مدیریت صنعتی
دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
دوره ۴، شماره ۲
پاییز و زمستان ۱۳۹۱
صص ۱۵۲-۱۳۵

رتبه‌بندی و انتخاب توانمندسازنده‌های تولیدی برای رسیدن به تولید چابک به‌کمک روش‌های ای.ان.پی و دیماتیل (مطالعه موردی: گروه بهمن موتور)

مسعود کسایی[۱]، مجتبی فرخ[۲]، حمیدرضا طلایی[۳]

چکیده: چابکی وسیله رقابتی برای همه سازمان‌ها است که در محیط نامطمئن و درحال تغییر امروز مطرح است. بسیاری از شرکت‌ها در محیط رقابتی کنونی، نیازمند برنامه‌ریزی راهبردی برای رسیدن به چابکی هستند. در این برنامه‌ریزی آنها می‌بایستی راهبردهایی را برای سرمایه‌گذاری روی قابلیت‌ها و توانمندسازنده‌های چابکی شناسایی و تدوین کنند. در واقع هر شرکتی برای رسیدن به چابکی، نیازمند داشتن میزان متفاوتی از قابلیت‌ها و سرمایه‌گذاری روی توانمندسازنده‌هایی برای رسیدن به این قابلیت‌ها است. هدف اصلی این نوشتار، به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای رتبه‌بندی و انتخاب توانمندسازنده‌های تولیدی برای ارتقای چابکی شرکت‌ها است. برای این امر، پژوهش پیش رو از یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره با ترکیب روش‌های ای.ان.پی و دیماتیل استفاده کرده است. طی فرایند اجرایی پژوهش، بعد از شناسایی قابلیت‌ها و توانمندسازنده‌های چابکی در صنعت خودرو، به تعیین روابط شبکه‌ای بین قابلیت‌ها و سپس اولویت‌بندی توانمندسازنده‌ها خواهیم پرداخت. توانمندسازنده‌های انتخاب‌شده بر اساس مطالعات گسترده‌ای است که محققان در پژوهش‌های دیگر آن را توانمندسازنده‌های راهبردی شناسایی کرده‌اند. در پایان نیز برای تشریح بهتر روش پیشنهادی به یک مطالعه موردی نیز اشاره خواهد شد و پیشنهادهایی نیز در این مورد برای ارتقای سطح چابکی ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تولید چابک، قابلیت‌های چابکی، توانمندسازنده‌های چابکی، ای.ان.پی.، دیماتیل.

۱. استادیار دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۱/۰۳/۱۱
نویسنده مسئول مقاله: مجتبی فرخ
E-mail: M.Farrokh@sbu.ac.ir

مقدمه

چابکی به‌طور کلی توانایی یک شرکت برای درک تغییرات محیطی و سپس پاسخ‌گویی سریع و کارا به این تغییرات است. این تغییرات محیطی می‌توانند تغییرات فناوری و کاری یا تغییر در نیاز مشتری باشند (Yusuf, 1999). واژه «چابک» توصیف‌گر سرعت و قدرت پاسخ‌گویی در هنگام روبه‌رویی با رویدادهای داخلی و خارجی شرکت است. در حقیقت شرکت‌های چابک سریع‌السیر، سازگار و قدرتمند هستند و به تغییرات ناگهانی، فرصت‌های جدید بازار و نیازمندی‌های مشتری پاسخ سریع می‌دهند (Zhang & Sharifi, 2000).

بسیاری از شرکت‌ها در محیط رقابتی کنونی، نیازمند برنامه‌ریزی راهبردی برای رسیدن به چابکی هستند. در این برنامه‌ریزی آنها نیاز به شناسایی و انتخاب راهبردهای مناسب دارند. در حالی‌که مطالعات زیادی درباره چابکی و اینکه چگونه شرکت‌ها می‌توانند چابک شوند انجام گرفته است، اما کار اندکی روی انتخاب راهبردهای مناسب برای رسیدن به چابکی در صنایع و شرکت‌های مختلف صورت گرفته است. این مقاله با هدف کمک به مدیران در برنامه‌ریزی راهبردی تولیدی، قصد دارد با شناسایی مؤلفه‌ها و معیارهای تولید چابک و با استفاده از روش‌های ای.ان.پی. (ANP)[1] و دیماتیل (DEMATEL)[2]، اقدام به رتبه‌بندی و انتخاب توانمندسازنده‌های تولیدی در راستای تدوین راهبردهایی برای ارتقای چابکی کند.

در اینجا روش ای.ان.پی. وابستگی درونی یک معیار و وابستگی‌های بین معیارها را تعیین می‌کند. رویکرد دیماتیل نیز برای تشکیل ساختار شبکه‌ای روابط وابستگی درونی معیارها استفاده می‌شود. در واقع می‌توانیم با این روش، روابط دو طرفه با وابستگی‌های درونی بین معیارهای مختلف و شدت این روابط را به‌دست آورده و براساس آن، سوپرماتریس ای.ان.پی. را تشکیل دهیم.

پیشینه پژوهش

مدل‌های مفهومی زیادی برای کمک به مدیران در راستای رسیدن به چابکی پیشنهاد داده شده است. گاناساکاران در سال ۱۹۹۸، اولین چهارچوب یکپارچه را برای رسیدن به چابکی توسعه داده است. این چارچوب نشان می‌دهد که چگونه توانمندسازنده‌های اصلی تولید، باید برای توسعه چابکی یک سازمان از قابلیت‌های چابکی حمایت کنند (Gunasekaran, 1998). ژانگ و شریفی برای کمک به سازمان‌های تولیدی در اتخاذ تصمیم‌های راهبردی برای رسیدن به تولید

1. Analytic Network Process
2. Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

چابک، مؤلفه‌هایی را معرفی کرده‌اند. این مؤلفه‌ها شامل پاسخ‌گویی، انعطاف‌پذیری، شایستگی و سرعت هستند (Zhang & Sharifi, 2000). وانگ رویکردی را برای رسیدن به چابکی در سیستم‌های تولید سفارشی پیشنهاد داده است که مبتنی بر روش تاپسیس[1] است. در این پژوهش میزان چابکی از طریق ارزیابی چابکی مدیریت سازمان، طراحی محصول، فرایند تولید، توانایی تشکیل شراکت و یکپارچگی سیستم اطلاعاتی اندازه‌گیری شده است (Wang, 2009). تسور ویلودیس و والاوانیس نیز معتقدند، وقتی در شاخص‌های چابکی ابهام وجود دارد، متغیرهای کلامی و منطق فازی رویکردی مناسب‌تری برای ارزیابی چابکی هستند. آنها در مطالعه خود از طریق استخراج قوانین فازی، چابکی سازمان‌ها را اندازه‌گیری کردند (Tsourveloudis & Valavanis, 2002).

