**Paper Type: Original Article**

Application of Linear Programming Model in Optimizing the Production Schedule of Tabriz Petrochemical Company Products

Seyyed Abdullah Sajjadi Jaghargh¹, Mohammad Reza Shahriari^{2*}, Hooman Shahrabi³ 

¹Department of Media Management, Faculty of Economics and Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

²Department of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; Shahriari.mr@gmail.com.

³Department of Industrial Engineering, Management, Economics and Tourism, University of Oeiro, Portuga.

Citation:

Sajjadi Jaghargh, S. A., Shahriari, M. R., Shahrabi, H. (2023). Application of linear programming model in optimizing the production schedule of tabriz petrochemical company products. *Management sciences and decision analysis*, 1(2), 70-81.

Received: 01/02/2023

Reviewed: 29/03/2023

Revised: 07/05/2023

Accepted: 24/07/2023

Abstract

Purpose: The purpose of this study is to present a hybrid approach combining DEMATEL and ANP methods for selecting enterprise resource planning systems. Given the crucial role of ERP system selection in project success, this research aims to identify and prioritize the key criteria for choosing the most suitable ERP solution for organizations.

Methodology: This research is applied and descriptive in nature. First, the effective criteria for ERP selection were extracted from literature and expert opinions. Then, DEMATEL was used to determine the causal relationships among the criteria and measure their influence. Subsequently, the analytic network process was applied to compute the final weights and select the optimal system.

Findings: The results revealed that among the three systems examined (SAP, Oracle, and Microsoft Dynamics), SAP ranked first with a final weight of 0.4323. Furthermore, “implementation cost” and “payback period” were identified as the most influential factors in decision-making.

Originality/Value: The originality of this research lies in integrating DEMATEL and ANP methods to capture interdependencies among ERP selection criteria and enable dynamic weighting. The proposed hybrid model supports managers in making more informed decisions and minimizing ERP implementation risks.

Keywords: Enterprise resource planning, Analytic network process, DEMATEL, Multi-criteria decision-making, ERP selection.



Corresponding Author: Shahriari.mr@gmail.com



<https://doi.org/10.22105/msda.v1i2.124>



Licensee. **Management Sciences and Decision Analysis**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



ارایه یک رویکرد ترکیبی از ANP و DEMATEL برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP)

سید عبدالله سجادی جاغرق^۱، محمدرضا شهریار^۲، هومن شهراسبی^۳

^۱گروه مدیریت رسانه، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^۲گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^۳گروه مهندسی صنایع، مدیریت، اقتصاد و گردشگری دانشگاه اویرو، پرتغال.

چکیده

هدف: هدف این پژوهش ارائه رویکردی ترکیبی بر پایه روش‌های *ANP* و *DEMATEL* برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان است. با توجه به اهمیت انتخاب صحیح سیستم *ERP* در موفقیت پروژه‌های سازمانی، این تحقیق تلاش دارد با شناسایی و وزن‌دهی معیارهای کلیدی، مناسب‌ترین سیستم *ERP* را برای شرایط واقعی سازمان‌ها تعیین کند.

روش‌شناسی پژوهش: تحقیق حاضر از نوع کاربردی-توصیفی است. ابتدا معیارهای مؤثر بر انتخاب سیستم *ERP* از مطالعات گذشته و نظرات خبرگان استخراج شد. سپس با استفاده از روش *DEMATEL* روابط علی و معلولی بین معیارها مشخص و میزان اثرگذاری آن‌ها تعیین گردید. در گام بعد، روش تحلیل شبکه‌ای برای وزن‌دهی نهایی معیارها و انتخاب سیستم به‌کار گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در میان سه سیستم مورد بررسی (*SAP*، *Oracle* و *Microsoft Dynamics*)، سیستم *SAP* با وزن نهایی ۰/۴۳۲۳، بهترین گزینه برای پیاده‌سازی در سازمان‌های مورد مطالعه است. همچنین مشخص شد شاخص‌هایی نظیر «هزینه راه‌اندازی» و «دوره بازگشت سرمایه» بیشترین تأثیر را در تصمیم‌گیری دارند.

اصالت/ارزش افزوده علمی: نوآوری این تحقیق در ترکیب دو روش *ANP* و *DEMATEL* برای تحلیل روابط متقابل و وزن‌دهی پویا میان معیارهای انتخاب *ERP* است. مدل پیشنهادی می‌تواند به مدیران سازمان‌ها در تصمیم‌گیری دقیق‌تر و کاهش ریسک‌های پیاده‌سازی *ERP* کمک کند.

کلیدواژه‌ها: سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان، تحلیل شبکه‌ای، *DEMATEL*، تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتخاب *ERP*.

۱- مقدمه

سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی^۱ عبارت هستند از راه‌حل‌های یکپارچه نرم‌افزاری به منظور مدیریت منابع سازمانی. این سیستم‌ها نه تنها قادر به برنامه‌ریزی منابع سازمان می‌باشند، بلکه می‌توانند کلیه واحدها و کارکردهای شرکت را در یک سیستم یکپارچه کامپیوتری تلفیق نموده و نیاز واحدهای گوناگون را برآورده سازند. درواقع در سیستم‌های *ERP* سعی شده است که با بهره‌گیری از آخرین فناوری‌های به‌دست آمده در زمینه‌ی تکنولوژی اطلاعاتی، زیر سیستم‌های مختلف موجود در سازمان‌ها به‌صورت یکپارچه و مرتبط درآیند [1].

