فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال دوازدهم/ شماره ۴۱/ پاییز ۱۳۹۶

اولویت‌بندی سطح عملکرد تکنولوژی شرکت‌های خودروسازی ایران با استفاده از رویکرد (PANDA-FANP-FVIKOR)

عمّار فیضی
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی گرایش تولید و عملیات، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساوه، ایران
احسان ساده (نویسنده مسوول)
گروه مدیریت، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران
Email: e.sadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۳۰ * تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۱

چکیده

آشکار شدن اهمیت روزافزون تکنولوژی به‌ویژه پس از جنگ‌های جهانی اول و دوم و نقش آن به‌عنوان یکی از عوامل مهم کسب قدرت نظامی، سیاسی، اقتصادی و تولید ثروت، باعث گردید توجه زیادی به ابعاد مختلف تکنولوژی جلب شود. در خصوص ارزیابی تکنولوژی در بنگاه‌ها بررسی‌های اندکی به‌عمل‌آمده است. هدف پژوهش حاضر ارائه یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی جهت ارزیابی عملکرد سطح تکنولوژی صنایع خودروسازی ایران با استفاده از تکنیک VIKOR-ANP فازی می‌باشد. جامعه آماری پژوهش حاضر را ۲۵ نفر از مدیران ارشد تولید و فناوری اطلاعات و تکنولوژی ایران‌خودرو، سایپا و پارس‌خودرو تشکیل می‌دهند. ابتدا به بررسی ادبیات موضوع و پیشینه‌ی پژوهش پرداخته سپس با استفاده از تکنیک دلفی و مصاحبه به غربال‌سازی ابعاد و شاخص‌های ارزیابی سطح تکنولوژی صنایع خودروسازی ایران پرداخته شد. نتایج حاصل از وزن‌دهی به ابعاد با تکنیک فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی نشان می‌دهد که شاخص توانمندی خلاقیت رتبه اول و شاخص‌های: توانمندی طراحی مهندسی، توانمندی ساخت، توانمندی تولید، توانمندی‌های بازاریابی و فروش، توانمندی خدمات‌رسانی، توانمندی اکتساب و توانمندی پشتیبانی به ترتیب، رتبه‌های دوم تا هشتم را کسب نمودند. نتایج این تحقیق می‌تواند دید جامعی به تصمیم‌سازان خصوصاً مدیران و کارشناسان خودروسازی ارائه نماید. همچنین در بررسی عملکرد تکنولوژی آن‌ها را یاری رساند.

کلمات کلیدی: مدیریت تکنولوژی، ارزیابی، مدل پاندا، تکنیک ANP فازی، تکنیک VIKOR فازی.

۱- مقدمه

شرکت‌ها و بنگاه‌های تولیدی همواره درگیر مسائل اجرائی بسیار زیادی از قبیل: خرید، فروش، تأمین مواد اولیه، امور حسابداری، بیمه و ...، همچنین تغییرات شدید در محیط رقابتی می‌باشند. لذا استفاده از مدل‌ها و روش‌های ارزیابی تکنولوژی طولانی در این بنگاه‌ها جوابگو نمی‌باشد، به‌عبارت‌دیگر مدیران فنی و کارشناسان خبره شرکت‌ها و کارخانه‌ها با توجه به تجارب کسب کرده و به‌طور ذهنی قادر به تعیین حدود توانایی شرکت‌ها در حوزه‌های مختلف تکنولوژی نمی‌باشند. به نظر می‌رسد ابزار مناسب جهت تأیید و تصدیق این تخمین‌های ذهنی، مدل‌های توانمندی تکنولوژی می‌باشد. تجربه نشان می‌دهد که مدل‌ها و روش‌هایی که در این‌گونه کارخانه‌ها بکار گرفته می‌شوند بایستی دو خاصیت اساسی داشته باشند: اولاً ساده و قابل‌فهم باشند و ثانیاً در زمان کوتاه و قابل قبولی نتیجه را ارائه دهند. از طرف دیگر ارزیابی و ممیزی تکنولوژی یکی از وظایف مدیران استراتژیک می‌باشد که با توجه به شرایط محیطی، قابلیت‌ها، توانمندی‌های خود و همچنین بررسی نقاط ضعف استراتژی‌ها و سیاست‌گذاری‌های لازم را جهت رشد سازمان و تحقق اهداف آن انجام دهند(Tabatabaeian,2005). آگاهی از وضع موجود هر سیستم و فرآیندهای آن، اولین گام برای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در راستای مدیریت بهینه آن سیستم است. هرگونه تصمیم‌گیری و سرمایه‌گذاری در یک سازمان که درواقع سرمایه‌گذاری روی تجهیزات، نیروی انسانی و دانش مجموعه است نیز این اصل مستثنی نیست. ترکیب عوامل مذکور سازمان که به‌عنوان فناوری شناخته می‌شود، همواره نیازمند مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی‌شده است. این مدیریت، بدون ارزیابی، دانش و شناخت کافی از وضعیت و عملکرد فناوری در دست امکان‌پذیر نیست و درنهایت به مدیریتی با بازده پایین منتهی شود(Zhao, Tian & Zillante, 2014).

در عصر حاضر اندازه‌گیری عملکرد تکنولوژی ازجمله بهترین راه‌های به دست آوردن اطلاعات برای تصمیم‌گیری در سازمان‌ها است و نقش حیاتی در موفقیت آن‌ها ایفا می‌کند. بااین‌حال تعداد زیادی از سازمان‌ها، فرآیندهای رسمی برای ارزیابی عملکرد تکنولوژی خود را توسعه نداده و به کار نگرفته‌اند. در اندازه‌گیری عملکرد تکنولوژی، مدیران همواره به دنبال آن بوده‌اند تا عملکرد را به‌واسطه اندازه‌های مختلف ارزیابی نمایند(Arasti & Pakniat,2010). نظریه فازی، در سال(۱۹۶۵) توسط پروفسور عسگرزاده، دانشمند ایرانی و استاد دانشگاه برکلی آمریکا عرضه شد. فازی نظریه‌ای است برای اقدام در شرایط عدم اطمینان. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها، و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند، به شکل ریاضی درآورد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد(Momeni,2013).

ضرورت طراحی و استقرار سیستم‌های ارزیابی تکنولوژی در کارخانه‌ها و شرکت‌ها، یکی از مسائل مبرم و حیاتی امروز صنایع کشور است. باوجود چنین التزامی، بسیاری از مدیران پروژه ارزیابی عملکرد تکنولوژی، تنها به جنبه‌های تکنیکی و مالی پروژه توجه داشته و از سایر جوانب غافل می‌مانند و همین موضوع زمینه‌ساز عدم موفقیت در ارزیابی مدون و همه‌جانبه سطح تکنولوژیکی بنگاه می‌شود به همین دلیل لازم است قبل از ارزیابی آن، شاخص‌های مربوط به ارزیابی تکنولوژیکی سازمان مورد شناسایی قرار گیرد. از آنجائی که پیشرفت و توسعه تکنولوژی با توسعه اقتصادی در یک سازمان ارتباط مستقیمی دارد می‌توان سطح و میزان توسعه تکنولوژی یک کارخانه را نشانه‌ای از اقتدار آن دانست. برای توسعه تکنولوژی ابتدا بایستی به تکنولوژی مربوطه دست‌یابیم سپس درصدد ارتقاء آن باشیم(Jafarnejad & Morvati, 2006).

الف- مفاهیم و مدل‌های تکنولوژی: تکنولوژی به‌عنوان دانش نظام‌مند در تولید یک محصول یا ارائه خدمت در صنعت، کشاورزی یا تجارت و نیز نصب و راه‌اندازی یا نگهداری از یک کارخانه صنعتی و یا تجهیزات و یا برای مدیریت یک شرکت اطلاق می‌شود. به‌عبارت‌دیگر تکنولوژی تمام دانش‌ها، محصولات، ابزار و روش‌ها و سیستم‌هایی است که به خدمت گرفته می‌شود تا محصول یا خدمتی ارائه شود. تکنولوژی فرآیند انتقال و تبدیل منابع به محصولات از طریق دانش، تجربه، اطلاعات و ابزار است(Taregh, 2000). از سوی دیگر نوآوری را تبدیل دانش و ایده‌ها به محصولات جدید و یا بهبودیافته، فرآیندها، خدمات و یا برای به دست آوردن مزیت رقابتی گویند(Huang, Zhang & Porter, 2014).

قابلیت‌های تکنولوژیک در یک صنعت شامل مهارت‌های فنی، مدیریتی و نهادی است و حاصل تلفیق دانش و مهارت‌های اعضاء بنگاه در طول زمان است. قابلیت‌های نوآوری تنها یک جنبه از قابلیت‌های تکنولوژیک است. قابلیت‌های تکنولوژیک شیوه‌ای

است که یک سازمان تمام مواردی چون مهارت‌ها، یادگیری‌های افراد، صلاحیت‌های تحصیلی، تکنولوژی‌های تجسم شده در ماشین‌آلات و غیره را در هم می‌آمیزد تا مانند یک سازمان عمل کند. این فرآیند همراه با تعامل دائمی بین اعضاء، جریان کارآمد اطلاعات و تصمیم‌گیری‌ها و هم‌افزایی است. (Lall,2006)

همچنین ارزیابی توانمندی تکنولوژی فرآیندی است که در آن سطح فعلی قابلیت‌ها و توانایی‌های تکنولوژیک کارخانه اندازه‌گیری می‌شود تا هم نقاط ضعف و قوت تکنولوژی کارخانه شناسایی شود وهم بتوان توانمندی‌های تکنولوژیکی کارخانه را با رقبا با سطح ایده آل مقایسه نمود و جهت جبران موارد نامطلوب اقدام کرد(Radfar, Khamseh&Monfaredpour, 2011). مدل‌های مختلفی در ارتباط با ارزیابی توانمندی تکنولوژیکی می‌باشد که این دیدگاه‌ها و مدل‌ها در سه بخش کلی به شرح جدول شماره (۱) دسته‌بندی می‌گردد.

