اندازه‌گیری چابکی زنجیره‌ی تأمین با استفاده از پایگاه قوانین فازی و شاخص چابکی فازی در صنعت الکترونیک
(مورد مطالعه: شرکت پیشرانه‌ی ساری)

هانی قاسمی صاحبی [۱]
سیدمحمود زنجیرچی [۲]

چکیده

برای دستیابی به حاشیه‌ی رقابتی در محیط تجاری به‌سرعت در حال تغییر ، شرکت‌ها باید طوری با تأمین‌کنندگان و مشتریان در عملیات خط جریان منطبق شوند که برای دستیابی به سطحی از چابکی مأورای انتظار نایل شوند. در نتیجه، زنجیره‌های تأمین چابک، ابزار برجسته‌ی رقابتی هستند که می‌توانند در این راه کمک شایانی کنند. به‌سبب ابهام ارزیابی چابکی، بیشتر اندازه‌گیری‌ها به‌طور ذهنی و با استفاده از عبارات زبان‌شناختی یا زبانی توصیف می‌شوند. در این تحقیق ابعاد مختلف چابکی معرفی شده و چگونگی دستیابی شرکت پیشرانه به‌عنوان مطالعه‌ای موردی به چابکی در زنجیره‌ی تأمین مطالعه و بررسی می‌شود. نوآوری این تحقیق استفاده‌ی هم‌زمان از رویکرد پایگاه قوانین فازی و شاخص چابکی فازی است که برای نخستین‌بار در چنین تحقیقاتی صورت گرفته است. در نهایت پیشنهادهایی برای ارتقای سطح چابکی زنجیرهی تأمین شرکت مورد نظر و برای آینده ارائه می‌شود.

واژگان کلیدی: چابکی، منطق فازی، زنجیره‌ی تأمین چابک، رویکرد پایگاه قوانین فازی، شاخص چابکی فازی.

۱- کارشناس‌ارشد مدیریت صنعتی، آموزش‌عالی ادیب مازندران، ساری، ایران (نویسنده‌ی مسئول) Hani.ghassemi@gmail.com
۲- استادیار و عضو هیئت علمی گروه مدیریت صنعتی دانشگاه یزد، یزد، ایران
تاریخ دریافت : ۹۱/۴/۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۴

مقدمه

همزمان با شروع قرن ۲۱ دستیابی به موفقیت و بقای سازمان مشکل و مشکل‌تر می‌شود و این واقعیت ناشی از ظهور عصر تجاری جدیدی است که تغییر، یکی از خصوصیات اصلی‌اش است. این موقعیت بحرانی منجربه بازنگری اساسی در اولویت تجارت، دیدگاه راهبردی، قابلیت بقای مدل‌ها و روش‌های قراردادی و موقتی که تا حال توسعه یافته‌اند، می‌شود. در جهان امروز بیشترین تأکید بر قابلیت سازگاری با تغییر در محیط تجاری است و یک روش پیش‌کشی برای درک نیازهای مشتری و بازار، روش‌های تازه‌ی همکاری مانند سازمان‌های مجازی است. پارادایم (الگوی) ظاهرشده‌ی تولید چابک است که در مفهوم، یک گام به جلو و ایجاد معانی جدید برای عملکرد بهتر و موقعیت در تجارت بوده و در عمل نیز رویکردی راهبردی در تولید و درنظرگرفتن شرایط جدید محیط تجاری است[۱۵]. در محیط آشفته‌ای‌که شرکت‌های ما درآن مشغول فعالیت هستند، یکی از مهم‌ترین فاکتورهای بقا و پیشرفت چابکی آنهاست[۵]. چابکی زنجیره‌ی تأمین یکی از مهم‌ترین عوامل دستیابی به چابکی کل شرکت است و می‌تواند اهداف راهبردی شرکت در دنیای رقابت امروزه را برآورده کند[۸].

برتری این پژوهش در مقایسه با مقاله‌ها و پژوهش‌های مشابه، معیار بیشتر و در پی آن پایگاه قوانین فازی گسترده‌تر و بهره‌گیری همزمان از دو روش و در نهایت مقایسه ی آنهاست. همچنین در این مقاله علاوه بر میزان عددی چابکی، سطح چابکی نیز به دست می‌آید و تحلیل نموداری دوبه‌دوی معیارها نیز در نرم‌افزار صورت می‌گیرد. در واقع این تحقیق درصدد است تا با استفاده از پایگاه قوانین فازی و شاخص چابکی فازی مقدار و سطح چابکی زنجیره‌ی تأمین را تعیین‌کند.

مروری بر ادبیات تحقیق

هدف اصلی تحقیق ارزیابی و سنجش وضعیت مؤلفه‌های چابکی در زنجیره‌ی تأمین است. همچنین شناسایی عواملی که منجربه چابکی و نبود آن در زنجیره‌ی تأمین

می‌شوند و نیز ارائه‌ی پیشنهادهایی برای ارتقاء چابکی سازمان از هدف‌های فرعی این تحقیق است.