پیاده‌سازی سیستم *ERP* یکی از چالش‌های اصلی دهه اخیر است، به‌طوری‌که سازمان‌ها سرمایه‌گذاری در سیستم‌های *ERP* را یک استراتژی مهم می‌دانند که برای سازمان مزیت رقابتی ایجاد می‌کند، ولی علی‌رغم اهمیت استراتژیکی این سیستم‌ها، اکثر پروژه‌های پیاده‌سازی این سیستم‌ها در

¹ Enterprise Resource Planning (ERP)

مراحل اولیه پیاده‌سازی و راه‌اندازی با شکست مواجه می‌شوند. به‌طوری که محققان نرخ شکست ۴۰٪ الی ۶۰٪ را عنوان می‌کنند [2]. از آنجایی که پروژه‌های ERP مستلزم صرف زمان، هزینه و نیروی انسانی هنگفتی برای سازمان مربوطه هستند، مدیران اغلب اجرای این سیستم‌ها را از دشوارترین پروژه‌ها می‌دانند. به عقیده صاحب‌نظران، نرخ بالای شکست پروژه‌های ERP درک بهتر عوامل کلیدی موثر را می‌طلبد. با توجه به آنچه عنوان شد جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و انتشار اطلاعاتی که بتواند در انتخاب هرچه بهتر این بسته نرم‌افزاری و اجرای موفق‌تر این سیستم‌ها به سازمان‌ها و شرکت‌های استفاده‌کننده کمک کند، بسیار مهم و ضروری به نظر می‌رسد. به رغم گسترش روز افزون سیستم ERP در سطح جهان و به‌خصوص در میان سازمان‌ها، شرکت‌های تولیدی و کارخانه‌ها، هنوز بحث اجرای سیستم ERP در سازمان‌ها به‌طور کامل وارد نشده است. پژوهش حاضر با عنوان شناسایی عوامل کلیدی موثر در پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز سیستم ERP در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات صورت گرفته است.

بسته نرم‌افزاری کاربردی ERP یک مجموعه از ماژول‌های یکپارچه آماده راه‌اندازی از پیش طراحی‌شده و از پیش مهندسی‌شده است که تمام فرآیندهای تجاری سازمان را پوشش می‌دهد [3]. به عبارت دیگر ERP یک بسته نرم‌افزاری تجاری است که هدف آن یکپارچه‌سازی اطلاعات و جریان آن‌ها بین تمامی بخش‌های سازمان از جمله مالی، حسابداری، منابع انسانی، زنجیره تامین و مدیریت ارتباط با مشتریان است [4].

فرآیند انتخاب معیارهای انتخاب سیستم ERP بر مبنای دو حوزه زیربنا نهاده شده است:

۱. بررسی معیارهای مورد استفاده توسط پژوهشگران گذشته.

۲. بررسی شاخص‌های موفقیت سیستم‌های ERP از منظر مدیران و کاربران.

بر مبنای فرآیند گفته‌شده، مجموعه‌ای از مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان، به عنوان اصلی‌ترین معیارهای سنجش مدنظر قرار گرفتند.

جدول ۱ مجموعه‌ای از مهم‌ترین معیارهای مورد استفاده در پژوهش‌های پیشین را ارایه می‌کند. این معیارها بر مبنای بیشترین میزان تکرار و تاکید در مقاله‌ها مدنظر قرار گرفته‌اند [5].

جدول ۱ - مهم‌ترین معیارهای انتخاب برنامه‌ریزی منابع سازمانی در پژوهش‌های پیشین.

Table 1- The most important enterprise resource planning selection criteria in previous research.

ردیف	معیارها و زیرمعیارها	منبع
1	معیارهای پروژه: هزینه زمان راه‌اندازی ویژگی‌های سیستم: انطباق با فرآیندهای سازمان، کیفیت و قابلیت اطمینان، کیفیت کاربری و واسط کاربر، امکان توسعه و روزآمد شدن وضعیت فروشنده: تکنولوژی مورد استفاده، پشتیبانی، آموزش، ثبات مالی و اقتصادی فروشنده، اعتبار و شهرت	بوکر [6]
2	ویژگی‌های سیستم: کارکرد نرم‌افزار، قابلیت اطمینان، سهولت استفاده، کارایی (ویژگی‌های غیر کارکردی نرم‌افزار)، قابلیت نگهداری معیارهای مدیریتی: وضعیت فروشنده، هزینه و زمان پیاده‌سازی	دانایی فرد و همکاران [7]
3	سازگاری سیستم، کیفیت پشتیبانی و مشاوره، آموزش، پذیرش سیستم توسط کاربران، زمان راه‌اندازی، نگهداشت و تطبیق پذیری و هزینه	چانگ و همکاران [8]
4	ویژگی‌های سیستم: هزینه، زمان پیاده‌سازی، کارکرد نرم‌افزار، کاربری و واسط کاربر، انعطاف‌پذیری، قابلیت اطمینان وضعیت فروشنده: شهرت، توانایی فنی، خدمات پشتیبانی	برادفورد و همکاران [9]
5	هزینه: هزینه خرید، هزینه پیاده‌سازی ویژگی‌های سیستم: کارکرد نرم‌افزار، انعطاف‌پذیری، قابلیت اطمینان، کاربری و واسط کاربر، امکان توسعه و روزآمد شدن، میزان انطباق با فرآیندهای سازمان وضعیت فروشنده: پشتیبانی، شهرت	سیدجوادین [10]

جدول ۱- ادامه.
Table 1- Continued.

ردیف	معیارها و زیرمعیارها	منبع
6	کیفیت سیستم: صحت، قابلیت اطمینان، کاربری و واسط کاربر، یکپارچگی، کارایی، قابلیت نگهداشت، آزمون پذیری وضعیت فروشنده: سهم بازار، نیروی انسانی، شهرت، آموزش، تمایل به همکاری هزینه: هزینه نرم افزار، هزینه سخت افزار زمان راه اندازی	آذر و مومنی [11]
7	ویژگی های سیستم: کارکرد نرم افزار، انعطاف پذیری، کاربری و واسط کاربر، زمان راه اندازی، هزینه قابلیت اطمینان، ویژگی های فروشنده: سهم بازار، ثبات اقتصادی، توانایی پیاده سازی، پشتیبانی، توانایی به روز آوری	الغحطانی [12]
8	عملکرد ^۱ هزینه های خرید لایسنس و تعداد یوزر و پیاده سازی زمان راه اندازی مخاطرات قابلیت نگهداری	البحری و همکاران [13]
9	هزینه های خرید و پیاده سازی قابلیت یکپارچه سازی اطلاعات قدیم و جدید قابلیت اطمینان مخاطرات	گوربوز و همکاران [14]
10	سابقه و خوش نامی ساپلایر قابلیت عملکرد سیستم دقت و صحت محاسبات و تطابق پذیر با استانداردهای محلی و بین المللی	پیتیک و همکاران [15]
11	ریسک پیاده سازی و تغییر رویکرد سازمانی روند پیاده سازی هزینه اعتبار برند قابلیت تطابق و عملکرد	آلاسکایی و همکاران [16]

