

الگوی تصمیم‌گیری انتخاب سیستم‌های هوشمندی کسب و کار با استفاده از تئوری خاکستری

محمد حسین رونقی^{۱*}، کامران فیضی^۲ و امین اسدیپور^۳

^۱ دانشجوی دکترای مدیریت فناوری اطلاعات - دانشگاه تهران

^۲ استاد گروه مدیریت - دانشگاه علامه طباطبایی تهران

^۳ کارشناس ارشد مدیریت - دانشگاه علامه طباطبایی تهران

(تاریخ دریافت ۹۲/۳/۲۵، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۹۲/۱۱/۲۸، تاریخ تصویب ۹۳/۱/۱۷)

چکیده

هوشمندی کسب و کار با تجمیع و یکپارچه‌سازی داده‌های سازمان و با استفاده از ابزارهای تجزیه و تحلیل، مدیران و کارکنان دانشی سازمان را در امر تصمیم‌گیری یاری می‌رسانند. در دهه گذشته تنوع تولیدکنندگان و پیچیدگی سیستم‌های هوشمندی کسب و کار سبب شده است تا انتخاب سیستم مناسب تأثیر زیادی در موفقیت و اثربخشی سازمان داشته باشد. پژوهش پیش رو از نوع توصیفی پیمایشی است که با هدف ارائه چارچوبی برای انتخاب مناسب سیستم‌های هوشمندی کسب و کار انجام گرفته است. الگوی پیشنهادی پژوهش بر اساس تئوری سیستم خاکستری، به دلیل استفاده از مقادیر غیر قطعی و نزدیکی به واقعیت ارائه شده است. چهار برند سیستم‌های هوشمند کسب و کار توسط الگوی پژوهش، مورد ارزیابی قرار گرفتند. از جمله نتایج این پژوهش می‌توان به شناسایی و وزن‌دهی عوامل مؤثر در انتخاب سیستم‌های هوشمندی کسب و کار و ارائه چارچوب تصمیم‌گیری خاکستری در انتخاب سیستم‌های هوشمندی کسب و کار اشاره کرد.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های هوشمندی کسب و کار، سیستم‌های خاکستری، تصمیم‌گیری

مقدمه

مزیت رقابتی یک سازمان، نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. با توجه به پیچیدگی‌ها و توانایی‌های این سیستم‌ها، انتخاب مناسب سیستم‌های هوشمندی کسب و کار، یکی از دغدغه‌های مدیران محسوب می‌شود [۴]. مسئله اصلی پژوهش، شناسایی شاخص‌های مهم انتخاب سیستم هوشمندی کسب و کار و به‌کارگیری مقادیر غیر قطعی خاکستری^۲ برای ارائه چارچوب تصمیم‌گیری در مورد انتخاب سیستم‌های هوشمندی کسب و کار است. در ادامه تحقیق پس از مرور ادبیات نظری و تجربی، هوشمندی کسب و کار و توضیح تئوری سیستم‌های خاکستری، چارچوب پیشنهادی پژوهش ارائه شده است. سپس شاخص‌های تصمیم‌گیری بر اساس نظر خبرگان مشخص و وزن‌دهی می‌شوند. در نهایت گزینه‌های تصمیم با استفاده از اعداد خاکستری بر اساس شاخص‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

هوشمندی کسب و کار^۱ نه فقط به عنوان یک ابزار یا یک سیستم، بلکه به عنوان یک رویکرد جدید در معماری سازمانی، بر اساس سرعت در تحلیل اطلاعات برای گرفتن تصمیمات دقیق و هوشمند کسب و کار در حداقل زمان ممکن مطرح شده است. این سیستم‌ها شامل مجموعه‌ای از برنامه‌های کاربردی و تحلیلی بوده و به استناد پایگاه‌های داده عملیاتی و تحلیلی به تصمیم‌گیری برای فعالیت هوشمند کسب و کار کمک می‌کنند [۱]. هدف هوش کسب و کار، کمک به کنترل منابع و جریان اطلاعات کسب و کار است که در درون و پیرامون سازمان وجود دارند [۲]. هوش کسب و کار در قرن اطلاعات با شناسایی و پردازش داده‌ها و اطلاعات انبوه و متنوع، به دانش و هوشمندی ناب، کمک بزرگی به سازمان‌ها می‌کند. هوشمندی کسب و کار، اطلاعات مرتبط با سازمان را به موقع و به صورت مناسب برای استفاده ارائه می‌کند و توانایی استدلال و فهم معانی پنهان در اطلاعات کسب و کار را تأمین می‌کند [۳]. کارآیی و اثربخشی سیستم‌های هوشمندی کسب و کار در موفقیت و کسب

۲- مرور ادبیات

۱-۲- هوشمندی کسب و کار

شامل بازیافت داده‌ها از مبدأ، پالایش آنها به نحو مورد نیاز و انتقال به مقصد است. پس از آن لازم است داده‌های مورد نیاز، مورد آنالیز و داده‌کاوی قرار گرفته، طبق درخواست‌های کارفرما تحلیل شوند و اطلاعات خواسته شده از آنها بازیافت شود. این اطلاعات که از داده‌های خام سازمان به دست می‌آیند، ابزاری دقیق برای تحلیل کارایی سازمان، نظارت هوشمند تعامل با مشتریان و شرکای تجاری و بالا رفتن مزیت رقابتی در بازار است. برای نمایش دانش به دست آمده از مراحل پیشین، مجموعه‌ای شامل متن و ابزار گرافیکی لازم است تا سبب بالا رفتن سرعت، کمیت و کیفیت انتقال اطلاعات به مدیران و تصمیم‌گیرندگان سازمان شود [۸]. از مهم‌ترین بخش‌های هوشمندی کسب و کار می‌توان به شاخص‌های کلیدی کارایی اشاره کرد. در واقع شاخص‌های اصلی ارزیابی عملکرد سازمان هستند که باید به صورت نمودارهای آماری از سیستم هوشمندی کسب و کار استخراج شود. این شاخص‌ها در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بسیار مهم هستند و به نوعی ورودی‌های سیستم‌های پشتیبانی تصمیم هستند [۹].

