Advertising and Sales Management Journal
https://asm.pgu.ac.ir
Vol6, No2, Summer2025, pp.91-111
ISSN: 3060-8163
DOI: 10.22034/asm.2025.2061182.3390

Identification and Analysis of Electricity Generation Challenges in Gas Power Plants in Southern Iraq: A Pythagorean Fuzzy DEMATEL Approach

Kamil Yaseen Sharrad [1], Payam Shojaei [2]*, Aboalghasem Ebrahimi [3], Kazem Askarifar [4]

1. Ph.D. Student in Operations management, Faculty of Economic, Management, Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran.
2. Associate Prof., Faculty of Economic, Management, Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran(corresponding author).
3. Associate Prof., Faculty of Economic, Management, Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran.
4. Associate Prof., Faculty of Economic, Management, Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran.

Received: 19/04/2025 Accepted: 23/07/2025

Corresponding author email: pshojaei@shirazu.ac.ir

Abstract

Purpose: This study aims to identify and analyze the key challenges associated with electricity generation in gas power plants in southern Iraq. Given the critical role of electricity in the socio-economic development of developing countries and Iraq's particular challenges in energy supply, the research seeks to determine and prioritize the main factors contributing to inefficiencies in power generation.

Method: To achieve the research objectives, expert interviews were initially conducted to extract the primary challenges. Subsequently, the Pythagorean fuzzy DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) technique was applied to examine causal relationships among the factors and to assess the degree of influence and dependence of each. Data were collected through specialized questionnaires and analyzed using multi-criteria decision-making methods under conditions of uncertainty.

Findings: The analysis revealed that, among the 19 identified challenges, the most influential factors include the lack of renewable energy technologies, absence of modern operation and maintenance systems, and deteriorated infrastructure and reliance on outdated technologies. In addition, challenges such as shortage of high-quality natural gas fuel, financial constraints, and lack of foreign investment significantly exacerbate the inefficiencies in electricity production.

Conclusion: The findings indicate that the electricity generation crisis in Iraq is systemic and multidimensional in nature. Addressing it requires a holistic approach that involves infrastructure modernization, development of advanced technologies, enhancement of financial management, and attraction of foreign investment. It is recommended that policymakers prioritize root-cause factors and implement structural reforms to pave the way for sustainable energy development in the country.

Keywords: ***Causal relationship analysis, Electricity generation challenges, Fuzzy Pythagorean DEMATEL, Iraq gas power plants, Renewable energy***

نشریه مدیریت تبلیغات و فروش
https://asm.pgu.ac.ir
دوره6، شماره2، تابستان1404، پیاپی22، ص.111-91
شاپا:8163-3060
شناسه یکتا :10.22034/asm.2025.2061182.3390

شناسایی و تحلیل چالش‌های تولید برق در نیروگاه‌های گازی جنوب عراق: رویکرد دیمتل فازی فیثاغورسی

کامل یاسین الشراد [1]، پیام شجاعی*[2]، ابوالقاسم ابراهیمی [3]، کاظم عسکریفر [4]

1. دانشجوی دکترای تولید و عملیات، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

2. دانشیار بخش مدیریت دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران(نویسنده مسئول).

3. دانشیار بخش مدیریت دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

4. دانشیار بخش مدیریت دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

دریافت: 1404/01/30 انتشار:1404/05/01

ایمیل نویسنده مسئول:pshojaei@shirazu.ac.ir

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف شناسایی و تحلیل چالش‌های تولید برق در نیروگاه های گازی جنوب برق عراق انجام شده است. با توجه به اهمیت انرژی برق در توسعه اقتصادی–اجتماعی کشورهای در حال توسعه و چالش‌های خاص کشور عراق در زمینه تأمین انرژی، این مطالعه تلاش می‌کند تا عوامل کلیدی مؤثر بر ناکارآمدی تولید برق را شناسایی و اولویت‌بندی نماید.

روش: برای دستیابی به هدف پژوهش، ابتدا از طریق مصاحبه با خبرگان جهت استخراج چالش‌های اصلی استفاده شد. سپس به منظور سنجش روابط علی میان عوامل و تعیین میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر عامل، از تکنیک دیمتل فازی فیثاغورسی بهره گرفته شد. داده‌ها از طریق پرسشنامه‌های تخصصی جمع‌آوری شده و تحلیل‌ها با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تحت شرایط عدم قطعیت انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج تحلیل‌ها نشان داد که از بین ۱۹ چالش شناسایی شده، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار شامل «فقدان فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر»، «فقدان سیستم‌های مدرن بهره‌برداری و نگهداری» و «فرسودگی شبکه و اتکا به تکنولوژی قدیمی» هستند. علاوه بر این، عواملی چون کمبود سوخت گاز با کیفیت، ضعف نقدینگی و مشکلات مالی و کمبود سرمایه‌گذاری خارجی نقش پررنگی در تشدید مشکلات تولید برق دارند.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که بحران تولید برق در عراق ماهیتی سیستماتیک دارد و حل آن نیازمند رویکردی چندبعدی شامل نوسازی زیرساخت‌ها، توسعه فناوری‌های نوین، ارتقاء مدیریت مالی و افزایش جذب سرمایه‌های خارجی است. پیشنهاد می‌شود سیاستگذاران با اولویت‌دهی به عوامل علت‌محور و اجرای اصلاحات ساختاری، زمینه را برای توسعه پایدار انرژی در کشور فراهم آورند.

واژه‌های کلیدی: ***انرژی تجدیدپذیر، تحلیل روابط علی، چالش‌های تولید برق، دیمتل فازی فیثاغورسی، نیروگاه‌های گازی عراق***

مقدمه

انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تابع تولید در کنار سرمایه و نیروی کار از جایگاه خاصی در فرایند تولید و توسعه کشورها برخوردار است (فرقالی و همکاران[1]، 2023: 1383). از میان انواع اشکال انرژی، برق گونه‌ای از انرژی است که کاربردهای منحصربه فردی دارد و می‌تواند در بسیاری از حوزه‌ها جایگزین مناسبی برای سایر انرژی‌ها باشد. به عبارت دیگر، برق یکی از مهمترین پیش‌نیازها در راستای توسعه اقتصادی و اجتماعی در تمامی کشورهای جهان است و دسترسی به برق با کیفیت، استاندارد و با قابلیت اطمینان بالا نقش مهمی در توسعه اقتصادی و اجتماعی به ویژه در کشورهای در حال توسعه دارد (خسروی و همکاران، 1401: 227).

از طرفی، به دلیل توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورهای در حال توسعه، تقاضا برای انرژی و به ویژه برق به سرعت در حال افزایش است (کیهانی و همکاران[2]، 2010: 191). کشورهای در حال توسعه مانند ایران و عراق نیز به دلیل رشد جمعیت، اقتصادهای در حال توسعه و افزایش استانداردهای زندگی، شاهد رشد سریع مصرف برق بوده‌اند (عبدالهی‌نیا، حیدری‌زاده و رحمتی[3]، 2024: 82). علاوه بر این، عراق نیز در دسته کشورهایی قرار می‌گیرد که مصرف برق در آن کشورها از تولید آن بیشتر است. برای مثال، گزارش‌ها نشان می‌دهد عراق به صورت میانگین سالانه در حدود 31 درصد از برق مورد نیاز خود را از خارج از کشور و از طریق واردات تامین کرده است (وردامترز[4]، 2024). هرچند ظرفیت تولید برق در این کشور در سال‌های گذشته با افزایش همراه بوده است؛ با این حال، عواملی مانند رشد جمعیت، رشد اقتصاد و تغییرات شکل گرفته در ساختار اقتصادی این کشور (که به معنی مصرف بیشتر برق توسط کسب‌وکارها است)، مصرف برق در این کشور را فراتر از تولید آن برده است (آژانس بین‌المللی انرژی، 2024) و این موضوع کمتر در تحقیقات مورد توجه قرار گرفته است (آلتای و همکاران[5]، 2022: 608).

در سال‌های آتی، افزایش سریع ظرفیت تولید نفت عراق باعث رشد تولید ناخالص داخلی (GDP) خواهد شد و آن را تا سال ۲۰۳۵ به پنج برابر سطح فعلی یعنی حدود ۵۰۰ میلیارد دلار خواهد رساند. انتظار می‌رود رشد اقتصادی عراق تا سال ۲۰۲۰ به بیش از ۱۴ درصد در سال برسد و در کل دوره پیش‌بینی‌شده به‌طور میانگین سالانه ۸ درصد باقی بماند، با این حال، افزایش چشمگیر تقاضا برای سوخت‌های فسیلی مایع و گازی برای تأمین برق، نیرو و آب، حجم نفت قابل صادرات را کاهش خواهد داد و آن را تا سال ۲۰۳۵ به 3/8 میلیون بشکه در روز خواهد رساند. این بدان معناست که پروژه‌های تولید برق به تعویق خواهند افتاد یا لغو می شوند که این خود چالشی بزرگ خواهد بود و مانع استفاده بهینه از ثروت نفتی شده و منبع اصلی درآمد دولت برای توسعه پایدار را تهدید می‌کند. پیش‌بینی نمی شود که ظرفیت اضافی برنامه‌ریزی‌شده توسط وزارت برق بتواند مصرف پیش‌بینی‌شده برق و آب را پوشش دهد، به‌ویژه با توجه به پروژه‌های مسکونی بلندپروازانه آینده (الخفاجی[6]، 2018). یافتن راه‌حل برای بحران برق در عراق نیازمند کار فوق‌العاده و دقیق است؛ بنابراین، باید بنیان‌های جدیدی برای پایش و ارزیابی عملکرد نهادهای دولتی، به‌ویژه در بخش برق، ایجاد شود. اگرچه تولید نفت شاخص اصلی عملکرد انرژی عراق در سال‌های آتی خواهد بود، اما توسعه بخش گاز نیازمند تلاش هماهنگ‌تری از سوی نهادهای دولتی خواهد بود.

بخش انرژی بیش از سایر بخش‌ها با چالش‌هایی در هماهنگی سیاست‌های ملی مواجه است؛ چراکه نیاز به تأمین مستمر انرژی، در حالی که منابع جدید تقاضا (در تولید برق و صنعت) رشد می‌کنند، هم‌زمان با افزایش ظرفیت پالایش مدرن باید در نظر گرفته شود. اگر عراق نتواند این چالش‌ها را مدیریت کند، فرصت‌های متعددی در این بخش از دست خواهد رفت که می‌تواند به افزایش تقاضای داخلی برای نفت منجر شده و پیامدهای منفی برای صادرات نفت و وضعیت مالی کشور داشته باشد. اما اگر عراق موفق به توسعه بخش انرژی شود، این گام بزرگی در جهت کاهش وابستگی مستقیم به نفت خواهد بود و همچنین نشان‌دهنده ظرفیت نهادی برای مواجهه با چالش‌های دیگر بخش انرژی و اقتصاد عراق خواهد بود.

در حال حاضر، عراق به‌شدت به برق تولیدشده از منابع فسیلی وابسته است. در حالی که گرایش جهانی به سمت منابع کم‌کربن رو به افزایش است، شرایط در عراق متفاوت است؛ چرا که در سال‌های اخیر، هم میزان انتشار کربن و هم تقاضای انرژی به دلیل تغییر سبک زندگی مردم عراق افزایش یافته است همچنین شبکه برق عراق به‌شدت به سوخت‌های فسیلی متکی است، به‌جز کمتر از ۱۰ درصد که

1. Farghali et al.
2. Keyhani et al.
3. Abdolahinia, Heidarizadeh & Rahmati
4. Worldometers
5. Altai et al.
6. Al-Khafaji

مربوط به نیروگاه‌های آبی قدیمی است (الیوزبکی و خلیل[1]، 2022)؛ این مسائل همچنین ناشی از توسعه‌های بدون برنامه و بدون نظارت، به‌همراه استفاده از شبکه‌های فرسوده هستند که فشار زیادی بر سیستم وارد کرده‌اند (آلتای و همکاران، 2022). عراق منابع فراوانی در حوزه انرژی تجدیدپذیر دارد، به‌ویژه انرژی خورشیدی و بادی، که به‌دلیل میزان بالای تابش خورشید و شرایط بادی مطلوب در برخی مناطق کشور فراهم است. با وجود این پتانسیل، عراق هنوز نتوانسته به‌طور کامل از این منابع برای رفع چالش‌های انرژی و زیرساختی خود استفاده کند (الغبره و همکاران[2]، 2024). بررسی‌ها حاکی از این است که تولید برق در کشور عراق با چالش‌های اساسی روبرو می‌باشد که لازم است مورد توجه ویژه قرار گیرد، بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع در این پژوهش سعی بر این است که با شناسایی چالش‌ها تولید برق در عراق و تحلیل و اولویت‌بندی آن‌ها، این مهم مورد توجه قرار گیرد.

پیشینه پژوهش

پیشینه نظری

انرژی الکتریکی و اهمیت آن

انرژی یک نیاز اساسی برای اهداف مختلف در تأسیسات صنعتی در سرتاسر جهان است. کشورها با رشد اقتصادی سریع به مقدار زیادی انرژی نیاز دارند. بنابراین، انرژی یک عامل حیاتی برای رقابت‌پذیری اقتصادی و اشتغال محسوب می‌شود. با این حال، جمعیت جهانی و نیازهای انرژی به طور همزمان در حال افزایش است. این نگرانی باید توسط جامعه بین‌المللی مورد توجه قرار گیرد تا از هرگونه کمبود منابع انرژی در آینده جلوگیری شود (عبدالعزیز، سعیدور و مخیلف[3]، 2011).

در واقع انرژی یکی از ورودیهای مهم برای توسعه اقتصادی- اجتماعی است. (کیهانی و همکاران، 2010). انرژی در اشکال مختلفی مانند گرما، مکانیکی، نور، الکتریکی یا سایر فرم‌ها در زندگی روزمره ما وجود دارد. انرژی الکتریکی به طور سنتی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی مانند زغال‌سنگ، لیگنیت، نفت و گاز طبیعی تولید می‌شود. همچنین از نیروگاه‌های هسته‌ای و منابع تجدیدپذیر مانند سوخت‌های زیستی، انرژی باد، انرژی خورشیدی، آب و گرمای زمین نیز به دست می‌آید (روکیکی و همکاران[4]، 2021). اهمیت انرژی الکتریکی از زمان انقلاب صنعتی دوم به طور پیوسته افزایش یافته است. (مهندینتو و همکاران[5]، 2021). این صنعت برق به خاطر نقش زیربنایی و ارتباط زیادی که با کلیه عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی دارد صنعتی پویا و تأثیرگذار است. با توجه به فراگیری گسترده انرژی برق، می‌توان آن را به عنوان یکی از اصلی ترین عوامل بسترساز توسعه اقتصادی کشور محسوب کرد (فلاحی و احمدی، 2005). صنعت برق همواره یکی از اساس ترین زیر ساختهای توسعه در هر کشور محسوب می شود. شاخص سهولت دسترسی به برق تا جایی اهمیت دارد که به عنوان یکی از 10 شاخص اساسی جهت رتبه بندی کشورهای جهان در زمینه ایجاد کسب و کار جدید توسط بانک جهانی مورد استفاده قرار می گیرد. صنعت برق شامل چهار حوزه اصلی تولید ، انتقال و فوق توزیع، توزیع و خدمات به مشترکین می باشد. این بخشهای کلان دارای ساختار و ویژگی های منحصر بفردی بوده و به صورت مجزا و در تعامل با دیگر بخشها مدیریت می شوند (زیبا، 2008). در دو دهه گذشته، صنعت برق در بسیاری از کشورهای جهان دچار تغییر ساختار شده است. در این راستا، نگرش دولتها نسبت به مالکیت، مدیریت، عملیات و برنامه ریزی سیستمهای قدرت در سالهای اخیر تغییرات چشمگیری داشته و ارتقای بهره وری اقتصادی به عنوان هدف اصلی در آن حوزه‌ها مطرح شده است (الشمری و همکاران، 2021). به طور کلی، تا اوایل قرن بیستم، تولید، انتقال و توزیع نیروی برق به صورت عمودی یکپارچه بود و در بسیاری از کشورها متعلق به دولت بود. نقش برق در توسعه اقتصادی کشورها در پی صنعتی شدن کشورها حیاتی شده و تقاضا برای این کالا و نهاده

1. Al-Yozbaky & Khalel
2. Al-Ghabera et al.
3 Abdelaziz, Saidur & Mekhilef
4. Rokicki et al.
5. Mehedintu et al.

استراتژیک رشد چشمگیری داشته است. با این حال، اصلی ترین و مهم ترین بخش صنعت برق تولید نیرو می باشد، به طوریکه هزینه بر بودن زیاد واحدهای تولیدی و از سوی دیگر نقشی که این واحد ها در تامین برق به عهده دارند ایجاب می کند که همواره احداث نیروگاه های جدید و سرویس و نگهداری از واحد های قدیمی با دقت و وسواس کافی و برنامه ریزی هر چه صحیح تر و روزآمدتر صورت گیرد. این امر باعث شده است تا محققان بیشتر بر روی عوامل مؤثر بر هزینه های تولید برق تمرکز کرده و به دنبال راه حلهایی برای افزایش بهره وری در تولید برق باشند (آزاد، کوویچ و سجودی، 2015).

از سوی دیگر، مشکلات زیست‌محیطی کل سیستم انرژی را به سمت کارایی، اقتصاد و منابع تجدیدپذیر برق سوق می‌دهد. مشکل این است که هرچه منابع انرژی سنتی بیشتر در تولید برق مشارکت داشته باشند، سرعت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کندتر می‌شود. این ارتباط می‌تواند به لابی‌گری برای فناوری‌های سوخت فسیلی نسبت داده شود که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را مانع می‌شود (بوزیک، سزبرینی و بوزیک[1]، 2023).

پیشینه تجربی

با توجه به ماهیت عمودی و فنی سیستم یکپارچه برق و تمرکززدایی نهادی، نیاز به تدوین یک چارچوب سیاستی جامع برای کل زنجیره ارزش (تولید، انتقال و توزیع) به شدت احساس می شود. بخش برق، بخشی بسیار سرمایه‌بر است، اما در صورت مدیریت صحیح، توانایی ایجاد درآمدهای عظیم را دارد. دولت عراق به‌خوبی درک کرده که نمی‌تواند تمام بار مالی توسعه این بخش را به دوش بکشد، چرا که در سایر بخش‌های اقتصادی نیز با فشارهای مالی روبه‌رو است (آلتای و همکاران، 2022).

عراق برای تولید برق به شدت به نیروگاه گازها متکی است. عراق 26 نیروگاه گاز دارد که بیشترین تعداد جایگاه‌ها در بغداد با 11 نیروگاه گاز قرار دارد که عبارتند از: جایگاه‌های 1 و 2 بغداد جنوبی با ظرفیت‌های 246 و 400 مگاوات و دورا 1 و 2 با ظرفیت‌های 146 و 700 مگاوات، بنابراین کل تولید از نیروگاه‌های گازی بغداد انرژی برق 3 هزار و 462 مگاوات است. در بصره 4نیروگاه گاز وجود دارد که عبارتند از: نیروگاه گاز رمیله با ظرفیت 1460 مگاوات، ایستگاه شط البصره با ظرفیت 1250 مگاوات و نیروگاه گاز زبیر و نجیبیه هر کدام با ظرفیت تولید 500 مگاوات است. پس از سال 2003، عراق 68 ایستگاه تولید برق ایجاد کرد که بین نیروگاه‌های حرارتی، گازی و خورشیدی متفاوت بود. مجموع تولید نیروگاه‌های جدید 18723 مگاوات است (ورادامترز، 2024؛ آژانس بین‌المللی انرژی، 2024).

توسعه پایدار و دسترسی به برق مطمئن، یکی از الزامات اساسی رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه به شمار می‌آید. عراق به عنوان کشوری غنی از منابع طبیعی اما آسیب‌دیده از جنگ‌ها و بی‌ثباتی‌های سیاسی، طی سال‌های اخیر با چالش‌های عمده‌ای در زمینه تولید و توزیع برق مواجه بوده است. در این راستا، مطالعات مختلفی ابعاد فنی، مدیریتی و زیست‌محیطی بحران برق عراق را بررسی کرده‌اند. آشواریا[2] (2020) در مطالعه‌ای با موضوع تحلیل مشکلات ساختاری و فرصت‌های آینده بخش برق عراق، ریشه‌های ناکارآمدی سیستم برق این کشور و نقش اصلاحات سیاستی را بررسی کرد. نتایج نشان داد که فرسودگی زیرساخت‌ها، یارانه‌های ناکارآمد انرژی و فساد اداری، سه مانع اصلی توسعه پایدار در این بخش هستند. کامبینی و همکاران[3] (2020) به تحلیل بحران برق عراق از منظر اقتصادی و فنی پرداختند و اثرات بی‌ثباتی سیاسی و اقتصادی بر پروژه‌های زیرساختی برق را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که بحران مالی دولت وابستگی به واردات انرژی و حملات به تأسیسات حیاتی، زنجیره تأمین انرژی را مختل کرده‌اند. رشید و همکاران[4] (۲۰۱۲) با هدف شناسایی چالش‌های تاریخی سیستم برق عراق و پیشنهاد راه‌حل‌هایی نظیر افزایش ظرفیت تولید، توسعه منابع تجدیدپذیر، بهبود مدیریت مصرف و جذب سرمایه‌گذاری خصوصی نشان داد که تنها ۴۸ در صد تقاضای واقعی تأمین می شود و مشکلات امنیتی، فساد (اتصالات غیرمجاز، کنتورهای ناکارآمد) و فقدان چارچوب نظارتی مانع اصلی بهبود هستند.

---

[1] Bozsik, Szeberényi & Bozsik
2. Ashwarya
3. Cambini et al
4. Rashid et al

الکایم و محمد[1] (2019) سیاست‌های توسعه انرژی خورشیدی در عراق را تحلیل کردند و دریافتند که علی‌رغم وجود پروژه‌های مشترک با شرکت‌های بین‌المللی، نبود قوانین شفاف و مشکلات مالی، توسعه انرژی خورشیدی را با موانع جدی مواجه کرده است. الحمدانی[2] (۲۰۲۰) با هدف ارزیابی نقش انرژی خورشیدی در جبران کسری برق عراق و مقایسه آن با سایر منابع تجدیدپذیر تأکید کرد که باوجود وابستگی 3.86 درصد به سوخت‌های فسیلی و زیان سالانه حدود ۴۰ میلیارد دلار، پتانسیل بالای خورشیدی و اصلاح سیاست‌ها می‌تواند کلید حل بحران برق این کشور باشد. الیوزبکی و خلیل (2022) در مقاله‌ای با موضوع «آینده انرژی‌های تجدیدپذیر در عراق»، به بررسی نیازهای برق عراق و چالش‌های استفاده از منابع تجدیدپذیر پرداختند. نتایج نشان داد عراق با کمبود شدید برق و وابستگی زیاد به سوخت‌های فسیلی مواجه است، در حالی که ظرفیت بالایی برای انرژی خورشیدی دارد. موانع اصلی شامل محدودیت‌های مالی، ضعف نهادی و همکاری منطقه‌ای است. الغبره و همکاران (2024) در پژوهشی با موضوع «چالش‌ها و فرصت‌های اجرای انرژی تجدیدپذیر در عراق»، به تحلیل قابلیت‌های انرژی خورشیدی و بادی پرداختند. یافته‌ها نشان دادند که علی‌رغم پتانسیل بالا، مشکلات فنی، کمبود منابع مالی و نیروی کار ماهر، موانع اصلی هستند. راهکارها شامل اصلاحات سیاستی، تقویت زیرساخت‌ها و افزایش آگاهی اجتماعی معرفی شد.

آلتای و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای با هدف تحلیل مشکلات عملیاتی و مالی بخش برق عراق و ارائه توصیه‌های اصلاحی شامل مشارکت بخش خصوصی، رقابت، چارچوب‌های نظارتی جدید و سرمایه‌گذاری در انرژی خورشیدی و گازی دریافتند که بخش برق با اتلاف حدود ۷۰ در صد (بیش از ۹۰ در صد غیرفنی) روبه‌رو است و سالانه ۳ الی ۴ میلیارد دلار از نار سایی‌ها متضرر می شود. میلز و سلمان[3] (2020) در مقاله «چالش‌های بخش برق عراق» با هدف بررسی عدم تعادل عرضه و تقاضای برق، دریافتند که مشکل اصلی در توزیع سوخت و ضعف شبکه انتقال است. افزایش مصرف، فساد و بحران‌های سیاسی اقتصادی نیز بر مشکلات افزوده‌اند. راهکارها شامل توسعه گاز طبیعی، اصلاح تعرفه‌ها، خصوصی سازی توزیع و مدرن سازی شبکه معرفی شد، اما مانع اصلی، ضعف مالی و سیاسی دولت عنوان گردید. الخفاجی (2018) در پژوهشی با موضوع «تولید برق در عراق: مشکلات و راه‌حل‌ها»، با هدف تحلیل چالش‌های ساختاری برق عراق و ارائه راهکارهای اصلاحی، نشان داد که کمبود برق ناشی از فرسودگی نیروگاه‌ها، مصرف بی‌رویه، تعرفه‌های پایین و وابستگی به سوخت فسیلی است. راهکارهای پیشنهادی شامل اصلاح تعرفه‌ها، بهبود بهره‌وری، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش ظرفیت تولید گاز بود. آژانس بین‌المللی انرژی (2025) با ارزیابی تاب‌آوری سیستم برق عراق در برابر تغییرات اقلیمی نشان داد که گرمایش زمین، خشکسالی‌های شدید و طوفان‌های گردوغبار، بهره‌وری نیروگاه‌های برق‌آبی و خورشیدی را کاهش داده و بر ضرورت اقدامات انطباقی مؤثر تأکید کرد.

همانگونه که از بررسی و مرور پیشینه تجربی موضوع قابل مشاهده است، در ارتباط با چالش های تولید برق، مطالعات مختلفی در کشورهای مختلف جهان از جمله عراق انجام شده است و نویسندگان مختلف، چالش های تولید برق را مورد بررسی قرار داده‌اند؛ اما مطالعه ای که یک مدل جامع از چالش ها ارائه دهد پیدا نشده است بنابراین، فقدان مدلی مناسب به منظور شناسایی چالش های برق یکی از ضعف‌های موجود در ادبیات این حوزه است علاوه براین، در این پژوهش پس از شناسایی چالش ها، با استفاده از روش دیمتل فازی فیثاغورثی روابط بین چالش ها و اولویت بندی آن ها بررسی شده است که این می تواند به صنعت برق عراق و سایر کشورها کمک کند مهم ترین چالش ها را مشخص و استراتژی لازم را پیاده سازی کند. در مجموع، نتایج مطالعات بیانگر آن است که حل بحران انرژی عراق نیازمند رویکردی چندلایه شامل توسعه ظرفیت‌های تولیدی، بهبود حکمرانی، سرمایه‌گذاری در انرژی‌های نوین و انطباق با تغییرات اقلیمی است.

1. Al-Kayiem & Mohammad
2. Al-Hamadani
3. Mills & Salman

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ هدف، کاربردی است، از این جهت که برای مدیران شرکت‌های تولید برق در شناخت مهم ترین چالش ها کاربرد دارد. از نظر ماهیت آمیخته است، چرا که این پژوهش در دو مرحله انجام می‌شود، ابتدا به صورت کیفی و در قالب مصاحبه با 8 نفر از خبرگان و تشکیل گروه متمرکز (کانونی)، چالش های پیش روی تولید برق در عراق شناسایی و استخراج شد و در دسته بندی های مختلف دسته بندی شدند و در مرحله کمی از تکنیک دیمتل فازی فیثاغورسی استفاده می شود. این روش با استفاده از شفاف سازی روابط، کمک می‌کند تا ساختاری علت‌ومعلولی به‌جای یک ساختار مستقیم بین عوامل ایجاد شود که با استفاده از متغیرهای زبانی، تصمیم‌گیری را در شرایط عدم اطمینان آسان می‌کند (چنگ و همکاران، 2012: 1160). جامعه آماری پژوهش مدیران نیروگاه های گازی تولید برق عراق است. برای بررسی روابط بین عوامل و اولویت‌بندی آنها از روش نمونه‌گیری هدف‌مند استفاده شده است. روش گردآوری داده‌ها توصیفی – پیمایشی است، چرا که در پژوهش حاضر محقق ابتدا به توصیف متغیرهای جامعه آماری پرداخته و سپس نظرات افراد مورد نظر پژوهش را در خصوص هر یک از متغیرها، مورد بررسی و پیمایش قرار می‌دهد. از نظر منطق، استقرایی است و در محیط واقعی صورت می‌گیرد و غیر آزمایشگاهی‌است و افق زمانی آن مقطعی می‌باشد.

روش دیمتل فازی فیثاغورثی

در روش دیمتل فازی فیثاغورثی[1] فرآیند تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیرندگان معمولاً بر پایه‌ی تجربه و تخصص خود قضاوت می‌کنند. ارزیابی دقیق معیارها در روش دیمتل یا هر روش تصمیم‌گیری دیگر در محیط‌های دارای عدم قطعیت، نسبتاً دشوار است. مجموعه فازی فیثاغورثی به‌طور مؤثری می‌تواند با عدم قطعیت‌های موجود در فرآیند تصمیم‌گیری مقابله کند. در روش پیشنهادی دیمتل فازی فیثاغورثی، ارزیابی معیارها با استفاده از اصطلاحات زبانی فازی فیثاغورثی و همچنین اعداد فازی فیثاغورثی ذوزنقه‌ای[2] انجام می‌شود. این روش پیشنهادی در ادامه به‌تفصیل شرح داده شده است.

گام 1: استخراج ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی

مقیاس زبانی فازی فیثاغورثی در نظر گرفته شده و به هر یک از آن‌ها یک عدد فازی فیثاغورثی ذوزنقه‌ای (TrPFN) متناظر اختصاص داده می‌شود تا ابهامات موجود در ارزیابی‌های انسانی برطرف گردد. سپس، ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی D برای معیارهای C1,C2,…,Cn به صورت زیر ساخته می‌شود:

$$D = [d_{ij}]_{n\times n} \qquad \text{(رابطه 1)}$$

در این گام، عناصر d_{ij} به‌عنوان اعداد فازی فیثاغورثی ذوزنقه‌ای (TrPFN) در نظر گرفته می شوند. مطابق با پژوهش‌های گویندان و همکاران[3] (2015) و گویندان و همکاران[4] (2013)، مقدار مورد انتظار برای اعداد فازی شهودی ذوزنقه‌ای (TrIFN) محاسبه شده است. در اینجا نیز، مقدار مورد انتظار هر d_{ij} محاسبه می شود و ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی مورد انتظار $\widetilde{D}$ با استفاده از رابطه (2) به‌دست می‌آید.

$$\widetilde{D} = [\tilde{d}_{ij}]_{n\times n} \qquad \text{(رابطه 2)}$$

1. Pythagorean Fuzzy DEMATEL
2. Trapezoidal Pythagorean Fuzzy Number - TrPFN
3. Govindan et al
4. Govindan et al

در این ماتریس، $\tilde{d}_{ij}$ نشـــان‌دهنده مقدار مورد انتظار عدد فازی فیثاغورثی $\tilde{d}_{ij}$ اســـت. جدول 1 این مقادیر مورد انتظار و اصـــطلاحات زبانی متناظر آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول 1. مقیاس زبانی فازی فیثاغورثی

اصطلاح زبانی	امتیاز تأثیر	عدد فازی فیثاغورثی ذوزنقه‌ای متناظر	مقدار مورد انتظار
Absolutely low (AL)	0	⟨(0,0,0,0); 0,1⟩	0
Low (L)	1	⟨(0, 0.1, 0.2, 0.3); 0.1, 0.8⟩	0.121
Fairly low (FL)	2	⟨(0.1, 0.2, 0.3, 0.4); 0.3, 0.7⟩	0.190
Medium Low (ML)	3	⟨(0.3, 0.4, 0.5, 0.6); 0.5, 0.5⟩	0.318
Fairly high (FH)	4	⟨(0.5, 0.6, 0.7, 0.8); 0.6, 0.4⟩	0.469
High (H)	5	(0.7, 0.8, 0.9, 1); 0.8, 0.2⟩	0.701
Absolutely high (AH)	6	⟨(1, 1, 1, 1); 1, 0⟩	1

گام 2: نرمال‌سازی ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی مورد انتظار

در این گام، ابعاد معیارهای مختلف به معیارهای بدون بعد تبدیل می‌شـــود. این کار امکان مقایســـه معیارهایی را که واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی دارند فراهم می‌سازد. بنابراین، ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی نرمال‌شده از ماتریس مورد انتظار قبلی به‌دست می‌آید (طبق رابطه 3).

$$X = k \times \tilde{D} = k \times \left[\widetilde{d_{ij}}\right]_{n\times n} \quad \text{(رابطه 3)}$$

$$k = \frac{1}{max_{1\le i\le n} \sum_{j=1}^{n} \widetilde{d_{ij}}}$$

پس X می‌تواند نوشته شود:

$$X = \left[n_{ij}\right]_{n\times n} \quad \text{(رابطه 4)}$$

گام 3: ساخت ماتریس روابط کل فازی فیثاغورثی

در این مرحله، ماتریس روابط کل فازی فیثاغورثی با استفاده از رابطه (5) محاسبه می‌شود:

$$T = X\,(1-X)^{-1} \quad \text{(رابطه 5)}$$

که در آن، T ماتریس روابط کل فازی فیثاغورثی (n × n) و I ماتریس همانی (n × n) است.

گام 4: تولید نمودار علّی[1]

در این مرحله، مقادیر D و R محا سبه می شوند که به ترتیب مجموع سطرها و مجموع ستون‌های ماتریس روابط کل $T = \left[t_{ij}\right]_{n\times n}$ هستند (روابط 6 تا 8).

$$T = \left[t_{ij}\right]_{n\times n} \quad \text{(رابطه 6)}$$

$$R = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right]_{1\times n} \quad \text{(رابطه 7)}$$

$$R = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right]_{1\times n} \quad \text{(رابطه 8)}$$

1. Causal Diagram

در اینجا، مجموع D+R نمایانگر شاخص شدت تأثیر[1] است و تفاضل D−R نمایانگر شاخص عامل اهمیت[2] می‌باشد. نقشه روابط را می‌توان با استفاده از مقادیر به‌دست‌آمده در قالب (D−R, D+R) در گروه‌های علّی تر سیم کرد. محور عمودی D−R نشان‌دهنده «نوع رابطه» است. اگر مقدار D−R مثبت باشد، معیار مورد نظر در گروه علّی[3] قرار می‌گیرد؛ و اگر مقدار D−R منفی باشد، آن معیار در گروه تأثیریافته[4] جای می‌گیرد.

گام 5: محاسبه وزن معیارها

فرمول محاسبه وزن معیارها در روش دیمتل توسط دلاله و همکاران[5] (2011) ارائه شده است. رابطه (9) این فرمول را نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که وزن نهایی هر معیار از طریق نرمال‌سازی نتایج حاصل محاسبه می‌شود. این وزن‌ها میزان اهمیت نسبی هر معیار را در ساختار تصمیم‌گیری نشان می‌دهند.

$$W = \sqrt{(D+R)^2 + (D-R)^2}$$ رابطه (9)

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش ابتدا از طریق مصاحبه با خبرگان با تشکیل گروه متمرکز کانون، چالش‌های پیش روی تولید برق در عراق شناسایی و استخراج شده است. برای انجام مصاحبه ابتدا پروتکل مصاحبه توسط تیم تحقیق طراحی گردید. بر این اساس با توجه به هدف تحقیق سوالات مصاحبه به صورت نیمه ساختاریافته طراحی شد. بر اساس مصاحبه اول، اصلاحات نهایی بر روی چارچوب مصاحبه انجام گرفت و سپس مصاحبه ها بر اساس روش گلوله برفی تا رسیدن به اشباع نظری ادامه یافت. همچنین در ابتدا مصاحبه ها ضبط می گردید و سپس یادداشت برداری دقیق توسط محققان صورت گرفت. نمونه‌ای از مصاحبه و کدگذاری چالش‌ها جدول 2 در ادامه قابل مشاهده می‌باشد.

جدول 2. چالش‌های اولیه حاصل از مصاحبه با خبرگان

مولفه	چالش	منبع
محیط زیستی	فقدان فناوری های انرژی های تجدیدپذیر مانند باد	E1, E4
	آلودگی بالاتر از استاندارد	E5, E4
	کمبود آب	E3
تأمین	سوخت گاز ناکافی و بی کیفیت	E2, E3, E4
	عدم امکان تامین مصالح و کمبود قطعات یدکی	E4, E5
منابع انسانی	فقدان پرسنل آموزش دیده	E2, E5
	وابستگی به نیروهای پیمانکاری	E4, E5
	عدم تخصص در فرآیند ساخت و توسعه برخی تجهیزات	E3
اقتصادی	عدم تخصیص مالی و ضعف نقدینگی	E4, E5, E2, E3
	عدم توانایی در جمع‌آوری مبالغ وصول	E2, E4
	کمبود سرمایه‌گذاری خارجی	E4
اجتماعی	زاغه‌ها و گسترش بی‌رویه شهری بدون کنتور	E3
	افزایش نامنظم جمعیت در جامعه عراق	E3
	نبود آگاهی و فرهنگ سازی شهروندان نسبت به مصرف برق	E3
فناوری و زیرساخت	فقدان سیستم‌های بهره‌برداری، نگهداری و نظارت مدرن و تجهیزات	E4
	تکیه بر تکنولوژی قدیمی و فرسودگی شبکه	E4, E2, E3
مدیریتی	فقدان برنامه مشخص و قابل اجرا با توجه به توانمندی‌های موجود	E5
	بروکراسی اداری و مداخلات افراد غیرمتخصص	E5, E1

1. Impact Intensity Index
2. Importance Factor Index
3. Causal Group
4. Effect Group
5. Dalalah et al.

	عزل و نصب نامناسب و بی توجهی به شایسته سالاری	E4

برای برر سی روابط علی بین چالش‌ها (تأثیر گذاری و تأثیرپذیری)، پر س شنامه دیمتل فازی فیثاغور سی در قالب 19 چالش در اختیار خبرگان قرار گرفت و از آنها خواسته شد که اثر هر عامل بر عامل دیگر را با متغیرهای زبانی با طیف بدون تأثیر، تأثیرخیلی کم، تأثیر کم، تأثیر زیاد، تأثیر خیلی زیاد مشخص کنند و از این طریق به مقایسه معیارها بپردازند. با توجه به تعداد بالای چالش های شناسایی شده، این پر س شنامه به صورت ماتریسی طراحی گردید به طوری که مقای سه زوجی برای خبرگان راحت با شد. با ا ستفاده از جل سات گروه کانونی، نظرات متخ ص صان و افراد باتجربه ادغام شده و ماتریس مقای سات زوجی با متغیرهای زبانی در جدول 3 م شخص شد. سپس، ماتریس روابط مستقیم بر اساس مقادیر مورد انتظار در جدول 4 نشان داده شده است.

جدول 3. ماتریس اولیه حاصل از اجماع نظر خبرگان

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
C1		6	6	1	5	4	5	4	6	5	6	5	4	5	6	6	6	5	6
C2	6		5	6	6	4	6	5	6	4	6	5	4	4	6	6	5	5	5
C3	5	5		4	1	3	3	2	4	3	4	3	2	3	3	2	1	2	1
C4	6	6	4		1	2	5	4	6	6	6	3	3	4	6	5	5	5	5
C5	4	2	2	5		4	6	6	6	6	6	6	5	3	6	6	6	6	6
C6	5	3	3	0	6		5	5	6	5	5	3	3	6	3	5	4	5	5
C7	4	1	2	4	4	6		6	6	6	6	4	4	5	4	4	5	5	5
C8	5	3	4	4	6	6	6		6	5	6	4	3	4	6	6	6	5	6
C9	5	3	2	6	3	5	6	6		5	6	6	5	0	5	5	5	5	5
C10	6	2	0	5	6	6	6	6	6		6	5	6	4	4	6	6	5	5
C11	6	5	4	6	3	2	4	3	6	5		5	6	4	6	6	6	5	6
C12	5	4	0	2	2	5	4	3	4	4	4		3	5	5	6	5	6	5
C13	5	0	3	5	3	5	4	4	3	3	3	6		4	4	6	5	5	4
C14	6	3	1	3	5	4	6	5	4	3	5	6	5		6	6	5	5	5
C15	5	6	4	6	6	4	6	5	6	6	6	6	5	6		6	6	5	5
C16	6	4	4	5	6	4	6	6	6	6	6	6	5	5	6		6	5	6
C17	5	6	4	4	5	5	5	5	6	5	5	5	4	5	5	6		4	5
C18	6	5	3	3	4	4	4	3	3	3	4	5	4	3	4	6	6		6
C19	6	3	2	2	3	5	6	5	2	5	3	5	5	5	6	5	5	6	

جدول 4. ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی مورد انتظار

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
C1	0	1	1	0.121	0.701	0.469	0.701	0.469	1	0.701	1	0.701	0.469	0.701	1	1	1	0.701	1
C2	1	0	0.701	1	1	0.469	1	0.701	1	0.469	1	0.701	0.469	0.469	1	1	0.701	0.701	0.701

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	0.701	0.701	0	0.469	0.121	0.318	0.318	0.191	0.469	0.318	0.469	0.318	0.191
C2	1	1	0.469	0	0.121	0.191	0.701	0.469	1	1	1	0.318	0.318
C3	0.469	0.191	0.191	0.701	0	0.469	1	1	1	1	1	0.318	0.701
C4	0.191	0.318	0.318	0	1	0	0.701	0.701	1	1	0.701	0.318	0.318
C5	0.469	0.191	0.191	0.701	0	0.469	1	1	1	1	1	1	0.701
C6	0.701	0.318	0.318	0	1	0	0.701	0.701	1	0.701	0.701	0.318	0.318
C7	0.469	0.121	0.191	0.469	0.469	1	0	1	1	1	1	0.469	0.469
C8	0.701	0.318	0.469	0.469	1	1	1	0	1	0.701	1	0.469	0.318
C9	0.701	0.318	0.191	1	0.318	0.701	1	1	0	0.701	1	1	0.701
C10	1	0.191	0	0.701	1	1	1	1	1	0	1	0.701	1
C11	1	0.701	0.469	1	0.318	0.191	0.469	0.318	1	0.701	0	0.701	1
C12	0.701	0.469	0	0.191	0.191	0.701	0.469	0.318	0.469	0.469	0.469	0	0.318
C13	0.701	0	0.318	0.701	0.318	0.701	0.469	0.469	0.318	0.318	0.318	1	0

در مرحله بعد، نرمال‌سازی ماتریس روابط مستقیم، همانطور که در جدول 5 نشان داده شده است، انجام می‌شود. برای نرمال‌سازی، از رابطه (3) که در بخش متدولوژی به آن اشاره گردید استفاده شده است.

جدول 5. نرمال‌سازی ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
C1	0.000	0.065	0.065	0.008	0.045	0.030	0.045	0.030	0.065	0.045	0.065	0.045	0.030	0.045	0.065	0.065	0.065	0.045	0.065
C2	0.065	0.000	0.045	0.065	0.065	0.030	0.065	0.045	0.065	0.030	0.065	0.045	0.030	0.030	0.065	0.065	0.045	0.045	0.045
C3	0.045	0.045	0.000	0.030	0.008	0.021	0.021	0.012	0.030	0.021	0.030	0.021	0.012	0.021	0.021	0.012	0.008	0.012	0.008
C4	0.065	0.065	0.030	0.000	0.008	0.012	0.045	0.030	0.065	0.065	0.065	0.021	0.021	0.030	0.065	0.045	0.045	0.045	0.045
C5	0.030	0.012	0.012	0.045	0.000	0.030	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.045	0.021	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065
C6	0.045	0.021	0.021	0.000	0.065	0.000	0.045	0.045	0.065	0.045	0.045	0.021	0.021	0.065	0.021	0.045	0.030	0.045	0.045

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
C7	0.030	0.008	0.012	0.030	0.030	0.065	0.000	0.065	0.065	0.065	0.065	0.030	0.030	0.045	0.030	0.030	0.045	0.045	0.045
C8	0.045	0.021	0.030	0.030	0.065	0.065	0.065	0.000	0.065	0.045	0.065	0.030	0.021	0.030	0.065	0.065	0.065	0.045	0.065
C9	0.045	0.021	0.012	0.065	0.021	0.045	0.065	0.065	0.000	0.045	0.065	0.065	0.045	0.000	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045
C10	0.065	0.012	0.000	0.045	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.000	0.065	0.045	0.065	0.030	0.030	0.065	0.065	0.045	0.045
C11	0.065	0.045	0.030	0.065	0.021	0.012	0.030	0.021	0.065	0.045	0.000	0.045	0.065	0.030	0.065	0.065	0.065	0.045	0.065
C12	0.045	0.030	0.000	0.012	0.012	0.045	0.030	0.021	0.030	0.030	0.030	0.000	0.021	0.045	0.045	0.065	0.045	0.065	0.045
C13	0.045	0.000	0.021	0.045	0.021	0.045	0.030	0.030	0.021	0.021	0.021	0.065	0.000	0.030	0.030	0.065	0.045	0.045	0.030
C14	0.065	0.021	0.008	0.021	0.045	0.030	0.065	0.045	0.030	0.021	0.045	0.065	0.045	0.000	0.065	0.065	0.045	0.045	0.045
C15	0.045	0.065	0.030	0.065	0.065	0.030	0.065	0.045	0.065	0.065	0.065	0.065	0.045	0.065	0.000	0.065	0.065	0.045	0.045
C16	0.065	0.030	0.030	0.045	0.065	0.030	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.045	0.065	0.065	0.065	0.000	0.065	0.045	0.065
C17	0.045	0.030	0.030	0.045	0.045	0.030	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.065	0.065	0.000	0.030	0.045
C18	0.065	0.045	0.021	0.030	0.030	0.030	0.045	0.021	0.021	0.021	0.021	0.045	0.045	0.045	0.045	0.065	0.065	0.000	0.065
C19	0.065	0.021	0.012	0.012	0.021	0.045	0.065	0.045	0.012	0.045	0.021	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.065	0.000

در جدول 6 ماتریس ارتباط کامل بر اساس ماتریس نرمال شده روابط مستقیم محاسبه شده است.

جدول 6. ماتریس ارتباط کامل چالش‌های تولید برق

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
C1	0.214	0.200	0.158	0.158	0.206	0.188	0.252	0.208	0.273	0.227	0.271	0.238	0.184	0.194	0.265	0.290	0.276	0.234	0.266
C2	0.282	0.145	0.145	0.215	0.228	0.193	0.277	0.228	0.282	0.222	0.280	0.243	0.188	0.185	0.273	0.298	0.266	0.241	0.257

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
C1	0.138	0.253	0.250	0.213	0.209	0.257	0.233	0.279	0.267	0.198	0.191	0.250	0.285	0.298	0.243	0.222	0.236		
C2	0.106	0.187	0.155	0.127	0.123	0.159	0.144	0.153	0.178	0.130	0.098	0.143	0.217	0.183	0.190	0.149	0.134		
C3	0.044	0.117	0.111	0.096	0.092	0.126	0.099	0.100	0.123	0.071	0.087	0.094	0.138	0.136	0.120	0.095	0.092		
C4	0.095	0.134	0.196	0.118	0.153	0.178	0.192	0.194	0.204	0.117	0.142	0.150	0.229	0.208	0.168	0.130	0.131		
C5	0.079	0.154	0.167	0.191	0.167	0.226	0.164	0.228	0.174	0.132	0.132	0.188	0.244	0.241	0.196	0.152	0.157		
C6	0.089	0.154	0.196	0.127	0.197	0.222	0.186	0.226	0.164	0.158	0.153	0.171	0.209	0.208	0.192	0.149	0.176		
C7	0.112	0.230	0.277	0.211	0.176	0.272	0.246	0.275	0.229	0.180	0.172	0.246	0.298	0.294	0.239	0.187	0.233		
C8	0.090	0.188	0.246	0.187	0.212	0.181	0.219	0.246	0.190	0.149	0.151	0.202	0.246	0.260	0.211	0.154	0.190		
C9	0.124	0.251	0.280	0.229	0.240	0.276	0.190	0.280	0.263	0.181	0.166	0.217	0.302	0.297	0.260	0.180	0.187		
C10	0.101	0.225	0.253	0.190	0.216	0.231	0.209	0.191	0.220	0.162	0.148	0.185	0.270	0.267	0.216	0.159	0.195		
C11	0.123	0.250	0.278	0.211	0.238	0.274	0.249	0.278	0.201	0.180	0.165	0.230	0.300	0.296	0.241	0.187	0.193		
C12	0.104	0.192	0.261	0.175	0.191	0.224	0.231	0.242	0.229	0.140	0.194	0.234	0.280	0.276	0.224	0.189	0.202		
C13	0.080	0.159	0.203	0.144	0.160	0.176	0.180	0.220	0.209	0.132	0.105	0.180	0.218	0.215	0.173	0.145	0.170		
C14	0.086	0.163	0.177	0.180	0.170	0.182	0.137	0.185	0.174	0.154	0.135	0.136	0.231	0.212	0.184	0.136	0.171		
C15	0.110	0.243	0.271	0.183	0.200	0.265	0.224	0.239	0.256	0.190	0.169	0.242	0.231	0.288	0.234	0.184	0.227		
C16	0.113	0.248	0.299	0.226	0.223	0.291	0.248	0.298	0.281	0.228	0.220	0.266	0.321	0.256	0.275	0.234	0.233		
C17	0.102	0.235	0.285	0.201	0.225	0.278	0.236	0.283	0.267	0.199	0.192	0.236	0.305	0.302	0.201	0.223	0.221		
C18	0.096	0.213	0.260	0.196	0.205	0.236	0.214	0.241	0.226	0.200	0.176	0.214	0.260	0.257	0.208	0.145	0.219		
C19	0.099	0.227	0.275	0.209	0.218	0.269	0.228	0.257	0.258	0.193	0.172	0.228	0.277	0.291	0.236	0.217	0.170		

با داشتن ماتریس ارتباط کامل چالش‌های پیش روی برق عراق، در این مرحله، مجموع سطرها (D) و مجموع ستون‌ها (R) ماتریس کلی ارتباطات محاسبه می‌شوند که در آن مجموع هر سطر (Di) نشان دهنده میزان نفوذ و تأثیر عامل (i) به عنوان علت بر سایر عوامل و مجموع هر ستون (Rj) نشان دهنده میزان نفوذپذیری و تأثیرپذیری عامل (j) به عنوان معلول سایر عوامل است. سپس، مقادیر (D+R) و (D-R) ایجاد می‌شوند که به ترتیب نشان‌دهنده شدت تعامل و شدت تأثیر یک عامل هستند و در ترسیم نمودار علت و معلول نقش دارند که در جدول 7 نشان داده شده است.

جدول 7. محاسبه R، D، R-D و R+D

	D	R	D+R	D-R	Cause and effect		W	Rank
C1	4.3033	4.5192	8.8224	-0.2159	effect	8.8251	0.0603	**3**
C2	4.4483	2.9210	7.3693	1.5274	Cause	7.5259	0.0514	12
C3	1.8916	2.0430	3.9345	-0.1514	effect	3.9375	0.0269	19
C4	3.8216	3.1118	6.9334	0.7099	Cause	6.9697	0.0476	16
C5	4.4402	3.4278	7.8680	1.0124	Cause	7.9329	0.0542	10
C6	3.4131	3.3560	6.7690	0.0571	Cause	6.7693	0.0462	17
C7	3.6138	4.4032	8.0171	-0.7894	effect	8.0558	0.0550	9
C8	4.3247	3.7608	8.0855	0.5640	Cause	8.1051	0.0554	8
C9	3.8282	4.4781	8.3064	-0.6499	effect	8.3317	0.0569	6
C10	4.4134	3.8862	8.2997	0.5272	Cause	8.3164	0.0568	7
C11	4.1137	4.4451	8.5588	-0.3314	effect	8.5652	0.0585	4
C12	3.0940	4.0694	7.1634	-0.9754	effect	7.2295	0.0494	14
C13	2.9670	3.2394	6.2065	-0.2724	Effect	6.2124	0.0424	18
C14	3.8093	3.1944	7.0037	0.6150	Cause	7.0307	0.0480	15
C15	4.8622	4.2925	9.1547	0.5697	Cause	9.1724	0.0626	**2**
C16	4.7870	4.8481	9.6351	-0.0610	effect	9.6353	0.0658	**1**
C17	4.0114	4.5335	8.5448	-0.5221	effect	8.5608	0.0585	5
C18	3.2368	4.0418	7.2787	-0.8050	effect	7.3231	0.0500	13
C19	3.5381	4.3468	7.8849	-0.8088	effect	7.9263	0.0541	11

باتوجه‌به جدول بالا، هر چه مقدار R+D بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل دارد. لذا اهمیت آن بیشتر است. بنابراین، عوامل C16 (تکیه بر تکنولوژی قدیمی و فرسودگی شبکه) و C15 (فقدان سیستم‌های بهره‌برداری، نگهداری و نظارت مدرن و تجهیزات) و C1 (فقدان فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد) تعامل بیشـتری با دیگر عوامل دارند و اهمیت بالایی برخوردارند. همچنین اگر مقدار R-D مثبت با شد، آن عامل یک تأثیرگذار قطعی ا ست و یک متغیر علت (اثرگذار) محسوب می شود؛ بنابراین، مطابق جدول بالا، عوامل C2، C4، C5، C6، C8، C10، C14، C15 عوامل تأثیرگذار هستند. درنهایت اگر مقدار R-D منفی باشد آن عامل یک تأثیرپذیر قطعی ا ست و یک متغیر معلول (اثرپذیر) محسوب می شود. با این تفا سیر عوامل C1، C3، C7، C9، C11، C12، C13، C16، C17، C18، C19، در مدل پژوهش تأثیرپذیر ه ستند؛ بنابراین، چالش‌های پیش روی صنعت برق به‌ترتیب شدت تأثیرگذاری در جدول 8 قابل مشاهده می‌باشند.

جدول 8. عوامل تأثیرگذار به‌ترتیب شدت تأثیرگذاری

رتبه	R-D	عامل
1	1.5274	آلودگی بالاتر از استاندارد
3	0.7099	سوخت گاز ناکافی و بی کیفیت
2	1.0124	عدم امکان تامین مصالح و کمبود قطعات یدکی
8	0.0571	فقدان پرسنل آموزش دیده
6	0.5640	عدم تخصص در فرآیند ساخت و توسعه برخی تجهیزات
7	0.5272	عدم توانایی در جمع آوری مبالغ وصول

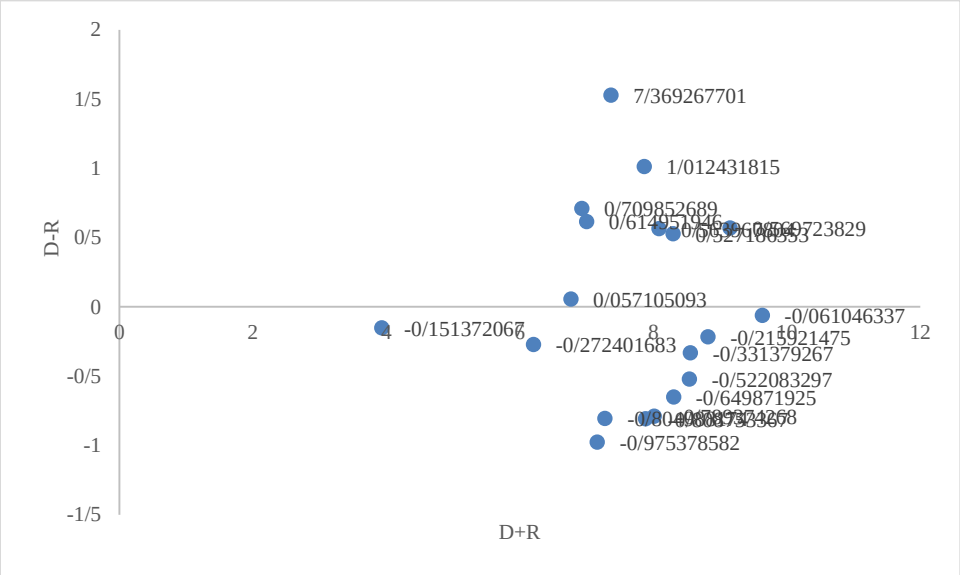
4	0.6150	نبود آگاهی و فرهنگ‌سازی شهروندان نسبت به مصرف برق
5	0.5697	فقدان سیستم‌های بهره‌برداری، نگهداری و نظارت مدرن و تجهیزات

همچنین، چالش‌های پیش روی صنعت برق به‌ترتیب شدت و تأثیرپذیری در جدول 9 قابل مشاهده است.

جدول 8. عوامل تأثیرپذیر به‌ترتیبِ شدت تأثیرپذیری

رتبه	R-D	عامل
9	-0.2159	فقدان فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد
10	-0.1514	کمبود آب
4	-0.7894	وابستگی به نیروهای پیمانکاری
5	-0.6499	عدم تخصیص مالی و ضعف نقدینگی
7	-0.3314	کمبود سرمایه‌گذاری خارجی
1	-0.9754	زاغه ها و گسترش بی‌رویه شهری بدون کنتور
8	-0.2724	افزایش نامنظم جمعیت در جامعه عراق
11	-0.0610	تکیه بر تکنولوژی قدیمی و فرسودگی شبکه
6	-0.5221	فقدان برنامه مشخص و قابل اجرا با توجه به توانمندی‌های موجود
3	-0.8050	بروکراسی اداری و مداخلات افراد غیرمتخصص
2	-0.8088	عزل و نصب نامناسب و بی‌توجهی به شایسته سالاری

درنهایت برای ترسیم روابط علی بین عوامل از مقدار آستانه استفاده شده است، به این صورت که مقدار آستانه (میانگین اعداد) محاسبه شد و هرکدام از درایه‌ها که از مقدار آستانه بیشتر یا مساوی بود، برابر یک و هرکدام کمتر بود، برابر صفر قرار داده شد و ارتباط بین عوامل از این طرق مشخص گردید. نمودار علی برای هریک از عوامل در شکل (1) نشان داده شده است. این نمودار نشان‌دهنده تأثیر پذیری و تأثیرگذاری عوامل می‌باشد عواملی مانند (C2 و C4 و C5 و ...) که در بالای محور افقی هستند جزو عوامل علی و تأثیرگذار هستند و عواملی مانند (C1 و C3 و C7) به‌عنوان عوامل معلولی و تأثیرپذیر می‌باشند.



شکل 1. نمودار اثر خالص چالش‌های تولید برق در عراق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف شناسایی، اولویت‌بندی و تحلیل روابط علی و معلولی میان چالش‌های تولید برق در نیروگاه های گازی جنوب عراق انجام شده است. تحلیل داده‌ها با استفاده از روش علمی دیمتل فازی فیثاغورثی انجام شد که ابزاری بسیار کارآمد برای تحلیل‌های تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت به شمار می‌رود. در این راستا، یافته‌های پژوهش حاضر که با استفاده از روش تحلیل دیمتل فازی فیثاغورثی صورت گرفته است، نمایانگر آن است که صنعت برق عراق با مجموعه‌ای از چالش‌های متقاطع و پیچیده روبه‌رو می‌باشد که هم ریشه در مشکلات فنی و عملیاتی دارند و هم ناشی از نارسایی‌های ساختاری و مدیریتی در سطح کلان کشور هستند. تحلیل این چالش‌ها می‌تواند به شناسایی اولویت‌های اصلی برای بهبود وضعیت صنعت برق این کشور کمک نماید.

نتایج تحلیل دیمتل فازی فیثاغورثی نشان داد که برخی عوامل فنی در ایجاد بحران‌های صنعت برق نقش علی قوی‌تری دارند. به طور مشخص، آلودگی بالاتر از استاندارد (C2) با شدت اثرگذاری 1/527+ به عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار شناسایی شد که نشان‌دهنده پیامدهای منفی ناشی از عدم رعایت استانداردهای زیست‌محیطی در فرآیند تولید برق است. در رتبه‌های بعدی، کمبود قطعات و مصالح یدکی (C5) با شدت 1/012+ و وجود سوخت گاز ناکافی و بی‌کیفیت (C4) با شدت 0/709+ قرار دارند. این نتایج هم‌راستا با یافته‌های گابریلی، ابوطالبی و سانساوینی[1] (2022) و الطائی و همکاران (2022) است که تأکید کرده‌اند ضعف در زیرساخت‌های تأمین قطعات و کیفیت پایین منابع انرژی، از مهم‌ترین موانع پایداری تولید برق در کشورهای در حال توسعه، به ویژه در عراق، به شمار می‌روند. این وضعیت نشان می‌دهد که مشکلات سخت‌افزاری و منابع اولیه انرژی نقش بنیادی در ایجاد بحران‌های این صنعت دارند.

از سوی دیگر، نتایج مربوط به عوامل پذیرنده اثر (اثرپذیر) نیز بیانگر آسیب‌پذیری بالای بخش‌هایی از صنعت برق عراق در برابر مشکلات ساختاری و مدیریتی است. به طور خاص، بدون کنتور بودن مناطق زاغه‌ای (C12) با شدت اثرپذیری 0/975- و وجود بروکراسی غیرفنی و مداخلات مدیریتی (C18) با شدت 0/805- به عنوان مهم‌ترین چالش‌های اثرپذیر شناسایی شدند. این وضعیت نشان‌دهنده آن است که عدم وجود سیستم‌های کنترلی مؤثر برای مصرف انرژی و وجود رویه‌های مدیریتی ناکارآمد، صنعت برق عراق را در برابر فشارهای داخلی و خارجی بسیار آسیب‌پذیر ساخته است که با یافته‌های پژوهش ژانگ و همکاران[2] (2022) همراستا می‌باشد. این نتایج بر اهمیت اصلاحات نهادی و مدیریتی در کنار مداخلات فنی تأکید دارند، چراکه بدون اصلاح این نارسایی‌ها، بهبود فنی نیز نمی‌تواند به تنهایی پایداری بلندمدت سیستم برق کشور را تضمین کند.

افزون بر این، تحلیل مقادیر D+R که نشان‌دهنده میزان تعامل و ارتباط هر عامل با سایر عوامل می‌باشد، مشخص ساخت که فرسودگی شبکه و استفاده از تکنولوژی‌های قدیمی (C16) با امتیاز بالای 9/635 بیشترین سطح تعامل را با دیگر چالش‌ها دارد. این یافته بیانگر آن است که بسیاری از معضلات فنی و مدیریتی صنعت برق عراق به طور مستقیم یا غیرمستقیم با فرسودگی تجهیزات و ناکارآمدی تکنولوژیکی پیوند خورده‌اند. این نتیجه با یافته‌های لونویچ و کلپنبرگ[3] (2023) نیز همخوانی دارد که بر ضرورت سرمایه‌گذاری گسترده در زمینه به‌روزرسانی و نوسازی زیرساخت‌های صنعت برق به عنوان پیش‌شرط حیاتی برای ارتقاء کارایی و پایداری این بخش تأکید کرده است. در نتیجه، هرگونه راهبرد بهبود باید با رویکردی جامع که هم جنبه‌های تکنولوژیک و هم جنبه‌های مدیریتی را پوشش دهد، طراحی شود تا بتواند به طور مؤثر چالش‌های پیش‌روی صنعت برق عراق را مرتفع سازد.

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که بحران برق در عراق ماهیتی چندبعدی و پیچیده دارد و تنها با رویکردهای مقطعی یا تک‌بُعدی قابل حل نیست. ریشه‌های این بحران شامل مشکلات فنی نظیر فرسودگی زیرساخت‌ها و ضعف تجهیزات، کمبود سرمایه برای توسعه و نگهداری شبکه برق، ضعف حکمرانی در قالب سیاست‌گذاری‌های ناکارآمد و فساد اداری و همچنین عوامل فرهنگی–اجتماعی مانند مصرف بی‌رویه و نبود فرهنگ صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. این وضعیت ایجاب می‌کند که برای رفع بحران برق، یک راهبرد سیستمی اتخاذ شود که در آن همزمان بر ابعاد تکنولوژیک (مانند به‌روزرسانی تجهیزات و بهبود بهره‌وری)، اصلاحات نهادی (شامل بهبود نظام

1. Gabrielli, Aboutalebi & Sansavini
2. Zhang et al
3. Lunevich & Kloppenburg

مدیریتی و شـــفافیت مالی) و تغییر رفتارهای اجتماعی (از طریق آموزش و ارتقای آگاهی عمومی) تمرکز شـــود. به عبارت دیگر، حل این بحران نیازمند مداخلات چندلایه و هماهنگ در سطح سخت‌افزاری، نرم‌افزاری و فرهنگی است تا بتوان پایداری تولید و توزیع برق را در بلندمدت تضمین کرد.

از منظر عددی، نتایج این تحقیق اهمیت توجه به ریشه‌های اصلی بحران را با دقت علمی نشان داده است. یافته‌ها حاکی از آن بود که تنها با تمرکز بر سه چالش کلیدی شناسایی شده (یعنی C2: کیفیت سوخت، C4: تأمین تجهیزات یدکی و C5: کنترل آلودگی)، می‌توان ۳۷ در صد از مجموع اثرات منفی مؤثر بر عملکرد سیستم برق را کاهش داد. این موضوع گویای این است که سرمایه‌گذاری هدفمند در حوزه‌های یادشده می‌تواند بازدهی بسیار بالایی در بهبود پایدار سیستم برق‌رسانی داشته باشد. بر مبنای گزارش بانک جهانی[1] (2024)، تمرکز بر ارتقاء کیفیت سوخت مصرفی در نیروگاه‌ها، ایجاد زنجیره تأمین کارآمد برای قطعات یدکی حیاتی و اجرای برنامه‌های جدی برای کنترل و کاهش آلودگی، از جمله اقدامات کلیدی هستند که می‌توانند به بهبود کارایی سیستم، کاهش هزینه‌های عملیاتی، افزایش عمر مفید تجهیزات و در نهایت ارتقاء تاب‌آوری شـــبکه برق عراق منجر شـــوند. بنابراین، یک رویکرد علمی و داده‌محور که اولویت‌بندی چالش‌های اصلی را مدنظر قرار دهد، نقشی تعیین‌کننده در موفقیت سیاست‌های بازسازی و توسعه بخش برق خواهد داشت.

بر مبنای تحلیل داده‌های این پژوهش، چند دستاورد مدیریتی کلیدی قابل استخراج است که اجرای آن‌ها برای بهبود بحران برق در عراق ضروری است. نخست، نوسازی زیرساخت‌ها باید با رویکردی جامع و درازمدت دنبال شود، به ویژه از طریق جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ساده با نیروگاه‌های سیکل ترکیبی که بهره‌وری بالاتری دارند و مصرف سوخت را کاهش می‌دهند. این اقدام می‌تواند به افزایش ظرفیت تولید و کاهش آلودگی کمک کند. همچنین اصلاح ساختار مدیریتی، با تأکید بر شایسته سالاری و ایجاد نظام‌های پاسخگویی شفاف، می‌تواند اثرات منفی مداخلات سیاسی و ناکارآمدی‌های موجود را کاهش دهد (ناظم و ارزیج[2]، 2020). از سوی دیگر، تقویت نظام تأمین مالی پروژه‌های برق از طریق تدوین سیاست‌های مشوق برای سرمایه‌گذاری خارجی، به ویژه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، اهمیت زیادی دارد (کونوگی، آریمورا و ناکای[3]، 2021). آموزش و فرهنگ‌سازی عمومی نیز باید بخش مهمی از استراتژی ملی انرژی باشد؛ آموزش‌های گسترده می‌تواند رفتار مصرفی شهروندان را اصلاح کرده و مصرف بی‌رویه برق را کاهش دهد. در نهایت، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند کنتورهای هوشمند، سیستم‌های مدیریت بار و شبکه‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء(IoT) ، ابزار مهمی برای بهینه‌سازی مصرف و کاهش تلفات شبکه به شمار می‌رود. تأثیر جنگ‌ها، کمبود سرمایه‌گذاری در بخش برق، و رشد سریع تقاضای برق باعث شده که عراق با کمبود شدیدی در تأمین برق مواجه باشد و به شدت نیازمند منبعی قابل‌اعتماد و سازگار با محیط‌زیست برای تأمین برق باشد. منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، بادی و آبی می‌توانند راه‌حل‌های بالقوه‌ای برای تأمین نیاز رو به رشد برق عراق باشند. ظرفیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید برق در عراق در مقایسه با انرژی خورشیدی محدودتر است. چگالی انرژی خورشیدی در عراق از بالاترین مقادیر در جهان است، اما تابش خورشیدی و موقعیت جغرافیایی تنها بخشی از فرصت‌های انرژی خورشیدی در عراق هستند (عباس و پاولیوچنکو[4]، 2019)، بنابراین، سرمایه‌گذاری قابل‌توجه برای توسعه زیرساخت‌های انرژی خورشیدی – به‌ویژه در قالب نیروگاه‌های مشترک یا محلی با ظرفیت ذخیره‌سازی مناسب – برای پاسخگویی به نیاز فزاینده برق در عراق ضروری است. علاوه بر این، سیاست‌های بخش برق کشور نیز باید اصلاح شوند تا از توسعه و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه انرژی خورشیدی، حمایت کنند.

این تحقیق همانند هر پژوهش میدانی با محدودیت‌هایی روبه‌رو بوده است. نخست، حجم محدود نمونه خبرگان و عدم امکان انتخاب تصادفی آنها، احتمال سوگیری در نتایج را افزایش داده است. دوم، تحلیل مقطعی روابط علت و معلولی بدون در نظر گرفتن تغییرات پویا و بلندمدت در سیستم برق عراق، محدودیتی در تعمیم‌پذیری نتایج ایجاد می‌کند. نهایتاً، تمرکز پژوهش فقط بر بخش تولید برق، بدون تحلیل جامع بخش‌های انتقال و توزیع، دیدی یک‌سویه از بحران برق ارائه می‌کند.

