فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ٥٤، بهار ١٣٨٩، ١٦٩ - ١٤٥

# ارائه روشی برای اندازه‌گیری چابکی زنجیره تأمین با استفاده از ترکیب تئوری گراف، رویکرد ماتریسی و منطق فازی

دکتر احمد جعفرنژاد * دکتر علی محقر ** مریم درویش ***
مهرداد یاسایی ****

دریافت: ۸۷/۹/۶ پذیرش: ۸۸/۸/۲۰

چابکی / زنجیره تأمین چابک / روش ماتریسی / تئوری گراف / رویکرد فازی

## چکیده

برای محیط همیشه درحال تغییر این‌دوران، چابکی زنجیره تأمین عاملی است حیاتی که بر رقابت‌پذیری سازمان‌ها اثر گذار می‌باشد. به منظور ایجاد یک زنجیره تأمین چابک ابتدا لازم است معنای زنجیره تأمین چابک روشن گردد، چراکه چابکی مفهومی بسیاروسیع‌ودارای ابعاد متفاوتی می‌باشد که جنبه‌های مختلفی از سازمان را در بر می گیرد. به طورکلی، باوجوداینکه در رابطه با چابکی تحقیقات زیادی انجام‌گرفته است، ولی به نسبت، مفهوم چابکی در زنجیره تأمین چندان مورد بررسی قرار نگرفته است. چنین وضعیتی نیاز به تکنیکی جهت اندازه‌گیری چابکی زنجیره تأمین را مشخص می‌سازد. هدف این مقاله ارائه تکنیکی برای اندازه‌گیری چابکی زنجیره تأمین است، این تکنیک ترکیبی از تئوری گراف و رویکرد ماترسی با منطق فازی و مدلسازی ساختار یافته مفهومی می‌باشد. تکنیک مذکور در یک مطالعه موردی به‌کار گرفته شده است و موانع اصلی چابکی زنجیره تأمین در این مطالعه موردی شناسایی شده‌اند.

**طبقه‌بندی JEL: C45.**

* دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران jafarnjd@ut.ac.ir
** دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران amohaghar@ut.ac.ir
*** کارشناس ارشد مدیریت صنعتی marydarvish@yahoo.com
**** دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی دانشگاه تهران mehrdad_yasaei@yahoo.com
■ مریم درویش، مسئول مکاتبات.

## مقدمه

تغییرات به وجود آمده در تقاضاهای مشتریان، جوّ بازار و نوآوری‌های تکنولوژیکی، شرکت‌ها را با رقابتی فزاینده مواجه نموده است. این شرایط بحرانی، منجر به بازنگری اولویت‌های کسب و کار و چشم انداز استراتژیک و هم چنین کاهش قابلیت اعتماد به مدل‌های موجود شده است. در چنین بازاری رقابتی، نیاز به ایجاد و بهبود انعطاف‌پذیری و پاسخگویی است و توجه به چابکی ضرورت بقا می‌باشد. به این ترتیب، شرکت‌ها به منظور پیشی گرفتن از رقبا در بازارهای جهانی، باید با تأمین‌کنندگان و مشتریان متحد شوند و عملیات و فعالیت‌ها را همراه و همگام با یکدیگر پیش ببرند تا به سطحی از چابکی در زنجیره تأمین دست یابند. یک زنجیره تأمین چابک مجموعه‌ای از شرکت‌ها را در بر می‌گیرد که مجزا از یکدیگر هستند و در عین حال از لحاظ کاری به یکدیگر وابستگی‌هایی دارند. این شرکت‌ها توسط جریان رو به جلو مواد و جریان بازخور اطلاعات با یکدیگر مرتبط می‌شوند. زنجیره تأمین چابک بر افزایش انطباق‌پذیری و انعطاف‌پذیری تأکید دارد و دارای قابلیت واکنش و پاسخگویی سریع و اثربخش به تغییرات بازار است. زنجیره تأمین چابک به عنوان پارادایم تأمین در قرن بیست و یکم مطرح شده است و به عنوان استراتژی بُرد شرکت‌هایی که به دنبال رهبری بازار در سطح ملی و بین‌المللی هستند، در نظر گرفته می‌شود. رویکردهای موجود در رابطه با چابکی زنجیره تأمین، معمولاً چگونگی ارتقا ویژگی‌های چابکی داخلی بنگاه با استفاده از عرضه و تقاضای انتهای شبکه را مورد بررسی قرار می‌دهد. این رویکردها، سعی در هماهنگ کردن فیزیکی شبکه با مقتضیات بازار و رقابت، تغییر شکل دادن فرآیندهای تولید در درون زنجیره تأمین و تحلیل رفتاری و ارتباطی بین اعضای زنجیره تأمین دارند.

علی‌رغم آشکار بودن مزایای چابکی، بنگاه‌هایی که در محیط‌های پیچیده فعالیت می‌کنند با چالش اندازه‌گیری آن مواجه هستند. در چنین محیط‌هایی غالباً زنجیره تأمین، جزئی از بنگاه است که بیش از همه تحت تأثیر تغییرات قرار می‌گیرد؛ در بیش‌تر موارد محدودیت‌های عملکردی زنجیره تأمین به چابکی آن مربوط می‌شود که به همین جهت

زنجیره تأمین به سرعت تبدیل به عامل محدودکننده چابکی کل بنگاه می‌گردد. در سطح استراتژیک هم، چابکی زنجیره تأمین عاملی حیاتی تلقی می‌شود. از آنجایی که زنجیره‌های تأمین چابک تغییرات موجود در تقاضا را سریع، راحت و با قابلیت پیش‌بینی بالا و با کیفیت مناسب احساس می‌کنند و به همین نحو هم به آن جواب می‌دهند؛ چابکی زنجیره تأمین تعیین‌کننده بقای یک بنگاه می‌باشد. با این حال بیش‌تر پژوهش‌های انجام شده در رابطه با تولید چابک، موارد مربوط به مدیریت زنجیره تأمین را نادیده گرفته‌اند. هدف این تحقیق فراهم آوردن ابزاری جهت اندازه‌گیری چابکی زنجیره تأمین است.

## ۱. ادبیات تحقیق

فشارهای بی‌سابقه‌ای مانند فشار ناشی از محصولات خارجی، معرفی محصولات جدید توسط رقبا، افول عمر محصول، تغییرات پیش‌بینی نشده در رابطه با مشتریان، پیشرفت‌هایی در زمینه تولید و تکنولوژی اطلاعات، خصوصی‌سازی شرکت‌های دولتی، رکودهای اقتصادی و فشارهای ذی‌نفعان برای بازگشت سرمایه، بر شرکت‌ها وارد می‌شود. با توجه به این فشارها، مهم‌ترین چالشی که تولیدکنندگان با آن رو برو هستند، یکپارچه‌سازی کارکردهای برون سپاری بالادستی و کارکردهای تحویل پایین دستی است[۱]. یکی از مهم‌ترین تغییرات پارادایمی در مدیریت کسب وکار مدرن، تغییر واحد رقابت از بنگاه به زنجیره تأمین می‌باشد. امروزه به جای اینکه یک نام تجاری با نام تجاری دیگر رقابت کند و یا یک فروشگاه با فروشگاهی دیگر به رقابت بپردازد، تأمین‌کنندگان- نام تجاری- فروشگاه با تأمین‌کنندگان- نام تجاری- فروشگاه دیگر رقابت می‌کند یا به عبارت دیگر یک زنجیره تأمین با زنجیره تأمین دیگر[۲]. در مقالات معدودی برای چابکی زنجیره تأمین تعریف رسمی ارائه شده است و لذا توافق بر روی اجزای اصلی چابکی زنجیره تأمین وجود ندارد. در رابطه با مدل مفهومی هم، از آنجایی که درک درستی از اجزای زنجیره تأمین وجود ندارد، مدل‌های مفهومی متعددی برای توصیف ویژگی‌های زنجیره تأمین

۱. یوسف و دیگران( ۲۰۰۴)، ص ۲۸۰.

۲. لامبرت و کوپر (۲۰۰۱)، ص۴۹۸.

چابک به کار گرفته شده است.

