مقاله پژوهشی

توسعه یک مدل ریاضی برای هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت مبتنی بر تخصیص منابع ریسک‌محور

بختیار استادی
(نویسنده مسئول)، دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. bostadi@modares.ac.ir

مینا حسینی
کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. hosseini_m@modares.ac.ir

محمد علی رستگار
استادیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. ma_rastegar@modares.ac.ir

چکیده: اطلاع از هزینه‌های واقعی یک پروژه، برآورد صحیح آن‌ها و شناسایی ریسک‌های موجود در بحث تخصیص منابع برای پروژه‌هایی مانند احداث یک واحد پتروشیمی که منابع آن ها گران قیمت هستند و یا دسترسی به آن‌ها دشوار است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با استفاده از روش‌های هزینه‌یابی در شرایط ریسک و عدم قطعیت می‌توان به اطلاعات هزینه‌ای قابل اطمینان تری رسید. با بررسی مطالعات و تحقیقات گذشته در حوزه هزینه‌یابی مشخص شد تمرکز بیشتر آن‌ها بر انجام فعالیت بوده، هم‌چنین به عامل ریسک کمتر توجه شده‌است. در این مقاله به استفاده از رویکرد ABC که بر شناسایی فعالیت‌ها و مراکز هزینه تمرکز دارد، در قالب یک مدل ریاضی که هدف آن به حداقل رساندن ریسک تخصیص منابع به مراکز فعالیت بر پایه محدودیت‌های مورد نظر در هزینه‌ها و منابع است، پرداخته شده‌است. با توجه به اینکه مقادیر عددی پارامترها در مدل اعم از مبالغ هزینه‌ای و زمان از عدم قطعیت برخوردار هستند در مدل سازی تخصیص منابع ریسک محور مد نظر قرار گرفته است. برای تست مدل پیشنهادی فعالیت‌های اصلی مرحله ساخت و نصب احداث یک واحد پتروشیمی در نظر گرفته شد و پس از جمع‌آوری داده‌های لازم، گام‌های مدل تدوین شده جهت تخصیص منابع و مراحل رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، اجرا شده‌است. نتایج حاصل نشان‌دهنده وجود تفاوت ۰/۷۱۲، ۱/۸۴۷-، ۲/۰۹۱، ۱/۲۱۱-، ۰/۲۸۹، ۰/۸۲۵، ۰/۵۵۷و ۱/۴۱۶ درصدی میان هزینه‌های محاسبه شده بر اساس تخصیص منابع مدل پیشنهادی برای مراکز فعالیت و هزینه‌های تخمین زده شده با توجه به داده‌های گذشته می‌باشد، این موضوع اثرگذاری ریسک منابع را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، (ABC)، تخصیص منابع، ریسک، تخصیص منابع ریسک محور

۱. مقدمه

سیستم‌های هزینه‌یابی جدید باید بیش از گذشته بر برآوردها و پیش‌بینی‌ها تمرکز داشته باشند. با توجه اینکه فرآیند تصمیم‌گیری اساساً بر واکنش سریع استوار است، این موضوع با زمان دسترسی به اطلاعات واقعی در سیستم‌های سنتی منافات دارد. این نارسائی‌ها و افزایش رقابت جهانی، که به دسترسی اطلاعات سریع و به‌موقع هزینه‌ها اهمیت زیادی بخشیده است، منجربه پیدایش شیوه جدیدی برای هزینه‌یابی موسوم به هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت گردید. هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت به وسیله Cooper & Kaplan به‌عنوان جایگزینی برای تکنیک‌های حسابداری سنتی مطرح شد و سپس به نحو چشم‌گیری در سازمان‌های تولیدی پیچیده (در چندین سطح) مورد استفاده قرار گرفت.

مدل‌های ABC ارتباط بین محصولات و منابع مورد استفاده تولید در تمام مراحل را معین می‌کنند. هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت اغلب به‌عنوان بخشی از مدیریت هزینه کلی مطرح شده است. تفاوت‌های سیستم ABC و سیستم سنتی عبارت‌اند از:

۱) شبکه‌های هزینه به جای مراکز هزینه‌ای تولید، به‌عنوان فعالیت تعریف می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۱
دوره ۱۲/ شماره ۴
صفحات ۴۹۴-۴۸۱

Corresponding author:bostadi@modares.ac.ir

۲) عوامل هزینه‌ای که جهت تخصیص به هزینه‌های فعالیت استفاده می‌شوند، از لحاظ ساختاری در سیستم‌های هزینه‌یابی سنتی تفاوت دارند.

سازمان‌ها همیشه به دنبال راه بهتری برای مدیریت هزینه‌ها و افزایش سوددهی هستند. اگر هزینه انجام یک پروژه یا فعالیت بیشتر از مقدار واقعی آن برآورد شود، ممکن است با اجرای آن (که در عمل می‌توانست نتایج مفیدی در برداشته باشد) مخالفت شود؛ از سوی دیگر برآورد کم هزینه می‌تواند منجر به اجرای فعالیت و یا پروژه‌ای شود که در واقع به‌صرفه نبوده است. از این‌رو در نظر گرفتن تمامی عوامل موثر بر هزینه امری بسیار ضروری است. ریسک‌ها از عوامل بسیار مهم و چالش‌برانگیز در هزینه‌یابی هستند که عدم توجه به آن‌ها می‌تواند تاثیرات نامطلوب زیادی بر نتایج هزینه‌یابی گذارد. این موضوع می‌تواند باعث بروز خطا و اشتباه در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی شود[۱].

مسئله تخصیص منابع به تخصیص بهینه منابع موجود بین تعدادی فعالیت گفته می‌شود. منظور از بهینگی در تخصیص، ماکزیمم کردن تعداد خروجی و سود و مینیمم کردن ریسک، هزینه و یا هر هدف دیگری است که با توجه به شرایط مسئله تعریف می‌شود. از آنجا که مسئله تخصیص منابع در زمینه‌های مختلف کاربردهای فراوان و وسیعی دارد، جهت فرموله کردن این مسئله از روشهای مختلفی استفاده می‌گردد. به علت آنکه با توجه به شرایط خاص حاکم بر هر مسئله باید محدودیت‌های خاصی بر نحوه استفاده از منابع اعمال شود[۱۵].

۲. مفهوم هزینه‌یابی

بیشتر مردم هزینه را به‌عنوان مقدار پولی می‌پندارند که برای خرید کالا و خدمات باید پرداخت کرد. محاسبه قیمت تمام شده مستلزم تخصیص هزینه‌های انجام شده به انواع محصولات تولیدی شرکت است که به این فرآیند اصطلاحا "هزینه‌یابی" گفته می‌شود[۲]. در تعریف دیگر آمده‌است، هزینه‌یابی عبارت است از طبقه‌بندی و تسهیم صحیح هزینه‌ها به منظور تعیین بهای تمام شده محصولات و خدمات واحد تجاری و تنظیم و ارائه اطلاعات مربوط به نحو مناسبی که برای راهنمایی مدیران و صاحبان واحد مزبور در جهت کنترل عملیات آن‌ها قابل استفاده باشد[۳].

