

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 به منظور 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. از این رو در تحقیق حاضر، ضمن شناسایی معیارهای مؤثر بر انتخاب سیستم ERP، به انتخاب مناسب‌ترین سیستم نیز پرداخته شده است. در ابتدا با بررسی تحقیقات انجام‌شده در حوزه انتخاب سیستم ERP، معیارهای مؤثر مورد بررسی قرار گرفتند و فهرستی از معیارهای شناسایی شده در اختیار خبرگان شرکت قرار گرفت، سپس معیارهای مورد نظر پس از بررسی مورد مطالعه 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.

۷۴ مطالعات مدیریت فناوری اطلاعات، سال پنجم، شماره ۱۸، زمستان ۹۵

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 مورد مطالعه شناسایی شدند.

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

مقدمه

در محیط کسب‌وکار پویای امروز، بقای سازمان‌ها شدیداً به وضعیت رقابتی آن‌ها بستگی دارد (فیضی و همکاران، ۱۳۹۴) که این سازمان‌ها با پیچیده‌ترین و رقابتی‌ترین محیط نسبت به گذشته مواجه هستند (سو و یانگ^۱، ۲۰۱۰)، بنابراین برای مقابله با این چالش‌ها و حفظ مزیت رقابتی استفاده از فناوری اطلاعات ضروری می‌باشند. با وجود 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 شناخته شده‌اند که بازارهای با مقیاس بزرگ را در درجه اول هدف قرار می‌دهند (کارزاک و اوزگول^۲، 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^۳، ۲۰۰۹). پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز سیستم ERP در سازمان، به دلیل پیچیدگی، هزینه‌های بالا و ریسک‌های سازگاری یکی از مشکل‌ترین پروژه‌های سرمایه‌گذاری است (کومار و همکاران^۴، ۲۰۰۲). شکست در انتخاب نرم‌افزار ERP منجر به شکست پروژه و یا عملکرد شرکت می‌شود (لیاو و همکاران^۵، ۲۰۰۷). وجود معیارهای چندگانه مدیریتی و فنی و مشارکت تصمیم‌گیرندگان متعدد، باعث گسترش تصمیم‌گیری از ابعاد مختلف شده است و در نتیجه، فرآیند انتخاب پیچیده‌تر شده است (لای و همکاران^۶، ۱۹۹۹؛ کارا و چیخروحو^۷، ۲۰۱۴). 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 مطرح شده از اوزان مختلفی برخوردار است و به عبارتی باید اوزان مختلفی را بر اساس شرایط حاکم به معیارهای مورد نظر تخصیص داد. بنابراین نیاز به بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ است که معیارهای مختلف دخیل را در نظر گیرد. لذا به دلیل پیچیدگی‌های بیان شده، 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 انجام شده 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 در نهایت پیشنهادهایی اجرایی و پژوهشی در مورد مسئله ارائه خواهد شد.

پیشینه تحقیق

اگرچه انتخاب نرم‌افزار دارای اهمیت قابل توجه 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^۲ (۲۰۰۴)

1. Multiple Criteria Decision Making

2. Lee et al.

SWOT را بر اساس انتخاب نرم‌افزار ERP مورد مطالعه قراردادند. وی و همکارانش^۱ (۲۰۰۵) مدل AHP که شرکت قادر می‌سازد تا عوامل انتخاب نرم‌افزار ERP را تعیین کند، تعریف کردند. مولوبوک و ژنگ^۲ (۲۰۰۶) روش AHP را به‌عنوان تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره، برای پشتیبانی از انتخاب نرم‌افزار مناسب با فرآیند توسعه محصول معرفی کردند. لیاو و همکاران (۲۰۰۷) درجه شباهتی بر اساس الگوریتمی در مورد سیستم‌های ERP که ممکن است با اظهارات گوناگون زبانی تعریف شود، معرفی کردند. ایگ و اوزدمیر^۳ (۲۰۰۷) به توسعه فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (ANP) بر اساس رویکردی هوشمند برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه‌های نرم‌افزار ERP پرداختند. سن و همکاران^۴ (۲۰۰۹) سیستم پشتیبانی تصمیم جدیدی برای یکپارچه‌سازی ارزیابی تناسب کارکردی و غیر کارکردی، برای تعیین نرم‌افزار ERP مناسب ارائه کردند. یزگان و همکاران^۵ (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. ایگ (۲۰۱۰) AHP فازی و شبیه‌سازی را به‌وسیله یکپارچه‌سازی آن‌ها در طراحی به کمک کامپیوتر ارائه داد. سن و باراکلی^۶ (۲۰۱۰) از رویکرد QFD فازی به انتخاب بهترین نرم‌افزار ERP پرداختند. رویندق و ارکان^۷ (۲۰۱۱)، مکزاس و همکاران^۸ (۲۰۱۲) از AHP در 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^۱ (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 (۲۰۱۴) یک روش دو مرحله‌ای، شامل AHP فازی برای وزن دهی و تکنیک TOPSIS برای رتبه‌بندی گزینه‌های انتخاب نرم‌افزارهای مشترک تعیین کردند.

