تاریخ دریافت: ۲۲ خرداد ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۵ مهر ۱۴۰۲ صفحات ۸۶ الی ۱۲۴

شناسایی و تحلیل پیشران‌های موثر بر توسعه‌ی تولید پراکنده‌ی انرژی در بستر بلاک چین با تکنیک مارکوس

محمدجعفر حدادپور جهرمی

دانشجو دکترا مدیریت صنعتی-تولید و عملیات، دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه یزد

m.hadadpoor@stu.yazd.ac.ir , m.hadadpoor@yahoo.com

داود عندلیب اردکانی *

دانشیار، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری - بخش مدیریت صنعتی، **andalib@yazd.ac.ir**

محمدحسن ملکی

دانشیار مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه قم، **mh.maleki@qom.ac.ir**

علیرضا ناصرصدرآبادی

دانشیار، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری - بخش مدیریت صنعتی، **alireza_naser@yazd.ac.ir**

چکیده: فناوری‌های انقلاب صنعتی استعدادهایی همچون تغییر اساسی نحوه عملکرد سیستم اقتصادی، ایجاد فرصت‌های متعدد اشتغال‌زایی و درآمدزایی را دارا هستند. پژوهش حاضر با توجه به اهمیت موضوع انرژی و ظهور فناوری‌های جدید در عصر انقلاب صنعتی چهارم، به بررسی و شناسایی پیشران‌های موثر در توسعه استفاده از روش تولیدپراکنده برق در بسترفناوری بلاک چین پرداخته است. بررسی و شناسایی پیشران‌های موجود با استفاده از تحلیل‌های کتاب‌سنجی و با کمک پایگاه اسکوپوس و تحلیل هم‌رخدادی کلمات کلیدی به انجام رسیده است. ابتدا ۲۲ پیشران شناسایی شده و پس از بررسی نظرات خبرگان و تکنیک دلفی فازی تعداد ۱۲ پیشران موثرتر شناخته شده‌اند. در نهایت با استفاده از تکنیک سازشی مارکوس رتبه‌بندی به انجام رسیده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که پیشران درآمدزایی با روش تولید پراکنده برق در محیطی امن مانند بلاک چین از اولویت بالایی برخوردار بود که قابلیت جذب سرمایه‌گذاران را فراهم می‌آورد.

کلیدواژه : انقلاب صنعتی چهارم- بلاک چین – تولید پراکنده – مارکوس- آینده پژوهی

---

* نویسنده مسئول

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

۱. مقدمه :

افزایش استفاده از فناوری اطلاعات، ارتباطات، بیوتکنولوژی و نانوتکنولوژی، پیشرفت‌های حیرت-انگیزی را بوجود آورده و تغییرات اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فردی بسیاری را به همراه داشته است. از این تغییرات و پیشرفت‌ها هیچ کشوری مصون نمانده و نحوه‌ی زندگی، کار و ارتباطات آنها تحت تاثیر قرار گرفته است (Alaloul, Liew, Zawawi, & Kennedy ۲۰۲۰). تغییرات اخیر که قابلیت بالابردن سطح درآمد جهانی و بهبود کیفیت زندگی بشر را دارد، توسط تحولات فناوری، هوش مصنوعی و انقلاب دیجیتال در قالب انقلاب صنعتی چهارم پشتیبانی می‌گردد(Dadios et al. ۲۰۱۸). انقلاب صنعتی چهارم خواهان واکنش یکپارچه و فراگیر با توجه به دربرگرفتن تمامی ذی‌نفعان می باشد. در آینده، مناطق و جوامعی که به طور مثبت با تأثیر فناوری چهارمین انقلاب صنعتی همراهی نمایند، شرایط اقتصادی و اجتماعی بهتری خواهند داشت(Schäfer ۲۰۱۸). نوآوری فناوری در انقلاب صنعتی چهارم[۱] بعنوان معجزه‌ای در سویه‌ی عرضه با دستاوردهای بلند مدت در بهره‌وری و همچنین تولید همراه است و مرزهای میان دنیای فیزیکی، دیجیتالی و بیولوژیکی محو و از بین خواهد رفت(Xu, David, & Kim, ۲۰۱۸). در این دگرگونی و تحول، تلفیقی از پیشرفت‌های هوش مصنوعی[۲]، رباتیک، اینترنت اشیا[۳]، چاپ سه بعدی، مهندسی ژنتیک، محاسبات کوانتومی و سایر فناوری‌ها فراهم می آید. در ادامه ی این روند نیز، ارتباط نزدیکتر، سریعتر و بی واسطه ی تجهیزات و دستگاه های هوشمند را میتوان شروعی برای ورود به انقلاب صنعتی پنجم[۴] که همکاری انسان و ماشین با تاکید بر رفاه سهامدارانی همچون شرکت ها، کارکنان و مشتریان می باشد را درک نمود. کاربرد فناوری های دیجیتال مبتنی بر اینترنت، در تولید و تجارت کالا و ارایه خدمات، در حال تبدیل شدن به بخش مهمی از جهان است که فرصت ها و چالش های بسیاری با خود دارد و برای کشورهای در حال توسعه از اهمیت بالایی برخوردار است. الگوهای کسب وکار، صنعت و نظام اقتصادی، به مفهوم

[۱] Fourth industrial revolution
[۲] Artificial Intelligence(AI)
[۳] Internet of thing(IOT)
[۴] Fifth industrial revolution

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

تعیین کننده مناسبات زندگی اقتصادی و تولیدی انسان، به صورت بنیادین تحت تاثیر فناوری های دیجیتال متحول می گرددکه نتیجه آن استقرار و فراگیری اقتصاد دیجیتالی با جهت گیری رشد اقتصادی پایدار است که محور اصلی سیاست گذاری در اقتصادهای توسعه یافته خواهد بود. گسترش اقتصاد و بازار مالی مبتنی بر پلتفرم های دیجیتالی و فناوری اطلاعات برای ایجاد یا تطبیق، بازاریابی یا مصرف کالاها و خدمات اشاره دارد. اقتصاد دیجیتال می‌تواند باعث تقویت رقابت در تمامی بخش ها، ایجاد فرصت های جدید برای کسب و کار و کارآفرینی شده و همچنین ابزارهای جدیدی را برای دسترسی به بازارهای خارج از کشور همراه با توسعه پایدار فراهم آورد. یکی از فناوری های نوین تاثیرگذار در اقتصاد دیجیتال که در آینده بیشتر از آن خواهیم شنید و می تواند زیرساخت مالی جهانی را بهینه نموده و با استفاده از سیستم‌های کارآمدتری نسبت به حال، به توسعه پایدار دست یابد، بلاک چین می باشد. بلاک چین پس از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به عنوان متحول کننده ترین فناوری اخیر و در رتبه دوم قرار دارد.

بلاک چین تقریباً در بخش‌های بسیاری از تولید گرفته تا کشاورزی، بیمه، بانکداری و بسیاری موارد دیگر کاربرد دارد. همچنین بلاک‌چین در صنعت خدمات مالی ، تجارت بین الملل ، مالیات ، مدیریت زنجیره تامین ، عملیات تجاری و حاکمیت(دولت) مورد توجه قرار گرفته است(Kimani et al. ۲۰۲۰). بلاک چین درانتقال پول، قراردادهای هوشمند، اینترنت اشیا، امنیت هویت شخصی، مراقبت های بهداشتی، لجستیک، توکن های غیر قابل تعویض[۱]، دولت و رسانه ها، برنامه های کاربردی بسیاری دارد. این فناوری پتانسیل تغییر اساسی نحوه عملکرد جهان تجارت، سیستم اقتصادی و همچنین ایجاد فرصت های متعددی برای شکوفایی مشاغل جدید و توسعه مشاغل موجود در مشاغل سنتی را نیز داراست(Li, He, & Haiquan, ۲۰۲۱). تراکنش های مالی درآینده ای که با پیشرفت ها، تغییرات شتابنده و غیرقابل پیش بینی همراه است می‌تواند از بستر فرصت ها و تهدیدات بلاک چین که از امنیت و ثبات بیشتری برخوردار است، استفاده بسیار نماید. یکی از حوزه هایی که تحت تاثیر فناوری های دیجیتال و بازارهای مالی نوین میتوان توسعه داد و متحول نمود و در حال حاضر نیز با دغدغه و نگرانی

[۱] Non fungible Token(NFT)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

مربوط به آن مواجه هستیم، انرژی الکتریکی است که در دو شکل متمرکز و پراکنده تولید می شود. در بازار انرژی که تولید کننده ی محدود و مصرف کننده های بسیار وجود دارد، بازار تولید انرژی رقابتی نیست، ولی میتوان با استفاده از روش تولید پراکنده و قابلیت های فناورانه بلاک چین در تبادلات مالی و فراهم آوردن زمینه سرمایه گذاری در افزایش ظرفیت برق تولیدی اثرگذاری نمود. با استفاده از مولدهای پراکنده میتوان با جلوگیری از هدررفت انرژی ناشی از شبکه توزیع و استفاده حداکثری از انرژی تولید شده برای رسیدن به انتشار صفر کربن تا سال ۲۰۵۰ امیدوار بود(Osman et al., ۲۰۲۳). حوزه ی انرژی در حیات اقتصاد صنعتی جوامع، نقش زیربنائی را ایفا می کند و امنیت ملی و پایداری نظام‌های حکومتی تا حد زیادی در گرو دسترسی به منابع آن است. البته تحقق این هدف نیز با نگاهی آینده پژوهانه میتواند در تلاشی سیستماتیک برای بررسی درازمدت آینده ی علم، فناوری، اقتصاد، محیط و جامعه در شناسایی پدیده های نوظهور و حوزه های زیربنایی تحقیقات استراتژیک بیشترین منافع اقتصادی و اجتماعی در این مسیر پیشرفت نمود(محمدرضا, محمدحسن, & حسین). در آینده، فناوری‌های دیجیتال، سیستم‌های بخش انرژی را در سرتاسر دنیا متصل‌تر، هوشمندتر، قابل‌اطمینان‌تر و پایدارتر خواهندکرد. تولید پراکنده ی انرژی می تواند بعنوان مزیتی رقابتی آینده ی جوامع و کشورها باشد که بایستی متغیرها و پیشران های نحوه ی توسعه ی این روش تولید انرژی را بررسی نمود. بنا نمودن اقتصاد دیجیتالی و سرمایه گذاری در بستر بلاک چین با توجه به جدید بودن و ناشناسی در حوزه ی انرژی، نیاز به شناسایی متغیرهای کلیدی و موثر در این صنعت برای تصمیم گیری و تصمیم سازی در اجرای پروژه ها دارد. هدف اصلی در این تحقیق شناسایی و تحلیل عوامل موثر بر پراکنده سازی تولید انرژی مورد نیاز در کنار جذب سرمایه در بستر فناوری های انقلاب صنعتی چهارم جهت افزایش توان ظرفیت تولیدی است تا بتوان پاسخگوی مصرف کننده های موجود و جدید بود. این تحقیق با معرفی قابلیت های بلاک چین بعنوان یکی از موثرترین فناوری های صنعت ۴.۰ که مزایای بالقوه و قابل توجه مانند ناشناس بودن ، صداقت ، تمرکززدایی و شفافیت دارد و میتواند در آینده و همچنین در صنعت ۵.۰ رشد بالایی داشته شروع می شود و پس از شناسایی مولفه ها و پیشران های موثر در جهت کاربردی نمودن و فراگیر شدن این فناوری در حوزه تولید پراکنده انرژی با تکنیک

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

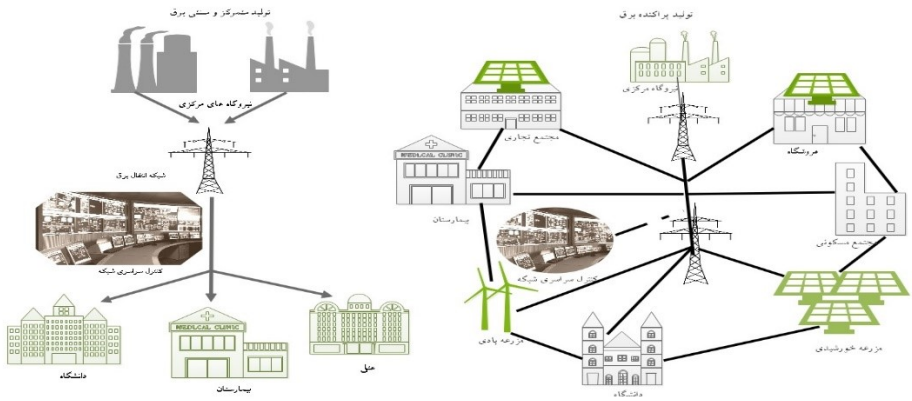
دلفی فازی بررسی می گردد و سپس مولفه های منتخب با استفاده از روش مارکوس اولویت بندی می گردد.