جدول شماره (۱): دسته‌بندی مدل‌های ارزیابی توانمندی تکنولوژیک (Khamseh, Sheah, & Shahrjerdi, 2010)

مدل‌های تعیین شکاف تکنولوژی	مدل‌های ارزیابی علل بروز شکاف تکنولوژی	مدل‌های ارائه راهکار جهت جبران شکاف تکنولوژی
مدل اطلس تکنولوژی	مدل فورد	مدل فورد
مدل پورتر	مدل لیندسی	مدل لیندسی
مدل پاندا و راماناسن	مدل اطلس تکنولوژی	مدل فال
مدل فلوید	مدل فلوید	مدل گارسیا- آرولا
مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی	مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی	مدل لین
مدل ارزیابی محتوای تکنولوژی	مدل سطوح توانمندی تکنولوژی	مدل ارزیابی نیاز تکنولوژی
مدل ارزیابی موقعیت تکنولوژی		مدل سیستم های اطلاعات مدیریت علم و تکنولوژی
مدل ارزش‌افزوده اقتصادی		مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی

مطابق جدول(۱)، مدل‌های ارزیابی توانمندی تکنولوژیک به سه بخش: مدل‌های تعیین شکاف تکنولوژی، مدل‌های ارزیابی علل بروز شکاف تکنولوژی و مدل‌های ارائه راهکار جهت جبران شکاف تکنولوژی، تقسیم نمود.

ب- مدل پاندا و راماناسن: مدل ارزیابی سطوح فناورانه پاندا و راماناسن ابزاری جهت تشخیص و تعیین قابلیت‌های موردنیاز برای اجرای اولویت‌های فناوری در بنگاه است که به بررسی سطح توانمندی‌های فناورانه می‌پردازد. پاندا و رامانسن فرآیند ارزیابی توانمندی فناورانه را شامل گام‌های زیر می‌دانند:

۱- شناسایی مراحل ایجاد ارزش‌افزوده در شرکت؛
۲- شناسایی توانمندی‌های فناورانه موردنیاز جهت فعالیت‌های ایجادکننده ارزش‌افزوده؛
۳- تدوین مجموعه‌ای از شاخص‌ها برای ارزیابی هرکدام از توانمندی‌های فناورانه؛
۴- پیدا کردن سطح توانمندی‌های فناورانه در یک شرکت پیشرفته و مقایسه توانمندی‌های فناورانه با شرکت الگو؛
۵- تعیین شکاف‌های موجود در سطح توانمندی‌های شرکت در مقایسه با شرکت الگو.

علت انتخاب مدل پاندا توسط محققین پژوهش حاضر، اولاً مناسب بودن آن برای سطح بنگاه ،ثانیاً سادگی کاربرد و تحلیل آن است.

ج- پیشینه ی پژوهش:

جدول شماره (۲)، به خلاصه ای از پژوهش‌های صورت گرفته در ارزیابی تکنولوژی اشاره می‌نماید.

جدول شماره (۲): پیشینه پژوهش‌های ارزیابی تکنولوژی

نویسندگان	عنوان پژوهش	نتایج و یافته‌ها
هایدن و همکاران	نقش آموزش‌وپرورش در جذب ظرفیت انتقال تکنولوژی بین‌المللی در بخش هوافضا	محققین با ارائه مدلی مفهومی و در نظر گرفتن متغیرهایی که در افزایش نقش‌آموزش‌وپرورش در جذب ظرفیت انتقال تکنولوژی در صنعت هوافضا ایفا می‌نماید. به‌عنوان مدلی جهت انتقال تکنولوژی بین‌المللی هوافضا با توجه به تأکید بر تحقیق و توسعه، توسعه منابع انسانی، کاهش دخالت‌های دولت یا تعدیل دخالت‌های سیاسی دولت، پرهیز از اکتساب تکنولوژی نامناسب، حمایت از حقوق مالکیت، توجه به چندبعدی بودن و پیچیدگی تکنولوژی، را به‌عنوان عوامل حیاتی در توسعه انتقال تکنولوژی بین‌المللی هوافضا هلند یاد نمودند(Heiden, et al., 2016).
کاندو و همکاران	مدیریت انتقال تکنولوژی با تحلیل عوامل ذاتی	محققین شاخص‌های اقتصادی و مالی را در دستیابی به روش‌های نوین انتقال تکنولوژی حیاتی معرفی نمودند و معتقد بودند که دسترسی به مدیریت انتقال تکنولوژی مناسب نیازمند داشتن زیرساخت‌های اقتصادی مناسب و بودجه کافی در هر صنعت و کشوری است (Kundu, et al., 2015).
ارشادی و همکاران	بررسی و ارزیابی اجزای فناوری با کمک مدل اطلس فناوری(مطالعه موردی: شرکت طراحی مهندسی و ساخت تجهیزات و ابزارآلات سایپا)	نتایج حاصله با استفاده از نرم‌افزار QSB نشان می‌دهد که امتیاز فن افزار شرکت ۵۵ درصد، انسان افزار ۶۴ درصد، اطلاعات افزار ۴۰ درصد و سازمان افزار ۴۱ درصد است. درحالی‌که در مقایسه با صنعت کل کشور، هرکدام از اجزاء به ترتیب دارای امتیاز ۵۸ درصد، ۳۶ درصد، ۳۱/۲ درصد و ۵۲ در صدTCC است. درنهایت، پیشنهادتی جهت ارتقاء سیستم ارائه شد(Ershadi, et al., 2013).
مصطفوی	تدوین استراتژی تکنولوژی در شرکت مهندسی آب فاضلاب همدان ایران	در این مقاله با استفاده از مدل هکس و مازلوف سعی شده بود استراتژی تکنولوژی جهت شرکت آب و فاضلاب همدان تدوین گردد. اگرچه مشکل می‌توان فهرست جامعی از شاخص‌ها و علائم هشداردهنده را برای درک وضعیت شرکت آب و فاضلاب استان همدان و ضرورت پرداختن به تغییرات بنیادی ارائه نمود اما توجه به شاخص‌های سرعت گرفتن تحولات تکنولوژی؛ تغییر در قلمرو؛ تغییر در قابت؛ حفظ مزیت رقابتی پایدار؛ تشدید رقابت؛ تغییر سریع الگوی مصرف. می‌تواند جرقه‌های لازم را در ذهن مدیران و مسئولان در خصوص حساسیت بیشتر جهت مدیریت بهتر ایجاد نماید(Mostafavi,2013).
خمسه و مفتح	ارزیابی سطح توانمندی تکنولوژیک صنعت فولاد ایران	نتایج نشان داد ازآنجاکه در کلیه سطوح بین وضع موجود و وضع مطلوب شکاف وجود دارد، لذا رهبران ارشد شرکت می‌بایست با برنامه‌ریزی مناسب و تعریف پروژه‌های بهبود، نسبت به رفع شکاف تکنولوژیک موجود اقدام نمایند(Khamseh, Mofateh, 2013).
خمسه و همکاران	سنجش و تحلیل توانمندی‌های فناورانه صنایع تجهیزات سنگین(تحقیق موردی: شرکت هپکو)	نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در کلیه سطوح بین وضع موجود و وضع مطلوب شکاف وجود دارد، لذا رهبران ارشد شرکت می‌بایست با برنامه‌ریزی مناسب و تعریف پروژه‌های بهبود، نسبت به رفع شکاف فناورانه موجود اقدام نمایند. با توجه به نتایج برخی از پروژه‌های بهبود فناورانه به شرح ذیل پیشنهاد می‌گردند: بهبود در نظام مدیریت فناوری در شرکت؛ بازنگری نقشه راه و راهبرد فناوری شرکت؛ بازنگیری محورهای تعالی سازمانی بر اساس مدل EFQM (Khamseh, et al., 2010).
زندی و باقرزاده	ارائه مدلی جهت تدوین و فرمول‌بندی استراتژی تکنولوژی با استفاده از دورویکرد AHP و ANP	در این مقاله با بررسی انواع مدل‌های تدوین استراتژی تکنولوژی، مدلی برای تدوین و فرمول‌بندی استراتژی تکنولوژی در سه فاز ارائه شد که در آن برای انتخاب تکنولوژی مناسب از دو فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای استفاده شد(Zandi, Bagherzadeh, 2010).
رادفر و همکاران	ارائه الگویی جهت ارزیابی توانمندی تکنولوژیکی سازندگان قطعات خودرو	نتایج پژوهش آنان نشان داد که در بین گروه‌های صنعتی مختلف، گروه صنعتی ساخت ماشین‌آلات در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشترین مقدار فن افزار(۶۵٪)، را به خود اختصاص داده و گروه‌های صنعتی محصولات پلاستیکی و لاستیکی و تولید منسوجات به تفکیک با مقادیر ۵۸ درصد و ۵۶ درصد در رده‌های بعدی فن افزار جای گرفتند(Rahmani, Alizadeh, 2007).