لاسی^۸ هدف هوشمندی کسب و کار را خودکارسازی و یکپارچه کردن هر چه بیشتر مراحل و عملکردهای کسب و کار تا حد ممکن، عنوان کرده است. هدف دیگر را می‌توان فراهم کردن داده برای تحلیل‌ها به صورتی که تا حد امکان مستقل از ابزار باشند، عنوان کرد [۲]. رونقی و فیضی [۹] از رویکرد غیرقطعی فازی^۹ برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های هوشمندی کسب و کار استفاده کرده‌اند و الگویی پنج مرحله‌ای شامل تعیین شاخص‌ها، تعیین روابط بین شاخص‌ها، تعیین وزن فازی هر یک از شاخص‌ها، تدوین فرضیه‌ها و آزمون عملکرد سیستم ارائه داده‌اند. غضنفری و همکاران [۱۰] ابزاری برای ارزیابی سیستم‌های هوشمندی کسب و کار با استفاده از تحلیل فازی ارائه داده‌اند. در این پژوهش، با استفاده از ابزارهای تحلیلی هوشمندی، سیستمی برای مقایسه سیستم‌های مختلف هوشمندی کسب و کار طراحی شده است. استفاده از رویکردهای غیرقطعی فازی و تئوری خاکستری در الگوهای تصمیم‌گیری، نتایج نزدیک‌تری به واقعیت را به همراه دارد.

۲-۲- تئوری سیستم خاکستری

چانگ و سنگ^۳ معتقدند [۵] هوشمندی کسب و کار یک چارچوب کاری شامل فرآیندها، ابزار و فناوری‌های مختلف است که برای حرکت از داده به اطلاعات و از اطلاعات به دانش طراحی شده و سبب ایجاد ارزش افزوده برای سازمان می‌شود. با استفاده از دانش به دست آمده، مدیران سازمان می‌توانند تصمیمات بهتری در پیش گیرند و با طرح برنامه‌های عملی برای سازمان، فعالیت‌های تجاری را به صورت مؤثرتری انجام دهند. پاپویچ^۴ و دیگران [۶] اجزای سیستم هوشمندی کسب و کار را شامل انباره داده^۵، ابزارهای تجزیه و تحلیل کسب و کار، مدیریت عملکرد سازمان و ظاهر کاربری^۶ معرفی می‌کند و به تفکیک هر جزء شاخص‌هایی مانند نوع انباره داده، سرعت پردازش اطلاعات، سیستم نمایشگر، گزارشات ارائه‌شده، هزینه سیستم، راحتی کاربر برای ارزیابی سیستم هوشمندی کسب و کار را برای ارزیابی سیستم‌های هوشمند کسب و کار معرفی می‌کند. راماکریشن^۷ و دیگران [۷] عوامل مؤثر بر انتخاب و ارزیابی سیستم‌های هوشمندی کسب و کار را طبقه‌بندی کرده‌اند که عبارتند از:

- عملکرد سیستم هوشمندی کسب و کار: زمان پاسخ‌دهی سیستم، امنیت سیستم، درستی اطلاعات خروجی
- خدمات و توانایی تجمیع: امکان یکپارچگی سیستم‌های موجود، درجه ادراک مجریان کسب و کار
- برآورده ساختن نیازهای سازمان: پشتیبانی از کارایی سازمان، هزینه مناسب، پشتیبانی از نیازهای تصمیم‌گیری مدیران، درجه پشتیبانی از کارکنان و سطوح بالای مدیریت
- انعطاف‌پذیری: انعطاف‌پذیری گزارشات، قابلیت سفارشی کردن سیستم، قابلیت توسعه در آینده
- نیازهای اطلاعاتی: کارایی و اثربخشی کسب اطلاعات، تجزیه و تحلیل اطلاعات، ذخیره‌سازی و به‌کارگیری اطلاعات

برای راه‌اندازی هوشمندی کسب و کار لازم است داده‌های پراکنده در سازمان، از پایگاه‌های اطلاعاتی رابطه‌ای مختلف، یکپارچه شده و تحت یک پایگاه داده تحلیلی و یک استاندارد جمع‌آوری شوند که این روند

$$\otimes G_1 + \otimes G_2 = [\underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2, \bar{\alpha}_1 + \bar{\alpha}_2] \quad (۲)$$

$$\otimes G_1 - \otimes G_2 = [\underline{\alpha}_1 - \bar{\alpha}_2, \bar{\alpha}_1 - \underline{\alpha}_2] \quad (۳)$$

$$\otimes G_1 * \otimes G_2 = [\min(\underline{\alpha}_1, \underline{\alpha}_2, \underline{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2, \bar{\alpha}_1, \underline{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2), \max(\underline{\alpha}_1, \underline{\alpha}_2, \bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2, \bar{\alpha}_1, \underline{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2)] \quad (۴)$$