در تحقیقی‌که در این زمینه در سال ۱۳۸۱ به‌وسیله‌ی «غلامرضا خوش‌سیما» انجام شده، ابتدا یک مدل برای دستیابی به چابکی مطرح، سپس یک متدولوژی مبتنی‌بر دانش برای اندازه‌گیری چابکی ارائه شده است، بنابراین هر سازمانی برای دستیابی به چابکی باید دو توانمندی (پاسخ‌گویی و انعطاف‌پذیری) و یک شایستگی (نمونه‌سازی سریع) داشته باشد و هریک از توانمندی‌ها و شایستگی‌ها به تعدادی ابعاد و شاخص شکسته می‌شود. برای اندازه‌گیری چابکی از قوانین«اگر» (مقدمه‌ی فازی) و«آنگاه» (نتیجه‌ی فازی) استفاده شده است[۶]. «احمد جعفرنژاد» و «مریم درویش» در مطالعه‌ای موردی با عنوان «ارزیابی وسنجش چابکی در زنجیره‌ی تأمین»، با این ادعا که از نظر عملی هیچ روشی برای طراحی، اجرا و ارزیابی زنجیره‌های تأمین چابک وجود نداردکه محققان و کاربران به‌طورکامل آن را قبول داشته باشند، با درنظر گرفتن شاخص‌های انعطاف‌پذیری، پاسخ‌گویی، سرعت و شایستگی به‌عنوان شاخص‌های اصلی، چابکی یک زنجیره‌ی تأمین را سنجیده و عوامل محدودکننده‌ی چابکی در همین زنجیره‌ی تأمین را شناسایی‌کردند. بدین‌منظور با بررسی تحقیقات مربوطه زیرشاخص‌ها استخراج شدند و سپس با به‌کارگیری مدل‌های ریاضی و به کاربستن اعداد فازی شاخصی برای سنجش چابکی زنجیره‌ی تأمین، ارائه دادند[۲]. سرانجام احمد جعفرنژاد و همکاران در مطالعه‌ای موردی با عنوان «ارائه‌ی روشی برای اندازه‌گیری چابکی زنجیره‌ی تأمین با استفاده از ترکیب تئوری‌گراف، رویکرد ماتریسی و منطق فازی»، مدلی ساختاریافته‌ی مفهومی ارائه کرده و موانع اصلی چابکی زنجیره‌ی تأمین را در این مطالعه‌ی موردی شناسایی‌کرده‌اند[۱]. «جین» و همکاران[1][۱۳] در مقاله‌ای با عنوان رویکردی جدید برای ارزیابی چابکی زنجیره‌های

1. Jain et al.

تأمین با استفاده از استخراج قوانین با ترکیب فازی، انعطاف‌پذیری در تصمیم‌سازی‌ها را برای ارزیابی چابکی با هر دو معیار ملموس و ناملموس از قبیل انعطاف‌پذیری، سودآوری، کیفیت، ابتکار، بازدارندگی، سرعت پاسخ‌گویی، هزینه و استواری ارتقا بخشیدند. همچنین با بررسی قوانین طبقه‌بندی‌شده‌ی فازی هدف تحصیل دانش در چهارچوبی که در آن بدون هیچ محدودیتی ارزیابی چابکی برقرار می‌شود، قابل دستیابی است. «یاوچ»[1][۲۰] در مقاله‌ای با عنوان «اندازه‌گیری چابکی به‌عنوان یک خروجی عملکردی» یک شاخص چابکی‌کمّی بر مبنای ادراک چابکی به‌عنوان یک خروجی عملکردی را نشان می‌دهد که هر دو موضوع موفقیت یک سازمان و آشفتگی محیط تجاری‌اش را در نظر می‌گیرد.

برای پرکردن فاصله‌ی تحقیقاتی[2] تحقیقات مشابه در این زمینه که در ادبیات تحقیق به آنها اشاره شده است و اینکه هدف تحقیق اندازه‌گیری چابکی زنجیره‌ی تأمین است، از دو رویکرد شاخص چابکی فازی[3] و پایگاه قوانین فازی[4] به‌طور هم‌زمان استفاده و مقایسه شده است و عوامل اصلی برای بهبود سطح چابکی تعیین شده است. بنابراین نیازی به فرضیه نیست و تنها پرسش‌های پژوهشی کفایت می‌کند.

- ✓ زنجیره‌ی تأمین «شرکت پیشرانه» براساس پایگاه قوانین فازی و شاخص چابکی فازی در چه سطحی از چابکی قرار دارد؟
- ✓ عوامل اصلی برای کمک به مدیران برای بهبود سطح چابکی زنجیره‌ی تأمین کدامند؟

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نگاه هدف، کاربردی و از لحاظ استراتژی اجرا، پیمایشی است. با بررسی

1. Yauch.
2. Research gap.
3. FAI.
4. Fuzzy rule-based.

مدل‌های ارائه‌شده، ابتدا به ارائه‌ی مدلی برای چابکی زنجیره‌ی تأمین و سپس به تشریح آن پرداخته می‌شود. بنابراین، دو روش برای این تحقیق در نظرگرفته شده است:

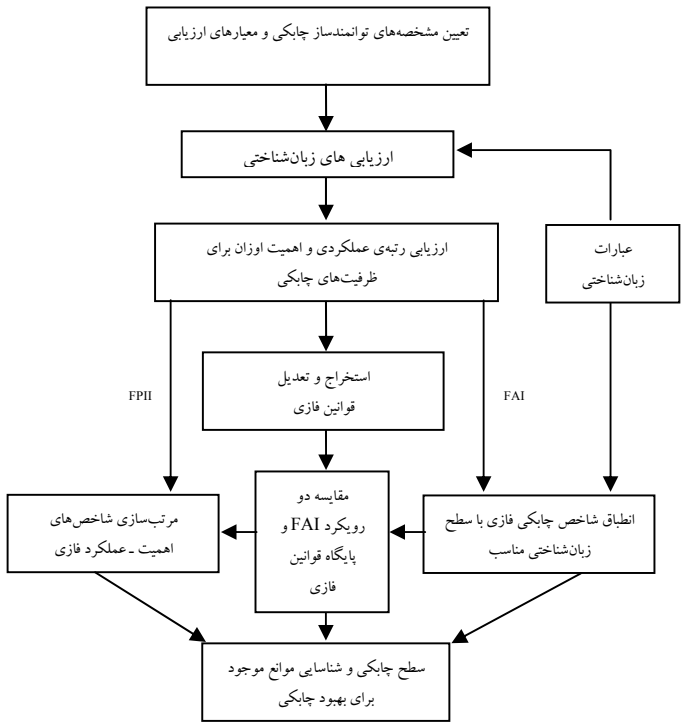
روش نخست: ارزیابی چابکی با رویکرد پایگاه قوانین فازی؛[1]

روش دوم: ارزیابی چابکی با استفاده از شاخص چابکی فازی.

