



طراحی نقشه استراتژیک شناختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی حوزه رایانش کوانتومی

ابوالقاسم شرایی

گروه مدیریت فناوری اطلاعات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

محمود البرزی

گروه مدیریت فناوری اطلاعات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(مسئول مکاتبات)

mahmood_alborzi@yahoo.com

علی جبار رشیدی

گروه مهندسی برق، مجتمع برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹

چکیده:

اهمیت ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی حوزه فناوری های نوظهور و بدیع سبب می‌شود پژوهش‌هایی که دارای بیشترین عملکرد و بهره‌وری هستند مشخص شوند و سازمان‌های و موسسات پژوهشی که در این حوزه سرمایه‌گذاری می‌کنند در جهت استفاده صحیح از منابع و رسیدن به موفقیت گام بردارند. اصلی این تحقیق، طراحی نقشه استراتژیک شناختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی با رویکرد کارت امتیازی متوازن در حوزه فناوری های بدیع و نوظهور کوانتومی خاصاً رایانش کوانتومی است.

در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. در این تحقیق، ۱۸ شاخص ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی از طریق ادبیات و نتایج تحقیقات گذشته و جرح و تعدیل شاخص‌ها تصدیق و شناسایی شده‌اند. در بخش تجزیه و تحلیل اطلاعات، در ابتدا چشم‌انداز، مأموریت و ارزش‌های بنیادین تعیین شده است و سپس از طریق اجرای تکنیک دلفی فازی سنج‌های عملکردی پروژه‌های کوانتومی در لایه‌های مختلف کارت امتیازی متوازن تعیین شده است. در نهایت، نقشه استراتژیک شناختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی با رویکرد کارت امتیازی متوازن طراحی شده است.

یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که سنج «شرایط نقدینگی به‌منظور تأمین هزینه‌های جاری» در لایه مالی، «نرخ توسعه مشتریان جدید» در لایه مشتری، «نسبت تعداد پروژه‌های موفق به تعداد کل پروژه‌ها» در لایه فرآیندهای داخلی و «تعداد دانش فنی اکتساب» در لایه رشد و یادگیری به‌عنوان تأثیرگذارترین سنج‌ها شناخته شده‌اند و لایه «رشد و یادگیری» به‌عنوان تأثیرگذارترین لایه و بنیاد مدل عملکردی و لایه «مالی» به‌عنوان تأثیرپذیرترین لایه و خروجی نهایی مدل است. مدیران و سیاستگذاران حوزه فناوری کوانتومی به‌طور خاص و دیگر سازمان‌ها به‌طور عام می‌توانند از نتایج حاصله بهره‌برداری کنند.

نتایج حاصل از این پژوهش در قالب مدل علت و معلولی سنج‌های ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی ارائه شده است که ساختار درختی در میان آنها اعمال شده است و در نهایت با توجه به تقسیم نمودن این سنج‌ها به چهار لایه «مالی»، «مشتری»، «فرآیندهای داخلی» و «رشد و یادگیری»، ارتباط علت و معلولی این لایه‌ها نیز مشخص شده است.

واژگان کلیدی: ارزیابی عملکرد، پروژه‌های پژوهشی، کارت امتیازی متوازن، نقشه شناختی فازی، حوزه فناوری های کوانتومی-رایانش کوانتومی

۱- مقدمه

با مروری بر پیشینه توسعه کشورهای صنعتی و موفق می‌توان بر نقشی که این کشورها به پژوهش و در رأس آن به پژوهش‌های حوزه فناوری‌های بدیع و نوظهور قائل شده‌اند، واقف شد (البرزی، ۲۰۱۸، ۸۹-۱۰۰). این کشورها با آگاهی از نقش تعیین‌کننده پژوهش در توسعه، بیش‌ترین توجه و سیاستگذاری‌های خود را به سوی تقویت و ارتقاء بهره‌وری در شاخص‌های تحقیقاتی معطوف داشته‌اند (شاه‌آبادی، ۱۳۸۹، ۲۸-۳۸) و این مهم را با تکیه بر توانمندی‌های پژوهشگران خود به انجام می‌رسانند. از این‌رو، شناسایی پژوهش‌هایی که دارای بیش‌ترین بهره‌وری علمی هستند، همواره در این کشورها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ملزومات سیاستگذاری علم محسوب می‌شود و با ایجاد فرصت‌های بیشتر برای بهره‌مندی از این تحقیقات، زمینه‌های توزیع مطلوب‌تر منابع مالی برای اجرای پژوهش و مدیریت بهینه برنامه‌های علمی و عملیاتی فراهم می‌گردد. با این حال، ارزیابی عملکرد پژوهشی، محدود به این دو هدف نیست و علاوه بر آن، می‌توان برای دستیابی به اهداف گوناگون دیگر نیز از آن بهره برد. از مهم‌ترین اهداف ارزیابی عملکرد پژوهش می‌توان به تلاش برای افزایش کیفیت پژوهش به‌گونه‌ای که فعالیت‌های پژوهشی با کیفیت در دنیای بیرونی تجلی یافته و برای رفع مشکلات جامعه به کار گرفته شوند، اشاره کرد (حجازی و بهروان، ۱۳۸۸، ۴۷-۶۰).

در طول زمان، تغییرات سریع و متنوع هم چون افزایش رقابت در بازارها سبب شده است تا سازمانها به سمت سرمایه‌گذاری در حوزه علوم نوظهور و بدیع حرکت کنند (طارق خلیل، ۱۳۸۳، ۲۷) و طبق تحقیق کلاوس شواب سال ۲۰۱۶ بشریت در حال تجربه فرآیند دگرگونی جوامع بشری و خیز به سمت انقلاب صنعتی چهارم است که یکی از شاخص‌ترین این تغییرات حرکت در مسیر فناوریهای کوانتومی است (شواب، ۱۳۹۵، ۱۱). طبق دسته‌بندی‌های صورت گرفته حوزه فناوری کوانتومی به پنج دسته تقسیم می‌شود که عبارتند از: ۱- زیست فناوریهای کوانتومی ۲- مخابرات کوانتومی ۳- رایانش و رمزنگاری کوانتومی ۴- حسگرهای کوانتومی ۵- شبیه سازی کوانتومی (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷، ۸۳) که این مقاله خاصاً به پژوهشهای حوزه رایانش کوانتومی ورود کرده است.

با وجود اهمیت ارزیابی عملکرد پژوهش‌های فناوری کوانتومی باید پذیرفت که اگر این ارزیابی در چارچوبی خاص و با تکیه بر معیارها و شاخص‌های مناسب و معتبر صورت نپذیرد، مقصود اصلی حاصل نخواهد شد، چرا که امکان دارد پژوهش‌هایی به عنوان بیشترین بهترین عملکرد و بهره‌وری معرفی شوند که در واقع از چنین ویژگی‌هایی برخوردار نیستند و به همین علت نیز قادر نخواهند بود در مسیر توسعه علمی کشور در این حوزه نوظهور و بدیع به‌درستی ایفای نقش کنند. بنابراین، داشتن شاخص‌های مناسب برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی در حوزه فناوری کوانتومی از اهمیت برجسته‌ای برخوردار است. مطالعات حاکی از آن است که در انتخاب و تعریف این شاخص‌ها باید به مجموعه آن‌ها به‌عنوان یک کل نگریسته شود و ترکیب آن‌ها بر اساس شرایط خاص حوزه‌های موضوعی گوناگون قابل تغییر باشد و همچنین امکان ارزیابی‌های دقیق در کلیه سطوح را فراهم آورد و در مجموع، مسیر را به سوی دستیابی به نتایجی واقعی‌تر هموار سازد.

نلی^۱ در سال ۲۰۰۰ بیان داشت که کارت امتیازی متوازن می‌تواند نقش کلیدی در ارزیابی عملکرد ایفا کند (نلی، ۲۰۰۰، ۳-۷) و همچنین کاپلان و نورتون^۲ (۲۰۰۸) تصریح می‌نمایند که کارت امتیازی متوازن می‌تواند به عنوان یک سیستم کامل و جامع مدیریت استراتژیک در خدمت سازمانها باشد و کارت امتیازی متوازن به مدیران کمک می‌کند به صورت کاملاً شفاف اهداف راهبردی خود را مشخص کنند و بر این اهداف به اجماع برسند. (کاپلان و نورتون ۲۰۰۸، ۱۰-۱۷).

با توجه به مباحث فوق، می‌توان بیان نمود که این تحقیق درصدد پاسخگویی به دو سؤال اصلی است که عبارتند از: سنجه‌های عملکردی پروژه‌های پژوهشی حوزه فناوری کوانتومی-رایانش کوانتومی در لایه‌های مختلف کارت امتیازی متوازن کدام‌اند؟ نقشه استراتژیک شناختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی مبتنی بر کارت امتیازی متوازن چگونه است؟

سازماندهی مطالب نگارش شده در این مقاله به این شرح است: در بخش دوم مبانی نظری و پیشینه تحقیق کارت امتیازی متوازن و همچنین نقشه شناختی فازی مورد بررسی قرار گرفته به‌همراه مدخلی به فناوری کوانتومی داشته است. در بخش سوم روش تحقیق و تکنیک‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد و بخش چهارم شامل تحلیل یافته‌ها می‌باشد.

² Kaplan.R.S.,&Norton¹ Neely.A.

کارمندان، فناوری و اثر گذاری آن در فرآیندهای عملیاتی، رضایت مشتری و در نهایت اقدامات مالی می‌باشد. این ابزار نشان می‌دهد نشان می‌دهد کارمندان چگونه می‌توانند فعالیت‌های خود را با راهبردهای سازمان هماهنگ نمایند و همچنین نقشه استراتژی روابط میان عناصر نقشه که همان راهبردها و راهکارهای دستیابی به اهداف می‌باشند را با یکدیگر مشخص می‌کند (صوفی‌بادی، ۱۳۹۴، ۲۰۷-۲۰۸)

۲-۴ معرفی فناوری‌های کوانتومی - رایانش کوانتومی

در سال ۱۹۸۱ میلادی در یک کنفرانس علمی ریچارد فاینمن^۳ (برنده جایزه نوبل) عنوان نمود که رایانه‌های فعلی باید جای خود را به رایانه‌هایی دهند که بر اساس قوانین کوانتومی کار می‌کنند (استاین^۴، ۱۹۹۸، ۱۱۷). و از آن زمان تا کنون محققان و دانشمندان زیادی در حوزه‌های مانند فیزیک، ریاضی و رایانه و ... این موضوع را اساس کار خود قرار داده و نسبت به ساخت، تولید و گسترش کاربرد های آن در تلاش هستند.

