

## **Applying Rough Set Theory and Grey Theory in Multi-attribute Decision Making Methods for the Evaluation and Selection of ERP Systems**

**Mohammad Sabet Motlagh<sup>1</sup>, Seyed Ali Ayazi<sup>2</sup>**

**Abstract:** Enterprise resource planning systems by facilitation and integration of organizations' operations as well as leveraging the organization's operations and business activities has become an important competitive advantage for organizations. Although the appropriate choice of an ERP system can greatly contribute to the success of the organization, inappropriate selection of ERP also can lead to irreparable damages and costs. Therefore, in this study we have tried to use a multi-attribute decision-making model to evaluate and select the most appropriate ERP system. Since decision makers turn to "uncertain preferences" to evaluate the criteria and alternatives, applying Rough Set and the Gray Set theories in the context of multi-attribute decision-making models seems more logical and consistent. The findings indicate that the "total cost" a sub-criteria of product characteristics and "system technical capabilities" a sub-criteria of system requirements are the most significant criteria and the "A6" is the most significant alternative.

**Key words:** *Enterprise resource planning, Gray analytic hierarchy process, Gray Vikor, Grey set theory, Rough set theory.*

- 
1. PhD Candidate in Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran
  2. PhD Candidate in Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran
- 

**Submitted:** 07 / November / 2016

**Accepted:** 03 / March / 2017

**Corresponding Author:** Mohammad Sabet Motlagh

**Email:** [msmotlagh@ut.ac.ir](mailto:msmotlagh@ut.ac.ir)

## به کارگیری مجموعه‌های تئوری راف و تئوری خاکستری در روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه برای ارزیابی و انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان

محمد ثابت مطلق<sup>۱</sup>، سید علی ایازی<sup>۲</sup>

**چکیده:** با توجه به این مهم که انتخاب نامناسب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان می‌تواند به خسارت‌های جبران‌ناپذیر و تحمیل هزینه‌های هنگفتی منجر شود، در این مطالعه تلاش شده است با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، مدلی برای کمک به ارزیابی و انتخاب مناسب‌ترین سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان ارائه شود. از آنجا که تصمیم‌گیرندگان در ارزیابی گزینه‌ها و معیارهای پژوهش از ترجیحات غیرقطعی استفاده می‌کنند، به مفاهیمی نیاز داریم که در زمان دسترسی نداشتن به اطلاعات قطعی، به تصمیم‌گیرندگان کمک کند. در این پژوهش محققان برای ارزیابی و انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان، از مجموعه تئوری راف و مجموعه تئوری خاکستری که در شرایط وجود اطلاعات غیرقطعی و ناکافی کارآمدند و نیز، روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده کرده‌اند. نتایج پژوهش نشان داد معیار هزینه کل از زیرمعیارهای ویژگی‌های محصول و معیار قابلیت‌های فنی از زیرمعیارهای نیازهای سازمان، بالاترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین از میان گزینه‌های پژوهش، گزینه ۶ مناسب‌ترین گزینه انتخاب شد.

**واژه‌های کلیدی:** برنامه‌ریزی منابع سازمان، تئوری مجموعه خاکستری، تئوری مجموعه راف، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری، ویکور خاکستری.

۱. دانشجوی دکتری مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۱۳

نویسنده مسئول مقاله: محمد ثابت مطلق

E-mail: msmotlagh@ut.ac.ir

## مقدمه

در بازار رقابتی امروز، سازمان‌ها برای بقای خود به رقابت شدید با سازمان‌های دیگر نیاز دارند. برای ایجاد و حفظ وضعیت رقابتی، شرکت‌ها باید بیشتر به مشتریان نزدیک شوند و تحویل محصولات و خدمات در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام شود که این امر خود مستلزم یکپارچه‌سازی فرایندهای کسب‌وکار سازمان است. سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP)<sup>۱</sup> ابزار استراتژیکی‌ای است که به سازمان کمک می‌کند با یکپارچه‌کردن تمام فرایندهای کسب‌وکار و بهینه‌سازی منابع موجود، توان رقابتی خود را افزایش دهد. سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان، در واقع فرایندهای کسب‌وکار سازمان و فناوری اطلاعاتی سازمانی را در سیستمی یکپارچه ترکیب می‌کند (ال مشاری، ۲۰۰۲).

ظرفیت سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان در یکپارچه‌کردن فرایندهای سازمان و اطلاعات حوزه‌های عملکردی مختلف از طریق پایگاه داده متمرکز، موجب شده است که صاحب‌نظران، این سیستم‌ها را پیش‌نیازی برای موفقیت در قرن بیست‌ویک معرفی کنند. ارائه‌دهندگان سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان ادعا می‌کنند که محصول آنها بارها امتحان و آزمایش شده و پس از تجربه‌های فراوان به‌وجود آمده است و این مسئله به آنها توانایی می‌دهد که راه‌حل‌های فوق‌العاده‌ای را برای بخش‌های مختلف صنعت و خدمات ارائه کنند. این واقعیت در بسیاری از سازمان‌ها ملموس است، اما از طرف دیگر تجربه برخی سازمان‌ها نشان می‌دهد که انتخاب و پیاده‌سازی نامناسب این سیستم، نه تنها کمکی به بهبود وضعیت رقابتی آنها نکرده، بلکه باعث بروز خسارت‌های جبران‌ناپذیری برای آنها شده است. بنابراین وجود الگوریتم و روشی که بتواند به سازمان‌ها در ارزیابی و انتخاب مناسب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان کمک کند، برای موفقیت سازمان‌ها لازم و ضروری است.

با توجه به این مسئله در این پژوهش، محققان به دنبال ارائه نوعی چارچوب تلفیقی برای ارزیابی و انتخاب مناسب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان هستند. بنابراین ابتدا با بررسی ادبیات پژوهش و مطالعات صورت‌گرفته در این حوزه و همچنین ویژگی سازمان مورد مطالعه، معیارهای مناسب شناسایی و جمع‌آوری شدند، سپس با استفاده از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه با مجموعه تئوری راف و تئوری خاکستری، به ارزیابی و انتخاب مناسب‌ترین سیستم اقدام شده است.

---

1. Enterprise Resource Planning (ERP)

### پیشینه پژوهش

با وجود اینکه سال‌ها از ارائه و به‌کارگیری سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان می‌گذرد و شرکت‌های مختلفی به طراحی و پیاده‌سازی آن اقدام کرده‌اند و هر روز نیز از توجه بیشتری برخوردار می‌شوند، هنوز در برخی موارد پیاده‌سازی آن با شکست مواجه می‌شود و هزینه‌های سنگینی را به سازمان تحمیل می‌کند (چانگ، ۲۰۰۷) که علت اصلی این ناکامی‌ها، انتخاب و پیاده‌سازی نامناسب سیستم است. به همین منظور در سال‌های اخیر مطالعات متعددی برای کمک به فرایند ارزیابی و انتخاب مناسب این سیستم‌ها انجام شده است. هر یک از این مطالعات با توجه به سازمان و محیط مطالعه، شاخص‌ها و روش‌های ارزیابی گوناگونی را برای این منظور شناسایی کرده‌اند. در این بخش سعی می‌شود به برخی از تازه‌ترین مطالعات انجام‌شده در این حوزه پرداخته شود. در مطالعه‌ای، پژوهشگران برای انتخاب مناسب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان، نوعی مدل فرایند سلسله‌مراتبی فازی ارائه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد در هر دو سازمان مطالعه‌شده، معیار هزینه مهم‌ترین معیار است. همچنین تفاوت‌هایی میان وزن معیارها در سازمان‌های مطالعه‌شده وجود داشت (وی، چین و وانگ، ۲۰۰۵).