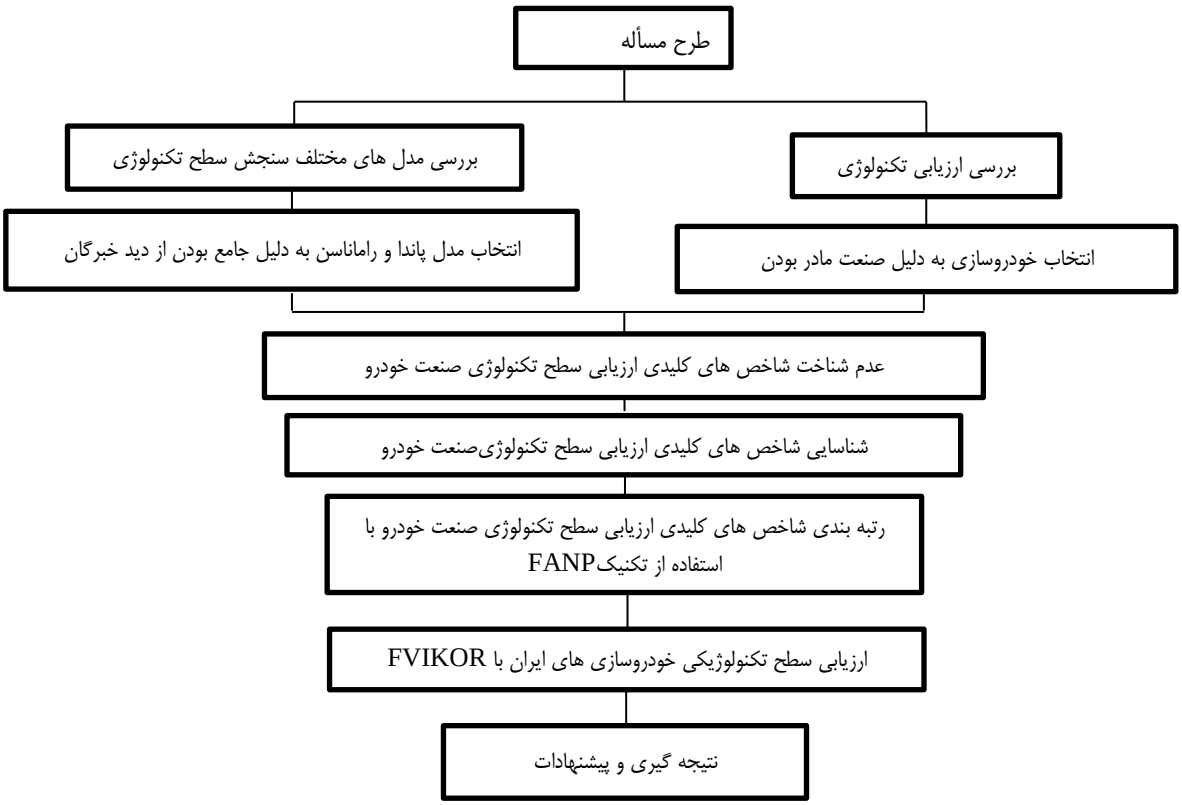
باوجود مطالعاتی که در زمینه ارزیابی سطح تکنولوژی بنگاه‌ها توسط محققین(جعفرنژاد و مرومتی؛ رادفر و همکاران؛ کاظمی

و همکاران؛ معینی و علی احمدی ؛ زهو و همکاران و...)، صورت گرفته است(Radfar, ؛ Jafarnejad & Morvati, 2006 et al., 2008؛ Kazemi, et al., 2004؛ Zhao et al., 2014). اما تعداد کمی از این مطالعات به شناسایی عوامل کلیدی ارزیابی تکنولوژی بنگاه‌ها و بررسی عملکرد این سیستم، خصوصاً در شرکت‌های خودروسازی ایران پرداخته‌اند که همین امربر ضرورت و اهمیت تحقیق حاضر می‌افزاید.

سؤال اساسی این تحقیق این است که چه شاخص‌هایی جهت ارزیابی سطح تکنولوژی خودروسازی ایران باید موردتوجه قرار گیرد؟

مهم‌ترین شاخص‌های کلیدی جهت ارزیابی سطح تکنولوژی خودروسازان با استفاده از تکنیک ANP فازی کدام‌اند؟ عملکرد تکنولوژی کدام‌یک از کارخانه‌های خودروسازی ایران‌خودرو، سایپا و پارس‌خودرو با رویکرد VIKOR فازی مناسب‌تر است؟

نمودار(۱)، مدل اجرایی پژوهش را نشان می‌دهد.



نمودار شماره(۱): مدل اجرایی پژوهش

۲- مواد و روش‌ها

فرایند تحلیل شبکه‌ای[1] یکی دیگر از سری تکنیک‌های تصمیم‌گیری است که شباهت زیادی به روشAHP دارد. هر یک از روش‌ها بر اساس یک سری فرضیات بناشده است. برای نمونه اگر معیارها مستقل از هم باشند و مقایسات زوجی امکان‌پذیر باشد مدل تصمیم‌گیری مناسب مدل AHP است ولی اگر معیارها مستقل نباشند روش ANP بهتر است.

در این روش ابتدا مسأله را به چند خوشه تقسیم و سپس معیارها را در خوشه‌ها قسمت می‌کنند. ارتباط بین خوشه‌ها "ارتباط بیرونی" و ارتباط بین معیارها در هر خوشه "ارتباط درونی" نام‌گذاری شده‌اند.

الف- شرح فرمول‌ها و عملیات روش ANP: مقادیر ۱ تا ۹ برای نمایش میزان اهمیت مقایسه استفاده‌شده است. بعد از

[1] Analytical Network Process (ANP)

ساختن ماتریس مقایسه زوجی، بردار ویژه w_{ij} محاسبه خواهد شد.

مراحل به‌دست‌آمده آوردن وزن مؤلفه‌ها با تحلیل شبکه‌ای فازی بر اساس سوپر ماتریس، مراحل محاسبه وزن مؤلفه‌ها عبارت‌اند از:

مرحله اول: جهت تجمیع نظرات خبرگان، از مقایسات زوجی پاسخ‌دهندگان میانگین هندسی گرفته می‌شود.

مرحله دوم محاسبه بردار ویژه: برای محاسبه بردار ویژه هر یک از جداول مقایسات زوجی تجمیع شده، طبق رابطه (۱) از روش لگاریتمی حداقل مجذورات، استفاده می‌شود.

$$w_k^s = \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^s\right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}^m\right)^{1/n}}, \quad s \in \{l, m, u\}$$

(۱) به‌طوری‌که:

$$\tilde{w}_k = (w_k^l, w_k^m, w_k^u) \quad k = 1,2,3,\ldots,n$$

مرحله سوم: تشکیل ماتریس‌های بردار ویژه (W_{ij}): این ماتریس‌ها شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که از مقایسات زوجیِ مرحله دوم به‌دست‌آمده‌اند.

مرحله چهارم: محاسبه اوزان نهایی سطوح، برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه‌های هر سطح(W_i^*) می‌بایست حاصل‌ضرب ماتریس بردار ویژه روابط درونی در بردار ویژه همان سطح را در وزن نهایی سطح بالاتر ضرب کنیم.(رابطه ۲)

$$W_i^* = W_{ii} \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^* \qquad (۲)$$

درصورتی‌که برای یک سطح ماتریس W_{ii} وجود نداشت، لازم است یک ماتریس یکه هم‌درجه جایگزین آن گردد. به‌عبارت‌دیگر می‌بایست از رابطه (۳) استفاده نمایید.

$$6- \quad W_i^* = I \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^* \qquad (۳)$$

ب- روش بررسی سازگاری گوگوس و بوچر: گوگوس و بوچر (۱۹۹۸)، پیشنهاد دادند برای بررسی سازگاری، دو ماتریس (عدد میانی و حدود عدد فازی) از هر ماتریس فازی مشتق و سپس سازگاری هر ماتریس بر اساس روش ساعتی محاسبه شود. مراحل محاسبه نرخ سازگاری ماتریس‌های فازی مقایسات زوجی به‌قرار زیر است:

مرحله ۱: در مرحله اول ماتریس مثلثی فازی را به دو ماتریس تقسیم کنید. ماتریس اول از اعداد میانی قضاوت‌های مثلثی تشکیل می‌شود $A^m = [a_{ijm}]$ و ماتریس دوم شامل میانگین هندسی حدود بالا و پایین اعداد مثلثی می‌شود $A^g = \sqrt{a_{iju}.a_{ijl}}$.

مرحله ۲: بردار وزن هر ماتریس را با استفاده از روش ساعتی به ترتیب (رابطه۴و ۵) محاسبه می‌شود:

$$w_i^m = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \frac{a_{ijm}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ijm}} \quad \text{که در آن } w^m = [w_i^m] \qquad (۴)$$

$$w_i^g = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \frac{\sqrt{a_{iju}.a_{ijl}}}{\sum_{i=1}^{n}\sqrt{a_{iju}.a_{ijl}}} \quad \text{که در آن } w^g = [w_i^g] \qquad (۵)$$

مرحله ۳: بزرگ‌ترین مقدار ویژه را برای هر ماتریس با استفاده از روابط (۶ و۷) محاسبه نمایید.

$$\lambda_{\max}^{m} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ijm}\left(\frac{w_j^m}{w_i^m}\right) \quad (۶)$$

$$\lambda_{\max}^{g} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \sqrt{a_{iju}.a_{ijl}}\left(\frac{w_j^g}{w_i^g}\right) \quad (۷)$$

مرحله ۴: شاخص سازگاری را با استفاده از روابط (۸ و۹) محاسبه کنید:

$$CI^{m} = \frac{(\lambda_{\max}^{m} - n)}{(n-1)} \quad (۸)$$

$$CI^{g} = \frac{(\lambda_{\max}^{g} - n)}{(n-1)} \quad (۹)$$

مرحله ۵: برای محاسبه نرخ ناسازگاری (CR)، شاخص CI را بر مقدار شاخص تصادفی (RI) تقسیم کنید. درصورتی‌که مقدار حاصل کمتر از (۰/۱)باشد، ماتریس سازگار و قابل‌استفاده تشخیص داده می‌شود.

