« Productivity Management»
Vol.14, No.54, Autumn 2020
Date of receipt: 2018.09.08
Date of acceptance:2019.10.07
"Research Article"

10.30495/qjopm.2020.574312.2183

Performance Evaluation and Improvement via Mathematical Modeling: Total Cost of Ownership

Maghsoud Amiri (Ph.D.) [1]
Masoumeh Tadrisi Hasani [2]
Farhad Hadinejad (Ph.D.) * [3]

Abstract

A significant amount of costs in the process of supply chain assessment and management is often overlooked when applying traditional ways of evaluation and supplier choice, and it is essential to provide a comprehensive approach that can take into account all costs associated with a service or product. To this end, the concept of "Total Cost of Ownership" is considered as an appropriate criterion for performance assessment and an optimal method for productivity enhancement. It is a philosophy and a purchase device that seeks to delineate the actual purchase cost of a product or a particular service from a specific, and thereby, enhance productivity by reducing viable costs of an investment or purchase. Therefore, the current study sought to explore multiple dimensions of total cost of ownership in selection and evaluation of organizational suppliers. It further aimed to present a mathematical model that can offer an indicator to evaluate the supplier's performance based on each aspect of total cost of ownership making it possible for organizational decision makers to compare each of their suppliers from different perspectives and choose the most efficient and suitable supplier while keeping the cost to an absolute minimum. The proposed index was finally described based on a sample from an automobile manufacturing company.

Key Words: Mathematical Modeling, Performance Evaluation, Productivity Enhancement, Supplier Selection, Total Cost of Ownership,

1.Professor of Industrial Management Department, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran. amiri@atu. ac.ir
2.Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran.
3.*Assistant Professor, Department Management, Faculty of Management, Imam Ali University, Tehran, Iran hadinejad912@atu.ac.ir

10.30495/qjopm.2020.574312.2183

«مدیریت بهره‌وری»
سال چهاردهم- شماره پنجاه و چهار- پاییز ۱۳۹۹
ص ص: ۷۱ – ۴۶
تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۱۵
نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی و بهبود عملکرد با کمک مدل‌سازی ریاضی مفهوم هزینه کل مالکیت

مقصود امیری[۱]
معصومه تدریسی حسنی[۲]
فرهاد هادی نژاد*[۳]

چکیده

شیوه‌های سنتی ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده غالباً تعداد قابل‌ملاحظه‌ای از هزینه‌ها را نادیده می‌گیرند و درنتیجه ارائه رویکردی جامع که تمام هزینه‌های مربوط به یک خدمت یا تولید را در نظر بگیرد، در فرآیند ارزیابی و مدیریت زنجیره تأمین ضروری به نظر می‌رسد. برای این منظور مفهوم "هزینه کل مالکیت" شاخصی مناسب برای ارزیابی عملکرد و درنتیجه راهکاری مطلوب برای بهبود بهره‌وری محسوب می‌شود. این شاخص ابزار خرید و فلسفه‌ای است که به دنبال درک هزینه‌های واقعی خرید یک کالا یا ارائه یک خدمت معین از تأمین‌کننده‌ای خاص است. این مدل منجر به کاهش هزینه‌های احتمالی یک سرمایه‌گذاری یا خرید شده و درنتیجه در بهبود بهره‌وری تأثیرگذار خواهد بود. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی ابعاد چندگانه مفهوم هزینه کل مالکیت در انتخاب و ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان سازمان‌ها و نهایتاً ارائه یک مدل ریاضی برای تبیین مناسب این مفهوم است. پس از ارائه مدل ریاضی نهایی، شاخصی جهت ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان بر اساس هر یک از ابعاد مفهوم هزینه کل مالکیت ارائه می‌شود، این شاخص برای تصمیم‌گیرندگان سازمانی این امکان را فراهم می‌آورد تا با مقایسه هر یک از تأمین‌کنندگان آنها ازنظر ابعاد گوناگون مفهوم هزینه کل مالکیت، دست به انتخاب کاراترین و مناسب‌ترین تأمین‌کننده، با حداقل هزینه کل زده و در نتیجه بهره‌وری سازمانی را افزایش دهند. در انتها نیز شاخص پیشنهادی با کمک نمونه مطالعاتی از یک شرکت خودروسازی تشریح گردیده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، انتخاب تأمین‌کننده، بهبود بهره‌وری، مدل‌سازی ریاضی، هزینه کل مالکیت.

۱-استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.amiri@atu.ac.ir
۲- دانشجوی دکترای گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
۳- استادیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، دانشگاه امام علی (ع)، تهران، ایران. (نویسنده مسؤول)hadinejad912@atu.ac.ir

مقدمه

مدیریت خرید و انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان در مدیریت زنجیره‌ای تأمین تأثیر به‌سزایی در موفقیت سازمان برای تقلیل هزینه‌ها و باقی ماندن در محیط رقابتی دارد (جونیور[1] و همکاران، ۲۰۱۶؛ بای و سارکیس[2]، ۲۰۱۰). ازاین‌رو مدیریت بر عملکرد تأمین‌کنندگان و بهبود مستمر آن‌ها در مدیریت زنجیره‌ای تأمین حیاتی شده است (پراجوگو[3] و همکاران، ۲۰۱۲؛ اسچونهر[4] و همکاران، ۲۰۱۲). کوتاه شدن چرخه عمر محصولات و تغییر سریع سلایق مشتریان، بیشتر شرکت‌ها را وادار ساخته تا توسعه قابلیت‌های بلندمدت تأمین‌کنندگان را موردتوجه قرار داده و این امر اهمیت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده را افزایش می‌دهد (جورجیا و سو[5]، ۲۰۰۴: ۱۸). بنابراین هر سازمانی به‌منظور رقابت در بازار جهانی، باید شبکه‌ای از تأمین‌کنندگان شایسته و باصلاحیت داشته باشد. فرآیند ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده برای ایجاد و حفظ یک چنین شبکه‌ای و به‌منظور گسترش قابلیتهای تأمین‌کنندگان طراحی‌شده است (کراس[6] و همکاران، ۲۰۰۰: ۳۸). سازمان‌ها به‌منظور کسب نتایج بهتر در بازارهای رقابتی نیازمند اتخاذ تصمیم‌های صحیح در روابط با تأمین‌کنندگان هستند. یکی از این تصمیمات، تحقیق در بازار خرید و انتخاب مناسب‌ترین تأمین‌کننده است. عدم توجه به شرایط تأمین قطعات و مواد اولیه در هر سیستم و همکاری با تأمین‌کنندگان نامناسب ممکن است به افزایش هزینه‌های خرید، هزینه‌های کنترل کیفیت و تضمین کیفیت و درنهایت نارضایتی مشتری از محصولات و خدمات نهایی منجر گردد (ایران زاده[7] و همکاران، ۱۳۸۷).مسأله مدیریت هزینه هم برای شرکت‌های تولیدی و هم خدماتی و برای کسب انواع محصولات و خدمات، شامل مواد و تجهیزات نیز صادق است. در رقابت شدید کنونی تولید با هزینه پایین و محصولات باکیفیت بالا بدون تأمین‌کنندگان رضایت‌بخش ممکن نیست. با انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب می‌توان موجب کاهش هزینه‌ها، بالا بردن کیفیت محصولات/ خدمات و همچنین باقی ماندن در بازار رقابتی عصر حاضر شد (امیری[8] و همکاران، ۲۰۱۷). در تصمیم‌گیری برای انتخاب تأمین‌کنندگان دو موضوع باید مدنظر قرار گیرد. موضوع اول این است که از چه معیاری باید استفاده نمود و موضوع دوم این است که از چه روشی باید برای مقایسه تأمین‌کنندگان بهره جست. وبر و همکارانش در سال ۱۹۹۱ به این

1.Junior
2.Bai & Sarkis
3.Prajogo
4.Schoenherr
5.Gargeya & Su
6.Krause
7.Iranzade
8.Amiri

