



شناسایی و رتبه بندی تواناسازهای چابکی در صنعت قطعه سازی

توسط روش AHP فازی - گروهی

مهدی کرباسیان

دانشیار دانشکده صنایع دانشگاه صنعتی مالک اشتر

بیژن خیام باشی

دانشیار دانشکده صنایع دانشگاه صنعتی مالک اشتر

اکبر نیلی پور

دانشیار دانشکده صنایع دانشگاه صنعتی مالک اشتر

محمد جوانمردی (نویسنده مسؤول)

دانشجوی دکترای رشته مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی مالک اشتر

Email: javanmardi.im@gmail.com

چکیده

در این مقاله سعی شده است مهم ترین عوامل کلیدی برای ایجاد سازمان چابک در صنعت تولیدی شرکت صنایع مخابرات صایران، به ترتیب اهمیت معرفی گردند. در این راستا، مؤلفه ها و زیرمؤلفه های مؤثر در تشکیل سازمان چابک در این صنعت شناسایی گردیده و اولویت توجه به هر کدام از آن ها با روش AHP فازی - گروهی مشخص شد. برای شناسایی تواناسازهای چابکی، از بررسی و مطالعه ادبیات موضوع در این زمینه استفاده شد. سپس به منظور ایجاد ساختار سلسله مراتبی از تکنیک تحلیل عاملی استفاده گردید. بدین منظور نظرات ۸۰ نفر از متخصصان و صاحب نظران، توسط پرسشنامه اخذ گردید. روایی محتوایی و صوری این پرسشنامه، با استفاده از ادبیات موضوع و نظرات چند تن از صاحب نظران تأیید شد. برای پایایی این پرسشنامه نیز، مقدار آلفای کرونباخ بدست آمده برای تمامی ابعاد بیشتر از ۰/۷ بوده و دلیل بر همسانی درونی پرسشنامه و سازگاری پاسخ های افراد با عناصر پرسشنامه تأکید دارد. پس از انجام تحلیل عاملی اکتشافی پانزده زیرمؤلفه در چهار گروه قرار گرفت و ساختار سلسله مراتبی تشکیل گردید. در مرحله بعد، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی گروهی - فازی و با مشارکت خبرگان صنعت، وزن هر کدام از مؤلفه ها و زیرمؤلفه ها تعیین شد. نرخ ناسازگاری برای تمامی جداول تکمیل شده توسط خبرگان محاسبه گردید و کمتر از ۰/۱ بدست آمد. با توجه به یافته ها، مؤلفه فناوری در اولویت اول و زیرمؤلفه های سخت افزار و تجهیزات، نرم افزار و فناوری اطلاعات و سازمان مجازی به ترتیب در اولویت اول تا سوم قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: چابکی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، تحلیل عاملی، منطق فازی.

۱- مقدمه

تغییر، یکی از ویژگی‌های اصلی سازمانها در عصر رقابتی حاضر می‌باشد. امروزه، کمتر سازمانی را می‌توان یافت که در یک دوره سه تا شش ماهه یا حتی یکساله، تغییری را در محیط خود شاهد نباشد. با توجه به بافتی که در حال حاضر بر دنیای کسب و کار سازمانها حکمفرماست، سازمانها ناگزیر از انجام تغییراتی در نگرش، دانش، رویکردها، رویه‌ها و نتایج مورد انتظار خود هستند. این تغییرات محیطی توأم با سایر تحولات و توسعه روشهای تولیدی رویهم رفته، شبکه‌ای از فرصتها و تهدیدات رقابتی را برای شرکت‌ها به وجود آورده است. تعامل تمامی عوامل تغییر، مجموعه‌ای پویا، پیچیده و منعطف به وجود می‌آورد که می‌تواند به عنوان محرک تغییر در روش‌های تولیدی قلمداد شوند (Bessant & et al., 1992). محرک‌هایی چون رقابت، تقسیم بندی بازار انبوه، روابط مشارکتی در تولید، شناسایی انتظارات مشتری و نهایتاً افزایش فشارهای اجتماعی از جمله محرک‌های سیستم‌های تولید در جهت تغییر و دگرگونی هستند (Sharifi & Zhang, 1999).

بنابراین سازمان‌ها ناگزیر به تجدید نظر در سیستم‌ها و روش‌های تولیدی خود هستند. در تحقیقی که تحت نظارت انجمن چابکی در دانشگاه بتلهم انجام شد، سیستم تولیدی در جهت مقابله با تغییرات و استفاده از فرصت‌ها در فضای جدید رقابتی معرفی شده و این مفهوم جدید «تولید چابک» نام گذاری شد.

واژه چابکی در فرهنگ لغات، به معنای حرکت سریع، چالاک، فعال و توانایی حرکت سریع و آسان، و قادر بودن به تفکر سریع هوشمندانه به کار گرفته شده است (Hornby, 2000). ریشه واژه چابکی سازمانی، تولید چابک است که برای واکنش نسبت به تغییرات محیط کسب و کار و بهره‌برداری از تغییرات (به عنوان فرصتها) معرفی گردیده است. در چنین محیطی، هر سازمان باید توان تولید همزمان محصولات متفاوت و با طول عمر کوتاه، طراحی مجدد محصولات، تغییر روش‌های تولید، و توان واکنش کارآمد به تغییرات را داشته باشد. در صورت داشتن چنین توانمندی‌هایی، به آن بنگاه تولیدی، «سازمان چابک» اطلاق خواهد شد (Jaffarnejad, 1999).

تولید چابک مفهومی است که طی سالهای اخیر عمومیت یافته و توسط تولیدکنندگانی که خود را برای افزایش عملکرد آماده می‌کنند به عنوان استراتژی موفق پذیرفته شده است. سازمانهای تولیدی چابک محصولاتی با کیفیت بالا، بدون اشکال، با زمان انتظار کوتاه، همراه با نوآوری و قابلیت شکل دهی مجدد تولید می‌کنند. داو چابکی را توانایی سازمان جهت بقا و پیشرفت در یک محیط کسب و کار غیرقابل پیش بینی و دائماً در حال تغییر تعریف می‌کند (Dove, 1995).

به زعم شریفی و ژانگ (۱۹۹۹) چابکی به معنای توانایی هر سازمان در احساس، ادراک و پیش بینی تغییرات موجود در محیط کسب و کار است. چنین سازمانی باید بتواند تغییرات محیطی را تشخیص داد و به آنها به عنوان عوامل رشد و شکوفایی بنگرد. آنها در جایی دیگر چابکی را توانایی فائق آمدن بر چالشهای غیرمنتظره برای مقابله با تهدیدات بی سابقه‌ی محیط کسب و کار و کسب مزیت و سود از تغییرات، به عنوان فرصتهای رشد و پیشرفت تعریف می‌کنند.

ماسکل (۲۰۰۱) چابکی را توانایی رونق و شکوفایی در محیط دارای تغییر مداوم و غیرقابل پیش بینی تعریف کرده است. از این جهت، سازمان‌ها نباید از تغییرات محیط کاری خود هراس داشته و از آنها اجتناب کنند، بلکه باید تغییر را فرصتی برای کسب مزیت رقابتی در محیط بازار تصور نمایند.

هرمزی (۲۰۰۱) نیز عقیده دارد سازمانهای چابک برای واکنش نسبت به شرایط متغیر بازار انعطاف پذیر بوده، و از سرعت بالایی برخوردارند.

به زعم براون و بسانت (۲۰۰۳) چابکی مستلزم واکنش سریع و اثربخش به نیازهای بازار است. از دیدگاه نیلور و همکاران (۱۹۹۹) چابکی استفاده از دانش بازار و ساختار مجازی برای بهره‌برداری از فرصتهای سودآور در محیط بازار متغیر است.