در ادبیات تأکید زیادی بر دشواری پیاده‌سازی ERP و اهمیت انتخاب بهترین و مناسب‌ترین سیستم شده است. با وجود این، شرکت‌های بسیاری سیستم ERP خود را عجولانه و بدون درک تأثیرات کسب‌وکارشان یا نیازشان به سازگاری با کل اهداف و استراتژی‌های سازمانی نصب کرده‌اند (هیکس و استک^۲، 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). از این‌رو 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 انجام شده که در جدول ۱، آمده است.

1. Asl et al.
2. Hicks & Stecke

جدول ۱. معیارهای شناسایی شده در پژوهش‌های گذشته

معیارهای شناسایی شده	محققان - سال
قابلیت اتکا و کارکرد سیستم، تناسب با سایر سیستم‌ها، ارائه بهترین کارکردها برای کسب‌وکار، یکپارچگی و هماهنگی مازولی، بهره‌گیری از جدیدترین فناوری‌ها، اعتبار فروشنده، قابلیت ارتقا، خدمات پس از فروش، سفارشی‌سازی آسان، پایین بودن هزینه‌های مالکیت	کومار و همکاران (۲۰۰۲) 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 مازولی، زمان اجرا	باکی و کاکار ^۱ (۲۰۰۵) به نقل از بهبودی اصل و همکاران (۱۳۹۱)
الزامات مربوط به نرم‌افزار، الزامات مربوط به فروشنده، الزامات مربوط به مدیریت پروژه	ضیائی و همکاران ^۲ (۲۰۰۶) به نقل از بهبودی اصل و همکاران (۱۳۹۱)
عوامل سرمایه، مشخصات سیستم، معیارهای فروشنده	سبسی (۲۰۰۹)
استراتژی سازمانی، تاکتیک سازمانی، استراتژی‌های فن‌آوری، تاکتیک فن‌آوری	زو (۲۰۱۲)
زیرساخت‌های فن‌آوری، مدت‌زمان پروژه، بودجه، خدمات پس از فروش، قابلیت استفاده، قابلیت‌ها، ارائه‌دهنده خدمات	اوزتایسی (۲۰۱۴)
معیارهای فنی، شرکتی و مالی	کیلیک و همکاران (۲۰۱۴)
برنامه‌ریزی، کارکنان، الزامات فنی، هم‌راستایی استراتژیک، حمایت مدیریت ارشد، فرآیندها و ساختار، مدیریت اطلاعات و مشاور	احمدی و همکاران (۲۰۱۵)
هزینه، مشخصات فروشنده، مشخصات فنی، راحتی استفاده	افه (۲۰۱۶)

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، از این رو 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^۱

روش سنتی دلفی در ابتدا توسط دالکی و هلمر^۲ (۱۹۶۳) در یک شرکت توسعه یافت و به صورت 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^۳ (۱۹۸۵) مفهوم تلفیق روش سنتی دلفی و نظریه فازی را به منظور بهبود بخشیدن ابهام و ناهمخوانی موجود در روش دلفی، ارائه کردند. عدد فازی مثلی برای گنجاندن نظرهای کارشناسی به کار می‌رود و بنابراین، روش دلفی فازی تثبیت شده است. مقادیر حداکثر و حداقل نظرهای کارشناسی به عنوان دو نقطه پایانی اعداد فازی مثلی استفاده می‌شود و میانگین هندسی به عنوان درجه عضویت اعداد فازی مثلی به منظور اجتناب از اثر مقادیر انتهایی به کار می‌رود. روش سنتی دلفی، نیازمند رسیدگی‌های متعدد به منظور 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.

انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی... ۸۱

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^۱، 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^۲ مربوط به هر عامل تأثیرگذار را از پرسشنامه کارشناس و بر اساس فرمول‌های زیر به دست آورد:

$$\tilde{A} = (L_A, M_A, U_A) \quad (1)$$

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

$$M_A = (X_{A_1} \times X_{A_2} \times \dots \times X_{A_n})^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

$$U_A = \max(X_{A_i}), i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

جایی که \tilde{A} مقدار فازی اهمیت عامل تأثیرگذار A ، L_A, M_A, 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 را به منظور 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 به عنوان مقدار S به کار گرفتند. این پژوهش عدد ۳ را به عنوان حد آستانه در نظر گرفته و عواملی را که دارای میانگین هندسی پایین‌تر از ۳ بودند را حذف نموده است.

روش سوآرا^۲

در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه، وزن دهی به شاخص‌ها از جمله مهم‌ترین مراحل حل مسئله است (زولفانی و همکاران^۳، 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 ابداع شده و تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا به انتخاب، ارزیابی و وزن دهی شاخص‌ها بپردازد (کرسولین و همکاران^۴،

1. Threshold Value
2. SWARA
3. Zolfani et al.
4. Kersulienė 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 (دهنوی، 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 فرآیند 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.

$$K_j = S_j + 1 \quad (1)$$

گام چهارم: محاسبه وزن اولیه هر شاخص؛

وزن اولیه شاخص‌ها از طریق رابطه ۲ قابل محاسبه است. در این رابطه باید توجه داشت که وزن شاخص نخست که مهم‌ترین شاخص است برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود.

$$q_j = \frac{q_{j-1}}{K_j} \quad (2)$$

گام پنجم: محاسبه وزن نرمال نهایی؛

در آخرین گام از روش سوآرا وزن نهایی شاخص‌ها که وزن نرمال شده نیز محسوب می‌گردد از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum q_i} \quad (3)$$

همان‌گونه که ذکر شد سوآرا یکی از جدیدترین روش‌های وزن دهی است و در سال‌های اخیر در چندین تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به تحقیقات کرسولین و همکارانش (۲۰۱۰) در خصوص انتخاب راه‌حل منطقی حل اختلافات، علیمردانی و همکارانش (۲۰۱۳) به منظور انتخاب تأمین‌کننده، زلفانی و همکارانش (۲۰۱۳) برای طراحی محصول، هاشم خانی زلفانی و بهرامی (۲۰۱۴) برای اولویت‌بندی گزینه‌های سرمایه‌گذاری در صنایع با فناوری پیشرفته و بسیاری از تحقیقات دیگر اشاره کرد که در آن‌ها از روش سوآرا به منظور وزن دهی استفاده کرده‌اند. اعداد خاکستری^۱

لی و همکاران در سال ۲۰۰۷ بیان کردند که به این علت که تصمیم‌گیرندگان ارجحیت‌های متفاوتی روی معیارهای نامطمئن^۲، تأمین‌کنندگان دارند، بنابراین فرآیند انتخاب بیشتر سخت خواهد شد. نظریه خاکستری^۳ یکی از روش‌هایی است که روی عدم اطمینان مطالعه می‌کند و به وسیله 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^۴ مختص به منطق خاکستری تعیین می‌شود که می‌توان در قالب اعداد خاکستری آن‌ها را نمایش داد.

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

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

دنگ^۱ در سال ۱۹۸۲ است.