رایانش یا محاسبات کوانتومی به مفهوم استفاده از قوانین فیزیک کوانتوم یا مکانیک کوانتومی به منظور حل محاسباتی است که با روش‌های معمولی (کلاسیک) بسیار متفاوت است. اساس رایانه‌های کوانتومی مبتنی بر منطقی است با روش روشن-خاموش یا غلط-درست رایانه‌های کلاسیک تفاوت دارد در رایانه‌های کوانتومی کیوبیت یا بیت های کوانتومی معیار پردازش رایانه‌های کوانتومی هستند. که دارای دو ویژگی برهم نهی^۵ و درهم‌تنیدگی^۶ هستند. براساس قوانین فیزیک کوانتوم می‌توان از بیت‌های کوانتومی که قادر به اختیار کردن صفر و یک به صورت همزمان هستند؛ استفاده کرد.

اختیار همزمان صفر و یک را برهم نهی کوانتومی می‌نامند. در صورتیکه دو یا بیشتر از دو کیوبیت وجود داشته باشد؛ می‌تواند وابستگی بین کیوبیت‌ها برقرار شود. که به آن درهم‌تنیدگی کوانتومی می‌گویند. به بیان دیگر دو کیوبیت زمانی درهم‌تنیده محسوب می‌شوند که بیان حالت یکی از آنها بدون اطلاع از حالت دیگری ممکن نباشد. برپایه خاصیت درهم‌تنیدگی کوانتومی، می‌توان محاسبات کوانتومی را به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به محاسبات کلاسیک متفاوت ساخت. از طرفی یک رایانه کوانتومی

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۱-۲ ارزیابی عملکرد

عملکرد یعنی نتیجه و دستاورد کمی و کیفی مجموع کارکردها، فعالیت‌ها و فرآیندهای یک سازمان، شخص، سیستم و غیره که با اهداف تعیین شده مقایسه می‌گردد. به عبارت دیگر عملکرد آن چیزی است که به مرحله اجرا و عمل درآمده است و با مقایسه دستاوردها با اهداف تعیین شده برای سازمان، می‌توانیم داوری کنیم که سازمان عملکرد مثبت یا منفی داشته است. نتایج به دست آمده از صرف منابع و یا به عبارتی بهتر، تلفیق اثربخشی و کارایی را عملکرد گویند. مدیریت عملکرد رویکردی است سیستماتیک که از طریق فرآیند تعیین اهداف استراتژیک عملکرد، سنجش و ارزیابی عملکرد، جمع-آوری و تحلیل داده‌های عملکرد و به کارگیری این داده‌ها، به بهبود عملکرد سازمان منجر می‌شود (آرمسترانگ^۱، ۱۳۹۵، ۵-۱۷).

۲-۲ کارت امتیازی متوازن

کارت امتیازی متوازن ابزاری مدیریتی است که دیدگاه‌ها و استراتژی کلی سازمان را به اهداف قابل اندازه‌گیری تبدیل می‌کند و ارتباط-دهنده تصمیمات استراتژیک و معیارهای عملکردی در سطوح کلیدی مؤسسه است. به عبارتی کارت امتیازی متوازن روشی است که سازمان به کمک آن می‌تواند استراتژی تجاری را در قالب مجموعه‌ای از اهداف عملیاتی بر بخش‌های مختلف سازمان منتقل کند و از این طریق رفتار عملکرد کل سازمان را متحول کند. کارت امتیازی متوازن سیستمی برای ارزیابی عملکرد است که محور آن را استراتژی تشکیل می‌دهد و در این سیستم از معیارهای ارزیابی عملکرد مالی، مشتریان، فرایند داخلی و رشد یادگیری استفاده می‌شود (گریگورودیس و همکاران^۲، ۲۰۱۲، ۱۰۴-۱۱۹).

۲-۴ نقشه استراتژی

نقشه استراتژی ابزاری است که به وسیله آن می‌توان به ارتقای شفاف سازی استراتژی در سازمان افزود. کارت امتیازی و نقشه استراتژی همانند یک زوج برای تجسم، توصیف و چگونگی تبدیل دارایی‌های نامشهود به دارایی‌های مشهود عمل می‌کند. نقشه استراتژی یک ابزار ساده برای نشان دادن اطلاعاتی در خصوص

^۳ Steane A.

^۵ Superposition

^۶ Entanglement

^۱ Armstrong.M.

^۲ Grigoroudis et al

^۳ Feynman.R.

نمایند حوزه رایانش کوانتومی است لذا حرکت در این مسیر برآورده سازی یکی از الزامات قانونی کشور است.

(۲) با توجه به سرعت و دقت محاسباتی بسیار بالا کامپیوتر کوانتومی سبب رفع مشکلاتی در حوزه مدیریت کلان داده ها (به عنوان نمونه در حوزه اقتصاد، هواشناسی، ...) یا شبیه سازی سیستم های بس-ذره ای و بررسی رفتار و دینامیک آن ها (به طور مثال در حوزه سلامت، و انرژیهای پاک و...) خواهد شد.

(۳) با توجه به نیاز روز افزون پژوهشگران و صنعتگران به تحلیل و پردازش سیستم های پیچیده در همه حوزه ها هم چون حوزه های مرتبط با علوم انسانی تا حوزه های مرتبط با علوم نوین، ضرورت ساخت پردازشگرهای بسیار پرسرعت و با قابلیت بالا فناوری های کامپیوتر کوانتومی و موضوعات نرم افزاری مرتبط با آن ضرورت دارد.

(۴) از طرف دیگر امروزه امنیت ارسال و پردازش اطلاعات نه تنها یک موضوع استراتژیک مربوط به دولت ها است بلکه این موضوع در مبادلات اجتماعی روزمره شهروندان همه جوامع به خوبی خود را نشان می دهد یکی از دستاوردهای محاسبات کوانتومی رمز نگاری است که می تواند در ارتقاء امنیت انواع سامانه ها کاربرد بسیار چشمگیری داشته باشد. (دوستی مطلق، ۱۳۹۶، ۲۰-۲۵)

۲-۶ پیشینه تحقیق

در چند سال اخیر تحقیقات مختلفی در حوزه ارزیابی عملکرد پروژه های پژوهشی با رویکرد کارت امتیازی متوازن انجام شده است، اما تاکنون تحقیقی که بتواند یک نقشه استراتژیک شناختی فازی را برای ارزیابی عملکرد پروژه های پژوهشی با رویکرد کارت امتیازی متوازن طراحی کند، کمتر به چشم می خورد. جدول ۱، تحقیقات مختلفی را که در حوزه ارزیابی عملکرد پروژه های پژوهشی و کارت امتیازی متوازن انجام شده است نشان می دهد.

باید شرایط تعمیم یافته دی وینچنزو^۱ را نیز برآورده کند، یعنی باید وسیله ای باشد که بر روی مجموعه ای از کیوبیت های قابل گسترش با ویژگی های زیر عمل کند (نلیسن^۲، ۲۰۱۰، ۱۱۰-۱۱۵):

- زمان همدوسی به حد کافی زیاد^۳ کیوبیت ها برای انجام عملیات محاسباتی شامل پردازش و کنترل اطلاعات تا اندازه گیری
- قابلیت تنظیم کیوبیت ها روی یک حالت اولیه^۴
- قابلیت عملکرد گیت های منطقی بر روی مجموعه ای از کیوبیت ها
- قابلیت اندازه گیری حالت نهایی کیوبیت ها
- قابلیت افزایش تعداد کیوبیت ها
- قابلیت تبدیل کیوبیت های ایستا به کیوبیت های متحرک و بالعکس برای ایجاد ارتباطات
- قابلیت انتقال اطلاعات کد شده بر روی کیوبیت ها با ایمنی بالا

توسعه یک کامپیوتر کوانتومی بزرگ با ویژگی های کامل فوق، با چالش بسیار چالشهای بسیار زیادی مواجه است که منجر شده است پژوهش های زیادی در اینخصوص صورت گیرد که این پژوهشها مستلزم کارایی و بهره وری بالاست لذا ارزیابی عملکرد آنها نیز مهم جلوه می نماید. در ادامه مدخلی به ضرورت ورود به فناوری کوانتومی در کشور می پردازیم.

۲-۵ ضرورت پژوهشهای حوزه رایانش کوانتومی در رفع نیازهای کشور

تاثیر حوزه رایانش کوانتومی در رفع نیاز های کشور به شرح ذیل است :

(۱) با توجه به نقشه راه علمی کشور مصوب سال ۱۳۸۷ طبق بند ب الویت دوم یکی از حوزه های که می بایست دانشگاه ها، موسسات تحقیقاتی و دستگاههای اجرایی در آن سرمایه گذاری

³ Long coherence time

⁴ Initialization

¹ Extended Di Vincenzo Criteria

² Nielsen.M.A

جدول ۱. تحقیقات مختلف در حوزه ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی و کارت امتیازی متوازن (یافته محققان)

نویسنده (سال)	عنوان تحقیق
سعیدی مهرآباد و احسانی (۱۳۸۴)	طراحی یک مدل ارزیابی عملکرد پروژه‌های تحقیقاتی براساس مثلث پروژه
سپهریان و پرهیزگار (۱۳۸۹)	ارزیابی عملکرد مدیریت پروژه‌های کلان با رویکرد کارت امتیازی متوازن
ملک اخلاق و همکاران (۱۳۹۰)	شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی عملکرد در ورود به بازارهای خارجی
نبی‌زاه کیوی و همکاران (۱۳۹۱)	ارزیابی عملکرد اداره کل اطلاع‌رسانی کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران بر اساس مدل کارت امتیازی متوازن و ارائه راهکار و پیشنهاد به‌منظور بهبود و اصلاح سیستم ارزیابی عملکرد آن
صلواتی و همکاران (۱۳۹۱)	ارزیابی عملکرد امور مالیاتی بر اساس مدل کارت امتیازی متوازن
ضرغام بروجنی و همکاران (۱۳۹۲)	ارزیابی عملکرد خدمات ارائه شده در هتل‌ها با رویکرد کارت امتیازی متوازن فازی
میرغفوری و همکاران (۱۳۹۳)	ارزیابی عملکرد سازمان با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌های فازی و کارت امتیازی متوازن (مطالعه موردی: شعب بانک تجارت استان یزد)
فیضی و سلوکدار (۱۳۹۳)	ارزیابی عملکرد صنعت بانکداری با رویکرد ترکیبی کارت امتیازی متوازن - تاپسیس فازی
شریعتی و افخمی اردکانی (۱۳۹۵)	شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی عملکرد مراکز تحقیق و توسعه بر اساس کارت امتیازی متوازن
کاپلان و نورتون ^۱ (۱۹۹۶)	استفاده از کارت امتیازی متوازن به‌عنوان سیستم مدیریت استراتژیک
مارتینز سانچز و پرز ^۲ (۲۰۰۲)	مدیریت مؤثر پروژه تحقیق و توسعه در صنایع اسپانیایی
سابواتانو پیلای و همکارانش ^۳ (۲۰۰۲)	ارزیابی عملکرد پروژه‌های تحقیق و توسعه در پروژه‌های چندگانه مهندسی محیط
دیویس و آلبرایت ^۴ (۲۰۰۴)	تأثیر پیاده‌سازی ارزیابی متوازن بر عملکرد شرکت‌ها
بان وت و دشماخ ^۵ (۲۰۰۶)	توسعه مدل ارزیابی عملکرد سازمان‌های تحقیق و توسعه بر اساس کارت امتیازی متوازن
هوا چن ^۶ (۲۰۰۹)	طراحی سیستم مدیریت دانش برای برنامه‌ریزی استراتژیک از جنبه کارت امتیازی متوازن
تی سنگ ^۷ (۲۰۱۰)	اجرا و ارزیابی عملکرد با استفاده از کارت امتیازی متوازن شبکه‌ای فازی
بنتس و همکاران ^۸ (۲۰۱۲)	ارزیابی چند بعدی عملکرد سازمان‌ها با استفاده از مدل تلفیقی BSC-AHP
هسو لین و همکاران ^۹ (۲۰۱۴)	ارزیابی عملکرد کارت امتیازی متوازن مدل سلسله مراتبی حلقه بسته در شرایط عدم اطمینان
موداک و همکاران ^{۱۰} (۲۰۱۷)	ارزیابی عملکرد در تصمیم‌گیری برون‌سپاری با استفاده از روش BSC و AHP فازی
دینسر و همکاران ^{۱۱} (۲۰۱۷)	ارزیابی عملکرد مبتنی بر کارت امتیازی متوازن در خطوط هوایی اروپایی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره ترکیبی تحت محیط فازی