این روش‌ها برای اندازه‌گیری دو ویژگی دارند:

- با توجه به ابهام ذاتی و مفهومی چندمعیاره‌ای که در تعریف چابکی وجود دارد می توان منطق فازی و متغیرهای‌کلامی را راهکار مناسبی برای ارزیابی چابکی دانست. رویکرد پایگاه قوانین فازی براساس اجماع نظرات خبرگان و تحلیل آنها حالتی نرم افزاری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. شاخص چابکی فازی نیز میزانی از ارزش‌ها را بیان می‌کند که یک تصویر کلی درباره‌ی احتمال چابکی سازمان و اطمینان از تصمیم گرفته‌شده می‌دهد.
- این مدل‌ها به‌شکلی نظام‌مند عوامل ضعیف را در سازمان شناسایی می‌کنند و ابزاری در اختیار مدیران قرار می‌دهند تا به‌وسیله‌ی آن طرح‌هایی برای بهبود شرایط ارائه کنند.

1. Fuzzy rule-based approach.



شکل ۱. روش انجام کار

۳-۱. جامعه‌ی آماری

افراد پاسخ‌دهنده‌ی شرکت پیشرانه شامل افراد متخصص برای تکمیل پرسشنامه هستند. این خبرگان از بخش‌های مختلفی که با مفهوم چابکی در ارتباط هستند، انتخاب شده‌اند که شامل بخش‌های زیر می‌باشند: بخش مدیریت ارشد (مدیرعامل)، بخش معاونت تولید و سیستم‌ها، بخش طرح و برنامه، بخش کنترل کیفی و بخش معاونت تحقیق و توسعه.

۳-۲. ابزار گردآوری داده

برای جمع‌آوری اطلاعات در این تحقیق از روش میدانی و از ابزار زیر استفاده شد:

۱. اینترنت، ۲. کتاب‌ها و مجلات، ۳. پرسشنامه و ۴. مصاحبه.

به‌منظور اطمینان نهایی از ابزار اندازه‌گیری و پیش از به‌کارگیری آن در مرحله‌ی اصلیِ جمع‌آوری داده‌ها، ضرورت دارد که پژوهشگر از راه علمی، اطمینان نسبی لازم را نسبت‌به روابودن استفاده از ابزار مورد نظر و معتبربودن آن پیداکند[۴]، بنابراین معمولاً برای سنجش میزان مناسب‌بودن ابزار اندازه‌گیری (پرسشنامه) دو مؤلفه سنجیده می‌شود: روایی (اعتبار)[1] و پایایی (دقت)[2].

به‌منظور تضمین روایی پرسشنامه‌های تحقیق از چهارچوب و معیارهای مدل ارزیابی چابکی زنجیره‌ی تأمین و همچنین مقاله‌ها و تحقیق‌های مشابه در این زمینه، استفاده شده که در این راستا، قابل فهم‌بودن پرسش‌ها، مرتبط‌بودن هدف آزمون با پرسش‌های مطرح‌شده و حذف سؤال‌های نامربوط مورد نظر بوده است. در نهایت، با استفاده از نظر خبرگان و استادان این پرسشنامه در چندین مرحله تعدیل یافته و مطابق ویژگی‌های شرکت پیشرانه بومی‌سازی شده است.

برای محاسبه‌ی پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. برآورد آلفای کرونباخ نشان می‌دهد که ارتباط درونی مؤلفه‌ها (پرسش‌ها) پرسشنامه تا چه حدی است [۹]. در این پژوهش از دو پرسشنامه استفاده شده است. آلفای کرونباخ کل پرسشنامه‌ی «۱» برابر ۰/۸۵۲ به‌دست آمده است. با توجه به اینکه این مقدار از حداقل قابل قبول (۰/۶) بیشتر است، پایایی پرسشنامه مورد تأیید قرار می‌گیرد. پایایی ابعاد پرسشنامه‌ی «۲» براساس آلفای کرونباخ مقداری بین ۰/۷۳۷ تا ۰/۹۴۸ را نشان می‌دهد و آلفای کل پرسشنامه برابر ۰/۹۵۱ بوده است. با توجه به این مقادیر نیز، پایایی پرسشنامه‌ی «۲» تأیید می‌شود.

براساس مطالعات انجام‌شده‌ی قبلی، مشخصه‌های توانمندسازهای چابکی را می‌توان در چهار طبقه دسته‌بندی کرد: تشریک‌مساعی، انسجام فرایندی، یکپارچگی اطلاعات

1. Validity.
2. Reliability.

و حساسیت مشتری. بر این اساس، شرکت‌ها می‌توانند ریزمشخصه‌هایی را شناسایی کنندکه بر روی دستیابی به چابکی تأثیر دارند (جدول۱).

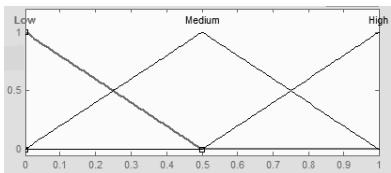
جدول ۱. معیارهای مربوط به اندازه‌گیری چابکی

معیارهای مربوط به تشریک مساعی	$ASCA_{11}$- وجود روابط مبتنی بر اعتماد با مشتریان و تأمین کنندگان . . .
. . .	. . .
معیارهای مربوط به حساسیت مشتری	. . . $ASCA_{47}$- معرفی و شناسایی سریع محصولات

۳-۳. فنون تجزیه‌وتحلیل اطلاعات

۳-۳-۱. تحلیل به‌کمک پایگاه قوانین فازی

به‌طور کلی چهار معیار اصلی در ارزیابی سطح چابکی زنجیره‌ی تأمین در نظر گرفته شد که با توجه به طیف ۳تایی فازی (کم، متوسط، زیاد)، ۸۱ حالت قانون وجود دارد که با محاسبات ریاضی نیز محاسبه می‌شود($۳^۴$=۸۱).