با محاسبه نرخ ناسازگاری بر ای دو ماتریس بر اساس روابط (۱۰ و۱۱) آن‌ها را با آستانه(۰/۱)مقایسه می‌کنیم:

$$CR^{g} = \frac{CI^{g}}{RI^{g}} \quad (۱۰)$$

$$CR^{m} = \frac{CI^{m}}{RI^{m}} \quad (۱۱)$$

در صورتی‌که هردوی این شاخص‌ها کمتر از(۰/۱)بودند، ماتریس فازی سازگار است. درصورتی‌که هر دو بیشتر از(۰/۱)بودند، از تصمیم‌گیرنده تقاضا می‌شود تا در اولویت‌های ارائه‌شده تجدیدنظر نماید و درصورتی‌که تنها CR^{m} (CR^{g}) بیشتر از(۰/۱)بود، تصمیم‌گیرنده تجدیدنظر در مقادیر میانی (حدود) قضاوت‌های فازی را انجام می‌دهد.در پژوهش حاضر برای پرس نامه ANP فازی و VIKOR فازی نرخ ناسازگاری پس از محاسبه به ترتیب:(۰/۰۵) و (۰/۰۷)، که درنتیجه ماتریس‌های فازی سازگار هستند.

ج- تکنیک VIKOR فازی: در ویکورفازی می‌توانیم از داده‌هایی که دقت کافی ندارند و قطعی نیستند نیز استفاده کنیم. در اصل این روش قدرت ما را در کار با اطلاعات بیش‌تر می‌کند. این روش نسبت به روش VIKORدر حال قطعی تفاوت‌هایی دارد که در ادامه به تشریح مراحل آن می‌پردازیم.

۱. معمولاً مطلوبیت گروهی (۰/۵) در نظر گرفته می‌شود.

۲. در ویکور همیشه دو شرط:

- ✓ مزیت قابل‌قبول
- ✓ ثبات قابل‌قبول در تصمیم‌گیری وجود.

تکنیک ویکور فازی از هفت گام به شرح ذیل تشکیل‌شده است:

گام اول: تعیین گزینه‌ها و معیارها؛ در این گام گزینه‌ها و معیارهای مسأله پژوهش تعیین می‌شود.

گام دوم: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی؛ جدول(۳)، ماتریس تصمیم‌گیری با اعداد فازی را نشان می‌دهد که ستون سمت چپ گزینه‌ها را با A_m و شاخص‌ها سطرها را با C_n نشان می‌دهد.که این ماتریس در آن داده‌های حاصل از نظرات خبرگان در مقایسه با اهمیت هر شاخص نسبت به هر گزینه در آن وارد می‌شود. که اعداد فازی به‌صورت مثلثی (e, f, g) نشان داده می‌شوند.

جدول شماره (۳): ماتریس تصمیم‌گیری فازی

شاخص‌ها / گزینه‌ها	C_1	C_2	…	C_n
A_1	(e_{11},f_{11},g_{11})	(e_{12},f_{12},g_{12})	…	(e_{1n},f_{1n},g_{1n})
A_2	(e_{21},f_{21},g_{21})	(e_{22},f_{22},g_{22})	…	(e_{2n},f_{2n},g_{2n})
⋮	⋮	⋮	…	⋮
A_m	(e_{m1},f_{m1},g_{m1})	(e_{m2},f_{m2},g_{m2})	…	(e_{mn},f_{mn},g_{mn})

همچنین در این گام به تعیین:

معیارهای منفی (مانند: هزینه) که با افزایش آن مطلوبیت کاهش می‌یابد.

معیارهای مثبت (مانند: سود) که با افزایش آن مطلوبیت افزایش می‌یابد.

و مقدار مطلوبیت گروهی (V) که معمولاً برابر (۰/۵) در نظر گرفته می‌شود.

گام سوم:تعیین بردار وزن معیارها

باید معیارها را با استفاده از یکی از تکنیک‌های وزن دهی مانند: آنتروپی، AHP فازی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی و ... وزن‌دهی کنیم. که در پژوهش حاضر با استفاده از تکنیک ANP فازی به وزن‌دهی شاخص‌ها می‌پردازیم. تا وزن هر شاخص به دست آید.

$$\tilde{W} = \left[\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, ..., \tilde{w}_n\right]$$

گام چهارم: تعیین گزینه‌های ایده آل مثبت و منفی فازی

گزینه‌های ایده آل مثبت و منفی فازی بر اساس قواعد (رابطه۱۲و ۱۳) تعیین می‌شوند:

$$\tilde{A}^* = \begin{Bmatrix} C_j \rightarrow positive \,/\, A^* = Max_i \left\{\tilde{f}_{ij}\right\} \\ C_j \rightarrow \text{negative}/A^* = Min_i \left\{\tilde{f}_{ij}\right\} \end{Bmatrix} = \left((e_1^*, f_1^*, g_1^*), ..., (e_m^*, f_m^*, g_m^*)\right) = \left(\tilde{f}_1^* ... \tilde{f}_m^*\right) \quad (۱۲)$$

$$\tilde{A}^- = \begin{Bmatrix} C_j \rightarrow positive \,/\, A^- = Min_i \left\{\tilde{f}_{ij}\right\} \\ C_j \rightarrow \text{negative}/A^- = Max_i \left\{\tilde{f}_{ij}\right\} \end{Bmatrix} = \left((e_1^-, f_1^-, g_1^-), ..., (e_m^-, f_m^-, g_m^-)\right) = \left(\tilde{f}_1^- ... \tilde{f}_m^-\right) \quad (۱۳)$$

گام پنجم: مقدار مطلوبیت و عدم مطلوبیت گزینه‌ها محاسبه می‌شود. با استفاده از(روابط ۱۴و ۱۵و ۱۶و ۱۷)

$$\tilde{W} = \left[\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, ..., \tilde{w}_n\right]$$

$$\tilde{R}^* = Min_i \tilde{R}_i \approx (\min p_i, \min r_i, \min l_i) = (v^*, s^*, t^*)$$

$$\tilde{R}^- = Max_i \tilde{R}_i \approx (\max p_i, \max r_i, \max l_i) = (v^-, s^-, t^-) \quad (۱۴)$$

$$\tilde{Q}_i = \left(V \times \frac{(\tilde{S}_j^* - \tilde{S}_i)}{(\tilde{S}_j^* - \tilde{S}_j^-)} \right) + \left((1-V) \times \frac{(\tilde{R}_j^* - \tilde{R}_i)}{(\tilde{R}_j^* - \tilde{R}_j^-)} \right) =$$

$$\left(\left(V \times \frac{(v_j^* - t_i)}{(v_j^* - t_j^-)} \right) + \left((1-V) \times \frac{(p_j^* - l_i)}{(p_j^* - l_j^-)} \right) \right)$$
$$\left(\left(V \times \frac{(s_j^* - s_i)}{(s_j^* - s_j^-)} \right) + \left((1-V) \times \frac{(r_j^* - r_i)}{(r_j^* - r_j^-)} \right) \right) \qquad (۱۵)$$
$$\left(\left(V \times \frac{(t_j^* - v_i)}{(t_j^* - v_j^-)} \right) + \left((1-V) \times \frac{(l_j^* - p_i)}{(l_j^* - p_j^-)} \right) \right)$$

$$\tilde{S}^* = Min_i \tilde{s}_i \approx (\min v_i, \min s_i, \min t_i) = (v^*, s^*, t^*) \qquad (۱۶)$$
$$\tilde{S}^- = Max_i \tilde{s}_i \approx (\max v_i, \max s_i, \max t_i) = (v^-, s^-, t^-)$$

$$\tilde{R}^* = Min_i \tilde{R}_i \approx (\min p_i, \min r_i, \min l_i) = (p^*, r^*, l^*) \qquad (۱۷)$$
$$\tilde{R}^- = Max_i \tilde{R}_i \approx (\max p_i, \max r_i, \max l_i) = (p^-, r^-, l^-)$$

گام ششم: شاخص VIKOR را بر اساس رابطه‌ی داده‌شده زیر محاسبه می‌کنیم

ابتدا باید v که عددی است بین صفرتا یک و تعیین آن بسته به نظر تصمیم‌گیرنده دارد و آن را معمولاً (۰/۵) در نظر می‌گیرند مشخص می‌شود.(رابطه ۱۸)

$$\tilde{Q}_i = \left(V \times \frac{(\tilde{S}_j^* - \tilde{S}_i)}{(\tilde{S}_j^* - \tilde{S}_j^-)} \right) + \left((1-V) \times \frac{(\tilde{R}_j^* - \tilde{R}_i)}{(\tilde{R}_j^* - \tilde{R}_j^-)} \right) =$$