- Kaplan & Norton
- Martinez Sanchez & Perez
- Sivathanu Pillai et al
- Davis & Alberight
- Banwet & Deshmukh
- Hoa- chen
- Tseng
- Bentes et al
- Hsu Lin et al
- Modak et al
- Dincer et al

طراحی نقشه استراتژیک شناختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی حوزه رایانش کوانتومی

۳- روش‌شناسی تحقیق

این پژوهش بر اساس نتیجه یا هدف از نوع تحقیقات کاربردی و نیز از نظر روش اجرا جزو تحقیقات توصیفی است و در روش تحقیق کمی قرار دارد. جامعه آماری این پژوهش، محققان، اساتید حوزه فناوری های کوانتومی-رایانش کوانتومی کشور است که در میز فناوری کوانتومی کشور گردهم می‌آیند است که مدیران و کارشناسان واحد پژوهش این سازمان به‌عنوان خبرگان تحقیق در نظر گرفته شده‌اند. در این تحقیق تعداد ۸ خبره شناسایی شدند که پرسشنامه‌های تحقیق به آنها ارسال شد و از طریق پیگیری‌های مکرر تعداد ۶ خبره در انجام تحقیق همکاری کردند. در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به توصیف موضوع و پیشینه پژوهش، از روش کتابخانه‌ای و مراجعه به کتاب‌ها، مقالات و پایان‌نامه‌های داخلی و خارجی مرتبط با موضوع تحقیق استفاده گردیده است. همچنین در روش میدانی با استفاده از پرسشنامه اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شده است. در این تحقیق ۱۸ شاخص مربوط به ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی از طریق بررسی عمیق تحقیقات گذشته و جرح و تعدیل آنها تصدیق و شناسایی شده است.

به‌منظور روایی پرسشنامه تحقیق از روایی محتوا استفاده شده است. بدین معنا که پرسشنامه پژوهش با مشارکت گروه خبرگان مبتنی بر روش دلفی، از نظر روایی محتوا تأیید شده است. همچنین با توجه به جمع‌آوری عوامل از طریق بررسی عمیق تحقیقات گذشته، می‌توان بیان کرد که عوامل بررسی شده دارای اعتبار است. با توجه به

اینکه پرسشنامه‌های مربوط به تکنیک‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر تکنیک خاص مورد نظر طراحی شده و اینکه ماتریس‌های تصمیم‌گیری از طریق نظرات خبرگان تکمیل می‌شود، بنابراین پرسشنامه تکنیک‌های تصمیم‌گیری دارای پایایی مناسبی است. لازم به ذکر است که مفهوم «حد آستانه» در تکنیک دلفی فازی به دلیل اعتباربخشی به پرسشنامه (ماتریس تصمیم) انجام می‌شود که این موضوع در راستای تأیید پایایی پرسشنامه است. در بخش تجزیه و تحلیل اطلاعات، سنجه‌های ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی با استفاده از تکنیک دلفی فازی در میز فناوری کوانتومی تعیین شده است. در نهایت با استفاده از تکنیک نقشه شناختی فازی، روابط علت و معلولی سنجه‌ها تعیین شده و نقشه استراتژیک شناختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی با رویکرد کارت امتیازی متوازن طراحی شده است.

۴- تحلیل یافته‌ها

۴-۱ پرسش اول تحقیق: سنجه‌های عملکردی پروژه‌های پژوهشی در لایه‌های مختلف کارت امتیازی متوازن کدام‌اند؟ در این قسمت، محققان مقاله با استفاده از مطالعه عمیق ادبیات و تحقیقات گذشته مربوط به موضوع تحقیق، ۱۸ سنجه عملکردی پروژه‌های پژوهشی در لایه‌های مختلف کارت امتیازی متوازن را مشخص کرده‌اند. جدول ۲، سنجه‌های جمع‌آوری شده توسط محقق را نشان می‌دهد.

جدول ۲. سنجه‌های عملکردی پروژه‌های پژوهشی در لایه‌های مختلف کارت امتیازی متوازن (یافته محققان)

ردیف	سنجه‌های عملکردی	منبع
۱	نسبت درآمد به هزینه (مربوط به پروژه‌های پژوهشی)	Janakiraman et al. (1992); Garvey and Milbourn (2003); Gong et al. (2011)
۲	درآمد حاصل از پروژه‌های پژوهشی (پتنت/ دانش فنی/ خدمات آزمایشگاهی/ مشاوره)	Jensen and Murphy (1990); Liu and Stark (2009); Liu and Leitch (2013)
۳	شرایط نقدینگی به‌منظور تأمین هزینه‌های جاری	Kaplan & Norton (1996); Murphy (2001); Roberts (2004); Matsumura and Shin (2006)
۴	تحویل به‌موقع پروژه	Van Elten (2012); Speklé and Verbeeten (2014)
۵	میزان حضور در صنعت ^۱	Mate et al. (2017)

^۱ منظور این است که محقق حوزه فناوری کوانتومی چقدر در صنعت جهت تبدیل سطح آمادگی محصول از ۱ به ۹ فعالیت دارد.

۶	میزان رضایتمندی مشتری / درخواست‌دهنده پروژه پژوهشی	Tseng (2010); Rodrigues et al. (2017)
۷	نرخ توسعه (تعداد مشتریان جدید/ درخواست‌دهندگان پروژه پژوهشی)	Ulas and Keskin (2015)
۸	تعداد استانداردهای سازمانی برای پروژه‌های پژوهشی	Banwet & Deshmukh (2006)
۹	نسبت تعداد فرآیندهای پژوهشی مکانیزه به تعداد کل فرآیندهای پژوهشی	Davis & Albright (2004); Dincer et al. (2017)
۱۰	نسبت تعداد پروژه‌های موفق به تعداد کل پروژه‌ها	Bentes et al. (2012); Mate et al. (2017)
۱۱	نسبت حجم پروژه‌های پژوهشی برون‌سپاری شده به حجم کل پروژه‌های پژوهشی سازمان	Hoa-chen (2009); Tseng (2010)
۱۲	میزان رضایت پژوهشگران (داخل و خارج سازمان)	Hsu Lin et al. (2014); Mate et al. (2017)
۱۳	تعداد انجمن‌های خبره در هسته پژوهشی	Martinez Sanchez & Perez (2002)
۱۴	تعداد ایده‌ها و پیشنهادهای پژوهشی	Modak et al. (2017)
۱۵	تعداد پتنت ثبت شده	Sivathanu Pillai (2002); Bentes et al. (2012)
۱۶	تعداد دانش فنی اکتساب شده	Tseng (2010); Bentes et al. (2012); Mate et al. (2017)
۱۷	تعداد سمینارها و کنفرانس‌های داخلی و خارجی حضور یافته و ساعات حضور در کلاس‌های آموزشی	Roberts (2004); Matsumura and Shin (2006); Mate et al. (2017)
۱۸	تعداد کتب و مقالات (کنفرانس، علمی پژوهشی، علمی ترویجی، ISI, ISI)	Hoa-chen (2009); Bentes et al. (2012)

در این تحقیق به منظور تعیین سنج‌های عملکردی پروژه‌های پژوهشی در لایه‌های مختلف کارت امتیازی متوازن در حوزه فناوری های کوانتومی-رایانش کوانتومی از روش دلفی فازی استفاده شده است. اجرای مراحل روش دلفی فازی در این تحقیق به شرح ذیل است.

۱) گام اول: انتخاب خبرگان

در این مرحله خبرگان میز فناوری کوانتومی شناسایی و انتخاب شده‌اند. با توجه به ویژگی‌های خبرگان این تحقیق، تعداد ۶ خبره در این مطالعه برای تکنیک دلفی فازی همکاری کرده‌اند.

۲) گام دوم: تدوین پرسشنامه و جمع‌آوری نظر خبرگان
در این گام با توجه به سنج‌های عملکردی پروژه‌های پژوهشی در لایه‌های مختلف کارت امتیازی متوازن که از ادبیات تحقیق استخراج شده است (جدول ۲)، پرسشنامه روش دلفی فازی طراحی و برای خبرگان ارسال شد. به منظور یکسان‌سازی تعبیر ذهنی خبرگان نسبت به متغیرهای کلامی، دامنه این متغیرها با استفاده از عدد فازی مثلثی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. متغیرهای زبانی و وزن اهمیت معیارها

متغیر زبانی	مقیاس اعداد فازی
خیلی کم	(۰, ۰, ۰/۲۵)
کم	(۰, ۰/۲۵, ۰/۵)
متوسط	(۰/۲۵, ۰/۵, ۰/۷۵)
زیاد	(۰/۵, ۰/۷۵, ۱)
خیلی زیاد	(۰/۷۵, ۱, ۱)

۳) گام سوم: جمع‌آوری نظر خبرگان و تجزیه و تحلیل آن‌ها (دور اول)

در این مرحله پرسشنامه دلفی فازی برای اولین بار به خبرگان ارسال شده (دور اول) و پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، میزان موافقت آن‌ها با هریک از سنج‌ها تعیین شده است (جدول ۴). میانگین فازی

هریک از سنج‌ها با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه می‌شود. در رابطه ۱، A^i عدد فازی مثلثی مربوط به یکی از سنج‌ها را نشان می‌دهد. در رابطه ۲، $A_{average}$ میانگین نظر خبرگان در رابطه با هریک از مؤلفه‌های عدد فازی مثلثی را نشان می‌دهد. به منظور دیفازی کردن هریک از سنج‌ها، از رابطه ۳ استفاده شده است.

