فصلنامه مطالعات مدیریت فناوری اطلاعات سال پنجم، شماره ۱۸، زمستان ۹۵
صفحات ۷۳ تا ۱۰۳

انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی با بهره‌گیری از روش تلفیقی سوآرا و آراس خاکستری

سید جلال‌الدین حسینی دهشیری *
علیرضا عرب **

چکیده

امروزه سازمان‌ها به‌منظور دستیابی به کیفیت و سرعت بالاتر در ارائه کالاها و خدمات، نیازمند سیستمی یکپارچه برای منابع سازمان می‌باشند که یکی از بهترین ابزارها برای رسیدن به چنین هدفی، سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP) است که برای اجرای موفقیت‌آمیز پروژه ERP در سازمان، انتخاب سیستم مناسب با توجه به معیارهای مؤثر ضرورت دارد. ازاین‌رو در تحقیق حاضر، ضمن شناسایی معیارهای مؤثر بر انتخاب سیستم ERP، به انتخاب مناسب‌ترین سیستم نیز پرداخته‌شده است. در ابتدا با بررسی تحقیقات انجام‌شده در حوزه انتخاب سیستم ERP، معیارهای مؤثر موردبررسی قرار گرفتند و فهرستی از معیارهای شناسایی‌شده در اختیار خبرگان شرکت قرار گرفت، سپس معیارهای موردنظر پس از بررسی موردمطالعه و بر اساس نظر خبرگان انتخاب

* دانشجوی دکتری مدیریت تولید و عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، (نویسنده مسئول) j.hosseini@atu.ac.ir
** دانشجوی دکتری تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۱۷ تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۱۰/۱۳

شدند. سپس با روش سوآرا وزن نهایی معیارهای موردنظر به دست آمد که معیارهای قابلیت کارکردی نرم‌افزار، پیاده‌سازی مدیریت پروژه و قابلیت کیفی نرم‌افزار به‌عنوان بااهمیت‌ترین معیارها معرفی شدند. سپس به انتخاب مناسب‌ترین سیستم ERP، بر اساس روش آراس خاکستری، پرداخته شد که گزینه دوم (سیستم اطلاعات مالی)، به‌عنوان مهم‌ترین گزینه‌های سیستم ERP برای موردمطالعه شناسایی شدند.

کلیدواژگان: برنامه‌ریزی منابع سازمانی، انتخاب نرم‌افزار، سوآرا، آراس خاکستری.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

در محیط کسب‌وکار پویای امروز، بقای سازمان‌ها شدیداً به وضعیت رقابتی آن‌ها بستگی دارد (فیضی و همکاران، ۱۳۹٤) که این سازمان‌ها با پیچیده‌ترین و رقابتی‌ترین محیط نسبت به گذشته مواجه هستند (سو و یانگ[1]، ۲۰۱۰)، بنابراین برای مقابله با این چالش‌ها و حفظ مزیت رقابتی استفاده از فناوری اطلاعات ضروری می‌باشند. باوجود اهمیت به‌کارگیری فناوری اطلاعات، در بسیاری از سازمان‌ها شاهد بروز مشکلاتی در رابطه با عدم برآورده شدن نیازهای کسب‌وکار هستیم (مانیان و همکاران، ۱۳۸۷). برای غلبه بر این چالش‌ها، سیستم‌های نرم‌افزاری جدیدی در محیط کسب‌وکار به‌عنوان سیستم‌های ERP شناخته‌شده‌اند که بازارهای با مقیاس بزرگ را در درجه اول هدف قرار می‌دهند (کارزاک و اوزگول[2]، ۲۰۰۹). به‌طورکلی سیستم ERP ابزاری برای بهبود مزیت رقابتی سازمان‌ها بوده که در صورت موفقیت در اجرای آن شرکت‌ها به‌سرعت به مزیت رقابتی خود در بازار جهانی دست می‌یابند (سبسی[3]، ۲۰۰۹). پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز سیستم ERP در سازمان، به دلیل پیچیدگی، هزینه‌های بالا و ریسک‌های سازگاری یکی از مشکل‌ترین پروژه‌های سرمایه‌گذاری است (کومار و همکاران[4]، ۲۰۰۲). شکست در انتخاب نرم‌افزار ERP منجر به شکست پروژه و یا عملکرد شرکت می‌شود (لیاو و همکاران[5]، ۲۰۰۷). وجود معیارهای چندگانه مدیریتی و فنی و مشارکت تصمیم‌گیرندگان متعدد، باعث گسترش تصمیم‌گیری از ابعاد مختلف شده است و درنتیجه، فرآیند انتخاب پیچیده‌تر شده است (لای و همکاران[6]، ۱۹۹۹؛کارا و چیخروحو[7]، ۲۰۱٤). بنابراین با توجه به اهمیت و پیچیدگی انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی و نقش اساسی

---

1. Su &Yang
2. Karsak & Ozogul
3 .Cebeci
4. Kumar et al.
5. Liao et al.
6. Lai et al.
7. Kara & Cheikhrouhou

سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی، مسئله این پژوهش شناسایی معیارهای مؤثر انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی و انتخاب سیستم مناسب برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP) برای مورد مطالعه است. از طرفی به دلیل اینکه معیارهای مطرح‌شده از اوزان مختلفی برخوردار است و به عبارتی باید اوزان مختلفی را بر اساس شرایط حاکم به معیارهای موردنظر تخصیص داد. بنابراین نیاز به بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[1] است که معیارهای مختلف دخیل را در نظر گیرد. لذا به دلیل پیچیدگی‌های بیان‌شده، تحقیق حاضر، در پی رفع این چالش‌ها، با هدف شناسایی عوامل مؤثر و انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی است که از تکنیک‌های تلفیقی سوآرا و آراس خاکستری استفاده می‌شود. از روش سوآرا برای وزن دهی و از روش آراس خاکستری برای اولویت‌بندی سیستم‌های منابع سازمانی بهره گرفته می‌شود. ادامه ساختار مقاله به این صورت است که در بخش دوم به بررسی تحقیقات انجام‌شده در این حوزه و شناسایی معیارهای مؤثر بر انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی پرداخته می‌شود، سپس روش‌های سوآرا و آراس خاکستری تشریح می‌شود، در ادامه برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی از یک مطالعه موردی استفاده خواهد شد و درنهایت پیشنهادهایی اجرایی و پژوهشی در مورد مسئله ارائه خواهد شد.

پیشینه تحقیق

اگرچه انتخاب نرم‌افزار دارای اهمیت قابل‌توجه است اما مطالعات اندکی در حوزه روش انتخاب نرم‌افزار در گروه تصمیم‌گیری وجود دارد که در ادامه آمده است.

لای و همکاران (۱۹۹۹) به انتخاب سیستم‌های نوشتن چندرسانه‌ای با استفاده از AHP (فرایند تحلیل سلسله مراتبی) پرداختند. لای و همکاران (۲۰۰۲) از روش AHP برای انتخاب یک سیستم مجوزهای چندرسانه‌ای استفاده کردند. لی و همکاران[2] (۲۰۰٤)

1. Multiple Criteria Decision Making
2. Lee et al.

SWOT را بر اساس انتخاب نرم‌افزار ERP موردمطالعه قراردادند. وی و همکارانش[1] (۲۰۰۵) مدل AHP که شرکت قادر می‌سازد تا عوامل انتخاب نرم‌افزار ERP را تعیین کند، تعریف کردند. مولوبوک و ژنگ[2] (۲۰۰۶) روش AHP را به‌عنوان تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره، برای پشتیانی از انتخاب نرم‌افزار مناسب با فرآیند توسعه محصول معرفی کردند. لیائو و همکاران (۲۰۰۷) درجه شباهتی بر اساس الگوریتمی در مورد سیستم‌های ERP که ممکن است با اظهارات گوناگون زبانی تعریف شود، معرفی کردند. ایاگ و اوزدمیر[3] (۲۰۰۷) به توسعه فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی(ANP) بر اساس رویکردی هوشمند برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه‌های نرم‌افزار ERP پرداختند. سن و همکاران[4] (۲۰۰۹) سیستم پشتیبانی تصمیم جدیدی برای یکپارچه‌سازی ارزیابی تناسب کارکردی و غیر کارکردی، برای تعیین نرم‌افزار ERP مناسب ارائه کردند. یزگان و همکاران[5] (۲۰۰۹) یک روش جدید برای ترکیب ANP و شبکه عصبی مصنوعی برای تعیین مناسب‌ترین نرم‌افزار ERP معرفی کردند. کارساک و اوزگول (۲۰۰۹) چارچوبی جامع برای انتخاب مناسب‌ترین ERP در میان انتخاب‌های ممکن، بر اساس گسترش عملکرد کیفیت (QFD)، رگرسیون خطی فازی و برنامه‌نویسی آرمانی صفر و یک پیشنهاد دادند. سبسی (۲۰۰۹) از AHP فازی و توسعه آن برای مقایسه گزینه‌های ERP برای یک شرکت تولید پارچه بهره گرفت. ایاگ (۲۰۱۰) AHP فازی و شبیه‌سازی را به‌وسیله یکپارچه‌سازی آن‌ها در طراحی به کمک کامپیوتر ارائه داد. سن و باراکلی[6] (۲۰۱۰) از رویکرد QFD فازی به انتخاب بهترین نرم‌افزار ERP پرداختند. رویندق و ارکان[7] (۲۰۱۱)، مکزاس و همکاران[8] (۲۰۱۲) از AHPدر مسئله انتخاب نرم‌افزار استفاده