به دلیل وجود اطلاعات ناکامل و عدم اطمینان در روابط، استفاده از روش‌های متداول بسیار سخت است. اعداد سفید^۲، اعداد خاکستری^۳، اعداد سیاه^۴، سه دسته‌بندی برای متمایز کردن سطح عدم اطمینان اطلاعات است (چن^۵ و زنگ^۶، ۲۰۰۴). در نظر بگیرید:

$$\otimes x = [\alpha, \gamma] = \{x | \alpha \leq x \leq \gamma, \quad \alpha \text{ and } x \in \mathbb{R}\} \quad (۴)$$

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 $\alpha \rightarrow -\infty$ و $\gamma \rightarrow -\infty$ در نتیجه $\otimes x$ ، 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 می شود:

$$\otimes n_1 + \otimes n_2 = (n_{1\alpha} + n_{2\alpha}, n_{1\gamma} + n_{2\gamma}) \quad (5)$$

$$\otimes n_1 - \otimes n_2 = (n_{1\alpha} - n_{2\alpha}, n_{1\gamma} - n_{2\alpha}) \quad (6)$$

$$\otimes n_1 \times \otimes n_2 = (n_{1\alpha} \times n_{2\alpha}, n_{1\gamma} \times n_{2\gamma}) \quad (7)$$

$$\otimes n_1 \div \otimes n_2 = \left(\frac{n_{1\alpha}}{n_{2\alpha}}, \frac{n_{1\gamma}}{n_{2\gamma}} \right) \quad (8)$$

$$k \times (\otimes n_1) = (kn_{1\alpha}, kn_{1\gamma}) \quad (9)$$

$$(\otimes n_1)^{-1} = \left(\frac{1}{n_{1\gamma}}, \frac{1}{n_{1\alpha}} \right) \quad (10)$$

روش آراس خاکستری^۱

روش آراس (زاوادکاس^۲ و توسکیس، ۲۰۱۰؛ زاوادکاس و همکاران، ۲۰۱۰؛ توپنیت^۳ 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^۴ نامیده می‌شود. بر اساس این درجه بهینه بودن گزینه‌ها، رتبه‌بندی می‌شود. در گام اول ماتریس تصمیم خاکستری^۵ 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)

$$X = \begin{bmatrix} \otimes x_{01} & \dots & \otimes x_{0j} & \dots & \otimes x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{i1} & \dots & \otimes x_{ij} & \dots & \otimes x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{m1} & \dots & \otimes x_{mj} & \dots & \otimes x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = \overline{0, m}; \quad \overline{1, n} \quad (11)$$

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.

$$\begin{aligned} \otimes x_{0j} &= \max_i \otimes x_{ij} & , \text{ if } \max_i \otimes x_{ij} & \text{ is preferable} \\ \otimes x_{0j} &= \min_i x_{ij}^* & , \text{ if } \min_i x_{ij}^* & \text{ is preferable} \end{aligned} \quad (12)$$

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 اول به این نکته توجه شود که معیارها دارای ابعاد^۱ 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^۲ 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

$$\otimes \bar{X} = \begin{bmatrix} \otimes \bar{x}_{01} & \dots & \otimes \bar{x}_{0j} & \dots & \otimes \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \bar{x}_{i1} & \dots & \otimes \bar{x}_{ij} & \dots & \otimes \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \bar{x}_{m1} & \dots & \otimes \bar{x}_{mj} & \dots & \otimes \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n} \quad (13)$$

برای معیارهای مثبت^۱ نرمال‌سازی به شکل زیر انجام می‌شود:

$$\otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\oplus x_{ij}}{\sum_{i=0}^m \otimes x_{ij}} \quad (14)$$

برای معیارهای منفی^۲ نرمال‌سازی به شکل زیر انجام می‌شود:

$$\otimes x_{ij} = \frac{1}{\otimes x_{ij}^*} \quad \otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\oplus x_{ij}}{\sum_{i=0}^m \otimes x_{ij}} \quad (15)$$