مفهوم چابکی از دو عامل اصلی تشکیل شده است؛ پاسخگویی به تغییرات (پیش‌بینی شده یا غیرمنتظره) به صورتی مناسب و در زمان مناسب، بهره‌برداری از این تغییرات و تبدیل نمودن آنها به فرصت[۱]. به این ترتیب، چابکی، پاسخی در سطح کل بنگاه به محیط متغیر و بسیار رقابتی است که از چهار اصل اساسی پیروی می‌نماید: اغنای مشتری، کنترل تغییر و عدم قطعیت، بالا بردن توانایی منابع انسانی و مشارکت برای رقابت[۲]. تعریف دیگری از چابکی به صورت قابلیت یک بنگاه در انجام عملیات سودآور در بازار بخش‌بندی شده و دائماً در حال تغییر با استفاده از تولید با کیفیت بالا، عملکرد بالا، کالاها و خدمات منطبق با خواست مشتری، ارائه شده است[۳]. از نظر لو و دیگران توانایی پاسخگویی سریع به تغییرات بازار چابکی خوانده می‌شود، که بعنوان جزء کلیدی در موفقیت و بقای بنگاه‌ها در بازار تعریف شده است[۴]. سوافورد و دیگران چابکی زنجیره تأمین را قابلیت زنجیره تأمین در انطباق یا پاسخگویی سریع به محیط متغیر بازار تعریف نموده‌اند. چارچوب در نظر گرفته شده توسط سوافورد و دیگران، رویکردی فرآیند محور، نسبت به زنجیره تأمین سازمان دارد که از سه فرآیند کلیدی منبع یابی/تدارکات، ساخت و توزیع/ لجستیک تشکیل شده است[۵]. کریستوفر معتقد است که یک زنجیره تأمین چابک باید ویژگی‌های متمایزکننده‌ای را دارا باشد، این ویژگی‌ها را می‌توان در شکل (۱) مشاهده نمود[۶]. لین و دیگران[۷] با بررسی ادبیات زنجیره تأمین چابک مدل مفهومی ارائه شده در شکل (۲) را پیشنهاد نموده‌اند.

---

۱. ژانگ و شریفی (۲۰۰۰)، ص۴۹۶.

۲. ون هوک و دیگران( ۲۰۰۱)،۱۳۹؛ سور ولودیس و والاوانیس( ۲۰۰۲)، ص۳۲۹.

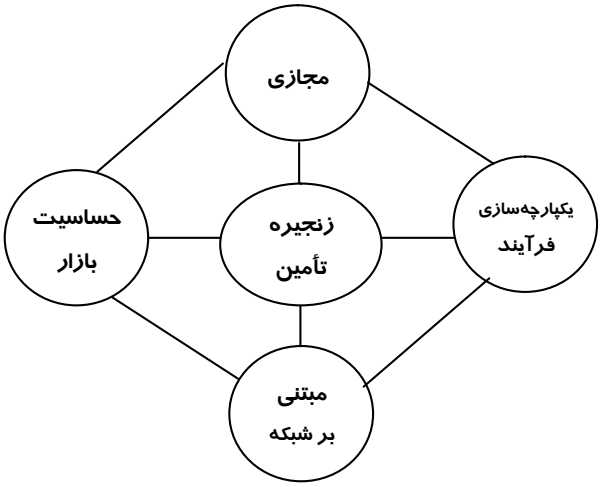
۳. سور ولودیس و والاوانیس(۲۰۰۲)،ص ۳۳۰.

۴. لو ودیگران(۲۰۰۴)، ص۱۹۸.

۵. سوافورد و دیگران (۲۰۰۶)، ص۱۷۳.

۶. کریستوفر (۲۰۰۰)، ص ۴۰.

۷. لین و دیگران (a۲۰۰۶)، ص ۲۸۷.




**شکل۱ - زنجیره تأمین چابک (منبع: کریستوفر، ۲۰۰۰)**

**شکل ۲- مدل مفهومی زنجیره تأمین چابک (منبع: لین و دیگران، ۲۰۰۶)**

به این ترتیب چابکی را می‌توان "مفهومی مدیریتی در رابطه با پاسخگویی به بازارهای متلاطم و پویا و تقاضاهای مشتریان" توصیف نمود. در واقع، چابکی نه تنها در رابطه با پاسخگویی به مشتری است که با بهره‌برداری و کسب مزیت از تغییرات، نیز مرتبط می‌باشد. برای پاسخگویی شرکت‌ها باید در چندین حوزه مثل، توسعه محصول، ساخت و لجستیک دارای قابلیت‌های منعطف باشند[۱].

زنجیره تأمین چابک شامل شرکت‌هایی می‌شود که از نظر قانونی از یکدیگر جدا هستند ولی از نظر عملیاتی به یکدیگر وابسته‌اند. از جمله این شرکت‌ها، تأمین‌کنندگان، طراحان، تولیدکنندگان و مراکز توزیع را می‌توان نام برد. این شرکت‌ها توسط جریان رو به جلوی مواد و جریان بازخوردی اطلاعات به یکدیگر پیوند می‌یابند؛ زنجیره تأمین چابک بر ارتقای انطباق‌پذیری وانعطاف‌پذیری تأکید دارد و دارای قابلیت پاسخگویی و عکس‌العمل سریع و موثر به بازارهای متغیر است[۲]. زنجیره تأمین چابک ساختار سازمانی خطی سنتی را کنار می‌گذارد و با استفاده از تکنولوژی شبکه‌ای، گروهی از بنگاه‌ها را شکل می‌دهد. با این کار فاصله زمانی تحویل به بازار کاهش می‌یابد[۳]. چابکی زنجیره تأمین سازمان امکان ایجاد موقعیتی رقابتی تر برای بنگاه را بوجود می‌آورد و از همین رو آن را قادر می‌سازد با سرعت بیشتر و اثربخش‌تر به تغییرات بازار و سایر عدم قطعیت‌ها واکنش نشان دهد. بعلاوه، بنگاه‌هایی که دارای فرآیندهای زنجیره تأمین چابک هستند نسبت به بازار حساس‌تر بوده، قابلیت بیشتری برای همساز کردن عرضه با تقاضا دارند و قادر به رسیدن به چرخه‌های زمانی کوتاه‌تری نیز می‌باشند. با در نظر داشتن این امر که چابکی در زنجیره تأمین سازمان مستقیماً بر تولید محصولاتی نوآورانه و تحویل آنها به مشتریان اثر می‌گذارد، می‌توان به این نتیجه رسید که چابکی زنجیره تأمین عاملی حیاتی است که بر رقابت‌پذیری کل مؤثر می‌باشد[۴].

---

۱. بیکر (۲۰۰۷)، ص ۲۹.

۲. لین و دیگران (a۲۰۰۶)، ص ۲۸۷.

۳. لو و دیگران ( ۲۰۰۴)، ص ۱۹۸.

۴. سوافورد و دیگران(۲۰۰۶)، ص۱۷۱.

### ۱-۱. روش‌ها و الگوریتم‌های ارائه شده برای اندازه‌گیری چابکی زنجیره تأمین

برخی از نویسندگان شاخص چابکی را تلفیقی از اندازه‌گیری معیارهای توانمندساز چابکی، تعریف نموده‌اند، در حالیکه باقی، روش‌هایی کمّی بر مبنای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ایجاد نموده‌اند. اجرای این روش‌ها ساده است و بر موارد کلیدی تمرکز دارد. با این حال، اصل زنجیره تأمین چابک به یکپارچه‌سازی، حساسیت مشتری، سازمان، فرآیندها، شبکه‌ها و سیستم‌های اطلاعاتی باز می‌گردد. بر مبنای تحقیقات پیشین در موقعیت‌هایی که ارزیابان قادر به ارزیابی دقیق نباشند، اصطلاحات زبانی برای ارزیابی جریانات مبهم به کار می‌آید. ازآنجایی‌که ویژگی‌های توانمندسازچابکی "نادقیق" و "مبهم" هستند،اندازه‌گیری چابکی به‌عنوان روشی ذهنی با استفاده از واژه‌های زبانی در نظرگرفته می‌شود. اندازه‌گیری چابکی به جهت چند بعدی بودن و نبود معیاری معین برای اندازه‌گیری عوامل مرتبط با چابکی، مشکل تلقی می‌شود. ون هوک و دیگران[۱]، به ممیزی قابلیت‌های چابک در زنجیره تأمین پرداخته‌اند. با توجه به ممیزی آنها، مشخص شد که حساسیت به مشتری در عملیات دنیای امروز از اهمیت اساسی برخوردار است. وبر برای اندازه‌گیری چابکی ابزاری را ارائه می‌دهد که هم میزان عملکرد مورد نیاز برای چابکی و هم چابکی پاسخ سازمان به محیط بازار را اندازه‌گیری می‌کند[۲]. از آخرین تلاشهایی‌که در رابطه با اندازه‌گیری چابکی انجام شده است شاخص چابکی فازی است[۳]. در این روش، متغیرها درجه‌بندی می‌شوند و وزن‌های مربوط به آنها تعیین می‌شود و بعد میانگین موزون فازی گرفته می‌شود.