شکل ۲. تابع عضویت متغیرهای زبانی[۱۱]

برای دریافت نظر خبرگان و مشخص‌کردن سطح چابکی شرکت با توجه به وزن شاخص‌ها، پرسشنامه‌ای با ۸۱ حالت قانون طراحی و میان خبرگان توزیع شد.

پاسخ‌های هر حالت سؤال از پرسشنامه به‌صورت پیوستار سه گزینه‌ای شامل الف) کم (L)[1]، ب) متوسط (M)[2] و ج) زیاد (H)[3] تعیین شد. پس از گردآوری پرسشنامه‌ها از آنجا که پاسخ‌ها در پرسشنامه به‌صورت اعداد کیفی سه‌گزینه‌ای از کم تا زیاد قید شده بود، برای تبدیل این اعداد به اعداد فازی به هریک از گزینه‌ها یک عدد مثلثی فازی همانند جدول ۲ تخصیص داده شد. در این رویکرد که از روش مُد بهره گرفته شده است، تنها در دو قانون نظرات خبرگان با هم همگرا نیستند، ولی در بقیه‌ی قوانین مقداری از سطح چابکی را که بیشترین فراوانی را دارد، در نظرگرفته و با توجه به وزن داده‌شده از سوی خبرگان، پایگاه قوانین تکمیل شد. بنابراین ۷۹ پایگاه قانون فازی برای اندازه‌گیری سطح چابکی استخراج شد.

جدول۲. طیف و اعداد فازی [۱۱]

عبارات کلامی	اعداد فازی
کم	(۰/۵ ;۰/۰;۰/۰)
متوسط	(۰/۰; ۰/۵;۱/۰)
زیاد	(۰/۵; ۰/۵;۱/۰)

در نهایت سطح چابکی در زنجیره‌ی تأمین با توجه به وزن معیارها همان‌گونه که در پرسشنامه‌ی «۱» پیش‌بینی شده است، به‌صورت اگر و آنگاه فازی در نرم‌افزار MATLAB نوشته شده و رفتار زنجیره در حالت‌های مختلف بررسی می‌شود که برای نمونه یک قانون از آن مجموعه قوانین بیان می‌شود:

***قانون۱**: اگر معیارهای مربوط به تشریک مساعی، انسجام فرایندی، انسجام اطلاعاتی و حساسیت مشتری پایین باشند، آنگاه سطح چابکی زنجیره پایین خواهد بود.*

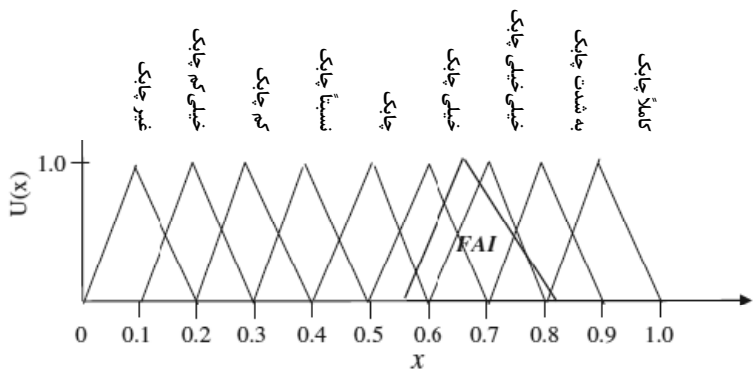
تمام قوانین تعریف‌شده از سوی افراد خبره در مدل «ممدانی»[4] که در جعبه‌ابزار فازی نرم‌افزار MATLAB [5] توسعه داده شده، تنظیم شده است. روش ماکزیمم ـ

1. Low (L).
2. Medium (M).
3. High (H).
4. Mamdani.
5. Matlab Fuzzy Toolbox.

مینیمم[1] برای مکانیزم تراکم[2] و روش مرکز ثقل[3] برای فرایند دیفازی‌سازی[4] خروجی‌های فازی به‌کاربرده می‌شود.

۳-۳-۲. تحلیل به کمک شاخص چابکی فازی

در این روش مجموع پرسش‌ها ۲۴ سؤال بوده که هر سؤال از دو بخش اندازه‌گیری شاخص‌ها و تعیین میزان اهمیت آنها تشکیل‌شده است. از این میان ۸ پرسش مربوط به تشریک‌مساعی و ۵ پرسش مربوط به انسجام فرایندی و ۴ پرسش مربوط به انسجام اطلاعاتی و ۷ پرسش مربوط به حساسیت مشتری است. در تکمیل پرسشنامه‌ی «۲» نیز از همان خبرگان پرسشنامه‌ی «۱» استفاده شده است.



شکل ۳. تابع عضویت متغیرهای زبانی [۱۴]

برای پرهیز از پیچیدگی زیاد، پاسخ‌های هر پرسش از پرسشنامه به‌صورت پیوستار هفت‌گزینه‌ای شامل خیلی‌خیلی‌ضعیف(W)[5] تا عالی(E)[6] تعیین شد. پس از گردآوری

1. Max-min method.
2. Aggregation mechanism.
3. Centroid method.
4. Defuzzification process.
5. Worst (W).
6. Excellent (E).