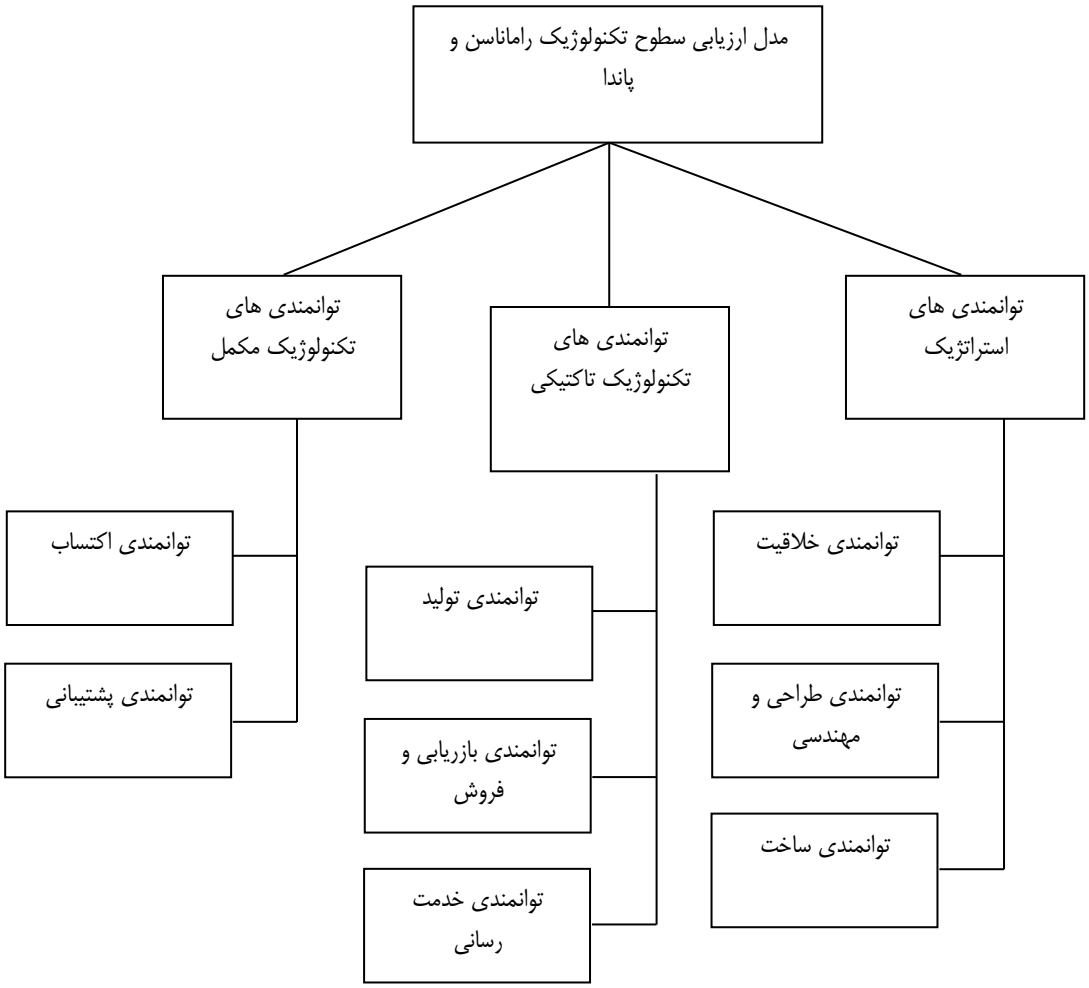
$$\left(\left(V \times \frac{(v_j^* - t_i)}{(v_j^* - t_j^-)} \right) + \left((1-V) \times \frac{(p_j^* - l_i)}{(p_j^* - l_j^-)} \right) \right)$$
$$\left(\left(V \times \frac{(s_j^* - s_i)}{(s_j^* - s_j^-)} \right) + \left((1-V) \times \frac{(r_j^* - r_i)}{(r_j^* - r_j^-)} \right) \right) \qquad (۱۸)$$
$$\left(\left(V \times \frac{(t_j^* - v_i)}{(t_j^* - v_j^-)} \right) + \left((1-V) \times \frac{(l_j^* - p_i)}{(l_j^* - p_j^-)} \right) \right)$$

گام هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس شاخص VIKOR

در این حالت گزینه‌ها را بر اساس یکی از روش‌های کنترل پروژه و مساحت مقایسه می‌کنیم در این پژوهش از روش مساحت استفاده می‌شود چراکه در این حالت گزینه‌ها دوبه‌دو باهم مقایسه می‌شوند اگر n گزینه داشته باشیم به تعداد $\binom{n}{2}$ حالت بررسی خواهیم داشت(Amiri, & Farahani, 2013).

مدل ارزیابی سطوح تکنولوژیک راماناسن و پاندا ابزاری جهت تشخیص و تعیین قابلیت‌های موردنیاز برای اجرای

اولویت‌های تکنولوژی در بنگاه‌ها می‌باشد که به بررسی سطوح توانمندی تکنولوژیک در ۳ بعد اصلی و ۸ بعد فرعی می‌پردازد. شکل شماره(۲)، نشان‌دهنده دسته‌بندی ابعاد توانمندی‌های تکنولوژیکی بر اساس مدل پاندا و راماناسن می‌باشد. با توجه به مدل مفهومی پژوهش، شاخص‌های پرسشنامه‌های پژوهش طراحی گردید.



شکل شماره (۲): دسته‌بندی ابعاد توانمندی‌های تکنولوژیک بر اساس مدل پاندا و راماناسن (Lee & Lee,2016)

۳- نتایج و بحث

ابتدا پرسش‌نامه مقایسات زوجی(شماره یک)، تهیه و با توجه به نظر خبرگان به‌منظور مشخص نمودن وزن و اهمیت بین شاخص‌ها و ابعاد ارزیابی سطح تکنولوژی شرکت‌های خودروسازی بر مبنای مدل پاندا و راماناسن استفاده از طیف عبارت کلامی فازی در اختیار ۲۵ خبره قرار گرفت.

الف- تعیین وزن ابعاد و شاخص‌ها ارزیابی توانمندی تکنولوژیک خودروسازی ایران با استفاده از روش FANP

مرحله اول: میانگین هندسی مقایسات زوجی خبرگان

جهت تجمیع نظرات خبرگان، از مقایسات زوجی پاسخ‌دهندگان(۲۵ نفر)، میانگین هندسی گرفته می‌شود.

مرحله دوم: محاسبه بردار ویژه

برای محاسبه بردار ویژه هر یک از جداول مقایسات زوجی تجمیع شده، از روش لگاریتمی حداقل مجذورات، استفاده می‌شود. جدول(۴)، میانگین هندسی نظرات خبرگان را نشان می‌دهد. در سطر آخر این جدول(۴)، نرخ ناسازگاری ابعاد نشان داده‌شده است.

جدول شماره (۴): میانگین مقایسات زوجی نظر خبرگان نسبت به ابعاد ارزیابی تکنولوژی

بردار ویژه	توانمندی تکنولوژیک مکمل	توانمندی تکنولوژیک تاکتیکی	توانمندی استراتژیک	رتبه‌بندی ابعاد
(۰/۴۱۹,۰/۴۶۴,۰/۵۵۲)	(۱,۱/۲۲۵,۱/۲۲۵)	(۰/۸۱۶,۱/۱۵۵,۱/۴۱۴)	(۰,۰,۰)	توانمندی استراتژیک
(۰/۴۵۱,۰/۵۳۶,۰/۵۹۳)	(۱,۱/۴۱۴,۱/۴۱۴)	(۰,۰,۰)	(۰/۷۰۷,۰/۸۶۶,۱/۲۲۵)	توانمندی تکنولوژیک تاکتیکی
(۰/۴۸۲,۰/۶۳۴,۰/۶۳۴)	(۰,۰,۰)	(۰/۷۲۷,۰/۷۰۷,۱)	(۰/۸۱۶,۰/۸۱۶,۱)	توانمندی تکنولوژیک مکمل
CR^g =0/006 CR^m =0/009 سازگار				

مرحله سوم: تشکیل ماتریس‌های بردار ویژه (W_{ij})

این ماتریس‌ها شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که از مقایسات زوجیِ مرحله دوم به‌دست‌آمده آمده‌اند.

به‌طورکلی می‌توان این ماتریس‌ها را به دودسته تقسیم کرد:

۱- ماتریس‌هایی که شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که روابط بین سطحی(عمودی) را نشان می‌دهند. اگر بین دو مؤلفه رابطه‌ی بین سطحی وجود نداشته باشد در محل تلاقی آن دو مؤلفه در ماتریس مقدار (۰, ۰) قرار می‌گیرد. در سایر درایه‌ها هم با توجه به رابطه عمودی مؤلفه‌ها، مقادیر بردار ویژه‌ی به‌دست‌آمده از مرحله دوم قرار می‌گیرد.

۲- ماتریس‌هایی که شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که روابط افقی(درون سطحی) را نشان می‌دهد. این ماتریس‌ها مربعی بوده و قطر اصلی آن (۰, ۰) است. اگر بین دو مؤلفه رابطه‌ی درون سطحی وجود نداشته باشد در محل تلاقی آن دو مؤلفه در ماتریس مقدار (۰, ۰) قرار می‌گیرد. در سایر درایه‌ها هم با توجه به رابطه افقی مؤلفه‌ها، مقادیر بردار ویژه به‌دست‌آمده از مرحله دوم قرار می‌گیرد.

توجه شود اگر در ماتریس بردار ویژه درون سطحی، یک یا چند درایه در قطر اصلی (۰, ۰)، نشود بدین دلیل است که در آن ستون نرمال‌سازی صورت گرفته است. نرمال‌سازی بدین‌صورت است که تمامی اعداد فازی آن ستون بر جمع مقادیر میانی اعداد فازی آن ستون تقسیم می‌شوند.

مرحله چهارم: محاسبه اوزان نهایی سطوح

برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه‌های هر سطح(W_i^*) می‌بایست حاصل‌ضرب ماتریس بردار ویژه روابط درونی در بردار ویژه همان سطح را در وزن نهایی سطح بالاتر ضرب کنیم. مطابق رابطه(۲)

درصورتی‌که برای یک سطح ماتریس W_{ii} وجود نداشت، لازم است یک ماتریس یکه هم‌درجه جایگزین آن گردد. به‌عبارت‌دیگر می‌بایست از رابطه(۳) استفاده می‌کنیم.