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 معیار $\otimes w_j$ با نمایش داده می‌شود. وزن‌ها توسط خبرگان تعیین می‌شوند. وزن‌های داده‌شده باید شروط زیر را داشته باشند:

$$0 < \otimes w_j < 1$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (16)$$

$$\otimes \hat{X} = \begin{bmatrix} \otimes \hat{x}_{01} & \dots & \otimes \hat{x}_{0j} & \dots & \otimes \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \hat{x}_{i1} & \dots & \otimes \hat{x}_{ij} & \dots & \otimes \hat{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \hat{x}_{m1} & \dots & \otimes \hat{x}_{mj} & \dots & \otimes \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n} \quad (17)$$

$$\otimes \hat{x}_{ij} = \otimes \bar{x}_{ij} \times \otimes w_j; \quad i = \overline{0, m} \quad (18)$$

1. Benefit Type Criteria
2. Cost Type Criteria

که w_j وزن (اهمیت) معیار j ام و \bar{x}_{ij} مقدار نرمال شده معیار j ام است. رابطه ۱۹ ارزش تابع بهینه^۱ را مشخص می‌کند:

$$\otimes S_i = \sum_{j=1}^n \otimes \hat{x}_{ij}; \quad i = \overline{0, m} \quad (19)$$

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^۲ یکی از کاربردی‌ترین و ساده‌ترین روش‌ها است که در ذیل به آن اشاره شده است.

$$S_i = \frac{1}{2}(S_{i\alpha} + S_{i\gamma}) \quad (20)$$

درجه مطلوبیت هر گزینه^۳ 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.

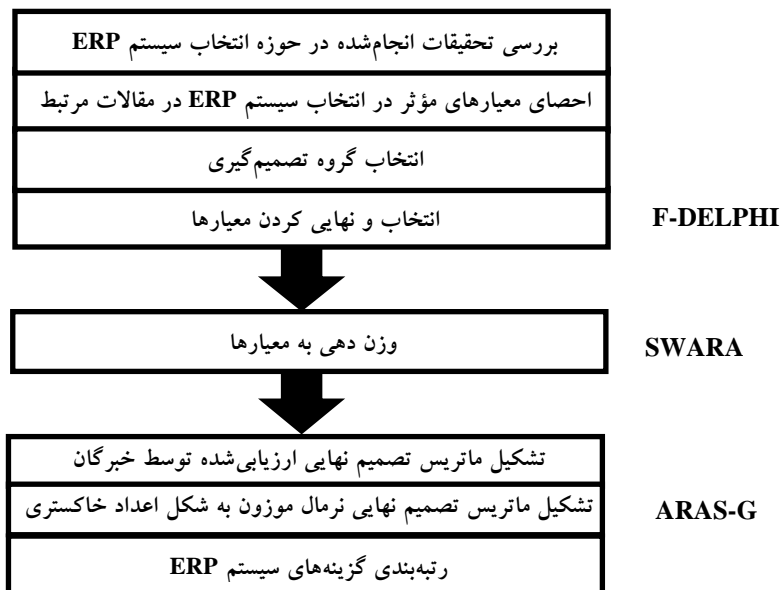
$$K_i = \frac{S_i}{S_0}; \quad i = \overline{0, m} \quad (21)$$

که S_0 و S_i از معادله (۱۹) به دست آمده‌اند. 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 - اکتشافی است که هدف آن ضمن شناسایی معیارهای مؤثر، به انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی است. مدل مفهومی این تحقیق در شکل ۱، آمده است.

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



شکل ۱. مراحل تحقیق

در گام اول با بررسی تحقیقات انجام شده در حوزه انتخاب سیستم ERP، معیارهای مؤثر مورد بررسی قرار می‌گیرند و فهرستی از معیارهای شناسایی شده در اختیار خبرگان شرکت قرار می‌گیرد، سپس معیارهای مورد نظر پس از بررسی مورد مطالعه و بر اساس نظر خبرگان با روش دلفی فازی نهایی و انتخاب می‌شوند. در گام بعد بر اساس روش سوارا وزن نهایی معیارهای مورد نظر به دست می‌آید و برای انتخاب سیستم ERP، بر اساس روش آراس خاکستری، ماتریس تصمیم نهایی ارزیابی شده توسط خبرگان تشکیل می‌گردد. در گام بعد ماتریس تصمیم نهایی نرمال موزون به شکل اعداد خاکستری ایجاد خواهد شد و در نهایت 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 فعالیت‌های اقتصادی مفید فعالیت حرفه‌ای خود را آغاز نموده و در حال حاضر آماده به ارائه خدمات در بخش‌های خرید و فروش 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 از جمله: اجرای فیبر نوری در دریا‌های آزاد، بانک الکترونیک، بندر خشک و انرژی‌های نوین، در حال سرمایه‌گذاری است. از این رو این شرکت نیازمند اجرای سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP)، برای فعالیت‌ها و پروژه‌های در حال اجرای خود است. از این رو مطالعه‌ای باهدف شناسایی معیارهای مؤثر برای انتخاب سیستم ERP و انتخاب مناسب‌ترین سیستم ERP در شرکت مورد نظر انجام شد. گروه تصمیم‌گیری متشکل از ۶ 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، ذکر شده است.

