

ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین به روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (مطالعه موردی یک شرکت صنایع غذایی)

دکتر عزیزاله جعفری* محسن فرقانی** علی فرقانی***

پذیرش: ۸۹/۴/۲۴

دریافت: ۸۸/۸/۱۷

مدیریت زنجیره تأمین / ارزیابی عملکرد / تحلیل سلسله‌مراتبی فازی / صنایع غذایی

چکیده

در سال‌های اخیر، مدیریت زنجیره تأمین یک عامل کلیدی برای دستیابی به مزیت‌های رقابتی به‌شمار می‌رود. خدمت بهتر به مشتری، افزایش درآمد و کاهش هزینه‌ها، ثمره استفاده از این فلسفه است. سازمان‌ها می‌توانند از طریق هدف‌گذاری، شناسایی و تعریف معیارها و ارزیابی عملکرد مستمر، بهبود عملکردشان را مدیریت کنند. این ارزیابی‌ها دید مناسبی درباره وضعیت کسب‌وکار پدید می‌آورد. در این مقاله پس از آشنایی با مبانی نظری ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین، روش مناسبی برای طراحی یک مدل ارزیابی عملکرد کل زنجیره تأمین ارائه شده است. از شاخصه‌های اصلی این نوشتار می‌توان به دسته‌بندی جامعی از معیارهای عملکردی برای ارزیابی کل اجزای زنجیره و ارائه یک روش تصمیم‌گیری مناسب (AHP فازی) برای اولویت‌بندی معیارها و تعیین درجه اهمیت (تأثیر) هر یک از آن‌ها در عملکرد کل زنجیره تأمین، اشاره کرد. در پایان یک مطالعه موردی در زمینه صنایع غذایی به کمک روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و بومی‌سازی معیارها برای صنعت مذکور، ارائه شده است.

طبقه‌بندی JEL: C30, C21

jafari@usc.ac.ir

forghani.m@gmail.com

forghaninik@yahoo.com

* عضو هیأت علمی دپارتمان مهندسی صنایع دانشگاه علم و فرهنگ.

** کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه علم و فرهنگ.

*** عضو هیأت علمی پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاددانشگاهی.

■ محسن فرقانی، مسئول مکاتبات.

مقدمه

شرکت‌های تجاری در شرایط رقابتی حاضر دریافته‌اند که به تنهایی قادر به انجام همه امور نیستند و علاوه بر توجه به امور و منابع داخلی باید به مدیریت و نظارت بر منابع و ارکان مرتبط در خارج از شرکت نیز پردازند. ارائه کیفیت بهتر در تولید و خدمات فشارهای زیادی بر شرکت‌ها وارد می‌کند و علت آن دستیابی به مزایای رقابتی با هدف کسب سهم بیشتری از بازار است. بر این اساس، فعالیت‌هایی مانند تهیه مواد، برنامه‌ریزی برای تولید محصول، انبارداری، کنترل موجودی، توزیع، تحویل و خدمت به مشتری که قبلاً در سطح شرکت انجام می‌شد، به سطح زنجیره تأمین انتقال یافته است. مسأله اساسی در یک زنجیره تأمین عبارت است از مدیریت، کنترل و هماهنگی فعالیت‌ها. مدیریت زنجیره تأمین سبب می‌شود مشتریان، محصولات باکیفیت و خدمات قابل اطمینان را در اسرع وقت و با حداقل هزینه دریافت کنند.

یکپارچگی بازار، افزایش رقابت و تأکید ویژه بر جهت‌گیری‌های مشتری از جمله مسائلی است که همواره به‌عنوان مهم‌ترین موضوع در قالب زنجیره تأمین به آن اشاره شده است.^۱ همچنین، مدیریت مؤثر زنجیره تأمین از طریق بهبود ارتباطات داخلی و خارجی شرکت عامل کلیدی‌ای برای دستیابی به مزیت رقابتی بادوام محسوب می‌شود.^۲ زنجیره تأمین کلیه فعالیت‌های وابسته به جریان تولید کالا از مرحله تأمین مواد اولیه تا رسیدن به دست مصرف‌کننده نهایی را شامل می‌شود. موارد زیر، ضرورت تحقیقات بیش‌تر در زمینه تعریف معیارهای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین را روشن می‌کند:^۳

الف) بسیاری از شرکت‌ها به اهمیت معیارهای مالی و غیرمالی پی‌برده‌اند ولی تاکنون در به‌کارگیری متوازن آن‌ها ناموفق بوده‌اند. با این‌که برخی مدیران به معیارهای مالی اهمیت بیش‌تری می‌دهند، گروهی از کارشناسان و محققان معیارهای غیرمالی را بررسی می‌کنند. این عدم توازن باعث می‌شود که معیارهای موجود نتوانند به‌طور واضح عملکرد زنجیره تأمین را به تصویر بکشانند.

1. Gunasekaran, A. et al (2001); Webster, M. (2002).

2. Ellinger, A.E. (2000).

3. Gunasekaran, A. et al (2001).

ب) تعداد معیارهای استفاده‌شده برای ارزیابی عملکرد، قابل بحث است. شرکت‌ها از تعداد زیادی معیارهای عملکرد استفاده می‌کنند در حالی که ممکن است استفاده از معیارهای مؤثر با تعداد کم مناسب‌تر باشد.

ج) صنایع برای اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تأمین روش استاندارد ندارند؛ همچنین، نبود یک ساختار مناسب برای بررسی فرآیندهای زنجیره تأمین، انتخاب و ایجاد نرم‌افزارها را نیز دشوار و پرهزینه کرده است.^۱

در این مقاله ابتدا مفاهیم مرتبط با ارزیابی عملکرد و روش استفاده‌شده برای انتخاب یک مدل ارزیابی عملکرد مناسب بیان می‌شود؛ سپس، چارچوب جامعی برای شناخت و دسته‌بندی معیارهای عملکردی در سطوح مختلف زنجیره تأمین معرفی شده و به‌منظور تعیین اولویت و اهمیت شاخص‌ها، یک روش تصمیم‌گیری AHP فازی همراه با مراحل آن تشریح می‌شود. در پایان یک مطالعه موردی در صنعت مواد غذایی همراه تحلیل نتایج آن ارائه شده است.

۱. مبانی نظری و پیشینه ارزیابی عملکرد

نیلی و همکارانش^۲ در سال ۱۹۹۵ ارزیابی عملکرد را به‌عنوان فرآیندی کمی در جهت تعیین کارایی^۳ و اثربخشی^۴ یک فعالیت معرفی کردند. اثربخشی، حوزه‌ای است که خواسته‌های مشتری با آن مواجه می‌شود. در واقع اثربخشی، میزان دستیابی به اهداف و برنامه‌ها با ویژگی کارایی فعالیت‌ها و عملیات را نشان می‌دهد و کارایی، بیان‌گر اندازه‌گیری این موضوع است که چگونه منابع یک شرکت (از جنبه اقتصادی) برای فراهم‌شدن سطح مشخصی از رضایت مشتری استفاده شود. در نتیجه سیستم‌های ارزیابی عملکرد به‌عنوان مجموعه کلی از معیارهای ارزیابی عملکرد برای تعیین میزان کیفیت کارایی و اثربخشی فعالیت‌ها به کار می‌روند. از طرف دیگر، باید میان ارزیابی عملکرد و مدیریت عملکرد تمایز قائل شد. ارزیابی عملکرد، استفاده معیارهای عملکردی در جای مناسب برای شناخت توان

1. <http://www.Supply Chain Management.Org>.

2. Neely, A. et al (1995).

3. Efficiency.

4. Effectiveness.

زنجیره تأمین است، در حالی که مدیریت عملکرد، استفاده از معیارها برای حمایت از اهداف استراتژیک سازمان است.

در اجرای یک سیستم ارزیابی عملکرد، باید ارتباط معیارها با استراتژی کسب و کار، یکپارچگی اهداف کمی در طرح‌ها و عملیات‌ها، ایجاد اهداف جامع برای همه سطوح متناسب با اهداف کلی سازمان و ایجاد مکانیزم‌ها و فرآیندهایی که آشکارا برای حرکت در مسیر پیشرفت و مدیریت عملکرد تعریف شده است، در نظر گرفته شود.

مدل «سینک و تاتل» (۱۹۸۹) یکی از رویکردهای سیستم ارزیابی عملکرد است. در این مدل، عملکرد یک سازمان ناشی از روابط پیچیده بین هفت شاخص عملکردی اثربخشی، کارایی، کیفیت، بهره‌وری، کیفیت زندگی کاری، نوآوری و سودآوری است.

«کیگان»^۱ در سال ۱۹۸۹ ماتریس ارزیابی عملکرد را ارائه کرد. نقطه قوت این مدل آن است که جنبه‌های مختلف عملکرد سازمان، شامل جنبه‌های مالی و غیرمالی و جنبه‌های داخلی و خارجی به صورت یکپارچه مورد توجه قرار می‌گیرد. اما این مدل به خوبی روابط بین جنبه‌های مختلف عملکرد سازمانی را نشان نمی‌دهد.

چارچوب «نتایج و تعیین‌کننده‌ها» (۱۹۸۹) مشکل ماتریس عملکرد را برطرف می‌کند. این چارچوب بر این فرض استوار است که در هر سازمانی دو نوع شاخص عملکرد پایه وجود دارد. شاخص‌هایی که به نتایج مربوط می‌شوند و آن‌هایی که بر تعیین‌کننده‌های نتایج تمرکز دارند. یکی از نیازهای هر سیستم ارزیابی عملکرد، وجود یک رابطه شفاف بین شاخص‌های عملکرد در سطوح سلسله‌مراتبی مختلف سازمان است، به گونه‌ای که همه واحدها برای رسیدن به اهداف یکسان تلاش کنند.