پس از به دست آوردن اوزان فازی ابعاد ارزیابی عملکرد سطح تکنولوژی، باید اعداد فازی را دی‌فازی(قطعی) نماییم. روش‌های گوناگونی برای قطعی‌سازی اعداد فازی وجود دارد ازجمله: روش میانگین و مرکز ناحیه. در پژوهش حاضر از روش مرکز ناحیه جهت دی‌فازی کردن اعداد فازی بهره برده‌ایم. اگر عدد فازی مثلثی به‌صورت، M=(a,b,c) رابطه‌ی(۱۹)، طریقه‌ی محاسبه‌ی اعداد فازی به قطعی را نشان می‌دهد:

$$CA = \frac{(c-a)+(b-a)}{3} + a \qquad (۱۹)$$

جدول(۵)و(۶)، اوزان نهایی ابعاد و شاخص‌های ارزیابی عملکرد تکنولوژیکی خودروسازی با رویکرد پاندا و راماناسن را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۵): ماتریس اوزان نهایی ابعاد پاندا و راماناسن با ANP فازی

ابعاد	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی ابعاد ارزیابی تکنولوژی	رتبه
توانمندی استراتژیک	(۰/۰۷,۰/۶,۰/۷۸)	۰/۱۳	۳
توانمندی تکنولوژیک تاکتیکی	(۰/۳۵,۰/۷,۰/۸)	۰/۳۸۳	۲
توانمندی تکنولوژیک مکمل	(۰/۷۲,۰/۸۱,۰/۹۳)	۰/۴۸۷	۱

با توجه به نتایج حاصل از جدول(۵)، بعد توانمندی تکنولوژیک مکمل، اولویت اول و ابعاد توانمندی تکنولوژیک تاکتیکی و توانمند استراتژیک اولویت‌های دوم و سوم را کسب نمودند.

جدول شماره (۶): ماتریس اوزان نهایی شاخص‌ها ارزیابی تکنولوژی پاندا و راماناسن با **ANP** فازی

شاخص‌ها	وزن قطعی نهایی شاخص	رتبه
توانمندی خلاقیت	۰/۴۵۷	۱
توانمندی طراحی‌مهندسی	۰/۱۹	۲
توانمندی ساخت	۰/۱۸۴	۳
توانمندی تولید	۰/۰۵۶	۴
توانمندی بازاریابی و فروش	۰/۰۵۴	۵
توانمندی خدمات‌رسانی	۰/۰۱۹	۶
توانمندی اکتساب	۰/۰۲۱	۷
توانمندی پشتیبانی	۰/۰۱۹	۸

با توجه جدول(۶)، شاخص توانمندی خلاقیت رتبه اول و شاخص‌های توانمندی طراحی مهندسی، توانمندی ساخت، توانمندی تولید، توانمندی‌های بازاریابی و فروش، توانمندی خدمات‌رسانی، توانمندی اکتساب و توانمندی پشتیبانی به ترتیب، رتبه‌های دوم تا هشتم را کسب نمودند.

ب- ارزیابی تکنولوژی شرکت‌های خودروسازی با تکنیک VIKOR فازی

پس از وزن دهی به ابعاد و شاخص‌های ارزیابی تکنولوژی، پرسش‌نامه شماره(۲)، توزیع شد و میزان عملکرد تکنولوژی در کارخانه‌ها خودروسازی موردبررسی قرار گرفت. طبق الگوریتم VIKOR فازی به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری ارزیابی گزینه‌ها؛ ارزیابی گزینه‌ها بر اساس معیارهایی که وزن آن‌ها با استفاده از تکنیک ANP فازی که در قسمت قبل محاسبه شد به‌دست‌آمده‌اند. نتایج حاصل از میانگین امتیازات فازی ارزیابی گزینه‌ها (عملکرد تکنولوژی شرکت‌های خودروسازی)، به‌صورت جدول(۷)، نمایش داده‌شده است.

جدول شماره (۷): امتیازات فازی ارزیابی گزینه‌ها(ماتریس تصمیم‌گیری)

گزینه‌ها													
پارس خودرو			سایپا			ایران خودرو			شاخص‌ها	وزن نهایی شاخص	نوع شاخص
۰/۷۹	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۷۱	۰/۴۹	۰/۴۹	۱	۰/۰۲۶	۰/۰۰۱	توانمندی خلاقیت	۰/۴۵۷	مثبت
۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۶۸	۰/۵۴	۰/۳۱	۱	۰/۰۳۵	۰/۰۲۶	توانمندی‌طراحی‌مهندسی	۰/۱۹	مثبت
۰/۷۳	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۶۹	۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۰۵۱	۰/۰۳۳	۰/۰۲۷	توانمندی ساخت	۰/۱۸۴	مثبت
۰/۸۳	۰/۴۹	۰/۲۸	۰/۸۲	۰/۳۴	۰/۱۵	۰/۰۷۴	۰/۰۵	۰/۰۲۴	توانمندی تولید	۰/۰۵۶	مثبت
۰/۵	۰/۴۹	۰/۲۱	۰/۴۷	۰/۴	۰/۳۱	۰/۰۷۹	۰/۰۵۷	۰/۰۳۹	توانمندی‌بازاریابی‌وفروش	۰/۰۵۴	مثبت
۰/۵	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۶۱	۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۰۴۸	۰/۰۴۵	۰/۰۳	توانمندی خدمات رسانی	۰/۰۱۹	مثبت
۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۴۸	۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۷۳	۱	۰/۰۵۸	۰/۰۳۶	توانمندی اکتساب	۰/۰۲۱	مثبت
۰/۶۴	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۹۶	۰/۷۲	۰/۳۵	۰/۰۸۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۴	توانمندی پشتیبانی	۰/۰۱۹	مثبت

در ادامه به یافته‌های مراحل تکنیک ویکور فازی جهت رتبه‌بندی عملکرد تکنولوژیکی صنایع خودروسازی مورد مطالعه می‌پردازیم.گام دوم: بی‌مقیاس نمودن ماتریس تصمیم‌گیری؛ در این گام بایستی ماتریس تصمیم گیری فازی را به یک ماتریس بی مقیاس شده فازی تبدیل نمائیم. برای به دست آوردن ماتریس، مراحل زیر طی می‌شود. تعیین بهترین و بدترین مقدار برای هر شاخصبهترین و بدترین هریک از مقادیر در هر شاخص شناسایی شده و به ترتیب $\tilde{f}_j^*$ و $\tilde{f}_j^-$ نامیده می‌شود. در صورتی که معیار j ام، معرف سود باشد $\tilde{f}_j^*$ و $\tilde{f}_j^-$ از روابط زیر به دست $\tilde{f}_j^- = Max\tilde{f}_{ij}$ می‌آید:

تمام شاخص های دارای جنبه مثبت می باشند که برای تعیین بهترین و بدترین شاخص از روابط(۱۲ و ۱۳) بهره می بریم. جدول(۸)، بهترین و بدترین مقدار برای هر شاخص را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۸): مقدار بهترین و بدترین مقدار به ازای هر شاخص

ایده آل منفی فازی $\tilde{f}_j^-$			ایده آل مثبت فازی $\tilde{f}_j^*$		شاخص ها	نوع شاخص
۰/۷۱	۰/۰۲۶	۰/۰۰۱	۱	۰/۴۹	۰/۴۹	توانمندی خلاقیت	مثبت
۰/۳۴	۰/۰۳۵	۰/۰۲۶	۱	۰/۵۴	۰/۳۱	توانمندی‌طراحی‌مهندسی	مثبت
۰/۰۵۱	۰/۰۳۳	۰/۰۲۷	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۳۳	توانمندی ساخت	مثبت
۰/۰۷۴	۰/۰۵	۰/۰۲۴	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۲۸	توانمندی تولید	مثبت
۰/۰۷۹	۰/۰۵۷	۰/۰۳۹	۰/۵	۰/۵	۰/۳۱	توانمندی‌بازاریابی‌وفروش	مثبت
۰/۰۴۸	۰/۰۴۵	۰/۰۳	۰/۶۱	۰/۵	۰/۴۳	توانمندی خدمات رسانی	مثبت
۰/۷۱	۰/۰۵۸	۰/۰۳۶	۱	۰/۷۴	۰/۷۳	توانمندی اکتساب	مثبت
۰/۰۸۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۴	۰/۹۶	۰/۷۲	۰/۳۵	توانمندی پشتیبانی	مثبت

به دست آوردن مقادیر نرمالیزه شده شاخص ها: جدول(۹) مقادیر نرمالیزه شده ماتریس ارزیابی را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۹): بی‌مقیاس تصمیم‌گیری(نرمالیزه شده)

گزینه ها									
پارس خودرو			سایپا			ایران خودرو			شاخص ها
۱	۰/۹	−۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	−۰/۵۵	۱	۰/۷۶۵	−۰/۵۱۱	توانمندی خلاقیت
۱	۰/۵۹۵	−۰/۰۸۱	۱	۰	−۱	۱	۰/۵۱۸	−۰/۷۰۸	توانمندی‌طراحی مهندسی
۱	۰/۸۰۴	−۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۴۴۶	−۰/۶۴۳	۱	۰/۹۹۱	۰/۳۹۷	توانمندی ساخت
۰/۸۰۹	۰/۵	−۰/۸۰۹	۱	۰/۷۲۱	−۰/۷۹۴	۱	۰/۹۶۸	۰/۲۵۶	توانمندی تولید
۱	۰/۰۳۴	−۰/۶۵۵	۰/۶۵۵	۰/۳۴۵	−۰/۵۵۲	۱	۰/۹۶۱	۰/۵۰۱	توانمندی بازاریابی‌وفروش
۰/۵۶۳	۰/۱۵۶	−۰/۲۱۹	۱	۰/۳۴۴	−۰/۵۶۳	۱	۰/۷۸۴	۰/۶۵۹	توانمندی خدمات رسانی
۱	۰/۱۷۶	۰/۰۵۹	۰/۲۶۵	۰	−۰/۲۶۵	۱	۰/۷۰۷	−۰/۲۸	توانمندی اکتساب
۱	۰/۴۶	−۰/۴۶	۰/۹۶۸	۰	−۰/۹۶۸	۱	۰/۷۴۳	۰/۲۸۷	توانمندی پشتیبانی

گام سوم و چهارم: محاسبه $\tilde{S}_i$ و $\tilde{R}_i$

همچنین جدول(۱۰)، نحوه نتایج حاصل از محاسبه $\tilde{S}_i$ و $\tilde{R}_i$ را نشان می دهد.

