

اثر توانمندی‌های چابکی بر عملکرد تولیدی در شرکت‌های سازنده قطعات و مجموعه‌های خودرو با رویکرد شبکه‌های بیز (Bayesian Networks)

محمود صارمی^{۱*}، بهنام اژدری^۲

۱- استادیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری مدیریت تولید و عملیات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران

پذیرش: ۸۷/۷/۷

دریافت: ۸۵/۶/۱۴

چکیده

هدف از این نوشتار، بررسی اثر توانمندی‌های چابکی شرکت‌های تولیدی بر عملکرد تولیدی آنهاست. متدولوژی این بررسی مدل‌سازی علی با شبکه‌های بیز است. شبکه‌های بیز، ساختارهایی نموداری برای نمایش روابط احتمالی تعداد زیادی متغیر و انجام استنباط احتمالی با آن متغیرها هستند. داده‌های این پژوهش با همکاری شرکت‌های مهندسی اندیشه فرافن، سازه‌گستر سایپا و گروه بهمن، نمونه‌ای از شرکت‌های سازنده قطعات و مجموعه‌های خودرو، گردآوری شده است. پرسشنامه این مطالعه، با متدولوژی مفهوم‌سازی و معتبرسازی ابزار سنجش، توسعه یافته و سنج‌های رتبه‌ای هر سازه، بر مبنای نشان‌گرهای پرسشنامه، با به‌کارگیری تحلیل خوشه‌ای K میانگین به دست آمده است. از این سنج‌ها برای مدل‌سازی علی و آزمون فرضیه‌ها با کمک شبکه‌های بیز مورد استفاده شده است. سپس بهترین مدل با معیار اطلاعات بیز شناسایی شد. این مدل روابط علی میان توانمندی‌های چابکی و سنج‌های عملکرد تولیدی را نشان می‌دهد که از آن می‌توان در توسعه تئوری تولید چابک و پیاده‌سازی تولید چابک در سازمان‌ها بهره برد.

کلیدواژه‌ها: تولید چابک، عملکرد تولیدی، شبکه‌های بیز، مدل‌سازی علی، علیت احتمالی.



۱- مقدمه

محیط صنعت خودرو همراه با هوا فضا و صنعت الکترونیک و نیمه هادی‌ها از جمله محیط‌های رقابتی و متلاطم محسوب می‌شود [۱]. محیط کسب و کار صنعت ساخت قطعات و مجموعه‌های خودرو ایران نیز چنین است؛ زیرا در درجه اول، تولید هر دستگاه خودرو مساوی با ایجاد هزاران فرصت شغلی در زمینه‌های مستقیم و غیرمستقیم است [۲]. دوم، اینکه، صنایع خودروی ایران رشدی بسیار کرده است، اما فشارهای محیطی بر این صنعت نیز با شتاب بیشتری افزایش یافته است؛ از جمله الزامات خودروسازان داخلی برای کاهش قیمت و زمان تحویل، افزایش کیفیت و توانایی تأمین‌کنندگان تولید قطعات متنوع و جدید در زمان کوتاه‌تر. سوم، با پیوستن ایران به سازمان تجارت جهانی و امکان ورود رقبای خارجی به عرصه صنعت خودرو ایران، به طور قطع فشارهای محیطی شدت بیشتری خواهند یافت. بنابراین شرکت‌های صنایع خودرو، باید ابتکارات استراتژیکی نظیر تولید چابک را در نظر داشته باشند؛ تا بتوانند در سطح جهانی رقابت کنند و به خواسته‌های پویای مشتریان پاسخ دهند [۳، ص ۱].

در دهه ۱۹۹۰ میلادی تولید چابک به عنوان یک استراتژی در پاسخ به چالش‌های کسب و کار معرفی شد تا شرکت‌ها بتوانند با بهره‌گیری از آن به عنوان یک استراتژی رقابتی، عملکرد تولیدی خود را بهبود دهند. از آن زمان به بعد، مطالعات فراوانی بر روی تولید چابک انجام و سعی شده تا راه‌هایی عملی برای دستیابی به چابکی تولید ارائه گردد. در مقالاتی با همین موضوع، بیشتر به بیان مفهوم تولید چابک [۴؛ ۵] روش‌های ارزیابی سطح چابکی [۶؛ ۷؛ ۸]، چگونگی دستیابی به چابکی در سازمان‌ها [۹؛ ۱۰؛ ۱۱؛ ۱۲؛ ۱۳؛ ۱۴]، مقایسه تولید ناب و تولید چابک [۱۵؛ ۱۶]، چابکی در کشورهای مختلف [۱۷، ۱۸؛ ۱۹] و چابکی در صنایعی خاص مثل هوا فضا [۸]، صنایع شیمیایی [۲۰] و صنایع خودرو [۳] پرداخته شده است. همچنین در مقالات متعددی [۹، ۴، ۱۰، ۱۸؛ ۲۱] سعی شده است تا توانمندی‌های لازم برای چابکی^۱ تولید معرفی و در نتیجه، توانمندی‌های مختلف شناسایی شوند؛ از جمله در مدل مرجع تولید چابک که بر مبنای بررسی شرکت‌های کوچک و متوسط توسعه یافته؛ چهار توانمندی لازم برای

1. Agile Manufacturing Reference Model

دستیابی به چابکی به صورت چهار سازه استراتژی چابک^۱، فرایندهای چابک^۲، پیوندهای چابک^۳ و کارکنان چابک^۴ به ترتیب زیر شناسایی شدند [۲۱؛ ۲۲]:

۱- استراتژی چابک: شامل فرایندهای درک شرکت از موقعیت خود در حیطه فعالیت و هم‌نوایی با بازار پر شتاب، تعهد مدیران ارشد برای دستیابی به چابکی و بسیج همه کارکنان در این جهت و ارزیابی آن؛

۲- فرایندهای چابک: تدارک تسهیلات و فرایندهای لازم برای کارکرد چابک سازمان؛

۳- پیوندهای چابک: همکاری نزدیک با مشتریان و تأمین‌کنندگان و شرکاء و یادگیری از بیرون شرکت؛

۴- افراد چابک: توسعه یک نیروی کار انعطاف پذیر و چند مهارتی و ایجاد فرهنگی که ابتکار، خلاقیت و حمایت برای تلاش در سراسر سازمان را ممکن می‌سازد.

در ادامه مقاله پس از پرداختن به موضوع تحقیق و اهمیت آن، در بند ۲ به فرضیه‌های تحقیق پرداخته خواهد شد و سپس روش تحقیق، جامعه و ابزار اندازه‌گیری تشریح خواهد شد. در بند ۶ روش اجرا به طور خلاصه و سپس در بند ۷ آزمون فرضیه‌ها مطرح می‌شود. مدل‌های علی به دست آمده در بند ۸ تحلیل و سرانجام در بند ۹ به نتیجه‌گیری مقاله پرداخته خواهد شد.

۲- موضوع تحقیق

همان‌طور که گوناسکاران^۵ [۴، ص ۹۸] و یوسف و همکاران [۲۳] اشاره کرده‌اند، هنوز اثر توانمندی‌های شناسایی شده برای دستیابی به تولید چابک بر موفقیت سازمان‌ها به‌طور عملی آزمون نشده است؛ بنابراین سؤالی که مطرح است این است که آیا شرکتها با فراهم کردن توانمندی‌هایی که برای دستیابی به چابکی پیشنهاد شده‌اند، می‌توانند در فضای رقابتی امروز به موفقیت دست یابند؟ بنابراین هدف اصلی این پژوهش، بررسی اثر توانمندی‌های چابکی شرکت‌ها بر عملکرد تولیدی آنهاست؛ اما تا زمانی که اثر توانمندی‌های چابکی تولید بر

1. Agile Strategy
2. Agile Processes
3. Agile Links
4. Agile People
5. Gunasekaran



عملکرد سازمان و به‌ویژه عملکرد تولیدی آن در محیط کسب و کار ایران روشن نشده باشد، نمی‌توان صنایع داخلی یا به‌طور خاص، صنایع خودرو را به سرمایه‌گذاری در پیاده‌سازی سیستم‌های تولید چابک و به‌طور کلی ایجاد توانمندی‌های چابکی تشویق و آن را راه حلی برای مشکلات آنها، به‌ویژه در کوتاه‌مدت، به‌شمار آورد. بنابراین لازم است تا بر اساس وضع موجود چابکی در صنایع خودرو کشور، آثار چابکی تولید را بر عملکرد تولیدی آنها سنجید و سپس در صورت مثبت بودن نتایج، صنایع خودرویی را در برنامه ریزی و پیاده‌سازی سیستم‌های چابک راهنمایی نمود.