طراحی نقشه استراتژیک شناختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی حوزه رایانش کوانتومی

جدول ۵، جمع‌بندی و تحلیل نظرات خبرگان را در دور اول نشان می‌دهد.

$$A^i = (a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, a_3^{(i)}) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$A_{\text{average}} = (m_1, m_2, m_3) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_3^{(i)} \right) \quad (2)$$

$$a^i = \frac{1}{4} (a_1^{(i)} + 2a_2^{(i)} + a_3^{(i)}) \quad (3)$$

جدول ۴. نظر خبرگان در دور اول

خبره اول				خبره دوم				خبره سوم				خبره چهارم				خبره پنجم				خبره ششم				خبرگان سنجه‌ها
دیفازی	u	m	l	دیفازی	u	m	l	دیفازی	u	m	l	دیفازی	u	m	l	دیفازی	u	m	l	دیفازی	u	m	l	
0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۱)
0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.5	(۲)
0.94	1	1	0.75	0.75	1	1	0.75	0.94	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۳)
0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	(۴)
0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۵)
0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۶)
0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۷)
0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	(۸)
0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	(۹)
0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۱۰)
0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	(۱۱)
0.94	1	1	0.75	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۱۲)
0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۱۳)
0.94	1	1	0.75	0.94	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۱۴)
0.75	1	0.75	0.5	0.50	0.75	0.5	0.25	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	(۱۵)

0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	(۱۶)
0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	(۱۷)
0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۱۸)

جدول ۵. تحلیل پرسشنامه دور اول نظرات خبرگان

سنجه‌ها	میانگین نظرات				تفاوت با میانگین					
	M1	M2	M3	تفاوتی	خبره اول	خبره دوم	خبره سوم	خبره چهارم	خبره پنجم	خبره ششم
(۱)	0.63	0.88	1.00	0.84	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
(۲)	0.67	0.92	1.00	0.88	0.06	0.06	0.06	0.13	0.06	0.13
(۳)	0.63	0.88	1.00	0.84	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
(۴)	0.58	0.83	1.00	0.81	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06	0.06
(۵)	0.63	0.88	1.00	0.84	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
(۶)	0.63	0.88	1.00	0.84	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
(۷)	0.63	0.88	0.96	0.83	0.33	0.10	0.10	0.10	0.08	0.10
(۸)	0.63	0.88	1.00	0.84	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
(۹)	0.54	0.79	1.00	0.78	0.03	0.03	0.03	0.16	0.03	0.03
(۱۰)	0.67	0.92	1.00	0.88	0.13	0.06	0.06	0.06	0.13	0.06
(۱۱)	0.58	0.83	1.00	0.81	0.06	0.13	0.06	0.06	0.13	0.06
(۱۲)	0.63	0.88	1.00	0.84	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
(۱۳)	0.58	0.83	0.96	0.80	0.30	0.14	0.05	0.14	0.05	0.14
(۱۴)	0.63	0.88	1.00	0.84	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
(۱۵)	0.58	0.83	0.96	0.80	0.30	0.05	0.14	0.14	0.14	0.05
(۱۶)	0.71	0.96	1.00	0.91	0.03	0.03	0.03	0.03	0.16	0.03
(۱۷)	0.67	0.92	1.00	0.88	0.06	0.06	0.06	0.13	0.06	0.13
(۱۸)	0.63	0.88	1.00	0.84	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

دور بعدی انجام می‌شود. حد آستانه از رابطه ۴ محاسبه می‌شود. پس از توقف فرآیند، اگر نمره هریک از سنجه‌ها بیشتر از حد متوسط باشد، آن‌گاه آن عامل پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت رد می‌شود. جدول ۷، جمع‌بندی و تحلیل نظرات خبرگان را در دور دوم نشان می‌دهد.

$$S(A_{m2}, A_{m1}) = \left| \frac{1}{3} [(a_{m21} + a_{m22} + a_{m23}) - (a_{m11} + a_{m12} + a_{m13})] \right| \quad (4)$$

۴) گام چهارم: جمع‌آوری نظر خبرگان و تجزیه و تحلیل آن‌ها (دور دوم) و تعیین حد آستانه

در این گام نظر قبلی هر خبره و میزان اختلاف آن با میانگین نظر سایر خبرگان به همراه پرسشنامه دور دوم برای خبرگان ارسال شده است (جدول ۶). پس از جمع‌آوری نظر خبرگان و تحلیل و مقایسه نتایج این دوره با نتایج دور قبل، اگر اختلاف بین نمرات هریک از سنجه‌ها در دو مرحله متوالی، کوچک‌تر یا مساوی حد آستانه α باشد، جمع‌آوری نظر خبرگان متوقف شده و فرآیند متد دلفی فازی پایان می‌یابد. اگر این اختلاف بیشتر از حد آستانه باشد، مجدداً گام ۴ برای

جدول ۶. نظر خبرگان در دور دوم

خبرگان سنجه‌ها	خبره اول				خبره دوم				خبره سوم				خبره چهارم				خبره پنجم				خبره ششم			
	دیفازی	U	m	I	دیفازی	u	m	L	دیفازی	u	m	L	دیفازی	u	m	I	دیفازی	u	m	I	دیفازی	u	m	I
(۱)	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75
(۲)	0.94	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75
(۳)	0.9	1	0.7	0.5	0.7	1	0.5	0.5	0.7	1	0.7	0.5	0.9	1	1	0.7	0.9	1	1	0.7	0.9	1	1	0.7
(۴)	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75
(۵)	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75
(۶)	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75
(۷)	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75
(۸)	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75
(۹)	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	1	0.75	0.75	1	1	0.75
(۱۰)	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	1	0.75	0.75	1	1	0.75
(۱۱)	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75
(۱۲)	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	1	0.75	0.75	1	1	0.75
(۱۳)	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	1	0.75
(۱۴)	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	1	0.75	0.75	1	1	0.75
(۱۵)	0.94	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	1	0.75	0.75	1	1	0.75
(۱۶)	0.94	1	0.75	0.75	0.94	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.75	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75

0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.94	1	1	0.75	(۱۷)
0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.94	1	1	0.75	(۱۸)

جدول ۷. تحلیل پرسشنامه دور دوم نظرات خبرگان

انتخاب	توقف	حد آستانه	اختلاف دو مرحله	میانگین نظرات				سنجه‌ها
				دیفازی	M3	M2	M1	
OK	OK	0.00	0.00	0.84	1.00	0.88	0.63	(۱)
OK	OK	0.00	0.00	0.88	1.00	0.92	0.67	(۲)
OK	OK	0.00	0.00	0.84	1.00	0.88	0.63	(۳)
OK	OK	0.00	0.00	0.81	1.00	0.83	0.58	(۴)
OK	OK	0.00	0.00	0.84	1.00	0.88	0.63	(۵)
OK	OK	0.00	0.00	0.84	1.00	0.88	0.63	(۶)
OK	OK	0.01	0.01	0.84	1.00	0.88	0.63	(۷)
OK	OK	0.00	0.00	0.84	1.00	0.88	0.63	(۸)
OK	OK	0.00	0.00	0.78	1.00	0.79	0.54	(۹)
OK	OK	0.00	0.00	0.88	1.00	0.92	0.67	(۱۰)
OK	OK	0.00	0.00	0.81	1.00	0.83	0.58	(۱۱)
OK	OK	0.00	0.00	0.84	1.00	0.88	0.63	(۱۲)
OK	OK	0.00	0.00	0.80	0.96	0.83	0.58	(۱۳)
OK	OK	0.00	0.00	0.84	1.00	0.88	0.63	(۱۴)
OK	OK	0.04	0.04	0.84	1.00	0.88	0.63	(۱۵)
OK	OK	0.00	0.00	0.91	1.00	0.96	0.71	(۱۶)
OK	OK	0.00	0.00	0.88	1.00	0.92	0.67	(۱۷)
OK	OK	0.00	0.00	0.84	1.00	0.88	0.63	(۱۸)

مختلف کارت امتیازی متوازن در حوزه فناوری های کوانتومی-
رایانش کوانتومی شناسایی شده است.

باتوجه به نتایج جدول ۷، برای هریک از سنجه‌های عملکردی پروژه‌های پژوهشی در لایه‌های مختلف کارت امتیازی متوازن در حوزه فناوری های کوانتومی-رایانش کوانتومی، اختلاف بین دو مرحله از حد آستانه کمتر است، بنابراین فرآیند متد دلفی فازی پایان می‌یابد. همچنین نتایج حاصله نشان می‌دهد که نمرات همه سنجه-های این مرحله از حد متوسط جواب‌ها بیشتر است، بنابراین می‌توان بیان نمود که ۱۸ سنجه عملکردی پروژه‌های پژوهشی در لایه‌های

$$C_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

در این مدل هرگره نشان دهنده یک عامل کلیدی در سیستم مدل شده است و با نماد زیر ارزش گذاری می شود.

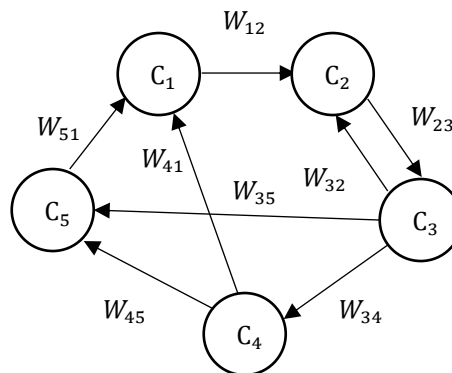
$$i = 1, 2, \dots, n, \quad A_i \in [0,1]$$

گره های موجود در مدل به وسیله کمان های وزن دار با یکدیگر ارتباط داخلی دارند. در شکل ۱، یک مدل FCM با ۵ گره و ۸ قوس کمان دار نمایش داده شده است. در شکل ۱، نمونه ای از نمایش نقشه شناختی فازای ارائه شده است. متغیرهای C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 به شکل گره ها و روابط سببی بین متغیرها به صورت پیکان هایی جهت دار بین گره ها در نظر گرفته می شوند. میزان تأثیر متغیر C_i بر متغیر C_j با W_{ij} نشان داده شده است که عددی مثبت یا منفی است.