طی دو دهه گذشته، مطالعات زیادی در زمینه‌های مختلف روی تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری با معیارهای چند گانه (MCDM)[2] انجام گرفته است. ای.ان.پی. شکل توسعه‌یافته فرایند تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است که در MCDM برای غلبه بر محدودیت‌های ساختار سلسله‌مراتبی استفاده شده است (Saaty, 1994). در واقع در دنیای واقعی درجه‌های متفاوتی از وابستگی و بازخور بین معیارها ممکن است وجود داشته باشد. برای حل این مشکل، ساعتی در سال ۱۹۹۶ فرایند تجزیه و تحلیل شبکه (ANP) را برای غلبه بر مشکل وابستگی و بازخور بین معیارها پیشنهاد کرده است (Saaty, 1994). در سال‌های اخیر محققان بسیاری از ای.ان.پی. برای مسائل مختلف تصمیم‌گیری استفاده کرده‌اند. روش ای.ان.پی. در انتخاب پروژه برنامه‌ریزی محصول، زمان‌بندی بهینه و تصمیم‌گیری راهبردی استفاده شده است (Lee & Kim, 2000). لی و کیم از ای.ان.پی. برای تسهیل در انتخاب پروژه سیستم‌های اطلاعاتی استفاده کردند. این کار به‌واسطه نیاز برای بررسی وابستگی بین معیارها و پروژه‌ها با پیچیدگی‌هایی همراه بود (Lee & Kim, 2001). وو و لی برای بررسی عوامل مؤثر در توسعه صلاحیت‌های جهانی مدیران از روش دیماتیل استفاده کردند. آنها با تعیین روابط درونی بین این عوامل، توانستند عوامل مهم در توسعه شایستگی‌های مدیران را مشخص کنند (Wu & Lee, 2007). تزنگ و دیگران در سال ۲۰۰۷، برای بررسی عوامل مؤثر در برنامه‌های آموزش الکترونیکی از دیماتیل استفاده کردند. آنها با ارزیابی تأثیرات زوجی بین معیارها، علاوه‌بر تعیین عوامل علّی در آموزش‌های الکترونیکی، اهمیت هر یک از عوامل را محاسبه کردند (Tzeng, 2007). وو از روش ای.ان.پی. و دیماتیل برای انتخاب راهبرد مدیریت دانش استفاده کرده است (Wu, 2008). همچنین تسای و چو برای

1. TOPSIS
2. Multi Criteria Decision Making

توسعه سیستم مدیریت انتخاب SME ها از ای.ان.پی.و دیماتیل استفاده کرده‌اند (Tsai & Chou, 2009).

عوامل کلیدی در چابکی

الف) قابلیت‌های چابکی

هر سازمان برای مقابله با تغییرات محیطی و عدم اطمینان و ایجاد یک پاسخ مناسب، نیاز به قابلیت‌هایی دارد. قابلیت‌هایی که یک سازمان چابک برای توانایی در واکنش سریع و مناسب نسبت به تحولات محیط کسب‌وکار نیاز دارد، درکل به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند (Sharp, 1999; Yusuf, 1999).

پاسخگویی (C_1): توانایی تشخیص تغییرات و واکنش سریع و بهره‌گیری از آنها.

شایستگی (C_2): مجموعه‌ای از توانایی‌ها است که کارایی و اثربخشی فعالیت‌ها را برای کسب اهداف سازمانی فراهم می‌کند.

انعطاف‌پذیری (C_3): توانایی برای پردازش محصولات مختلف و کسب اهداف مختلف با تسهیلات و امکانات یکسان در زمان انتظار کوتاه.

سرعت (C_4): توانایی انجام کارها در کمترین زمان ممکن.

ب) توانمندسازنده‌های چابکی

رسیدن به چابکی نیازمند پاسخ‌گویی به راهبردها و فناوری‌ها، نیروی انسانی، فرایندهای تجاری و تسهیلات است. توانمندسازهای چابکی باید از قابلیت‌های سازمانی برای رسیدن به چابکی حمایت کنند. مطالعات زیادی برای شناسایی توانمندسازهای چابکی انجام گرفته است که سازمان‌ها می‌توانند مواردی را انتخاب کنند که با راهبردها، فرایندهای تجاری و سیستم‌های اطلاعاتی خود مناسب هستند (Goldman, 1995; Kumar & Motwani, 1995; Yusuf, 1999; Zhang & Sharifi, 2000). در این پژوهش با ارائه توانمندسازنده‌های شناسایی‌شده حاصل چند پژوهش به خبرگان، توانمندسازی‌های مطالعه گاناساکاران، به‌دلیل جامعیت و تناسب بیشتر آن با وضعیت مورد مطالعاتی با تعدیلات چندی براساس نظرات خبرگان، مورد استفاده قرار گرفته است.

گاناساکاران در پژوهشی که در سال ۱۹۹۹ انجام داده است با مطالعه عمیق ادبیات پژوهش، توانمندسازنده‌های چابکی را به چهار دسته طبقه‌بندی کرده است (Gunasekaran, 1999). در واقع این پژوهش با مطالعه ادبیات موضوع، روش‌ها و راهبردهایی که از سوی نویسندگان پیشین پیشنهاد شده است را به‌منزله توانمندسازنده‌های چابکی مطرح کرده است. این توانمندسازنده‌ها

شامل راهبردها، فناوری‌ها، سیستم‌ها و افراد هستند که هر کدام از آنها بر اساس جدول شماره ۱ به تواتمندسازنده‌ها و ابزارهای فرعی تقسیم شده‌اند.

