نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۸، شماره۱، پاییز ۱۴۰۳، صفحه ۲۱-۳۶

تاثیر هزینه برق تولید بیت‌کوین بر مهاجرت به سوی برق ارزان

دکتر مصطفی رجبی‌مشهدی

رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل شرکت توانیر و سخنگوی صنعت برق ایران.

rajabi@tavanir.org.ir

مهندس امیره نیکخواه[1]

مدیرکل دفتر فناوری اطلاعات و نظارت بر امنیت فضای مجازی شرکت توانیر؛.

nick@tavanir.org.ir

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۶/۰۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۶/۱۷

کلید واژه:
بیت‌کوین، توانیر، صنعت برق، هزینه برق، ناترازی برق

بیت‌کوین، به‌عنوان نخستین و مهم‌ترین رمزارز جهان، نه‌تنها یک ابزار مالی بلکه یک پدیده فناورانه و اقتصادی پیچیده است که اثرات آن بر بازارهای مالی، صنعت فناوری اطلاعات، و حتی زیرساخت‌های انرژی جهان مشهود است. یکی از جنبه‌های مهم و در عین حال بحث‌برانگیز این شبکه، مصرف بسیار بالای برق در فرآیند استخراج است که از الگوریتم اثبات کار (Proof of Work) بهره می‌برد. این مقاله با رویکردی تحلیلی، به بررسی جامع مصرف برق شبکه بیت‌کوین، مقایسه آن با مصرف برق در کشورها و صنایع بزرگ، تحلیل ساختار هزینه‌ای استخراج و اهمیت برق ارزان در سودآوری ماینرها می‌پردازد. سپس سیاست‌های استخراج رمزارز در ایران مرور می‌شود و با تکیه بر داده‌ها و آمار رسمی، نگرانی‌های ناشی از افزایش استخراج و تأثیر آن بر صنعت برق تحلیل می‌گردد. در ادامه، کفایت سیاست‌های کنونی ارزیابی شده و راهکارهایی برای تعادل‌بخشی بین توسعه صنعت ماینینگ و حفظ پایداری شبکه برق ارائه می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد که هرچند سهم برق از ارزش بازار بیت‌کوین ناچیز است، اما در سطح عملیاتی، هزینه انرژی تا ۸۰٪ هزینه‌های جاری مزارع استخراج را تشکیل می‌دهد و این امر به‌ویژه در ایران، به دلیل ساختار تعرفه‌ای و محدودیت منابع، به چالشی اساسی برای صنعت برق تبدیل شده است.پرتو دارای راندمان ۶۰٪ است در حالی‌که توان خالص سیستم به‌میزان ۷۶٪ نسبت به‌حالت پایه افزایش می‌یابد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

مقدمه

ظهور بیت‌کوین در سال ۲۰۰۹ را می‌توان نقطه عطفی در تاریخ فناوری مالی دانست؛ پدیده‌ای که با تلفیق دانش رمزنگاری، شبکه‌های همتا به همتا و نظریه بازی‌ها، یک نظام پولی غیرمتمرکز و مقاوم در برابر سانسور ایجاد کرد. موفقیت بیت‌کوین باعث شد هزاران رمزارز دیگر نیز ایجاد شوند، اما همچنان این شبکه پیشگام، از نظر ارزش بازار و گستره پذیرش، در صدر باقی مانده است. بیت‌کوین برای حفظ امنیت و یکپارچگی تراکنش‌ها از الگوریتم اثبات کار (PoW) استفاده می‌کند. این الگوریتم به‌گونه‌ای طراحی شده که برای تأیید تراکنش‌ها و ایجاد بلاک‌های جدید، نیاز به انجام محاسبات بسیار سنگین دارد. انجام این محاسبات مستلزم استفاده از سخت‌افزارهای تخصصی پرمصرف و کارکرد شبانه‌روزی آن‌هاست؛ ضمن اینکه نیاز به سرمایش مداوم دارند. لذا در سال‌های اخیر، هم‌زمان با رشد قیمت بیت‌کوین و افزایش رقابت میان استخراج‌کنندگان، توجه جهانی به پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی مصرف برق آن جلب شده است. در ایران، این مسئله دو بعد دارد: از یک سو، استخراج رمزارز می‌تواند منبع درآمد ارزی و فرصتی برای استفاده از برق مازاد یا منابع تجدیدپذیر باشد. از سوی دیگر، افزایش بی‌رویه و غیرقانونی استخراج، به‌ویژه در زمان اوج مصرف، فشار شدیدی بر شبکه برق وارد می‌کند و می‌تواند منجر به خاموشی‌های گسترده شود.

در این مقاله سعی داریم تا با استفاده از داده‌های قابل اتکا، به پرسش‌هایی از جمله «سهم واقعی برق در قیمت تمام‌شده بیت‌کوین چیست؟»، «آیا مصرف برق بیت‌کوین نسبت به سایر صنایع یا کشورها قابل‌دفاع است؟»، و «چرا استخراج‌کنندگان به دنبال مهاجرت به مناطق دارای برق ارزان هستند؟» پاسخ دهیم. در ادامه، ابتدا به بررسی فنی فرآیند استخراج و دلایل مصرف بالای انرژی در بیت‌کوین می‌پردازیم، سپس مصرف برق آن را در مقیاس جهانی و مقایسه با ایران تحلیل می‌کنیم. سپس، سیاست‌های استخراج رمزارز در ایران را مرور و ارزیابی کرده و در نهایت، پیشنهادهایی برای ایجاد تعادل بین توسعه این صنعت و پایداری شبکه برق کشور ارائه می‌دهیم.

۱. مبانی نظری

۱،۱.فرآیند استخراج بیت‌کوین، پرمصرف است

استخراج (ماینینگ) به معنی حل مسائل ریاضی سخت برای ثبت تراکنش‌ها در بلاک‌چین (مانند بیت‌کوین) است. این مسائل طوری طراحی شده‌اند که نیاز به آزمون و خطا دارند و میلیاردها محاسبه در ثانیه باید انجام شود. ماینرها برای افزایش شانس موفقیت، از سخت‌افزارهای بسیار قوی (ASIC یا GPU) استفاده می‌کنند که مصرف برق بالایی دارند.