نکته اشاره نمودند که به علت پیچیده بودن امر تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تأمین‌کنندگان، معیارهای متنوعی را می‌توان جهت انتخاب در نظر گرفت و این امر در مورد استفاده از رویکردهای متفاوت انتخاب تأمین‌کنندگان نیز صدق می‌نماید (لی[1] و همکاران، ۲۰۰۱). از طرفی روش‌های قدیمی و سنتی انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان غالباً تعداد قابل‌ملاحظه‌ای از هزینه‌ها را نادیده می‌گیرند. هزینه‌هایی چون هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم مربوط به کیفیت، تحویل کالا، اکتساب آن و عناصر خدماتی که جزئی از فرآیند خرید و مواد هستند. هنگامی‌که همه این هزینه‌ها به‌حساب آورده می‌شوند بر روی هزینه‌های کل حاصله از فرآیند تولید که به تأمین‌کنندگان نیز مربوط است، تأثیر بسیار زیادی می‌گذارند (گرفمی[2]، ۲۰۰۶). برخلاف شیوه‌های سنتی که عموماً متمرکز بر عنصر قیمت هستند، چارچوب بیشتر استراتژی‌های ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان به‌واسطه تعامل بسیار پیچیده و متضاد معیارهای انتخاب، بر پایه بسیاری عوامل دیگر جدای از قیمت بناشده است. (هوو[3] همکارانش، ۲۰۱۱) ازاین‌رو لزوم استفاده از رویکرد جامعی که تمام هزینه‌های مربوط به یک خدمت و کل هزینه‌هایی که در ارتباط با یک تأمین‌کننده برای یک شرکت رخ می‌دهد را در نظر گیرد، امری ضروری است. رویکرد هزینه کل مالکیت (TCO) [4] چنین رویکردی است. این روش به دنبال درک صحیحی از هزینه‌های انجام کار با یک تأمین‌کننده خاص است و بر اساس این ایده است که تصمیم‌گیری برای خرید تأثیر بسیار زیادی بر بخش‌های مختلف یک شرکت می‌گذارد (خرید، محدودیت‌های لجستیکی، کیفیت، حسابداری و...) که موجب صرف منابع و ایجاد هزینه می‌شود؛ بنابراین درک درستی از هزینه‌هایی که به‌واسطه یک تأمین‌کننده ایجاد می‌شود، علاوه بر توجه به قیمت خرید، نیازی اساسی است. اگر چه هزینه کل مالکیت اغلب به اندازه‌گیری عملکرد تأمین‌کنندگان می‌پردازد اما تنها هزینه‌های مستقیمی را که از انتخاب یک تأمین‌کننده نامناسب رخ می‌دهد، در نظر نمی‌گیرد؛ بلکه از نظر بسیاری از محققان هزینه کل مالکیت به همه هزینه‌هایی که در ارتباط با یک تأمین‌کننده برای شرکت ایجاد می‌شود، توجه دارد که مستلزم توجه به سایر فعالیت‌ها و سایر جوانب ارتباطی نیز است. فعالیت‌هایی چون: مدیریت سفارشات، برنامه‌ریزی برای تحویل، عدم بسته‌بندی، اداره مواد و بازرگانی، موارد حسابداری، جایابی، تسهیلات لجستیکی، شایستگی‌های سیستم‌های اطلاعاتی متفاوت و... (ویسانی[5] و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین اهمیت

1.Lee
2.Garfamy
3.Ho
3.Total cost of ownership (TCO)
5.Visani

مقوله زنجیره تأمین و ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان در بهره‌وری سازمانی از یک‌سو و ضرورت ارائه رویکردی جامع در مدیریت هزینه‌ها از سوی دیگر، لزوم انجام تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

از این‌رو پژوهش حاضر درصدد است تا با مدل‌سازی ریاضی رویکرد هزینه کل مالکیت بر اساس معیارهای مختلف، روش جدیدی جهت مدیریت هزینه و ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان کالا یا خدمات برای سازمان‌ها و ایجاد صرفه اقتصادی و بهبود بهره‌وری ارائه دهد؛ تا از این طریق ضمن کمی سازی همه هزینه‌های وابسته به فرآیند خرید در طول زنجیره ارزش، بتوان با کاهش هزینه‌ها تا حد ممکن در جهت بهبود فرایند بازگشت اصل سرمایه تولیدکنندگان، گامی مؤثر پیشنهاد نمود.

امروزه، هم‌زمان با افزایش روش‌های مختلف خرید، تصمیم‌گیری و انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب برای خرید نیز مهم‌تر و درنتیجه مشکل‌تر شده است. هرچه وابستگی سازمان‌ها به تأمین‌کنندگان بیشتر شود، نتایج مستقیم و غیرمستقیم تصمیم‌گیری نادرست و غلط نیز زیان‌بارتر می‌شود. جهانی‌شدن تجارت و گسترش روزافزون اینترنت، روش‌ها و حالت‌های مختلف انتخاب یک تأمین‌کننده را بیشتر کرده است. کسب رضایت مشتری، تأمین نیازها و اولویت‌های مشتری مستلزم انتخاب سریع و مناسب تأمین‌کنندگان است. ساختارهای جدید سازمانی موجب شده است که برای انتخاب تأمین‌کنندگان، افراد بیشتری در تصمیم‌گیری دخیل باشند و لذا اهمیت و جایگاه تصمیم‌گیری افزایش‌یافته است (چهارسوقی[1] و همکاران، ۱۳۸۵). تحقیقات زیادی درزمینه هزینه کل مالکیت صورت گرفته است که حاکی از کاربرد وسیع این تکنیک در زمینه‌های گوناگون می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی تحقیقات پیشین بیانگر این موضوع بوده است که علی‌رغم کاربردی بودن این مفهوم به‌عنوان معیاری برای ارزیابی تأمین‌کنندگان، تاکنون مدل جامع و قابل‌محاسبه‌ای که به کمک آن بتوان هزینه کل مالکیت یک انتخاب را (در زمینه تأمین‌کنندگان) با دیگری تخمین زد، ارائه نشده است. ازاین‌رو پژوهش حاضر در تلاش است تا با ارائه مدلی ریاضی و جامع از مفهوم هزینه کل مالکیت، ابزاری را برای رفع این نقیصه فراهم آورد. در جدول شماره ۱ به برخی از تحقیقات مشابه و وجوه اشتراک و افتراق آن‌ها با تحقیق حاضر اشاره گردیده است.

1.Chaharsoghee

جدول شماره ۱: پیشینه پژوهش‌های مرتبط با مفهوم هزینه کل مالکیت

ردیف	منبع	هدف	نتایج
۱	شعبانی[1] و همکاران (۲۰۱۸)	مدل برآورد قابلیت اطمینان هزینه کل مالکیت	این تحقیق مدل جدیدی مبتنی بر TCO به نام تحلیل پوششی داده‌های نادقیق با اوزان مشترک (CSW-IDEA) ارائه می‌نماید. مدل پیشنهادی با کمک داده‌های واقعی از ۱۷۵ تأمین‌کننده که ۵ قطعه کلیدی را به دو تولیدکننده مکانیکی چندملیتی ارائه می‌دهند اعتبار سنجی شده است
۲	دانیلیس[2] و همکاران (۲۰۱۸)	مدل هزینه کل مالکیت احتمالی برای ارزیابی چشم انداز کنونی و آینده	به‌منظور ارزیابی چشم‌انداز فعلی و آینده خودروهای الکتریکی در ایتالیا، یک مدل احتمالی هزینه کل مالکیت (TCO) که شامل متغیرهای تصادفی و غیر تصادفی است ارائه‌شده است. بر اساس این مدل انتظار می‌رود، اگر قیمت‌های سوخت از روندهای گذشته پیروی کند، خودروهای الکتریکی در سال ۲۰۲۵ سهم بازار بیشتری را به دست آورند.
۳	کناگاراج و همکاران (۲۰۱۶)	قابلیت اطمینان مبتنی بر روش مالکیت برای انتخاب تأمین‌کننده	فرمول ریاضی رویکرد قابلیت اطمینان هزینه کل مالکیت بر مبنای برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح ارائه‌شده و برای حل آن از یک الگوریتم بهینه‌سازی شناخته‌شده بنام کاکو با استفاده از الگوریتم ژنتیک استفاده شد. نتایج آزمون نشان داد که الگوریتم ترکیبی پیشنهادشده، الگوریتم جستجوی اصلی کاکو را در حل نمونه‌های کوچک و بزرگ‌تر مسائل به‌طور قابل‌توجهی بهبود می‌بخشد
۴	ویسانی و همکاران (۲۰۱۶)	فرموله کردن یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر هزینه کل مالکیت	تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر هزینه کل مالکیت قادر است به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای نتایج هزینه کل مالکیت را برای بهره‌وری تقلیل دهد و به‌طور خاص، تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر هزینه کل مالکیت می‌تواند برای تجزیه‌وتحلیل عملکرد تأمین‌کنندگان، عقلائی کردن و کاهش آن استفاده شود
۵	دوگان[3] و همکارش (۲۰۱۱)	انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از شبکه بیزین و رویکرد هزینه کل مالکیت	با توجه به عملکرد تأمین‌کننده و ظرفیت سازمان خریدار، عدم اطمینان محیطی از جنبه هزینه‌های کلی موردبررسی قرار گرفت و یک تأمین‌کننده از میان سایر تأمین‌کنندگان صنایع خودروسازی برگزیده شد
۶	وبر[4] و همکاران (۲۰۰۹)	بررسی کاهش هزینه منبع یابی کشور و تأثیر آن بر ساختار هزینه کل مالکیت در تولید دستگاه‌های پزشکی	نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که هزینه‌های خاصی در بخش و سطوح تأمین‌کنندگان وجود دارد که به‌طور سنتی دارای اهمیت بیشتری در سطح هر واحد هستند. بعلاوه، هزینه‌های پایین برای فعالیت برون‌سپاری کشور به‌عنوان تصمیمی که تأثیر زیادی بر زنجیره ارزش سازمان‌ها به‌جای پرداختن به امر خرید دارد تعیین گردیده است. درنهایت بیان‌شده است که بخش قابل‌توجهی از این هزینه‌ها در فرآیند کاهش هزینه‌های برون‌سپاری کشور در ابتدای پروژه خرید وجود دارند که این به‌واسطه مشکلات ناشی از کیفیت نامطلوب اولیه، موانع زبانی و ارتباطات بین فرهنگی است
۷	کیم[5] و همکاران (۲۰۰۷)	هزینه کل مالکیت به‌عنوان مدلی برای کاربرد سیستم لجستیک فرکانس رادیویی شهری	در این پژوهش سود مورد انتظار از ساخت سیستم تدارکات فرکانس رادیویی شهری برای هر سناریو مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین به تجزیه‌وتحلیل حساسیت تأثیر تنظیمات پارامترهای مختلف بر روی آن‌ها پرداخته شد. درواقع این بررسی برای کمک به شرکت‌ها در انتخاب مفیدترین و سودآورترین سیستم تدارکات فرکانس رادیویی شهری می باشد

