

پیش‌بینی درصد پیشرفت پروژه‌ها و برآورد بودجه قابل تخصیص به آنها با استفاده از روش‌های تولید و توزیع سفر

اسماء دوامی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۸/۳۰

چکیده

با توجه به اهمیت نظام بودجه‌ریزی به ویژه در شرایط کنونی ایران، پرداختن به مسئله پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه، مدیریت هزینه، تخصیص و برنامه‌ریزی بهینه بودجه از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در شرکت‌های مادر، برنامه‌ریزی از جهت تخصیص بودجه در پروژه‌های آتی نقش بسزایی در مصرف بهینه منابع مالی دارد. اختصاص دادن بودجه مبتنی بر معیارهای موثر از میان معیارهای مختلف بیان شده جهت انجام هر پروژه در هر شرکت یا سازمانی ضروری می‌باشد. در این تحقیق ابتدا شاخص‌های نهایی موثر جهت تخصیص بودجه در پروژه‌های شرکت پالایشگاه نفت آبادان که عبارتند از درصد پیشرفت پروژه، کیفیت انجام کار پروژه و مدت زمان انجام پروژه، بررسی گردید؛ و به منظور پیش‌بینی درصد پیشرفت پروژه‌ها و برآورد بودجه قابل تخصیص به آنها از روش دیترویت استفاده شد. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه پروژه‌هایی است که در حال تکمیل هستند. از بین این پروژه‌ها ۸ پروژه که داده‌های آن در دسترس بود انتخاب شدند. این پژوهش در ۹ مرحله‌ی ۴ فازی انجام پذیرفت؛ که از آن گام به گام جهت پیش‌بینی تخصیص بودجه ۸ پروژه شرکت پالایشگاه نفت آبادان استفاده و در نهایت بودجه نهایی تخمینی هر پروژه برای دوره‌ی بعدی محاسبه گردید.

واژگان کلیدی

تخصیص بودجه، توزیع سفر، تولید سفر

^۱ کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ایران. (نویسنده مسئول):

۱. مقدمه

تصمیم‌گیری در دنیای پیچیده امروز به چالشی برای سازمان‌ها تبدیل شده است. تنوع و تعدد معیارهای کمی و کیفی و لزوم در نظر گرفتن همزمان آن‌ها، بر پیچیدگی تصمیم‌ها می‌افزاید. یکی از این معیارها، مسأله منابع است. هر سازمانی منابع محدودی دارد، به طوریکه اگر سازمان به مسأله اختصاص منابع (به خصوص منابع مالی) نپردازد، موفق نخواهد بود. از اصلی‌ترین دلایل عدم پایان موفقیت آمیز پروژه‌ها مطابق با بودجه مصوب و زمانبندی برنامه‌ریزی شده، عدم بکارگیری متدولوژی مدیریت پروژه بر پایه تجارب موفق گذشته، عدم انتخاب بهترین شیوه‌ها، ابزارها و تکنیک‌های مناسب می‌باشد. شاید به جرات بتوان گفت که موضوع هزینه پروژه مهمترین مبحثی است که در مدیریت پروژه می‌بایست بیش از هر موضوع دیگری به آن توجه کرد و مباحث دیگر را حول آن در نظر گرفته و مدیریت نمود. امروزه فرایند مدیریت هزینه پروژه شامل، برنامه‌ریزی منابع، برآورد هزینه، بودجه‌بندی پروژه و کنترل هزینه به یکی از دغدغه‌های اصلی متولیان و دست‌اندرکاران پروژه‌ها تبدیل شده است.

در برنامه‌ریزی بودجه و تخصیص آن، دو طرف درآمدها و هزینه‌ها توازن در سند بودجه را بوجود می‌آورد. اصول تخصیص هزینه خود نیازمند مدل‌بندی و طرح ریزی جدا است. در سازمان‌های بزرگ بخش قابل اعتنایی از سند بودجه به مدیریت هزینه اختصاص دارد. از طرفی جهت تخصیص و مدیریت هزینه پروژه‌ها، سازمان نیازمند بررسی درصد پیشرفت پروژه است. یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران و ذینفعان پروژه اطلاع دقیق از پیشرفت و مقایسه میزان کار انجام شده با میزان کار پیش‌بینی شده و محاسبه مغایرت‌های هزینه‌ای و زمانی با عملکرد واقعی می‌باشد. بطور کلی می‌توان گفت، برآورد هزینه و تخصیص آن به درصد پیشرفت پروژه بستگی دارد. با تعیین برآوردهای هزینه‌های پروژه براساس میزان پیشرفت آن‌ها به صورت بودجه‌های پروژه در می‌آیند که در برگیرنده تخصیص هزینه برآورد شده به تفکیک فعالیت‌های پروژه می‌باشد (حقیقی و همکاران، ۱۳۹۱).

ایرادات زیادی به سیستم بودجه‌ریزی سنتی در دستگاه‌های سنتی وارد است؛ که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: بودجه‌ریزی به صورت شفاف انجام نمی‌گیرد و بر اساس اهداف دارای اولویت و ضروری دستگاه نمی‌باشد. منابع در بسیاری از موارد خارج از اهداف اصلی دستگاه هزینه می‌گردد و بر روی فعالیت‌های اصلی تمرکز ندارد. نظارت موثر بین بودجه و نتایج عملکرد دستگاه انجام نمی‌شود. برنامه‌ها و فصول هزینه به صورت کلی به دستگاه‌ها دیکته می‌شود. تخصیص بودجه بیشتر به سازمان‌هایی که نفوذ و قدرت بیشتری دارند انجام می‌شود که منجر به عدم عدالت و عدم رعایت منطق در توزیع اعتبارات می‌شود. اختیار مدیر در هزینه کردن اعتبارات محدود است. بیشتر وقت مدیران صرف چانه زنی و اخذ اعتبارات می‌شود. (روان‌بخش، ۱۳۹۵) این مدل‌ها نشان دهنده اهمیت بودجه بندی و تخصیص بهینه منابع مالی به فعالیت‌ها هستند. بدیهی است که چنانچه فعالیت‌ها و محیط تصمیم‌گیری، پیچیدگی نداشته باشد، استفاده از مدل‌های ریاضی چندان اهمیت ندارد؛ اما اهمیت رویکردهای ریاضی، زمانی روشن می‌شود که تعداد متغیرهای تصمیم و فعالیت‌ها زیاد باشد.

با توجه به اهمیت زیاد نظام بودجه‌ریزی به ویژه در شرایط کنونی کشور ایران، پرداختن به مسئله پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه، مدیریت هزینه، تخصیص و برنامه‌ریزی بهینه بودجه اهمیت زیادی داشته و ضروری است. متأسفانه در اکثر شرکت‌ها برای تخصیص بودجه به پروژه‌های در حال انجام از روش مستندی استفاده نمی‌شود و تخصیص بودجه معمولاً بر پایه قدرت چانه‌زنی و لابی‌گری صورت می‌پذیرد. این امر موجب نارضایتی به خصوص برای کارفرمایان پروژه‌هایی

می‌شود که بودجه کمی به آن‌ها تخصیص یافته است. این نشان دهنده اهمیت برقراری یک روش مدون و شفاف می‌باشد تا احساس ناخوشایندی در تخصیص بودجه به کارفرمایان رخ ندهد.

در این تحقیق به پیش‌بینی درصد پیشرفت پروژه‌ها و برآورد بودجه قابل تخصیص به آن‌ها با استفاده از روش‌های تولید و توزیع سفر پرداخته می‌شود. طبق بررسی‌های انجام شده تاکنون، تخصیص بهینه بودجه در شرکت‌های مادر با استفاده از روش دیترویت انجام نشده بود که در این تحقیق این روش بررسی شد. همچنین هدف این تحقیق این است که روش جدیدی برای تخصیص بودجه ارایه کند که در عین سادگی، کاربردی نیز باشد. برای این منظور در این تحقیق از مدل‌های تولید سفر و تخصیص سفر استفاده می‌شود. این مدل‌ها در واقع برای پیش‌بینی تقاضای سفر و پیش‌بینی توزیع سفرهای آینده در برنامه ریزی حمل و نقل استفاده می‌شوند. در این تحقیق درصد پیشرفت پروژه‌ها در دوره آتی با روش‌های تولید سفر و میزان تخصیص بودجه با روش‌های تخصیص سفر پیش‌بینی خواهند شد. از جمله روش‌های تولید سفر می‌توان به مدل‌های رشد اشاره کرد؛ همچنین از روش‌های توزیع سفر نیز می‌توان به روش‌هایی چون روش دیترویت یا جاذبه اشاره کرد.