۳. مطالعات پیشین

در سیستم‌های سنتی، هزینه‌یابی بهای تمام شده هر محصول عبارت است از مجموع هزینه‌های مواد مستقیم، کار مستقیم و سربار ساخت تخصیص یافته[۴]. در اواخر دهه ۸۰ تعدادی از صاحب نظران حسابداری و مدیریت به مدیران سازمان‌ها به‌خاطر استفاده و بکارگیری از سیستم‌های حسابداری سنتی ایرادات زیادی گرفتند. مشکل و انتقاد اصلی صاحب نظران این بود که هزینه‌هایی که توسط سیستم هزینه‌یابی سنتی ارائه می‌شود، اطلاعات دقیق را درمورد بهای تمام شده خدمات و محصولات در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار نمی‌دهد و حتی با ارائه اطلاعات غلط باعث گمراهی مدیران در تصمیم‌گیری‌ها می‌گردد. برای بررسی و چگونگی عملکرد سیستم‌های هزینه‌یابی سنتی، فاستر[1] تحقیقی را در بین مدیران مالی چندین سازمان بزرگ در آمریکا انجام داد. نتیجه این مطالعه نشان دادکه سیستم‌های هزینه‌یابی سنتی قادر به فراهم کردن اطلاعات مناسب برای تصمیم‌گیری مدیران نمی‌باشند. طبق نتایج حاصل از این تحقیق، ۵۱٪ از مدیران سازمان‌های تحت بررسی، معتقد بودند سیستم‌های سنتی اطلاعات کافی را برای هزینه‌یابی و قیمت‌گذاری محصولات فراهم نمی‌کند. ۴۵٪ از آن‌ها عنوان کردند اطلاعات فراهم شده توسط این سیستم‌ها دقیق و واقعی نیست و به دلیل عدم سنجش عملکرد کارکنان، باعث ایجاد نارضایتی در بین آن‌ها شده‌است. ۲۷٪ از مدیران معتقد بودند که اطلاعات تهیه شده، برای تجزیه و تحلیل رقابت کافی و مناسب نمی‌باشند و ۱۱٪ نیز اعتقاد داشتند که این سیستم‌ها با استراتژی سازمان‌ها تطابق ندارند[۵]. بسیاری از شرکت‌ها به منظور برطرف نمودن انتقادات مطرح شده در بخش قبل به سمت استفاده از سیستم ABC گرایش یافته‌اند. این سیستم جانشین هزینه‌یابی سفارش کار یا روش مرحله‌ای نیست، بلکه می‌تواند همراه با آن‌ها به کار گرفته شود. سیستم ABC فلسفه نوین مدیران (جلب رضایت مشتریان) و رقابت با سایر شرکت‌ها را بطور کمی در هزینه‌یابی محصول منظور می‌کند. یعنی این سیستم هزینه‌های مربوط به تولیدات انعطاف‌پذیر را نیز در برمی‌گیرد. روش ABC توسط کوپر و کاپلان در اواسط دهه ۱۹۸۰ به‌عنوان جایگزین مناسب برای روش‌های حسابداری سنتی معرفی شده است[۶]. سیستم ABC بهای تمام شده خدمات و محصولات را بوسیله مرتبط کردن هزینه‌های سازمانی با فعالیت‌های مورد نیاز برای انجام خدمات و

[1] Foster (1991)

یا محصولات محاسبه می‌کند. هدف ABC تخصیص دقیق‌تر هزینه‌های سربار به محصولات یا خدمات با استفاده از محرک‌های هزینه می‌باشد. بنابراین ساختار یک سیستم ABC شامل دو مرحله است؛ در مرحله اول، منابعی که به‌عنوان هزینه‌های غیر مستقیم طبقه بندی می‌شوند، به فعالیت‌ها اختصاص می‌یابند. در مرحله دوم، هزینه هر فعالیت از طریق محرک‌های هزینه به محصولات یا خدمات اختصاص داده می‌شود. سیستم ABC یک محرک هزینه‌ی مناسب را به هر فعالیت اختصاص می‌دهد، هزینه‌ها را براساس آن محاسبه می‌کند و در نتیجه اطلاعات مناسب‌تری را درباره‌ی هزینه‌ها و منابع مورد نیاز برای تولید محصولات و خدمات، ارائه می‌دهد.

روش‌های احتمالی به‌طور سنتی برای غلبه بر عدم‌قطعیت در مدل‌های هزینه به کار می‌روند. شبیه سازی مونت کارلو به‌عنوان روش احتمالی تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت، در بیشتر صنعت‌ها مورد توجه قرار گرفته‌است زیرا نرم‌افزارهای تخصصی این روش به راحتی قادر به طراحی و تجزیه و تحلیل مدل‌ها هستند. این روش تحلیل عدم‌قطعیت، پارامترهای نامعین را با توزیع‌های احتمالی نشان می‌دهد. برای ایجاد یک مدل شبیه‌سازی مونت کارلو برای هر پارامتر نامشخص، بر اساس داده‌های ذهنی یا تاریخی یک توزیع احتمالی انتخاب می‌شود[۷]. با سیستم هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت مونت کارلو، ما نه تنها عدم قطعیت ذاتی هزینه را در تخمین نقطه‌ای به دست می‌آوریم بلکه طیف عدم‌قطعیت را با تمامی تخمین‌های ممکن دیگر، از طریق یک آنالیز بهتر از جایگزین‌ها ثبت می‌کنیم. شبیه‌سازی مونت کارلو به طور خاص برای توصیف روشی برای انتشار (تبدیل) عدم قطعیت در ورودی‌های مدل به عدم‌قطعیت در خروجی‌های مدل (نتایج) استفاده می‌شود[۸].

کاپلان و اندرسون در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ و جامع‌تر در سال ۲۰۰۷ مشکلات عمده اجرای ABC را به شرح زیر ذکر کردند:

۱) روند مصاحبه و نظرسنجی وقت‌گیر و پرهزینه بود.

۲) داده‌های مدل ABC برای اعتبارسنجی ذهنی و دشوار است.

۳) داده‌ها برای ذخیره، پردازش و گزارش گران‌قیمت بودند.

۴) اکثر مدل‌های ABC محلی بوده و یک دیدگاه یکپارچه از فرصت‌های سوددهی اقتصادی ارائه نمی‌دهند.

۵) مدل ABC نمی‌تواند به راحتی برای تطبیق با شرایط درحال تغییر به‌روز شود.

۶) این مدل از لحاظ نظری، زمانی که پتانسیل برای ظرفیت استفاده نشده را نادیده گرفت، نادرست بود.

TDABC یک مدل مدیریت هزینه کششی است که بر مبنای دو برآورد عمل می‌کن[۹]:

۱. نرخ هزینه ظرفیت.