لین و چان (۲۰۰۷) نیز در مطالعه خود با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به ارزیابی و انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان پرداختند. در مطالعه‌ای که تاموسیونینه و مارسینکویک در زمینه انتخاب بهترین سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان انجام دادند، پنج معیار هزینه کل، پیاده‌سازی، کاربری، قابلیت اطمینان و کارکرد، به‌عنوان معیارهای اصلی پژوهش برای انتخاب سه گزینه مورد بررسی شناسایی شدند (تاموسیونینه و مارسینکویک، ۲۰۱۳). باسو، اوپادیا، داس و دان (۲۰۱۲) مطالعه‌ای را برای شناسایی عواملی که اجرای سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، انجام دادند. در این پژوهش بر اساس بررسی ادبیات پژوهش و مطالعات انجام‌شده، ۲۵ معیار شناسایی گردید که با استفاده از تجزیه و تحلیل پارتو، پنج معیار کلیدی استخراج شد. در نهایت نیز به کمک روش تاپسیس گزینه‌ها ارزیابی شدند. در مطالعه دیگر، پژوهشگران تلاش کردند با استفاده از نیازهای مشتری و به کمک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان را سفارشی کنند (سادهمان و مایا، ۲۰۱۴). بینگ کولین و محمود (۲۰۱۴) نیز پژوهشی را به منظور توسعه یک سیستم تصمیم‌گیری برای اجرای برنامه‌ریزی منابع سازمان در سازمان‌های کوچک و متوسط انجام دادند. در این مطالعه یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی جدید برای اجرای سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان تحت محدودیت‌های زمان و بودجه توسعه داده شد. بهشتی، بلایلاکبروس، هندرسون دال و لورال جیمز (۲۰۱۴) نیز در دانشگاه رادفورد مطالعه‌ای را برای انتخاب معیارهای حیاتی در پیاده‌سازی موفق برنامه‌ریزی

منابع سازمان در شش شرکت تولیدی انجام دادند. در واقع هدف آنها شناسایی عوامل کلیدی‌ای بود که در موفقیت سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان نقش دارند و برای این کار از روش نیمه‌ساختاریافته‌ای برای تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده استفاده کردند.

ثابت مطلق، صالحی صادقیانی، ایازی و عابدینی نائینی (۲۰۱۵) در پژوهشی با استفاده از مفهوم تئوری خاکستری و ترکیب آن با روش تاپسیس، به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان استراتژیک پرداختند. رامش، ویس واناتان و امبیکا (۲۰۱۶) از تحلیل رابطه خاکستری و روش تاپسیس و همچنین تئوری راف، برای ارزیابی و اندازه‌گیری پارامترهای مطلوب برش آلیاژ منیزیوم استفاده کردند. چن و تسای (۲۰۱۶) نیز از چارچوب داده‌کاوی مبتنی بر تئوری مجموعه راف برای بهبود تصمیمات انتخاب مکان رستوران بهره بردند. در این مطالعه آنها تئوری راف را برای پیش‌بینی عملکرد فروشگاه با توجه به عوامل مکان‌یابی به‌کار بردند. در مطالعه‌ای رویکرد تصمیم‌گیری گروهی چند معیاره فازی برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان به‌کار رفته است. در این مطالعه از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای تعیین وزن معیارها و از تاپسیس فازی برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه در محیط غیرقطعی استفاده شده است (افه، ۲۰۱۶). در مطالعه دیگری پژوهشگران برای مسئله تجزیه و تحلیل شکست محصول در محیط غیرقطعی، از مجموعه راف و تاپسیس فازی استفاده کردند (هی، وانگ، هه و اکسی، ۲۰۱۶).

محرر، مهرگان و رحمتی (۲۰۱۲) در پژوهشی با ترکیب دو روش ANP و BSC توانستند بهترین بسته نرم‌افزار ERP را انتخاب کنند. نویسندگان ابعاد BSC را برای طبقه‌بندی شاخص‌های پژوهش به‌کار بردند. حنفی‌زاده، دادبین و براتی (۲۰۱۲) در پیمایشی به بررسی ابعاد پیاده‌سازی سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان و مدیریت ارتباط با مشتری پرداختند. نتایج پیمایش نشان می‌دهد این شرکت‌ها با انگیزه‌هایی مانند افزایش بهره‌وری، افزایش نتایج تجاری، افزایش کیفیت اطلاعات، پاسخگویی بهتر به مشتری و کاهش موجودی، برای پیاده‌سازی این سیستم‌ها در سازمان خود اقدام کردند، ولی در عمل با مشکلاتی مانند ناآشنایی و تعریف نادرست نیازها، یکپارچه‌سازی نکردن اطلاعات، مقاومت کارکنان، نامتناسب بودن تکنولوژی با ساختار موجود و ایجاد هزینه‌های پیش‌بینی‌ناپذیر مواجه می‌شوند. در مطالعه دیگری عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی بررسی شده است. در این مطالعه با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی، هفت عامل اساسی برای انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی، شامل مشخصات عمومی، هزینه پیاده‌سازی، قیمت، فروشنده، قابلیت‌های کارکردی نرم‌افزار، پیاده‌سازی و مدیریت پروژه و قابلیت کیفی نرم‌افزار شناسایی شد (بهبودی، رحمانی یوشانلوئی، انصاری و کاظمی، ۲۰۱۲). در پژوهشی محققان به امکان‌سنجی پیاده‌سازی و اجرای سیستم‌های

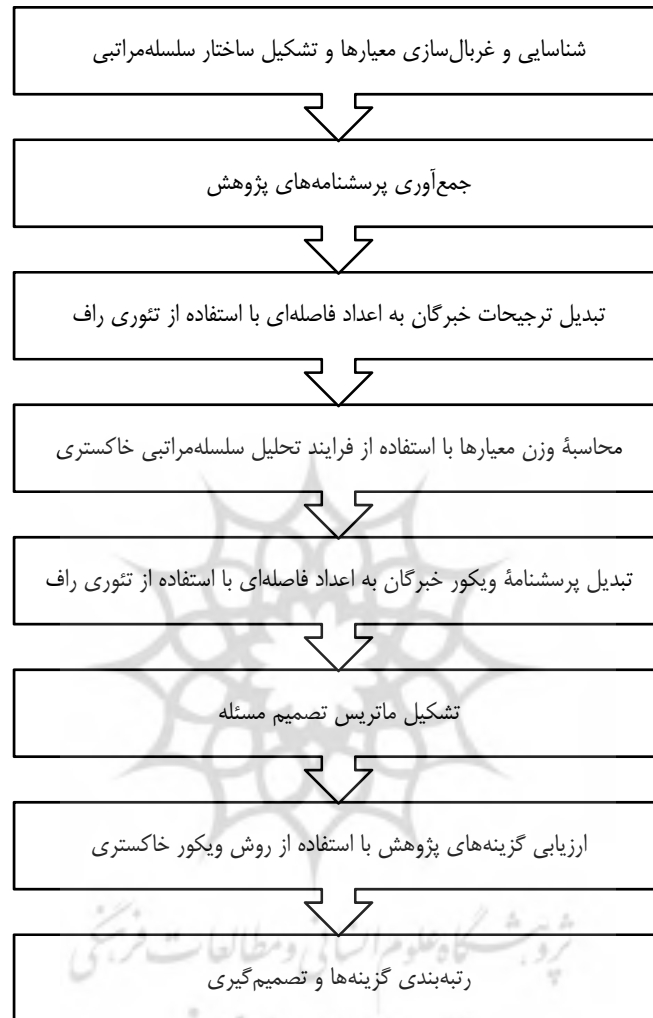
برنامه‌ریزی منابع سازمان پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهش، مدل تحقیق برآزش مناسبی داشت و جز شاخص انگیزش، بقیه متغیرها تبیین‌کننده ERP بودند. از جمله یافته‌های دیگر اینکه به جز متغیرهای سرمایه‌گذاری، مهارت‌ها و فرایندها، سایر متغیرها در شرایط نامناسبی قرار داشتند (آقاجانی، صمدی و خان‌زاده، ۲۰۱۴).