۲. مبانی نظری و ادبیات پژوهش

۲-۱. پیش‌بینی و مدیریت پروژه

برای پیش‌بینی و کنترل یک پروژه در ابتدا نیاز به ساخت سیستم برنامه‌ریزی و کنترل پروژه می‌باشد. گام‌های برنامه‌ریزی و کنترل پروژه عبارتند از (یداللهی، رحیمی‌زاده، ۱۳۹۷):

تحلیل پروژه: شامل مراحل مروری بر اهداف و شرایط اجرایی، تفکیک پروژه و تهیه فهرست فعالیت‌ها، بررسی روابط میان فعالیت‌ها و تهیه فهرست روابط میان فعالیت‌ها و نهایتاً ترسیم پروژه می‌باشد (یداللهی، رحیمی‌زاده، ۱۳۹۷).
برآورد مدت، هزینه و منابع اجرایی: شامل مراحل برآورد حجم عملیات و منابع مورد نیاز فعالیت‌ها، برآورد مدت و هزینه اجرای فعالیت‌ها، برآورد هزینه‌های غیرمستقیم پروژه و تهیه بودجه مفصلی پروژه می‌باشد (یداللهی، رحیمی‌زاده، ۱۳۹۷).
زمان‌بندی پروژه: شامل تعیین مراحل زمان‌بندی شبکه (پروژه)، تهیه جداول مشخصات اجرایی فعالیت‌ها و بررسی اثر وقوع شرایط نامناسب نظیر شرایط نامطلوب جوی و بررسی سایر مسائل و مشکلات احتمالی می‌باشد (یداللهی، رحیمی‌زاده، ۱۳۹۷).

برنامه‌ریزی منابع و شناخت رابطه زمان-هزینه: شامل مراحل برنامه‌ریزی و تخصیص منابع، بررسی رابطه زمان-هزینه و تاریخ‌گذاری پروژه است (یداللهی، رحیمی‌زاده، ۱۳۹۷).

تهیه برنامه نهایی و اجرایی پروژه: شامل مراحل صدور دستور کار یا مجوز شروع پروژه، تهیه برنامه نهایی و اجرایی پروژه، تامین منابع اجرایی پروژه و هدایت و اجرای پروژه می‌باشد (یداللهی، رحیمی‌زاده، ۱۳۹۷). ارزشیابی و نظارت پروژه: شامل مراحل ارزشیابی پیشرفت اجرای فعالیت‌ها، ارزشیابی هزینه‌های اجرا، مقایسه نتایج به دست آمده با پیش‌بینی‌ها، به هنگام کردن پروژه و تهیه گزارش‌های لازم برای مدیریت می‌باشد (یداللهی، رحیمی‌زاده، ۱۳۹۷).

تصمیم‌گیری مدیریت: این گام از برنامه‌ریزی و کنترل پروژه شامل مراحل ارزیابی پیشنهادها، تصمیم‌گیری مدیریت و اعمال واکنش‌های مناسب و مقتضی است. شناخت فعالیت‌های پروژه: مدیر پروژه برای تحلیل پروژه با شناخت فعالیت‌های آن و تهیه شبکه، باید یک گروه کاری از افرادی که در کار طراحی، اجرا، نظارت و بهره‌برداری از این گونه پروژه‌ها

تجربه و تخصص دارند تشکیل دهد. کار شناخت اجزاء یا فعالیتهای پروژه از طریق ریز و خرد کردن یا تقسیم و تفکیک پروژه که روشی منظم یا سیستماتیک است انجام می شود (یداللهی، رحیمی زاده، ۱۳۹۷).

۲-۲. پیش بینی درصد پیشرفت پروژه

امروزه یکی از مهمترین مواردی که در شرکت های پروژه محور جهت مدیریت بهتر سبد پروژه ها و برنامه ریزی مالی مورد نیاز است، مدیریت زمان و هزینه پروژه ها است. در مدیریت هزینه پروژه با استفاده از مجموعه تکنیک ها و اصول کنترل پروژه و مالی می توان عملکرد مالی هر پروژه را از جنبه نحوه عملکرد (هزینه کرد) واقعی در مقایسه با هزینه پیش بینی شده برای کار انجام شده را بررسی نموده و راهکارهای اصلاحی در راستای کاهش هزینه ها و تحت کنترل قرار دادن آن را ارائه نمود (نظری و همکاران، ۱۳۹۸).

رضایی و همکاران (۱۴۰۰) در مقاله ای با عنوان «کاربرد الگوریتم های بهینه سازی در مدیریت پروژه های ساختوساز»، نشان دادند که استفاده از روش هایی مانند TSP می تواند در تخصیص منابع و کاهش زمان اجرای پروژه مؤثر باشد. همچنین، حسینی و محمدی (۱۴۰۱) در مطالعه ای با عنوان «پیش بینی پیشرفت پروژه ها با استفاده از الگوریتم های هوشمند»، به بررسی ادغام روش های تولید سفر با داده های تاریخی پروژه برای بهبود دقت پیش بینی پرداختند. از سوی دیگر، کریمی و نجفی (۱۴۰۲) در کتاب «مدیریت پروژه های پویا با رویکردهای ترکیبی»، تأکید کردند که الگوریتم های مبتنی بر TSP می توانند برای مدل سازی جریان کار و برآورد بودجه در پروژه های پیچیده استفاده شوند. این پژوهش ها نشان می دهند که ادغام روش های تولید و توزیع سفر با ابزارهای مدیریت پروژه، پتانسیل کاهش هزینه ها و افزایش شفافیت در تخصیص بودجه را دارد.

با این حال، چالش هایی مانند نیاز به داده های دقیق ورودی، پیچیدگی محاسباتی الگوریتم ها، و مقاومت سازمانی در پذیرش روش های جدید، همچنان مانع گسترش این رویکردها در صنعت شده است.

بازرگانی و همکاران (۱۳۹۸) به ارائه مدل برنامه ریزی ریاضی دوهدفه برای ارزیابی کارایی و تخصیص بودجه در شرایط ابهام (مورد مطالعه: شرکت های وابسته به یک سازمان نظامی) پرداخته اند. پس از تغییر سطح برش آلفا و به دست آوردن مقادیر توابع هدف در سطوح برش مختلف مشاهده شد که هرچه مقدار آلفا بیشتر می شود، مقدار بهینه تابع هدف نیز افزایش می یابد. از طرفی چون تمام توابع هدف بهینه سازی هستند بنابراین می توان نتیجه گرفت که با افزایش مقدار آلفا باتوجه به این که میزان خطر تصمیم گیری بالاتر رفته و بازه میزان بودجه در دسترس بیشتر شده است، در نتیجه مدل، مقدار تابع هدف بهتری را به دست آورده است. اضافه کردن محدودیت های روش «روباست فازی» و حل مدل ریاضی برای ۱۰ واحد تولیدی و خدماتی با روش روباست فازی در پنج سطح برش آلفا، نتایج مربوط به هر سطح از برش، به دست آمد. این امکان در این روش برای تصمیم گیرنده وجود دارد که باتوجه به شرایط و سطح خطر مطلوب، سطح برش مدنظر خود را انتخاب کرده و مقادیر بهینه متغیرها شامل طرح های انتخابی، بودجه تخصیص یافته و سرمایه خارجی استفاده شده را به دست آورد.

بابایی (۱۳۹۷) به ارائه مدل تخصیص بودجه سه هدفه نگهداری روسازی راه با استفاده از روش ترکیبی بهینه سازی پارامتریک و توابع حددار پرداخته و مدلی سه هدفه برای این منظور ارائه داده است. اهداف مدل این مقاله عبارتند از: ۱) کمینه کردن درصد قسمت هایی از شبکه که در حالت بحرانی و بدتر از بحرانی (غیر از بدترین حالت) قرار دارند، و می بایست برای آن ها اقدامات به سازی انجام داد تا به وضعیت مطلوب برسند؛ ۲) کمینه کردن درصد قسمت هایی از شبکه

که در بدترین حالت قرار دارند، و برای رساندن آن به وضعیت مطلوب باید اقدامات نوسازی انجام داد؛ و ۳) کمینه کردن مجموع هزینه انجام شده به خاطر اصلاحات صورت گرفته در کل دوره برنامه‌ریزی. برای حل مدل سه هدف پیشنهاد شده روشی ترکیبی با استفاده از روش‌های چندهدفه بهینه‌سازی پارامتریک و توابع حددار ارائه شده است. نتایج بکارگیری مدل نشان می‌دهد که علیرغم تصور ذهنی در نگاه اول، اهداف اول و دوم تحت شرایطی دارای تضاد هستند و افزایش یکی ممکن است باعث کاهش دیگری شود، و بنابراین این دو هدف را نمی‌توان در غالب یک هدف واحد در نظر گرفت. یکی از خصوصیات مهم روش ارائه شده این است که پیش‌بینی وضعیت روسازی از روش زنجیره مارکوف در مدل بهینه‌سازی گنجانده شده است و این موضوع باعث می‌شود که از پیش‌بینی و تخصیص سرمایه به صورت جداگانه و در نتیجه رسیدن به حل‌های بهینه محلی پرهیز شود.

