بکارگیری

مدیریت ارزش حاصله در پروژه‌های مهندسی

نویسنده: امیرحسین قادری

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده

امروزه مدیریت ارزش حاصله به عنوان یک ابزار کارآمد در فرآیند مدیریت هزینه جایگاه ویژه‌ای پیدا نموده است. همچنین از آنجایی که فاز مهندسی پروژه بصورت پیش‌نیاز فعالیت‌های خرید و ساخت عمل می‌نماید، کنترل وضعیت پیشرفت زمانی و هزینه‌ای آن در موفقیت پروژه‌ها اثر مستقیم می‌گذارد. هزینه‌های این فاز عموماً شامل هزینه نفرساعت‌های صرف شده جهت تهیه نقشه‌ها و مدارک است. بکارگیری مدیریت ارزش حاصله که شامل چگونگی محاسبه مقادیر EV,PV,AC در فاز مهندسی پروژه و تحلیل آنها با استفاده از شاخص‌های مدیریت ارزش حاصله می‌باشد، فرآیند نسبتاً پیچیده‌ای است که در این تحقیق سعی شده است یک متدولوژی اجرایی برای آن ارائه شود.

۱- مقدمه

بازخور در موفقیت هر پروژه نقش اساسی دارد. بازخورهایی در زمانهای مناسب مدیران پروژه را قادر می‌سازد تا مشکلات را در مراحل اولیه پروژه شناسایی نموده و واکنش مناسب را درمقابل آن در جهت حفظ پروژه در محدوده زمانی و بودجه‌ای انجام دهند. مدیریت ارزش حاصله به عنوان یک ابزار ارزیابی عملکرد و همچنین بازخورد شناخته شده است و می‌تواند در زمینه اینکه پروژه اکنون کجاست، به کجا میرود و انتظار می‌رفت اکنون کجا باشد به ما کمک کند.

برای اجرای هر پروژه‌ای ابتدا باید طراحی صورت پذیرد که این کار شامل کارهایی مانند تهیه مشخصه‌های تجهیزات، نقشه‌های اجرایی، دستورالعمل‌های نصب، دیاگرام‌های مربوطه می‌شود. با توجه به اینکه خروجی‌های فاز طراحی مبنای انجام فازهای دیگر پروژه است، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. از آنجا که در این مرحله از پروژه جزئیات کارها مشخص می‌شود، لذا چگونگی انجام فاز مهندسی تا حدودی مبهم است، مگر اینکه شرکت سابقه انجام پروژه مشابهی را داشته باشد.

۲- تاریخچه پیدایش مدیریت ارزش حاصله[1]

۲-۱- Phase 0: Industrial Factory Standards

اولین بار مفهوم مدیریت ارزش حاصله اواخر دهه ۱۸۰۰ میلادی توسط مهندسین صنایع کارخانه‌های آمریکا مطرح گردید. آنها از یک مقیاس سه بعدی برای ارزیابی کارهای خود استفاده می‌کردند، به همین منظور به مقایسه سه فاکتور کار انجام شده واقعی، ارزش حاصل شده و کاربرنامه‌ریزی شده می‌پرداختند.

۲-۲- Phase 1: PERT[1]/Cost

روش PERT اولین بار توسط نیروی دریایی آمریکا در سال ۱۹۵۸ مطرح شد و بر روی مسائل آماری و احتمالی تاکید زیادی داشت. درسال ۱۹۶۲ این مساله مطرح شد که حالا که می‌توان با منطق شبکه زمان را کنترل نمود، چرا منابع را نیز اضافه ننموده و هزینه را نیز کنترل نکنیم که نهایتاً منجر به پیدایش این رویکرد شد. این رویکرد عمر کوتاهی داشت و بزرگترین ویژگی آن استفاده از فاکتور ارزش حاصله در محاسبات خود بود.

۲-۳- Phase 2: C/SCSC[2]

این روش در سال ۱۹۶۷ توسط نیروی دریایی آمریکا معرفی شد. تفاوت عمده آن با روش PERT/Cost این بود که عقیده داشت بجای اینکه یک سیستم کنترل برای پیمانکاران تهیه کنیم، از آنها بخواهیم برای کارهای خود یک سیستم کنترل داشته باشند و تنها آنها را ممیزی نماییم. این سیستم از ۳۵ محدوده تشکیل شده بود که در هر محدوده یک سری نیازمندی‌ها را برای پیاده‌سازی دیکته می‌نمود. یکی از مشکلات عمده در پیاده‌سازی آن، ادبیات پیچیده کلمات بود که تمایل افراد به یادگیری آنها زیاد نبود و در عمل بیشتر در پروژه‌های دولتی پیاده‌سازی شد.