جدول ۲. معیارهای شناسایی شده 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 کیفیت 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 شناسایی شده نهایی برای رتبه‌بندی هشت گزینه سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP) استفاده می‌شود که گزینه‌های موردنظر در جدول ۳، آمده است.

جدول ۳. گزینه‌های سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP)

کد گزینه	گزینه	شرح گزینه‌ها
A _۱	سیستم‌های اطلاعات	یک سیستم کامل طراحی شده برای تولید، جمع‌آوری، سازمان‌دهی، ذخیره، بازیابی و اشاعه اطلاعات در سازمان.
A _۲	سیستم‌های اطلاعات مالی	دسته‌ای از سیستم‌های پردازش مبادلات برای انجام امور مالی
A _۳	سیستم‌های اطلاعات حسابداری	گونه‌ای از سیستم‌های اطلاعات سازمانی که اطلاعات مالی حساب-ها را جمع‌آوری و پردازش می‌کند.

انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی ... ۹۳

کد گزینه	گزینه	شرح گزینه‌ها
A _۴	سیستم‌های اطلاعات سازمانی	سیستم‌های اطلاعات که برای اطلاعات سازمانی استفاده می‌شوند.
A _۵	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 _۶	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 _۷	سیستم‌های پردازش مبادلات	سیستم‌های اطلاعات که از طریق رویه‌ها و پردازش اطلاعات بر روی فعالیت‌های روزانه و تبادلات سازمان، کنترل عملیاتی اعمال می‌کنند.
A _۸	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 اول روش سوآرا از خبره خواسته شده تا معیارها را برحسب اهمیت به‌طور نزولی مرتب نماید. که این اولویت‌بندی در ستون دوم جدول شماره ۴، به نمایش درآمده است. هم‌چنین گام‌های دوم تا چهارم روش سوآرا به ترتیب در ستون‌های سوم تا پنجم جدول شماره ۴ آمده است. درنهایت با پیمودن گام نهایی روش سوآرا و نرمال‌سازی اوزان معیارهای مؤثر، وزن نهایی آن‌ها در ستون ششم جدول شماره ۴ به نمایش درآمده است.

جدول ۴. 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 _۱	قابلیت کارکردی نرم افزار	۱	۱	۱	۰/۲۶۷۶۱۴۹۱۳
C _۲	پیاده سازی مدیریت پروژه	۰/۰۹	۱/۰۹	۰/۹۱۷۴۳۱۱۹۳	۰/۲۴۵۵۱۸۲۶۹
C _۳	قابلیت کیفی نرم افزار	۰/۱۳	۱/۱۳	۰/۸۱۱۸۸۶۰۱۱	۰/۲۱۷۲۷۲۸۰۵
C _۴	ویژگی های فروشنده	۰/۲۸	۱/۲۸	۰/۶۳۴۲۸۵۹۴۶	۰/۱۶۹۷۴۴۳۷۹
C _۵	ویژگی های عمومی	۰/۷	۱/۷	۰/۳۷۳۱۰۹۳۸	۰/۰۹۹۸۴۹۶۳۴

حال از خبرگان خواسته شده تا به ارزیابی هر یک از گزینه ها در معیارهای مذکور بر مبنای ادبیات متغیرهای زبانی جدول شماره ۵، پردازند تا جدول تصمیم نهایی به شکل آنچه در جدول شماره ۶ نمایش داده شده حاصل گردد.