دژان مارینکوویچ^۱ و همکاران (۲۰۲۴) چارچوبی نوین برای اندازه‌گیری پیشرفت پروژه‌ها، بر پایه نظارت یکپارچه بر پیشنیازها (مانند تأمین مواد و آماده‌سازی شرایط) و عملکرد اجرایی کارها تمرکز دارد. آن‌ها با اشاره به کاستی‌های روش‌های مرسوم مانند روش مسیر بحرانی^۲، مدیریت مبتنی بر مکان^۳ و سیستم آخرین برنامه‌ریز^۴ از جمله شناسایی دیرنگام علل انحرافات و نبود حساسیت کافی در مراحل اولیه- چارچوبی پیشنهاد می‌کنند که با تقسیم گردش‌های کاری به زیرگردش‌های پیشنیازها، تأمین مواد و اجرا، امکان نظارت تجمعی از طریق منحنی‌های S برنامه‌ریزی شده و واقعی را فراهم می‌سازد. این رویکرد با تعیین شفاف مسئولیت‌ها، استفاده از برنامه‌های پیشین^۵ و تحلیل همزمان عملکرد زیرگردشها، موجب بهبود هماهنگی، شناسایی سریع علل اختلافات و افزایش کارایی تصمیمات مدیریتی می‌شود. مطالعه موردی اجرا شده بر روی یک پروژه مسکونی-تجاری نشان می‌دهد که این چارچوب با مدیریت به موقع تأخیرها و افزایش بهره‌وری نیروی کار، قابلیت کاهش ریسک‌های اختلال در پیشرفت پروژه را دارد.

پژوهش لی^۶ و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که ترکیب EVM با تحلیل داده‌های آنی می‌تواند دقت پیش‌بینی پیشرفت پروژه را تا ۲۰ درصد افزایش دهد. از سوی دیگر، گوپتا^۷ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای روی پروژه‌های زیرساختی، مدلی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه کردند که قادر است درصد پیشرفت و بودجه مورد نیاز را با در نظر گرفتن ریسک‌های پویا (مانند اختلالات زنجیره تأمین) پیش‌بینی کند. استانداردهای به‌روز شده مانند ISO 21502:2022 نیز بر لزوم استفاده از ابزارهای دیجیتالی برای یکپارچه‌سازی پیش‌بینی پیشرفت و بودجه تأکید کرده‌اند.

در همین راستا، یانگ^۸ و ژانگ^۹ (۲۰۲۳) چارچوبی مبتنی بر یادگیری ماشین طراحی کردند که با تحلیل داده‌های تاریخی و داده‌های حسگرهای IoT در محل اجرای پروژه، پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه می‌دهد. با این حال، چالش‌هایی مانند نیاز به زیرساخت‌های فناوری پیشرفته و مقاومت سازمانی در پذیرش روش‌های جدید همچنان وجود دارد. پژوهش حاضر با هدف رفع این چالش‌ها و ارائه مدلی تطبیقی برای پیش‌بینی درصد پیشرفت و بودجه در پروژه‌های پویا طراحی شده است.

¹ Dejan Marinković

² CPM

³ LBM

⁴ LPS

⁵ Lookahead Plans

⁶ Lee

⁷ Gupta

⁸ Wang

⁹ Zhang

آرنولد و آرتز^۱ (۲۰۱۹) به مسئله استفاده از بودجه واحد یا بودجه‌های جداگانه برای برنامه‌ریزی و ارزیابی عملکرد پرداخته‌اند. در تحقیق آنها برای بررسی این سوالات که آیا و چرا شرکت‌ها بودجه‌ریزی را انجام می‌دهند، هزینه‌های بالقوه موجود در این تعارضات بودجه را تحلیل کرده و پیشنهاد دادند که شرکت‌ها این هزینه‌ها را با هزینه‌های رفتاری کاهش اعتبار هنگامی که بودجه ارزیابی عملکرد از بودجه برنامه‌ریزی شده منحرف شده است، جبران کنند. فرضیه‌ها را با استفاده از داده‌های نظرسنجی از مدیران حسابداری مدیریت بررسی نموده و شواهدی را برای مبادلات پیش‌بینی شده پیدا کردند. نتایج آنها نشان داد که استفاده از یک سطح بودجه واحد برای هر دو هدف در ابتدای سال، به معنای استفاده از یک سطح بودجه واحد تا پایان سال نیست، زیرا شرکت‌ها اغلب برای برنامه‌ریزی و ارزیابی عملکرد، بودجه‌های مختلفی تدوین می‌کنند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق از نظر روش در گروه تحقیقات کاربردی قرار دارد. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه پروژه‌هایی است که در حال تکمیل هستند. از بین این پروژه‌ها ۸ پروژه که داده‌های آن در دسترس بود انتخاب شدند. ابزار گردآوری اطلاعات در این پژوهش، روش‌های پیمایشی (مصاحبه نیمه سازمان یافته) و اسناد و مدارک کتابخانه‌ای و میدانی می‌باشد.

مراحل تحقیق به شرح زیر است:

- فاز اول: تعیین شاخص‌های موثر بر تخصیص بودجه

این فاز شامل ۳ مرحله به صورت زیر است.

مرحله ۱: مرور ادبیات تحقیق

در این مرحله مقالات معتبر داخلی و بین‌المللی مورد مطالعه قرار گرفت و روش‌های مختلفی که برای تخصیص بودجه مورد استفاده قرار گرفته بود شناسایی و بررسی گردیدند.

مرحله ۲: استخراج شاخص‌های موثر بر تخصیص بودجه

با توجه به مقالات مورد مطالعه و نظر خبرگان شاخص‌های موثر بر تخصیص بودجه استخراج گردیدند.

مرحله ۳: غربال‌سازی شاخص‌های نهایی

در این مرحله شاخص‌های استخراج شده در مرحله قبل به خبرگان شرکت ارائه گردید و با توجه به نظر کارشناسی آنان شاخص‌های نهایی استخراج شدند که این شاخص‌ها عبارتند از کیفیت، مدت زمان انجام پروژه و درصد پیشرفت پروژه.

در این مرحله شاخص‌های کلی که شناسایی شدند به صورت جدول در نظر گرفته شد تا خبرگان پالایشگاه نفت آبادان نظرات خود را در مورد این شاخص با توجه به گزینه‌های در نظر گرفته شده بیان دارند. در نهایت شاخص‌های نهایی از طریق همین مصاحبه نیمه‌ساختاری به دست آمدند.

- فاز دوم: برآورد مقادیر شاخص‌های هر پروژه برای دوره آتی

این فاز شامل دو مرحله به صورت زیر است.

مرحله ۴: استخراج تابع هر یک از شاخص‌ها

در این مرحله به ازای هر شاخص برای هر پروژه یک تابع رگرسیون استخراج گردید.

¹ Arnold & Artz

مرحله ۵: برآورد مقدار هر شاخص

با توجه به تابع به دست آمده در مرحله قبل پیش‌بینی شد که مقدار هریک از این شاخص‌ها برای دوره‌ی بعد چقدر می‌تواند باشد.

- فاز سوم: تخمین بودجه مورد نیاز برای دوره آتی

این فاز شامل دو مرحله به صورت زیر می‌باشد.

مرحله ۶: استخراج تابع بودجه مورد نیاز برای هر یک از پروژه‌ها

در این مرحله یک تابع رگرسیونی چند متغیره برای هر پروژه استخراج گردید که در آن بودجه‌ی هر پروژه متغیر وابسته است و مقادیری مثل مدت زمان انجام، درصد پیشرفت پروژه و کیفیت به عنوان متغیر مستقل شناسایی شدند.

مرحله ۷: تخمین بودجه مورد نیاز هر پروژه در دوره‌ی آتی

در این مرحله مقادیر متغیرهای مستقل برای دوره‌های آینده با استفاده از مراحل ۴ و ۵ استخراج کردیم و در این تابع جدید گذاشته شده و بدین صورت تخمین زده شد که بودجه مورد نیاز برای هر پروژه در دوره‌های آتی چقدر است.

- فاز چهارم: تخمین بودجه قابل تخصیص به هر پروژه در دوره‌ی آتی

در فاز چهارم از روش دیترویت جهت تخصیص نهایی بودجه‌ها بین پروژه‌ها استفاده خواهد شد. برای این منظور جهت به دست آوردن میزان تعامل برای دو پروژه طبق مدل دیترویت عمل می‌کنیم.

این فاز شامل دو مرحله به صورت زیر می‌باشد.