چابکی از نظر فلیدندر و وکورکا (۱۹۹۷) به معنای توانایی بازاریابی موفق محصولات با کیفیت و کم هزینه و با زمان انتظار اندک در مقادیر گوناگونی است که ارزش بیشتری را نصیب مشتری سازد.

به زعم کید (۱۹۹۴) به منظور عملیاتی ساختن پارادایم چابکی، می توان آن را تلفیقی از موسسات بیشمار دانست که هر یک مهارت یا شایستگی کلیدی خاصی را برای فعالیت های مشترک دارند، و می توانند سازمان را به کمک یکدیگر برای واکنش سریع به نیازمندی های متغیر مشتریان، آماده سازند. کاملاً مشهود است که منظور اصلی کید در اینجا، همان سازمان مجازی است. کید یکی از جامع ترین تعاریف چابکی سازمانی را این گونه ذکر می کند :

سازمان چابک یک کسب و کار با سرعت، سازگار و آگاهانه است که قابلیت سازگاری سریع در واکنش به تحولات و وقایع غیرمنتظره و پیش بینی نشده، فرصت های بازار و نیازمندی های مشتری را دارد. در چنین کسب و کاری، فرآیندها و ساختارهایی یافت می شوند که سرعت، انطباق و استحکام را تسهیل کرده و دارای سازماندهی هماهنگ و منظمی است که توانایی نیل به عملکرد رقابتی در محیط کسب و کاری کاملاً پویا و غیرقابل پیش بینی را دارند، و البته این محیط با کارکردهای کنونی سازمان بی تناسب نیست.

با وجود تعاریف زیاد از واژه ی چابکی، هیچ یک از آنها مخالف و ناقض یکدیگر نیستند. این تعاریف عموماً، ایده ی «سرعت و تغییر در محیط کسب و کار» را نشان می دهند.

به طوری کلی می توان گفت در تمامی تعاریف ارائه شده برای چابکی توجه به موارد زیر الزامی است:

- تأکید بر انطباق پذیری سازمانی
- آگاهی مداوم از فرصت ها و تهدیدات محیطی
- قابلیت های درونی استفاده از فرصت ها و به حداقل رساندن اثرات منفی تهدیدات بالقوه (Hamidi & et al, 2009).

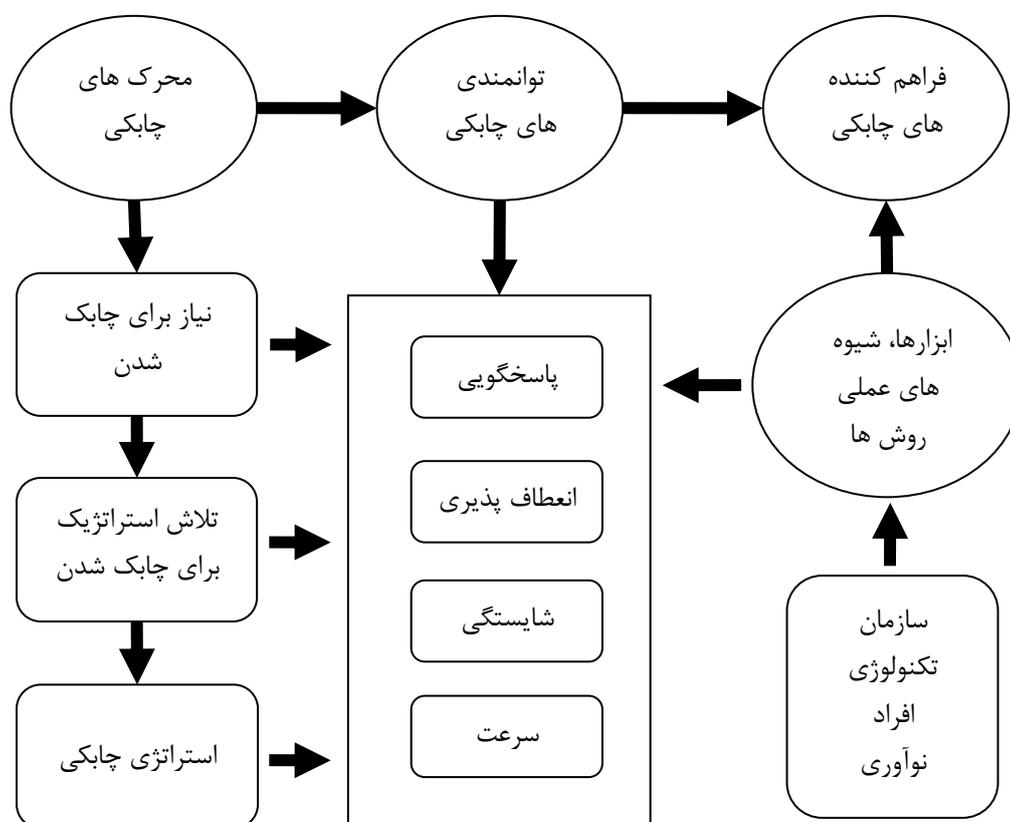
مدل های مفهومی چابکی

مدل های متعددی برای توسعه ی چابکی در ادبیات ارائه شده که در ادامه به مهمترین آن ها اشاره می شود.

شریفی و ژانگ بر مبنای مرور ادبیات، نظرسنجی آزمایشی و چندین مصاحبه با مدیران صنعتی، یک ساختار اولیه و مدل مفهومی از چابکی تهیه و تنظیم کردند. مدل آن ها مشتمل بر سه قسمت می باشد

قسمت اول، محرک های چابکی که تغییرات موجود در محیط کسب و کار هستند

دومین قسمت قابلیت های چابکی یعنی توانایی های اساسی لازم برای واکنش به تغییرات را می باشد (قابلیتهایی چون شایستگی، انعطاف پذیری، سرعت و پاسخ گویی) و در پایان مدل، توانمندسازهای چابکی قرار دارند که به عنوان ابزارهای دستیابی به قابلیت های چابکی عمل می کنند.



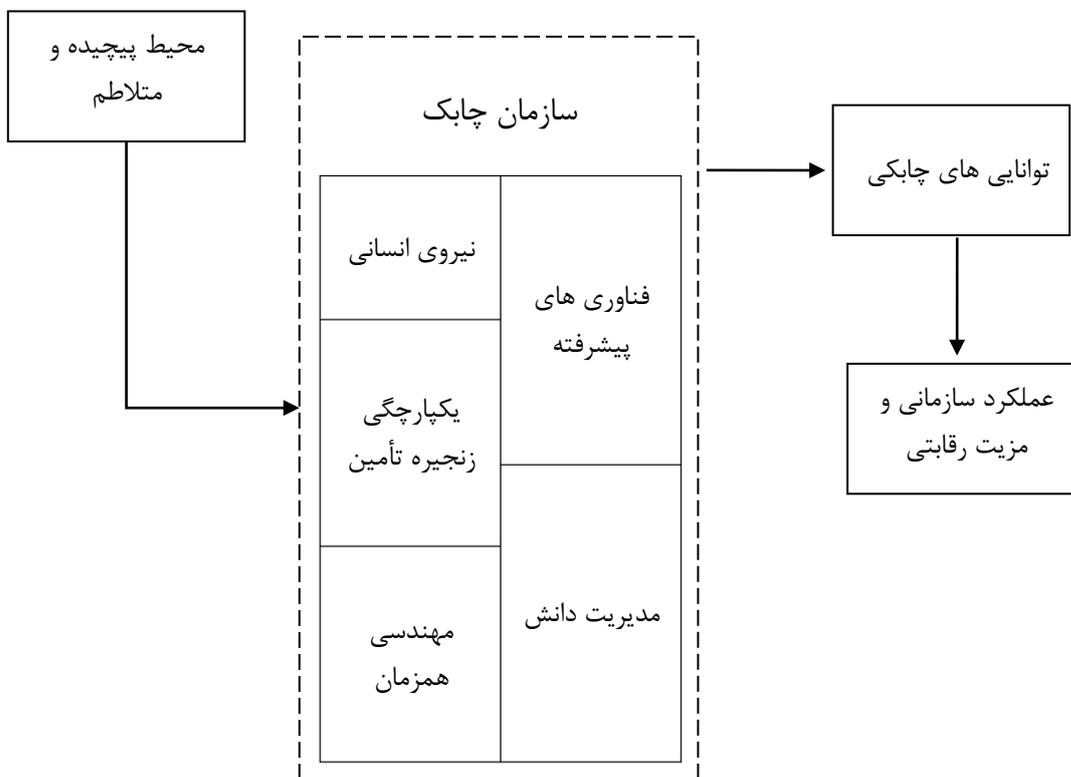
شکل شماره (۱): مدل مفهومی دستیابی به چابکی (Sharifi & Zhange, 2001)