حقیقت منفرد، خلج، محمدعلیان و کبران‌زاده قدیم (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در فرایند پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان با رویکرد گسترش عملکرد کیفیت پرداختند. پژوهشگران معتقدند که شناسایی و اولویت‌بندی این عوامل می‌تواند ریسک پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی را کاهش دهد و به اختصاص دادن منابع مناسب برای بودجه‌بندی صحیح، هدفدار و بهینه کمک کند. شاه‌حسینی، روحانی و روحی (۲۰۱۳) نیز از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای ارزیابی و انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان استفاده کردند.

### روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف کاربردی است، از لحاظ روش توصیفی به‌شمار می‌رود و به لحاظ اجرا از نوع میدانی است. در این مطالعه برای جمع‌آوری داده‌ها از منابع کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. ابتدا از طریق مصاحبه و ادبیات پژوهش معیارهای مهم شناسایی شدند، سپس با بهره‌مندی از نظر خبرگان و شرکت مورد مطالعه، به غربال‌سازی آنها پرداخته شد. پس از شناسایی معیارها، با توجه به دو بعد ویژگی‌های محصول (مشخصات محصول) و نیازهای سازمان، معیارهای یاد شده در دو دسته قرار گرفتند؛ به این ترتیب که در بعد نیازهای سازمان، معیارهای مختلفی که مشتری در رابطه با محصول در نظر می‌گیرد، فهرست شد و در بعد ویژگی‌های محصول نیز معیارهایی شبیه به نیازهای مشتری مد نظر قرار گرفت. این نوع دسته‌بندی موجب می‌شود که سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان بر اساس خواست مشتریان طراحی و انتخاب شوند. در مرحله بعد با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به ارزیابی و انتخاب مناسب‌ترین گزینه پرداخته شده است.

از آنجا که در تکمیل پرسشنامه با قضاوت‌های ترجیحی و غیرقطعی خبرگان مواجه‌ایم، از مجموعه تئوری راف و تئوری خاکستری که در حل این گونه مسائل کارآمدترند، استفاده می‌کنیم. در واقع از مفهوم تئوری راف برای ایجاد اعداد فاصله‌ای و از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در محیط خاکستری برای ارزیابی معیارها و گزینه‌های پژوهش استفاده کرده‌ایم. شکل ۱ مراحل اجرای پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مراحل انجام پژوهش

### تئوری مجموعه راف<sup>۱</sup>

مجموعه‌های راف که نخستین بار توسط پاولاک در سال ۱۹۸۲ معرفی شد، ابزار ریاضی با ارزشی در شرایط ابهام و عدم اطمینان است. راف رویکردی در حوزه هوش مصنوعی است که شامل علوم شناختی، یادگیری ماشینی، کسب دانش، تجزیه و تحلیل تصمیم، کشف دانش،

1. Rough Set Theory

سیستم‌های پشتیبانی تصمیم، استدلال استنتاجی و تشخیص الگو می‌شود (پاولاک، ۱۹۸۲). پس از تئوری مجموعه راف، ژای، خو و ژونگ (۲۰۰۸) اعداد راف را مطرح کردند. یک عدد راف معمولاً شامل حد پایین و بالا و فاصله مرزی راف<sup>۱</sup> می‌شود که فقط به داده‌های اصلی وابسته است. بنابراین نیازی به اطلاعات کمکی نیست و می‌تواند مفاهیم مد نظر خبرگان را بهتر دریافت کند و عینیت تصمیم‌گیری را بهبود بخشد (پاولاک، ۱۹۸۲).

فرض کنید  $U$  یک مجموعه مرجع شامل تمام اعضا،  $Y$  یک عضو دلخواه از مجموعه  $U$  و  $R$  یک مجموعه از  $t$  کلاس است ( $R = \{G_1, G_2, \dots, G_t\}$ ) که تمام اعضای  $U$  را پوشش می‌دهد. اگر این کلاس‌ها به صورت ترتیبی همانند  $G_1 < G_2 < \dots < G_t$  باشند، آنگاه  $\forall Y \in U, G_q \in R, 1 \leq q \leq t$ .

تقریب پایین ( $\underline{\text{Apr}}(G_q)$ )، تقریب بالا ( $\overline{\text{Apr}}(G_q)$ ) و ناحیه مرزی ( $\text{Bnd}(G_q)$ ) از کلاس  $G_q$  به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\underline{\text{Apr}}(G_q) = \bigcup \{Y \in U \mid R(Y) \leq G_q\} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\overline{\text{Apr}}(G_q) = \bigcup \{Y \in U \mid R(Y) \geq G_q\} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\begin{aligned} \text{Bnd}(G_q) &= \bigcup \{Y \in U \mid R(Y) \neq G_q\} \\ &= \{Y \in U \mid R(Y) > G_q\} \cup \{Y \in U \mid R(Y) < G_q\} \end{aligned} \quad \text{رابطه (۳)}$$

سپس  $G_q$  می‌تواند به وسیله یک عدد راف  $\text{RN}(G_q)$  در حدهای پایین و بالای متناظر آن ارائه شود (رابطه‌های ۴ تا ۶).

$$\underline{\text{Lim}}(G_q) = \frac{1}{M_L} \sum R(y) \mid Y \in \underline{\text{Apr}}(G_q) \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\overline{\text{Lim}}(G_q) = \frac{1}{M_U} \sum R(y) \mid Y \in \overline{\text{Apr}}(G_q) \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\text{RN}(G_q) = [\underline{\text{Lim}}(G_q), \overline{\text{Lim}}(G_q)] \quad \text{رابطه (۶)}$$

که  $M_U$  و  $M_L$ ، به ترتیب مقادیر اعضا  $\underline{\text{Apr}}(G_q)$  و  $\overline{\text{Apr}}(G_q)$  می‌شوند.