۲. تخمین زمان مورد نیاز برای هر فعالیت

در نتیجه، در سال ۲۰۰۴ و جامع‌تر در سال ۲۰۰۷، کاپلان و اندرسون نسخه دوم ABC را با عنوان «هزینه‌های مبتنی بر فعالیت زمان‌گرا (TDABC)» ارائه دادند. آن‌ها ادعا کردند مزایای عمده TDABC به شرح زیر است:

۱) این روش را می‌توان در هر صنعت یا شرکت با اشیاء پیچیده هزینه استفاده کرد.

۲) این روش مانع از کار پرهزینه و زمان‌بر تعیین فعالیت‌ها به صورت ذهنی در اولین مرحله اجرای ABC می‌شود.

۳) این روند پردازش هزینه را ساده می‌کند.

۴) این ساخت ساده‌تر و سریع‌تر از ABC است.

۵) این روش مستلزم مصاحبه پرهزینه و زمان‌بر با کارمندان نیست.

۶) این روش مقادیر دقیق مربوط به کارایی فرآیند شرکت و ظرفیت‌های استفاده نشده را گزارش می‌دهد.

۷) اطلاعات مربوط به تصمیم‌گیری‌های مدیریتی را فراهم می‌کند.

۸) اطلاعات دقیق‌تری در مورد فعالیت‌های پیچیده شرکت با به‌دست آوردن مدل معادلات زمان مناسب ارائه می‌دهد [۱۰].

باقرپور الگوریتم RTDABC را ارائه کرد که حلقه‌ها و احتمالات را در یک محیط عملی مانند بیمارستان در نظر می‌گیرد. سه عامل ریسک‌پذیر که در این الگوریتم در نظر گرفته می‌شود عبارت است از:

۱) ظرفیت منبع

۲) زمان تخمین‌زده شده هر فعالیت

۳) مقدار مورد نیاز از هر فعالیت

از نتایج اصلی این الگوریتم پیدا کردن میانگین هزینه هر بیمار بر اساس مصرف منابع و تعیین زمان بیکاری هر منبع است که

باید در محاسبات هزینه در نظر گرفته شود تا مدیریت بتواند از این منابع غیرفعال برای تصمیم‌های آینده بهره‌برداری کند[۱۱].
استادی و نجفی‌منش طی پژوهشی، مدلی برای برآورد هزینه فعالیت‌های مرحله ساختمان و احداث یک واحد پتروشیمی با بهره‌گیری از رویکرد ABC و عوامل ریسک ارائه‌کردند. مبنای محاسبه هزینه مرحله ساختمان و نصب یک واحد پتروشیمی در این پژوهش مبتنی بر هزینه هر یک از مراکز اصلی فعالیت‌ها است و عواملی چون وزن اهمیت هزینه- زمان مراکز فعالیت‌ها، کل زمان مورد انتظار پروژه و هزینه‌های سربار هر مرکز فعالیت نیز موثر بر برآورد هزینه است[۱۲].
استادی و زارع در پژوهشی دیگر به محاسبه بهای تمام شده خدمات موسسات آموزشی با بهره‌گیری از رویکرد ABC و در نظر گرفتن احتمال وقوع عوامل ریسک پرداختند[۱۳].
استادی و همکاران چارچوب جدیدی تحت عنوان هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت فازی را معرفی کرده‌اند. از مجموعه فازی در مدل پیشنهادی برای نشان دادن ابهام و عدم‌قطعیت در داده‌های مربوط به منابع و محرک‌های هزینه، استفاده شده است [۱۴]، [۱۵] و [۱۶].

۴. ارتباط مدل پایه با رویکرد (ABC)

در به کار گیری ABC مراحلی برای انباشت و توزیع و تسهیم هزینه‌های تولید در نظر گرفته می‌شود. در مرحله اول هزینه‌های غیر مستقیم منابع به مخازن هزینه اختصاص می‌یابد و در مرحله دوم هزینه‌های انباشت شده در مخازن یا مراکز هزینه به محصولات منظور می‌شود. برای روشن شدن موضوع به ویژه در مورد مخازن هزینه لازم است در ابتدا تعریفی از آن ارائه شود:
« مخازن یا ظرف هزینه فعالیت عبارت است از هر نوع عمل یا انجام کاری که قسمتی از عملیات تولید یا ارائه خدمات را تشکیل می‌دهد و موجب وقوع هزینه است».
متولیان طراحی سیستم ABC معیارهای مشخصی را برای تخصیص هزینه‌های فعالیت (مراکز یا مخازن و ظرفیت فعالیت) انتخاب می‌کنند. در صورتی که تخصیص هزینه‌ها از نوع تسهیم باشد از ابزار تسهیم هزینه بهره می‌گیرند و در صورتی که توجه به رابطه علت و معلولی مورد نظر باشد از معیار محرک هزینه استفاده می‌شود.

۴-۱- محرک هزینه

محرک هزینه ویژگی یک رخداد یا یک فعالیت است که به وقوع هزینه توسط آن رخداد یا آن فعالیت منتج می‌شود. به بیان دیگر عاملی است که رابطه مستقیم و علت و معلولی با هزینه دارد و به وجود آورنده هزینه‌های هر مرکز فعالیت است. در ABC فرض بر این است که فعالیت‌ها، منابع هزینه را مصرف می‌کنند و محصولات بر اثر فعالیت‌ها تولید می‌شوند. در این روش می‌توان براساس معیار منابعی از مصرف هر فعالیت هر فعالیت، هزینه به محصولات ردیابی می‌شود.

۴-۲- مراتب فعالیت‌ها

فعالیت‌ها در ABC براساس سطوح تولید طبقه‌بندی می‌شود و رعایت طبقه‌بندی وصف شده در تعیین بهای تمام شده محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۱) فعالیت‌های سطح واحد محصول: فعالیت‌هایی که با تولید یک واحد محصول رابطه دارد جزو فعالیت‌های سطح واحد محصول طبقه‌بندی می‌شود.
۲) فعالیت‌های سطح دسته محصول: فعالیت‌هایی که برای یک دسته از محصولات انجام می‌شود در فعالیت‌های سطح دسته محصول طبقه‌بندی می‌شود.
۳) فعالیت‌های سطح محصول: فعالیت‌هایی که بر حسب نیاز پشتیبانی برای تولید انواع محصولات است در این طبقه لحاظ می‌شود.
۴) فعالیت‌های سطح کارخانه: فعالیت‌هایی که ناظر بر فرآیند عمومی تولید کارخانه باشد در فعالیت‌های سطح کارخانه منظور خواهد شد.