بر طبق نظر ایشان می توان این توانمندسازها را در چهار عرصه مهم از محیط تولیدی و خدماتی یعنی سازمان، کارکنان، فناوری و نوآوری یافت.

طبق نمودار بالا از آنجا که سازمانها با تغییرات و فشارهای متفاوتی مواجه می شوند، سطح چابکی مورد نیاز آنها نیز ممکن است متفاوت باشد. سطح چابکی مورد نیاز، تابعی از عوامل متنوعی چون آشفتگی محیط بازار، محیط رقابتی، خصوصیات، شرکت، و محرکهای خارجی نظیر انتظارات مشتریان، فناوری و عوامل اجتماعی است. زمانی که سطح چابک مورد نیاز سازمان مشخص گردد، ارزیابی و آنالیز سطح چابکی فعلی سازمان صورت می پذیرد. تفاوت میان سطح فعلی و سطح مورد نیاز را می توان مبنایی برای تصمیمات آتی تلقی نمود. در ادامه، برای بهبود وضعیت چابکی سازمان، باید اندازه گیری قابلیت های موجود و یافتن قابلیت های مفقوده را در دستور کار قرار داد. لازمه ی این کار شناسایی و طبقه بندی تغییرات و فشارهای محیطی سازمان، و نیز تجزیه و تحلیل اثرات آن تغییرات بر سازمان است. گام نهایی در این مدل مفهومی، یافتن عوامل تسهیل کننده ی چابکی، اجرای آنها و تعیین سطح چابکی به دست آمده از طریق فرایند ارزیابی عملکرد و انجام اقدامات اصلاحی است.

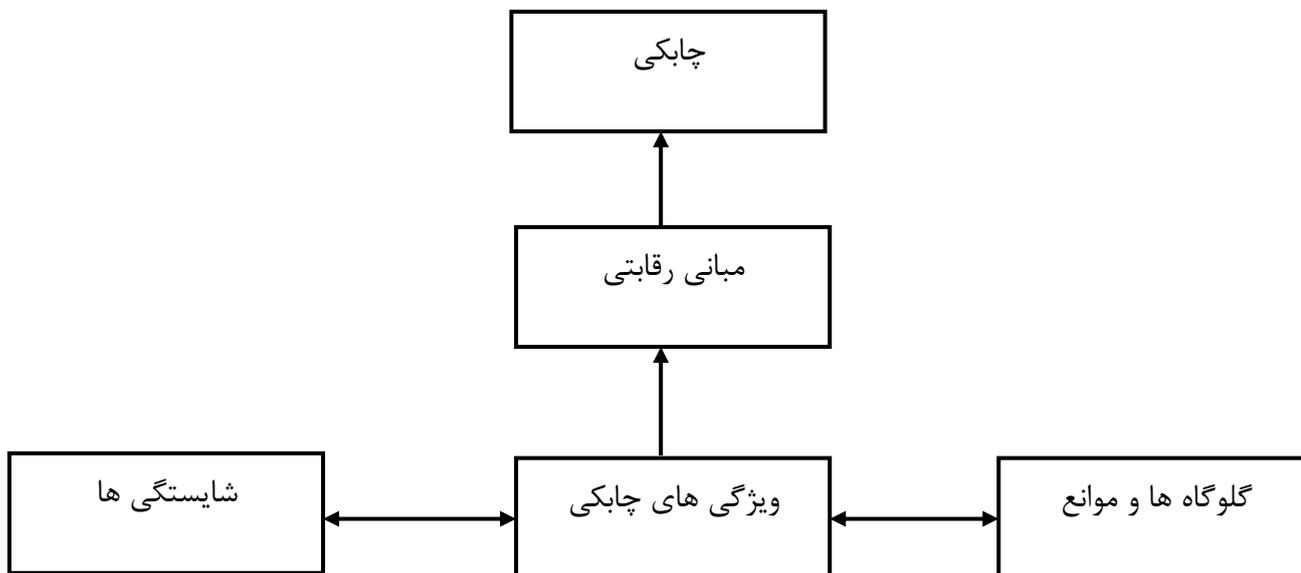
از نظر واز کتوز و اوللا محیط پیچیده و غیر قابل پیش بینی با سطح اطمینان کم به عنوان یک محرک عمل کرده و سازمان را وادار می کند چابک شود. بدین ترتیب سازمان برای چابک شدن از مؤلفه های نیروی انسانی، یکپارچگی زنجیره تأمین، مهندسی همزمان، فناوری های پیشرفته و مدیریت دانش بهره می گیرد. استفاده از این عناصر به صورت یکپارچه و هماهنگ باعث ایجاد توانایی های چابکی در سازمان می شود. توانایی ها چابکی حاصل از به کارگیری مؤثر این عناصر شامل هزینه کمتر، کیفیت

بالا تر، انعطاف پذیری در تولید، سرعت تحویل می باشد. سرانجام این توانایی باعث ایجاد عملکرد سازمانی بالاتر و مزیت رقابتی پایدار در محیط های پیچیده می شود. این مدل در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل شماره (۲): مدل چابکی انظر واز کئوز و آولا (۲۰۰۶)

یوسف و همکاران در یک مدل اجرایی، روش دستیابی به چابکی سازمانی را مانند نمودار ۲ ذکر می کنند. برطبق این مدل، هر سازمانی برای دستیابی به چابکی نیازمند شناسایی و پرورش شایستگی های محوری خود است. این شایستگی ها مشخص می کنند که سازمان از چه توانایی هایی در کالبد خود بهره می برد. سپس گلوگاه ها و موانع موجود بر سر راه پاسخگویی به تغییرات و به عبارتی آن عواملی که سازمان را از رسیدن به عملکرد دلخواه باز می دارد، شناسایی و بر مبنای ویژگی های چابکی، سازو کارهایی برای مقابله با آنها طراحی می شود. این سازو کارها باید در عین برطرف کردن موانع و گلوگاه های سازمان، عملکرد آن را بهبود بخشیده و جایگاه رقابتی سازمان را ارتقاء دهند.