1.Wei et al.
2. Mulebeke & Zheng
3. Ayag & Ozdemir
4. Sen et al.
5. Yazgan et al.
6. Baracli
7. Rouyendegh & Erkan
8. Mexas et al.

کردند. اصل و همکاران[1] (۲۰۱۲) رویکردی یکپارچه که مهم‌ترین معیارهای نرم‌افزار ERP را با استفاده از روش دلفی تعریف و این معیارها را با استفاده از روش آنتروپی شانون رتبه‌بندی می‌نماید، ارائه کردند. کارا و چیخروحو (۲۰۱٤) یک روش دومرحله‌ای، شامل AHP فازی برای وزن دهی و تکنیک TOPSIS برای رتبه‌بندی گزینه‌های انتخاب نرم‌افزارهای مشترک تعیین کردند.

در ادبیات تأکید زیادی بر دشواری پیاده‌سازیERP و اهمیت انتخاب بهترین و مناسب‌ترین سیستم شده است. باوجوداین، شرکت‌های بسیاری سیستمERP خود را عجولانه و بدون درک تأثیرات کسب‌وکارشان یا نیازشان به سازگاری با کل اهداف و استراتژی‌های سازمانی نصب‌کرده‌اند (هیکس و استک[2]، ۱۹۹۵). نتیجه بی‌توجهی به معیارهای انتخاب و روش انتخاب شتاب‌زده موجب شکست پروژه یا انتخاب سیستم ضعیف و ناکارآمد و مغایر با اهداف سازمان می‌شود (سبسی، ۲۰۰۹). ازاین‌رو بررسی معیارها و عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی از اهمیت خاصی برخوردار است که تحقیقات متعددی در زمینه شناسایی معیارها در این حوزه انجام‌شده که در جدول۱، آمده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Asl et al.
2. Hicks & Stecke

جدول ۱. معیارهای شناسایی‌شده در پژوهش‌های گذشته

محققان ـ سال	معیارهای شناسایی‌شده
کومار و همکاران (۲۰۰۲) به نقل از بهبودی اصل و همکاران (۱۳۹۱)	قابلیت اتکا و کارکرد سیستم، تناسب با سایر سیستم‌ها، ارائه بهترین کارکردها برای کسب‌وکار، یکپارچگی و هماهنگی ماژولی، بهره‌گیری از جدیدترین فناوری‌ها، اعتبار فروشنده، قابلیت ارتقا، خدمات پس از فروش، سفارشی‌سازی آسان، پایین بودن هزینه‌های مالکیت
باکی و کاکار[1] (۲۰۰۵) به نقل از بهبودی اصل و همکاران (۱۳۹۱)	قابلیت اتکا و کارکرد سیستم، الزامات فنی، هزینه، خدمات پس از فروش، چشم‌انداز، تناسب با سایر سیستم‌ها، سفارشی‌سازی آسان، موقعیت بازار فروشنده، دانش فروشنده در حوزه موردنظر، منابع فروشنده، یکپارچگی و هماهنگی ماژولی، زمان اجرا
ضیائی و همکاران[2] (۲۰۰۶) به نقل از بهبودی اصل و همکاران (۱۳۹۱)	الزامات مربوط به نرم‌افزار، الزامات مربوط به فروشنده، الزامات مربوط به مدیریت پروژه
سبسی(۲۰۰۹)	عوامل سرمایه، مشخصات سیستم، معیارهای فروشنده
زو (۲۰۱۲)	استراتژی سازمانی، تاکتیک سازمانی، استراتژی‌های فن‌آوری، تاکتیک فن‌آوری
اوزتایسی (۲۰۱٤)	زیرساخت‌های فن‌آوری، مدت‌زمان پروژه، بودجه، خدمات پس از فروش، قابلیت استفاده، قابلیت‌ها، ارائه‌دهنده خدمات
کیلیک و همکاران (۲۰۱٤)	معیارهای فنی، شرکتی و مالی
احمدی و همکاران (۲۰۱۵)	برنامه‌ریزی، کارکنان، الزامات فنی، هم‌راستایی استراتژیک، حمایت مدیریت ارشد، فرآیندها و ساختار، مدیریت اطلاعات و مشاور
افه (۲۰۱٦)	هزینه، مشخصات فروشنده، مشخصات فنی، راحتی استفاده

همان‌طور که از بررسی تحقیقات گذشته دیده می‌شود، خلأ تحقیقاتی بیشتر در عدم

1. Baki & Cakar
2. Ziaee et al.

توجه به معیارهای مؤثر بر انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی و هم‌چنین در نظر نگرفتن عدم قطعیت در تصمیم‌گیری برای انتخاب مناسب‌ترین سیستم ERP، بوده است، ازاین‌رو در این تحقیق ضمن شناسایی معیارهای مؤثر بر انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی، با استفاده تلفیقی از روش‌های سوآرا و آراس خاکستری به انتخاب مناسب‌ترین سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی پرداخته می‌شود.

روش دلفی فازی[1]

روش سنتی دلفی در ابتدا توسط دالکی و هلمر[2] (۱۹۶۳) در یک شرکت توسعه یافت و به‌صورت گسترده‌ای در بسیاری از حوزه‌های مدیریت، به کار گرفته شد. دلفی، یک روش بررسی نظر کارشناس با سه مشخصه: پاسخ بدون ذکر نام، تکرار و بازخورد کنترل‌شده و درنهایت پاسخ گروهی آماری است. این روش، همیشه از نظرهای کارشناسی با همگرایی پایین، هزینه اجرایی بالا و این احتمال که ممکن است سازمان دهندگان ایده، نظرهای کارشناسی بخصوص را حذف کنند، زیان دیده است. بنابراین، مری و همکاران[3] (۱۹۸۵) مفهوم تلفیق روش سنتی دلفی و نظریه فازی را به‌منظور بهبود بخشیدن ابهام و ناهم‌خوانی موجود در روش دلفی، ارائه کردند. عدد فازی مثلثی برای گنجاندن نظرهای کارشناسی به کار می‌رود و بنابراین، روش دلفی فازی تثبیت شده است. مقادیر حداکثر و حداقل نظرهای کارشناسی به‌عنوان دو نقطه پایانی اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شود و میانگین هندسی به‌عنوان درجه عضویت اعداد فازی مثلثی به‌منظور اجتناب از اثر مقادیر انتهایی به کار می‌رود. روش سنتی دلفی، نیازمند رسیدگی‌های متعدد به‌منظور رسیدن به یک سازگاری در نظرهای کارشناسی است، اما روش دلفی فازی فقط نیازمند یک رسیدگی بوده، همه‌ی نظرها می‌توانند پوشش داده شوند. عموماً، برای ارزیابی اهمیت شاخص‌های ارزیابی عملکرد

1. F-DELPHI
2. Dalkey and Helmer
3. Murry et al.

از یک مقیاس ده‌تایی استفاده می‌شود، اما به دلیل آن‌که معمولاً مقیاس ده‌تایی در ایران جواب نمی‌دهد، در این پژوهش از مقیاس پنج‌تایی استفاده شده است .