جدول ۱. معیارهای اصلی و فرعی سیستم تولید چابک براساس پژوهش گاناساکاران

معیار های اصلی	معیارهای فرعی
راهبردها (P_1)	سازمان مجازی (SP_{11})
	زنجیره تأمین (SP_{12})
	مهندسی همزمان (SP_{13})
فناوری‌ها (P_2)	سخت‌افزار ـ ابزار و تجهیزات (SP_{21})
	فناوری‌های اطلاعاتی (SP_{22})
سیستم‌ها (P_3)	سیستم‌های طراحی (SP_{31})
	برنامه‌ریزی تولید و سیستم‌های کنترل (SP_{32})
	یکپارچگی سیستم و مدیریت پایگاه داده (SP_{33})
افراد (P_4)	دانش کارکنان (SP_{41})
	حمایت‌های مدیریت ارشد و توانمندسازی کارکنان (SP_{42})
	آموزش و پرورش (SP_{43})

تشریح روش‌های پژوهش

در این پژوهش با استفاده از ای.ان.پی. و دیماتیل، توانمندسازنده‌های چابکی برای تدوین راهبردهایی به‌منظور ارتقای چابکی رتبه‌بندی و انتخاب شده است. دلیل انتخاب ای.ان.پی. برای رتبه‌بندی توانمندسازنده‌های چابکی، روابطی است که بین این توانمندسازنده‌ها وجود دارد که این باعث می‌شود تا آنها روی یکدیگر تأثیرگذار باشند. استفاده از ای.ان.پی. این مزیت را نسبت به روش‌های دیگر دارد که علاوه‌بر روابط خارجی، روابط درونی بین معیارها را نیز در نظر می‌گیرد که این البته باعث بهبود نتایج پژوهش می‌شود (Saaty, 1994). افراد، راهبرد، سیستم‌ها و فناوری‌ها، از دسته توانمندسازنده‌هایی هستند که در این پژوهش براساس نظرات خبرگان می‌توانند با یکدیگر روابطی داشته باشند که برای شناسایی این روابط از روش دیماتیل استفاده شده است. به‌تازگی این روش به‌طور گسترده‌ای در مطالعات دیگر در کنار ای.ان.پی. و سایر روش‌های دیگر مورد استفاده قرار گرفته است (Tsai & Chou, 2009; Tzeng, 2007; Wu, 2008; Wu & Lee, 2007).

الف) روش دیماتیل

روش دیماتیل یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری برای مواردی است که چندین معیار دارای روابط پیچیده‌ای هستند. هدف از این روش، مطالعه مسائل پیچیده، تحلیل آنها و ایجاد ساختاری شبکه‌ای بر اساس این تحلیل است. این روش روابط علّی و معلولی بین عوامل را مشخص کرده و تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم عوامل روی یکدیگر را نشان می‌دهد (Wu, 2008). روش دیماتیل شامل مراحل زیر است:

مرحله اول: ماتریس متوسط (ماتریس مستقیم اولیه) را می‌یابیم. فرض می‌کنیم در این مطالعه تعداد H کارشناس و n معیار وجود دارد. از هر خبره خواسته می‌شود که درجه‌ای را که به نظر او معیار i بر معیار j تأثیر می‌گذارد را بیان کند. این مقایسه‌های زوجی بین معیارها با a_{ij} نشان داده می‌شود که دارای مقیاس۰ تا ۹ ساعتی است. نمره‌هایی که هر کارشناس می‌دهد، منجر به یک پاسخ ماتریسی $X^k = [X_{ij}^k]_{n\times n}$ می‌شود که در آن $(1 <= k <= H)$ است. بنابراین هر کدام از X^1، X^2 و X^H ماتریس‌های مربوط به هر کارشناس هستند. عناصر قطری هر ماتریس پاسخ صفر هستند. در ادامه می‌توانیم ماتریس متوسط $A_{n\times n}$ را برای ترکیب نظرات کارشناسان به‌وسیله رابطه شماره ۱ محاسبه کنیم (Tsai & Chou, 2009):

$$A = [a_{ij}]_{n*n} = \frac{1}{H}\sum_{k=1}^{H}[x_{ij}^{k}]_{n*n} \qquad \text{رابطه ۱)}$$

مرحله دوم: ماتریس روابط مستقیم اولیه نرمال‌شده را محاسبه می‌کنیم. این ماتریس را D می‌نامیم. برای تشکیل ماتریس نرمال‌شده ماتریس روابط مستقیم، از روابط ۲ و ۳ استفاده می‌کنیم:

$$D = \frac{A}{S} \qquad \text{رابطه ۲)}$$

$$S = Max\left(\max\sum_{j=1}^{n} a_{ij},\ \max\sum_{i=1}^{n} a_{ij}\right) \qquad \text{رابطه ۳)}$$

مرحله سوم: ماتریس روابط کلی را محاسبه می‌کنیم. این ماتریس نشان دهنده تأثیرات مستقیم و غیر مستقیمی است که عناصر ماتریس روی هم دارند. در رابطه زیر l یک ماتریس همانی می‌باشد.

$$T = D(L - D)^{-1} \qquad \text{رابطه ۴)}$$

مرحله چهارم: نمودار علّی را تعیین می‌کنیم. R و C بردارهایی هستند که به‌ترتیب نشان‌دهنده جمع هر یک از سطرها و ستون‌های ماتریس T هستند که از طریق روابط شماره ۶ و۷ به‌دست آورده می‌شوند.