شکل شماره (۳): روش نیل به چابکی سازمانی (Yusuf & et al, 1999)

همچنین یوسف و همکاران (۱۹۹۹) بر مبنای مطالعات خود از ادبیات نظری و نیز تحقیقات میدانی، رویه‌م ۳۲ توانمندساز را معرفی کرده و آنها را در چهارچوب محور شایستگی‌های کلیدی، سازمان مجازی، قابلیت تجدید ساختار، و سازمان دانش محور قرار می‌دهند. فرض بر این است که این توانمندسازها ابعاد مهمی از چابکی بوده و رفتار کلی یک سازمان را نشان می‌دهند. البته، محتمل است که هیچ مجموعه‌ی مجزایی از توانمندسازها وجود ندارند که تمامی ابعاد چابکی را منعکس نمایند. با این حال، مهم‌ترین نکته، شناخت روابط میان توانمندسازها برای بستری سازی و ادغام و نهایتاً تبدیل آنها به قابلیت‌های رقابتی راهبردی است.

۲- مواد و روشها

در این تحقیق پس از بررسی مدل‌ها و مطالعات موجود، پانزده تواناسازها چابکی استخراج گردید که در جدول ۱ آورده شده است.

جدول شماره (۱): تواناسازهای چابکی سازمانی در صنعت مورد مطالعه

مؤلفه‌ها		
سخت افزار- ابزارها و تجهیزات	سیستم برنامه ریزی و کنترل تولید	سازمان مجازی
نرم افزار - فناوری اطلاعات	سیستم اطلاعاتی مدیریت	پشتیبانی مدیریت ارشد
دانش و توانمندی	سیستم ارتباط با مشتری	سیستم های طراحی
فرهنگ	ساختار	زنجیره تأمین
رهبری	آموزش	همکاری و مشارکت

سپس به منظور انجام تحلیل عاملی و دسته بندی این پانزده تواناساز، پرسشنامه اولیه تهیه و برای ۸۰ نفر از صاحبانظران (افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد به بالا در رشته های مهندسی صنایع و مدیریت صنعتی) ارسال شد. به منظور پاسخ گویی از طیف لیکرت ۵ تایی از بسیار کم تا بسیار زیاد در نظر گرفته شد که با توجه به آن پاسخ دهندگان تأثیر هر یک از تواناسازها را در ایجاد سازمان چابک تعیین نمایند.

با استفاده از نرم افزار SPSS مقدار آلفای کرونباخ محاسبه گردیده که در در تمامی حالات بیشتر از ۰/۷ بود و پرسشنامه از پایایی مطلوبی برخوردار شد.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروفترین فنون تصمیم گیری چند معیاره است که اولین بار توسط توماس ال. ساعتی^۱ در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. به طور خلاصه رویه ی AHP شامل مراحل زیر است.

- تعریف مسئله، اهداف و پیامدها
- تعیین عناصر تصمیم (معیارها، زیر معیارها و گزینه ها) و تبدیل آن ها به یک ساختار سلسله مراتبی
- انجام دادن مقایسه ی زوجی توسط تصمیم گیرندگان بین عناصر تصمیم
- تخمین وزن و وزن های نسبی عناصر تصمیم با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی
- تعیین معیارهای سازگاری جهت اطمینان از قضاوت های تصمیم گیرندگان
- تعیین وزن نهایی گزینه ها (Asyan, 2009).

علی رغم مزایایی که برای فرایند تحلیل سلسله مراتبی بیان می شود، این روش به دلیل عدم توانایی در توجه به عدم قطعیت و مبهم بودن اطلاعات حاصل از برخی تصمیم گیرندگان نقد شده است (Deng, 1999). بدین منظور برای استفاده از نظرات

¹ Thomas L. Saaty

مبهم و احتمالی تصمیم گیرندگان، استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به همراه منطق فازی توصیه شده است (Shishebori & Hejazi, 2010).

در نظریه فازی برای بیان وضعیت پدیده ها و نظرات از اعداد فازی استفاده می شود. اعداد فازی مجموعه های فازی هستند که وقتی نمایش ضمنی عدم قطعیت، همراه داده های عددی مورد نیاز باشد، از آنها استفاده می گردد. اعداد مثلثی و دوزنقه‌ای از جمله اعداد فازی می‌باشند که در مدل های مختلف تصمیم‌گیری کاربردهای زیادی دارند.

در این تحقیق اعداد فازی مثلثی، بر اساس جدول ۲ مورد استفاده گرفت.

جدول شماره (۲): تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی مثلثی

ترجیحات	عدد فازی مثلثی
اهمیت یکسان	(۱و۱و۱)
اهمیت تقریباً یکسان	(۱/۲و۱و۱/۲)
کمی مهم تر	(۱و۲و۲)
مهم تر	(۱/۲و۲و۲)
بسیار مهم تر	(۲و۲و۳)
کاملاً مهم	(۲و۳و۳)

روش به کار گرفته شده برای انجام محاسبات فازی نیز روش چانگ می باشد. در این روش برای هر یک از سطریهای ماتریس مقایسات زوجی، ارزش S_k که خود یک عدد فازی مثلثی است، به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$S_k = \sum_{j=1}^n M_{kj} \times \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1}$$

که در آن k بیانگر شماره سطر و i و j به ترتیب نشان دهنده گزینه ها و شاخص ها می باشند.

در این روش پس از محاسبه S_k ها باید، درجه بزرگی آنها را نسبت به هم بدست آورد. به طور کلی اگر S_1 و S_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی S_1 بر S_2 به صورت زیر تعریف می شود:

$$V(S_1 \geq S_2) = 1 \quad \text{اگر } m_1 \geq m_2$$

$$V(S_1 \geq S_2) = \frac{u_1 - L_2}{(u_1 - L_2) + (m_2 - m_1)} \quad \text{در غیر این صورت}$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر بدست می آید:

$$V(S_1 \geq S_2, \dots, S_k) = \min\{V(S_1 \geq S_2), \dots, V(S_1 \geq S_k)\}$$

همچنین برای محاسبه وزن شاخص ها در ماتریس مقایسات زوجی، به صورت زیر عمل می کنیم:

$$w'(x_i) = \min\{V(S_i \geq S_k)\} \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i$$

بنابراین بردار وزن شاخص ها به صورت زیر خواهد شد:

$$w' = [w'(x_1), w'(x_2), \dots, w'(x_n)]^t$$

که همان بردار ضرایب غیر بهنجار فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی است. سپس بر اساس رابطه زیر، مقدار اوزان بهنجار شده شاخص ها بدست می آید (Azar & Faraji, 2002).

$$w_i = \frac{w'_i}{\sum w'_i}$$

۳- نتایج و بحث

برای تشکیل ساختار سلسله مراتبی روش تحلیل عاملی با استفاده از نرم افزار SPSS17 در دو مرحله استفاده گردید. که نتایج آن در جداول زیر آورده شده است. ابتدا شاخص KMO و سطح معنی داری بارتلت برای سطح یک (زیرمؤلفه ها) محاسبه گردید که در جدول ۳ آورده شده است.

جدول شماره (۳): شاخص KMO و سطح معنی داری بارتلت زیرمؤلفه ها

مقدار شاخص KMO ^۲	۰/۶۸۴
مقدار آزمون کروییت بارتلت	۰/۰۰۰

همان طور که از جدول بالا مشخص است مقدار KMO بیشتر از ۰/۵ می باشد و نشان دهنده ی این است که داده ها برای تحلیل عاملی متوسط می باشد. همچنین برای اینکه یک مدل عاملی، مفید و دارای معنا باشد لازم است متغیرها همبسته باشند. آزمون بارتلت این فرضیه را که ماتریس همبستگی مشاهده شده متعلق به جامعه ای با متغیرهای دارای همبستگی مناسب است را می آزماید.

طبق جدول ۳ مقدار سطح معنی داری برای آزمون بارتلت برابر با ۰/۰۰۰ و از ۰/۰۵ کمتر است. بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد صحت مدل پذیرفته می شود.