پرسشنامه‌ها از آنجا که پاسخ‌ها در پرسشنامه به‌صورت اعداد کیفی هفت‌گزینه‌ای از خیلی‌خیلی‌ضعیف تا عالی قید شده بود، برای تبدیل این اعداد به اعداد فازی به هریک از گزینه‌ها یک عدد مثلثی فازی همانند جدول ۳ تخصیص‌داده شد.از آنجایی که اهمیت (وزن) معیارها و زیرمعیارها برای ارزیابی، اهمیت دارد، از این‌رو معیارها و زیرمعیارها نیز در قالب پرسشنامه‌ای با پاسخ‌های هفت‌گزینه‌ای از فوق‌العاده مهم (VH)[1]، تا بی‌اهمیت (VL)[2]در نظر گرفته می‌شوند. به هریک از گزینه‌ها یک عدد مثلثی فازی همانند جدول ۳ تخصیص‌داده شد. مقادیر اوزان هر زیرشاخصه میزان اهمیت زیرشاخصه را در شاخص مربوط به خود نشان می‌دهد.

جدول ۳ . نمایش اعداد فازی مثلثی ارزیابی عملکرد و اهمیت معیارها [۱۴]

مقیاس‌های زبانی ارزیابی عملکرد	مقیاس‌های زبانی اهمیت شاخص‌ها	اعداد فازی مثلثی دو مقیاس زبانی
خیلی خیلی ضعیف	**بی اهمیت**	**(۰/۱۵;۰/۰۵;۰/۰)**
خیلی ضعیف	**خیلی کم اهمیت**	**(۰/۳;۰/۲;۰/۱)**
ضعیف	**کم اهمیت**	**(۰/۵;۰/۳۵;۰/۲)**
متوسط	**اهمیت متوسط**	**(۰/۷;۰/۵;۰/۳)**
خوب	**مهم**	**(۰/۸;۰/۶۵;۰/۵)**
خیلی خوب	**خیلی مهم**	**(۰/۹;۰/۸;۰/۷)**
عالی	**فوق العاده مهم**	**(۱/۰;۰/۹۵;۰/۸۵)**

روش‌شناسی میانگین فازی به‌عنوان ابزار اصلی در این بخش استفاده می‌شود. متوسط رتبه‌بندی فازی R_j و متوسط وزن‌دهی فازی W_j به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\mathbf{R_j} = \mathbf{(a_j, b_j, c_j)} = \mathbf{(R_{j1} + R_{j2} + \cdots + R_{jm})/m}$$
$$\mathbf{W_j} = \mathbf{(x_j, y_j, z_j)} = \mathbf{(W_{j1} + W_{j2} + \cdots + W_{jm})/m}$$
$$\mathbf{R_{11}} = \mathbf{(0.46, 0.62, 0.78)}$$
$$\mathbf{W_{11}} = \mathbf{(0.62, 0.74, 0.86)}$$

1. Very High (VH).
2. Very Low (VL).

به شیوه‌ی مشابه سایر R_jها و W_jها محاسبه می‌شود.

برای تعیین سطح چابکی، فاصله‌ی عدد FAI با هرکدام از سطوح چابکی محاسبه می‌شود و نزدیک‌ترین عبارت با کمترین فاصله به‌عنوان سطح چابکی در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق از روش فاصله‌ی اقلیدوسی[1] استفاده می‌شود [۱۲] که در آن U_{FAI} تابع عضویت چابکی محاسبه‌شده و U_{AL} تابع عضویت دامنه‌ی زبانی است.

$$d(FAI, AL_{\mathrm{i}}) = \left\{ \sum_{x \in F} \left(U_{\mathrm{FAI}}(\mathrm{x}) - U_{AL_{\mathrm{i}}}(\mathrm{x}) \right)^2 \right\}^{1/2}$$

یافته‌های پژوهش و مقایسه

با توجه به قوانین تعدیل‌شده، سطح چابکی را به‌صورت نقطه‌ای و برش فازی برای هریک از معیارهای چهارگانه در دامنه‌ی[۱ و ۰] می‌توان تخمین زد؛ یعنی با قرار دادن اعداد مختلف برای معیارها در دامنه‌ی[۱ و۰]، خروجی سطح چابکی زنجیره‌ی تأمین را حساب‌کرد. بدین‌ترتیب آن حالت نرم‌افزاری که پیش از این به آن اشاره شده بود به‌دست می‌آید و می‌توان سطح چابکی شرکت را با توجه به معیارهای مورد نظر ارزیابی‌کرد. با توجه به نظرات خبرگان شرکت و استخراج قوانین، به‌طور دقیق در ۱۳ قانون، سطح چابکی زنجیره حداکثر، در ۵۱ قانون، سطح چابکی متوسط و در ۱۵ قانون سطح چابکی حداقل است که با توجه به تعدد نظرات در سطح چابکی خاص، وزن آن نیز در نرم‌افزار در نظر گرفته شده است.

از آنجایی‌که متوسط رتبه‌بندی فازی و متوسط وزن‌دهی فازی در بخش‌های قبل به‌دست‌آمده، با توجه به فرمول FAI میزان چابکی به‌دست می‌آید:

$$\boldsymbol{FAI = (0.455, 0.620, 0.749)}$$

$$\boldsymbol{D(FAI, EA) = 1.8132} \qquad \boldsymbol{D(FAI, DA) = 1.8132}$$
$$\boldsymbol{D(FAI, HA) = 0.4325} \qquad \boldsymbol{D(FAI, VA) = 1.3727}$$

1. Euclidean Distance.

$$\boldsymbol{D(FAI,F)=1.8132} \qquad \boldsymbol{D(FAI,A)=1.4720}$$
$$\boldsymbol{D(FAI,LA)=1.8132} \qquad \boldsymbol{D(FAI,SA)=1.8132}$$
$$\boldsymbol{D(FAI,S)=1.8132}$$

با توجه به مطابقت متغیر زبانی با کمترین D زنجیره‌ی تأمین شرکت پیشرانه، خیلی چابک ارزیابی می‌شود.

