



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal (CPJ)

روش بهینه شده محاسبه درصد وزنی جهت پروژه های ساخت

مطالعه موردی پروژه سامانه خطوط انتقال آب طرح گرمسیری-قطعه دوم

علی قربانی^۱، مصطفی پورحسین زکریایی^{۲*}، فاطمه شوکتی گورابی^۳

۱-استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران
پست الکترونیکی:

ghorbani@pnu.ac.ir

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران-مدیریت ساخت، دانشگاه پیام نور کرج، ایران
پست الکترونیکی:

m.pourhosein@yahoo.com

۳- کارشناسی ارشد، مهندسی عمران-مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی، کارشناس دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران
پست الکترونیکی:

Fshokati59@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله ۱۳۹۸/۰۶/۰۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۲۷

چکیده

تعیین درصد پیشرفت پروژه یکی از موضوعات مهم در فازهای «برنامه ریزی» و «کنترل» مدیریت و کنترل پروژه است که برای کلیه ذی نفعان سازمان و از جمله کارفرمایان و پیمانکاران از اهمیت بالایی برخوردار است. برای تعیین درصد پیشرفت واقعی پروژه، در اکثر موارد از دو عامل هزینه و زمان استفاده می گردد. این در حالی است که در عمل، عوامل تاثیر گذار متعددی وجود دارند که نادیده گرفتن آنها یا کم رنگ جلوه دادن آنها باعث می شود که درصد پیشرفت اعلام شده پروژه با واقعیت همخوانی نداشته باشد. بنابراین هدف اصلی این مقاله، برآورد میزان پیشرفت پروژه با در نظر گرفتن تمام معیارهای تاثیر گذار بر پیشرفت پروژه می باشد. در این راستا، مدلی جدید برای برآورد میزان پیشرفت پروژه ارائه گردیده است که معیارهای هزینه، نیروی انسانی، سایر منابع، درجه بحرانی بودن، وضعیت تدارکات و ساختار کلی فعالیت را در محاسبه درصد پیشرفت لحاظ می کند. این مقاله به معرفی روش ساده و کاربردی با الهام گیری از تکنیک تئوری تصمیم گیری سلسله مراتبی و روش میانگین گیری وزن دار نرمال شده مبتنی بر تجارب حاصل از دوره های آموزشی ضمن خدمت در سازمان های پروژه محور و تحلیل نتایج یک مطالعه ی موردی می پردازد.

کلمات کلیدی: ساختار شکست، تلفیق، ارزش وزنی، میانگین وزن دار نرمال شده، تکنیک AHP، درصد پیشرفت فیزیکی واقعی، کنترل پروژه

۱- مقدمه

فرآیند های مدیریت پروژه ای در دهه اخیر شاهد پیشرفت ها و تحولات عمده ای بوده اند و مهم ترین دگرگونی که در عرصه مدیریت پروژه به وقوع پیوسته است، تغییر نگرش سنتی در مدیریت پروژه ها و ظهور نگرش نوین مدیریت پروژه بوده است، کمبود منابع، افزایش بزرگی و پیچیدگی سازمان پروژه ها، تشکیل شرکت های بزرگ برای انجام پروژه های بزرگ و ماهیت منحصر به فرد این تغییر نگرش محسوب می شوند

یکی از تکنیک هایی که انجام این تغییر را تسهیل می نماید به کارگیری «تکنیک مدیریت ارزش کسب شده»^۱ برای مدیریت موثر پروژه هاست. این تکنیک، ابزار کارآمد تصمیم سازی برای مدیران می باشد که فرصت های مناسبی برای هزینه، طول عمر، بهبود کیفیت، کاهش زمان ساخت، افزایش طول عمر و گاه ترکیبی از این ها را در اختیار قرار می دهد.

همگام با افزایش اهمیت، پیچیدگی و ارزش پروژه های کنونی، استفاده از این تکنیک در نرم افزار های مدیریت و کنترل پروژه توسعه ی چشم گیری یافته است.

این مقاله به معرفی مدلی ابداعی_ کاربردی با هدف بهینه سازی این تکنیک در جهت ارتقای سطح بلوغ و توسعه یافتگی مدیریت و کنترل پروژه از یک سو، و افزایش بهره وری پروژه های ساخت در میهن عزیزمان به کمک ارایه ی نتایج عملی پیاده سازی این مدل در یک پروژه آبرسانی می پردازد.