جدول ۴ نشان دهنده ی درصد تبیین عوامل تشکیل دهنده ی چابکی در سطح زیرمؤلفه ها می باشد.

جدول شماره (۴): واریانس کل تبیین شده زیرمؤلفه ها

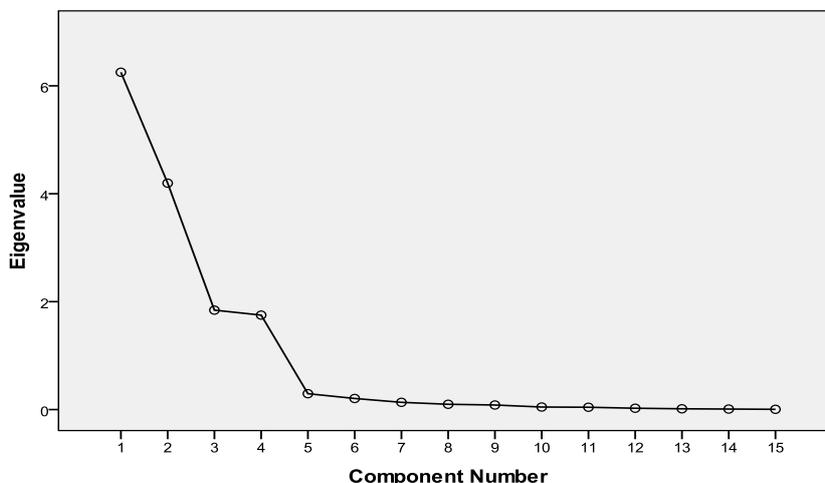
عوامل	واریانس تبیین شده		درصد تجمعی
	مقدار واریانس	درصد واریانس	
۱	۶/۲۵۱	۴۱/۶۷۵	۴۱/۶۷۵
۲	۴/۱۹۶	۲۷/۹۷۶	۶۹/۶۵۱
۳	۱/۸۴۳	۱۲/۲۸۶	۸۱/۹۳۶
۴	۱/۷۵۰	۱۱/۶۷۰	۹۳/۶۰۶
۵	۰/۲۹۴	۱/۹۶۲	
۶	۰/۲۰۵	۱/۳۷۰	
۷	۰/۱۳۴	۰/۸۹۴	
۸	۰/۰۹۸	۰/۶۵۳	
۹	۰/۰۸۵	۰/۵۶۴	
۱۰	۰/۰۴۷	۰/۳۱۳	
۱۱	۰/۰۴۳	۰/۲۵۸	
۱۲	۰/۰۲۵	۰/۱۶۴	
۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۹۶	
۱۴	۰/۰۰۹	۰/۰۶۳	
۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۳۰	

همانطور که مشاهده می شود چهار عامل، حدود ۹۳ درصد واریانس را تشکیل می دهند.

نمودار سنگریزه مؤید این است که چهار عاملی اصلی در سازمان های چابک سهم به سزایی دارند. یعنی سؤالات در چهار عامل یا مؤلفه ی اصلی قرار می گیرند. این چهار مؤلفه عبارتند از فناوری، کارکنان، سازمان و سیستم ها و استراتژی که بیشترین درصد واریانس را به خود اختصاص می دهند. همان طور که در نمودار ۱ نشان داده شده است از عامل چهارم به بعد نمودار از عدد یک کمتر می گردد و بیانگر این است که ابعاد استخراج شده از چهار عامل بیشتر نیست.

² Kaiser-Meyer-Olkin

Scre Plot



شکل شماره (۱): نمودار سنگریزه زیرمؤلفه ها

پس از جمع آوری پرسشنامه ها و انجام روش تحلیل عاملی اکتشافی، پانزده مؤلفه در چهار گروه قرار گرفتند که این چهار گروه فناوری، کارکنان، سازمان و سیستم ها و استراتژی نام گذاری شدند.

جدول شماره (۵): ماتریس چرخش یافته زیر مؤلفه ها

زیر مؤلفه ها	مؤلفه ها			
	سازمان	کارکنان	استراتژی	فناوری
سیستم طراحی	۰/۸۲۱			
سیستم تولید و عملیات	۰/۸۰۳			
سیستم اطلاعاتی	۰/۷۹۶			
سیستم ارتباط با مشتری	۰/۷۴۵			
ساختار	۰/۷۳۱			
دانش و توانمندی		۰/۸۲۰		
فرهنگ		۰/۷۸۶		
رهبری		۰/۷۵۴		
آموزش		۰/۷۴۹		
پشتیبانی مدیریت ارشد		۰/۷۳۱		
سازمان مجازی			۰/۹۳۷	
زنجیره تأمین			۰/۸۹۵	
همکاری			۰/۸۷۸	
سخت افزار				۰/۸۷۲
نرم افزار				۰/۸۶۳

در این روش، اگر هر زیر مؤلفه در مؤلفه های مشخص شده امتیاز بیشتر از ۰/۵ به دست آورد در زیر مجموعه آن مؤلفه قرار خواهد گرفت.

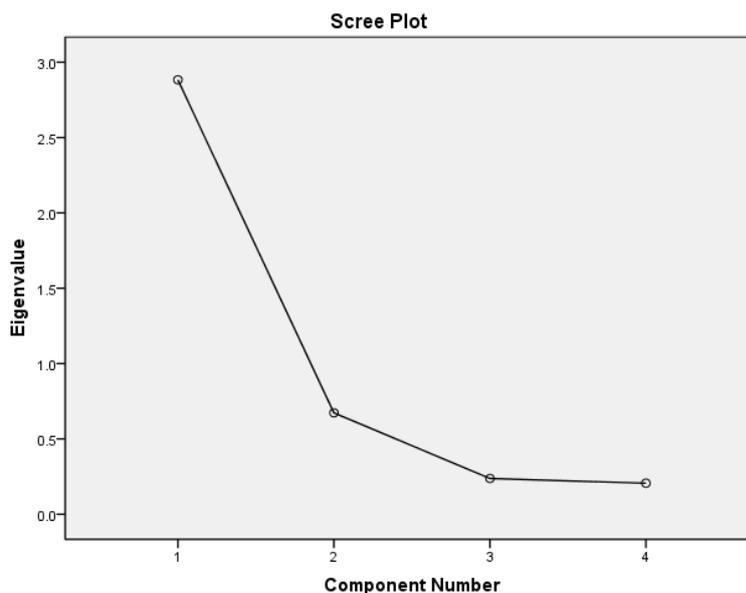
طبق جدول ۵، زیر مؤلفه های سیستم طراحی، کنترل تولید، سیستم اطلاعاتی یکپارچه، سیستم ارتباط با مشتری و ساختار در ستون مؤلفه سازمان قرار گرفته اند. همچنین، دانش و توانمندی، فرهنگ، رهبری، آموزش و پشتیبانی مدیریت در ستون مؤلفه

کارکنان قرار دارند و سازمان مجازی، زنجیره تأمین و همکاری در ستون مؤلفه استراتژی قرار گرفته است. در نهایت، سخت افزار و نرم افزار نیز در ستون مؤلفه فناوری قرار گرفته است.

پس از حاصل شدن نمرات عاملی چهار عامل شناخته شده در مرحله اول، تحلیل عاملی در سطح دو انجام شد. جداول مربوط به سطح دو در ادامه آورده شده است.