واضح است که حدهای پایین و بالا، به ترتیب مقدار میانگین عناصری را که در ارتباط با تقریب بالا و پایین است، مشخص می‌کند و تفاوت آنها فاصله مرزی راف تعریف می‌شود (پاولاک، ۱۹۸۲).

$$\text{IRBnd}(G_q) = \overline{\text{Lim}}(G_q) - \underline{\text{Lim}}(G_q) \quad (\text{رابطه ۷})$$

فاصله مرزی راف، ابهام  $G_q$  را بیان می‌کند، به صورتی که عدد بزرگ‌تر آن به معنای ابهام بیشتر است، در حالیکه عدد کوچک‌تر دقت بیشتری دارد. بنابراین اطلاعات ذهنی می‌تواند با اعداد راف بیان شود. از آنجا که اعداد راف ایجاد شده مشابه اعداد فاصله‌ای هستند، قوانین محاسباتی اعداد فاصله‌ای می‌تواند در اعداد راف نیز استفاده شود.

### فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از شناخته شده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است که توانایی اندازه‌گیری میزان سازگاری ترجیحات و در نظر گرفتن معیارهای ملموس و غیرملموس را دارد. در این پژوهش به علت ذهنی و مبهم بودن قضاوت‌های خبرگان از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری استفاده شده است. در ادامه، مراحل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری ارائه شده است.

- گام ۱. شناسایی هدف، معیارها و گزینه‌های پژوهش و تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی.
- گام ۲. تهیه پرسشنامه مقایسه زوجی و جمع‌آوری نظر خبرگان.
- گام ۳. استفاده از مفهوم تئوری راف برای تبدیل ترجیحات خبرگان به اعداد فاصله‌ای و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی فاصله‌ای همانند رابطه ۸.

$$M = \begin{bmatrix} [1, 1] & [x_{12}^L, x_{12}^U] & \dots & [x_{1m}^L, x_{1m}^U] \\ [x_{21}^L, x_{21}^U] & [1, 1] & \dots & [x_{2m}^L, x_{2m}^U] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [x_{m1}^L, x_{m1}^U] & \dots & \dots & [1, 1] \end{bmatrix} \quad (\text{رابطه ۸})$$

در این رابطه،  $x_{ij}^L$  حد پایین و  $x_{ij}^U$  حد بالای اعداد فاصله‌ای هستند. قبل از محاسبه اعداد فاصله‌ای باید میزان ناسازگاری پرسشنامه‌های مقایسه زوجی را محاسبه کرد و در صورتی که میزان ناسازگاری آنها قابل قبول بود (کمتر از ۰/۱) به محاسبه اعداد فاصله‌ای پرداخت.

- گام ۴. محاسبه وزن هر یک از معیارهای پژوهش با استفاده از رابطه‌های ۹ و ۱۰.

$$w_i = \left[ \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m x_{ij}^L}, \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m x_{ij}^U} \right] \quad \text{رابطه ۹}$$

$$w_i^u = w_i / \max(w_i^u) \quad \text{رابطه ۱۰}$$

در رابطه ۱۰،  $w_i$  شکل نرمالیز شده است که با این کار سرانجام وزن معیارهای پژوهش به دست می‌آید (ژو، هو، کی، گو و پنگ، ۲۰۱۵).

### روش ویکور خاکستری

گام اول در روش ویکور تشکیل ماتریس تصمیم است. از آنجا که در این مطالعه از ویکور خاکستری استفاده می‌شود، باید ابتدا پرسشنامه ویکور تکمیل شده توسط خبرگان با استفاده از مفهوم تئوری راف به اعداد فاصله‌ای تبدیل شود، سپس با استفاده از روش ویکور خاکستری به انجام محاسبات پرداخته شود. در ادامه مراحل روش ویکور خاکستری ارائه شده است (ژو و همکاران، ۲۰۱۵).

گام ۱. تشکیل ماتریس تصمیم فاصله‌ای به دست آمده از تئوری راف.

$$D = \begin{bmatrix} [f_{11}^L, f_{11}^U] & [f_{12}^L, f_{12}^U] & \dots & [f_{1m}^L, f_{1m}^U] \\ [f_{21}^L, f_{21}^U] & [f_{22}^L, f_{22}^U] & \dots & [f_{2m}^L, f_{2m}^U] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [f_{n1}^L, f_{n1}^U] & [f_{n2}^L, f_{n2}^U] & \dots & [f_{nm}^L, f_{nm}^U] \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

گام ۲. شناسایی بهترین مقدار  $f_j^*$  و بدترین مقدار  $f_j^-$  در هر معیار ماتریس  $D$ . برای معیار مثبت (با ماهیت سود)، بزرگ‌ترین عدد گویای بهترین مقدار و کوچک‌ترین عدد نشان‌دهنده بدترین مقدار است:

$$f_j^* = \max_i f_{ij}^U, f_j^- = \min_i f_{ij}^L \quad \text{رابطه ۱۲}$$

برای معیار منفی (با ماهیت هزینه)، برعکس است:

$$f_j^* = \min_i f_{ij}^L, f_j^- = \max_i f_{ij}^U \quad \text{رابطه ۱۳}$$

به‌طور کلی بهترین و بدترین مقدار به صورت زیر به دست می‌آید.

$$f_j^* = \{(Max_i f_{ij}^U | j \in B) or (Min_i f_{ij}^L | j \in C)\} \quad \text{رابطه ۱۴}$$

$$f_j^- = \{(Min_i f_{ij}^L | j \in B) or (Max_i f_{ij}^U | j \in C)\} \quad \text{رابطه ۱۵}$$

که  $B$  مجموعه معیارهای مثبت و  $C$  مجموعه معیار منفی است.

گام ۳. محاسبه مقادیر  $[R_i^L, R_i^U]$  و  $[S_i^L, S_i^U]$

$$S_i^L = \sum_{j \in B} w_j^L \left( \frac{f_j^* - f_{ij}^U}{f_j^* - f_j^-} \right) + \sum_{j \in C} w_j^L \left( \frac{f_{ij}^L - f_j^*}{f_j^- - f_j^*} \right) \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$S_i^U = \sum_{j \in B} w_j^U \left( \frac{f_j^* - f_{ij}^L}{f_j^* - f_j^-} \right) + \sum_{j \in C} w_j^U \left( \frac{f_{ij}^U - f_j^*}{f_j^- - f_j^*} \right) \quad \text{رابطه ۱۷}$$

$$R_i^L = \max_j \begin{cases} w_j^L \left( \frac{f_j^* - f_{ij}^U}{f_j^* - f_j^-} \right) | j \in B \\ w_j^L \left( \frac{f_{ij}^L - f_j^*}{f_j^- - f_j^*} \right) | j \in C \end{cases} \quad \text{رابطه ۱۸}$$

$$R_i^U = \max_j \begin{cases} w_j^U \left( \frac{f_j^* - f_{ij}^L}{f_j^* - f_j^-} \right) | j \in B \\ w_j^U \left( \frac{f_{ij}^U - f_j^*}{f_j^- - f_j^*} \right) | j \in C \end{cases} \quad \text{رابطه ۱۹}$$

که  $w_j^L$  حد پایین و  $w_j^U$  حد بالای وزن هر معیار است.