برای استخراج فاکتورهایی با رتبه‌ی عملکردی کم و اهمیت زیاد برای هر مشخصه‌ی توانمندساز چابکیi ، شاخص اهمیت ـ عملکرد فازی محاسبه می‌شود. اگر میزان *FPII* کاهش یابد درجه‌ی مشارکت آن فاکتور در چابکی زنجیره‌ی تأمین کاهش می یابد. جدول ۴ میزان *FPII* محاسبه‌شده برای هر شاخصه را نشان می‌دهد. از آنجایی که اعداد فازی مجموعه‌های منظمی مانند اعداد حقیقی نیستند، *FPII*ها بایستی رتبه‌بندی شوند.

$$\mathrm{FPII_i} = R_{\mathrm{i}}[(1,1,1) - W_i[\mathbf{FPII_{11}} = (\mathbf{0.1748, 0.1612, 0.1092})$$

غیرفازی‌کردن نقطه‌ای است که بهترین نماینده‌ی فازی است. برای تبدیل اعداد فازی به مقادیر قطعی، از روش امتیاز قطعی استفاده می‌کنیم. اگر عدد فازی موجود مثلثی باشد، در این صورت امتیاز کل از فرمول‌های زیر به‌دست می‌آید[۳].

$$\mu_{\mathrm{r}}(\mathrm{A}) = \frac{\mathrm{m}+\beta}{2(1+\beta)} + \frac{m}{2(1+\alpha)}\,\boldsymbol{\mu_{\mathrm{r}}(\mathrm{FPII_{11}}) = 0.2033}$$

دیگر مقادیر در جدول ۴ مشخص‌شده است.

جدول ۴. میزان *FPII* محاسبه‌شده برای شاخصه‌ها

$\mathbf{ASCA_i}$	***FPII***	***Ranking Score***
$\mathbf{ASCA_{11}}$	(۰/۱۷۴۸;۰/۱۶۱۲;۰/۱۰۹۲)	۰/۲۰۳۳
۰	۰	۰
۰	۰	۰
۰	۰	۰
$\mathbf{ASCA_{15}}$	(۰/۱۵۶۴;۰/۱۶۹۶;۰/۱۲۹۶)	۰/۱۹۳۵
۰	۰	۰
۰	۰	۰
۰	۰	۰
$\mathbf{ASCA_{47}}$	(۰/۱۳;۰/۱۵۴;۰/۱۲۴)	۰/۱۶۹۳

در پالایش عوامل از قانون ($\frac{80}{20}$) یا اصل پارتو استفاده شده است. عدد ۰/۲ به‌عنوان حدآستانه برای شناسایی عواملی‌که نیازمند بهبود هستند، در نظرگرفته شده است.

در مقایسه با مقاله‌ای مشابه از سوی خوش‌سیما و همکاران که در سال۱۳۸۵ با عنوان بررسی چابکی سازمان‌های تولیدی در صنعت الکترونیک ایران با استفاده از منطق فازی صورت‌گرفت:

- ✓ برتری این پژوهش معیار بیشتر و به‌تبع آن پایگاه قوانین گسترده‌تری نیز هست.
- ✓ این مقاله از یک شیوه‌ی پایگاه قواعد فازی برای دستیابی به میزان چابکی سازمان استفاده کرده، درحالی‌که این پژوهش علاوه بر آن، روش شاخص چابکی فازی را نیز استفاده کرده و نتایج را مقایسه کرده است.
- ✓ در مقاله‌ی یادشده فقط میزان عددی چابکی تعیین‌شده، درحالی‌که در این پژوهش علاوه برآن، سطح چابکی نیز تعیین‌شده است.

برتری این پژوهش در مقایسه با مقاله‌ای از سوی لین و همکاران در سال ۲۰۰۶ با عنوان ارزیابی چابکی با استفاده از منطق فازی و جعفرنژاد و همکاران در سال ۱۳۸۸با عنوان ارزیابی و سنجش چابکی در زنجیره‌ی تأمین:

- ✓ این پژوهش علاوه بر شاخص چابکی فازی، از رویکرد دیگری برای ارزیابی چابکی بهره‌گرفته است که حالتی نرم‌افزاری داشته و سطح چابکی را با توجه به مقدار قطعی معیارها به‌دست می‌آورد.
- ✓ در این پژوهش از معیارها دوبه‌دو تحلیل نموداری صورت گرفته است.

یکی از پرسش‌های اصلی تحقیق این بود که:

سطح چابکی زنجیره‌ی تأمین شرکت پیشرانه چگونه است؟

پس از استخراج قوانین فازی و تعدیل آن، حالت نرم‌افزاری‌ای به‌وجود آمد که می‌توان با توجه به وضعیت‌های مختلف شرکت، با توجه به معیارهای مورد نظر،

سطح چابکی زنجیره را به‌صورت یک عدد قطعی به‌دست آورد. با توجه به شاخص FAI به‌دست‌آمده و با توجه به مطابقت متغیر زبانی با کمترینD زنجیره‌ی تأمین، شرکت پیشرانه خیلی چابک ارزیابی می‌شود که در مقایسه با روش پایگاه قوانین فازی نیز این نتیجه همگراست و در واقع اندازه‌گیری هم‌زمان سطح و مقدار عددی چابکی زنجیره نوآوری این مقاله است.