مرحله ۸: تعیین بودجه تعاملی بین پروژه‌ها

در روش دیترویت، مقدار t_{ij} که نشان‌دهنده تعداد سفر بین نواحی i و j هست باید مشخص باشد. اما در تخصیص بودجه، مقدار این متغیر صفر است چون فرض می‌شود بودجه‌ای از پروژه i به کسر و به پروژه j تخصیص نمی‌یابد (و بالعکس). اما در این تحقیق، با توجه به اینکه عملکرد گذشته پروژه‌ها ممکن است سبب تعامل بین این مبالغ شود، لذا باید مقدار t_{ij} برای پروژه دوره‌ی قبل مشخص شود. برای این منظور از یک مدل بهینه‌سازی به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$\max \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{\substack{j=2 \\ j>i}}^n (F_i \times F_j) \cdot t_{ij}$$

s. t.

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n t_{ij} = B_i \quad \forall i$$

(۱)

$$t_{ij} = t_{ji}$$

در مدل فوق، تابع هدف بیانگر حداکثر کردن رشد پروژه‌ها براساس بودجه تعاملی بین آن‌هاست. F_i و F_j به ترتیب نشان‌دهنده نسبت رشد بودجه پروژه‌های i و j در مقایسه با بودجه‌ی دوره قبل آن‌هاست. محدودیت اول بیانگر این است که

میایست بودجه تعاملی پروژه i با سایر پروژه‌ها، باید برابر با مقدار بودجه‌ی پروژه i یعنی B_i باشد. محدودیت آخر در واقع تضمین کننده شرط مدل دیترویت است.

نکته: توجه داشته باشید که بجای تابع هدف این مدل، می‌توان از سایر توابع هدف متناظر با نظر خبرگان استفاده کرد. همچنین برای به دست آوردن بودجه تعاملی بین پروژه‌ها، می‌توان از سایر روش‌ها به جای مدل بهینه‌سازی استفاده کرد.

مرحله ۹: تخمین بودجه نهایی قابل تخصیص به هر پروژه در دوره‌ی آتی در این مرحله، از مدل ضریب رشد دیترویت به منظور تخمین بودجه استفاده می‌شود. طبق این روش، ابتدا بودجه تعاملی بین نواحی i و j از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$t_{ij}^{(k)} = t_{ij}^{(k-1)} \times \frac{F_i \times F_j}{F_{average}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن F_i و F_j ضریب رشد بودجه‌ی پروژه‌های i و j هستند و $F_{average}$ نیز متوسط رشد بودجه تمام پروژه‌هاست. سپس با استفاده از یک روش تکرار سعی می‌شود تساوی زیر برقرار شود:

$$\sum_j t_{ij}^{(k)} = F_i \sum_j t_{ij}^{(k-1)} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن $t_{ij}^{(k)}$ بیانگر بودجه تعاملی بین پروژه i و j در مرحله k ام می‌باشد. مراحل روش دیترویت به صورت زیر است:

محاسبه مجموع بودجه‌های تعاملی جدید و ضرایب رشد جدید

تطبیق سفرهای بین نواحی با شرایط جدید

تکرار تا بدست آمدن مقادیر پایداری برای ضرائب رشد (دستیابی به ضرائب رشدی بین ۰/۹۵ و ۱/۰۵)

در نهایت در تحقیق حاضر پس از تعیین شاخص‌ها جهت پیش بینی میزان پیشرفت پروژه‌ها در دوره‌ی بعد از روش‌های تولید سفر (روش رشد)، که جهت تولید سفر از روش برازش خطی چند متغیره استفاده می‌شود که بصورت معادله زیر است:

$$Y_e = A + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots + B_n X_n \quad \text{(۴)}$$

در این معادله، Y متغیر وابسته (میزان پیشرفت پروژه) بوده و X ها نشان دهنده متغیرهای مستقل یا عوامل موثر بر پیش بینی پیشرفت پروژه می‌باشند. در این تحقیق متغیرهای مستقل یا X ها به شرح زیر هستند:

- مقدار محصول تولید شده (پیشرفت فیزیکی)
- مقدار زمان صرف شده (پیشرفت زمانی)
- مقدار هزینه (پیشرفت ریالی)

و جهت برآورد بودجه قابل تخصیص به پروژه‌ها از روش‌های توزیع سفر (همچون روش دیترویت یا جاذبه) استفاده می‌شود.

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. استخراج تابع رگرسیون برای هر شاخص مستقل در هر پروژه

با توجه به این که هزینه‌های تخصیص به هر پروژه بر مبنای سه متغیر مستقل درصد پیشرفت پروژه، کیفیت انجام پروژه و مدت زمان انجام کار پروژه در دوره تحت بررسی صورت گرفته است که در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱: استخراج تابع رگرسیون برای هر شاخص مستقل در هر پروژه

ردیف	عنوان پروژه	تابع رگرسیون درصد پیشرفت پروژه
۱	تغییر سیستم آب خنک کننده یک بار گذر به مدار بسته	$y_1^p = 0.34x + 3.525$
۲	احداث نیروگاه سوم	$y_2^p = 0.122x + 3.434$
۳	احداث ساختمان مجتمع اداری و آموزش و طب صنعتی	$y_3^p = 0.493x + 2.901$
۴	تامین آب مصرفی پالایشگاه از رودخانه بهمن شیر	$y_4^p = 0.235x + 3.06$
۵	جمع آوری گازهای ارسالی به مضعل‌های پالایشگاه	$y_5^p = 0.592x + 3.019$
۶	نصب نمک زدا در واحد تقطیر ۸۰	$y_6^p = 0.382x + 2.763$
۷	بروز آوری و توسعه مرکز تلفن پالایشگاه	$y_7^p = 0.717x + 2.876$
۸	تابع تعویض ظروف بارومتری یک واحد تقطیر	$y_8^p = 0.906x + 3.045$
	تابع رگرسیون کیفیت انجام کار پروژه	
۱	تغییر سیستم آب خنک کننده یک بار گذر به مدار بسته	$y_1^Q = -0.006x + 4.043$
۲	احداث نیروگاه سوم	$y_2^Q = 0.02x + 3.705$
۳	احداث ساختمان مجتمع اداری و آموزش و طب صنعتی	$y_3^Q = -0.003x + 3.781$
۴	تامین آب مصرفی پالایشگاه از رودخانه بهمن شیر	$y_4^Q = -0.046x + 3.931$
۵	جمع آوری گازهای ارسالی به مضعل‌های پالایشگاه	$y_5^Q = 0.013x + 3.695$
۶	نصب نمک زدا در واحد تقطیر ۸۰	$y_6^Q = 0.027x + 3.661$
۷	بروز آوری و توسعه مرکز تلفن پالایشگاه	$y_7^Q = -0.063x + 4.047$
۸	تابع تعویض ظروف بارومتری یک واحد تقطیر	$y_8^Q = 0.003x + 3.827$
	تابع رگرسیون مدت زمان انجام پروژه	
۱	تغییر سیستم آب خنک کننده یک بار گذر به مدار بسته	$y_1^d = 2.2x + 57.8$
۲	احداث نیروگاه سوم	$y_2^d = 1.673x + 65$
۳	احداث ساختمان مجتمع اداری و آموزش و طب صنعتی	$y_3^d = 2.958x + 57.13$
۴	تامین آب مصرفی پالایشگاه از رودخانه بهمن شیر	$y_4^d = 0.376x + 67.53$
۵	جمع آوری گازهای ارسالی به مضعل‌های پالایشگاه	$y_5^d = 1.167x + 64.83$
۶	نصب نمک زدا در واحد تقطیر ۸۰	$y_6^d = 1.261x + 66.47$
۷	بروز آوری و توسعه مرکز تلفن پالایشگاه	$y_7^d = 1.455x + 63$
۸	تابع تعویض ظروف بارومتری یک واحد تقطیر	$y_8^d = 0.509x + 60.6$

۲-۴. برآورد مقادیر شاخص‌های هر پروژه در دوره آتی

با توجه به نظر خبرگان، سه متغیر مستقل در ارتباط با زمان هستند و به نوعی به رابطه زمان و تاثیر آن بر مقادیر این سه متغیر اشاره دارند، حال با در نظر گرفتن توابع رگرسیون هر پروژه، و با جایگذاری عدد ۱۱ (عدد مستقل دوره آتی)، مقادیر سه متغیر درصد پیشرفت پروژه، کیفیت انجام کار پروژه و مدت زمان انجام پروژه در دوره آتی (یازدهم) برآورد گردید. که در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: جدول برآورد مقدار متغیرهای مستقل برای دوره آتی

ردیف	عنوان پروژه	درصد پیشرفت پروژه	کیفیت انجام کار	مدت زمان انجام کار
۱	تغییر سیستم آب خنک کننده یک بار گذر به مدار بسته	۷,۲۶۷	۳,۹۷۷	۸۲
۲	احداث نیروگاه سوم	۴,۶۷۸	۳,۹۲۹	۸۳,۴
۳	احداث ساختمان مجتمع اداری و آموزش و طب صنعتی	۸,۳۲۱	۳,۷۴۹	۸۹,۶۷
۴	تامین آب مصرفی پالایشگاه از رودخانه بهمن شیر	۵,۶۴۸	۳,۴۳۱	۷۱,۶۷
۵	جمع آوری گازهای ارسالی به مضعل های پالایشگاه	۹,۵۳۵	۳,۸۳۹	۷۷,۶۷
۶	نصب نمک زدا در واحد تقطیر ۸۰	۶,۹۶۳	۳,۹۵۳	۸۰,۳۳
۷	بروز آوری و توسعه مرکز تلفن پالایشگاه	۱۰,۷۶۴	۳,۳۵۵	۷۹
۸	تابع تعویض ظروف بارومتری یک واحد تقطیر	۱۳,۰۱۳	۳,۸۶۳	۶۶,۲