۲-۴- Phase 3: EVM[3] (ANSI/EIA 748)

علیرغم ویژگی‌های خوب سیستم قبلی، اما اعتقاد بر این بود که پیاده‌سازی مدیریت ارزش حاصله باید راحت‌تر گردد. به همین منظور کمیته هایی توسط انجمن صنایع دفاعی ملی آمریکا (NDIA) در سال ۱۹۹۵ تشکیل شد. هدف این کمیته، سازگارسازی محدوده‌های تعریف‌شده با نیازهای بخش خصوصی بود. خروجی برگزاری جلسات توسط این کمیته تهیه سیستم مدیریت ارزش حاصله بود که از ۳۲ عنصر تشکیل شده بود. البته این کمیته به این مساله قناعت ننموده و توانستند سیستم مدیریت ارزش حاصله را به عنوان یک استاندارد رسمی از طرف ANSI معرفی نمایند.
فلمینگ در کتابش مراحلی را برای پیاده‌سازی مدیریت ارزش حاصله معرفی نموده است که متدولوژی اجرایی مدیریت ارزش حاصله در پروژه‌های مهندسی بر اساس آن طراحی شده است.[1]

۳- قدم‌های اجرایی [1]

۳-۱- تعریف کامل محدوده پروژه با استفاده از WBS[4]

تعیین محدوده فاز مهندسی شامل تعیین اسناد ومدارکی است که در قالب لیست مدارک پروژه ارائه می‌شود و مبنای کارهایی است که باید در این فاز انجام شود. بطور کلی لیست مدارک پروژه محدوده کلی کارهای لازم در فاز مهندسی را مشخص می‌سازد. [2]

۳-۲- تهیه برنامه زمانبندی پروژه با توجه به محدوده پروژه

در این مرحله پیش‌نیازی و ارتباط بین مستندات مشخص می‌شود. از آنجا که بسیاری از مدارک و نقشه‌ها بر اساس اطلاعات دیگر مستندات تهیه می‌شوند، لذا باید رابطه پیش‌نیازی بین آنها مشخص شود.

۳-۳- تخمین منابع با توجه به محدوده پروژه [4]

منابع عمده‌ای که برای انجام فاز مهندسی مورد نیاز است، عمدتاً نیروی انسانی متخصص است. هرچند منابع دیگری مانند تجهیزات و نرم افزارهای مهندسی نیز مورد نیاز است، اما در این تحقیق از هزینه‌های ثابت چشم‌پوشی نموده و تنها هزینه‌های متغیر نیروی انسانی لحاظ می‌شود. هر سازمان متناسب با سیاست‌های سازمانی خود رتبه‌بندی متفاوتی برای نیروی انسانی خود دارد. ولی بطور کلی می‌توان آنها را بدینصورت دسته بندی نمود:

مهندس رهبر(LE[5]): فردی است با بیش از ۱۰ سال سابقه به بالا که نقش مدیریتی و کنترل کارهای افراد زیر مجموعه را برعهده دارد. تایید نهایی نقشه و یا مدرک تهیه شده نیز بر عهده وی می باشد.

مهندس ارشد(SE[6]): فردی است با حدود ۵ سال سابقه به بالا که انجام بسیاری از طراحی‌ها و کنترل طراحی‌های انجام شده برعهده وی می‌باشد. این گروه از افراد جزء مهندسین رده‌های میانی هستند.

کارشناس(JE[7]): فردی است با حداقل سابقه، که انجام طراحی‌ها بر اساس نیاز افراد سطح بالاتر از وظایف او به شمار می‌رود.

نقشه‌کش (DF[8]): فردی است که در زمینه نقشه‌کشی و استفاده از نرم‌افزارهای نقشه‌کشی دارای مهارت است و در فرآیند تهیه نقشه‌ها کمک می‌کند.

تایپیست(TP[9]): فردی است که در زمینه نرم‌افزارهایی مانند Word , Excel دارای مهارت است و در فرآیند تهیه مدارک نقش دارد.