رابطه ۵) $$T = [t_{iJ}]_{n*n} \qquad i, j = 1, 2, \ldots, n$$

رابطه ۶) $$C = (\sum_{j=1}^{n} t_{ij})_{n*1} \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

رابطه ۷) $$R = (\sum_{I=1}^{n} t_{ij})_{1*n} \qquad j = 1, 2, \ldots, n$$

بنابراین بردار (C + R) بیان‌کننده مجموع تأثیرات گذاشته‌شده و دریافت‌شده معیارها است که اهمیت هر یک از معیارها را در سیستم نشان می‌دهد. بردار (C - R) نیز گروه‌ها را به دو دسته تقسیم می‌کند. چنانچه (C - R) منفی باشد، معیار را معیار معلول دانسته و در غیر این صورت معیار علّی شناخته می‌شود. برای تشریح بهتر روابط ساختاری بین معیارها، لازم است تا یک ارزش حدی (p) برای حذف معیارهایی که تأثیرات کمی دارند در ماتریس روابط کلی در نظر بگیریم. این ارزش حدی توسط ترکیب نظرات خبرگان تعیین می‌شود. در واقع تنها معیارهایی که تأثیراتشان در ماتریس روابط کلی T بزرگتر از ارزش حدی هستند، در نمودار علّی نشان داده می‌شوند (Lee & Kim, 2001).

ب) روش ای.ان.پی.

روش ای.ان.پی. شکل گسترش‌یافته از ای.اچ.پی. (AHP) است. چنانچه وابستگی دوطرفه باشد؛ یعنی وزن معیارها به گزینه‌ها و وزن گزینه‌ها نیز به وزن معیارها وابسته باشد، مسئله از حالت سلسله‌مراتبی (AHP) خارج شده و تشکیل یک شبکه یا سیستم بازخورد را می‌دهد که باید در این گونه مسائل از ای.ان.پی. استفاده کرد. در واقع ای.اچ.پی. یک چارچوب تصمیم‌گیری را با استفاده از روابط سلسله‌مراتبی غیر مستقیم بین معیارها نشان می‌دهد، اما ای.ان.پی. شامل روابط پیچیده‌تری بین معیارها است (Saaty, 1996; Tsai & Chou, 2009). مراحل فرایند ای.ان.پی. به شرح ذیل است:

گام اول: پیش از انجام مقایسه‌های زوجی، ارتباط بین همه معیارها و خوشه‌های مورد مقایسه نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود. در روش ای.ان.پی. مقایسه زوجی بین معیارها از طریق سؤال «یک معیار نسبت به معیار دیگر در یک خوشه با توجه به معیارهای خوشه‌های دیگر چه میزان اهمیتی/ تأثیری دارد ؟» انجام می‌گیرد. این مقایسه‌ها، بر اساس مقادیر ۰ تا ۹ ساعتی انجام می‌گیرد. در ماتریس مقایسه‌های زوجی، a_{ij} نشان‌دهنده اهمیت نسبی عنصر واقع در سطر

(i) نسبت به عنصر واقع در ستون (j) است. ماتریس مقایسه‌های زوجی A به‌صورت رابطه شماره ۸ تعریف می‌شود (Saaty, 1980):

$$A = (a_{ij})_{n\times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$ رابطه ۸)

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی A، بردار اوزان W با روش بردار ویژه تعیین می‌شود. اوزان حاصل از روش بردار ویژه با استفاده از رابطه شماره ۹ محاسبه می‌شود (Brans, 1984: 477–490):

$$W = \lim_{k\to\infty} \frac{A^k e}{e^T A^k e}$$ رابطه ۹)

گام دوم: بررسی نرخ سازگاری ماتریس مقایسه‌های زوجی. در فرایند ای.ان.پی. کیفیت مقایسه‌های زوجی به سازگاری ترجیحاتی که کارشناسان طی فرایند مقایسه‌های زوجی بیان می‌کنند بستگی دارد (Saaty, 1994). بعد از تعیین وزن معیارها، $\lambda_{\max}$ با استفاده از رابطه شماره ۱۰ محاسبه می‌شود:

$$AW = \lambda_{\max} W$$ رابطه ۱۰)

در شرایطی که $\lambda_{\max}$ بزرگترین مقدار ویژه[1] ماتریس A است. سپس سازگاری ماتریس A از طریق محاسبه نرخ سازگاری (CR) بررسی می‌شود:

$$CR = CI/RI$$ رابطه ۱۱)

RI و CI هر کدام به‌ترتیب نشان‌دهنده شاخص سازگاری و شاخص تصادفی ماتریس است. CI از رابطه شماره ۱۲ محاسبه می‌شود:

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$$ رابطه ۱۲)

در شرایطی که n نشان‌دهنده تعداد معیارهایی است که در ماتریس A مورد مقایسه قرار می‌گیرند. اگر $CR \leq ۰/۱$ باشد، ماتریس مقایسه‌های زوجی سازگاری قابل قبولی دارد، در غیر این صورت مقایسه‌های زوجی باید بار دیگر تکرار شوند (Tsai & Chou, 2009).

1. Eigen value

گام سوم: تجمیع قضاوت‌های کارشناسان.

گام چهارم: تشکیل سوپرماتریس ناموزون. برای تعیین اولویت‌های کلی توانمندسازنده‌های فرعی که با در نظر گرفتن وابستگی‌های درونی آنها نسبت به یکدیگر است، هر کدام از بردارهای ویژه در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد می‌شوند. این ماتریس، سوپرماتریس ناموزون شناخته می‌شود. در پژوهش حاضر، سوپرماتریس مسئله مورد نظر به‌صورت رابطه شماره ۱۳ است.

$$W = \begin{matrix}(G)\\(C)\\(P)\\(SP)\end{matrix}\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & W_{33} & 0 \\ 0 & 0 & W_{43} & I \end{bmatrix}, \quad \text{رابطه ۱۳)}$$

در اینجا، W_{21} نشان‌دهنده بردار حاصل از مقایسه‌های زوجی قابلیت‌های[1] چابکی با توجه به هدف (رسیدن به چابکی) است؛ W_{32} نشان‌دهنده ماتریس حاصل از مقایسه‌های زوجی توانمندسازنده‌های[2] چابکی با توجه به هریک از قابلیت‌ها است؛ W_{33} نیز مربوط به ماتریسی است که نشان‌دهنده روابط درونی بین توانمندسازنده‌های چابکی است که از مقایسه‌های زوجی بین آنها به‌دست آمده است؛ در این پژوهش که هدف از به‌کارگیری ای.ان.پی. در واقع به‌دست آوردن وزن کلی توانمندسازنده‌های فرعی[3] چابکی است، بایستی ماتریس حاصل از مقایسه‌های زوجی توانمندسازنده‌های فرعی نیز که نشان‌دهنده وزن نسبی آنها است محاسبه شود (W_{43}).