استخراج تابع بودجه مورد نیاز برای هر یک از پروژه ها (تخمین تابع رگرسیون چند متغیره برای هزینه پروژه ها) در این مرحله برای برآورد تابع هزینه هر پروژه یک تابع رگرسیونی چند متغیره استخراج گردیده است که در آن هزینه پروژه ها به مقدار سه متغیر درصد پیشرفت پروژه، مدت زمان انجام هر پروژه و کیفیت انجام پروژه وابسته است. برای بدست آوردن تابع هزینه هر پروژه از داده های تاریخی جمع آوری شده استفاده کرده ایم، در نتیجه در جدول ۳ تابع رگرسیون چندمتغیره هزینه هر پروژه به صورت زیر استخراج شده است:

جدول ۳: تابع رگرسیونی چند متغیره برآورد هزینه پروژه

ردیف	عنوان پروژه	تابع رگرسیونی چند متغیره برآورد هزینه پروژه
۱	تغییر سیستم آب خنک کننده یک بار گذر به مدار بسته	$y_1^B = 15028.41y_1^P - 10938.32y_1^Q + 3.58y_1^d + 36226.48$
۲	احداث نیروگاه سوم	$y_2^B = 22769.24y_2^P - 181.79y_2^Q + 226.56y_2^d - 283.83$
۳	احداث ساختمان مجتمع اداری و آموزش و طب صنعتی	$y_3^B = 894.26y_3^P + 221.54y_3^Q - 9.64y_3^d - 546.64$
۴	تامین آب مصرفی پالایشگاه از رودخانه بهمن شیر	$y_4^B = 1588.6y_4^P + 11.32y_4^Q - 7.64y_4^d + 1475.68$
۵	جمع آوری گازهای ارسالی به مضعل های پالایشگاه	$y_5^B = 664.32y_5^P - 79.48y_5^Q - 16.48y_5^d + 1313.44$
۶	نصب نمک زدا در واحد تقطیر ۸۰	$y_6^B = 998.9y_6^P + 13.22y_6^Q + 16.42y_6^d + 573.72$
۷	بروز آوری و توسعه مرکز تلفن پالایشگاه	$y_7^B = 350.22y_7^P - 13.82y_7^Q + 7.34y_7^d - 13.56$
۸	تابع تعویض ظروف بارومتری یک واحد تقطیر	$y_8^B = 333.96y_8^P - 14.14y_8^Q + 1.85y_8^d - 60.79$

در معادلات فوق y_i^B بیانگر بودجه قابل تخصیص به پروژه i می باشد. متغیرهای y_i^P ، y_i^Q و y_i^d به ترتیب بیانگر متغیرهای مستقل درصد پیشرفت پروژه، کیفیت انجام کار پروژه و مدت زمان انجام پروژه است. این متغیرها نیز با متغیر (y) شان داده شده اند که مقدار این متغیرها نیز با کمک تابع رگرسیون برآورده شده است.

۳-۴. تخمین بودجه مورد نیاز هر پروژه در دوره آتی (تخمین اولیه بودجه قابل تخصیص)

در این مرحله بودجه اولیه قابل تخصیص به هر پروژه محاسبه می شود. برای این منظور از معادلات رگرسیون در جدول ۳ استفاده می شود. مقدار متغیرهای مستقل نیز که در واقع خود بصورت تخمینی هستند با استفاده از جدول ۲ جایگذاری می شود. در نتیجه بودجه اولیه قابل تخصیص به هر پروژه در جدول ۴ برآورد شده است.

جدول ۴: جدول تخمین اولیه بودجه قابل تخصیص

ردیف	عنوان پروژه	بودجه اول تخمینی هر پروژه
۱	تغییر سیستم آب خنک کننده یک بار گذر به مدار بسته	$\hat{y}_1 = 102230$
۲	احداث نیروگاه سوم	$\hat{y}_2 = 124412$
۳	احداث ساختمان مجتمع اداری و آموزش و طب صنعتی	$\hat{y}_3 = 6860$
۴	تامین آب مصرفی پالایشگاه از رودخانه بهمن شیر	$\hat{y}_4 = 9939$
۵	جمع آوری گازهای ارسالی به مضعل‌های پالایشگاه	$\hat{y}_5 = 6030$
۶	نصب نمک زدا در واحد تقطیر ۸۰	$\hat{y}_6 = 8900$
۷	بروز آوری و توسعه مرکز تلفن پالایشگاه	$\hat{y}_7 = 4290$
۸	تابع تعویض ظروف بارومتریکی یک واحد تقطیر	$\hat{y}_8 = 4353$

۴-۴. تخمین نهایی بودجه قابل تخصیص پروژه‌ها با استفاده از مدل دیترویت

در این فاز می‌خواهیم بودجه نهایی قابل تخصیص به پروژه‌ها را با استفاده از روش دیترویت تخمین بزنیم. در روش دیترویت، نشان دهنده بودجه تعاملی i و j هستند. در تخصیص بودجه، مقدار این متغیر صفر است چون فرض می‌شود بودجه‌ای از i به کسر و به پروژه j تخصیص نمی‌یابد. با توجه به اینکه عملکرد گذشته پروژه‌ها ممکن است سبب تعامل بین این مبالغ شود، لذا باید مقدار t_{ij}^1 برای دوره قبل مشخص شود. با توجه به اینکه هدف پیش‌بینی بودجه پروژه‌ها برای دوره آتی (یازدهم) است لذا باید بودجه تعاملی بین پروژه‌ها در دوره دهم بدست آید برای این منظور از مدل بهینه‌سازی در این تحقیق بصورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$\max \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{\substack{j=2 \\ j>2}}^n (F_i \times F_j) t_{ij} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{s. t.} \\ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n t_{ij} &= B_i \quad \forall i \\ t_{ij} - t_{ji} &= 0 \quad \forall i, j \\ t_{ij} &\geq 0 \quad \forall i, j \end{aligned} \quad (6)$$

F_i بیانگر نسبت رشد بودجه پروژه i در مقایسه با بودجه دوره قبل آن است. به دلیل اینکه این مدل برای دوره دهم طراحی می‌گردد، لذا F_i در واقع رشد بودجه پروژه i در دوره دهم نسبت به دوره نهم می‌باشد. در جدول ۵ نسبت دوره‌های نهم و دهم برای پروژه‌ها به صورت جدول ۵ محاسبه شده است:

جدول ۵: نسبت بودجه دوره نهم و دهم

پروژه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
بودجه دوره ۱۰	۹۸۹۰۹	۱۲۸۲۷۱	۶۶۲۲	۹۶۸۷	۵۸۲۴	۸۵۶۳	۴۱۲۶	۴۱۱۹
بودجه دوره ۹	۹۱۰۰۰	۱۱۹۶۰۷	۶۱۸۷	۹۲۶۱	۵۳۶۳	۸۱۴۰	۳۷۴۲	۳۸۴۱
نسبت	۱,۰۸۷	۱,۰۷۲	۱,۰۷۰	۱,۰۴۶	۱,۰۸۶	۱,۰۵۲	۱,۰۱۳	۱,۰۷۲

با توجه به محاسبات انجام شده تابع هدف بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\begin{aligned}
 &Max \ 1.166t_{12} + 1.163t_{13} + 1.137t_{14} + 1.180t_{15} + 1.143t_{16} + 1.198t_{17} + 1.166t_{18} \\
 &\quad + 1.148t_{23} + 1.122t_{24} + 1.165t_{25} + 1.128t_{26} + 1.182t_{27} + 1.150t_{28} \\
 &\quad + 1.120t_{34} + 1.162t_{35} + 1.126t_{36} + 1.180t_{37} + 1.148t_{38} + 1.136t_{45} \\
 &\quad + 1.100t_{46} + 1.153t_{47} + 1.122t_{48} + 1.142t_{56} + 1.197t_{57} + 1.165t_{58} \\
 &\quad + 1.160t_{67} + 1.128t_{68} + 1.182t_{78}
 \end{aligned} \tag{۷}$$

s. t.