پس از شناخت منابع در دسترس و منابع مورد نیاز، باید تخمین منابع صورت گیرد. معمولاً یک تخمین‌زن را با کلمه تجربه می‌شناسند. یک تخمین‌زن از تجربه خود جهت تخمین‌زدن استفاده می‌کند و نهایتاً بر اساس تجربه خود تخمین نهایی را اصلاح می‌نماید. فاز مهندسی نیز از این قاعده مستثنی نیست و معمولاً افراد باتجربه کار تخمین نفرساعت مورد نیاز جهت تهیه نقشه‌ها و مدارک را انجام میدهند. قابل ذکر است با توجه به مبهم بودن کار تهیه نقشه‌ها و مدارک مهندسی، داشتن تجربه نمونه‌های مشابه قبلی کمک زیادی در برآورد نفرساعت مورد نیاز جهت تهیه مدارک می‌کند. معمولاً اطلاعات مدارک و نقشه‌های طراحی پایه کمک زیادی به برآورد نفرساعت مدارک طراحی تفصیلی می‌کند. برای تخمین احجام کار و نفر ساعتهای مورد نیاز فاز اجرای پروژه استانداردهای متعددی وجود دارد که با استفاده از آنها و تجربه افراد می‌توان کارهای اجرا را برآورد نمود، ولی برای کارهای مهندسی استانداردها کمک چندانی ننموده و هر سازمان با توجه به توانایی‌ها و شرایط سازمان خود نفرساعت‌های مهندسی را برآورد مینماید.

روش تخمینی که نیز استفاده می‌شود تخمین پایین به بالاست که در پایینترین سطح WBS تخمین انجام میشود.[4]

تخمین باید برای چه چیزی انجام شود؟ [4]

در مواردی باید برای یک فرآیند و در مواردی باید برای یک مدرک یا نقشه تخمین انجام شود. علت این است که گاهی مواقع گروهی از فعالیت‌های بهم پیوسته انجام شده و نهایتاً چندین مدرک یا نقشه تولید می‌شود و نمیتوان تخمین هرکدام از مدارک را جداگانه انجام داد، بلکه باید برای آن فرآیند تخمین صورت پذیرد. به همین منظور تخمین‌زن باید با فرآیند تهیه مدرک آشنایی داشته باشد و از مجموع المانهای لازم، نفرساعت را برآورد کند. برای هر فرآیند یا نقشه یک گروه مهندسی متولی آن است، اما در خلال تهیه نقشه ممکن است لازم باشد افرادی از گروه‌های مهندسی دیگر، مدرک را مرور نموده و یا اطلاعاتی را به آن اضافه نماید که باید این امر را نیز در برآورد خود لحاظ نمود .

پس بطور خلاصه می‌توان گفت باید برای هر فرآیند یا نقشه جدولی مانند جدول ۱ برای تخمین نفرساعت مورد نیاز پرشود. قابل ذکر است در صورتیکه مدرک توسط چند گروه مرور شود، ستون گروه مهندسی مرورکننده برای هرکدام از گروهها تکرار می‌شود.

جدول۱: تخمین نفرساعت

متولی		مرور کننده	
منبع	نفر ساعت	منبع	نفر ساعت
مهندس رهبر		مهندس رهبر	
مهندس ارشد		مهندس ارشد	
کارشناس		کارشناس	
نقشه کش			
تایپیست			

از عوامل موثر در میزان نفرساعتهای مهندسی می‌توان داشتن بانک اطلاعاتی قوی از پروژه‌های مشابه قبلی، مهارت فردی پرسنل مهندسی، نرم افزارهای مهندسی در دسترس، حجم اطلاعات مدرک و عواملی مانند شرایط محیطی کار، سیستم چرخش اطلاعات در سازمان، میزان انگیزش افراد را نام برد. به هر حال از یک تخمین‌زن انتظار می‌رود تمامی عوامل فوق را در تخمین فوق لحاظ نماید و این موارد را می‌تواند بصورت اندوخته اقتضایی و یا مدیریتی به تخمین خود اضافه نماید.

۳-٤- تعیین نقطه کنترل مدیریتی(CAP[10]) [1,3]

هر CAP باید محدوده، زمان و بودجه‌ای از پروژه را شامل شود. CAP نقطه کنترل مدیریتی است که در آن هزینه‌های واقعی با هزینه‌های برنامه‌ای مقایسه می‌شود. یک نقطه کنترل زمانی، هزینه‌ای است که بتوان کار تخصیص‌داده‌شده به هر فرد را بطور مشخص مشاهده نمود.