۲-۴ پرسش دوم تحقیق: نقشه استراتژیک شناختی فازای برای ارزیابی عملکرد پروژه های پژوهشی مبتنی بر کارت امتیازی متوازن چگونه است؟

به منظور طراحی نقشه استراتژیک شناختی فازای برای ارزیابی عملکرد پروژه های پژوهشی مبتنی بر کارت امتیازی متوازن در حوزه فناوری های کوانتومی-رایانش کوانتومی از تکنیک نقشه شناختی فازای (FCM) استفاده شده است. نقشه شناختی فازای در دسته روش های نرم قرار می گیرد و ابزاری قوی در شبیه سازی های سیستمی است (بوری و همکاران، ۲۰۰۶-۱۰۷۷-۱۰۸۱). این روش به تصمیم گیرندگان در تحلیل روابط علی پنهان کمک کرده و دستیابی به جواب مطلوب را تسهیل می نماید. نقشه شناختی فازای ساختارهای نموداری فازای برای نشان دادن استدلال های علی هستند. فازای بودن آنها درجات مبهمی از علیت را بین مفاهیم مبهم ممکن می سازد (تقی زادگان کلوجه، ۱۳۸۷). تکنیک نقشه شناختی فازای اولین بار توسط کوسکو در سال ۱۹۸۶ معرفی گردید. بر مبنای تعریف وی FCM یک نمودار گرافیکی هدایت شده با هدف نمایش روابط علت و معلولی میان عوامل است که رابطه میان هر یک جفت عامل در این مدل با عددی در بازه $[-1, 1]$ مشخص می شود. در این مدل اجزاء اصلی، گره ها و روابط علت و معلولی که میان آنها هستند. این نمودار به دنبال نشان دادن روابط علت و معلولی میان مفاهیم مورد اشاره در گره ها است (واسانتا کانداسامی و اسمارانداج، ۲۰۰۳). یک مدل FCM تشکیل شده از مجموعه ای از گره ها یا مفاهیم است که با علامت اختصاری زیر نمایش داده می شود (واسانتا کانداسامی و اسمارانداج، ۲۰۰۳):

$$W = \begin{bmatrix} 0 & W_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & W_{23} & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & 0 & W_{34} & W_{35} \\ W_{41} & 0 & 0 & 0 & W_{45} \\ W_{51} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



شکل ۱. نمونه‌ای از نقشه شناختی فازی

فازی با درجه عضویتی بین ۰ تا ۱ خواهد شد. هر کدام از سلول‌هایی که در یک ردیف قرار می‌گیرند $O_{i1}, O_{i2}, O_{i3}, \dots, O_{im}$ هر کدام جزئی از بردار V_i می‌باشند. برای هر سنجه در نگاره از مجموعه نظرات جمع‌آوری شده خبرگان یک بردار V_i ایجاد می‌شود (کوسکو^۲، ۱۹۸۶).

در پژوهش انجام شده به‌منظور دسته‌بندی سنجه‌ها و ترسیم نمودارهای علت و معلول، پس از تعیین و دسته‌بندی سنجه‌ها در روش دلفی روند انجام کار به این صورت است که با توجه به مطالعاتی که در بخش‌های پیشین به آنها اشاره شد، چهار حوزه اصلی مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری به‌عنوان حوزه‌های اصلی ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی در زمینه فناوری‌های کوانتومی-رایانش کوانتومی شناسایی شده و زیر حوزه‌های آنها شامل هیجده سنجه عملکردی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (جدول ۷). پس از جمع‌بندی نظر خبرگان و انجام تکنیک دلفی فازی، سنجه‌های مورد نظر در هر قسمت استخراج شدند. با استفاده از این سنجه‌ها، ماتریس‌های اولیه سنجه‌ها استخراج شدند (جدول ۸).

متدولوژی که برای مدل‌سازی در این تحقیق از آن استفاده شده است دارای ۴ بخش برای نمایش نتایج است که در هر مرحله از فرایند انجام کار هر کدام از این بخش‌ها مشخص می‌شود. بخش‌های مذکور عبارتند از: ۱- ماتریس اولیه سنجه‌ها؛ برای ایجاد این ماتریس از فرایند دلفی برای گردآوری اطلاعات و دسته‌بندی سنجه‌ها استفاده شده است، ۲- ماتریس فازی شده سنجه‌ها، ۳- ماتریس قدرت ارتباط بین سنجه‌ها و ۴- ماتریس نهایی سنجه‌ها (لوئیس رودریگز ریپسو و خوزه^۱، ۲۰۰۷).

۱) مرحله اول: تعیین ماتریس اولیه سنجه‌ها

ماتریس اولیه سنجه‌ها یک ماتریس $[n \times m]$ است که "n" عبارت است از تعداد فاکتورهای شناسایی شده که با آنها مصاحبه انجام گرفته است و از طریق آنها اطلاعات جمع‌آوری شده است. هر سلول در این ماتریس O_{ij} نشان‌دهنده ضریب یا وزنی است که هر کدام از افراد خبره "j" به هر کدام از عوامل "i" با توجه به تجربه‌ای که دارند تخصیص می‌دهند. در این مرحله همان‌طور که ذکر شد برای گردآوری اطلاعات از روش دلفی استفاده شده است. نتیجه اطلاعات به‌دست آمده در این ماتریس در گام بعد تبدیل به مجموعه‌های

جدول ۸. ماتریس اولیه سنجه‌های عملکردی

سنجه‌های عملکردی	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵	خبره ۶	کران پایین	کران بالا
(۱)	0.86	0.66	0.47	0.51	0.79	0.77	0.47	0.86
(۲)	0.52	0.75	0.73	0.44	0.82	0.36	0.36	0.82
(۳)	0.44	0.55	0.77	0.39	0.35	0.85	0.35	0.85
(۴)	0.90	0.83	0.97	0.40	0.37	0.70	0.37	0.97
(۵)	0.95	0.75	0.43	0.52	0.69	0.88	0.43	0.95
(۶)	0.78	0.59	0.47	0.86	0.90	0.91	0.47	0.91
(۷)	0.79	0.81	0.39	0.96	0.84	0.57	0.39	0.96
(۸)	0.69	0.47	0.91	0.52	0.74	0.56	0.47	0.91
(۹)	0.34	0.99	0.75	0.76	0.86	0.48	0.34	0.99
(۱۰)	0.89	0.91	0.87	0.61	0.71	0.67	0.61	0.91
(۱۱)	0.79	0.81	0.38	0.83	0.45	0.62	0.38	0.83
(۱۲)	0.73	0.58	0.59	0.31	0.49	0.72	0.31	0.73
(۱۳)	0.82	0.97	0.45	0.98	0.58	0.49	0.45	0.98

0.93	0.44	0.87	0.71	0.67	0.44	0.44	0.93	(۱۴)
0.98	0.51	0.57	0.98	0.55	0.51	0.81	0.73	(۱۵)
0.88	0.38	0.44	0.80	0.38	0.88	0.87	0.85	(۱۶)
0.87	0.58	0.62	0.83	0.64	0.84	0.87	0.58	(۱۷)
0.89	0.50	0.89	0.82	0.51	0.50	0.80	0.52	(۱۸)

با توجه به مطالب ذکر شده هرکدام از اجزاء دیگر بردار V_i با استفاده از فرمول زیر در بازه $[0,1]$ قرار می‌گیرد.

$$X_i(O_{ip}) = \frac{O_{ip} - \min(O_{ip})}{\max(O_{ip}) - \min(O_{ip})}$$

در این فرمول $X_i(O_{ij})$ عبارت است از درجه عضویت هر جزء O_{ij} در بردار V_i .

با انجام این عملیات، ارزش هرکدام از سنجه‌هایی که در بازه بین $[0,1]$ قرار می‌گیرد، برابر است با درجه عضویتی فازی که به هرکدام از این سنجه‌ها تخصیص می‌یابد. درجه عضویت به‌دست آمده از این تابع ممکن است انعکاس‌دهنده دنیای واقعی نباشد. برای برطرف کردن این مشکل می‌توان کران بالا و پایینی برای اطلاعات به‌دست آمده در نظر گرفت و نتایج را با استفاده از این دو کران تحلیل نمود. در این مرحله، با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در بخش قبل و بر اساس فرمول ارائه شده در بخش متدولوژی تحقیق برای ساخت ماتریس فازی شده سنجه‌ها استفاده شده و این ماتریس جدول ۹ تشکیل شده است.

۲) مرحله دوم: ماتریس فازی شده سنجه‌ها

در گام بعد برای فازی کردن نتایج به‌دست آمده در فاز قبل هرکدام از بردارهای عددی V_i ، تبدیل به یک مجموعه فازی می‌شود به این ترتیب که در نگاره به‌دست آمده هرکدام از سلول‌های ماتریس این مجموعه فازی نشان‌دهنده درجه عضویت هر جزء O_{ij} در بردار مربوطه به خود است. در این گام بردارهای عددی تبدیل به مجموعه‌های فازی می‌شوند که ارزش هرکدام از اجزای این بردار در طیف $[0,1]$ قرار می‌گیرد. برای فازی کردن ماتریس فوق‌الذکر باید مراحل زیر طی شود (لوئیس رودریگز ریپسو و خوزه، ۲۰۰۷؛ اشنایدر و همکاران، ۱۹۹۸):

بزرگ‌ترین عدد در بردار V_i را یافته و مقدار $X_i = 1$ را به آن اختصاص دهید نتیجه این محاسبه عبارت است از:

$$\max(O_{ip}) \rightarrow X_i(O_{ip}) = 1$$

کوچک‌ترین عدد در بردار V_i را یافته و مقدار $X_i = 0$ را به آن اختصاص دهید نتیجه این محاسبه عبارت است از:

$$\min(O_{ip}) \rightarrow X_i(O_{ip}) = 0$$

جدول ۹. ماتریس فازی شده سنجه‌های عملکردی

سنجه‌های عملکردی	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵	خبره ۶
(۱)	1.00	0.49	0.00	0.11	0.81	0.77
(۲)	0.36	0.86	0.81	0.18	1.00	0.00
(۳)	0.17	0.40	0.84	0.07	0.00	1.00
(۴)	0.88	0.76	1.00	0.05	0.00	0.54
(۵)	1.00	0.61	0.00	0.17	0.50	0.86
(۶)	0.70	0.28	0.00	0.88	0.97	1.00
(۷)	0.71	0.75	0.00	1.00	0.80	0.31
(۸)	0.49	0.00	1.00	0.10	0.61	0.20

0.21	0.79	0.64	0.63	1.00	0.00	(۹)
0.20	0.34	0.00	0.86	1.00	0.93	(۱۰)
0.53	0.16	1.00	0.00	0.95	0.91	(۱۱)
0.98	0.43	0.00	0.67	0.65	1.00	(۱۲)
0.08	0.25	1.00	0.00	0.98	0.70	(۱۳)
0.89	0.55	0.47	0.00	0.01	1.00	(۱۴)
0.12	1.00	0.08	0.00	0.63	0.47	(۱۵)
0.13	0.85	0.00	1.00	0.98	0.94	(۱۶)
0.14	0.86	0.22	0.91	1.00	0.00	(۱۷)
1.00	0.84	0.03	0.00	0.78	0.07	(۱۸)