در نزدیک‌ترین پژوهش به موضوع بررسی آثار توانمندی‌های تولید چابک بر عملکرد تولیدی، رن^۱ و همکاران [۲۴] با رویکرد شبکه‌های عصبی^۲، آثار ویژگی‌های تولید چابک را بر اولویت‌های رقابتی^۳ بررسی کرده‌اند. متدولوژی به‌کار رفته در این تحقیق، روابط علت و معلول را شناسایی نمی‌کند بلکه قدرت ارتباط میان متغیرهای لایه‌های مختلف را با هم نشان می‌دهد. در این پژوهش، همچنین روابط بین ویژگی‌های چابکی و تقدم و تأخر برخی نسبت به برخی دیگر مورد توجه قرار نگرفته است؛ بنابراین پژوهش حاضر با رویکرد به مدل‌سازی علی و اثر توانمندی‌های چابکی بر عملکرد سازمان، می‌تواند جای خالی پژوهش میدانی درباره آثار توانمندی‌های چابکی بر عملکرد تولیدی سازمان را پر کند و رویکرد علی آن به شناسایی ترتیب روابط علی میان متغیرهای مختلف توانمندی‌های چابکی و عملکرد تولیدی کمک می‌کند.

عملکرد تولیدی شامل کیفیت محصول، انعطاف‌پذیری و تحویل به‌موقع بر اساس مرور مقالات جایارام و همکاران [۲۵]، جوشی^۴ و همکاران [۲۶] و دواراج^۵ و همکاران [۲۷] این‌گونه تعریف می‌شوند: ۱) کیفیت محصول را می‌توان تطابق محصول با مشخصه‌های مورد نظر مشتری تعریف نمود که در دو بعد ساخت، طبق الزامات مشتری و ارائه محصول نهایی با مشخصه‌های مورد نظر وی نمود پیدا می‌کند؛ ۲) انعطاف‌پذیری در دو بعد حجم و مشخصه‌های محصول ارزیابی می‌شود. انعطاف‌پذیری در حجم تولید، توانایی سازمان در

1. Ren
2. Neural Networks
3. Competitive Priorities
4. Joshi
5. Devaraj

افزایش یا کاهش حجم تولید بنابر خواسته مشتری، بدون زمان بری بالا و شوک هزینه‌ای است؛ همچنین توان سازمان برای اعمال تغییرات مورد نظر مشتری در طرح محصول یا فرایند تولید آن را می‌توان انعطاف‌پذیری سازمان در بعد مشخصه‌های محصول دانست؛ (۳) تحویل به‌موقع، توان سازمان در تحویل محصول در زمان سفارش داده شده و سرعت تحویل به‌موقع آن در شرایط اضطرار مشتری یا شرایطی که مشتری از سیستم تولید به‌هنگام بهره می‌گیرد، تعریف می‌شود.

۳- فرضیه‌ها

تولید چابک به خودی خود یک استراتژی است که به زیر استراتژی‌های متعددی نیازمند است [۴، ص ۸۹] و همچنین نتیجه تصمیم‌گیری مدیریت ارشد سازمان درباره فرایندها، ارتباطات محیطی و داخلی و کارکنان سازمان است بنابراین می‌توان گفت که استراتژی چابک، بر چابکی فرایندها، کارکنان و پیوندهای سازمانی بدون واسطه مؤثر است و فرضیه‌های زیر استنباط می‌شوند:

۳-۱-۱- استراتژی چابک بر فرایند چابک اثر مستقیم دارد؛

۳-۱-۲- استراتژی چابک بر افراد چابک اثر مستقیم دارد؛

۳-۱-۳- استراتژی چابک بر پیوندهای چابک اثر مستقیم دارد؛

فورسایت^۲ [۲۸] در مقاله خود اهمیت عوامل انسانی را در تکنولوژی‌های لازم برای چابکی نخست در بعد توسعه تکنولوژی‌ها و دوم در تعریف سیستم‌های تکنولوژی و کاربردهای آنها می‌داند و از آنجا که تکنولوژی‌های سازمان به صورت محصول، فرایند و مدیریت متبلور می‌شود می‌توان کارکنان چابک را بر فرایندهای چابک مؤثر دانست:

۳-۱-۴- افراد چابک بر فرایندهای چابک اثر مستقیم دارند؛

از مصداق‌های پیوندهای چابک، ارتباط قوی و همکاری نزدیک با مشتریان و تأمین‌کنندگان است. بنابراین یک سازمان با برقراری پیوندهای چابک می‌تواند در برنامه‌ریزی تحویل محصول با مشتریان همکاری کند و توان پاسخگویی تأمین‌کنندگان را افزایش دهد. بنابراین:

1. Just in Time
2. Forsythe



۳-۱-۵- پیوندهای چابک بر تحویل به‌موقع، اثر مستقیم دارند؛

۳-۱-۶- پیوندهای چابک بر انعطاف‌پذیری در تولید، اثر مستقیم دارند؛

ارتباط نزدیک با مشتری باعث می‌شود خواسته‌های کیفی وی به خوبی شناسایی شود و دربارهٔ مشتریان خودروساز، کمک مشورتی ایشان بسیار کارساز است. ارتباط قوی با تأمین‌کنندگان نیز تعهد کیفیتی آنها را بالا برده و امکان همیاری^۱ در حل مشکلات کیفی قطعات اولیه را فراهم می‌سازد. پس می‌توان گفت:

۳-۱-۷- پیوندهای چابک بر کیفیت محصول اثر مستقیم دارند؛

تجهیزات انعطاف‌پذیر و دارای قابلیت پیکربندی دوباره را می‌توان به‌سرعت برای تولید محصولات متنوع با حجم‌های تولید متفاوت تنظیم نمود؛ بنابراین زمان تأخیر، کاهش می‌یابد. همچنین فرایندهای تسهیل‌کننده تصمیم‌گیری می‌توانند تصمیم‌گیری و در نتیجه حل مشکلات تولید و تحویل را سرعت بخشند؛ پس فرایندهای چابک به طور مستقیم بر تحویل به‌موقع و انعطاف‌پذیری در تولید، مؤثرند؛ پس به طور خلاصه:

۳-۱-۸- فرایندهای چابک بر تحویل به‌موقع، اثر مستقیم دارند؛

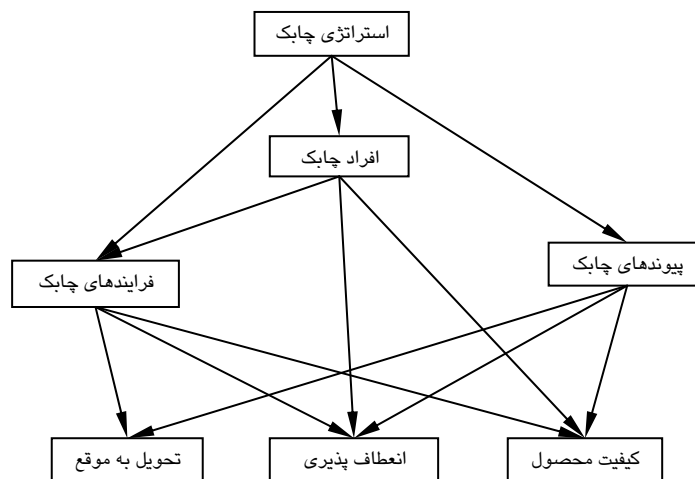
۳-۱-۹- فرایندهای چابک بر انعطاف‌پذیری در تولید، اثر مستقیم دارند؛

۳-۱-۱۰- فرایندهای چابک بر کیفیت محصول، اثر مستقیم دارند؛

کارکنان چابک دانش و مهارت دارند، بنابراین ستادهٔ آنها با کیفیت است و می‌توانند با تشکیل تیم‌های حل مسأله، مشکلات کیفی محصولات را حل کنند همچنین تنوع مهارت‌های آنها باعث افزایش انعطاف فرایند تولید افزایش می‌شود، پس:

افراد چابک بر کیفیت محصول اثر مستقیم دارند.

افراد چابک بر انعطاف‌پذیری تولید اثر مستقیم دارند.



شکل ۳-۱ مدل علی مفروض پژوهش

۳-۱۱- افراد چابک بر کیفیت محصول، اثر مستقیم دارند.
 ۳-۱۲- افراد چابک بر انعطاف‌پذیری تولید، اثر مستقیم دارند.
 به این ترتیب اگر ۱۲ فرضیه تعریف شده درباره تأثیر متغیرهای مسأله بر یکدیگر را به صورت شبکه‌ای از علت و معلول نمایش دهیم؛ شکل ۳-۱ حاصل می‌شود که مدل علی^۱ مسأله است. این مدل با کمک روش شبکه‌های بیز^۲ آزمون خواهد شد.