1.Shabani
2.Danielis
3.Dogan
4.Weber
5.Kim

۸	رودهوفت[1] (۲۰۰۵)	هزینه کل مالکیت به‌عنوان ابزاری برای مدیریت هزینه شرکت‌های داخلی	این تحقیق به بررسی این مسأله می‌پردازد که چگونه شرکت‌های داخلی با استفاده از تحلیل هزینه کل می‌توانند به مزایایی چون شناخت خریداران و تأمین‌کنندگان بهینه و هماهنگی بهتر در عملکرد اجرائی از طریق زنجیره ارزش و تسهیل ارتباط بین خریدار و تأمین‌کننده، دست یابند
۹	شون[2] و همکاران (۲۰۰۵)	مدل هزینه کل مالکیت مدلی برای سیستم مشتری مداری	مدل پیشنهادی این تحقیق نه‌تنها هزینه‌های اولیه بلکه هزینه‌های عملیات و هزینه-های فرصت ازدست‌رفته را که ناشی از سوء مدیریت مشتری در بیش از یک دهه از عمر کالاست، در نظر می‌گیرد.
۱۰	مانن[3] و همکاران (۲۰۰۲)	بررسی مدیریت هزینه در فناوری اطلاعات تحت مدل هزینه کل مالکیت	در این پژوهش هر دو رویکرد نظری و تجربی موردبررسی قرارگرفته شده است. رویکرد نظری بر اساس ادبیات کلی و مطالعات همبستگی و هزینه کل مالکیت به‌عنوان مدل‌های مختلف مورداستفاده قرارگرفته است. در مدیریت هزینه فناوری اطلاعات در عمل، به بررسی بخش فناوری اطلاعات در ۱۰ شرکت بزرگ خدمات مالی در هلند پرداخته‌شده است.
۱۱	فرین (۲۰۰۲)	بررسی مدل‌های خرید سازمان‌ها با توجه به مفهوم هزینه کل مالکیت جهت دستیابی به فرصت‌های خرید	نتایج این تحقیق بیان می‌کند که مدلی از TCO مناسب است که به‌عنوان اساسی برای مجموعه هزینه‌های مشتق شده به شمار آید و در ضمن به‌عنوان مجموعه‌ای کمکی برای این هزینه‌ها باشد. در این صورت مدیران خرید می‌توانند در موارد مختلفی از آن بهره ببرند. در پایان این پژوهش بر این نکته تأکید می‌گردد که برای شرکت‌هایی که دارای ارزش‌های چندگانه یا زنجیره تأمین هستند، استفاده از مدل‌های تخمینی هزینه کل مالکیت امری ضروری به نظر می‌رسد
۱۲	دیگریو[4] و همکاران (۱۹۹۹)	مدل‌های ارزیابی و انتخاب فروشندگان از جنبه هزینه کل مالکیت	در این پژوهش یک ساختار سلسله مراتبی از وظایف از جنبه مسأله خرید شناسایی گردید که شامل سه سطح می‌باشد: فعالیت تأمین‌کننده، فعالیت سطوح سفارش دهی و سطوح واحد. در مدل ارائه‌شده در این تحقیق می‌توان به همه سؤالات در قالب "چه می‌شود اگر" جهت مدیریت هزینه و گرفتن تصمیمات استراتژیک پاسخ داد.
۱۳	الرام[5] (۱۹۹۳)	ارائه چارچوبی برای مدل هزینه کل مالکیت	در این پژوهش مراحل هشت‌گانه اجرایی چارچوب هزینه کل مالکیت ارائه گردید. این چارچوب از طریق مطالعه بر روی هفت شرکت که در فرآیند خریدشان از هزینه کل مالکیت استفاده می‌کنند، گسترش می‌یابد؛ و همچنین شامل تصمیماتی است که شرکت‌ها در مواجه با هزینه کل مالکیت با آن روبرو بوده و به این مسأله می‌پردازد که در مواجه با این تصمیمات باید چگونه عمل کرد.

به علت گستردگی کاربرد و دیدگاه جدیدی که مفهوم هزینه کل مالکیت به سازمان‌ها می‌بخشد، ارائه مدلی که بتوان مفهوم هزینه کل مالکیت را ملموس‌تر سازد، کار دشواری است. بسیاری از تحقیقات پیشین تنها به معرفی ابعادی که TCO در عمل می‌تواند به خود بگیرد، بسنده کرده‌اند. ازاین‌رو مدل کمی‌ای که قادر باشد به‌طور عملیاتی به معرفی ابعاد شناسایی‌شده TCO در عمل بپردازد تا از این طریق بتوان به جزئیات بیشتری از چگونگی محاسبه آن دست‌یافت، ارائه نشده

1.Roodhoft
2.Sohn
3.Maanen
4.Degraeve
5.Ellram

است. تحقیق حاضر سعی بر رفع این نقیصه داشته و با تعریف عملیاتی ابعاد چندگانه مفهوم هزینه کل مالکیت که توسط محققان پیشین برای انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان معرفی و شناسایی شده‌اند، به مدل‌سازی ریاضی این مفهوم پرداخته است.

ابزار و روش

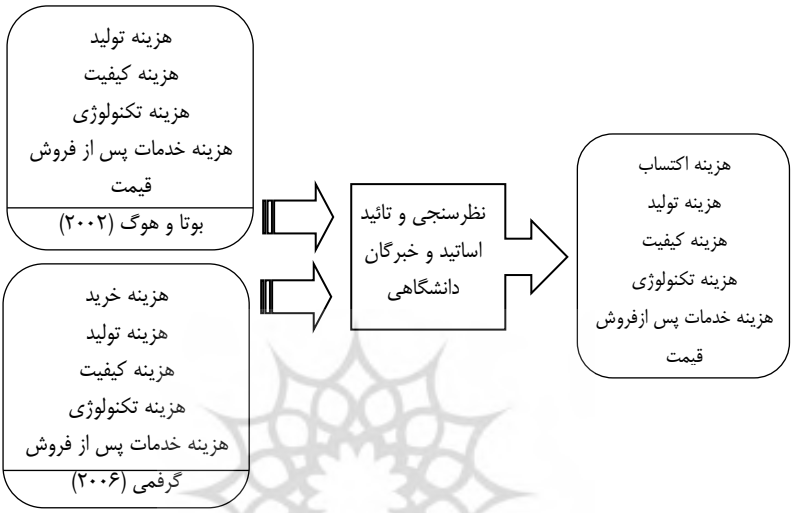
پژوهش حاضر حاصل مطالعات وسیع و بررسی پژوهش‌های پیشینی است که درزمینه پیاده‌سازی مفهوم هزینه کل مالکیت در امر ارزیابی عملکرد و انتخاب تأمین‌کنندگان صورت گرفته و به دنبال مدل‌سازی ریاضی رویکرد هزینه کل مالکیت بر اساس معیارهای مختلف است. لذا از حیث هدف کاربردی و از حیث اجرا در گروه تحقیقات آزمایشی قرار دارد. مدل مفهومی ارائه‌شده در این پژوهش، مدل جامعی بر اساس معیارهای اشاره‌شده در پژوهش‌های پیشین بوده و مدل ریاضی ارائه‌شده نیز مدلی توسعه‌ای و ابتکاری بر مبنای معیارهای مدل مفهومی، جهت پیاده‌سازی و اجرا می‌باشد.