سنجه‌ها کاملاً بستگی به دو بردار مربوط به این عوامل دارد. این عدد به وسیله پارامتر S_{12} نمایش داده می‌شود. میزان نزدیکی رابطه بین دو بردار بر مبنای فاصله میان دو بردار تعیین می‌شود (کوسکو، ۱۹۸۶؛ اشنایدر و همکاران، ۱۹۹۸). در این حوزه متغیر دیگری نیز تعریف می‌شود که عبارت است از d_i . این پارامتر برابر است اختلاف بین “j” امین عناصر متناظر دو بردار. این پارامتر بر اساس معادله زیر محاسبه می‌شود (کوسکو، ۱۹۸۶؛ اشنایدر و همکاران، ۱۹۹۸).

$$d_j = |X_1(V_j) - X_2(V_j)|$$

$$d_j = |X_1(V_j) - (1 - X_2(V_j))|$$

با توجه به این فرمول، پارامتر دیگری نیز تحت عنوان AD تعریف می‌شود که مقدار آن برابر است با:

$$AD = \frac{\sum_{j=1}^m |d_j|}{m}$$

رابطه نزدیکی و مشابهت میان دو بردار با پارامتر S نمایش داده می‌شود که مقدار آن برابر است با:

$$S = 1 - AD$$

در رابطه مستقیم در حالتی که مقدار S برابر با عدد ۱ باشد نشان-دهنده این موضوع است که دو بردار کاملاً به هم نزدیک و شبیه هستند و در حالتی که مقدار S برابر ۰ باشد، این حالت نشان‌دهنده حداکثر عدم تشابه میان دو بردار است. در رابطه معکوس در حالتی که مقدار S برابر «۱» باشد، نشان‌دهنده این موضوع است که دو بردار کاملاً به صورت معکوس به هم نزدیک و شبیه هستند و در

۳) مرحله سوم: ماتریس قدرت ارتباط بین سنجه‌ها

ماتریس قدرت ارتباط بین سنجه‌ها، یک ماتریس $[n \times n]$ است. ردیف‌ها و ستون‌های این ماتریس سنجه‌ها شناسایی شده هستند که در این نگاره قرار است ارتباط بین آنها به صورت دو به دو مورد بررسی قرار گیرد. هر جزء بردار که S_{ij} نام دارد در این ماتریس نشان‌دهنده میزان تأثیر سنجه “i” بر “j” است. S_{ij} می‌تواند مقداری بین $[-1, 1]$ را به خود تخصیص دهد. هر سنجه با یک بردار عددی به نام S_i که دارای n جزء است، نمایش داده می‌شود. بنابراین بین هر دو سنجه “i” و “j” سه نوع رابطه وجود دارد که عبارتند از (کوسکو، ۱۹۸۶؛ لویس رودریگز ریسیو و خوزه، ۲۰۰۷؛ اشنایدر و همکاران، ۱۹۹۸):

- $S_{ij} > 0$ ، این مفهوم نشان‌دهنده ارتباط مستقیم (مثبت) علت و معلولی میان دو سنجه “i” و “j” است. این حالت به این معنی است که در صورتی که مقدار سنجه “i” افزایش یابد، به نسبت ارتباط بین این دو سنجه ارزش سنجه “j” نیز افزایش می‌یابد.
- $S_{ij} < 0$ ، این مفهوم نشان‌دهنده ارتباط معکوس (منفی) علت و معلولی میان دو سنجه “i” و “j” است. این حالت به این معنی است که در صورتی که مقدار سنجه “i” افزایش یابد، به نسبت ارتباط بین این دو سنجه ارزش سنجه “j” کاهش می‌یابد.
- $S_{ij} = 0$ ، این مفهوم نشان‌دهنده آن است که هیچ ارتباطی بین دو سنجه “i” و “j” وجود ندارد.

نزدیکی ارتباط میان دو سنجه V_1 و V_2 به وسیله شاخص میزان مشابهت میان دو بردار مشخص می‌شود. تعیین قدرت ارتباط میان

سنجه‌ها صرفاً اجزاء عددی فازی‌ای قرار می‌گیرند که نمایش‌دهنده ارتباط علت و معلولی میان سنجه‌ها باشند. هنگام تحلیل داده در ماتریس قدرت ارتباط بین سنجه‌ها، دو بردار می‌توانند با توجه به انطباقی که مد نظر قرار می‌گیرد با یکدیگر ارتباط داشته باشند. سنجه‌ها می‌توانند در منطق ریاضی مورد استفاده دارای رابطه و نزدیکی قابل قبولی باشند؛ اما این در حالی است که ممکن است به‌صورت منطقی با هم بی‌ارتباط باشند. این ارتباطات نامناسب به‌راحتی می‌تواند توسط خبرگان در این حوزه شناسایی شده و حذف گردند (کوسکو، ۱۹۸۶؛ اشنایدر و همکاران، ۱۹۹۸).

در نهایت بر اساس فرمول‌های ارائه شده در بخش متدولوژی تحقیق و جمع‌بندی نظرات خبرگان برای تحلیل اطلاعات، ماتریس نهایی سنجه‌ها تشکیل شده است. جداول ۱۰ تا ۱۴ ماتریس نهایی سنجه‌ها را در حوزه‌های عملکردی مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی، رشد و یادگیری و حوزه‌های عملکردی مدل کلی نشان می‌دهد.

حالتی که مقدار S برابر «۰» باشد، این حالت نشان‌دهنده حداکثر عدم تشابه معکوس میان دو بردار است (کوسکو، ۱۹۸۶). در این مرحله، با توجه به اطلاعات به‌دست آمده در ماتریس‌های پیشین و با استفاده از روابط توسعه این بخش از روند مدل‌سازی، ماتریس قدرت ارتباط بین سنجه‌ها تشکیل شده است.

مرحله چهارم: ماتریس نهایی سنجه‌ها
زمانی که ماتریس قدرت ارتباط بین سنجه‌ها تکمیل شد، ممکن است برخی از داده‌های درون آن داده‌های گمراه‌کننده باشند. بدین معنی که ممکن است تمامی سنجه‌هایی که در ماتریس قبل که ارتباطشان با هم مشخص شد، ممکن است با یکدیگر ارتباط نداشته باشند و یا اینکه ممکن است همیشه رابطه علت و معلولی میان سنجه‌ها برقرار نباشد. در این حالت نظر فرد خبره برای تحلیل اطلاعات و تبدیل ماتریس قدرت ارتباط بین سنجه‌ها به ماتریس نهایی سنجه‌ها مورد نیاز است. در این حالت در ماتریس نهایی

جدول ۱۰. ماتریس نهایی سنجه‌های عملکردی حوزه مالی

سنجه‌های عملکردی	(۱)	(۲)	(۳)
(۱)		---	0.46
(۲)	0.33		0.69
(۳)	---	---	

جدول ۱۱. ماتریس نهایی سنجه‌های عملکردی حوزه مشتری

سنجه‌های عملکردی	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
(۴)		---	0.41	0.78
(۵)	---		---	0.54
(۶)	---	---		0.4
(۷)	---	---	---	

جدول ۱۲. ماتریس نهایی سنجه‌های عملکردی حوزه فرآیندهای داخلی

سنجه‌های عملکردی	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)	(۱۲)
(۸)		---	0.91	---	0.45
(۹)	---		0.45	---	0.94
(۱۰)	---	---		---	---
(۱۱)	---	---	0.49		---
(۱۲)	---	---	0.67	---	

جدول ۱۳. ماتریس نهایی سنجه‌های عملکردی حوزه رشد و یادگیری

سنجه‌های عملکردی	(۱۳)	(۱۴)	(۱۵)	(۱۶)	(۱۷)	(۱۸)
(۱۳)		0.83	0.57	0.85	---	0.86
(۱۴)	---		0.84	0.65	---	---

---	---	0.97		---	---	(۱۵)
---	---		---	---	---	(۱۶)
---		0.88	---	---	---	(۱۷)
	---	0.68	---	---	---	(۱۸)

جدول ۱۴. ماتریس نهایی حوزه‌های عملکردی مدل کلی

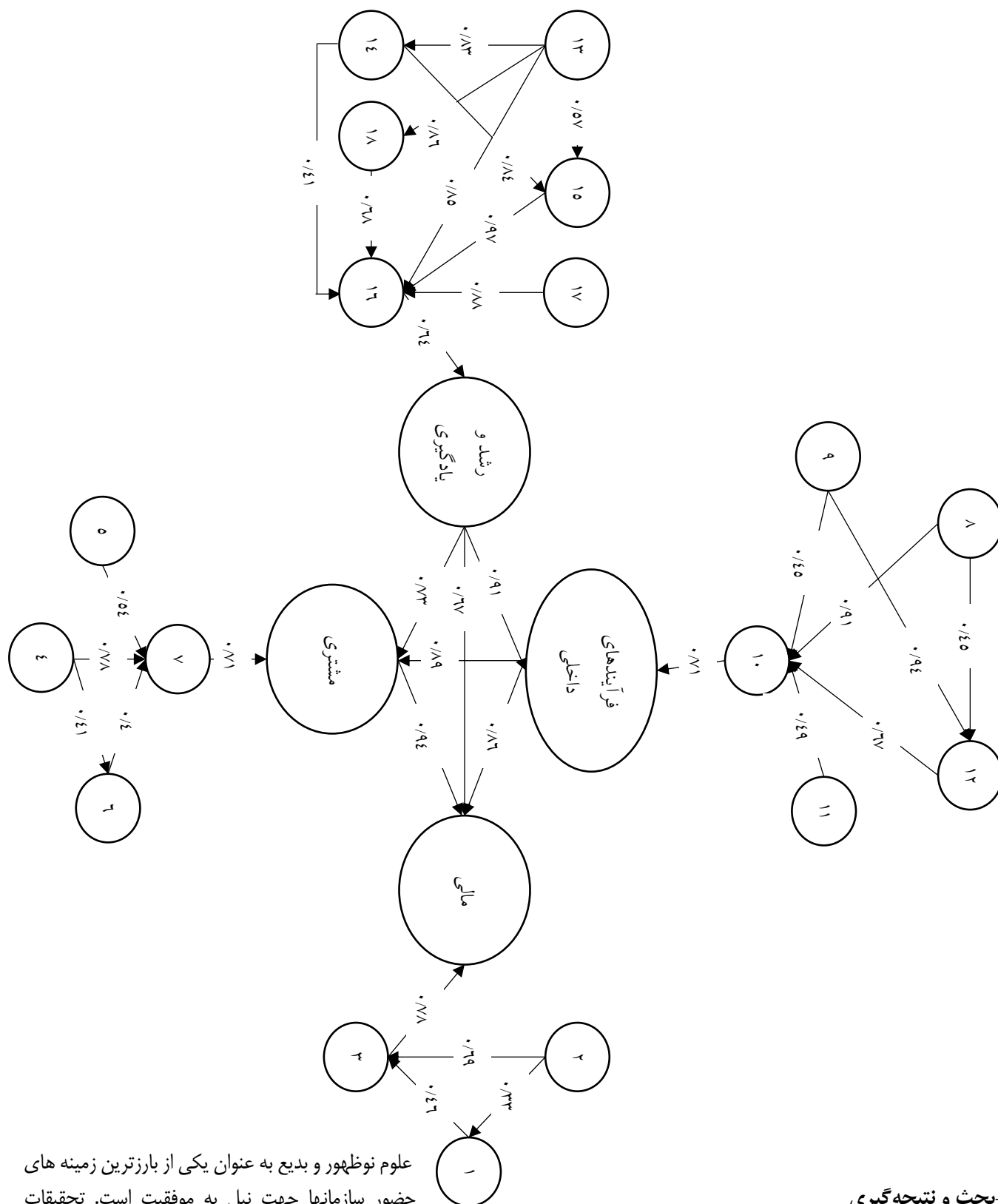
لایه‌های کارت امتیازی متوازن	مالی	مشتری	فرآیندهای داخلی	رشد و یادگیری
مالی		---	---	---
مشتری	0.94		---	0.73
فرآیندهای داخلی	0.86	0.89		---
رشد و یادگیری	0.67	---	0.91	