جدول شماره (۱۰): به دست آوردن مقدار $\tilde{S}_i$ و $\tilde{R}_i$

اوزان نهایی	ضرب	گزینه ها									
		پارس خودرو			سایپا			ایران خودرو			شاخص‌ها
۰/۴۵۷	⊗	۱	۰/۹	−۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	−۰/۵۵	۱	۰/۷۶۵	−۰/۵۱۱	توانمندی خلاقیت
۰/۱۹	⊗	۱	۰/۵۹۵	−۰/۰۸۱	۱	۰	−۱	۱	۰/۵۱۸	−۰/۷۰۸	توانمندی‌طراحی‌مهندسی
۰/۱۸۴	⊗	۱	۰/۸۰۴	−۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۴۴۶	−۰/۶۴۳	۱	۰/۹۹۱	۰/۳۹۷	توانمندی ساخت
۰/۰۵۶	⊗	۰/۸۰۹	۰/۵	−۰/۸۰۹	۱	۰/۷۲۱	−۰/۷۹۴	۱	۰/۹۶۸	۰/۲۵۶	توانمندی تولید

توانمندی‌بازاریابی‌وفروش	۰/۵۰۱	۰/۹۶۱	۱	−۰/۵۵۲	۰/۳۴۵	۰/۶۵۵	−۰/۶۵۵	۰/۰۳۴	۱	⊗	۰/۰۵۴
توانمندی‌خدمات‌رسانی	۰/۶۵۹	۰/۷۸۴	۱	−۰/۵۶۳	۰/۳۴۴	۱	−۰/۲۱۹	۰/۱۵۶	۰/۵۶۳	⊗	۰/۰۱۹
توانمندی اکتساب	−۰/۲۸	۰/۷۰۷	۱	−۰/۲۶۵	۰	۰/۲۶۵	۰/۰۵۹	۰/۱۷۶	۱	⊗	۰/۰۲۱
توانمندی پشتیبانی	۰/۲۸۷	۰/۷۴۳	۱	−۰/۹۶۸	۰	۰/۹۶۸	−۰/۴۶	۰/۴۶	۱	⊗	۰/۰۱۹

به عنوان نمونه جهت به دست آوردن مقدار $\tilde{S}_i$ برای توانمندی خلاقیت در شرکت‌های خودروسازی به صورت زیر عمل می نماییم.

$$(-0/511, 0/765, 1) \otimes (0/457) = (-0/233, 0/350, 0/457)$$

ادامه جدول شماره (۱۱): به دست آوردن مقدار $\tilde{S}_i$ و $\tilde{R}_i$

گزینه ها										
شاخص ها	ایران خودرو			سایپا			پارس خودرو			
توانمندی خلاقیت	−۰/۲۳۴	۰/۳۵	۰/۴۵۷	−۰/۲۵۱	۰/۳۴۳	۰/۳۴۳	−۰/۳۴۳	۰/۴۱۱	۰/۴۵۷	
توانمندی‌طراحی مهندسی	−۰/۱۳۵	۰/۰۹۸	۰/۱۹	−۰/۱۹	۰	۰/۰۱۹	−۰/۰۱۵	۰/۱۱۳	۰/۱۹	
توانمندی ساخت	۰/۰۷۳	۰/۱۸۲	۰/۱۸۴	−۰/۱۱۸	۰/۰۸۲	۰/۱۳۱	−۰/۱۳۱	۰/۱۴۸	۰/۱۸۴	
توانمندی تولید	۰/۰۱۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۶	−۰/۰۴۴	۰/۰۴	۰/۰۵۶	−۰/۰۴۵	۰/۰۲۸	۰/۰۴۵	
توانمندی بازاریابی‌و فروش	۰/۰۲۷	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴	−۰/۰۳	۰/۰۱۹	۰/۰۳۵	−۰/۰۳۵	۰/۰۰۲	۰/۰۵۴	
توانمندی خدمات رسانی	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۹	−۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۱۹	−۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	
توانمندی اکتساب	−۰/۰۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۲۱	−۰/۰۰۶	۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۲۱	
توانمندی پشتیبانی	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۹	−۰/۰۱۸	۰	۰/۰۱۸	−۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱۹	
مقدار	۰/۰۷۳	۰/۳۵	۰/۴۵۷	−۰/۰۰۶	۰/۳۴۳	۰/۳۴۳	۰/۰۰۱	۰/۴۱۱	۰/۴۵۷	
$\tilde{R}_i = \max_j (w_j \otimes \tilde{d}_{ij})$	$\tilde{R}_1$			$\tilde{R}_2$			$\tilde{R}_3$			
مجموع $\sum$	۰/۲۴۲	۰/۷۸	۱	−۰/۶۶۹	۰/۴۹	۰/۷۹۸	−۰/۵۸۲	۰/۷۱۸	۰/۹۸۱	
	$\tilde{S}_1$			$\tilde{S}_2$			$\tilde{S}_3$			

گام پنجم: محاسبه $\tilde{Q}_i$

اگر $\tilde{Q}_i = (Q_i^l, Q_i^m, Q_i^r)$ باشد:(با استفاده از روابط، ۲۰؛ ۲۱؛ ۲۲؛ ۲۳؛ ۲۴ و۲۵)

$$\tilde{Q}_i = v \frac{(\tilde{s}_i \Theta \tilde{s}^*)}{s^{-r} - s^{*l}} \oplus (1-v) \frac{(\tilde{R}_i \Theta \tilde{R}^*)}{R^{-r} - R^{*l}} \qquad (۲۰)$$

که :

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{s}_i \qquad (۲۱)$$

$$\tilde{S}^- = \max s_i^r \qquad (۲۲)$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i \qquad (۲۳)$$

$$\tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i^r \qquad (۲۴)$$

پارامتر V وزنی برای بیشینه مطلوبیت گروهی است که مقدار آن می‌تواند بین(۰ و ۱) باشد که در این تحقیق(۰/۵) در نظر گرفته شده است. مقادیر فازی S، R و Q با توجه به رابطه(۲۵) قطعی می‌شوند:

اگر $\tilde{N} = (l, m, r)$ باشد. ($\tilde{N}$ یک عدد فازی است).

$$Crisp(\tilde{N}) = \frac{2m + l + r}{4} \qquad (۲۵)$$

جدول(۱۲)، مقادیر فازی و قطعیS، R و Q را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۱۲): مقادیر S، R و Q

گزینه ها	$\tilde{S}$	S	$\tilde{R}$	R	$\tilde{Q}$	Q
ایران خودرو	(۰/۲۴۲,۰/۷۸,۱)	۲/۸۰۲	(۰/۰۷۳,۰/۳۵,۰/۴۵۷)	۱/۲۳	(-۰/۲۹۸,-۰/۳۹۷,۱/۰۵۶)	۰/۰۳۶
سایپا	(-۰/۶۶۹,۰/۴۹,۰/۷۹۸)	۱/۱۰۹	(-۰/۰۰۶,۰/۳۴۳,۰/۳۴۳)	۱/۰۲۳	(-۰/۵۵۹,۰,۰/۲۳۸)	-۰.۳۲۱
پارس خودرو	(۰/۵۸۲,۰/۷۱۸,۰/۹۸۱)	۱/۸۳۵	(۰/۰۰۱,۰/۴۱,۰/۴۵۷)	۱/۲۸	(-۰/۰۶۳,۰/۱۴۸,۰/۶۰۱)	۰/۸۳۴
$\tilde{S}^*$	(-۰/۶۶۹,۰/۴۹,۰/۷۹۸)	$\tilde{R}^*$	(-۰/۰۰۶,۰/۳۴۳,۰/۳۴۳)			
$\tilde{S}^-$	(۰/۲۴۲,۰/۷۸,۱)	$\tilde{R}^-$	(۰/۰۷۳,۰/۴۱۱,۰/۴۵۷)			

به عنوان نمونه مقدار $\tilde{Q}$ ایران خودرو به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\tilde{Q}_1 = \begin{pmatrix} \left(0/5 \times \frac{((-0/242-0/798),(0/780-0/49),(1-(-0/669))}{(1-(-0/669)}\right) = \\ \left(\frac{(-0/556,0/290,1/669)}{(1/669)}\right) = (-0/333,0/174,1)\times 0/5 = (-0/166,0/087,0/5) \\ +\left((1-0/5)\times \frac{((0/073-0/343),(0/35-0/343),(0/457-(-0/006))}{(0/457-(-0/006))}\right) = \\ \left(\frac{(-0/27,0/007,0/451)}{(0/427)}\right) = (-0/632,0/016,1/056)\times(0/5) = (-0/132,-0/484,0/556) \end{pmatrix}$$

$$\tilde{Q}_1 = (-0/166,0/087,0/5) + (-0/132,-0/484,0/556) = (-0/298,-0/397,1/056)$$

گام ششم: رتبه بندی نزولی R، Sو Q گزینه‌ها

در این گام گزینه‌ها برا ساس مقادیر R، Sو Q رتبه‌بندی می‌شوندجدول(۱۳)، رتبه‌بندی گزینه‌ها را نشان می‌دهد:

جدول شماره (۱۳): رتبه گزینه‌ها بر اساس R، Sو Q

	R	S	Q
ایران خودرو	۲	۳	۲
سایپا	۱	۱	۱
پارس خودرو	۳	۲	۳

گام هفتم : انتخاب بهترین شرکت خودروسازی زمینه توانمندی تکنولوژیکی

در این مرحله با توجه به مقادیر R، S و Q مربوط به گزینه‌ها که به صورت نزولی مرتب شده‌اند (جدول۱۳)، تصمیم می‌گیریم. برای تصمیم‌گیری دو شرط بررسی و بر اساس این دو شرط، سه حالت به وجود می‌آید که بر اساس آن تصمیم گرفته می‌شود:

الف) شرط۱: شرط مزیت قابل قبول

اگر $A^{(1)}$،$A^{(2)}$ و $A^{(I)}$ به ترتیب اولین، دومین و بدترین گزینه بر اساس مقدار Q باشد و n بیانگر تعداد گزینه‌ها باشد، رابطه (۲۶) برقرار باشد:

$$[Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)})]/ [Q(A^{(I)}) - Q(A^{(1)})] \geq 1/n-1 \qquad (۲۶)$$

ب) شرط۲: شرط ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری

گزینه $A^{(1)}$ باید حداقل در یکی از گروه‌های R و S به عنوان رتبه برتر شناخته شود.