شاخص های ارزیابی

نتایج حاصل از بررسی پژوهش‌های پیشین در حیطه کاربرد مفهوم هزینه کل مالکیت به‌عنوان معیاری برای ارزیابی و انتخاب عملکرد تأمین‌کنندگان، بیانگر معیارهایی است که در سال ۲۰۰۲ توسط بوتا و هوگ و در سال ۲۰۰۶ توسط گرفمی ارائه شد. بر این اساس چارچوب مفهومی پژوهش حاضر جهت ارائه مدل جامعی از مفهوم هزینه کل مالکیت برای ارزیابی عملکرد و انتخاب تأمین‌کنندگان، با ترکیب معیارهای چندگانه معرفی‌شده در تحقیقات پیشین و نظرسنجی و تائید خبرگان دانشگاهی شکل‌گرفته است. مدل TCO[1] ارائه‌شده توسط بوتا و هوگ برای انتخاب تأمین‌کنندگان شامل ۵ معیار: هزینه تولید (PC)[2]، هزینه کیفیت (qc)[3]، هزینه تکنولوژی (tc)[4]، هزینه خدمات پس از فروش (asc) [5] و قیمت (p)[6] می‌باشد. مدل TCO ارائه‌شده برای انتخاب تأمین‌کنندگان توسط گرفمی نیز شامل ۵ معیار: هزینه خرید(pc) [7]، هزینه تولید، هزینه کیفیت،

1.Total cost of ownership (TCO)
2.Manufacting Cost
3.Quality Cost
4.Technology cost
5.After sale services cost
6.Price
7.Procurement cost = Acquisition cost

هزینه تکنولوژی و هزینه خدمات پس از فروش می‌باشد. بنابراین مدل جامع TCO برای انتخاب و ارزیابی عملکرد مناسب‌ترین تأمین‌کننده، عبارت خواهد بود از ۶ معیار که به ترتیب شامل: هزینه اکتساب، هزینه تولید، هزینه کیفیت، هزینه تکنولوژی، هزینه خدمات پس از فروش و قیمت می‌باشد. شکل شماره ۱ این معیارها را نشان می دهد.



شکل شماره ۱: معیارهای تاثیرگذار در هزینه کل مالکیت

در ادامه به تشریح معیارها به‌منظور استفاده در مدل ریاضی پرداخته می‌شود:

هزینه تولید(Pc)

درمجموع می‌توان گفت که هزینه تولید عبارت است از مجموع مواد و هزینه‌های پردازش زیرمجموعه‌های اصلی (Cmx) در فرایند ساخت محصول(کاپوتو، ۲۰۱۵). هزینه‌هایی چون:مواد خام، نیروی کار، ماشین‌آلات به‌کاررفته، موجودی و غیره (گرفمی، ۲۰۰۶).

$$mc = \sum_{x} Cmx$$

هزینه کیفیت (qc)

هزینه کیفیت یک تأمین‌کننده اشاره دارد به محصولات ناکارایی که از یک تأمین‌کننده خریداری می‌شود. وقتی‌که یک تأمین‌کننده برای تأمین محصولات موردنیاز در فرایند تولید انتخاب

می‌شود، دو وضعیت ممکن است رخ دهد: وضعیت اول حالتی است که محصول کارا و اجزای خریداری‌شده برای آن محصول نیز کارا هستند و وضعیت دوم حالتی است که محصول نهایی تولیدشده به علت پایین بودن کارایی سیستم تولیدی خود تولیدکننده، صرف‌نظر از کیفیت اجزای تشکیل‌دهنده محصول، ناکارا تولید می‌شود. پس محصول ناکارای نهائی، یا حاصل کیفیت ناکارای اجزای تشکیل‌دهنده آن و یا حاصل کیفیت پایین خطوط تولیدی و یا هردوی آن‌هاست. پس این‌گونه تعریف می‌کنیم:

cm: ناکارایی تأمین‌کننده

cp: ناکارایی سیستم خط تولید

cpm: ناکارایی هر دو (هم تأمین‌کننده و هم خطوط تولیدی)

میانگین تلفات ناشی از محصول ناکارا درکل فرآیند تولید عبارت است از:

$$c(pm)=cm.pm.(1-pp)+cp.pp.(1-pm)+cmp.pm.pp$$

pm: احتمال استاندارد نبودن کالای خریداری‌شده

pp: احتمال وقوع مشکل کیفیت در سیستم تولیدی

$$c(0)=cp.pp$$

در نتیجه ضرر ناشی از تأمین‌کننده از تفاضل دو رابطه فوق به دست می‌آید:

$$C(Pm)=c\ (pm)-c(0)=cm.pm.(1-pp)+cp.pp.(1-pm)+cmp.pm.pp-cp.pp=pm.[cm+pp.(cmp-cm-cp)]=pm.km$$

$$Km=[cm+pp.(cmp-cm-cp)]$$

Km اشاره دارد به شیب منحنی هزینه کیفیت و سطح کیفیت که ضریب سطح کیفیت یک تأمین‌کننده به هزینه کیفیت نامیده می‌شود.

$$km=\Delta c/\Delta l$$

فرض کنیم اگر مقدار احتمال ناکارایی کیفیت سیستم خطوط تولید (pp) صفر باشد آنگاه برای هزینه کیفیت تأمین‌کننده خواهیم داشت:

$$C(Pm)=pm.cm$$

و اگر pp=1 باشد آنگاه C(Pm) صفر خواهد بود.

نهایتاً این‌طور می‌توان گفت که اگر کیفیت سیستم خطوط تولیدی خیلی پایین باشد، در جستجوی یک تأمین‌کننده خوب باکیفیت بودن، کار بیهوده‌ای خواهد بود. لذا سازمان‌های تولیدی پیش از هر چیزی ابتدا باید کیفیت سیستم تولیدی خودشان را موردبررسی قرار دهند. نهایتاً می‌توان به این نتیجه رسید که علاوه براثر متقابلی که کیفیت تأمین‌کننده و کیفیت سیستم تولیدی بر هم دارند، هرکدام از این دو مورد، اثر جداگانه‌ای بر روی کمبود کیفیت خواهند داشت (ونگ و همکاران، ۲۰۰۷).

هزینه خرید (ac)

کیفیت محصولات نه‌تنها بر کیفیت شرکت‌ها تأثیرگذار است بلکه به‌طور مستقیم بر روی قیمت محصول نیز تأثیر می‌گذارد. هزینه خرید برابر است با مجموع هزینه محصول و هزینه کیفیت آن. پس خواهیم داشت:

$$Z(pm)=Q(pm)+C(pm)$$

که در این رابطه $Q(pm)$ شاخص نشان‌دهنده ارتباط بین قیمت و کیفیت محصول (pm) است. در اینجا دو مدل رخ می‌دهد. مدل اول زمانی است که ارتباط بین $Q(pm)$ و (pm) خطی باشد، مدل دوم زمانی است که ارتباط بین این دو غیرخطی بوده و ارتباطی کودراتیک بین آن‌ها وجود داشته باشد. در ادامه به تشریح هر دو مدل پرداخته می‌شود:

مدل اول: ارتباط خطی

وقتی ارتباط خطی باشد خواهیم داشت:

$$Q(pm)=P.\ (1-pm)$$

که P در این معادله نشان‌دهنده قیمت یک واحد محصول واجد شرایط است و برای هر تأمین‌کننده یکسان در نظر گرفته‌شده است؛ بنابراین برای محاسبه Z(pm) با جاگذاری خواهیم داشت:

$$Z(pm)=Q(pm)+C(pm)= P. (1-pm)+pm. [cm+pp.(cmp-cm-cp)] =P+pm(km-P)$$

اگر n تا تأمین‌کننده داشته باشیم pm(i) نشان‌دهنده سطح کیفی هر تأمین‌کننده و Z(pm)(i) نیز نشان‌دهنده هزینه کل خرید از تأمین‌کننده i خواهد بود که i می‌تواند مقادیری بین ١ تا n را داشته باشد. اشاره کردیم که قیمت‌های متفاوت هر تأمین‌کننده ناشی از سطوح متفاوت کیفت محصول آن‌هاست. پس اگر تأمین‌کنندگان را بر اساس هزینه خرید آن‌ها مدنظر قرار دهیم، تأمین‌کننده‌ای که کمترین هزینه خرید را به خود اختصاص دهد، انتخاب می‌شود. بر این اساس اگر مشتق اول Z(pm) برای تأمین‌کننده iام برابر با صفر شود و مشتق دوم آن نیز بزرگ‌تر از صفر باشد، آن تأمین‌کننده بهترین تأمین‌کننده خواهد بود.

$$\frac{d\,Zpm}{d\,pm}=0 \quad ; \quad \frac{d2\,Zpm}{dpm}\geq 0$$

پس با مشتق‌گیری خواهیم داشت:

$$dZ(pm)/dpm= -P+[cm +pp.(cmp-cm-cp)]= -P+km$$

در این شرایط سه حالت ممکن است اتفاق بیفتد:

حالت اول: اگر $P<km$ و $dZ(pm)/dpm>0$ آنگاه $pm^*=pm(i)$

حالت دوم: اگر $P>km$ و $dZ(pm)/dpm<0$ آنگاه $pm^*=pm(u)$

حالت سوم: اگر $P=km$ و $dZ(pm)/dpm=0$ آنگاه pm^* بهینه $pm \in [pm(i), pm(u)]$

که در اینجا $pm(i)$ و $pm(u)$ به ترتیب نشان‌دهنده محدوده حداقل و حداکثری سطح کیفی تأمین‌کنندگان می‌باشند. رخ دادن حالت اول و دوم بستگی به ارتباط بین قیمت محصول واجد شرایط و ضریب km دارد. این شاخص‌ها نشان می‌دهد که هزینه خرید در مدل خطی، متناسب با سطح کیفیت تأمین‌کننده متفاوت خواهد بود؛ و افزایش و کاهش در آن، وابسته به ارتباط قیمت و واحد محصول واجد شرایط است یعنی (P,km). مقدار بهینه pm^* نیز بستگی به ارتباط (P,km) دارد و همان‌طور که پیش‌ازاین نیز نشان داده شد km بیانگر سطح اطمینانی از کیفیت تأمین‌کنندگان است که بر روی هزینه کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد. درواقع بدین معنی است که اگر قیمت یک واحد محصول واجد شرایط (P) کمتر از هزینه کیفیت سطح کیفی یک تأمین‌کننده باشد، آنگاه

هزینه خرید کل $Z(pm)$ به‌واسطه پایین بودن سطح کیفی تأمین‌کننده (pm)، افزایش خواهد یافت. بنابراین تأمین‌کنندگان باید حداقل سطح نسبی را برای تأمین یک جزء در نظر بگیرند که این حداقل سطح نسبی همان مقدار pm^* است (ونگ و همکاران، ۲۰۰۷).

مدل دوم: ارتباط کودراتیک

در حالتی که ارتباط بین $Q(pm)$ و pm غیرخطی است خواهیم داشت:

$$Q(pm)=P.\ (1-pm)^2$$
$$Z(pm)=Q(pm)+C(pm)=\ P.\ (1-pm)^2+pm.\ [cm+pp.(cmp-cm-cp)]$$
$$dz(pm)/dpm=-2P.(1-pm)+[cm+pp.(cmp-cm-cp)]=0$$
$$pm^*=1-[cm+pp(cpm-cm-cp)]/2P$$

که اگر $pm^*<pm(i)$ آنگاه $pm^*=pm(i)$

و اگر $pm^*>pm(u)$ آنگاه $pm(i)=pm^*$ (ونگ و همکاران، ۲۰۰۷).

هزینه تکنولوژی(tc)

قوانین محیطی نقش مهمی را در مدیریت تکنولوژی مناسب ایفا می‌کند. سازمان‌ها باید به تغییرات محیطی در مرحله برنامه‌ریزی توسعه تکنولوژی‌شان، توجه داشته باشند. آن‌ها باید به دنبال راهی برای توسعه یا حفظ تکنولوژی‌شان جهت کسب توانمندی و منافع محیطی باشند، محصولات یا تکنولوژی‌ها، با قوانین محیطی تغییر نمی‌کنند و این امر منجر به ایجاد موانع فروش یا ضررهای احتمالی خواهد شد. ازاین‌رو سازمان‌ها باید برای توسعه تکنولوژی‌هایشان جهت مقابله با تغییرات محیطی، از استراتژی‌های هماهنگ‌کننده بهره بگیرند. سازمان‌ها جهت تعدیل بازارهایشان می‌توانند از استراتژی‌هایی چون؛ توسعه داخلی، خرید گواهی‌ها و یا ادغام و خرید استفاده کنند. این سه راه‌حل بستگی به کارایی اقتصادی سازمان‌ها دارد. اما شرکت‌های تولیدکننده، زمانی که درصدد استفاده از تکنولوژی‌های جدید هستند، با مسائلی روبرو می‌شوند. مسائلی چون: سطوح متفاوت قوانین کشورهای مختلف، مسائل سیاسی و مرتبط با قوانین روز و قوانین مرتبط با حفاظت از محصولات خانگی. بنابراین، برای پذیرش و یا جرح و تعدیل در تکنولوژی‌های جدید، باید سرمایه‌گذاری بیشتری در این زمینه صورت گیرد. در نظر گرفتن اینکه تکنولوژی چگونه منجر به عملکرد موفق در قبال تعدیلات می‌شود و چه هزینه‌ها و درآمدهایی را در طی فرایند عمر محصول ایجاد می‌کند، می‌تواند برای تصمیم‌گیری سازمان‌ها در مورد سرمایه‌گذاری بر روی تکنولوژی‌های جدید، راهگشا باشد.

بنابراین استفاده از یک تحلیل هزینه- منفعت برای بهره‌گیری از تکنولوژی قبل از هرگونه اقدامی، ضروری است. برخی از تحلیل‌ها می‌توانند کوتاه‌مدت و یا بلندمدت بوده و اثرات مستقیم یا غیرمستقیم اقتصادی نیز داشته باشند. یک مدل جدید بر پایه استراتژی دستیابی به تکنولوژی توسط نورتون و باس بر مبنای هزینه کل مالکیت[1](COO) ارائه‌شده است. در این مدل هزینه‌ها به سه بخش تقسیم می‌شوند. هزینه ثابت، هزینه متغیر و هزینه از دست‌رفته.

در مورد هزینه تکنولوژی خواهیم داشت:

هزینه ثابت: سرمایه‌گذاری برای خرید تکنولوژی(A)

هزینه متغیر: توسعه تکنولوژی همسان(B)

هزینه فرصت‌های فروش ازدست‌رفته(C)

بنابراین برای محاسبه هزینه تکنولوژی بر مبنای مدل هزینه کل خواهیم داشت:

$$(COO)=A+B+C$$

در ادامه هریک از اجزای هزینه تکنولوژی بر مبنای مدل COO ارائه می‌شود. (سویانگ و همکاران، ۲۰۱۵)

هزینه ثابت(A) :سرمایه‌گذاری

هزینه سرمایه‌گذاری[2](IC) نشان‌دهنده کل تکنولوژی خریداری‌شده توسط یک شرکت تأمین کننده است و تکنولوژی‌های خریداری‌شده، مجوزهای شغلی و یا حتی خرید یک شرکت دیگر را شامل می‌شود. وقتی یک شرکت یک تکنولوژی ثابت را به دست می‌آورد، وقوع یک سری هزینه‌های مقدماتی در مراحل اولیه توسعه تکنولوژی، غیرقابل‌اجتناب است. برای ارزیابی هزینه‌های سالانه هر بخش، این هزینه بر روی هزینه کل (TC) تقسیم‌شده و برای هر دوره زمانی محاسبه می‌شود. با احتساب نرخ تنزیل برای ارزش آتی هر تصمیم ناشی از سرمایه‌گذاری در هر بخش و در زمان t خواهیم داشت: (سویانگ و همکاران، ۲۰۱۵)

$$IC(A(it))=IP(i0)/TC.(1+r)^{t-1}$$
$$t=1,2,3,\ldots,TC$$

1.Cost of ownership(COO)
2.Investment cost(IC)

طرح ۱: توسعه داخلی، طرح ۲: خرید مجوز شغلی، طرح ۳: ادغام یا خرید $i\epsilon\{1,2,3\}$

r: نرخ تنزیل

$IP(i0)$: هزینه ابتدایی

هزینه متغیر(B): تحقیق و توسعه و اجاره تکنولوژی

هزینه متغیر[1](VC) شامل هزینه تحقیق و توسعه و اجاره تکنولوژی است که در زمان t برای هر بخش i عبارت است از:

$$VC(B(it))=RD(it)+TF(it)^{2}$$
$$t=1,2,3,\ldots,TC$$

طرح ۱: توسعه داخلی، طرح ۲: خرید مجوز شغلی، طرح ۳: ادغام یا خرید $i\epsilon\{1,2,3\}$

RD : شامل هزینه خرید مواد خام، هزینه نیروی مهندسی، هزینه توسعه نمونه اولیه و همچنین هزینه آزمون‌های اعتبارسنجی و ارزیابی و آزمون‌های کارگروهی

TF(it) : نشان‌دهنده اجاره تکنولوژی خریداری‌شده طرح i در زمان t

هزینه تحقیق توسعه به این علت به عنوان هزینه متغیر در نظر گرفته می‌شود که به مراحل ابتدایی تا انتهایی توسعه و درجه نوسانات آن بستگی داشته و زمانی رخ می‌دهد که کار توسعه به اتمام رسیده باشد. و این زمان، زمانی احتمالی در نظر گرفته می‌شود. به همین دلیل RD با توجه به زمانی که احتمال موفقیت (π) توسعه محصول وجود دارد، درجه ارزش مورد انتظار (امید ریاضی) به خود می‌گیرد. پس RD(i0) درواقع میانگین تجربی هزینه تحقیق و توسعه به‌حساب می‌آید و برای آن خواهیم داشت:

$$RD_{it}=RD_{io}\times(۱-\pi_{ir})$$
$$t=۱,۲,۳,..TC$$
$$i\in\{۱,۲,۳\}$$

طرح ۱: توسعه داخلی، طرح ۲: خرید مجوز شغلی، طرح ۳: ادغام یا خرید

احتمال موفقیت توسعه محصول در طول زمان افزایش می‌یابد و نتایج حاصله در طی مدت زمان، مقادیر باینری (صفر(شکست) یا و یک(موفقیت)) به خود می‌گیرد. یک مدل رگرسیون

1.Variable cost(VC)
2.Technology fee(TF)

لجستیکی می‌توان برای احتمال موفقیت آن در نظر گرفت که عبارت است از: (سویانگ و همکاران،۲۰۱۵)

$$\pi_{it} = \frac{\exp(\alpha + \beta_i t)}{1 + \exp(\alpha + \beta_i t)}$$

$$t \geq 0$$

α: ضریب ثابت

$\beta(i)$: ضریب تأثیر گزینه iام

اجاره تکنولوژی به معنی پرداخت بابت دریافت یک مجوز شغلی است که شرکت تأمین‌کننده از شرکت یا موسسه دیگری دریافت می‌کند. عموماً در این‌گونه موارد، شرکت خریدار بابت هر واحد فروش باید مبالغی را پرداخت نماید. اگر شرکت در امر توسعه یا ادغامش موفق باشد، برای امر مدیریت منابع انسانی یا هزینه نگهداری باید مبالغی را پرداخت نماید. در مواردی که توسعه داخلی رخ می‌دهد، هزینه اجاره تکنولوژی وجود نخواهد داشت. تنها هزینه‌ای که شرکت باید پرداخت نماید، هزینه تحقیق و توسعه برای توسعه فروش است. هزینه اجاره تکنولوژی هزینه‌ای متأثر از نرخ حق امتیاز $R(a)$ است که درزمانی که محصول فروش می‌رود باید پرداخت گردد. بنابراین خواهیم داشت: (سویانگ و همکاران، ۲۰۱۵)

$$TF=\text{[1]}SA(it).P.R(a)$$

$$t=1,2,3,\ldots,TC$$

$i\epsilon\{1,2,3\}$ طرح ۱: توسعه داخلی، طرح ۲: خرید مجوز شغلی، طرح ۳: ادغام یا خرید

P : قیمت محصول

$SA(it)$: میزان فروش حاصل از طرح i در زمان t

میزان فروش عبارت است از تقاضا برای تولید محصول با استفاده از تکنولوژی متفاوت که در مدل نورتون و باس ارائه‌شده. این مدل، مدل معروفی است که به پیش‌بینی تقاضا برای بخش تکنولوژی نوآورانه می‌پردازد. در صنایع تولیدی، شرکت‌ها به‌محض رویارویی با تعدیلات حاصل از قوانین جاری و آتی، به بهبود محصولاتشان به‌واسطه تکنولوژی‌های جدید و نوآورانه می‌پردازند. در

1.Sale amount

مدل نورتون و باس سه نسل از این تعدیلات در نظر گرفته‌شده که عبارت‌اند از: (سویانگ و همکاران، ۲۰۱۵)

$$S_1(t) = F_1(t)m_1 - F_2(t-\tau_2)F_1(t)m_1 = F_1(t)m_1[1-F_2(t-\tau_2)]$$
$$S_2(t) = F_2(t-\tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1][1-F_3(t-\tau_3)]$$
$$S_3(t) = F_3(t-\tau_3)\{m_3 + F_2(t-\tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1]\}$$
$$f(t)/[1-F(t)] = p + qF(t);$$
$$Salesamount_{it} = S_2(t) \times \pi_{it}$$

S(jt): فروش محصولات مطابق با مجموعه مقررات تعدیلی jام در زمان t, $j\epsilon\{1,2,3\}$

F(jt) : درصدی از توان نهایی تولید مطابق با مجموعه مقررات تعدیلی jام در زمان t

m(j): حداکثر تقاضا هر دوره مطابق با مجموعه مقررات تعدیلی jام

τ_j: زمانی که مقررات jام معرفی می‌شود

p : ضریب تأثیر نوآوری

q : ضریب تأثیر تقلید

پس اگر مجموعه قوانین دوره دوم را در نظر بگیریم میزان فروش برابر است با:

$$f(t)/[1-F(t)] = p + qF(t);$$
$$Salesamount_{it} = S_2(t) \times \pi_{it}$$

هزینه فرصت فروش از دست‌رفته[1] (C)

اصطلاح از دست‌رفته به یک محصول پایین‌تر از حد استاندارد که در فرایند جایگزینی خطوط تولید و ماشین‌آلات تولید می‌شود، اشاره دارد و بر اساس نرخ تولید یک واحد محصول نسبت به کل واحدهای محصول تولیدی تعریف می‌شود و شامل دوباره‌کاری‌هاست. اگر اصطلاح فرصت از دست رفته را تعمیم دهیم، نرخ نگهداری مشتریان که از طریق سیستم مدیریت ارتباط با مشتریان، سنجیده می‌شود نیز جزء سهمی از بازار محسوب خواهد شد. در اینجا هزینه بازار ازدست‌رفته شامل شکست‌هایی است که به‌واسطه عدم تطابق با استانداردهای بین‌المللی رخ‌داده‌اند. بنابراین خواهیم داشت: (سویانگ و همکاران، ۲۰۱۵)

$$(C))_{it} = (1-\pi_{it}).FD_t.P$$

1.Loss of sales opportunities

$$FD_t = S_2(t) \times MS$$

$$COO_{it} = (A)_{it} + (B)_{it} + (C)_{it}$$

FD(t) : پیش‌بینی فروش شرکت در زمان t

MS : سهم مورد انتظار از بازار

پس هزینه تکنولوژی بر اساس مدل هزینه مالکیت نورتون و پاس عبارت است از:

$$FD_t = S_2(t) \times MS$$

$$COO_{it} = (A)_{it} + (B)_{it} + (C)_{it}.$$

هزینه خدمات پس از فروش(asc)

به خدمات پس از فروش در ادبیات به دو شکل می‌توان نگریست. در هنگام اشاره به شرکت‌های ارائه‌کننده خدمت، خدمات پس از فروش به‌عنوان یکی از چندین خدمات تکمیلی که توسط آن‌ها ارائه شود محسوب می‌شود. از سوی دیگر هنگام اشاره به کالاهای ملموس، آن‌ها بیشتر به‌عنوان فعالیت‌های عملیاتی برخی یا تمام اعضای زنجیره توزیع دیده می‌شوند. چنین خدماتی شامل حمل‌ونقل، تحویل به مشتریان، نصب و راه‌اندازی، آموزش‌های مربوط به محصول، مشاوره، هرگونه خدمات تعمیر و حتی فرایند بازیافت می‌باشد. کامل‌ترین تقسیم‌بندی خدمت پس از فروش مربوط به نظریه گافین است. او عقیده دارد که چند عنصر در خدمت پس از فروش به‌صورت قطع در طول عمر استفاده از محصول باید از جانب شرکت مادر، در اختیار مشتریان قرار گیرد و این عناصر عبارت‌اند از: نصب، آموزش کاربران، مستندسازی، تعمیر و نگهداری (شفیعا و همکاران، ۱۳۸۸).

در استانداردهای حسابداری معمولاً محاسبه ذخیره برای خدمات پس از فروش به‌عنوان درصدی از مبلغ فروش در نظر گرفته می‌شوند. (سجادی همکاران،۱۳۸۶) پس در مورد هزینه خدمات فروش خواهیم داشت:

$$Asc = SA.x$$

SA : نشان‌دهنده میزان فروش.

x : درصدی از میزان فروش.

قیمت(p)

قیمت ازلحاظ لغوی یعنی سنجش، ارزیابی، اندازه و معیار. قیمت در بازار عبارت است از ارزش مبادله‌ای کالا و خدمت که به‌صورت واحد پول بیان می‌شود. بر این اساس قیمت‌گذاری به‌طور ساده یعنی تعیین قیمت برای کالا یا خدمات. قیمت‌گذاری فعالیتی است که باید تکرار شود و فرآیند مداوم

و پیوسته است. این تداوم ناشی از تغییرات محیطی و عدم ثبات شرایط بازار است که لزوم جرح و تعدیل قیمت را ایجاد می‌کند. که آن را با p نشان می‌دهند (کاتلر، ۱۳۸۵) .

مدل‌سازی ریاضی

با توجه به تعریف عوامل شش‌گانه هزینه کل مالکیت در انتخاب تأمین‌کنندگان، فرمول نهایی و مدل ریاضی هزینه کل مالکیت به این دلیل که ممکن است برای معیار هزینه خرید دو حالت رخ دهد در دو مدل ریاضی مجزای خطی و غیرخطی قابل‌ارائه است.

در حالت کلی برای مدل هزینه کل خواهیم داشت:

$$TCO = mc + qc + pc + tc + asc + p$$

حالت اول: مدل خطی

مدل اول که در هزینه خرید ارتباطی خطی بین قیمت و کیفیت محصول وجود دارد.

$$TCO = \sum_x Cmx + pm.cm + p.(1 - pm) + P + pm(km - c) + coo(it) + SA.\mathrm{x} + \mathrm{P}$$

حالت دوم: مدل غیرخطی (کودراتیک)

مدل دوم که ارتباطی کودراتیک بین قیمت و کیفیت محصول معیار هزینه خرید وجود دارد.

$$TCO = \sum_x Cmx + pm.cm + P.(1 - pm)\wedge 2 + P.(1 - pm)\wedge 2 + pm[cm + pp.(cmp - cm - cp)]$$
$$+COO(it) + SA.x + P$$

ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان برمبنای شاخص هزینه کل مالکیت

برای تعیین شاخص ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان، ابتدا باید هزینه فعالیت‌هایی را که هر تأمین‌کننده بدان می‌پردازد، طبقه‌بندی نمود و این مستلزم انجام مراحل زیراست:

– تعیین همه فعالیت‌هایی شرکت که مربوط به مدیریت ارتباط با تأمین‌کنندگان است.