در شبکه‌هایی مانند بیت‌کوین، اولین کسی که مسئله را حل کند، پاداش می‌گیرد. پس هزاران ماینر هم‌زمان تلاش می‌کنند زودتر از بقیه به پاسخ برسند. این رقابت باعث شده که مزارع بزرگی با هزاران دستگاه ساخته شوند که ۲۴ ساعته کار می‌کنند.

ماینرها باید بدون وقفه روشن باشند، چون هر لحظه که خاموش باشند، از رقابت عقب می‌مانند.این کارکرد دائم به معنی مصرف برق بالا و مداوم است. از سوی دیگر، دستگاه‌های ماینینگ گرمای زیادی تولید می‌کنند، پس به سیستم تهویه یا کولینگ قوی (فن، کولر، تهویه صنعتی، حتی واترکولینگ) نیاز دارند که به نوبه خود مصرف برق زیادی دارند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

همچنین، بیت‌کوین و بسیاری از رمزارزهای قدیمی از الگوریتم PoW (Proof of Work) یا الگوریتم اثبات کار استفاده می‌کنند، که ذاتاً مصرف‌محور است زیرا برای امنیت شبکه طراحی شده تا حمله به آن نیاز به انرژی و هزینه زیادی داشته باشد.

بنابراین به طور خلاصه محاسبات سنگین و مداوم، رقابت بسیار بالا بین ماینرها، روشن بودن ۲۴ ساعته، نیاز به خنک‌سازی و تهویه، الگوریتم محاسباتی بالای اثبات کار همه از دلایل پرمصرف بودن فرآیند ماینینگ هستند.

۱،۲. مروری بر فناوری و فرآیند استخراج بیت‌کوین

۱،۲،۱. الگوریتم اثبات کار (Proof of Work) و ماهیت آن

هدف الگوریتم اثبات کار (PoW) که بیت‌کوین بر پایه آن بنا شده، تأمین امنیت شبکه و جلوگیری از حملات دوبار خرج‌کردن (Double Spending) است. در این روش، ماینرها برای افزودن یک بلاک جدید به بلاک‌چین باید یک معمای رمزنگاری‌شده را با استفاده از توان محاسباتی بالا حل کنند. این معما به‌گونه‌ای طراحی شده که راه‌حل آن قابل پیش‌بینی یا محاسبه مستقیم نیست و تنها با آزمون و خطای مکرر (Brute Force) می‌توان به جواب رسید.

ویژگی کلیدی PoW این است که هر چه توان محاسباتی بیشتری در اختیار باشد، شانس بیشتری برای یافتن پاسخ و دریافت پاداش بلاک وجود دارد. این موضوع رقابت شدیدی بین ماینرها ایجاد می‌کند که در نهایت منجر به افزایش مصرف انرژی در کل شبکه می‌شود [۳و۴].

۱.۲،۲. تجهیزات استخراج و ویژگی‌های مصرفی آن‌ها

در سال‌های اولیه، استخراج بیت‌کوین با رایانه‌های شخصی و CPU انجام می‌شد. با گذر زمان و افزایش سختی شبکه (Network Difficulty)، استفاده از GPU و سپس دستگاه‌های FPGA رواج یافت. امروزه استخراج حرفه‌ای توسط دستگاه‌های ASIC (Application Specific Integrated Circuit) انجام می‌شود که به‌طور خاص برای محاسبات الگوریتم رمزنگاری SHA-۲۵۶ طراحی شده‌اند [۴].

ویژگی‌های مصرفی ASICها عبارتند از:

- توان پردازش بالا (ده‌ها تا صدها تراهش در ثانیه)
- مصرف برق قابل‌توجه (۲ تا ۳،۵ کیلووات برای هر دستگاه)
- نیاز به خنک‌سازی مداوم به دلیل تولید حرارت بالا

این ویژگی‌ها سبب می‌شود که مزارع استخراج به سیستم‌های تهویه صنعتی، فن‌های قدرتمند، و حتی سیستم‌های خنک‌سازی آبی نیاز داشته باشند که به مصرف برق اضافه می‌کنند.

۱.۲،۳. دلایل مصرف بالای انرژی در فرآیند استخراج

دلایل مصرف بالای انرژی فرآیند استخراج را می‌توان در موارد زیر برشمرد:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

- محاسبات سنگین و پیوسته: دستگاه‌ها ۲۴ ساعته روشن هستند تا شانس یافتن بلاک را از دست ندهند.
- رقابت بین‌المللی: هرچه تعداد ماینرها بیشتر باشد، سختی شبکه افزایش یافته و مصرف انرژی کل بیشتر می‌شود.
- ۳. نیاز به خنک‌سازی: حرارت تولیدشده در مزارع بزرگ نیازمند سیستم‌های خنک‌کننده دائمی است.
- ماهیت الگوریتم PoW: این الگوریتم ذاتاً مصرف‌محور است، زیرا امنیت شبکه بر پایه صرف هزینه واقعی (برق و سخت‌افزار) بنا شده است.

۱،۳. سیاست‌های استخراج رمزارز در ایران

در تیر ۱۳۹۸، هیئت وزیران استخراج رمزارز را به‌عنوان صنعت به رسمیت شناخت و تعرفه برق این صنعت، معادل نرخ صادرات (متغیر با فصول سال و میانگین قیمت برق منطقه) تعیین شد. همچنین، استخراج تنها با مجوز وزارت صنعت، معدن و تجارت مجاز شد. در ضمن، همه دستگاه‌ها باید در سامانه بهین‌یاب ثبت شوند [۷و۸]. اما طبق آمار وزارت نیرو، بخش قابل توجهی از استخراج در ایران غیرمجاز انجام می‌شود. این فعالیت‌ها اغلب در ساعات اوج مصرف و با برق یارانه‌ای خانگی یا کشاورزی انجام شده و منجر به افزایش بار شبکه و خاموشی‌های مقطعی شده است.