جدول ۵. متغیرهای زبانی متناظر با اعداد خاکستری (توسکیس و زاوادکاس، ۲۰۱۰).

متغیرهای زبانی	عدد خاکستری متناظر
خیلی کم (VL)	(۰/۰۲ و ۰)
کم (L)	(۰/۱ و ۰/۳)
متوسط رو به پایین (ML)	(۰/۲ و ۰/۴)
متوسط (M)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)
متوسط رو به بالا (MH)	(۰/۶ و ۰/۸)
زیاد (H)	(۰/۷ و ۰/۹)
خیلی زیاد (VH)	(۰/۸ و ۱)

انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی ... ۹۵

جدول ۶. ماتریس تصمیم نهایی ارزیابی شده به وسیله 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 ۶ 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 شماره ۷ قابل مشاهده است.

جدول ۷. ماتریس تصمیم نهایی ارزیابی شده 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	(۰/۸ و ۱)	(۰/۷ و ۰/۹)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۸ و ۱)
A_1	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۱ و ۰/۳)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۲ و ۰/۴)
A_2	(۰/۸ و ۱)	(۰/۷ و ۰/۹)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۸ و ۱)
A_3	(۰/۷ و ۰/۹)	(۰/۷ و ۰/۹)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۸ و ۱)
A_4	(۰/۶ و ۰/۸)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)
A_5	(۰/۷ و ۰/۹)	(۰/۶ و ۰/۸)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۷ و ۰/۹)
A_6	(۰/۷ و ۰/۹)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۷ و ۰/۹)

۹۶ مطالعات مدیریت فناوری اطلاعات، سال پنجم، شماره ۱۸، زمستان ۹۵

معیار	C _۱	C _۲	C _۳	C _۴	C _۵
A _۷	(۰/۶ و ۰/۸)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۷ و ۰/۹)
A _۸	(۰/۶ و ۰/۸)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۳۵ و ۰/۶۵)	(۰/۲ و ۰/۴)	(۰/۶ و ۰/۸)

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.

جدول ۸. ماتریس تصمیم نهایی نرمال موزون به شکل اعداد خاکستری

معیار	C _۱	C _۲	C _۳	C _۴	C _۵
نوع معیار	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت
وزن معیارها	۰/۲۴۵۵	۰/۲۱۷۲	۰/۰۹۹۸	۰/۱۶۹۷	۰/۲۶۷۶
گزینه بهینه	(۰/۰۲۹۱ و ۰/۰۴۸۶)	(۰/۰۲۸۴ و ۰/۰۵۶۷)	(۰/۰۷۵۹ و ۰/۰۲۷)	(۰/۰۱۷۲ و ۰/۰۶۳)	(۰/۰۳۲۷ و ۰/۰۵۵۲)
A _۱	(۰/۰۱۲۶ و ۰/۰۳۱۶)	(۰/۰۱۴۲ و ۰/۰۴۰۹)	(۰/۰۲۱۷ و ۰/۰۱۲۵)	(۰/۰۰۹۸۴ و ۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۰۸۱۶ و ۰/۰۲۲۱)
A _۲	(۰/۰۲۹۱ و ۰/۰۴۸۶)	(۰/۰۲۸۴ و ۰/۰۵۶۷)	(۰/۰۷۵۹ و ۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴ و ۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۳۲۷ و ۰/۰۵۵۲)
A _۳	(۰/۰۲۵۵ و ۰/۰۴۳۷)	(۰/۰۲۸۴ و ۰/۰۵۶۷)	(۰/۰۴۳۴ و ۰/۰۱۶۶)	(۰/۰۱۷۲ و ۰/۰۶۳)	(۰/۰۳۲۷ و ۰/۰۵۵۲)
A _۴	(۰/۰۲۱۸ و ۰/۰۳۸۹)	(۰/۰۰۸۱۲ و ۰/۰۲۵۲)	(۰/۰۷۵۹ و ۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴ و ۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۱۴۳ و ۰/۰۳۵۹)
A _۵	(۰/۰۲۵۵ و ۰/۰۴۳۷)	(۰/۰۲۴۳ و ۰/۰۵۰۴)	(۰/۰۷۵۹ و ۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴ و ۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۲۸۶ و ۰/۰۴۹۷)
A _۶	(۰/۰۲۵۵ و ۰/۰۴۳۷)	(۰/۰۱۴۲ و ۰/۰۴۰۹)	(۰/۰۷۵۹ و ۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴ و ۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۲۸۶ و ۰/۰۴۹۷)
A _۷	(۰/۰۲۱۸ و ۰/۰۳۸۹)	(۰/۰۱۴۲ و ۰/۰۴۰۹)	(۰/۰۷۵۹ و ۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴ و ۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۲۸۶ و ۰/۰۴۹۷)
A _۸	(۰/۰۲۱۸ و ۰/۰۳۸۹)	(۰/۰۰۸۱۲ و ۰/۰۲۵۲)	(۰/۰۷۵۹ و ۰/۰۲۷)	(۰/۰۰۹۸۴ و ۰/۰۳۸۸)	(۰/۰۲۴۵ و ۰/۰۴۴۱)