۴- روش تحقیق

در بسیاری از پژوهش‌های مدیریتی و به‌طور خاص مسائل مربوط به استراتژی و سیاست‌های سازمان، امکان فراهم کردن شرایط مناسب انجام آزمایش وجود ندارد [۲۹]. بنابراین پژوهشگران روش‌هایی از مدل‌سازی علی را که در آن‌ها از داده‌های غیرآزمایشی بهره‌گیری می‌شود؛ مورد توجه قرار داده‌اند. شبکه‌های بیز در مقام یکی از روش‌های مدل‌سازی علی، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران علوم مختلف قرار گرفته است.

1. Causal model
 2. Bayesian networks



شبکه‌های بیز^۱، ساختارهایی نموداری برای نمایش روابط احتمالی میان تعداد زیادی متغیر و انجام استنباط احتمالی با آن متغیرها هستند. شبکه‌های بیز در جهت تلاش برای ارائه دانش تخصصی در زمینه‌هایی که دانش متخصصان غیرقطعی، مبهم و یا ناقص است توسعه یافته است [۳۰]. تعریف یک شبکه بیز به شرح زیر است:

مجموعه V از متغیرها را در نظر می‌گیریم که هر کدام دارای فضای نمونه معینی هستند. یک مدل شبکه بیز B روی V با دو جزء کیفی و کمی به ترتیب زیر تعریف می‌شود:

۱- جزء کیفی مدل، شامل یک گراف غیرحلقوی جهت دار G ، که به صورت $G = (V, E)$ نشان داده می‌شود و در آن V و E به ترتیب مجموعه‌های گره‌ها و پیکان‌های گراف هستند. گره‌ها همان متغیرهایی هستند که شبکه بیز روی آن‌ها تعریف شده است.

۲- جزء کمی مدل، شامل شناسه احتمال S^2 یا مجموعه‌ای از توزیع‌های محلی^۲ احتمال برای هر یک از متغیرهای شبکه است که با هم توزیع احتمال، مشترک V را تعریف می‌کنند.

در این مقاله، بنابر متدولوژی شبکه‌های بیز، پژوهشگر ابتدا روابط استقلال و استقلال شرطی بین متغیرها را در سطح اطمینان مورد نظر با کمک الگوریتم مناسب^۳ آزمون می‌کند. در این مرحله، رد یک آزمون استقلال به معنای یک پیوند وابستگی بین دو تا از متغیرهاست که با کمک دانش پیشین پژوهشگر، رابطه جهت‌دار علت و معلولی را مشخص می‌کند. این پیوندها، با هم ساختار شبکه بیز را تشکیل می‌دهند. در مرحله دوم، برآوردهای حداکثر درست‌نمایی^۴ برای توزیع‌های احتمال شرطی^۱ سازگار با ساختار گراف، محاسبه می‌شوند و به این ترتیب شناسه احتمال S نیز به دست می‌آید.

۵- جامعه، نمونه و روش نمونه‌گیری

جامعه پژوهش، صنعت قطعه‌سازی خودرو است. با معرفی شرکت مهندسی اندیشه فراخن، شرکت سازه گستر سایپا و گروه بهمن در توزیع و گردآوری پرسشنامه‌ها همکاری کردند.

1. Bayesian networks
2. Probability Specification
3. Local Probability Distribution

۴. مانند الگوریتم PC در نرم افزار TETRAD.

5. Maximum Likelihood estimation
6. Conditional probability distributions

از آنجا که این دو با بزرگترین بخش جامعه شرکت‌های قطعه‌سازی خودرو، همکاری دارند می‌توان نمونه انتخاب شده را توصیف کننده مناسبی از کل این جامعه دانست. برای دستیابی به نمونه مناسب از تأمین‌کنندگان دو سازمان، طرح نمونه‌گیری مرحله‌ای، برگزیده شد. در مرحله اول، شرکت‌های دارای سطوح کیفی مشابه در سازه‌گستر و گروه بهمن انتخاب شدند. در مرحله دوم، به نسبت تعداد شرکت‌های بزرگ، متوسط و کوچک، تعداد شرکت‌های عضو نمونه محاسبه شد. جدول ۵-۱ نسبت‌های محاسبه‌شده و تعداد اعضای نمونه بر مبنای آن را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۱ نسبت و تعداد شرکت‌های بزرگ، متوسط و کوچک عضو نمونه

اندازه سازمان	نسبت از کل	تعداد عضو نهایی
بین ۲۰ تا ۵۰ نفر	٪۳۷	۳۳
بین ۵۰ تا ۱۵۰ نفر	٪۲۴	۳۱
بیش از ۱۵۰ نفر	٪۲۹	۲۶
جمع	٪۱۰۰	۹۰

۶- ابزار اندازه گیری

برای گردآوری اطلاعات لازم در این پژوهش از پرسشنامه استفاده شد. از این ابزار در مطالعات چابکی سازمان‌ها بارها استفاده شده است [۱۰، ص ۱۰؛ ۱، ص ۶۳؛ ۱۳، ص ۷۷۷؛ ۳۱؛ ۲۴، ص ۴۹۲]. این پرسشنامه شامل دو بخش اصلی است؛ بخش نخست به ارزیابی توانمندی‌های چابکی سازمان شامل چهار سازه اصلی استراتژی چابک، پیوندهای چابک، فرایندهای چابک و افراد چابک است. مقیاس ارزیابی برای هر یک از پرسش‌های این سازه‌ها طیف لیکرت پنج تایی از کاملاً نادرست تا کاملاً درست انتخاب شد. بخش دوم شامل شش پرسش درباره عملکرد سازمان است که شامل متغیرهای کیفیت محصول، انعطاف‌پذیری و تحویل مطلوب است. مقیاس پرسش‌های این بخش طیف لیکرت شش تایی است که در هر یک از سنج‌ها بر اساس مقایسه وضعیت سازمان خود با رقبا و صنعت پاسخگو بود و امتیازی از یک تا شش را به عملکرد سازمان خود اختصاص داد.



۱-۶- روایی و پایایی پرسشنامه

در شناسایی گویه‌های پرسشنامه، مقالات متعددی مورد بررسی قرار گرفتند و دربارهٔ بخش اول که چهار سازهٔ توانمندی چابکی را ارزیابی می‌کند، مقالهٔ مربوط به مدل مرجع تولید چابک به عنوان الگوی تئوریک فراهم آوردن گویه‌ها برگزیده شد تا به‌عنوان راهنمای توسعه گویه‌ها عمل کند [۳۲، ص ۹۶۹].

۱-۱-۶- روایی محتوا

در جهت دستیابی به روایی محتوا، گویه‌های اولیهٔ پرسشنامه برای ارزیابی فصاحت در اختیار سه داور از مدیران صنعت قطعه‌سازی قرار گرفتند. در این مرحله با دریافت بازخورهای داوران، جملات مبهم و مشکل شناسایی و حذف یا اصلاح شدند. سپس روش طبقه بندی پرسشها^۱ با کمک سه داور دانشگاهی انجام گرفت تا روایی محتوای پرسشنامه ارزیابی شود. برای این روش به‌طور معمول شاخص کوهن-کاپا^۲ به کار می‌رود که مقدار بیش از ۶۵٪ برای آن قابل پذیرش است [۳۳، ص ۶۲۵]. در نتیجهٔ اجرای این روش و انجام اصلاحات لازم، شاخص کوهن-کاپا به ۹۰ درصد و میزان توافق به ۸۴ درصد رسید که نشانگر سطحی عالی از سطح مناسب از پایایی و روایی محتواست. در بخش دوم پرسشنامه با توجه به وجود مثال‌هایی از گویه‌های مشابه در مقالات و وضوح ارتباط هر گویه با سازه موردنظر، روش طبقه‌بندی پرسشها اجرا نشد. اما برای اطمینان از فصاحت جملات، از نظریات یک داور از دست‌اندرکاران صنعت بهره گرفته شد.