در ادامه مسیر پژوهشی، پیشنهاد می‌شود که مطالعات آینده بر انجام تحلیل‌های دینامیک سیستم متمرکز شوند تا سناریوهای مختلف بحران برق عراق در بلندمدت شبیه‌سازی و اثرات مداخلات گوناگون بررسی شود. همچنین، انجام پژوهش‌های تطبیقی میان عراق و

1. World Bank
2. Nadhum & Erzaij
3. Kunugi, Arimura & Nakai
4. Abass and Pavlyuchenko

کشورهایی با شرایط مشابه مانند سوریه و لیبی می‌تواند به استخراج الگوهای موفق یا شکست در مدیریت بحران برق کمک کند. به منظور ارزیابی سیاست‌های جذب سرمایه در پروژه‌های برق، به‌کارگیری روش‌های پیشرفته اقتصادسنجی توصیه می‌شود تا اثرگذاری واقعی این سیاست‌ها به طور کمی سنجیده شود. افزون بر این، تحقیقات میدانی و آزمایشی درباره میزان اثربخشی پروژه‌های فرهنگ‌سازی انرژی و تغییر رفتار مصرف‌کنندگان می‌تواند بینش‌های ارزشمندی برای تدوین سیاست‌های آینده ارائه کند و نقش آموزش عمومی در بهبود مصرف انرژی را به‌طور تجربی ارزیابی نماید.

این پژوهش از جنبه‌های متعددی دارای نوآوری علمی است. نخستین نوآوری، کاربرد روش دیمتل فازی فیثاغورثی برای تحلیل شبکه چالش‌های تولید برق در یک محیط با عدم قطعیت شـــدید مانند عراق اســـت. دوم، این تحقیق با ترکیب ابعاد فنی، مدیریتی، اجتماعی و اقتصادی، رویکردی چندبُعدی در تحلیل بحران ارائه کرده است، در حالی که بیشتر مطالعات قبلی بر یک بعد خاص تمرکز داشتند. سوم، استفاده از داده‌های عددی دقیق جهت شناسایی شدت تعامل چالش‌ها، امکان تدوین سیاست‌های اولویت‌بندی شده برای مداخله مؤثر را فراهم کرده است، که یک دستاورد ارزشمند برای برنامه‌ریزان انرژی محسوب می‌شود.

References

1. Abass, A. Z., & Pavlyuchenko, D. A. (2019). The exploitation of western and southern deserts in Iraq for the production of solar energy. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, *9*(6), 4617.
2. Abdolahinia, H., Heidarizadeh, M., & Rahmati, I. (2024). Assessing Iran and its neighbors for prospects and challenges: The case of the electrical sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *193*, 114190.
3. Al-Ghabera, H., Ahmed, R. H., Youssef, M., & Mahmood, A. (2024). Challenges and Opportunities in Implementing Renewable Energy in Iraq. *International Journal of Education, Science, Technology, and Engineering (IJESTE)*, *7*(2), 64-74.
4. Al-Ghabera, H., Ahmed, R. H., Youssef, M., & Mahmood, A. (2024). Challenges and Opportunities in Implementing Renewable Energy in Iraq. *International Journal of Education, Science, Technology, and Engineering (IJESTE)*, *7*(2), 64-74.
5. Al-Hamadani, S. (2020). Solar energy as a potential contributor to help bridge the gap between electricity supply and growing demand in Iraq: A review. *Int J Adv Appl Sci ISSN*, *2252*(8814), 8814.
6. Al-Kayiem, H. H., & Mohammad, S. T. (2019). Potential of renewable energy resources with an emphasis on solar power in Iraq: An outlook. *Resources*, *8*(1), 42.
7. Al-Khafaji, H. (2018). Electricity generation in Iraq Problems and solutions. *Al-Bayan Center for Planning and Studies*, 1-12.
8. Al-Khafaji, H. (2018). Electricity generation in Iraq Problems and solutions. *Al-Bayan Center for Planning and Studies*, 1-12.
9. Al-Shammari, Z. W., Azizan, M. M., Rahman, A. S. F., & Hasikin, K. (2021, May). Analysis on renewable energy sources for electricity generation in remote area of Iraq by using HOMER: A case study. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2339, No. 1). AIP Publishing.
10. Altai, H. D. S., Abed, F. T., Lazim, M. H., & ALRikabi, H. T. S. (2022). Analysis of the problems of electricity in Iraq and recommendations of methods of overcoming them. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, *10*(1), 607-614.
11. Altai, H. D. S., Abed, F. T., Lazim, M. H., & ALRikabi, H. T. S. (2022). Analysis of the problems of electricity in Iraq and recommendations of methods of overcoming them. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, *10*(1), 607-614.

12. Altai, H. D. S., Abed, F. T., Lazim, M. H., & ALRikabi, H. T. S. (2022). Analysis of the problems of electricity in Iraq and recommendations of methods of overcoming them. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, *10*(1), 607-614.
13. Al-Yozbaky, O. S. A. D., & Khalel, S. I. (2022). The future of renewable energy in Iraq: potential and challenges. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEEI)*, *10*(2), 273-291.
14. Al-Yozbaky, O. S. A. D., & Khalel, S. I. (2022). The future of renewable energy in Iraq: potential and challenges. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEEI)*, *10*(2), 273-291.
15. Ashwarya, S. (2020). Iraq's Power Sector: Problems and Prospects. *Georgetown Journal of International Affairs*. https://gjia.georgetown.edu/2020/01/13/iraqs-power-sector-problems-and-prospects/
16. Azad, M. A. M., Covich, M. P., & Sojoodi, S. (2015). The impact of electricity competitive market establishment on technical efficiency of thermal power plants in Iran. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *5*(4), 1010-1015.
17. Bozsik, N., Szeberényi, A., & Bozsik, N. (2023). Examination of the Hungarian electricity industry structure with special regard to renewables. *Energies*, *16*(9), 3826.
18. Cambini, C., Congiu, R., Jamasb, T., Llorca, M., & Soroush, G. (2020). Energy systems integration: Implications for public policy. *Energy policy*, *143*, 111609.
19. Dalalah, D.; Hayajneh, M.; Batieha, F. A. (2011). fuzzy multi-criteria decision-making model for supplier selection. Expert Systems with Applications, 38, 8384–8391.
20. Fallahi, M.A., and Ahmadi, V. (2005). Evaluating the efficiency of electricity distribution companies in Iran, Economic Research, 71, 297-320.
21. Gabrielli, P., Aboutalebi, R., & Sansavini, G. (2022). Mitigating financial risk of corporate power purchase agreements via portfolio optimization. *Energy Economics*, *109*, 105980.
22. Govindan, K., Khodaverdi, R., & Vafadarnikjoo, A. (2015). Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing green practices and performances in a green supply chain. *Expert Systems with Applications*, *42*(20), 7207-7220.
23. Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner production*, *47*, 345-354.
24. Giri, B. C., Molla, M. U., & Biswas, P. (2022). Pythagorean fuzzy DEMATEL method for supplier selection in sustainable supply chain management. *Expert Systems with Applications*, *193*, 116396.
25. Hu, J. L., Huang, Y. S., & You, C. Y. (2024). Renewable Energy Generation Efficiency of Asian Economies: An Application of Dynamic Data Envelopment Analysis. *Energies*, *17*(18), 4682.
26. International Energy Agency. (2025). National Climate Resilience Assessment for Iraq. https://www.iea.org/reports/national-climate-resilience-assessment-for-iraq
27. Keyhani, A., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Khanali, M., & Abbaszadeh, R. (2010). An assessment of wind energy potential as a power generation source in the capital of Iran, Tehran. *Energy*, *35*(1), 188-201.
28. Khosravi, M. R. , Shahroodi, K. , Amirteimoori, A. and Delafrooz, N. (2022). Developing an Analytical-Mathematical Model for Evaluating the Efficiency of the Power Production, Transmission, and Distribution Companies in the Electric Power Industry of Iran: An Network Data Envelopment Analysis (NDEA) Approach with Undesirable Outputs. *Industrial Management Journal*, *14*(2), 220-249. doi: 10.22059/imj.2022.339078.1007925.
29. Kunugi, Y., Arimura, T. H., & Nakai, M. (2021). The long-term impact of wind power generation on a local community: Economics analysis of subjective well-being data in Chōshi City. *Energies*, *14*(13), 3984.
30. Lunevich, I., & Kloppenburg, S. (2023). Wind energy meets buildings? Generating socio-technical change in the urban built environment through vanguard visions. *Energy Research & Social Science*, *98*, 103017.
31. Mehedintu, A., Soava, G., Sterpu, M., & Grecu, E. (2021). Evolution and forecasting of the renewable energy consumption in the frame of sustainable development: EU vs. Romania. *Sustainability*, *13*(18), 10327.
32. Mills, R., & Salman, M. (2020). Powering Iraq: Challenges facing the electricity sector in Iraq. *Al-Bayan Center for Planning and Studies: Baghdad, Iraq*, 1-30.
33. Nadhum, A. A., & Erzaij, K. R. (2020). Evaluating implementation of electric power generation projects in Iraq. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 901, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.

34. Rashid, S., Peters, I., Wickel, M., & Magazowski, C. (2012). Electricity problem in Iraq. *Economics and Planning of Technical Urban Infrastructure Systems*.
35. Rokicki, T., Bórawski, P., Gradziuk, B., Gradziuk, P., Mrówczyńska-Kamińska, A., Kozak, J., ... & Wojtczuk, K. (2021). Differentiation and changes of household electricity prices in EU countries. *Energies*, *14*(21), 6894.
36. World Bank Group. 2014. Doing Business Economy Profile (2015): Iran, Islamic Rep.. © http://hdl.handle.net/10986/21234 License: CC BY 3.0 IGO."
37. World Bank. (2024). *Iraq electricity sector diagnostic report*. Retrieved from https://www.worldbank.org/iraq-electricity-sector-2024
38. Worldometers. (2024). *Iraq Electricity*. Available at: https://www.worldometers.info/electricity/iraq-electricity/.
39. Zhang, G., Davoodi, S., Band, S. S., Ghorbani, H., Mosavi, A., & Moslehpour, M. (2022). A robust approach to pore pressure prediction applying petrophysical log data aided by machine learning techniques. *Energy Reports*, *8*, 2233-2247.
40. Ziba, F. (2008). Regulation, Efficiency and Productivity in Electricity Distribution Companies of Iran. *Iranian Journal of Economic Research*, *10*(34), 179-200.