مدل هرم عملکرد (۱۹۹۱) یکی از مدل‌هایی است که چگونگی ایجاد این رابطه را نشان می‌دهد. هدف هرم عملکرد، ایجاد ارتباط بین استراتژی سازمان و عملیات آن است.

یکی از چارچوب‌های مطرح ارزیابی عملکرد، مدل تعالی سازمان (EFQM) (۱۹۹۲) است که شامل عواملی است که به دو گروه اصلی «توانمندسازها» و «نتایج» تقسیم می‌شود. توانمندسازها عبارت‌اند از رهبری، کارکنان، خط‌مشی و راهبرد، منابع و ذی‌نفعان و فرآیندها و نتایج شامل نتایج کارکنان، نتایج حاصل از مشتریان، نتایج حاصل از جامعه

و نتایج عملکرد کلیدی است. تئوری سازنده و پشتیبان این روش بیان‌گر آن است که توانمندسازها مانند اهرم‌هایی هستند که مدیران از آنها برای رسیدن سریع‌تر به نتایج آتی استفاده می‌کنند.

نیلی و همکارانش در سال ۱۹۹۵ مرور بسیار خوبی در زمینه ارزیابی عملکرد ارائه دادند و تحقیقات بسیاری به آن ارجاع شده است؛ از جمله ملاحظات کلیدی مدنظر در این مطالعات به شرح زیر است:

الف) فاکتورهای مؤثر در پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز سیستم‌های ارزیابی عملکرد چیست؟

ب) فاکتورهای شکل‌دهنده ارزیابی سیستم‌های اندازه‌گیری عملکرد کدامند؟

ج) نحوه حمایت و پشتیبانی از سیستم‌های ارزیابی عملکرد در هر زمان به گونه‌ای که با

محیط‌های پویا و استراتژی‌های متغیر مطابق باشد، چگونه است؟

شایان ذکر است که «ارزیابی عملکرد» و «اندازه‌گیری عملکرد» ارتباط تنگاتنگی دارند. به عبارت دیگر، ارزیابی عملکرد سازمان مبتنی بر اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های عملکردی آن سازمان است. اندازه‌گیری عملکرد، مقدمه‌ای برای ارزیابی عملکرد محسوب می‌شود و تمرکز آن بر بُعد کمی ارزیابی عملکرد است. یکی از مشهورترین و شناخته‌شده‌ترین مدل‌های سیستم اندازه‌گیری عملکرد، مدل «کارت امتیازدهی متوازن»^۲ است که در سال ۱۹۹۲ توسط کاپلن و نورتن مطرح و سپس گسترش و بهبود یافت. این مدل پیشنهاد می‌کند که برای اندازه‌گیری عملکرد هر سازمانی از یک سری شاخص‌های متوازن در چهار بُعد سازمانی استفاده شود. این چهار بُعد پاسخ‌گویی به چهار سؤال اساسی زیر را امکان‌پذیر می‌سازد:

۱) نگاه‌ها به سهام‌داران چگونه است؟ (جنبه مالی)

۲) در چه زمینه‌هایی باید خوب عمل کنیم؟ (جنبه داخلی کسب‌وکار)

۳) نگاه مشتریان به ما چگونه است؟ (جنبه مشتری)

۴) چگونه می‌توانیم به بهبود و خلق ارزش ادامه بدهیم؟ (جنبه یادگیری و نوآوری)

مدل SCOR^۳ (۲۰۰۵) یک مدل مرجع فرآیندی است که توسط انجمن زنجیره تأمین

1. Beamon, B.M. (1999); Handfield, R.B. et al. (1999); Gunasekaran, A., et al. (2005).

2. Balance Score Card (BSC).

3. Samuel H. Huang, Sunil K. Sheoran, Harshal Keskar (2005).

(SCC^۱) برای مدیریت و ارزیابی پیکره زنجیره تأمین توسعه یافته است. این مدل برنامه‌های عملیاتی و شاخص‌های فراوانی را جهت برآوردن اهداف استراتژیک سازمان در اختیار مدیران قرار می‌دهد. پنج فرآیند اصلی این مدل عبارتند از: برنامه‌ریزی، منابع، تولید، تحویل و بازگشت. در این مدل سه سطح تعریف شده است:

سطح (۱) انواع فرآیندها؛

سطح (۲) پیکره فرآیند (شامل ۳۰ دسته فرآیند در قالب ۵ فرآیند اصلی)

سطح (۳) عناصر فرآیند شامل تعریف فرآیند، ورودی‌ها و خروجی‌ها، پارامترهای ارزیابی کارایی، بهترین عملیات قابل استفاده، تجهیزات/ سیستم‌ها / ظرفیت‌های لازم برای بهترین شیوه انجام کار.

در ادامه جدول‌های (۱) و (۲) خلاصه دو روش بهبود عملکرد زنجیره تأمین را نشان می‌دهند.

جدول ۱- مراحل روش بهبود عملکرد زنجیره عرضه^۲

| ۱. مهندسی مجدد فرآیندها | ۲. الگوبرداری | ۳. بررسی بهترین عملکردها |
|---------------------------------------|--|---|
| بررسی وضعیت فعلی و ترسیم حالت ایده‌آل | کپی کردن عملکردهای عملیاتی شرکت‌های مشابه و تعریف اهداف داخلی برای دستیابی وضعیت پیشگامان صنعت | مشخص کردن عملکردها و برنامه‌های مناسب مدیریتی و راه‌حل‌های نرم‌افزاری که به دستیابی به اهداف منجر می‌شود. |

جدول ۲- مراحل روش بهبود عملکرد زنجیره عرضه^۳

| ۱. شناخت وضعیت موجود | ۲. الگوبرداری | ۳. توسعه بهترین فعالیت‌ها |
|---|---|---|
| شناخت استراتژی‌های پشتیبانی، سیستم‌ها و سطوح عملکرد فعالیت‌ها | مقایسه استراتژی‌ها، سیستم‌ها و سطوح عملکردهای عملیاتی با رقبای مستقیم یا رهبران صنعتی | تجزیه و تحلیل گزینه‌های تعیین بهترین راه‌حل، برای کاستن فاصله‌های موجود که بالاترین اثربخشی را دارد |
| رسم شبکه توزیع و جریان مواد میان قسمت‌های عرضه، ساخت و توزیع | تعیین فاصله‌های موجود بین وضعیت فعلی سازمان و رقبای صنعتی | پیاده‌سازی تغییرات لازم در داخل سازمان |
| رسم جریان‌های اطلاعاتی بین نقاط فیزیکی و فعالیت‌های بین‌شان | بررسی راهنمایی‌ها و راه‌حل‌های موجود برای کاستن شکاف‌ها به منظور شناخت نیازها | انتخاب و به کارگیری بهترین منابع خارجی |
| بررسی فعالیت‌های مدیریتی | --- | هماهنگی فعالیت‌های داخلی و خارجی برای دستیابی به عملکرد بهینه |

1. www.supply-chain.org

2. www.Supply Chain Management.org

3. Boyson S., et al. (1999).

با این حال برای سیستم‌های ارزیابی عملکرد در حوزه سیستم‌های تولیدی، مشکلات و محدودیت‌هایی وجود دارد که مهم‌ترین‌شان عبارت‌اند از:

- (۱) انتظار این که در یک بازه زمانی کوتاه به نتیجه برسند.
- (۲) نبود سیاست‌های استراتژیک متمرکز. یعنی سیستم‌های ارزیابی به‌طور صحیح با اهداف استراتژیک، فرهنگ سازمانی و یا سیستم‌های پاداش آن‌ها مطابقت ندارد.
- (۳) در این گونه سیستم‌ها به‌جای پیشرفت و بهبود کل سیستم، بیش‌تر به دنبال بهینه‌سازی اوضاع داخلی از طریق کاهش انحراف از استانداردهای موجود هستند.
- (۴) عدم موفقیت در دستیابی به اطلاعات رقبا به‌وسیله ارزیابی مقایسه‌ای^۱.

در ادامه، ضمن ارائه طرح جامعی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین، به بررسی جزئیات بیش‌تری از رویکردها و محدودیت‌های موجود در سیستم‌های ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین خواهیم پرداخت.

۲. روش پژوهش

بررسی رویکردهای مختلف ارزیابی عملکرد بیان‌گر آن است که نظام ارزیابی باید با رشد و توسعه سازمان‌ها متناسب بوده و پاسخ‌گوی ابعاد متنوع و متعدد آن باشد. توسعه تکنولوژی، نقش عوامل حیاتی موفقیت در عملکرد، ساختار رقابت داخلی و خارجی، مزیت کیفیت و جایگاه سازمان، کالاها و خدمات ارائه شده توسط آن نزد بازار و مشتریان از جمله عواملی است که امروزه باید در ارزیابی عملکرد مورد توجه قرار گیرد.

در این نوشتار، سیستم ارزیابی عملکرد در سه سطح تجزیه و تحلیل می‌شود:

- (۱) معیارهای ارزیابی عملکرد.
- (۲) سیستم ارزیابی عملکرد به‌عنوان یک موجودیت.
- (۳) ارتباط میان سیستم ارزیابی با محیط داخل و خارج که در آن مشغول به فعالیت است. برخی از ملاحظات که در تدوین معیارهای عملکردی در این سه سطح برای سیستم‌های ارزیابی عملکرد باید لحاظ شود به اختصار در جدول (۳) آورده شده است^۲.