و رشد و یادگیری به این صورت است که سنجه‌های مختلف با ضرایب مختلفی بر یکدیگر تأثیر دارند و در نهایت سنجه‌های «شرایط نقدینگی به‌منظور تأمین هزینه‌های جاری» (۳)، «نرخ توسعه (تعداد مشتریان جدید/ درخواست‌دهندگان پروژه پژوهشی)» (۷)، «نسبت تعداد پروژه‌های موفق به تعداد کل پروژه‌ها» (۱۰) و «تعداد دانش فنی اکتساب شده» (۱۶) به‌ترتیب در حوزه‌های مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری سنجه‌هایی هستند که به‌صورت مستقیم به‌ترتیب با ضریب تأثیر ۰/۷۸، ۰/۷۱، ۰/۷۱ و ۰/۶۴ در ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی در حوزه فناوری‌های کوانتومی-رایانش کوانتومی تأثیرگذار هستند. انتخاب این سنجه‌ها با توجه به نظرات خبرگان و جمع‌بندی ماتریس نهایی سنجه‌ها بوده است.

در ادامه با توجه به اطلاعات گردآوری در مراحل قبلی و تشکیل ماتریس رابطه بین سنجه‌ها و ماتریس نهایی سنجه‌ها می‌توان مدل گرافیکی نقشه شناخت فازی را طراحی نمود. نکته لازم به ذکر در این مرحله آن است که در هر کدام از حوزه‌های چهارگانه عملکردی، سنجه‌ایی مشخص شده است که به‌صورت مستقیم با حوزه خود در مدل کلی مرتبط شده است. لازم به ذکر است که این سنجه‌ها، سنجه‌هایی هستند که از دیدگاه افراد خبره سنجه نهایی در هر کدام از حوزه‌ها هستند و تأثیر مستقیم بیشتری بر حوزه مربوطه دارند. شکل ۲، مدل گرافیکی نقشه شناختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی با رویکرد کارت امتیازی متوازن را در حوزه فناوری‌های کوانتومی-رایانش کوانتومی نشان می‌دهد.

همانطور که در شکل ۲ مشخص است جمع‌بندی ۱۸ سنجه عملکردی تأثیرگذار در حوزه‌های مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی

شکل ۲. مدل گرافیکی نقشه شناختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی با رویکرد کارت امتیازی متوازن



کوانتومی-رایانش کوانتومی سنجه های ذیل به صورت مستقیم بالاترین تاثیر را دارند:

- الف) شرایط نقدینگی به منظور تامین هزینه های اکتساب دانش فنی مربوط به لایه مالی با ضریب تاثیر ۷۸٪
- ب) نرخ توسعه و رشد مشتریان جدید پروژه فناوری کوانتومی مربوط به لایه مشتری با ضریب تاثیر ۷۱٪
- ج) ثبت تعداد پروژه های موفق به تعداد کل پروژه ها مربوط به لایه فرآیندهای داخلی با ضریب تاثیر ۷۱٪
- د) تعداد دانش های فنی اکتساب شده مربوط به لایه رشد و یادگیری با ضریب تاثیر ۶۴٪

که انتخاب این سنجه ها بر اساس نظرات خبرگان طی فرآیند دلفی فازی بدست آمده است. و همچنین با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که بیشترین ارتباط بین لایه های کارت امتیازی متوازن به لایه های "مشتری و مالی" دارد با میزان ۹۴٪. و بعد از آن ارتباط بین لایه "رشد و یادگیری و فرآیندهای داخلی" با میزان ۹۱٪ است. و این موضوع حاکی بر آن است که یک پروژه موفق پژوهشی حوزه کوانتومی زمانی رخ می دهد که بعد از تبیین خواسته های مشتری، و مالی پروژه، نرخ دانش های فنی اکتساب شده بیشترین تاثیر را دارند.

از محدودیت این دست پژوهش ها می توان عنوان داشت که محققان حوزه فناوریهای کوانتومی آشنایی گاه کمی با مباحث مدیریت راهبردی دارند و همچنین پژوهشگران حوزه مدیریت ارزیابی عملکرد با مفاهیم کوانتومی آشنایی کمی دارند. که از همین رو محققان تلاش نمودند با بکار گیری یکی از روش های مدل سازی نرم در مدیریت تحت عنوان نقشه شناختی فازی علاوه بر طرف نمودن محدودیت های نقشه های استراتژی به تعیین مسیر موفقیت سازمانهای پژوهش محور و سرمایه گذار در زمینه پروژه های نوظهور و بدیع فناوریهای کوانتومی یاری رساند.

در خاتمه، نتایج حاصل از این پژوهش در قالب مدل علت و معلولی سنجه های ارزیابی عملکرد پروژه های پژوهشی ارائه شده است که ساختار درختی در میان آنها اعمال شده است و در نهایت با توجه به تقسیم نمودن این سنجه ها به چهار لایه «مالی»، «مشتری»، «فرآیندهای داخلی» و «رشد و یادگیری»، ارتباط علت و معلولی این لایه ها نیز مشخص شده است.

نشان می دهد که در قرن حاضر شرکت های بزرگ، اعظم سرمایه های خود را به تحقیق و توسعه در حوزه های فناوریهای نوظهور و بدیع اختصاص داده یا می دهند. تا یک مزیت رقابتی متفاوت نسبت به رقبا خود داشته باشند (ون لنته^۱، ۲۰۰۶) و همچنین در طی مباحث مطروحه که هر ساله در مجامع اقتصادی جهان طرح می شود، عنوان شده است که: بشریت به سمت انقلاب صنعتی چهارم در حال حرکت است و این انقلاب صنعتی نه تنها ادامه ساده انقلاب های پیشین خود نیست بلکه بسیار بزرگتر و پیچیده تر از آن است. در چارچوب این انقلاب سطوح دانش های نوظهور و بدیع به بالاترین سطح خود خواهند رسید (کلاوس شواب، ترجمه شانی ۱۳۹۵). یکی از چالش برانگیزترین علوم نوظهور و بدیع فناوریهای کوانتومی است. مسیرموفق جهت اکتساب فناوریهای کوانتومی بی شک انجام پروژه های موفق و تاثیر گذار پژوهشی است. اما اثر گذاری پروژه های پژوهشی زمانی قابل بررسی است که عملکرد آنها ارزیابی شوند و طی نظام ارزیابی عملکرد معین شود چقدر تا اهداف تعیین شده فاصله دارند؟ لذا بایستی نظام ارزیابی عملکرد با سنجه های متناسب با اهداف راهبردی پروژه های پژوهشی طرح ریزی شود.

از طرفی به لحاظ ضرورت های مندرج در متن مقاله مانند: الزام نقشه راه علمی کشور، انجام محاسبات دقیق با سرعت بالا در مدیریت کلان داده ها، و لزوم امنیت داده ها و الگوریتم های رمز نگاری بومی کشور، رایانش کوانتومی امروزه از اهمیت بسیار بالایی برخوردار شده است لذا سازمانهای پژوهش محور کشور اقدام به سرمایه گذاری در مسیر دست یابی به این حوزه از پروژه های نوظهور و بدیع نموده است.

این پژوهش به دنبال راهی به منظور شناسایی و مفهومی نمودن میزان روابط سنجه های نظام ارزیابی عملکرد پروژه های پژوهشی حوزه رایانش کوانتومی با یکدیگر در لایه های مختلف کارت امتیازی متوازن است. چرا که با شناسایی مجموعه سنجه های تأثیرگذار و دسته بندی آنها که خود امری پیچیده است، سازمانها می توانند وضعیت پروژه های پژوهشی خود را بهتر درک کرده و برای بهبود آنها اقدام نماید.

با توجه به نتایج این پژوهش می توان اظهار داشت که: با جمع بندی ۱۸ سنجه عملکردی تاثیر گذار در پروژه های پژوهشی فناوری

¹ Vanlente, H.