روش دلفی فازی، از میانگین هندسی به‌عنوان مبنایی برای گروه تصمیم‌گیرنده به‌منظور غربال نمودن عوامل نامناسب و اجتناب از تأثیر مقادیر انتهایی استفاده می‌کند. هم‌چنین، علاوه بر کاهش مصرف هزینه و زمان، این روش تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد تا فازی بودن در فرآیند تصمیم‌گیری را ارزیابی کنند و به نتیجه‌ی بهتری در انتخاب عامل برسند. مراحل به‌کارگیری روش دلفی فازی در ادامه آمده است (چانگ[1]، ۱۹۹۸).

ابتدا، از عوامل استخراج‌شده در مراحل پیشین پایان‌نامه، که توسط خبرگان پیشنهاد شده به‌عنوان پایه و اساس طراحی پرسشنامه استفاده شد. هم‌چنین، یک سؤال آزاد در انتهای پرسشنامه گنجانده‌شده بود که در آن از پاسخ‌دهندگان خواسته‌شده بود که هر عامل مؤثری را که از نظر آن‌ها برای هدف تحقیق با اهمیت است، ذکر کنند.

دوم، از پرسشنامه برای گردآوری نظرهای کارشناسان در گروه تصمیم‌گیری استفاده شد تا اهمیت نسبی عوامل مؤثر و رتبه‌ی آن‌ها به دست آید.

سوم، می‌توان تابع مثلثاتی فازی[2] مربوط به هر عامل تأثیرگذار را از پرسشنامه کارشناس و بر اساس فرمول‌های زیر به دست آورد:

$$\tilde{A} = (L_A, M_A, U_A) \quad (۱)$$

$$L_A = \min\left(X_{A_i}, i = 1,2,3, \dots, n\right) \quad (۲)$$

$$M_A = \left(X_{A_1} \times X_{A_2} \times \dots \times X_{A_n}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (۳)$$

$$U_A = \max\left(X_{A_i}\right), i = 1,2,3, \dots, n \quad (٤)$$

جایی که $\tilde{A}$ مقدار فازی اهمیت عامل تأثیرگذار A، L_A، M_A و U_A به ترتیب حد پایینی،

1. Chang
2. Fuzzy Trigonometric Function

میانگین هندسی و حد بالایی مقادیر گروه تصمیم‌گیری برای عامل تأثیرگذار A هستند؛ X_{A_i} مقدار تصمیم‌گیرنده i ام برای عامل تأثیرگذار A است.

چهارم: فرض کنید که میانگین هندسی تابع مثلثاتی فازی برای هر عامل تأثیرگذار، تابع عضویت M_A را تشکیل می‌دهد. این نشان‌دهنده درک مشترک گروه تصمیم‌گیری برای این عامل است.

پنجم: یک مقدار آستانه S[1] را به‌منظور غربال نمودن عوامل نامناسب انتخاب کنید.

(الف) $M_A \geq S$ عامل تأثیرگذار A را بپذیرید.

(ب) $M_A < S$ عامل تأثیرگذار A را حذف کنید.

اساساً، مقدار آستانه با استنباط ذهنی تصمیم‌گیرنده معین می‌شود و مستقیماً بر روی تعداد عواملی که غربال می‌شوند؛ تأثیر خواهد گذاشت. هیچ راه ساده یا قانون کلی برای تعیین مقدار آستانه وجود ندارد. چن و وانگ(۲۰۱۰) عدد ۳ را به‌عنوان مقدار S به کار گرفتند. این پژوهش عدد ۳ را به‌عنوان حد آستانه در نظر گرفته و عواملی را که دارای میانگین هندسی پایین‌تر از ۳ بودند را حذف نموده است.

روش سوآرا[2]

در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه، وزن دهی به شاخص‌ها ازجمله مهم‌ترین مراحل حل مسئله است (زولفانی و همکاران[3]، ۲۰۱۳). بر این اساس خبرگان نقش حیاتی را در ارزیابی شاخص‌ها و اوزان آن‌ها ایفا می‌کنند و بخش اجتناب‌ناپذیری از فرآیند تصمیم‌گیری بر عهده آن‌هاست. روش سوآرا یکی از جدیدترین روش‌هایی است که در سال ۲۰۱۰ توسط کرسولین و همکارانش ابداع‌شده و تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا به انتخاب، ارزیابی و وزن دهی شاخص‌ها بپردازد (کرسولین و همکاران[4]،

1. Threshold Value
2. SWARA
3. Zolfani et al.
4. Kersuliene et al.

۲۰۱۰). مهم‌ترین مزیت این روش نسبت به سایر روش‌های مشابه، توان آن در ارزیابی دقت نظر خبرگان درباره شاخص‌های وزن داده‌شده در طی فرآیند روش است(کرسولین و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این خبرگان می‌توانند با یکدیگر مشورت کرده و این مشورت نتایج حاصله را نسبت به دیگر روش‌های MCDM دقیق‌تر می‌کند (دهنویی[1]، ۲۰۱۵).

گام‌های اصلی برای وزن دهی بر اساس روش سوآرا به شرح زیر است:

گام اول: مرتب کردن شاخص‌ها؛

در ابتدا شاخص‌های موردنظر تصمیم‌گیرندگان به‌عنوان شاخص‌های نهایی و بر اساس درجه اهمیت، انتخاب و مرتب می‌شوند. بر این اساس، مهم‌ترین شاخص‌ها در رده‌های بالاتر و شاخص‌های کم‌اهمیت‌تر در رده‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند.

گام دوم: تعیین اهمیت نسبی هر شاخص (S_j)؛

در این مرحله می‌بایست اهمیت نسبی هرکدام از شاخص‌ها نسبت به شاخص مهم‌تر قبلی مشخص گردد که در فرایند روش سوآرا این مقدار با S_j نشان داده می‌شود.

گام سوم: محاسبه ضریب K_j؛

ضریب K_j که تابعی از مقدار اهمیت نسبی هر شاخص است با استفاده از رابطه شماره ۱ محاسبه می‌گردد.

$$K_j = S_j + 1 \qquad (۱)$$

گام چهارم: محاسبه وزن اولیه هر شاخص؛

وزن اولیه شاخص‌ها از طریق رابطه۲ قابل‌محاسبه است. در این رابطه باید توجه داشت که وزن شاخص نخست که مهم‌ترین شاخص است برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود.

$$q_j = \frac{q_{j-1}}{K_i} \qquad (۲)$$

گام پنجم: محاسبه وزن نرمال نهایی؛

1. Dehnavi

در آخرین گام از روش سوآرا وزن نهایی شاخص‌ها که وزن نرمال شده نیز محسوب می‌گردد از طریق رابطه۳ محاسبه می‌شود.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum q_i} \quad (۳)$$

همان‌گونه که ذکر شد سوآرا یکی از جدیدترین روش‌های وزن دهی است و در سال‌های اخیر در چندین تحقیق مورداستفاده قرارگرفته است که از آن جمله می‌توان به تحقیقات کرسولین و همکارانش (۲۰۱۰) در خصوص انتخاب راه‌حل منطقی حل اختلافات، علیمردانی و همکارانش (۲۰۱۳) به‌منظور انتخاب تأمین‌کننده، زلفانی و همکارانش (۲۰۱۳) برای طراحی محصول، هاشم خانی زلفانی و بهرامی (۲۰۱٤) برای اولویت‌بندی گزینه‌های سرمایه‌گذاری در صنایع با فنّاوری پیشرفته و بسیاری از تحقیقات دیگر اشاره کرد که در آن‌ها از روش سوآرا به‌منظور وزن دهی استفاده کرده‌اند.

اعداد خاکستری[1]

لی و همکاران در سال ۲۰۰۷ بیان کردند که به این علّت که تصمیم‌گیرندگان ارجحیت‌های متفاوتی روی معیارهای نامطمئن[2]،تأمین‌کنندگان دارند، بنابراین فرآیند انتخاب بیشتر سخت خواهد شد. نظریه خاکستری[3] یکی از روش‌هایی است که روی عدم اطمینان مطالعه می‌کند و به‌وسیله تحلیل‌های ریاضی سیستم‌هایی که دارای اطلاعات دارای عدم اطمینان هستند، تمرکز می‌کند. می‌توان مسئله انتخاب گزینه‌ها را در قالب یک سیستم خاکستری در نظر گرفت و از نظریه خاکستری برای حل این مسئله استفاده کرد. رتبه معیارها با استفاده از متغیرهای زبانی[4] مختص به منطق خاکستری تعیین می‌شود که می‌توان در قالب اعداد خاکستری آن‌ها را نمایش داد.