1. Benchmarking.

2. Neely et al. (1995).

جدول ۳- ملاحظات کلیدی برای آنالیز یک سیستم ارزیابی عملکرد

| ملاحظات | سطح ۱ و ۲ و ۳ |
|--|---|
| چه معیارهایی برای ارزیابی عملکرد استفاده شده است؟ به چه منظوری از این معیارها استفاده شده است؟ هزینه انجام کار چقدر است؟ چه مزایایی به همراه دارد؟ | در مورد معیارهای ارزیابی (سطح ۱) |
| آیا همه ملاحظات مورد نظر، پوشش داده شده است (داخلی، خارجی، مالی، غیرمالی)؟ آیا معیارهایی که در ارتباط با سنجش میزان رشد و بهبود سیستم بوده معرفی شده است؟ آیا معیارهای مرتبط با اهداف کوتاهمدت و بلندمدت کسب و کار (زنجیره) به خوبی معرفی شده است؟ آیا معیارها در تمام سطوح عمودی و افقی زنجیره یکپارچه سازی شده است؟ آیا معیارها با هم در تناقض نیستند؟ | در مورد خود سیستم ارزیابی عملکرد (سطح ۲) |
| آیا معیارها باعث استحکام و تقویت استراتژی سازمان می شود؟ آیا معیارها و ارزیابی ها مطابق و هماهنگ با فرهنگ سازمانی است؟ آیا این سیستم با ساختار شناخت (شناسایی) و پاداش سازگار است؟ آیا این ارزیابی ها و معیارها به برآوردن نیازهای مشتری توجه دارد؟ آیا این ارزیابی ها و معیارها به آنچه در بازار رقابت اتفاق می افتد توجه دارد؟ | در مورد ارتباط سیستم با محیطهای داخلی و خارجی زنجیره عرضه (سطح ۳) |

در این مقاله تجزیه و تحلیل از سطح اول یعنی معیارهای موجود برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین آغاز می شود. با مراجعه به منابع و مقالات مختلف یک دسته بندی جامع برای معیارهای ارزیابی عملکرد گردآوری شده است. این معیارها براساس ملاحظات زیر تعیین و گردآوری شده است:

۱) مدل SCOR به عنوان چارچوب مینا (سطح ۲) برای تعریف معیارها، انتخاب شده

است. لذا پنج فرآیند اصلی زنجیره عبارتند از برنامه ریزی، منابع، تولید، تحویل و

بازگشت^۱ (رضایت مشتری)^۲.

۲) معیارها کدام پارامترهای هزینه، زمان، کیفیت، انعطاف پذیری و نوآوری را ارزیابی می کنند.

۳) معیارها در دو بعد کیفی و کمی مسأله قابل تفکیک باشند.

۴) ارتباطات بیرونی در کنار ارتباطات درونی ارزیابی شود (سطح ۳).

۵) جامعیت نسبی حاکم باشد.

1. Deliver & Return.

2. Customer Satisfaction.

در پیاده‌سازی یک سیستم ارزیابی عملکرد؛ تفاوت قائل شدن میان معیارها با توجه به فرآیند کسب و کار برای تشخیص و تعیین آن‌هایی که برای هر یک از سطوح استراتژیک، عملیاتی و تاکتیکی و اهداف سازمان مناسب هستند؛ ضروری است. در نظر گرفتن تفاوت میان معیارهای هزینه‌ای و غیرهزینه‌ای (از قبیل زمان، کیفیت، نوآوری و انعطاف‌پذیری) اهمیت دارد، زیرا اگر منحصرأ به شاخص‌های هزینه‌ای استناد شود تصویر گمراه‌کننده‌ای از عملکرد زنجیره تأمین به ما ارائه می‌دهد.^۱ معیارهای زمان و کیفیت، انعکاس‌دهنده میزان توانایی زنجیره تأمین در ارائه سطح بالایی از خدمات به مشتریان است. انعطاف‌پذیری نوآوری بیان‌گر توانایی زنجیره در برآوردن تقاضا و تأمین همراه با تغییرات سریع مورد نیاز است. دو شاخص نوآوری و انعطاف‌پذیری به‌عنوان محرک استراتژیک در توسعه زنجیره تأمین برای آینده مورد توجه قرار گرفته است.^۲ لذا لازم است عملکرد زنجیره تأمین با استفاده از پنج شاخص ارزیابی (هزینه، زمان، کیفیت، انعطاف‌پذیری و نوآوری) بررسی شده و به‌منظور رقابتی مؤثر، تحلیلی جامع برای بررسی نتایج با عملکرد زنجیره، صورت پذیرد. در پایان دسته‌بندی معیارها از جهت کمی یا کیفی بودن انجام می‌شود تا مشخص شود که معیارها از نوع عینی^۳ هستند یا براساس تفسیرها و تعبیرهای ذهنی (شخصی)^۴ بازیگران زنجیره تأمین تعیین می‌شوند.

پروفسور لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ تئوری مجموعه فازی را برای مسائلی که فاقد واژه‌های بیانی واضح به‌منظور تعریف ارزش معیارها هستند، معرفی کرد (مؤمنی-۱۳۸۵). در واقع وقتی در میان تصمیم‌های انسانی یک عدم اطمینان وجود دارد و قابل تبدیل به اعداد ریاضی قطعی نیست، نتایج تا حدی گمراه‌کننده است و مجموعه فازی برای حل این‌گونه از مسائل ارائه شده و در چهار دهه گذشته در شاخه‌های مختلف علوم استفاده شده است. بیش‌ترین کاربرد عدد فازی مثلثی به‌عنوان یکی از انواع خاص اعداد فازی ذوزنقه‌ای، در حوزه‌هایی است که از تئوری مجموعه فازی استفاده می‌کنند.^۵

1. Chen, I. J. & Paulraj, A. (2004).

2. Lee, H. L. (2004); Morgan, C. (2004).

3. Objective.

4. Subjective.

5. A. Kaufmann, M. and M. Gupta (1991).

۳. یافته‌های پژوهش

این قسمت به تشریح الگوی پیشنهادی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین و روش تصمیم‌گیری مناسب به منظور تحلیل و سنجش عملکرد کل زنجیره می‌پردازد (نمودار ۱).

۳-۱. ارائه دسته‌بندی جامع برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین

مسیر حرکت سازمان‌ها برای رسیدن به اهداف را معیارها مشخص می‌کنند. نگاه اول در تدوین معیارها متوجه چشم‌انداز، مأموریت و اهداف کلان، راهبردهای بلندمدت و کوتاه‌مدت، برنامه‌های عملیاتی و فعالیت‌های اصلی زنجیره می‌شود. در تدوین معیارهای ارزیابی عملکرد باید به یک‌سری نکات توجه خاص داشت که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: (۱) شاخص باید مشخص و معین باشد؛ به طوری که برداشت یکسانی از مفاهیم ایجاد کند.

(۲) قابل اندازه‌گیری بوده و سنجش‌شان به سادگی مقدور باشد.

(۳) قابل دستیابی باشد.

(۴) واقع‌گرایانه بوده و با حوزه‌های حساس و کلیدی عملکرد زنجیره تأمین مرتبط باشد.

(۵) وجود چهارچوب و محدوده زمانی؛ یعنی شاخص دوره ارزیابی معین داشته باشد.

(۶) بانک اطلاعاتی؛ یعنی داده‌ها و اطلاعات لازم و مربوط به شاخص وجود داشته باشد.

تلاش‌هایی نیز در زمینه تلفیق سیستماتیک معیارها برای ارزیابی عملکرد در کل زنجیره تأمین انجام شده است و اختلاف نظرهایی نیز وجود دارد. برای مثال دسته‌بندی‌هایی که در این زمینه ارائه شده به شرح زیر است:

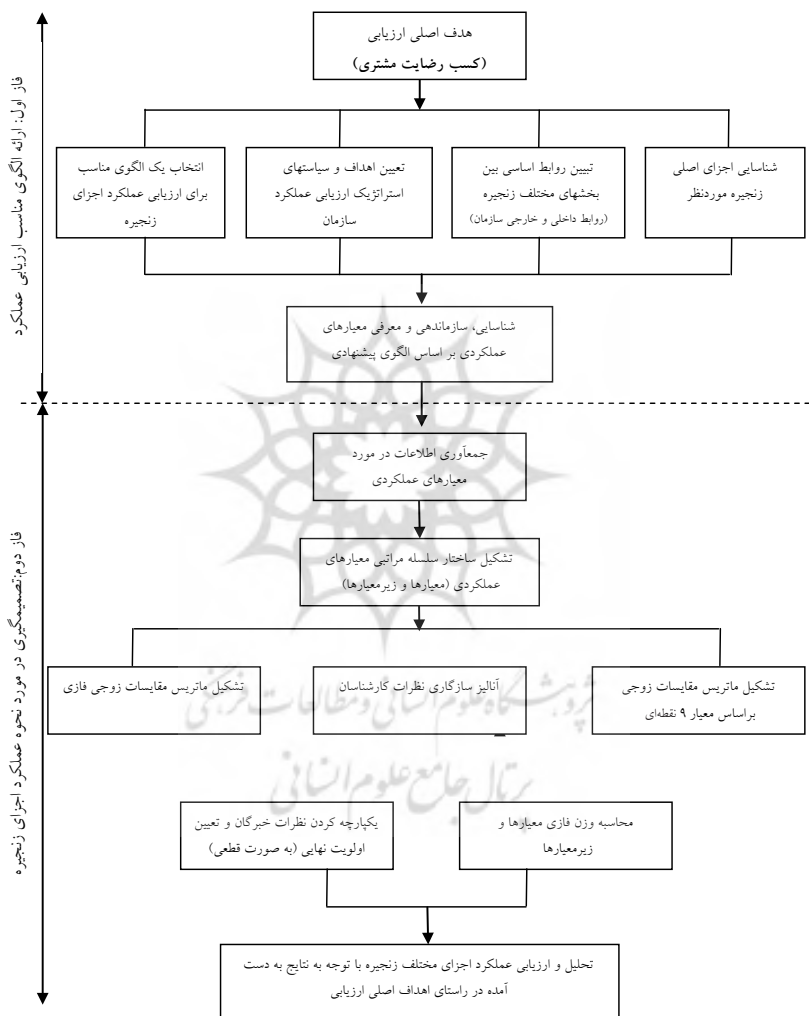
- آیا این معیارها کمی هستند یا کیفی^۱؟
- این معیارها چه پارامتری را اندازه‌گیری می‌کنند؟
- تمرکز بر روی کدام یک از چارچوب‌های استراتژیک، عملیاتی و تاکتیکی است^۲؟
- ارزیابی آن‌ها با کدام فرآیند و اجزای زنجیره تأمین مرتبط است^۳؟

1. Beamon, B.M. (1999); Chan, F.T.S. and Qi, H.J. (2003).

2. Handfield, R.B. and Nichols, E.L. (1999).

3. Chan, F.T.S. and Qi, H.J. (2003); Huang, S.H. et al (2004); Li, G., et al (2005a).

یکی از نکات قابل برداشت از مطالعات گذشته، توجه بیشتر به مسائل لجستیک داخلی به جای ارزیابی عملکرد کل زنجیره تأمین است. سطح رضایت مشتری که به عنوان یک شاخص استاندارد برای تعیین سطح خدمت‌دهی یک شرکت خاص محسوب می‌شود با عملکرد تمام اجزای زنجیره تأمین آن شرکت ارتباط نزدیکی دارد.