$$\otimes G_1 \div \otimes G_2 = [\underline{\alpha}_1, \bar{\alpha}_1] * [\frac{1}{\underline{\alpha}_2}, \frac{1}{\bar{\alpha}_2}] \quad (۵)$$

$$k \cdot \otimes G_2 = [k\underline{\alpha}_1, k\bar{\alpha}_1] \quad (۶)$$

زمانی می‌توان بین دو گزینه تصمیم‌گیری کرد که دو گزینه قابل قیاس باشد و بتوان یکی را نسبت به دیگری برتری داد. در حالت قطعی، این حالت مشخص و مقایسه آن معلوم است. با استفاده از تصمیم‌گیری‌های چند معیاره یا چند هدفه حل مسائل در شرایط قطعی امکان‌پذیر است [۱۶]. در حالتی که اعداد و شاخص‌های قطعی وجود ندارد، مقایسه گزینه‌ها به سهولت حالت قبل نیست. در دنیای واقعی نیز اغلب ساختارهای تصمیم‌گیری مشابه، حالت غیر قطعی است و لزوماً به صورت صفر و یک یا سیاه و سفید وجود ندارد. دلیل پیدایش رویکردهای فازی نیز همین موضوع بوده است [۱۱]. رویکرد سیستم‌های خاکستری برای اولین بار در سال ۱۹۸۲ توسط دنگ^۱ مطرح شد. دلایلی که باعث به کارگیری رویکرد تصمیم‌گیری خاکستری و وجه تمایز آن نسبت به رویکرد فازی شد، نبود نیاز آن به تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و اعداد مثلثی است. دنگ معتقد است این روش، مسئله را به سمت گزینه بهینه هدایت می‌کند [۱۷].

۲-۳- مرور پژوهش‌های پیشین

در تحقیق دباغی و همکاران [۱۸] از ابزار تئوری خاکستری برای ارزیابی فرهنگ سازمانی استفاده شده است. در این پژوهش شاخص‌های فرهنگ سازمانی شناسایی و بر اساس مقادیر خاکستری مورد ارزیابی قرار گرفتند. در پژوهش سهرابی و همکاران [۱۹] سیستمی خبره برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان طراحی شده است. در این پژوهش از الگوی فازی استفاده شده است. سیستم خبره طراحی شده در این پژوهش، به جای انجام مقایسه دو به دو بین گزینه‌ها، آنها را به طور مستقیم با شرایط مطلوب سازمان و بر مبنای بنیان‌های فکری نسبی انسان قیاس می‌کند و مطالعه موردی در یکی از واحدهای صنعتی کشور ارائه شده است. در پژوهش مؤمنی و همکاران [۲۰] از تئوری سیستم‌های خاکستری

شاخص‌های سیستم‌های غیرقطعی به سختی با ریاضیات فازی و یا آمار و احتمالات توصیف می‌شود [۱۲]. در ریاضیات فازی، به طور کلی، با مسایلی سر و کار دارد که نبود قطعیت در آن، توسط خبرگان به وسیله توابع عضویت گسسته / پیوسته و اعداد مثلثی قابل بیان است. در حل مسایل به کمک آمار و احتمال نیز به شناخت توابع توزیع مربوطه یا حجم زیاد نمونه برای رسیدن به روایی لازم، نیاز است. در چنین حالتی که تعداد خبرگان و سطح تجربه کم باشد و نتوان توابع عضویت را استخراج کرد، یا تعداد کمی نمونه وجود داشته باشد، تئوری سیستم‌های خاکستری معرفی می‌شود. کاربردهای آن امروزه در پنج حوزه ارزیابی، مدل‌سازی، پیش‌بینی، تصمیم‌گیری و کنترل قابل دسته‌بندی است [۱۲]. سیستم‌های خاکستری بر پایه رنگ موضوعات مورد بررسی نام‌گذاری شده است. برای مثال، در تئوری کنترل، میزان تاریکی رنگ‌ها، نشان‌دهنده میزان وضوح اطلاعات و داده‌ها است. بر این اساس سیستم‌های با اطلاعات کاملاً معلوم را سیستم‌های سفید و سیستم‌هایی با اطلاعات ناشناخته یا بدون داده را سیستم سیاه و سیستم‌هایی با اطلاعات بخشی معلوم و بخشی ناشناخته را سیستم خاکستری می‌نامند. مجموعه خاکستری، به صورت مجموعه‌ای از داده‌های غیرقطعی تعریف می‌شود که به وسیله اعداد خاکستری، معادلات خاکستری، ماتریس‌های خاکستری و غیره توصیف می‌شود [۱۳]. عدد خاکستری عددی است که مقدار دقیق آن معلوم نیست، اما محدوده‌ای که در آن قرار می‌گیرد مشخص است. به عبارتی عدد خاکستری یک بازه یا مجموعه‌ای از اعداد است [۱۴].

مجموعه خاکستری G از مجموعه مرجع X با دو نماد $\underline{\mu}_G(x)$ و $\bar{\mu}_G(x)$ به عنوان حدود بالا و پایین از تابع عضویت G به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود [۱۴]:

$$\begin{aligned} \bar{\mu}_G(x) : x \rightarrow [0, 1] \\ \underline{\mu}_G(x) : x \rightarrow [0, 1] \end{aligned} \quad (۱)$$

لازم به ذکر است که $\underline{\mu}_G(x) \leq \bar{\mu}_G(x)$ و در حالت تساوی مجموعه خاکستری G تبدیل به مجموعه فازی می‌شود که نشان‌دهنده شمول تئوری خاکستری به حالت‌های فازی و انعطاف آن در مواجهه با مسایل فازی است. روابط اعداد خاکستری برای دو عدد $G_1 = [\underline{\alpha}_1, \bar{\alpha}_1]$ و $G_2 = [\underline{\alpha}_2, \bar{\alpha}_2]$ در قالب تعاریف زیر بیان می‌شود [۱۵]:

بر اساس نظر فروشندگان و کاربران سیستم ارائه شده است.