**جدول ۱- روش‌های به کارگرفته شده**

| حیطه بررسی | متدلوژی | منبع |
|---|---|---|
| چابکی بنگاه | قوانین شرطی | سورولودیس و والاوانیس (۲۰۰۲) |
| اندازه گیری چابکی زنجیره تأمین | روش فازی ارزیابی چابکی | لین و دیگران(۲۰۰۶) |
| ارزیابی چابکی | منطق فازی | لین و دیگران (۲۰۰۶) |
| چابکی زنجیره تأمین | Fuzzy association rules mining | جین و دیگران(۲۰۰۷) |
| چابکی زنجیره تأمین | تئوری گراف و مدل‌های ماتریسی | فیضل و دیگران(۲۰۰۷) |

۱. ون هوک و دیگران (۲۰۰۱)،ص۱۴۶.

۲. وبر(۲۰۰۲)، ص۵۸۴.

۳. لین و دیگران (a۲۰۰۶)،ص۲۸۵.

## ۲. روش تحقیق

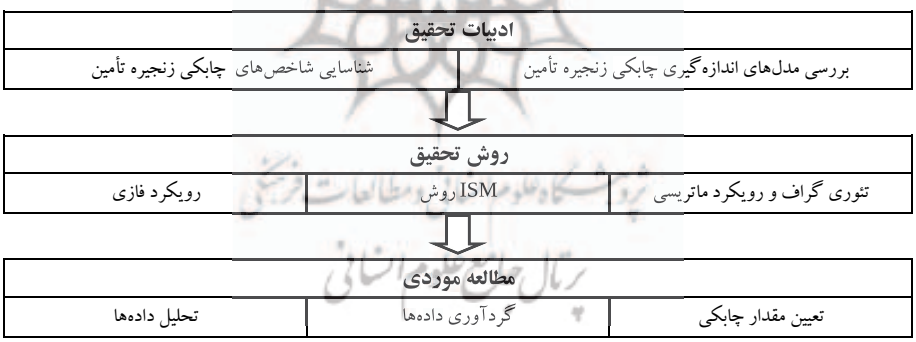
در این مقاله بر مبنای مدل پیشنهادی اسماعیل و شریفی[۱]، از شاخص‌های پاسخگویی، انعطاف‌پذیری، سرعت و شایستگی[۲] به عنوان شاخص‌های اصلی سنجش چابکی استفاده شده است.

۱) **پاسخگویی:** توانایی درک تغییرات و پاسخگویی به آنها در اسرع وقت، به صورت واکنشی و پیش کنشی و حصول بهبودی[۳]. گناسکاران و دیگران (۲۰۰۸) زنجیره تأمین پاسخگو[۴] را "شبکه‌ای از بنگاه‌هایی می‌دانند که قادر به خلق ثروت برای ذی نفعان خود در یک محیط رقابتی می‌باشند و سریع و با اثربخشی بالا در هزینه به نیازمندی‌های بازار متغیر پاسخ می‌گویند".

۲) **شایستگی:** توانایی تعیین اهداف بنگاه به صورت کارا و اثربخش[۵].

**انعطاف‌پذیری/تطبیق:** توانایی اجرای فرآیندهای متفاوت و به کارگیری تسهیلات مختلف در رسیدن به یک هدف[۶].

۳) **سرعت:** توانایی تکمیل یک فعالیت در سریع‌ترین زمان ممکن[۷].




**نمودار ۱- شمای کلی روش تحقیق**

---

۱. اسماعیل و شریفی (۲۰۰۶)، ص ۴۳۶.

2. competency.

۳. ابعاد برنامه ریزی استراتژیک از گناسکاران (۲۰۰۸)، بنگاه مجازی گناسکاران و دیگران (۲۰۰۸) فیضل و دیگران (۲۰۰۷) لین و دیگران(۲۰۰۶) و حساسیت به بازار از گناسکاران و دیگران(۲۰۰۸) فیضل و دیگران(۲۰۰۷) لین و دیگران(۲۰۰۶)، شریفی و اسماعیل (۲۰۰۶) استخراج شده است.

4. Responsive supply chain (RSC).

۵. زیر شاخص‌های مربوط به شایستگی از مقاله اسپکمن و دیگران (۲۰۰۲) استخراج شده است.

۶. زیر شاخص‌ها مربوط به انعطاف‌پذیری از مقاله دوکلاس و دیگران(۲۰۰۳) استخراج شده است.

۷. کریستوفر، (۲۰۰۰)؛ شارپ و دیگران، (۱۹۹۹)؛ گیاچتی و دیگران (۲۰۰۳)؛ لین و دیگران؛ (۲۰۰۶).

### ۱-۲.استفاده از رویکرد فازی برای کمّی کردن زیر شاخص‌ها

برای اندازه‌گیری زیر شاخص‌ها دو پرسشنامه، یکی برای سنجش میزان چابکی محیط[۱] و دیگری برای اندازه‌گیری شاخص‌های چابکی زنجیره تأمین استفاده شد. پرسشنامه‌ها، حضوری و به صورت مصاحبه-پرسشنامه نظرات مدیران زنجیره تأمین شرکت را جمع‌آوری نموده است.

#### ۱-۱-۲. متغیرها و واژه‌های زبانی

در تحقیق حاضر بر مبنای کار یانگ و لی[۲] و در نظر گرفتن نحوه‌ای که انسان تفاوت‌ها را مد نظر قرار می‌دهد، از طیف فازی هفت تایی هم برای رتبه دادن به وضعیت و هم تعیین میزان اهمیت استفاده شده است.

**جدول ۲- واژه‌های زبانی و عدد فازی مرتبط با هر یک.**

| واژه‌های زبانی(اهمیت) (xj,yj,zj) | عدد فازی | واژه‌های زبانی(وضعیت شرکت) (aj,bj,cj) | عدد فازی |
|---|---|---|---|
| بسیار کم | (0,0.5,0.15) | بدترین | (0,0.5,0.15) |
| کم | (0.1,0.2,0.3) | بسیار ضعیف | (0.1,0.2,0.3) |
| نسبتاً کم | (0.2,0.35,0.5) | ضعیف | (0.2,0.35,0.5) |
| متوسط | (0.3,0.5,0.7) | متوسط | (0.3,0.5,0.7) |
| نسبتاً بالا | (0.5,0.65,0.8) | خوب | (0.5,0.65,0.8) |
| بالا | (0.7,0.8,0.9) | خیلی خوب | (0.7,0.8,0.9) |
| خیلی بالا | (0.85,0.95,1) | بهترین | (0.85,0.95,1) |

#### ۲-۱-۲. اجماع نظرات خبرگان

از مدل‌های بسیاری می‌توان برای تجمیع ارزیابی‌های تصمیم‌گیرندگان استفاده نمود، از جمله این مدل‌ها می‌توان از میانگین حسابی، میانه و مد نام برد. از آنجایی که استفاده از عملگر میانگین بیش از سایر روش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، در این تحقیق نیز از میانگین حسابی برای تجمیع نظر کارشناسان استفاده می‌شود. در صورتی که کمیته‌ای متشکل از m ارزیاب Et، t= 1,2,…,m، تشکیل شده باشد، $F_j$ عوامل در نظر گرفته شده

۱. شریفی و ژانگ (۲۰۰۰)،۴۹۸.