سیستم هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، در مرحله اول فعالیت‌های عمده و اصلی فرآیند تولید را شناسایی می‌کند و در مرحله دوم در یکی از طبقات وصف شده طبقه‌بندی می‌کند. در گزاره اخیر از واژه‌های عمده و اصلی استفاده شد به دلیل آنکه بکارگیری هر روشی معطوف به نتایج سودبخش است. به عبارت دیگر اتخاذ هر روشی تنها هنگامی مجاز است که فواید تفاضلی ناشی از به‌کارگیری آن روش، بیشتر از هزینه‌های تفاضلی آن روش باشد وخرد و جزئی کردن بیش از حد مراکز هزینه و فعالیت می‌تواند هزینه‌های استفاده از روش ABC را افزایش و فواید آن را کاهش دهد. فرآیند طراحی ABC بر سطح آتی صورت می‌پذیرد:

۱) شناسایی و طبقه‌بندی فعالیت‌های تولید (مخازن هزینه)
۲) تخصیص هزینه‌های تولید به مخازن فعالیت
۳) شناسایی محرک هزینه‌هایی که رابطه علی و منطقی با مخازن هزینه دارند.
۴) تعیین محرک هزینه که برای محصولات در هر فعالیت مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۵) محاسبه نرخ محرک هزینه یا نرخ جذب هزینه هر محصول = (جمع هزینه‌های هر فعالیت/ محرک هزینه مورد استفاده)
۶) تخصیص هزینه‌های فعالیت به محصولات تولیدی

اهداف مدیریت و تنوع و ترکیب محصولات می‌تواند بر پیچیدگی روش ABC بیفزاید. در نتیجه هر چقدر اهداف طراح پیچیده تر باشد محرک‌های بیشتری برای تسهیم و تخصیص هزینه نیاز خواهد بود.

صرف نظر از تعداد فعالیت و تنوع تولید، گام‌های زیر از بعد مبنایی طراحی سیستم هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱) تلفیق آن دسته از فعالیت‌هایی که به جهت تناسب و تشابه قابل تلفیق باشند.
۲) گزارش هزینه هر فعالیت
۳) شناسایی مراکز یا مخازن هر فعالیت
۴) انتخاب محرک‌های مناسب برای منابع و مراکز هزینه
۵) انتخاب محرک‌های فعالیت

حال اگر طراحی هر سیستم پیچیده از آن میان طراحی هزینه‌یابی در صنایع پتروشیمی مورد بحث باشد، انتخاب فعالیت‌ها و محرک‌ها بویژه در تخصیص هزینه‌های ساخت از اهمیت ویژه برخوردار خواهد بود.
تعداد فعالیت‌ها در دیسیپلین‌ها و زیرمجموعه‌های فعالیت‌های ساخت پتروشیمی به قدری زیاد است که استفاده از یک محرک برای هر فعالیت جداگانه از جنبه اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود و اصل طلایی فزونی درآمد بر هزینه تفاضلی را نقض خواهد کرد. بنابراین در هر مخزن هزینه می‌باید مقداری از فعالیت تلفیق شود. پس در مرحله بعدی می‌توان برای تخصیص هزینه‌ها از یک محرک استفاده کرد.
برمبنای پیشین در طراحی پروژه‌های متعدد که از سوی مدیریت واحد، راهبری و هدایت می‌شود تلفیق فعالیت‌های پروژه‌ها به صورت جداگانه و به‌عنوان مرحله اول مخازن هزینه و تعیین فعالیت‌های عمده هر پروژه در مرحله دوم می‌تواند مبنای تخصیص منطقی هزینه تلقی شود.
در این صورت هزینه‌های تسهیم یافته در مرحله اول با مخزن‌های مربوط به خود و هزینه‌های اختصاص یافته به فعالیت‌های عمده هر فعالیت در مرحله دوم به محرک‌های مخصوص به خود (بر اساس رابطه علت و معلولی) تخصیص مجدد می‌یابد.

۴-۳- گزارش هزینه فعالیت‌ها

بعد از انتخاب فعالیت‌های مربوط، در مورد سطح تلفیق نیز اقداماتی را باید به عمل آورد. در این مرحله می‌توان هزینه‌های مربوط به منابع معرفی شده توسط هر فعالیت را به صورت جداگانه گزارش کرد که هر چند استفاده از گزارش هزینه از حیث بهای تمام شده محصول موثر نیست با این حال طبقه‌بندی هزینه‌های هر فعالیت می‌تواند د ارزیابی عملکرد مدیریت، موثر واقع شود. این موضوع در صورتی که ساخت یک دارایی با ارزش مثل یک واحد پتروشیمی مورد نظر باشد، کنترل و مطابقت پیشرفت فیزیکی و مالی و زمانی پروژه بسیار با اهمیت تلقی می‌شود و در کنترل پروژه از ابزار برنامه‌ریزی محسوب می‌شود.

۴-۴- شناسایی مراکز فعالیت

در طراحی روش هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، شناسایی مراکز فعالیت گام سوم طراحی محسوب می‌شود. مرکز فعالیت، بخشی از فرآیند تولید است که مدیریت علاقمند است هزینه‌های مربوط به آن را به جهات متعدد به صورت جداگانه طبقه‌بندی کند. شاید در یک واحد تولیدی طبقه‌بندی هر مرکز فعالیت از اهمیت درجه دوم برخوردار است. لیکن واحدهایی که معطوف به ساخت دارایی با ارزشی باشد اهمیت پیدا می‌کند. جدای از شناسایی و طبقه‌بندی هزینه‌های مراکز فعالیت، استفاده از این روش پروژه را از حیث کنترل‌های مورد نیاز دیگر پشتیبان خواهد کرد.

۴-۵- محرک‌های منابع

روش ABC هزینه‌های منابع را به مخازن در هر مرکز فعالیت تخصیص می‌دهد. هر مخزن هزینه نشان دهنده یک فعالیت است. محرک‌های منابع در تخصیص هزینه‌ها به مخازن مورد استفاده است که در جای خود و به‌عنوان ابزار اصلی ردیابی هزینه باید به صورت دقیق انتخاب شود. برای مثال استفاده از محرک ساعات بازرسی در مقایسه با تعداد بازرسی موجب خواهد شد برای

بازرسی‌های طولانی‌تر هزینه‌های مرتبط با بازرسی بیشتری به مراکز فعالیت تخصیص یابد. در ادامه این فصل مدلی مبتنی بر تخصیص منابع ریسک محورد ارائه می شود.

۴-۶- محرک‌های فعالیت

تعیین محرک‌های فعالیت، آخرین مرحله از طراحی سیستم ABC تلقی می‌گردد. برای مثال برای فعالیت برای فعالیت آماده‌سازی خط تولید می‌توان تعداد ساعات صرف شده برای آماده‌سازی یا تعداد دفعات آماده‌سازی به‌عنوان محرک مبنا قرار می‌گیرد در انتخاب محرک، تعداد دفعات آماده‌سازی خط تولید فرض طراح بر این است که هزینه‌های آماده‌سازی مقدار مشابهی از منابع مصرف می‌شود و در فرض محرک ساعات صرف شده برای آماده‌سازی خط تولید، مصرف منابع در مقایسه با زمان آماده‌سازی مورد توجه قرار می‌گیرد.