در پژوهش‌های پیشین، موردی که انتخاب و تصمیم‌گیری در ارتباط با سیستم‌های هوشمندی کسب و کار را با استفاده از تئوری خاکستری انجام داده باشد، یافت نشد. در این پژوهش رتبه‌بندی سیستم‌های هوشمندی کسب و کار با استفاده از رویکرد سیستم‌های خاکستری بر اساس الگویی پنج مرحله‌ای ارائه شده است و کاربرد دیگری از این تئوری در حوزه سیستم‌های سازمانی را نشان می‌دهد.

۳- چارچوب پیشنهادی پژوهش

چارچوب پیشنهادی این پژوهش شامل پنج مرحله است. در شکل (۱) چارچوب پیشنهادی پژوهش نشان داده شده است.

برای ارزیابی سیستم‌های مدیریت دانش استفاده شده است. رویکرد پیشنهادی پژوهش با تحلیل داده‌های پنج شرکت کاربر سیستم‌های مدیریت دانش با محوریت فناوری اطلاعات نشان داده شده است. در تحقیق سهرابی و همکاران [۲۱] به چگونگی طراحی و استفاده از سیستم خبره فازی در تصمیم‌گیری برای انتخاب هتل محل اقامت پرداخته شده است. روش این پژوهش از هفت مرحله تعیین معیارهای تصمیم‌گیری، طراحی مجموعه‌های فازی معیارها، تبیین قواعد سیستم خبره، فازی‌سازی ورودی‌ها، استنتاج فازی، فازی‌زدایی و رتبه‌بندی گزینه‌ها تشکیل شده است. پژوهش لین^{۱۱} و همکاران [۲۲] با استفاده از فرایند شبکه‌ای تحلیلی عملکرد سیستم‌های هوشمندی کسب و کار مورد ارزیابی قرار گرفته است. مدل ارائه شده



شکل ۱: چارچوب پیشنهادی پژوهش

جدول ۱: شاخص‌ها و متغیرهای ارزیابی سیستم هوشمندی کسب و کار

عملکرد سیستم	توانایی تجزیه و تحلیل	توانایی یکپارچگی	هزینه‌ها	برآورده ساختن نیاز سازمان
سرعت پاسخگویی	دقت اطلاعات	پوشش‌دهی اطلاعات	قیمت اولیه	کارایی سازمانی
امنیت سیستم	تحلیل جامع	تجمیع و ذخیره‌سازی اطلاعات	هزینه پشتیبانی فروش	پشتیبانی از تصمیم‌گیری سازمانی
انعطاف پذیری	کشف روابط ضمنی	نوع انباره داده	قیمت ماژول‌ها	تطابق با نیازهای کاربران
	ابزارهای گزارش‌دهی	تطابق با نرم‌افزارهای موجود	هزینه سخت‌افزار	

۴- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع توصیفی پیمایشی است. پرسش‌های پژوهش عبارتند از:

۱. شاخص‌های انتخاب سیستم هوشمندی کسب و کار کدامند؟
۲. چگونه می‌توان چارچوب تصمیم‌گیری با استفاده از مقادیر خاکستری برای انتخاب سیستم هوشمندی کسب و کار تعیین کرد؟

اولین مرحله، شناخت معیارهای تأثیرگذار و مهم در تصمیم‌گیری است. پس از بررسی تحقیق‌های پیشین [۶,۷,۹,۱۰] معیارهای متعددی برای انتخاب سیستم‌های هوشمندی کسب و کار شناسایی شد. یکی از روش‌های متداول، تکنیک گروه اسمی است. در این روش، بر اساس نظرات کارشناسان و متخصصان که اطلاعات لازم را داشته باشند و همچنین بازخورد نتایج به دست آمده، معیارهای مهم‌تر استخراج می‌شوند. این روش، کارآمدی هر معیار را ارزیابی می‌کند. همچنین به وسیله این روش روابط بین معیارها نیز می‌تواند ارزیابی شود. با استفاده از تکنیک گروه اسمی در بین گروه خبرگان پژوهش، پنج طبقه‌بندی از شاخص‌های نهایی برای تصمیم‌گیری سیستم‌های هوشمندی کسب و کار انتخاب شد. گروه خبرگان پژوهش را دو تن از اساتید دانشگاه و سه نفر از کارشناسان متخصص فناوری اطلاعات که در حوزه سیستم‌های هوشمندی کسب و کار سابقه داشتند، تشکیل دادند. سپس پرسشنامه‌ای برای مشخص کردن وزن شاخص‌ها تدوین و بین گروه خبرگان پژوهش توزیع شد. بر اساس نتایج به دست آمده، وزن خاکستری هر شاخص محاسبه شد. چهار شرکت تولیدکننده مطرح سیستم‌های هوشمندی کسب و کار ایرانی به عنوان گزینه‌های مورد نظر مسئله انتخاب شدند. به دلیل رعایت اخلاق، چهار برند تولیدکننده سیستم‌ها در پژوهش با B_1 ، B_2 ، B_3 و B_4 نشان داده شده‌اند. دومین پرسشنامه برای ارزیابی امتیاز هر برند بر اساس شاخص‌های به دست آمده تدوین و بین گروه متخصصان پژوهش توزیع شد. گروه متخصصان اعضای گروه خبرگان به اضافه دو تن از مدیران شرکت‌های فناوری اطلاعات آشنا با سیستم‌های هوشمندی کسب و کار یعنی در مجموع متشکل از هفت نفر است. ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل، نرمال‌سازی و