۲-۱-۶- روایی سازه

دستیابی به روایی سازه^۳ شامل ارزیابی عملی صحت ابزار اندازه‌گیری است که نیازمند سه جزء است: تک بعدی بودن^۴، پایایی و روایی [۳۴، ص ۳۸۹] که روایی خود شامل روایی همگرا^۵ و روایی تشخیصی^۶ است. بنابر تأکید هینکین^۷ [۳۲، ص ۹۷۷] و اولری^۸ و وکورکا^۹ [۳۴،

1. Q-sort procedure
2. Cohen's Kappa
3. Construct Validity
4. Unidimensionality
5. Convergent Validity
6. Discriminant Validity
7. Hinkin
8. O'Leary
9. Vokurka

[۳۴، ص ۳۹۳]، برای ارزیابی روایی سازه از جمله تک بعدی بودن آن لازم است تا از تحلیل عاملی تأییدی^۱ استفاده شود. بنابراین برای هر یک از سازه‌ها، یک مدل تک عاملی مشخص شد، سپس شاخص‌های درست‌نمایی چندگانه برای ارزیابی درست‌نمایی مدل به کار رفت. مقادیر GFI بالاتر از ۸۰٪ و RMR کوچکتر یا مساوی ۵۰٪ و معنا دار بودن مقدار χ^2 در سطح آلفای ۰/۰۵، نشانگر آن است که مدرکی درباره عدم تک‌بعدی بودن وجود ندارد [۳۳، ص ۶۲۸]. پس از اجرای فرایند اصلاح برای هر یک از سازه‌های پرسشنامه که در جدول ۶-۱ دیده می‌شود همه شاخص‌ها در سطح عالی قرار گرفتند.

جدول ۶-۱ ارزیابی تک بعدی بودن نشانگرهای هر سازه

سازه	χ^2	P-Value	GFI	RMR
استراتژی چابک	۱۱/۳	۰/۶۶	۰/۹۳	۰/۰۳۶
پیوندهای چابک	۱۴/۰۹	۰/۴۴	۰/۹۱	۰/۰۴۳
فرایندهای چابک	۵/۱۱	۰/۸۲	۰/۹۶	۰/۰۴۰
کارکنان چابک	۲/۳۰	۰/۳۲	۰/۹۷	۰/۰۲۸
کیفیت محصول	۷/۳۰	۰/۲۹	۰/۹۵	۰/۰۵۲
انعطاف پذیری	۷/۳۰	۰/۲۹	۰/۹۵	۰/۰۵۲
تحويل به موقع	۷/۳۰	۰/۲۹	۰/۹۵	۰/۰۵۲

۶-۱-۳- پایایی و روایی همگرا

برای ارزیابی پایایی^۲ از شاخص پایایی، ثبات داخلی^۳ با مقدار آلفای کرونباخ استفاده شد که حد پذیرش آن ۰/۷۰ است [۳۳، ص ۶۲۸]. بر اساس تحلیل پایایی، به غیر از دو سازه کیفیت محصول و انعطاف‌پذیری با آلفای ۰/۶۶ و ۰/۵۸ بقیه در حد بالای ۷۰ درصد بودند. البته در برخی پژوهش‌ها آلفای بالای ۰/۵۰ نیز پذیرفته شده است [۳۲، ص ۹۷۹].

روایی همگرا درجه‌ای است که روش‌های چندگانه ارزیابی یک متغیر، نتایج یکسانی را

1. Confirmatory Factor Analysis (CFA)
2. Reliability
3. Internal consistency reliability



نشان می‌دهند [۳۴، ص ۳۹۹]. برای ارزیابی روایی همگرا از ضریب بنتلر^۱ - بونت^۲ استفاده شد که نسبت تفاوت میان مقدار کای مربع مدل خنثی^۳ و مدل طراحی شده^۴ بر مقدار کای مربع مدل خنثی است [۳۳، ص ۶۲۹]. ضرایب به‌دست آمده برای تمام سازه‌ها در سطح بالای ۰/۸۸ بود که روایی همگرایی خوبی را نشان می‌دهد.

۷- روش اجرا

بر اساس اظهار تمایل سازه‌گستر سایپا برای اطمینان یافتن از صحت تکمیل پرسشنامه‌ها، این سازمان پژوهشگر را به بیست شرکت معرفی نمود تا پرسشنامه‌های این شرکت‌ها با انجام مشاهده و مصاحبه تکمیل گردد. بقیه پرسشنامه‌ها از طریق نامبر و پست الکترونیک و بدون حضور پژوهشگر در محل سازمان‌های عضو نمونه، دریافت شدند که تعداد نهایی پرسشنامه‌های قابل استفاده به ۴۴ عدد رسید.

برای استفاده از کل پرسشنامه‌ها لازم بود تا نخست دو روش تکمیل با انجام مشاهده و مصاحبه و روش پرسشنامه تنها، مقایسه شوند. برای این کار میانگین و واریانس داده‌های به‌دست آمده از دو روش به ترتیب با آزمون t و آزمون لوین^۵ مقایسه شدند و در سطح اطمینان ۹۵٪ هیچ کدام از گویه‌های پرسشنامه تفاوتی را نشان ندادند. استفاده از همین روش نشان داد که دو بخش نمونه شامل پرسشنامه‌های به دست آمده از تأمین‌کنندگان دو شرکت سازه‌گستر سایپا و بهمن موتور نیز با هم تفاوت معناداری ندارند.

به‌کارگیری شبکه‌های بیز با داده‌های گسسته نیازمند آن است که سازه‌ها با متغیرهای رتبه‌ای^۶ به‌دست آمده از نشانگرهای اندازه‌گیری شده، وارد مدل شوند [۳۵، ص ۳۲۴]. برای محاسبه مقادیر هر سازه به صورت یک متغیر رتبه‌ای، از تحلیل خوشه‌ای K میانگین^۷ استفاده می‌شود [۳۵، ص ۳۲۴؛ ۳۶، ص ۱۱۹]؛ به این ترتیب با استفاده از نرم افزار SPSS، نشانگرهای خالص شده در مرحله ارزیابی روایی سازه، به طور جداگانه برای هر سازه وارد تحلیل و بر

1. Bentler
2. Bonett
3. Null
4. Specified
5. Levene
6. Categorical variables
7. K-means cluster analysis

مبنای نزدیکترین کانون محاسبه شده، به یکی از دو خوشه اول و دوم متعلق شدند. علت تعیین دو خوشه یا در واقع یک متغیر دو ارزشی برای هر سازه آن است که نخست، بیشتر پاسخگویان گزینه‌های سه، چهار و پنج را انتخاب کرده بودند و مهم‌تر اینکه، بنابر نظر اندرسون^۱ و واستاگ^۲ [۲۹، ص ۱۰۵] تعداد حالات هر متغیر گسسته در شبکه‌های بیز، اثر مستقیمی بر حداقل حجم نمونه لازم دارد و هرچه تعداد حالات متغیرها بیشتر باشد حجم نمونه بیشتری لازم است و تحلیل و تفسیر نتایج نیز مشکل‌تر می‌گردد.

برای اطمینان از این نکته که با تبدیل نشانگرهای پنج یا شش ارزشی به متغیرهای دو ارزشی برای هر سازه، اطلاعات قابل توجهی از دست نرفته‌است، تحلیل تشخیصی^۳ انجام گرفت [۳۶، ص ۱۱۹] که نشان داد، متغیر دو ارزشی می‌تواند سازه‌های استراتژی چابک، پیوندهای چابک و فرایندهای چابک را در ۹۷/۱ درصد موارد به درستی درجه‌بندی کند و همچنین در ۱۰۰ درصد موارد، سازه‌های کارکنان چابک، کیفیت، انعطاف‌پذیری و تحویل به‌موقع را به درستی رتبه‌بندی می‌کند. بنا بر نظر مک-کول کندی^۴ و اندرسون^۵ [۳۶، ص ۱۱۹] نتایج نشان می‌دهند که روش تبدیل نشانگرهای پرسشنامه به متغیرهای سازه، مناسب بوده‌است.