۲- درصد پیشرفت فیزیکی: یک ورودی ارزش آفرین در سیستم مدیریت ارزش کسب شده

سیستم مدیریت ارزش کسب شده، بر سه ورودی کلیدی تاکید می کند:

الف_ ارزش برنامه ریزی شده:^۲

بیانگر بودجه ی تجمعی منابع در طول زمانبندی پروژه است.

ب_ ارزش کسب شده:

ارزش کار انجام شده که برحسب بودجه ای که به آن اختصاص یافته بیان می شود به عبارت دیگر هزینه ی بودجه ای کار انجام شده است که باید تا یک مقطع زمانی معلوم برای اجرای آن صرف می شده است. برای محاسبه ی ارزش کسب شده، تخمین درست درصد پیشرفت کار انجام شده بسیار مهم است

$$EV = \sum (\% \text{COMPLETE} \times PV)$$

بر این اساس، در بسیاری از نرم افزار های مطرح، امکان تعریف فرمولی خاص برای محاسبه ی دقیق تر درصد پیشرفت کار انجام شده مطابق با خواست ذی نفعان کلیدی پروژه لحاظ شده است که تحت عنوان «درصد پیشرفت فیزیکی»^۳ شناخته می شود.

ج_ هزینه ی واقعی:^۴

کل هزینه های واقعی است که در یک بازه زمانی معین، برای انجام کاری صرف؛ و توسط حسابداری پروژه، ثبت شده است.

^۱ Earned Value Management

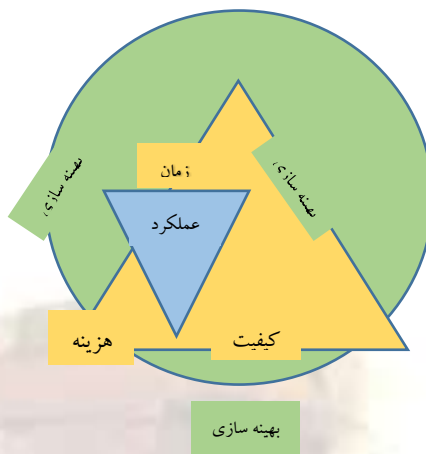
^۲ Planed Value

^۳ Physical % Complete

^۴ Actual Cost

۲-۱- ارزش پروژه های ساخت: مفهومی چهار بُعدی

بر اساس رویکرد نوین مطالعات مهندسی ارزش^۵ در پروژه های ساخت؛ ارزش مفهومی تلفیقی، مرکب از بهینه سازی همزمان چهار بعد زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه است.



شکل ۱- ارزش مفهومی تلفیقی

۳- سیستم پشتیبانی تصمیم گیری چند معیاره

فورمن^۶ معتقد است که یک سیستم پشتیبانی تصمیم گیری^۷ چند معیاره، باید دارای خصوصیات زیر باشد:

الف- امکان فرموله کردن مسئله و تجدید نظر در آن را بدهد.

ب- گزینه های مختلف را در نظر بگیرد.

ج- معیار های مختلف را که عموماً با هم در تضاد هستند در نظر بگیرد.

د- همه ی معیار ها اعم از کیفی و کمی را در تصمیم گیری دخالت دهند.

ه- نظرات افراد مختلف را در مورد گزینه ها و معیار ها لحاظ کند.

و- بر مبنای یک تئوری قوی استوار باشد.

۳-۱- تحلیل سلسله مراتبی یا AHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، دارای امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها بوده، بر مبنای مقایسات زوجی بنا نهاده شده که میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد.

«توماس ال. ساعتی» بنیانگذار این روش، چهار اصل زیر را بیان نموده و کلیات محاسبات را بر این اصول بنا نهاده است:

- اصل اول: شرط معکوسی

^۵ Value engineering

^۶ Forman (۱۹۸۵)

^۷ Precision Support System

اگر برتری عنصر A نسبت به عنصر B برابر n باشد؛ برتری عنصر B نسبت به A برابر n-1 خواهد بود

-اصل دوم: شرط همگنی

عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشد. به عبارت دیگر، برتری عنصر A نسبت به عنصر B نمی تواند بی نهایت یا صفر باشد.

-اصل سوم: وابستگی

هر عنصر سلسله مراتبی می تواند به عنصر سطح بالاتر از خود وابسته باشد و به صورت خطی، این وابستگی می تواند تا بالاترین سطح ادامه یابد.

-اصل چهارم: انتظارات

هرگاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد، فرایند ارزیابی باید مجدداً انجام گردد.

۳-۲- میانگین گیری وزن دار نرمال شده

روشی است که در تصمیم گیری چند معیاره کاربرد داشته و به افزایش دقت و سهولت محاسبات کمک می کند.