وزن‌دهی شد. در نهایت درجه امکان خاکستری هر برند محاسبه و چهار برند تولیدکننده سیستم‌های هوشمندی کسب و کار بر اساس اعداد خاکستری اولویت‌بندی شدند. با استفاده از تکنیک گروه اسمی بر اساس نظر خبرگان پژوهش، مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی سیستم‌های هوشمندی کسب و کار از بین شاخص‌های ارائه شده در پژوهش‌های پیشین [۶,۷,۸,۹,۱۰] مطابق جدول (۱) تدوین شدند.

۵- یافته‌های پژوهش

در این بخش ابزار ارزیابی خاکستری شاخص‌های تصمیم‌گیری سیستم هوشمندی کسب و کار ارائه می‌شود. ابعاد پنج‌گانه مورد ارزیابی با $D_1 = \{D_1, D_2, \dots, D_5\}$ نشان داده می‌شود. برای ارزیابی قضاوت‌های کیفی پاسخ‌دهندگان در پرسشنامه از مقیاس اعداد خاکستری به شرح جدول (۲) برای هر یک از شاخص‌ها استفاده شده است.

جدول ۲: مقیاس اعداد خاکستری

مقیاس	$\otimes G$
خیلی کم	[0/0,0/1]
کم	[0/1,0/4]
متوسط	[0/4,0/6]
زیاد	[0/6,0/9]
خیلی زیاد	[0/9,1/0]

برای ارزیابی نظرات تصمیم‌گیرندگان از رابطه ۷ استفاده می‌شود [۱۵]:

$$\otimes G_{ij}^t = \left[\underline{G}_{ij}^t, \overline{G}_{ij}^t \right] = \frac{1}{t} \left[\otimes G_{ij}^1 + \otimes G_{ij}^2 + \dots + \otimes G_{ij}^t \right] \quad (7)$$

در این فرمول $\otimes G_{ij}^t$ مقدار ارزیابی t امین پاسخ‌دهنده برای i امین پرسش نسبت به j امین شاخص است و می‌توان آن را با عدد خاکستری $G_{ij}^t = [\underline{G}_{ij}^t, \overline{G}_{ij}^t]$ نشان داد.

برای محاسبه مقدار هر شاخص j ام از رابطه ۸ استفاده می‌شود [۱۸]:

$$\otimes G_j = \frac{\sum_{t=1}^5 G_{tj}}{5}, j=1,2,3,4,5 \quad (8)$$

پرسشنامه طراحی شده بر اساس اعداد خاکستری برای ارزیابی شاخص‌ها بین گروه خبرگان پژوهش توزیع شد. و

با استفاده از رابطه ۷ و ۸ وزن هر یک از شاخص‌ها محاسبه شد. (جدول ۳)

جدول ۳: وزن شاخص‌ها

وزن شاخص W_i	ابعاد سیستم هوشمندی
[0/00,0/10]	عملکرد سیستم
[0/20,0/25]	توانایی تجزیه و تحلیل
[0/10,0/15]	توانایی یکپارچگی
[0/25,0/30]	هزینه‌ها
[0/30,0/35]	برآورده ساختن نیاز سازمان

پس از محاسبه اوزان شاخص‌ها، چگونگی ارزیابی گزینه‌ها تشریح می‌شود. برای انجام ارزیابی با استفاده از اعداد خاکستری از رابطه ۷ استفاده می‌شود. بر اساس مقادیر خاکستری $\otimes G_{ij}^L$ ماتریس تصمیم خاکستری D تشکیل می‌شود:

$$D = \begin{bmatrix} \otimes G_{11} & \cdots & \otimes G_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes G_{m1} & \cdots & \otimes G_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

با توجه به مثبت بودن اعداد ارزیابی می‌توان ماتریس تصمیم‌گیری را نرمال کرد. برای این کار از رابطه 10 استفاده می‌شود [۱۴]. D^* ماتریس نرمال‌سازی شده است.

$$\otimes G_{ij}^* = \left[\frac{\alpha_{ij}}{G_j^{\max}}, \frac{\beta_{ij}}{G_j^{\max}} \right] \quad (10)$$

$$G_j^{\max} = \max_{1 \leq i < m} \{\beta_{ij}\}$$

$$D^* = \begin{bmatrix} \otimes G_{11}^* & \cdots & \otimes G_{n1}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes G_{m1}^* & \cdots & \otimes G_{mn}^* \end{bmatrix} \quad (11)$$

از ضرب ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده در ماتریس وزنی به دست آمده، ماتریس نرمال وزنی تصمیم‌گیری حاصل می‌شود:

$$D^n = \begin{pmatrix} \otimes N_{11} & \cdots & \otimes N_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes N_{m1} & \cdots & \otimes N_{mn} \end{pmatrix}, \quad (12)$$

$$\otimes N_{ij} = \otimes G_{ij}^* \times \otimes W_j$$

گزینه ایده‌آل و فرضی سیستم‌های هوشمندی کسب و کار با B^{\max} نشان داده شده است و بر اساس رابطه ۱۳ و ۱۴ محاسبه می‌شود [۱۸]:

$$B^{\max} = [\otimes G_1^{\max}, \otimes G_2^{\max}, \dots, \otimes G_n^{\max}] \quad (13)$$

$$B^{\max} = \left\{ \left[\max_{1 \leq i \leq m} \alpha_{i1}, \max_{1 \leq i \leq m} \beta_{i1} \right], \dots, \left[\max_{1 \leq i \leq m} \alpha_{in}, \max_{1 \leq i \leq m} \beta_{in} \right] \right\} \quad (14)$$