– محاسبه هزینه کل همه فعالیت‌ها.

– انتخاب هزینه خاص برای توزیع هزینه فعالیت‌های هر تأمین‌کننده.

– برای هر تأمین‌کننده جمع همه هزینه فعالیت‌های توزیع‌شده که در نهایت هزینه کل ارتباط هر تأمین‌کننده را برای شرکت مشخص می‌سازد.

بعد از اتمام این مراحل، کارایی هر تأمین‌کننده به‌طور خلاصه در شاخص عملکرد تأمین‌کننده jام[1](SPI) قرار داده می شود و قابل ارزیابی خواهد بود.

$$(SPI)_j = \sum_{i=1}^{m} (v_i \times x_{ij}) / y_i$$

m: نشان‌دهنده تعداد تقسیم‌بندی هزینه‌های استفاده‌شده در محاسبه TCO

V(i) : واحد هر هزینه

X(ij) : مقدار هزینه i برای تأمین‌کننده j

y(i) : میزان خرید کلی تأمین‌کننده j

بنابراین SPI میزان هزینه ارتباط با هر تأمین‌کننده را برای هر یک واحد پولی خدمات یا محصول نشان می‌دهد (ویسانی، ٢٠١٦) .

تصمیم درست یک شرکت برای انتخاب مناسب‌ترین تأمین‌کننده منوط به داشتن اطلاعات کامل از جایگاه تأمین‌کنندگان نسبت به یکدیگر است. دانستن نسبت سهم هزینه‌ای که هر تأمین‌کننده در هر واحد هزینه خاص tco نسبت به سایر تأمین‌کنندگان دارد، شاخص خوبی است که می‌تواند در تصمیم‌گیری و انتخاب تأمین‌کنندگان، مدنظر قرار گیرد. این شاخص به شرکت‌ها کمک می‌کند تا با دانستن جایگاهی که هر تأمین‌کننده نسبت به سایر تأمین‌کنندگان هم‌ردیف با خود دارد و با توجه به هر واحد هزینه‌ای که برای شرکت خریدار دارای اهمیت بیشتری است، دست به انتخاب بزند. بنابراین شاخص عملکرد تأمین‌کننده jام در هر واحد هزینه iام TCO،SPI(edtco)[2] برابر است با:

$$SPI_i(edtco) = x(ij) / \sum_{j=1}^{n} x(ij)$$

n : نشان‌دهنده تعداد تأمین‌کنندگان

X(ij) : مقدار هزینه i برای تأمین‌کننده j

تشریح مدل با مثال عددی

به منظور تشریح کامل مدل پیشنهادی، ارزیابی تامین‌کنندگان یک شرکت خودروسازی را به عنوان مطالعه موردی مورد بررسی قرار می دهیم. این شرکت برای تامین قطعات جلوبندی

1.Suplier performance index(SPI)
2.Supplier performance index for each driver of total cost of ownership

خودروهایش نیازمند تامین ۱۰۰۰ قطعه از ۵ تامین کننده موجود می‌باشد. هزینه‌های مربوط به هر تأمین‌کننده به تفکیک در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است. شایان ذکر است هزینه کیفیت خطوط تولیدی شرکت، هزینه ناچیزی بوده و در فرآیند تولید در نظر گرفته نمی‌شود و خدمات پس از فروش هر تأمین‌کننده نیز۳۰ درصد میزان فروش می‌باشد. همچنین احتمال استاندارد نبودن کالا برای هر تأمین‌کننده با یکدیگر یکسان و برابر با ۰/۲درصد بوده و رابطه بین هزینه کیفیت و قیمت نیز خطی است.

جدول شماره ۲: هزینه های تامین کنندگان(هزار ریال)

تأمین‌کننده / هزینه ها	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
مواد خام	۱۵۶	۱۷۳	۲۲۱	۲۱۷	۱۰۶
نیروی انسانی	۱۲۴	۱۳۸	۱۷۶	۱۷۴	۸۴
استهلاک	۳۱	۳۴	۴۴	۴۳	۲۱
هزینه کیفیت	۵۳	۵۷	۵۵	۵۶	۵۷
هزینه تکنولوژی (سرمایه ثابت)	۶۰	۶۵	۷۰	۶۲	۶۰
قیمت	۵۲۸	۵۳۰	۵۷۸	۶۴۰	۵۱۰

در ادامه فرآیند ارزیابی تامین‌کنندگان بر مبنای رویکرد پیشنهادی (TCO) در سه گام مختلف تشریح می‌گردد. در گام اول مناسب ترین تامین‌کننده شناسائی، در گام دوم عملکرد تامین‌کنندگان بر مبنای شاخص ارزیابی عملکرد بررسی و در گام سوم ارزیابی تامین‌کنندگان بر مبنای شاخص هزینه کیفیت مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

در گام اول و برای محاسبه هزینه‌ها خواهیم داشت:

هزینه تولید : برابراست با مجموع مواد خام، نیروی انسانی و استهلاک. بنابراین:

$$mc = \sum_{x} Cmx$$

لذا برای تامین‌کننده اول خواهیم داشت:

$$mc = C_1+C_2+C_3 = ١٥٦ + ١٢٤ + ٣١ = ٣١١$$

هزینه خرید برابر است با:

$$Z(pm) = P + pm(km - P)$$
$$Km = [cm + pp.(cmp - cm - cp)]$$
$$Pp = ۰$$
$$Km = cm = ۵۳,\ pm = ۰/۲$$
$$Z(pm) = P + pm(cm - P) = ۵۲۸ + ۰/۲\ (۵۳ - ۵۲۸) = ٤٣٣$$

مقدار فروش نیز برابر است:

$$SA = X.P$$

هزینه خدمات پس از فروش برابر است با ۳۰ درصد فروش. لذا خواهیم داشت:

$$۵۲۸۰۰۰ \times ٪\ ۳۰ = ۱۵۸٤۰۰ \div ۱۰۰۰ = ۱۵۸/٤$$

در نهایت نتایج حاصل از محاسبه هزینه‌های مربوط به هر تأمین‌کننده و هزینه نهایی کل مالکیت در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌گردد، کمترین مقدار هزینه کل مربوط به تأمین‌کننده شماره ۵ با مقدار هزینه کل ۱۴۱۰/۴ هزار ریال برای هر واحد می‌باشد. فلذا این تأمین‌کننده بهترین تأمین‌کننده ازنظر رویکرد TCO می‌باشد.

جدول شماره ۳: هزینه های مربوط به هر تامین کننده (هزار ریال)

تأمین‌کننده / هزینه ها	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
هزینه تولید	۳۴۵	۳۱۱	۴۴۱	۴۳۴	۲۱۱
هزینه خرید	۴۳۳	۴۳۵/۴	۴۷۳/۴	۵۲۳/۲	۴۱۹/۴
هزینه خدمات پس از فروش	۱۵۸/۴	۱۵۹	۱۷۳/۴	۱۹۲	۱۵۳
هزینه کیفیت	۵۳	۵۷	۵۵	۵۶	۵۷
هزینه تکنولوژی (سرمایه ثابت)	۶۰	۶۵	۷۰	۶۲	۶۰
قیمت	۵۲۸	۵۳۰	۵۷۸	۶۴۰	۵۱۰
هزینه کل	۱۵۹۱/۴	۱۵۴۳/۴	۱۷۹۰/۸	۱۹۰۷/۲	۱۴۱۰/۴

برای محاسبه شاخص ارزیابی عملکرد برای تأمین‌کننده اول خواهیم داشت:

$$(SPI)_j = \sum_{i=1}^{m} (v_i \times x_{ij}) / y_i$$

$$(\mathrm{SPI})_1 = ۱/۵٤۳$$

محاسبات مربوط به سایر تامین‌کنندگان نیز به همین شکل انجام که خروجی نهائی در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، کمترین میزان این شاخص مربوط به تأمین‌کننده شماره ۵ می‌باشد و سایر تأمین‌کنندگان در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

جدول شماره ٤: هزینه های مربوط به ارزیابی عملکرد تامین کنندگان

تأمین‌کننده	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
هزینه تولید	۱/۵۴۳	۱/۵۹۱	۱/۷۹	۱/۹۰۷	۱/۴۱۰

برای محاسبه شاخص ارزیابی عملکرد بر اساس معیار هزینه کیفیت برای تأمین‌کننده اول خواهیم داشت:

$$SPI_i(edtco) = x(ij) / \sum_{j=1}^{n} x(ij)$$

$$\mathrm{SPI}= ۵۳ \div (۵۳ + ۵۷ + ۵۵ + ۵٦ + ۵۷) = ۰/۱۹$$

همان‌طور که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌شود، اگر ملاک تصمیم‌گیری شرکت در انتخاب تأمین‌کنندگان، بر اساس شاخص هزینه تکنولوژی، مدنظر قرار گیرد. تأمین‌کننده شماره ۱ که دارای کمترین شاخص در این زمینه است، انتخاب می‌شود. به همین ترتیب تأمین‌کننده شماره ۳، در رتبه بعدی انتخاب قرار می‌گیرد و در انتخاب بین سایر تامین‌کننده‌ها تفاوتی از نظر این شاخص وجود ندارد.