۵- مدل ریاضی نظری

در مرحله تعیین محرک‌های منابع از رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، با توجه به مقادیر کمینه و بیشنه موجود برای هر منبع ریسک کمبود مقدار هر منبع برای تخصیص به فعالیت‌ها با توجه به مقدار مورد نیاز آن‌ها وجود خواهد داشت که این موضوع باعث به تاخیر افتادن انجام فعالیت در مرحله اول، ایجاد مشکل برای انجام فعالیت‌های پس نیاز و در نهایت به تاخیر افتادن زمان اتمام پروژه خواهد شد. از طرفی دیگر برآورد هزینه‌های درست و دقیق بر اساس کاهش فاکتور ریسک کمبود تخصیص منابع ریسک محور، قبل از انجام پروژه، می‌تواند کمک بزرگی برای تصمیم‌گیرها باشد. مبنای تخصیص منابع ریسک محور به مراکز فعالیت و محاسبه فاکتور ریسک در مدل پایه این پژوهش مقادیر اولیه، کمینه و بیشنه منابع، مقدار مورد نیاز تخمین زده شده مراکز فعالیت از منابع براساس وزن اهمیت مراکز فعالیت و روابط پیش نیازی فعالیت‌ها است.

۶- علائم اختصاری مدل

جدول۱- متغیرهای تصمیم و پارامترهای مدل

ad_{ij}^{t}	مقدار مورد نیاز فعالیت jام از منبع iام در دوره t	پارامتر
$\widetilde{AD}_{ij}^{t}$	کمینه مقدار مورد موجود منبع iام برای فعالیت jام در دوره t	پارامتر
$\overline{AD}_{ij}^{t}$	بیشنه مقدار مورد موجود منبع iام برای فعالیت jام در دوره t	پارامتر
RD_{i}^{0}	مقدار اولیه منبع iام	پارامتر
m	شمارنده فعالیت	پارامتر
$\widehat{ad}_{ij}^{t}$	مقدار تخصیص داده شده از منبع iام به فعالیت jام در دوره t	متغیر
RD_{i}^{t}	مقدار باقی مانده از منبع iام در دوره t	متغیر
RF_{ij}^{t}	فاکتور ریسک منبع iام برای فعالیت jام در دوره t	متغیر
i	شمارنده منبع‌ها که از ۱ الی n است	اندیس
j	شمارنده فعالیت‌ها که از ۱ الی m است	اندیس
t	شمارنده زمان که از ۰ تا T است	اندیس

۷- مدل پایه

در این مدل فرض شده است مراکز فعالیت به صورت متوالی در یک دوره زمانی به انجام رسیده و کامل می‌شوند و در هر دوره زمانی فقط یک مرکز فعالیت انجام می‌شود.

با توجه به داده‌های گذشته، پارامتر Y_{ij} ارتباط بین منابع و مراکز فعالیت را به صورت باینری نشان می‌دهد.

$$Y_{ij}=\begin{cases}1 & \text{(۱) اگر منبع } i \text{ به فعالیت } j \text{ مرتبط باشد}\\ 0 & o.w\end{cases}$$

پارامتر x_{ij}^{t} نشان می‌دهد با توجه به داده‌های گذشته آیا مرکز فعالیت j ام از منبع iام مصرف کرده است یا خیر.

$$x_{ij}^{t}=\begin{cases}1 & ad_{ij}^{t}>0\\ 0 & o.w\end{cases} \qquad (۲)$$

متغیر RF_{ij}^{t} فاکتور ریسک منبع iام برای فعالیت j ام در دوره t (دوره انجام فعالیت j ام) را بر اساس مقادیر کمینه و بیشنه منابع و مقدار مورد نیاز مراکز فعالیت از منابع (با توجه به داده‌های گذشته) و مقدار تخصیص داده شده از هر منبع به هر مرکز فعالیت (خروجی مدل) طبق رابطه ۳ محاسبه می‌کند.

$$RF_{ij}^{t}=\frac{\overline{AD}_{ij}^{t}-\widehat{ad}_{ij}^{t}}{\overline{AD}_{ij}^{t}-\widetilde{AD}_{ij}^{t}}\times\frac{ad_{ij}^{t}-\widehat{ad}_{ij}^{t}}{ad_{ij}^{t}} \qquad (۳)$$

با توجه به رابطه ۴ تابع هدف مدل پایه این پژوهش کمینه کردن فاکتور ریسک کمبود تخصیص منبع iام برای فعالیت jام در دوره

t (دوره انجام فعالیت j ام) است با فرض اینکه منبع iام به فعالیت jام مرتبط باشد و فعالیت j ام از منبع iام در دوره t (دوره انجام فعالیت jام) مصرف کند.

$$Min \quad Y_{ij}x_{ij}^{t}RF_{ij}^{t} \qquad (۴)$$

s.t

$$RD_i^t = RD_i^0 - \sum_{j=1}^{m} \widehat{ad}_{ij}^t \qquad \forall i,t \qquad (۵)$$

$$\widehat{ad}_{ij}^t \le \overline{AD}_{ij}^t \qquad \forall i,j,t \qquad (۶)$$

$$\widehat{ad}_{ij}^t \le ad_{ij}^t \qquad \forall i,j,t \qquad (۷)$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij}^t \widehat{ad}_{ij}^t \le RD_i^t \qquad \forall i,t \qquad (۸)$$

$$\widehat{ad}_{ij}^t \ge 0 \qquad \forall i,j,t \qquad (۹)$$

$$RD_i^t \ge 0 \qquad \forall i,t \qquad (۱۰)$$

رابطه ۵ نشان‌دهنده مقدار باقی‌مانده از منبع iام در دوره t با توجه به مقدار تخصیص داده شده از منبع iام به فعالیت jام در دوره t است که با توجه به محدودیت رابطه ۱۰ باید در هر دوره به ازای هر منبع مقدار نامنفی باشد.

محدودیت روابط ۶ و ۷ کنترل‌کننده مقدار تخصیص داده شده از منبع iام به فعالیت jام در دوره t هستند. با توجه به مقدار بیشینه موجود از هر منبع، مقدار تخصیص داده شده از آن منبع به هر فعالیت نباید از مقدار بیشینه آن منبع بیشتر شود، در غیر این صورت در رابطه با آن منبع دچار ریسک کمبود خواهیم شد. از طرفی مقدار تخصیص داده شده از منبع iام به فعالیت jام در دوره t نباید از مقدار مورد نیاز فعالیت jام از منبع iام در دوره t تجاوز کند زیرا در این صورت نیز ریسک کمبود منبع iام برای دیگر فعالیت‌هایی که از این منبع مصرف می‌کنند وجود خواهد داشت.

محدودیت رابطه ۸ بیان می‌کند که مجموع مقدار تخصیص داده شده از منبع iام به فعالیت j ام در دوره t نباید از مقدار موجود منبع iام در لحظه t تجاوز نکند در غیر این صورت برای منبع iام کمبود رخ خواهد داد.

محدودیت رابطه ۹ نیز بیان می‌کند که مقدار تخصیص داده شده از منبع iام به فعالیت jام در دوره t باید مقدار نامنفی داشته باشد.

۸- مطالعه موردی

مطالعه موردی این پژوهش مربوط به پروژه احداث یک واحد تولید PVC است که بین سال‌های ۱۳۸۵تا ابتدای ۱۳۸۷ به مدت ۲۱ماه در منطقه جنوب کشور به اتمام رسیده است. مراکز فعالیت و فاکتورهای وزنی این پروژه که توسط پیمانکار ارائه شده، در جدول ۲ بیان شده است.

جدول۲- مراکز فعالیت و فاکتورهای وزنی تعیین شده

شماره	مراکز فعالیت	وزن اهمیت
۱	آماده‌سازی زمین و زیرساخت	۸٫۰۸
۲	سیویل، سازه‌ها و فعالیت‌های ساختمانی قبل از نصب	۲۴٫۸۵
۳	نصب تجهیزات مکانیکی	۱۹٫۰۷
۴	لوله‌گذاری و پایپینگ	۲۵٫۰۱
۵	نصب تجهیزات برقی	۶٫۶۲
۶	ابزار دقیق	۹٫۳۸
۷	پیش راه‌اندازی	۶٫۹۹

در جدول ۳ و ۴ نام ماشین‌آلات، تجهیزات و نیروی انسانی مورد نیاز مرحله ساختمان و نصب پروژه احداث قابل مشاهده هستند. منابعی که در مراکز فعالیت به کارگرفته شده است و تعداد کل منابع مشخص شده است.

جدول۳- میزان ماشین‌آلات مورد نیاز در کل پروژه

ردیف	ماشین آلات	تعداد-روز	مراکز فعالیتی که درآن به کار گرفته شده‌اند.
۱	3 tonجرثقیل	۴	تمام مراکز فعالیت
۲	10 tonجرثقیل	۲	۲.۳.۴
۳	25 tonجرثقیل	۲	۲.۳.۴
۴	35 tonجرثقیل	۴	۴.۳
۵	70 tonجرثقیل	۱	۳
۶	تراکتور	۳	۱.۲.۴.۵.۶
۷	تریلر	۳	۲.۳.۴
۸	تانکر آب	۵	۱.۲.۷
۹	پمپ آب	۵	۱.۲.۴.۷
۱۰	میکسربتن	۴	۲،۱
۱۱	دستگاه وبیراتور	۵	۲،۱
۱۲	بچینگ	۲	۲،۱
۱۳	400 CFM کمپرسور	۲	۲
۱۴	750 CFM کمپرسور	۳	۲.۳.۴.۷
۱۵	100 KWژنراتور	۱	تمام مراکز فعالیت
۱۶	200 KWژنراتور	۱	تمام مراکز فعالیت
۱۷	175 KWژنراتور	۱	۴
۱۸	250 KWژنراتور	۴	۴
۱۹	موتور جوش	۶۸	۲.۳.۴.۵.۶
۲۰	اتوبوس	۳	تمام مراکز فعالیت
۲۱	مینی بوس	۱۲	تمام مراکز فعالیت
۲۲	سواری	۷	تمام مراکز فعالیت
۲۳	وانت بار	۵	تمام مراکز فعالیت
۲۴	آمبولانس	۱	تمام مراکز فعالیت
۲۵	کامیون	۵	۱.۲.۴

جدول۴- میزان نیروی انسانی مورد نیاز در کل پروژه

ردیف	نیروی انسانی	نفر - روز	مراکز فعالیتی که درآن به کار گرفته شده‌اند.
۱	انباردار	۱۹	تمام مراکز فعالیت
۲	تعمیرات	۱۳	تمام مراکز فعالیت
۳	اداری و مالی	۹	تمام مراکز فعالیت
۴	راننده	۱۰	تمام مراکز فعالیت
۵	حراست	۱۹	تمام مراکز فعالیت
۶	متریال من	۱۲	تمام مراکز فعالیت
۷	سایر	۳۸	تمام مراکز فعالیت
۸	سرپرست کارگاه	۱	تمام مراکز فعالیت
۹	نقشه بردار	۶	۱.۲.۳.۴
۱۰	برنامه‌ریزی وکنترل پروژه	۱۰	تمام مراکز فعالیت
۱۱	دفتر فنی	۲۹	تمام مراکز فعالیت
۱۲	کنترل کیفیت	۲۰	تمام مراکز فعالیت
۱۳	جوشکار برق	۴۰	۱.۲.۳.۴.۵.۶
۱۴	مونتاژکار	۳۰	۳.۴
۱۵	سندبلاستکار	۴	۳.۴.۵.۶
۱۶	اسکافلد بند	۴۲	تمام مراکز فعالیت
۱۷	نصاب	۲۴	۳.۴.۵.۶
۱۸	برقکار	۶	۲.۵.۶
۱۹	نقاش	۴	۲.۳.۴
۲۰	فورمن	۱۸	تمام مراکز فعالیت
۲۱	ایمنی	۹	تمام مراکز فعالیت
۲۲	کمکی	۱۴۷	تمام مراکز فعالیت
۲۳	کارگر ساده	۲۳	تمام مراکز فعالیت
۲۴	تکنسین اجرا	۱۷	تمام مراکز فعالیت
۲۵	اپراتوز جرثقیل	۱	تمام مراکز فعالیت
۲۶	ریگر	۱۰	تمام مراکز فعالیت
۲۷	قالبند	۱۷	۲.۱
۲۸	تگزن	۲۱	۴
۲۹	کارگر ماهر	۸۰	تمام مراکز فعالیت
۳۰	برشکار	۳	۳.۴
۳۱	آرماتوربند	۸	۱.۲

۹- حل مدل

برای حل مدل در ابتدا با توجه به داده‌ها گذشته ماتریس‌های Y_{ij} و x_{ij}^t مشخص شدند. باتوجه به عدم دسترسی به مقادیر واقعی مورد نیاز مراکز فعالیت از منابع (ad_{ij}^t) این مقادیر با توجه به ماتریس Y_{ij} و مقادیر اولیه منابع (RD_i^0) و فاکتورهای مراکز فعالیت محاسبه شدند. در انتها برای حل مدل پایه از نرم‌افزار گمز استفاده شد.

۱۰- نتایج

با توجه به اینکه در سال ۱۳۹۹ متوسط حقوق کارگران حدود ۲۸ میلیون ریال ذکر شده است و کارکنان به طور متوسط ماهیانه ۲۴۰ ساعت برای پروژه مذکور کار کرده‌اند، متوسط حقوق نفر-ساعت عوامل در طول پروژه ۱۱۶۶۶۷ ریال در نظر گرفته شده‌است که شامل کلیه هزینه‌هاست. با توجه به این مبلغ، هزینه منابع مراکز فعالیت مرحله ساختمان و نصب به تفکیک هر مرکز فعالیت در جدول ۵ محاسبه شده‌است.

جدول ۵- مقایسه نتایج پژوهش

مراکز فعالیت	هزینه برآورد شده با توجه به مقادیر تخصیص داده شده $(\widehat{ad}_{ij}^t)$	هزینه برآورد شده با توجه به مقادیر مورد نیاز (ad_{ij}^t)
آماده‌سازی زمین و زیرساخت	۸۲۵۱۴۴۹۸.۲۰	۷۵۰۷۴۲۴۲.۳۳
سیویل، سازه‌ها و فعالیت‌های ساختمانی قبل از نصب	۲۴۹۶۸۴۸۷۸.۹۸	۲۶۸۹۷۵۲۰۴.۳۷
نصب تجهیزات مکانیکی	۲۲۳۱۰۹۶۴۹.۶۲	۲۰۱۲۶۸۰۱۳.۷۴
لوله‌گذاری و پایپینگ	۲۸۷۶۰۸۲۱۴.۸۵	۳۰۰۲۶۲۱۳۹.۳۰
نصب تجهیزات برقی	۶۴۳۶۴۳۷۴.۶۳	۶۱۳۴۴۰۷۷.۰۵
ابزار دقیق	۹۵۵۳۴۵۳۲.۷۸	۸۶۹۱۹۵۵۳.۲۸
پیش راه‌اندازی	۵۶۲۱۰۱۱۲.۶۵	۵۰۳۹۰۵۸۹.۵۰
مجموع	۱۰۵۹۰۲۶۲۶۱.۱۷	۱۰۴۴۲۳۳۸۱۹.۵۷

مدل ارائه شده در این پژوهش توانست با استفاده از رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، هزینه اتمام پروژه را با توجه به فاکتور ریسک تخصیص منابع به فعالیت‌ها برای منابع ریسک محور محاسبه کند از این رو می‌تواند مبنایی برای لحاظ کردن ریسک تخصیص در رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت (ABC) باشد.

همانطور که ملاحظه می‌شود مجموع هزینه برآورد شده با توجه به پارامتر مقادیر مورد نیاز فعالیت‌ها از منابع (ad_{ij}^t) که براساس وزن اهمیت مراکز فعالیت تخمین زده شده است با مجموع هزینه مقادیر تخصیص داده شده از منابع به فعالیت‌ها $(\widehat{ad}_{ij}^t)$ که خروجی مدل پایه پژوهش است نزدیکی قابل قبولی دارد.

۱۱- راهنمای عملی و کاربردی

برای استفاده از مدل تدوین پیشنهادی این پژوهش اجرای گام‌های زیر ضروری است:

۱) شناسایی محرک‌های هزینه
۲) تعیین مراتب فعالیت‌ها
۳) شناسایی مراکز فعالیت
۴) شناسایی محرک‌های منابع
۵) تعیین ارتباط منابع با مراکز فعالیت
۶) مشخص نمودن دوره‌ی انجام هر مرکز فعالیت
۷) تعیین مقادیر مورد نیاز مراکز فعالیت از منابع
۸) تعیین مقادیر تخصیص داده شده از منابع به مراکز فعالیت با توجه به فاکتور ریسک منابع ریسک محور با استفاده از مدل پیشنهادی
۹) محاسبه مجموع مقادیر تخصیص داده شده از منابع به مراکز فعالیت
۱۰) تعیین هزینه واحد محرک منابع
۱۱) محاسبه هزینه مراکز فعالیت با توجه به گام‌های ۹ و ۱۰

۱۲- پیشنهادهای آتی

موارد زیر برای ادامه مسیر این پژوهش در آینده ذکر می‌گردد:

۱) باتوجه به محدودیت دسترسی به اطلاعات واقعی مورد نیاز، در این پژوهش پارامتر مقدار منابع مورد نیاز هر فعالیت از هر منبع با توجه به درصد وزن اهمیت مراکز فعالیت محاسبه شد. از این رو پیشنهاد می‌گردد اطلاعات این پارامتر به صورت واقعی استخراج شده و در مدل استفاده شود.
۲) در این پژوهش مقادیر ریالی هزینه واحد، ثابت فرض شده است. در پژوهش‌های آتی می‌توان برای برآورد هزینه ارزش زمانی پول را نیز لحاظ کرد.
۳) در این پژوهش فرض شد که مراکز فعالیت به صورت متوالی در یک دوره زمانی انجام شده و به اتمام می‌رسند. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی انجام مراکز فعالیت در دوره‌های زمانی متفاوت لحاظ شود.
۴) در این پژوهش برای محاسبه فاکتور ریسک از تابع توزیع یکنواخت استفاده شد. در پژوهش‌های آتی می‌توان از توابع توزیع احتمالی دیگر استفاده کرد.

۱۳- مراجع

[1] Ostadi, B. and Rezaie, K. (2004). Using the activity-based costing method (ABC) in project management. The 2nd International Project Management Conference, Tehran, Iran. (in Persian)

[2] Rahnamarodposhti, F. (2008). activity-based costing, activity-based management, (ABC)/ (ABM) (value creation approach in business) Tehran, Termeh Publications, second edition. (in Persian)

[3] Rezaei, K, Ostadi, B. and Torabi. S.A. (2008). Activity - based costing in flexible manufacturing systems with a case study in a forging industry." *International Journal of Production Research*, 46(4), 1047-1069.

[4] Rezaei, K. and Ostadi, B. (2006). The Activity - Based Costing Approach for Estimation of Part's Cost in FMS with A (2) - Degree Automation: a Case Study in a Forging Industry. *Information Technology Journal*, 5(3), 546-550.

[5] Namazi, M. (1999). A review of the activity-based costing system in management accounting and its behavioral considerations. Accounting and Auditing Review, 7(2), 71-106. (in Persian)

[6] Cooper, R. & Kaplan, R.S. (1989). "The Rise of Activity Based Costing", part Four, *journal of cost management*, pp 20-26.

[7] Nachtmann, H., & Needy, K. L. (2003). Methods for handling uncertainty in activity based costing systems. The Engineering Economist, 48(3), 259-282.

[8] Cassettari, Lucia., et al, (2014), IVF cycle cost estimation using Activity Based Costing and Monte Carlo simulation.

[9] Kaplan, R. S., & Anderson, S. R. (2003). Time-driven activity-based costing.

[10] Namazi, M., (2016). Time Driven Activity Based Costing: Theory, Applications and Limitations. *Iranian Journal of Management Studies*, 9(3), pp.457-482.

[11] Bagherpour, M. (2015). Risky Time Driven Activity Based Costing in a Medical center: A Development, implementation and simulation

based optimization approach. *The Journal of Accounting and Management*, 5(2).

[12] Najafimanesh, A.H. (2017). Presenting a model for estimating the costs of the construction and installation phase of a petrochemical unit construction project using the ABC approach, Tarbiat Modares University, MSc Thesis. (in Persian)

[13] Ostadi, B. and Zare, R. (2022). Activity-based costing in the public sector and non-profit organisations: towards risk-based approach. International *Journal of Productivity and Quality Management*, 35(1), 1-16.

[14] Ostadi, B., Daloie, R. M., & Sepehri, M. M. (2019). A combined modelling of fuzzy logic and Time-Driven Activity-based Costing (TDABC) for hospital services costing under uncertainty. *Journal of biomedical informatics*, 89, 11-28.

[15] Ostadi, B., Ebrahimi-Sadrabadi, M., Husseinzadeh Kashan, A., & Mehdi Sepehri, M. (2021). Presenting a model for the optimal allocation of human resources to operational processes using the Markowitz model: A case study in urology unit at a kidney center. *Journal of Quality Engineering and Management*, 11(1), 77-87.

[16] Ebrahimi-Sadrabadi, M., Ostadi, B., Sepehri, M.M. and Husseinzadeh Kashan, A. (2023). Optimal resource allocation model in disaster situations for maximizing the value of operational process resiliency and continuity. RAIRO-Operations Research 57 (3), 1539–1557.

Development of a Mathematical Model for Activity-Based Costing Based on Risk-Based Resource Allocation

Bakhtiar Ostadi[2]

(Corresponding author) Associate Professor of Industrial Engineering, Faculty of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran. Iran. bostadi@modares.ac.ir

Mina Hosseini

MSC, Industrial Engineering, Faculty of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran. Iran. hosseini_m@modares.ac.ir

Mohammad Ali Rastegar

Assistant Professor, Faculty of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran. Iran. ma_rastegar@modares.ac.ir

Abstract: Knowing the real costs of a project, correctly estimating them and identifying the risks involved in resource allocation for projects such as the construction of a petrochemical unit whose resources are expensive or difficult to access, is of particular importance. So, in this paper a mathematical model for activity-based costing based on risk-based resource allocation has been developed. In other words, the activity-based costing approach is developed based on the risk of allocating resources to activities. In order to illustrate the proposed model, a numerical example related to the construction project of a PVC production unit has been used.

Key words: Activity-based costing (ABC), Resource allocation, Risk, Risk-based resource allocation.

Aim and Introduction

New costing systems should focus more on estimates and forecasts than before. Considering that the decision-making process is basically based on quick response, this is in conflict with the access time to real information in traditional systems. These inadequacies and the increase in global competition, which has given great importance to the availability of quick and timely cost information, led to the emergence of a new method for costing known as activity-based costing [1].

In the application of ABC, steps are considered for the accumulation and distribution and sharing of production costs. In the first stage, the indirect costs of the resources are assigned to the cost pools, and in the second stage, the accumulated costs in the tanks or cost centers are assigned to the products.

Activity-based costing was proposed by Cooper & Kaplan as an alternative to traditional accounting techniques, and then it was widely used in complex manufacturing organizations [1].

ABC models determine the relationship between products and resources used in production at all stages. Activity-based costing has often been proposed as a part of total cost management [2].

Therefore, by using costing methods in conditions of risk and uncertainty, more reliable cost information can be obtained. By examining past studies and researches in the field

[2] Corresponding author: bostadi@modares.ac.ir

of costing, it was found that their focus was mostly on carrying out activities, and less attention was paid to the risk factor.

Methodology

The ABC system calculates the cost of services and products by relating organizational costs to the activities required to perform services or products. ABC aims to more accurately allocate overhead costs to products or services using cost drivers. Therefore, the structure of an ABC system includes two stages; In the first step, resources classified as indirect costs are allocated to activities. In the second step, the cost of each activity is assigned to products or services through cost drivers. The ABC system assigns an appropriate cost driver to each activity, calculates costs based on it, and thus provides more appropriate information about the costs and resources required to produce products and services [3].
In this article, the use of the ABC approach, which focuses on identifying activities and cost centers, has been discussed in the form of a mathematical model whose purpose is to minimize the risk of resource allocation to activity centers based on the desired limitations in costs and resources. Due to the fact that the numerical values of the parameters in the general model, such as cost and time, have uncertainty, risk-based resource allocation modeling has been considered.

Findings

To test the proposed model, the main activities of the construction and installation stage of a petrochemical unit were considered, and after collecting the required data, the steps of the developed model for resource allocation and the steps of the activity-based costing approach have been implemented. The results show that there is a difference of 0.712, -1.847, -2.091, -1.211, 0.289, 0.825, 0.557 and 1.416 percent between the costs calculated based on the allocation of resources of the proposed model for the activity centers and the costs estimated according to the past data.

Discussion and Conclusion

The problem of resource allocation is the optimal allocation of available resources between a number of activities. Optimal allocation means maximizing the number of outputs and profits and minimizing risk, cost or any other goal that is defined according to the conditions of the problem. Since the problem of resource allocation has many and wide applications in different fields, different methods are used to formulate this problem. Due to the fact that according to the specific conditions governing each issue, certain restrictions should be applied on the way resources are used [4].
For this purpose, in calculating the cost of activities and while allocating resources to activities, the risk of allocating resources to activities should be considered. Combining the risk of resource allocation to activities and activity-based costing will give a more realistic estimate of costs according to conditions and uncertainties [5]. The proposed model in this article has addressed this issue.
Organizations are always looking for a better way to manage costs and increase profitability. If the cost of carrying out a project or activity is estimated to be higher than its actual value, its implementation may be opposed; On the other hand, underestimating the cost can lead to the implementation of an activity or a project that was actually not economical. Therefore, it is very important to consider all factors affecting the cost. Risks are very important and challenging factors in costing, not paying attention to them can have many adverse effects on costing results [2].

The model presented in this research was able to calculate the project completion cost according to the risk factor of allocating resources to activities for risk-based resources using the activity-based costing approach. Therefore, it can be a basis for including the allocation risk in the activity-based costing approach.

References

[1] Cooper, R. & Kaplan, R.S. (1989). "The Rise of Activity Based Costing", *part Four*, *journal of cost management*, pp 20-26.

[2] Ostadi, B. and Rezaie, K. (2004). Using the activity-based costing method (ABC) in project management. The 2nd International Project Management Conference, Tehran, Iran. (in Persian)

[3] Nachtmann, H., and Needy, K. L. (2003). Methods for handling uncertainty in activity based costing systems. *The Engineering Economist*, *48*(3), 259-282.

[4] Ostadi, B., Ebrahimi-Sadrabadi, M., Husseinzadeh Kashan, A., & Mehdi Sepehri, M. (2021). Presenting a model for the optimal allocation of human resources to operational processes using the Markowitz model: A case study in urology unit at a kidney center. *Journal of Quality Engineering and Management*, 11(1), 77-87.

[5] Kaplan, R. S., & Anderson, S. R. (2003). Time-driven activity-based costing.