جدول شماره (۶): شاخص KMO و سطح معنی داری بارتلت مؤلفه ها

مقدار شاخص KMO	۰/۵۹۱
مقدار آزمون کرویت بارتلت	۰/۰۰۰



شکل شماره (۲): نمودار سنگریزه زیرمؤلفه ها

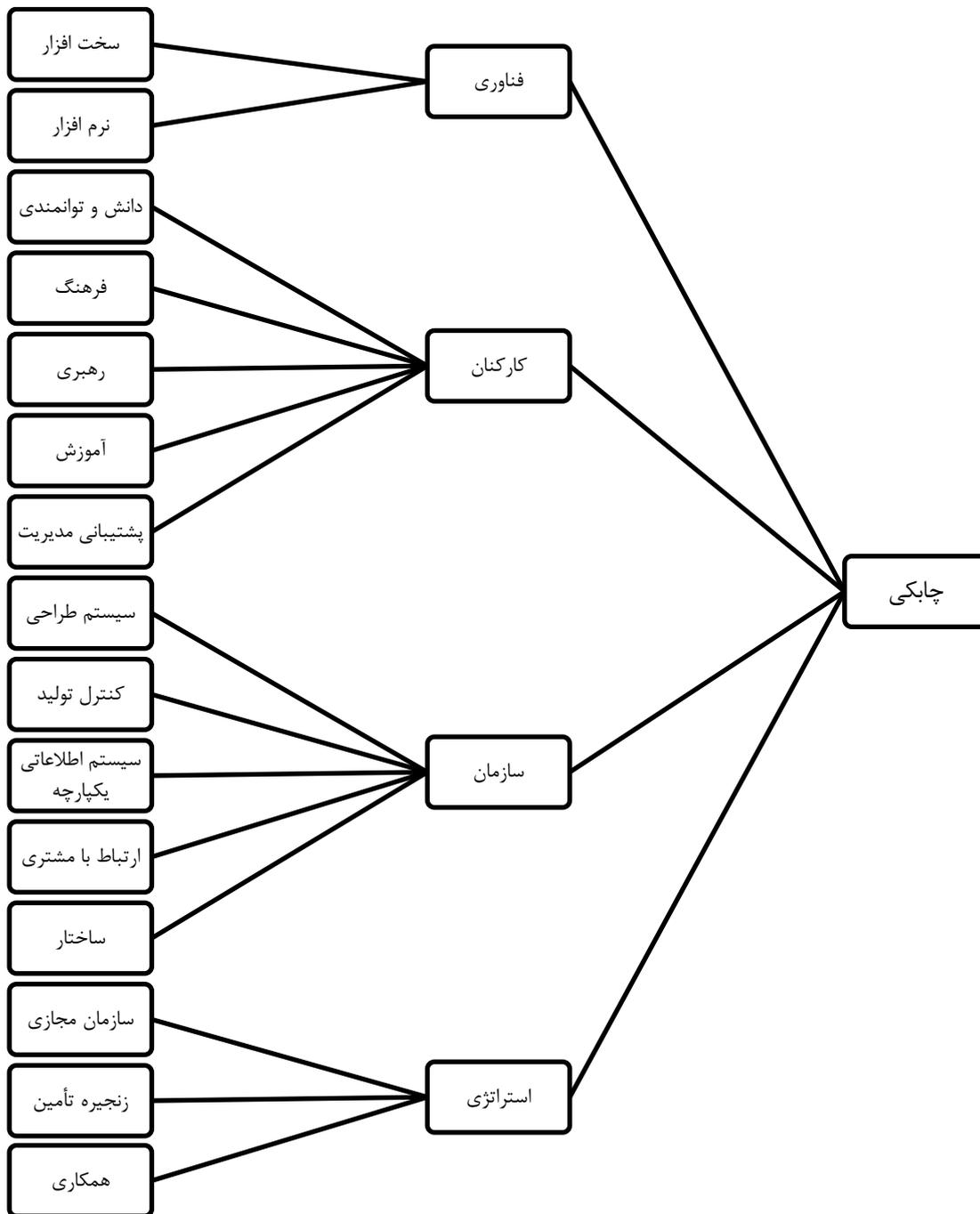
جدول شماره (۷): واریانس کل تبیین شده زیرمؤلفه ها

عوامل	واریانس تبیین شده		درصد تجمعی
	مقدار واریانس	درصد واریانس	
۱	۲/۸۸۴	۷۲/۰۹۰	۷۲/۰۹۰
۲	۰/۶۷۳	۱۶/۸۲۴	
۳	۰/۲۳۷	۵/۹۳۵	
۴	۰/۲۰۶	۵/۱۵۲	

جدول شماره (۸): ماتریس چرخش یافته مؤلفه ها

مؤلفه ها	چابکی
فناوری	۰/۸۱۱
کارکنان	۰/۷۹۸
سازمان و سیستم ها	۰/۷۶۳
استراتژی	۰/۶۵۷

جدول ۸ نشان دهنده ی درصد تبیین عوامل تشکیل دهنده ی چابکی می باشد. با توجه به مطالب بیان شده و نتایج حاصل از تحلیل عاملی ساختار سلسله مراتبی به صورت شکل ۴ آورده شده است.



شکل شماره (۴): ساختار سلسله مراتبی از مؤلفه ها و زیر مؤلفه ها

برای بدست آوردن اهمیت و یا به عبارت دیگر وزن هرکدام از مؤلفه ها و زیرمؤلفه ها، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی گروهی- فازی استفاده شد. بدین منظور، جداول مقایسات زوجی مؤلفه ها و زیرمؤلفه ها بر اساس مدل سلسله مراتبی به دست آمده از تجزیه و تحلیل عاملی طراحی گردید و در قالب پرسشنامه شماره دو، به هجده نفر از خبرگان صنعت یا همان تیم تصمیم، تحویل

داده شد. سپس برای اجرای گروهی AHP فازی از میانگین هندسی نظرات افراد استفاده شد. میانگین هندسی اعداد فازی و جداول نهایی وزن عناصر، که حاصل از نظرات این صاحب نظران می باشد، در ادامه آمده است. در جدول ۹ میانگین هندسی نظرات خبرگان در مقایسات زوجی مؤلفه ها، به صورت فازی آمده است. همان گونه که بیان شد، این اعداد حاصل میانگین هندسی نظرات تیم تصمیم هجده نفره می باشند. این تیم تصمیم نظرات خود را راجع به هر مقایسه زوجی، در طیف شش تایی از اهمیت یکسان تا کاملاً مهم بیان نموده اند.

جدول شماره (۹): ماتریس فازی-گروهی مقایسات زوجی مؤلفه ها

فناوری	کارکنان	سازمان و سیستم ها	استراتژی
(۱/۱۰۱)	(۱/۸۲۸ و ۱/۳۳۷ و ۰/۹۰۸)	(۱/۶۲۲ و ۱/۳۴۷ و ۰/۸۸۰)	(۱/۴۹۶ و ۱/۱۲۲ و ۰/۸۰۳)
(۱/۱۰۱ و ۰/۷۵۴ و ۰/۵۴۷)	(۱/۱۰۱)	(۱/۵۰۰ و ۱/۱۵۳ و ۰/۸۲۸)	(۱/۴۱۱ و ۱/۱۰۲ و ۰/۸۲۸)
(۱/۱۳۶ و ۰/۸۰۲ و ۰/۶۱۶)	(۱/۲۰۸ و ۰/۸۶۷ و ۰/۶۶۷)	(۱/۱۰۱)	(۱/۴۵۶ و ۱/۰۵۸ و ۰/۷۲۲)
(۱/۲۴۶ و ۰/۸۹۱ و ۰/۶۶۹)	(۱/۲۰۸ و ۰/۹۰۷ و ۰/۷۰۹)	(۱/۳۸۵ و ۰/۹۵۴ و ۰/۶۸۷)	(۱/۱۰۱)

با توجه به اینکه از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است، هرکدام از اعداد طیف شش تایی از اهمیت یکسان تا کاملاً مهم بیانگر سه عدد می باشند که این اعداد با توجه به جدول ۲ استخراج می شوند. در جدول ۱۰ میانگین هندسی- فازی نظرات در زیرمؤلفه های کارکنان آمده است.

