sjøberg, D. I. (2004). The impact of customer expectation on software development effort estimates. *International journal of project management*, *22*(4), 317-325.

Laaksolahti, A. (2005). *Measuring organizational capabilities in the engineering and consulting industry* (Master's Thesis, Department of Industrial Engineering and Management, Lappeenranta University of Technology). Retrieved from http://lutpub.lut.fi/handle/10024/34680

Longstaff, F. A. (1990). The valuation of options on yields. *Journal of financial economics*, *26*(1), 97-121.

Longstreet, D. (2004). *Function points analysis training course*. SoftwareMetrics

Mann, S. V., & Powers, E. A. (2007). Determinants of bond tender premiums and the percentage tendered. *Journal of banking & finance*, *31*(3), 547-566.

Valerdi, R., Boehm, B. W., & Reifer, D. J. (2003, July). 3.1. 1 COSYSMO: a constructive systems engineering cost model coming of age. *INCOSE international symposium* (pp. 70-82). Washington, DC.