پرسش دیگر اینکه: موانع اصلی در بهبود سطح چابکی شرکت پیشرانه کدامند؟ موانعی‌که برسر راه چابکی زنجیره‌ی تأمین شرکت پیشرانه قرار دارد، به‌کمک شاخص $FPII$ تعیین‌می‌شوند. با توجه به اعداد به‌دست‌آمده برای این‌شاخص چهار معیارِ:

۱. معرفی و شناسایی سریع محصولات (مانع۱) با میزان ۰/۱۶۹۳؛

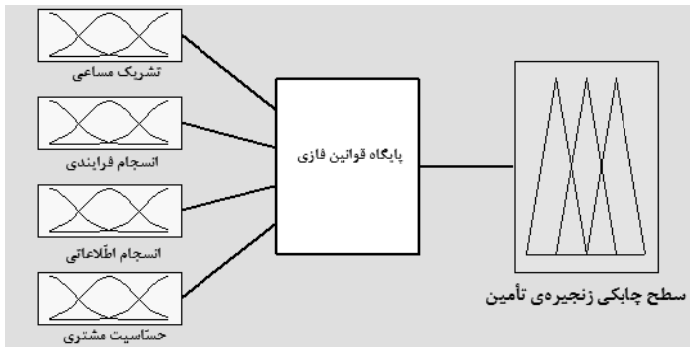
۲. تسهیل‌سازی تصمیم‌گیری‌های سریع (مانع۲) با میزان ۰/۱۷۸۸؛

۳. محصولات مشتری‌محور (مانع۳) با مقدار ۰/۱۸۰۰ و

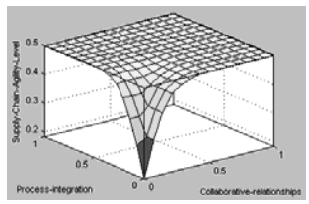
۴. رابطه‌ی نزدیک با تأمین‌کنندگان (مانع۴) با مقدار ۰/۱۹۳۵،

مهم‌ترین عواملی هستند که برای افزایش چابکی بایستی بهبود یابند.

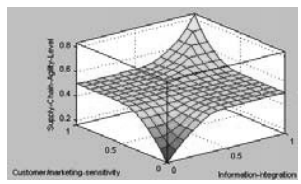
معیارها دوبه‌دو متناظر یعنی در واقع شش حالت در ارزیابی سطح چابکی مقایسه شدند که این نتایج در نرم‌افزار به‌دست آمده است. این شش حالت در شکل‌های ۵ و۶ خلاصه شده است. نتایج ترسیم نمودارهای سطح چابکی نشان می‌دهد که رفتار معیارها به‌نسبت مشابه بوده و همگی این نمودارها شبیه نمودار ۵ هستند که به‌محض افزایش شاخص، مقدار چابکی افزایش می‌یابد و شیب آن نیز به‌صورت صعودی‌کاهنده است. ولی در شکل ۶ این رفتار کمی متفاوت است و شیب صعودی آن تا مقدار نیمه (۰/۵) معیارهای مورد نظر کاهنده بوده، اما از آنجا به بعد افزاینده خواهد شد.



شکل ۴. مدل مفهومی



شکل ۵. تصویرنمای دوبعدی معیارها در ارزیابی سطح چابکی زنجیره‌ی تأمین



شکل ۶. تصویرنمای معیارهای انسجام اطلاعاتی و حساسیت مشتری در ارزیابی سطح چابکی

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابعاد مختلف چابکی معرفی و چگونگی دستیابی شرکت پیشرانه به‌عنوان مطالعه‌ای موردی به چابکی در زنجیره‌ی تأمین مطالعه و بررسی شد. نوآوری این تحقیق استفاده‌ی هم‌زمان از رویکرد پایگاه قوانین فازی و شاخص چابکی فازی است که برای نخستین‌بار در چنین تحقیقاتی انجام شده است. هرچندکه این زنجیره‌ی تأمین خیلی چابک ارزیابی‌شده است، ولی با توجه به دامنه‌ی زبانی هنوز

فاصله‌ی زیادی تا رسیدن به چابکی که به شرکت کمک کند تا در خصوص مواجهه با تغییرات سریع بازار بتواند با انعطاف بیشتر به‌منظور تولید و ارائه‌ی محصول مطابق با سلیقه‌ی مشتریان باشد، دارد.

گام‌های اجرایی به‌ترتیب شامل این مراحل بوده است: انتخاب معیاری برای ارزیابی و جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های پیمایشی، تعیین یک مقیاس مناسب برای ارزیابی رتبه‌ی عملکردی و اهمیت اوزان برای ظرفیت‌های چابکی، استخراج قوانین فازی برای دستیابی به سطح چابکی سازمان، تعدیل قوانین پس از جمع‌آوری نظرات خبره، جمع‌کردن رتبه‌های فازی با اوزان فازی برای دستیابی به شاخص چابکی فازی سازمان، مرتب‌کردن شاخص‌های اهمیت ـ عملکرد فازی و نزدیک‌شدن به عبارت‌های چندگانه با استفاده از اعداد فازی.

با معرفی و پیروی از مدل مفهومی سطح چابکی زنجیره‌ی تأمین و زنجیره‌ی تأمین چابک، به ارزیابی چگونگی زنجیره‌ی تأمین شرکت پیشرانه براساس هریک از مراحل یادشده پرداخته شده است.

با توجه به جدول ۳، $FPII$های محاسبه‌شده و موانع اصلی پیش‌روی شرکت در چهار حوزه‌ی گفته‌شده، پیشنهادهای زیر با کمک خبرگان شرکت و با توجه به موانع یادشده برای بهبود چابکی ارائه می‌شوند:

۱. توجه بیشتر به بحث تبلیغات و به‌روزکردن آن و استفاده از فرصت‌های تبلیغاتی در نمایشگاه‌ها و همایش‌های شرکت (مانع۱)؛

۲. رهبری مسئولیت سیار در حوزه‌های‌کاری، یعنی واگذاری اختیار و مسئولیت به تک‌تک کارکنان شرکت و ارزیابی مستمر آنها (مانع۲)؛

۳. نزدیکی بیشتر شرکت به مشتریان از طریق حضور منظم مدیران در بازار و شنیدن نقطه‌نظرات فروشندگان و مشتریان (مانع۳)؛