نظریه خاکستری که در این مقاله موردبررسی قرار می‌گیرد، بر اساس روش توسعه‌یافته

1. Grey Numbers
2. Uncertain
3.Grey theory
4. Linguistic Variable

دنگ[1] در سال ۱۹۸۲ است.

به دلیل وجود اطلاعات ناکامل و عدم اطمینان در روابط، استفاده از روش‌های متداول بسیار سخت است. اعداد سفید[2]، اعداد خاکستری[3]، اعداد سیاه[4]، سه دسته‌بندی برای متمایز کردن سطح عدم اطمینان اطلاعات است (چن[5] و زنگ[6]، ۲۰۰٤).

در نظر بگیرید:

$$\otimes x = [\alpha, \gamma] = \{x | \alpha \le x \le \gamma, \quad \alpha \text{ and } x \in R\} \qquad (٤)$$

بنابراین، $\otimes x$، شامل دو عدد حقیقی است که α (حد پایین $\otimes x$) و γ (حد بالای $\otimes x$) به شکل زیر تعریف می‌شود:

اگر $\alpha \to -\infty$ و $\gamma \to -\infty$ درنتیجه $\otimes x$، عدد سیاه نامیده می‌شود. بدین معنا که عاری از هرگونه اطلاعات معنادار است؛

اگر $\alpha = \gamma$ آنگاه $\otimes x$، عدد سفید نامیده می‌شود.بدین معنا که اطلاعات کاملی را به همراه دارند؛

در غیر این صورت، $\otimes x = [\alpha, \gamma]$ عدد خاکستری نامیده می‌شود. بدین معنا که حاوی اطلاعات ناکافی و نامطمئن است.

اطلاعات موجود در دنیای واقعی اکثراً ناکافی و ناکامل هستند. بنابراین توسعه کاربردها از روش‌های مبتنی بر اعداد سفید به سمت روش‌های مبتنی بر اعداد خاکستری، جهت پاسخ‌گویی بهتر به دنیای واقعی، ضروری به نظر می‌رسد. در ذیل مفاهیم اولیه و عملیات پایه برای اعداد خاکستری، نمایش داده می‌شود. در نظر بگیرید که عدد خاکستری با دو پارامتر (α, γ) تعریف و نمایش داده شود. و اعمال $+, -, \times, \div$ ترتیب نمایانگر اعمال جمع، تفاضل، ضرب و تقسیم باشند. عملیات پایه برای اعداد خاکستری $\otimes n_1$ و

1 .Deng
2. White Numbers
3. Grey Numbers
4. Black Numbers
5. Chen
6. Tzeng

$\otimes n_2$ به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\otimes n_1 + \otimes n_2 = \left(n_{1\alpha} + n_{2\alpha}, n_{1\gamma} + n_{2\gamma}\right) \quad (۵)$$

$$\otimes n_1 - \otimes n_2 = \left(n_{1\alpha} - n_{2\gamma}, n_{1\gamma} - n_{2\alpha}\right) \quad (۶)$$

$$\otimes n_1 \times \otimes n_2 = \left(n_{1\alpha} \times n_{2\alpha}, n_{1\gamma} \times n_{2\gamma}\right) \quad (۷)$$

$$\otimes n_1 \div \otimes n_2 = \left(\frac{n_{1\alpha}}{n_{2\gamma}}, \frac{n_{1\gamma}}{n_{2\alpha}}\right) \quad (۸)$$

$$k \times (\otimes n_1) = \left(kn_{1\alpha}, kn_{1\gamma}\right) \quad (۹)$$

$$(\otimes n_1)^{-1} = \left(\frac{1}{n_{1\gamma}}, \frac{1}{n_{1\alpha}}\right) \quad (۱۰)$$

روش آراس خاکستری [1]

روش آراس (زاوادکاس[2] و توسکیس، ۲۰۱۰؛ زاوادکاس و همکاران، ۲۰۱۰؛ توپنیت[3] و همکاران، ۲۰۱۰) بر اساس این نظریه استوار است که پدیده‌های پیچیده جهان می‌تواند با استفاده از مقایسه‌های نسبی ساده فهمیده شود. در این روش مجموع مقادیر وزن‌دار شده و نرمال‌شده مقادیر معیارها برای هر گزینه که نشان‌دهنده شرایط یک گزینه است، بر مجموع مقادیر وزن‌دار شده و نرمال‌شده بهترین گزینه تقسیم می‌شود. این نسبت، درجه بهینه بودن [4] نامیده می‌شود. بر اساس این درجه بهینه بودن گزینه‌ها، رتبه‌بندی می‌شود.

در گام اوّل ماتریس تصمیم خاکستری [5] شکل می‌گیرد. ابعاد این ماتریس، $m \times n$ است.که m نشان‌دهنده تعداد گزینه‌ها (سطرها) و n تعداد معیارها (ستون‌ها) است.

1. ARAS-G
2. Zavadskas
3. Tupenaite
4. Degree Of Optimality
5. Grey Decision-Making Mmatrix (GDMM)

$$X=\begin{bmatrix} \otimes x_{01} & \dots & \otimes x_{0j} & \dots & \otimes x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{i1} & \dots & \otimes x_{ij} & \dots & \otimes x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{m1} & \dots & \otimes x_{mj} & \dots & \otimes x_{mn} \end{bmatrix} \qquad i=\overline{0,m};\ \ \overline{1,n} \qquad (۱۱)$$

که m تعداد گزینه‌ها و n تعداد معیارها است. $\otimes x_{ij}$ نشان‌دهنده عملکرد گزینه i ام در معیار j ام است. $\otimes x_{0j}$ مقدار بهینه برای معیار j ام است. اگر مقدار بهینه متغیر j ام نامعین باشد به شکل زیر مقداری برای آن تعیین می‌کنیم.

$$\otimes x_{0j}=\max_i \otimes x_{ij} \qquad ,if\ \max_i \otimes x_{ij} \qquad is\ preferable$$
$$\otimes x_{0j}=\min_i x_{ij}^{*} \qquad ,if\ \min_i x_{ij}^{*} \qquad is\ preferable \qquad (۱۲)$$

معمولاً مقدار ارزیابی گزینه‌ها در معیارها ($\otimes x_{ij}$) و وزن هر معیار ($\otimes_j$) به‌عنوان ورودی‌های ماتریس تصمیم توسط تصمیم‌گیرندگان داده می‌شود. باید در مرحله اوّل به این نکته توجّه شود که معیارها دارای ابعاد[1] متفاوتی هستند. برای ایجاد امکان مقایسه معیارها و برای اجتناب از سختی‌های احتمالی ناشی از تفاوت ابعاد معیارها، باید ابتدا مقادیر وزن داده‌شده را بدون بعد[2] کنیم. برای این کار مقادیر را بر مقدار بهینه که در فوق به دست آمد، تقسیم می‌کنیم. روش‌های متفاوتی برای بی‌بعد کردن مقادیر وجود دارد که یکی از روش‌ها در ذیل تشریح می‌شود.

با استفاده از روش نرمال‌سازی مقادیر ماتریس تصمیم اولیه به مقادیری در بازه (۱ و ۰) یا در بازه (∞ و ۰) تبدیل می‌شوند.

در گام دوم، مقادیر ورودی اولیه برای تمامی معیارها نرمال‌سازی شده و به شکل $\otimes \bar{x}_{ij}$ درآمده که درایه‌های ماتریس $\otimes \bar{X}$ هستند، که ه شکل زیر تعریف می‌شود.

1. Dimensions
2. Dimensionless

$$\otimes \bar{X} = \begin{bmatrix} \otimes \bar{x}_{01} & \dots & \otimes \bar{x}_{0j} & \dots & \otimes \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \bar{x}_{i1} & \dots & \otimes \bar{x}_{ij} & \dots & \otimes \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \bar{x}_{m1} & \dots & \otimes \bar{x}_{mj} & \dots & \otimes \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \qquad i = \overline{0,m};\ j = \overline{1,n} \qquad (۱۳)$$

برای معیارهای مثبت [1] نرمال‌سازی به شکل زیر انجام می‌شود:

$$\otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\oplus x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} \otimes x_{ii}} \qquad (۱٤)$$

برای معیارهای منفی [2] نرمال‌سازی به شکل زیر انجام می‌شود:

$$\otimes x_{ij} = \frac{1}{\otimes x_{ij}^{*}} \qquad \otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\oplus x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} \otimes x_{ij}} \qquad (۱٥)$$

وقتی مقادیر بدون بعد معیارها مشخص شود، این امکان فراهم می‌آید که معیارها با یکدیگر مقایسه شوند.