نمودار ۱- مراحل ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین براساس روش پیشنهادی و الگوریتم تصمیم‌گیری

در جدول (۴) یک تقسیم‌بندی از معیارهای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین ارائه شده است. ستون اول و دوم، تقسیم‌بندی را طبق فرآیندهای تشخیص داده‌شده در مدل SCOR بیان کرده، در ستون سوم معیارها از بعد هزینه، زمان، کیفیت، نوآوری و انعطاف‌پذیری بررسی شده‌اند و در ستون آخر تعیین کمی و کیفی بودن آنها صورت گرفته است.

جدول ۴- دسته‌بندی معیارهای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین

| معیارهای ارزیابی سطح ۱ | معیارها | از بعد هزینه، زمان، کیفیت، انعطاف‌پذیری، نوآوری | از بعد کیفی یا کمی |
|------------------------|--|---|--------------------|
| از دیدگاه برنده‌پذیری | ۱. مسائل مربوط به فروش ^a | هزینه | کمی |
| | ۲. سود ^b | هزینه | کمی |
| | ۳. بازگشت سرمایه (سهم خالص سود از کل دارایی) ^b | هزینه | کمی |
| | ۴. نرخ بازگشت سرمایه ^a | هزینه | کمی |
| | ۵. سود خالص در مقابل نرخ بهره‌وری ^a | هزینه | کمی |
| | ۶. هزینه جابه‌جایی اطلاعات ^a | هزینه | کمی |
| | ۷. تغییرات پیوسته بودجه ^a | هزینه | کمی |
| | ۸. هزینه‌های کلی مدیریت زنجیره تأمین ^d | هزینه | کمی |
| | ۹. هزینه کالای فروخته‌شده ^d | هزینه | کمی |
| | ۱۰. گردش سرمایه ^d | هزینه | کمی |
| | ۱۱. ارزش افزوده بهره‌وری ^d | هزینه | کمی |
| | ۱۲. هزینه‌های بالاسری ⁿ | هزینه | کمی |
| | ۱۳. هزینه‌های پنهان ⁿ | هزینه | کمی |
| | ۱۴. هزینه‌های تشویقی برای ایجاد انگیزه در بین کارکنان | هزینه | کمی |
| | ۱۵. حساسیت نسبت به هزینه‌های بلندمدت ⁿ | هزینه | کمی |
| | ۱۶. درصد فروش محصول جدید در مقایسه با تمام فروش در بازه‌ی زمانی ⁿ | هزینه | کمی |
| | ۱۷. قابلیت توسعه و گسترش ⁿ | هزینه | کمی |
| | ۱۸. هزینه‌های انسداد (tie-up) سرمایه ^o | هزینه | کمی |
| | ۱۹. مجموع زمان پاسخ‌گویی زنجیره تأمین ^c | زمان | کمی |
| | ۲۰. مجموع سیکل زمانی زنجیره تأمین ^a | زمان | کمی |
| | ۲۱. زمان انتظار برای یک سفارش ^{a,o} | زمان | کمی |
| | ۲۲. زمان انتظار برای تکمیل یک سفارش ^d | زمان | کمی |
| | ۲۳. زمان پاسخگویی به مشتری ^b | زمان | کمی |
| | ۲۴. سیکل زمانی توسعه محصول ^a | زمان | کمی |
| | ۲۵. مجموع زمان جریان نقدینگی ^a | زمان | کمی |
| | ۲۶. سیکل زمانی بازگشت سرمایه ^d | زمان | کمی |

| معیارهای ارزیابی سطح ۱ | معیارها | از بعد هزینه، زمان، کیفیت، انعطاف پذیری، نوآوری | از بعد کیفی یا کمی | |
|--|---|---|--------------------|-----|
| از دیدگاه برنامه‌ریزی | ۲۷. افق برنامه‌ریزی مرتبط با روابط تجاری ^e | زمان | کیفی | |
| | ۲۸. درصد کاهش زمان تولید یک محصول ⁿ | زمان | کمی | |
| | ۲۹. نرخ آماده‌سازی (در تولید) ^{b,c,m,n} | کیفیت | کمی | |
| | ۳۰. روش‌های ثبت سفارش ^a | کیفیت | کمی | |
| | ۳۱. دقت روش‌های پیش‌بینی ^a | کیفیت | کمی | |
| | ۳۲. در نظر گرفتن روابط اداری ^f | کیفیت | کیفی | |
| | ۳۳. انعطاف‌پذیری سفارش ^m | کیفیت | کمی | |
| | ۳۴. انجام سفارش به صورت کامل و بدون نقص | کیفیت | کمی | |
| | ۳۵. انعطاف‌پذیری محصول جدید ^b | انعطاف‌پذیری | کمی | |
| | ۳۶. تعداد محصولات جدید وارد شده به بازار ⁿ | نوآوری | کمی | |
| | ۳۷. استفاده از تکنولوژی جدید ⁿ | نوآوری | کمی | |
| | از دیدگاه منابع | ۱. روش‌های کاهش هزینه‌ی تأمین‌کننده ^a | هزینه | کمی |
| | | ۲. درصد این که تأمین‌کننده، کالا را دیر یا اشتباه تحویل دهد | هزینه | کمی |
| ۳. زمان تحویل مربوط به تأمین‌کننده در مقایسه با حدنصاب موجود در صنعت مورد نظر ^a | | زمان | کمی | |
| ۴. مدت زمان مستندسازی رویه‌های مربوط به تأمین‌کننده ^a | | زمان | کمی | |
| ۵. سیکل زمانی سفارش خرید ^a | | زمان | کمی | |
| ۶. کارایی سیکل زمانی سفارش خرید ^a | | زمان | کمی | |
| ۷. سطح شراکت تأمین‌کننده و خریدار ^a | | کیفیت | کیفی | |
| ۸. سطح تحویل‌های بدون عیب تأمین‌کننده ^a | | کیفیت | کمی | |
| ۹. نرخ مردود شدن تأمین‌کننده ^a | | کیفیت | کمی | |
| ۱۰. اعتماد متقابل ^c | | کیفیت | کیفی | |
| ۱۱. رضایت حاصل از انتقال دانش و آگاهی ^g | | کیفیت | کیفی | |
| ۱۲. رضایت حاصل از ارتباط با تأمین‌کننده ^h | | کیفیت | کیفی | |
| ۱۳. همکاری تأمین‌کننده در حل مسائل فنی ^a | | کیفیت | کیفی | |
| ۱۴. توسعه برنامه‌ریزی‌های دوجانبه که به بهبود کیفیت منجر می‌شود ^j | | کیفیت | کیفی | |
| ۱۵. توسعه همکاری‌های دوجانبه که منجر به حل مسائل می‌شود ^k | | کیفیت | کیفی | |
| ۱۶. اتخاذ تصمیمات مناسب در زمینه مشتری و تأمین‌کننده ⁱ | | کیفیت | کیفی | |
| ۱۷. کیفیت اطلاعات لجستیک به همراه حجم تغییرات آن‌ها بین تأمین‌کننده و مشتری ⁱ | | کیفیت | کیفی | |
| ۱۸. کیفیت دیدگاه‌های اتخاذ شده در شبکه‌های تأمین ^l | | کیفیت | کیفی | |
| ۱۹. صحت اطلاعات ^p | | کیفیت | کیفی | |
| ۲۰. مناسب بودن اطلاعات ^p | | کیفیت | کیفی | |

