Journal of Sustainable Energy Systems

Home Page: https://ses.ut.ac.ir

Research Paper

An overview of the applications of blockchain technology in energy markets

Alireza Ghadertootoonchi[1], Moein Moeini[2*], Aghtaie, Mehdi Davoudi[3], Morteza Aien[4]

[1] M.Sc. student, Department of Energy Engineering, Sharif University of Technology
[2] Assistant Professor, Department of Energy Engineering, Sharif University of Technology
[3] M.Sc. student, Department of Energy Engineering, Sharif University of Technology
[4] Assistant Professor, Department of Engineering, Vali-E-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received 06 November 2021
Revised 24 December 2021
Accepted 20 January 2022

Keywords:
Energy exchange
Energy market
Blockchain
Distributed energy
Business model

ABSTRACT

Blockchain technology has been introduced in recent years and its applications have been widely investigated. This technology is mostly known with digital currencies (removing intermediaries and reducing financial transaction fees), but it has other applications. The new technology can be used in various fields, including energy engineering. This is due to the fact that in many countries, the electricity supply system is transitioning from a centralized non-renewable state to a distributed renewable market one. Therefore, there is a need to use a settlement system that can make transactions in a short time, with low fees and without volume restrictions. This article is an overview of the activities that have been carried out using blockchain technology in the field of energy exchanges. The purpose of the study is to obtain business models of businesses active in this field and to consider their goals and prospects in using this technology in energy markets. The result of this study shows that the development of decentralized markets can lead to the support of renewable energy producers and reduce the barriers to participation in the energy market by making small exchanges easier.

Introduction

One of the applications of blockchain technology is to eliminate intermediaries and create a direct connection between supply side and demand in a market. In the traditional financial system, there has always been an intermediary between these two, in many cases this intermediary is a bank, which guarantees its income by receiving people's deposits and paying loans at a higher interest rate than the deposit. Today, almost all buying, selling and commercial activities are done on the intra-bank or inter-bank platforms and networks. In this system, transferring money from one country to another may take several days, and the bank also deducts part of the money as a fee. In fact, the main role of the bank is to create trust between the two sides of the exchange. The bank also takes its transaction fee from the transferred money.

However, the blockchain system has solved the problem of trust between the parties with the help of different consensus algorithms and smaller transaction fees. For this reason, the use of this technology has found wide applications not only in major markets, but also in small markets. For example, in the electric energy market without the use of blockchain, only wholesale markets are conceivable, but by considering this technology, the volume of transactions can be reduced to below 10 kilowatt hours of energy. This leads to an increase in the efficiency of the whole system. Consensus algorithms try to integrate the network and validate the transactions. An overview of the types of these algorithms along with the advantages and problems of using each one is given in studies [1], [2].

Albeit, currently not so many local energy markets are active, but taking into account the increasing trend of energy consumption [3] and the use of decentralized renewable energies, and attempts to reduce transmission losses, the electricity system has started moving towards the market. It should be noted that before making a decision for the widespread use of renewable energy, the risk related to different types of energy sources in this field should also be examined [4].

* Corresponding Author, Email: moeini@sharif.edu

Blockchain in energy system

As mentioned, blockchain technology can be used in the field of energy. Among these applications, the following can be mentioned [11]:

- Settlement system: this system can be used simply and without changing the current electricity structure, only to settle accounts between the supply and the demand.
- Buying and selling electricity: this system can be used to manage an electricity market.
- Other exchanges related to energy: blockchain can also be used to exchange other energy carriers such as heat or natural gas. In the field of environment, carbon and green certificates can be exchanged.
- Automation: with the help of this technology and using smart meters, or in general all kinds of sensors, along with smart contracts, settlement can be done completely automatically [16].
- Information transfer and smart network management: Since the blockchain is a decentralized ledger, it can be used as a data bank to manage the electricity network at the local or major level.
- Increasing network security: Blockchain is a safe and transparent system, which means that the origin and destination of each transaction and exchange is known.
- Sharing resources: Blockchain technology allows micro-resource owners to share their local resources, such as renewable energy and electric car batteries [17], which is a step towards increasing flexibility.

Conclusion

Due to its decentralized nature, blockchain can play an effective role in distributed energy production systems. Using the banking system for small and large transactions takes time and costs more. This problem is solved using blockchain technology. Blockchain can manage a large volume of transactions with low fees and high speed, and it has the ability to provide information to the market in encrypted form. The great advantage of the transparency and availability of information in this network is that by receiving and analyzing market data, one can use artificial intelligence methods to analyze and forecast the energy market, which leads to network management and creating a balance between supply and demand. will be in demand.

فصلنامهٔ سیستم‌های انرژی پایدار

سایت نشریه: https://ses.ut.ac.ir

مقالهٔ پژوهشی

مروری بر کاربردهای فناوری بلاک‌چین در توسعهٔ بازارهای انرژی

علیرضا قادرتوتونچی[۱]، معین معینی اقطاعی[۲*]، مهدی داوودی[۳]، مرتضی آیین[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشکدهٔ مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف

[۲] استادیار، دانشکدهٔ مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف

[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشکدهٔ مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف

[۴] استادیار، گروه مهندسی برق، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه ولی عصر(عج)، رفسنجان ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۰۹/۰۶

تاریخ بازنگری ۱۴۰۰/۱۰/۰۳

تاریخ تصویب ۱۴۰۰/۱۰/۳۰

کلیدواژه:

تبادل انرژی

بازار انرژی

بلاک‌چین

منابع پراکندهٔ انرژی

مدل تجاری

چکیده

فناوری بلاک‌چین طی سال‌های اخیر عرضه‌شده و کاربردهای آن به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است. این فناوری بیشتر با ارزهای دیجیتال (حذف واسطه‌ها و کاهش کارمزد تراکنش‌های مالی) شناخته می‌شود، ولی کاربردهای گستردهٔ دیگری نیز دارد. از توانایی‌های این فناوری جدید می‌توان در حوزه‌های مختلفی، از جمله مهندسی انرژی، استفاده کرد. از آنجا که امروزه در بسیاری از کشورهای جهان سیستم برق‌رسانی در حال گذار از حالت متمرکز غیر تجدیدپذیر به تولید پراکندهٔ تجدیدپذیر بازاری است، نیاز به استفاده از سیستم تسویه حسابی که بتواند مبادلات را در زمانی کوتاه، با کارمزد پایین و بدون محدودیت در حجم تبادلات انجام دهد، احساس می‌شود. این مقاله مروری بر فعالیت‌هایی است که با استفاده از فناوری بلاک‌چین در حوزهٔ مبادلات انرژی انجام شده است. هدف از مطالعه، به دست آوردن مدل‌های تجاری کسب‌وکارهای فعال در این حوزه و در نظر گرفتن اهداف و چشم‌انداز آن‌ها در استفاده از این فناوری در حوزهٔ بازار انرژی است. نتیجه این بررسی نشان می‌دهد توسعهٔ بازارهای پراکنده می‌تواند منجر به حمایت از تولیدکنندگان انرژی تجدیدپذیرشده و با آسان‌تر کردن تبادلات خرد، موانع مشارکت در بازار انرژی را کاهش دهد.

مقدمه

از جالب توجه‌ترین کاربردهای فناوری بلاک‌چین، حذف واسطه‌ها و ایجاد رابطهٔ مستقیم بین دو طرف عرضه و تقاضا در یک بازار است. در سیستم مالی سنتی همواره بین دو طرف عرضه و تقاضا، یک واسطه وجود داشته است. در بسیاری از موارد نام این واسطه بانک است که با دریافت سپردهٔ مردم و پرداخت وام با نرخ سود بالاتر از سپرده، درآمد خود را تضمین می‌کند. امروزه تقریباً تمام خرید و فروش و فعالیت‌های تجاری در بستر و شبکهٔ درون یا بین بانکی انجام می‌شود. در این سیستم انتقال پول از کشوری به کشور دیگر ممکن است چندین روز به طول بینجامد و بانک نیز بخشی از پول را به عنوان کارمزد کسر می‌کند. در واقع نقش اصلی بانک در این میان ایجادکنندهٔ اعتماد بین دو طرف مبادله است؛ به این صورت که فرد پرداخت‌کنندهٔ پول، به بانک اعتماد دارد و پول را در اختیار آن می‌گذارد تا انتقال داده شود، فرد دریافت‌کننده نیز به سبب اعتمادی که به سیستم بانکی دارد، بدون نگرانی اجازهٔ انتقال را می‌دهد و پول را دریافت می‌کند. بانک نیز برای ایجاد این اعتماد دستمزد خود را از پول منتقل‌شده برمی‌دارد.

با این‌وجود، سیستم بلاک‌چین به کمک الگوریتم‌های

* نویسندهٔ مسئول

Email: moeini@sharif.edu

اجماع[1] مختلف مشکل اعتماد بین طرفین را حل کرده است و برای ایجاد اعتماد پولی بسیار کمتر از بانک نیز طلب می‌کند. به همین دلیل، استفاده از این فناوری نه تنها در بازارهای عمده، که در بازارهای خرد نیز کاربردهای گسترده‌ای پیدا کرده است. به طور مثال، در بازار انرژی الکتریکی بدون استفادهٔ بلاک‌چین، تنها بازارهای عمده‌فروشی قابل تصور است، ولی با در نظر گرفتن این فناوری می‌توان حجم مبادلات را تا زیر ۱۰ کیلووات ساعت انرژی نیز کاهش داد که به دلیل نزدیک‌تر کردن بازار به شرایط رقابت کامل منجر به افزایش بازدهی کل سیستم می‌شود. الگوریتم‌های اجماع سعی در یکپارچه کردن شبکه و اعتبارسنجی تراکنش‌های انجام‌شده دارند. مروری بر انواع این الگوریتم‌ها به همراه مزایا و مشکلات استفاده از هر یک در مطالعات [۱ و ۲] آورده شده است.

البته در حال حاضر نمونه‌های زیادی از بازارهای محلی انرژی فعال نیستند، ولی با در نظر گرفتن روند افزایشی مصرف انرژی [۳] و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر که خاصیت پراکنده و غیرمتمرکز دارند و به جهت کاهش اتلاف‌های ناشی از انتقال، سیستم‌های برق‌رسانی حرکت به سمت این بازار را آغاز کرده‌اند. درخور یادآوری است پیش از تصمیم‌گیری برای استفادهٔ گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر باید ریسک مربوط به انواع مختلف منابع انرژی در این حوزه نیز مورد بررسی قرار گیرد [۴].

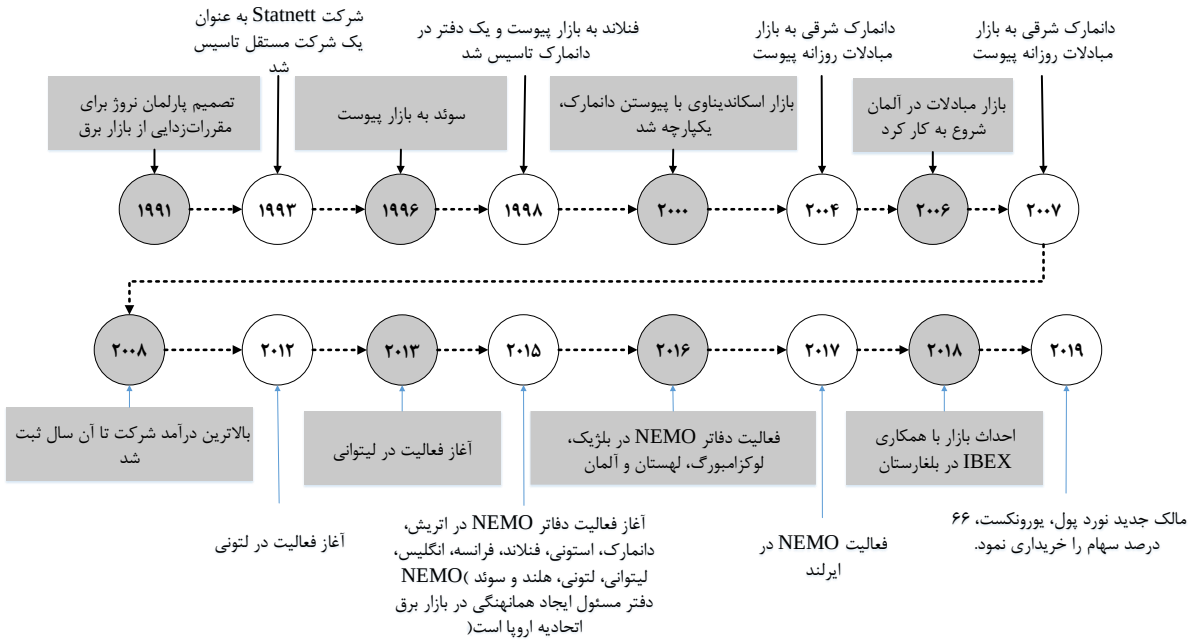
نمونه‌ای موفق از این مورد را می‌توان در بازار برق کشورهای اسکاندیناوی جست‌وجو کرد. بازار برق NordPool در ۱۹۹۱ با موافقت پارلمان نروژ برای مقررات‌زدایی از بازار برق، شروع به کار کرد [۵]. نتایج مطالعهٔ [۶] نشان می‌دهد با ایجاد بازار برق در نروژ، حجم سرمایه‌گذاری در شبکهٔ الکتریسیته از ۸ میلیارد کرون در سال ۱۹۷۹ به ۵ میلیارد کرون در سال ۲۰۰۲ رسیده که این مورد به علت افزایش بازدهی شبکهٔ انتقال توان و رقابتی شدن سیستم تبادلات است.

در سال ۱۹۹۳ شرکت Statnett به عنوان اپراتور مستقل شبکه که وظیفهٔ مدیریت شبکه در حضور بازار برق را به عهده داشت، ایجاد شد. بازار برق نروژ در ۱۹۹۶ گسترش پیدا کرد و کشور سوئد نیز به آن پیوست. بررسی‌های بعدی انجام‌شده توسط متخصصان سوئدی بیانگر این امر بود که پیوستن به بازار برق منجر به کاهش هزینه‌های شبکه به میزان ۱۱ میلیارد کرون سوئد، در هشت سال نخست اعمال اصلاحات، شده است [۷]. این بازار به دلیل کارایی زیادی که دارد توجه بسیاری از کشورهای ناحیه را به خود جلب کرد و تا سال ۲۰۱۹ کشورهای دانمارک، فنلاند، آلمان، اتریش، بلژیک، فرانسه، انگلستان، لتونی، لیتوانی، لهستان، هلند، لوکزامبورگ و بلغارستان به طور مستقیم یا غیر مستقیم وارد این بازار شدند. هم‌اکنون روند مقررات‌زدایی از بازار برق در بسیاری از کشورها ادامه دارد، ولی با این‌وجود براساس گزارش‌های بانک جهانی ایران در میان کشورهایی است که سهم بخش خصوصی از تولید برق آن کمتر از ۲۰ درصد است. این یعنی بیش از ۸۰ درصد عرضهٔ برق ایران در دست دولت است و سیستم برق همچنان به روش سنتی و عمودی اداره می‌شود [۸]. تاریخچهٔ این بازار در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل ۱ مشخص است، پس از تصمیم پارلمان نروژ برای مقررات‌زدایی از صنعت برق و دستور ایجاد بازار برق، این بازار رشد سریعی را تجربه کرده و در کمتر از یک دهه، تمام کشورهای ناحیهٔ اسکاندیناوی را پوشش داده است. سپس، طی دو دهه بعد، بسیاری از کشورهای اروپایی شروع به مشارکت با این بازار کرده‌اند.

در سیستم سنتی که در ایران نیز همچنان رایج است، تعدادی نیروگاه در مکان‌های مشخص و به صورت متمرکز به تولید برق می‌پردازند و سپس، برق که توسط دولت (و نه بازار) به صورت سالانه قیمت‌گذاری می‌شود، به دست مصرف‌کننده می‌رسد. عدم قیمت‌گذاری برق در بازار منجر به بسیاری از ناکارایی‌ها و تلفات در سیستم انرژی الکتریکی کشور می‌شود و می‌تواند از جمله دلایل عدم نفوذ انرژی‌های پاک در میان کاربران باشد.

البته در ایران بازار برق فعالیت دارد و تبادلات در حجم عمده انجام می‌گیرد، ولی بررسی شاخص‌های رقابتی بودن نشان می‌دهد این بازار از حالت رقابتی فاصلهٔ بسیاری دارد [۹]. با این‌حال، با توجه به روند جهانی مقررات‌زدایی از بازار برق که کارایی آن اثبات شده است، به نظر می‌رسد ایران نیز باید در این زمینه اقدامات جدی‌تری را انجام دهد، زیرا ایجاد امکان خرید و فروش برق منجر به ایجاد مشوق و انگیزه برای کاهش تلفات و در نتیجه، کاهش پول ازدست‌رفته و همچنین توسعهٔ استفادهٔ مفید از انرژی الکتریکی تولیدشده را به ارمغان خواهد آورد.

1. Consensus algorithm



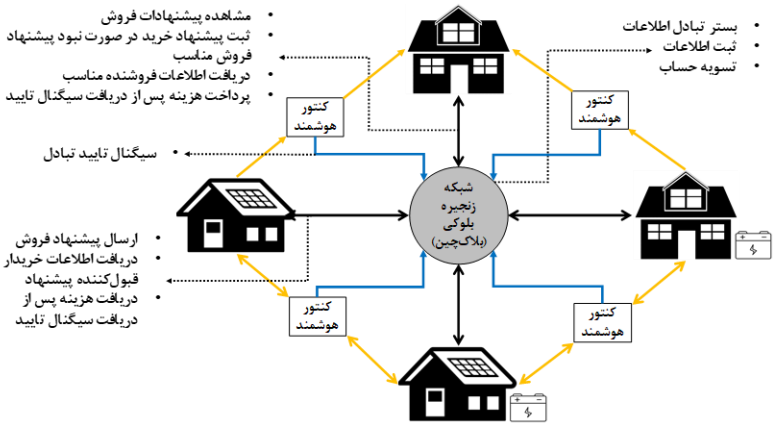
شکل ۱. خط زمانی بازار NordPool [۵]

نکته‌ای که در اینجا باید مد نظر قرار گیرد، این است که سیستم سنتی مبادلات مالی در مواجهه با تراکنش‌های کم‌حجم و پرتعداد عملکرد خوبی ندارد و ممکن است درصد بالایی از هزینهٔ انتقال‌یافته را به عنوان کارمزد کسر کند که توجیه‌پذیر نیست. بنابراین، استفاده از سیستم سنتی بانکی در حجم عمده خرید و فروش برق، ممکن است، ولی در حجم‌های خرد چند کیلوواتی منطقی به نظر نمی‌رسد. فناوری بلاک‌چین می‌تواند این مشکل را حل کند. از طرفی همان‌طور که اشاره شد، کاربرد فناوری یادشده فقط در مبادلات الکتریسیته نیست؛ بررسی‌های انجام‌شده توسط Fundera، که نهادی برای یافتن سرمایه‌گذار برای کسب‌وکارهای آمریکایی است، نشان می‌دهد بیش از ۲۳۰۰ مورد از کسب‌وکارها در ایالات متحدهٔ امریکا به سمت پذیرفتن بیت‌کوین برای ارائهٔ کالا و خدمات حرکت کرده‌اند [۱۰].

بلاک‌چین یک دفتر کل غیرمتمرکز است که اطلاعات هر تراکنش را با جزئیات ذخیره می‌کند و هزینهٔ تراکنش را در لحظه منتقل می‌کند، در حالی که بخش بسیار کمی از آن را به عنوان کارمزد کسر می‌کند (در برخی سیستم‌ها هیچ کارمزدی وجود ندارد). با توجه به این سه ویژگی استفاده از این فناوری به عنوان روشی نوین در تسویه حساب مطلوب به نظر می‌رسد. مزیت بزرگ دیگری که در استفاده از فناوری بلاک‌چین برای انجام مبادلات وجود دارد این است که می‌توان از قراردادهای هوشمند[1] استفاده کرد. قراردادهای هوشمند می‌توانند به صورت خودکار به گونه‌ای عمل کنند که به محض منتقل شدن برق از عرضه‌کنندهٔ انرژی به مصرف‌کننده، پول از مصرف‌کننده به عرضه‌کننده منتقل شود. در بسیار از برنامه‌های تجاری[2] شرکت‌هایی که در این گزارش مورد بررسی قرار می‌گیرند، چنین راهبردی در نظر گرفته شده است. البته تفاوت‌هایی در این بین وجود دارد که می‌تواند در شیوهٔ پرداخت و حوزهٔ فعالیت باشد که به‌تفصیل در نظر گرفته خواهد شد. شکل ۲ نمای کلی مبادلات بر پایهٔ قرارداد هوشمند را نشان می‌دهد.

در این مقاله در بخش دوم توضیحاتی دربارهٔ کاربردهای مختلف بلاک‌چین در حوزهٔ انرژی داده خواهد شد؛ سپس شرکت‌های مختلفی که در این حوزه فعالیت دارند دسته‌بندی شده و شیوهٔ فعالیت آن‌ها توضیح داده می‌شود. در بخش چهارم به بحث و جمع‌بندی دربارهٔ مدل‌های بررسی‌شده پرداخته شده و در نهایت، در بخش پنجم نتیجه‌گیری مطالعه آورده شده است.

1. Smart contracts
2. Business plan



شکل ۲. نمای کلی مبادلات بر پایهٔ زنجیرهٔ بلوکی

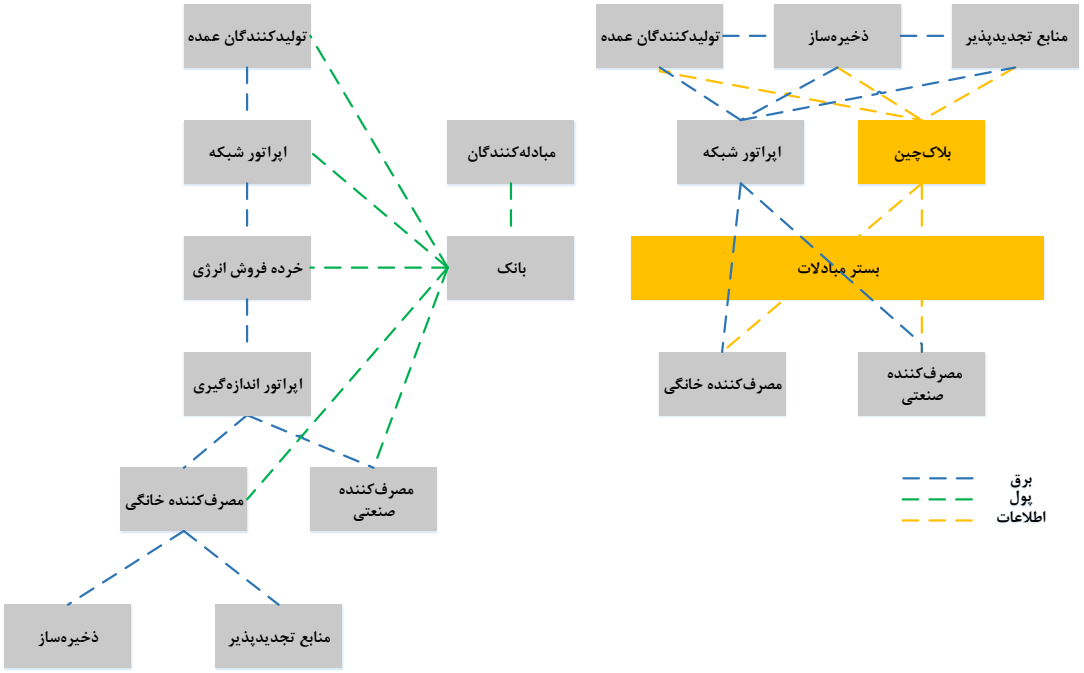
کاربردهای مختلف بلاک‌چین در حوزهٔ انرژی

همان‌طور که اشاره شد، از ویژگی‌های منحصربه‌فرد فناوری بلاکچین در حوزهٔ انرژی می‌تواند استفاده کرد. از جمله این کاربردها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۱۱]:

- سیستم تسویهٔ قبض: می‌توان به‌سادگی و بدون تغیر دادن ساختار برق کنونی، تنها برای تسویه حساب بین عرضه‌کننده و تقاضاکننده از این سیستم استفاده کرد.
- خرید و فروش برق: از این سیستم می‌توان برای مدیریت یک بازار برق در سطح محلی یا عمده نیز استفاده کرد. در این حالت می‌توان با پیش‌بینی تقاضای انرژی، راهکار بهینه برای تبادل انرژی را تعیین کرد [۱۲ و ۱۳]. در مطالعه‌ای که توسط [۱۴] انجام شده است، یک سیستم تولید برق خورشیدی با فرض مبادلهٔ مستقیم انرژی بهینه‌سازی شده است.
- سایر مبادلات مربوط به انرژی: برای مبادلهٔ سایر حامل‌های انرژی مثل گرما یا گاز طبیعی نیز می‌توان از بلاک‌چین استفاده کرد. در حوزهٔ محیط زیست می‌توان گواهی‌های کربن یا گواهی‌های سبز را مورد مبادله قرار داد. همچنین، از فناوری بلاک‌چین در حوزهٔ انرژی‌های فسیلی نیز می‌توان بهره برد. مطالعه [۱۵] که وضعیت استفاده از این فناوری در بخش نفت و گاز ایران را بررسی کردند، بیانگر این امر بود که حوزهٔ تجارت در سطح فروش به سایر شرکت‌های فعال، از سایر حوزه‌ها آمادگی بیشتری برای پذیرش این فناوری برخوردار است.
- اتوماسیون: به کمک این فناوری و با استفاده از کنتورهای هوشمند، یا به طور کلی انواع سنسورها، در کنار قراردادهای هوشمند، می‌توان تسویه حساب را کاملاً به صورت اتوماتیک انجام داد [۱۶].
- انتقال اطلاعات و مدیریت شبکهٔ هوشمند: از آنجا که بلاک‌چین یک دفتر کل غیرمتمرکز است می‌توان از آن به عنوان یک بانک داده برای مدیریت شبکهٔ برق در سطح محلی یا عمده نیز استفاده کرد.
- افزایش امنیت شبکه: بلاک‌چین یک سیستم امن و با شفافیت بالا است؛ به این معنا که مبدأ و مقصد تک‌تک تراکنش‌ها و مبادلات انجام‌شده به طور کامل مشخص است. همچنین، در صورت استفاده از این سیستم برای مدیریت شبکه، هویت افراد درگیر در مبادلات قابل شناسایی خواهد بود، بنابراین مشخص است که سهم هرکس در استفاده از شبکه و امکانات آن، یا آسیب‌های احتمالی چقدر است.
- به اشتراک گذاشتن منابع: فناوری بلاک‌چین این امکان را به دارندگان منابع خرد می‌دهد که با به‌اشتراک‌گذاری منابع محلی خود، مانند انرژی‌های تجدیدپذیر و باتری خودروهای الکتریکی [۱۷] گامی در راستای افزایش انعطاف‌پذیری و پایداری شبکه بردارند. در نتیجه این امر، هر دو طرف عرضه و تقاضا سود مناسبی را به دست می‌آورند، زیرا بازار به سمت رقابتی کامل

شدن گام برمی‌دارد. بنابراین تعرفه‌ها به ارزش واقعی انرژی مورد مبادله قرار گرفته نزدیک‌تر می‌شوند [۱۸ و ۱۹].

بنابراین، حوزهٔ استفاده از بلاک‌چین در انرژی دامنه‌ای گسترده را به خود اختصاص می‌دهد. شکل ۳، شیوهٔ مبادلات در سیستم انرژی بدون در نظر گرفتن بلاک‌چین (سیستم سنتی) و با در نظر گرفتن این فناوری را نشان می‌دهد.



شکل ۳. سیستم مبادلات در بازار انرژی بدون بلاک‌چین (چپ) و با بلاک‌چین (راست) [۱۱]

همان‌طور که از شکل ۳ مشخص است، تعداد جریان‌ها کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهد. در مقابل سیستم پرداخت مانند قبل به خوبی کار می‌کند. در این حالت یک بستر به عنوان بستر مبادله معرفی می‌شود که طرفین عرضه و تقاضا با مشارکت در آن به خرید و فروش انرژی می‌پردازند. یک بررسی جامع از وضعیت کنونی تبادلات الکتریسیته در مرجع [۲۰] آورده شده است. در این مطالعه نتیجهٔ گرفته‌شده بیان می‌کند که استفاده از روش همتا به همتا در مبادلات انرژی می‌تواند چالش‌هایی مثل ایجاد اعتماد در طرفین و نحوهٔ انتقال پول داشته باشد؛ با اینکه بلاک‌چین یک فناوری مناسب برای تسویه حساب است، اما در زمینهٔ ایجاد اعتماد باید فعالیت‌های بیشتری انجام شود. درخور یادآوری است، یکی از نمونه‌های استفاده از فناوری بلاک‌چین برای مبادلات انرژی، پروژه انجام شده در بروکلین ایالات متحده است [۲۱]. در این پروژه ساکنان و صاحبان کسب‌وکار در نیویورک که می‌خواهند در مبادلهٔ انرژی خورشیدی تولیدشده در محل سهیم باشند به مشارکت می‌پردازند. در یک سمت تولیدـ مصرف‌کنندگان[1] قرار دارند که برق خورشیدی مازاد خود را به فروش می‌رسانند و در سمت دیگر مصرف‌کنندگانی که تمایل به خرید برق خورشیدی دارند، برق را خریداری می‌کنند.

شرکت‌های فعال در حوزهٔ انرژی و بلاک‌چین

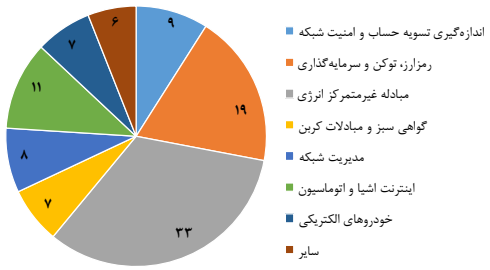
شرکت‌های فعال در این حوزه را می‌توان در ۸ گروه بزرگ دسته‌بندی کرد که عبارت از: ۱) تسویهٔ قبض و امنیت شبکه؛ ۲) رمزارزها، توکن‌ها و سرمایه‌گذاری؛ ۳) مبادلات انرژی پراکنده؛ ۴) گواهی‌های سبز و مبادلات کربن؛ ۵) مدیریت شبکه؛ ۶) اینترنت اشیا و اتوماسیون؛ ۷) خودروهای هوشمند و ۸) سایر فعالیت‌ها، هستند. در این بین، حدود یک سوم از شرکت‌های فعال در این زمینه، در حوزهٔ مبادلات انرژی در سطح کلان، خرد یا همتا به همتا فعالیت می‌کنند. حدود نیمی از این شرکت‌ها از بستر اتریوم برای

1. Prosumers

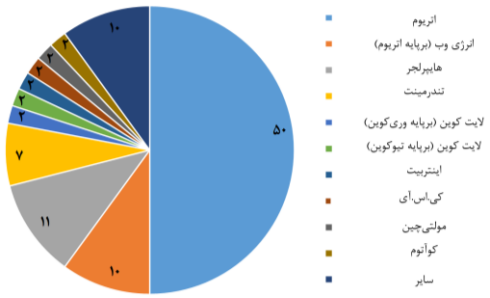
انجام مبادلات استفاده می‌کنند. شکل ۴ نشان‌دهندهٔ سهم شرکت‌های فعال در هر حوزه است؛ همچنین در پیوست ۱ لیستی از این شرکت‌ها آورده شده است [۱۱].

از آنجا که بسترهای مختلفی برای پیاده‌سازی راهکارهای بلاک‌چین وجود دارد، بررسی این مورد که شرکت‌ها و استارتاپ‌های فعال در این زمینه کدام بستر را ترجیح داده‌اند، می‌تواند به سایر فعالان دیدگاه خوبی نسبت به کاربردی بودن این بسترها بدهد. شکل ۵ بیانگر سهم هر بستر بلاک‌چین در فعالیت شرکت‌های این حوزه است.

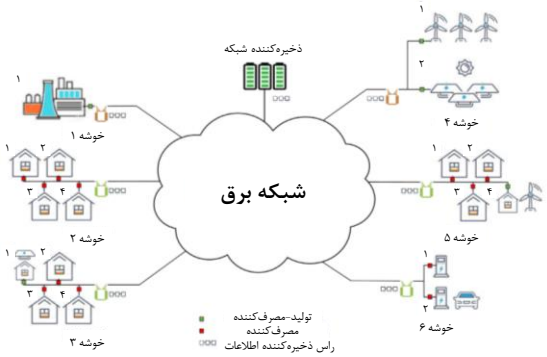
مطابق شکل ۵، نیمی از فعالیت‌های انجام‌گرفته در این زمینه به کمک بستر اتریوم انجام شده است. علت این امر این است که اتریوم نخستین بستری است که امکان استفاده از قراردادهای هوشمند به کمک نوشتن کد را فراهم کرد. همچنین، زبان برنامه‌نویسی اتریوم با آنکه با برخی پیچیدگی‌ها همراه است، اما قابلیتی را فراهم کرده است که بتوان به‌راحتی با شبکهٔ اتریوم رابطه برقرار کرد و شروط موجود در قرارداد را به صورت کد تنظیم کرد. این امر در کنار اینکه اتریوم جزء شناخته‌شده‌ترین بسترهای بلاک‌چین است، باعث شده است که استفاده از آن برای انواع پروژه‌ها و نه‌تنها پروژه‌های حوزه انرژی مطلوبیت داشته باشد. به طور مثال، شکل ۶ محل قرارگیری رئوس[1] در شبکهٔ برق را نشان می‌دهد.



شکل ۴. سهم شرکت‌های فعال در هر حوزهٔ مرتبط با کاربرد بلاک‌چین در مبادلات انرژی [۱۱]



شکل ۵. سهم هر بستر بلاک‌چین در فعالیت‌های انجام‌گرفته برای کاربرد بلاک‌چین در حوزهٔ انرژی [۱۱]



شکل ۶. محل قرارگیری رئوس ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات بلاک‌چین در یک شبکهٔ برق [۲۲]

1. Nodes

جدول ۱. شرکت‌های شاخص فعال در حوزهٔ بلاک‌چین و انرژی [۲۳]

زمینه	مزیت‌ها	پروژه‌های نمونه
مبادلات عمده انرژی	-کاهش هزینه‌های انتقال پول در بازار عمده فروشی انرژی	Enerchain (PONTON) Interbit (BTL)
مبادلات خرد انرژی	-کاهش هزینه مبادلات خرد -افزایش شفافیت مبادلات -امکان ورود و خروج آسان‌تر به بازار -افزایش تعداد انتخاب‌های مصرف‌کنندگان انرژی	Drift Grid+
مبادلات همتا به همتا	-کاهش فشار بر سیستم انتقال -افزایش منفعت اقتصادی -افزایش تعداد انتخاب‌های مصرف‌کنندگان انرژی	Brooklyn microgrid project (LO3 Energy) Jouliette (Alliander and Spectral) Verbund and Salzburg AG
خدمات افزایش انعطاف‌پذیری شبکه	-افزایش توانایی اپراتور انتقال انرژی در ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا	Tennet Electron
خودروهای الکتریکی	-افزایش توانایی اپراتور توزیع انرژی در مدیریت شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی	Share & Charge (Motionwerk) eMotorWerks
مدیریت و امنیت شبکه	-افزایش توانایی اپراتورهای مستقل انتقال و توزیع شبکه در مدیریت آن	Keyless Signature Infrastructure (Gaurdtime)
بازار مبادلات زیست محیطی	-افزایش بازدهی و شفافیت بازارهای مبادلات زیست محیطی	SolarCoin Idea Colab

در پایان این بخش و پس از بیان پتانسیل استفاده از فناوری بلاک‌چین در خدمات انرژی، شرکت‌های شاخص در این زمینه، که در گزارش Euroelectric به آن‌ها اشاره شده است [۲۳] در جدول ۱ آورده شده‌اند.

بحث و جمع‌بندی

از جمله چالش‌های استفاده از بلاک‌چین در سیستم انرژی و مبادلات این است که نیاز به یک زیرساخت مانند شبکه‌ای از دستگاه‌های دیجیتال و سنسورها و کنتورهای هوشمند است. همچنین، در زمان‌هایی که شرکت ایجادکننده بازار از توکن استفاده می‌کند، نااطمینانی نسبت به ارزش بلندمدت توکن در میان مصرف‌کنندگان ایجاد می‌شود که این مورد باید در نظر گرفته شود. با این‌حال اگر عملکرد بازار مناسب باشد و طرفین بازار مبنی بر ارزش آن به توافق برسند، این مشکل حل می‌شود که البته مکانیزم ایجاد اطمینان در بلندمدت خواهد بود.

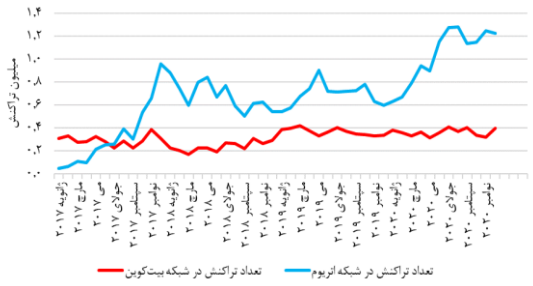
نکتهٔ دیگر که باید در این بخش مورد توجه قرار گیرد، الگوریتم اجماع استفاده شده و شبکه‌ای است که برای مبادلات در نظر گرفته شده است. این مهم می‌تواند در گزارشی دیگر مورد بررسی قرار گیرد، ولی برای روشن شدن موضوع باید اشاره کرد که در بسترهای مختلف (بیت‌کوین، اتریوم،...) نحوهٔ ایجاد اعتماد بین طرفین مبادله متفاوت است. برخی از این مکانیزم‌های ایجاد اعتماد می‌توانند خود به‌شدت انرژی‌بر باشند (مانند PoW[1] که برای بیت‌کوین استفاده می‌شود)؛ برخی دیگر مانند PoS[2] یا PoA[3]، مصرف انرژی پایین‌تری دارند، بررسی انواع مختلف الگوریتم‌های اجماع در مرجع [۲۴] آورده شده است. بنابراین، باید دقت شود از یک الگوریتم اجماع که خود می‌تواند یک مصرف‌کنندهٔ عمده انرژی باشد، برای مبادلات انرژی استفاده نشود، زیرا در این حالت چه بسا انرژی مصرف‌شده برای تبادل از انرژی مبادله‌شده بیشتر باشد. به طور مثال، برای انتقال ۱ کیلووات ساعت بر بستر شبکه بیش از ۱ کیلووات ساعت انرژی مصرف نشود.

نکتهٔ مهم دیگر توانایی شبکه در پردازش تراکنش‌ها است؛ شبکهٔ بیت‌کوین در هر ثانیه، بیشینه تعداد ۱۰ تراکنش را می‌تواند ثبت کند که برای مدیریت حجم بالای تراکنش‌ها در شبکه مناسب به نظر نمی‌رسد. این در حالی است که براساس آمار تعداد تراکنش‌هایی که در یک روز توسط شبکهٔ اتریوم مدیریت می‌شود، بسیار از بیت‌کوین بالاتر است. شکل ۷ نشان‌دهندهٔ میانگین تعداد تراکنش در یک روز در شبکه‌های رمزارزهای بیت کوین و اتریوم است. همان‌طور که از شکل ۷ مشخص است، تعداد تراکنش‌های روزانه در شبکهٔ بیت‌کوین تقریباً ثابت و در بازهٔ ۰/۲ تا ۰/۴ میلیون تراکنش است. علت این امر این است که در شبکهٔ بیت‌کوین مدت زمانی که طول می‌کشد تا یک بلاک

1. Proof of work
2. Proof od stake
3. Proof of authority

استخراج شود ۱۰ دقیقه است و این زمان، مستقل از توان استخراج شبکه، همواره ثابت است؛ زیرا سختی شبکه متناسب با توان استخراج شبکه افزایش پیدا می‌کند تا نتوان زمان ایجاد یک بلاک را به کمتر از ۱۰ دقیقه کاهش داد. در نتیجه از آنجاییکه یک تراکنش زمانی در شبکه بیت‌کوین ثبت می‌شود که وارد یک بلاک شود، استخراج هر بلاک حدود ۱۰ دقیقه به طول می‌انجامد، تعداد تراکنش‌های روزانه قابل انجام در این شبکه دارای محدودیت است.

همان‌طور که از نمودار ۷ مشخص است، تعداد تراکنش‌های روزانه در شبکهٔ بیت‌کوین به ۵۰۰ هزار نیز نمی‌رسد، در حالی که در شبکهٔ اتریوم این میزان به ۱ میلیون و ۲۵۰ هزار تراکنش در روز رسیده است. در نتیجه، انتخاب پلتفرم مناسب یکی از بخش‌های مهم ایجاد مبادلات انرژی بر بستر بلاک‌چین است.



شکل ۷. تعداد تراکنش در شبکهٔ بیت‌کوین و اتریوم [۲۵]

نتیجه‌گیری

بلاک‌چین به دلیل ماهیت غیرمتمرکزی که دارد، می‌تواند در سیستم‌های تولید انرژی پراکنده در آینده نقش مؤثری ایفا کند. دو مورد از اصلی‌ترین کاربردهای این فناوری در سیستم انرژی، ذخیرهٔ اطلاعات با جزئیات کامل و تسویه حساب آنی است. در مورد اول باید گفت که بلاک‌چین یک سیستم دفترکل توزیع شده است؛ به این معنا که اولین کاربرد بلاک‌چین استفاده از آن به عنوان یک بانک داده شفاف و ایمن در برابر صدمات مرسوم سیستم‌های دیجیتالی است. دومین مورد استفاده از این فناوری برای تسویه حساب پرداخت‌ها و مبادلات انجام‌شده است. این مهم در سیستم‌های مبادلاتی سنتی به عهدهٔ بانک است. با این‌حال، استفاده از سیستم بانکی برای تبادلات خرد و در تعداد بالا زمان‌بر بوده و هزینهٔ بیشتری دارد. این مشکل با استفاده از فناوری بلاک‌چین حل می‌شود. برای حل این مشکل در مبادلات می‌توان از سیستم بلاک‌چین استفاده کرد. بلاک‌چین می‌تواند با کارمزد بسیار کم و سرعت زیاد، حجم زیادی از مبادلات در یک بازه زمانی معین را مدیریت کند و این قابلیت را دارد که اطلاعات را به صورت رمزنگاری‌شده در اختیار همهٔ طرفین درگیر در بازار قرار دهد. مزیت بزرگ شفافیت و در دسترس بودن اطلاعات در این شبکه این است که با دریافت و تحلیل داده‌های بازار می‌توان با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی به تحلیل و پیش‌بینی بازار انرژی پرداخت که منجر به مدیریت شبکه و ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا خواهد بود.

منابع

[1]. N. Chaudhry and M. Yousaf, Consensus Algorithms in Blockchain: Comparative Analysis, Challenges and Opportunities. 2018.

[2]. M. S. Ferdous, M. Chowdhury, M. Hoque, and A. Colman, Blockchain Consensus Algorithms: A Survey. 2020.

[3]. A. Entezari, A. Aslani, R. Zahedi, and Y. Noorollahi, “Artificial intelligence and machine learning in energy systems: A bibliographic perspective,” Energy Strateg. Rev., vol. 45, p. 101017, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101017.

[4]. M. Izanloo, A. Aslani, and R. Zahedi, “Development of a Machine learning assessment method for renewable energy investment decision making,” Appl. Energy, vol. 327, p. 120096, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120096.

[5]. NordPool, “NordPool electricity market,” NordPool, 2021. .

[6]. T. Bye and E. Hope, “Deregulation of electricity markets—The Norwegian experience,” Econ. Polit. Wkly., vol. 40, pp. 5269–5278, Oct. 2005, doi: 10.2307/4417519.

[7]. S. Rodigari, “The reforms effect on consumer prices in the electricity sector in Sweden,” 2016.

[8]. S. Witte and A. Moreno, “Charting the Diffusion of Power Sector Reforms across the Developing World,” 2017.

[9]. M. Hajibashi et al., “Iran’s electricity market seasonal report,” Tehran, 2019.

[10]. M. Shepherd, “How Many Businesses Accept Bitcoin? Full List (2021),” Fundera, 2020. .

[11]. M. Andoni et al., “Blockchain technology in the energy sector : A systematic review of challenges and opportunities,” Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 100, no. February 2018, pp. 143–174, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2018.10.014.

[12]. M. M. Forootan, I. Larki, R. Zahedi, and A. Ahmadi, “Machine Learning and Deep Learning in Energy Systems: A Review,” Sustainability, vol. 14, no. 8. 2022, doi: 10.3390/su14084832.

[13]. A. Ghoshchi, R. Zahedi, Z. Pour, and A. Ahmadi, “Machine Learning Theory in Building Energy Modeling and Optimization: A Bibliometric Analysis,” Int. J. Green Energy, p. 4, Sep. 2022, doi: 10.53964/jmge.2022004.

[14]. S. Nguyen, W. Peng, P. Sokolowski, and D. Alahakoon, “Optimizing Rooftop Photovoltaic Distributed Generation with Battery Storage for Peer-to-Peer Energy Trading,” Appl. Energy, no. May 2019, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.07.042.

[15]. Ghodusinejad MH, Noorollahi Y, Zahedi R. Optimal site selection and sizing of solar EV charge stations. Journal of Energy Storage. 2022;56:105904.

[16]. H. Pourrahmani et al., “The applications of Internet of Things in the automotive industry: A review of the batteries, fuel cells, and engines,” Internet of Things, vol. 19, p. 100579, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100579.

[17]. R. Zahedi, M. hasan Ghodusinejad, A. Aslani, and C. Hachem-Vermette, “Modelling community-scale renewable energy and electric vehicle management for cold-climate regions using machine learning,” Energy Strateg. Rev., vol. 43, p. 100930, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100930.

[18]. C. Zhang, J. Wu, C. Long, and M. Cheng, “Review of Existing Peer-to-Peer Energy Trading Projects,” Energy Procedia, vol. 105, pp. 2563–2568, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.737.

[19]. C. Park and T. Yong, “Comparative review and discussion on P2P electricity trading,” Energy Procedia, vol. 128, pp. 3–9, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.003.

[20]. O. Abrishambaf, F. Lezama, P. Faria, and Z. Vale, “Towards transactive energy systems : An analysis on current trends,” Energy Strateg. Rev., vol. 26, p. 100418, 2019, doi: 10.1016/j.esr.2019.100418.

[21]. E. Mengelkamp, J. Gärttner, K. Rock, S. Kessler, L. Orsini, and C. Weinhardt, “Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid,” Appl. Energy, vol. 210, pp. 870–880, 2018, doi: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.054.

[22]. A. Agung, G. Agung, and R. Handayani, “Blockchain for smart grid,” J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci., no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.01.002.

[23]. M. N. Luke, S. J. Lee, Z. Pekarek, and A. Dimitrova, “Blockchain in Electricity : a Critical Review of Progress to Date,” 2018.

[24]. S. J. Alsunaidi and F. A. Alhaidari, “A Survey of Consensus Algorithms for Blockchain Technology,” in 2019 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS), Apr. 2019, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICCISci.2019.8716424.

[25]. Statista, “number of daily cryptocurrency transactions by type,” Statista, 2020.

پیوست ۱. لیست شرکت‌های فعال در حوزهٔ بلاک‌چین و انرژی

جدول ۱ پیوست ۱. شرکت‌های فعال در حوزهٔ بلاک‌چین و انرژی [۱۱]

شرکت و پروژه	حوزه فعالیت	بستر فعالیت	الگوریتم اجماع	مکان
4New	Cryptocurrencies, tokens & investment	-	-	انگلیس
Alastria	General purpose initiatives & consortia	-	-	اسپانیا
Alliander & Spectral Energy (Jouliette at De Ceuvel)	Decentralised energy trading	MultiChain	PoW	هلند
Alliander (Alva)	Decentralised energy trading	Ethereum	PoW	هلند
Alliander (Charge Ledger)	Electric e-mobility	Ethereum	PoW	هلند
Assetron Energy	Cryptocurrencies, tokens & investment	Waves	-	استرالیا
Bankymoon	Metering, billing & security	Ethereum	PoW	افریقای جنوبی
BAS Nederland	Metering, billing & security	-	-	هلند
BCDC (Blockchain Development Company)	Cryptocurrencies, tokens & investment	Ethereum	PoW	انگلیس
BCPG Group	Decentralised energy trading	-	-	تایلند
Bittwatt	Decentralised energy trading	Ethereum	-	رومانی
BLOC (EnergyBlock &Community Power)	Decentralised energy trading	-	-	دانمارک
Blockchain Futures Lab	General purpose initiatives	-	-	آمریکا
Blockchain Research Lab	General purpose initiatives	-	-	-
BlockLab	General purpose initiatives	-	-	هلند
Bouygues Immobilier & Stratumn	Decentralised energy trading	Proprietary	PoP	فرانسه
BTL	Decentralised energy trading	Interbit	BFT-based	کانادا و انگلیس
Car eWallet	Electric e-mobility	Hyperledger Fabric	Practical Byzantine Fault Tolerance	آلمان
CarbonX	Green certifcates& carbon trading	Ethereum	PoW	کانادا
CGI & Eneco	Metering, billing & security	Tendermint	Practical Byzantine Fault Tolerance	هلند
Clearwatts	Decentralised energy trading	BigchainDB (Tendermint-based)	Practical Byzantine Fault Tolerance	هلند
Conjoule	Decentralised energy trading	Ethereum	PoW	آلمان
CoSol	Decentralised energy trading	Ethereum	PoW	برزیل
DAISEE	IoT, smart devices, automation & asset management	Ethereum	PoW	فرانسه
Dajie	IoT, smart devices, automation & asset management	-	-	انگلیس
DAO IPCI (MITO)	Green certifcates& carbon trading	Ethereum	PoW	روسیه
Department of Energy, US	Metering, billing & security	KSI	-	آمریکا
Department of Energy, US	IoT, smart devices, automation & asset management	-	-	آمریکا
Divvi	Decentralised energy trading	Ethereum	PoW	استرالیا
Dooak	Cryptocurrencies, tokens & investment	Ethereum	PoW	برزیل
Drift	Decentralised energy trading	-	-	آمریکا
EcoCoin	Cryptocurrencies, tokens & investment	Hyperledger Fabric	Practical Byzantine Fault Tolerance	هلند
ElectriCChain (SolarCoin)	IoT, smart devices, automation & asset management	Bitseed, Chain of Things, Ethereum, Grid Singularity, IOTA and SolarCoin	-	آندورا
Electrify.Asia	Decentralised energy trading	Ethereum	-	سنگاپور
Electron	Metering, billing & security	Ethereum, Energy Web (Ethereum-based)	PoW, PoA	انگلیس
Electron	Grid management	Ethereum, Energy Web (Ethereum-based)	PoW, PoA	انگلیس

بلژیک	-	-	Metering, billing & security	Elegant
آمریکا	Pow	Ethereum	Electric e-mobility	eMotorwerks
اسپانیا	-	-	General purpose initiatives	Endesa Energia (Blockchain Lab)
آلمان	Practical Byzantine Fault Tolerance	Tendermint	Metering, billing & security	Enercity
ژاپن	-	-	Decentralised energy trading	Eneres
انگلیس	PoW	Ethereum	Cryptocurrencies, tokens & investment	Energi Mine
چین	Proof of Stake (public Qtum), Proof of Time & Raft agreement (consortium Qtum)	Qtum	Decentralised energy trading	Energo Labs
چین	Proof of Stake (public Qtum), Proof of Time & Raft agreement (consortium Qtum)	Qtum	Electric e-mobility	Energo Labs
هند	PoW	Ethereum	Decentralised energy trading	Energy Bazaar
سوییس	PoA	Energy Web (Ethereum-based)	General purpose initiatives	Energy Web Foundation
هلند	-	Quasar	Decentralised energy trading	Energy21 & Stedin
چین	Practical Byzantine Fault Tolerance	Hyperledger Fabric	Green certifcates& carbon trading	Energy-Blockchain Lab & IBM
بلژیک	-	-	Cryptocurrencies, tokens & investment	Enervalis (NRGCoin)
فرانسه	-	-	Metering, billing & security	Engie
آمریکا	Delegated Proof of Stake	Tendermint-based	Cryptocurrencies, tokens & investment	EnLedger
آلمان	Delegated Proof of Stake	Tendermint-based	Cryptocurrencies, tokens & investment	Envion
اتحادیه اروپا	-	-	General purpose initiatives	EU Blockchain Observatory and Forum
اتحادیه اروپا	-	-	General purpose initiatives	Eurelectric (Blockchain Discussion Platform)
آمریکا	-	-	Cryptocurrencies, tokens & investment	EverGreenCoin
استرالیا	PoW	Ethereum	Electric e-mobility	Everty
آمریکا	PoA	Energy Web (Ethereum-based)	Grid management	Evolve Power
امارات	PoW	Ethereum	Cryptocurrencies, tokens & investment	Farad
آمریکا	Proof of Elapsed Time	Proprietary, Hyperledger Sawtooth	Grid management	Filament
آمریکا	Proof of Elapsed Time	Proprietary, Hyperledger Sawtooth	IoT, smart devices, automation & asset management	Filament
فنلاند	-	-	IoT, smart devices, automation & asset management	Fortum
آلمان	PoA	Energy Web (Ethereum-based)	IoT, smart devices, automation & asset management	Freeelio (AdptEVE)
آلمان	-	-	Cryptocurrencies, tokens & investment	Green Energy Walle
انگلیس	PoA	Energy Web (Ethereum-based)	IoT, smart devices, automation & asset management	Green Running (Verv)
انگلیس	PoA	Energy Web (Ethereum-based)	Decentralised energy trading	Green Running (Verv)
استرالیا	PoA	Energy Web (Ethereum-based)	Green certifcates& carbon trading	Grid Singularity
استرالیا	PoA	Energy Web (Ethereum-based)	Grid management	Grid Singularity
آمریکا	PoW	Ethereum	Decentralised energy trading	Grid+
آلمان	PoW	Ethereum	Cryptocurrencies, tokens & investment	Grünstromjeton
سوییس	PoW	Ethereum	Decentralised energy trading	Hive Power
استرالیا	-	-	Cryptocurrencies, tokens & investment	HydroMiner
آمریکا	Practical Byzantine Fault Tolerance, Proof of Elapsed Time	Hyperledger Fabric, Hyperledger Sawtooth	General purpose initiatives	IBM & Linux Foundation (Hyperledger)

آمریکا	PoW	Ethereum	Cryptocurrencies, tokens & investment	ImpactPPA
آلمان	PoW, PoA	Ethereum, Energy Web (Ethereum-based)	Electric e-mobility	Innogy Motionwerk (Share&Charge)
آمریکا	-	KSI	IoT, smart devices, automation & asset management	Intrinsic ID & Guardtime
فرانسه	PoW	Ethereum	Cryptocurrencies, tokens & investment	Inuk
ژاپن	PoW	Ethereum	Decentralised energy trading	KEPCO
آمریکا	Practical Byzantine Fault Tolerance	Tendermint, Proprietary	Decentralised energy trading	LO3 Energy
آمریکا	PoW	Ethereum	Cryptocurrencies, tokens & investment	Local-e
ژاپن	Practical Byzantine Fault Tolerance	Hyperledger Fabric	Metering, billing & security	Marubeni (Coincheck Denki)
دانمارک	-	-	Metering, billing & security	M-PAYG
سوییس	PoW	Ethereum	Cryptocurrencies, tokens & investment	MyBit
آمریکا	Federated Byzantine Agreement	Chain	Green certifcates& carbon trading	Nasdaq New York Linq
آلمان	-	Ethereum	IoT, smart devices, automation & asset management	Oli
آمریکا	-	-	Decentralised energy trading	OMEGAGrid
هلند	PoW	Ethereum	Decentralised energy tradingGrid management	OneUp
انگلیس	-	-		OurPower (CEDISON)
آلمان	PoW	Ethereum	Decentralised energy trading	Oursolargrid & ITP
آمریکا	PoW	Ethereum	Electric e-mobility	Oxygen Initiative
کانادا	-	-	Decentralised energy trading	PetroBloq
سنگاپور	-	-	Decentralised energy trading	Platinum Energy Recovery
آلمان	Practical Byzantine Fault Tolerance	Tendermint	Decentralised energy trading	PONTON (EnerChain)
آلمان	Practical Byzantine Fault Tolerance	Tendermint	Grid management	PONTON (GridChain)
سوییس	Federated Byzantine Agreement	Stellar	Green certifcates& carbon trading	Poseidon
استرالیا	PoW	Ethereum	Decentralised energy trading	Power Ledger (EcoChain)
استرالیا	PoW	Ethereum	IoT, smart devices, automation & asset management	Power Ledger
استرالیا	PoW	Ethereum	Electric e-mobility	Power Ledger
استرالیا	PoW	Ethereum	Green certifcates& carbon trading	Power Ledger
استرالیا	PoW	Ethereum	Grid management	Power Ledger
سوییس	-	-	Decentralised energy trading	Power-ID
سوییس	-	Proprietary	Metering, billing & security	PROSUME
سوییس	-	Proprietary	Cryptocurrencies, tokens & investment	PROSUME
سوییس	-	Proprietary	Decentralised energy trading	PROSUME
سوییس	-	Proprietary	Grid management	PROSUME
سوییس	-	Proprietary	Electric e-mobility	PROSUME
آمریکا	-	-	Cryptocurrencies, tokens & investment	PRTI
اسپانیا	PoC	Pylon Coin CORE (LiteCoin&CREAtivecoin-based)	Metering, billing & security	Pylon Network
اسپانیا	-	-	Decentralised energy trading	Pylon Network
رومانی	PoC	Pylon Coin CORE (LiteCoin&CREAtivecoin-based)	Decentralised energy trading	Restart Energy
آلمان	PoW, PoA	Ethereum, Energy Web (Ethereum-based)	IoT, smart devices, automation & asset management	Slock.it
آلمان	PoW, PoA	Ethereum, Energy Web (Ethereum-based)	Electric e-mobility	Slock.it
سنگاپور	Web of trust	Skycoin	Decentralised energy trading	Solar bankers (SunCoin)
آندورا	PoS time	SolarCoin (LiteCoin&Vericoin-based)	Cryptocurrencies, tokens & investment	SolarChange (SolarCoin)

انگلیس	-	-	Grid management	SP Energy Networks, SSEN, SP Distribution, SP Manweb & UK Power Networks
هلند	PoW	MultiChain	Decentralised energy trading	Spectral Energy
آلمان	PoA	Fury Network	Decentralised energy trading	StromDAO
فرانسه	Practical Byzantine Fault Tolerance	Hyperledger Fabric	Metering, billing & security	SunChain (TECSOL & Enedis)
اسلوونی	-	-	Decentralised energy trading	SunContract
کره جنوبی	-	-	IoT, smart devices, automation & asset management	Swytch
روسیه	-	-	IoT, smart devices, automation & asset management	Tavrida Electric
هلند	Practical Byzantine Fault Tolerance	Hyperledger Fabric	Grid management	Tennet & Sonnen
هلند	Practical Byzantine Fault Tolerance	Hyperledger Fabric	Grid management	Tennet & Vandenbron
آفریقای جنوبی	PoW	Ethereum	Cryptocurrencies, tokens & investment	The Sun Exchange
هلند	-	-	Decentralised energy trading	ToBlockChain
بلژیک	-	-	Decentralised energy trading	toomuch.energy
انگلیس	-	-	Decentralised energy trading	VAKT & partners (including BP, Shell & Statoil)
هلند	-	-	Decentralised energy trading	Vattenfall (Powerpeers)
نیوزلند	PoW	Ethereum	Decentralised energy trading	Vector Energy (EcoChain)
هنگ کنگ	PoW	Ethereum	Green certifcates& carbon trading	Veridium Labs
آمریکا	PoW	Ethereum	Decentralised energy trading	Volts Markets
آمریکا	PoW	Ethereum	Green certifcates& carbon trading	Volts Markets
چین	PoW	Ethereum	IoT, smart devices, automation & asset management	Wanxiang
جبل‌الطارق	PoW	Ethereum	Cryptocurrencies, tokens & investment	WePower
استرالیا	-	Interbit	Decentralised energy trading	Wien Energie
فنلاند	PoA	Energy Web (Ethereum-based)	IoT, smart devices, automation & asset management	Wirepas
آلمان	-	-	Decentralised energy trading	Wuppertal Stadtwerke (Tal.Markt)
سنگاپور	-	Proprietary	Cryptocurrencies, tokens & investment	XinFin