در گام سوم: وزن‌ها را در ماتریس نرمال‌شده $\otimes \bar{X}$، اعمال می‌کنیم. تا ماتریس $\otimes \hat{X}$ به دست آید. وزن هر معیارزام با $\otimes w_j$ نمایش داده می‌شود. وزن‌ها توسط خبرگان تعیین می‌شوند. وزن‌های داده‌شده باید شروط زیر را داشته باشند:

$$0 < \otimes w_j < 1$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_j = 1 \qquad (۱٦)$$

$$\otimes \hat{X} = \begin{bmatrix} \otimes \hat{x}_{01} & \dots & \otimes \hat{x}_{0j} & \dots & \otimes \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \hat{x}_{i1} & \dots & \otimes \hat{x}_{ij} & \dots & \otimes \hat{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \hat{x}_{m1} & \dots & \otimes \hat{x}_{mj} & \dots & \otimes \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \qquad i = \overline{0,m};\ j = \overline{1,n} \qquad (۱۷)$$

$$\otimes \hat{x}_{ij} = \otimes \bar{x}_{ij} \times \otimes w_j; \qquad i = \overline{0,m} \qquad (۱۸)$$

1. Benefit Type Criteria
2. Cost Type Criteria

که w_j وزن (اهمیت) معیار j ام و $\bar{x}_{ij}$ مقدار نرمال‌شده معیار j ام است. رابطه ۱۹ ارزش تابع بهینه [1] را مشخص می‌کند:

$$\otimes S_i = \sum_{i=1}^{n} \otimes \hat{x}_{ij}; \qquad i = \overline{0,m} \tag{۱۹}$$

که $\otimes S_i$ ارزش تابع بهینه برای گزینه i است. بهترین گزینه، گزینه‌ای است که بالاترین ارزش تابع بهینه را داشته باشد. و بدترین گزینه، گزینه‌ای است که کمترین ارزش تابع بهینه را داشته باشد. اولویت گزینه‌ها بر اساس مقدار $\otimes S_i$ مشخص می‌شود.

نتیجه تصمیم‌گیری خاکستری برای هر گزینه، عدد خاکستری $\otimes S_i$ است. روش‌های متعددی برای تبدیل مقدار خاکستری به مقدار قطعی وجود دارد. روش مرکز ناحیه [2] یکی از کاربردی‌ترین و ساده‌ترین روش‌ها است که در ذیل به آن اشاره‌شده است.

$$S_i = \frac{1}{2}\left(S_{i\alpha} + S_{i\gamma}\right) \tag{۲۰}$$

درجه مطلوبیت هر گزینه [3] از مقایسه آن با بهترین مقدار که S_0 نام دارد به دست می‌آید. معادله‌ای درجه مطلوبیت که K_i نام دارد برای گزینه A_i در ذیل تشریح شده است.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}\ ; \qquad i = \overline{0,m} \tag{۲۱}$$

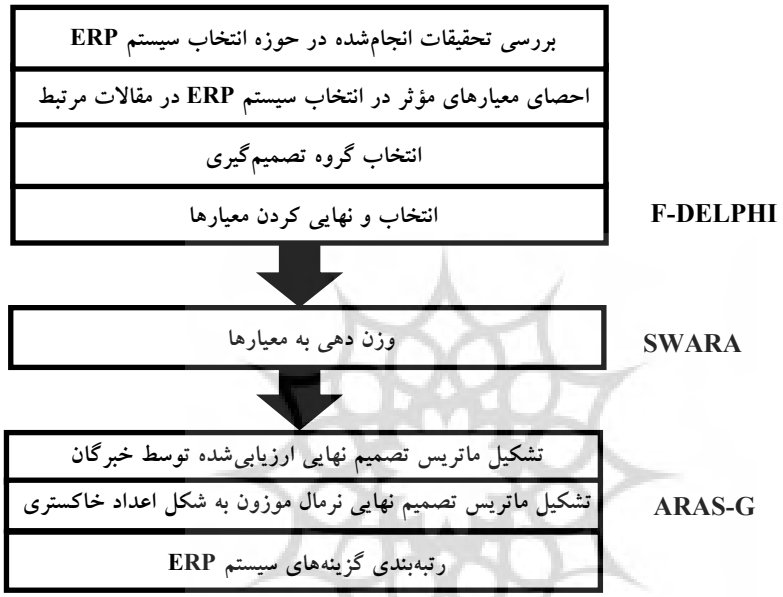
که S_0 و S_i از معادله (۱۹) به‌دست‌آمده‌اند. واضح است که مقدار K_i در بازه (۱ و ۰) قرار دارد. بر اساس مقادیر K_i گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

چارچوب و روش تحقیق

این پژوهش از نظر نوع هدف، تحقیقی کاربردی بوده و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها، توصیفی ـ اکتشافی است که هدف آن ضمن شناسایی معیارهای مؤثر، به انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی است. مدل مفهومی این تحقیق در شکل۱، آمده است.

---

1. Optimality Function
2. Centre-Of-Area
3. Utility Degree



شکل ۱. مراحل تحقیق

در گام اول با بررسی تحقیقات انجام‌شده در حوزه انتخاب سیستم ERP، معیارهای مؤثر موردبررسی قرار می‌گیرند و فهرستی از معیارهای شناسایی‌شده در اختیار خبرگان شرکت قرار می‌گیرد، سپس معیارهای موردنظر پس از بررسی موردمطالعه و بر اساس نظر خبرگان با روش دلفی فازی نهایی و انتخاب می‌شوند. در گام بعد بر اساس روش سوآرا وزن نهایی معیارهای موردنظر به دست می‌آید و برای انتخاب سیستم ERP، بر اساس روش آراس خاکستری، ماتریس تصمیم نهایی ارزیابی‌شده توسط خبرگان تشکیل می‌گردد. در گام بعد ماتریس تصمیم نهایی نرمال موزون به شکل اعداد خاکستری ایجاد خواهد شد و درنهایت گزینه‌های سیستم ERP رتبه‌بندی خواهند شد.

مطالعه موردی

برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی، مطالعه‌ای موردی در یک شرکت که در امور مدیریت سرمایه، مالی و بازار اقدام به ارائه خدمات مشاوره‌ای می‌نماید، صورت گرفت. این شرکت با هدف جذب، تمرکز و مدیریت سرمایه و فراهم آوردن بستر برای فعالیت-های اقتصادی مفید فعالیت حرفه‌ای خود را آغاز نموده و در حال حاضر آماده به ارائه خدمات در بخش‌های خریدوفروش و تضمین سهام و شرکت‌های سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاری در خطوط ارتباطی (هواپیمایی، جاده‌ای، ریلی و مخابراتی)، مشارکت و سرمایه‌گذاری با شرکت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی داخلی و خارجی، سرمایه‌گذاری در مورد احداث، تأسیس و اجرای ساختمان‌های مسکونی، تجاری و اداری و سرمایه‌گذاری و مشارکت در راه‌اندازی فروشگاه‌های مجازی است. همچنین این شرکت در پروژه‌هایی ازجمله: اجرای فیبر نوری در دریاهای آزاد، بانک الکترونیک، بندر خشک و انرژی‌های نوین، در حال سرمایه‌گذاری است. ازاین‌رو این شرکت نیازمند اجرای سیستم برنامه-ریزی منابع سازمانی (ERP)، برای فعالیت‌ها و پروژه‌های در حال اجرای خود است. ازاین‌رو مطالعه‌ای باهدف شناسایی معیارهای مؤثر برای انتخاب سیستم ERP و انتخاب مناسب‌ترین سیستم ERP در شرکت موردنظر انجام شد. گروه تصمیم‌گیری متشکل از ٦ نفر از اعضای شرکت با تخصص فناوری اطلاعات به سرپرستی مدیر تحقیق و توسعه شرکت تشکیل گردید. معیارهای مؤثر برای انتخاب سیستم ERP پس از بررسی ادبیات تحقیق، با بهره‌گیری از روش دلفی فازی تعدیل و نهایی شد که در جدول ۲، ذکرشده است.

