نوع مقاله: **پژوهشی**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵
صفحه: ۲۱۷ الی ۲۴۰

International Legal Research
تحقیقات حقوقی بین المللی

Volume 15, Issue 57, Autumn 2022

Received: 2022/05/01
Date of Acceptance: 2022/07/16
Pages: 197-220

System: alr.ctb.ac.ir doi: 10.30495/ALR.2022.1940972.2174 Article Type: **Research**

دوره ۱۵ / شماره ۵۷ / پاییز ۱۴۰۱

The impact of blockchain technology on the role of consumers in the electricity system in the electricity legal system of Iran and the uropean Union

mohmmad taqi Rafiei✉[1], Vahid Nazarian[2]

Abstract

Field and Aims: One of the most important legal issues in the electricity supply chain is how to activate consumers who start producing electricity in the electricity market. At the time of writing, the presence and activity of electricity consumers in the Iranian electricity market has been very passive. Because their role as independent market participants has been flawed or not facilitated. How Blockchain technology can help customers in the lowest position in the electricity supply chain in Iran to have an active presence in the electricity sector as independent market participants? What legal and political consequences will follow the application of blockchain technology in the electricity industry in the country?

Method: This research has studied the relevant sources and collected information by descriptive-analytical method.

Finding and Conclusion: Using emerging technologies such as Blockchain, which uses a peer-to-peer trading method, in addition to activating consumers in the electricity market, the idea of creating an electricity market with the presence of consumers can be pursued. Transactions are now facilitated by third parties, suppliers, and system operators whose primary task is to collect and centralize information about cargo and the production and contracting of supply and distribution services. Instead, blockchain technology provides new ways to organize decentralized people without the immediate need for an intermediary. The experiment and implementation of blockchain technology in many fields necessitate the needfor applicable policies and regulations. This article shows the gaps in this field with an evaluation of the past. The use of this technology requires legislation in order to validate these technologies, regulation in this field in order to implement emerging technologies, and executive policies in order to install and use these technologies by executive bodies.

Keywords: Electricity, Smart grid, Peer-to-peer, Blockchain, Consumer.

❋Citation (APA): Rafiei, M., Nazarian, V. (2022). The impact of blockchain technology on the role of consumers in the electricity system in the electricity legal system of Iran and the uropean Union. International Legal Research, 15(57), 197-220.
https://alr.ctb.iau.ir/article_692889.html?lang=en

---

1. Associate Professor of Farabi School, University of Tehran, Qom, Iran. (Author).
Email: Rafiei@ut.ac.ir
2. PhD student in Oil and Gas Law, Farabi School, University of Tehran, Qom, Iran.
Email: Nazarianvahid@ut.ac.ir

CC BY-NC-SA

Volume 15, Issue 57, Autumn 2022

Received: 2022/05/01
Date of Acceptance: 2022/07/16
Pages: 197-220

تحقیقات حقوقی بین المللی
International Legal Research

نوع مقاله: **پژوهشی**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵
صفحه: ۱۹۷ الی ۲۲۰

Article Type: **Research**

doi: 10.30495/ALR.2022.1940972.2174 **سامانه:** alr.ctb.ac.ir

دوره ۱۵ / شماره ۵۷ / پاییز ۱۴۰۱

تأثیر فناوری بلاک‌چین بر نقش مصرف‌کنندگان در زنجیره تأمین برق در نظام حقوقی ایران و اتحادیه اروپا

محمدتقی رفیعی ✉[۱]، وحید نظریان[۲]

چکیده

زمینه و هدف: یکی از موضوعات مهم حقوقی در زنجیره تأمین برق، این است که چگونه می‌توان مصرف‌کنندگانی که شروع به تولید برق می‌کنند در بازار برق فعال کرد. چراکه نقش آن‌ها به‌عنوان شرکت‌کنندگان مستقل در بازار، همراه با اشکال بوده یا این امر تسهیل نشده است؛ چگونه فناوری بلاک‌چین می‌تواند به مشتریان که در زنجیره تأمین برق در ایران در پایین‌ترین جایگاه قرار دارند، کمک کند تا به‌عنوان شرکت‌کنندگان مستقل در بازار در بخش برق حضور فعالی داشته باشند؟ به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین در صنعت برق چه پیامدهای عمیق حقوقی و سیاسی در کشور به دنبال خواهد داشت؟

روش: این پژوهش با روش توصیفی – تحلیلی به مطالعه منابع مرتبط با موضوع و گردآوری اطلاعات پرداخته است.

یافته‌ها و نتایج: : با استفاده از فناوری‌های نوظهور همانند بلاک‌چین که از روش معاملات همتا به همتا استفاده می‌کند، علاوه بر فعال کردن مصرف‌کنندگان در بازار برق می‌توان ایده ایجاد بازار برق با حضور مصرف‌کنندگان را دنبال کرد. در حال حاضر معاملات توسط اشخاص ثالث، تأمین‌کنندگان و اپراتورهای سیستم که وظیفه اصلی آن‌ها گردآوری و هماهنگی متمرکز اطلاعات در مورد پارها و تولید و قرارداد خدمات تأمین و توزیع است، تسهیل می‌شود. در عوض فناوری بلاک‌چین راه‌های جدیدی را برای سازمان‌دهی افراد غیرمتمرکز بدون نیاز فوری به یک‌نهاد واسطه امکان‌پذیر می‌سازد. استفاده از این فناوری نیازمند سیاست‌گذاری تقنینی در جهت اعتبار سنجی این فناوری‌ها، سیاست‌گذاری تقنینی به‌منظور پیاده‌سازی فناوری‌ها نوظهور و سیاست‌گذاری اجرای در جهت نصب و به‌کارگیری این فناوری‌ها توسط دستگاه‌های اجرایی است.

کلیدواژه‌ها: برق، بلاک‌چین، همتا به همتا، مصرف‌کننده، شبکه هوشمند.

❋ استناددهی (APA): رفیعی، محمدتقی؛ ناطریان، وحید. (۱۴۰۱). تأثیر فناوری بلاک‌چین بر نقش مصرف‌کنندگان در زنجیره تأمین برق در نظام حقوقی ایران و اتحادیه اروپا. *تحقیقات حقوقی بین‌المللی*، ۱۵(۵۷)، ۲۲۰-۱۹۷.
https://alr.ctb.iau.ir/article_692889.html

۱. دانشیار دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران. (نویسنده مسئول). رایانامه: Rafiei@ut.ac.ir
۲. دانشجوی دکتری تخصصی حقوق نفت و گاز، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران.
رایانامه: Nazarianvahid@ut.ac.ir

CC BY-NC-SA

مقدمه

زنجیره تأمین[1] و صنعت برق یکی از آن سیستم‌های پراکنده و پیچیده هستند که نوید بزرگی را برای سازگاری با بلاک‌چین ارائه می‌دهند. انتظار می‌رود که ادغام بلاک‌چین و زنجیره تأمین، با نوآوری‌های زنجیره تأمین دیجیتال، پیشرفت‌های راه‌حل‌های بلاک‌چین سازمانی، اینترنت اشیا[2] و اجرای استراتژی‌های ملی به کانون‌های تحقیقاتی جدیدی تبدیل شوند (لی[3] و همکاران، ۲۰۱۹: ۲۳).

این فناوری نه‌تنها می‌تواند بر موانع موجود در زنجیره تأمین برق و اختلافات بین طرفین به خاطر هزینه‌های متحمل شده غیرمنتظره با دیجیتالی کردن ابزارها و پرداخت‌های همکاری همتا به همتا[4] غلبه کند، همچنین این قابلیت را دارد با فراهم کردن دسترسی آسان به خدمات و زیرساخت‌ها برای همه مشاغل، تجارت را گسترش دهد (چوی[5] و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۷۸).

در صنعت برق بیش از نیم‌قرن حضور مستقیم دولت در زنجیره‌ی تأمین برق و دخالت‌های گسترده آن، آثار عمیقی از خود برجای گذاشته است. قریب به سه دهه از حیات مباحثی مانند تجدید ساختار و توسعه رقابت در صنعت برق می‌گذرد، در ایران نیز با گنجاندن قواعدی در برنامه‌های سوم و چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی به‌منظور تسهیل رقابت و جلوگیری از شکل‌گیری انحصار، تنفیذ سیاست‌های کلی اصل چهل و چهارم قانون اساسی توسط مقام معظم رهبری را می‌توان ازجمله مؤثرترین اصلاحات قانونی بر صنعت برق دانست. با توجه به فضای اقتصادی کشور و ابلاغ سیاست‌های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی مبنی برافزایش واگذاری فعالیت‌های اقتصادی دولت، جامعه امروز ایران نیازمند کارآیی هر چه بیشتر این نهاد در بازار برق است تا از این طریق بتواند با گسترش فضای رقابت در اقتصاد و مقابله با رویه‌های نامتعارف تجاری در فضای بازار، بسترهای لازم جهت افزایش بهره‌وری در تولید و مدیریت مصرف و درنهایت افزایش رفاه اجتماعی را فراهم آورد (فقیه عبداللهی و مؤذنی، ۱۳۹۷: ۱۹۴).

تمرکز این مقاله بر جست‌وجوی این موضوع است که چگونه فناوری بلاک‌چین به‌طور بالقوه نقش مصرف‌کنندگان را در زنجیره تأمین برق تغییر می‌دهد، کسانی که تاکنون در انتهای زنجیره تأمین به طورعمده منفعل بوده‌اند. هدف این مقاله شناسایی پیامدهای اصلی سیاسی برای یک چارچوب قانونی است که کاربردهای فناوری بلاک چین در بخش برق را فعال می کند.

---

1. Supply Chain
2. Internet of Things (IoT)
3. Li, X

۴. Peer-to-Peer همتا به همتا به این معنا است که کاربران مستقیما بدون وجود واسطه با یکدیگر در تعامل هستند. فناوری بلاک‌چین راه های جدیدی را برای سازمان دهی افراد غیر متمرکز بدون نیاز فوری به یک نهاد ارتباطی مرکزی امکان پذیر می سازد. اغلب فناوری بلاک چین برای ردیابی تراکنش ها استفاده و به همین دلیل به عنوان فناوری دفتر کل شناخته می شود.

5. Choi

این مقاله درصدد تجزیه‌وتحلیل این سؤال است که پیامدهای سیاسی به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین در بخش برق ایران و نقش مصرف‌کنندگان چیست؟ همان‌طور که کاربرد فناوری بلاک‌چین در بخش برق در حال ظهور است و سؤالات از دیدگاه حقوق انرژی در این مقاله به‌سختی موردبررسی قرارگرفته است، یک رویکرد اکتشافی از منظر چالش‌های حقوقی و سیاسی با در نظر گرفتن به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین بخش برق ایران ارائه می‌دهد.