گام ۴. محاسبه مقادیر  $[Q_i^L, Q_i^U]$

$$Q_i^L = \nu \left( \frac{S_i^L - S^*}{S^- - S^*} \right) + (1 - \nu) \left( \frac{R_i^L - R^*}{R^- - R^*} \right) \quad \text{رابطه ۲۰}$$

$$Q_i^U = \nu \left( \frac{S_i^U - S^*}{S^- - S^*} \right) + (1 - \nu) \left( \frac{R_i^U - R^*}{R^- - R^*} \right) \quad \text{رابطه ۲۱}$$

تجمیعی است.  $S^- = Max_i S_i^U$ ,  $S^* = Min_i S_i^L$ ,  $R^* = Max_i R_i^U$ ,  $R^- = Min_i R_i^L$  و  $Q$  یک شاخص

همچنین  $\nu$  معرف وزن سیاست حداکثر معیار و به صورت  $\nu \in [0,1]: usually \nu = 0/5$  است.

گام ۵. رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس  $S$  و  $R$  و  $Q$ .

### نحوه رتبه‌بندی گزینه‌ها

از آنجا که روش ویکور خاکستری برای گزینه‌های پژوهش وزن‌های فاصله‌ای ارائه می‌کند، نمی‌توان همانند روش ویکور قطعی وزن گزینه‌ها را به سادگی بر اساس شاخص  $Q$  رتبه‌بندی کرد. برای رتبه‌بندی وزن‌های فاصله‌ای روش‌های متعددی وجود دارد که در زیر روش استفاده شده در این پژوهش توضیح داده می‌شود.

$$A = [a_1, a_2]; B = [b_1, b_2] \quad \text{رابطه ۲۲}$$

$$C = [c_1, c_2] = A - B = [a_1 - b_2, a_2 - b_1] \quad \text{رابطه ۲۳}$$

$$IF \frac{|c_1|}{c_2 - c_1} < \frac{|c_2|}{c_2 - c_1} \rightarrow Then A > B \quad \text{رابطه ۲۴}$$

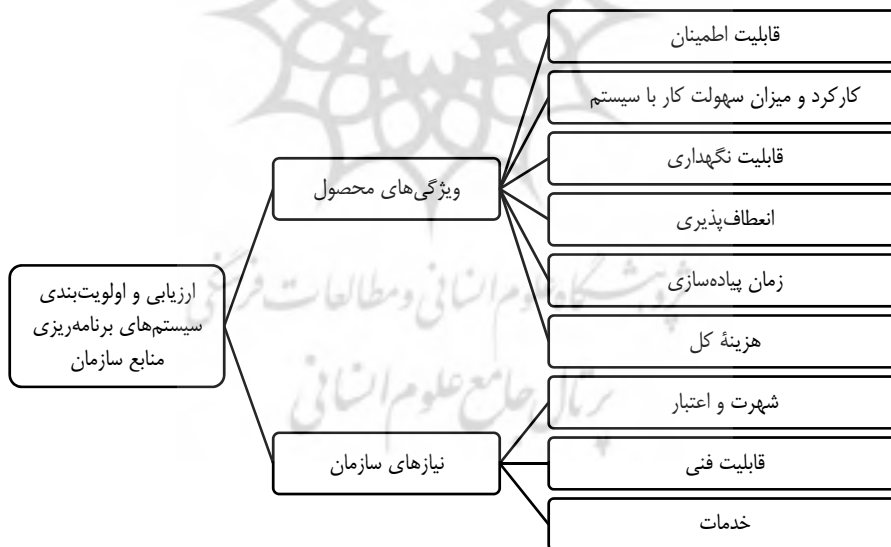
$$IF \frac{|c_1|}{c_2 - c_1} \geq \frac{|c_2|}{c_2 - c_1} \rightarrow Then A \leq B \quad \text{رابطه ۲۵}$$

### مورد مطالعاتی

در این مطالعه تلاش شده است برای ارزیابی و انتخاب مناسب‌ترین سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان، چارچوبی جدید با اعتبار و اثربخشی بالا طراحی شود. بدین منظور، کلیه مراحل مشخص شده در شکل ۱ روی مورد مطالعه پیاده‌سازی شد. جامعه آماری پژوهش، ارائه‌کنندگان بسته‌های نرم‌افزاری ERP در استان تهران است. با توجه به سازمان‌های همکاری‌کننده، شش سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان از شش ارائه‌کننده بسته‌های نرم‌افزاری برای نمونه پژوهش انتخاب شدند. جامعه خبرگان نیز مشاورانی هستند که در حوزه مشاوره و پیاده‌سازی سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان فعالیت می‌کنند که با توجه به سازمان‌های انتخاب شده برای مطالعه، سه خبره برای تکمیل پرسشنامه‌های مقایسه زوجی و پرسشنامه ویکور انتخاب شدند.

### یافته‌های پژوهش

همان‌طور که بیان شد گام نخست پژوهش، شناسایی معیارها و غربال‌سازی و تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی آنهاست. به همین منظور پس از مطالعه ادبیات پژوهش و تهیه فهرستی از معیارهای مؤثر در انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان، با استفاده از میانگین‌گیری پرسشنامه‌ای به ارزیابی و غربال‌سازی آنها پرداخته شد. در گام بعد با توجه به دو بُعد ابزار گسترش عملکرد کیفیت، یعنی ویژگی‌های محصول (مشخصات محصول) و نیازهای سازمان، معیارهای شناسایی شده دسته‌بندی شدند. دلیل انتخاب این دسته‌بندی این است که در نیازهای مشتری یا سازمان، موارد مختلفی که مشتری در رابطه با محصول مد نظر دارد، فهرست می‌شود و در بعد ویژگی‌های محصول نیز معیارهایی که به نیازهای مشتری شبیه هستند و آنها را برآورده می‌کنند، قرار می‌گیرد. در واقع استفاده از دو بُعد گسترش عملکرد کیفیت باعث می‌شود که سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان بر اساس خواست مشتریان طراحی شود. شکل ۲ ساختار سلسله‌مراتبی معیارهای پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۲. ساختار سلسله‌مراتبی پژوهش

بعد از تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی، نوبت به محاسبه وزن معیارهای پژوهش با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری می‌رسد. بدین منظور، پس از شکل‌گیری ماتریس مقایسه زوجی مسئله، نظر خبرگان جمع‌آوری شد.

در گام بعد، میزان ناسازگاری هر یک از ماتریس‌های مقایسه زوجی به دست آمد. چنانچه مقدار ناسازگاری پرسشنامه‌های مقایسه زوجی در حد استاندارد (کمتر از ۱/۱) باشد، می‌توان گام بعد را آغاز کرد، در غیر این صورت پرسشنامه‌های مقایسه زوجی به خبرگان بازگردانده می‌شوند تا بازنگری شوند. پس از تأیید میزان سازگاری پرسشنامه‌های مقایسه زوجی با استفاده از تئوری راف (رابطه‌های ۱ تا ۶) نظر خبرگان به اعداد فاصله‌ای تبدیل شد. در نهایت با استفاده از رابطه‌های ۸ تا ۱۰ وزن معیارها به دست آمد. در جدول ۱ نتایج به دست آمده از محاسبات فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری مشاهده می‌شود.