برای مقایسه دو اعداد خاکستری با یکدیگر از مفهوم درجه ارجحیت استفاده شده است. درجه ارجحیت $\otimes G_1$ نسبت به $\otimes G_2$ به صورت رابطه ۱۵ محاسبه می‌شود [۲۳]:

$$p(\otimes G_1 > \otimes G_2) = \frac{\max(0, \bar{G}_1 - \underline{G}_2) - \max(0, \underline{G}_1 - \bar{G}_2)}{(\bar{G}_1 - \underline{G}_1) + (\bar{G}_2 - \underline{G}_2)} \quad (15)$$

اگر $\otimes G_1$ با $\otimes G_1$ برابر باشد، آنگاه رابطه ۱۶ صادق است [۲۳]:

$$p(\otimes G_1 > \otimes G_2) = p(\otimes G_2 > \otimes G_1) = 0.5 \quad (16)$$

مجموع درجات ارجحیت بین دو عدد خاکستری همواره برابر یک است (رابطه ۱۷):

$$p(\otimes G_1 > \otimes G_2) + p(\otimes G_2 > \otimes G_1) = 1 \quad (17)$$

به مفهوم درجه ارجحیت، درجه امکان خاکستری بین هر یک از گزینه‌های تصمیم (سیستم‌های هوشمند) و گزینه ایده‌آل B^{\max} بر اساس رابطه ۱۸ محاسبه می‌شود [15]. گزینه‌ای که درجه امکان خاکستری داشته باشد، مناسب‌تر است:

$$P\{B_i \leq B^{\max}\} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P\{\otimes N_{ij} \leq G_j^{\max}\} \quad (18)$$

برای ارزیابی سیستم‌های هوشمندی کسب و کار از مقیاس خاکستری مطابق جدول (۴) استفاده شده است.

جدول ۴: مقیاس اعداد خاکستری

مقیاس	$\otimes G$
خیلی بد	[0,1]
بد	[1,4]
متوسط	[4,6]
خوب	[6,9]
خیلی خوب	[9,10]

بر اساس نتایج حاصل از پرسشنامه دوم پژوهش، بر اساس نظر گروه متخصصان ماتریس تصمیم‌گیری مسئله مطابق جدول (۵) شکل می‌گیرد.

جدول ۵: ماتریس تصمیم‌گیری

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
B ₁	[0/5,1/5]	[7/0,9/0]	[5/0,0/10]	[8/5,9/5]	[6/5,7/5]
B ₂	[2/5,3/5]	[7/5,8/5]	[6/0,8/0]	[6/5,7/5]	[4/5,5/5]
B ₃	[2/5,3/5]	[3/0,5/0]	[8/5,9/5]	[7/5,8/5]	[10/5,11/5]
B ₄	[1/0,3/0]	[5/5,6/5]	[9/5,10/5]	[5/5,6/5]	[8/5,9/5]

با توجه به رابطه ۱۰ ماتریس تصمیم‌گیری مطابق جدول (۶) نرمال‌سازی می‌شود.

جدول ۶: ماتریس تصمیم‌گیری استاندارد

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
B ₁	[0/1429,0/4286]	[0/7778,1/0000]	[0/4762,0/6667]	[0/8947,1/0000]	[0/5652,0/6522]
B ₂	[0/7143,1/0000]	[0/8333,0/9444]	[0/5714,0/7619]	[0/6842,0/7895]	[0/3913,0/4783]
B ₃	[0/7143,1/0000]	[0/3333,0/5556]	[0/8095,0/9048]	[0/7895,0/8947]	[0/9130,1/0000]
B ₄	[0/2857,0/8571]	[0/6111,0/7222]	[0/9048,1/0000]	[0/5789,0/6842]	[0/7391,0/8261]

از ضرب ماتریس نرمال‌سازی شده در ماتریس وزنی (جدول ۴) ماتریس تصمیم‌گیری وزنی نرمال به دست می‌آید (جدول ۷).

جدول ۷: ماتریس تصمیم‌گیری وزنی استاندارد

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
B ₁	[0/0000,0/0429]	[0/1556,0/2500]	[0/0476,0/1000]	[0/2237,0/3000]	[0/1696,0/2283]
B ₂	[0/00,0/1000]	[0/1667,0/2361]	[0/0571,0/1143]	[0/1711,0/2369]	[0/1174,0/1674]
B ₃	[0/00,0/1000]	[0/0667,0/1389]	[0/0810,0/1357]	[0/1974,0/2684]	[0/2739,0/3500]
B ₄	[0/00,0/0857]	[0/1222,0/1806]	[0/0905,0/1500]	[0/1447,0/2053]	[0/2217,0/2891]