| معیارهای ارزیابی سطح ۱ | معیارها | از بعد هزینه، زمان، کیفیت، انعطاف پذیری، نوآوری | از بعد کیفی یا کمی |
|-------------------------|---|---|--------------------|
| | ۲۱. در دسترس بودن اطلاعات ^P | کیفیت | کیفی |
| | ۲۲. قابلیت تأمین کننده در پاسخ به نیازهای کیفی ^a | انعطاف پذیری | کیفی |
| از دیدگاه ساختن و تولید | ۱. مجموع هزینه‌های منابع ^b | هزینه | کمی |
| | ۲. هزینه تولید ^{b,n} | هزینه | کمی |
| | ۳. میزان سرمایه در قالب موجودی ^b | هزینه | کمی |
| | ۴. هزینه متروک شدن ^b | هزینه | کمی |
| | ۵. هزینه کالاهای در جریان ساخت ^b | هزینه | کمی |
| | ۶. هزینه هر واحد ساعت کاری ^a | هزینه | کمی |
| | ۷. هزینه ناشی از فضای مورد استفاده برای ذخیره موجودی، موجودی در جریان ساخت، میزان ضایعات و کالای نهایی ^{a,c} | هزینه | کمی |
| | ۸. هزینه موجودی ⁿ | هزینه | کمی |
| | ۹. نرخ دوره گردش موجودی ^c | هزینه | کمی |
| | ۱۰. نرخ جریان موجودی ^m | هزینه | کمی |
| | ۱۱. ارزش مالی سفارش ^a | هزینه | کمی |
| | ۱۲. کارایی برنامه‌ریزی تولید مادر ^a | هزینه | کمی |
| | ۱۳. تعداد اقلام تولید شده ^b | هزینه | کمی |
| | ۱۴. هزینه انبار ^{m,n} | هزینه | کمی |
| | ۱۵. ظرفیت ذخیره‌سازی ^m | هزینه | کمی |
| | ۱۶. هزینه استفاده از موجودی ^m | هزینه | کمی |
| | ۱۷. هزینه کمبود احتمالی ^{b,n} | هزینه | کمی |
| | ۱۸. تعداد سفارشات معوقه ^b | هزینه | کمی |
| | ۱۹. تعداد کمبودها ^b | هزینه | کمی |
| | ۲۰. میانگین سفارشات معوقه ^b | هزینه | کمی |
| | ۲۱. درصد وجود/عدم وجود یک منبع در یک بازه زمانی ⁿ | هزینه | کمی |
| | ۲۲. هزینه هر واحد حجم ^o | هزینه | کمی |
| | ۲۳. هزینه انهدام ضایعات ^o | هزینه | کمی |
| | ۲۴. سیکل زمانی برنامه‌ریزی شده برای فرآیند تولید ^a | زمان | کمی |
| | ۲۵. زمان تحویل تولید ^b | زمان | کمی |
| | ۲۶. زمان مورد نیاز برای تولید یک محصول خاص یا مجموعه‌ای از محصولات ^b | زمان | کمی |
| | ۲۷. زمان مورد نیاز برای تولید محصول ترکیبی جدید ⁿ | زمان | کمی |
| | ۲۸. میزان صحت موجودی ^m | کیفیت | کمی |
| | ۲۹. تنوع موجودی ^o | انعطاف پذیری | کمی |
| | ۳۰. درصد ضایعات ⁿ | کیفیت | کمی |

| معیارهای ارزیابی سطح ۱ | معیارها | از بعد هزینه، زمان، کیفیت، انعطاف پذیری، نوآوری | از بعد کیفی یا کمی |
|------------------------|---|---|--------------------|
| از دیدگاه تحویل | ۳۱. انعطاف پذیری تولید ^d | انعطاف پذیری | کمی |
| | ۳۲. انعطاف پذیری ظرفیت تولید ^c | انعطاف پذیری | کمی |
| | ۳۳. میزان انعطاف پذیری ^{b,n} | انعطاف پذیری | کمی |
| | ۳۴. تعداد فعالیت‌هایی که کارگران می‌توانند انجام دهند. ⁿ | انعطاف پذیری | کمی |
| | ۱. مجموع هزینه‌های لجستیک ^o | هزینه | کمی |
| | ۲. هزینه‌های توزیع ^{n,b} | هزینه | کمی |
| | ۳. هزینه‌های تحویل ^m | هزینه | کمی |
| | ۴. هزینه‌های حمل و نقل ^m | هزینه | کمی |
| | ۵. هزینه‌های حمل و نقل به ازای هر واحد محصول ^o | هزینه | کمی |
| | ۶. هزینه‌های نیروی انسانی ^o | هزینه | کمی |
| | ۷. بهره‌وری حمل و نقل ^m | هزینه | کمی |
| | ۸. خطاهای جابه‌جایی ^b | هزینه | کمی |
| | ۹. راندمان تحویل ^o | هزینه | کمی |
| | ۱۰. درصد تحویل‌های صحیح ⁿ | هزینه | کمی |
| | ۱۱. مدت زمان انتظار تحویل ^a | زمان | کمی |
| | ۱۲. دوره تناوب تحویل کالا ^a | زمان | کمی |
| | ۱۳. میزان تأخیر در تولید ^b | زمان | کمی |
| | ۱۴. میانگین زمان تأخیر در سفارشات ^b | زمان | کمی |
| | ۱۵. میانگین زمان زودتر انجام دادن سفارشات ^b | زمان | کمی |
| | ۱۶. درصد تحویل‌های به موقع ^{b,n} | زمان | کمی |
| | ۱۷. عملکرد تحویل ^{a,d} | کیفیت | کمی |
| | ۱۸. قابلیت اطمینان تحویل ^{a,c,d,m} | کیفیت | کمی |
| | ۱۹. تعداد تحویل‌های به موقع ^b | کیفیت | کمی |
| | ۲۰. اثربخشی و کارایی برنامه‌ریزی تولید مادر ^a | کیفیت | کیفی |
| | ۲۱. محرک قابلیت اطمینان برای عملکرد ^a | کیفیت | کمی |
| | ۲۲. کیفیت کالاهای تحویل داده شده ^a | کیفیت | کیفی |
| | ۲۳. دستیابی به تحویل‌های بی‌عیب و نقص ^a | کیفیت | کمی |
| | ۲۴. کیفیت مستندات تحویل ^a | کیفیت | کمی |
| | ۲۵. انعطاف پذیری تحویل ^{b,m} | انعطاف پذیری | کمی |
| | ۲۶. پاسخ‌گویی به تحویل‌های ضروری ^{a,m} | انعطاف پذیری | کمی |
| | ۲۷. انعطاف پذیری حمل و نقل ^m | انعطاف پذیری | کمی |
| | ۱. هزینه فرآیندهای پشتیبانی / بازگشت کالا ^d | هزینه | کمی |
| | ۲. زمان لازم برای گرفتن نظرات مشتری ^a | زمان | کمی |
| | ۳. رضایت مشتری (عدم رضایت مشتری) ^{b,n} | کیفیت | کیفی |

| معیارهای ارزیابی سطح ۱ | معیارها | از بعد هزینه، زمان، کیفیت، انعطاف پذیری، نوآوری | از بعد کیفی یا کمی |
|------------------------|--|---|--------------------|
| از دیدگاه کارکرد | ۴. میزان درک مشتری از ارزش محصول ^a | کیفیت | کیفی |
| | ۵. شکایات مشتری ^b | کیفیت | کمی |
| | ۶. نرخ شکایات ^c | کیفیت | کمی |
| | ۷. کیفیت محصول ^{b,m} | کیفیت | کیفی |
| | ۸. انعطاف پذیری سیستم‌های خدماتی در مواجهه با نیازهای خاص مشتریان ^a | انعطاف پذیری | کیفی |

۳-۲. تعیین روش تصمیم‌گیری (ارزیابی)

مشتریان در صنایع گوناگون برحسب معیارهای مختلف تصمیم می‌گیرند. مثلاً معیار مربوط به فرآیند تحویل که بی‌شک در آن زمان نقش اساسی را برعهده دارد، برای بخش‌های تولیدی اهمیت خاصی دارد. بنابراین یک وزن‌دهی مناسب اهمیت زیادی دارد. در این بخش به کمک تکنیک تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) فازی، معیارها را اولویت‌بندی کرده و درجه اهمیت‌شان را مشخص می‌کنیم. درواقع وقتی در تصمیم‌های انسانی یک عدم اطمینان وجود داشته و به اعداد ریاضی قابل تبدیل قطعی نباشد، نتایج تاحدی گمراه‌کننده می‌شود. مجموعه فازی برای حل این گونه مسائل ارائه شده و در کاهش پیچیدگی تصمیم‌گیری به ما کمک می‌کند. این روش، قابلیت سازگاری و تطبیق برای صنایع مختلف با توجه به معیارهای مرتبط با آن‌ها را دارد. در ادامه مراحل روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتب فازی متناسب با ساختار مسأله، توضیح داده می‌شود.

۱) پایه‌گذاری ساختار سلسله‌مراتبی با عناصر تصمیم‌گیری (معیارها و زیرمعیارها). پس از تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی (شامل هدف اصلی، معیارها و زیرمعیارها)، پارامترها در هر سطح از سلسله‌مراتب به صورت دوه‌دو نسبت به پارامتر مرتبط با آن‌ها در سطح بالاتر مقایسه می‌شوند.

از هر تصمیم‌گیرنده در مورد میزان اهمیت میان پارامترهای تصمیم‌گیری در یک سطح مشابه، نسبت به پارامتر مرتبط با آن در سطح بالاتر به صورت زوجی در قالب واژه‌های زبانی سؤال شده و توسط مقیاس ۹ نقطه‌ای که درواقع میانه‌های اعداد فازی موجود در جدول

(۶) است، به اعداد قطعی ریاضی تبدیل می‌شود؛ بدین ترتیب ماتریس مقایسات زوجی برای هر یک از K تصمیم‌گیرنده شکل می‌گیرد.

(۲) آنالیز سازگاری. پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، ابتدا وزن هر یک از پارامترها محاسبه و اولویت پارامترها توسط محاسبه مقادیر و بردار ویژه مقایسه می‌شود: $R.W = \lambda_{Max}.W$ و R ماتریس مقایسات زوجی، W بردار ویژه ماتریس R و λ_{Max} بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس R است.

مشخصه سازگاری ماتریس، برای اطمینان از سازگاری قضاوت‌ها در فرآیند مقایسه‌های زوجی است. شاخص سازگاری (CI) و نرخ سازگاری (CR) به صورت زیر تعریف می‌شوند (ساعتی، ۱۹۸۰).