حال تابع ارزش بهینه را با کمک رابطه شماره ۱۹ به دست می‌آید. حال با توجه به این که مقدار به دست آمده 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

انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی ... ۹۷

شماره ۲۱ درجه مطلوبیت هر گزینه را به دست آورده و در نهایت 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

رتبه	K	S	Sgray	گزینه‌ها
۰	۱	۰/۲۱۶۹	(۰/۱۸۳۳ و ۰/۲۵۰۵)	گزینه بهینه
۸	۰/۴۸۹۶	۰/۱۰۶۲	(۰/۰۶۶۵ و ۰/۱۴۵۹)	A _۱
۱	۰/۹۲۷۲	۰/۲۰۱۱	(۰/۱۷۵۹ و ۰/۲۲۶۳)	A _۲
۲	۰/۸۸۱۵	۰/۱۹۱۲	(۰/۱۴۷۲ و ۰/۲۳۵۲)	A _۳
۷	۰/۶۸۱۹	۰/۱۴۷۹	(۰/۱۲۹۹۶ و ۰/۱۶۵۸)	A _۴
۳	۰/۸۶۱۷	۰/۱۸۶۹	(۰/۱۶۴۱ و ۰/۲۰۹۶)	A _۵
۴	۰/۸۱۱	۰/۱۷۵۸	(۰/۱۵۱۴ و ۰/۲۰۰۱)	A _۶
۵	۰/۷۹۶۷	۰/۱۷۲۸	(۰/۱۵۰۳ و ۰/۱۹۵۳)	A _۷
۶	۰/۷۲۴۲	۰/۱۵۷۱	(۰/۱۴۰۲ و ۰/۱۷۴)	A _۸

همان‌طور که در جدول ۴ 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 مورد مطالعه 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. از این رو در این تحقیق به منظور شناسایی معیارهای مؤثر و همچنین انتخاب مناسب‌ترین انتخاب سیستم ERP، در ابتدا با بررسی تحقیقات انجام‌شده در حوزه انتخاب سیستم ERP، معیارهای مؤثر مورد بررسی قرار گرفتند و فهرستی از معیارهای شناسایی‌شده در اختیار خبرگان شرکت قرار گرفت، سپس معیارهای مورد نظر پس از بررسی مورد مطالعه و بر اساس نظر خبرگان انتخاب شدند. در گام بعد با روش سوآرا وزن نهایی معیارهای مورد نظر 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 مورد مطالعه 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 در نهایت 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 مورد مطالعه شناسایی شدند. بنابراین شرکت باید در انتخاب سیستم ERP، به ارتقای اجزا بدون وارد کردن 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.

انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی... ۹۹

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

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

منابع

- بهبودی اصل، منوچهر؛ رحمانی یوشانلوئی، حسین؛ انصاری، منوچهر؛ میرکاظمی، محمد. (۱۳۹۱). شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP) از دیدگاه خبرگان. *نشریه مدیریت فناوری اطلاعات*، ۴(۱۲)، ۱-۲۲.
- فیضی، کامران، ثابت مطلق، محمد. و عابدینی نائینی، مهدی. (۱۳۹۴). 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

انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی ... ۱۰۳

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