۲. یانگ و لی(۲۰۰۰)، ۶۴۳.

برای ارزیابی چابکی، $Rtj=(a_{jt},b_{jt},c_{jt})$ اعداد فازی متناسب با رتبه‌های زبانی نسبت داده شده به $F_t$ توسط کارشناس $E_t$ و $W_{tj}=(x_{jt},y_{jt},z_{jt})$ اعداد فازی نسبت داده شده به وزن‌های اهمیت زبانی تخصیص داده شده به $F_t$ توسط ارزیاب $E_t$ می‌باشد. به این ترتیب میانگین ارزیابی فازی $R_j$ و وزن فازی موزون $W_j$، یا جمع نظرات کارشناسان به استفاده از معادله‌های (۱) و (۲) محاسبه می‌گردد،

$$R_j= (a_j,b_j,c_j)= (R_{j1}(+)R_{j2}(+)\dots(+)R_{jm})/m \qquad (۱)$$

$$W_j= (x_j,y_j,z_j)= (W_{j1}(+)\ W_{j2}(+)\dots(+)W_{jm})/m \qquad (۲)$$

شاخصی که در این مرحله به دست می‌آید، یک ترکیب اطلاعاتی است که رتبه‌بندی و وزن‌های فازی را برای تمامی عوامل با هم ترکیب می‌کند. افزایش این شاخص باعث افزایش شاخص اصلی می‌شود. به این ترتیب، تابع عضویتی که برای این شاخص تعیین می‌گردد، نشان‌دهنده سطح شاخص اصلی است. در صورتی که $R_j$ و $W_j$ به ترتیب نشان‌دهنده میانگین رتبه فازی و میانگین وزن فازی داده شده به عامل j توسط کمیته ارزیابی باشند، شاخص کل به صورت معادله (۳) تعریف می‌شود[۱]؛

$$FXI = \sum_{j=1}^{n}(W_j \times R_j) \Big/ \sum_{j=1}^{n} W_j \qquad (۳)$$

(به جای X متغیری که اندازه‌گیری می‌شود، قرار می‌گیرد به عنوان مثال در صورت اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری، F به جای X می‌نشیند به این ترتیب FXI به صورت FFI یا شاخص فازی انعطاف‌پذیری در می‌آید).

### ۳-۱-۲. تطبیق رتبه بندی فازی با سطح زبانی متناسب با آن

پس از محاسبه FXI، باید شاخص به دست آمده را با سطح زبانی مرتب با آن تطبیق داد. در این مرحله سطح زبانی یا با خود FXI یکی است و مطابقت کامل دارد و یا اینکه نزدیک‌ترین سطح ممکن به آن است. در این تحقیق استفاده از فاصله اقلیدسی به دلیل شباهت زیاد آن به روش درک انسانی به‌کار رفته است. این روش فاصله اقلیدسی یک عدد

۱. لیو و کنگ(۲۰۰۵)، ۴۲۲..

فازی را از هر عدد فازی دیگر، اندازه‌گیری می‌کند. اگر XL نشان‌دهنده سطح شاخص X در زبان طبیعی باشد، آنگاه $U_{FXI}$ و $U_{Xli}$ به ترتیب، نشان‌دهنده تابع فازی FXI و زبان طبیعی شاخص i می‌باشند. فاصله بین $U_{FXI}$ و $U_{Xli}$ به صورت (۴) محاسبه می‌شود[۱].

$$d(FXI, XL_i) = \left\{ \sum_{x \in p} (U_{FXI}(x) - U_{XLi}(x))^2 \right\}^{1/2} \quad (٤)$$

### ۴-۱-۲.تبدیل اعداد فازی به مقادیر قطعی

از آنجا که برای محاسبه مقدار ثابت ماتریس نیاز به عدد قطعی است، باید پس از تطبیق هر شاخص با مقادیر فازی و پیدا کردن فواصل اقلیدسی و تخصیص سطح زبانی، آنها را به اعداد قطعی تبدیل‌نمود. درادبیات فازی چندین روش برای این‌کار ارائه‌شده‌است، ازجمله، روش مرکز ثقل، مینیمم میانگین، مینیمم ماکزیمم وغیره[۲]. در این تحقیق ازروش امتیازدهی چپ و راست[۳] استفاده شده است؛ در این روش به منظور بدست آوردن عدد قطعی لازم است که مجموعه‌های فازی با مجموعه ماکزیمم فازی (فازی ماکس) و مجموعه مینیمم فازی( فازی مین) مقایسه شوند. این دو مجموعه به صورت (۵) و (۶) تعریف می‌شوند.

$$\mu_{max}(x) = \begin{cases} x, 0 \le x \le 1 \\ 0, otherwise \end{cases} \quad (۵)$$

$$\mu_{min}(x) = \begin{cases} 1 - x, 0 \le x \le 1 \\ 0, otherwise \end{cases} \quad (۶)$$

امتیاز سمت راست به نقطه تلاقی مجموعه فازی با فازی ماکس بر می‌گردد. امتیاز راست M را می‌توان به صورت (۷) محاسبه نمود؛

$$\mu_R(M) = \sup[\mu_M(x) \wedge \mu_{max}(x)] \quad (۷)$$

به همین ترتیب، امتیاز چپ M محاسبه می‌شود؛

$$\mu_L(M) = \sup[\mu_M(x) \wedge \mu_{min}(x)] \quad (۸)$$

---

۱. لین و دیگران(a۲۰۰۶)، ۲۹۱.

۲. همان منبع.

۳. چن و پنگ (۱۹۹۹).

با به دست آوردن مقادیر سمت راست و چپ M عدد نهایی محاسبه می‌گردد؛

$$\mu_T(M) = \frac{[\mu_R(M)+1-\mu_L(M)]}{2} \quad (۹)$$

## ۲-۲.تئوری گراف و رویکرد ماتریسی

چابکی زنجیره تأمین به درجه ارتباط ذاتی بین شاخص‌های مختلف بستگی دارد. با استفاده از تئوری گراف و روش ماتریسی ارتباط بین شاخص‌ها را می‌توان به سادگی تحلیل کرد وحتی می‌توان آنها را به معادلات ریاضی تبدیل‌نمود[۱].کاربرد تئوری گراف به دهه‌های پیشین بازمی‌گردد، زمانی‌که مسئله قدیمی پل کنیگزبرگ[۲] بااستفاده ازگراف در سال ۱۷۳۶ توسط لئونارداولوئر حل شد. این‌تئوری دراصل با شاخه‌های بسیاری ازریاضیات مثل، تئوری گروه[۳]، تئوری ماتریس، تحلیل عددی[۴]، احتمال، مکان شناسی[۵] و مختلط[۶] در ارتباط است[۷]. کاربرد تئوری گراف و مدل‌های ماتریسی در تحلیل سیستم‌ها و مسائل موجود در علم و تکنولوژی به خوبی در ادبیات مستند شده‌است و در جدول (۳) نشان‌داده شده‌است؛

**جدول ۳-کابرد تئوری گراف و رویکرد ماتریسی در ادبیات**
**(تکمیل جدول فیضل، ۲۰۰۷)**

| شماره | کاربرد | مرجع |
|---|---|---|
| ۱ | شاخص قابلیت نگهداری برای سیستم‌های ماشینی | وانی و گاندی (۱۹۹۹) |
| ۲ | کمی سازی محیط TQM | گروور و دیگران (۲۰۰۴) |
| ۳ | ارزیابی عملکرد TQM در صنایع هند | کالکارنی(۲۰۰۵) |
| ۴ | انتخاب ربات صنعتی | رائو و پادمانابهان (۲۰۰۶) |
| ۵ | حساسیت مشتری و ریسک در زنجیره‌های تأمین | فیضل و دیگران (۲۰۰۶) |
| ۶ | مدل انتخاب مواد با استفاده از تئوری گراف و رویکرد ماتریسی | رائو (۲۰۰۶) |
| ۷ | نقش عوامل انسانی در TQM: رویکرد نظریه گراف | گروور و دیگران (۲۰۰۶) |
| ۸ | چارچوب مدل تصمیم‌گیری برای ارزیابی سیستم تولید انعطاف پذیر با استفاده از گراف جهت دار و روش‌های ماتریسی | رائو (۲۰۰۶) |

۱. رائو( ۲۰۰۷)،۷.