تعریف مناسب CAP از اهمیت فوقالعاده‌ای برخوردار است، به نحوی که مبنای اندازه‌گیری عناصر اساسی مدیریت ارزش حاصله است. در تعریف آن نباید آنچنان ریز شد و سطحی را انتخاب نمود که نتوان آنرا اندازه‌گیری و کنترل نمود و نباید آنچنان سطح کلانی را در نظر گرفت که کنترل در آن سطح ارزش چندانی نداشته باشد.

جهت پیاده‌سازی سیستم مدیریت ارزش حاصله باید برای هر حساب هزینه چهار مورد حتماً بطور کامل و صریح تعریف شده باشند تا بتوان آنرا پیاده نمود. [1,3]

۱- محدوده کار که معمولاً تحت عنوان بسته‌های کاری تعریف می‌شوند.
۲- محدوده زمانی در نظر گرفته شده برای تکمیل بسته کاری تعریف شده.
۳- منابع و بودجه تایید شده برای انجام بسته‌کاری تعریف شده.
٤- مسئول مشخص برای مدیریت کار و ارائه گزارش از کارهای انجام شده.

معمولاً در شرکتهای مهندسی برای اکثر مدارک و نقشه‌ها تخمین نفرساعت انجام می‌شود، اما لازم نیست در فرآیند مدیریت هزینه همگی این مدارک کنترل شوند. از لحاظ عملی نیز گروهی از مدارک قابل کنترل نیستند وفعالیت‌های LOE[11] هستند، بدینصورت که اطلاعات آنها با توجه به پیشرفت مدارک دیگر تکمیل می‌گردد. با توجه به این امر تنها برای تعدادی از مدارک که نقش کلیدی در پروژه دارند، باید CAP تهیه شود. مدارکی که ارزش مالی زیادی دارند و پرداخت‌هایی از جانب کارفرما در ازای آنها انجام می‌شود، مدارکی که فرآیند فنی پیچیده‌ای دارند و یا فرآیند تهیه طولانی دارند، جزء این دسته از مدارک هستند. نقشه‌هایی مانند P&ID , PFD , Operation Manual مثال‌هایی از این دسته از مدارک هستند.

نهایتاً با توجه به برآورد نفرساعت‌های انجام شده و هزینه واحد هر منبع میتوان مقدار هزینه برنامه‌ریزی‌شده برای هر مدرک یا فرآیند را تهیه نمود، به بیان دیگر از حاصلضرب مقادیر جدول ۱ در هزینه واحد هر منبع مقدار BAC12 بدست می‌آید.

$$BAC = \sum_k \sum_j LE_{kj} * C_{kj} + \sum_k \sum_j SE_{kj} * C'_{kj} + \sum_k \sum_j JE_{kj} * C''_{kj} + \sum_k \sum_j DF_{kj} * C'''_{kj} + \sum_k \sum_j TP_{kj} * C'''_{kj}$$

k شمارنده تعداد گروه‌های مهندسی
j شمارنده منابع انسانی گروه‌های مهندسی
c هزینه واحد منبع

۳-۵- تعیین قدمهای کاری تهیه مدرک یا نقشه همراه با اوزان مربوطه [1,3]

برای انجام محاسبات EV,PV باید مراحل کاری لازم جهت تهیه مدرک یا نقشه مشخص شوند. برای تهیه هر مدرک مراحل متعددی وجود دارد که باید به هر کدام وزنی را متناسب با میزان اهمیت به آن منتسب نمود، بطوریکه مجموع این اوزان ۱۰۰ شود. تعداد مراحل لازم با توجه به پیچیدگی مدرک و همچنین بازه زمانی گزارش‌گیری فرق می‌کند. می‌توان از مایلستون‌های کلی مانند جدول ۲ استفاده نمود و یا میتوان مانند نمایه شماره۱ فرآیند تهیه مدارک مختلف را بطور جداگانه شناسایی و وزن‌هایی را به هر مایلستون از مراحل طراحی تخصیص داد. روش دوم از دقت بالاتری برخوردار است، اما شناسایی فرآیند تهیه مدارک نیز کار ساده‌ای نیست.