جدول شماره (۱۰): ماتریس فازی-گروهی مقایسات زوجی زیرمؤلفه های کارکنان

کارکنان دانشی و توانمند	فرهنگ	رهبری	آموزش	پشتیبانی مدیریت ارشد
(۱/۱۰۱)	(۲/۳۸۳ و ۱/۹۳۸ و ۱/۴۷۷)	(۲/۶۴۳ و ۲/۰۶۷ و ۱/۵۲۲)	(۱/۲۸۸ و ۰/۹۲۶ و ۰/۶۵۹)	(۱/۰۴۱ و ۰/۷۶۶ و ۰/۵۸۳)
(۰/۶۷۷ و ۰/۵۱۶ و ۰/۴۲۰)	(۱/۱۰۱)	(۱/۲۸۹ و ۱/۲۰۳ و ۰/۸۶۰)	(۰/۸۴۹ و ۰/۶۱۳ و ۰/۴۶۹)	(۰/۵۶۹ و ۰/۴۴۰ و ۰/۳۵۲)
(۰/۳۷۸ و ۰/۴۸۴ و ۰/۶۵۷)	(۱/۱۶۳ و ۰/۹۷۸ و ۰/۷۷۶)	(۱/۱۰۱)	(۰/۷۴۷ و ۰/۵۵۱ و ۰/۴۱۶)	(۰/۷۳۱ و ۰/۵۳۱ و ۰/۴۱۶)
(۱/۵۱۷ و ۱/۰۸۰ و ۰/۸۱۴)	(۲/۱۳۲ و ۱/۶۳۲ و ۱/۱۷۸)	(۱/۸۱۳ و ۱/۳۳۸ و ۲/۴۰۵)	(۱/۱۰۱)	(۱/۴۱۴ و ۰/۹۴۱ و ۰/۷۱۸)
(۱/۷۱۴ و ۱/۳۰۵ و ۰/۹۶۱)	(۲/۸۴۴ و ۲/۲۷۵ و ۱/۷۵۸)	(۲/۴۰۱ و ۱/۸۸۳ و ۱/۳۶۸)	(۱/۰۶۳ و ۰/۷۰۷ و ۱/۳۹۲)	(۱/۱۰۱)

در جدول ۱۱ میانگین هندسی نظرات خبرگان در مقایسات زوجی زیرمؤلفه های سازمان و سیستمها، به صورت فازی آمده است.

جدول شماره (۱۱): ماتریس فازی-گروهی مقایسات زوجی زیرمؤلفه های سازمان و سیستم ها

سیستم طراحی	سیستم برنامه ریزی و کنترل تولید	سیستم مدیریت و یکپارچه سازی داده	سیستم ارتباط با مشتری	ساختار
(۱/۱۰۹۰ و ۱/۴۸۸ و ۲/۰۱۱)	(۱/۷۸۸ و ۱/۲۴۴ و ۱/۷۱۵)	(۱/۵۷۴ و ۱/۷۸۶ و ۱/۱۲۲)	(۱/۶۸۰ و ۱/۰۶۳ و ۱/۶۰۷)	سیستم طراحی
(۰/۴۹۷ و ۰/۶۷۲ و ۰/۹۱۷)	(۱/۰۱۰ و ۱/۰۱۰)	(۱/۷۱۰ و ۱/۰۶۳ و ۱/۵۵۱)	(۱/۸۲۵ و ۱/۲۰۱ و ۱/۶۶۹)	سیستم برنامه ریزی و کنترل تولید
(۱/۵۸۳ و ۰/۸۱۷ و ۱/۲۶۸)	(۱/۰۶۵ و ۰/۷۶۷ و ۱/۰۶۵)	(۱/۰۱۰ و ۱/۰۱۰)	(۱/۶۷۹ و ۰/۹۰۸ و ۱/۲۹۹)	سیستم مدیریت و یکپارچه سازی داده
(۱/۸۹۱ و ۱/۲۷۲ و ۱/۷۴۱)	(۱/۶۴۵ و ۰/۹۴۱ و ۱/۴۰۹)	(۱/۷۷۰ و ۱/۱۰۱ و ۱/۴۷۳)	(۱/۰۱۰ و ۱/۰۱۰)	سیستم ارتباط با مشتری
(۱/۶۲۲ و ۰/۹۴۱ و ۱/۴۷۱)	(۱/۵۹۹ و ۰/۸۳۳ و ۱/۲۱۲)	(۱/۶۴۷ و ۰/۲۲۳ و ۱/۴۶۰)	(۱/۰۶۶ و ۰/۷۴۴ و ۱/۵۶۰)	ساختار

در جدول ۱۲ میانگین هندسی نظرات خبرگان در مقایسات زوجی زیرمؤلفه های فناوری، به صورت فازی آمده است.

جدول شماره (۱۲): ماتریس فازی-گروهی مقایسات زوجی زیرمؤلفه های فناوری

سخت افزار	نرم افزار
(۱/۰۱۰ و ۱/۰۱۰)	(۱/۸۹۱ و ۱/۱۵۶ و ۱/۴۳۶)
(۱/۶۹۶ و ۰/۸۶۵ و ۱/۱۲۲)	(۱/۰۱۰ و ۱/۰۱۰)

در جدول ۱۳ میانگین هندسی نظرات خبرگان در مقایسات زوجی زیرمؤلفه های استراتژی، به صورت فازی آمده است.

جدول شماره (۱۳): ماتریس فازی-گروهی مقایسات زوجی زیرمؤلفه های استراتژی

سازمان مجازی	زنجیره تأمین	مشارکت و همکاری
(۱/۰۱۰ و ۱/۰۱۰)	(۱/۸۲۴ و ۱/۱۵۶ و ۱/۶۳۰)	(۱/۹۸۷ و ۱/۴۳۶ و ۱/۸۸۱)
(۱/۶۱۳ و ۰/۸۶۵ و ۱/۲۱۳)	(۱/۰۱۰ و ۱/۰۱۰)	(۱/۸۹۸ و ۱/۲۵۸ و ۱/۷۶۸)
(۱/۵۳۲ و ۰/۶۹۶ و ۱/۰۱۳)	(۱/۵۶۶ و ۰/۷۹۵ و ۱/۱۱۴)	(۱/۰۱۰ و ۱/۰۱۰)

نهایتاً پس از انجام محاسبات فازی جداول زیر به عنوان رتبه بندی مؤلفه ها و زیرمؤلفه ها استخراج گردید.