۸- آزمون فرضیه‌ها

ابتدا داده‌های خروجی فرایند تحلیل خوشه ای K میانگین در نرم افزار ۴-۳-۵ TETRAD وارد شدند. این نرم افزار مطالعه شبکه‌های بیز، با الگوریتم‌های جستجوی آن، در گروه فلسفه و ریاضی دانشگاه کارنگی ملون^۶ و تحت حمایت اداره ملی هوا فضا^۷ و دفتر تحقیقات نیروی دریایی^۸ ایالات متحده توسعه داده شده است [۳۷]؛ سپس بر مبنای فرضیه‌های مدل، تقدم و تأخر متغیرها تعیین و در نرم افزار وارد شد. بر مبنای این فرضیه‌ها، استراتژی چابک

1. Anderson
2. Vastag
3. Discriminant analysis
4. McColl-Kennedy
5. Anderson
6. Carnegie Melon University
7. Aeronautics and Space Administration (NASA)
8. Office of Naval Research



که تحت تأثیر نظر کلان مدیریت ارشد سازمان است به‌عنوان متغیر مقدم بر دیگر متغیرها تعیین شده و در سطح نخستین سطح علّیت قرار گرفت. در سطح دوم، کارکنان چابک و در سطح سوم پیوندهای چابک و فرایندهای چابک که تحت تأثیر استراتژی و کارکنان سازمان و خود مؤثر بر عملکرد هستند، قرار گرفتند. در سطح چهارم نیز متغیرهای عملکرد تولیدی شامل کیفیت، انعطاف پذیری و تحویل به‌موقع جای داده شدند. در آزمون فرضیه‌های پژوهش، نخست این روابط به‌صورت روابط احتمال بیان شد و سپس با کمک ابزار TEST الگوریتم PC در ماجول جستجوی نرم افزاره-۳-۴ TETRAD آزمون شدند. برای این آزمون آماره χ^2 انتخاب شد؛ زیرا این آماره در نمونه‌های کوچک نسبت به آماره G^2 حساسیت بیشتری را در شناسایی روابط علی دارد [۳۷].

ادعای آن که X علّت Y است مستلزم رابطه $p(Y|X) \neq p(Y)$ است. بنابراین رد فرض صفر استقلال X و Y :

$$H_0: p(Y|X) = p(Y)$$

مدرکی است بر $p(Y|X) \neq p(Y)$ که از ادعای رابطه علی $X \rightarrow Y$ پشتیبانی می‌کند. در شبکه‌های بین، فرض صفر را به‌صورت یک رابطه استقلال دو متغیر می‌توان نشان داد:

$$H_0: X \perp\!\!\!\perp Y$$

نرم افزاره-۳-۴ TETRAD این فرض را آزمون می‌کند و در آن، رد فرض صفر که با مقدار $P < 0/05$ مشخص می‌شود به‌معنای وابستگی دو متغیر است. در جدول ۷-۱ نتایج آزمون فرضیه‌ها مطرح شده در فصل یکم و مقادیر P هر کدام ارائه شده است. همان طور که در جدول ۷-۱، مشاهده می‌شود فرضیه‌ها ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۹ و ۱۲ رد نشده‌اند. اما فرضیه‌ها ۵، ۷، ۸، ۱۰ و ۱۱ رد شده‌اند.

فرضیه‌ها رد شده، همگی درباره اثر مستقیم پیوندها، فرایندها و کارکنان چابک بر متغیرهای عملکردی کیفیت و تحویل به‌موقع هستند. از این رو می‌توان ادعا کرد، توانمندی‌های چابکی سازمان در پیوندها، فرایندها و کارکنان، تنها بر روی انعطاف پذیری، تولید اثر مستقیم دارند و بر دو متغیر عملکردی دیگر یعنی کیفیت محصول و تحویل به‌موقع، اثر مستقیمی ندارند. طبق جدول ۸-۱ فرضیه‌ها مربوط به اثر استراتژی چابک بر پیوندها، فرایندها و کارکنان

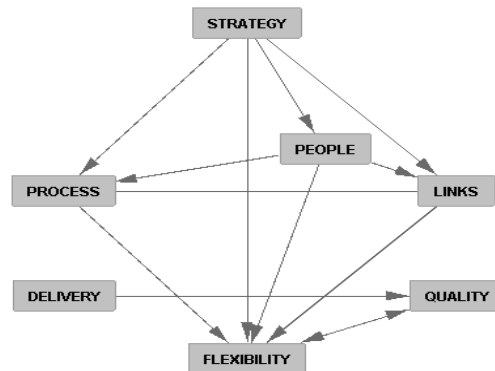
چابک رد نشده‌اند بنابراین رویکرد استراتژیک سازمان در جهت چابکی، بر توانایی‌های چابکی آن در ارتباطات و پیوندها، فرایندها و کارکنان، اثر مستقیم دارد. به علاوه همان طور که انتظار می‌رود، کارکنان چابک بر فرایندهای چابک و همچنین انعطاف‌پذیری تولید، اثر مستقیم دارند. و در آخر، ویژگی‌هایی که فرایندهای چابک را ایجاد می‌کنند می‌توانند بر انعطاف‌پذیری تولید اثر مستقیم بگذارند.

جدول ۸-۱ نتایج آزمون فرضیات مدل و قضاوت درباره فرضیات پژوهش

ردیف	فرضیه پژوهش	فرض H ₀	P	قضاوت
۱	استراتژی چابک بر فرایند چابک اثر مستقیم دارد	STRATEGY_ _PROCESS	۰/۰۰۰۳۹	رد نمی‌شود
۲	استراتژی چابک بر افراد چابک اثر مستقیم دارد	STRATEGY_ _PEOPLE	۰/۰۰۰۷۴۹	رد نمی‌شود
۳	استراتژی چابک بر پیوندهای چابک اثر مستقیم دارد	STRATEGY_ _LINKS	۰/۰۰۰۰۵۷	رد نمی‌شود
۴	افراد چابک بر فرایندهای چابک اثر مستقیم دارند	PEOPLE_ _PROCESS	۰/۰۰۰۶۴۲	رد نمی‌شود
۵	پیوندهای چابک بر تحویل به موقع اثر مستقیم دارند	LINKS_ _DELIVERY	۰/۳۱۷۲۱	رد می‌شود
۶	پیوندهای چابک بر انعطاف‌پذیری تولید اثر مستقیم دارند	LINKS_ _FLEXIBILITY	۰/۰۰۰۰۲۰	رد نمی‌شود
۷	پیوندهای چابک بر کیفیت محصول اثر مستقیم دارند	LINKS_ _QUALITY	۰/۰۰۰۰۰۷	رد می‌شود
۸	فرایندهای چابک بر تحویل به موقع اثر مستقیم دارند	PROCESS_ _DELIVERY	۰/۱۰۰۵۲۸	رد می‌شود
۹	فرایندهای چابک بر انعطاف‌پذیری تولید اثر مستقیم دارند	PROCESS_ _FLEXIBILITY	۰/۰۰۰۰۰۸	رد نمی‌شود
۱۰	فرایندهای چابک بر کیفیت محصول اثر مستقیم دارند	PROCESS_ _QUALITY	۰/۲۲۸۰۱	رد می‌شود
۱۱	افراد چابک بر کیفیت محصول اثر مستقیم دارند	PEOPLE_ _QUALITY	۰/۰۰۰۰۹۵	رد می‌شود
۱۲	افراد چابک بر انعطاف‌پذیری تولید اثر مستقیم دارند	PEOPLE_ _FLEXIBILITY	۰/۰۰۰۴۹۲۷	رد نمی‌شود

۹- یافته های تحقیق

بر مبنای اجرای الگوریتم PC و روابط تأیید شده در آزمون فرضیه‌ها که در بخش ۷ توضیح داده شد گراف شکل ۹-۱ به دست آمد.



شکل ۹-۱ مدل خروجی اجرای الگوریتم PC با تعریف تقدم و تأخر متغیرها

در مدل جدول ۸-۱، رابطه میان دو متغیر پیوندها و فرایندهای چابک جهت‌دار نیست و رابطه میان دو متغیر دیگر آن یعنی کیفیت و انعطاف‌پذیری دوطرفه است بنابراین مدل خروجی الگوریتم PC یک شبکه بیز نیست چرا که گراف باید غیر حلقوی جهت‌دار باشد تا پارامترهای شبکه بیز آن قابل محاسبه باشند.

برای دستیابی به یک شبکه علی بیز، باید روابط غیر جهت‌دار یا دو جهت را به روابط تک جهت علت و معلول تبدیل نمود. به این ترتیب می‌توان فرایندهای چابک را عامل پیوندهای چابک و کیفیت را عامل تحویل به موقع محسوب نمود و به مدل غیرحلقوی جهت‌دار مورد نظر دست یافت؛ اما در عمل حالات دیگری هم وجود دارند. برای مثال، در حالتی که پیوندهای چابک، عامل فرایندهای چابک هستند و تحویل به موقع عامل کیفیت. در اینجا جدا از منطق رابطه، تطابق پارامترهای مدل یا همان جدول‌های احتمال هر گره با داده‌های واقعی نیز باید در نظر گرفته شود. از این رو با توجه به اینکه در مدل خروجی الگوریتم PC دو رابطه غیر تک جهت وجود دارد و در هر کدام دو جهت قابل تصور است، چهار مدل قابل شناسایی است

که لازم است یکی از آنها برگزیده شود. برای این کار باید یک معیار برای سنجش درجه تطابق مدل به دست آمده با دانش پیشین و داده‌ها به کار گرفته شود [۳۸]. به این ترتیب چهار شبکه به دست آمده از خروجی اصلی الگوریتم PC و همچنین مدل مفروض شکل ۲-۱، با کمک این معیار مقایسه شده و بهترین مدل شبکه برگزیده می شود.