۲. مبانی نظری پژوهش

حیات اقتصاد صنعتی جوامع به نقش زیربنائی انرژی بعنوان منبع کلیدی رشد اقتصادی وابسته است و هرگاه انرژی به مقدار کافی و به موقع در دسترس باشد توسعه ی اقتصادی نیز میسر خواهد بود. مدیریت نمودن انرژی به عنوان راهی برای بهبود عملکرد انرژی و کاهش گازهای گلخانه ای در سازمان ها در دستور کار جهانی قرار گرفته و نسل جدیدی از فناوری های حوزه انرژی در قالب تجدیدپذیرها در دهه ۲۰۳۰ ظهور می کند. تا سال ۲۰۵۰، انرژی های تجدید پذیر یک سوم انرژی اولیه جهان و همچنین نیازهای افزایشی انرژی را تامین می کنند. برنامه ریزی و آینده نگری در حوزه ی انرژی به عنوان راهی برای بهبود عملکرد انرژی و کاهش گازهای گلخانه ای در سازمان ها در دستور کار جهانی قرار گرفته است تا فرصت هایی برای بهبود بهره وری انرژی ارائه گردد. جهت گیری آینده نه تنها برای صاحبان کسب و کار و مدیرانی که می خواهند شرکت هایشان بقا و توسعه پیدا کنند بسیار مهم است، بلکه می تواند برای فرصت طلبان، به ویژه کسانی که مایل به ایجاد سرمایه گذاری های نوآورانه و پیشرو هستند، سودمند باشد، بنابراین جای آن دارد که به آینده نگاهی دقیق تر و هدفمند داشت (Hajizadeh & Valliere۲۰۲۲). امنیت تامین انرژی در سطح ملی یکی از اساسی‌ترین رسالت های هر دولت است. انرژی مورد نیاز معمولاً در نیروگاه که مجموعه‌ای از تأسیسات صنعتی است تولید می شود. نیروگاه‌ها بسته به نوع تکنولوژی به کار رفته در آن‌ها و منابع انرژی در دسترس، متفاوت هستند. در حال حاضر نیروگاه‌ها بر اساس ظرفیت به دو بخش مقیاس کوچک و مقیاس بزرگ تقسیم می شوند. نیروگاههای مقیاس بزرگ در قالب تولید متمرکز و نیروگاههای مقیاس کوچک در قالب تولید پراکنده فعالیت دارند. تولید متمرکز در نیروگاه هایی با مقیاس های بزرگ انرژی مورد نیاز و برنامه ریزی شده را تولید می نمایند و معمولا تأسیسات نیروگاهی دور از مصرف کنندگان نهایی قرار دارند. در این شبکه، الکتریسیته تولید شده از طریق شبکه سراسری برق به مصرف کنندگان نهایی منتقل می شود. بدلیل بزرگ شدن منابع تولید در شیوه تولید مرکزی، قابلیت‌های کنترل و بهینه سازی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

به حداقل می‌رسید و با دور شدن این منابع از مصرف کننده در کنار اتلاف حداکثری انرژی ناشی از انتقال، امکان بازیابی انرژی‌های دیگر نیز مقدور نمی‌شد .تولید پراکنده یکی از انواع روش هایی است که در حوزه انرژی می تواند خدمات موثری ارایه نماید. تولید پراکنده ممکن است به یک ساختار واحد مانند یک خانه یا یک کسب و کار خدمت کند، یا ممکن است بخشی از یک ریزشبکه (شبکه کوچکتر که به سیستم تحویل برق بزرگتر نیز متصل است) مانند یک تاسیسات صنعتی بزرگ، یک پایگاه نظامی، یا یک محوطه کالج بزرگ باشد. تولید پراکنده[1] به تولید انرژی برق مورد نیاز در محل مصرف اتلاق می‌شود که این مفهوم در مقابل مفهوم سابق تولید برق بصورت تولید مرکزی در حجم زیاد و انتقال و توزیع انرژی توزیعی با محل‌های مصرف با فواصل فیزیکی و الکتریکی دور که باعث اتلاف زیاد انرژی(بازدهی پایین) و قابلیت اطمینان پایین می‌شد، بکار می‌رود. در روش تولید پراکنده، تولید کنندگان و مصرف کنندگان برق می توانند در قالب شبکه ای با یکدیگر تبادل برق نمایند و برق مورد نیاز خود را تامین نمایند و همچنین برق مازاد تولید خود را در اختیار شبکه سراسری قرار دهند تا سیستم دیسپاچینگ مرکزی در کنار برق تولید توسط نیروگاه های سراسری برق تولیدی و موجود در شبکه مدیریت شود. تفاوت روش تولید متمرکز و پراکنده در شکل ۱ نشان داده شده است.



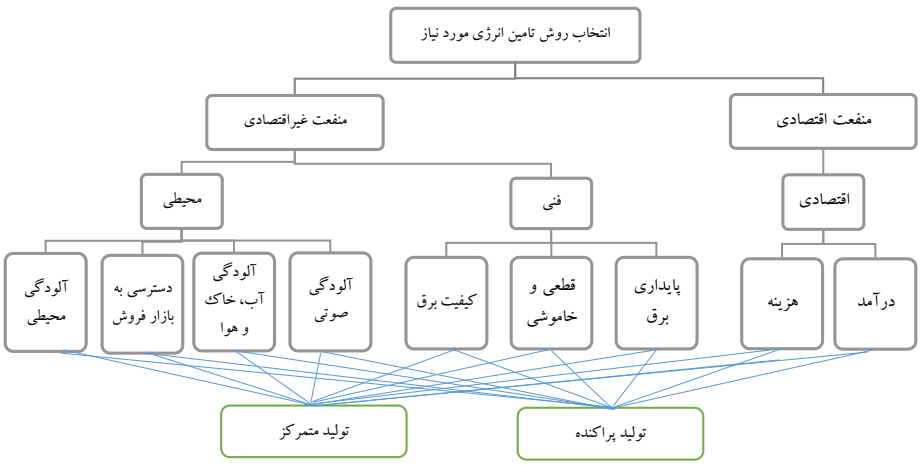
شکل ۱- تولید متمرکز و پراکنده برق

[1] Distributed Generation (DG)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

در انتخاب روش تولید انرژی با توجه به توانمندی های موجود در هر نقطه جغرافیایی، متغیرهایی جهت تصمیم گیری برای هر دو روش متمرکز و پراکنده در قالب اهمیت منافع اقتصادی و غیر اقتصادی وجود دارد که میتوان آن ها را در قالب شکل ۲ دسته بندی نمود تا بتوان بر اساس آنها بتوان تصمیم گیری و روش بهتر را انتخاب نمود.

در کنار تصمیم گیری در مورد انتخاب روش تامین انرژی مورد نیاز برمبنای شاخص ها و معیارهای جمع آوری شده، توجه به توانایی ها و فناوری های انقلاب صنعتی ۴ و هوشمندسازی تولیدپراکنده برق نیز حایز اهمیت است. چرا که به وسیله ی فناوری های نوین و تکنولوژی دیجیتال می توان قابلیت های انرژی را افزایش داد. با دیجیتالیزه نمودن انرژی، بهره وری انرژی افزایش یافته و فناوری های جدید و نوینی در صنعت برق ارائه میگردد. این فرآیند منجر به اتوماسیون شدن و تجزیه و تحلیل بهتر داده های و منجر به کاهش مصرف انرژی، تسهیل پاسخگویی هوشمند به افزایش تقاضا، ادغام منابع تجدیدپذیر متغیر و منابع انرژی توزیع شده و همچنین فراهم آوردن گزینه های نوآورانه تامین مالی در افزایش ظرفیت تولید برق می شود. فناوری اینترنت اشیا یکی از فناوری هایی است که می تواند در راستای این هدف کمک بسیاری نماید و همچنین به ما این امکان را می دهد که با کمک اتصال



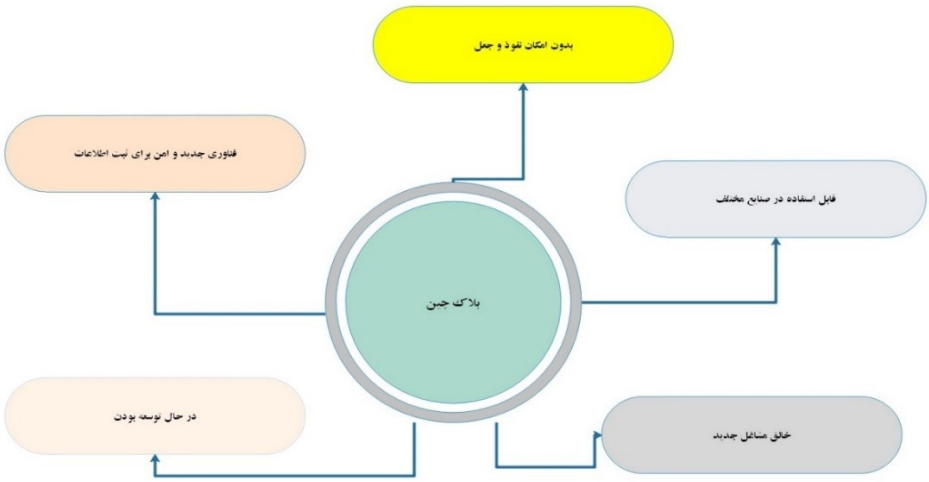
شکل۲. مدل تصمیم گیری در مورد انتخاب روش تامین برق مورد نیاز

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

اینترنتی پایدار، داده های موقعیت های مختلف را از یک دستگاه دیجیتال کنترل یا دریافت کنیم. با استفاده از فناوری های موجود اینترنت اشیا، خانه های هوشمند، شهر هوشمند، ماشین های خودران، کشاورزی هوشمند و شبکه انرژی هوشمند ایجاد گردیده است (Tyagi, Dananjayan, Agarwal, & Thariq Ahmed۲۰۲۳). تحولات تکنولوژیکی اخیر بعنوان یکی از عوامل محرک رشد اینترنت اشیاء جهانی در بازار انرژی می باشد. در زمینه انرژی و بهره وری انرژی، اینترنت اشیا و فناوری ها می تواند بهره وری را افزایش داده و مزایای قابل توجهی در صرفه جویی زمان و هزینه ارائه نماید. این فن آوری ها همچنین فرصت های جدیدی را برای ظهور گزینه های تأمین مالی نوآورانه ایجاد می کنند. در سطح تولید انرژی، حسگرهای شبکه هوشمند می توانند با نظارت بهتر بر شبکه انرژی، عملیات و عملکرد شهری را بهبود بخشند، به طوری که منابع با دقت بیشتری تخصیص داده شوند و به نیازهای واقعی نزدیکتر شوند و از اتلاف انرژی جلوگیری شود. در شبکه هوشمند انرژی با اتصال به اینترنت اشیا توانایی تشخیص تغییرات در عرضه تقاضای برق و واکنش به موقع به آن میتواند بهره وری انرژی را بهبود بخشد. این ترکیب استفاده از منابع انرژی پایدار و تجدیدپذیر و راه حل ها و دستگاه های مدیریت انرژی را در این زمینه فراتر از اندازه گیری قرار داده است. اینترنت اشیا با ایجاد یک فرآیند پیشرفته در برنامه ریزی و مدیریت انرژی، به مدیران اجازه می دهد تا کنترل کامل داده های انرژی را از ابتدا در دست بگیرند و فرآیند را به طور قابل توجهی بهینه کنند. انرژی هوشمند مستلزم استفاده کارآمد از انرژی از طریق طراحی بهبودیافته، فناوری‌های با راندمان بالا و حفاظت، همراه با استفاده از منابع تجدیدپذیر پاک برای ایجاد برق، گرما و سوخت‌های حمل و نقل است. در اینچنین محیطی برای افزایش اعتبار، امنیت و مدیریت ریسک فناوری مانند بلاک چین بسیار مفید می باشد که می تواند کارایی و کنترل بیشتری را بر منابع انرژی مصرف کنندگان ارائه دهد. بلاکچین با کاهش خطر سرمایه گذاری و اطمینان از شفافیت ، یکپارچگی و قابلیت ردیابی معاملات فنی و تجاری و گزارش دهی ، می تواند بهره وری انرژی ، تجدید پذیر و ادغام آنها را در سیستم های انرژی ترویج کند. در حوزه ی انرژی داده های متنوع و مختلفی شامل قیمت های بازار،

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

هزینه های نهایی، انطباق با قوانین انرژی و قیمت سوخت در دفتر کل غیرمتمرکز ثبت می شود. کسب‌وکارهای انرژی در سراسر جهان در حال حاضر استفاده از فناوری بلاک چین در سیستم‌های تجارت انرژی در مقیاس بزرگ، تجارت انرژی همتا به همتا، تامین مالی پروژه، ردیابی زنجیره تامین و مدیریت دارایی را در میان دیگر کاربردها آغاز کرده‌اند. با این فناوری، فرصت بیشتری برای افزایش هوشمندی، کارآمدی، شفاف‌تر و ایمن‌تر کردن حوزه انرژی در بلندمدت فراهم می آید. بلاک چین مزایای ملموسی همچون عدم امکان نفوذ و جعل، در حال توسعه بودن، خالق مشاغل جدید بودن، قابلیت بسط در صنایع مختلف در خود دارد که در شکل ۳ نشان داده شده است و برای رسیدن به هدف توسعه و فراگیر شدن بلاک چین بایستی زمینه هایی فراهم آورد تا کاربران بیشتری بتوانند در این حوزه وارد شده و علاوه بر استفاده از این حوزه ها بتوانند موجب ارتقا و بهبود سیستم ها نیز بشوند.



شکل ۳. مزایای بلاک چین

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

۳. پیشینه ی پژوهش

صنعت ۴.۰ توسط فناوری های نوظهور و پایه ای مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، رباتیک و بلاک چین هدایت می شود. در این میان بلاکچین با اعتمادسازی، انتقال ارزش و ذخیره داده ها، فرآیندها را خودکار و هرگونه فعالیت دستی را حذف می کند. این فناوری به یک ستون اساسی در صنعت ۴.۰ تبدیل شده است. بلاک چین یک دفتر کل توزیع شده و تغییرناپذیر با لیست های رو به رشدی از رکوردها (بلوک ها) است که به طور ایمن از طریق هش های رمزنگاری به هم مرتبط شده اند و فرآیند ثبت تراکنش ها و ردیابی دارایی ها را در یک شبکه تجاری از طریق اتصال پیوندهایی به نام زنجیره تسهیل می کند(Gorkhali, Li, & Shrestha, ۲۰۲۰) . بلاک چین برای انتقال امن مواردی مانند پول، دارایی، قراردادها و غیره بدون نیاز به واسطه شخص ثالث مانند بانک یا دولت استفاده می شود .هدف بلاک چین این است که اجازه می دهد اطلاعات دیجیتال ثبت و توزیع شود، اما ویرایش نشود و همچنین قابلیت ایجاد تغییرات عمده در سراسر مشاغل جهانی را داراست. بلاک چین به صرفه جویی در هزینه ها، بهبود کارایی و شفافیت کمک می کند و با کارآمدتر و سودآورتر کردن شرکت ها، کسب و کار جهانی را بهبود می بخشد. با این فناوری می‌توانیم بوروکراسی های موجود را کاهش و امنیت، کارایی و شفافیت را افزایش دهیم. بلاک چین، مجموعه زنجیره ای از بلوک ها است که متناسب با نوع بلاک چین حاوی اطلاعاتی در مورد فرستنده، گیرنده و اطلاعاتی که باید منتقل شود، می باشند. این فناوری گرچه برای انجام تراکنش‌های دیجیتال مانند بانکداری وارد بازار شده است، اما امروزه در صنایع و حوزه های مختلفی ورود نموده و محققان بسیاری در این زمینه فعالیت های داشته اند که در جدول شماره ۳ ارائه گردیده است.

منظور و نوروزی(۱۳۹۸) در مقاله ای با عنوان "کاربردهای فناوری بلاک چین در کسب و کارهای صنعت انرژی: فرصت ها و چالش ها" به مطالعه و بررسی کاربرد این فناوری در حوزه انرژی پرداخته است. در این مقاله به مرور مفاهیم بلاک چین و ابعاد آن و همچنین معیارهای موجود پرداخته شده است. در این مقاله بیان می گردد که فناوری بلاک چین با فراهم آوردن شرایط مبادله همتا به همتا در محیطی شفاف و امن میتوان به ثبات و تعادل مطلوب تر در بخش انرژی دست یافت. حسنخانی و همکارانشان (۲۰۲۱) در مقاله ای با عنوان " فناوری بلاک چین در آینده شیکه انرژی هوشمند: مرور ساختارمند جامع" به بررسی کاربرد بلاک چین با در نظر گرفتن تمام مزایا و معایب در ساختار شبکه

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

هوشمند مانند قراردادهای هوشمند، مدیریت غیرمتمرکز انرژی، تجارت انرژی، تراکنش های مالی و غیره می پردازد. استفاده از دستگاه‌ها، فناوری‌های جدید، منابع انرژی تجدیدپذیر و وسایل نقلیه الکتریکی نیاز به مدیریت غیرمتمرکز انرژی را افزایش می‌دهد و تراکنش‌های داده‌ها، یعنی تراکنش‌های امن و اقتصادی از طریق شبکه‌های غیرمتمرکز تحقق می‌یابند. در این مقاله ادبیات مقایسه ای به منظور شناسایی کاربردهای احتمالی بلاک چین در شبکه هوشمند ارائه می گردد. فناوری بلاک چین به عنوان یک گزینه امیدوارکننده برای افزایش سهم انرژی تجدیدپذیر تأیید گردیده است. در مقاله ی " کاربرد بلاک چین در شبکه هوشمند-چارچوب و مرور" مصلح و همکارانشان(۲۰۱۹) بیان می کنند که افزایش تقاضای انرژی الکتریکی، رشد انرژی های تجدیدپذیر در قالب تولید پراکنده و غیره از چالش های سیستم های قدرت مدرن با هدف حفظ ثبات و قابلیت اطمینان در سیستم می باشد. برای رفع این چالش ها بلاک چین با ویژگی هایی همچون منحصر به فرد بودن و ماهیت غیر متمرکز.می تواند گزینه ی مناسبی باشد. چشم‌اندازها، مزایا، رویکردها و چالش‌های فنی استفاده از فناوری بلاک چین در شبکه هوشمند در این مقاله بررسی شده و چارچوب‌هایی کاربردی مبتنی بر شبکه بلاک‌چین ارائه می شود. آدریبوله (۲۰۲۰) مقاله ای با عنوان " فناوری بلاک چین برای شبکه های هوشمند: مدل مفهومی غیرمتمرکز NIST " از قابلیت متحول کردن شبکه هوشمند توسط بلاک چین ارایه نموده است. در این مقاله، موسسه ی ملی استانداردها و تکنولوژی ، حوزه‌های شبکه هوشمند را با توجه به سه ویژگی حیاتی بلاک‌چین: تمرکززدایی، اعتماد و انگیزه تحلیل می کند. نتایج این مقاله باید به توسعه دهندگان و محققان شبکه هوشمند در قالب تولید متمرکز و پراکنده کمک میکند تا یک مرجع مفهومی از کاربرد کلی فناوری بلاک چین در حوزه های شبکه هوشمند و زیر دامنه ها به دست آورند. ژیان چاو (۲۰۲۰) مقاله ای با عنوان " چگونه می توان رقابت منابع انرژی پراکنده در چین را با فناوری بلاک چین بهبود بخشید" و بیان ویژگی‌های دفتر کل توزیع شده و اجرای خودکار قراردادهای هوشمند در زمینه انرژی پراکنده ارایه نموده است. ادغام منابع انرژی توزیع شده در چین با فناوری بلاک چین ممکن است الگوی موجود را که در آن تولید، حمل و نقل، توزیع و فروش انرژی متمرکز است، بشکند .ژیان چاو ابتدا وضعیت فعلی منابع انرژی توزیع شده در چین و فناوری بلاک چین را خلاصه نموده و سپس از مدل پنج نیروی مایکل پورتر برای تجزیه و تحلیل رقابت پذیری منابع انرژی توزیع شده استفاده کرده است. بر اساس تجزیه و تحلیل رقابت پذیری، مدل SWOT

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

برای تجزیه و تحلیل مدل توسعه مشترک "فناوری بلاک چین + منابع انرژی توزیع شده" ، امکان استفاده از فناوری بلاک چین با توانایی رقابت پذیری برای سیستم های منابع انرژی توزیع شده آشکار می شود. در سال ۲۰۲۲ ژین در مقاله ی " مطالعات بنیادی منابع انرژی توزیع شده هوشمند همراه با بلاک چین انرژی" با بکارگرفتن متدولوژی گسترده کاربرد عمده منابع انرژی توزیع شده هوشمند را از نظر تولید، مصرف، تراکنش و زمان‌بندی انرژی مورد مطالعه قرار داد. در اینجا یک مدل عمومی برای بررسی یک سیستم پراکنده هوشمند استفاده می شود. الگوریتم رایانه داده‌های مختلفی را جمع‌آوری می‌کند که برای یادگیری عمیق و تصمیم‌گیری هوش مصنوعی کاربرد دارد. نویسندگان نتایج مهم و بهترین راه حل ها را برای پاسخگویی به تقاضای برق، ارائه یک مزیت اقتصادی و ردپای کربن کم برای مصرف کنندگان نشان می دهند. علاوه بر این، چندین گزینه شبکه بلاک چین مورد بحث قرار گرفته است. EBC و DER ترکیبی ایده آل با مزایای مدیریت اکسرژی از طریق به اصطلاح فناوری توان هوشمند هستند. این فناوری به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد و شامل سخت‌افزار، نرم‌افزار ویژه و مجموعه وسیعی از هوش رایانه‌ای است. جبارپور(۱۴۰۲) در مقاله ی " طراحی و پیاده سازی پلتفرم بومی مبادله انرژی همتا به همتای مبتنی بر بلاکچین" توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده در سال های اخیر به دلیل رشد تقاضای انرژی و آلودگی‌های زیست محیطی را مدنظر قرار داده است. در ادامه بیان شده است که در ساختار جدید شبکه انرژی، مصرف‌کنندگان می‌توانند با استفاده از تکنولوژی های تولیدپراکنده نقش تولیدکننده هم داشته باشند. در کنار تولید انرژی نیاز به بستر و ساختاری امن، شفاف، سریع و مقیاس‌پذیر برای تبادلات انرژی به شدت احساس می‌شود که این امر در فناوری بلاکچین وجود دارد. با این‌که پلتفرم‌های مبتنی بر بلاکچین زیادی در کشورهای مختلف در حوزه انرژی ارائه شده است، اما در ایران چنین پلتفرمی وجود ندارد. در این مقاله طراحی و پیاده‌سازی پایلوت پلتفرم بومی مبادله انرژی همتا به همتای مبتنی بر بلاکچین با در نظر گرفتن شرایط خاص شبکه برق ایران صورت پذیرفته است. پایلوت پلتفرم پیشنهادی در قالب ۴ عنصر اصلی شامل قرارداد هوشمند، رابط کاربری، پلتفرم بلاکچین، پایگاه داده بلاکچینی و غیربلاکچینی پیاده‌سازی شده و با استفاده از سناریوهای مختلف مورد ارزیابی و آزمون قرار گرفته است. نکته ای که در این مقاله وجود داشت این است که فقط طراحی معماری با توجه به قابلیت های موجود در بلاک چین می باشد، مدنظر قرار گرفته است و به موضوع تولید پراکنده و بلاک چین و اینکه چه عواملی میتواند موجب

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

توسعه و فراگیر شدن تولید انرژی با تکنولوژی پراکنده و معاملات آن در بستر بلاک چین باشد پرداخته نشده است. خالد المطیری و همکاران(۲۰۲۲) مقاله ای با عنوان "چالش های کاربرد فناوری بلاک چین در مدیریت زنجیره تامین انرژی های تجدیدپذیر" و اینکه فناوری‌های جدید بلاک چین می‌تواند با بهبود عملیات زنجیره‌ای و لجستیکی در زمینه هایی همچون اعتمادسازی، ایجاد شفافیت و پاسخگویی، اشتراک‌گذاری اطلاعات، مبادلات مالی و یکپارچه‌سازی زنجیره تامین که میتواند به زنجیره‌های تامین انرژی پایدار با نگاهی به کشور ایران کمک کند، ارایه نموده است. در این تحقیق شناسایی معیارها و چالش‌های کاربرد بلاک چین در زنجیره‌های تامین انرژی‌های تجدیدپذیر متمرکز شده و همچنین چالش‌های شناسایی‌شده را از نظر ظرفیت آنها برای ایجاد اختلال در فرآیند رتبه‌بندی نموده است. در این مطالعه، چالش های موجود با روش های ترکیبی توسعه یافته با ادغام مفهوم اعداد خاکستری در تجزیه و تحلیل نسبت ارزیابی وزن گام به گام خاکستری ، ارزیابی خاکستری بر اساس فاصله از راه حل متوسط ارزیابی و رتبه بندی شده اند و تایج رتبه‌بندی‌های به‌دست‌آمده نیز همبستگی بالایی را نشان داده است. از میان همه ی چالش های موجود، «هزینه سرمایه‌گذاری بالا» بعنوان مهم‌ترین چالش برای کاربرد بلاک چین در زنجیره‌های تأمین انرژی پایدار عنوان شده است. نکته ی قابل تامل در مقاله این است که یکی از قابلیت های بلاک چین سرمایه گذاری تجمعی و تشویق به مشارکت در سرمایه گذاری است که میتوان با استفاده از آن موضوع هزینه ی سرمایه گذاری بالا را قابل درک نمود. با مرور ادبیات و پیشینه تحقیق از مقالات فوق و دیگر مقالات، عوامل موثر در توسعه تولید پراکنده انرژی شناسایی گردید و همچنین مشخص شد که در این زمینه و توسعه آیمده ی آن، پژوهشی انجام نشده است بنابراین، در این پژوهش به این موضوع پرداخته شده است. در ادامه نیز مقالات مورد بررسی در یشینه پژوهش ومرور منابع مختلف در جدول ۱ به منظور مقایسه ای بهتر ارایه شده است همچنین پس از مرور منابع در این بخش خلاء های موجود و موجبات زمینه های تحقیق در حوزه‌ی فناوری بلاک چین و انرژی بدست آمده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

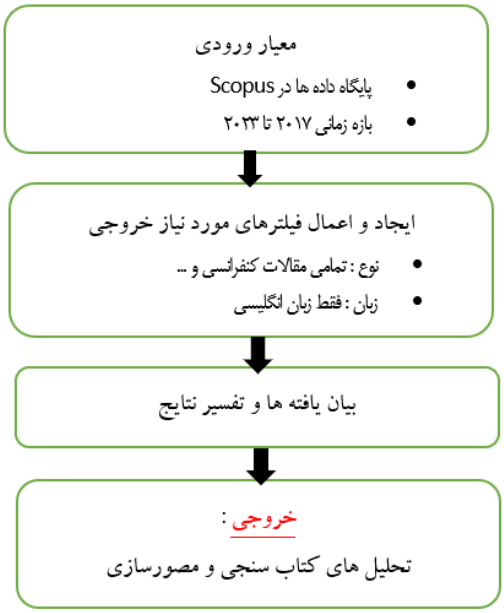
جدول ۱. پیشینه پژوهش مقاله

عنوان مقاله	نویسنده	روش تحقیق	نتایج
کاربردهای فناوری بلاک چین در کسب و کارهای صنعت انرژی: فرصت ها و چالش ها	منظور و نوروزی	مروری و مطالعه ی تطبیقی	فرصت ها و چالش های حوزه انرژی و نیازمندی های بخش انرژی در همراهی و بهره از فناوری بلاک چین پرداخته
فناوری بلاک چین در آینده شبکه انرژی هوشمند: مرور ساختارمند جامع	حسنخانی و همکاران	مروری و مطالعه ی تطبیقی	در این مقاله ادبیاتی مقایسه ای به منظور شناسایی کاربردهای احتمالی بلاک چین در شبکه هوشمند انرژی ارائه شده تا نقاط قوت و ضعف احصا گردد.
کاربرد بلاک چین در شبکه هوشمند- چارچوب و مرور	مصلح و همکارانشان	مقاله مروری	در این تحقیق چشم‌اندازها، مزایا، رویکردها و چالش‌های فنی استفاده از فناوری بلاک چین در شبکه هوشمند را بررسی نموده است.
فناوری بلاک چین برای شبکه های هوشمند: مدل مفهومی غیرمتمرکز NIST	آدریبوله و دیگران	تحلیلی و مروری	در این تحقیق مدلی استاندارد در حوزه‌های شبکه هوشمند با توجه به ویژگی های تمرکززدایی، اعتماد و انگیزه بلاک چین تحلیل شده است.
چگونه می توان رقابت منابع انرژی پراکنده در چین را با فناوری بلاک چین بهبود بخشید	ژیان چاو و دیگران	استفاده از مدل SWOT برای تجزیه و تحلیل فناوری بلاک چین	در این مقاله بیان می شود که فناوری بلاک چین می تواند رقابت پذیری منابع انرژی پراکنده را افزایش دهد.
مطالعات بنیادی منابع انرژی توزیع شده هوشمند همراه با بلاک چین انرژی	ژین	مطالعه تطبیقی	بررسی تفصیلی فناوری بلاک چین و انرژی
طراحی و پیاده سازی پلتفرم بومی مبادله انرژی همتا به همتای مبتنی بر بلاکچین	جبارپور و صغیری	طراحی و پیاده-سازی پایلوت پلتفرم بومی	بررسی امکان ادغام سامانه-های مبتنی بر اتریوم، به واسطه طراحی ماژولار دارای قابلیت توسعه-پذیری فناوری بلاک چین
چالش های کاربرد فناوری بلاک چین در مدیریت زنجیره تامین انرژی های تجدیدپذیر	خالد المطیری و همکاران	ارزیابی و رتبه بندی و استفاده از تکنیک SWARA و EDAS	شناسایی چالش‌های موجود در کاربرد بلاک چین در زنجیره‌های تامین انرژی‌های تجدیدپذیر

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

٤. روش‌شناسی و متدولوژی پژوهش

ابتدا ادبیات مربوط به حوزه انرژی هوشمند منتشر شده از سال ۲۰۱۷ تا ژانویه ۲۰۲۳ در پایگاه داده مجموعه Scopus جهت کتاب سنجی و بررسی عینی، کمی و آماری با استفاده از نرم افزار Vos Viewer به منظور تحلیل هم تالیفی که نشان می دهد چه کشورها و نویسنده هایی با یکدیگر بیشترین همکاری را داشته اند و تحلیل هم آیندی که پرکاربرد ترین واژگان و روندهای پژوهشی را نشان می دهد، استخراج شد. مراحل این نرم افزار مانند آنچه در شکل ۴ نشان داده شده است بوده و در این نرم افزار معیارهای ورودی و خروجی جهت بازیابی داده ها در نظر گرفته می شود. ابتدا پایگاه داده Scopus به منزله ورودی، برای بازیابی داده ها با توجه به اطمینان در پژوهش های این مرجع انتخاب و در نظر گرفته شد.



شکل ٤. مراحل پژوهش و تحلیل کتاب سنجی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

مرحله بعد از تحلیل هم آیندی واژگان با استفاده از روش Vos Viewer ، شناسایی و تحلیل پیشران های اثرگذار در انرژی هوشمند بر بستر فناوری بلاک چین که از اهداف پژوهش در این مقاله مدنظر قرار گرفت. برای رسیدن به این هدف از تکنیک دلفی فازی و مارکوس[1] که از روش های کمی هستند برای تجزیه و تحلیل استفاده شده است. با توجه به ماهیت کمی فنون مورد استفاده پژوهش، تحقیق حاضر دارای روش‌شناسی کمی است. همچنین به دلیل مزیت یافته‌های پژوهش برای صنعت انرژی ، پژوهش از جهت‌گیری کاربردی نیز برخوردار است. جهت گردآوری داده‌ها از دو ابزار مطالعه پیشینه و پرسشنامه استفاده شده است. پیشران‌های پژوهش از بررسی مقالات مرتبط در حوزه ی انرژی، تولیدپراکنده انرژی، انقلاب صنعتی چهارم، بلاک چین و کلیدواژه هایی در این زمینه بدست آمد. در ادامه برای تحلیل داده‌های مطالعه، دو پرسشنامه خبره‌سنجی و اولویت‌سنجی میان خبرگان توزیع شد. پرسشنامه‌های خبره‌سنجی با تکنیک دلفی فازی و پرسشنامه‌های اولویت‌سنجی با تکنیک مارکوس از تکنیک های جدید حوزه تصمیم گیری مورد بررسی قرار گرفت. به علت اینکه محتویات پرسشنامه از مرور پیشینه مقالات معتبر احصا شد، هر دو پرسشنامه خبره‌سنجی و اولویت‌سنجی از روایی مطلوب برخوردار بودند. همچنین به علت انتخاب حجم مطلوب (۶ نفر) و غربال پیشران‌های پژوهش و کاهش قابل توجه آن‌ها، پرسشنامه اولویت‌سنجی حائز پایایی بود. خبرگان پژوهش حاضر، از اساتید دانشگاهی با رتبه استادیاری و همچنین دارندگان مقالات مرتبط و فعالین در حوزه بلاک چین انتخاب گردیدند. روش نمونه‌گیری نیز با توجه به ماهیت خبره‌محور ، قضاوتی بوده و افراد بر مبنای تخصص در حوزه‌های مدنظر گزینش شده‌اند. حجم نمونه در این مطالعه برابر ۶ نفر بود که برای فنون خبره‌محور دارای ماهیت قضاوتی عدد مناسبی است. در مرحله اول، پیشران‌های کلیدی اثرگذار بر آینده توسعه انرژی با تمرکز بر فناوری بلاک‌چین از طریق مرور پیشینه بدست آمد. در مرحله بعدی این پیشران‌ها با جمع آوری نظرات خبرگان و بکارگیری روش دلفی فازی در طی مراحلی که در شکل ۵ نشان داده شده است، غربال شده و در پایان درجه اولویت و اهمیت هر یک از پیشران‌های پژوهش با استفاده از روش مارکوس مشخص شد. الگوریتم اجرای دلفی فازی برای غربالگری شامل مراحل زیر است :

[1] Measurment Alternative and Ranking according to Compromise Solution (MARCOS)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

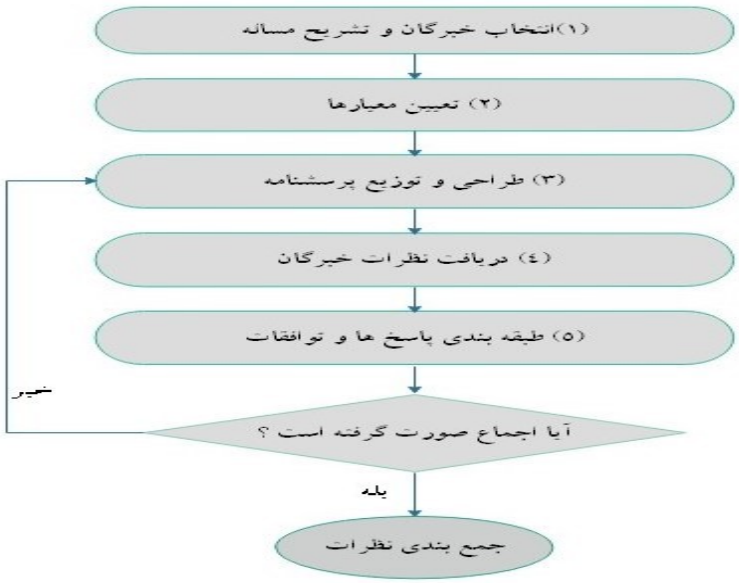
۱. شناسایی طیف مطلوب برای فازی‌سازی عبارات کلامی؛

۲. تجمیع فازی مقادیر فازی شده؛

۳. فازی‌زدایی مقادیر؛

۴. انتخاب شدت آستانه و غربال عوامل و شاخص‌ها.

مرحله ۱. گردآوری و فازی‌سازی نظرات خبرگان: در الگوریتم تکنیک دلفی فازی برای غربالگری، نخست باید یک طیف فازی مناسب برای فازی‌سازی عبارات زبانی خبرگان توسعه یابد. بدین منظور می‌توان از طیف‌های فازی رایج استفاده کرد. در این مطالعه از طیف لیکرت پنج درجه استفاده شده که در جدول ۲ آمده است.



شکل ۵. مراحل تکنیک دلفی فازی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

جدول ۲. طیف فازی روش دلفی

متغیر کلامی	مقدار فازی	عدد فازی مثلثی
خیلی کم	۱	(۰, ۰, ۰/۲۵)
کم	۲	(۰, ۰/۲۵, ۰/۵)
متوسط	۳	(۰/۷۵, ۰/۵ , ۰/۲۵)
زیاد	۴	(۰/۵ , ۰/۷۵ , ۱)
خیلی زیاد	۵	(۰/۷۵ , ۱, ۱)

مرحله ۲. تجمیع فازی مقادیر فازی شده: بعد از انتخاب طیف فازی مطلوب، دیدگاه‌های خبرگان گردآوری و فازی‌سازی می‌شود. چندین رویه برای تجمیع فازی دیدگاه‌های خبرگان ارائه شده است. اگر نظر هر خبره به عنوان اعداد فازی مثلثی (l, m, u) نمایش داده شود، مطلوب‌ترین روش، محاسبهٔ میانگین فازی دیدگاه‌های خبرگان است:

رابطه ۱
$$F_{AVE}= \frac{\sum l}{n}, \frac{\sum m}{n}, \frac{\sum u}{n}$$

به جای استفاده از میانگین فازی، فنون دیگری نیز برای تجمیع نظرات خبرگان استفاده می‌شود. در برخی منابع، میانگین هندسی به جای میانگین حسابی ساده بکار گرفته شده است.

رابطه۲
$$G = \sqrt[n]{a1 * a2 * a3 * \dots * an}$$

مرحله ۳. فازی‌زدایی مقادیر: پس از جمع‌بندی فازی دیدگاه‌های خبرگان، بایستی مقادیر از آن جدا شود. در فنون متعددی که با رویکرد فازی انجام می‌شود، پژوهشگر نهایتاً مقادیر فازی نهایی را به یک عدد قابل فهم تبدیل می‌کند. معمولاً جمع اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای را می‌توان با یک مقدار معین نشان داد که مناسب‌ترین

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

شاخص، میانگین است. این عمل به عنوان فازی‌سازی شناخته می‌شود. یکی از فنون ساده برای فازی‌زدایی، میانگین اعداد فازی مثلثی است:

رابطه ۳
$$if\ \widetilde{F}\ =\ (l,m,u)\ then\ \ F = \frac{l + ۴\,\mathrm{m} + u}{۶}$$

مرحله ۴. بعد از انتخاب روش مطلوب و فازی‌زدایی ارزش‌ها، یک حد آستانه باید محاسبه شود. این حد معمولاً بر مبنای نظر پژوهشگر در مطالعات مختلف متمایز است. در صورتی که ارزش قطعی فازی‌زدایی نظرات خبرگان تجمیع شده بالاتر از حد آستانه باشد، عامل مورد نظر در تحلیل باقی می‌ماند. در غیر این صورت عامل مورد نظر حذف می‌شود .

در این مطالعه رتبه‌بندی پیشران‌های موثر روی آینده انرژی با تمرکز بر فناوری بلاک‌چین، از تکنیک تصمیم گیری مارکوس استفاده می شود. روش MARCOS برای اولین بار در سال ۲۰۱۹ استفاده شد. این روش در مطالعات متعددی از جمله در انتخاب روش های حمل و نقل میانی بین کشورها، برای به حداقل رساندن خطرات در حمل و نقل، در انتخاب تجهیزات بالابر برای خدمات در انبارها، برای انتخاب نیروی انسانی برای شرکت های حمل و نقل و برای انتخاب هزینه در ساخت و ساز مورد استفاده قرار گرفته است. مارکوس یک روش تصمیم گیری چند معیاره بر مبنای رابطه ی بین گزینه ها و مقادیر مرجع(ایده آل و غیر ایده آل) است که برای اولین بار در سال ۲۰۲۰ پیشنهاد شد. این روش بر اساس روابط تعریف شده تابع بهره مربوط به هر گزینه محاسبه شده و رتبه بندی سازشی بر اساس رابطه هر گزینه با گزینه ایده ال و غیر ایده آل صورت گرفته و اولویت بندی ها بر اساس تابع بهره ارائه می شود. تا کنون، هیچ مطالعه ای در مورد استفاده از تکنیک MARCOS برای اولویت بندی پیشران های بلاک چین وجود نداشته است. این اولین مطالعه و بکارگیری تکنیک در این موضوع است. مراحل اجرای تصمیم گیری چند معیاره بر اساس روش MARCOS به شرح زیر است:

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

مرحله ۱: ساخت ماتریس اولیه بر اساس معادله زیر:

$$X=\begin{bmatrix} x11 & \cdots & xx1nn \\ xx21 & \cdots & xx2nn \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ xxmm1 & \cdots & xxmmnn \end{bmatrix}$$

که در آن m تعداد گزینه ها است. n تعداد معیارها است. X_{mn} مقدار n معیار بر حسب m است.

مرحله ۲: ساخت یک ماتریس اولیه که با افزودن یک راه حل ایده آل (AI) و جواب مخالف به راه حل ایده آل (AAI) توسعه می یابد.

$$X=\begin{matrix} AAI \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \\ AI \end{matrix}\begin{bmatrix} x_{aa1} & \cdots & x_{aan} \\ x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \\ x_{ai1} & \cdots & x_{ain} \end{bmatrix}$$

جایی که:

AAI = min (x_{ij}); i=۱,۲,...,m ; j=۱,۲,...,n

ملاک j هر چه بزرگتر باشد بهتر است.

AAI = max (x_{ij}); i = ۱, ۲, ..., m; j = ۱, ۲, ..., n

ملاک j هر چه کوچکتر باشد بهتر است.

AI = max (x_{ij}); i = ۱, ۲, ..., m; j = ۱, ۲, ..., n

ملاک j هر چه بزرگتر باشد بهتر است.

AI = min (x_{ij}); i=۱,۲,...,m ; j=۱,۲,...,n

ملاک j هر چه کوچکتر باشد بهتر است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

مرحله ۳: محاسبه مقادیر نرمال شده با توجه به معادلات زیر:

jهرچه کوچکتر باشد بهتر است =

$$u_{ij} \quad \frac{x_{AI}}{x_{ij}}$$

jهرچه بزرگتر باشد بهتر است $u_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{AI}}$

مرحله ۴: با استفاده از معادله زیر مقادیر نرمالیزه وزنی محاسبه می شود که در آن w وزن معیار j است.

$$c_{ij} = u_{ij} \cdot w_j$$

مرحله ۵: با معادلات زیر ضرایب Ki+ و Ki- را محاسبه نمایید:

$$k_i^- = \frac{S_i}{S_{AAI}}$$

$$k_i^+ = \frac{S_i}{S_{AI}}$$

که در آن S_i، S_{AAI}و S_{AI} به ترتیب از جمع مقادیر c_{ij}، x_{aai}و x_{ai}بدست می آید. با مقادیر i=۱,۲,...,m

مرحله ۶: توابع $f(K_i^+)$ و $f(K_i^-)$ را از فرمول های زیر محاسبه نمایید:

$$f(k_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^i}$$

$$f(k_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^i}$$

مرحله ۷: تابع f(Ki) با توجه به معادله زیر محاسبه و گزینه ها را بر اساس بیشترین مقدار که بهترین راه حل است رتبه بندی نمایید.

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{۱ + \frac{۱-f(k_i^+)}{f(k_i^+)} + \frac{۱-f(k_i^-)}{f(k_i^-)}}$$

۵. یافته‌های پژوهش :

به منظور جست و جو و نشان دادن ساختار گرافیکی از نرم افزار VOS Viewer در میان کلمات «انقلاب صنعتی»، «انرژی» و «بلاک چین» به‌عنوان کلیدواژه برای یافتن نزدیک‌ترین مقالات منطبق در پایگاه Scopus که تعداد۱۲۰۸ مقاله بود بدست آمد. طبق منابع Scopus Digital Transformation، تعداد قابل توجهی از

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

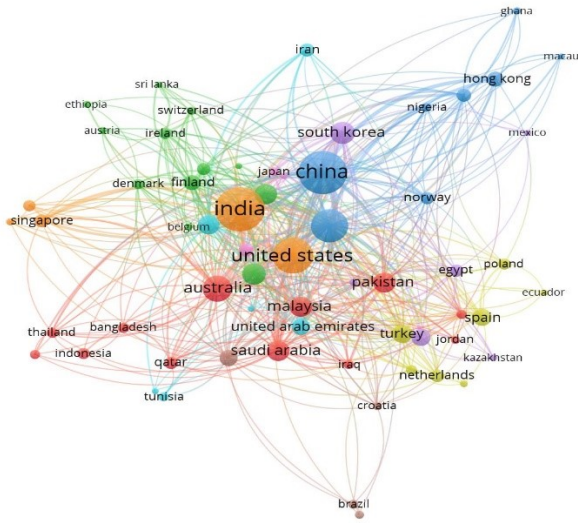
انتشارات تحقیقاتی نویسنده، سال انتشار، مجله، زبان، کلمات کلیدی، عنوان، چکیده، تعداد استنادها، وابستگی و نوع سند به فرمت CSV برای مقالاتی که معیارها را برآورده می کردند صادر شدند. تعدادی از فعال ترین کشورها، تعداد مقالات و تعداد استنادها در حوزه انرژی و فناوری های انقلاب صنعتی ۴ در جدول ۳ و تعدادی از پرکاربردترین واژگان نیز در جدول ۴ آورده شده است.

همچنین بررسی داده های بازیابی شده برای شناسایی کشورهای فعال مرتبط با موضوع مقاله در تحلیل هم تالیفی شکل ٦ و بررسی واژگان کلیدی در تحلیل هم آیندی واژگان در ادامه در شکل ۷ نشان داده شده است.

جدول ۳. پراستنادترین کشورها

ردیف	نام کشور	تعداد مقاله	تعداد استناد	قدرت کلی پیوند
۱	هند	۲۳۹	۵۲۹۷	۲۳۱
۲	چین	۲۲۸	۶۱۸۷	۱۸۹
۳	ایالات متحده	۱۵۸	۷۷۴۸	۱۷۳
۴	انگلستان	۱۳۶	۵۹۷۶	۲۱۴
۵	استرالیا	۸۵	۳۳۸۲	۱۱۳
۶	کره جنوبی	۶۳	۱۹۲۰	۷۳
۷	ایتالیا	۵۷	۱۶۹۳	۴۵
۸	عربستان	۴۹	۱۳۱۰	۸۳
۹	آلمان	۴۸	۱۱۱۲	۴۰
۱۰	مالزی	۴۸	۸۲۶	۷۸

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]



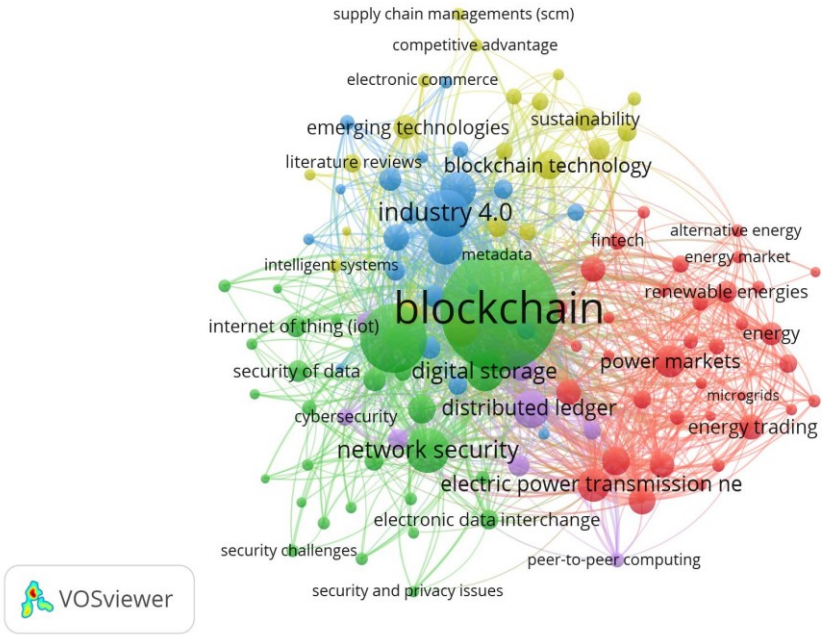
شکل ٦. هم تالیفی کشورها

در ادامه جدول شماره ۳ پرکاربردترین واژگان و تکرار آنها و در نهایت پیوند میان این واژگان در شکل ۷ نشان داده شده است که در روند تحقیق بسیار موثر می باشد.

جدول ٤. پرکاربردترین واژه ها

ردیف	واژگان	تکرار	قدرت کلی پیوند
۱	بلاک چین	۹۱۶	۶۳۳۳
۲	اینترنت اشیا	۲۵۷	۲۳۷۷
۳	انقلاب صنعتی ۴	۱۴۷	۱۳۰۰
۴	امنیت شبکه	۹۵	۹۴۴
۵	هوش مصنوعی	۱۰۰	۸۲۸
۶	شبکه انتقال برق	۵۴	۶۲۳
۷	بازار انرژی	۵۰	۵۱۸
۸	شبکه انرژی هوشمند	۳۸	۴۶۱
۹	قرارداد هوشمند	۶۱	۴۱۳
۱۰	شهر هوشمند	۴۴	۴۰۰

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]



شکل ۷. تحلیل هم آیندی واژگان

با استخراج پیشران‌های مرتبط با آینده ی انرژی، بلاک چین و اینترنت اشیا از مرور مقالات و پیشینه هایی از سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲ از پایگاه‌های علمی معتبر داخلی و خارجی، تعداد ۲۶ پیشران موثر در این حوزه بدست آمد. این پیشران‌ها که در جدول ۵ ارایه شده است از معتبرترین مقالات و منابع در دسترس با ارجاعات بالا که قابلیت توسعه ی آینده انرژی توسط تولیدپراکنده در بستر بلاک چین را دارند جمع آوری نموده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

جدول ۵. پیشران‌های شناسایی شده

ردیف	پیشران	مرجع پیشران ها
۱	ایجاد و توسعه چارچوب های نظارتی و قانونی بلاک چین در تولید پراکنده انرژی	(Mylrea & Gourisetti, ۲۰۱۷),(Ahl, Yarime, Tanaka, & Sagawa, ۲۰۱۹),(Yeoh, ۲۰۱۷)
۲	ملاحظات امنیتی ساختار بلاک چین در تولید پراکنده انرژی	(Dorri, Luo, Kanhere, Jurdak, & Dong, ۲۰۱۹),(Shuaib, Abdella, Sallabi, & Abdel-Hafez, ۲۰۱۸)
۳	قابلیت ساختاری بلاک چین در کاهش اتلاف انرژی در روش تولید پراکنده	(Dehghani et al., ۲۰۲۰),(Kumar et al., ۲۰۲۰)
۴	تاثیر بلاک چین در کارآمدتر کردن مصرف انرژی در روش تولید پراکنده انرژی	(Mathew et al., ۲۰۲۲) ,(Amini, ۲۰۲۰)
۵	تاثیر بلاک چین در کارآمدتر شدن توزیع در روش تولید پراکنده انرژی	(Hou, Wang, & Luo, ۲۰۲۰),(Kumar, ۲۰۱۸)
۶	توسعه کنتورهای هوشمند در شبکه انرژی با روش تولید پراکنده مبتنی بر قابلیت بلاک چین	(D'Oriano et al., ۲۰۱۸)
۷	توسعه روش تولیدپراکنده انرژی مبتنی بر چالش ها و فرصت های موجود بلاک چین	(Ahl et al., ۲۰۱۹)
۸	توسعه روش تولیدپراکنده انرژی با توجه به توسعه بلاک چین در صنایع دیگر	(Che et al., ۲۰۱۹)
۹	سازماندهی نمودن منابع انرژی در تولید پراکنده انرژی با استفاده از بلاک چین	(Ahl et al., ۲۰۱۹),(Pieroni, Scarpato, Di Nunzio, Fallucchi, & Raso, ۲۰۱۸)
۱۰	احراز هویت انرژی و اعتبارسنجی در روش تولید پراکنده انرژی با استفاده از بلاک چین	(Yap, Chin, & Klemeš, ۲۰۲۳)
۱۱	ایجاد ریزشبکه هایی هوشمند از مولدهای پراکنده با استفاده از بلاک چین	(Khorasany, Azuatalam, Glasgow, Liebman, & Razzaghi, ۲۰۲۰; Mylrea & Gourisetti, ۲۰۱۷)
۱۲	قابلیت های بلاک چین در ساده سازی و صرفه جویی هزینه ها در روش تولید پراکنده انرژی	(Kumar, ۲۰۱۸)
۱۳	قابلیت های مالی بلاک‌چین در پذیرش این فناوری توسط سرمایه گذاران خرد و کلان	(Valdivia & Balcell, ۲۰۲۲)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

۱۴	حمایت دولت و وضعیت حکمرانی از بلاک چین در توسعه روش تولید پراکنده انرژی	(Wang, Feng, & Xiong, ۲۰۲۲)
۱۵	تشویق به سرمایه گذاری در روش تولید پراکنده با استفاده از بلاک چین	(Valdivia & Balcell, ۲۰۲۲)
۱۶	تاثیر فین تک ها در توسعه روش تولید پراکنده	(Schindler, ۲۰۱۷)
۱۷	استانداردهای حوزه جهانی انرژی و تولیدپراکنده در کاربرد بلاک چین	(Belaïd, Al-Sarihi, & Al-Mestneer, ۲۰۲۳)
۱۸	قابلیت بلاک چین در سازگاری با محیط زیست در روش تولید پراکنده	(Belaïd et al., ۲۰۲۳; YAN, HUANG, & HONG, ۲۰۱۸)
۱۹	شفافیت مالی و اقتصادی در روش تولید پراکنده با همراهی بلاک چین	(Xu et al., ۲۰۱۸)
۲۰	وضع قوانین و مقرارت بازار دیجیتال در روش تولید پراکنده برق با کاربرد بلاک چین	(Woo et al., ۲۰۲۱)
۲۱	درآمدزایی در روش تولید پراکنده برق با کاربرد بلاک چین	(Shuaib et al., ۲۰۱۸)
۲۲	امکان تولید اوراق بهادار مبتنی بر بلاک چین در بازار انرژی با روش تولید پراکنده برق	(Zhu, Song, Lim, Wang, & Zhao, ۲۰۲۰)
۲۳	تحول در ایجاد مدل های کسب و کار جدید در حوزه شبکه انرژی مبتنی بر بلاک چین	(Küfeoglu, Liu, Anaya, & Pollitt, ۲۰۱۹),(Pieroni et al., ۲۰۱۸)
۲۴	کاربرد بلاک چین و سرمایه گذاری تجمعی در توسعه روش تولید پراکنده	(Giulietti, Le Coq, Willems, & Anaya, ۲۰۱۹),(Hou et al., ۲۰۲۰)
۲۵	کاربرد بلاک چین در توسعه استارتاپ های مالی انرژی در روش تولید پراکنده	(Zhao et al., ۲۰۱۹)
۲۶	کاربرد بلاک چین در مدیریت هزینه های موجود در روش تولید پراکنده	(Mylrea & Gourisetti, ۲۰۱۷) ,(YAN et al., ۲۰۱۸)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

۲۶ پیشران استخراج شده از مرور پیشینه و مطالعه مقالات با خبرگان با تکنیک دلفی فازی غربال شدند. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به کثرت عوامل بسیار حساس هستند. در این بخش ۱۴ پیشران از محاسبات حذف شده و ۱۲ پیشران برای تحلیل نهایی انتخاب شدند. پیشران‌هایی که دارای عدد دیفازی بیشتر از ۰/۷ بودند برای رتبه‌بندی نهایی با روش مارکوس گزینش شدند. در این مطالعه ۱۲ پیشران دارای عدد دیفازی بالاتر از ۰/۷ بودند. عدد ۰/۷ حد آستانه برای ارزیابی و غربال پیشران‌ها در نظر گرفته شد. معمولاً حد آستانه در مطالعات عددی بین ۰/۵ تا ۰/۷ است که در این پژوهش عدد ۰/۷ به عنوان حد آستانه در نظر گرفته شد. لیست پیشران‌های نهایی و دیفازی شده در جدول ۶. به همراه حرف انگلیسی G جهت تسهیل و اختصار در ارایه پیشران ها جداول نشان داده شده است.

جدول٦. خروجی دلفی فازی

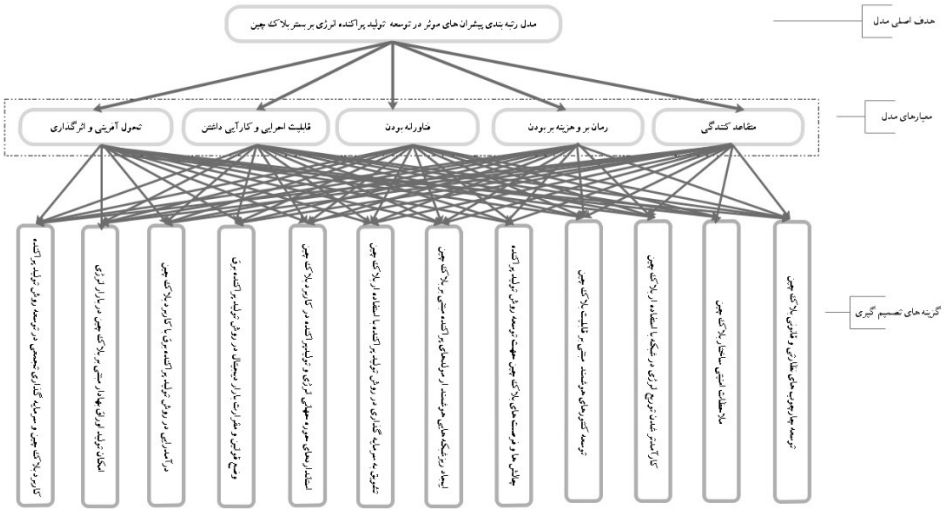
پیشران‌های پژوهش	میانگین نظرات خبرگان			عدد دیفازی
	حدپایین	میانه	حد بالا	
ایجاد و توسعه چارچوب های نظارتی و قانونی بلاک چین در تولید پراکنده انرژی (G۱)	۰/۶۴	۰/۸۹	۱/۰۰	۰/۸۷
ملاحظات امنیتی ساختار بلاک چین در تولید پراکنده انرژی (G۲)	۰/۵۱	۰/۷۸	۰/۹۴	۰/۷۶
تاثیر بلاک چین در کارآمدتر شدن توزیع در روش تولید پراکنده انرژی (G۳)	۰/۴۷	۰/۷۳	۰/۹۴	۰/۷۲
توسعه کنتورهای هوشمند در شبکه انرژی با روش تولید پراکنده مبتنی بر قابلیت بلاک چین (G٤)	۰/۵۹	۰/۸۴	۱/۰۰	۰/۸۳
توسعه روش تولیدپراکنده انرژی مبتنی بر چالش ها و فرصت های موجود بلاک چین (G۵)	۰/۵۱	۰/۷۸	۰/۹۴	۰/۷۶

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

ایجاد ریزشبکه هایی هوشمند از مولدهای پراکنده با استفاده از بلاک چین (G٦)	۰/۵۱	۰/۷۸	۰/۹۴	۰/۷۶
تشویق به سرمایه گذاری در روش تولید پراکنده با استفاده از بلاک چین (G۷)	۰/۵۴	۰/۷۹	۱/۰۰	۰/۷۹
استانداردهای حوزه جهانی انرژی و تولیدپراکنده در کاربرد بلاک چین (G۸)	۰/۵۶	۰/۸۲	۰/۹۴	۰/۸۰
وضع قوانین و مقرارت بازار دیجیتال در روش تولید پراکنده برق با کاربرد بلاک چین (G۹)	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۶
درآمدزایی در روش تولید پراکنده برق با کاربرد بلاک چین (G۱۰)	۰/۵۱	۰/۷۸	۰/۹۴	۰/۷۶
امکان تولید اوراق بهادار مبتنی بر بلاک چین در بازار انرژی با روش تولید پراکنده برق (G۱۱)	۰/۴۷	۰/۷۳	۰/۹۴	۰/۷۲
کاربرد بلاک چین و سرمایه گذاری تجمعی در توسعه روش تولید پراکنده (G۱۲)	۰/۵۱	۰/۷۸	۰/۹۴	۰/۷۶

در ادامه پیشران‌های پژوهش که بعد از دیفازی شدن انتخاب گردیدند جهت رتبه بندی با تکنیک مارکوس مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرند. معیارها و گزینه هایی که بایستی در این مدل بررسی شوند در شکل ۸ در قالب مدل رتبه بندی پیشران های موثر در توسعه روش تولید پراکنده بر بستر بلاک چین ارایه شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]



شکل ۸. مدل رتبه بندی پیشران های موثر در توسعه روش تولید پراکنده

جهت شروع فرآیند پیشران ها را با معیارها و شاخص هایی مانند تحول آفرینی و اثرگذاری(S۱)، قابلیت اجرایی و کارآیی داشتن(S۲)، فناورانه بودن(S۳)، زمان بر و هزینه بر بودن(S٤) و متقاعد کنندگی جهت پیاده سازی و اجرای بلاک چین در حوزه انرژی(S۵) را در قالب پرسشنامه هایی در اختیار ۶ نفر از خبرگان قرار دادیم که نظرات خود را ابرای نمایند. نتایج نهایی نظرات خبرگان در جدول ۷.ارایه شده است.

جدول ۷. نتایج نهایی نظرات خبرگان

نتایج نهایی	s۱	s۲	s۳	s٤	s۵
G۱	۴/۶۷	۴/۸۳	۴/۱۷	۴/۸۳	۴/۱۷
G۲	۴/۱۷	۳/۸۳	۴/۱۷	۴/۱۷	۴/۵۰
G۳	۴/۱۷	۳/۸۳	۳/۱۷	۴/۱۷	۳/۸۳
G٤	۳/۸۳	۳/۸۳	۳/۱۷	۳/۸۳	۲/۸۳

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

G۵	۴/۵۰	۳/۱۷	۳/۸۳	۴/۱۷	۳/۱۷
G۶	۴/۱۷	۳/۱۷	۳/۸۳	۳/۸۳	۳/۱۷
G۷	۳/۸۳	۴/۱۷	۳/۱۷	۴/۸۳	۳/۸۳
G۸	۳/۸۳	۴/۱۷	۳/۱۷	۴/۱۷	۴/۶۷
G۹	۳/۱۷	۲/۸۳	۴/۱۷	۳/۶۷	۳/۸۳
G۱۰	۳/۶۷	۴/۸۳	۴/۶۷	۳/۵۰	۴/۸۳
G۱۱	۳/۸۳	۳/۶۷	۳/۸۳	۳/۸۳	۳/۱۷
G۱۲	۴/۸۳	۴/۶۷	۴/۶۷	۴/۶۷	۴/۸۳

پس از نهایی سازی نتایج نظرات خبرگان، آنها را با تعیین ایده آل(AI) و ضد ایده آل (AAI)مانند آنچه در جدول شماره ۸ آمده است، نرمال سازی می نماییم. و سپس با استفاده از نظرات خبرگان ، اوزان هریک از شاخص ها محاسبه و مانند جدول ۹ ارایه می نماییم.

جدول ۸. نرمال سازی داده ها

نرمال سازی	s۱	s۲	s۳	s٤	s۵
AAI	۰/۶۵۵۲	۰/۵۸۶۲	۰/۶۷۸۶	۰/۷۲۴۱	۰/۵۸۶۲
G۱	۰/۹۶۵۵	۱	۰/۸۹۲۹	۰/۷۲۴۱	۰/۸۶۲۱
G۲	۰/۸۶۲۱	۰/۷۹۳۱	۰/۸۹۲۹	۰/۸۴	۰/۹۳۱
G۳	۰/۸۶۲۱	۰/۷۹۳۱	۰/۶۷۸۶	۰/۸۴	۰/۷۹۳۱
G٤	۰/۷۹۳۱	۰/۷۹۳۱	۰/۶۷۸۶	۰/۹۱۳	۰/۵۸۶۲
G۵	۰/۹۳۱	۰/۶۵۵۲	۰/۸۲۱۴	۰/۸۴	۰/۶۵۵۲

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

G٦	۰/۸۶۲۱	۰/۶۵۵۲	۰/۸۲۱۴	۰/۹۱۳	۰/۶۵۵۲
G۷	۰/۷۹۳۱	۰/۸۶۲۱	۰/۶۷۸۶	۰/۷۲۴۱	۰/۷۹۳۱
G۸	۰/۷۹۳۱	۰/۸۶۲۱	۰/۶۷۸۶	۰/۸۴	۰/۹۶۵۵
G۹	۰/۶۵۵۲	۰/۵۸۶۲	۰/۸۹۲۹	۰/۹۵۴۵	۰/۷۹۳۱
G۱۰	۰/۷۵۸۶	۱	۱	۱	۱
G۱۱	۰/۷۹۳۱	۰/۷۵۸۶	۰/۸۲۱۴	۰/۹۱۳	۰/۶۵۵۲
G۱۲	۱	۰/۹۶۵۵	۱	۰/۷۵	۱
Al	۱	۱	۱	۱	۱

جدول ۹. اوزان محاسبه شده شاخص ها

W ←	۰/۱۸۳۳۳۳	۰/۲	۰/۲۳۳۳۳۳	۰/۲۱۶۶۶۷	۰/۱۶۶۶۶۷
وزن دار کردن	s۱	s۲	s۳	s٤	s٥
AAl	۰/۱۲۰۱	۰/۱۱۷۲	۰/۱۵۸۳	۰/۱۵۶۹	۰/۰۹۷۷
G۱	۰/۱۷۷	۰/۲	۰/۲۰۸۳	۰/۱۵۶۹	۰/۱۴۳۷
G۲	۰/۱۵۸	۰/۱۵۸۶	۰/۲۰۸۳	۰/۱۸۲	۰/۱۵۵۲
G۳	۰/۱۵۸	۰/۱۵۸۶	۰/۱۵۸۳	۰/۱۸۲	۰/۱۳۲۲
G٤	۰/۱۴۵۴	۰/۱۵۸۶	۰/۱۵۸۳	۰/۱۹۷۸	۰/۰۹۷۷
G٥	۰/۱۷۰۷	۰/۱۳۱	۰/۱۹۱۷	۰/۱۸۲	۰/۱۰۹۲

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

G٦	۰/۱۵۸	۰/۱۳۱	۰/۱۹۱۷	۰/۱۹۷۸	۰/۱۰۹۲
G۷	۰/۱۴۵۴	۰/۱۷۲۴	۰/۱۵۸۳	۰/۱۵۶۹	۰/۱۳۲۲
G۸	۰/۱۴۵۴	۰/۱۷۲۴	۰/۱۵۸۳	۰/۱۸۲	۰/۱۶۰۹
G۹	۰/۱۲۰۱	۰/۱۱۷۲	۰/۲۰۸۳	۰/۲۰۶۸	۰/۱۳۲۲
G۱۰	۰/۱۳۹۱	۰/۲	۰/۲۳۳۳	۰/۲۱۶۷	۰/۱۶۶۷
G۱۱	۰/۱۴۵۴	۰/۱۵۱۷	۰/۱۹۱۷	۰/۱۹۷۸	۰/۱۰۹۲
G۱۲	۰/۱۸۳۳	۰/۱۹۳۱	۰/۲۳۳۳	۰/۱۶۲۵	۰/۱۶۶۷
Al	۰/۱۸۳۳	۰/۲	۰/۲۳۳۳	۰/۲۱۶۷	۰/۱۶۶۷

پس از وزن دهی داده ها، درجه مطلوبیت گزینه و عملکرد آنها محاسبه شده و در جدول ۱۰ ارایه شده است.

جدول ۱۰. مطلوبیت گزینه ها و عملکرد

s	Si	K-	K+	F(k-)	F(K+)	**F(k)**
AAI	۰/٦٥۰۳					
G۱	۰/۸۸۵۹	۱/۳۶	۰/۸۸۵۹	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۷۰۵۲۱۴
G۲	۰/۸۶۲۲	۱/۳۳	۰/۸۶۲۲	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۸۶۳۱۱
G۳	۰/۷۸۹۲	۱/۲۱	۰/۷۸۹۲	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۲۸۲۱
G٤	۰/۷۵۷۹	۱/۱۷	۰/۷۵۷۹	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۰۳۲۹۴
G٥	۰/۷۸۴۶	۱/۲۱	۰/۷۸۴۶	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۲۴۵۵

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

G٦	۰/۷۸۷۸	۱/۲۱	۰/۷۸۷۸	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۲۷۰۸۳
G۷	۰/۷۶۵۲	۱/۱۸	۰/۷۶۵۲	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۰۹۱۴۲
G۸	۰/۸۱۹۱	۱/۲۶	۰/۸۱۹۱	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۵۱۹۹۹
G۹	۰/۷۸۴۷	۱/۲۱	۰/۷۸۴۷	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۲۴۶۳۴
G۱۰	۰/۹۵۵۷	۱/۴۷	۰/۹۵۵۷	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۷۶۰۷۹۸
G۱۱	۰/۷۹۵۸	۱/۲۲	۰/۷۹۵۸	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۳۳۴۸۸
G۱۲	۰/۹۳۸۹	۱/۴۴	۰/۹۳۸۹	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۷۴۷۴۱۷
AI	۱					

پس از تعیین درجه مطلوبیت گزینه ها، در نهایت رتبه و اولویت پیشران های اثرگذار در توسعه ی بلاک چین در تولید پراکنده ی برق با استفاده از تکنیک مارکوس در جدول ۱۱ ارایه گردیده است.

جدول شماره۱۱. عملکرد و رتبه بندی داده ها

اختصار	گزینه ها	عملکرد گزینه ها	رتبه بندی
G۱۰	درآمدزایی در روش تولید پراکنده برق با استفاده از بلاک چین	۰/۷۶	۱
G۱۲	سرمایه گذاری تجمعی با کاربرد بلاک چین جهت توسعه روش تولید پراکنده برق	۰/۷۵	۲
G۱	توسعه چارچوب های نظارتی و قانونی بلاک چین جهت توسعه روش تولید پراکنده	۰/۷۱	۳
G۲	ملاحظات امنیتی ساختار بلاک چین در تولید پراکنده انرژی	۰/۶۹	۴

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

G۸	استانداردهای موجود حوزه انرژی و تولید پراکنده در کاربرد بلاک چین	۰/۶۵	۵
G۱۱	اوراق بهادار در بستر بلاک چین جهت توسعه تولید پراکنده برق	۰/۶۳	۶
G۳	کاربرد بلاک چین جهت کارآمدتر شدن توزیع انرژی با روش تولید پراکنده برق	۰/۶۳	۷
G۶	ایجاد ریز شبکه های هوشمند از مولدهای پراکنده در بستر بلاک چین	۰/۶۳	۸
G۹	وضع قوانین و مقررات بازار دیجیتال انرژی در بستر بلاک چین	۰/۶۲	۹
G۵	توسعه روش تولید پراکنده مبتنی بر فرصت ها و چالش های بلاک چین	۰/۶۲	۱۰
G۷	تشویق به سرمایه گذاری در تولیدپراکنده برق در بستر بلاک چین	۰/۶۱	۱۱
G۴	توسعه کنتورهای هوشمند در شبکه انرژی با روش تولید پراکنده برق	۰/۶۰	۱۲

پیشران هایی که پس از اولویت بندی و نتیجه گیری در این تحقیق می توانند در توسعه روش تولید پراکنده انرژی با استفاده از فناوری بلاک چین موثر باشند در شکل ۹ ارایه شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

شکل۹. رتبه بندی پیشران های موثر در توسعه روش تولید پراکنده

۶. بحث و نتیجه‌گیری

از مطالعات صورت گرفته این نتیجه بدست می‌آید که تکنولوژی بلاک چین، مسیری ایمن و کارآمد جهت بازارهای سرمایه، امور مالی تجارت، معاملات همتا به همتا و مدیریت زنجیره تامین را فراهم آورد. بسیاری از مشاغل فناوری بلاک چین را در برخی ظرفیت ها به کار گرفته اند وبسیاری نیز قصد دارند در آینده روی بلاک چین سرمایه گذاری کنند و این حوزه در حال توسعه است. در مرحله اول این مقاله ، شناسایی و اولویت بندی پیشران‌های کلیدی اثرگذار در توسعه روش تولیدپراکنده انرژی با تمرکز بر قابلیت های فناوری بلاک‌چین است مد نظر قرار گرفت. تولیدپراکنده انرژی و توسعه مولدهای مقیاس کوچک علاوه بر افزایش توان ظرفیت تولید انرژبی کشور می تواند در توسعه مشاغل جدید و فراهم آوردن زمینه اشتغال را میسر نماید. این مشاغل در زمینه های مربوط به تولید انرژی، نگهداری و به روز رسانی تجهیزات، برنامه های توسعه ای حوزه فناوری بلاک چین می باشد. به منظور بدست آوردن دانش فنی و تسلط به این حوزه، پیشران‌های پژوهش از طریق مرور پیشینه های موجود در حوزه انرژی، تولید پراکنده، انرژی هوشمند و بلاک‌چین استخراج شد. به علت تعداد زیاد پیشران‌های تحقیق (۲۷ پیشران)، از روش دلفی فازی برای غربال پیشران‌های پژوهش استفاده شد. در

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

بین پیشران‌های پژوهش ۱۵ پیشران به علت اینکه عدد دیفازی مربوط به آن‌ها کمتر از حد آستانه(۰/۷) بود از محاسبات و تحلیل نهایی کنار گذاشته شدند. ۱۲ پیشران باقیمانده با بکارگیری تکنیک رتبه بندی مارکوس مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص نهایی و عملکرد مطلوب گزینه توسط تکنیک مارکوس که با نماد (Fk) نمایش داده می شود، استخراج گردید و نتیجه ای که بدست آمد، پیشران های توسعه تولید پراکنده انرژی در بستر بلاک چین را اولویت بندی نمود. در این تحقیق نکته قابل توجه بدست آمد که اگر تولید پراکنده انرژی بتواند درآمدزایی داشته باشد و با مشارکت حداکثر مردم در کنار ایجاد قوانین و مقررات دولتی چه در حوزه ساختار و چه در حوزه حمایتی همرا گردد با جهشی عظیم در تولید و رفع نیازهای انرژی همراه می گردد. بنابراین می‌توان با رویکرد آینده‌پژوهی، سناریوی مطلوب برای حوزه توسعه روش تولید پراکنده به منظور تامین برق مورد نیاز با تمرکز بر فناوری بلاک‌چین برنامه ریزی نمود.

۷. منابع :

Ahl, A., Yarime, M., Tanaka, K., & Sagawa, D. (۲۰۱۹). Review of blockchain-based distributed energy: Implications for institutional development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* ۱۰۷, ۲۰۰-۲۱۱.

Alaloul, W. S., Liew, M., Zawawi, N. A. W. A., & Kennedy, I. B. (۲۰۲۰). Industrial Revolution ٤,٠in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders. *Ain shams engineering journal,* ۱۱(۱), ۲۲۵-۲۳۰.

Amini, M. H. (۲۰۲۰). Decentralized operation of interdependent power and energy networks: blockchain and security *Blockchain-Based Smart Grids* (pp. ٦١-٧٣): Elsevier.

Belaïd, F., Al-Sarihi, A., & Al-Mestneer, R. (۲۰۲۳). Balancing climate mitigation and energy security goals amid converging global energy crises: The role of green investments. *Renewable Energy,* ۲۰۵, ٥٣٤-٥٤٢.

Che, Z., Wang, Y., Zhao, J., Qiang, Y., Ma, Y., & Liu, J. (۲۰۱۹). A distributed energy trading authentication mechanism based on a consortium blockchain. *Energies,* ۱۲(۱٥), ۲۸۷۸.

D'Oriano, L., Mastandrea, G., Rana, G., Raveduto, G., Croce, V., Verber, M., & Bertoncini, M. (۲۰۱۸). *Decentralized blockchain flexibility system for Smart Grids: Requirements engineering and use cases.* Paper presented at the ۲۰۱۸International IEEE Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

Dadios, E. P., Culaba, A. B., Albert, J. R. G., Paqueo, V. B., Orbeta, A. C., Serafica, R. B., . . . Bairan, J. C. A. C. (۲۰۱۸). *Preparing the Philippines for the fourth industrial revolution: A scoping study*. Retrieved from

Dehghani, M., Ghiasi, M., Niknam, T., Kavousi-Fard, A., Shasadeghi, M., Ghadimi, N., & Taghizadeh-Hesary, F. (۲۰۲۰). Blockchain-based securing of data exchange in a power transmission system considering congestion management and social welfare. *Sustainability,* ۱۳(۱), .۹۰

Dorri, A., Luo, F., Kanhere, S. S., Jurdak, R., & Dong, Z. Y. (۲۰۱۹). SPB: A secure private blockchain-based solution for distributed energy trading. *IEEE Communications Magazine,* ۵۷(۷), .۱۲۶-۱۲۰

Giulietti, M., Le Coq, C., Willems, B., & Anaya, K. (۲۰۱۹). *Smart consumers in the internet of energy: Flexibility markets and services from distributed energy resources*: Centre on Regulation in Europe asbl (CERRE).

Gorkhali, A., Li, L., & Shrestha, A. (۲۰۲۰). Blockchain: A literature review. *Journal of Management Analytics,* ۷(۳), .۳۴۳-۳۲۱

Hajizadeh, A., & Valliere, D. (۲۰۲۲). Entrepreneurial foresight: Discovery of future opportunities. *Futures,* ۱۳۵, .۱۰۲۸۷۶

Hou, J., Wang, C., & Luo, S. (۲۰۲۰). How to improve the competiveness of distributed energy resources in China with blockchain technology. *Technological Forecasting and Social Change,* ۱۵۱, .۱۱۹۷۴۴

Khorasany, M., Azuatalam, D., Glasgow, R., Liebman, A., & Razzaghi, R. (۲۰۲۰). Transactive energy market for energy management in microgrids: The monash microgrid case study. *Energies,* ۱۳(۸), .۲۰۱۰

Kimani, D., Adams, K., Attah-Boakye, R., Ullah, S., Frecknall-Hughes, J., & Kim, J. (۲۰۲۰). Blockchain, business and the fourth industrial revolution: Whence, whither, wherefore and how? *Technological Forecasting and Social Change,* ۱۶۱, .۱۲۰۲۵۴

Küfeoglu, S., Liu, G., Anaya, K., & Pollitt, M. (۲۰۱۹). Digitalisation and new business models in energy sector.

Kumar, N. M. (۲۰۱۸). Blockchain: Enabling wide range of services in distributed energy system. *Beni-Suef University journal of basic and applied sciences,* ۷(۴), .۷۰۴-۷۰۱

Kumar, N. M., Chand, A. A., Malvoni, M., Prasad, K. A., Mamun, K. A., Islam, F., & Chopra, S. S. (۲۰۲۰). Distributed energy resources and the application of AI, IoT, and blockchain in smart grids. *Energies,* ۱۳(۲۱), .۵۷۳۹

Li, W., He, M., & Haiquan, S. (۲۰۲۱). *An overview of blockchain technology: applications, challenges and future trends.* Paper presented at the ۲۰۲۱IEEE ۱۱th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication (ICEIEC) ۲۰۲۱IEEE ۱۱th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication (ICEIEC).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

Mathew, R., Mehbodniya, A., Ambalgi, A. P., Murali, M., Sahay, K. B., & Babu, D. V. (۲۰۲۲). In a virtual power plant, a blockchain-based decentralized power management solution for home distributed generation. *Sustainable Energy Technologies and Assessments,* ٤٩, .١٠١٧٣١

Mylrea, M., & Gourisetti, S. N. G. (۲۰۱۷). *Blockchain for smart grid resilience: Exchanging distributed energy at speed, scale and security.* Paper presented at the ۲۰۱۷ Resilience Week (RWS).

Osman, A. I., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., . . . Yap, P.-S. (۲۰۲۳). Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: a review. *Environmental Chemistry Letters,* ۲۱(۲), .٧٦٤-٧٤١

Pieroni, A., Scarpato, N., Di Nunzio, L., Fallucchi, F., & Raso, M. (۲۰۱۸). Smarter city: smart energy grid based on blockchain technology. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol,* ٨(١), .٣٠٦-٢٩٨

Schäfer, M. (۲۰۱۸). The fourth industrial revolution: How the EU can lead it. *European View,* ١٧(١), .١٢-٥

Schindler, J. W. (۲۰۱۷). FinTech and financial innovation: Drivers and depth.

Shuaib, K., Abdella, J. A., Sallabi, F., & Abdel-Hafez, M. (۲۰۱۸). *Using blockchains to secure distributed energy exchange.* Paper presented at the ٥ ۲۰۱۸th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT).

Tyagi, A. K., Dananjayan, S., Agarwal, D., & Thariq Ahmed, H. F. (۲۰۲۳). Blockchain—Internet of Things Applications: Opportunities and Challenges for Industry ٤،٠and Society ٥،٠. *Sensors,* ٢٣(٢), .٩٤٧

Valdivia, A. D., & Balcell, M. P. (۲۰۲۲). Connecting the grids: A review of blockchain governance in distributed energy transitions. *Energy Research & Social Science,* ٨٤, .١٠٢٣٨٣

Wang, H.-r., Feng, T.-t., & Xiong, W. (۲۰۲۲). How can the dynamic game be integrated into blockchain-based distributed energy resources multi-agent transactions for decision-making? *Energy,* ٢٥٤, .١٢٤٣١٨

Woo, J., Fatima, R., Kibert, C. J., Newman, R. E., Tian, Y., & Srinivasan, R. S. (۲۰۲۱). Applying blockchain technology for building energy performance measurement, reporting, and verification (MRV) and the carbon credit market: A review of the literature. *Building and Environment,* ٢٠٥, .١٠٨١٩٩

Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (۲۰۱۸). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International journal of financial research,* ٩(٢), .٩٥-٩٠

YAN, H., HUANG, B., & HONG, B. (۲۰۱۸). Distributed energy transaction pattern and block chain based architecture design. *DEStech Transactions on Environment, Energy and Earth Sciences,* .٢

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]

Yap, K. Y., Chin, H. H., & Klemeš, J. J. (۲۰۲۳). Blockchain technology for distributed generation: A review of current development, challenges and future prospect. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* ۱۷۵, .۱۱۳۱۷۰

Yeoh, P. (۲۰۱۷). Regulatory issues in blockchain technology. *Journal of Financial Regulation and Compliance*.

Zhao, Y., Peng, K., Xu, B., Liu, Y., Xiong, W., & Han, Y. (۲۰۱۹). Applied engineering programs of energy blockchain in US. *Energy Procedia,* ۱۵۸, .۲۷۹۳-۲۷۸۷

Zhu, S., Song, M., Lim, M. K., Wang, J., & Zhao, J. (۲۰۲۰). The development of energy blockchain and its implications for China's energy sector. *Resources Policy,* ٦٦, .۱۰۱۵۹۵

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-18]