حالت هایی که پیش می‌آید:

حالت اول : زمانی که شرط اول برقرار نباشد، مجموعه‌ای از گزینه‌ها به صورت رابطه (۲۷) به عنوان گزینه‌های برترانتخاب می

شوند:

$$\text{گزینه های برتر} = A^{(1)}, A^{(2)}, \ldots, A^{(M)} \quad (۲۷)$$

بیشترین مقدار M با توجه به رابطه (۲۸) محاسبه می‌شود:

$$Q(A^{(M)}) - Q(A^{(1)}) < 1/n-1 \quad (۲۸)$$

حالت دوم : زمانی که تنها شرط دوم برقرار نباشد دو گزینه $A^{(1)}$ و $A^{(2)}$ به‌عنوان گزینه‌های برتر انتخاب می‌شوند.

حالت سوم : اگر هر دو شرط برقرار بود رتبه‌بندی براساس Q خواهد بود. (به صورت کاهشی: هر چه Q کمتر باشد آن گزینه بهتر است)

با توجه به آنچه ذکر شد گزینه‌های نهایی با توجه به حالت سوم تعیین می شود که عبارتند از(جدول۱۴):

جدول شماره(۱۴): رتبه بندی نهایی شرکت های خودروسازی در توانمندی تکنولوژیکی

رتبه	گزینه ها
۱	سایپا
۲	ایران خودرو
۳	پارس خودرو

با توجه به جدول(۱۴)، عملکرد شرکت‌های خودروسازی در توانمندی تکنولوژیکی با استفاده از تکنیک VIKOR فازی رتبه بندی شد که پس از تحلیل آن، کارخانه سایپا بهترین عملکرد تکنولوژیکی و کارخانجات ایران خودرو و پارس خودرو نیز به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را کسب نمودند.

ج– نتیجه گیری: دراین پژوهش به ارائه یک مدل هیبریدی جهت ارزیابی تکنولوژی صنعت خودروسازی ایران در سه کارخانه: ایران خودرو، سایپا و پارس خودرو، با استفاده از مدل پاندا و راماناسن، پرداختیم. ابتدا با مطالعه ادبیات موضوع و بررسی مدل‌های مختلف ارزیابی تکنولوژی مدل پاندا در پژوهش حاضر که از سه بعد و ۸ شاخص تشکیل می‌شود، پرداختیم. سپس با استفاده از تکنیک ANP فازی به وزن‌دهی ورتبه بندی ابعاد و شاخص‌های ارزیابی تکنولوژی پرداختیم. در پایان نیز به ارزیابی و رتبه بندی کارخانجات مذکور در خصوص سطح توانمندی تکنولوژیکی پرداخته شد. در این قسمت به مقایسه نتایج پژوهش خود با دیگر محققین که به ارزیابی تکنولوژیکی صنایع پرداخته بودند می پردازیم.

خمسه و همکاران، به سنجش توانمندی صنایع سنگین هپکو پرداختند(Khamseh, et al., 2010). در این پژوهش هم مانند تحقیق حاضر با استفاده از مدل پاندا و راماناسن، به ارزیابی توانمندی تکنولوژیکی صنایع پرداخته شده است که این جمله نقاط اشتراک این پژوهش با مدل تحقیق حاضر می باشد. از جمله تفاوت های پژوهش حاضر با پژوهش مذکور، استفاده از یک مدل هیبریدی جهت مشخص نمودن وزن و اهمیت ابعاد و شاخص ها با استفاده از تکنیک ANP فازی که این نقطه قوت پژوهش حاضر نسبت به خمسه و قضاتی است که آن ها صرفاً به میانگین امتیازات کسب شده در هر بعد اکتفا نموده و دید جامعی را در خصوص وزن و اهمیت شاخص ها ارائه نداده اند. همچنین پژوهش حاضر با رتبه بندی عملکرد صنایع خودروسازی با تکنیک VIKOR فازی پرداخته است، که می تواند به عنوان نقطه قوتی دیگر نسبت به پژوهش ایشان باشد.

درپایان نیز پیشنهاداتی جهت بهبود تکنولوژیکی صنایع خودروسازی ایران و پژوهش های آتی دیگر محققین ارائه می شود:

۱– با برگزاری جلسات طوفان مغزی کارشناسان‌ارشد و کارکنان را به خلق ایده‌های فناورانه تشویق نمایند.

۲– با تشکیل واحدی به نام نظام پیشنهادات و ایده پردازی، همه افراد سازمان را به خلق ایده جدید تشویق و به ایده برتر و خلاقانه و فناورانه، برای آن فرد یا گروه مورد قدردانی و امتیازاتی ویژه قائل شوند.

۳– کارگاه‌های آموزشی خلق ایده و پرورش ایده پردازی برگزار شود.

۴– با طرحی دقیق فرآیندهای تکنولوژیکی و افزایش آموزش‌های تخصصی برای مهندسان ارشد سازمان در ارتقاء و کاهش خطا تکنولوژیکی صنایع خودروسازی کوشا باشند.

جهت پژوهش محققین آتی تحقیقات زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱-سنجش ارزیابی توانمندی تکنولوژیکی در دیگر صنایع مانند: صنایع فولاد، صنایع پتروشیمی، صنایع غذایی و ... .

۲-شناسایی عوامل کلیدی موفقیت در سنجش دوره عمر تکنولوژی صنایع خودروسازی و دیگر صنایع حساس.

۳- پیاده سازی مدل پیشنهادی پژوهش حاضر در صنایع پتروشیمی و مقایسه با نتایج پژوهش حاضر.

٤- منابع

1. Arasti, M. & Pakniat, M.(2010). The classification of technology-development strategy models based on a process approach. *Journal of Science and Technology policy*, 3(1), 1-13.
2. Amiri, M, & Farahani, A.(2013). Decision-making with multiple criteria. Kian Pub.147-148.
3. Ershadi, M., Mahmoodi, R., & Khezrloy, R.(2013). Investigating and evaluating technology components with the help of the Atlas of Technology (case study: Saipa Design and Engineering Design and Development Company). *Industrial Technology Developmen*t, (22), 9-19.
4. Huang, L., Zhang, Y., Guo, Y., Zhu D., & Porter A.L.(2014). Four dimensional Science and Technology planning: A new approach based on bibliometrics and technology road mapping. *Technological Forecasting and Social Change*. 81, 39–48.
5. Heiden, P., Pohl, C., Mansor, S., G.(2016). The role of education in attracting the capacity of international technology transfer in the aerospace sector. *Journal of Engineering and Technology Management*,(41), 65-78.
6. Jafarnejad, A., & Morvati, A.(2006). Audit of technology and providing an appropriate solution to reduce technological gaps. *Journal of Management Science of Iran*. 1(2).
7. Kazemi, M, Moeni, A. & Aliahmadi, A.(2004). Using the mathematical model of data envelopment analysis in assessing the level of enterprise technology. Second International Management Conference, Tehran.
8. Kundu, N., Bhar, C., Pandurangan, V. (2015). Managing Technology Transfer: An Analysis of Intrinsic Factors. *South Asian Journal of Management*, 22 (3), 69-95.
9. Khamseh, A., Sheah, E., & Shahrjerdi, J.(2010). Measuring the Levels of Technological Capabilities in the Lighting Industry of Shayan Electrical Co. Case Study. Second International Conference and Sixth National Conference on Technology Management, 1-13.
10. Khamseh, A., Mofateh, M.S.(2013). Assessing the level of technological capability of the steel industry in Iran (Case study: National Iron and Steel Company). International Management Conference, Challenges and Solutions.
11. Mostafavi, F.(2013). Developing a Technology Strategy in Water and Water Engineering Company Case Study: Vafzelab Water Company in Hamedan Province. International Management Conference, Challenges and Solutions.
12. Momeni, M.(2013). New topics Operations Research. Pub Tehran University.
13. Radfar, R., Khamseh, A., & Monfaredpour, L.(2011). Assessing the level of technological capability of the automotive industry (Case study: Pars Khodro Co). First International Conference, 5th National Conference on Technology Management. 1-11.
14. Radfar, R, Moradpour, M., & Ehteshami, M.(2008). Provide a model for evaluating the technological capabilities of vehicle manufacturers. *Journal of Future Studies Management*, (76), 71-80.
15. Rahmani, K., Alizadeh, H.(2007). Measuring the level and ability of the country's technology industry based on the ESCAP model and providing technology development strategies. *Management Science*, 1(3), 205-237.

16. Lackéus, M., Williams, A.(2015). Creating Financial Plans: A bridge between entrepreneurship education and technology transfer. *Journal of Operation Research Socity*, 44, 1129-1144.
17. Lee, M. & Lee, S.(2016). Evaluating Internal Technological Capabilities in Energy Companies. Journal of Energies, (9),1-23.
18. Tabatabaeian, H. (2005). Assessment of enterprise-level technology capability. Arian Pub.60-80.
19. Taregh, Kh.(2000). Technology Management. Tehran Pub. 40-50.
20. Sanjeya, L.(2006). Technology Policy and Market Promotion, Sharif University of Technology, Center for Technology Studies.
21. Zhao, Z., Tian, Y. & Zillante, G.(2014). Modeling and evaluation of the wind power industry chain: A China study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 397–406.
22. Zandi, O., Bagherzadeh, A.(2010). Presentation of a Model for Formulating Technology Strategy Using Analytical Hierarchy Analysis (AHP). 5th International Conference on Industrial Engineering, Tehran.