در این مقایسه که با کمک ماجول Estimator نرم افزار ۳-۴-۵ TETRA انجام گرفت، معیار اطلاعات بیز^۱ به کار گرفته شد. فرمول این معیار^۲ شامل دو بخش است؛ بخش اول، درجه‌ای را که مدل پارامتری می‌تواند داده‌های واقعی را به درستی پیش بینی کند ارزیابی می‌کند و بخش دوم یک امتیاز منفی را به پیچیدگی مدل اختصاص می‌دهد [۳۸، ص ۱۰۳]. هر چه معیار محاسبه شده بزرگتر باشد، مدل بهتر است. به این ترتیب پنج مدل پیش گفته با هم مقایسه شدند تا بهترین مدل بر مبنای داده‌های واقعی شناسایی گردد.

با مقایسه گراف‌های به دست آمده، در دو شبکه‌ای که در آنها کیفیت عامل انعطاف‌پذیری شناسایی شده بود، بدون تأثیر رابطه میان پیوندها و فرایندهای چابک، مقیاس BIC معادل ۲۴۰- به دست آمد. همچنین مدل مفروض شکل ۲-۱ دارای BIC معادل ۲۱۸- بود. در دو گرافی که انعطاف‌پذیری عامل کیفیت در نظر گرفته شده بود، بدون تأثیر رابطه میان پیوندها و فرایندهای چابک، مقیاس BIC معادل ۲۱۶- به دست آمد که بزرگتر از دیگر مقیاس‌های محاسبه شده است؛ اما در این دو مدل که در یکی، فرایندهای چابک عامل پیوندهای چابک و در دیگری پیوندهای چابک عامل فرایندهای چابک، شناسایی شده بود BIC یکسان بود. به این ترتیب تحلیل کمی نمی‌تواند یکی از این دو را انتخاب کند. اما بر اساس تحلیل مفهومی، روشن است که وجود پیوندهای چابک باعث ارتباط قوی سازمان با محیط خود و حرکت به سوی چابکی سازمان است و می‌تواند بالا بردن سطح آگاهی مشتریان از توانایی‌های تأمین‌کنندگان و بهترین‌ها در صنعت، بر چابکی فرایندهای سازمان از جمله فرایندهای تصمیم‌گیری و گزینش تسهیلات مؤثر باشد.

همچنین درباره اثر مستقیم انعطاف‌پذیری تولید بر کیفیت که از پیش مفروض نبود، استدلال منطقی قابل ارائه است. یکی از ابعاد انعطاف‌پذیری در تولید، انعطاف سازمان در

1. Bayesian Information Criterion (BIC)

۲. برای آشنایی با فرمول محاسباتی این معیار می‌توانید به [۳۸، ص ۱۰۳] مراجعه نمایید.

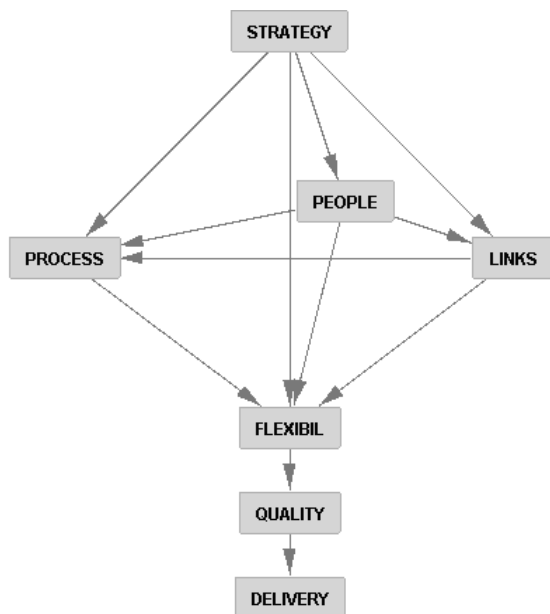


تولید محصولات در بهره‌های متنوع کوچک و بزرگ، بسته به سفارش مشتری است. وقتی سازمان چنین توانی دارد، هنگام افزایش یا کاهش حجم تولید لازم نیست تغییرات عمده‌ای را در فرایندها، تأمین کنندگان یا تعداد کارکنان خود ایجاد کند؛ پس می‌تواند با همان فرایندهای قبلی که تا کنون تحت کنترل بوده‌اند و شرایط مشخصی دارند؛ یعنی تأمین‌کنندگانی که از لحاظ کیفی و کمی مورد اعتماد بوده‌اند و کارکنانی که تجربه کافی در تولید محصولات دارند، به تولید محصول بپردازد. بعد دوم مورد توجه در انعطاف‌پذیری تولید، انعطاف‌سازمان در اعمال خواسته‌های مشتری، در طرح محصول یا فرایند تولیدی است. وقتی سازمان می‌تواند تغییرات موردنظر مشتری را در طرح محصول یا فرایندهای تولید آن اعمال کند، در واقع توانایی ارائه محصول طبق خواسته‌ها و الزامات مشتری را دارد که این نکته خود تعریفی از کیفیت است [۳۹]؛ بنابراین انعطاف‌پذیری تولیدی در سازمان می‌تواند اثر مستقیمی بر کیفیت محصولات آن داشته باشد.

اما در همه مدلها، علت کیفیت تحویل به موقع، شناسایی شده است که استدلال روشنی را برای آن نمی‌توان پیدا کرد. بنابراین لازم است که دوباره از مقیاس BIC استفاده شود و دو مدل که با ثابت ماندن دیگر روابط، در یکی تحویل به موقع، علت کیفیت و در دیگری کیفیت علت، تحویل به موقع است، با هم مقایسه شوند. این دو مدل با کمک ماجول Estimator، مقایسه شدند. مقیاس BIC در مدلی که کیفیت عامل علت تحویل به موقع شناخته شده بود معادل ۲۱۳/۹۶- به دست آمد که بهترین مقیاس به دست آمده از مدل‌های پژوهش است؛ بنابراین، مدل نهایی پژوهش شکل ۹-۲ است.

در گراف حلقوی جهت‌دار شکل ۹-۲، متغیرهای عملکرد تولیدی، شامل انعطاف‌پذیری، کیفیت و تحویل به موقع پشت سر هم قرار گرفته‌اند. استدلال اثر علی انعطاف‌پذیری بر کیفیت، پیشتر مطرح شد. اما درباره اثر علی کیفیت بر تحویل به موقع، می‌توان گفت وقتی تأمین‌کننده، الزامات کیفی مشتری را فراهم کرده و ستاده فرایند تولید آن قابل اتکاء بوده است؛ بنابراین به بازرسی‌های متعدد یا احتمالاً دوباره کاری نیاز کمتری دارد، امکان تحویل به موقع محصولات فراهم می‌شود و تأخیر کمتری در آن رخ می‌دهد. به علاوه، سرعت در تحویل محموله که جزئی از عملکرد تحویل محسوب می‌شود، خود متأثر از انعطاف‌پذیری و کیفیت محصول است. به این ترتیب روابط علی متغیرهای عملکرد در گراف شکل ۸-۲ با

وجودی که از پیش مفروض نبوده اند، از دید مفهومی معتبر هستند.