برای پاسخگویی به سؤال پژوهش، ایده و عملکرد فناوری بلاک‌چین و موارد اولیه به‌کارگیری این فناوری در بخش برق به‌طورکلی تشریح می‌گردد، سپس ساختارهای حاکمیتی نوظهور را در مقابل قوانین فعلی بخش برق ایران قرار می‌دهد. در ادامه مقاله پیامدهای سیاسی چارچوب قانونی برای فناوری بلاک‌چین در بخش برق را با در نظر گرفتن تغییر نقش مصرف‌کنندگان و شناسایی موضوعاتی برای تحقیقات بیشتر در زمینه حقوق انرژی را استنباط می‌کند.

۱. طرح کلی چارچوب قانونی بخش برق در ایران

تحولات ساختار صنعت برق در ایران به چهار دوره تقسیم می‌شود: دوره اول، دوره فعالیت بخش خصوصی (۱۲۸۰– ۱۳۱۵) است در این دوره خرید، راه‌اندازی، مالکیت و مدیریت صنعت برق توسط اشخاص و بخش خصوصی صورت می‌گرفت و نظارت و نرخ‌گذاری توسط شهرداری‌ها و وزارت کشور انجام می‌شد. دوره دوم، دوره فعالیت موازی بخش‌های خصوصی و عمومی (۱۳۱۶– ۱۳۴۰) است که توسعه و گسترش شهرنشینی منجر به احداث و فعالیت تولید برق توسط بخش‌های عمومی و شهرداری‌ها شد. دوره سوم، دوره گرایش به تمرکز و فعالیت بخش عمومی و دولتی (۱۳۴۱– ۱۳۶۸) است و دوره چهارم (بعد از ۱۳۶۸) دوره گرایش به عدم تمرکز، تجدید ساختار و خصوصی‌سازی است که در این دوره کاهش وظایف تصدی در صنعت برق آغاز شد (دشت بزرگ، علی‌آبادی، ۱۳۹۳: ۳). بنابراین به نظر می‌رسد نقطه عطف نهاد تنظیم مقررات صنعت برق در کشور از سطح محلی بوده است، اگرچه صنعت برق با سرمایه‌گذاری سرمایه‌گذاران کوچک آغازشده است، اما در ادامه با واگذاری سیستم روشنایی به شهرداری‌ها، این شهرداری‌ها بودند که اختیارات خود در خصوص تخصیص مجوزها و امتیازات، تعیین قیمت‌ها و مقررات ایمنی را اعمال می‌کردند و پس از آن با تشکیل سازمان آب و برق و متعاقب آن تأسیس وزارت نیرو تا پایان برنامه چهارم توسعه کلیه تأسیسات برق با سرمایه‌گذاری دولتی ساخته و مورد بهره‌برداری قرارگرفته است.

در صنعت برق، ایجاد زیرساخت‌های حقوقی و قانونی لازم طی سنوات گذشته از طریق اِعمال قانون‌گذاری‌هایی بر این صنعت به انجام رسیده است. از مهم‌ترین این قوانین می‌توان به موادی از قانون برنامه سوم (بند ب ماده۱۲۲) و چهارم (بند ب ماده ۲۵) توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (ماده ۲۷) قانون بودجه‌ی سال ۱۳۸۳، قانون استقلال

شرکت‌های توزیع و سیاست‌های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران اشاره کرد. در صنعت برق ایران تفکیک و استقلال صنعت برق از طریق اصلاح ساختار وزارت نیرو و تشکیل شرکت مادر تخصصی توانیر آغاز و تجدید ساختار در زنجیره تأمین برق در ذیل شرکت توانیر پیگیری شده است (منظور، ۱۳۸۸: ۳۹).

هیئت تنظیم بازار برق با توجه به نیاز تجدید ساختار و سیاست‌گذاری در صنعت برق کشور، به‌منظور هدایت و نظارت بر بازار برق، در پی دستور وزیر وقت نیرو، با استناد به "آئین‌نامه تعیین شرایط و روش خریدوفروش برق در سراسر کشور" در مهرماه ۱۳۸۲ تشکیل شد.

افزون بر آن در اجرای ماده (۴) قانون برنامه‌ی سوم توسعه هم‌زمان با تشکیل بازار برق ایران در سال۱۳۸۲ در راستای تجدید ساختار صنعت برق به استناد بند (ژ) تبصره (۱۲) قانون بودجه سال ۱۳۸۳کل کشور، شرکت مدیریت شبکه برق ایران از سال ۱۳۸۳ به‌طور رسمی کار خود را آغاز نمود. شرکت مدیریت شبکه برق ایران به‌عنوان شرکتی مستقل در کنار هیئت تنظیم بازار برق ایران، به‌مثابه داوران بازار برق ایران به تنظیم روابط بازیگران این عرصه و مدیریت مسائل فعالان بازار برق می‌پردازند (گزارش دبیرخانه هیئت تنظیم بازار برق، ۱۳۹۳: ۲۸).

۱-۱. ساختار و وظایف هیئت تنظیم بازار برق ایران

هیئت تنظیم بازار برق ایران، مسئول تنظیم بازار برق ایران از دید قوانین و ساختار بازار است. در دوره حاضر هیئت تنظیم بازار برق دارای ۷ عضو است. اعضای این هیئت برای مدت دو سال از سوی وزیر نیرو منصوب می‌شوند. هیئت تنظیم، دارای یک دبیرخانه و چهار دفتر برنامه‌ریزی و مهندسی فرآیندهای بازار، واحد پایش، تحلیل و تعدیل بازار، دفتر حقوقی و داوری و واحد پشتیبانی است (گزارش دبیرخانه هیئت تنظیم بازار بر ۱۳۹۳) هیئت تنظیم بازار برق به‌منظور هدایت و نظارت بر بازار برق تشکیل‌شده که مسئولیت اطمینان از بهره‌برداری کارا و عادلانه از سیستم قدرت را بر عهده دارد. این نهادِ تصمیم‌گیری، قانون‌گذار بازار برق بوده و در خصوص موارد مشکوک به سوءاستفاده از بازار و همچنین قدرت بازار تحقیق می‌نماید. این نهاد، قیمت تولید برق و خدمات مختلف را در شرایط انحصاری نیز تعیین می‌نماید (افشار و ریاحی، ۱۳۸۸: ۸).

عالی‌ترین مقام تنظیم مقررات در بازار تنظیم‌گر را در این بخش بر عهده دارد، ولی برخی از وظایف همچنان در اختیار وزارت نیرو قرار دارد و وزارتخانه اثرگذاری شدیدی بر بازار دارد. به‌خصوص آنکه هر دو طرف بازار؛ یعنی عرضه‌کنندگان و خریداران به طورعمده دولتی هستند و بخش تولیدکنندگان و خریداران خصوصی جزء کوچکی از بازار را تشکیل می‌دهند که قدرت اثرگذاری بر بازار را ندارند (هادی فر، ۱۳۸۹: ۲۲۵). بر اساس قانون، وضع مقررات فنی و تجاری حاکم بر بازار بر عهده وزارت نیرو قرار دارد که وزارت نیرو این وظیفه را به «هیئت تنظیم بازار» تفویض نموده است. مدیریت بازار تشکیل‌شده بر عهده شرکت مدیریت شبکه برق ایران

قرارگرفته است، که درواقع این شرکت مجری تصمیم‌های اتخاذشده توسط هیئت تنظیم بازار است. این شرکت ازنظر اجرایی و عملیاتی مستقل از تمامی ذی‌نفعان بازار است (هادی فر، ۱۳۸۹: ۲۲۳).

۱-۲. شرکت مدیریت شبکه برق ایران

شرکت مدیریت شبکه برق ایران، وظیفه بهره‌برداری مستقل از سیستم قدرت و اجرای بازار را بر عهده دارد و درزمینه‌ی بررسی امنیت شبکه و توسعه آن با دیگر بخش‌های صنعت برق همکاری می‌کند .این شرکت دارای پنج معاونت فنی و هماهنگی، راهبری شبکه برق کشور، برنامه‌ریزی و نظارت بر امنیت شبکه، معاونت بازار برق و معاونت مالی و پشتیبانی است (شرکت موناکو، ۱۳۹۲: ۴۸۶). شرکت مدیریت شبکه برق ایران به امور مربوط به راهبری، پایش شبکه‌های تولید و انتقال برق، اداره و توسعه بازار برق و خریدوفروش عمده برق در داخل و خارج از کشور، ایجاد امکانات دسترسی به شبکه برق کشور برای متقاضیان دولتی و غیردولتی به‌منظور خرید، فروش و ترانزیت برق می‌پردازد (هادی فر، ۱۳۸۹: ۲۲۱).

۲. تغییر نقش مصرف‌کنندگان در صنعت برق

با توجه به ساختار کنونی بازار برق ایران می‌توان بیان داشت که مصرف‌کننده نهائی در زنجیره تأمین حضور فعال نداشته و شرکت‌های توزیع در نقش خریدار ظاهرشده و انرژی الکتریکی را به‌صورت انحصاری به مصرف‌کننده تحویل می‌دهند . از این‌رو تنوع مصرف‌کنندگان در برآورد بار نقشی ندارد. یکی از مهم‌ترین مشکلات زنجیره تأمین صنعت برق ایران عدم حضور متقاضی در این زنجیره تأمین و مسائل برآورد صحیح بار ناشی از آن است (آجرپزی افشار و همکاران، ۱۳۸۸: ۲).

مدل فعلی بازار برق ایران آژانس خرید است . در این مدل فقط رقابت در بخش تولید وجود داشته و حق انتخاب برای شرکت توزیع در خرید و همچنین حق انتخاب برای مصرف‌کننده نهائی وجود ندارد.

در این بخش از مقاله تلاش خواهد شد ایده شبکه‌های هوشمند[1] به‌عنوان راه‌حل فنی برای پیشرفت و شناسایی نقش مصرف‌کنندگان در شبکه‌های هوشمند برق[2] معرفی شود. این بیشتر منجر به این سؤال خواهد شد که چگونه می‌توان مصرف‌کنندگان را در بخش برق ادغام کرد و ایده تراکنش‌های همتا به همتا با استفاده از فناوری بلاک‌چین را اجرا نمود.

1. Smart grid
2. Smart electricity grids

با به‌کارگیری فناوری اطلاعات در مدیریت زنجیره تأمین می‌توان ساختار جدیدی برای زنجیره تأمین متصور شد. ازاین‌رو بسیاری از فرآیندهای موجود (اعلام میزان مصرف، و قیمت و...) در این زنجیره نیاز به بازنگری خواهد داشت.

کنترل انعطاف‌پذیری تقاضا مستلزم تبادل مداوم اطلاعات بر روی بارها، تولید و ظرفیت‌های شبکه در میان کاربران و اپراتورهای سیستم است. علاوه بر این انعطاف‌پذیری تقاضا را می‌توان به‌وسیله فناوری‌های انعطاف‌پذیری مانند ذخیره‌سازی ازجمله وسایل نقلیه الکترونیکی یا آنچه از آن به‌عنوان فناوری خانه‌های هوشمند[1] یاد می‌شود، افزایش داد. بنابراین شبکه‌های برق هوشمند را نمی‌توان به‌عنوان یک تعریف جامع از فناوری‌ها در نظر گرفت اما می‌توانند به‌عنوان تغییرات منطقی در برق درک شود (هوتا[2]، ۲۰۱۷: ۲۴). ایده اصلی مهار انعطاف‌پذیری تقاضا به‌طور اجتناب‌ناپذیر نقش مصرف‌کنندگان را تغییر می‌دهد و درنتیجه چالش‌هایی را نیز برای ساختارهای حاکمیت فعلی صنعت برق ایران که توسط قوانین و مقررات مختلف ایجاد شده‌اند همراه خواهد داشت.

حتی اگر شبکه‌های برق هوشمند هنوز اجرانشده‌اند، اولین یافته‌های پروژه‌های آزمایشی نشان می‌دهند که شبکه‌های برق هوشمند لزوماً شامل بازیگران مختلفی خواهد بود که هنوز در صنعت برق حضور فعالی ندارند. یکی از برجسته‌ترین تغییرات بازیگران صنعت برق، مصرف‌کنندگانی هستند که به‌طور غیرفعال برق مصرف می‌کنند و اکنون شروع به تولید برق کرده‌اند. نه‌تنها مصرف‌کنندگان می‌توانند شروع به فروش برق تولیدی کنند آن‌ها همچنین می‌توانند به‌منظور حفظ عملکرد سیستم همان‌طور که در بالا توضیح دادیم انعطاف‌پذیری در تقاضا ارائه دهند (مرکز تحقیقات مشترک کمیسیون اتحادیه اروپا، ۲۰۱۷: ۴۸).

پتانسیل انعطاف‌پذیری تقاضا در سراسر کشور بسیار بالا ارزیابی می‌شود. بااین‌حال فعال کردن این انعطاف‌پذیری نیاز به مشوق‌هایی برای مصرف‌کنندگان دارد که آن‌ها تقاضای خود را بر اساس نسل و ظرفیت‌های شبکه نزدیک به زمان واقعی تنظیم کنند. این مشوق‌ها باید در یک چارچوب قانونی ایجاد گردد.

در حال حاضر سه سیستم مختلف در کشورهای عضو اتحادیه اروپا وجود دارد: برخی سیستم‌ها مصرف‌کنندگان را قادر می‌سازد تا برق به شبکه تغذیه کنند اما تنها درصورتی‌که این کار به‌صورت رایگان انجام شود. برخی دیگر به مشتریان برای مازاد برق خود غرامت معین از طریق کاهش در صورتحساب‌های برقشان ارائه می‌کنند. درحالی‌که برخی از سیستم‌ها باقیمت برق

---

۱. فن‌آوری‌های خانه هوشمند (SHT) شامل حسگرها، نمایشگرها، رابط‌ها، لوازم خانگی و دستگاه‌هایی است که با هم شبکه شده‌اند تا امکان اتوماسیون و همچنین کنترل محلی و از راه دور محیط خانگی را فراهم کنند.
لوازم و وسایل قابل کنترل شامل سیستم های گرمایش و آب گرم (دیگ بخار، رادیاتور)، روشنایی، پنجره ها، پرده ها، درب های گاراژ، یخچال، تلویزیون و ماشین لباسشویی می باشد.

2. Huhta

فروخته‌شده پاداش مالی تعیین می‌کنند (گزارش مرکز تحقیقات مشترک کمیسیون اتحادیه اروپا، ۲۰۱۷: ۵۳).

این سیستم‌ها هیچ انگیزه‌ای برای تعدیل تقاضا در مصرف‌کنندگان بر اساس ظرفیت‌های شبکه تولید برق ندارند، برعکس در چارچوب این مقررات همین مشوق‌ها باعث افزایش فشار بر ظرفیت‌های شبکه تولید برق خواهد شد و ناکارآمدی توان تولید برق را تشدید می‌کند. لذا استفاده از مشوق‌ها مستلزم انعطاف‌پذیری فناوری‌های نصب‌شده در ساختارهای طرف تقاضا و بازار (مانند ذخیره‌سازی، وسایل نقلیه الکتریکی یا فنّاوری خانه هوشمند) است که مصرف‌کنندگان منفعل فعلی برق را در بازار به‌عنوان مشارکت‌کنندگان فعال قرار دهد (لاوریجسن[1]، ۲۰۱۷: ۱۷۲-۱۸۰).

با در دسترس بودن و شفافیت اطلاعات مربوط به قیمت‌های لحظه‌ای، مصرف‌کنندگان می‌توانند حتی در معاملات مستقیم شرکت کنند. این ایده با ظهور فناوری بلاک‌چین شتاب بیشتری می‌گیرد (بلکوم[2] و همکاران، ۲۰۱۶: ۲۲).

در بخش زیر ایده و کاربردهای نوظهور فناوری بلاک‌چین را معرفی خواهیم کرد. برنامه‌های کاربردی در صنعت برق که به‌طور بالقوه نقش مصرف‌کنندگان را به فعالان بازار تغییر می‌دهد.

۲-۱. تغییر نقش مصرف‌کنندگان برق با فناوری بلاک‌چین

نقش در حال تغییر مصرف‌کنندگان در شبکه‌های هوشمند باعث برانگیخته شدن این سؤال گردید که چگونه می‌توان این بازیگران جدید را در ساختار حاکمیتی صنعت برق ادغام کرد؟ فناوری بلاک‌چین به مصرف‌کنندگان این امکان را می‌دهد که تبدیل به مشارکت‌کنندگان فعال در حوزه معاملات مستقل در بازار شوند (گنگاله[3] و همکاران، ۲۰۱۷: ۲۴).

درحالی‌که این موضوع مصرف‌کنندگان را بیشتر توانمند می‌سازد، این امر به‌ناچار نقش فعلی آن‌ها را که توسط مقررات صنعت برق ایران تنظیم‌شده است تغییر خواهد داد. این بخش توضیح می‌دهد که چگونه فناوری بلاک‌چین می‌تواند معاملات همتا به همتا در بخش برق را تسهیل کند.

در بخش‌های بعدی در خصوص اعتماد به‌عنوان پیش‌شرط تراکنش‌ها صحبت خواهیم کرد سپس به این سؤال خواهیم پرداخت که فناوری بلاک‌چین چگونه می‌تواند اعتماد را با ارائه دو طرح متفاوت از فناوری فراهم کند. یعنی طراحی بدون مجوز (عمومی)[4] و طراحی مجاز (خصوصی)[5]. هر دوی این طرح‌ها، متفاوت با یکدیگر مرتبط هستند چراکه دارای مفاهیمی در خصوص نقش مصرف‌کنندگان و ساختارهای حاکمیتی در صنعت برق هستند. این بیشتر با معرفی دو مورداستفاده متفاوت از کاربردهای بلاک‌چین در صنعت برق نشان داده خواهد شد. و

1. Lavrijssen
2. Bellekom
3. Gangale
4. Permissionless design
5. Permissioned design

درنهایت در بخش پایانی این ادعا طرح می‌شود که طراحی فناوری نقش بازیگران را در این بخش برق تعیین می‌کند. بنابراین حاکمیت بر طراحی فناوری بسیار مهم است.

۲-۲. اعتماد به‌عنوان پیش‌شرط معاملات

معاملات پیش‌بینی‌شده همتا به همتا در بخش برق، گاهی اوقات با پیشرفت‌های سایر بخش‌ها با استفاده از ویژگی‌های در دسترس بودن و شفافیت اطلاعات مقایسه می‌شود مانند معروف‌ترین تجارت اشتراکی خودرو[1] با اوبر[2] و بخش مسکن تفرجگاهی[3] با Airbnb[4] (کولوکاتیس[5] و هوگان، ۲۰۱۸). ایده زیربنایی این مشاغل، بهره‌برداری بدون استفاده از ظرفیت در مسکن و خودرو بااتصال همتایان دارای این موارد یا جست‌وجو برای آن منابع است. در این زمینه اغلب به آنچه "اقتصاد اشتراکی"[6] می‌گویند اشاره می‌شود. در ابتدایی‌ترین شکل خود اقتصاد اشتراکی را می‌توان چنین فهمید: مصرف‌کنندگانی که به یکدیگر دسترسی موقت به دارایی‌های فیزیکی کم استفاده (ظرفیت بلااستفاده) در ازای دریافت پول می‌دهند (فرنکن[7] و همکاران، ۲۰۱۵: ۴۵). سه عنصر کلیدی بنابراین "تراکنش‌های کاربربه‌کاربر"، "دسترسی موقت به کالا" و "پاداش" است.

کنترل این ظرفیت‌های بلااستفاده منابع از طریق به اشتراک‌گذاری تجربیات، یک احیای جدیدی است که توسط دنیای آنلاین و پلتفرم‌های دیجیتال بعدی تسهیل می‌شود. این احیا با گسترش روش‌های جدید یک شبکه قابل‌اعتماد به شرح زیر فعال می‌شود:

ازنظر تاریخی اگرچه استثنائاتی وجود دارد، اما مردم تمایل نداشتند با غریبه‌ها یا کسانی که خارج از شبکه‌های اجتماعی خود آن‌ها نیستند این موارد را به اشتراک بگذارند. اشتراک‌گذاری محدود به افراد قابل‌اعتماد مانند خانواده، دوستان و همسایگان بود. پلتفرم‌های اشتراک‌گذاری امروزی، اشتراک‌گذاری را در میان افرادی که یکدیگر را نمی‌شناسند و فاقد دوستان یا ارتباطات مشترک هستند تسهیل می‌کنند (فرنکن[8] و همکاران، ۲۰۱۷: ۶۵).

این مشاهدات نشان می‌دهد که هسته اصلی برای اشتراک یا معامله بین افراد، اعتماد بین طرفین است. توسعه شبکه‌های قابل‌اعتماد از طریق پلتفرم‌هایی دیجیتالی همانند فناوری بلاک‌چین که با

---

1. Car-sharing business
2. Uber
۳. vacation housing مسکن تفرجگاهی یک خانه ثانویه است، به‌غیراز محل سکونت اصلی مالک، و به طورعمده برای اهداف تفریحی ازجمله تعطیلات استفاده می‌شود. همچنین به‌عنوان یک ملک یا اقامتگاه تفریحی یا ثانویه شناخته می‌شود، یک مسکن تفرجگاهی اغلب در مکانی متفاوت از محل سکونت اصلی مالک واقع‌شده است. ازآنجایی‌که خانه‌های تعطیلات فقط در زمان‌های خاصی از سال استفاده می‌شود، بسیاری از مالکان این خانه‌ها را زمانی که از آن‌ها استفاده نمی‌کنند اجاره می‌دهند.
۴. یک شرکت آمریکایی است که یک بازار آنلاین برای اقامت، به طورعمده خانه‌های مسکونی برای اجاره تعطیلات و فعالیت‌های گردشگری دارد. این پلتفرم مستقر در سانفرانسیسکو، کالیفرنیا، از طریق وب‌سایت و موبایل قابل‌دسترسی است.
5. Kolokathis
6. Sharing economy
7. Frenken
8. Frenken

ارائه روش‌های رمزنگاری ردیابی معاملات این امر را تسهیل می‌کند، روزبه‌روز در حال گسترش است.

در بخش‌های زیر فناوری بلاک‌چین معرفی خواهد شد و اینکه این فناوری چگونه می‌تواند اعتماد را برای طرفین معامله فراهم کند و به‌طور بالقوه مصرف‌کنندگان فعلی بخش برق را به معامله گران همتا به همتا تبدیل کند.

۲-۲-۱. بلاک‌چین به‌عنوان فناوری جایگزین اعتماد

فن‌آوری بلاک‌چین به‌عنوان پایگاه داده‌ای تعریف می‌شود که رایانه‌های متصل به آن قابلیت مشاهده اطلاعات ذخیره‌شده در آن را دارند. ذخیره اطلاعات در این بستر در هر بلوک از آن زنجیره صورت گرفته و به جهت آن که هر داده‌پیام در قالب کدهای رمزنگاری شده ذخیره می‌گردد، از ایمنی بالایی برخوردار است. این بستر قابلیت ذخیره انواع داده‌پیام در قالب توکن‌های دیجیتالی[۱] را دارد. به جهت آنکه تراکنش‌های انجام یافته در این بستر در قالب کد در هر بلاک برخوردار از یک الگوریتم منحصربه‌فرد ذخیره می‌شود، امکان انجام معامله جدید بر روی همان مورد معامله با همان خصوصیات وجود ندارد. توکن‌های دیجیتالی ذخیره شده در بلاک‌چین که نماینده هر داده‌پیام نشان دهنده حق مالکانه یک فرد بر روی یک کالای مادی یا دیجیتالی یا هر حق دیگری می‌باشند، در قراردادهای هوشمند مورد معامله واقع می‌شوند (اسلامی تبار و ناصر، ۱۳۹۹: ۷۱).

ویژگی‌های بلاک‌چین که آن را منحصربه‌فرد و امیدوارکننده برای کاربردهای صنعتی آینده می‌کند عبارت‌اند از:

– غیرمتمرکز: داده‌های موجود در سیستم را می‌توان در سیستم‌های متعددی قابل‌دسترسی، نظارت، ذخیره و به‌روزرسانی کرد.

– شفاف: داده‌ها با توافق شبکه در شبکه ثبت و ذخیره می‌شوند و در سراسر آن قابل‌مشاهده و ردیابی هستند.

– طول عمر آن: بلاک‌چین مُهرهای زمانی و کنترل‌هایی را برای اطمینان از تغییرناپذیری ارائه می‌کند.

– خودمختاری: هر گره در بلاک‌چین می‌تواند به‌تنهایی و بدون دخالت شخص ثالث به داده‌ها دسترسی پیدا کند، انتقال دهد، ذخیره کند و به‌روز کند.

---

۱ .توکن ها اموالی دیجیتالی می باشند که می‌توانند نماینده یک کالای دیجیتالی یا مادی در فضای مجازی بوده و تصاحب آن به‌منزله، کسب مالکیت کالای مادی یا غیرمادی یا دارا بودن حقی بر آن باشد. از این دیدگاه توکن‌ها به چهار دسته توکن‌های ارزیCurrency tokens ، توکن‌های دارایی Asset tokens، توکن‌های بهره وریUtility tokens و توکن‌های حقی Equity tokens تقسیم می‌گردند (اسلامی تبار، ناصر، ۱۳۹۹: ۷۱).

– منبع باز: بلاک‌چین دسترسی منبع باز را برای همه افراد در شبکه با حس سلسله‌مراتب فراهم می‌کند.

– ناشناس بودن: ازآنجایی‌که انتقال داده بین گره‌ها انجام می‌شود، هویت فرد ناشناس باقی می‌ماند.

– مالکیت و منحصربه‌فرد بودن: هر سندی که در بلاک‌چین ردوبدل می‌شود، سوابق مالکیت خود را با یک کد هش[۱] منحصربه‌فرد ذخیره می‌کند.

– اتوماسیون قرارداد (یعنی قرارداد هوشمند): این یک برنامه کامپیوتری کوچک برای کمک به اجرای قرارداد است. این جانشین نیاز به قرارداد معمولی می‌شود با تأمین امنیت بهتر و هزینه تراکنش کمتر. (دوتا[۲] و همکاران، ۲۰۲۰: ۵)

۲-۳. مکانسیم عملکرد بلاک‌چین

بستر بلاک‌چین به دو نوع عمومی(مجاز) و خصوصی(غیرمجاز) تقسیم می‌شود، بلاک‌چین عمومی بستری است که دسترسی به آن برای تمامی افراد ممکن بوده و هر کاربر قابلیت مشاهده یا تهیه رونوشت از تمامی اطلاعات ذخیره‌شده در آن را دارد. لذا عموم جامعه جهت انعقاد قرارداد، نقل‌وانتقال حقوق مالی یا ذخیره توکن‌های دیجیتالی، قابلیت ورود به این بستر و برخورداری از امکانات آن را خواهند داشت؛ اما بلاک‌چین خصوصی بستری است که نسبت به سازمان یا ارگان خاصی طراحی و تنها ارگان مربوطه قابلیت ورود به بستر و ذخیره اطلاعات طبقه‌بندی‌شده خود را دارد. ورود به نوع اخیر از بلاک‌چین توسط افراد منوط به برخورداری از مجوز است که این امر می‌تواند منجر به ایمن‌تر شدن سیستم ارگان‌های مربوطه در برابر حملات سایبری گردد. تفاوت‌های موجود میان کارکردهای این دو بستر زمینه حمایت از حقوق مالکانه افراد را فراهم می‌آورد (اسلامی تبار و ناصر، ۱۳۹۹: ۷۲).

بلاک‌چین زنجیره‌ای متشکل از سه جزء است. بلاک[۳]، هش بلاک و پیش هش بلاک. بلاک به هر بخش از این زنجیره اطلاق می‌شود که قابلیت ذخیره داده‌پیام‌های الکترونیکی را دارد. داده‌پیام‌های الکترونیکی با ورود به توابع هش و تخصیص کدی منحصربه‌فرد، امکان ذخیره در

---

[۱]. هش به عملکردی گفته می‌شود که ورودی حروف و اعداد را به یک خروجی رمزنگاری‌شده با درازای ثابت تبدیل می‌کند. هش (Hash) با استفاده از الگوریتم‌های خاص ساخته می‌شود و برای مدیریت بلاک چین ها ضروری است.

2. Pankaj Dutta

[۳]. در رایانش، به‌ویژه مبحث انتقال داده و ذخیره‌سازی، بلاک (به انگلیسی Block) دنباله‌ای از بیت‌ها یا بایت‌ها است که طول ثابتی دارد (که به آن طول بلاک می‌گویند). فرایند قرار دادن داده‌ها در بلاک‌ها را بلاک‌بندی می‌گویند و داده‌هایی که از چنین ساختاری برخوردارند، داده‌های بلاک‌بندی‌شده نام دارند. بلاک‌بندی برای تسهیل کردن نقل و انتقال اطلاعات استفاده می‌شود. هر بلاک معمولاً به یک‌باره از روی دیسک (یا هر دستگاه دیگر) خوانده شده و به حافظه آورده می‌شود.

بلاک مخصوص به خود را خواهند داشت. توابع هش توابع ریاضی هستند که با ورود یک داده‌پیام، خروجی متشکل از صفر و یک‌هایی به دارنده داده‌پیام ارائه می‌دهد. این تابع به شکلی است که اگر هرکدام از صفر و یک‌های خروجی از تابع مذکور تغییر یا کم و زیاد شوند، هنگام بازخوانی داده‌پیام مذکور، داده‌پیامی کاملاً متفاوت با ورودی اولیه به تابع، خارج می‌شود. از این طریق امان شناسایی داده‌پیام‌های تخریب یا دستکاری شده توسط کاربران سیستم به وجود می‌آید. این امر منجر به افزایش امنیت در تراکنش‌های داده‌پیام‌های الکترونیکی در سیستم نیز می‌گردد (آقایی طوق و ناصر، ۱۳۹۸: ۱۱).

یک شبکه بلاک‌چین حاوی رکوردهایی از داده است که در بلاک‌هایی در نقاط مختلف شبکه نگهداری می‌شوند. هر بلاک به یک مهر زمانی وابسته بوده و صحت مهر زمانی بر اساس یک پروتکل همگرایی بین طرف‌های مشارکت‌کننده و همچنین الگوریتم رمزنگاری درهم‌ساز تضمین می‌شود (سباتار[1] و شارینز، ۲۰۱۷: ۲۸).

بدین‌وسیله نیاز به یک مرکز مورد اعتماد کنترل‌کننده ارتباطات حذف می‌شود. بلاک‌چین یک فناوری متن‌باز[2] است و کسی صاحب آن نیست (سانترو[3] و همکاران، ۲۰۱۸: ۳۵۴).

این فناوری یک حکمران مرکزی برای تائید تراکنش‌های انجام‌شده ندارد و به‌صورت خودتنظیم عمل می‌کند (باسک[4] و استایلر، ۲۰۱۸: ۱۶۹).

هدف اولیه فناوری بلاک‌چین، رفع نیاز به نهادهای واسطه‌ای بوده و پیشنهاد جایگزین آن، شبکه توزیع‌شده‌ای از کاربران می‌باشد که جهت اعتبارسنجی داده‌ها و تائید تراکنش‌ها جهت ثبت در لجر[5] با یکدیگر در تعامل می‌باشند. در این ساختار، برخلاف سیستم‌های متمرکز، هر کاربر در شبکه بلاک‌چین یک نسخه از تمامی اطلاعات موجود را در یک فضای ذخیره‌سازی عمومی قابل‌دسترس نگهداری می‌کند. چنان چه نهاد قابل‌اعتماد واسطه‌ای حذف شود، مسئله یکسان‌سازی و به‌روزرسانی دفاتر کل در اختیار اعضاء مختلف شبکه مطرح می‌شود. فرآیندهای اعتبار سنجی و تأیید اطلاعات جهت به‌روزرسانی دفاتر کل، در انواع مختلف بلاک‌چین متفاوت است. در این ساختار، سازوکار تفاهم میان اعضاء مختلف شبکه در جهت تأیید اطلاعات و تراکنش‌ها تحت عنوان الگوریتم‌های تفاهم[6] شناخته می‌شوند. رفتار صادقانه اعضاء از طریق یک انگیزه مالی یا پاداش مبتنی بر حل مجموعه معادلات ریاضی تضمین می‌شود، مؤلفه دیگری که امنیت شبکه را ارتقاء می‌بخشد، توابع درهم‌ساز و الگوهای رمزنگاری کلید عمومی می‌باشد، توابع درهم‌ساز (هش)، الگوریتم‌های ریاضی و یا توابع یک‌به‌یکی هستند که یک‌رشته ورودی را به رشته خروجی

1. Seebacher
2. Open-source
3. Santoro
4. Bocek
5. Ledger
6. Distributed consensus algorithms

با طول معین ۲۵۶ بیتی تبدیل می‌کنند. امنیت یادشده از این حیث بالا می‌باشد که تبدیل خروجی تابع هش به داده‌های ورودی، نزدیک به محال است (منظور و نوروزی، ۱۳۹۸: ۳۳).

۳. فناوری بلاک‌چین در صنعت برق: موارد استفاده اول

در قسمت‌های قبلی بیان شد که چگونه فناوری بلاک‌چین اعتماد در تراکنش‌ها را از طریق دو طرح فناوری مختلف فراهم می‌کند. در حال حاضر اعتماد بین طرف‌های معامله در بخش برق توسط شرکت‌های تأمین‌کننده و اپراتورهای سیستم تسهیل می‌شود. آن‌ها تولیدکننده و مصرف‌کننده را به هم متصل می‌کنند و خدمات عرضه و توزیع را منعقد می‌کنند. این بخش به بررسی این موضوع می‌پردازد که چگونه مدل مرکزی موجود سازمان‌دهی تراکنش‌ها توسط برنامه‌های بلاک‌چین در صنعت برق به چالش کشیده می‌شود.

اولین گزارش‌ها و پروژه‌های آزمایشی، پتانسیل فناوری بلاک‌چین را برای صنعت برق بررسی می‌کنند و علیرغم مشاهده، صرفاً یک مرحله اولیه نوظهور به‌طورکلی به این نتیجه می‌رسند که فناوری بلاک‌چین می‌تواند چندین کارکرد را در صنعت برق به عهده بگیرد (وربراچرزنترال[1]، ۲۰۱۶: ۸۸).

به‌طورکلی آن گزارش‌ها و مطالعات استدلال می‌کنند که بلاک‌چین راهی را برای هماهنگ کردن افراد توزیع‌شده که خدمات عرضه و توزیع برق را ارائه می‌کنند یا خواستار آن هستند، پیشنهاد می‌کند و متعاقباً سبب ایجاد یک بازار غیرمتمرکزتر[2] خواهد شد. بلاک‌چین گروهی از مردم را هماهنگ می‌کند و آن‌ها را درواقع به یک اقتصاد نزدیک‌تر می‌کند (داویدسون[3] و همکاران، ۲۰۱۶: ۵۴).

از این نظر بلاک‌چین به‌طور بالقوه دارای پتانسیلی برای همتایان شرکت‌کننده است که به‌جای ادغام در محیط بازار موجود، به یک بازار تبدیل شوند. این به این ایده مربوط می‌شود که فناوری بلاک‌چین بیش از یک نوآوری فناورانه است، بلکه جایگزینی برای بازارها و سازمان‌های موجود است و بنابراین به‌عنوان " فناوری سازمانی جدید[4]" نیز شناخته می‌شود (داویدسون[5] و همکاران، ۲۰۱۶: ۶۵).

بخش‌های زیر دو مورداستفاده از فناوری بلاک‌چین در صنعت برق و طراحی فناوری مربوطه را شرح خواهند داد.

1. Verbraucherzentrale
2. Decentralised market
3. Davidson
4. New institutional technology
5. Davidson

۳-۱. تأمین برق

همان‌طور که در بخش‌های قبلی بیان‌شده صنعت برق با ظهور بازیگران جدید در جریان است. در اتحادیه اروپا، برق مازاد تولیدشده توسط مصرف‌کنندگان معمولاً بر اساس طرح‌های پاداش تعیین‌شده جبران می‌شود. در هیچ از یک از این طرح‌ها توسعه‌دهندگان به‌عنوان شرکت‌کنندگان مستقل در بازار شرکت داده نمی‌شوند. بلاک‌چین می‌تواند با تسهیل توسعه تأمین برق همتا به همتا، معامله مستقیم بین تولیدکننده و مصرف‌کننده در صنعت برق، مشتریان را به‌عنوان مشارکت‌کنندگان در بازار فعال کند. به طور اساسی این امر قلمرو بازار را به سطح مصرف‌کننده کنونی گسترش می‌دهد و به‌طور ایدئال بهره‌برداری از منابع غیرمتمرکز را که در حال حاضر به‌عنوان سنگین تلقی می‌شوند و به‌خوبی در بازار برق ادغام نشده‌اند، تسهیل می‌کند.

در حال حاضر مطابق با قانون سازمان برق مصوب۱۳۴۶، نظام تعرفه گذاری برق بر عهده وزارت نیرو است. قیمت فروش برق خرده‌فروشی به مشترکان با استفاده از رویه‌ای انجام می‌شود که اولاً؛ شفاف نیست، ثانیاً؛ بنا بر ادعای مسئولان وزارت نیرو، به‌صورت تکلیفی و دستوری است و کمتر از قیمت تمام‌شده آن است. این مسئله باعث شده جریان مالی برق دچار عدم توازن شود و وزارت نیرو با کسری بودجه سیستماتیک مواجه شود. درنتیجه سالیانه بر بدهی‌های دولت به بخش تولیدکنندگان برق افزوده می‌شود. از طرف دیگر به دلیل عدم شفافیت نظام قیمت‌گذاری، ذینفعان و مخاطبان بر قیمت‌ها صحه نمی‌گذارند و عملاً علامت نادرستی از قیمت برق به مصرف‌کنندگان داده می‌شود. درنتیجه مصرف برق بهینه نبوده و اتلاف زیادی در بخش مصرف ایجاد می‌شود. این مسئله عوارض دیگری نیز دارد که مهم‌ترین آن غیراقتصادی شدن طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از انرژی تجدید پذیر است (اسدی و آئین، ۱۳۹۷ :)

استفاده از بلاک‌چین به‌عنوان توانمندکننده تأمین همتا به همتا توسط شرکت استرالیایی پاور لجر[1] پیاده‌سازی و آزمایش‌شده است. به طور اساسی این شرکت یک پلتفرم بازار ایجاد می‌کند که معاملات غیرمتمرکز را بین تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و اشخاصی که هر دو را انجام می‌دهند امکان‌پذیر می‌کند (گیفورد[2]، ۲۰۱۶: ۱۵). باوجوداین واقعیت که این شرکت در استرالیا مستقر است، فهم تأمین برق همتا به همتا مبتنی بر بلاک‌چین می‌تواند به‌عنوان منبع مرتبط فراتر از استرالیا به‌عنوان نمونه در ایران هم به کار گرفته شود.

این پلتفرم پیشنهاد می‌کند:

به‌سادگی با یکدیگر تجارت برق داشته باشند و پول دریافت کنند و در لحظه از یک سیستم حل‌وفصل اختلاف و تسویه خودکار قابل‌اعتماد استفاده کنند. بسیاری از مزایای فوری دیگر مانند توانایی انتخاب یک منبع انرژی پاک، تجارت با همسایگان، دریافت پول بیشتر برای برق مازاد،

1. Power Ledger
2. Gifford

بهره‌مندی از شفافیت تمام معاملات خود در یک بلاک‌چین و هزینه‌های تسویه بسیار کم وجود دارد که همگی منجر به کاهش هزینه‌های قبض‌های برق و بهبود بازیافت برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدید پذیر توزیع‌شده می‌شود.[1]

پلتفرم پاور لجر از موارد مرتبط لایه‌های فناوری که دو طرح مختلف بلاک‌چین را اعمال می‌کنند، تشکیل‌شده است. یکی بدون مجوز است و در سطح جهانی عمل می‌کند. این به هرکس اجازه می‌دهد تا با خرید دسترسی بازار در پلتفرم سرمایه‌گذاری کند. دیگری مجاز است بلاک‌چینی (طراحی کنسرسیوم با چندین طرف به‌عنوان گره‌های قابل‌اعتماد) که به‌عنوان پلتفرم معاملاتی برای همتایان عمل می‌کند باشد. در اینجا گره‌های مورد اعتماد اصطلاحاً "میزبانان برنامه[2]" نامیده می‌شوند، نهادهایی که یک برنامه‌ای روی پلتفرم اجرا می‌کنند (پاور لجر[3]، ۲۰۱۸: ۱۰).

بااین‌حال هدف پاور لجر پیشرفت در جهت مشارکت عمومی در تأمین امنیت شبکه و فعال کردن یک بلاک‌چین کاملاً بدون مجوز در سال ۲۰۱۹ است. این پلتفرم از دو توکن مختلف به‌عنوان دارایی استفاده می‌کند (پاورلجر، ۲۰۱۸: ۱۲).

توکن‌های پاور[4] برای دسترسی به برنامه‌های پلتفرم معاملاتی همتا به همتا بازار موردنیاز هستند. اسپارکز[5] ارز تجاری است و نشان‌دهنده قیمت برق و ارز محلی دنیای واقعی است. به‌این‌ترتیب سیستم، ارزش را از طریق توکن‌های پاور تضمین می‌کند و تبادل را از طریق اسپارکز تسهیل می‌کند.

چشم‌انداز این شرکت ایجاد یک جامعه برق کم کربن با استفاده از توانمندسازی افراد و جوامع است. این دیدگاه با دیدگاه کمیسیون اتحادیه اروپا باهدف "ادغام کامل مصرف‌کنندگان صنعتی، تجاری و مسکونی در سیستم انرژی" مطابقت دارد. بنابراین فناوری بلاک‌چین ممکن است ابزاری امیدوارکننده برای دستیابی به این هدف باشد.

۳-۲. عملیات سیستم

در کنار عرضه همتا به همتا برق، فناوری بلاک‌چین می‌تواند به مصرف‌کنندگان کمک کند تا به‌طور مستقیم در حفظ ثبات شبکه، نیاز فنی برای حفظ تعادل سیستم مشارکت کنند. تحت سیستم فعلی، وظیفه حفظ تعادل در سطح انتقال ولتاژ بالا و انعطاف‌پذیری به طورعمده بر عهده منبع تأمین‌کننده قرار دارد. همان‌طور که در بخش‌های قبلی توضیح داده شد عملیات سیستم به‌طور فزاینده‌ای نیاز به اقداماتی دارد که انعطاف‌پذیری تقاضا را حتی در سطح شبکه توزیع ولتاژ پایین

1. See https://powerledger.io/
2. application hosts.
3. Powerledger
4. Power
5. Sparkz

مهار کند. انعطاف‌پذیری تقاضا را می‌توان با تنوع بیشتری از منابع انعطاف‌پذیری افزایش داد. بااین‌حال با افزایش تنوع منابع انعطاف‌پذیر، پیچیدگی سازمان برای عملیات سیستم افزایش پیدا می‌کند. فناوری بلاک‌چین می‌تواند با سازمان‌دهی منابع غیرمتمرکز انعطاف‌پذیری کاربران سیستم را امکان‌پذیر کند (کوندزیلا[1] و بروکنر، ۲۰۱۶: ۱۰).

ایده استفاده از فناوری بلاک‌چین برای مهار انعطاف‌پذیری تقاضا برای اهداف عملیاتی سیستم توسط کنسرسیوم تنت[2] (ارائه‌دهنده باتری برای مصرف کنندگان کوچک) و واندبرون[3] (پلتفرم معاملاتی همتا به همتا) و آی بی ام[4] اجرا و آزمایش‌شده که در سال۲۰۱۷ راه‌اندازی شد. به‌طور مشترک کنسرسیوم دو پروژه آزمایشی را در هلند و المان آغاز کرد که در آن از خودروهای الکتریکی و باتری‌های خانگی مصرف‌کنندگان برای کمک به حفظ تعادل سیستم برق استفاده می‌شود (تنت، b ۲۰۱۷).

منطق کلی این است که یکپارچه‌سازی مقرون‌به‌صرفه را با انعطاف‌پذیری تقاضا به‌جای تقویت شبکه و متعادل کردن پایه ذخیره منابع انرژی متعارف فعال کنند. کنسرسیوم در اعلامیه پروژه‌ها تأکید می‌کند که این پروژه‌ها فرصت مشارکت فعالانه در انتقال انرژی را به شهروندان ارائه می‌دهد (تنت[5]، a ۲۰۱۷).

این پروژه از طراحی پلتفرم بلاک‌چین مجاز استفاده می‌کند. دلیل انتخاب این طرح ممکن است تنظیم معامله تعیین‌شده باشد. مصرف‌کنندگان با استفاده از خودروهای برقی یا باتری‌های خانگی خود به تی اس او انعطاف‌پذیری می‌دهند. ساختار معامله بنابراین همتا به همتا نیست زیرا مصرف‌کنندگان مستقیماً بین یکدیگر تجارت نمی‌کنند بلکه بین مصرف‌کنندگان و تی اس او[6] دوطرفه هستند. بنابراین اعتماد به تی اس او پیش‌شرط ورود به معاملات است. این در بخش طرح‌های مجاز بلاک‌چین به‌عنوان یک عامل خارجی برای ایجاد اعتماد توصیف می‌شود که نیازی به جایگزینی با طراحی فناوری بلاک‌چین نیست. بنابراین طراحی بلاک‌چین مجاز با تی اس او به‌عنوان تی تی پی[7] و تعداد محدودی از کاربران می‌تواند اعمال شود.

این دو مورد نشان می‌دهد که کاربرد فناوری بلاک‌چین در صنعت برق می‌تواند با استفاده از طرح‌های مختلف به اشکال گوناگون باشد.

---

1. Kondziella
2. Tennet(TSO)Sonnen
3. Vandebron

۴. IBM شرکت بین‌المللی ماشین‌های کسب‌وکار به اختصار آی‌بی‌ام که همچنین با نام آبی بزرگ هم شناخته می‌شود، یک شرکت آمریکایی چندملیتی فناوری است که در آرمونک، نیویورک قرار دارد. این شرکت تولیدکننده و فروشنده نرم‌افزار و سخت‌افزار، ارائه‌دهنده خدماتی چون زیرساخت، میزبانی وب، فناوری نانو و رایانه بزرگ است

5. TenneT
6. Consortium of TenneT (TSO)
7. TTP

۳-۳. حاکمیت بر طراحی فناوری

این بخش اجزای اصلی فناوری بلاک‌چین، تفاوت‌های ظریف آن و نحوه استفاده از آن را در نمونه‌های استفاده اول در صنعت برق را معرفی می‌کند.

طراحی فناوری بلاک‌چین نقش مصرف‌کنندگان به‌عنوان شرکت‌کنندگان مستقل بالقوه بازار در صنعت برق را تعیین می‌کند. به‌طورکلی این ایده که یک روش درست برای بلاک‌چین وجود دارد کاملاً اشتباه است و هر دودسته (بدون مجوز و طراحی مجاز) مزایا و معایب خاص خود را دارند. این موضوع در مورد کاربرد بلاک‌چین در صنعت برق نیز صادق است، زیرا بلاک‌چین می‌تواند چندین مورد را برآورده کند همان‌طور که دو مورد استفاده‌شده در بالا نشان می‌دهند (بوترین[1]، ۲۰۱۵: ۲۲).

هدف برای سیاست گذاران و قانون گذاران نباید صرفاً طراحی یک بلاک‌چین صحیح برای صنعت برق باشد بلکه باید فرآیندهای حاکمیتی را که طراحی بلاک‌چین را برای یک هدف خاص در بخش برق تعیین می‌کنند، فعال کنند.

تنوع گزینه‌ها، مدل‌های بدون مجوز، مجاز یا ترکیبی، دارایی‌های درون یا خارج از زنجیره، حاکمیت بر انتخاب طراحی فناوری را ضروری جلوه می‌دهد.

۴. پیامدهای سیاسی و چالش‌های قانونی تراکنش‌های مبتنی بر بلاک‌چین در صنعت برق

ادغام کامل مصرف‌کنندگان صنعتی، تجاری و مسکونی در سیستم انرژی می‌تواند از هزینه‌های قابل‌توجهی برای تولید جلوگیری کند. هزینه‌هایی که در غیر این صورت باید بر مصرف‌کنندگان تحمیل شود. این موضوع حتی این امر را ممکن می‌سازد که مصرف‌کنندگان برای بهره‌مندی از نوسانات قیمت و کسب درآمد مشارکت فعالی در بازار داشته باشند؛ بنابراین فعال کردن مشارکت مصرف‌کننده پیش‌نیاز مدیریت انتقال انرژی با موفقیت و یک‌راه مقرون‌به‌صرفه است. لذا توانمندسازی بخش مصرف‌کنندگان امری ضروری به نظر می‌رسد. ضرورت استفاده از فناوری بلاک‌چین احتمالاً نقش مصرف‌کنندگان را با معرفی امکان تراکنش‌های همتا به همتا در بخش برق بیشتر می‌کند. این امر ساختار حاکمیتی فعلی در بخش برق ایران را که به‌وسیله قوانین و مقررات برق بر یک ساختار سازمان‌یافته متمرکز است به چالش خواهد کشید.

مقررات بخش برق در ایران، بازیگران، حقوق و مسئولیت‌های آن‌ها را در یک زنجیره تأمین متعارف (تولیدکنندگان، انتقال و اپراتورهای سیستم توزیع، تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان) تعریف می‌کند. برنامه فناوری بلاک‌چین این موارد را از طریق بازتعریف نقش‌های این بازیگران کاهش خواهد داد.

1. Buterin

این مقاله استدلال می‌کند که فناوری بلاک‌چین یک ابزار فنی ممکن برای تسهیل هدف سیاست توانمندسازی مصرف‌کنندگان در انتقال انرژی است، اما این نیز نیاز به قانونی دارد که چارچوب بخش برق با شکستن شرایط موجود تکامل یابد. چگونه کاربرد فناوری بلاک‌چین در صنعت برق سبب تمرکززدایی از بخش برق در ایران می‌شود، برای این مقاله اهمیت اساسی دارد. درحالی‌که تمرکززدایی از تولید برق بر اساس منابع انرژی تجدید پذیر و افزایش برق‌رسانی به‌عنوان‌مثال توسط وسایل نقلیه الکترونیکی به دلیل پیچیدگی‌های فنی و انگیزه‌های مالی، هنوز در ساختار حاکمیتی قوانین و مقررات بخش برق ایران تحقق‌نیافته است. بلاک‌چین نوید تلفیق انتقال انرژی با ساختارهای عرضه و توزیع غیرمتمرکز را می‌دهد.

موارد استفاده از فناوری بلاک‌چین در بخش برق نشان می‌دهد که فناوری بلاک‌چین رویکرد را از ادغام مشتریان در ساختارهای بازار موجود به سمت قادر ساختن آن‌ها برای تشکیل بازار تغییر می‌دهد. این امر منجر به یک سازمان غیرمتمرکز در صنعت برق می‌شود که در آن نهادهای واسطه، تأمین‌کنندگان و سیستم اپراتورها به‌طور فزاینده‌ای بی‌ارزش و خریداران به شرکت‌کنندگان مستقل در بازار تبدیل می‌شوند.

استفاده از فناوری بلاک‌چین مستلزم تفاوت‌های ظریف مختلفی در طراحی این فناوری است که نقش خریداران و سایر بازیگران در صنعت برق را تعیین می‌کند. بنابراین در بخش قبلی به این نتیجه رسیدیم که فرآیندهای حاکمیتی که طراحی این فناوری را توسعه می‌دهند بسیار مهم هستند. بخش‌های زیر مشخص می‌سازد که پیامدهای سیاست اصلی کاربرد بلاک‌چین در صنعت برق باید در فرآیندهای حاکمیتی مشخص شود.

۴-۱. سازمان‌دهی مسئولیت‌های غیرمتمرکز

برنامه کاربردی فناوری بلاک‌چین نیاز است که توسط نهادهای موجود در صنعت برق نصب شوند. بسته به فناوری بلاک‌چین، صرفاً یک ارائه‌دهنده پلتفرم یا یک گره[1] قابل‌اعتماد TTP در برنامه بلاک‌چین خواهد بود. بااین‌حال درهرصورت تجارت آن‌ها خرده‌فروشی و توزیع برق نیست؛ بلکه ارائه فناوری است که اعتماد و معاملات بین همتایان را تسهیل می‌کند. در حال حاضر فناوری‌ها، اعتماد و معاملات با بازیگران واسطه، تأمین‌کنندگان و اپراتورهای سیستم یکپارچه‌شده است. براین اساس چارچوب قانونی نیز مسئولیت‌های مرتبط با خرده‌فروشی و تأمین برق را به آن‌ها محول می‌کند. کاربردهای بلاک‌چین در صنعت برق این سؤال را ایجاد می‌کند که چگونه می‌توان مسئولیت‌های تأمین و توزیع برق را سازمان‌دهی کرد. تأمین‌کنندگان و اپراتورهای سیستم در کاربردهای بلاک‌چین در بخش برق چه کسانی هستند؟ واضح است که یک صنعت برق مبتنی

1. Node

بر بلاک‌چین نه‌تنها نقش خریداران را به شرکت‌کنندگان فعال در بازار تغییر می‌دهد، بلکه نیازمند توسعه راه‌حل‌هایی برای مسئولیت‌های غیرمتمرکز عرضه و عملیات سیستم است.

در ساختار برق ایران، وزارت نیرو وظیفه سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، ساماندهی، هدایت، نظارت، تدوین ضوابط و مقررات و لوایح مرتبط و ایجاد فضای مناسب برای مشارکت مؤثر بخش‌های غیردولتی و سایر نقش‌آفرینان بخش برق در صنعت برق را بر عهده دارد. این وزارتخانه به‌منزله نهاد حاکمیت صنعت برق کشور، بیشترین تأثیر و تعامل را با نهاد تنظیم مقررات بخش برق دارد و اغلب وظایف تنظیمی به این وزارت خانه اعطا شده است. شرکت مدیریت شبکه برق ایران مسئولیت نظارت بر اجرای قوانین بازار برق از سوی فعالان و بازیگران این بازار را بر عهده دارد (رستمی و مقیمی، ۱۳۹۶: ۲۴۰).

۴-۲. از مصرف‌کنندگان گرفته تا ظرفیت‌ها

در صنعت برق مبتنی بر بلاک‌چین غیرمتمرکز این اصطلاح مصرف‌کننده، دیگر در فهم فعلی خود معتبر نیست. مصرف‌کنندگان به کاربران سیستم با مشخصات تولید، مصرف و انعطاف‌پذیری خاص درگیر در معاملات تبدیل می‌شوند. بنابراین هر کاربر سیستم دارای یک مشخصات منحصربه‌فرد است که توانایی تجاری آن‌ها را برای شرکت در معاملات تعیین می‌کند. این امر به معنای تغییر سیاست از تعریف مصرف‌کنندگان به‌عنوان یک گروه همگن به سمت درک آن‌ها به‌عنوان همتایان بازار با توانایی‌های تجاری متفاوت است.

چارچوب قانونی فعلی قوانین و مقررات صنعت برق ایران ساختارهای حاکمیتی را ایجاد می‌کند که بر اساس تعاریف روشن بازیگر در طول زنجیره تأمین از بالا به پایین است. مصرف‌کننده نهایی در زنجیره تأمین، حضور فعال نداشته و شرکت‌های توزیع در نقش خریدار ظاهرشده و انرژی الکتریکی را به‌صورت انحصاری به مصرف‌کننده تحویل می‌دهند، ازاین‌رو تنوع مصرف‌کنندگان در برآورد بار نقشی ندارد (افشار آجرپزی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲).

این تعاریف بازیگران در امتداد قلمروهای بازار و شبکه با استفاده از فناوری بلاک‌چین کاهش می‌یابد، زیرا به‌طور بالقوه همه کاربران سیستم می‌توانند در عرضه و عملیات سیستم سهیم باشند. بنابراین یک چارچوب قانونی برای برنامه‌های بلاک‌چین در صنعت برق باید از تعریف مصرف‌کننده "یک اندازه" خودداری کند و کاربران سیستم را بر اساس ظرفیت‌های انعطاف‌پذیری آن‌ها طبقه‌بندی کند. علاوه بر این چارچوب قانونی باید انگیزه‌هایی را برای کاربران سیستم ایجاد کند تا در فناوری‌های انعطاف‌پذیری(مانند ذخیره‌سازی، وسایل نقلیه الکتریکی یا فناوری‌های خانه‌های هوشمند) سرمایه‌گذاری کنند و از دستگاه‌های قیمت‌گذاری پویا اطمینان حاصل کند که امکان جبران سرمایه‌گذاری‌ها در تولید با مقیاس کوچک و فناوری‌های انعطاف‌پذیر را در شرایط بازار فراهم می‌کند.

۴-۳. توانمندسازی و حمایت

فراهم کردن دسترسی مشتریان به داده‌های قیمت‌های لحظه‌ای انرژی و تعرفه‌های شبکه و درک آن‌ها از طریق مشخصات انعطاف‌پذیری آن‌ها به‌عنوان افرادی که ازنظر تجاری هدایت می‌شوند، در حالت ایدئال منجر به توانمندسازی آن‌ها به‌عنوان شرکت‌کنندگان مستقل در بازار می‌شود. توانمندسازی همچنین مستلزم مسئولیت‌هایی برای معاملات و سرمایه‌گذاری‌های فرد در بازار است. درحالی‌که سیاست‌های فعلی صنعت برق در ایران نقش منفعلانه‌ای را برای مصرف‌کنندگان به عهده می‌گیرد و بنابراین یک چارچوب محافظتی برای مصرف‌کنندگان نیاز دارد این درحالی‌که است که سناریوی بلاک‌چین نقش بیشتری به مسئولیت‌پذیری شخصی داده‌شده است.

برای نمونه جدیدترین پیشنهاد قانونی کمیسیون اتحادیه اروپا برای بازنگری در دستورالعمل ۲۰۰۹ بازار برق، تائید می‌کند که نقش مصرف‌کنندگان در مسیر انتقال انرژی در حال تغییر است. این پیشنهاد کمیسیون اتحادیه اروپا این چشم‌اندازی را دنبال می‌کند: اتحادیه انرژی با شهروندانی در مرکزیت آن، که در آن شهروندان مالکیت انتقال انرژی را به دست می‌گیرند، از فناوری‌های جدید برای کاهش قبض‌های خود بهره‌مندمی شوند، به‌طور فعال در بازار شرکت می‌کنند و مصرف‌کنندگان آسیب‌پذیر محافظت می‌شوند (گزارش کمیسیون اروپا، b ۲۰۱۶).

درحالی‌که این چشم‌انداز اهداف بلندپروازانه‌ای را در تغییر نقش مصرف‌کنندگان برای تبدیل‌شدن به شرکت‌کنندگان فعال در بازار تعیین می‌کند، همچنین به اقدامات حفاظتی برای محافظت از مصرف‌کنندگان به‌ویژه قشر آسیب‌پذیر اشاره می‌کند.

چالش یک چارچوب قانونی، که مصرف‌کنندگان را به‌عنوان شرکت‌کنندگان فعال در بازار برق تبدیل کند با کاربردهای فناوری بلاک‌چین، می‌تواند توانمندسازی و درعین‌حال حمایت از مصرف‌کننده را ایجاد کند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله به این سوال پژوهشی پاسخ داده شد: پیامدهای سیاست کاربرد فناوری بلاک‌چین در صنعت برق ایران برای قوانین و مقررات برق در ایران و نقش مصرف‌کنندگان چیست؟

بر اساس اولین رویکرد اکتشافی کاربردهای فناوری بلاک‌چین در صنعت برق، این مقاله سه پیامد سیاست اصلی را شناسایی کرد که پیامدهای عمیقی برای قوانین و مقررات برق در ایران خواهد داشت. ۱- سیاست‌گذاری تقنینی در جهت اعتبارسنجی فناوری بلاک‌چین؛ ۲- سیاست‌گذاری تقنینی در جهت پیاده‌سازی فناوری‌های نوظهور ازجمله بلاک‌چین؛ ۳- سیاست‌گذاری اجرایی در جهت پیاده‌سازی بسترهای نامتمرکز و انجام وظایف نهادهای ذی‌ربط.

بااین‌حال تنوع گزینه‌های طراحی فناوری بلاک‌چین، ایجاد یک راه‌حل یکدست و مناسب در چارچوب قوانین و مقررات ایران را غیرممکن می‌کند. در عوض در این مقاله استدلال می‌شود که

چارچوب قانونی باید از فرآیندهای حاکمیتی اطمینان حاصل کند که طراحی فناوری را برای یک هدف خاص از کاربرد آن تعیین می‌کند. سه پیامد اصلی، خط‌مشی مشخص‌شده در بخش پایانی مقاله باید تابع فرآیندهای حاکمیتی باشد. این نکات به پژوهش‌های بیشتر نیازمند است تا مفاهیم سیاست کاربردهای بلاک‌چین در صنعت برق را با جزئیات بیشتری درک کنیم.

در این مقاله متوجه شدیم که چارچوب قانونی صنعت برق می‌تواند مسئولیت‌های غیرمتمرکز تأمین و توزیع برق را تحت یک سناریوی بلاک‌چین تعریف و تخصیص دهد، می‌تواند مشوق‌هایی را برای مصرف‌کنندگان ایجاد کند تا در فناوری‌های انعطاف‌پذیر سرمایه‌گذاری کنند و می‌تواند تعادل بین مسئولیت شخصی و حمایت از مصرف‌کنندگان ایجاد کند.

هدف سیاست قوانین و مقررات در ایران اگر توانمندسازی مصرف‌کنندگان که در انتهای زنجیره تأمین صنعت برق قرار دارند در انتقال انرژی باشد، مستلزم تکامل قوانین و مقررات حوزه برق به‌عنوان یک‌رشته به‌منظور ارائه پاسخ‌ها و راه‌حل‌هایی برای فرصت‌های فنی در حال ظهور است. ایده‌ای برای توسعه قوانین و مقررات صنعت برق در ایران به‌طور مشابه یافته‌های این پژوهش پیشنهاد می‌دهد که قوانین و مقررات بخش برق باید حول موضوعات پیشروند به‌جای یک سیستم برق مستقر، متمرکز شود. مسائل مربوط به کاربرد بلاک‌چین در صنعت برق را می‌توان به سه اصل پیشنهادی قانون انرژی مرتبط دانست که عبارت‌اند از: دسترسی به خدمات انرژی مدرن، استفاده محتاطانه، منطقی و پایدار از منابع طبیعی و انعطاف‌پذیری سیستم‌های انرژی. این اصول می‌تواند راهنمایی برای پاسخ به سؤالات تحقیقاتی شناسایی‌شده در بالا به‌عنوان یک تلاش دانشگاهی باشد، اما همچنین برای سیاست‌گذاران و قانون‌گذارانی که نیاز به طراحی چارچوب‌های قانونی در آینده برای صنعت برق و انرژی‌دارند، شامل راه‌حل‌هایی برای سیستم‌های غیرمتمرکز است.

منابع

- اسدی، علیرضا و آئین، سهیل. (۱۳۹۷). بررسی مسائل کلیدی و مشکلات مالی صنعت برق و اصلاحات موردنیاز. *معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن*، ۳۱ – ۱.

https://rc.majlis.ir/fa/report/show/1097723

- اسلامی تبار، امیر و ناصر، مهدی. (۱۳۹۹). کارکرد بلاک‌چین در حمایت از کپی‌رایت. *پژوهش حقوق خصوصی*، ۸(۳۰)، ۳۸ – ۹.

http://ensani.ir/fa/article/428064/

- افشار، کریم و ریاحی، رضا. (۱۳۸۸). *تجدید ساختار در صنعت برق و گذری بر بازار برق ایران*. چاپ اول. شرکت مدیریت شبکه برق ایران، دفتر روابط عمومی و امور بین‌الملل.

افشار، ناصر؛ آجرپزی کریمی، عباس؛ پیر حق‌شناس، هادی. (۱۳۸۸). اصلاح زنجیره تأمین صنعت برق ایران و نقش فن‌آوری اطلاعات در بهبود آن. *اجلاس شبکه‌های توزیع نیروی برق*، ۴.

https://civilica.com/doc/71179/

- آقایی طوق، مسلم و ناصر، مهدی. (۱۳۹۸). سازوکار چالش‌های پیاده‌سازی بستر بلاک‌چین در توسعه دولت الکترونیکی و آثار آن بر نظام مالیاتی. *حقوق اداری*، ۶(۱۹)، ۳۳ – ۹.

https://qjal.smtc.ac.ir/article-1-423-fa.html

پزشکی نجف‌آبادی، فرشته؛ ربیعه، مسعود؛ بهمنی، مهدی. (۱۳۹۲). طراحی مدل زنجیره تأمین برق با رویکرد مدیریت شبکه هوشمند. *مدیریت زنجیره تأمین*، ۱۵(۳۹)، ۲۹ – ۲۲.

https://journals.ihu.ac.ir/article_203498.html

دشت بزرگ ، محمود و علی‌آبادی، حسن. (۱۳۹۳). تجدید ساختار و ایجاد رقابت در صنعت برق، مطالعه موردی بازار برق ایران. *کنفرانس نیروگاه‌های برق*، ۷.

https://civilica.com/doc/368928/

رستمی، ولی و مقیمی، لیلی. (۱۳۹۶). بررسی چگونگی تشکیل نهادهای تنظیم مقررات انرژی در کشور با رویکرد تطبیقی. *مطالعات حقوق انرژی*، ۳(۲)، ۲۵۴ – ۲۱۹.

https://jrels.ut.ac.ir/article_65816.html

فقیه عبدالهی، ام لیلا و مؤذنی، روح‌الله. (۱۳۹۷). بررسی نهادهای تنظیم‌کننده بازار برق در حقوق ایران و ایالات‌متحده آمریکا. *پژوهش حقوق عمومی*، ۱۹(۵۸)، ۲۲۰ – ۱۹۳.

https://qjpl.atu.ac.ir/article_8610.html

گزارش سالیانه دبیرخانه هیئت تنظیم بازار برق ایران، ۱۳۹۳.

منظور، داود و عسکری آزاد، حمید. (۱۳۸۸). ارزیابی الگوی اصلاحات صنعت برق در ایران. *مطالعات اقتصاد انرژی*، ۵(۱۶)، ۷۹ – ۳۵.

http://ensani.ir/fa/article/70441/

منظور، داوود و نوروزی، احمد. (۱۳۹۸). کاربردهای فناوری بلاک‌چین در کسب‌وکارهای صنعت انرژی:فرصت‌ها و چالش‌ها. *انرژی ایران*، ۲۲(۷۰)، ۵۸ – ۲۳.

http://ensani.ir/fa/article/427971/

هادی‌فر، داود. (۱۳۸۹). *نهادهای حقوقی تنظیم مقررات ساختار و سازوکار اجرایی*. چاپ اول. انتشارات عترت نو.

- Bellekom, S., Arentsen, M., van Gorkum, K. (2016). Prosumption and the distribution and supply of electricity. Energy Sustain, 6 (22), 1–17.
https://energsustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-016-0087-7
- Bocek, Thomas; Stiller, Burkhard. (2018). Smart Contracts – Blockchains in the Wings. Digital Marketplaces Unleashed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 169-184.
https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/136294/
- Buterin, V., (2015). On Public and Private Blockchains. Ethereum Blog.
https://blog. ethereum.org/2015/08/07/on-public-and-private-blockchains
- Choi, T.-M., Wen, X., Sun, X. & Chung, S.-H. (2019). The Mean-Variance Approach for Global Supply Chain Risk Analysis with Air Logistics in the Blockchain Technology Era. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 127, 178-191
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554519302601.
- Davidson, S., De Filippi, P., Potts, J., (2016). Economics of Blockchain. SSRN Papers, 1 – 23.
https:// papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm? Abstract_id=2744751
- Frenken, K., Schor, J., (2017). Putting the sharing economy in perspective. Environ. Innov Soc Transit, 23, 3–10.
https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.01.003
- Frenken, K., Schor, J., (2017). Putting the sharing economy in perspective. Environ. Innov Soc Transit, 23, 3–10.
https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.01.003.
- Galera Rodrigo, S., (2016). Changing the energy model: step back on the Europe 2050 strategy? Eur. Energy Environ. Law Rev, 65–72.
https://www.academia.edu/18216838/Changing_the_Energy_Model_Step_Back_on_the_Europe_2050_Strategy
- Galera Rodrigo, S., (2016). Changing the energy model: step back on the Europe 2050 strategy?. Eur Energy Environ Law Rev, 65–72.
https://www.academia.edu/18216838/Changing_the_Energy_Model_Step_Back_on_the_Europe_2050_Strategy
- Gangale, F., Mengolini, A., Onyeji, I., (2013). Consumer engagement: an insight from smart grid projects in Europe. Energy Policy, 60, 621–628.
https://econpapers.repec.org/article/eeeenepol/v_3a60_3ay_3a2013_3ai_3ac_3ap_3a621-628.htm
- Gifford, J., (2016). Power Ledger Expands Trials of Blockchain Electricity Trading. RenewEconomy.
https://reneweconomy.com.au/power-ledger-expands-trials-blockchain-electricity-trading-38771/
- Huhta, K. (2017). Prioritising energy efficiency and demand side measures over capacity mechanisms under EU energy law. J. Energy Nat. Law, 35 (1), 7–24. https://doi.org/10.1080/02646811.2016.1250414.
- Irannezhad, Elnaz. (2019). Is blockchain a solution for logistics and freight transportation problems?. World Conference on Transport Research, (48), 290 – 306.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520304397
- Kondziella, H., Bruckner, T., (2016). Flexibility requirements of renewable energy based electricity systems – a review of research results and methodologies. Renew. Sustain Energy Rev, 53, 10–22. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.199
- Kolokathis, Christos; Hogan, Michael. (2018). New Research: Europe's Electricity Networks are underused and can cope with Electric Cars. Energy Post, 36, 1 – 19.
https://energypost.eu/new-research-europes-electricity-networks-are-underused-and-have-ample-capacity-to-cope-with-electrification-of-cars/
- Lavrijssen, S., (2017). Power to the energy consumers. Eur. Energy Environ. Law Rev, 172–186.
https://research.tilburguniversity.edu/en/publications/power-to-the-energy-consumers-2
- Lammers, I., Diestelmeier, L. (2017). Experimenting with law and governance for decentralized electricity systems: adjusting regulation to reality? Sustainability, 9 (2), 212.
https://www.mdpi.com/2071-1050/9/2/212
- Li, X., Wang, F. & Zou, X. (2019). Current Situation and Trend of Research on Application of Blockchain Technology in Logistics Field. 5th International Conference on Economics, Business, Finance, and Management.
https://www.semanticscholar.org/paper/Current-Situation-and-Trend-of-Research-on-of-in-Li-Wang/8d46a5ae8089f6b20db11a8f4e6e06c9e9bd95c4

- Luca Lena Jansen, Nikoleta Andreadou,Ioulia Papaioannou,Antonios Marinopoulos. (2017). Smart Grids Projects Outlook. EU Commission Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport.
https://ec.europa.eu/info/news_en?department=880
- Pankaj Dutta, Tsan-Ming Choi, Surabhi Somani, Richa Butala. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 142, 1 – 5.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7522652/
- Powerledger. (2018). Whitepaper. https://tge.powerledger.io/media/Power-Ledger-Whitepaper-v8.pdf
- Santoro, G., Vrontis, D., Thrassou, A., & Dezi, L. (2018). The Internet of Things: Building a knowledge management system for open innovation and knowledge management capacity. TechnologicalForecasting and Social Change, 136, 347-354.
https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2017/09/The-Internet-of-Things.pdf
- Seebacher, S., & Schüritz, R. (2017). Blockchain technology as an enabler of service systems: A structured literature review. The International Conference on Exploring Services Science, 12 – 23.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56925-3_2
- Tenne, T. (2017 b). Europe's first blockchain project to stabilize the power grid launches. saur energy.
https://www.saurenergy.com/solar-energy-news/europes-first-blockchain-project-stabilize-power-grid-launches
- Tenne, T. (2017 a). TenneT unlocks Distributed Flexibility via Blockchain. saur energy.
https://www. tennet.eu/news/detail/tennet-unlocks-distributed-flexibility-via-blockchain/