جدول شماره (۱۴): اولویت نهایی مؤلفه ها

اولویت	وزن	مؤلفه ها
۱	۰/۳۳۶	فناوری
۲	۰/۲۴۷	کارکنان
۳	۰/۲۲۲	سازمان و سیستم ها
۴	۰/۲۰۴	استراتژی

جدول شماره (۱۵): اولویت نهایی زیرمؤلفه ها

اولویت	وزن	زیرمؤلفه ها
۱	۰/۱۶۹	سخت افزار- ابزارها و تجهیزات
۲	۰/۱۵۶	نرم افزار و فناوری اطلاعات
۳	۰/۰۸۳	سازمان مجازی
۴	۰/۰۸۱	پشتیبانی مدیریت ارشد
۵	۰/۰۷۱	دانش و توانمندی
۶	۰/۰۷۱	زنجیره تأمین
۷	۰/۰۶۹	آموزش
۸	۰/۰۵۰	همکاری و مشارکت
۹	۰/۰۴۸	سیستم ارتباط با مشتری
۱۰	۰/۰۴۸	سیستم طراحی
۱۱	۰/۰۴۴	سیستم برنامه ریزی و کنترل تولید
۱۲	۰/۰۳۹	ساختار
۱۳	۰/۰۳۹	سیستم اطلاعاتی یکپارچه
۱۴	۰/۰۱۴	فرهنگ
۱۵	۰/۰۱۲	رهبری

در جداول بالا، وزن تعیین شده ی مؤلفه ها و اولویت توجه به زیرمؤلفه ها در مقایسه با یکدیگر آمده است. با توجه به جداول بالا می توان نتیجه گرفت که مؤلفه ی فناوری در صنعت مورد مطالعه دارای بالاترین اولویت است. و در بین زیر مؤلفه ها، سخت افزار و نرم افزار از سایر زیر مؤلفه ها رتبه ی بالاتری از نظر اهمیت دارند.

در این تحقیق یک مدل سلسله مراتبی از تواناسازهای چابکی ارائه گردید. سپس با انجام فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی اولویت مؤلفه ها و زیرمؤلفه ها به دست آمد. نتایج نشان داد که مؤلفه فناوری در اولویت اول توجه قرار دارد و در بین زیر مؤلفه ها سخت افزارها و ماشین آلات اولویت اول را به خود اختصاص داد.

از لحاظ اولویت فناوری نتایج این تحقیق منطبق با تحقیق شریفی و ژانگ (۱۹۹۹) می باشد که به نقش استفاده از فناوری های پیشرفته در صنعت قطعه سازی اشاره دارد. شریفی و ژانگ در شرکت های مختلف شامل مؤسساتی که قطعات تولید می کنند تحقیقی به منظور شناسایی اولویت عوامل چابکی انجام داند و به این نتیجه رسید که مؤلفه های فناوری و نیروی انسانی در اولویت های اول و دوم قرار دارند و نیز سازمان های کمی از مؤلفه های سازمان مجازی، اینترنت و بهبود مستمر برای پاسخ سریع به تغییرات استفاده کرده بودند.

از نظر در اولویت قرار گرفتن سخت افزارها و ماشین آلات، این تحقیق منطبق با تحقیق وازکئوز و اوللا (۲۰۰۶) می باشد. ایشان نیز در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که مهمترین سخت افزارهای مورد نیاز برای تولید چابک ماشین های کنترل عددی (NC)، سیستم حمل و نقل خودکار (AGV) می باشد.

شاید بتوان علت در اولویت قرار گرفتن مؤلفه ی فناوری را در ماهیت صنعت قطعه سازی دانست. این صنعت اکثرا نیازمند کار بر روی قطعات فلزی و انجام عملیات مختلف پرداخت مانند برشکاری، جوشکاری و ... می باشد که این فرایندها توسط ماشین آلات مکانیزه، ماشین های کنترل عددی (NC) و روبات ها به صورت دقیق تر، با کیفیت بالاتر و در زمان کمتر قابل اجرا می باشد.

علاوه بر این، همان طور که مشخص است نرم افزارها و فناوری اطلاعات با امتیاز (۰.۱۵۶) در اولویت دوم قرار گرفته است و این به دلیل وابستگی سخت افزارها به نرم افزارها و نقش نرم افزارها در راه اندازی ماشین آلات و سخت افزارها می باشد.

مؤلفه ی سازمان مجازی در تحقیق گانسکاران (۱۹۹۹) در اولویت اول قرار گرفته است اما در این تحقیق در رتبه ی سوم قرار دارد و علت را می توان در عدم وجود زیر ساخت های فناوری اطلاعات لازم، از جمله سرعت بالای کانال های ارتباطی مانند اینترنت بین مؤسساتی که از نظر جغرافیایی پراکنده اند و نیز عدم وجود قوانین حمایتی لازم در ایران دانست که باعث ایجاد عدم اعتماد متقابل بین شرکت ها و ترس از دست دادن مزیت رقابتی در جهت تشکیل سازمان مجازی شده است. این عوامل باعث شده است که میل و رغبت سازمان ها به تشکیل سازمان مجازی برای تحقق تولید چابک کاهش یابد.

۴- منابع

1. Asiyan, S., Hemmati, M.; SamandiZadeh, K., 2009. Evaluation of strategic plans in manufacturing companies using fuzzy AHP. Journal of Industrial Management, Islamic Azad University of Sanandaj, IV: 20-1
2. Azar, A., and Faraji, H., (2002). Fuzzy Management Science, Tehran, Community, First Edition
3. Azar, A., Tizroo, A.; Muqbil BaArz., Anvari Rostami, A. (2010). Designing supply chain agility, Interpretative modeling approach – structure. Journal of Research in Management, 14 (4): 24-1.
4. Bessant, J., Levy, P., Ley, C., Smith, S. & Tranfield, D. (1992). Organization design for factory 2000", International Journal of Human Factors in Manufacturing, 2 (2):95-125.
5. Brown, S. & Bessant, J., (2003), "The manufacturing strategy capabilities links in mass customization and agile manufacturing-an exploratory study". International Journal of Operations and Production Management, 23 (7): 707-730.
6. Deng, H., (1999), "Multi criteria analysis with fuzzy pair wise comparison", International Journal of Approximate Reasoning, 21: 215-231.
7. Dove, R., (1999), " Knowledge management, response ability, and the agile enterprise", Journal of Knowledge Management, 3 (1): 18-35.
8. Fliedner, G. & Vokurka, R.J. (1997). Agility: competitive weapon of the 1990s and beyond" Production and Inventory Management Journal, 38 (3):19-24.
9. Hamidi, N., Hassan-Pour, A.; Kiai, M., Mousavi, Seyyed Hamid., 2009. The role of human resource management on organizational agility. Journal of Industrial Management, Faculty of Humanities, Islamic Azad University of Sanandaj, Year IV, (8):127-112.
10. Hormozi, A.M., (2001). "Agile manufacturing: the next logical step", Benchmarking: An International Journal, 8 (2):132-143.

11. Hornby, A.S. (2000). "Oxford advanced learner's dictionary of current English", sixth edition, oxford university press,
12. Jafar-Nejad, A. (1999). Agile manufacturing system, a framework enabling. Second National Conference on Industrial Engineering, University of Yazd
13. Kidd, P.T. (1994). "Agile Manufacturing, Forging New Frontiers", Addison-Wesley, Longman Publishing, London
14. Maskell, B.,(2001). The age of agile manufacturing", Supply Chain Management : An International Journal, 6 (1): 5 – 11
15. Naylor, J.B., Naim, M.M. & Berry, D.(1999). "Legality :integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain", International Journal of Production Economics, 62 (2):107–118.
16. Sharifi, H. & Zhang, Z., (1999). "A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: An introduction", International Journal of Production Economics, 62(2):7-22.
17. Sharifi, H. & Zhang, Z., (2001). "Agile manufacturing in practice Application of a methodology", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 21, No. 5, pp. 772-794.
18. Shishe boory, David and Hejazi, R., 2010. Applying fuzzy hierarchy process techniques with the aim of selecting the most effective way to improve productivity. Journal of Industrial Engineering Department of Tehran University, 43 (1): 66-59.
19. Va'zquez-Bustelo, D., Avella L. & FernándeZ, E.. (2006). "Agile manufacturing: Industrial case studies in Spain",Journal of Technovation, 26 (2): 1147–1161.
20. Yusuf, Y.Y., Sarhad, M. & Gunasekaran, A. (1999). "Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes", International Journal of Production Economics,62 (2):33-43.