۲- بیان مساله

هزینه کامل یک سیستم برنامه ریزی منابع سازمان شامل هزینه های مربوط به سخت افزار، نرم افزار، خدمات (نگهداری، به روز رسانی و بهینه سازی) و هزینه های داخلی سازمان می باشد. هزینه سخت افزار پیاده سازی سیستم برنامه ریزی منابع سازمان نیازمند خریداری تجهیزات سخت افزاری جدید و تجهیزات شبکه می باشد. هزینه سخت افزار بسته به بستر مورد استفاده قرار گرفته برای پیاده سازی و وسعت سیستم تفاوت می کند. هزینه نرم افزار هزینه نرم افزار سیستم برنامه ریزی منابع سازمان بسته به تعداد پیمانهای نرم افزاری پیاده سازی شده، پیچیدگی نرم افزار و عرضه کننده آن متفاوت است. معمولاً سیستم هایی که نیازمند یکپارچه سازی با منابع خارج از سازمان می باشند هزینه بیشتری در بر دارند. هزینه خدمات تنظیمات، هزینه اصلی در بین هزینه های مربوط به خدمات مربوط به هزینه خدمات می باشد. در مواردی هزینه تنظیمات می تواند به راحتی از هزینه نرم افزار نیز بیشتر باشد. مزیت اصلی سیستم ERP افزایش بهره وری حاصل از هماهنگی بین واحدهای سازمان است. یکپارچه سازی پیمانهای مختلف سیستم و اتصال به سایر سیستم های موجود سبب می شوند که این یکپارچه سازی به سادگی محقق نگردد. به طوری که، معیار اصلی در سنجش موفقیت پیاده سازی یک سیستم برنامه ریزی منابع سازمان، یکپارچه سازی پیمانهای سیستم می باشد. بخش عمده ای از داده های موجود در سیستم های اطلاعاتی موجود در سازمان باید تبدیل و آن گاه در پایگاه های اطلاعاتی سیستم برنامه ریزی منابع سازمان نگهداری شوند. فرآیند تبدیل اطلاعات بسیار وقت گیر بوده و در بسیاری موارد با خطا همراه است. سیستم برنامه ریزی منابع سازمان فرآیندهای پیچیده سازمان را خودکار کرده و نحوه ارتباط کارکنان با یکدیگر را تغییر می دهد. به همین دلیل کارکنان باید برای فراگیری فرآیندهای جدید آموزش ببینند.

¹ Functionality

تاکنون تحقیقات زیادی بر اساس اطلاعات گردآوری شده توسط نظرسنجی‌های اینترنتی و... به کار گرفته شده تا بتوانند شاخص‌هایی از قبیل سهم بازار، نرخ انتخاب، هزینه و مدت پیاده‌سازی، نرخ خرابی‌های عملیاتی و مدت آن‌ها، تحقق منافع ویژه تجاری و طول دوره بازگشت سرمایه را به تفکیک سیستم‌های ERP مطالعه و بررسی کند. در این تحقیق بر روی سه سیستم برتر تولیدکننده نرم‌افزارهای مدیریت منابع سازمانی متمرکز شدیم تا بر اساس شاخص‌های مشخص و فرآیند وزن‌دهی به این شاخص‌ها به انتخاب آن‌ها بپردازیم. منظور از ۳ سیستم برتر ERP به طور دقیق‌تر نرم‌افزارهای SAP، اوراکل و مایکروسافت داینامیک است. بدون هیچ تردیدی رقابت سلطه بر بازار سطح اول ERP بین سه شرکت SAP، اوراکل و مایکروسافت همچنان ادامه دارد و هر یک سعی می‌کنند تا تعداد کاربران سیستم‌های خود را در دنیا افزایش دهند. بر همین اساس از هیچ تلاشی دریغ نمی‌کنند تا مطابق نیازهای متغیر مشتریان خود حرکت کرده و با پیش‌بینی روندهای اقتصادی کلان بر توسعه سیستم‌های خود سرمایه‌گذاری و پیشنهادهایی مناسب حوزه‌هایی فراتر از بازار هدف اولیه ارایه نمایند. در حالی که بازار ERP به طور دایم در حال رشد و گسترش است، این ۳ شرکت برتر نرم‌افزاری تحت فشار بسیار زیادی برای حفظ سهم بازار خود هستند. در این میان، برنده و ذی‌نفع اصلی، مشتریان آن‌ها هستند که تولیدکنندگان نرم‌افزاری را برای افزایش جذابیت و مطلوبیت سیستم‌های خود به تکاپوی شدید واداشته‌اند.

اخیرا البحری و همکاران [13] در پژوهشی بر روی این سیستم‌های نرم‌افزاری عملکرد آن‌ها را در شاخص‌های مختلف مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها وضعیت این سیستم‌ها را در هر یک از شاخص‌ها گزارش کرده‌اند. در این تحقیق اطلاعات گزارش شده توسط البحری و همکاران [13] جهت انتخاب سیستم ERP مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- متدولوژی پیشنهادی

در این تحقیق از تلفیق روش‌های فرآیند تحلیل شبکه^۱ و آزمون و ارزیابی تصمیم‌گیری^۲ جهت انتخاب سیستم ERP مناسب استفاده می‌شود. ANP تصمیم‌یافته روند فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی^۳ است و یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۴ است که برای حل مشکل وابستگی و بازخورد در میان معیارها و گزینه‌ها به وجود آمد. این روش توانسته بسیاری از مسایل تصمیم‌گیری را با موفقیت انجام دهد. ANP به فرمت AHP بر اساس زنجیره مارکوف است و ساختاری غیرخطی و پویا دارد. چارچوب AHP ارتباطی تک‌جهتی با سلسله‌مراتب دارد، در صورتی که ANP روابط میان سطوح تصمیم‌گیری و ویژگی‌ها را فراهم می‌کند. این روش، علاوه بر تعیین اهمیت معیارهای موثر در اهمیت گزینه‌ها، اهمیت گزینه‌هایی که ممکن است روی اهمیت معیارها اثر داشته باشند را نیز تعیین می‌کند. برای یک سیستم پیچیده، ساختار سلسله‌مراتبی خطی به شکل بالا به پایین نامناسب است. ساختاری مناسب است که تابع وابستگی باشد و بین خوشه‌ها بازخورد انجام گیرد و سیستم شبکه‌ای دارای چنین ویژگی‌ای است. تفاوت عمده AHP و ANP این است که ANP قادر است با برقراری ارتباط میان سطح تصمیم‌گیری و گزینه‌ها، وزن‌های ترکیبی را از طریق ساختاری به نام سوپرماتریس به دست آورد. سوپرماتریس، ماتریس تقسیم‌بندی شده‌ای است که هر قطعه آن رابطه بین دو مولفه را در سیستم نشان می‌دهد. علاوه بر این، وزن نهایی با استفاده از عملیات ماتریسی محاسبه می‌شود. عملیات ماتریسی به منظور سهولت کار و نمایش نحوه عملکرد وابستگی‌ها در این روش استفاده می‌شود. سوپرماتریس بدون شک زمانی که تعداد عناصر مساله افزایش می‌یابد انتخاب بهتری است. در این تحقیق ادغام روش DAMATEL و ANP برای محاسبه وزن شاخص و انتخاب بهترین گزینه استفاده شده است.

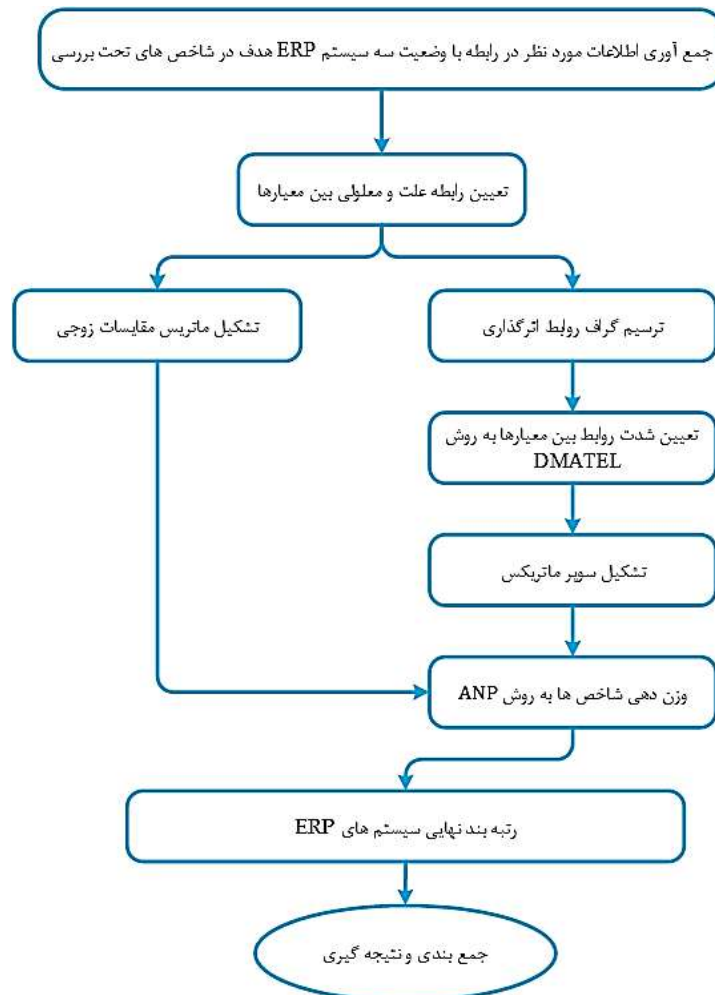
زمانی که تنها از ANP سنتی استفاده می‌شود، وابستگی عوامل به صورت ارزش‌های دو به دو حل می‌شود. این در حالی است که مطابق DAMATEL، سطح‌های وابستگی شاخص‌ها ارزش‌های دو به دو ندارند و به سیستم‌های واقعی نزدیک‌تر هستند. بنابراین، محاسبه وزن فاکتورها از مجموع ماتریس درون DAMATEL برای جلوگیری از کاستی‌های ذکر شده در روش ANP استفاده خواهد شد. روش DAMATEL تنها برای محاسبه سطح اثرگذاری میان گروه‌های متفاوت فاکتورها نیست، بلکه نرمال‌سازی ماتریس تاثیر کلی، بدون وزن ثبت خواهد شد تا بتوان از این سوپرماتریس بدون وزن در روش ANP استفاده و سطح وابستگی فاکتورها را متفاوت محاسبه شود و در نهایت سوپرماتریس وزن‌دار به دست آید. روال کلی موجود در این تحقیق در شکل ۱ آمده است.

¹ Analytic Network Process (ANP)

² Decision Making Trial and Evaluation (DAMATEL)

³ Analytic Hierarchy Process (AHP)

⁴ Multi-Criteria Decision Making (MCDM)



شکل ۱- فلوچارت متدولوژی پیشنهادی برای انتخاب سیستم برنامه ریزی منابع سازمانی مناسب.

Figure 1 - Flowchart of the proposed methodology for selecting the appropriate enterprise resource planning system.

۴- پیاده سازی روش ترکیبی DAMATEL و تحلیل شبکه ای برای انتخاب سیستم ERP

تکنیک *DEMATEL* توسط گابوس و فونتلا [17] ارایه شد. این روش که از انواع روش های تصمیم گیری بر اساس مقایسه های زوجی است با بهره مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام مند به آن ها با به کارگیری اصول نظریه گراف ها، ساختاری سلسله مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تاثیر و تاثیر متقابل ارایه می دهد به گونه ای که شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیاز عددی معین می کند. روش *DEMATEL* جهت شناسایی و بررسی رابطه متقابل بین معیارها و ساختن نگاشت روابط شبکه به کار گرفته می شود. از آن جا که گراف های جهت دار روابط عناصر یک سیستم را بهتر می توانند نشان دهند، لذا تکنیک *DEMATEL* مبتنی بر نمودارهایی است که می تواند عوامل درگیر را به دو گروه علت و معلول تقسیم نماید و رابطه میان آن ها را به صورت یک مدل ساختاری قابل درک درآورد.

تکنیک *DEMATEL* عموماً برای بررسی مسایل بسیار پیچیده جهانی به وجود آمد. *DEMATEL* نیز برای ساختاردهی به یک دنباله از اطلاعات مفروض کاربرد دارد. به طوری که شدت ارتباطات را به صورت امتیازدهی مورد بررسی قرار داده، بازخوردها توأم با اهمیت آن ها را تجسس نموده و روابط انتقال ناپذیر را می پذیرد. این روش، مبتنی بر نظریه گراف و روش جامع برای ساختن و تحلیل مدل ساختاری مرتبط با روابط علی و معلولی پیچیده میان عوامل یک مساله است. دیاگرام ها می توانند مفهوم شدت اثر (رابطه) متقابل رابطه علی و معلولی را به صورت عددی توصیف کنند. این روش برای ساختاردهی به یک دنباله از اطلاعات مفروض کاربرد دارد، به طوری که شدت ارتباطات را به صورت امتیازدهی بررسی، بازخوردهای توأم با اهمیت آن ها را تجسس و روابط انتقال ناپذیر را محاسبه می کند. پایه روش *DAMATEL* بر اساس این فرض بنا شده که سیستم شامل مجموعه ای از معیارها است و مقایسه زوجی روابط میان این معیارها می تواند به وسیله معادلات ریاضی مدل شود.

۴-۱- شناسایی روابط میان معیارها با روش DEMATEL برای ساختارسازی و تهیه مدل مفهومی

DAMATEL روشی جامع برای طراحی و تحلیل مدل‌هایی با ساختار علی و معلولی پیچیده بین فاکتورها است. روش مشاهده‌ای مبتنی بر نظریه گراف، برنامه‌ریزی بصری و حل مسایل را فراهم می‌کند که عوامل مرتبط می‌توانند به صورت علت و معلولی طبقه‌بندی شوند که در این صورت، درک روابط بهتر می‌شود. محصول نهایی DAMATEL یک نقشه بصری است که در آن، روابط بین فاکتورها به نمایش درمی‌آیند و به مدیر برای حل مساله کمک می‌کنند تعامل پیچیده بین اجزای یک سیستم را می‌توان با DAMATEL مدل کرد. تاثیر اولیه از یک جزء به جزء دیگر، به صورت مقداری بین ۰ و ۱ نشان داده می‌شود. صفر به این معنا که جزء بدون اعمال تاثیر و ۱ جزء اعمال تاثیر مطلق است. مطالب ماتریس برای نشان دادن تاثیر بین اجزای یک سیستم استفاده می‌شود روش DAMATEL در چهار گام به شرح زیر اجرا می‌شود:

گام ۱- محاسبه ماتریس میانگین

روش DAMATEL که از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر پایه مقایسه زوجی است، با بهره‌مندی از قضاوت کارشناسان استفاده می‌شود. متغیر H تعداد کارشناس‌هایی هستند که نظرهای خود را ارایه می‌دهند و n تعداد معیارهایی است که در نظر گرفته می‌شود. برای تکمیل ماتریس‌های زوجی از سوی کارشناس‌های ماتریس نظرسنجی $n \times n$ (به گونه‌ای که سطرها و ستون‌های این ماتریس را همان معیارها تشکیل می‌دهند) به کار گرفته می‌شود. از کارشناسان خواسته می‌شود تا درجه تاثیر شاخص i را نسبت به شاخص j نشان دهند. مقایسه دو به دو عامل i و j که از سوی کارشناس k th انجام می‌گیرد، به صورت b_{ij}^k نشان داده می‌شود که امتیازی از ۰ تا ۴ به خود می‌گیرد. مقدار بدون تاثیر با ۰، تاثیر کم با ۱، تاثیر متوسط با ۲، تاثیر زیاد با ۳، تاثیر خیلی زیاد با ۴ نشان داده می‌شود. امتیاز داده شده از سوی هر کارشناس، ماتریس جوابی به فرم رابطه (۱) را تشکیل می‌دهد.

$$(1 \leq k \leq H) B^{(k)} = [b_{ij}^k]_{n \times n}, \quad (1)$$

مولفه‌های قطر هر ماتریس جواب $B^{(k)}$ صفر است به این معنی که هر جزء بر خودش هیچ اثری ندارد.

در این تحقیق بر اساس مطالعه ارایه شده از البحری و همکاران [13]، هشت شاخص برای ارزیابی سیستم مدیریت منابع سازمانی در نظر گرفته شده است که عبارت هستند از:

۱. سهم بازار
۲. نرخ قرار گرفتن در لیست اولیه مشتریان
۳. نرخ انتخاب نهایی
۴. مدت پیاده‌سازی (ماه)
۵. هزینه راه‌اندازی
۶. دوره بازگشت سرمایه (ماه)
۷. اختلال در زمان راه‌اندازی نهایی
۸. درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع

در این تحقیق شاخص‌های مذکور توسط ۱۰ نفر از استادان دانشگاه‌ها مورد ارزیابی و وزن‌دهی قرار گرفت. ماتریس میانگین A که n ستون دارد از میانگین امتیازات کارشناسان با توجه به رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$a_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^H b_{ij}^{(k)}}{H}. \quad (2)$$

ماتریس میانگین A ماتریس اولیه ارتباط مستقیم نامیده می‌شود. ماتریس A آثار مستقیم اولیه را که هر شاخص روی شاخص‌های دیگر می‌گذارد یا از شاخص‌های دیگر می‌گیرد، نشان می‌دهد.

جدول ۲- ماتریس اولیه میانگین ارتباط مستقیم.

Table 2- Initial matrix of average direct correlation.

سهم بازار	نرخ قرارگرفتن در لیست اولیه مشتریان	نرخ انتخاب نهایی	مدت پیاده‌سازی (ماه)	هزینه راه‌اندازی	دوره بازگشت سرمایه (ماه)	اختلال در زمان راه‌اندازی نهایی	درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع
سهم بازار	0	3.17	4.52	3.82	4.71	4.25	3.79
نرخ قرارگرفتن در لیست اولیه مشتریان	4.39	0	4.73	3.96	4.16	3.12	2.98
نرخ انتخاب نهایی	4.21	4.50	0	2.27	3.37	4.29	3.56
مدت پیاده‌سازی (ماه)	3.48	3.20	2.66	0	3.53	4.36	4.31
هزینه راه‌اندازی	4.27	4.15	3.24	3.64	0	3.76	4.14
دوره بازگشت سرمایه (ماه)	3.41	2.62	2.46	3.78	3.59	2.44	3.77
اختلال در زمان راه‌اندازی نهایی	4.56	3.74	4.72	3.43	4.95	0	3.90
درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع	4.91	4.85	3.53	4.57	3.41	3.48	0

گام ۲- محاسبه ماتریس اولیه رابطه مستقیم نرمال‌شده

در ادامه با استفاده از میانگین ماتریس A ماتریس اولیه رابطه مستقیم نرمال‌سازی شده D از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آید:

$$S = \left(\max_{1 \leq i < j \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \max_{1 \leq i < j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij} \right), \quad (3)$$

$$D = \frac{A}{S}.$$

حاصل جمع هر یک از درایه‌های ردیف i از ماتریس A ، $\sum_{j=1}^n a_{ij}$ نشان‌دهنده مجموع آثار مستقیمی است که فاکتور i به شاخص‌های دیگر می‌دهد. همچنین، حاصل جمع هر یک از درایه‌های ستون j ماتریس A ، $\sum_{i=1}^n a_{ij}$ مجموع آثار مستقیم رسیده از هر شاخص j را نشان می‌دهد. $\max_{1 \leq j < n} \sum_{i=1}^n a_{ij}$ نشان‌دهنده بیشترین آثار کلی مستقیمی است که از تمام شاخص‌ها می‌رسد. عدد مثبت S از بیشترین عدد گرفته می‌شود و ماتریس D از طریق تقسیم هر مولفه A از طریق عدد S به‌دست می‌آید. توجه شود که هر مولفه d_{ij} از ماتریس D بین ۰ و ۱ است.

جدول ۳- ماتریس اولیه میانگین ارتباط مستقیم نرمال‌شده.

Table 3- Initial matrix of normalized direct correlation average.

سهم بازار	نرخ قرارگرفتن در لیست اولیه مشتریان	نرخ انتخاب نهایی	مدت پیاده‌سازی (ماه)	هزینه راه‌اندازی	دوره بازگشت سرمایه (ماه)	اختلال در زمان راه‌اندازی نهایی	درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع
سهم بازار	0	0.6404	0.9131	0.7717	0.9515	0.8586	0.7657
نرخ قرارگرفتن در لیست اولیه مشتریان	0.8869	0	0.9556	0.8000	0.8404	0.6303	0.6020
نرخ انتخاب نهایی	0.8505	0.9091	0	0.4586	0.6808	0.8667	0.7192
مدت پیاده‌سازی (ماه)	0.7030	0.6465	0.5374	0	0.7131	0.8808	0.8707

جدول ۲- ادامه.

Table 2- Continued.

سهم بازار	نرخ قرارگرفتن در لیست اولیه مشتریان	نرخ انتخاب نهایی	مدت پیاده‌سازی (ماه)	هزینه راه‌اندازی	دوره بازگشت سرمایه (ماه)	اختلال در زمان راه‌اندازی نهایی	درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع
0.8626	0.8384	0.6545	0.7354	0	0.9636	0.7596	0.8364
0.6889	0.5293	0.4970	0.7636	0.7253	0	0.4929	0.7616
0.9212	0.7556	0.9535	0.6929	1.000	0.6323	0	0.7879
0.9919	0.9798	0.7131	0.9232	0.6889	0.9758	0.7030	0

گام ۳- محاسبه ماتریس رابطه کلی

توان نرمال‌سازی شده ماتریس D رابطه مستقیم اولیه، D^m که تاثیر غیر مستقیم m نامیده می‌شود برای نشان دادن اثر طولی m استفاده می‌شود. ارتباط کلی غیر مستقیم یا مستقیم با استفاده از جمع‌بندی توان‌های متوالی $D + D^2 + D^3 + \dots + D^\infty$ به دست می‌آید. فرض می‌شود که $DAMATEL$ اصلی برابر با D^m است که به ماتریس صفر همگرا خواهد بود و رابطه کلی ماتریس $T = D + D^2 + D^3 + \dots + D^\infty$ از رابطه (۴) به دست می‌آید:

$$T = \lim_{n \rightarrow \infty} (D + D^2 + \dots + D^n) = D(1 - D)^{-1}. \quad (4)$$

حال r و c را به صورت رابطه (۵) تعریف می‌کنیم:

$$c = [c_i]_{1 \times n} = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right)_{1 \times n}, \quad (5)$$

$$r = [r_i]_{n \times 1} = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right)_{n \times 1}.$$

r_i حاصل جمع درایه‌های ردیف i th ماتریس T است تاثیر کلی آثار مستقیم و غیر مستقیم که شاخص i روی شاخص‌های دیگر می‌گذارد را نشان می‌دهد c_i حاصل جمع درایه‌های ستون j th ماتریس T است که تاثیر کلی مستقیم و غیر مستقیمی که شاخص j از دیگر شاخص‌ها می‌گیرد را نشان می‌دهد. بنابراین، زمانی که $j=i$ باشد حاصل جمع $(r_i + c_i)$ شاخصی می‌دهد که مجموع آثار داده شده و رسیده را از طریق شاخص i نشان می‌دهد. به عبارت دیگر $(r_i + c_i)$ درجه اهمیتی (مجموع آثار داده شده و رسیده) که شاخص i در سیستم بازی می‌کند را نشان می‌دهد. علاوه بر این $(r_i - c_i)$ اثر اصلی که شاخص i در سیستم می‌گذارد را نشان می‌دهد. اگر $(r_i - c_i)$ مثبت باشد، اثر شاخص i ایجادکننده اصلی و اگر $(r_i - c_i)$ منفی باشد شاخص i گیرنده اصلی است.

جدول ۴- ترتیب نفوذ عناصر بر دیگر عناصر یا تحت نفوذ قرارگرفتن آن‌ها.

Table 4 - Order of influence of elements on other elements or being influenced by them.

$(r_i - c_i)$	$(r_i + c_i)$
-1.5153	5.6247
1.1695	2.9399
1.5417	2.5677
0.2462	3.8632

AHP اجزای یک سیستم را به صورت یک سلسله مراتب سازمان دهی می کند به طوری که هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می تواند ادامه داشته باشد. به عبارت دیگر در یک سلسله مراتب وابستگی ها باید به صورت خطی - از بالا به پایین و یا بالعکس - باشد چنانچه وابستگی دو طرفه باشد یعنی وزن معیارها به وزن گزینه ها و وزن گزینه ها نیز به معیارها وابسته باشد مساله دیگر از حالت سلسله مراتبی خارج شده و تشکیل یک "شبکه" یا سیستم غیرخطی یا سیستم با بازخورد را می دهد که در این صورت

برای محاسبه وزن عناصر نمی‌توان از قوانین و فرمول‌های سلسله‌مراتب استفاده کرد. در این حالت برای محاسبه‌ی وزن عناصر از تئوری شبکه‌ها استفاده کرد

گام‌های روش ANP را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود:

- گام ۱: انجام مقایسات زوجی و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی.
- گام ۲: پس از انجام مقایسات زوجی و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی سوپر ماتریس را تشکیل می‌دهیم.
- گام ۳: پس از تشکیل سوپر ماتریس آن را به توان فرد رسانده تا جایی درایه‌های هر سطر با هم برابر شوند.
- گام ۴: رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری.

جهت پیاده‌سازی مراحل فوق ابتدا اطلاعات هر یک از سیستم‌های ERP را با توجه به معیارهای در دست، ثبت می‌نماییم با توجه به این‌که معیارهای مورد مطالعه همه کمی می‌باشند لذا برای تشکیل ماتریس‌ها مقایسات زوجی کار چندان دشواری نیاز نیست جدول ۶ اطلاعات ثبت‌شده سیستم‌های ERP را نمایش می‌دهد.

جدول ۶- وضعیت هر یک از سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی در هر شاخص.

Table 6- Status of each enterprise resource planning system in each indicator.

سیستم ERP	سهم بازار	نرخ قرارگرفتن در لیست اولیه مشتریان	نرخ انتخاب نهایی	مدت پیاده‌سازی (ماه)	هزینه راه‌اندازی (میلیون دلار)	دوره بازگشت سرمایه (ماه)	اختلال در زمان راه‌اندازی نهایی	درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع
SAP	19%	38%	38%	23.1	2.09	30	44%	34%
Oracle	13%	18%	22%	24.5	2.38	29	42%	21%
Microsoft dynamics	16%	31%	22%	23.6	2.06	12	41%	26%

در ماتریس فوق شاخص‌های سهم بازار، نرخ قرارگرفتن در لیست اولیه مشتریان، نرخ انتخاب نهایی و درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع مثبت و شاخص‌های مدت پیاده‌سازی، هزینه راه‌اندازی، دوره بازگشت سرمایه و اختلال در زمان راه‌اندازی نهایی، منفی می‌باشند. بنابراین، در فرآیند محاسبه سوپر ماتریکس، مقادیر مرتبط با شاخص‌های منفی به‌صورت معکوس لحاظ می‌شود. سوپر ماتریکس تشکیل‌شده با توضیحات فوق به‌صورت جدول ۷ می‌باشد.

جدول ۷- سوپر ماتریکس به‌دست آمده از روش فرآیند تحلیل شبکه.

Table 7- Supermatrix obtained from the analytic network process method.

سهم بازار	نرخ قرارگرفتن در لیست اولیه مشتریان	نرخ انتخاب نهایی	مدت پیاده‌سازی (ماه)	هزینه راه‌اندازی (میلیون دلار)	دوره بازگشت سرمایه (ماه)	اختلال در زمان راه‌اندازی نهایی	درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع	SAP	Oracle	Microsoft dynamics
سهم بازار	0	0	0	0	0	0	0	0.1466	0.1745	0.1673
نرخ قرارگرفتن در لیست اولیه مشتریان	0	0	0	0	0	0	0	0.2933	0.2415	0.3241
نرخ انتخاب نهایی	0	0	0	0	0	0	0	0.2933	0.2952	0.2300
مدت پیاده‌سازی (ماه)	0	0	0	0	0	0	0	0.0003	0.0005	0.0004

جدول ۷- ادامه.

Table 7- Continued.

Microsoft dynamics	Oracle	SAP	درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع	اختلال در زمان راه اندازی نهایی	دوره بازگشت سرمایه (ماه)	هزینه راه اندازی	مدت پیاده سازی (ماه)	نرخ انتخاب نهایی	نرخ قرار گرفتن در لیست اولیه مشتریان	سهم بازار	
0.0051	0.0056	0.0037	0	0	0	0	0	0	0	0	هزینه راه اندازی
0.0009	0.0005	0.0003	0	0	0	0	0	0	0	0	دوره بازگشت سرمایه (ماه)
0.0003	0.0003	0.0002	0	0	0	0	0	0	0	0	اختلال در زمان راه اندازی نهایی
0.2719	0.2818	0.2624	0	0	0	0	0	0	0	0	درصد تحقق بیش از ۵۰٪ منافع
0	0	0	0.4198	0.3204	0.2205	0.3457	0.3423	0.4634	0.4368	0.3958	SAP
0	0	0	0.2593	0.3357	0.2281	0.3036	0.3227	0.2683	0.2069	0.2708	Oracle
0	0	0	0.3210	0.3439	0.5513	0.3507	0.3350	0.2683	0.3563	0.3333	Microsoft dynamics

پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و سوپر ماتریس نهایی وزن سیستم ها در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸- وضعیت هر یک از سیستم های برنامه ریزی منابع سازمانی در هر شاخص.

Table 8- Status of each enterprise resource planning system in each indicator.

رتبه	وزن	سیستم ERP
1	0.4323	SAP
3	0.2686	Oracle
2	0.3191	Microsoft dynamics

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق یک رویکرد تلفیقی از روش های *DEMATEL* و *ANP* برای انتخاب سیستم *ERP* مناسب ما بین سه شرکت نرم افزاری بزرگ پیاده سازی و نتایج آن گزارش شد. برای انتخاب سیستم برنامه ریزی منابع سازمان مناسب، شاخص های دیگری را نیز می توان به کار گرفت و همچنین به جز سه شرکت بزرگ سازنده نرم افزارهای *ERP* که در این مقاله به آن ها اشاره شد می توان آلترناتیوهای دیگر را نیز مورد بررسی قرار داد. هدف اصلی در این تحقیق ارایه یک رویکرد تلفیقی برای انتخاب سیستم برنامه ریزی منابع سازمان بود که بر اساس اطلاعات موثق گزارش شده در ادبیات موضوع این مهم حاصل شد.

با این که *SAP*، اوراکل و *Microsoft Dynamics* به طور واضح پیش گام بازار *ERP* محسوب می شوند، اما پیاده سازی سیستم های آن ها عمدتاً با افزایش مدت زمان و هزینه پروژه، اختلالات عملیاتی در زمان بهره برداری و نهایتاً منافع کمی به نسبت اندکی مواجه می شود. در حالی که بیشتر این مشکلات به شرکت های پیاده ساز مربوط است تا به خود تولیدکنندگان نرم افزار، با این حال شاخص هایی است که در زمان انعقاد قراردادهای فروش و پیاده سازی سیستم *ERP* باید در نظر گرفته شده و به طور شفاف و کامل بحث شوند. سازمانی که به میزان کافی و با روش صحیح برای پیاده سازی سیستم *ERP* آماده نباشد یا نتواند شاخص های کلیدی موفقیت خود را در زمان انتقال به سلوشن جدید تعیین کند و افراد خود را به مقدار مناسب

آماده تحول نکرده باشد، قطعاً در زمره مشتریانی قرار خواهد گرفت که فارغ از شدت پیچیدگی سیستم ERP، هیچ برگشتی از سرمایه‌گذاری روی آن دریافت نخواهد کرد.

منابع

- [1] Ghasabpour Dehkharghani, M. (2010). *Prioritizing factors affecting the implementation of the ERP system in Saipa manufacturing company with a fuzzy approach* [Thesis]. (In Persian). https://elmnet.ir/doc/10490216-41581?elm_num=1.
- [2] Chou, S. Y., & Chang, Y. H. (2008). A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach. *Expert systems with applications*, 34(4), 2241–2253. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.03.001>
- [3] Rahnavard, F. (2010). *Strategic management of information systems*. (In Persian). Nashre Ney. <https://B2n.ir/eq9078>
- [4] Davenport, T. H. (1998). *Putting the enterprise into the enterprise system*. <https://hbr.org/1998/07/putting-the-enterprise-into-the-enterprise-system>
- [5] Sohrabi, B., Tahmasebipur, K., & Vanani, I. R. (2011). Designing a fuzzy expert system for ERP selection. *Journal of industrial management*, 3(6), 39-58. (In Persian). <https://www.magiran.com/p910831>
- [6] Buker, I. (2002). *The checklist for a successful ERP system*. *Management education and consulting*. https://www.scribd.com/document/353146815/Erpi?utm_source=chatgpt.com
- [7] Danaeifard, H., Alvani, S. M., & Azar, A. (2017). *Quantitative research methodology in management: A comprehensive approach*. (In Persian). Ishraqi, Saffar. <https://www.gisoom.com/book/11336537/>
- [8] Chang, M. K., Cheung, W., Cheng, C. H., & Yeung, J. H. Y. (2008). Understanding ERP system adoption from the user's perspective. *International journal of production economics*, 113(2), 928–942. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.08.011>
- [9] Bradford, M., & Florin, J. (2003). Examining the role of innovation diffusion factors on the implementation success of enterprise resource planning systems. *International journal of accounting information systems*, 4(3), 205–225. [https://doi.org/10.1016/S1467-0895\(03\)00026-5](https://doi.org/10.1016/S1467-0895(03)00026-5)
- [10] Seyyed Javadin, S. R. (2011). *A comprehensive review of the basic concepts of management and organization theories*. (In Persian). Negahe Danesh. <https://www.gisoom.com/book/1768786/>
- [11] Azar, A., & Mömeny, M. (2000). *Statistics and Its application in management (Volume 2)*. (In Persian). Samt publication. <https://B2n.ir/kr5743>
- [12] Al-Gahtani, S. S. (2003). Computer technology adoption in Saudi Arabia: Correlates of perceived innovation attributes. *Information technology for development*, 10(1), 57–69. <https://doi.org/10.1002/itdj.1590100106>
- [13] Elbahri, F. M., Ismael Al-Sanjary, O., Ali, M. A. M., Ali Naif, Z., Ibrahim, O. A., & Mohammed, M. N. (2019). Difference comparison of sap, oracle, and microsoft solutions based on cloud erp systems: A review. *2019 IEEE 15th international colloquium on signal processing & its applications (CSPA)* (pp. 65–70). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSPA.2019.8695976>
- [14] Gürbüz, T., Alptekin, S. E., & Işıklar Alptekin, G. (2012). A hybrid MCDM methodology for ERP selection problem with interacting criteria. *Decision support systems*, 54(1), 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.05.006>
- [15] Pitic, L., Popescu, S., & Pitic, D. (2014). Roadmap for ERP evaluation and selection. *Procedia economics and finance*, 15, 1374–1382. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00601-7](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00601-7)
- [16] Alaskari, O., Pinedo-Cuenca, R., & Ahmad, M. M. (2019). Framework for selection of ERP system: Case study. *Procedia manufacturing*, 38, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.009>
- [17] Gabus, A., & Fontela, E. (1972). World problems, an invitation to further thought within the framework of dematel. *Battelle Geneva Research Center*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:148882619>
- [18] Saaty, T. L. (1980). *The analytical hierarchy process, planning, priority*. Resource allocation. RWS publications, USA.