جدول۲. معیارهای شناسایی‌شده برای انتخاب سیستم ERP

معیار	تعریف
قابلیت‌های کارکردی نرم‌افزار	اجزا بدون اینکه به عملکرد کل سیستم اختلالی وارد کنند ارتقا یابند، کاربرپسند بودن سیستم و سلسله مراتبی بودن کارکردها و پذیرش سیستم از طرف کارکنان را شامل می‌شود.
پیاده‌سازی مدیریت پروژه	به‌کارگیری دانش، مهارت، ابزار و تکنیک‌ها برای فعالیت‌های پروژه برای تحقق الزامات پروژه در پیاده‌سازی سیستم نرم‌افزاری است.
ویژگی‌های عمومی	مشخصات سیستمی که در بیشتر نرم‌افزارهای سازمانی فارغ از نوع سیستم به‌صورت حداقلی وجود دارد
ویژگی‌های فروشنده	سهم بازار، شهرت، تعداد مشاورین، تعداد نصب‌های انجام‌شده، زیرساخت‌های پشتیبانی و پیاده‌سازی‌های گذشته، فاکتورهای مهمی هستند که تعهد فروشنده را نشان می‌دهند.
قابلیت کیفی نرم‌افزار	شامل قابلیت آزمون‌پذیری، قابلیت سپردن به حافظه، اجتناب از خطا، قابلیت مقابله با خطا، قابلیت یکپارچگی و قابلیت یادگیری را شامل می‌شود.

با استفاده از معیارهای شناسایی‌شده نهایی برای رتبه‌بندی هشت گزینه سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP) استفاده می‌شود که گزینه‌های موردنظر در جدول۳، آمده است.

جدول۳. گزینه‌های سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP)

کد گزینه	گزینه	شرح گزینه‌ها
A_1	سیستم‌های اطلاعات	یک سیستم کامل طراحی‌شده برای تولید، جمع‌آوری، سازمان‌دهی، ذخیره، بازیابی و اشاعه اطلاعات در سازمان.
A_2	سیستم‌های اطلاعات مالی	دسته‌ای از سیستم‌های پردازش مبادلات برای انجام امور مالی
A_3	سیستم‌های اطلاعات حسابداری	گونه‌ای از سیستم‌های اطلاعات سازمانی که اطلاعات مالی حساب‌ها را جمع‌آوری و پردازش می‌کند.

کد گزینه	گزینه	شرح گزینه‌ها
A_4	سیستم‌های اطلاعات سازمانی	سیستم‌های اطلاعات که برای اطلاعات سازمانی استفاده می‌شوند.
A_5	سیستم‌های اطلاعات مدیریت	که معمولاً داده‌های داخل سازمان را از سیستم‌های پردازش مبادلات گرفته و خلاصه‌سازی معناداری از آن‌ها را در قالب گزارش‌های مدیریت برای پشتیبانی وظایف مدیریت بر عهده دارد.
A_6	سیستم‌های اطلاعات منابع انسانی	یک سیستم اطلاعات برای جمع‌آوری، ذخیره، نگهداری، بازیابی داده‌های موردنیاز یک سازمان از کارکنانش و هم‌چنین برای کمک به برنامه‌ریزی، امور اداری، تصمیم‌گیری و کنترل فعالیت‌های مدیریت منابع انسانی.
A_7	سیستم‌های پردازش مبادلات	سیستم‌های اطلاعات که از طریق رویه‌ها و پردازش اطلاعات بر روی فعالیت‌های روزانه و تبادلات سازمان، کنترل عملیاتی اعمال می‌کنند.
A_8	سیستم‌های مدیریت قراردادها	یک سیستم پردازش مبادلات رایانه‌ای است که برای ثبت و ذخیره اطلاعات قراردادها، بازیابی آن‌ها در مواقع موردنیاز، انجام عملیات مالی مربوط به قراردادها مانند تأمین اعتبار، صدور مجوز است.

بر مبنای گام اوّل روش سوآرا از خبره خواسته‌شده تا معیارها را برحسب اهمیت به‌طور نزولی مرتب نماید. که این اولویت‌بندی در ستون دوم جدول شماره ٤، به نمایش درآمده است. هم‌چنین گام‌های دوم تا چهارم روش سوآرا به ترتیب در ستون‌های سوم تا پنجم جدول شماره٤ آمده است. درنهایت با پیمودن گام نهایی روش سوآرا و نرمال‌سازی اوزان معیارهای مؤثر، وزن نهایی آن‌ها در ستون ششم جدول شماره ٤ به نمایش درآمده است.

جدول٤. محاسبه وزن معیارهای مؤثر

کد معیار	معیارها	مقدار متوسط اهمیت نسبی	محاسبه ضریب K_j	محاسبه وزن اولیه هر شاخص	محاسبه وزن نرمال نهایی
C_1	قابلیت کارکردی نرم‌افزار	۱	۱	۱	۰/۲٦۷٦۱٤۹۱۳
C_2	پیاده‌سازی مدیریت پروژه	۰/۰۹	۱/۰۹	۰/۹۱۷٤۳۱۱۹۳	۰/۲٤٥٥۱۸۲٦۹
C_3	قابلیت کیفی نرم‌افزار	۰/۱۳	۱/۱۳	۰/۸۱۱۸۸٦۰۱۱	۰/۲۱۷۲۷۲۸۰٥
C_4	ویژگی‌های فروشنده	۰/۲۸	۱/۲۸	۰/٦۳٤۲۸٥۹٤٦	۰/۱٦۹۷٤٤۳۷۹
C_5	ویژگی‌های عمومی	۰/۷	۱/۷	۰/۳۷۳۱۰۹۳۸	۰/۰۹۹۸٤۹٦۳٤

حال از خبرگان خواسته‌شده تا به ارزیابی هر یک از گزینه‌ها در معیارهای مذکور بر مبنای ادبیات متغیرهای زبانی جدول شماره ٥، بپردازند تا جدول تصمیم نهایی به شکل آنچه در جدول شماره ٦ نمایش داده‌شده حاصل گردد.

جدول ٥. متغیرهای زبانی متناظر با اعداد خاکستری (توسکیس و زاوادکاس، ۲۰۱۰).

عدد خاکستری متناظر	متغیرهای زبانی
(۰و۰/۲)	خیلی کم(VL)
(۰/۳ و ۰/۱)	کم (L)
(۰/٤ و ۰/۲)	متوسط رو به پایین(ML)
(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	متوسط (M)
(۰/۸ و ۰/٦)	متوسط رو به بالا (MH)
(۰/۹ و ۰/۷)	زیاد (H)
(۱ و ۰/۸)	خیلی زیاد (VH)

جدول٦. ماتریس تصمیم نهایی ارزیابی‌شده به‌وسیله متغیرهای زبانی اعداد خاکستری

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	M	M	L	ML	ML
A_2	VH	H	M	MH	VH
A_3	H	H	ML	M	VH
A_4	MH	ML	M	ML	M
A_5	H	MH	M	ML	H
A_6	H	M	M	ML	H
A_7	MH	M	M	ML	MH
A_8	MH	ML	M	ML	MH

حال متغیرهای زبانی موجود در جدول شماره ٦ را به کمک جدول شماره ۵ به اعداد خاکستری تبدیل نموده تا جدول تصمیم نهایی با اعداد خاکستری به دست آید که نتیجه در قالب جدول شماره۷ قابل‌مشاهده است.