2. Konigsberg.
3. group theory.
4. numerical analysis.
5. topology.
6. combinatorics.

۷. رائو( ۲۰۰۷)،۷.

### ۱-۲-۲. نمایش در قالب گراف

یک گراف G=(V,E) مجموعه‌ای است از رئوس یا گره‌ها V= {$v_1,v_2,\ldots$} و مجموعه E={$e_1,e_2,\ldots$} که اجزای این مجموعه یال نامیده می‌شوند، به طوری که هر یال ek با یک زوج از رئوس، مورد شناسایی قرار می‌گیرد. معمول‌ترین راه برای نمایش گراف بوسیله گراف جهت دار است؛ در گراف جهت دار رئوس با نقاط کوچک و یا دایره نشان داده می‌شوند و هر یال با یک خط نشان داده می‌شود به طوریکه در انتهای خط دو رأس قرار داشته باشند[۱]. گراف جهت دار از مجموعه یالها وگره‌ها تشکیل شده است. یک گره {Vi} وجود یا میزان i را نشان می‌دهد. تعداد گره‌ها برابر با تعداد شاخ‌ها می‌باشد. یال جهت‌دار اهمیت نسبی بین گزینه‌ها را مشخص می‌سازد. در صورتی که گره i بر گره j برتری داشته باشد، کمان یا یال جهت‌دار از گره i به سمت گره j کشیده می‌شود ( که یعنی eij) و بالعکس. هر چه تعدادگره‌ها و روابط داخلی آنها افزایش یابد،گراف پیچیده‌تر می‌گردد. در چنین مواردی انتظار می‌رود که تحلیل بصری گراف جهت‌دار کاری پیچیده گردد. به منظور غلبه بر چنین محدودیتی، گراف جهت دار در قالب ماتریس نشان داده می‌شود[۲]. در این تحقیق به منظور پیدا کردن روابط بین شاخص‌ها و هم چنین تصویر نمودن آنها در قالب یک گراف، از روش‌مدلسازی ساختار یافته مفهومی(ISM) استفاده شده است. مراحل مختلف مدلسازی ISM عبارتنداز، تعیین شاخص‌هایی‌که به موضوع یا مسئله مربوط می‌شوند؛ تعیین‌روابط مفهومی بین‌آنها. در این‌مرحله تأثیرات شاخص‌ها بریکدیگر مشخص می‌گردد؛ تعیین ماتریس ساختار یافته خودتعاملی (SSIM)[۳] که نشان‌دهنده روابط زوجی بین شاخص‌هاست. تشکیل ماتریس قابلیت دستیابی بااستفاده ازSSMI وکنترل نمودن میزان انتقال‌پذیری[۴] ماتریس. SSIM به این صورت به ماتریس قابلیت دستیابی تبدیل می‌گردد که اطلاعات هر ورودی SSIM به صفر و یک در ماتریس قابل دستیابی تبدیل می‌شود. میزان انتقال پذیری روابط مفهومی فرض اساسی در ISM است که بیان می‌کند در صورتی که A به B مربوط باشد و B به C، آنگاه لزوماً A نیز به C

---

۱. رائو(b۲۰۰۶ ) ،۲۴۹؛ رائو(a۲۰۰۶)،۱۱۰۲.

۲. فیضل و دیگران( ۲۰۰۷)، ۲۹.

3. Self-interaction matrix.
4. transitivity.

ربط خواهد داشت؛ قسمت‌بندی کردن ماتریس قابلیت دستیابی به سطوح مختلف؛ بر مبنای روابط بدست آمده در مرحله قبل، پیوندهای انتقالی حذف می‌گردند؛ ایجاد مدل ISM با جایگزین نمودن گره‌ها به جای جملات و در نهایت مرور مدل ISM به منظور کنترل نمودن سازگاری مفهومی و انجام اصلاحات[۱]. در این تحقیق مراحل چهارگانه اول برای تشکیل گراف استفاده شده‌اند.

**۲-۲-۲. نمایش ماتریسی گراف جهت دار**

اگر چه نمایش به روش سنتی مثل نمودارهای بلوکی، نمودارهای علت و معلولی و فلوچارت‌ها نیز می‌توانند به تحلیل بصری کمک نمایند، با این حال تعاملات بین عوامل را نشان نمی‌دهند و برای تحلیل‌های بیش‌تر مناسب نمی‌باشند و نمی‌توان آنها را به شکل‌های ریاضی نشان داد. نمایش ماتریسی گراف، نمایشی یک به یک با گراف جهت‌دار است. به این ترتیب که گراف با استفاده از سیستم دودویی (۰) و (۱) به ماتریس(aij) تبدیل می‌شود. aij بیانگر ارتباط بین i و j می‌باشد، به طوری که:

در صورتی که گزینه i و j با یکدیگر ارتباط داشته باشد aij=1 می‌شود و در غیر این صورت برابر با صفر می‌گردد. از آنجایی که یک گزینه بر خود اثری ندارد برای تمام aii ها صفر در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که شاخص i بر شاخص j اثر گذار، باشد: aij=1 و در غیر این صورت aij=0.

$$B=\begin{bmatrix} - & a_{12} & \dots & \dots & a_{1M} \\ a_{21} & - & \dots & \dots & a_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{M1} & a_{M2} & \dots & \dots & - \end{bmatrix}$$

ماتریس حاصل از تأثیر گذاری شاخص‌ها بر یکدیگر مشابه ماتریس مجاورت تئوری گراف است. در واقع باید توجه شود که در این ماتریس تمامی عناصر قطری صفر و عناصر غیرقطری، ۰ یا ۱ می‌باشند. این موضوع، نشان می‌دهد که این ماتریس، تنها اثرگذاری شاخص‌ها را مورد توجه قرار می‌دهد و اندازه شاخص‌ها مد نظر نیست. برای در نظر گرفتن

۱. راوی و دیگران( ۲۰۰۵)،۲۴۴.

این عامل، ماتریس دیگری تحت عنوان "ماتریس اهمیت نسبی و وجود ویژگی‌های شاخص‌ها" به صورت (۱۰)، تشکیل می‌گردد.

$$C= [AI-B] \quad (۱۰)$$

در این ماتریس، I ماتریس واحد و A متغیری است که اندازه شاخص را نشان می‌دهد. ماتریس C مشابه ماتریس ویژگی‌ها[1]، در تئوری گراف است. در ماتریس C ارزش تمامی عناصر قطری یکسان در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است که در این ماتریس مقادیر غیرقطری صفر یا منفی یک به خود می‌گیرند. در دنیای واقعی، این فرض درست نیست. در ضمن، اثرگذاری یک شاخص به شاخص دیگر- یعنی همان aij- می‌تواند مقادیر متفاوتی را در محدوده صفر تا یک اختیار کند. به این ترتیب، نیاز به در نظر گرفتن، شاخصی کلی است که وجود شاخص یا اندازه آن را همراه با میزان اثرگذاری متقابل نشان دهد تا بتوان شاخص کلی را مورد اندازه‌گیری قرار داد. برای در نظر گرفتن این جنبه‌ها، ماتریس دیگری که D نام‌گذاری می‌نماییم و "ماتریس اهمیت نسبی و وجود ویژگی‌های شاخص متغیر" است، به صورت (۱۱) ایجاد می‌شود؛

$$D = [E + F] \quad (۱۱)$$

در معادله (۱۱)، E ماتریسی قطری است که عناصر قطری آن Ai نشان دهنده وجود یا اندازه شاخص i می‌باشد. در صورتی که شاخص در وضعیت عالی قرار داشته باشد، ارزش نسبت داده شده به این خانه بیشترین میزان را خواهد داشت. در این تحقیق، عناصر قطری این ماتریس بر مبنای مقادیر حاصل از بکارگیری روش فازی در سطح زیر شاخص‌ها تعیین می‌شود. این قضاوت باید برمبنای تست مناسب شاخص‌ها باشد. درصورت نبود چنین تستی می‌توان از ارزش ذهنی مبتنی بر تجربه برای تخصیص استفاده کرد. F ماتریسی است که عناصر غیرقطری آن به جای یک، aij در نظر گرفته می‌شوند. مقادیر عناصر غیرقطری که نشان‌دهنده تأثیر بین متغیرها در سطح سیستم یا زیر سیستم هستند را نمی‌توان به صورت مسقیم محاسبه کرد. رائو و پادمانابهان[2] برای تخصیص وزن نسبی به متغیرها از مقیاس

1. characteristic.