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

پارامتر n تعداد عناوینی است که در ماتریس مقایسات زوجی وجود دارد. همچنین RI، میانگین شاخص سازگاری که به صورت تصادفی از ماتریس مقایسه‌های زوجی با اندازه مشابه به دست آمده در جدول (۵) آورده شده است. برای ماتریس ۳×۳ مقدار ۰/۰۵، ماتریس ۴×۴ مقدار ۰/۰۸ و ماتریس‌های بزرگ‌تر از آن عدد ۰/۱ به عنوان حد آستانه در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۵- مقادیر RI

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| ۱۵ | ۱۴ | ۱۳ | ۱۲ | ۱۱ | ۱۰ | ۹ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | N |
| ۱/۵۹ | ۱/۵۷ | ۱/۵۶ | ۱/۴۸ | ۱/۵۱ | ۱/۱۹ | ۱/۴۵ | ۱/۴۱ | ۱/۳۲ | ۱/۲۴ | ۱/۱۲ | ۰/۹۰ | ۰/۵۸ | RI |

(۳) ایجاد ماتریس اعداد فازی مثبت. در اینجا امتیازهای مقایسه‌های زوجی که از واژه‌های زبانی به دست آمده بود، دوباره توسط اعداد فازی مثلثی طبق جدول (۶) بازسازی می‌شود. طبق باکلی^۱ (۱۹۸۵) ماتریس دوجانبه اعداد فازی مثبت به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]^k \quad (۳)$$

\tilde{R}^k : یک ماتریس دوجانبه اعداد فازی مثبت مربوط به تصمیم گیرنده k ام است.

\tilde{r}_{ij} : ترجیح عنصر i ام نسبت به j ام به صورت عدد فازی به طوری که:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{r}_{ij} = 1; \quad " i=j \\ \tilde{r}_{ij} = \frac{1}{\tilde{r}_{ji}}; \quad " i,j=1, 2, \dots, n \end{array} \right. \quad (۴)$$

جدول ۶- اعداد فازی مثلثی

| اعداد فازی مثلثی معکوس مثبت | اعداد فازی مثلثی مثبت | ترجیحات |
|-----------------------------|-----------------------|---|
| (۱/۹, ۱/۹, ۱/۹) | (۹, ۹, ۹) | کاملاً مطلوب تر |
| (۱/۹, ۱/۸, ۱/۷) | (۷, ۸, ۹) | حد واسط میان کاملاً مطلوب تر و مطلوبیت خیلی قوی |
| (۱/۸, ۱/۷, ۱/۶) | (۶, ۷, ۸) | مطلوبیت خیلی قوی |
| (۱/۷, ۱/۶, ۱/۵) | (۵, ۶, ۷) | حد واسط میان مطلوبیت خیلی قوی و مطلوبیت قوی |
| (۱/۶, ۱/۵, ۱/۴) | (۴, ۵, ۶) | مطلوبیت قوی |
| (۱/۵, ۱/۴, ۱/۳) | (۳, ۴, ۵) | حد واسط میان مطلوبیت قوی و کمی مطلوب تر |
| (۱/۴, ۱/۳, ۱/۲) | (۲, ۳, ۴) | کمی مطلوب تر |
| (۱/۳, ۱/۲, ۱) | (۱, ۲, ۳) | حد واسط میان کمی مطلوب تر و مطلوبیت یکسان |
| (۱, ۱, ۱) | (۱, ۱, ۱) | مطلوبیت یکسان |

(۴) محاسبه وزن های فازی. مبتنی بر روش Lambda-Max که توسط باکلی و ستورا^۱

است که در سال ۲۰۰۱ ارائه شد و وزن های فازی پارامترها را محاسبه می کند. روش کار به صورت زیر است:

- استفاده از روش برش a

ابتدا $a=1$ قرار داده تا ماتریس اعداد فازی مثبت تصمیم گیرنده k ام ایجاد شود، و $\tilde{R}_b^k = (\tilde{r}_{ij}^k)_b$ ، برای $a=0$ به دست آوردن حد پایین و بالای ماتریس اعداد فازی مثبت تصمیم گیرنده k ام، $\tilde{R}_a^k = (\tilde{r}_{ij}^k)_a$ و $\tilde{R}_c^k = (\tilde{r}_{ij}^k)_c$. سپس به کمک یکی از روش هایی که در روش AHP معمولی به دست می آوریم (از قبیل میانگین هندسی، حسابی و...) وزن هر یک

از معیارها را محاسبه می‌کنیم:

$$W_b^k = (w_i)_b^k, \quad W_a^k = (w_i)_a^k, \quad W_c^k = (w_i)_c^k, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

- برای حداقل ساختن میزان فازی بودن وزن‌ها (مینیمم ساختن فاصله میان حدود بالا و پایین) دو ثابت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$M_a^k = \min \left\{ \frac{W_{ib}^k}{W_{ia}^k} \mid 1 \leq i \leq n \right\} \quad (6)$$

$$M_c^k = \max \left\{ \frac{W_{ib}^k}{W_{ic}^k} \mid 1 \leq i \leq n \right\} \quad (7)$$

و به این ترتیب حدود بالا و پایین وزن‌ها به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$w_{ia}^{*k} = M_a^k w_{ia}^k \quad (8)$$

$$w_{ic}^{*k} = M_c^k w_{ic}^k \quad (9)$$

و حدود بالا و پایین ماتریس وزن‌ها بدین صورت است:

$$w_a^{*k} = (w_i^*)_a^k \quad i=1, 2, \dots, n \quad (10)$$

$$w_c^{*k} = (w_i^*)_c^k \quad i=1, 2, \dots, n \quad (11)$$

با ترکیب W_a^{*k} ، W_b^k و W_c^{*k} ماتریس وزن فازی برای تصمیم‌گیرنده فازی k ام به دست آمده و به صورت زیر معرفی می‌شود:

$$\tilde{W}_i^k = (w_{ia}^{*k}, w_{ib}^k, w_{ic}^{*k}) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (12)$$

- (۵) یکپارچه کردن نظرات تصمیم‌گیرندگان. از میانگین هندسی برای ترکیب وزن‌های فازی مربوط به تصمیم‌گیرنده‌ها استفاده می‌شود.

$$\bar{W}_i = \left(\prod_{k=1}^K \tilde{W}_i^k \right)^{\frac{1}{K}}, \quad \forall k = 1, 2, \dots, K \quad (13)$$

\bar{W}_i : ترکیب وزن‌های فازی حاصل از k تصمیم‌گیرنده، برای معیار تصمیم‌گیری i ام.
 \bar{W}_i^k : وزن فازی معیار تصمیم‌گیری i ام توسط تصمیم‌گیرنده k ام.
 k : تعداد تصمیم‌گیرندگان.

۶) به دست آوردن اولویت بندی نهایی. با معادله پیشنهاد شده توسط چن^۱ در سال ۲۰۰۰، به صورت یک ضریب نزدیکی (CC) به شرح زیر، اولویت بندی نهایی محاسبه شده و در پایان ضرایب به دست آمده را نرمال سازی می کنیم.

$$0 \leq CC_i \leq 1; CC_i = \frac{d^-(\bar{W}_i, 0)}{d^*(\bar{W}_i, 1) + d^-(\bar{W}_i, 0)} \quad (14)$$

که CC_i وزن نهایی معیار تصمیم گیری i ام است و d^* و d^- فاصله میان دو عدد فازی هستند.

$$d^-(\bar{W}_i, 0) = \sqrt{\frac{1}{3} [(\bar{W}_{ia} - 0)^2 + (\bar{W}_{ib} - 0)^2 + (\bar{W}_{ic} - 0)^2]} \quad (15)$$

$$d^*(\bar{W}_i, 1) = \sqrt{\frac{1}{3} [(\bar{W}_{ia} - 1)^2 + (\bar{W}_{ib} - 1)^2 + (\bar{W}_{ic} - 1)^2]} \quad (16)$$

در ادامه، روش ذکر شده همراه با یک مطالعه موردی به صورت کامل تشریح می شود.

۴. مطالعه موردی و تحلیل نتایج

در این قسمت برای درک بهتر مسأله و استدلال نتایج کاربردی در جهت عملیاتی بودن روش پیشنهادی برای تصمیم گیرندگان از یک مطالعه موردی استفاده می شود. مطالعه موردی یک شرکت صنایع غذایی است. در این ارزیابی با توجه به شرایط موجود در صنعت مواد غذایی و مشاوره با مدیران مربوطه، معیارها و زیرمعیارهای مورد نیاز برای ارزیابی زنجیره تأمین این شرکت طبق جدول (۱۲) به دست آمده است. روش کار به این صورت است که ابتدا ساختار سلسله مراتبی مورد نیاز که در آن هدف اصلی مسأله (ارزیابی عملکرد کل زنجیره تأمین)، معیارها و زیرمعیارها مشخص شده اند را رسم می کنیم. با استفاده از نظرات کارشناسان (در اینجا نظر مدیران شرکت اعمال شده است)، در قدم اول ماتریس مقایسات زوجی را برای سطح یک سلسله مراتب (معیارها)، در مقایسه با هدف اصلی مسأله تشکیل داده و نتایج محاسباتی حاصله از آن به صورت زیر ارائه شده است. به همین ترتیب برای زیرمعیارهای سطح دو، ماتریس مقایسات زوجی را در مقایسه با معیارهای مرتبط با آنها در سطح بالاتر (سطح ۱) تشکیل داده و فرآیند محاسباتی را طبق

الگوی پیشنهادی انجام می‌دهیم.

در اینجا نتایج محاسباتی برای سطح یک سلسله‌مراتب آورده شده و نتایج کامل محاسبات در جدول (۱۲) خلاصه شده است. جدول (۷) نتایج حاصل از گام‌های اول و دوم روش پیشنهادی را نشان می‌دهد که بعد از کسب اطمینان از سازگاری نظرات ارائه شده توسط خبرگان، طبق جدول (۸) ماتریس فازی مقایسات زوجی را تشکیل می‌دهیم (گام ۳). مطابق گام چهارم، بعد از نرمال‌سازی ماتریس فازی، وزن فازی اولیه هر یک از پارامترها براساس میانگین حسابی، محاسبه شده (جدول ۹) و سپس طبق الگوی ارائه داده می‌شود تا از میزان فازی بودن آن در جهت افزایش دقت حد ممکن کاسته می‌شود (جدول ۱۰). در گام پنجم اگر از نظرات چندین خبره استفاده شده باشد، فرآیند یکپارچه‌سازی نظرات صورت می‌گیرد و در گام آخر وزن قطعی هر یک از پارامترها محاسبه می‌شود (جدول ۱۱).