$$t_{12} + t_{13} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18} = 98909 \tag{۸}$$

$$t_{12} + t_{13} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18} = 98909 \tag{۹}$$

$$t_{12} + t_{23} + t_{24} + t_{25} + t_{26} + t_{27} + t_{28} = 128271 \tag{۱۰}$$

$$st_{13} + t_{23} + t_{34} + t_{35} + t_{36} + t_{37} + t_{38} = 6622 \tag{۱۱}$$

$$t_{14} + t_{24} + t_{34} + t_{45} + t_{46} + t_{47} + t_{48} = 9687 \tag{۱۲}$$

$$t_{15} + t_{25} + t_{35} + t_{45} + t_{56} + t_{57} + t_{58} = 5824 \tag{۱۳}$$

$$t_{16} + t_{26} + t_{36} + t_{46} + t_{56} + t_{67} + t_{68} = 8563 \tag{۱۴}$$

$$t_{17} + t_{27} + t_{37} + t_{47} + t_{57} + t_{67} + t_{78} = 4126 \tag{۱۵}$$

$$t_{18} + t_{28} + t_{38} + t_{48} + t_{58} + t_{68} + t_{78} = 4119 \tag{۱۶}$$

با حل نمودن مدل بهینه‌سازی، مقادیر هزینه‌های تعاملی بین پروژه‌ها برای دوره دهم بصورت جدول ۶ بدست می‌آید:

جدول ۶: مقادیر هزینه‌های تعاملی بین پروژه‌ها برای دوره دهم

VALUE	VARIABLE
98909	T12
0	T13
0	T14
0	T15
0	T16
0	T17
0	T18
6622	T23
9016.5	T24
5824	T25
3773.5	T26
4126	T27
0	T28
0	T34
0	T35
0	T36
0	T37
0	T38
0	T45
670.5	T46
0	T47
0	T48
0	T56
0	T57
0	T58
0	T67
4119	T68
0	T78

The diagram shows a network of project milestones:

- پروژه هشت** (۴۲۵۳) connects to **پروژه شش** (۸۵۶۳) via edge ۴.
- پروژه شش** (۸۵۶۳) connects to **پروژه چهار** (۹۶۸۷) via edge ۶.
- پروژه یک** (۹۸۹۰۹) connects to **پروژه دو** (۱۲۸۲۷۱) via edge ۹.
- پروژه یک** (۹۸۹۰۹) connects to **پروژه پنج** (۵۸۲۴) via edge ۵.
- پروژه یک** (۹۸۹۰۹) connects to **پروژه سه** (۶۶۲۲) via edge ۶.
- پروژه دو** (۱۲۸۲۷۱) connects to **پروژه سه** (۶۶۲۲) via edge ۲.
- پروژه دو** (۱۲۸۲۷۱) connects to **پروژه پنج** (۵۸۲۴) via edge ۳.
- پروژه دو** (۱۲۸۲۷۱) connects to **پروژه چهار** (۹۶۸۷) via edge ۷.
- پروژه دو** (۱۲۸۲۷۱) connects to **پروژه شش** (۸۵۶۳) via edge ۱.
- پروژه دو** (۱۲۸۲۷۱) connects to **پروژه هفت** (۴۱۲۶) via edge ۱.
- پروژه پنج** (۵۸۲۴) connects to **پروژه چهار** (۹۶۸۷) via edge ۶.
- پروژه چهار** (۹۶۸۷) connects to **پروژه شش** (۸۵۶۳) via edge ۷.

Red handwritten numbers next to nodes or edges indicate specific values:

- ۱۰۲۲۲۰ (next to پروژه یک)
- ۴۲۹۰ (next to پروژه هفت)
- ۴۲۵۳ (next to پروژه هشت)
- ۸۹۰۰ (next to پروژه شش)
- ۹۹۳۹ (next to پروژه چهار)
- ۶۰۳۰ (next to پروژه پنج)
- ۶۸۶۰ (next to پروژه سه)
- ۱۲۴۴۱۲ (next to پروژه دو)

ضرایب رشد در تکرار اول به روش دیترویت بصورت زیر محاسبه می شود:

$$F_8 = \frac{4353}{4119} = 1.0568 \quad (25)$$

$$t_{23}^1 = 6622 \times \frac{0.9699 \times 1.0359}{1.0034} = 6630.7 \quad (27)$$

$$t_{24}^1 = 9106.5 \times \frac{0.9699 \times 1.026}{1.0034} = 9031.3 \quad (28)$$

$$t_{25}^1 = 5824 \times \frac{0.9699 \times 1.0354}{1.0034} = 5828.8 \quad (29)$$

$$t_{26}^1 = 3773.5 \times \frac{0.9699 \times 1.0394}{1.0034} = 3791.2 \quad (30)$$

$$t_{27}^1 = 4126 \times \frac{0.9699 \times 1.0397}{1.0034} = 4146.6 \quad (31)$$

$$t_{46}^1 = 670.5 \times \frac{1.026 \times 1.0394}{1.0034} = 712.6 \quad (32)$$

$$t_{68}^1 = 4119 \times \frac{1.0394 \times 1.0568}{1.0034} = 4509.1 \quad (33)$$

بنابراین با توجه به اینکه $t_{ij} = t_{ji}$ می‌باشد، بودجه تعدیل شده برای پرداخت به هر پروژه در پایان تکرار اول برابر است با:

$$t_1^1 = \sum t_{i1} = 98819.2 \quad (34)$$

$$t_2^1 = \sum t_{i2} = 98819.2 + 6630.7 + 9031.3 + 5828.8 + 3791.2 + 4146.6 = 128247.8 \quad (35)$$

$$t_{23}^1 = 6622 \times \frac{0.9699 \times 1.0359}{1.0034} = 6630.7 \quad (36)$$

$$t_{24}^1 = 9106.5 \times \frac{0.9699 \times 1.026}{1.0034} = 9031.3 \quad (37)$$

$$t_3^1 = \sum t_{i3} = 6630.7 \quad (38)$$

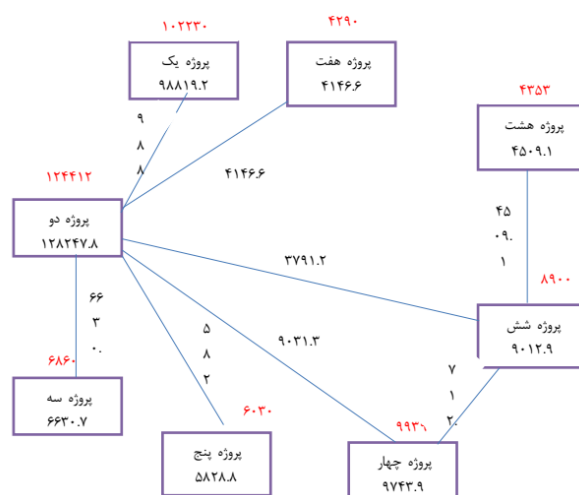
$$t_4^1 = \sum t_{i4} = 9031.3 + 712.6 = 9743.9 \quad (39)$$

$$t_5^1 = \sum t_{i5} = 5828.8 \quad (40)$$

$$t_6^1 = \sum t_{i6} = 3791.2 + 712.6 + 4509.1 = 9012.9 \quad (41)$$

$$t_7^1 = \sum t_{i7} = 4146.6 \quad (42)$$

$$t_7^1 = \sum t_{i8} = 4509.1 \quad (43)$$



شکل ۲: شکل طراحی شده برای شروع تکرار دوم

ضرایب رشد در تکرار دوم به روش دیترویت بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F_{average} = \frac{102230 + \dots + 4353}{98819.2 + \dots + 4509.1} = \frac{267014}{242792.4} = 1.0161 \quad (44)$$

$$F_1 = \frac{102230}{98819.2} = 1.034 \quad (45)$$

$$F_2 = \frac{124412}{128247} = 0.9701 \quad (46)$$

$$F_3 = \frac{6860}{6630.7} = 1.0346 \quad (47)$$

$$F_4 = \frac{9939}{9743.9} = 1.0200 \quad (48)$$

$$F_5 = \frac{6030}{5828.8} = 1.0345 \quad (49)$$

$$F_6 = \frac{8900}{9012.9} = 0.9875 \quad (50)$$

$$F_7 = \frac{4290}{4146.6} = 1.0346 \quad (51)$$

$$F_8 = \frac{4353}{4509.1} = 0.9654 \quad (52)$$

جدول ۷: بودجه نهایی تخمینی هر پروژه

عنوان پروژه	بودجه تخمینی هر پروژه
تغییر سیستم آب خنک کننده یک بار گذر به مدار بسته	$B_1 = 98819/2$
احداث نیروگاه سوم	$B_2 = 124247/8$
احداث ساختمان مجتمع اداری و آموزش و طب صنعتی	$B_3 = 6630/7$
تامین آب مصرفی پالایشگاه از رودخانه بهمن شیر	$B_4 = 9743/9$
جمع آوری گازهای ارسالی به مضعل‌های پالایشگاه	$B_5 = 5828/8$
نصب نمک زدا در واحد تقطیر ۸۰	$B_6 = 9012/9$
بروز آوری و توسعه مرکز تلفن پالایشگاه	$B_7 = 4146/6$
تابع تعویض ظروف بارومتریک یک واحد تقطیر	$B_8 = 4509/1$

همانطور که در جدول ۷ ملاحظه می‌گردد تمام ضرائب رشد در بازه ۰/۹۵ تا ۱/۰۵ قرار دارند. بنابراین این مرحله را می‌توان مرحله نهایی روش دیترویت در نظر گرفت. جدول ۸ بودجه نهایی تخمینی برای هر یک از پروژه‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به تخمین مقادیر متغیر مستقل بر اساس هر پروژه در دوره آتی بودجه مورد نیاز هر پروژه به صورت مقادیر در جدول فوق تخمین زده شده و باید در نظر داشت که این بودجه‌ها حاصل از مدل رگرسیون چندمتغیره و روش دیترویت می‌باشند که تعامل بین پروژه‌ها را نیز در نظر گرفته است. جدول زیر نشان دهنده مقایسه بین بودجه پروژه‌ها فقط با در نظر گرفتن مدل رگرسیون و در حالت دیگر در نظر گرفتن رگرسیون و مدل دیترویت (بودجه تعاملی) را نشان می‌دهد.