۲. رائو و پادماناباهان(۲۰۰۷)، ۸۲.

ساعتی در روش AHP[1] استفاده نموده‌اند. عده دیگری از محققان از مقادیر قطعی شده اعداد فازی استفاده کرده‌اند[2]. کارلکارنی، فیضل و دیگران، از طیف ساده صفر تا ۱۰ و گراور و دیگران از طیف ۱ تا ۹ استفاده کرده است[3]. در این تحقیق از اعداد قطعی شده فازی استفاده شده است.

### ۳-۲-۲. نمایش مقدار ثابت و تعیین مقدار عددی

باید به این نکته توجه نمود که D وجود یا مقدار شاخص‌ها و نسبت اثرگذاری آنها را نشان می‌دهد. ویژگی ماتریس D همان دترمینان ماتریس است. با این حال استفاده از مقدار ثابت به جای دترمینان منجر به نتایج بهتری می‌گردد،[4] چرا که با استفاده از مقدار ثابت، هیچ عددی با علامت منفی در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شود و لذا هیچ داده ای در حین محاسبه از دست نمی رود. تابع مقدار ثابت به روشی مشابه دترمینان محاسبه می‌شود اما بر خلاف دترمینان در محاسبات به جای علایم منفی از علایم مثبت استفاده می‌شود[5]. تابع ثابت ماتریس در حالت کلی به صورت معادله (۱۲) نوشته می‌شود.

مقدار ثابت ماتریس از (M+1) گروه تشکیل شده است و این گروه‌ها، اندازه هر شاخص و چگونگی تعاملات بین شاخص‌ها را در بر می گیرند. گروه اول نشان دهنده مقدار M شاخص است. گروه دوم در این معادله وجود ندارد چرا که در ماتریس جهت دار ارتباطات هر گره با خودش در نظر گرفته نشده است. گروه سوم، اثرات دو شاخص را همراه با (M-2) شاخص شامل می‌شود. در گروه چهارم، مجموعه‌ای از سه تعامل بین شاخص‌ها و (M-3) شاخص نشان داده شده است. گروه پنجم دو زیر گروه را شامل می‌شود. در اولین زیر گروه، مجموعه‌ای از دو تعامل و (M-4) شاخص در نظر گرفته می‌شود. در زیر گروه دوم چهار تعامل و (M-4) شاخص آورده شده است. سایر گروه‌های ثابت ماتریس نیز به همین ترتیب تعریف می‌شوند[6]. به منظور محاسبه مقدار ثابت ماتریس

---

1. Analytical Hierarchy Process.

۲. رائو( ۲۰۰۶b)، ۲۵۱؛ رائو و پادمانابهان(۲۰۰۷)، ۸۸.

۳. گراور و دیگران (۲۰۰۴)، ۴۰۴۵.

۴. همان منبع.

۵. فیضل و دیگران (۲۰۰۷)،۳۱.

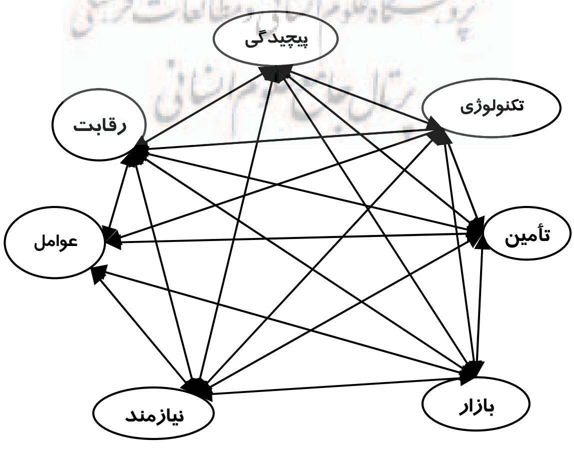
۶. رائو( ۲۰۰۷)،ص۱۹؛ فیضل و دیگران( ۲۰۰۶)، ص۸۸۸؛ فیضل و دیگران(۲۰۰۷)، ص۳۲.

یک برنامه کامپیوتری در $C^{++}$ نوشته شده است.

$$
\begin{aligned}
per\,(D) = {} & \prod_{i=1}^{M} A_i + \sum_{i=1}^{M-1}\sum_{j=i+1}^{M} \cdots\cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{ji}) A_K A_l A_m A_n A_o \cdots A_t A_M \\
& + \sum_{i=1}^{M-2}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=j+1}^{M} \cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{jk}a_{ki} + a_{ik}a_{kj}a_{ji}) \times A_l A_m A_n A_o \cdots A_t A_M ) \\
& + \left( \begin{aligned} & \sum_{i=1}^{M-3}\sum_{j=i+1}^{M}\sum_{k=i+1}^{M-1}\sum_{l=i+2}^{M} \cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{ji})(a_{kl}a_{lk}) A_m A_n A_o \cdots A_t A_M + \\ & \sum_{i=1}^{M-3}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=i+1}^{M}\sum_{l=j+1}^{M} \cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{li} + a_{il}a_{lk}a_{kj}a_{ji}) A_m A_n A_n \cdots A_t A_M \end{aligned} \right) \\
& + \left( \begin{aligned} & \sum_{i=1}^{M-2}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=j+1}^{M}\sum_{l=1}^{M-1}\sum_{m=l+1}^{M} \cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{jk}a_{ki} + a_{ik}a_{kj}a_{ji})(a_{lm}a_{ml}) A_n A_o \cdots A_t A_M + \\ & \sum_{i=1}^{M-4}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{K=i+1}^{M}\sum_{l=i+1}^{M}\sum_{m=j+1}^{M} \cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{lm}a_{mi} + a_{im}a_{ml}a_{lk}a_{kj}a_{ji}) A_n A_o \cdots A_t A_m \end{aligned} \right) \\
& + \left( \begin{aligned} & \sum_{i=1}^{M-3}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=i+1}^{M}\sum_{l=j+1}^{M}\sum_{m=1}^{M-1}\sum_{n=m+1}^{M} \cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{li} + a_{ik}a_{lk}a_{kj}a_{ji})(a_{mn}a_{nm}) A_o \cdots A_t A_M + \\ & \sum_{i=1}^{M-5}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=j+1}^{M}\sum_{l=1}^{M-2}\sum_{m=l+1}^{M-1}\sum_{n=m+1}^{M} \cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{jk}a_{ki} + a_{ik}a_{kj}a_{ji})(a_{lm}a_{mn}a_{nl} + a_{ln}a_{nm}a_{ml}) A_o \cdots A_t A_M + \\ & \sum_{i=1}^{M-5}\sum_{j=i+1}^{M}\sum_{k=i+1}^{M-3}\sum_{l=i+2}^{M}\sum_{m=k+1}^{M-1}\sum_{n=k+2}^{M} \cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{ji})(a_{kl}a_{lk})(a_{mn}a_{nm}) A_o \cdots A_t A_M + \\ & \sum_{i=1}^{M-5}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=i+1}^{M}\sum_{l=i+1}^{M}\sum_{m=i+1}^{M}\sum_{n=j+1}^{M} \cdots\cdots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{lm}a_{mn}a_{ni} + a_{in}a_{nm}a_{ml}a_{lk}a_{kj}a_{ji}) A_o \cdots A_t A_M \end{aligned} \right) \\
& + \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \, .
\end{aligned}
\tag{۱۲}
$$

## ۳. مطالعه موردی

با استفاده از روش ISM مقایسات زوجی بین شاخص‌ها انجام گرفت. نتیجه نهایی روابط بین شاخص‌های محیط در گراف مربوط به چابکی محیط به صورت شکل (۳) به دست می‌آید.