جدول ۷- ماتریس مقایسات زوجی معیارها

| کارکرد | تحویل | تولید | منابع | برنامه‌ریزی | |
|--|-------|-------|-------|-------------|-------------|
| ۳ | ۲ | ۲ | ۱ | ۱ | برنامه‌ریزی |
| ۴ | ۳ | ۳ | ۱ | ۱ | منابع |
| ۲ | ۳ | ۱ | ۰/۳۳ | ۰/۵ | تولید |
| ۲ | ۱ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۵ | تحویل |
| ۱ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ | کارکرد |
| $I_{\max} = 5/19$ $CI = 0/05$ $CR = 0/04$ $\bar{A}0/1$ | | | | | |

جدول ۸- ماتریس فازی مقایسات زوجی معیارها

| کارکرد | تحویل | تولید | منابع | برنامه‌ریزی | |
|---------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|
| (۲,۳,۴) | (۱,۲,۳) | (۱,۲,۳) | (۱,۱,۱) | (۱,۱,۱) | برنامه‌ریزی |
| (۳,۴,۵) | (۲,۳,۴) | (۲,۳,۴) | (۱,۱,۱) | (۱,۱,۱) | منابع |
| (۱,۲,۳) | (۲,۳,۴) | (۱,۱,۱) | (۰/۲۵ . ۰/۳۳ . ۰/۵) | (۰/۳۳ . ۰/۵ . ۱) | تولید |
| (۱,۲,۳) | (۱,۱,۱) | (۰/۲۵ . ۰/۳۳ . ۰/۵) | (۰/۲۵ . ۰/۳۳ . ۰/۵) | (۰/۳۳ . ۰/۵ . ۱) | تحویل |
| (۱,۱,۱) | (۰/۳۳ . ۰/۵ . ۱) | (۰/۳۳ . ۰/۵ . ۱) | (۰/۲ . ۰/۲۵ . ۰/۳۳) | (۰/۲۵ . ۰/۳۳ . ۰/۵) | کارکرد |

جدول ۹- اوزان فازی اولیه

| | |
|----------------|------------------------|
| W_1^1 | (۰/۲۴ . ۰/۳۶ . ۰/۴۸) |
| W_2^1 | (۰/۳۶ . ۰/۴۸ . ۰/۶) |
| W_3^1 | (۰/۰ . ۰/۱۸/۲۷ . ۰/۳۸) |
| W_4^1 | (۰/۱۱ . ۰/۱۷ . ۰/۲۴) |
| W_5^1 | (۰/۰ . ۰/۸/۱۰ . ۰/۱۵) |
| $M_a^k = 1/22$ | $M_C^k = 0/80$ |

جدول ۱۰- اوزان فازی نهایی

| | |
|------------|------------------------|
| W_1^{*k} | (۰/۲۹ . ۰/۳۶ . ۰/۳۸) |
| W_2^{*k} | (۰/۴۴ . ۰/۴۸ . ۰/۴۸) |
| W_3^{*k} | (۰/۰ . ۰/۲۲/۲۷ . ۰/۳۰) |
| W_4^{*k} | (۰/۱۴ . ۰/۱۷ . ۰/۱۹) |
| W_5^{*k} | (۰/۰ . ۰/۱۰/۱۰ . ۰/۱۲) |

جدول ۱۱- نتایج نهایی معیارها (سطح ۱)

| اولویت | W_i | | CC_i | | $d^-(\bar{W}_i, 1)$ | $d^-(\bar{W}_i, 0)$ | |
|--------|-------|-------|--------|--------|---------------------|---------------------|-------------|
| ۲ | ۰/۲۶ | W_1 | ۰/۳۵ | CC_1 | ۰/۶۵ | ۰/۳۵ | برنامه ریزی |
| ۱ | ۰/۳۴ | W_2 | ۰/۴۷ | CC_2 | ۰/۵۳ | ۰/۴۶ | تأمین منابع |
| ۳ | ۰/۲۰ | W_3 | ۰/۲۷ | CC_3 | ۰/۷۳ | ۰/۲۷ | تولید |
| ۴ | ۰/۱۲ | W_4 | ۰/۱۷ | CC_4 | ۰/۸۳ | ۰/۱۷ | تحويل |
| ۵ | ۰/۰۸ | W_5 | ۰/۱۱ | CC_5 | ۰/۸۹ | ۰/۱۱ | کارکرد |

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که در این شرکت معیار تأمین منابع به عنوان ارجح ترین معیار در ارزیابی کل زنجیره به حساب می آید. با توجه به مطالعات انجام شده می توان گفت که صنایع غذایی به دلیل تنوع مواد اولیه، با تأمین کنندگان زیادی سروکار دارند و مواد اولیه ای که وارد شرکت می شود باید قبل از مصرف در خط تولید، از آزمایشگاه جواز ورود به خط را دریافت کرده باشد. همچنین، در صورت عدم تطابق با

استانداردهای مورد نظر، در محیط قرنطینه قرار گرفته و به مرجوع شدن محموله ارسالی و اخلال در سیستم تولید و سایر اجزای زنجیره منجر می‌شود. از طرفی روند خاصی در زمان رسیدن سفارش‌ها به شرکت وجود ندارد. بنابر این تأمین منابع مورد نیاز با توجه به شرایط مختلف، هم از نظر به موقع رسیدن و هم از جهت صحت و سلامت کالای تأمین شده، تأثیر زیادی بر کل عملکرد مجموعه خواهد داشت.

جدول ۱۲- ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین شرکت صنایع غذایی

| سطح ۱ | سطح ۲ | W* | W** |
|---------------------|---|-------|--------|
| برنامه‌ریزی ۰/۲۶ | ۱. نرخ بازگشت سرمایه | ۰/۱۴۱ | ۰/۰۳۷ |
| | ۲. سود | ۰/۱۵۰ | ۰/۰۳۹ |
| | ۳. سود خالص در مقابل نرخ بهره‌وری | ۰/۱۷۲ | ۰/۰۴۵ |
| | ۴. هزینه جابجایی اطلاعات | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۰۷۵ |
| | ۵. تغییرات پیوسته بودجه | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۱۷۴ |
| | ۶. سیکل زمانی توسعه محصول | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۰۸۶ |
| | ۷. مجموع زمان جریان نقدینگی | ۰/۱۵۱ | ۰/۰۳۹۲ |
| | ۸. مجموع سیکل زمانی زنجیره تأمین | ۰/۱۱۳ | ۰/۰۲۹۴ |
| | ۹. دقت روش‌های پیش‌بینی | ۰/۱۱۲ | ۰/۰۲۹۱ |
| | ۱۰. روش‌های ثبت سفارش | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۰۸ |
| تأمین منابع ۰/۳۴ | ۱. روش‌های کاهش هزینه تأمین‌کننده | ۰/۱۲۸ | ۰/۰۴۳۵ |
| | ۲. درصد این که تأمین‌کننده کالا را دیر یا اشتباه تحویل دهد | ۰/۱۵۹ | ۰/۰۵۴ |
| | ۳. مدت زمان مستندسازی رویه‌های مربوط به تأمین‌کننده | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۰۹۹ |
| | ۴. سیکل زمانی سفارش خرید | ۰/۱۱۵ | ۰/۰۳۹۱ |
| | ۵. کارایی سیکل زمانی سفارش خرید | ۰/۱۰۵ | ۰/۰۳۷۵ |
| | ۶. زمان تحویل مربوط به تأمین‌کننده در مقایسه با حدنصاب موجود در صنعت مورد نظر | ۰/۰۵۴ | ۰/۰۱۸۴ |
| | ۷. مدت زمان مستندسازی رویه‌های مربوط به تأمین‌کننده | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۰۹۹ |
| | ۸. سطح شراکت تأمین‌کننده و خریدار | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۱۴ |
| | ۹. سطح تحویل‌های بدون عیب تأمین‌کننده | ۰/۱۴۵ | ۰/۰۴۹۳ |
| | ۱۰. نرخ مردود شدن تأمین‌کننده | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۲۲۸ |
| | ۱۱. همکاری تأمین‌کننده در حل مسائل فنی | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۱۶ |
| | ۱۲. قابلیت تأمین‌کننده در پاسخ به نیازهای کیفی | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۲۷۲ |

| سطح ۱ | سطح ۲ | W* | W** |
|----------------|--|-------|--------|
| تولید ۰/۲۰ | ۱. هزینه هر واحد ساعت کاری | ۰/۱۳۸ | ۰/۰۲۷۶ |
| | ۲. هزینه ناشی از فضای مورد استفاده برای ذخیره موجودی، موجودی در جریان ساخت، میزان ضایعات و کالای نهایی | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۱۲۴ |
| | ۳. ارزش مالی سفارش | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۱۱۶ |
| | ۴. کارایی برنامه‌ریزی تولید مادر | ۰/۴۵۰ | ۰/۰۹ |
| | ۵. سیکل زمانی برنامه‌ریزی شده برای فرآیند تولید | ۰/۲۹۲ | ۰/۰۵۸۴ |
| تحویل ۰/۱۲ | ۱. مدت زمان انتظار تحویل | ۰/۱۴۵ | ۰/۰۱۷۴ |
| | ۲. دوره تناوب تحویل کالا | ۰/۰۸۴ | ۰/۰۱۰۱ |
| | ۳. عملکرد تحویل | ۰/۰۹۹ | ۰/۰۱۱۹ |
| | ۴. قابلیت اطمینان تحویل | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۱۰۴ |
| | ۵. اثربخشی و کارایی برنامه‌ریزی تولید مادر | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۰۶ |
| | ۶. محرک قابلیت اطمینان برای عملکرد | ۰/۰۵۴ | ۰/۰۰۶۵ |
| | ۷. کیفیت کالاهای تحویل داده شده | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۱۵۷ |
| | ۸. دستیابی به تحویل‌های بی‌عیب و نقص | ۰/۱۳۷ | ۰/۰۱۶۴ |
| | ۹. کیفیت مستندات تحویل | ۰/۰۵۳ | ۰/۰۰۶۴ |
| | ۱۰. پاسخ‌گویی به تحویل‌های ضروری | ۰/۱۶۰ | ۰/۰۱۹۲ |
| کارکرد ۰/۰۸ | ۱. زمان لازم برای گرفتن نظرات مشتری | ۰/۱۲۶ | ۰/۰۱۰۱ |
| | ۲. رضایت مشتری (عدم رضایت مشتری) | ۰/۴۸۰ | ۰/۰۳۸۴ |
| | ۳. میزان درک مشتری از ارزش محصول | ۰/۰۸۴ | ۰/۰۰۶۷ |
| | ۴. انعطاف‌پذیری سیستم‌های خدماتی در مواجهه با نیازهای خاص مشتریان | ۰/۳۱۰ | ۰/۰۲۴۸ |

W^* = وزن هریک از زیرمعیارها نسبت به معیار مرتبط با آن در سطح بالاتر.