شکل ۹-۲ مدل نهایی پژوهش با مقیاس $BIC = -212/96$

مدل علی شبکه بیز

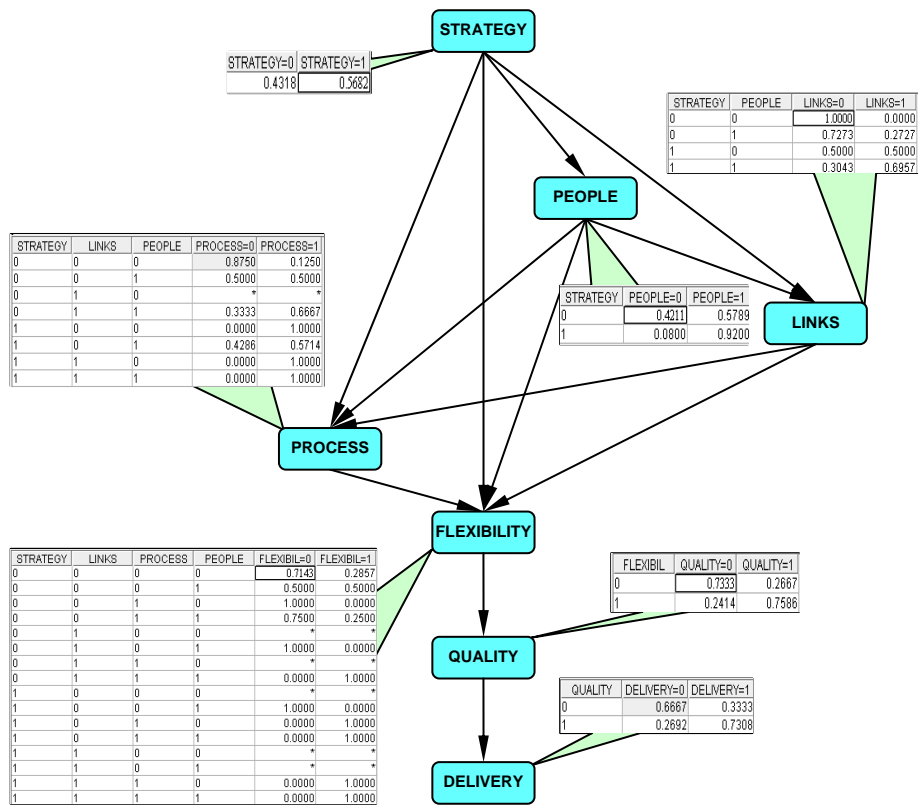
هر شبکه بیز با یک گراف حلقوی، جهت دارد و با یک شناسه احتمال، که شامل توزیع‌های محلی احتمال شرطی برای هر یک از متغیرهای شبکه است، تشکیل می‌گردد. مدل شکل ۹-۳ با توجه به استدلال‌های انجام شده و با کمک مقیاس BIC به دست آمده است و همه روابط آن جهت‌دار و غیر حلقوی است از این رو یک مدل شبکه بیز به شمار می‌آید. بر مبنای داده‌ها و گراف به دست آمده و با فرمول تخمین زنده حداکثر درست نمایی^۱ در ماجول Estimator در نرم افزار ۴-۳-۵ TETRAD می‌توان مقادیر احتمال شرطی شناسه احتمال شبکه بیز را که پارامتر نامیده می‌شوند، تعیین کرد. این تخمین زنده، مقادیر پارامتر را به گونه‌ای محاسبه می‌کند که

1. Maximum Likelihood Estimator



درست‌نمایی داده‌ها بر مبنای پارامترها، حداکثر شود [۳۸]. در یک مثال ساده، اگر دارای N بردار از داده‌ها باشیم و متغیر X دارای دو حالت صفر و یک باشد، این تخمین زنده، تعداد حالات صفر یا یک آن را مشروط به پدراش، محاسبه کرده و بر کل N تقسیم می‌کند.

شکل ۳-۹ شبکه بیز نهایی پژوهش به همراه جدول‌های احتمال شرطی هر یک از متغیرهای آن است که با تخمین زنده حداکثر درست‌نمایی به دست آمده‌اند. جدول‌های احتمال شرطی در جدول ۸-۱ احتمال وقوع هر حالت از متغیرها را مشروط بر پدران آنها نشان می‌دهند. بر مبنای این جدول‌های، نتایج از ارتباط متغیرها قابل استنتاج است که برخی از مهمترین آنها بیان می‌شود.



شکل ۳-۹ شبکه بیز نهایی پژوهش به همراه جداول احتمال شرطی هر گره

بر مبنای جدول احتمال شرطی گره استراتژی چابک در شکل ۹-۳ وقتی سازمانی دارای استراتژی چابک باشد، ۹۲٪ احتمال دارد دارای کارکنانی چابک باشد که این احتمال بسیار بالایی است. این احتمال به این معناست که وقتی مدیریت ارشد سازمان دارای رویکردی استراتژیک در جهت چابکی است، به یقین به چابکی کارکنان توجه می‌نماید. همچنین با توجه به جدول احتمال شرطی گره پیوندهای چابک، اگر سازمان دارای استراتژی و کارکنان چابک نباشد احتمال چابکی پیوندهای آن صفر است. اگر تنها استراتژی‌های آن چابک باشد، فقط ۵۰٪ احتمال چابک بودن پیوندهای آن وجود دارد و اگر فقط کارکنان سازمان چابک باشند ۷۲٪ احتمال دارد که سازمان، پیوندهای چابکی داشته باشد. به این ترتیب اثر چابکی کارکنان سازمان بر چابکی پیوندهای آن زیاد است. با توجه به جدول احتمال شرطی گره فرایندهای چابک، اگر استراتژی سازمان و پیوندهای آن چابک باشند ۱۰۰٪ احتمال دارد که فرایندها نیز چابک باشند که اهمیت اثر این دو را در چابکی فرایندهای سازمان نشان می‌دهد.

همچنین با توجه به جدول‌های احتمال شرطی گره‌های عملکرد تولیدی، اگر سازمان به انعطاف‌پذیری در تولید دست یافته باشد با احتمال ۷۶٪ امکان دارد که دارای عملکرد کیفی مثبت باشد. سرانجام، در آخرین گره شبکه، اگر سازمان دارای عملکرد کیفی مناسب باشد، ۷۳٪ احتمال دارد که بتواند به عملکرد خوبی در تحویل دهی محصول به مشتریان دست یابد.

۱۰- نتیجه گیری

هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر توانمندی‌های چابکی شرکتها بر عملکرد تولیدی آنها بود و به علت اهمیت صنعت قطعه‌سازی، این بررسی در جامعه شرکت‌های قطعه‌ساز داخلی انجام شد. روایی و پایایی پرسشنامه این تحقیق با کمک تحلیل عاملی تأییدی، ارزیابی شد تا اعتبار نتایج قابل اتکاء باشد. از دیگر ابزارهای آماری به کار رفته در این پژوهش، تحلیل خوشه‌ای K میانگین بود که به خوبی توانست متغیرهای نشانگر را به متغیرهای گسسته سازه‌های مربوط تبدیل نماید و همچنین تحلیل تشخیصی که برای صحت‌گذاری بر این تبدیل به کار گرفته شد. آزمون فرضیه‌های پژوهش و ساخت مدل علی آن با کمک شبکه‌های بی‌انجام گرفت. در نتیجه روشی ابتکاری شامل چند مرحله تحلیل مفهومی پژوهشگر و محاسبه معیار



اطلاعات بیز، مدل اولیه به دست آمده از داده‌ها بهبود داده شد تا مدل نهایی به شکل یک گراف غیرحلقوی جهت‌دار به دست آمد. پارامترهای این مدل شبکه بیز با کمک یک تخمین زننده حداکثر درست نمایی محاسبه شده و جدول‌های شناسه احتمال شبکه بیز که امکان ارزیابی‌های احتمالی را فراهم می‌سازد به دست آمدند.

در مدل‌سازی علی شبکه بیز، یکی از فرضیه‌های لازم آن است که تمام متغیرهای مؤثر بر مدل، شناسایی و در مدل وارد شوند که به فرض کفایت علی^۱ معروف است. اما این کار اگر غیر عملی نباشد، به سختی ممکن می‌شود و در این پژوهش هم امکان دارد متغیرهای مؤثر دیگری وجود داشته باشند که در مدل علی وارد نشده اند. الگوریتم PC که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت با افزایش حجم نمونه، می‌تواند تمام روابط علی را با درست نمایی زیاد شناسایی کند [۴۰] و توصیه شده که در استفاده از شبکه‌های بیز، حجم نمونه بیش از صد انتخاب شود. این امر با توجه به دسترسی محدود به تأمین‌کنندگان و زمان محدود اجرای پروژه، ممکن نشد.

مدل علی به دست آمده از این پژوهش اهمیت متغیرهای مؤثر در تولید چابک و آثار علی آنها را بر متغیرهای عملکرد تولیدی نشان داد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که مدیران صنایع، مشاوران یا مسئولان طرح‌های ارتقای تأمین‌کنندگان در شرکت‌های خودروسازی با اتکاء بر آثار مثبت توانمندی‌های چابکی بر عملکرد، برای تعریف پروژه‌های بهبود از این مدل استفاده کنند. این مدل می‌تواند به حل مشکلات عملکردی سازمان کمک کند؛ زیرا با مشخص نمودن روابط علی، امکان پی‌گیری نقاط ضعف احتمالی را به علل آنها فراهم می‌سازد. همچنین به دلیل نشان دادن آثار توانمندی‌های چابکی بر عملکرد، می‌توان از آن، برای توجیه طرح‌های ارتقا در جهت رسیدن به تولید چابک بهره گرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که آنچه به عنوان توانمندی‌های تولید چابک مطرح می‌شود در عمل می‌تواند عملکرد تولیدی سازمان را بهبود دهد. بنابراین پیشنهاد داده می‌شود در پژوهش‌های بعدی، دیگر معیارهای عملکرد نیز وارد مدل شوند تا آثار توانمندی‌های تولید چابک بر آنها نیز مشخص گردد.