جدول ۱. نتایج فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی خاکستری

وزن نهایی زیرمعیارها		وزن زیرمعیارها		کد	زیرمعیارها	وزن معیارهای اصلی		معیارهای اصلی
حد بالا (U)	حد پایین (L)	حد بالا (U)	حد پایین (L)			حد بالا (U)	حد پایین (L)	
۰/۳۰۶۸	۰/۱۸۳۵	۰/۳۰۶۸	۰/۲۳۶۹	C1	قابلیت اطمینان	۱	۰/۷۷۴۵	وزن‌های محصول
۰/۲۵۹۹	۰/۱۵۹۹	۰/۲۵۹۹	۰/۲۰۶۵	C2	کارکرد و میزان سهولت کار با سیستم			
۰/۳۹۷۶	۰/۲۵۷۷	۰/۳۹۷۶	۰/۳۳۳۷	C3	قابلیت نگهداری			
۰/۶۴۷۰	۰/۴۲۶۲	۰/۶۴۷۰	۰/۵۵۰۲	C4	انعطاف پذیری			
۰/۱۶۷۰	۰/۱۱۱۷	۰/۱۶۷۰	۰/۱۴۴۳	C5	زمان پیاده سازی سیستم			
۱	۰/۶۷۸۷	۱	۰/۸۷۶۲	C6	هزینه کل			
۰/۵۱۶۳	۰/۳۵۴۹	۱	۰/۸۸۷۳	C7	قابلیت‌های فنی	۰/۵۱۶۳	۰/۴	بناهای سازمان
۰/۲۳۹۴	۰/۱۵۵۷	۰/۴۶۳۶	۰/۳۸۹۴	C8	شهرت و اعتبار			
۰/۱۹۰۳	۰/۱۲۴۶	۰/۳۶۸۶	۰/۳۱۱۷	C9	خدمات			

گام بعدی پس از محاسبه وزن معیارهای پژوهش، تشکیل ماتریس تصمیم مسئله است. برای تشکیل ماتریس تصمیم فاصله‌ای، ابتدا نظر خبرگان درباره وضعیت هر یک از گزینه‌ها در هر یک از معیارها با استفاده از پرسشنامه ویکور جمع‌آوری شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. نظر خبرگان درباره هر یک از گزینه‌ها بر اساس هر معیار

تصمیم‌گیرنده اول									
خدمات	شهرت و اعتبار	قابلیت‌های فنی	هزینه کل	زمان پیاده‌سازی سیستم	انعطاف‌پذیری	قابلیت نگهداری	کارکرد و میزان سهولت کار با سیستم	قابلیت اطمینان	
۶	۵	۸	۷	۷	۵	۷	۶	۷	A1
۳	۶	۶	۶	۵	۶	۶	۵	۶	A2
۴	۵	۸	۴	۸	۷	۷	۶	۸	A3
۵	۸	۷	۷	۶	۶	۷	۷	۶	A4
۷	۶	۸	۸	۷	۷	۵	۷	۵	A5
۹	۸	۷	۸	۹	۸	۶	۷	۶	A6
۷	۵	۹	۵	۷	۵	۷	۸	۷	A7
تصمیم‌گیرنده دوم									
۶	۵	۶	۶	۷	۵	۷	۵	۶	A1
۳	۶	۶	۶	۵	۶	۶	۴	۵	A2
۴	۵	۷	۴	۶	۶	۶	۶	۷	A3
۴	۸	۷	۷	۶	۶	۷	۶	۷	A4
۷	۶	۶	۷	۷	۷	۵	۶	۴	A5
۸	۸	۷	۶	۷	۶	۶	۷	۵	A6
۷	۵	۷	۵	۶	۵	۵	۵	۶	A7
تصمیم‌گیرنده سوم									
۵	۵	۸	۷	۷	۵	۶	۵	۶	A1
۴	۶	۶	۷	۵	۶	۶	۵	۶	A2
۵	۵	۸	۴	۸	۶	۷	۶	۸	A3
۵	۶	۷	۷	۶	۶	۶	۷	۶	A4
۷	۶	۸	۷	۷	۸	۵	۶	۵	A5
۸	۸	۷	۸	۷	۸	۶	۷	۶	A6
۷	۵	۹	۵	۷	۴	۶	۷	۶	A7

با جمع‌آوری نظر خبرگان دربارهٔ وضعیت هر یک از گزینه‌ها در هر یک از شاخص‌ها، امکان تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری مسئله فراهم می‌شود. برای تشکیل جدول تصمیم‌گیری مسئله، ابتدا باید قضاوت‌های ترجیحی خبرگان را به اعداد فاصله‌ای تبدیل کرد. برای تبدیل قضاوت‌های ترجیحی خبرگان به اعداد فاصله‌ای از رابطه‌های ۱ تا ۶ استفاده شده است. جدول ۳ ماتریس تصمیم فاصله‌ای به‌دست‌آمده از روش راف را ارائه می‌کند.

جدول ۳. ماتریس تصمیم فاصله‌ای به‌دست‌آمده از تئوری راف

معیارها		قابلیت اطمینان		کارکرد و میزان سهولت کار با سیستم		قابلیت نگهداری		انعطاف‌پذیری	
گزینه‌ها	A1	۶/۸۹	۶/۴۴	۶/۵۵	۵/۱۱	۶/۸۹	۶/۴۴	۵	۵
	A2	۵/۸۹	۵/۴۴	۴/۸۹	۴/۴۴	۶	۶	۶	۶
	A3	۷/۸۹	۷/۴۴	۶	۶	۶/۸۹	۶/۴۴	۶/۵۵	۶/۱۱
	A4	۶/۵۵	۶/۱۱	۶/۸۹	۶/۴۴	۶/۸۹	۶/۴۴	۶	۶
	A5	۴/۸۹	۴/۴۴	۶/۵۵	۶/۱۱	۵	۵	۷/۸۹	۷/۴۴
	A6	۶/۵	۵/۵	۷	۷	۶	۶	۷/۷۷	۶/۸۸
	A7	۶/۵۵	۶/۱۱	۷/۳۹	۵/۸۹	۶/۵	۵/۵	۴/۸۹	۴/۴۴

معیارها		زمان پیاده‌سازی سیستم		هزینه کل		قابلیت‌های فنی		شهرت و اعتبار		خدمات	
گزینه‌ها	A1	۷	۷	۶/۸۹	۶/۴۴	۶/۸۸	۷/۷۷	۵	۵	۵/۸۹	۵/۴۴
	A2	۵	۵	۶/۵۵	۶/۱۱	۶	۶	۶	۶	۳/۵۵	۳/۱۱
	A3	۷/۷۷	۶/۸۸	۴	۴	۶/۵	۷/۵	۵	۵	۴/۵۵	۴/۱۱
	A4	۶	۶	۷	۷	۷	۷	۶/۸۸	۷/۷۷	۴/۸۹	۴/۴۴
	A5	۷	۷	۷/۱۱	۷/۵۵	۶/۸۸	۷/۷۷	۶	۶	۷	۷
	A6	۸/۱۱	۷/۲۲	۶/۸۸	۷/۷۷	۷	۷	۸	۸	۸/۵۵	۸/۱۱
	A7	۶/۸۹	۶/۴۴	۵	۵	۷/۸۸	۸/۷۷	۵	۵	۷	۷

با تشکیل جدول تصمیم مسئله با استفاده از رابطه‌های ویکور خاکستری به بررسی و ارزیابی گزینه‌های پژوهش می‌پردازیم. گام اول در روش ویکور خاکستری بعد از تشکیل ماتریس تصمیم، شناسایی مقادیر ایده‌آل مثبت ( $f_j^*$ ) و ایده‌آل منفی ( $f_j^-$ ) در هر یک از معیارهای ماتریس تصمیم است. جدول ۴ نتایج به‌دست‌آمده را نشان می‌دهد.