جدول ۲: مراحل کاری

t	مراحل کاری (مایلستون‌های تهیه مدرک)	وزن(sw_t)
۱	تهیه طرح دست‌نویس اولیه مدرک یا Sketch نقشه	۵۰٪
۲	تهیه نسخه تایپ شده مدرک یا رسم نقشه	۱۵٪
۳	ویرایش و مرور نسخه تهیه شده توسط تیم مهندسی	۲۰٪
٤	تهیه نسخه نهایی مدرک	۱۵٪

۳-٦- محاسبه مقدار برنامه‌ریزی‌شده (PV)

برای محاسبه مقدار برنامه‌ریزی شده چندین حالت وجود دارد:

۱- درصد پیشرفت برنامه‌ریزی شده(PPCi%) برابر با عدد یکی از مایلستون‌های تهیه مدرک باشد. اینحالت ساده‌ترین حالت است که مقدار PVi از عدد مایلستون محاسبه می‌شود.

۲- $PPC_i\% = sw_t \Rightarrow PV_i = BAC * sw_t$

۳- درصد پیشرفت برنامه‌ریزی شده بین ۲ عدد از مایلستون‌های تهیه مدرک باشد.

در اینحالت سه راهکار وجود دارد:

- در صورتیکه مراحل تهیه مدرک قابل شکست بیشتر باشد، مراحل کار را ریزتر نموده تا عدد درصد پیشرفت برنامه‌ای با عدد مایلستون برابر شود که در اینصورت مانند حالت یک رفتار می‌شود.
- در حالت خوشبینانه می‌توان عدد مایلستون کمتر را به عنوان درصد پیشرفت برنامه‌ای در نظر گرفت. باید توجه داشت در این‌حالت درصد پیشرفت برنامه‌ریزی شده کمتری را قائل می‌شویم که ممکن است تحلیلهای بعدی را تحت تاثیر قرار دهد.

$$sw_{t-1} < PPC_i\% < sw_t \Rightarrow PV_i = BAC * sw_{t-1}$$

- در حالت بدبینانه میتوان عدد مایلستون بیشتر را به عنوان درصد پیشرفت برنامه‌ای در نظر گرفت .

$$sw_{t-1} < PPC_i\% < sw_t \Rightarrow PV_i = BAC * sw_t$$

در مواردی که اختلاف درصد پیشرفت بین دو مایلستون زیاد بوده و یا فواصل دوره گزارش‌گیری طولانی است، از دو روش اخیر باید حتی‌المقدور استفاده نشود.

۳-۷- محاسبه ارزش حاصله (EV) [1,3]

برای محاسبه ارزش حاصله مدارک مهندسی از روش مایلستون‌های وزن‌دار استفاده می‌شود. با توجه به توضیحات قدم قبلی در رابطه با تعیین مراحل تهیه مدرک و تخصیص مایلستون‌های وزن‌دار، مقدار ارزش حاصله مدرک یا نقشه از وزن مایلستون کسب شده محاسبه می‌شود.

$$EV_i = BAC * sw_t(A)$$

$sw_t(A)$: مایلستون وزنی کسب شده واقعی

۳-۸- چگونگی محاسبه هزینه (نفر ساعت) واقعی (AC)