کسب و کار سوم را دارای قابلیت‌های بهتر و گزینه مناسب‌تری نسبت به سایر سیستم‌های دیگر در نظر گرفت. به ترتیب گزینه اول، دوم و چهارم در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. بر اساس الگوی این پژوهش که در ابتدا با استفاده از تکنیک گروه اسمی و نظر خبرگان معیارهای ارزیابی سیستم هوشمندی کسب و کار مشخص شدند و بر اساس مقادیری غیر قطعی و خاکستری با استناد به روابط علمی مورد استفاده در پژوهش‌های پیشین، وزن شاخص‌ها محاسبه شد. می‌توان ادعا داشت که الگوی پیشنهادی پژوهش بر اساس تئوری سیستم خاکستری دارای اعتبار علمی برای رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری سیستم‌های هوشمندی بوده است. همچنین مقایسه بین نتایج به دست آمده، بر اساس الگوی پژوهش با روش مبتنی بر مقادیر فازی، نشان داد که هر دو روش نتایج مشابهی دارند. اما روش خاکستری به دلیل بی‌نیازی به استفاده از اعداد مثلثی و فازی‌سازی، آسان‌تر محاسبه می‌شوند.

با استفاده از رابطه ۱۴ مقادیر گزینه ایده‌آل محاسبه می‌شود.

$$B^{\max} = ([0/00,0/1000], [0/1667,0/25], [0/0905,0/15], [0/2237,0/30], [0/2739,0/35])$$

سپس مقادیر ماتریس وزنی تصمیم با مقدار گزینه ایده‌آل از رابطه ۱۸ مقایسه می‌شود. درجه امکان خاکستری هر سیستم هوشمندی کسب و کار نسبت به گزینه ایده‌آل در جدول (۸) نشان داده شده است.

جدول ۸: مقادیر امکان خاکستری

$P\{B_1 \leq B^{\max}\}$	0/729
$P\{B_2 \leq B^{\max}\}$	0/749
$P\{B_3 \leq B^{\max}\}$	0/66
$P\{B_4 \leq B^{\max}\}$	0/766

هر قدر درجه امکان خاکستری نسبت به گزینه ایده‌آل کوچک‌تر باشد، گزینه مناسب‌تر است. با توجه به نتایج به دست آمده در جدول (۸)، می‌توان سیستم هوشمندی

۶- نتیجه گیری

در فضای رقابتی، به کارگیری مفاهیمی چون هوشمندی کسب و کار، به دلیل ایفای نقش در تصمیم‌گیری سازمانی و ارتقای بهره‌وری در صنایع مختلف بسیار مورد توجه است. سیستم هوشمندی کسب و کار سبب ارتقای ارزشی اطلاعات در آگار یک زنجیره اطلاعاتی می‌شود. استفاده از فناوری‌های مختلف، سبب جمع‌آوری و ساختارمند کردن داده‌ها و تبدیل آنها به اطلاعات می‌شود. استقرار و به‌کارگیری سیستم هوشمندی کسب و کار به طرق مختلف سبب بهبود گردش اطلاعات در سازمان می‌شود. انتخاب سیستم هوشمند کسب و کار مناسب، گام مهمی در جهت تصمیم‌گیری مؤثر و اثربخش در سازمان محسوب می‌شود که می‌تواند در برابر تغییرات محیطی پشتیبان تصمیمات مدیران باشد. در این پژوهش با استفاده از نظر جمعی از خبرگان سیستم‌های اطلاعاتی و هوشمندی کسب و کار، شاخص‌های مهم انتخاب سیستم هوشمندی کسب و کار شناسایی و وزن‌دهی شد. این شاخص‌ها برای همه سازمان‌هایی که در مرحله انتخاب سیستم‌های هوشمندی کسب و کار هستند، کارآیی دارد. در انتخاب وزن شاخص‌ها، به دلیل نزدیکی به واقعیت از اعداد خاکستری استفاده شد. از جمله نتایج دیگر این پژوهش، ارائه چارچوب تصمیم‌گیری خاکستری برای انتخاب سیستم هوشمندی کسب و کار است. گزینه‌های مورد نظر بر اساس شاخص‌های موزون ارزیابی شدند و قابلیت‌های چهار برند تولیدکننده سیستم‌های هوشمندی کسب و کار با یکدیگر مقایسه شدند و بر اساس درجه امکان خاکستری چهار فروشنده، رتبه‌بندی شدند. به دلیل استفاده از مقادیر غیر قطعی می‌توان ادعا کرد که نتایج به

دست آمده از چارچوب پیشنهادی با واقعیت تناسب بیشتری دارد. بر اساس مقایسه نتایج به دست آمده با پژوهش‌های پیشین، می‌توان بیان کرد در پژوهش سهرابی و دیگران، برای انتخاب گزینه الگویی هفت مرحله‌ای با استفاده از منطق فازی و سیستم خبره ارائه شده است. الگوی تصمیم‌گیری پژوهش پیشرو پنج مرحله دارد و مراحل فازی‌زدایی و استنتاج فازی را نخواهد داشت و از این منظر رویکرد خاکستری، پیچیدگی کمتری نسبت به فازی دارد. در پژوهش دباغی و دیگران از رویکرد خاکستری برای ارزیابی عوامل فرهنگی سازمان استفاده شده است و در مقایسه با نتایج این پژوهش، یکی دیگر از کاربردهای تئوری خاکستری را نشان داده است. در پژوهش مؤمنی و دیگران از رویکرد خاکستری در ارزیابی سیستم مدیریت دانش در سازمان استفاده شده است. نتایج آن تحقیق نیز نشان می‌دهد که به کارگیری رویکرد غیرقطعی سیستم خاکستری، نتایج واقعی‌تری نسبت به رویکردهای قطعی خواهد داشت. یکی از کاربردهای تئوری سیستم‌های خاکستری برای تصمیم‌گیری و رتبه‌بندی غیر قطعی است. به عنوان موضوع تحقیقات آینده به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود از این ابزار برای رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی عملکرد سیستم‌های اطلاعاتی یا ارزیابی ریسک سیستم‌های هوشمند استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات سرکار خانم نیاز زارعی، کمال سپاس را دارد. به طور حتم بدون همیاری ایشان انجام این پژوهش میسر نمی‌شد.