جدول ۴. مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی

$f_j^*$	۷/۸۹	۷/۳۹	۶/۸۹	۷/۸۹	۸/۱۱	۷/۷۷	۸/۷۷	۸	۸/۵۵
$f_j^-$	۴/۴۴	۴/۴۴	۵	۴/۴۴	۵	۴	۶	۵	۳/۱۱

گام بعد، محاسبه شاخص‌های  $S_i^U$ ،  $S_i^L$ ،  $R_i^U$  و  $R_i^L$  با استفاده از رابطه‌های ۱۶ تا ۱۹ است. با مشخص شدن این شاخص‌ها، به محاسبه شاخص اصلی ویکور، یعنی شاخص  $Q$  پرداخته می‌شود، برای این کار از رابطه‌های ۲۰ تا ۲۱ استفاده شده است. نتایج این محاسبات در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵. شاخص‌های به‌دست‌آمده از روش ویکور خاکستری

گزینه‌ها	$S_i^U$	$S_i^L$	$R_i^U$	$R_i^L$	$Q_i^U$	$Q_i^L$
A1	۲/۰۷۹۶۴۳	۰/۹۹۸۹۹۴	۰/۳۵۷۰۲۹	۰/۵۴۲۰۵۳	۰/۵۹۸۲۱۲	۰/۲۱۵۷۶
A2	۲/۴۹۳۳۹۱	۱/۵۰۱۶۶۲	۰/۳۵۴۹۲۶	۰/۵۱۶۳۹۸	۰/۶۸۲۲۴۲	۰/۳۳۶۶۴۵
A3	۲/۴۷۵۱۲۶	۱/۳۴۲۰۸۳	۰/۶۷۸۷۵	۱	۰/۹۹۰۵۲۵	۰/۵۰۷۲۴
A4	۱/۵۷۱۹۸۲	۰/۸۶۸۹۹۲	۰/۲۳۳۴۹	۰/۳۵۴۴۹۲	۰/۳۵۳۴۶۵	۰/۱۰۴۲۵۷
A5	۱/۷۰۲۵۸۱	۰/۸۰۹۹۳۳	۰/۲۵۷۷۷	۰/۳۹۷۶۳۶	۰/۴۱۳۱۲۵	۰/۱۰۵۵۹۵
A6	۱/۳۵۲۸۷۱	۰/۴۵۸۰۹۵	۰/۲۲۶۷۹۴	۰/۳۲۹۹۷۳	۰/۲۶۰۰۰۴	۰
A7	۲/۵۱۴۰۸۵	۱/۲۲۸۹۶۳	۰/۴۹۸۷۱	۰/۷۳۴۷۴۸	۰/۸۲۸۴۷۳	۰/۳۶۳۳۰۶
شاخص‌ها	$S^-$	$S^*$	$R^*$	$R^-$		
مقدار شاخص‌ها	۲/۵۱۴۰۸۵	۰/۴۵۸۰۹۵	۰/۲۲۶۷۹۴	۱		

## نتیجه‌گیری

انتخاب و پیاده‌سازی سیستم اطلاعاتی که بتواند همه فرایندها و وظایف سازمان را تحت پوشش قرار داده و اطلاعات مورد نیاز را در زمان و شکل مناسب در اختیار کاربران قرار دهد، از ابزارهای حیاتی سازمان‌های هزاره جدید است. بدون استفاده از چنین سیستمی، بهبود قابلیت اطمینان و عملکرد سازمان، تصمیم‌گیری درست و به‌موقع و دستیابی به مزیت رقابتی سخت و دشوار است. سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان از مهم‌ترین ابزارهای مدیریتی است که می‌تواند اطلاعات موجود در سازمان را به‌طور منسجم و یکپارچه جمع‌آوری کند و نتایج آن را در اختیار کاربران در سازمان قرار دهد. پس از بررسی ادبیات پژوهش و گزارش‌های ارائه‌شده در این مطالعات، مشخص شد که با وجود مزیت‌های زیاد این سیستم‌ها، در مواردی نیز پیاده‌سازی آن به‌دلیل

انتخاب نامناسب با شکست مواجه شده است. با توجه به لزوم پیاده‌سازی این سیستم‌ها در دنیای رقابتی امروز، استفاده از روشی که بتواند به سازمان‌ها در انتخاب درست سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان کمک کند، اهمیت شایان توجهی دارد.

در این مطالعه تلاش شده است روشی برای کمک به سازمان‌ها در انتخاب بهترین سیستم ارائه شود. به همین منظور ابتدا با بررسی ادبیات پژوهش، معیارهایی که در ارزیابی و انتخاب این سیستم‌ها تأثیرگذارند، شناسایی شدند. پس از بررسی و غربال‌سازی معیارها، ساختار سلسله‌مراتبی پژوهش شکل گرفت. در مرحله بعد با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به ارزیابی و انتخاب مناسب‌ترین گزینه پرداخته شده است.

از آنجا که در تکمیل پرسشنامه با قضاوت‌های ترجیحی و غیرقطعی خبرگان مواجه بودیم، از مجموعه تئوری راف و تئوری خاکستری که در حل این گونه مسائل کارآمدترند، استفاده کردیم. در واقع از مفهوم تئوری راف برای ایجاد اعداد فاصله‌ای و از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در محیط خاکستری برای ارزیابی معیارها و گزینه‌های پژوهش استفاده کردیم.

با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، مشاهده شد که از میان معیارهای اصلی، ویژگی‌های محصول وزن بیشتری کسب کرده است. همچنین از میان زیرمعیارهای ویژگی‌های محصول، هزینه کل نسبت به سایر زیرمعیارها در رتبه بالاتری قرار دارد. از میان زیرمعیارهای مربوط به نیازهای سازمان نیز، قابلیت‌های فنی بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است.

با توجه به شاخص‌های به دست آمده در روش ویکور خاکستری که در جدول ۵ ارائه شده است و با توجه به رابطه‌های ۲۲ تا ۲۵، بزرگی هر یک از گزینه‌ها براساس شاخص  $Q$  محاسبه شد که نتایج بدین ترتیب به دست آمد:

$A3 > A7 > A2 > A1 > A5 > A4 > A6$

براساس این نتایج، گزینه ۳ بزرگ‌ترین مقدار شاخص  $Q$  را کسب کرد و بعد از آن، به ترتیب گزینه‌های ۷، ۲، ۱، ۵، ۴ و ۶ قرار گرفتند. پس از مشخص شدن اندازه بزرگی شاخص فاصله‌ای  $Q$  برای گزینه‌ها، به رتبه‌بندی آنها پرداخته شد. برای رتبه‌بندی براساس شاخص  $Q$ ، گزینه‌ای که کوچک‌ترین مقدار را از نظر شاخص  $Q$  دارد، نسبت به سایر گزینه‌ها از اولویت بیشتری برخوردار است، سایر گزینه‌ها نیز به همین شکل مرتب می‌شوند. بنابراین اهمیت گزینه‌های پژوهش بدین ترتیب است:

$A6 > A4 > A5 > A1 > A2 > A7 > A3$

با توجه به نتایج به دست آمده از مدل ارائه شده، گزینه ۶ برای سازمان مورد مطالعه بهترین انتخاب است و پس از آن، گزینه‌های ۴ و ۵ انتخاب‌های بهتری هستند.