جدول ۸: بودجه تخمینی ترکیب رگرسیون و دیترویت و رگرسیون چند متغیری

ردیف	بودجه تخمینی از ترکیب رگرسیون و دیترویت (تعاملی)	بودجه تخمینی از رگرسیون چندمتغیری
۱	۹۸۸۱۹٫۲	۱۰۲۲۰۳
۲	۱۲۴۲۴۷٫۸	۱۲۴۴۱۲
۳	۶۶۳۰٫۷	۶۸۶۰
۴	۹۷۴۳٫۹	۹۹۳۹
۵	۵۸۲۸٫۸	۶۰۳۰
۶	۹۰۱۲٫۹	۸۹۰۰

ردیف	بودجه تخمینی از ترکیب رگرسیون و دیترویت (تعاملی)	بودجه تخمینی از رگرسیون چندمتغیری
۷	۴۱۴۶,۶	۴۲۹۰
۸	۴۵۰۹,۱	۴۳۵۳
جمع	۲۶۲۷۹۲,۴	۲۶۷۰۱۴

با توجه به اطلاعات بدست آمده و استخراج شده می‌توان گفت که بودجه مورد نیاز پروژه‌هایی که بصورت جداگانه بررسی شده اند، طبق رگرسیون چند متغیره بدست آمده است. در صورتی که هرگاه بخواهیم هر پروژه را جداگانه بررسی کنیم، بودجه مورد نیاز آنها طبق رگرسیون چندمتغیره بدست می‌آید. اما اگر بودجه پروژه‌ها بصورت تعاملی در نظر گرفته شود به گونه‌ای که درصد پیشرفت، زمان انجام و کیفیت انجام کار یک پروژه سبب جذب بخشی از بودجه پروژه‌های دیگر شود، بودجه نهایی تخصیصی به هر پروژه ممکن است متفاوت شود. به عنوان مثال بودجه تخصیصی به پروژه یک طبق رگرسیون ۱۰۲۲۳۰ تخمین زده شده است، درحالی‌که وقتی در تعامل با سایر پروژه‌ها قرار می‌گیرد، این بودجه به میزان ۹۸۸۱۹/۲ تقلیل می‌یابد. بودجه برخی پروژه‌ها نیز در حالت تعاملی ممکن است افزایش یابد همان‌گونه که بودجه پروژه شش از ۸۹۰۰ به ۹۰۱۲/۲ افزایش یافته است.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به منظور پیش‌بینی درصد پیشرفت پروژه‌ها و برآورد بودجه قابل تخصیص به آنها با استفاده از روش دیترویت انجام پذیرفته است نتایج بدست آمده به شرح زیر است:

برای اینکه به پروژه‌ها در شرکت‌های مادر بودجه بهینه‌ای تخصیص یابد یک مدل مناسب ارائه شد که برای اجرای این مدل میبایست گام‌هایی برداشت که این گام‌ها در ۴ فاز و در مجموع ۹ مرحله را شامل می‌شود. فاز اول تخصیص بودجه جهت شناسایی و تعیین شاخص‌های موثر بر تخصیص بودجه صورت می‌گیرد؛ که در ۳ مرحله صورت می‌پذیرد. در فاز دوم مقادیر شاخص‌های موثر در هر پروژه‌ی آتی آن شرکت مورد بررسی قرار گرفت. که در مرحله‌ی اول این فاز برای هر شاخص یک تابع رگرسیون در نظر گرفته و در مرحله دوم با توجه به تابع به دست آمده در مرحله قبل پیش‌بینی می‌شود که مقدار هریک از این شاخص‌ها برای دوره‌ی بعد چقدر می‌تواند باشد. در فاز سوم به بررسی تخمین بودجه مورد نیاز برای دوره‌ی آتی پرداخته خواهد شد. که در این فاز می‌بایست یک تابع رگرسیونی چند متغیره برای هر پروژه استخراج گردد و در بودجه مورد نیاز برای پروژه‌ها در دوره‌های آتی تخمین خواهد زده شد. در نهایت در فاز چهارم از روش دیترویت جهت تخصیص نهایی بودجه‌ها بین پروژه‌ها استفاده خواهد شد. ابتدا بودجه تعاملی بین پروژه‌ها مشخص، سپس بودجه نهایی قابل تخصیص به هر پروژه در دوره بعد تخمین زده خواهد شد.

در تحقیقی که انجام پذیرفت عوامل و شاخص‌های کلی موثر بر تخصیص بودجه شناسایی شدند؛ مهم‌ترین شاخص‌هایی که برای بررسی تخمین بودجه پروژه‌های آتی در نظر گرفته می‌شود عبارتند از: درصد پیشرفت پروژه، کیفیت انجام پروژه و مدت زمان انجام پروژه در دوره تحت بررسی.

همچنین ساخت روش‌های که مقادیر سفرهای تولید شده و جذب شده در هر ناحیه را در آینده پیش‌بینی کند روش‌های تولید سفر می‌گویند. با ربط دادن این سفرها به الگوهای کاربری زمین، تحلیل گر قادر به پیش‌بینی تعداد سفرهای آتی، با فرض در اختیار داشتن جمعیت و سایر فعالیتها در آینده خواهد بود؛ به طور اساسی دو روش برای تجزیه و تحلیل تولید

سفر وجود دارد که عبارت‌اند: از روش طبقه‌بندی و روش برازش خطی چند متغیره. که در پژوهش حاضر جهت پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه‌ها از روش برازش خطی چند متغیره استفاده شد. که بصورت معادله زیر است:

$$Y_e = A + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots + B_n X_n \quad (53)$$

در این معادله، Y متغیر وابسته (میزان پیشرفت پروژه) بوده و X ها نشان دهنده متغیرهای مستقل یا عوامل موثر بر پیش‌بینی پیشرفت پروژه می‌باشند. در این تحقیق متغیرهای مستقل یا X ها به صورت زیر تعریف شدند.

- مقدار محصول تولید شده (پیشرفت فیزیکی)

- مقدار زمان صرف شده (پیشرفت زمانی)

- مقدار هزینه (پیشرفت ریالی)

با استفاده از تابع تولید سفر و استفاده از آن در فازهای چهارگانه از روش‌های تولید سفر جهت پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه‌ها استفاده گردید.

با توجه به تخمین مقادیر متغیر مستقل بر اساس هر پروژه در دوره آتی بودجه مورد نیاز هر پروژه تخمین زده شده‌اند. این بودجه‌ها حاصل از مدل رگرسیون چندمتغیره و روش دیترویت می‌باشند که تعامل بین پروژه‌ها را نیز در نظر گرفته است. که طبق آن بودجه تخمینی تغییر سیستم آب خنک کننده یک بار گذر به مدار بسته (B_1) برابر با ۹۸۸۱۹/۲، احداث نیروگاه سوم (B_2) برابر با ۱۲۴۲۷/۸، احداث ساختمان مجتمع اداری و آموزش و طب صنعتی (B_3) برابر با ۶۶۳۰/۷، تامین آب مصرفی پالایشگاه از رودخانه بهمن شیر (B_4) برابر با ۹۷۴۳/۹، جمع آوری گازهای ارسالی به مشعل‌های پالایشگاه (B_5) برابر با ۵۸۲۸/۸، نصب نمک زدا در واحد تقطیر ۸۰ (B_6) برابر با ۹۰۱۲/۹، بروز آوری و توسعه مرکز تلفن پالایشگاه (B_7) برابر با ۴۱۴۶/۶ و تابع تعویض ظروف بارومتریک یک واحد تقطیر (B_8) برابر با ۴۵۰۹/۱ برای دوره‌ی آتی پیش‌بینی می‌شود.