مراجع

- 1- Mikroyannidis, A. and Theodolidis, B. (2010). "Ontology management and evolution for business intelligence." *International Journal of Information Management*, Vol.30, PP.559-566.
- 2- Lasi, H. (2013). Industrial Intelligence - A Business Intelligence-based Approach to Enhance Manufacturing Engineering in Industrial Companies, *Procedia CIRP*, Vol. 12, PP. 384-389.
- 3- Azma, F. and Mostafapour, M. (2012). "Business intelligence as a key strategy for development organizations." *Procedia Technology*, Vol.1, PP.102-106.
- 4- Rubin, E. and Rubin, A. (2013). "The impact of Business Intelligence systems on stock return volatility." *Information & Management*, Vol. 50, No.2-3, PP. 67-75.

- 5- Chung, W. and Tseng, T. (2012). "Discovering business intelligence from online product reviews: A rule-induction framework." *Expert Systems with Applications*, Vol.39, PP.11870–11879.
 - 6- Popovic, A., Hackney, R., Coelho, P. and Jaklic, J. (2012). "Towards business intelligence systems success: Effects of maturity and culture on analytical decision making." *Decision Support Systems journal*, Vol.54 PP.729–739.
 - 7- Ramakirishnan, T., Jones, M. and Sidorava, A. (2012). "Factors influencing Business Intelligence (BI) strategies: An empirical investigation." *Decision Support Systems Journal*, Vol.52, PP.486–496.
 - 8- Foshay, M. and Kuziemsky, C. (2014). "Towards an implementation framework for business intelligence." *International Journal of Information Management*, Vol.34, No.1, PP.20-27.
 - 9- Ronaghi, M. and Feizi, K. (2013). "A Performance assessment Model for Business Intelligence by using Fuzzy Analytic." *Technology-Development journal*, Vol.9, No.34, PP.53-60.
 - 10- Ghazanfari, M., Jafari, M. and Rouhani, S. (2011). "A tool to evaluate the business intelligence of enterprise systems." *Scientia Iranica*, Vol.18, No.6, PP.1579–1590.
 - 11- Wang, Q. and Wu, H. (2008). The concept of grey number and its property, in: Proc NAFIPS, PP. 45-49.
 - 12- Chen, M.F. and Tzeng, G.H. (2004). "Combining grey relation and TPOSI concepts for selecting an expatriate host country." *Mathematical and Computer Modelling*, Vol.40, No.13, PP.1473-1490.
 - 13- Hou, J. (2010). "Grey Relational Analysis Method for Multiple Attribute Decision Making in Intuitionistic Fuzzy Setting." *Journal of Convergence Information Technology*, Vol. 5, No. 10, PP. 194 – 200.
 - 14- Zhang, J., Wu, D. and Olson, D. (2005). "The method of grey related analysis to multiple attribute decision making problems with interval numbers." *Mathematical and Computer Modeling Journal*, Vol.42 PP.991-998.
 - 15- Dabaghi, A. and Malek, A. (2010). "a new method for evaluating and ranking vision of organizations." *Industrial Management Journal*, Vol.2, No.4, PP.57-74.
 - 16- Kayacan, E., Ulutas, B. and Kaynak, O. (2010). "Grey system theory-based models in time series prediction." *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, Issue 2, PP. 1784–1789.
 - 17- Deng J.L. (1989). "The introduction of grey system." *The Journal of Grey System*, Vol. 1, No. 1, PP. 1-24.
 - 18- Dabaghi, A., Malek, A. and Shafie, S. (2011). "Introduction of Grey theory for evaluating organizational culture." *Human Resource Management Journal*, Vol. 4, No. 13, PP. 61-95.
 - 19- Sohrabi, B., Tahmasebipoor, K. and Raeesi, I. (2012). "a fuzzy expert system for selecting ERP." *Industrial Management Journal*, Vol. 3, No. 6, PP. 39-52.
 - 20- Momeni, M., Jamporzmei, M., Hoseinzadeh, M. and Mehrafrooz, M. (2012). "a new approach for selecting knowledge management systems by gray system theory." *Operation & Production Management Journal*, Vol. 2, No. 2, PP. 55-72.
 - 21- Sohrabi, B., Fazli, S., Tahmasebipoor, K. and Raeesi, I. (2013). "a decision making model for Hotel Selection through the Evaluation of Resident Tourists by fuzzy expert system." *Industrial Engineering Journal*, Vol. 47, No. 2, PP. 201-213.
 - 22- Lin, Y., Tsai, K. and Shiang, W. (2009). "Research on using ANP to establish a performance assessment model for business intelligence systems." *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, PP. 4135–4146.
 - 23- Taghavifard, M. and Malek, M. (2011). "using grey decision making for ranking key performance indicators." *Industrial Management Research Journal*, Vol. 9, No. 22, PP.135-165.
-

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1- Business intelligence
- 2- Grey
- 3- Chung & Tseng
- 4- Popovic
- 5- Data warehouse
- 6- User interface
- 7 - Ramakirishnan
- 8- Lasi
- 9- Fuzzy
- 10-Deng
- 11- Lin