امید است چارچوب نظام‌مند و گام‌به‌گام ارائه شده در این پژوهش، بتواند به تصمیم‌گیرندگان برای ارزیابی و انتخاب مناسب‌ترین سیستم کمک کند.

## منابع

- آقاچانی، ح.آ.؛ صمدی، ح.؛ خانزاده، م. و صمدی، ح. (۱۳۹۳). امکان‌سنجی پیاده‌سازی و اجرای سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP) شاهد تجربی: شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی منطقه ساری). مدیریت فناوری اطلاعات، ۶(۲)، ۱۸۶-۱۶۱.
- بهبود اصل، م.؛ یوشانلویی، ح.؛ انصاری، م. و میرکازمی مود، م. (۱۳۹۱). شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP) از دیدگاه خبرگان. مدیریت فناوری اطلاعات، ۴(۱۲)، ۱-۲۲.
- ثابت مطلق، م.؛ صالحی صدقیانی، ج.؛ ایازی، س.ع. و عابدینی نایینی، م. (۱۳۹۳). ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان استراتژیک با استفاده از روش ترکیبی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس خاکستری. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۱(۴)، ۱۱۷-۱۰۱.
- حقیقت منفرد، ج.؛ خلج، م.؛ محمدعلیان، آ. و کاباران زاده قدیم، م. (۱۳۹۴). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در فرایند پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان با رویکرد گسترش عملکرد کیفیت در گروه صنعتی بهمن دیزل. فصلنامه مدیریت فناوری اطلاعات، ۷(۴)، ۶۹۷-۷۱۴.
- حنفی‌زاده، پ.؛ دادبین، ش. و براتی، م. (۱۳۹۱). پیمایشی از ابعاد پیاده‌سازی سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان و مدیریت ارتباط با مشتری در شرکت‌های ایرانی. فصلنامه مدیریت فناوری اطلاعات، ۴(۱۱)، ۴۰-۲۵.
- محقر، ع.؛ مهرگان، م. ر. و رحمتی، س. (۱۳۹۱). به‌کارگیری تکنیک ترکیبی از مدل BSC و ANP برای انتخاب بهترین بسته نرم‌افزاری ERP در صنعت نفت. فصلنامه مدیریت فناوری اطلاعات، ۴(۱۰)، ۱۴۰-۱۱۹.
- Aghajani, H. A., Samadi, H., Khanzadeh, M. & Samadi, H. (2014). Feasibility Study of Enterprise Resources Planning (ERP) Systems' Implementation (Empirical Evidence: National Iranian Oil Petroleum Diffusion Cooperation (NIOPDC) – Sari Zone). *Journal of Information Technology Management*, 6(2), 161-186. (in Persian)
- Al-Mashari, M. (2002). Enterprise Resource Planning Systems: a research agenda. *Industrial Management & Data Systems*, 102(3), 165-170.
- Basu, R., Upadhyay, P., Das, M. C. & Dan, P. K. (2012). An approach to identify issues affecting ERP implementation in Indian SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(1), 133-154.
- Behboudi Asl, M., Rahmany Youshanlouei, H., Ansari, M. & Mirkazemi Mood, M. (2012). Identifying Factors Influencing the Selection of Enterprise Resource Planning Systems from Expert Views. *Journal of Information Technology Management*, 4(12), 1-22. (in Persian)

- Beheshti, H., Blaylock Bruce, K., Henderson Dale, A. & Lollar James, G. (2014). Selection and critical success factors in successful ERP implementation. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 24(4), 357-375.
- Chen, L. F. & Tsai, C. T. (2016). Data mining framework based on rough set theory to improve location selection decisions: A case study of a restaurant chain. *Tourism Management*, 53, 197-206.
- Chung, B. (2007). *An Analysis of Success and Failure Factors for ERP Systems in Engineering and Construction Firms*. (Doctor of Philosophy), University of Maryland.
- Efe, B. (2016). An integrated fuzzy multi criteria group decision making approach for ERP system selection. *Applied Soft Computing*, 38, 106-117. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2015.09.037>.
- Haghighat Monfared, J., Khalaj, M., Mohammad Alian, A. & Kabaran-zadeh Ghadim, M. R. (2015). Effective Factors in the Implementation of the E.R.P using the Q.F.D approach. *Journal of Information Technology Management*, 7(4), 697-714. (in Persian)
- Hanafizadeh, P., Dadbin, S. & Barati, M. (2012). A Survey of the Implementation Aspects of Enterprise Resource Planning and Customer Relationship Management Systems in Iranian Companies. *Journal of Information Technology Management*, 4(11), 25-40. (in Persian)
- He, Y. H., Wang, L. B., He, Z. Z. & Xie, M. (2016). A fuzzy TOPSIS and Rough Set based approach for mechanism analysis of product infant failure. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 47, 25-37. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engappai.2015.06.002>.
- Lien, C. T. & Chan, H.-L. (2007). A Selection Model for ERP System by Applying Fuzzy AHP Approach. *International Journal of The Computer, the Internet and Management*, 15(3), 58-72.
- Mohaghar, A., Mehrgan, M. R. & Rahmati, S. A. (2012). ANP-based decision support system for selecting ERP systems in oil industry by using balanced scorecard. *Journal of Information Technology Management*, 4(10), 119-140. (in Persian)
- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer and Information Science*, 11 (5), 341-56.
- Ramesh, S., Viswanathan, R., Ambika S. (2016). Measurement and optimization of surface roughness and tool wear via grey relational analysis, TOPSIS and RSA techniques. *Measurement*, 78, 63-72.

- Sabet Motlagh, M., Salehi Sadaghiani, J., Ayazi, S.A., Abedini Naeini, M. (2015). Evaluation and selection of strategic suppliers using integrated approach of AHP and gray TOPSIS. *operation research in its application*, 11(4), 101-117. (in Persian)
- Shahhosseini, M. A., Rouhani, R. & Rouhi, R. (2013). An ERP Selection Framework in Constructor Companies using Fuzzy AHP Approach. *Journal of Information Technology Management*, 5(2), 95-116.
- Sudhaman, P. & Maya, D. (2014). Customer requirements based ERP customization using AHP technique. *Business Process Management Journal*, 20(5), 730-751.
- Tamošiūnienė, R. & Marcinkevič, A. (2013). Using Analytic Hierarchy Process Method in ERP system selection process. *KSI Transactions on Knowledge Society*, 6(3), 41-45.
- 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.
- Ying, X., Colin, J. A., & Mahmood, A. (2014). An integrated decision support system for ERP implementation in small and medium sized enterprises. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(4), 358-384.
- Zhai, L. Y., Khoo, L.P., Zhong, Z. W. (2008). A rough set enhanced fuzzy approach to quality function deployment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 37 (5-6), 613- 624.
- Zhu, G.N., Hu, J., Qi, J., Gu, C. C. & Peng, Y. H. (2015). An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. *Advanced Engineering Informatics*, 29(3), 408-418.