منابع

- ملک اخلاق، اسماعیل؛ نوع پسند، سید محمد و جمالی، خدیجه (۱۳۹۰)، شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی عملکرد در ورود به بازارهای خارجی (مطالعه موردی: ایران خودرو)، مجله علمی- پژوهشی تحقیقات بازاریابی نوین، سال اول، شماره دو، صص ۶۱-۷۸.
- میرغفوری، سید حبیب‌الله؛ مروتی شریف آبادی، علی و نام آوران، وحید (۱۳۹۳)، ارزیابی عملکرد سازمان با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ای فازی و کارت امتیازی متوازن (مطالعه موردی: شعب بانک تجارت استان یزد)، سومین کنفرانس ملی حسابداری و مدیریت، صص ۱۲-۲۳.
- نبی‌زاده کیوی، سهیلا؛ مؤمنی، عصمت؛ خانی پور، رضا و ملکی، رضا (۱۳۹۱)، ارزیابی عملکرد اداره کل اطلاع رسانی کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران براساس مدل کارت امتیازی متوازن، فصلنامه مطالعات ملی کتابداری و سازماندهی اطلاعات، شماره ۹، صص ۲۳-۷.
- Alborzi, M., & Sharayei, A. (2020). A New Model for Road Mapping in Emerging Science. *Journal of Optimozition in Industrial Engineernig*. (Vol 13, Issu 2, PP 89-100)
- Banwet, J. D. K., & Deshmukh, S. G. (2006). Balanced Scorecard for Performance Evaluation of R&D Organization: A Conceptual Model. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 65(879-886).
- Bentes, A., Carneiro, J., da Silva, J., & Kimura, H. (2012). Multidimensional assessment of organizational performance: Integrating BSC and AHP. *Journal of Business Research*, 65(12), 1790-1799.
- Borrie, D., Isnandar, S., & Ozveren, C. S. (2006, September), *The use of fuzzy cognitive agents to simulate trading patterns within the Liberalised UK electricity market*. In Universities Power Engineering Conference, 2006. UPEC'06. Proceedings of the 41st International (Vol. 3, pp. 1077-1081). IEEE.
- Davis, S., & Albright, T. (2004). An Investigation of the Effect of Balanced Scorecard Implementation on Financial Performance. *Management Accounting Research*, 15(2).
- Dincer, H., HacioGlu, U., & YUksel, S. (2017). Balanced scorecard based performance measurement of European airlines using a hybrid multicriteria decision making approach under the fuzzy environment,. *Journal of Air Transport Management*, 63, 17-33.
- Garvey, G. and Milbourn, T. (2003), "Incentive compensation when executives can hedge the market: evidence of relative performance evaluation in the cross section", *Journal of Finance*, Vol. 58 No. 4, pp. 1557-1585.
- Gong, G., Li, L.Y. and Shin, J.Y. (2011), "Relative performance evaluation and related peer groups in executive compensation contracts", *Accounting Review*, Vol. 86 No. 3, pp. 1007-1043.
- Grigoroudis, E., Orfanoudaki, E. and Zopounidis, C. (2012), "Strategic performance measurement in a طراحی نقشه استراتژیک شاختی فازی برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پژوهشی حوزه رایانش کوانتومی
- ارمسترانگ، مایکل، (۱۳۹۵)، مدیریت عملکرد: راهبردهای کلیدی و راهنمای عمل، ترجمه سعید صفری، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- احمدی، افسانه؛ اسدنیاز مرضیه؛ خلیل زاده نسرین (۱۳۹۶)، مقدمه ای بر فناوری کوانتومی، کتابچه اولین همایش ملی کوانتومی، ۸۳-۹۰.
- تقی‌زادگان کلوجه، عباس، (۱۳۸۷)، کاربرد روش نگاشت ادراکی فازی در سیستم پرداخت از طریق موبایل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امام حسین.
- حجازی، یوسف و ژاله بهروان. ۱۳۸۸. بررسی رابطه بین عوامل فردی و سازمانی با بهره‌وری پژوهشی اعضای هیئت علمی کشاورزی. علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۵ (۱)، ۴۷-۶۰.
- سپهریان، احمد و پرهیزگار، محمد مهدی (۱۳۸۹)، ارزیابی عملکرد مدیریت پروژه‌های کلان با رویکرد کارت امتیازی متوازن مطالعه موردی پروژه‌های سدسازی، ششمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، تهران، صص ۴۷-۵۴.
- سعیدی مهرآباد، محمد و احسانی، رحیم (۱۳۸۴)، طراحی یک مدل ارزیابی عملکرد پروژه‌های تحقیقاتی براساس مثلث پروژه، مجله بین‌المللی علوم مهندسی، شماره ۴، جلد ۱۶، صص ۱۳۴-۱۲۵.
- شاه‌آبادی، ابوالفضل و امید رحمانی. ۱۳۸۹. بررسی نقش تحقیق و توسعه بر بهره‌وری بخش صنعت اقتصاد ایران. فصلنامه پارکها و مراکز رشد، ۷ (۲۵)، ۲۸-۳۸.
- شریعتی، رضا و افخمی اردکانی، محمد (۱۳۹۵)، شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی عملکرد مراکز تحقیق و توسعه بر اساس کارت امتیازی متوازن، ماهنامه علمی و ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۳۷، صص ۲۳-۲۵.
- صلواتی، عادل؛ ویسی، حاجی؛ خزدوزی، بیژن و حسنی، کاوه (۱۳۹۱)، ارزیابی عملکرد امور مالیاتی بر اساس مدل کارت امتیازی متوازن، فرآیند مدیریت توسعه، دوره ۲۵، صص ۴۷-۲۵.
- صوفی‌آبادی، جواد؛ کلاهی بهاره (۱۳۹۴)، کاربرد نقشه استراتژی شاختی فازی در تعیین مسیر موفقیت سازمان؛ فصلنامه مدیریت بهره‌وری، سال نهم، شماره ۳۴، صص ۲۰۱-۲۲۳.
- ضرغام بروجنی، حمید؛ ابراهیمی، مهدی و میرفخرالدینی، فائزه السادات (۱۳۹۲)، ارزیابی عملکرد خدمات ارائه شده در هتل‌ها با رویکرد کارت امتیازی متوازن فازی (مطالعه موردی: هتل‌های منتخب استان یزد)، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت گردشگری، سال هشتم شماره ۲۲، صص ۲۲-۲.
- فیضی، عمار و سلوکار، علیرضا (۱۳۹۳)، ارزیابی عملکرد صنعت بانکداری با رویکرد ترکیبی کارت امتیازی متوازن- تاپسیس فازی، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره بیستم، صص ۷۸-۵۷.

- Neely, A., & Bourne, M. (2000), Why measurement initiatives fail. *Measuring business excellence*, 4(4), 3-7.
- Nielsen, M. A., & Chuang, I. (2010). *Quantum Computation and Quantum Information*. 10th edition. Cambridge University Press. UK
- Roberts, J. (2004), *The Modern Firm: Organisational Design for Performance and Growth*, Oxford University Press, Oxford.
- Rodrigues, V. P., Pigosso, D. C. A. and Mcaloone, T. C. (2017), "Measuring the implementation of eco design management practices: A review and consolidation of process-oriented performance indicators", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 156, pp. 293-309.
- Schneider, M. S., E. Kandel, A. Chew, G. (1998). Automatic construction of FCMs. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 93, No. 2, pp 161-172.
- Sivathanu Pillai, A., & al, e. (2002). Performance Measurement of R&D projects in a multi –project, concurrent engineering environment. *International Journal of project Management*, 20, 165-177.
- Speklé, R.F. and Verbeeten, F.H.M. (2014), "The use of performance measurement systems in the public sector: effects on performance", *Management Accounting Research*, Vol. 25, pp. 131-146.
- Steane, A. (1998). Quantum computing. *Reports on Progress in Physics*, 61 (2): 117-173.
- Tseng, M.-L. (2010). Implementation and performance evaluation using the fuzzy network balanced scorecard. *Computers & Education*, 55(1), 188-201.
- Ulas, E. and Keskin, B. (2015), "Performance Evaluation and Ranking of Turkish Banking Sector", *Procedia Economics and Finance*, Vol. 25, pp. 297-307.
- Van Elten, H.J. (2012), *Relative Performance Evaluation in Management Control: Explanations and Evidence for RPE use and Effectiveness*, Nyenrode Business University, Breukelen.
- Vasantha Kandasamy, D., & Smarandache, F. (2003). *Fuzzy Cognitive Maps and Neutrosophic Cognitive Maps*. Indian: Institute of Technology.
- healthcare organization: A multiple criteria approach based on balanced scorecard", *Omega*, Vol. 40, No. 1, pp. 104-119.
- Hoa- chen, H. (2009). Designing a knowledge- based system for strategic planning: A balanced scorecard perspective., *Expert Systems with Applications*, 36, 209-218.
- Hsu Lin, Y., Chen, C.-C., F.M.Tsai, C., & Tseng, M.-L. (2014). Balanced scorecard performance evaluation in a closed-loop hierarchical model under uncertainty. *Applied Soft Computing*, 24(1022-1032).
- Janakiraman, S.N., Lambert, R.A. and Larcker, D.F. (1992), "An empirical investigation of the relative performance evaluation hypothesis", *Journal of Accounting Research*, Vol. 30 No. 1, pp. 53-69.
- Jensen, M.C. and Murphy, K.J. (1990), "Performance pay and top-management incentives", *Journal of Political Economy*, Vol. 98 No. 2, pp. 225-264.
- Kaplan, R.S. and Norton, D.P. (1996), *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*, Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P.(2008), *The execution premium: linking strategy to operations for competitive advantage*. Harvard Business Press.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal on Man– Machine Studies*, Vol. 24, pp 101-110.
- Liu, L.S. and Leitch, R.A. (2013), "Performance effects of setting targets and pay–performance relations before or after operations", *Management Accounting Research*, Vol. 24 No. 2, pp. 64-79.
- Liu, L.S. and Stark, A.W. (2009), "Relative performance evaluation in board cash compensation: UK empirical evidence", *British Accounting Review*, Vol. 41 No. 1, pp. 21-30.
- Luis Rodriguez-Repiso, R. S., Jose L. S. (2007). Modelling IT projects success with Fuzzy Cognitive Maps. *Expert Systems with Applications*, Vol. 32, No. 2, pp 543-559.
- Martinez Sanchez, A., & Perez, M. (2002). R&D project efficiency management in the Spanish industry. *International Journal of project Management*, 20, 545-560.
- Mate, A., Trujillo, J. and Mylopoulos, J. (2017), "Specification and derivation of key performance indicators for business analytics: A semantic approach", *Data & Knowledge Engineering*, Vol. 108, pp. 30-49.
- Matsumura, E.M. and Shin, J.Y. (2006), "An empirical analysis of an incentive plan with relative performance measures: evidence from a postal service", *Accounting Review*, Vol. 81 No. 3, pp. 533-566.
- Modak, M., Pathak, K., & Kanti Ghosh, K. (2017). Performance evaluation of outsourcing decision using a BSC and Fuzzy AHP approach: A case of the Indian coal mining organization. *Resources Policy*, 52, 181-191.
- Murphy, K.J. (2001), "Performance standards in incentive contracts", *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 30 No. 3, pp. 245-278.

Fuzzy Cognitive Map Design for Evaluation Performance of Research Projects in Area of Quantum Computing

Abstract

Evaluation performance of research projects in area of quantum technology help organizations to recognize the best projects and so, they can use their sources in better way to achieve their goals.

The main goal of this article is to design a fuzzy-cognitive strategic map to evaluate research projects based on BSC in area of emerging quantum technology specially quantum computing.

In this research, we have used both library and field study methods to collect information. Also, 18 factors have been identified and validated to evaluate performance of research projects according to literature reviews. In section of data analysis, we first have defined vision, mission and fundamental values and then, performance factors in different layers of BSC by using fuzzy Delphi methods. Finally, fuzzy-cognitive strategic map have been designed to evaluate performance of research projects based on BSC.

We have found that “Liquidity conditions to cover current expenses” in financial layer, “customer acquisition rate” in customer layer, “ratio of successful projects to total projects” in internal processes layer and “Acquired technical knowledge” in growth and learning layer has been identified as the most influence factors. Also, “growth and learning” layer and “financial” layer have been respectively recognized as the most influence layer and the most affected layer and output of the model.

Conclusions: The outputs of this research have been presented in cause and effect model by using tree structure. At the end, according to factors categorizations in four layers “financial”, “customer”, “internal processes” and “growth and learning”, cause-effect connection among layers has been determined.

Key words: Performance Evaluation, Research Projects, BSC, Fuzzy-Cognitive Map, Quantum Technology, Quantum Computing