اگر S مجموعه ای از اعداد حقیقی باشد $S = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ و $w(x)$ تابعی برای وزن دهی عادی به اجزای S که به این شکل تعریف شده است:

$$\forall i: 1 < i < n: w_i = W(x_i)$$

میانگین وزندار S عبارت است از:

$$X = [(w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n) \div (w_1 + w_2 + \dots + w_n)]$$

حال اگر هر وزن عادی را به مجموع اوزان عادی تقسیم کرده و در عدد ۱۰۰ ضرب کنیم، وزن های نرمال شده حاصل می شوند که مجموع آن ها برابر ۱۰۰٪ است.

میانگین وزندار نرمال شده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\bar{X} = (w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n) \div 100$$

مزیت این روش در سهولت محاسبات، افزایش دقت و بدوم بعد شدن اعداد^۴ است.

۴- ابداع یک مدل کاربردی هشت بعدی: بهینه سازی نحوه اندازه گیری درصد پیشرفت فیزیکی

باتوجه به مطالب پیش گفته، اقدام به ابداع یک مدل ساده و کاربردی جهت بهینه سازی نحوه ی اندازه گیری درصد پیشرفت فیزیکی

^۴ dimension

واقعی پروژه های ساخت با رویکرد «تلفیق همزمان هشت بعد کلیدی» زیر آگریدیده است:

الف- کارهای پروژه: براساس ساختار شکست کار^۹ ترسیم شده برای پروژه که بیانگر تجزیه ای سلسله مراتبی و با محوریت اقلام تحویل شدن از کاری است که باید توسط تیم پروژه انجام شود تا اهداف پروژه محقق شوند.

ب- هزینه های پروژه: بر اساس بودجه ی اختصاص داده شده به هر یک از بسته های کاری موجود در ساختار شکست کار ترسیم شده برای پروژه که بیانگر بودجه بندی هزینه^{۱۰} است.

ج- امور قراردادی پروژه: براساس ساختار شکست کارهای قراردادی پروژه^{۱۱} که بیانگر کارهایی است که توسط فروشندگان و پیمانکاران جز در راستای انجام یک زیر پروژه یا جزئی از پروژه بر مبنای قرارداد منعقد، تهیه و تنظیم می گردد.

د- ریسک های پروژه: بر اساس ساختار شکست ریسک پروژه^{۱۲} که نمایش ساختار یافته ی سلسله مراتبی از ریسک های شناخته شده ی پروژه است که به دسته ها و زیر دسته های ریسک تقسیم شده و دلایل و حوزه های متنوع ریسک های بالقوه را می نمایاند.

ه- منابع پروژه: براساس ساختار شکست منابع پروژه^{۱۳} که نمایش ساختار یافته ی سلسله مراتبی از طبقه بندی و نوع منابع مورد استفاده در زمان بندی های با منابع تسطیح شده و زمانبندی های با منابع محدود که می تواند برای تحلیل و انتصاب منابع انسانی پروژه نیز مورد استفاده قرار گیرد.

و- سازمان پروژه: براساس ساختار شکست سازمانی پروژه^{۱۴} که نوعی نمایش سلسله مراتبی ساختار یافته از سازمان پروژه است به نحوی که بسته های کاری را به واحد های سازمانی مرتبط می نماید.

ز- کیفیت پروژه: بر اساس برنامه ریزی کیفیت پروژه^{۱۵} که شناسایی استانداردهای کیفیت مرتبط با پروژه و تعیین نحوه تامین آن ها را برعهده دارد.

ح- عملکرد پروژه: بر اساس نمودار تحلیل کارکرد^{۱۶} پروژه که شناسایی کارکرد های دارای ریسک بالا، هزینه بالا و فرصت آفرین را به عهده داشته و به عنوان یکی از ارکان مهم مطالعات مهندسی ارزش پروژه ایفای نقش می کند.

۴-اروش به کارگیری مدل

الف_ کار تیمی

ابتدا اعضای اصلی تیم پروژه و ذینفعان کلیدی جهت مشارکت در کار تیمی توسط مدیر پروژه دعوت می شوند.

^۹ Work Breakdown Structure

^{۱۰} Cost Budgeting

^{۱۱} Contract Work Breakdown Structure

^{۱۲} Risk Breakdown Structure

^{۱۳} Resource Breakdown Structure

^{۱۴} Organizational Breakdown Structure

^{۱۵} Quality Planning

^{۱۶} Function Analysis System Technique (FAST)

ب_گزینش معیارها

تیم می تواند بر اساس صلاحیت اعضا معیارهایی را به این موارد ۸ گانه افزوده یا حداقل ۵ معیار مورد نظر خود را از میان آن ها برگزینند.