**شکل ۳- گراف جهت دار شاخص‌های چابکی محیط**

با توجه به شکل (۳)، تصمیم‌گیرندگان بر این باورند که کلیه شاخص‌ها بر یکدیگر تأثیر گذارند، اما در رابطه با برخی از شاخص‌ها میزان تأثیرگذاری متفاوت می‌باشد. با در نظر گرفتن نظر کارشناسان و انجام مقایسات زوجی و به کار بردن طیف فازی، ماتریس‌های B،C،D،F و E بدست می‌آید.

$$D=\begin{bmatrix} 0.6304 & \mathbf{0.772} & 0.5 & 0.5 \\ \mathbf{0.228} & 0.6304 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.6304 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.6304 \end{bmatrix}$$

زنجیره تأمین

$$D=\begin{bmatrix} 0.6304 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.772 & 0.6304 & 0.5 & 0.6304 & 0.772 & 0.5 \\ 0.5 & 0.3696 & 0.6304 & 0.3696 & \mathbf{0.01} & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.6304 & 0.5 & 0.5 & 0.228 & 0.5 \\ 0.5 & 0.3696 & \mathbf{0.01} & 0.5 & 0.5 & 0.772 & 0.5 \\ 0.5 & 0.228 & 0.5 & 0.772 & 0.228 & 0.6304 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$$

محیط

با استفاده از فرمول (۱۳) مقدار ثابت ماتریس D محاسبه شده است. مقدار چابکی محیط در دو حالت ایده آل مثبت (به این معنا که تمامی شاخص‌ها در بیشترین حالت ممکن خود باشند) و بدترین حالت (حالتی که تمامی شاخص‌های محیط کم ترین میزان را به خود اختصاص دهند) محاسبه شده است.

**جدول ٤- محاسبه مقادیر ثابت محیط**

| مقادیر مقدار ثابت ماتریس | حالت ایده آل مثبت | وضعیت موجود | بدترین حالت |
|---|---|---|---|
| | ۶۷/۰۷۵۰۸۹ | ۳۴/۶۴۷۰۸۳ | ۱۳/۳۱۱۲۳۹۵ |
| نسبت | ۵ | ۲/۶ | ۱ |

**جدول ۵- محاسبه مقادیر ثابت چابکی شرکت**

| مقادیر مقدار ثابت ماتریس | حالت ایده آل مثبت | وضعیت موجود | بدترین حالت |
|---|---|---|---|
| | ۳/۲۷۱۴۲۳ | ۱/۸۶۳۳۹۸ | ۰/۶۵۵۱۵ |
| نسبت | ۵ | ۲/۸۴ | ۱ |

## جمع‌بندی و ملاحظات

با توجه به تغییرات سریعی که در بازارهای جهانی در حال رخ دادن است، واضح است که سازمان‌هایی توانایی رهبری بازار را دارند که از زنجیره‌های تأمین چابک استفاده

می‌نمایند. هر چقدر محیط چابک تر باشد باید توقع سطح بالاتری از چابکی در زنجیره را نیز داشت. برای تبدیل شدن به زنجیره تأمینی چابک ابتدا باید قادر بود چابکی را اندازه‌گیری کرد تا سپس بتوان میزان چابکی را ارتقا بخشید. تحقیقات نشان داده است که بکارگیری زنجیره تأمین چابک در سازمان‌ها، منجر به افزایش میزان تولید و ارتقای همزمان اهدافی چون، هزینه، کیفیت، انعطاف پذیری، تحویل و خدمات به مشتریان می‌گردد. تمامی این موارد به نوبه خود منجر به افزایش رقابت پذیری می‌گردند.

تحلیل نتایج حاصل از این تحقیق موارد جالبی را نشان می‌دهد از جمله تفاوت بین شرکت‌ها از نظر میزان چابکی. شرکت "چابک تر" دارای ویژگی‌های مشتری محوری و بکارگیری از روش‌های نرم و سخت به منظور تطبیق با شرایط متغیر است. آنها هم چنین مشارکت تأمین کنندگان را در فرآیند دستیابی به بالاترین سطح رضایت مشتریان، حیاتی می‌دانند. هم چنین، می‌توان نتیجه گرفت که شرکت‌های "چابک‌تر" برای ارتقای سطح بهره وری، توسعه محصول جدید و رضایت مشتری، از تکنولوژی (اینترنت) استفاده می‌کنند. به همین ترتیب وبژگی‌های شرکت‌هایی که کمتر چابک هستند را می‌توان شامل موارد ذیل دانست:

این شرکت‌ها بیشتر تمرکز درونی دارند و نسبت به نتایج عملیاتی داخلی خود تعصب دارند. آنها هیچ ارتباطی بین تکنولوژی و رضایت مشتری نمی‌بینند. نقش تأمین‌کنندگان در این شرکت‌ها فراهم آوردن محصولات به گونه‌ای است که در نهایت بهره‌وری را افزایش دهد.

با توجه به مقدار زیر شاخص‌ها در زنجیره تأمین مورد بررسی می‌توان نتیجه گرفت که این زنجیره تأمین از نظر برنامه‌ریزی استراتژیک، حساسیت به تغییرات و مجازی بودن دارای قابلیت‌های نسبتاً بالایی است. این در حالی است که تمامی زیر شاخص‌های چابکی زنجیره تأمین این شرکت در حد نسبتاً بالای طیف می‌باشند. با توجه به اینکه همه شاخص‌ها بر یکدیگر مؤثر هستند و در تمام موارد به جز شایستگی-پاسخگویی بر یکدیگر تأثیری متقابل و مساوی دارند، می‌توان نتیجه گرفت که زنجیره تأمین برای چابک‌تر شدن باید در هر یک از زیر شاخص‌ها بهبود حاصل کند و البته با توجه به اینکه میزان

تأثیرگذاری سرعت و انعطاف‌پذیری بر سایر شاخص‌ها بیشتر است، بر روی این دو شاخص باید تأکید ویژه‌ای شود. با وجود اینکه میزان چابکی این زنجیره تأمین در حد متوسط تعیین شده است با این حال از این جهت که میزان چابکی محیط نیز در همین سطح است، می‌توان نتیجه گرفت که قابلیت‌های این زنجیره تأمین می‌تواند بر تغییرات بوجود آمده در محیط فایق آید. با وجود اینکه قابلیت‌های شرکت در حال حاضر و در محیط فعلی قادر به پاسخگویی کارا و اثربخش به تغییرات ایجاد شده در محیط است، با این حال، چابکی بیشتر در زنجیره تأمین می‌تواند تأثیرات مستقیمی بر کاهش فواصل زمانی تحویل، افزایش رضایت مشتریان و کاهش انبارها داشته باشد. لذا توصیه‌های کاربردی ذیل برای افزایش چابکی این زنجیره ارئه گردیده است:

از آنجایی که سرعت و انعطاف‌پذیری مهمترین عوامل چابکی این زنجیره در نظر گرفته شده است، پیشنهاد می‌شود مکانیزم‌هایی جهت افزایش این دو شاخص در نظر گرفته شود. از جمله عوامل مؤثر بر هر دوی این شاخص‌ها که خود بر پاسخگویی هم اثر دارد، استفاده از ارتباطات مجازی است. در واقع یکی از عوامل بسیار مهم در رابطه با چابکی زنجیره تأمین، به اشتراک گذاردن اطلاعات در طول زنجیره است. دسترسی اعضا زنجیره تأمین (تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع کنندگان و حتی مشتریان) به اطلاعات از طریق اینترنت، امکان استفاده اعضای زنجیره تأمین از شبکه‌های اطلاعاتی داخلی(اینترانت)، به روز شدن به موقع اطلاعات مربوط به فروش، افزایش قابلیت داده کاوی، استفاده از تبادلات بدون کاغذ، استفاده از نرم افزارهای تحت وب و تبادل درون سازمانی اطلاعات از جمله مواردی هستند که می‌توانند بر این امر اثر داشته باشند و باعث افزایش سرعت از یک طرف و امکان پاسخگویی مناسب به تقاضا از جهت دیگر شوند. در ارتباط با انعطاف پذیری منبع، شرکت باید بتواند محصولاتی جدید و متفاوت را در کم‌ترین زمان ممکن به بازار عرضه کند و در ضمن توانایی خود را در تولید محصول سفارشی نیز افزایش دهد. در ضمن شرکت باید قادر به استفاده از استراتژی به تعویق انداختن تولید محصول باشد که این امر خود نیازمند وجود جریان اطلاعاتی در طول زنجیره تأمین است و از طرف دیگر همکاری زیاد تأمین‌کنندگان را نیز می‌طلبد. از دیگر موارد اثرگذار بر این بخش قابلیت استفاده از طراحی به صورت ماژولار به مفهوم به