متدولوژی تحقیق شامل ترکیب استقرای مبتنی بر محدودیت در الگوریتم PC و امتیازدهی بیز، که در این پژوهش به گرفته شد، می‌تواند در بسیاری از پژوهش‌های علوم مدیریت مورد

1. Causal Sufficiency

استفاده قرار گیرد؛ به ویژه آنکه سیستمهای پیچیده سازمانی شامل متغیرهای بسیار زیادی هستند و شبکه‌های بیز یکی از معدود متدلوژی‌هایی است که از عهده پیچیدگی روابط، تعداد متغیرهای زیاد و عدم قطعیت روابط بر می‌آید. در مواردی که انجام آزمایش، غیر اجرایی است، مدل‌سازی علی با حذف نیاز به آزمایش می‌تواند افقهای جدیدی را به روی پژوهشگران باز کند و بسیاری از محدودیت‌های پژوهش‌های معمول را کاهش دهد.

۱۱- منابع

- [1] Coronado M., Sarhadi, M. and Millar, C. Defining a framework for information systems requirements for agile manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 75, pp. 57-68, 2002.
- [2] Official site of Iranian Ministry of industry and mining, <http://www.mim.gov.ir>, 2002.
- [3] Elkins, D. A., Huang, N. and Adlen, J. M. Agile manufacturing systems in the automotive industry. *International Journal of Production Economics*, Vol. 91, pp. 201-214, 2004.
- [4] Gunasekaran, A. Agile manufacturing: A framework for research and development. *International Journal of Production Economics*, 62, pp. 87-105, 1999.
- [5] Duguay, C. R., Landry, S. and Pasin, F. From mass production to flexible/agile production. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 17, No. 12, pp. 1183-1195, 1997.
- [6] Tsourveloudis, N. C., and Valavanis, K. P. On the Measurement of Enterprise Agility. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 33, pp. 329-342, 2002.
- [7] Giachetti, R. E., Martinez, L. D., Saenz, O. A. and Chen, C-S. Analysis of the structural measures of flexibility and agility using a measurement theoretical framework. *International Journal of Production Economics*,



86, pp. 47-62, 2003.

- [8] Lin, C. T., Chiu, H., and Tseng, Y. H. Agility evaluation using fuzzy logic. *International Journal of Production Economics*, Article in press, 2005.
- [9] Gunasekaran, A. Agile manufacturing: enablers and an implementation framework. *International Journal of Production Research*, Vol. 36, No. 5, pp. 1223-1247, 1998.
- [10] Sharifi, H. and Zhang, Z. A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: An introduction. *International Journal of Production Economics*, Vol. 62, pp. 7-22, 1999.
- [11] Jackson, M. and Johansson, C. An agility analysis from a production system perspective. *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 14, No. 6, pp. 482-488, 2003.
- [12] Zhang, Z. and Sharifi, H. A methodology for achieving agility in manufacturing organizations. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 20, No. 4, pp. 496-512, 2000.
- [13] Sharifi, H. and Zhang, Z. Agile manufacturing in practice: application of a methodology. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 21, No. 5/6, pp. 772-794, 2001.
- [14] Hormozi, A. M. Agile manufacturing: the next logical step. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 8, No. 2, pp. 132-143, 2001.
- [15] Katayama, H. and Bennett, D. Agility, adaptability and leanness: a comparison of concepts and a study of practice. *International Journal of Production Economics*, 60-61, pp. 43-51, 1999.
- [16] Yusuf, Y. Y. and Adeleye, E. O. A comparative study of lean and agile manufacturing with a related survey of current practices in the UK. *International Journal of Production Research*, Vol. 40, No. 17, pp. 4545-4562, 2002.
- [17] Cho, H., Jung, M. and Kim, M. Enabling technologies of agile

- manufacturing and its related activities in Korea. *Computers and Industrial engineering*, Vol. 30, No. 3, pp. 323-324, 1996.
- [18] Sharp, J. M., Irani, Z., and Desai, S. Working towards agile manufacturing in the UK industry. *International Journal of Production Economics*, 62, pp. 155-169, 1999.
- [19] Zain, M., Rose, R. C., Abdullah, I., and Masrom, M. The relationship between information and organizational agility in Malaysia. *Information and Management*, Article in press, 2004.
- [20] Guisinger, A. and Ghorashi, B. Agile manufacturing practices in the specialty chemical industry: An overview of the trends and results of a specific case study. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 24, No. 5/6, pp. 625-635, 2004.
- [21] Meredith, M. and Francis, D. Journey towards agility: the agile wheel explored. *The TQM Magazine*, Vol. 12, No. 2, pp. 137-143, 2000.
- [22] Brown, S., and Bessant, J. The manufacturing strategy-capabilities links in mass customization and agile manufacturing – an exploratory study. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 23, No. 7, pp. 707-73, 2003.
- [23] Yusuf, Y. Y., Sarhadi, M. and Gunasekaran, A. Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes. *International Journal of Production Economics*, 62, pp. 33-43, 1999.
- [24] Ren, J., Yusuf, Y. Y., and Burns, N. D. The effects of agile attributes on competitive priorities: a neural network approach. *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 14, No. 6, pp. 489-497, 2003.
- [25] Jayaram, J., Dorge, C., and Vickery, S. K. The impact of human resource management practices on manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, 18, pp. 1-20, 1999.
- [26] Joshi, M.P., Kathuria, R., and Porth, S. J. Alignment of strategic priorities



- and performance: an integration of operations and strategic management perspectives. *Journal of Operations Management*, 21, pp. 353-369 , 2003.
- [27] Devaraj, D., Hollingworth, D. G., and Schroeder, R. G. Generic manufacturing strategies and plant performance. *Journal of Operations Management*, 22, pp. 313-333 , 2004.
- [28] Forsythe, C. Human factors in agile manufacturing: a brief overview with emphasis on communications and information infrastructures. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 7 (1), pp. 3-10 , 1997.
- [29] Anderson, R. D. and Vastag, G Casual modeling alternatives in operations research: Overview and application. *European Journal of Operational Research*, 156, pp. 92-109 , 2004.
- [30] Nadkarni, S. and Shenoy, P. P. A Bayesian network approach to making inferences in causal maps. *European Journal of Operational Research*, 128, pp. 479-498 , 2001.
- [31] Gunasekaran, A., Tirtiroglu, E. and Wolstencroft, V.. An investigation into the application of agile manufacturing in an aerospace company. *Technovation*, Vol. 22, pp. 405-415 , 2002.
- [32] Hinkin, T. R A Review of Scale Development Practices in the Study of Organizations. *Journal of Management*, Vol. 21, No. 5, pp. 967-988 , 1995.
- [33] Li, S., Subba-Rao, S., Ragu-Nathan, T.S. and Ragu-Nathan, B Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices. *Journal of Operations Management*, 23, pp. 618-641 , 2005.
- [34] O'Leary-Kelly, S. W. and Vokurka, R. J. The empirical assessment of construct validity. *Journal of Operations Management*, 16, pp. 387-405, 1998.
- [35] Blodgett, J. G. and Anderson, R. D. A Bayesian network model of the consumer compliant process. *Journal of Service Research*, Vol. 2, No. 4, pp. 321-338 , 2000.

- [36] McColl-Kennedy, J. R. and Anderson, R. D. Subordinate-manager gender combination and perceived leadership style influence on emotions, self-esteem and organizational commitment. *Journal of Business Research*, 58, pp. 115-125 , 2005.
- [37] TETRAD project home page. <http://www.phil.cmu.edu/projects/tetrad>
- [38] Heckerman, D. Bayesian Networks for Data Mining. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 1, pp. 79-119 , 1997.
- [39] Evans, J. R. and Lindsay, W. M. The Management and Control of Quality. (5th Ed.) *Cincinnati: South-Western, Thomson Learning* , 2002.
- [40] Scheines, R., Spirtes, P., Glymour, C., Meek, C., Richardson, T. The TETRAD Project: Constraint Based Aids to Causal Model Specification. *Multivariate Behavioral Research*, Vol. 33, No. 1, pp. 65-117, 1997.