ج_وزندهی و اولویت بندی معیارها

تیم می تواند به کمک مقایسات زوجی به روش AHP وزن عادی هر معیار را مشخص نموده و سپس اقدام به محاسبه وزن نرمال شده ی هر معیار نماید یا اینکه به جهت سهولت و سرعت بیشتر، وزن نرمال شده ی هر معیار را براساس نظر اکثریت اعضای تیم برحسب درصد اختصاص دهند.

د_رسم جدولی امتیازدهی

- در اولین ستون سمت راست جدول، بسته های کاری کلان پروژه (موجود در سطح دوم ساختار شکست کار) نوشته می شوند.
- در سطر اول، وزن نرمال شده ی هر معیار در سطر دوم، به عنوان اختصاری هر معیار نوشته می شود.
- سطر آخر به محاسبه ی مجموع امتیازات برحسب درصد (جهت کنترل) اختصاص می یابد.
- پس از نوشتن معیارها، ستونی جدید به محاسبه ی میانگین وزندار نرمال شده ی امتیاز هر بسته کاری (سطر) اختصاص می یابد.
- ستون آخر به مقایسه ی وزن بهینه شده ی حاصل از مدل تلفیقی نسبت به وزندهی سنتی (صرفاً مالی) اختصاص می یابد.

ه- فرآیند امتیاز دهی

- اکنون، امتیاز هر بسته ی کاری (سطر) در رابطه با هر معیار (ستون) بر اساس نظر اکثریت اعضای تیم برحسب درصد در هر یک از خانه های جدول نوشته می شود.
- به منظور کنترل، جمع امتیازات هر ستون (معیار) باید برابر ۱۰۰ باشد.
- اکنون، توجه تیم را به هر بسته ی کاری (سطر) معطوف می کنیم.
- برای هر سطر (بسته ی کاری)، حاصل ضرب امتیاز کسب شده برای هر معیار در وزن نرمال شده ی هر معیار را محاسبه نموده، اعداد حاصل را با هم جمع جبری کرده و حاصل عدد جمع را بر عدد ۱۰۰ تقسیم می کنیم تا میانگین وزندار نرمال شده ارزش نسبی هر بسته ی کاری، برحسب درصد بدست آید.
- به منظور کنترل، جمع ارزش های نسبی بسته های کاری (ستون ما قبل آخر) باید برابر ۱۰۰ باشد.

و-مقایسه ی نتایج دیدگاه سنتی و مدل جدید

همانگونه که مطلع هستید، در دیدگاه سنتی، فقط ارزش مالی هر بسته کاری ملاک وزن دهی قرار می گیرد. این در حالی است که در این مدل بهینه شده، تلفیقی از چند معیار متعدد و اثربخش، مبنای محاسبه ی وزن نسبی هر بسته ی کاری قرار می گیرد. به منظور شفاف تر شدن این مهم برای اعضای تیم، ستون آخر جدول به محاسبه ی «نسبت تغییر وزن بهینه شده» هر بسته کاری، به وزن «صرفاً مالی» اختصاص یافته است.

۵- بررسی نتایج یک مطالعه موردی: پروژه خط انتقال آب طرح گرمسیری

این نتایج در کارگاه پروژه سامانه خطوط انتقال آب طرح گرمسیری-قطعه دوم از مقایسه وزن های تعریفی برنامه زمانبندی مطابق با نظرات مشاور و کارفرما طرح با وزن دهی پیشنهاد شده کارگاه مربوطه می باشد :

جدول ۱: بهینه سازی نحوه ی محاسبه ی ارزش وزنی فعالیت ها در یک پروژه گازرسانی

وزن نرمال شده هرساختار(معیار)	۳۰٪	۲۸٪	۲۲٪	۲۰٪	نسبت تغییر وزن «بهینه شده» به وزن «صرفاً مالی»
تلفیق سطح دوم ساختار شکست کارپروژه با:	ساختار بودجه بندی هزینه پروژه	ساختار شکست منابع پروژه	ساختار شکست ریسک پروژه	ساختار شکست سازمانی پروژه	میانگین وزندار نرمال شده
تجهیز کارگاه	۵	۶۴	۵۰	۱۹	۳۴/۲۲
اخذمجوزها	۱	۱	۱۵	۱	۴/۰۸
حفاری ترانشه	۲۰	۱۵	۵	۵	۱۲/۳
لوله گذاری	۶۰	۱۴	۱۰	۵۰	۳۴/۱۲
نصب حوضچه و شیرآلات	۱۰	۵	۵	۲۰	۹/۵۰
تست هیدرواستاتیک	۴	۱	۱۵	۵	۵/۷۸
جمع	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪

۶- نحوه ی محاسبه ی در صد پیشرفت فیزیکی واقعی پروژه

به استناد نظام جامع برنامه ریزی و کنترل پروژه داریم:

درصد پیشرفت هر عملیات = $100 \times (\text{حجم کل کار} \div \text{مقدار کار انجام شده})$ = درصد پیشرفت عملکردی هر فعالیت

$100 \div$ [(پیشرفت عملکردی هر فعالیت اصلی \times ارزش نسبی هر فعالیت اصلی از عملیات)] = مجموع = درصد پیشرفت عملکرد پروژه فرعی

$100 \div$ [(پیشرفت عملکردی هر عملیات \times ارزش نسبی هر عملیات از پروژه فرعی)] = مجموع = درصد پیشرفت عملکردی پروژه

$100 \div$ [(پیشرفت عملکردی هر پروژه فردی \times ارزش نسبی هر پروژه فرعی از پروژه)] = مجموع

۷- نتیجه گیری

باتوجه به جدول ۱، نتایج زیر حاصل شده اند:

- ۱- ارزش وزنی بسته کاری «تجهیز کارگاه» پس از پیاده سازی مدل جدید از ۵ درصد به ۳۴/۲۲ درصد افزایش یافته و ۶/۸۴ برابر شده است.
- ۲- ارزش وزنی بسته کاری «اخذ مجوزها» پس از پیاده سازی مدل جدید از ۱ درصد به ۴/۰۸ درصد افزایش یافته و ۴/۰۸ برابر شده است.
- ۳- ارزش وزنی بسته کاری «حفاری ترانشه» پس از پیاده سازی مدل جدید از ۲۰ درصد به ۱۲/۳۰ درصد کاهش یافته و ۰/۶۲ برابر شده است.
- ۴- ارزش وزنی بسته کاری «لوله گذاری» پس از پیاده سازی مدل جدید، از ۶۰ درصد به ۳۴/۱۲ درصد کاهش یافته و ۰/۵۷ برابر شده است.
- ۵- ارزش وزنی بسته کاری «نصب حوضچه و شیرآلات» پس از پیاده سازی مدل جدید از ۱۰ درصد به ۹/۵۰ درصد کاهش یافته و ۰/۹۵ برابر شده است.
- ۶- ارزش وزنی بسته کاری «تست هیدرواستاتیک» پس از پیاده سازی مدل جدید از ۴ درصد به ۵/۷۸ درصد افزایش یافته و ۱/۴۵ برابر شده است. نتایج بهینه شده ی فوق حاصل از پیاده سازی این مدل چند معیاره، می توانند نقشی کلیدی در تصمیم سازی اثربخش برای مدیر پروژه ایفا نماید.

نمودار ۱- مقایسه وزن دهی بهینه شده (چندمعیاره) با وزن دهی سنتی (مالی) در پروژه طرح گرمسیری-قطعه دوم



منابع

- ۱- موسسه مدیریت پروژه، ۱۳۸۵. استاندارد عملی برای مدیریت ارزش کسب شده (مهرداد ظهوری، بهزاد ظهوری و مهدی اجاقلو، مترجمین). انتشارات تراوش قلم، تهران.
- ۲- مهدی زاده، حسن، ۱۳۹۰، کارگاه آموزشی مهندسی ارزش. اولین همایش ملی مدیریت پروژه های ساخت، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- قدسی پور، سیدحسن، ۱۳۸۸. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران.

۴-موسسه مدیریت پروژه، ۱۳۸۵. راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه. (محسن ذکایی آشتیانی و سید حسین حسینی، مترجمین). آدینه، تهران.

۵-مهدی زاده، حسن، ۱۳۹۰. سیستم آرگوس، زیربنای شفافیت و اثربخشی مطالعات مهندسی ارزش، ماهنامه تخصصی طاق، ۵۵، ۳۸-۴۴.

۶-معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۷۹. نشریه شماره ۱۷-۹-۴-۵ نظام جامع برنامه ریزی و کنترل پروژه. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران.

۷-Wikipedia encyclopedia, june ۲۰۱۱. On the URL [WWW.http://en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org).