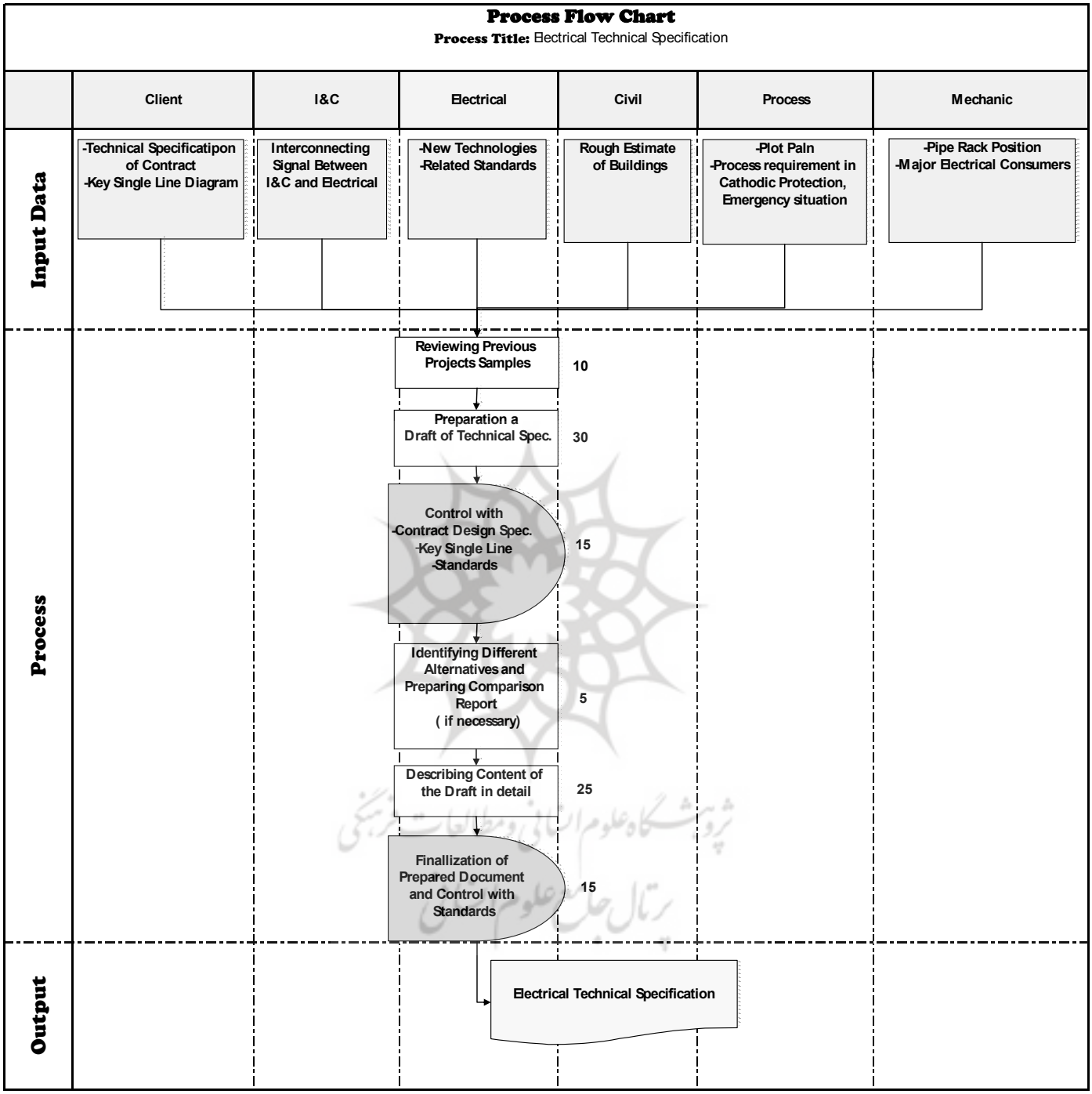
رایج‌ترین سیستم جهت جمع‌آوری اطلاعات واقعی نفرساعت‌های صرف شده سیستم Time Sheet است که در آن افراد یا منابع سازمان بطور روزانه زمان‌هایی که صرف تهیه هر کدام از مدارک یا فرآیندها نموده‌اند، ثبت مینمایند. ممکن است لازم باشد اعداد آنها اصلاح شود (کم یازیاد شود) تا اعداد واقعی نفر ساعتهای صرف شده بدست آید.

۳-۹- تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده [1,3]

پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، با استفاده از عناصر ارزیابی عملکرد مانند SV, CV, SPI, CPI, TCPI باید این داده‌ها تجزیه و تحلیل شوند. در صورتیکه اطلاعات EV,PV,AC بصورت دقیق در دسترس باشند، استفاده از این شاخص‌ها و تحلیل آنها معمولاً کار پیچیده‌ای نیست. این عناصر کمک می‌کنند تا اطلاعاتی از روند فعلی پروژه و پیش‌بینی روند آتی پروژه فراهم گردد.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق سعی شد یک چارچوب عملی و کاربردی جهت پیاده‌سازی مدیریت ارزش حاصله در پروژه‌های مهندسی ارائه گردد. عمده‌ترین مشکل در پیاده‌سازی این مفاهیم در پروژه‌های مهندسی شناسایی فرآیند تهیه مدارک مهندسی و سپس تعیین مایلستونهای وزن‌دار مدارک که مبنای محاسبه EV,PV هستند، می‌باشد. در صورتیکه این اطلاعات تهیه شده باشند، پیاده‌سازی مدیریت ارزش حاصله در پروژه‌ها کار چندان مشکلی نخواهد بود. لذا لازم است قبل از بکارگیری مدیریت ارزش حاصله در فاز مهندسی پروژه، ابتدا فرآیند تهیه مدارک و نقشه‌های مهم بطور سیستماتیک شناسایی‌شده تا زمینه برای کنترل هزینه فراهم گردد.



نمایه شماره۱: نمودار جریان عملیات یک مدرک مهندسی