۴. تمرکز بر توانمندسازی کارکنان متعهد (مانع۲)؛

۵. ایجاد ارزش افزوده برای مشتریان از طریق ارائه‌ی محصولات متنوع با کیفیت خدمات بالا (مانع۳)؛
۶. افزایش انسجام در فعالیت‌های شرکت از طریق طراحی و به‌کارگیری سیستم‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری(مانع۲)؛
۷. به‌کارگیری روحیه‌ی گروهی و افزایش تعاملات بینِ بخشی از طریق تشکیل و توانمندسازی کمیته‌های مختلف کاری برای افزایش قدرت پاسخ‌دهی شرکت به متغیرهای بیرونی(مانع۲و۴)؛
۸. اتخاذ برنامه‌های بازاریابی منطقه‌ای و استفاده از ظرفیت بازاریابی هریک از مناطق (مانع۳و۲و۱)؛
۹. قیمت‌گذاری پویا (مانع۱و۴).

پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده:

* کار بر روی بومی‌سازی مدل با استفاده از نظرهای اندیشمندان و صاحبان صنایع داخلی؛
* ارزیابی درجه‌ی چابکی زنجیره‌ی تأمین دیگر صنایع مانند صنعت نفت، فرش و خودرو ایران با استفاده از مدل.

منابع و مآخذ

۱. جعفرنژاد، احمد؛ محقر، علی؛ درویش، مریم و یاسایی، مهرداد، **ارائه‌ی روشی برای اندازه‌گیری چابکی زنجیره‌ی تأمین با استفاده از ترکیب تئوری‌گراف، رویکرد ماتریسی و منطق فازی**، فصلنامه‌ی پژوهشنامه‌ی بازرگانی، شماره‌ی ۵۴، ۱۳۸۹، ص ۱۶۹-۱۴۵.

۲. جعفرنژاد، احمد و درویش، مریم ، **ارزیابی و سنجش چابکی در زنجیره‌ی تأمین**، پژوهشنامه‌ی مدیریت اجرایی، سال نهم، شماره‌ی۲ (پیاپی۳۶)، ۱۳۸۸، ص۶۲-۳۹.

۳. جهانشاهلو، غلامرضا؛ حسین‌زاده لطفی، فرهاد و نیکومرام، هاشم، **تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن**، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۸۷.

۴. خاکی، غلامرضا، **روش تحقیق در مدیریت**، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ۱۳۷۹.

۵. خوش‌سیما، غلامرضا؛ جعفرنژاد، احمد؛ محقر، علی و لوکس، کارلو، **بررسی چابکی سازمان‌های تولیدی در صنعت الکترونیک ایران با استفاده از منطق فازی**، نشریه‌ی بین‌المللی علوم مهندسی، شماره‌ی ۵، جلد۱۷، ۱۳۸۵، ص۱۵-۷، دانشگاه علم وصنعت ایران.

۶. خوش‌سیما، غلامرضا، **اندازه‌گیری چابکی سازمان‌های تولیدی در صنعت الکترونیک ایران با استفاده از منطق فازی**، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.

۷. شعبانی‌نیا، فریدون و سعیدنیا، سینا، **مقدمه‌ای بر منطق فازی با استفاده ازMATLAB**، انتشارات خانیران، تهران، ۱۳۸۸.

۸. گودرزی، غلامرضا و محمدی، محسن، **زنجیره‌ی تأمین چابک، مفاهیم، الزامات و موانع**، دومین کنفرانس لجستیک و زنجیره‌ی تأمین، ۱۳۸۵.

۹. هیز، باب، **اندازه‌گیری رضایت خاطر مصرف‌کننده**، مترجم: نسرین جزنی، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، تهران: (۱۹۹۲)۱۳۸۱.

10. Delgado, M., Verdegay, J.L. & Vila, v. (1993). **Linguistic decision making models**, *Int. J. Intel. Systems*, 7, 479–492.
11. Fernández, A., del Jesus, M. J., Herrera F. (2010). *Information Sciences*, 180(8), 1268-1291.
12. Guesgen H, Albrecht J.& Grundner S. (2000). **Erosion Modeling in a Raster-Based GIS with Fuzzy Logic**. *In Proceedings FLAIRS-2000, American Association for Artificial Intelligence, Orlando, Florida*.
13. Jain, V., Benyoucef, L. & Deshmukh, S.G. (2008). **A new approach for evaluating agility in supply chains using Fuzzy Association Rules Mining**, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21, 367–385.
14. Lin, C.-T., Chiu, H. & Chu, P.-Y. (2006). "**Agility index in the supply chain**", *International Journal of Production Economics*, 100(2), 285–299.
15. Sharifi, H., Zhang, Z. (1999). **A methodology for achieving agility in**

manufacturing organization: An introduction, *International Journal of Production Economics*, 62, 7–22.

16. Sharifi, H., Ismail, H.S. & Reid, I. (2006). **Achieving agility in supply chain through simultaneous "design of" and "design for" supply chain**, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(8), 1078-1098.
17. Sharp, J.M., Irani, Z. & Desai, S. (1999). **Working towards agile manufacturing in the UK industry**, *International Journal of Production Economics*, 62 (1 & 2), 155–169.
18. Stevens, G. (1989). **Integrating the supply chain**, *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 19 (1), 3–8.
19. Vonderembse, M.A., Uppal, M., Huang, S.H., Dismukes, J.P. (2006). **Designing supply chains: towards theory development**. *International Journal of Production Economics*, 100 (2), 223–238.
20. Yauch, C.A. (2011). **Measuring agility as a performance outcome**, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(3), 384-404.
21. Zadeh, L. A. (1965). **"Fuzzy sets"**, *Information and Control*, 8, 338‑353.
22. Zadeh, L.A. (1975). **The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning**, *Inform. Sci.* 8,199–249; 8, 310–357; 9, 43–80.