چالش‌های اصلی استخراج رمز ارز در ایران عبارتند از:

- تعرفه بالا برای مجازها: تعرفه صادراتی باعث شده استخراج قانونی در ایران در بیشتر مواقع فاقد توجیه اقتصادی باشد.
- رشد استخراج غیرمجاز: به دلیل تفاوت زیاد تعرفه برق صنعتی با تعرفه یارانه‌ای.
- ضعف شناسایی و برخورد: گستردگی شبکه برق کشور و تعدد منابع کوچک استخراج، شناسایی مراکز غیرمجاز را دشوار کرده است.
- عدم مشوق کافی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر: مقررات فعلی انگیزه کافی برای استفاده از منابع سبز ایجاد نکرده است.

۲. آمار و روش تحقیق

این تحقیق بر اساس داده‌های کتابخانه‌ای و از نوع تحلیلی-کاربردی می‌باشد.

۲،۱. برآورد مصرف برق بیت‌کوین و مقایسه جهانی

۲،۱،۱. مصرف برق سالانه شبکه بیت‌کوین

بر اساس داده‌های شاخص مصرف برق بیت‌کوین دانشگاه کمبریج (Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index)، مصرف سالانه این شبکه در سال‌های اخیر بین ۱۰۰ تا ۱۳۰ تراوات‌ساعت برآورد می‌شود [۶]. این رقم معادل مصرف برق سالانه یک کشور متوسط مانند نروژ یا آرژانتین است. در جدول ۱، مقایسه مصرف برق سالانه شبکه بیت‌کوین با برخی کشورها و صنایع نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه مصرف برق سالانه شبکه بیت‌کوین با مصرف برق سالانه چند کشور/ مرکز مصرف عمده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

نام کشور/ مرکز عمده مصرف	مصرف برق سالانه (حدودی) تراوات ساعت
ایران	۳۴۰
نروژ	۱۲۵
چین	۹,۸۵
کل اتحادیه اروپا	۲۷۰۰
ایالات متحده آمریکا	۴۴۰۰
دیتاسنترهای عمده جهان	۴۰۰
صنعت آلومینیوم جهان	۹۰۰
مصرف برق شبکه بیت کوین	۱۰۰ تا ۱۳۰

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده، مصرف بیت‌کوین در سطح جهانی تقریباً ٪۳۰ مصرف برق ایران است. مصرف این شبکه تقریباً برابر با مصرف کل دیتاسنترهای بزرگ دنیاست که میلیون‌ها سرویس آنلاین را پشتیبانی می‌کنند. در مقایسه با صنایع سنگینی مانند آلومینیوم، مصرف بیت‌کوین کمتر است، اما به دلیل ماهیت غیرملموس محصول نهایی، حساسیت اجتماعی و رسانه‌ای بیشتری ایجاد می‌کند.

۲,۱,۲. نسبت هزینه برق به نسبت قیمت هر بیت‌کوین

یکی از مهم‌ترین پرسش‌ها در مورد استخراج بیت‌کوین، میزان برق مصرفی آن و سهم آن در قیمت نهایی هر واحد بیت‌کوین است. برخلاف تصور رایج، مصرف برق اگرچه زیاد به نظر می‌رسد، اما درصد ناچیزی از ارزش بازار بیت‌کوین را تشکیل می‌دهد. در ادامه به نحوه محاسبه سهم برق مصرفی از قیمت نهایی هر واحد بیت‌کوین می‌پردازیم [۳و۴و۵و۶]:

هر بلاک در شبکه بیت‌کوین تقریباً هر ۱۰ دقیقه یک‌بار تولید می‌شود و پاداش آن در حال حاضر ۳,۱۲۵ بیت‌کوین است. اگر کل مصرف برق شبکه بیت‌کوین را حدود ۱۰۰ تراوات‌ساعت در سال در نظر بگیریم، آنگاه:

- تعداد بلاک‌های تولید شده در سال: ۵۲۵۶۰۰
- تعداد بیت‌کوین تولید شده در سال: ۱۶۴۲۵۰۰
- برق مصرفی برای تولید هر بلاک: حدود ۱,۹ مگاوات‌ساعت
- برق مصرفی به ازای هر بیت‌کوین: حدود ۶۰۰ کیلووات‌ساعت

حال اگر قیمت برق صنعتی را میانگین ۰,۰۵ دلار به ازای هر کیلووات‌ساعت در نظر بگیریم، هزینه برق برای تولید یک بیت‌کوین به دلار برابر است با: ۳۰ = ۰.۰۵ × ۶۰۰

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

اگر قیمت هر بیت‌کوین را ۶۰۰۰۰ دلار[۲] فرض کنیم، هزینه برق تنها حدود ۰٫۰۵٪ از قیمت نهایی آن را تشکیل می‌دهد. حتی در کشورهایی با برق گران، این عدد معمولا کمتر از ۱٪ باقی می‌ماند. حال این سوال مطرح می‌شود که پس چرا برق ارزان در استخراج بیت‌کوین اهمیت دارد؟ بررسی ساختار هزینه‌ای بیت‌کوین نشان می‌دهد که همین سهم کوچک در سطح بازار جهانی، به ۶۰ تا ۸۰ درصد هزینه‌های عملیاتی آن می‌رسد و تعیین‌کننده سود یا زیان است. در ادامه، ساختار هزینه‌ای استخراج بیت‌کوین را بررسی می‌کنیم.

۲,۲. ساختار هزینه‌ای استخراج و اهمیت برق ارزان

۲,۲,۱. اجزای اصلی هزینه‌های استخراج بیت‌کوین

بر اساس داده‌های عملیاتی مزارع استخراج، ساختار هزینه‌های جاری به‌طور متوسط به صورت جدول ۲ است:

جدول ۲- ساختار هزینه‌ای استخراج بیت‌کوین

نوع هزینه عملیاتی/جاری	سهم تقریبی از کل هزینه جاری
برق	۶۰٪ تا ۸۰٪
استهلاک دستگاه‌ها	۱۰٪ تا ۲۰٪
سرمایش و تهویه	۵٪ تا ۱۰٪
نیروی انسانی و نگهداشت	۲٪ تا ۵٪
اینترنت و زیرساخت	کمتر از ۱٪

همان‌طور که مشاهده می‌شود، برق بزرگ‌ترین سهم را در هزینه‌های عملیاتی دارد و بیشترین تأثیر را بر سود یا زیان استخراج‌کننده دارد. به همین دلیل، دسترسی به برق ارزان، عامل اصلی بقای ماینرها محسوب می‌شود.

۲,۲,۲. محاسبات درآمد روزانه یک ماینر

عوامل تعیین‌کننده درآمد روزانه هر دستگاه ماینر عبارتند از:

- هش‌ریت[۳] دستگاه: هر چقدر هش‌ریت بیشتر باشد، توانایی استخراج بیشتر است.
- مصرف برق و هزینه آن: بیشترین بخش هزینه‌ها را شامل می‌شود.
- سختی شبکه: هر چه سختی بالاتر رود، سهم از پاداش کاهش می‌یابد.
- قیمت بیت‌کوین: تاثیر مستقیم بر میزان درآمد دارد.
- کارمزدهای استخر و نگهداری: می‌توانند چند درصد از درآمد را کاهش دهد.

[۲] قیمت بیت کوین در مرداد ۱۴۰۴ حدود ۱۲۰۰۰۰ دلار است.
[۳] هش‌ریت (Hash Rate) یعنی سرعت انجام محاسبات هش توسط دستگاه ماینر یا کل شبکه.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

بنابراین برای یک ماینر حرفه‌ای بین‌کوین با هش‌ریت بالا (مثلا ۳۹۰ TH/s) و هزینه برق مناسب، حدود ۱۰ تا ۲۰ دلار محتمل است. برای Antminer S۱۹ (با ۹۵ TH/s) حدود ۵,۵۴ دلار است.

۲,۲,۳. محاسبات نمونه سودآوری استخراج

محاسبات نمونه سود استخراج بیت‌کوین را با فرضیات زیر بر اساس یک دستگاه Antminer S۱۹ انجام می‌دهیم [۵]:

قدرت هش: ۹۵ TH/s

مصرف برق هر ساعت: ۳۲۵۰ وات ساعت= ۳,۲۵ کیلووات ساعت

مصرف روزانه برق: ۳،۲۵ × ۲۴ = ۷۸ kWh

قیمت بیت‌کوین (حدودی): ۱۲۰،۰۰۰ دلار

پاداش بلاک: ۳،۱۲۵ BTC (پس از هاوینگ ۲۰۲۴)

درآمد روزانه فرضی: ۵,۵۴ دلار. یعنی سختی شبکه طوری باشد که سود/درآمد روزانه برای این دستگاه، در شرایط میانگین بازار ۵,۵۴ دلار باشد. با توجه به فرضیات فوق، در جدول ۳ محاسبات سودآوری بر اساس قیمت برق ارائه شده است:

جدول ۳- محاسبات سودآوری استخراج بر اساس هزینه برق

سودده / زیان‌ده (بدون در نظر گرفتن کارمزد استخر)	سود روزانه (درآمد روزانه با فرض ۵,۵۴ دلار منهای هزینه برق)	هزینه روزانه برق (دلار) هزینه ساعتی ضربدر مصرف روزانه برق (۷۸ kWh)	هزینه برق (دلار/کیلووات ساعت)
زیان‌ده	-۲,۲۶	۷,۸	۰,۱
سودده	+۰,۰۸	۵,۴۶	۰,۰۷
سودده	+۳,۲۰	۲,۳۴	۰,۰۳
سودده	+۳,۷۲	۰,۷۸	۰,۰۱

حال با در نظر گرفتن کارمزد استخر مثلا ۲٪، میزان سود روزانه را حدود ۰,۱۱ دلار کمتر می‌کند.

یعنی حتی با قیمت ۷ سنت برای برق، این دستگاه زیان‌ده است. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که برای سوددهی پایدار، قیمت برق باید کمتر از ۵ سنت و در بسیاری شرایط حتی کمتر از ۳ سنت باشد.

۳. نتایج مطالعه

۳,۱. برق ارزان؛ مزیت رقابتی کلیدی

با توجه به محاسبات فوق، برق ارزان یک مزیت رقابتی اصلی به شمار می‌آید و لذا مهاجرت به کشورهای با برق ارزان توجیه دارد. این مزیت را می‌توان در عوامل زیر برشمرد:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

- پایداری در بازار نزولی: در زمان کاهش قیمت بیت‌کوین، فقط ماینرهایی با برق ارزان می‌توانند کار کنند.
- افزایش سود خالص: هر سنت صرفه‌جویی در برق به سود خالص اضافه می‌شود.
- امکان توسعه مقیاس: مزارع بزرگ تنها در صورت دسترسی به برق ارزان توجیه اقتصادی دارند.
- مزیت رقابت بین‌المللی: کشورهایی مانند ایران، قزاقستان، روسیه، چین و تگزاس آمریکا با برق ارزان به قطب‌های استخراج تبدیل شده‌اند.

۳,۲. نمونه تطبیقی تعرفه برق استخراج

در ایران، هزینه برق مراکز مجاز رمز دارایی مطابق مصوبه شماره ۱۴۰۳/۱۵۲۹۵/۲۰/۱۰۰ مورخ ۱۴۰۳ /۲/۲۹ وزارت نیرو و ضوابط مرتبط با آن محاسبه و دریافت می‌شود. بر اساس این مصوبه، بهای هر کیلوواتساعت برق مصرفی مراکز استخراج رمزدارایی پس از اعمال عوارض برق و مالیات بر ارزش افزوده، معادل قیمت متوسط ریالی صادراتی برق و بر اساس نرخ ارز حواله مرکز مبادله ارز و طلای ایران محاسبه می‌شود. همچنین هر سه ماه یکبار بر اساس متوسط ریالی برق صادراتی و نرخ ارز حواله مرکز مبادله ارز و طلای ایران، توسط شرکت توانیر، به‌روزرسانی و ابلاغ می‌شود. در ضمن در سطح ولتاژ شبکه انتقال با ۲۰ درصد تخفیف و در سطح ولتاژ شبکه فوق توزیع با ۱۲ درصد تخفیف محاسبه می‌شود. البته علاوه بر مصرف هر کیلوواتساعت سایر هزینه‌ها مانند آبونمان و انتقال و ... نیز محاسبه می‌شود. بر اساس موارد فوق، برای دوره سه‌ماهه منتهی به ۲۸ مرداد ۱۴۰۴، نرخ هر کیلووات‌ساعت ۴۶ هزار و ۲۷۹ ریال است [۲] که با نرخ دلار ۹۳۶۷۰۰ ریال، حدود ۵ سنت است.

در جدول ۴ نمونه تطبیقی تعرفه استخراج برق ارائه شده است:

جدول ۴- بررسی تطبیقی تعرفه استخراج برق

کشور	میانگین قیمت برق صنعتی (سنت/کیلووات‌ساعت)	وضعیت استخراج
ایران	۵ (قانونی)	کم (رسمی)
	۰٫۸ تا ۱٫۵ (غیرقانونی)	بالا (غیررسمی)
قزاقستان	۳ تا ۵	بالا
آمریکا (تگزاس)	۵ تا ۶	بسیار بالا

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

روسیه	۲ تا ۴	بالا
آلمان	+۲۰	بسیار کم

جدول ۴ نشان می‌دهد که برق رسمی ایران (برای فعالیت مجاز) نسبت به کشورهای رقیب گران است، در حالی که برق یارانه‌ای غیرقانونی از ارزان‌ترین‌ها در جهان محسوب می‌شود.

۳،۳. نگرانی‌ها درباره افزایش استخراج و پیامدها برای شبکه برق ایران

۳،۳،۱. افزایش شدت انرژی، فشار بر پیک مصرف و تهدید خاموشی

استخراج رمزارز در ایران در برخی مقاطع به‌صورتی فشرده و در ساعات اوج مصرف گسترش یافته است که این مسئله می‌تواند به افزایش پیک لحظه‌ای و فراتر رفتن از ظرفیت تولید منتهی شود. برآوردهای معتبر نشان می‌دهد مصرف برق شبکه بیت‌کوین جهانی در دهه اخیر به‌طور پیوسته افزایش یافته و در سال‌های اخیر نقطه برآوردی حدود ۱۰۰–۱۴۶ تراوات‌ساعت (TWh) در سال را نشان داده است [۳و۴] که مقادیر برآوردی متفاوت بین منابع وجود دارد.

در ایران نیز گزارش‌ها، موارد بسیاری از افزایش مصرف غیرمجاز استخراج را یادآور شده‌اند که گاه منجر به خاموشی‌های محلی و فشار بر شبکه شده است؛ علاوه بر این، برخی گزارش‌ها از وجود صدها هزار دستگاه استخراج در کشور و سهم قابل‌توجه دستگاه‌های متعلق به نهادهای دولتی یا شبه‌دولتی خبر داده‌اند که پیچیدگی نظارتی را افزایش داده است.

گزارش انردیتا[۴] در سال ۲۰۲۳ نشان می‌دهد که شدت مصرف انرژی[۵] از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۳ رشد ۳۵٪ کاهش داشته است، این درحالی‌ست که در همین گزارش افزایش شدت مصرف انرژی در ایران طی سال‌های مزبور، ۷۵٪ نشان داده شده و به این ترتیب در میان ۴۶ کشور مورد مقایسه در گزارش ایران رتبه نخست را در شدت مصرف بالای انرژی داشته است [۱۰].

با درنظر گرفتن اینترنت استارلینک و استخراج از طریق مولد، در مجموع بیش از ۲۴۰۰ مگاوات استخراج رمز ارز به صورت غیرمجاز در کشور صورت می‌گیرد که بر اساس برآوردها، این میزان به ازای ۹۰۰ هزار دستگاه ماینر فعال در شبکه برق کشور است. برای قیاس بیشتر می‌توان گفت، با اینکه کشور ایران کمتر از ۱ درصد جمعیت دنیا را دارد اما ۵ درصد استخراج بیت‌کوین جهان در این کشور رخ می‌دهد [۲].

این ترکیب از رشد ظرفیت استخراج و محدودیت در تولید و انتقال برق موجب می‌شود که در دوره‌های اوج مصرف، اولویت تأمین برق برای مصارف حیاتی (خانگی، بیمارستان‌ها، صنایع حساس) در معرض تهدید قرار گیرد و مدیریت پایداری شبکه دشوارتر گردد.

---

[۴] شرکت Enerdata یک موسسه بین‌المللی تحقیقاتی و مشاوره‌ای در حوزه انرژی است. تمرکز اصلی این شرکت روی تحلیل داده‌های انرژی، گیش‌بینی روندها و ارائه مشاوره راهبردی به دولت‌ها، نهادهای بین‌المللی، شرکت‌های انرژی، صنایع و سازمان‌های تحقیقاتی است.

[۵] شدت انرژی، شاخص کارایی مصرف انرژی در یک کشور است. این شاخص نشان می‌دهد برای تولید هر هزار دلار در اقتصاد، چند کیلوگرم انرژی معادل نفت خام مصرف شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

شایان ذکر است شرکت توانیر کشف ماینرهای غیرمجاز را با جدیت در دستور کار خود دارد و در چهار ماهه نخست سال ۱۴۰۴ بیش از ۱۱۵۰۰ ماینر غیرمجاز کشف شده و رشد ۶۰ درصدی کشف ماینر در یکسال گذشته را نشان می‌دهد. در مجموع نیز ۲۶۰ هزار ماینر توقیف و ۶۲ هزار ماینر امحاء شده که معادل توان مصرف ۹۱۰ مگاوات بوده است [۲].

۳،۳،۲. فرسودگی و هزینه‌های جانبی زیرساختی

افزایش بارهای متمرکز و نامتوازن بر شبکه توزیع و انتقال برق، سبب فرسایش تجهیزات (ترانسفورماتورها، کابل‌ها، کلیدها) و افزایش هزینه‌های نگهداری و سرمایه‌ای شرکت‌های توزیع می‌شود. حتی اگر مصرف برق استخراج‌کنندگان در مجموع عدد بزرگی نباشد، اگر به‌صورت تجمعی و در مناطق خاص متمرکز شود، می‌تواند لنگر بار محلی ایجاد کرده و نیاز به سرمایه‌گذاری در تقویت شبکه را تشدید کند. چنین سرمایه‌گذاری‌هایی معمولاً خارج از مدل اقتصادی استخراج بوده و فشار مالی بر شرکت توانیر و شرکت‌های توزیع وارد می‌آورد [۲].

۳،۳،۳. اثرات زیست‌محیطی و انتشار کربن

اگر استخراج عمدتاً با اتکا به برق حاصل از نیروگاه‌های حرارتی انجام شود، افزایش استخراج می‌تواند به رشد انتشار گازهای گلخانه‌ای منتهی شود. مطالعات بین‌المللی با اتکا به داده‌های CBECI نشان می‌دهند که ردپای کربنی استخراج بیت‌کوین قابل‌توجه است و رشد مصرف در نبود سیاست‌های سبز، پیامدهای زیست‌محیطی دارد [۹و۱].

۳،۳،۴. ریسک‌های حقوقی، نظارتی و اقتصاد کلان

وجود استخراج غیرمجاز باعث می‌شود بازار درآمدهای ارزی غیررسمی شکل گیرد، که هم ممکن است به اهداف سیاست‌گذاری ارزی کمک کند و هم با نقض قوانین و ایجاد فضای غیررسمی، ریسک‌های حقوقی و فسادزا تولید نماید. هم‌زمان، تعرفه‌گذاری نامناسب برای استخراج قانونی، انگیزه فعالیت غیررسمی را تقویت می‌کند و حلقه نظارتی را ناکارآمد می‌نماید. تجربه ایران نشان داده که حتی با صدور مجوزها، بخش قابل‌توجهی از استخراج همچنان در فضای غیررسمی باقی می‌ماند که این امر شناسایی و مدیریت را دشوار می‌سازد [۷ و۸و ۲].

۳،۴. ارزیابی کفایت سیاست‌های فعلی در ایران

در ادامه، سیاست‌ها و مقررات فعلی ایران را با از ابعاد کارآیی: توانایی کنترل استخراج غیرمجاز، حمایت از منافع شبکه برق، تشویق به استفاده از انرژی‌های پاک و شفافیت و پیش‌بینی‌پذیری اقتصادی، بررسی می‌کنیم.

۳،۴،۱. توانایی کنترل استخراج غیرمجاز

در سال ۱۳۹۸ استخراج رمز ارز به‌عنوان صنعت پذیرفته شد و دستورالعمل‌هایی برای مجوزدهی صادر گردید [۲]؛ اما تجربه اجرایی نشان می‌دهد که اجرای این سیاست‌ها ناکافی بوده و بخش بزرگی از استخراج همچنان غیرمجاز است. اقدامات جمع‌آوری دستگاه‌ها و برخوردهای موردی (مثلاً جمع‌آوری صدها هزار دستگاه در دوره‌های مختلف) نشان‌دهنده وجود مشکل است ولی ناکافی بودن ظرفیت شناسایی و برخورد و همچنین تداخل منافع بازیگران مختلف، کارایی را محدود کرده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

۳،۴،۲. حمایت از پایداری شبکه برق

تعرفه‌های استخراج، به‌ویژه تعرفه رسمی صنعتی/صادراتی، در برخی شرایط اقتصادی برای استخراج‌کننده توجیه‌پذیر نیست و این باعث شده استخراج‌کنندگان به برق یارانه‌ای یا روش‌های غیرقانونی متوسل شوند. از منظر پایداری شبکه، فقدان مکانیزم‌های اقتصادی پویا (مثل تعرفه زمان‌محور، مشوق انرژی مازاد، یا قراردادهای منعطف برای خاموشی در ساعات بحرانی) به‌عنوان خلأ جدی دیده می‌شود. نتیجتاً سیاست‌ها نه‌فقط در حمایت از صنعت برق ناکافی بوده‌اند؛ بلکه در عمل به تشدید مصرف غیر قانونی کمک کرده‌اند.

۳،۴،۳. تشویق به استفاده از انرژی پاک

مقررات فعلی انگیزه قوی برای استفاده از منابع تجدیدپذیر در استخراج ایجاد نکرده است. تجربه جهانی نشان می‌دهد که ترکیب استخراج با انرژی‌های تجدیدپذیر یا بهره‌گیری از میادین انرژی مازاد می‌تواند هم به کاهش ردپای کربنی کمک کند و هم امکان قیمت‌گذاری جذاب‌تر فراهم آورد [۱و۹]؛ ولی در ایران با وجود ابلاغ مصوبه مرتبطی توسط وزارت نیرو، ساختار مشوق و تسهیل‌گر برای این ترکیب هنوز به خوبی توسعه نیافته است.

۳،۴،۴. شفافیت و قابلیت پیش‌بینی اقتصادی

قابلیت پیش‌بینی برای سرمایه‌گذاری در مزارع استخراج رمز ارز، اساس تصمیم‌سازی سرمایه‌گذاران است. سیاست‌هایی که به‌صورت ناگهانی تغییر تعرفه یا اجرای موقت مقررات دارند، سرمایه‌گذاری بلندمدت را دلسرد می‌کنند. در ایران، عدم شفافیت در سازوکارهای تعرفه‌ای و گسترش مقررات موقت (یا اجرای سلیقه‌ای) ریسک سیاسی-اقتصادی سرمایه‌گذاری را بالا برده است.

در مجموع، سیاست‌های فعلی ایران در شناساندن استخراج به‌عنوان یک صنعت، گام مهمی برداشته‌اند، اما از منظر کنترل مؤثر استخراج غیرمجاز، حفاظت از شبکه برق، انگیزش استفاده از انرژی پاک و ایجاد محیط باثبات برای سرمایه‌گذاری، ناکافی یا ناقص به‌نظر می‌رسند. لذا، اصلاحات ساختاری و تقویت ظرفیت نظارتی ضروری است.

۴. نتیجه‌گیری تحلیلی

تحلیل حاضر نشان داد که مصرف برق بیت‌کوین در مقیاس جهانی قابل‌توجه است و رشد آن می‌تواند پیامدهای اقتصادی، زیست‌محیطی و شبکه‌ای ملموسی داشته باشد. اگرچه سهم هزینه برق در قیمت هر واحد بیت‌کوین در سطح بازار جهانی ممکن است ناچیز به‌نظر برسد، اما برای استخراج‌کنندگان و دارندگان مزارع استخراج، برق همچنان عنصر تعیین‌کننده سودآوری است و تا ۶۰–۸۰ درصد هزینه جاری را تشکیل می‌دهد. با تکیه بر محاسبات ارائه‌شده، مشخص شد که استخراج سودده بیت‌کوین تنها در شرایطی ممکن است که هزینه برق کمتر از ۵ سنت در هر کیلووات‌ساعت باشد. این موضوع باعث شده کشورهایی با برق یارانه‌ای، منابع تجدیدپذیر یا مازاد انرژی، به مقصد اول ماینرها تبدیل شوند. لذا، مهاجرت به نواحی دارای انرژی ارزان نه‌تنها راهکاری برای افزایش سود، بلکه یک الزام برای بقا در بازار رقابتی بیت‌کوین است. باید اذعان داشت که صنعت استخراج بیت‌کوین نه‌فقط از منظر فنی، بلکه از حیث ژئوپلیتیکی و اقتصادی نیز نیازمند درک عمیق و سیاست‌گذاری هوشمندانه است؛ چراکه منابع انرژی، نقش تعیین‌کننده‌ای در نقشه جهانی استخراج بیت‌کوین و سهم کشورها در آینده رمزارزها خواهند داشت.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

در ایران، سیاست‌هایی که تاکنون اجرا شده‌اند (شامل رسمیت‌بخشی استخراج و اعمال تعرفه‌های صادراتی برای استخراج قانونی) گام مهمی بوده است، اما خلأهایی در اجرای عملی، شناسایی و برخورد با استخراج غیرمجاز، و ایجاد انگیزه کافی برای استفاده از انرژی پاک وجود دارد. تجربه جمع‌آوری دستگاه‌ها و گزارش‌های متعدد از مصرف غیرمجاز نشان می‌دهد که بدون اصلاح ساختاری در تعرفه‌گذاری، نظارت و ایجاد مشوق‌های سبز، فشار بر شبکه برق ادامه خواهد یافت. پیشنهادهای سیاستی ارائه‌شده در این مقاله (تعرفه زمان‌محور، مناطق ویژه استخراج، گواهی‌های سبز، سامانه شناسایی هوشمند و تعامل بین‌دستگاهی) هدف‌دار و عملیاتی هستند و در صورت اجرای مناسب می‌توانند هم منافع اقتصادی از محل استخراج قانونی را به‌صورت شفاف و قابل‌ردیابی جذب کنند و هم پایداری و سلامت شبکه برق را حفظ نمایند.

۵. پیشنهادهای سیاستی و راهبردی برای تناسب میان توسعه استخراج و حمایت از صنعت برق

در این بخش پیشنهادهایی به‌صورت عملیاتی و قابل‌اجرا برای سیاست‌گذاران و نهادهای مرتبط (وزارت نیرو، وزارت صمت، بانک مرکزی، سازمان تنظیم مقررات انرژی) ارائه می‌شود. پیشنهادها بر مبنای اهداف همزمانِ تأمین پایداری شبکه، جذب درآمد ارزی قانونی، و کاهش آثار زیست‌محیطی هستند.

۵-۱- طراحی تعرفه هوشمند و پلکانی

اعمال تعرفه زمان‌محور (TOU — Time of Use) برای استخراج: تعرفه پایین‌تر در ساعات کم‌باری و تعرفه بالاتر یا منع فعالیت در ساعات پیک. این کار انگیزه انتقال مصرف به ساعات غیرپیک را فراهم می‌آورد. این موضوع در مصوبه وزارت نیرو لحاظ شده است.

تعرفه پلکانی مبتنی بر منبع انرژی: برق تولیدشده از منابع تجدیدپذیر یا مازاد نیروگاه‌ها با تخفیف ویژه یا قراردادهای ثابت تضمین‌شده عرضه شود تا استخراج‌کنندگان به سمت انرژی پاک جذب شوند.

۵-۲- مناطق ویژه و قراردادهای اختصاصی انرژی

ایجاد «مناطق ویژه استخراج» در نزدیکی نیروگاه‌های دارای مازاد یا در مجتمع‌های صنعتی با زیرساخت مناسب؛ در این مناطق، شبکه تقویت‌شده، امکانات برودتی و قراردادهای برق اختصاصی تعریف می‌شود. در مصوبه وزارت نیرو، تامین برق از نیروگاه‌های خارج از شبکه مجاز دانسته شده است.

امکان عقد قراردادهای منعطف (مثلاً با بند قطع در زمان بحران یا قیمت‌گذاری با فرمول وابسته به قیمت جهانی بیت‌کوین) به‌منظور همگرایی منافع مالکین مزارع و شرکت‌های برق. این موضوع نیز در مصوبه وزارت نیرو دیده شده و حتی خرید از تابلوی سبز بورس انرژی نیز امکان‌پذیر است.

۵-۳- الزام به استفاده از انرژی پاک یا پاداش برای استفاده سبز

صدور گواهی استخراج سبز برای مزارعی که حداقل درصد مشخصی از انرژی‌شان را از منابع تجدیدپذیر تأمین می‌کنند. این گواهی می‌تواند مبنای تخفیف‌های مالیاتی یا دسترسی به تسهیلات بانکی شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

ارائه یارانه یا وام‌های کم‌بهره برای سرمایه‌گذاری در ذخیره‌سازی انرژی (باتری) تا مزارع بتوانند در ساعات اوج از شبکه مصرف کمتری داشته باشند.

۵-۴- توسعه سامانه‌های شناسایی و پایش هوشمند

توسعه سامانه ملی ثبت و پایش استخراج با قابلیت جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای مصرف برق دستگاه‌ها از طریق کنتورهای هوشمند و APIهای یکپارچه. شایان ذکر است در حد گسترش کنتورهای هوشمند، این پیشنهاد در حال حاضر انجام می‌شود.

بهره‌گیری از تحلیل‌های داده‌محور برای شناسایی نقاط مشکوک مصرف و واکنش سریع (قطع یا هدایت مجدد) توسط شرکت‌های توزیع. این پیشنهاد نیز در حد گسترش کنتورهای هوشمند، انجام می‌شود.

۵-۵- توسعه روش‌های حقوقی و تشویقی برای انتقال استخراج غیرمجاز به رسمی

تسهیل مسیر قانونی‌شدن مزارع کوچک با تسهیلات ثبت و امتیازات مالی (تخفیف مشروط) تا انگیزه فعالیت غیرقانونی کاهش یابد. برخورد سیستمی و هدفمند با استخراج غیرمجاز همراه با آموزش عمومی و اطلاع‌رسانی درباره پیامدهای آن. شایان ذکر است این پیشنهاد تا حد زیادی توسط روابط عمومی شرکت توانیر در حال اجراست.

۵-۶-سازوکار همکاری بین‌دستگاهی و شفافیت اطلاعات

تشکیل کارگروه بین‌دستگاهی با حضور وزارت نیرو، وزارت صمت، بانک مرکزی، سازمان‌های محیط‌زیست و نمایندگان صنعت استخراج برای هماهنگی سیاست‌ها، تبادل داده و نظارت مشترک. انتشار منظم گزارش‌های شفاف درباره مصرف استخراج و اثر آن بر شبکه برق جهت تقویت اعتماد عمومی و تدوین سیاست‌های مبتنی بر داده.

هر یک از این پیشنهادها باید در قالب پیاده‌سازی آزمایشی و با شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPIs) سنجیده شود تا قبل از توسعه گسترده، اثربخشی و پیامدهای اقتصادی و شبکه‌ای آن‌ها ارزیابی گردد.

۶. پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

برای پژوهش‌های آینده در محورهای فنی مهندسی، اقتصاد انرژی، محیط زیست و توسعه پایدار، سیاست‌گذاری و داده‌کاوی و پیش‌بینی پیشنهادهایی ارائه می‌شود:

۶-۱- پیشنهادهای تحقیقات آتی در حوزه فنی مهندسی

- مدل‌سازی بهینه مصرف انرژی در مزارع استخراج و استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای زمان‌بندی روشن/خاموش شدن ماینرها بر اساس تعرفه و بار شبکه
- ارزیابی و مقایسه سخت‌افزارهای استخراج از نظر بهره‌وری انرژی و تحلیل توان مصرفی آنها بر حسب هش‌ریت و راندمان حرارتی
- چگونگی استفاده از گرمای تولید شده توسط ماینرها برای گرمایش ساختمان یا فرآیندهای صنعتی.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

۶-۲- پیشنهادهای تحقیقات آتی در حوزه اقتصاد انرژی

- تحلیل هزینه-فایده اقتصادی مزارع استخراج در شرایط تعرفه‌های پلکانی یا فصلی
- تاثیر استخراج بیت‌کوین بر پیک مصرف برق کشور با شبیه‌سازی تاثیر سناریوهای محدودیت یا مجوزدهی بر بار سراسری
- بررسی مدل‌های کسب و کار مبتنی بر انرژی‌های مازاد یا مازاد تولید نیروگاهی

۶-۳- پیشنهادهای تحقیقات آتی در حوزه محیط زیست و توسعه پایدار

- مقایسه کربن حاصل از استخراج بیت‌کوین با صنایع دیگر
- تحلیل ریسک زیست‌محیطی تجمع مزارع استخراج در مناطق خاص به همراه بررسی میزان فشار بر شبکه برق و اثرات زیست محیطی منطقه.

۶-۴- پیشنهادهای تحقیقات آتی در حوزه سیاست‌گذاری

- مدل‌های موفق تنظیم‌گری استخراج رمزارز در کشورهای مختلف و مقایسه قوانین و تاثیر آن‌ها بر مصرف انرژی
- سیاست‌های تشویقی تعرفه‌ای یا مالیاتی برای استفاده از انرژی پاک در استخراج
- چارچوب حکمرانی انرژی- رمزارز، تلفیق مقررات برق، زیست محیطی و فناوری مالی در یک مدل

۶-۵-پیشنهادهای تحقیقات آتی در حوزه داده‌کاوی و پیش‌بینی

- مدل‌های پیش‌بینی مصرف برق شبکه بیت‌کوین در مقیاس ملی
- تحلیل سری‌های زمانی بار مصرفی مزارع استخراج برای پیش‌بینی اثرات در پیک بار تابستان یا زمستان
- پایش مصرف برق مزارع و ارتباط آن با نوسانات قیمت بیت‌کوین و بررسی رابطه قیمت-مصرف و شناسایی رفتارهای همبسته

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

فهرست منابع

۱. گزارش‌های مرتبط با راهکارهای «ماینینگ سبز» و ترکیب انرژی تجدیدپذیر با استخراج (مانند Financial Times).

۲. گزارش‌های شرکت توانیر در سال ۱۴۰۴، سایر منابع خبری و حقوقی درباره مقررات ایران و مصوبه شماره ۱۴۰۳/۱۵۲۹۵/۲۰/۱۰۰ مورخ ۱۴۰۳ /۲/۲۹ وزارت نیرو.

۳. Cambridge Centre for Alternative Finance- Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI)

۴. Bitcoin Energy Consumption Index, Digiconomist.

۵. Tracking electricity consumption from U.S. cryptocurrency mining, EIA.

۶.Cambridge Digital Mining Industry Report (۲۰۲۵), Cambridge Judge Business School.

۷. Inside the Iranian Bitcoin mining industry, Cointelegraph.

۸. Investigative reporting on Iran’s mining and state involvement, NCRI.

۹. Environmental Research Letters, AGU.

۱۰. Enerdata.net

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]