جدول ۷. ماتریس تصمیم نهایی ارزیابی‌شده به شکل اعداد خاکستری

معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
نوع معیار	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	**مثبت**
وزن معیارها	۰/۲٤٥٥	۰/۲۱۷۲	۰/۰۹۹۸	۰/۱٦۹۷	**۰/۲٦۷٦**
گزینه بهینه	(۱ و ۰/۸)	(۰/۹ و ۰/۷)	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	**(۱ و ۰/۸)**
A_1	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	(۰/۳ و ۰/۱)	(۰/٤ و ۰/۲)	**(۰/٤ و ۰/۲)**
A_2	(۱ و ۰/۸)	(۰/۹ و ۰/۷)	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	(۰/٤ و ۰/۲)	**(۱ و ۰/۸)**
A_3	(۰/۹ و ۰/۷)	(۰/۹ و ۰/۷)	(۰/٤ و ۰/۲)	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	**(۱ و ۰/۸)**
A_4	(۰/۸ و ۰/٦)	(۰/٤ و ۰/۲)	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	(۰/٤ و ۰/۲)	**(۰/٦٥ و ۰/۳٥)**
A_5	(۰/۹ و ۰/۷)	(۰/۸ و ۰/٦)	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	(۰/٤ و ۰/۲)	**(۰/۹ و ۰/۷)**
A_6	(۰/۹ و ۰/۷)	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	(۰/٦٥ و ۰/۳٥)	(۰/٤ و ۰/۲)	**(۰/۹ و ۰/۷)**

معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_7	(۰/۸ و ۰/۶)	(۰/۶۵ و ۰/۳۵)	(۰/۶۵ و ۰/۳۵)	(۰/۴ و ۰/۲)	**(۰/۹ و ۰/۷)**
A_8	(۰/۸ و ۰/۶)	(۰/۴ و ۰/۲)	(۰/۶۵ و ۰/۳۵)	(۰/۴ و ۰/۲)	**(۰/۸ و ۰/۶)**

حال در گام بعدی با توجه به رابطه شماره ۱۲ گزینه ایده‌آل را به دست آورده و جدول تصمیم نهایی را با توجه به مثبت و منفی بودن معیارها و با کمک روابط شماره ۱۴ و ۱۵ نرمال‌سازی نموده، سپس وزن نهایی معیارها را با کمک رابطه شماره ۱۸ در ستون متناظر با هر معیار ضرب نموده تا ماتریس تصمیم نرمال موزون به شکل جدول شماره ۸، به دست آید.

جدول۸. ماتریس تصمیم نهایی نرمال موزون به شکل اعداد خاکستری

معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
نوع معیار	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت
وزن معیارها	۰/۲۴۵۵	۰/۲۱۷۲	۰/۰۹۹۸	۰/۱۶۹۷	۰/۲۶۷۶
گزینه بهینه	(۰/۰۲۹۱ و۰/۰۴۸۶)	(۰/۰۵۶۷و۰/۰۲۸۴)	(۰/۰۷۵۹و۰/۰۲۷)	(۰/۰۱۷۲و۰/۰۶۳)	(۰/۰۳۲۷و۰/۰۵۵۲)
A_1	(۰/۰۱۲۶و۰/۰۳۱۶)	(۰/۰۱۴۲و۰/۰۴۰۹)	(۰/۰۲۱۷و۰/۰۱۲۵)	(۰/۰۰۹۸۴و۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۰۸۱۶و۰/۰۲۲۱)
A_2	(۰/۰۲۹۱۰و۰/۰۴۸۶)	(۰/۰۵۶۷و۰/۰۲۸۴)	(۰/۰۷۵۹و۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴و۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۳۲۷و۰/۰۵۵۲)
A_3	(۰/۰۲۵۵و۰/۰۴۳۷)	(۰/۰۲۸۴و۰/۰۵۶۷)	(۰/۰۴۳۴و۰/۰۱۶۶)	(۰/۰۱۷۲و۰/۰۶۳)	(۰/۰۳۲۷و۰/۰۵۵۲)
A_4	(۰/۰۲۱۸و۰/۰۳۸۹)	(۰/۰۰۸۱۲و۰/۰۲۵۲)	(۰/۰۷۵۹و۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴و۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۱۴۳و۰/۰۳۵۹)
A_5	(۰/۰۲۵۵و۰/۰۴۳۷)	(۰/۰۲۴۳و۰/۰۵۰۴)	(۰/۰۷۵۹و۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴و۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۲۸۶و۰/۰۴۹۷)
A_6	(۰/۰۲۵۵و۰/۰۴۳۷)	(۰/۰۱۴۲و۰/۰۴۰۹)	(۰/۰۷۵۹و۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴و۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۲۸۶و۰/۰۴۹۷)
A_7	(۰/۰۲۱۸و۰/۰۳۸۹)	(۰/۰۱۴۲و۰/۰۴۰۹)	(۰/۰۷۵۹و۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴و۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۲۸۶و۰/۰۴۹۷)
A_8	(۰/۰۲۱۸و۰/۰۳۸۹)	(۰/۰۰۸۱۲و۰/۰۲۵۲)	(۰/۰۷۵۹و۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴و۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۲۴۵و۰/۰۴۴۱)

حال تابع ارزش بهینه را با کمک رابطه شماره ۱۹ به دست می‌آید. حال با توجه به این‌که مقدار به‌دست‌آمده به شکل اعداد خاکستری است، باهدف مقایسه این اعداد با یکدیگر با کمک رابطه شماره ۲۰ آن‌ها را به شکل اعداد غیر خاکستری درآورده و با کمک رابطه

شماره ۲۱ درجه مطلوبیت هر گزینه را به دست آورده و درنهایت گزینه‌ها را بر مبنای مقدار درجه مطلوبیت متناظر با هریک از آن‌ها، رتبه‌بندی می‌شوند. نتایج فرآیندهای مذکور را در قالب جدول شماره ۹ به نمایش درآمده است.

جدول ۹. نتایج نهایی روش آراس خاکستری

گزینه‌ها	Sgray	S	K	رتبه
گزینه بهینه	(۰/۱۸۳۳و ۰/۲۵۰۵)	۰/۲۱۶۹	۱	۰
A_1	(۰/۰۶۶۵و ۰/۱۴۵۹)	۰/۱۰۶۲	۰/۴۸۹۶	۸
A_2	(۰/۱۷۵۹و ۰/۲۲۶۳)	۰/۲۰۱۱	۰/۹۲۷۲	۱
A_3	(۰/۱۴۷۲و ۰/۲۳۵۲)	۰/۱۹۱۲	۰/۸۸۱۵	۲
A_4	(۰/۱۲۹۹۶و ۰/۱۶۵۸)	۰/۱۴۷۹	۰/۶۸۱۹	۷
A_5	(۰/۱۶۴۱و ۰/۲۰۹۶)	۰/۱۸۶۹	۰/۸۶۱۷	۳
A_6	(۰/۱۵۱۴و ۰/۲۰۰۱)	۰/۱۷۵۸	۰/۸۱۱	۴
A_7	(۰/۱۵۰۳و ۰/۱۹۵۳)	۰/۱۷۲۸	۰/۷۹۶۷	۵
A_8	(۰/۱۴۰۲و ۰/۱۷۴)	۰/۱۵۷۱	۰/۷۲۴۲	۶

همان‌طور که در جدول٤ مشاهده می‌شود، در این پژوهش معیارهای قابلیت کارکردی نرم‌افزار، پیاده‌سازی مدیریت پروژه، قابلیت کیفی نرم‌افزار با اوزان ۰,۲۶۷۶، ۰,۲۴۵۵ و ۰,۲۱۷۲ به ترتیب از بالاترین میزان اهمیت برای در میان معیارهای تصمیم‌گیری برخوردار می‌باشند. هم‌چنین در میان گزینه‌های سیستم ERP، بر اساس نتایج جدول ۹، گزینه‌های دوم (سیستم اطلاعات مالی)، سوم (سیستم اطلاعات حسابداری) و پنجم (سیستم اطلاعات مدیریت) به‌عنوان مهم‌ترین گزینه‌ها برای موردمطالعه شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی در توسعه پایدار و کسب مزیت رقابتی در عصر حاضر نقشی حیاتی دارد و از طرفی برای انتخاب سیستم مناسب برنامه‌ریزی منابع سازمانی،

توجه به معیارهای مؤثر ضروری است. ازاین‌رو در این تحقیق به‌منظور شناسایی معیارهای مؤثر و هم‌چنین انتخاب مناسب‌ترین انتخاب سیستم ERP، در ابتدا با بررسی تحقیقات انجام‌شده در حوزه انتخاب سیستم ERP، معیارهای مؤثر موردبررسی قرار گرفتند و فهرستی از معیارهای شناسایی‌شده در اختیار خبرگان شرکت قرار گرفت، سپس معیارهای موردنظر پس از بررسی موردمطالعه و بر اساس نظر خبرگان انتخاب شدند. در گام بعد با روش سوآرا وزن نهایی معیارهای موردنظر به دست آمد که معیارهای قابلیت کارکردی نرم‌افزار، پیاده‌سازی مدیریت پروژه و قابلیت کیفی نرم‌افزار به‌عنوان بااهمیت‌ترین معیارها معرفی شدند که لزوم توجه به معیارهای مذکور با توجه به شرکت موردمطالعه که در زمینه پروژه فعالیت می‌کند، ضروری است. برای انتخاب مناسب‌ترین سیستم ERP، بر اساس روش آراس خاکستری، ماتریس تصمیم نهایی ارزیابی‌شده توسط خبرگان تشکیل شد. سپس ماتریس تصمیم نهایی نرمال موزون به شکل اعداد خاکستری ایجاد شد و درنهایت گزینه‌های سیستم ERP رتبه‌بندی شدند که گزینه‌های دوم (سیستم اطلاعات مالی)، سوم (سیستم اطلاعات حسابداری) و پنجم (سیستم اطلاعات مدیریت) به‌عنوان مهم‌ترین گزینه‌های سیستم ERP برای موردمطالعه شناسایی شدند. بنابراین شرکت باید در انتخاب سیستم ERP، به ارتقای اجزا بدون واردکردن اختلال به عملکرد کل سیستم، کاربرپسند بودن سیستم و پذیرش آن توسط کارکنان و به‌کارگیری دانش، مهارت، ابزارها و تکنیک‌ها برای فعالیت‌های پروژه توجه کند و اینکه سیستم انتخابی باید قابلیت آزمون‌پذیری، یکپارچگی و یادگیری نیز داشته باشد. علاقه‌مندان به این حوزه برای تحقیقات آتی، می‌توان موارد زیر را پیگیری نمایند:

ارزیابی و رتبه‌بندی فروشندگان یا مراکز خدمات پس از فروش سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی و سایر نرم‌افزارها در این حوزه که باید ابتدا معیارهای مؤثر این حوزه‌ها شناسایی‌شده و سپس به رتبه‌بندی پرداخته شود.

طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری با استفاده از مدل پیشنهادی تحقیق حاضر به‌منظور تعیین اوزان و رتبه‌بندی گزینه‌های سیستم ERP.

مقایسه نتایج این تحقیق با سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی مانند: PROMETHEE،ELECTERE، ARAS و IVIF و ... .

بهره‌گیری از روش‌های هوش مصنوعی مثل شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های ژنتیک برای انتخاب گزینه‌های سیستم ERP.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

بهبودی اصل، منوچهر؛ رحمانی یوشانلویی، حسین؛ انصاری، منوچهر؛میرکاظمی، محمد. (۱۳۹۱). شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی(ERP) از دیدگاه خبرگان. *نشریه مدیریت فناوری اطلاعات*، ٤(۱۲)،۱-۲۲.

فیضی، کامران.، ثابت مطلق، محمد. و عابدینی نائینی، مهدی. (۱۳۹٤). به‌کارگیری رویکرد تلفیقی QFD، FAHP و VIKOR به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین سامانه ERP. *مطالعات مدیریت فناوری اطلاعات*، ۳(۱۰)،۱-۲۰.

مانیان امیر، موسی خانی محمد، جام پرازمی مونا. (۱۳۸۷). بررسی رابطه بین هم‌راستایی فن‌آوری اطلاعات و کسب‌وکار با عملکرد سازمانی در شرکت‌های فعال در زمینه فناوری؛ اطلاعات با استفاده از مدل معادلات ساختاری. *نشریه مدیریت فناوری اطلاعات*، ۱(۳).

Alimardani, M., Zolfani, S. H., Aghdaie, M. H., & Tamošaitienė, J. (2013). A novel hybrid SWARA and VIKOR methodology for supplier selection in an agile environment. *Technological and Economic Development of Economy*, 19(3), 533-548.

Asl, M. B., Khalilzadeh, A., Youshanlouei, H. R., & Mood, M. M. (2012). Identifying and ranking the effective factors on selecting Enterprise Resource Planning (ERP) system using the combined Delphi and Shannon Entropy approach. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 41, 513-520.

Ayağ, Z. (2010). A combined fuzzy AHP-simulation approach to CAD software selection. *International Journal of General Systems*, 39(7), 731-756.

Ayağ, Z., & Özdemir, R. G. (2007). An intelligent approach to ERP software selection through fuzzy ANP. *International Journal of Production Research*, 45(10), 2169-2194.

Cebeci, U. (2009). Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8900-8909.

Chang, Y. H. (1998). Transportation plan appraisal and decision making-discussion and application of the fuzzy theory, Hwatai, Taipei (Chinese edition).

Chen, M. F., & Tzeng, G. H. (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. *Mathematical and Computer Modelling*, 40(13), 1473-1490.

Chen, M. K., & Wang, S. C. (2010). The use of a hybrid Fuzzy-Delphi-AHP approach to develop global business intelligence for information service

firms. *Expert Systems with Applications*, *37*(11), 7394-7407.
Dalkey, N., & Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management science*, *9*(3), 458-467.
Dehnavi, A., Aghdam, I. N., Pradhan, B., & Varzandeh, M. H. M. (2015). A new hybrid model using step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA) technique and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for regional landslide hazard assessment in Iran. *Catena*, 135, 122-148.
Hashemkhani Zolfani, S., & Bahrami, M. (2014). Investment prioritizing in high tech industries based on SWARA-COPRAS approach. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(3), 534-553.
Hicks, D. A., & Stecke, K. E. (1995). The ERP maze: enterprise resource planning and other production and inventory control software. *IIE solutions*, 27(8), 12-17.
Ju-Long, D. (1982). Control problems of grey systems. *Systems & Control Letters*, 1(5), 288-294.
Kara, S. S., & Cheikhrouhou, N. (2014). A multi criteria group decision making approach for collaborative software selection problem. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 26(1), 37-47.
Karsak, E. E., & Özogul, C. O. (2009). An integrated decision making approach for ERP system selection. *Expert systems with Applications*, 36(1), 660-667.
Keršuliene, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243-258.
Lai, V. S., Trueblood, R. P., & Wong, B. K. (1999). Software selection: a case study of the application of the analytical hierarchical process to the selection of a multimedia authoring system. *Information & Management*, 36(4), 221-232.
Lai, V. S., Wong, B. K., & Cheung, W. (2002). Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection. *European Journal of Operational Research*, 137(1), 134-144.
Lee, H. S., Shen, P. D., & Chih, W. L. (2004). A fuzzy multiple criteria decision making model for software selection. In *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*.
Liao, X., Li, Y., & Lu, B. (2007). A model for selecting an ERP system based on linguistic information processing. *Information Systems*, 32(7), 1005-1017.
Liu, S., & Lin, Y. (2006). *Grey information: theory and practical applications*. Springer Science & Business Media.
Méxas, M. P., Quelhas, O. L. G., & Costa, H. G. (2012). Prioritization criteria for enterprise resource planning systems selection for civil

construction companies: a multicriteria approach. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 39(8), 855-866.

Mulebeke, J. A., & Zheng, L. (2006). Analytical network process for software selection in product development: A case study. *Journal of Engineering and Technology Management*, 23(4), 337-352.

Murray, T. J., Pipino, L. L., & van Gigch, J. P. (1985). A pilot study of fuzzy set modification of Delphi. *Human Systems Management*, *5*(1), 76-80.

Rouyendegh, B. D., & Erkan, T. E. (2011). ERP system selection by AHP method: case study from Turkey. *International Journal of Business and Management Studies*, 3(1), 39-48.

Şen, C. G., & Baraçlı, H. (2010). Fuzzy quality function deployment based methodology for acquiring enterprise software selection requirements. *Expert Systems with Applications*, 37(4), 3415-3426.

Şen, C. G., Baraçlı, H., Şen, S., & Başlıgil, H. (2009). An integrated decision support system dealing with qualitative and quantitative objectives for enterprise software selection. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 5272-5283.

Su, Y. F., & Yang, C. (2010). A structural equation model for analyzing the impact of ERP on SCM. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 456-469.

Tupenaite, L., Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Turskis, Z., & Seniut, M. (2010). Multiple criteria assessment of alternatives for built and human environment renovation. *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(2), 257-266.

Wei, C. C., Chien, C. F., & Wang, M. J. J. (2005). An AHP-based approach to ERP system selection. *International journal of production economics*, 96(1), 47-62.

Yazgan, H. R., Boran, S., & Goztepe, K. (2009). An ERP software selection process with using artificial neural network based on analytic network process approach. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 9214-9222.

Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2), 159-172.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Vilutiene, T. (2010). Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method. *Archives of civil and mechanical engineering*, 10(3), 123-141.

Zolfani, S. H., Aghdaie, M. H., Derakhti, A., Zavadskas, E. K., & Varzandeh, M. H. M. (2013). Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating. *Expert systems with applications*, 40(17), 7111-7121.

Zolfani, S. H., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2013). Design of products

with both International and Local perspectives based on Yin-Yang balance theory and SWARA method. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 26(2), 153-166.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی