



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

Kamil Yaseen Sharrad¹, Payam Shojaei^{2*}, Aboalghasem Ebrahimi³, Kazem Askarifar⁴

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technologies, absence of modern operation and maintenance systems, and deteriorated infrastructure and reliance on outdated technologies.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>

دوره 6، شماره 2، تابستان 1404، پیاپی 22، ص 91-111

شاپا: 3060-8163

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 الشراد¹، پیام شجاعی^{2*}، ابوالقاسم ابراهیمی³، کاظم عسکریفر⁴

1. دانشجوی دکتری 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: 1404/11/30 انتشار: 1404/05/01

ایمیل نویسنده مسئول: pshojaei@shirazu.ac.ir

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف شناسایی و تحلیل چالش‌های تولید برق در نیروگاه‌های گازی جنوب 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 نهادهای اصلی تابع تولید در کنار سرمایه و نیروی کار از جایگاه خاصی در فرایند تولید و توسعه کشورها برخوردار است (فرقالی و همکاران^۱، 2023: 1383). از میان انواع اشکال انرژی، برق گونه‌ای از انرژی است که کاربردهای منحصر به 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، 1411: 777).

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^۲، 2000: 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 (عبداله‌نی، حیدری‌زاده و رحمتی^۳، 2024: 82). علاوه بر این، عراق نیز در دسته کشورهای 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^۴، 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^۵، 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 پیش‌بینی شده 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 می‌شوند 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 نمی‌شود که ظرفیت اضافی برنامه‌ریزی شده توسط وزارت برق بتواند مصرف پیش‌بینی شده برق و آب را پوشش دهد، به‌ویژه با توجه به پروژه‌های مسکونی بلندپروازانه آینده (الخفاجی^۶، 2118). 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 به شدت به برق تولید شده 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، هم‌میزان انتشار کربن و هم تقاضای انرژی به دلیل تغییر سبک زندگی مردم عراق افزایش یافته است همچنین شبکه برق عراق به شدت 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 (البوزبکی و خلیل، 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، 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 به‌طور 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، 2111).

در واقع انرژی یکی از ورودی‌های مهم برای توسعه اقتصادی-اجتماعی است. (کیهانی و همکاران، 2000). انرژی در اشکال مختلفی مانند گرما، مکانیکی، نور، الکتریکی یا سایر فرم‌ها در زندگی روزمره ما وجود دارد. انرژی الکتریکی به‌طور 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، 2121). اهمیت انرژی الکتریکی از زمان انقلاب صنعتی دوم به‌طور پیوسته افزایش یافته است. (مهندینتو و همکاران، 2121). 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 به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل بسترساز توسعه اقتصادی کشور محسوب کرد (فلاحی و احمدی، 2005). صنعت برق همواره یکی از اساس‌ترین زیرساخت‌های توسعه در هر کشور محسوب می‌شود. شاخص سهولت دسترسی به برق تا جایی اهمیت دارد که به‌عنوان یکی از 00 شاخص اساسی جهت رتبه‌بندی کشورهای جهان در زمینه ایجاد کسب و کار جدید توسط بانک جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. صنعت برق شامل چهار حوزه اصلی تولید، انتقال و فوق توزیع، توزیع و خدمات به مشترکین می‌باشد. این بخش‌های کلان دارای ساختار و ویژگی‌های منحصر بفردی بوده و به‌صورت مجزا و در تعامل با دیگر بخش‌ها مدیریت می‌شوند (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 بهره‌وری اقتصادی به‌عنوان هدف اصلی در آن حوزه‌ها مطرح شده است (الشمیری و همکاران، 2021). به‌طور کلی، تا اوایل قرن بیستم، تولید، انتقال و توزیع نیروی برق به‌صورت 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 واحدها در تامین برق به عهده دارند ایجاب می کند که همواره احداث نیروگاه های جدید و سرویس و نگهداری از واحدهای 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، 2115).