گام پنجم: تبدیل سوپر ماتریس ناموزن به سوپرماتریس موزون. بعد انجام این محاسبات، سوپرماتریس موزون را محاسبه می‌کنیم. برای این امر، جمع همه ستون‌های سوپرماتریس بایستی ۱ شود.

گام ششم: محاسبه سوپرماتریس حددار. برای تبدیل سوپرماتریس موزون به سوپرماتریس حددار آن را به توان ۲k+۱ می‌رسانیم. ساعتی با استفاده از ماتریس‌های احتمال و زنجیره مارکوف اثبات می‌کند که وزن نهایی عناصر از رابطه $\lim_{K\to\infty} W^{2K+1}$ محاسبه می‌شود (Onut, 2009).

گام هفتم: به‌دست آورن وزن زیرمعیارها با توجه به سوپرماتریس حددار.

1. Capability
2. Provider
3. Sub-provider

مطالعه موردی

روش‌های تشریح شده در این پژوهش در گروه بهمن موتور اجرا شده است. ابزار جمع‌آوری اطلاعات پرسش‌نامه بوده است که برای طراحی آن از توانمندسازنده‌های چابکی ارائه شدهٔ گاناساکاران استفاده شده است. این پرسش‌نامه بین ۲۵ نفر از خبرگان و صاحب‌نظران صنعت خودروسازی کشور توزیع شد. از بین پرسش‌نامه‌های توزیع‌شده، تعداد ۱۸ پرسش‌نامه قابل قبول بودند که مبنای پژوهش قرار گرفتند. برای تأیید روایی پرسش‌نامه، ابتدا پرسش‌نامه طراحی شده بین سه نفر از خبرگان توزیع شد و مورد تأیید ایشان قرار گرفت. برای تأیید پایایی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده ۰/۸۷۵ است که نشان‌دهنده پایایی خوب پرسش‌نامه است. از پرسش‌نامه تهیه شده برای سنجش و تحلیل اهمیت هر یک از قابلیت‌ها و توانمندسازنده‌های اصلی و فرعی چابکی استفاده شده است. بنابراین از مدیران و خبرگان صنعت خودروسازی خواسته شد که میزان اهمیت هر یک از قابلیت‌ها و توانمندسازنده‌های اصلی و فرعی را برای ارتقای سطح چابکی سازمان مورد نظر مشخص کنند. در این پژوهش علاوه‌بر استفاده از نظرات مدیران و متخصصان گروه بهمن موتور و مدیران مجرب دیگری که در صنعت خودرو مشغول به فعالیت هستند، از استادان دانشگاه‌ها نیز نظرخواهی شده است. گفتنی است که این افراد با تنگناها و مشکلات صنعت خودروسازی کشور به‌طور عام و مشکلات موانع گروه بهمن موتور، به‌طور خاص به‌منظور چابک‌سازی آشنایی داشته‌اند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این مطالعه با استفاده از نظرات خبرگان مشخص شد که بین توانمندسازنده‌های چابکی نوعی وابستگی وجود دارد. برای ارزیابی روابط درونی و بیرونی بین توانمندسازنده‌ها، از روش دیماتیل با مراحلی که تشریح شد، استفاده می‌شود. در گام اول، ماتریس‌های روابط بین توانمندسازنده‌های اصلی حاصل از نظرات خبرگان که براساس مقیاس ۰ تا ۹ ساعتی است، به‌منظور تعیین ماتریس متوسط تلفیق می‌شوند (جدول ۲). در گام دوم و سوم به‌ترتیب، ماتریس روابط مستقیم نرمالیزه و کلی به‌دست آورده شده است (جدول ۳ و ۴).

جدول ۲. ماتریس مستقیم اولیه

توانمندسازنده‌ها	P1	P2	P3	P4
P_1	۰	۳	۴/۲۲	۳/۸۸
P_2	۵/۴۴	۰	۵/۴۴	۲/۱
P_3	۳	۴/۳	۰	۲
P_4	۵/۷۷	۵/۲۲	۴/۲۲	۰

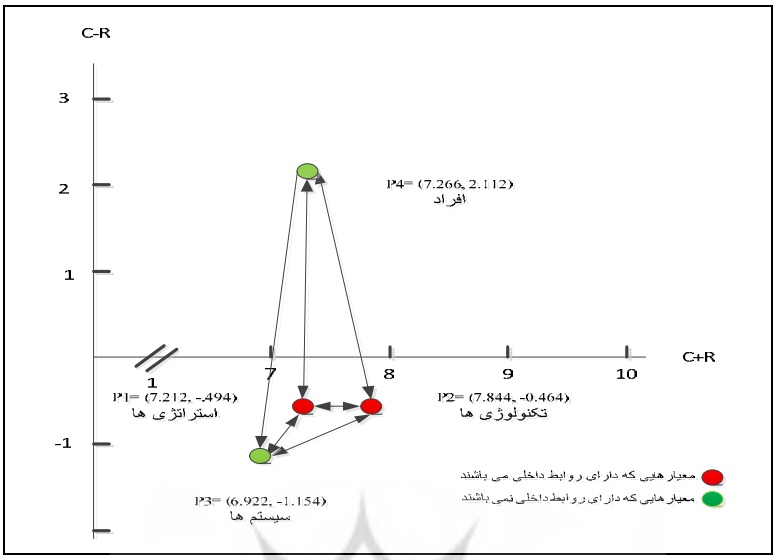
جدول ۳. ماتریس نرمالیزه شده

توانمندسازنده‌ها	P_1	P_2	P_3	P_4
P_1	۰	۰/۱۹۷	۰/۲۷۷	۰/۲۵۵
P_2	۰/۳۵۸	۰	۰/۳۵۸	۰/۱۳۸
P_3	۰/۱۹۷	۰/۲۸۳	۰	۰/۱۳۱
P_4	۰/۳۷۹	۰/۳۴۳	۰/۲۷۷	۰