با توجه به اطلاعات استخراج شده می‌توان گفت که بودجه مورد نیاز پروژه‌هایی که بصورت جداگانه بررسی شده‌اند، طبق رگرسیون چند متغیره بدست آمده است. در صورتی که بودجه پروژه‌ها بصورت تعاملی در نظر گرفته شود به گونه‌ای که کیفیت، درصد پیشرفت یا تعداد روزهای کاری یک پروژه سبب جذب بخشی از بودجه پروژه‌های دیگر شود؛ بودجه نهایی تخصیصی به هر پروژه ممکن است متفاوت باشد. به عنوان مثال بودجه تخصیصی به پروژه یک طبق رگرسیون ۱۰۲۲۳۰ تخمین زده شده است، درحالی‌که وقتی در تعامل با سایر پروژه‌ها قرار می‌گیرد، این بودجه به میزان ۹۸۸۱۹/۲ تقلیل می‌یابد. بودجه برخی پروژه‌ها نیز در حالت تعاملی ممکن است افزایش یابد همانگونه که بودجه پروژه ۶ از ۸۹۰۰ به ۹۰۱۲/۲ افزایش یافته است.

۶. منابع و مآخذ

بابایی، محسن (۱۳۹۷). مدل تخصیص بودجه سه‌هدف نگهداری روسازی راه با استفاده از روش ترکیبی بهینه‌سازی پارامتریک و توابع حددار. *پژوهشنامه حمل و نقل*، سال ۱۶، شماره ۴، صص ۱۲۹-۱۴۶.

بازرگانی، حسین؛ فتحی، محمدرضا. آقایی، میلاد. و رنجبر، مجتبی. (۱۳۹۸) ارائه مدل برنامه‌ریزی ریاضی دو هدفه برای ارزیابی کارایی و تخصیص بودجه در شرایط ابهام (مورد مطالعه: شرکت‌های وابسته به یک سازمان نظامی). *پژوهش‌های مدیریت انتظامی*، دوره ۱۴، شماره ۱، صص ۱۲۳-۱۴۹.

- جلیلی، آرزو و مشیری، اسمعیل. (۱۳۹۲). ابتکارات ذهنی در بکارگیری رویه‌های حسابداری مدیریت، فصلنامه دانش حسابداری و حسابرسی مدیریت، دوره ۲، شماره ۶، ۵۰-۴۱.
- حسینی، س. و محمدی، ر. (۱۴۰۱). پیش‌بینی پیشرفت پروژه‌ها با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، نشریه مدیریت پروژه و ساخت، ۱۲ (۴)، ۳۲-۴۸.
- حسینی، سید صمد؛ کرمی، اژدر و نیکخواه تکمه‌داش، یونس. (۱۳۹۷). مدل‌سازی معادلات ساختاری با Smart PLS V3 رویکرد پایان‌نامه‌نویسی و مقاله‌نویسی. چاپ اول، تهران: انتشارات اندیشه فاضل.
- حقیقی، مهناز؛ هاشمی، سید حمید. و نوبخت حقیقی، محمد باقر. (۱۳۹۱) راهکارهایی برای بودجه‌بندی و تخصیص هزینه در پروژه‌های عمرانی. دومین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت ساخت، پردیس بندرعباس-ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- رجبی، روح‌الله؛ قربانی، محمود و شعبانی، کیوان. (۱۳۹۴). رابطه هزینه حسابرسی مستقل با کیفیت سود و استقلال هیئت مدیره در بازار بورس اوراق بهادار تهران. دانش حسابرسی، دوره ۱۵، شماره ۵۹، ۱۰۹-۱۲۶.
- رضایی، ا.، احمدی، م. و صفری، ع. (۱۴۰۰). کاربرد الگوریتم‌های بهینه‌سازی در مدیریت پروژه‌های ساختوساز، مجله مهندسی صنایع ایران، ۲۵ (۳)، ۴۵-۶۰.
- روانبخش، مهدی، ۱۳۹۵، مطالعه نقاط ضعف سیستم بودجه‌ریزی سنتی در دستگاه‌های اجرایی، کنفرانس جهانی مدیریت، اقتصاد حسابداری و علوم انسانی در آغاز هزاره سوم، شیراز
- کریمی، ح.، و نجفی، م. (۱۴۰۲). مدیریت پروژه‌های پویا با رویکردهای ترکیبی. انتشارات دانشگاه تهران.
- مقیم، سید محمد. (۱۳۹۴). مبانی سازمان و مدیریت. چاپ سوم، تهران: انتشارات راه‌دان.
- نظری، احسانه، شادنوش، نصرت‌الله؛ سهرابی، طهمورث (۱۳۹۸). مدیریت پرتفوی هزینه پروژه‌ها در مساله موازنه زمان-هزینه-کیفیت و تعیین اقتصادی‌ترین ترکیب کاهش زمان فعالیتها در شبکه‌های مبتنی بر مسیر بحرانی (CPM)، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره چهل و یکم، صص ۱۹۲-۲۱۱.
- یداللهی، مجتبی؛ رحیمی‌زاده، عطیه (۱۳۹۷). بهینه‌سازی اجرای پروژه‌های عمرانی با محدودیت منابع با استفاده از الگوریتم ژنتیک. سومین کنفرانس بین‌المللی ترکیبات، رمزنگاری و محاسبات، صص ۳۷۴-۴۰۰.
- Applegate, L. M., Austin, R. D., & McFarlan, W. F. (2003). *Corporate Information Strategy & Management*. International Edition, Sixth edition, McGraw- Hill.
- Arnold, M., Artz, M. (2019). The use of a single budget or separate budgets for planning and performance evaluation. *Accounting, Organizations and Society*, PP:1-18.
- Gupta, R., Sharma, A., & Patel, V. (2023). AI-Driven Risk-Informed Progress Prediction in Infrastructure Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(3), 04022123.
- Hosseini, S., Nikkhah Tekmedash, Y., Karami, A., & Jabarzadeh, Y. (2019). The Impact of Knowledge Management Strategy on Service Innovation Performance in Private and Public Hospitals. *Iranian Journal of Management Studies*, 12(1), 1-24.
- ISO 21502:2022. Guidance on Project Management. International Organization for Standardization.
- Jimens, J. D., & Sanz Valle, R. (2011). Innovation, organizational learning, and performance. *Journal of Business Research*, 64(4), 408-417.
- Kumar Dadsena, K., Sarmah, S.P., Naikana, V.N.A. Jena, S.K. (2019). Optimal budget allocation for risk mitigation strategy in trucking industry: An integrated approach. *Transportation Research Part A*, 121, 37-55.
- Lee, S., Kim, J., & Park, H. (2022). Real-Time Data Integration for Enhanced Earned Value Management in Construction Projects. *Automation in Construction*, 135, 104118.

- Misra, S.N., Kumar Rai, R., Takeuchi, Y. (2018). Modeling the effect of time delay in budget allocation to control an epidemic through awareness. *International Journal of Biomathematics*, 11(2).
- Rogerio Pinheiro, P., Neves de Pinho, T.C., Pedro Dantas Pinheiro, G.C., Dantas Pinheiro, M.C. (2018). A Hybrid Model for Optimizing the Municipal Public Budget. *Management of Information Systems*, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.76043>.
- S. Sampaio Filho, A.C.D., M.B.R. Vellasco, M., Tanscheit, R. (2018). A unified solution in fuzzy capital budgeting. *Expert Systems With Applications* 98 (2018) 27–42.
- Wang, Y., & Zhang, L. (2023). Machine Learning-Based Progress Forecasting Using IoT Data in Smart Construction. *Advanced Engineering Informatics*, 56, 101876.
- Zhao, K., Hua, J., Yang, CH. (2019). A Unified Framework for Marketing Budget Allocation. *Computer Science, Mathematics Published in KDD '19 2019*, DOI: 10. 1145/3292500. 3330700, 1820-1830.

Forecasting Project Progress and Estimating Allocable Budget Using Trip Production and Distribution Methods

Asma Davami *¹

Abstract

Given the critical role of budgeting systems—particularly under current economic conditions in Iran—this study addresses the prediction of project progress, cost management, and the optimal allocation and planning of financial resources. In holding companies, budget allocation planning for future projects significantly impacts the efficient utilization of financial resources. Allocating budgets based on relevant and effective criteria among various possible indicators is essential for project execution in any organization.

This research first identified the final key indicators influencing budget allocation in the projects of Abadan Oil Refinery Company, namely: percentage of project progress, quality of project execution, and project completion time. To forecast project progress and estimate the allocable budget, the Detroit method was employed. The statistical population included all ongoing projects, among which eight projects—with accessible data—were selected for analysis. The study was conducted in nine steps organized into four phases, applied sequentially to predict the budget allocations for the selected projects. Ultimately, the estimated budget for each project for the subsequent period was calculated.

Keywords

Budget Allocation, Trip Generation, Trip Distribution

1. Department of Management, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Najaf Abad Branch, Iran (Corresponding Author: asmadavami.88@gmail.com)