از سوی دیگر، مشکلات زیست محیطی کل سیستم انرژی را به سمت کارایی، اقتصاد و منابع تجدیدپذیر برق سوق می دهد. مشکل این است که هرچه منابع انرژی سنتی بیشتر در تولید برق مشارکت داشته باشند، سرعت توسعه انرژی های تجدیدپذیر کندتر می شود. این ارتباط می تواند به لایه گری برای فناوری های سوخت فسیلی نسبت داده شود که توسعه انرژی های تجدیدپذیر را مانع می شود (بوزیک، سزبرینی و بوزیک، 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 سرمایه بر است، اما در صورت مدیریت صحیح، توانایی ایجاد درآمدهای عظیم را دارد. دولت عراق به خوبی درک کرده که نمی تواند تمام بار مالی توسعه این بخش را به دوش بکشد، چرا که در سایر بخش های اقتصادی نیز با فشارهای مالی روبه رو 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: جایگاه های 1 و 2 بغداد جنوبی با ظرفیت های 246 و 400 مگاوات و دورا 1 و 2 با ظرفیت های 146 و 700 مگاوات، بنابراین کل تولید از نیروگاه های گازی بغداد انرژی برق 3 هزار و 462 مگاوات است. در بصره 4 نیروگاه گاز وجود دارد که عبارتند از: نیروگاه گاز رمیله با ظرفیت 0460 مگاوات، ایستگاه شط البصره با ظرفیت 0250 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 نیروگاه های حرارتی، گازی و خورشیدی متفاوت بود. مجموع تولید نیروگاه های جدید 18223 مگاوات است (وردامترز، 2124؛ آژانس بین المللی انرژی، 2024).

توسعه پایدار و دسترسی به برق مطمئن، یکی از الزامات اساسی رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه به شمار می آید. عراق به عنوان کشوری غنی از منابع طبیعی اما آسیب دیده از جنگ ها و بی ثباتی های سیاسی، طی سال های اخیر با چالش های عمده ای در زمینه تولید و توزیع برق مواجه بوده است. در این راستا، مطالعات مختلفی ابعاد فنی، مدیریتی و زیست محیطی بحران برق عراق را بررسی کرده اند. آشوریا² (2020) در مطالعه ای با موضوع تحلیل مشکلات ساختاری و فرصت های آینده بخش برق عراق، ریشه های ناکارآمدی سیستم برق این کشور و نقش اصلاحات سیاستی را بررسی کرد. نتایج نشان داد که فرسودگی زیرساخت ها، یارانه های ناکارآمد انرژی و فساد اداری، سه مانع اصلی توسعه پایدار در این بخش هستند. کامبینی و همکاران³ (2020) به تحلیل بحران برق عراق از منظر اقتصادی و فنی پرداختند و اثرات بی ثباتی سیاسی و اقتصادی بر پروژه های 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 کرده اند. رشید و همکاران⁴ (2012) با هدف شناسایی چالش های تاریخی سیستم برق عراق و پیشنهاد راه حل هایی نظیر افزایش ظرفیت تولید، توسعه منابع تجدیدپذیر، بهبود مدیریت مصرف و جذب سرمایه گذاری خصوصی نشان داد که تنها 48 درصد 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 محمد¹ (2119) 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. الحمدانی² (۲۰۲۰) با هدف ارزیابی نقش انرژی خورشیدی در جبران کسری برق عراق و مقایسه آن با سایر منابع تجدیدپذیر تأکید کرد که با وجود 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. الغیره 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 ائتلاف حدود ۷۰ درصد (بیش از ۹۰ درصد غیرفنی) روبه‌رو است و سالانه ۳ الی ۴ میلیارد دلار از نارسایی‌ها متضرر می‌شود. میلز و سلمان³ (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 (2118) 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 برقی 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 چالش‌های تولید برق، مطالعات مختلفی در کشورهای مختلف جهان از جمله عراق انجام شده است و نویسندگان مختلف، چالش‌های تولید برق را مورد بررسی قرار داده‌اند؛ اما مطالعه‌ای که یک مدل جامع از چالش‌ها ارائه دهد پیدا نشده است بنابراین، فقدان مدلی مناسب به منظور شناسایی چالش‌های برق یکی از ضعف‌های موجود در ادبیات این حوزه است علاوه بر این، در این پژوهش پس از شناسایی چالش‌ها، با استفاده از روش دیمتل فازی فیثاغورثی روابط بین چالش‌ها و اولویت بندی آن‌ها بررسی شده است که این می‌تواند به صنعت برق عراق و سایر کشورها کمک کند مهم‌ترین چالش‌ها 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 مهم‌ترین چالش‌ها 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)، چالش‌های پیش روی تولید برق در عراق شناسایی و استخراج شد و در دسته بندی‌های مختلف دسته بندی شدند و در مرحله کمی از تکنیک دیمتل فازی فیثاغورسی استفاده می‌شود. این روش با استفاده از شفاف سازی روابط، کمک می‌کند تا ساختاری علت و معلولی به جای یک ساختار مستقیم بین عوامل ایجاد شود که با استفاده از متغیرهای زبانی، تصمیم‌گیری را در شرایط عدم اطمینان آسان می‌کند (چنگ و همکاران، 2112: 0060). جامعه آماری پژوهش مدیران نیروگاه‌های گازی تولید برق عراق است. برای بررسی روابط بین عوامل و اولویت بندی 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 آزمایشگاهی است و افق زمانی آن مقطعی می‌باشد.

روش دیمتل فازی فیثاغورثی

در روش دیمتل فازی فیثاغورثی¹ 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 به طور 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 دوزنقه‌ای² انجام می‌شود. این روش پیشنهادی در ادامه به تفصیل 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 دوزنقه‌ای (TrPFN) متناظر اختصاص داده می‌شود تا ابهامات موجود در ارزیابی‌های انسانی برطرف گردد. سپس، ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی D برای معیارهای C_1, C_2, \dots, C_n به صورت زیر ساخته می‌شود:

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

در این گام، عناصر d_{ij} به عنوان اعداد فازی فیثاغورثی دوزنقه‌ای (TrPFN) در نظر گرفته می‌شوند. مطابق با پژوهش‌های گویندان و همکاران³ (2115) و گویندان و همکاران⁴ (2113)، مقدار مورد انتظار برای اعداد فازی شهودی دوزنقه‌ای (TrIFN) محاسبه شده است. در اینجا نیز، مقدار مورد انتظار هر d_{ij} محاسبه می‌شود و ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی مورد انتظار \tilde{D} با استفاده از رابطه (2) به دست می‌آید.

$$\tilde{D} = [\tilde{d}_{ij}]_{n \times n} \quad \text{رابطه 2}$$

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

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

جدول 1. مقیاس زبانی فازی فیثاغورثی

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

گام 2: نرمال‌سازی ماتریس روابط مستقیم فازی فیثاغورثی مورد انتظار

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

$$X = k \times \tilde{D}$$

$$= k \times [\tilde{d}_{ij}]_{n \times n}$$

$$k = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n \tilde{d}_{ij}}$$

رابطه 3

پس X می‌تواند نوشته شود:

$$X = [n_{ij}]_{n \times n}$$

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:

$$T = X(1 - X)^{-1}$$

رابطه 5

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

گام 4: تولید نمودار علی¹

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

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

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

$$D = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{1 \times n} \quad \text{رابطه 8}$$

در اینجا، مجموع $D+R$ نمایانگر شاخص شدت تأثیر^۱ است و تفاضل $D-R$ نمایانگر شاخص عامل اهمیت^۲ می‌باشد. نقشه روابط را می‌توان با استفاده از مقادیر به دست آمده در قالب $(D-R, D+R)$ در گروه‌های علیّی ترسیم کرد. محور عمودی $D-R$ نشان‌دهنده «نوع رابطه» است. اگر مقدار $D-R$ مثبت باشد، معیار مورد نظر در گروه علیّی^۳ قرار می‌گیرد؛ و اگر مقدار $D-R$ منفی باشد، آن معیار در گروه تأثیر یافته^۴ جای می‌گیرد.

گام 5: محاسبه وزن معیارها

فرمول محاسبه وزن معیارها در روش دیمتل توسط دلاله و همکاران^۵ (2111) ارائه شده است. رابطه (9) این فرمول را نشان می‌دهد، به گونه‌ای 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.

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

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 مصاحبه‌ها بر اساس روش گلوله برفی تا رسیدن به اشباع نظری ادامه یافت. همچنین در ابتدا مصاحبه‌ها ضبط می‌گردید 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

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

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

E4	عزل و نصب نامناسب و بی توجهی به شایسته سالیاری
----	--

برای بررسی روابط علی بین چالش‌ها (تأثیر گذاری و تأثیر پذیری)، پرسشنامه دیمتل فازی فیثاغورسی 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، تأثیر خیلی کم، تأثیر کم، تأثیر زیاد، تأثیر خیلی زیاد مشخص کنند و از این طریق به مقایسه معیارها بپردازند. با توجه به تعداد بالای چالش‌های شناسایی شده، این پرسشنامه به صورت ماتریسی طراحی گردید به طوری که مقایسه زوجی برای خبرگان راحت باشد. با استفاده از جلسات گروه کانونی، نظرات متخصصان و افراد باتجربه ادغام شده و ماتریس مقایسات زوجی با متغیرهای زبانی در جدول 3 مشخص 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 فیثاغورسی مورد انتظار

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

C19	C18	C17	C16	C15	C14	C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7
0.065	0.065	0.045	0.065	0.045	0.065	0.045	0.045	0.065	0.065	0.045	0.045	0.030
0.021	0.045	0.065	0.030	0.065	0.021	0.000	0.030	0.045	0.012	0.021	0.021	0.008
0.012	0.021	0.030	0.030	0.030	0.008	0.021	0.000	0.030	0.000	0.012	0.030	0.012
0.012	0.021	0.030	0.045	0.065	0.021	0.045	0.012	0.065	0.045	0.065	0.030	0.030
0.021	0.030	0.045	0.065	0.065	0.045	0.021	0.012	0.021	0.065	0.021	0.065	0.030
0.045	0.030	0.045	0.030	0.030	0.030	0.045	0.045	0.012	0.065	0.045	0.065	0.065
0.065	0.030	0.045	0.065	0.065	0.065	0.030	0.030	0.030	0.065	0.065	0.065	0.000
0.045	0.021	0.045	0.065	0.045	0.045	0.030	0.021	0.021	0.065	0.065	0.000	0.065
0.012	0.021	0.065	0.065	0.065	0.030	0.021	0.030	0.065	0.065	0.000	0.065	0.065
0.045	0.021	0.045	0.065	0.065	0.021	0.021	0.030	0.045	0.000	0.045	0.045	0.065
0.021	0.030	0.045	0.065	0.065	0.045	0.021	0.030	0.000	0.065	0.065	0.065	0.065
0.045	0.045	0.045	0.065	0.065	0.065	0.065	0.000	0.045	0.045	0.065	0.030	0.030
0.045	0.030	0.030	0.045	0.045	0.045	0.000	0.021	0.065	0.065	0.045	0.021	0.030
0.045	0.021	0.045	0.045	0.065	0.000	0.030	0.045	0.030	0.030	0.000	0.030	0.045
0.065	0.030	0.045	0.065	0.000	0.065	0.030	0.045	0.065	0.030	0.045	0.065	0.030
0.045	0.065	0.065	0.000	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.045	0.065	0.030
0.045	0.065	0.000	0.065	0.065	0.045	0.045	0.045	0.065	0.065	0.045	0.065	0.045
0.065	0.000	0.030	0.045	0.045	0.045	0.045	0.065	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045
0.000	0.065	0.045	0.065	0.045	0.045	0.030	0.045	0.065	0.045	0.045	0.065	0.045

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	C1
0.282	0.214
0.145	0.200
0.145	0.158
0.215	0.158
0.228	0.206
0.193	0.188
0.277	0.252
0.228	0.208
0.282	0.273
0.222	0.227
0.280	0.271
0.243	0.238
0.188	0.184
0.185	0.194
0.273	0.265
0.298	0.290
0.266	0.276
0.241	0.234
0.257	0.266

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

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 (D_i) نشان دهنده میزان نفوذ و تأثیر عامل (i) به عنوان علت بر سایر عوامل و مجموع هر ستون (R_j) 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 نشان دهنده 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

باتوجه به 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 بیشتری با دیگر عوامل دارند و اهمیت بالایی برخوردارند. همچنین اگر مقدار R-D مثبت باشد، آن عامل یک تأثیرگذار قطعی است و یک متغیر علت (اثرگذار) محسوب می‌شود؛ بنابراین، مطابق جدول بالا، عوامل C2، C4، C5، C6، C8، C10، C14، C15، عوامل تأثیرگذار هستند. در نهایت اگر مقدار R-D منفی باشد آن عامل یک تأثیرپذیر قطعی است و یک متغیر معلول (اثرپذیر) محسوب می‌شود. با این تفاسیر عوامل C1، C3، C7، C9، C11، C12، C13، C16، C17، C18، C19، در مدل پژوهش تأثیرپذیر هستند؛ بنابراین، چالش‌های پیش روی صنعت برق به ترتیب شدت تأثیرگذاری در جدول 8 قابل مشاهده می‌باشند.

جدول 8. عوامل تأثیرگذار به ترتیب شدت تأثیرگذاری

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

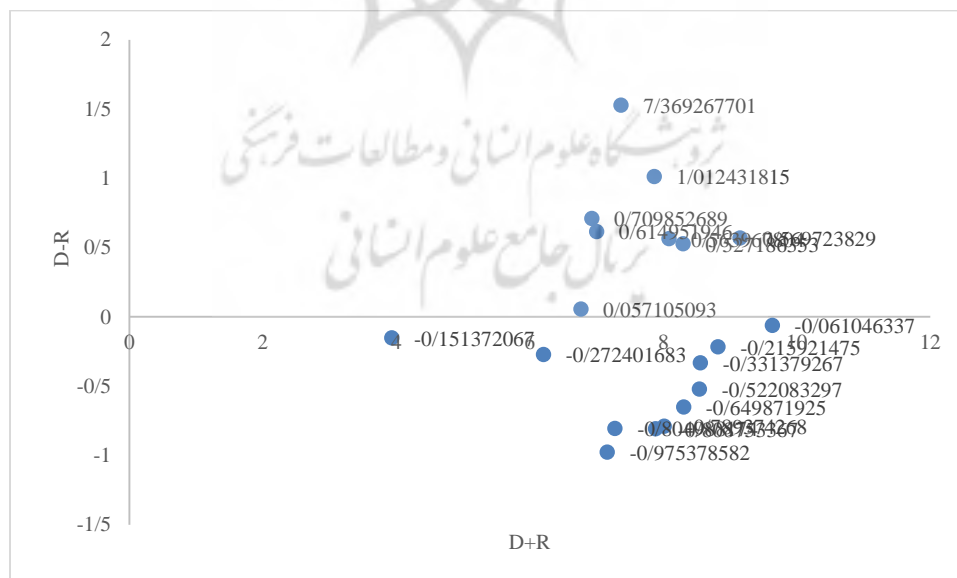
نبود آگاهی و فرهنگ سازی شهروندان نسبت به مصرف برق	0.6150	4
فقدان سیستم‌های بهره‌برداری، نگهداری و نظارت مدرن و تجهیزات	0.5697	5

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

جدول 8. عوامل تأثیرپذیر به ترتیب شدت تأثیرپذیری

عامل	R-D	رتبه
فقدان فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد	-0.2159	9
کمبود آب	-0.1514	00
وابستگی به نیروهای پیمانکاری	-0.7894	4
عدم تخصیص مالی و ضعف نقدینگی	-0.6499	5
کمبود سرمایه‌گذاری خارجی	-0.3314	7
زاغه‌ها و گسترش بی‌رویه شهری بدون کنترل	-0.9754	1
افزایش نامنظم جمعیت در جامعه عراق	-0.2724	8
تکیه بر تکنولوژی قدیمی و فرسودگی شبکه	-0.0610	11
فقدان برنامه مشخص و قابل اجرا با توجه به توانمندی‌های موجود	-0.5221	6
بروکراسی اداری و مداخلات افراد غیرمتخصص	-0.8050	3
عزل و نصب نامناسب و بی‌توجهی به شایسته‌سالاری	-0.8088	2

در نهایت برای ترسیم روابط علی بین عوامل از مقدار آستانه استفاده شده است، به این صورت که مقدار آستانه (میانگین اعداد) محاسبه شد و هر کدام از درایه‌ها که از مقدار آستانه بیشتر یا مساوی بود، برابر یک و هر کدام کمتر بود، برابر صفر قرار داده شد و ارتباط بین عوامل از این طرق مشخص گردید. نمودار علی برای هر یک 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) به عنوان 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 نیروگاه‌های 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 هم‌ریشه 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 $+1/577$ 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 $+1/112$ و وجود سوخت گاز ناکافی و بی‌کیفیت (C4) با شدت $+0/709$ قرار دارند. این نتایج هم‌راستا با یافته‌های گابریلی، ابوطالبی و سانساوینی¹ (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 کنترل 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 همکاران² (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 $9/655$ 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 کلپنبرگ³ (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 تک‌بعدی 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 شفافیت مالی) و تغییر رفتارهای اجتماعی (از طریق آموزش و ارتقای آگاهی عمومی) تمرکز شود. 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 درصد از مجموع اثرات منفی مؤثر بر عملکرد سیستم برق را کاهش داد. این موضوع گویای این است که سرمایه‌گذاری هدفمند در حوزه‌های یاد شده می‌تواند بازدهی بسیار بالایی در بهبود پایدار سیستم برق‌رسانی داشته باشد. بر مبنای گزارش بانک جهانی^۱ (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 شبکه برق عراق منجر شوند. 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 شایسته‌سالاری و ایجاد نظام‌های پاسخگویی شفاف، می‌تواند اثرات منفی مداخلات سیاسی و ناکارآمدی‌های موجود را کاهش دهد (ناظم و ارزیج، 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، 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 اشیا (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 قابل اعتماد 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، 2019)، بنابراین، سرمایه‌گذاری قابل توجه برای توسعه زیرساخت‌های انرژی خورشیدی – به ویژه 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، به ویژه 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 شدید مانند عراق است. دوم، این تحقیق با ترکیب ابعاد فنی، مدیریتی، اجتماعی و اقتصادی، رویکردی چندبعدی 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-Yozbak, 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 (IJEI)*, 10(2), 273-291.
14. Al-Yozbak, 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 (IJEI)*, 10(2), 273-291.
15. Ashwarya, S. (2020). Iraq's Power Sector: Problems and Prospects. *Georgetown Journal of International Affairs*. <https://gja.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.; Batiha, 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., & Erzajj, 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](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).”
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.