W^{**} = وزن زیرمعیارها نسبت به کل درخت سلسله‌مراتب.

در مرحله بعد، معیار برنامه‌ریزی به‌عنوان یک عامل کلیدی در جهت هدایت کل زنجیره عمل خواهد کرد زیرا با برنامه‌ریزی‌های درست و منطقی برای تک‌تک اجزای زنجیره، شاهد رشد و بهبود عملکرد، هماهنگی میان بخش‌ها و اصلاح امور در جهت رسیدن به اهداف استراتژیک شرکت خواهیم بود. معیارهای تولید، تحویل و کارکرد در اولویت‌های بعدی قرار دارند. به همین ترتیب، درجه اولویت هریک از زیرمعیارها با توجه به معیارهای اصلی مربوط به آن‌ها در سطح بالا و نقش‌شان در کل زنجیره، مشخص شده است و می‌توان

اهمیت و نقش بخش‌های مختلف زنجیره در پیشبرد اهداف تکنیکی، تاکتیکی و استراتژیک سازمان را مشخص کرد.

جمع‌بندی و ملاحظات

مدیریت زنجیره تأمین، یک عامل کلیدی برای دستیابی به مزیت‌های رقابتی و از اجزای اصلی استراتژی‌های رقابتی در جهت ارتقای بهره‌وری و سوددهی سازمان‌ها محسوب می‌شود. ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین گام مؤثری برای رسیدن به این مهم است و از آنجا که برای ارزیابی عملکرد روش‌های مختلفی وجود دارد و هر سازمان بنا به شرایط می‌تواند از آن‌ها برای ارزیابی زنجیره تأمین خود استفاده کند، ارائه یک ساختار مناسب ضروری است. در این تحقیق دو تغییر در روند تعریف و استفاده از معیارها ارزیابی عملکرد مشاهده می‌شود:

۱) در گذشته تمرکز بر معیارهای هزینه‌ای و کنترلی بود، ولی با گذشت زمان سعی شده است تا معیارهایی که وظایف بلندمدت و استراتژیک مدیریت زنجیره تأمین مانند خدمت به مشتری و روابط بین اعضا را بررسی می‌کنند، تعریف شده و مورد استفاده قرار گیرد.

۲) حرکت در جهت استفاده از معیارهایی باشد که با دیدگاه زنجیره تأمین در سازمان مرتبط هستند و استفاده از معیارهایی که تنها یک عضو و یا بخشی از زنجیره را تحت پوشش قرار می‌دهد در حال کاهش باشد.

در این مقاله ضمن جمع‌بندی روش‌های مختلف، ساختار منظمی برای ارزیابی عملکرد کل زنجیره تأمین ارائه شد و با استفاده از پنج شاخص برنامه‌ریزی، تأمین منابع، تولید، تحویل و کارکرد - به‌عنوان معیارهای اصلی ارزیابی و تقسیم‌بندی زیرمعیارها براساس شاخص‌های فوق - آن‌ها را در قالب دو طیف موضوعی دیگر طبق جدول (۴) دسته‌بندی کردیم. از جمله مهم‌ترین ملاحظات در سیستم ارزیابی عملکرد پیشنهاد شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) از اهداف استراتژیک پشتیبانی کند.

۲) متوازن باشد؛ یعنی یک سیستم ارزیابی عملکرد باید شامل انواع مختلفی از شاخص‌های عملکرد باشد تا تمامی جنبه‌های مهم برای موفقیت سازمان را پوشش

دهد.

۳) در مقابل بهینه‌سازی بخشی بایستد.

۴) تعداد شاخص‌های عملکردی آن محدود باشد.

۵) دسترسی به آن آسان باشد.

در ضمن این سیستم‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که اطلاعات‌شان به راحتی بهبود یافته و در دسترس استفاده‌کنندگان قرار گیرد.



منابع

- مؤمنی، منصور (۱۳۸۵)؛ مباحث نوین تحقیق در عملیات، تهران، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
- A. Kaufmann, M. and M. Gupta (1991); *Introduction To Fuzzy Arithmetic Theory and Applications*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Artz, K.W. (1999); "Buyer-supplier performance: the role of asset specificity, reciprocal investments and relational exchange", *British Journal of Management*, Vol. 10, pp. 113-26.
- Beamon, B.M. (1999); "Measuring supply chain performance", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 Nos 3-4, pp. 275-92.
- Boyson S., Corsi T. M., Dresner M. E., and Harrington L. H., (1999); "Logistics and the Extended Enterprise", John Willey & Sons, pp. 149-66.
- Chan, F.T.S. and Qi, H.J. (2003); "An innovative performance measurement method for supply chain management", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 8, Nos 3-4, pp. 209-23.
- Clegg, C.W., Wall, T.D., Pepper, K., Stride, C., Woods, D., Morrison, D., Cordery, J., Couchman, P., Badham, R., Kuenzler, C., Grote, G., Ide, W., Takahashi, M. and Kogi, K. (2002); "An international survey of the use and effectiveness of modern manufacturing practices", *Human Factors & Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 12, pp. 171-91
- Chen, H.X., Amodeo, L., Chu, F. and Labadi, K. (2005); "Modelling the performance evaluation of supply chains using batch deterministic and stochastic Petri nets", *IEEE Transactions on Automated Science and Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 132-44.
- Chen, I.J. and Paulraj, A. (2004); "Understanding supply chain management: critical research and a theoretical framework", *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 1, pp. 131-63.
- De Toni, A. and Tonchia, S. (2001); "Performance measurement systems: models, characteristics and measures", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, Nos 1/2, pp. 46-70.
- Dixon, J.R., Nanni, A.J. and Vollmann, T.E. (1990); "The new performance challenge: measuring operations for world-class competition", Dow Jones-Irwin, Homewood, IL.
- Ellinger, A.E. (2000); "Improving marketing/logistics cross functional

- collaboration in the supply chain”, *Industrial Marketing Management*, Vol. 29, pp. 85-96.
- Gunasekaran, A., Patel, C. and McGaughey, R.E. (2004); “A framework for supply chain performance measurement”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 87 No. 3, pp. 333-47.
- Gunasekaran, A., Patel, C. and Tirtiroglu, E. (2001); “Performance measures and metrics in a supply chain environment”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 Nos 1-2, pp. 71-87.
- Gunasekaran, A., Williams, H. J. and McGaughey, R. E. (2005); “Performance measurement and costing system in new enterprise”, *Technovation*, Vol. 25 No. 5, pp. 523-33.
- Handfield, R.B. and Nichols, E.L. (1999); *Introduction to Supply Chain Management*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Huang, S.H., Sheoran, S.K. and Wang, G. (2004), “A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model”, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 9 No. 1, pp. 23-9.
- Hieber, R. (2002); “Supply Chain Management: A Collaborative Performance Measurement Approach”, VDF, Zurich.
- Internet Site <http://www.Supply Chain Management.Org>.
- Kaplan, R.S. and Norton, D.P. (1992); “The balanced scorecard: measures that drive performance”, *Harvard Business Review*, Vol. 70, No. 1, pp. 71-9.
- Keegan, D.P., Eiler, R.G. and Jones, C.R. (1989); “Are your performance measures obsolete?”, *Management Accounting*, June, pp. 134-47.
- Lambert, D.M. and Pohlen, R.L. (2001); “Supply chain metrics”, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 12, No. 1, pp. 1-19.
- Li, G., Yan, H., Wang, S.Y. and Xia, Y.S. (2005a); “Comparative analysis on value of information sharing in supply chains”, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 10, No. 1, pp. 34-46.
- Li, S., Subba Rao, S., Ragu-Nathan, T.S. and Ragu-Nathan, B. (2005b); “Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain practices”, *Journal of Operations Management*, Vol. 23, pp. 618-41.
- Lee, H.L. (2004); “The triple-A supply chain”, *Harvard Business Review*, Vol. 82, No. 10, pp. 102-13.
- Morgan, C. (2004); “Structure, speed and salience: performance measurement in the supply chain”, *Business Process Management Journal*, Vol. 10, No. 5, pp. 522-36.

- Neely, A., Gregory, M. and Platts, K. (1995), "Performance measurement systems design: a literature review and research agenda", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15 No. 4, pp. 80-116.
- Rajat Bhagwata, Milind Kumar Sharma, (2007); "Performance measurement of supply chain management: A balanced scorecard approach", *Computers & Industrial Engineering*, No.53, pp. 43-62
- Schonsleben, P. (2004); *Integral Logistics Management: Planning and Control of Comprehensive Supply Chains*, St Lucie Press, Boca Raton, FL.
- Webster, M. (2002); "Supply system structure, management and performance: a conceptual model", *International Journal of Management Reviews*, Vol. 4, No. 4, pp. 353-69.
- Van der Vorst, J. and Beulens, A. (2001); "Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 32, No. 6, pp. 409-30.