جدول ٤. ماتریس کلی

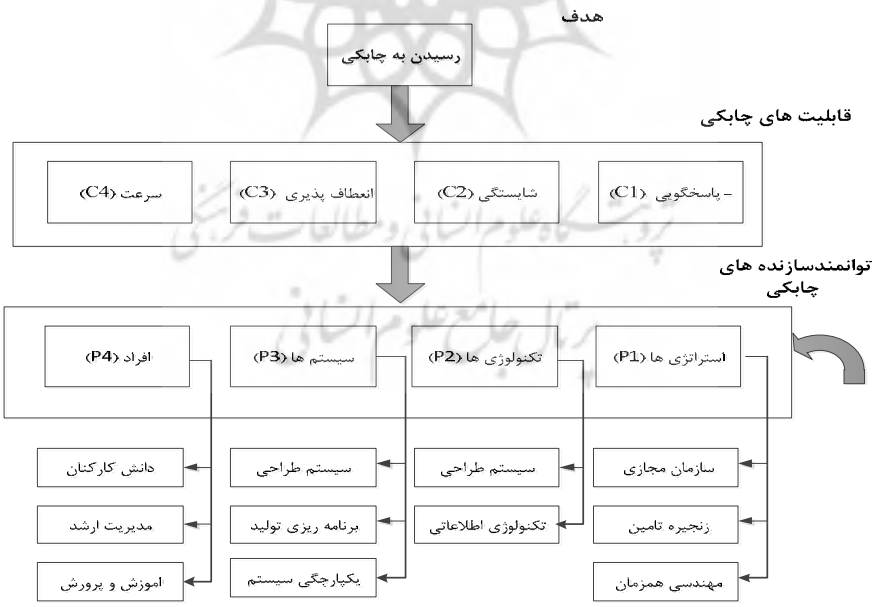
	P_1	P_2	P_3	P_4	C	C+R	C-R
P_1	۰/۷۷۸	۰/۸۷۶	۱	۰/۷۰۵	۳/۳۵۹	۷/۲۱۲	−۰/۴۹۴
P_2	۱/۱۱۳	۰/۷۷۱	۱/۱۳	۰/۶۷۶	۳/۶۹	۷/۸۴۴	−۰/۴۶۴
P_3	۰/۸۳۳	۰/۸۲۷	۰/۶۷۸	۰/۵۴۶	۲/۸۸۴	۶/۹۲۲	−۱/۱۵۴
P_4	۱۲۹/۱	۱/۶۸	۱/۲۳	۰/۶۵	۴/۶۸۹	۷/۲۶۶	۲/۱۱۲
R	۳/۸۵۳	۱/۱۵۴	۴/۰۳۸	۲/۵۷۷			

در گام چهارم، براساس ماتریس روابط کلی (R+C) و (C-R)، نمودار علّی در شکل شماره ۱ برحسب توانمندسازنده‌های اصلی ترسیم شده است. در این پژوهش ارزش حدی مورد نظر (p) بر اساس ترکیب نظرات خبرگان بوده است که برای سهولت انجام مقایسه‌های زوجی در ای.ان.پی. و تعیین چگونگی روابط بین توانمندسازنده‌های چابکی، مورد استفاده قرار گرفته است. ارزش حدی براساس نظرات خبرگان ۰/۷ در نظر گرفته شده است. در این خصوص، از نظرات پنج نفر متخصص در حوزه فنون تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است. براساس این ارزش حدی، نمودار علّی در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. بدین ترتیب روابط موجود بین توانمندسازنده‌های اصلی چابکی تعیین می‌شود. با توجه به نمودار علّی، عامل نیروی انسانی (افراد) تنها متغیر علّی شناسایی شده است و دیگر عوامل، معلول شناخته می‌شوند. دو عامل فناوری و راهبرد، علاوه‌بر روابطی که با دیگر عوامل دارند، روی خود نیز تأثیرگذار هستند (روابط داخلی).



شکل ۱. دیاگرام علی

بعد از تعیین ساختار روابط بین توانمندسازنده‌ها، از روش ای.ان.پی. برای محاسبه وزن توانمندسازهای فرعی (گزینه‌ها) با توجه به مدل زیر استفاده می‌شود.



شکل ۲. چارچوب تصمیم‌گیری

در این مرحله خبرگان براساس مقیاس ۰ تا ۹ ساعتی، میزان اهمیت هر یک از معیارها را به‌صورت زوجی تعیین می‌کنند. برای این امر، ابتدا وزن هر یک از قابلیت‌های چابکی با توجه به هدف کلی (G) که رسیدن به چابکی است، به‌دست آورده می‌شود. نتایج مقایسه‌های گروه‌ها در جدول شماره ۵ ارائه شده است. بردارهای ویژه مربوط به قابلیت‌های چابکی به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

جدول ۵. ماتریس مقایسه‌های زوجی قابلیت‌های چابکی با توجه به هدف

قابلیت‌ها	(C_1)	(C_2)	(C_3)	(C_4)
(C_1)	۱	۰/۵	۰/۲۵	۲
(C_2)	۲	۱	۰/۵	۳
(C_3)	۴	۲	۱	۴
(C_4)	۰/۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۱

$$W_{21} = \begin{bmatrix} ۰/۱۷۲ \\ ۰/۲۵۸ \\ ۰/۴۵۳ \\ ۰/۱۱۷ \end{bmatrix}$$

پس از انجام مقایسه‌های زوجی مربوط به قابلیت‌های چابکی، نوبت به مقایسه‌های مربوط به توانمندسازهای اصلی می‌رسد. در زیر برای نمونه ماتریس مقایسه‌های زوجی توانمندسازنده‌ها با توجه به پاسخ‌گویی نشان داده شده است (جدول ۶). در این مرحله، بردارهای ویژه توانمندسازهای اصلی با توجه به هریک از قابلیت‌ها تعیین می‌شود:

جدول ٦. ماتریس مقایسه‌های زوجی توانمندسازنده‌ها با توجه به پاسخ‌گویی

توانمندسازنده‌ها	P_1	P_2	P_3	P_4
P_1	۱	۳	۲	۱
P_2	۰/۳۳	۱	۰/۵	۰/۲۵
P_3	۰/۵	۲	۱	۰/۵
P_4	۱	۴	۲	۱

$$W_{۳۲(Responsibility)} = \begin{bmatrix} ۰/۳۷۲ \\ ۰/۱۴۳ \\ ۰/۲۱۲ \\ ۰/۳۱۸ \end{bmatrix} \qquad W_{۳۲(Competency)} = \begin{bmatrix} ۰/۲۹۵ \\ ۰/۲۱۱ \\ ۰/۱۹۱ \\ ۰/۳۰۳ \end{bmatrix}$$

$$W_{۳۲(Flexibiliy)} = \begin{bmatrix} ۰/۱۱۵ \\ ۰/۳۱۵ \\ ۰/۲۵۴ \\ ۰/۳۱۶ \end{bmatrix} \qquad W_{۳۲(Speed)} = \begin{bmatrix} ۰/۴۲۵ \\ ۰/۲۲۰ \\ ۰/۲۱۴ \\ ۰/۱۴۱ \end{bmatrix}$$

همچنین با توجه به ساختار روابط مشخص شده در دیاگرام علی، ماتریس روابط درونی توانمندسازه‌های اصلی محاسبه می‌گردد (جدول ۷). در این ماتریس عناصری را که با عناطر دیگر رابطه‌ای ندارند، مقدار صفر به آنها تخصیص داده شده است. مزیت عمده این روش نسبت به روش‌های دیگر در این است که با شناسایی چگونگی روابط بین توانمندسازنده‌ها، با لحاظ تأثیراتی که روی یکدیگر دارند وزن آنها محاسبه می‌شود. در مرحله نهایی، وزن هر یک از توانمندسازندهای فرعی (ابزارهای رسیدن به چابکی) با توجه به توانمندسازنده‌های اصلی مربوط به خود تعیین می‌شود. در زیر برای نمونه ماتریس مقایسات زوجی مربوط به توانمندسازنده‌های فرعی استراتژی‌ها نشان داده شده است (جدول ۸).

جدول ۷. ماتریس وابستگی درونی بین توانمندسازنده‌ها ($W_{۳۲}$)

توانمندسازنده‌ها	$P_۱$	$P_۲$	$P_۳$	$P_٤$
$P_۱$	۰/۲۸۹	۰/۵۹۴	۰/۳۳۳	۰/۴۴۳
$P_۲$	۰/۲۰۶	۰/۲۴۹	۰/۶۶۷	۰/۳۸۸
$P_۳$	۰/۰۹۶	۰/۱۵۷	۰	۰/۱۶۹
$P_۴$	۰/۴۰۹	۰	۰	۰

جدول ۸. ماتریس مقایسه‌های زوجی مربوط به توانمندسازنده‌های فرعی راهبردها

توانمندسازنده‌ها	$(SP_{۱۱})$	$(SP_{۱۲})$	$(SP_{۱۳})$
$(SP_{۱۱})$	۱	۰/۵	۳
$(SP_{۱۲})$	۲	۱	۴
$(SP_{۱۳})$	۰/۳۳	۰/۲۵	۱

$$W_{۴۳(Strategy)} = \begin{bmatrix} ۰/۲۶۱ \\ ۰/۵۵۴ \\ ۰/۱۸۵ \end{bmatrix} \qquad W_{۴۳(Tecnology)} = \begin{bmatrix} ۰/۷۴۶ \\ ۰/۲۵۴ \end{bmatrix}$$

$$W_{۴۳(Ststems)} = \begin{bmatrix} ۰/۶۳۱ \\ ۰/۲۲۳ \\ ۰/۱۴۶ \end{bmatrix} \qquad W_{۴۳(People)} = \begin{bmatrix} ۰/۵۲۹ \\ ۰/۳۱۱ \\ ۰/۱۶۰ \end{bmatrix}$$

مدل ای.ان.پی. با استفاده از نرم افزار Super Decisions حل می‌شود. پس از محاسبه نتایج که نرخ سازگاری (CR) آنها قابل قبول بوده، بردار ویژه مربوط به آنها برای ورود به سوپرماتریس آماده می‌شود. بعد از این مراحل، سوپرماتریس ناموزون و موزون به‌دست آورده می‌شود. در پایان سوپرماتریس حددار محاسبه شده است. با توجه به نتایج سوپرماتریس حددار، توانمندسازنده‌های فرعی یا همان گزینه‌ها در جدول شماره ۹ طبقه‌بندی شده‌اند. سوپرماتریس‌های مورد نظر به‌دلیل حجیم بودن در این مقاله آورده نشده‌اند.