کارگیری تکنیک‌هایی است که با استفاده از آنها بتوان با حداقل تنوع در مواد و قطعات، به حداکثر تنوع محصولات برای ارضای نیازهای مختلف مشتریان رسید. شاخص شایستگی و بالاخص زیر شاخص فرهنگ مشترک و تصمیم گیری مشترک در سطحی پایین‌تر از باقی شاخص‌ها قرار دارد، لذا پیشنهاد می‌شود تمهیداتی در رابطه با ایجاد یک فرهنگ مشترک در بین اعضا و نیز به وجود آوردن مکانیزم‌هایی جهت تصمیم‌گیری مشترک اندیشیده شود. وجود روحیه همکاری و مشارکت در سیاست‌ها، برنامه‌ها و انجام عملیات از یکسو و ایجاد فرهنگ ریسک‌پذیری همراه با بالا بردن اعتماد اعضای زنجیره از سوی دیگر، فضای مورد نیاز برای تصمیم‌گیری مشترک وایجاد بینش مشترک بین اعضا را فراهم می‌آورد. در چنین شرایطی شناخت نیاز مشتری و تلاش جهت تأمین و کسب رضایت او به همراه برقراری روابطی سازنده محور اصلی نگرش‌ها و فعالیت‌های اعضای زنجیره تأمین می‌گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع

Baker, P. (2008); "The Design and Operation of Distribution Centres Within Agile Supply Chains", *International Journal of Production Economics,* 111(1), pp. 27-41.

Chen, C.T., Peng, S.T., (1999); "Intelligent Process Control Using Neural Fuzzy Techniques", *Journal of Process Control,* 9, pp. 493–503.

Christopher M. (2000); "The Agile Supply Chain Competing in Volatile Markets", *Industrial Marketing Management*, 29, pp. 37–44.

Duclos L.K., Vokurka R.J., Lummus R.R., (2003); "A Conceptual Model of Supply Chain Flexibility", *Industrial Management & Data System*, Vol 103 No 6, pp. 446-456.

Faisal MN., Banwet DK., Shankar R.(2006); "Mapping Supply Chains on Risk and Customer Sensitivity Dimensions", *Industrial Management & Data Systems,* Vol. 106 No. 6, pp. 878-895.

Faisal MN., Banwet DK., Shankar R.(2007); "Quantification of Risk Mitigation Environment of Supply Chains Using Graph Theory and Matrix Methods", European J. *Industrial Engineering*, Vol. 1, No. 1, pp. 29-39.

Giachetti, R.E., Martinez, L.D., Saenz, O.A., Chen, C.S., (2003); Analysis of the Structural Measures of Flexibility and Agility Using a Measurement Theoretical Framework, *International Journal of Production Economics* 86 (1), pp. 47–62.

Grover, S., Agrawal, V.P., Khan, I.A. (2004); "Role of human factors in TQM:a graph theoric approach", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 42, No. 19, pp. 4031–4053.

Grover, S., Agrawal, V.P., Khan, I.A. (2006); "A Digraph Approach to TQM Evaluation of an Industry", *International Journal of Production*

*Research*, Vol. 31, No. 4, pp. 447–468.

Gunasekaran A.,Lai K.H., Edwin Cheng T.C.,(2008); "Responsive Supply Chain: A Competitive Strategy in a Networked Economy", *Omega* 36, pp: 549 – 564.

Ismail H.S, Sharifi H (2006); "A balanced approach to building agile supply chains", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 36 No. 6, pp. 431-444.

Jain V, Benyoucef L, Deshmukh S.G.(2007); "A New Approach for Evaluating Agility in Supply Chains Using Fuzzy Association Rules Mining", *International Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence*, In Press - Available online, 2007.

Kahraman C., Ertay T., Büyüközkan G.(2006); "A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach", *European Journal of Operational Research 171*, pp. 390–411.

Lambert DM, Cooper M C. (2000); "Issues in Supply Chain Management", *Industrial Marketing Management*, pp. 65–83.

Li D F Yang J B. (2004); "Fuzzy Linear Programming Technique for Multi Attribute Group Decision Making in Fuzzy Environments", *Information Sciences,* 158, pp. 263–275

Lin CT., Chiu H., Chu P Y.(2006); "Agility Index in the Supply Chain", *International Journal of Production Economics*, 100, pp. 285–299.

Lin CT., Chiu H., Tseng Y.H., (2006); "Agility Evaluation Using Fuzzy Logic", *International Journal of Production Economics*, 101, pp. 353-368.

Liu H., Kong F., (2005); "A New Madm Algorithm Based On Fuzzy Subjective and Objective Integrated Weights", *International Journal of Information and Systems Sciences Computing and Information*, Volume 1, Number 3-4, pp: 420–427

Lou P, Zhou Z, Chen Y.P, Ai W.(2004); "Study on Multi-Agent-Based Agile Supply Chain Management", *Int J Adv Manuf Technol*, pp. 23: 197–203.

Rao, RV (2006); "A Decision-making Framework Model for Evaluating Flexible Manufacturing Systems Using Digraph and Matrix Methods", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 30, pp. 1101–1110.

Rao RV. (2006); "A Material Selection Model Using Graph Theory and Matrix Approach", *Materials Science and Engineering* 431, pp.248–255.

Rao, RV. (2007); Decision Making in the Manufacturing Environment: Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods, Springer, London.

Rao, R V., Padmanabhan, K K. (2006); "Selection, Identification and Comparison of Industrial Robots Using Digraph and Matrix Methods", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 22, No. 4, pp.373–383.

Rao, RV., Padmanabhan, KK. (2007); "Rapid Prototyping Process Selection Using Graph Theory and Matrix Approach", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 194, No. 1-3, pp.81–88.

Ravi V, Shankar R, Tiwari M.K.(2005); "Productivity Improvement of a Computer Hardware Supply Chain", *International Journal of Productivity and Performance Management,* Vol. 54 No. 4, pp. 239-255.

Sánchez A.M., Pérez M.P., (2005); "Supply Chain Flexibility and Firm Performance", *International Journal of Operations & Production Management,* Vol. 25 No. 7, pp. 681-700.

Sharifi, H., Zhang, Z., (2000); "A Methodology for Achieving Agility in Manufacturing Organization: An Introduction"; *International Journal of Production Economics*, 62, 7–22.

Sharp, J.M., Irani, Z., Desai, S., (1999); Working Towards Agile Manufacturing in the UK Industry, *International Journal of Production Economics*, 62, pp. 155–169.

Spekman R.E., Spear J., Kamauff J.(2002); "Supply Chain Competency: Learning as a Key Component", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol 7 No 1, pp:41-55.

Swafford P.M, Ghosh .S, Murthy .N (2006); "The Antecedents of Supply Chain Agility of a Firm: Scale Development and Model Testing", *Journal of Operations Management*, 24, pp.170–188.

Tsourveloudis N C, Valavanis K P. (2002); "On the Measurement of Enterprise Agility", *Journal of Intelligent and Robotic Systems,* 33: 329–342, 2002.

Van Hoek R I, Harrison A, Christopher M (2001);" Measuring Agile Capabilities in the Supply Chain", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 No. 1/2, pp. 126-147.

Weber M M. (2002); "Measuring Supply Chain Agility in the Virtual Organization", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.32 No.7, PP.577-590.

Yusuf Y Y, Gunasekaran A, Adeleye E O, Sivayoganathan K.(2004); "Agile Supply Chain Capabilities: Determinants of Competitive Objectives", *European Journal of Operational Research,* 159, PP. 379–392.

Yang, S.L., Li, T.F., (2002); Agility Evaluation of Mass Customization Product Manufacturing, *Journal of Materials Processing Technology,* 129, pp. 640–644.

Zhang Z, Sharifi H. (2000); "A Methodology for Achieving Agility in Manufacturing Organisations", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20 No. 4, pp. 496-512.