جدول شماره ۵: هزینه های مربوط به ارزیابی عملکرد تامین کنندگان بر اساس شاخص هزینه تکنولوژی

تأمین‌کننده	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
شاخص ارزیابی عملکرد هزینه کل	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۹۷	۰/۲۰	۰/۲۰

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد در صورتی که در تصمیم‌گیری سازمان‌ها برای انتخاب تأمین‌کنندگان؛ کل هزینه‌های مربوط به فرآیند تولید و هزینه‌های مربوط به دوره عمر کالا مدنظر قرار گیرد، شاخص هزینه کل مالکیت معیار مناسبی برای این منظور می‌باشد. استفاده از این معیار نه‌تنها برای سازمان‌ها این امکان را فراهم می‌آورد که در مدیریت هزینه‌هایشان صرفه‌جویی کرده و بهره وری سازمانی را افزایش دهند، بلکه با استفاده از این مدل می‌توان شاخصه‌هایی اساسی را که برای سازمان‌ها در اولویت تصمیم‌گیری قرار دارند، مدنظر قرارداد و بر اساس آن دست به انتخاب تأمین‌کننده مناسب زد. پژوهش حاضر با معرفی مدل هزینه کل مالکیت و شاخص ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان بر اساس این مدل، چنین امکانی را فراهم می‌آورد. تحقیقات گوناگونی درزمینه کاربرد مدل هزینه کل مالکیت در ابعاد متفاوت صورت گرفته است که بیانگر جامعیت و وسعت کاربرد این مفهوم است؛ اما هیچ‌کدام از پیشینه تحقیقات قادر به ارائه مدلی کمی از مفهوم TCO در امر انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان نبودند. در بسیاری از مطالعات پیشین به معرفی کاربردهایی از این مفهوم در عمل (دانیلیس و همکاران، ٢٠١٨ ؛ دوگان و همکارش، ٢٠١١؛ وبر و همکاران، ٢٠٠٩؛ کیم و همکاران، ٢٠٠٧ و مانن و همکاران ، ٢٠٠٢) و همچنین ارائه رویکردی ترکیبی از این مفهوم با سایر ابزارهای ارزیابی (شعبانی و همکاران ٢٠١٨؛ کناگاراج و همکاران، ٢٠١٦ و ویسانی و همکاران، ٢٠١٦) پرداخته شده است. اما رویکردی کمی که بتواند ابعاد شناسائی شده مفهوم هزینه کل مالکیت را بصورت عملیاتی تعریف و در قالب مدل ریاضی ارائه نماید، مورد توجه قرار نگرفته است. تحقیق حاضر سعی بر رفع این نقیصه و تشریح یک نمونه مطالعاتی با کمک مدل پیشنهادی نموده است. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر ارائه مدل ریاضی و کمی از مفهوم TCO می‌باشد و این امکان را برای سازمان‌ها وجود می‌آورد که با تمرکز بر هریک از ابعاد چندگانه این مفهوم، دست به انتخاب کاراترین و بهترین تأمین‌کننده با توجه به شرایط و امکانات موجود سازمانی‌شان، بزنند. با توجه به وسعت کاربرد مفهوم هزینه کل مالکیت پیشنهاد می‌گردد، مدل ریاضی و کمی این مفهوم در سایر زمینه‌های کاربردی چون فناوری اطلاعات موردبررسی قرارگرفته و جهت تعیین جواب بهینه مدل ریاضی ارائه‌شده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی برای یافتن بهترین جواب ممکن بهره گرفته شود. ضمن آنکه بهره گیری از رویکردهایی با قابلیت لحاظ نمودن داده‌های غیرقطعی، احتمالی و تصادفی که در شرایط محیطی واقعی رخ می‌دهند، می‌تواند مورد توجه محققین آینده قرار گیرد.

References

Amiri, M., Hadinejad, F., Malekkhoyan, Sh. (2017),Evaluation and Prioritization of Suppliers Adopting a Combined Approach of Entropy, Analytic Hierarchy process, and Revised PROMETHEE, Case Study: YOUTAB Company, 14(4), 1-20.[In Persian]

Bai, C & Sarkis, J. (2010) Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies, International Journal of Production Economics, 124(1), 252-264.

Caputo, A.C., Pelagagge, P. M., Pacifico M & Salini, P. (2015), Manufacturing cost model for heat exchangers optimization, Applied Thermal Engineering,10, 1-34.

Chaharsoghee, S. K. & Sahraieyan, R. (2006), Providing a Standardized Method for Assessing and Choosing a Supplier, World of Quality, 3(10), 30-36.

Danielis, R., Giansoldati, M., Rotaris, L. (2018), A probabilistic total cost of ownership model to evaluate the current and future prospects of electric cars uptake in Italy, Energy Policy, 119, 268-281.

Roodhooft, F, Degraeve, Z.; Labor, E. (2000), An evaluation of vendor selection models from a total cost of ownership perspective, European Journal of Operational Research, 125(1), 34-58.

Dogan, I & Aydin, N. (2011), Combining Bayesian Networks and Total Cost of Ownership method for supplier selection analysis, Computers & Industrial Engineering, 61(4), 1072-1085.

Elleram, M, l. (1993), Aframework for total cost of ownership, the international journal of logistics management, 4(2), 49–60.

Gargeya V.B. & Su J. (2004), Strategic sourcing and Supplier Selection: A Review of surveybasedempirical research, Second world conference on POM and 15th Annual POMconference, Cancun, Mexico, 1-32.

Ho, W., Dey, P.K & Lockstrom, M. (2011), Strategic sourcing: a combined QFD and AHP approach in manufacturing, Supply Chain Management: An International Journal, 16(6), 446-461.

Iranzade, s., burani, h & sarami rasolee, b. (2008), application of multi-criteria methods in ranking suppliers of component, Management Science, 2(5), 41-57. [In Persian]

katler, Ph. (2006), Marketing Manager, Bahman Forouzandeh, Publishing House, Tehran, Third Edition, 552.

Kim, S., H, s & Sohn Y. (2007), Cost of ownership model for the RFID logistics system applicable to u-city, 37th International Conference on Computers and Industrial Engineering, 833-842.

Krause D.R, T.V. & Clanton R.J. (2000), A structural analysis of the effectiveness of buyingfirms, Strategies to improve supplier performance, Journal of Decision Science, 31(1), 33-55.

Lee, E., Ha, S & Kim. S. (2001), Supplier selection and management system considering relationship in supply chain management, Transactions on engineering management, 48(3).

Lima Junior, F. R., Cesor, L & Carpinetti, R. (2016), Combining SCOR model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management, International journal of Production Economics, 174, 128-141.

Mohammady Garfamy, R. (2006), A data envelopment analysis approach based on total cost of ownership for supplier selection, Journal of enterprise information management, 19(6), 662-678.

Prajogo, D., Chowdhury, M., Yeung, A. C. L & Cheng, T. C. E. (2012), The relationship between supplier management and firm's operational performance: A multidimensional, International journal of Production Economics, 136(1), 123-130.

Roodhooft, f; Abbeele, A., V., D; Peeters, F. (2005), Total cost of ownership as a tool for inter-frim cost management: a case in Belgian utilities industry, Leuven: KUL. Department of applied economic sciences.

Sajjadi, S. H & Emami, M.R. (2007), Comparison of Accounting Standards of Accounting EstimatesAccountant, 22(190), 11-19.[In Persian]

Schoenherr, T., Modi, S.B., Benton, W. C., Carter, C. R., Choi, T. Y & Larson, P.D.(2012), Research opportunities in purchasing and supply management, International Journal of Production Research, 50(16), 4556-4579.

Shabani, A., Visani, F., Barbieri, P., Dullaert, W., Vigo, D. (2018), Reliable estimation of suppliers' total cost of ownership: An imprecise data envelopment analysis model with common weights, Omega, 87, 57-70.

Shafia, M.A & Ershazadeh, H. (2009), Effective Factors in Choosing -Channels for Delivering After-Sales Service Elements, 12(100), 42-48.

Sohn So, Y., j., jeon, E & Han, j., h. (2015), A new cost of ownership modelfor the acquisition of complying with environmental regulations, journal of cleaner production, 100(1), 269-277.

Sohn, s & lee, j. (2006), Cost of ownership model for CRM system, department of computer science and industrial engineering systems, 60, 68-81.

Van maanen, h & berghout, e. (2002), cost management of it beyond cost of ownership models a state the art overview of Dutch financial services industry, 25(2), 167-173.

Visani, F., Barbieri, P., Marta, F., Lascio, L. Di, Raffoni, A & Vigo, D. (2016), Supplier's Total Cost of Ownership evaluation: a Data Envelopment Analysis approach, the international journal of management science, Omega, 61, 141-154.

Wang, Q; & Guo, X. (2007), A study of supplier selection and quality strategy based on quality costs theory, international conference of management science and engineering.

Weber, M., hiete, M., lauer, l & rentz, O. (2010), Low cost country sourcing and its eeffects on the total cost of ownership structure for medical devices manufacturer, Journal of Purchasing & Supply Management, 16, 4-16.