جدول ۹. اولویت توانمندسازنده‌های فرعی

اولویت	گزینه‌ها	وزن
۱	سخت‌افزار ـ ابزار و تجهیزات	۰/۲۱۵
۲	زنجیره تأمین	۰/۱۸
۳	دانش کارکنان	۰/۱۱۷
۴	سیستم‌های طراحی	۰/۱۰۷
۵	سازمان مجازی	۰/۰۸۵
۶	تکنولوژی‌های اطلاعاتی	۰/۰۷۲
۷	حمایت‌های مدیریت ارشد و توانمندسازی کارکنان	۰/۰۶۵
۸	مهندسی همزمان	۰/۰۶۲
۹	برنامه‌ریزی تولید و سیستم‌های کنترل	۰/۰۳۷
۱۰	آموزش و پرورش	۰.۰۳۵
۱۱	یکپارچگی سیستم و مدیریت پایگاه داده	۰/۰۲۶

نتایج نشان می‌دهد که شرکت مورد مطالعه برای رسیدن به چابکی بایستی از این اولویت‌بندی در تدوین راهبردهای خود استفاده کند. بر اساس نظرات خبرگان و اصل پارتو، ارزش حدی ۰/۱ به‌منظور تعیین عوامل مهم برای تمرکز بر آنها انتخاب شده است. در واقع آنها بایستی در راهبردهای خود، به‌ترتیب روی تجهیزات و سخت‌افزار، زنجیره تأمین و دانش کارکنان و سیستم‌های طراحی متمرکز شوند. این شرکت در تدوین راهبرد خود، ابتدا می‌بایستی روی

تجهیزات و سخت‌افزار تمرکز کند تا بتواند با بهبود و به‌روزرسانی آن، هر چه سریع‌تر در مسیر چابکی گام بردارد. تلاش برای برداشتن موانعی که در زنجیره تأمین این شرکت وجود دارد نیز، از اقداماتی مهمی است که می‌تواند به چابک‌سازی آن کمک کند. تمرکز روی اهرمی کردن افراد با بهبود سطح دانش آنها و همچنین بهبود سیستم‌های طراحی از اقدامات دیگری است که می‌بایستی در تدوین راهبرد این شرکت مورد توجه قرار گیرند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله از روش ای.ان.پی. و دیماتیل برای رتبه‌بندی توانمندسازنده‌های چابکی استفاده شده است. این توانمندسازنده‌ها براساس مطالعات گسترده‌ای است که قبلاً از مطالعه ادبیات چابکی گرفته شده است. در روش اجرایی، ابتدا روابط بین توانمندسازنده‌ها به‌کمک روش دیماتیل به‌دست آورده شده است. در مرحله بعد با روش ای.ان.پی. رتبه نهایی همه توانمندسازنده‌های فرعی یا گزینه‌ها به‌دست آورده شده است. دستاورد به‌کارگیری روش دیماتیل این بود که چگونگی روابط موجود بین قابلیت‌های چابکی مشخص شد؛ از روابط شناسایی شده برای بهبود نتایج روش ای.ان.پی. استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که گروه بهمن موتور برای ارتقای چابکی، بایستی راهبرد خود را به‌ترتیب روی تجهیزات و سخت‌افزار، زنجیره تأمین و کارکنان متخصص متمرکز کند. مزیت این روش نسبت به روش‌های دیگر، دقت و واقعی بودن نتایج آن است. این شرکت می‌توانند با سرمایه‌گذاری بیشتر روی توانمندسازنده‌ها و گزینه‌هایی که دارای اولویت بیشتری هستند، در راستای افزایش چابکی خود گام بردارند. در واقع آنها با این کار قادر خواهند بود در محیط متلاطم کنونی با توان بالاتری رقابت کنند.

در مطالعات آتی می‌توان با استفاده از توانمندسازنده‌های معرفی‌شده در پژوهش‌های دیگر، به شناسایی و اولویت‌بندی این توانمندسازنده‌ها در صنایع مختلف اقدام کرد. همچنین می‌توان رویکرد پیشنهادی را با سایر روش‌های MCDM همانند ELECTRE ، VIKOR و حتی AHP مقایسه کرد.

منابع

Brans, J. P., Vinke, P. H., & Mareschal, B. (1984). Promethee: A new family of outranking methods in multicriteria analysis. In J. P. Brans (Ed.), *Operations research*, 84: 477–490.

Goldman, S.L., Nagel, R.N., & Preiss, K. (1995). *Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching the Customer*. NewYork: Van Nostrand Reinhold.

Gunasekaran, A. (1998). Agile manufacturing: enablers and an implementation framework. *International Journal of Production Research*, 36 (5): 1223–1247.

Gunasekaran, A. (1999). Agile manufacturing: a framework for research and development. *International Journal of Production Economics*, 62 (1/2): 87–105.

Kumar, A., & Motwani, J. (1995). A methodology for assessing time-based competitive advantage of manufacturing firms. *International Journal of Operations and Production Management*, 15 (2): 36–53.

Lee, J. W., & Kim, S. H. (2000). Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection. *Computer and Operations Research*, 27(4): 367–382.

Lee, J. W., & Kim, S. H. (2001). An integrated approach for interdependent information system project selection. *International Journal of Project Management*, 19(2): 111–118.

Onut, S., Kara, S. S. & Isık, E. (2009). Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company. *Expert Systems with Applications*, 36: 3887–3895.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.

Saaty, T. L. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*. Pittsburgh: RWS Publications.

Saaty, T. L. (1996). *Decision making with dependence and feedback: Analytic network process*. Pittsburgh: RWS.

Sharp, J.M., Irani, Z., & Desai, S. (1999). Working towards agile manufacturing in the UK industry. *International Journal of Production Economics*, 62: 155–169.

Tsai, W. H., & Chou, W. C. (2009). Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. *Expert Systems with Applications*, 36(2): 1444–1458.

Tsourveloudis, N.C., & Valavanis, K.P. (2002). On the measurement of enterprise agility. *International Journal of Intelligent and Robotic systems*, 33 (3): 329–342.

Tzeng, G. H., Chiang, C. H., & Li, C. W. (2007). Evaluating intertwined effects in elearning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. *Expert Systems with Applications*, 32(4): 1028–1044.

Wang, W.P. (2009). Toward developing agility evaluation of mass customization systems using 2-tuple linguistic computing, *Expert Systems with Applications,* 36: 3439-3447.

Wu, W. W. & Lee, Y. T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications,* 32(2): 499-507.

Wu, W. W. (2008). Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 35(2): 828-835.

Yusuf, Y.Y., Sarhadi, M. & Gunasekaran, A. (1999). Agile manufacturing: the drivers, concepts and attributes. *International Journal of Production Economics,* 62: 33–43.

Zhang, Z., & Sharifi, H. (2000). A methodology for achieving agility in manufacturing organizations. *International Journal of operations and Production Management*, 20 (4): 496-512.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی