

خلاصه اجرایی

هش‌ریت جهانی بیت‌کوین در بازه زمانی 29 می تا 27 ژوئن 2025 با نوسانات قابل توجهی همراه بود که با کاهش چشمگیر پس از 15 ژوئن مشخص شد. این بی‌ثباتی عمدتاً تحت تأثیر تلاقی تنش‌های ژئوپلیتیکی، به ویژه درگیری ایران و اسرائیل و قطعی‌های مرتبط با اینترنت در ایران، همراه با فشارهای اقتصادی ناشی از افزایش قیمت برق و موج‌های گرما در آمریکای شمالی بود. اقتصاد زیربنایی استخراج بیت‌کوین، به ویژه کاهش پاداش بلاک پس از رویداد هاوینگ، چالش‌های سودآوری را برای ماینرها در سراسر جهان تشدید کرد.

تحلیل‌ها نشان می‌دهد که قطعی‌های اینترنت در ایران، در حالی که تأثیر محلی قابل توجهی داشت، تنها با بخش کوچکی از کاهش هش‌ریت جهانی همزمان بود، که این امر به عوامل سیستمی گسترده‌تری اشاره دارد. عملیات استخراج در آمریکای شمالی به دلیل افزایش قیمت برق و الزامات کاهش مصرف در طول موج‌های گرما، با افزایش هزینه‌های عملیاتی مواجه شد. بحران انرژی داخلی ایران، که با نیروگاه‌های ناکارآمد، تلفات قابل توجه شبکه انتقال و توزیع، و کسری مزمن عرضه برق مشخص می‌شود، یک آسیب‌پذیری اساسی را نشان می‌دهد که استخراج غیرقانونی ارزهای دیجیتال، با وجود سهم نسبتاً کوچک خود، استخراج غیرقانونی ارزهای دیجیتال، با وجود سهم اندک خود، اغلب به‌طور نامتناسبی در کانون توجه قرار می‌گیرد و مسائل زیرساختی واقعی را به حاشیه می‌راند.

این گزارش به این نتیجه می‌رسد که کاهش اخیر هش‌ریت یک پدیده چندعاملی است. در حالی که رویدادهای ژئوپلیتیکی می‌توانند محرک‌های لحظه‌ای برای بروز اختلال باشند، کاهش ماندگارتر به محیط اقتصادی سخت‌گیرانه‌تری برای ماینرها در سراسر جهان اشاره دارد که ناشی از افزایش سختی شبکه و هزینه‌های انرژی پس از هاوینگ است. برای ایران، پرداختن به مسائل عمیق زیرساخت‌های انرژی از طریق بهبود کارایی و توسعه هدفمند انرژی‌های تجدیدپذیر، بسیار مهم‌تر از تمرکز صرف بر استخراج غیرقانونی است. توصیه‌ها شامل مدیریت استراتژیک انرژی، نوسازی شبکه، و ارزیابی مجدد انگیزه‌های اقتصادی برای استخراج در مناطق مختلف جهان است.

1. مقدمه، بررسی نوسانات هش‌ریت جهانی بیت‌کوین

استخراج بیت‌کوین فرآیندی است که از طریق آن بیت‌کوین‌های جدید وارد چرخه می‌شوند و تراکنش‌های جدید به بلاک‌چین اضافه می‌گردند. ماینرها از پردازنده‌های تخصصی (ASIC) برای حل پازل‌های محاسباتی پیچیده استفاده می‌کنند. هش‌ریت نشان‌دهنده کل قدرت محاسباتی است که برای ایمن‌سازی شبکه بیت‌کوین اختصاص یافته است. هش‌ریت بیشتر عموماً نشان‌دهنده شبکه‌ای امن‌تر و قوی‌تر است، زیرا انجام حمله 51 درصدی را برای هر نهاد منفرد دشوارتر و پرهزینه‌تر می‌کند. نوسانات در هش‌ریت شاخص‌های مهمی از سلامت شبکه، سودآوری ماینرها و تأثیر عوامل خارجی هستند.

در سه‌ماهه دوم سال 2025، تعامل پیچیده‌ای از تنش‌های ژئوپلیتیکی، به ویژه تشدید درگیری بین ایران و اسرائیل، و تغییرات قابل توجه در بازارهای انرژی جهانی مشاهده شد. این رویدادهای کلان، در کنار پویایی‌های اقتصادی ذاتی بیت‌کوین (مانند هاوینگ اخیر)، محیطی چالش‌برانگیز را برای صنعت استخراج جهانی ایجاد کرد که منجر به تغییرات قابل مشاهده در هش‌ریت شبکه شد.

2. پویایی هش‌ریت جهانی (29 می - 27 ژوئن 2025)

2.1 روندهای کلی هش‌ریت شبکه

داده‌های بررسی شده¹، هش‌ریت روزانه جهانی بیت‌کوین را در واحد آگزهش بر ثانیه (EH/s) از 29 می تا 27 ژوئن 2025 نشان می‌دهد. هش‌ریت در 29 می با EH/s 988 آغاز شد، در 11 ژوئن به اوج EH/s 1046 رسید و سپس کاهش قابل توجهی را تجربه کرد و تا 24 ژوئن به EH/s 667 رسید. این امر نشان‌دهنده کاهش قابل توجه تقریباً 36 درصدی از اوج تا پایین‌ترین نقطه در دوره مشاهده شده است.

کاهش شدید و پایدار از 11 ژوئن (EH/s 1046) تا 18 ژوئن (EH/s 746) و سپس تا 24 ژوئن (EH/s 667) مشهود است. این دوره کاهش فزاینده با زمان تشدید رویدادهای ژئوپلیتیکی و اختلالات اینترنتی در ایران، و همچنین موج‌های گرما در آمریکای شمالی همزمان بود. روند کلی از اواسط ژوئن به بعد به وضوح نزولی است که نشان‌دهنده دوره فشار قابل توجه بر شبکه استخراج جهانی است. این مشاهده با گزارش‌های خارجی که از کاهش تقریباً 15 درصدی هش‌ریت بیت‌کوین بین 15 ژوئن و 2025 خبر می‌دهند، تأیید می‌شود که به عنوان "شدیدترین کاهش در سه سال گذشته" توصیف شده است.²

کاهش قابل توجه هش‌ریت جهانی که از اواسط ژوئن 2025 مشاهده شد، صرفاً به درگیری ایران و اسرائیل یا قطعی‌های اینترنت ایران قابل انتساب نیست. در حالی که این رویدادها با بخشی از کاهش همزمان بودند و احتمالاً بر ماینرهای ایرانی تأثیر گذاشتند، بخش قابل توجهی از کاهش قبلاً به دلیل سایر عوامل اقتصادی و محیطی جهانی در حال وقوع بود. گزارش‌ها نشان می‌دهد که "تنها کمی کمتر از 3 درصد از کل کاهش هش‌ریت دقیقاً با رویدادهای اخیر در ایران همزمان بوده است" و "هش‌ریت از 15 ژوئن تا پنجشنبه، قبل از بمباران سایت‌های هسته‌ای ایران توسط ایالات متحده یا اعمال قطعی اینترنت، بیش از 6.25 درصد کاهش یافته بود".² این امر ماهیت چندوجهی پویایی هش‌ریت جهانی بیت‌کوین را برجسته می‌کند، جایی که رویدادهای ژئوپلیتیکی ممکن است به عنوان کاتالیزور یا عوامل تشدید کننده عمل کنند تا علل ریشه‌ای منفرد. این وضعیت بر انعطاف‌پذیری شبکه در برابر شوک‌های بسیار محلی، اما همچنین آسیب‌پذیری آن در برابر فشارهای اقتصادی و محیطی سیستمی گسترده‌تر تأکید دارد.

2.2 توزیع هش‌ریت بر اساس استخرهای استخراج پر استفاده در ایران

در بررسی داده‌های استخراج شده از mempool.space جزئیات هش‌ریت روزانه چندین استخر استخراج برجسته را ارائه می‌دهند: Antpool، F2Pool، SpiderPool و BinancePool. داده‌های SlushPool در¹ به طور قابل توجهی پراکنده و در آن¹ وجود ندارند، که امکان تحلیل روزانه مداوم برای این استخر را از بین می‌برد.

- Antpool: در 29 می با حدود EH/s 175 آغاز شد¹ و روند کلی نزولی را نشان داد و در 23 ژوئن به EH/s 146.77¹ و در 24 ژوئن به EH/s 152.76¹ رسید. Antpool به طور مداوم به عنوان یکی از برترین استخرهای استخراج در سطح جهانی رتبه‌بندی می‌شود.
- ViaBTC: با حدود EH/s 114 آغاز شد¹ و روند نزولی مشابهی را دنبال کرد و تا اواخر ژوئن به حدود 100-110 EH/s کاهش یافت.¹ ViaBTC به عنوان یک استخر ثابت در رتبه‌های 3-4 برتر شناخته می‌شود.
- F2Pool: هش‌ریت نسبتاً پایداری را حفظ کرد و عموماً در محدوده EH/s 97-90 نوسان داشت، با برخی افت‌های متناوب.¹ F2Pool جایگاه تاریخی خود را به عنوان یکی از قدیمی‌ترین و بزرگترین استخرهای استخراج حفظ کرده است.
- SpiderPool: نوسانات قابل توجهی را نشان داد، با شروع حدود EH/s 63 و افت به EH/s 51.15 در 2 ژوئن¹، سپس بازیابی قبل از افت دیگری به EH/s 57.76 در 23 ژوئن.¹

- BinancePool: همچنین نوساناتی را نشان داد و عموماً در محدوده 55-68 EH/s باقی ماند.¹ Binance Pool به عنوان یک نهاد در حال گسترش سریع در بخش استخراج شناخته می‌شود.³

عملکرد جمعی این استخرهای اصلی تا حد زیادی کاهش هش‌ریت جهانی را منعکس کرد، که نشان می‌دهد کاهش قدرت محاسباتی یک پدیده گسترده بود که طیف وسیعی از نهادهای استخراج را تحت تأثیر قرار داد نه اینکه در یک استخر یا منطقه جغرافیایی خاص متمرکز باشد.

کاهش هش‌ریت مشاهده شده در دوره می-ژوئن 2025 یک رویداد سیستمی بود که چندین استخر استخراج اصلی را تحت تأثیر قرار داد، نه یک کاهش متمرکز در استخرهای خاص. این امر نشان می‌دهد که فشارهای زیربنایی (اقتصادی، محیطی) گسترده بودند و ماینرها را بدون توجه به وابستگی استخر یا موقعیت جغرافیایی آنها تحت تأثیر قرار دادند (اگرچه برخی مناطق ممکن است آن را با شدت بیشتری احساس کرده باشند). در حالی که توزیع هش‌ریت بیت‌کوین تمرکز را در میان استخرهای برتر نشان می‌دهد، ماهیت توزیع شده کاهش به این معنی است که امنیت شبکه، در حالی که تحت تأثیر هش‌ریت کلی پایین‌تر قرار گرفته است، توسط یک نقطه شکست منفرد در استخرهای اصلی در این دوره به خطر نیفتاده است. روند عدم تمرکز که در ⁴ ذکر شده (28 کشور با < 0.1% هش‌ریت، 9 کشور با < 1% هش‌ریت) نشان‌دهنده ساختار شبکه انعطاف‌پذیر در برابر شوک‌های محلی است.

جدول 1: هش‌ریت جهانی بیت‌کوین و سهم استخرهای استخراج اصلی 29 - (EH/s) می تا 27 ژوئن 2025

تاریخ	هش‌ریت جهانی (EH/s)	ViaBTC (EH/s)	Antpool (EH/s)	F2Pool (EH/s)	SpiderPool (EH/s)	BinancePool (EH/s)
-05-2025 29	988	114.51	175.04	97.86	63.43	66.81
-05-2025 30	963	115.41	170.09	96.86	63.76	67.46
-05-2025 31	937	118.29	170.42	96.21	64.78	68.06
-06-2025 01	1021	118.89	170.34	97.93	63.66	63.5
-06-2025 02	837	115.37	169.5	94.13	51.15	61.36
-06-2025 03	857	114.83	167.82	96.69	65.51	65.19

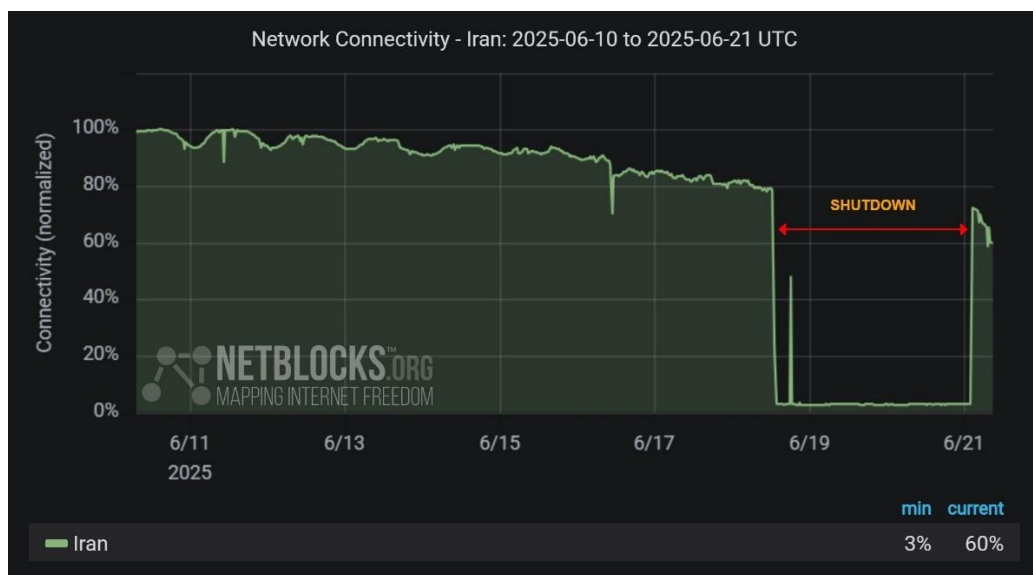
64.37	63.56	95.72	170.02	116.47	890	-06-2025 04
64.09	62.26	95.43	171.66	116.2	796	-06-2025 05
59.66	61.16	93.12	166.01	116.9	846	-06-2025 06
62.22	60.37	93.05	169.1	120.3	846	-06-2025 07
58.68	55	92.42	168.47	119.83	912	-06-2025 08
57.68	62.78	95.1	169.95	115.08	955	-06-2025 09
63.43	63.13	98.12	168.92	112.89	902	-06-2025 10
62.04	68.11	97.57	175.33	110.99	1046	-06-2025 11
61.43	68.49	97.34	173.59	113.3	890	-06-2025 12
62.96	66.13	96.48	173.83	110.52	946	-06-2025 13
64.78	64.79	96.94	169.44	106.76	904	-06-2025 14
64.8	67.78	97.76	171.31	108.42	951	-06-2025 15
60.42	66.42	95.1	165.64	107.73	857	-06-2025 16
56.21	60.66	90.54	162.81	103.36	914	-06-2025 17

55.88	64.61	90.86	162.14	102.34	746	-06-2025 18
57.9	57.31	90	163.55	96.15	879	-06-2025 19
55.48	55.99	88.05	165.17	99.34	796	-06-2025 20
64.41	65.86	95.25	171.49	104.32	951	-06-2025 21
62.52	65.88	95.35	172.63	106.14	880	-06-2025 22
54.6	57.76	89.95	146.77	101.95	679	-06-2025 23
55.13	65.66	88.89	152.76	99.93	667	-06-2025 24
57.6	66.72	92.24	159.26	103.05	737	-06-2025 25
58.87	66.34	93.06	168.59	107.56	913	-06-2025 26
61.77	64.77	93.03	169.82	109.61	967	-06-2025 27

3. عوامل ژئوپلیتیکی و اقتصادی موثر بر هشریت

3.1 درگیری ایران و اسرائیل و قطعی اینترنت

ایران از حدود 18 ژوئن 2025 یک "قطعی تقریباً کامل اینترنت در سطح ملی" را تجربه کرد.⁵ این اختلال به طور گسترده‌ای به عنوان "شدیدترین و گسترده‌ترین قطعی اینترنت در ایران از زمان اعتراضات نوامبر 2019" گزارش شد.⁶ گروه نظارت بر اینترنت NetBlocks نشان داد که در ساعات اولیه، تنها 3 درصد از کاربران ایرانی به اینترنت جهانی دسترسی داشتند.⁶ این قطعی حدود 62 ساعت به طول انجامید و تا 21 ژوئن به طور جزئی بازمی‌یافت، اگرچه اتصال کلی "زیر سطح عادی" باقی ماند.⁶ برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که محدودیت‌های اینترنتی از 13 ژوئن آغاز شده بود.⁹ دولت ایران هدف خود را از این قطعی، جلوگیری از انتشار اطلاعات نادرست و سوءاستفاده توسط ارتش اسرائیل اعلام کرد.⁹



در حالی که قطعی اینترنت در ایران شدید بود و بدون شک بر ماینرهای محلی تأثیر گذاشت، به نظر می‌رسد تأثیر مستقیم و فوری آن بر هشریت جهانی بیت‌کوین محدود بوده است. تحلیل دقیق نشان می‌دهد که "تنها کمی کمتر از 3 درصد از کل کاهش هشریت دقیقاً با رویدادهای اخیر در ایران همزمان بوده است".² این امر نشان می‌دهد که در حالی که ماینرهای ایرانی متصل به شبکه تحت تأثیر قرار گرفته‌اند، سهم کلی آنها در هشریت جهانی ممکن است به اندازه سایر عوامل گسترده‌تر قابل توجه نباشد.

نکته مهم این است که هشریت جهانی قبل از قطعی گسترده اینترنت در ایران و قبل از حملات گزارش شده ایالات متحده به تأسیسات هسته‌ای ایران، "کاهش شدیدی" را آغاز کرده بود. به طور خاص، هشریت از 15 ژوئن تا 18 ژوئن، قبل از اعمال قطعی کامل اینترنت، بیش از 6.25 درصد کاهش یافت.² این کاهش از بررسی داده‌های موجود نشان می‌دهد که سایر عوامل اقتصادی و محیطی از قبل فشار نزولی بر هشریت وارد کرده بودند.

درگیری ایران و اسرائیل و قطعی‌های متعاقب اینترنت در ایران، در حالی که باعث اختلال محلی قابل توجهی در عملیات استخراج ایران شد، عمدتاً به عنوان عاملی برای برجسته کردن و احتمالاً تسریع یک روند نزولی از پیش موجود در هشریت جهانی بیت‌کوین عمل کرد. به نظر می‌رسد حساسیت اکوسیستم استخراج جهانی به شرایط اقتصادی و محیطی گسترده‌تر، محرک اساسی‌تری نسبت به رویدادهای ژئوپلیتیکی منفرد است. این تحلیل نشان می‌دهد که در حالی که ثبات ژئوپلیتیکی عموماً برای فعالیتهای اقتصادی جهانی مفید است، هشریت کلی شبکه بیت‌کوین به طور بنیادی‌تر تحت تأثیر انگیزه‌های اقتصادی ذاتی و پویایی بازار انرژی جهانی قرار دارد. بنابراین، پاسخ‌های سیاستی یا استراتژی‌های صنعتی باید بر پرداختن به این مسائل سیستمی گسترده‌تر تمرکز کنند تا صرفاً به حوادث ژئوپلیتیکی خاص واکنش نشان دهند.

3.2 فشارهای بازار آمریکای شمالی

قیمت‌گذاری برق عامل بسیار مهمی در سودآوری استخراج بیت‌کوین است. در آمریکای شمالی، به ویژه ایالات متحده، هزینه‌های برق صنعتی اغلب از 0.1 دلار در هر کیلووات ساعت (kWh) فراتر می‌رود، که به طور قابل توجهی بالاتر از نرخ‌های یارانه‌ای سنگین در مناطقی مانند عمان (0.05 تا 0.07 دلار در هر کیلووات ساعت) یا امارات متحده عربی (0.035 تا 0.045 دلار در هر کیلووات ساعت) است. این تفاوت در هزینه‌های انرژی مستقیماً بر سودآوری تأثیر می‌گذارد. هزینه‌های استخراج بیت‌کوین در سه‌ماهه دوم سال 2025 به بیش از 70,000 دلار در هر بیت‌کوین افزایش یافت، که

بخشی از آن ناشی از افزایش قیمت انرژی بود. به عنوان مثال، Terawulf گزارش داد که قیمت انرژی در سه ماهه اول سال 2025 تقریباً دو برابر شده و از 0.041 دلار به 0.081 دلار در هر کیلووات ساعت رسیده است.¹¹ این افزایش در هزینه‌های عملیاتی به شدت حاشیه سود را کاهش می‌دهد، به ویژه برای ماینرهایی که از سخت‌افزار کم‌بازده‌تر استفاده می‌کنند.¹¹

موج‌های گرما در سراسر ایالات متحده، به ویژه در تگزاس، به دلیل افزایش شدید تقاضا برای تهویه مطبوع، فشار زیادی بر شبکه‌های برق منطقه‌ای وارد می‌کنند.¹³ شورای قابلیت اطمینان برق تگزاس (ERCOT)، که بیشتر شبکه برق این ایالت را مدیریت می‌کند، سابقه مستندی در تشویق ماینرهای بیت‌کوین به کاهش مصرف انرژی خود در دوره‌های اوج تقاضا برای جلوگیری از قطعی‌های گسترده دارد.¹³ به عنوان مثال، Riot Platforms در آگوست 2023 مبلغ 31.7 میلیون دلار اعتبار انرژی برای کاهش عملیات خود دریافت کرد.¹³ در حالی که این عمل به پایداری شبکه کمک می‌کند، مستقیماً به کاهش هشریت فعال منجر می‌شود. ERCOT رکورد تقاضای انرژی را برای تابستان 2025 پیش‌بینی کرد و اوج بار را 87.5 گیگاوات (GW) تخمین زد که افزایشی نسبت به رکورد 85.5 گیگاوات در آگوست 2023 است.¹⁴ با وجود افزودن ظرفیت‌های جدید خورشیدی و باتری، شرایط شبکه همچنان تنگاتنگ پیش‌بینی می‌شود، به ویژه در ساعات عصر که تولید انرژی خورشیدی کاهش می‌یابد اما دما کماکان بالا می‌ماند.¹⁴ علاوه بر این، PJM Interconnection، که شبکه برق را در 13 ایالت نظارت می‌کند، از افزایش شگفت‌انگیز 833 درصدی قیمت ظرفیت از ژوئن 2025 خبر داد که منجر به افزایش 29 درصدی یا بیشتر در قبوض انرژی تجاری در منطقه خدمات آن می‌شود.¹⁸

ظرفیت عملیاتی و سودآوری بخش استخراج بیت‌کوین در آمریکای شمالی به شدت به الگوهای فصلی آب و هوا و شرایط پویای بازار انرژی حساس است. موج گرمای تابستان 2025، همراه با افزایش قابل توجه قیمت برق و هزینه‌های ظرفیت، با وادار کردن ماینرها به کاهش عملیات خود یا مواجهه با حاشیه سود به شدت کاهش یافته، مستقیماً به کاهش هشریت جهانی کمک کرد. این وضعیت بر اهمیت فزاینده زیرساخت‌های انرژی قوی و استراتژی‌های سازگاری با آب و هوا برای صنعت استخراج بیت‌کوین جهانی تأکید می‌کند. ماینرها به طور فزاینده‌ای تشویق می‌شوند تا به دنبال مناطق با برق پایدار و کم‌هزینه باشند، که می‌تواند تغییرات جغرافیایی در توزیع هشریت را تسریع کرده و نوآوری در شیوه‌های استخراج با بهره‌وری انرژی را به جلو سوق دهد.

3.3 اقتصاد پس از هاوینگ و پاداش‌های شبکه

رویداد هاوینگ بیت‌کوین، یک رویداد از پیش برنامه‌ریزی شده و تعبیه شده در پروتکل بیت‌کوین، در 20 آوریل 2024 رخ داد. این رویداد به طور خودکار پاداش بلاک برای ماینرها را از 6.25 بیت‌کوین به 3.125 بیت‌کوین کاهش داد.¹⁹ هاوینگ‌ها تقریباً هر چهار سال (یا هر 210,000 بلاک) یک بار اتفاق می‌افتند تا عرضه محدود و ماهیت تورم‌زدای بیت‌کوین را کنترل کنند.²⁰

هاوینگ به شدت بر سودآوری ماینرها تأثیر گذاشت، زیرا جریان اصلی درآمد آنها نصف شد در حالی که هزینه‌های عملیاتی، به ویژه برق، ثابت ماند یا حتی افزایش یافت.¹⁹ این تغییر اقتصادی ماینرها را مجبور کرد تا "عملیات خود را بازنگری کنند، کارایی را بهینه کنند، هزینه‌های انرژی را کاهش دهند و سخت‌افزار را ارتقا دهند تا سودآوری خود را حفظ کنند".¹⁹ هشرپرایس (hashprice)، که نشان‌دهنده درآمد روزانه در هر تراشه است، به طور قابل توجهی از 0.12 دلار در آوریل 2024 به حدود 0.049 دلار در آوریل 2025 کاهش یافت.¹⁹ همزمان، سختی شبکه به بالاترین حد خود رسید و کسب درآمد را برای ماینرها دشوارتر کرد. در این محیط جدید، "کارایی دیگر اختیاری نیست؛ یک ضرورت است" و تنها "کارآمدترین ماینرها می‌توانند دوام بیاورند".¹⁹ ماینرهایی که از دستگاه‌های قدیمی‌تر و کم‌بازده‌تر استفاده می‌کردند، حفظ سودآوری را به طور فزاینده‌ای دشوار یافتند.

هاوینگ بیت‌کوین در آوریل 2024 به طور بنیادی چشم‌انداز اقتصادی ماینرها را با نصف کردن پاداش‌های بلاک تغییر داد. این امر یک فشار اقتصادی ساختاری و مداوم برای افزایش کارایی عملیاتی و کاهش هزینه‌های انرژی ایجاد کرد و عملاً عملیات استخراج کم‌سودتر را از صحنه خارج کرد و به طور قابل توجهی به کاهش کلی هش‌ریت مشاهده شده در سه‌ماهه دوم 2025 کمک کرد، بدون توجه به سایر عوامل خارجی. مکانیسم هاوینگ ذاتاً دوره‌هایی از کاهش سودآوری و تمرکز احتمالی هش‌ریت را معرفی می‌کند که به نفع عملیات استخراج در مقیاس بزرگ و بسیار کارآمد با دسترسی ترجیحی به برق ارزان و پایدار است. این روند بلندمدت و سیستمی، تعیین‌کننده مهم‌تری برای تکامل هش‌ریت و توزیع جغرافیایی آن نسبت به شوک‌های ژئوپلیتیکی کوتاه‌مدت یا عوامل محیطی فصلی است.

4. چشم‌انداز استخراج بیت‌کوین در ایران، بررسی عمیق‌تر

4.1 مقیاس و ماهیت عملیات استخراج

ایران دارای صنعت استخراج بیت‌کوین قابل توجهی است، اما عمدتاً زیرزمینی. ظرفیت استخراج قانونی تنها 5 مگاوات (MW) تخمین زده می‌شود، در حالی که استخراج غیرقانونی تقریباً 1000 تا 1500 گیگاوات (GW) است.²⁴ این امر استخراج غیرقانونی را 300 برابر بزرگتر از عملیات قانونی می‌کند.²⁵ تا سال 2023، تخمین زده می‌شود که 180,000 دستگاه استخراج ارز دیجیتال در حال استفاده بوده‌اند. مقامات ادعا می‌کنند که از اوایل سال 2022 بیش از 252,000 دستگاه استخراج غیرقانونی را توقیف کرده‌اند که در صورت عملیاتی بودن، حدود 804 مگاوات برق مصرف می‌کردند.²⁴ با وجود این سرکوب‌ها، تخمین‌ها نشان می‌دهد که حدود 500,000 دستگاه استخراج غیرقانونی همچنان در ایران فعال هستند.

بر اساس مصرف متوسط 3.2 کیلووات هر ماینر، و تخمین حدودی 500,000 ماینر غیرقانونی که احتمالاً هنوز در حال فعالیت هستند²⁶، کل مصرف برق تخمینی برای استخراج غیرقانونی 500,000 ماینر * 3.2 کیلووات/ماینر = 1,600,000 کیلووات = 1.6 گیگاوات خواهد بود. این محاسبه با تخمین 2 برابر شدن تعداد ماینرهای زیرزمینی در ایران برای استخراج زیرزمینی مطابقت نزدیکی دارد. این مصرف قابل توجه برق، فشار زیادی را که استخراج غیرقانونی بر شبکه برق ملی از پیش ناپایدار ایران وارد می‌کند، برجسته می‌سازد.

مدل‌های ماینر رایج در ایران شامل: hydro 198TH/s, M50 124TH/s, S19 90TH/s, S19 100TH/s, S19pro 110TH/s, S19k 120TH/s, M3 12TH/s و Antminer S9 و M3 است. مدل‌های قدیمی‌تر و کم‌بازده‌تر مانند M3 و Antminer S9 همچنان به دلیل برق غیرقانونی و گاهی ارزان در ایران بسیار رایج هستند، که حتی سخت‌افزار قدیمی را نیز سودآور می‌کند.

در حالی که استخراج غیرقانونی بیت‌کوین در ایران مقدار قابل توجهی برق (تخمینی 1.6 گیگاوات) مصرف می‌کند، این میزان تنها بخش نسبتاً کوچکی (تقریباً 6-8 درصد) از کسری قابل توجه برق کلی ایران (20-27 گیگاوات) را تشکیل می‌دهد. تمرکز نامتناسب رسانه‌ها و مقامات بر استخراج غیرقانونی به نظر می‌رسد ابزاری روایی برای انحراف توجه از مسائل عمیق‌تر و ساختاری در بخش انرژی ایران است.²⁵ این دستکاری روایی مانع از سیاست‌گذاری مؤثر و جامع با تخصیص نادرست توجه عمومی و منابع می‌شود. این امر از رویکردی جامع به بحران انرژی جلوگیری می‌کند، که اساساً نیازمند رسیدگی به ناکارآمدی‌های زیرساختی طولانی‌مدت، سرمایه‌گذاری ناکافی و مسائل حاکمیتی است تا صرفاً هدف قرار دادن یک نشانه.

جدول 2: مشخصات ماینرهای رایج بیت‌کوین در ایران و مصرف برق تخمینی

مدل ماینر	هش‌ریت (TH/s)	مصرف برق تخمینی (kW)
Hydro	198	5.5
M50	124	3.3
S19	90	3.2
S19jPro	100	3.2
S19Pro	110	3.2
S19K	120	2.8
M3	12	2

4.2 استخراج خارج از شبکه و منابع انرژی

در حالی که درصد مشخصی برای استخراج خارج از شبکه در داده‌ها ارائه نشده است، سودآوری استثنایی استخراج بیت‌کوین در ایران، که ناشی از نرخ‌های برق بسیار یارانه‌ای (حتی تا 0.01 تا 0.05 دلار در هر کیلووات ساعت) است²⁴، انگیزه قوی برای عملیات غیرقانونی ایجاد می‌کند. گزارش‌ها حاکی از آن است که بخشی از ماینینگ زیرزمینی با دسترسی به گاز یا دیزل باعث ایجاد نیروگاه‌های خود تأمین خود مصرف و خطوط برق خصوصی شده است. این امر نشان می‌دهد که بخشی از استخراج غیرقانونی در مقیاس بزرگ می‌تواند از منابع تولید برق اختصاصی، احتمالاً خارج از شبکه (مانند ژنراتورهای گازی یا دیزلی) برای اطمینان از تداوم عملیاتی و فرار از شناسایی استفاده کند. با توجه به مقیاس استخراج غیرقانونی و ضرورت اجتناب از سرکوب‌های دولتی، استفاده از ژنراتورهای خصوصی یک استراتژی منطقی است، به ویژه برای عملیات‌های بزرگتر و سازمان‌یافته‌تر.

بخش قابل توجهی از استخراج غیرقانونی بیت‌کوین در ایران احتمالاً به طور جزئی یا کامل خارج از شبکه ملی برق فعالیت می‌کند و از ژنراتورهای گازی و دیزلی خصوصی استفاده می‌نماید. این استراتژی ناشی از دو ضرورت اصلی است: فرار از شناسایی توسط دولت و حفظ عملیات استخراج مداوم در بحبوحه بی‌ثباتی شبکه و سرکوب‌های رسمی، با بهره‌گیری از سودآوری بالای استخراج با انرژی یارانه‌ای یا برق تولید شده خصوصی. این شیوع استخراج خارج از شبکه تلاش‌های دولت ایران برای کنترل و تنظیم مصرف انرژی مرتبط با استخراج را پیچیده می‌کند. این امر محدودیت‌های ذاتی سیاست‌های مدیریت انرژی متمرکز بر شبکه را در مواجهه با یک صنعت بسیار غیرمتمرکز و غیرقانونی برجسته می‌سازد و همچنین وجود یک بازار سیاه برای سوخت برای تأمین انرژی این ژنراتورهای خصوصی را نشان می‌دهد.

4.3 استارلینک و اتصال برای استخراج

تحلیلگران صنعت تخمین می‌زنند که حدود 20,000³⁵ تا بیش از 30,000³⁷ دیش استارلینک مخفیانه در اوایل سال 2025 در ایران فعال هستند. برخی مقامات ایرانی حتی ارقامی بیش از 100,000 کاربر را که از اینترنت ماهواره‌ای بهره

می‌برند، ذکر کرده‌اند.³⁷ این دستگاه‌ها عمدتاً به صورت قاچاق وارد کشور می‌شوند³⁶ و توسط دولت ایران غیرقانونی تلقی می‌شوند، به طوری که نگهداری آنها خطر پیگرد قانونی را در پی دارد.³⁶

در حالی که برخی گزارش‌ها نشان می‌دهند "افراد ثروتمند حتی از شبکه ماهواره‌ای استارلینک ایلان ماسک برای فرار کامل از نظارت استفاده می‌کنند"²⁵ (با اشاره به دسترسی عمومی به اینترنت)، خطرات امنیتی مرتبط با استفاده از استارلینک برای استخراج بیت‌کوین پرمصرف، فوق‌العاده بالا است. دولت ایران به صراحت پایانه‌های استارلینک را "غیرقانونی" اعلام کرده و برای واردات یا عملیات آنها تهدید به پیگرد قانونی کرده است.³⁶ مقامات فعالانه دیش‌ها را مصادره کرده‌اند.³⁷ مورد استفاده اصلی و ایمن‌تر برای استارلینک در طول قطعی‌های اینترنت، ارتباط و دسترسی به اطلاعات بدون سانسور است.²⁵ استفاده از اتصال استارلینک برای استخراج بیت‌کوین، که یک فعالیت پرمصرف، با حرارت بالا و در نتیجه قابل شناسایی فیزیکی است، به طور قابل توجهی خطر کشف و مصادره را افزایش می‌دهد. این امر به ویژه با توجه به تلاش‌های دولت برای ردیابی ماینرها از طریق آدرس‌های IP و حملات فیزیکی صادق است.²⁵ نگرانی‌های ذاتی امنیت سایبری مرتبط با استارلینک (مانند پتانسیل پروتکل‌های امنیتی ضعیف، دسترسی غیرمجاز)³⁹، خطر را برای افرادی که در فعالیت‌های غیرقانونی مشارکت دارند، بیشتر می‌کند.

در حالی که تخمین زده می‌شود 30,000 (یا بیشتر) دستگاه استارلینک به طور غیرقانونی وارد ایران شده‌اند، استفاده گسترده از آنها برای استخراج بیت‌کوین بسیار بعید است. خطرات امنیتی قابل توجه، از جمله پیگرد قانونی دولتی و مصادره دستگاه، همراه با قابلیت شناسایی ذاتی عملیات استخراج پرمصرف، استارلینک را به یک راه حل اینترنتی غیرعملی و با ریسک بیش از حد بالا برای استخراج غیرقانونی در مقیاس بزرگ تبدیل می‌کند. کاربرد اصلی آن برای ایرانیان، دور زدن محدودیت‌های اینترنت برای ارتباط و دسترسی به اطلاعات باقی می‌ماند. این وضعیت محدودیت‌های عملی راه‌حل‌های فنی را در مواجهه با کنترل قاطع دولتی و انگیزه‌های بازدارنده قابل توجه برای مشارکت در فعالیت‌های اقتصادی پرخطر، حتی در صورت وجود سودهای بالقوه زیاد، برجسته می‌کند. نگرانی اصلی دولت ایران به نظر می‌رسد کنترل جریان اطلاعات است³⁶ تا صرفاً پهنای باند، که بر ارزیابی خطر برای استفاده‌های مختلف غیرقانونی از استارلینک تأثیر می‌گذارد.

5. بحران انرژی زیربنایی ایران و پیامدهای سیاستی

5.1 بررسی ساختاری ناکارآمدی انرژی ایران

نیروگاه‌های حرارتی ایران، که بیش از 90 درصد ظرفیت تولید برق کشور را تشکیل می‌دهند³⁰، با میانگین بازدهی کمتر از 40 درصد کار می‌کنند و تنها بهبود سالانه ناچیزی معادل 0.1 درصد را نشان می‌دهند.³⁰ در حالی که برخی گزارش‌ها نشان می‌دهند میانگین بازدهی اخیراً از 39.6 درصد⁴¹ یا 39.56 درصد⁴² فراتر رفته و واحدهای جدیدتر کلاس F می‌توانند از 58 درصد بازدهی داشته باشند⁴²، میانگین کلی همچنان به شدت پایین است. این ناکارآمدی منجر به هدر رفت قابل توجه سوخت و کمک قابل توجهی به کسری انرژی می‌کند که با نگرانی کاربر در مورد بازدهی کمتر از 35 درصد مطابقت دارد.

بخش قابل توجهی از برق تولیدی ایران در طول انتقال و توزیع از بین می‌رود. تخمین‌ها نشان می‌دهد که تقریباً 13 درصد برق تلف می‌شود، که معادل تقریباً 40 درصد کل مصرف خانگی است.³⁰ منابع دیگر از تلفات بیش از 11 درصدی⁴³ یا حتی "تقریباً 40 درصد گاز طبیعی و برق خانگی در طول تولید و انتقال" به دلیل شبکه‌های قدیمی و نگهداری ناکافی خبر می‌دهند.⁴² در حالی که یک گزارش ادعا می‌کند تلفات در سال 2018 از 21.5 درصد در سال 2007 به 10 درصد کاهش یافته است⁴⁴، ارقام اخیر نشان‌دهنده تلفات بالای مداوم است که با محدوده 12-20 درصدی مشخص شده توسط کاربر مطابقت دارد.

ایران با بحران شدید و رو به رشد برق دست و پنجه نرم می‌کند، با کسری پیش‌بینی شده 25,000 مگاوات (25 گیگاوات) برای سال 2025.³⁰ این رقم در محدوده 20-27 گیگاوات مشخص شده توسط کاربر قرار می‌گیرد. برخی تخمین‌های قبلی کسری 14,000-15,000 مگاوات را در اوج تقاضای تابستان نشان می‌دادند.⁴⁵ ظرفیت اسمی تولید برق کشور حدود 94 گیگاوات است، اما تنها حدود 62 گیگاوات آن واقعاً عملیاتی است.⁴⁶

بحران شدید انرژی در ایران ناشی از دهه‌ها سرمایه‌گذاری ناکافی، نگهداری نامناسب، و اتکای بیش از حد به سوخت‌های فسیلی است.³⁰ این امر منجر به فرسودگی زیرساخت‌ها، نیروگاه‌های ناکارآمد، و تلفات بالای انتقال شده است. این بحران ماهیتی ساختاری دارد، نه فصلی.³⁰ این مشکلات عمیق‌تر، ریشه‌های اصلی کمبود برق و بی‌ثباتی شبکه هستند که استخراج غیرقانونی، با وجود مصرف قابل توجه انرژی، تنها بخش کوچکی از این شکاف را به خود اختصاص داده است.

5.2 بزرگ‌نمایی آماری برای پوشش ناکارآمدی‌های شبکه برق ایران

بررسی ادعاهای مقامات وزارت نیرو و شرکت توانیر نشان‌دهنده ناسازگاری‌هایی در آمارهای ارائه‌شده درباره استخراج غیرمجاز بیت‌کوین است، که می‌تواند تلاشی برای پوشش ناکارآمدی‌های ساختاری شبکه برق و اقتصاد صنعت برق باشد. به‌عنوان مثال، در تاریخ ۴ اسفند ۱۴۰۳، توانیر ادعا کرد که ۷۰۰,۰۰۰ ماینر غیرمجاز با مصرف تقریبی ۳,۰۰۰ مگاوات (معادل سه نیروگاه اتمی بوشهر) فعال هستند، در حالی که ۲۴۰,۰۰۰ ماینر کشف‌شده مصرفی معادل ۸۰۰ مگاوات داشته‌اند. در تاریخ ۵ آذر ۱۴۰۳، محمد اله‌داد، معاون انتقال توانیر، اعلام کرد که ۳۰۰,۰۰۰ ماینر غیرمجاز با مصرف ۱,۰۰۰ مگاوات کشف شده‌اند، که با میانگین مصرف ۳.۲ کیلووات) بر اساس مدل‌های رایج مانند (Antminer S19 محاسبه آن به ۹۶۰ مگاوات نزدیک است و تا حدی منطقی به نظر می‌رسد. با این حال، ادعای ۳,۰۰۰ مگاوات برای ۷۰۰,۰۰۰ ماینر با محاسبات $3.2 \times 2,240$ (مگاوات = ۲,۲۴۰ مگاوات) ناسازگار است و نیازمند فرض مصرف بالاتر (حدود ۴.۳ کیلووات به ازای هر ماینر) است، که با مدل‌های رایج در ایران همخوانی ندارد. این ناسازگاری با ادعای ۲,۵۰۰ مگاوات برای ۲۵۰,۰۰۰ ماینر در ۳۱ اردیبهشت ۱۴۰۴ نیز تکرار شده است، که تنها ۸۰۰ مگاوات محاسبه می‌شود.

روش‌شناسی آماری توانیر ظاهراً بر تخمین‌های غیرمستند و اغراق‌آمیز مبتنی است. گزارش Chainalysis⁶² نشان می‌دهد که نرخ استخراج بیت‌کوین در ایران از ژانویه 2025 تا 29 ژوئن 2025 عمدتاً ثابت بوده، با کاهش 52% در درآمد روزانه ماینرها در 19 ژوئن به دلیل هک صرافی Nobitex و قطعی اینترنت، که پس از 20 ژوئن تا حدی بهبود یافت اما همچنان زیر روند عادی باقی ماند. نمودار ارائه‌شده توسط Chainalysis (شامل جریان ورودی روزانه به دلار و درآمد ماینینگ) تأیید می‌کند که میانگین درآمد روزانه پیش از درگیری‌ها حدود ۲۰۷,۰۰۰ دلار بوده، اما پس از کاهش، به‌طور قابل‌توجهی افت کرده است، بدون اینکه نشانه‌ای از افزایش کلی تعداد ماینرها در طول سال دیده شود. این ثبات در هشریت، با وجود ادعای توانیر مبنی بر افزایش تعداد ماینرهای غیرمجاز از ۲۴۰,۰۰۰ (آذر ۱۴۰۳) به ۳۰۰,۰۰۰ (۵ آذر ۱۴۰۳)، سپس ۷۰۰,۰۰۰ (۴ اسفند ۱۴۰۳)، و نهایتاً ۹۰۰,۰۰۰ (تیر ۱۴۰۴)، تناقض آشکاری دارد و از بزرگ‌نمایی بیش از سه‌برابری در یک سال حکایت می‌کند. این رویکرد می‌تواند تلاشی برای منحرف کردن توجه از ناکارآمدی‌های ساختاری شبکه، مانند تلفات ۱۱-۱۳ درصدی در انتقال و توزیع و ناتوانی در تأمین ظرفیت عملی ۹۴ گیگاوات اسمی، باشد. برجسته‌سازی استخراج غیرمجاز به‌عنوان مقصر اصلی ناترازی برق، مسائل ریشه‌ای مانند سرمایه‌گذاری ناکافی و مدیریت ضعیف زیرساخت‌های انرژی را به حاشیه می‌راند.

5.2 خصوصی سازی و توسعه انرژی های تجدیدپذیر

یکی از اهداف فصل انرژی برنامه هفتم توسعه با هدف خصوصی سازی بخش عمده ای از فروش برق است، اما پیشرفت در این زمینه بسیار کند است. این امر با شبکه ای پیچیده از شرکت های دولتی، عدم آمادگی لازم و اینترنتی شدید زیرمجموعه های توانیر با مشکل مواجه شده است.⁴⁸ این بازیگران شبه دولتی اغلب منافع خود را در اولویت قرار می دهند که منجر به سوءمدیریت و فساد و به حاشیه راندن مشارکت بخش خصوصی واقعی می شود.⁴⁹ ایران پتانسیل خورشیدی عظیمی دارد (3,200-2,800 ساعت آفتاب در سال).⁵⁰ با این حال، ظرفیت فعلی انرژی های تجدیدپذیر پایین است (1.8 درصد از کل، 1 گیگاوات خورشیدی/بادی).⁴⁵ در حالی که برنامه هایی برای افزودن 11.5 گیگاوات خورشیدی تا مارس 2026 وجود دارد⁵¹، محدودیت های ظرفیت شبکه، شکاف های فناوری و تحریم های بین المللی مانع از یکپارچه سازی گسترده می شوند.⁴² انرژی خورشیدی تنها می تواند بخشی از عدم تعادل را به دلیل این "موانع جدی بین المللی و نهادی" برطرف کند.⁵⁰

بخش انرژی ایران با ترکیبی از ناکارآمدی های نهادی، سیاست های داخلی نادرست (یارانه های هدف گذاری نشده، حاکمیت پراکنده، سرمایه گذاری ناکافی) و فشارهای خارجی (تحریم ها) دست و پنجه نرم می کند.⁴² این مسائل محیطی غیررقابتی ایجاد کرده و اجرای اصلاحات لازم را دشوار می سازد که منجر به هزینه های اقتصادی و زیست محیطی مداوم می شود.⁴² این مشکلات ساختاری، توسعه پایدار بخش انرژی و حرکت به سمت خصوصی سازی و انرژی های تجدیدپذیر را به شدت کند کرده است.

5.3 راهکارهای بهینه سازی مصرف و توسعه شبکه

فراتر از توسعه منابع جدید برق، بهینه سازی مصرف و توسعه شبکه برای ایران بسیار مهم است. اقدامات بهره وری انرژی سریع تر قابل اجرا هستند. به عنوان مثال، تغییر روشنایی معابر و تعویض موتور کولرهای قدیمی با موتورهای BLDC (Brushless DC) می تواند به طور قابل توجهی کارایی را افزایش دهد.⁵⁵ سیستم های مدیریت انرژی هوشمند (مانند پروژه فهام در ایران) می توانند داده های بلادرنگ را برای مدیریت بار بهتر، کاهش تلفات و بهبود کارایی ارائه دهند.⁵⁶

سرمایه گذاری در زیرساخت خودروهای برقی (EV) می تواند مصرف سوخت (8-9 هزار لیتر در هر خودرو در سال) و آلودگی را در شهرهای بزرگ به میزان قابل توجهی کاهش دهد.⁵⁸ وزارت نفت قبلاً توسعه زیرساخت EV را آغاز کرده و الزام به نصب واحدهای شارژ در پمپ بنزین های جدید را صادر کرده است.⁵⁸ این امر همچنین به چالش آلودگی هوا در کلان شهرهایی مانند تهران می پردازد.⁵⁶

اما تجربه نشان داده است که اینگونه پروژه ها وقتی در قالب دولتی مطرح می شود تا عملی شدن و رسیدن به خواسته ها فاصله بسیاری زیادی دارد یک رویکرد جامع، که توسعه عرضه را با مدیریت تقاضا و نوسازی شبکه ترکیب می کند، برای امنیت انرژی ایران ضروری است. اقدامات بهره وری انرژی، عملیاتی شدن سریع تر و مزایای زیست محیطی را ارائه می دهند، در حالی که پذیرش خودروهای برقی هم مصرف سوخت و هم آلودگی شهری را کاهش می دهد. این رویکرد چندوجهی برای حل بحران انرژی ایران که ریشه های عمیق و ساختاری دارد، حیاتی است.

6. سخن آخر و توصیه ها

کاهش هش ریت جهانی مشاهده شده در دوره می ژوئن 2025 یک پدیده چندعاملی است و صرفاً به درگیری ایران و اسرائیل محدود نمی شود. این کاهش بیشتر تحت تأثیر اقتصاد پس از هاوینگ بیت کوین، افزایش هزینه های انرژی و موج های گرما در آمریکای شمالی، و مشکلات ساختاری عمیق در بخش انرژی ایران قرار گرفته است. در حالی که درگیری ژئوپلیتیکی به عنوان یک شوک محلی و عامل جزئی در کاهش هش ریت جهانی عمل کرد، اما به طور قابل توجهی

آسیب‌پذیری‌های انرژی ریشه‌دار ایران را آشکار ساخت. صنعت استخراج جهانی در حال تطبیق با محیطی جدید و کم‌سودتر پس از هاوینگ است.

توصیه‌ها

- برای صنعت استخراج جهانی ماینرها باید به طور فزاینده‌ای بر بهره‌وری انرژی تمرکز کنند و به دنبال مناطق با برق پایدار و کم‌هزینه باشند. تنوع بخشیدن به جریان‌های درآمدی، مانند میزبانی سرویس‌های هوش مصنوعی، می‌تواند به افزایش انعطاف‌پذیری در برابر نوسانات بازار کمک کند.¹¹
- برای بخش انرژی ایران به جای تمرکز صرف بر استخراج غیرقانونی، اولویت‌بندی اصلاحات ساختاری ضروری است. این اصلاحات شامل خصوصی‌سازی واقعی بخش برق، نوسازی جامع شبکه، زیرساخت دیجیتال و اجرای برنامه‌های بهره‌وری انرژی مانند بهبود روشنایی معابر، تعویض کولرهای قدیمی با موتورهای BLDC و پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند است. سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، به ویژه خورشیدی، باید در کنار توسعه و تقویت زیرساخت‌های شبکه موجود انجام شود تا از جذب ظرفیت‌های جدید اطمینان حاصل شود. تسریع در توسعه زیرساخت‌های خودروهای برقی نیز برای کاهش مصرف سوخت و آلودگی هوا در شهرهای بزرگ حیاتی است.
- برای سیاست‌گذاران (به طور کلی) شناخت تعامل پیچیده انرژی، اقتصاد و ژئوپلیتیک در زیرساخت‌های دیجیتال ضروری است. توسعه استراتژی‌های انعطاف‌پذیر که هم به شوک‌های کوتاه‌مدت و هم به روندهای ساختاری بلندمدت می‌پردازند، برای تضمین پایداری و امنیت سیستم‌های حیاتی در مقیاس جهانی اهمیت فزاینده‌ای دارد.

منابع

1. The analyzed data from five mining pools covers the period from May 29 to June 27, 2025.
2. Bitcoin hashrate down ~15% since June 15, steepest drop in 3 years, accessed June 25, 2025, <https://cointelegraph.com/news/bitcoin-hashrate-down-15-since-june-15-biggest-drop-in-3-years>
3. What is a Bitcoin Mining Pool? - Bitbo, accessed June 25, 2025, <https://bitbo.io/glossary/mining-pool/>
4. The River Bitcoin Adoption Report 2025, accessed June 25, 2025, <https://river.com/learn/files/river-bitcoin-adoption-report-2025.pdf>
5. Iran enters near-total internet blackout, NetBlocks says, accessed June 29, 2025,
6. Iran's Internet Partially Restored After 62-Hour Blackout - IranWire, accessed June 28, 2025,
7. A Day Later, Watchdog Says Iranians Still Largely Cut Off From Internet By Authorities, accessed June 29, 2025, <https://www.rferl.org/a/netblocks-iranians-outage-internet/33448841.html>
8. 'Worst internet shutdown': Iranians abroad fear for loved ones amid blackout back home - The National News, accessed June 29, 2025, <https://www.thenationalnews.com/news/mena/2025/06/21/iranians-abroad-fear-for-loved-ones-lives-amid-internet-blackout-back-home/>
9. Iran's internet restored: Blackout was 'double-edged sword' that fuelled public frustration, says expert | The National, accessed June 28, 2025, <https://www.thenationalnews.com/future/technology/2025/06/25/iran-internet-restored-israel/>
10. Iran internet blackout impacts daily life - DevX, accessed June 29, 2025, <https://www.devx.com/daily-news/iran-internet-blackout-impacts-daily-life/>

11. Bitcoin Mining Costs Surge 35% to \$70,000 in Q2 2025 Driven by Energy Prices - AInvest, accessed June 28, 2025, <https://www.ainvest.com/news/bitcoin-mining-costs-surge-35-70-000-q2-2025-driven-energy-prices-2506/>
12. Miners in tight spot as post-halving takes dent on revenue - CoinGeek, accessed June 29, 2025, <https://coingeek.com/miners-in-tight-spot-as-post-halving-takes-dent-on-revenue/>
13. Texas paid bitcoin miner more than \$31 million to cut energy usage during heat wave, accessed June 28, 2025, <https://www.cbsnews.com/news/bitcoin-mining-cryptocurrency-riot-texas-power-grid/>
14. ERCOT predicts record power demand, lower outage risk in Texas this summer - KVUE, accessed June 29, 2025, <https://www.kvue.com/article/news/local/texas/ercot-record-power-demand-texas-summer/269-455041bb-a804-4042-afbd-f83b8d6b1551>
15. ERCOT forecasts record electric demand amid hot, dry summer | Community Impact, accessed June 29, 2025, <https://communityimpact.com/austin/south-central-austin/government/2025/06/24/ercot-forecasts-record-electric-demand-amid-hot-dry-summer/>
16. Is the Texas power grid prepared for summer 2025 heat? - Energy Capital HTX, accessed June 29, 2025, <https://energycapitalhtx.com/Guest-Columns/texas-power-grid-summer>
17. Extreme Heat Puts Strain on Power Grids in Major Cities - SFL Media, accessed June 29, 2025, <https://sfl.media/extreme-heat-puts-strain-on-power-grids-in-major-cities/>
18. 2025-2026 PJM Capacity Auction & Its Consumer Impact - Integrity Energy, accessed June 29, 2025, <https://www.integrityenergy.com/resources/about-us/news-media/pjm-announces-expensive-energy-changes-in-2025/>
19. Bitcoin mining 2025: Post-halving profitability, hashrate and energy trends - Cointelegraph, accessed June 29, 2025, <https://cointelegraph.com/news/bitcoin-mining-2025-post-halving-profitability-hashrate-and-energy-trends>
20. Bitcoin Halving: What It Is and Why It Matters for Crypto Investors - Investopedia, accessed June 28, 2025, <https://www.investopedia.com/bitcoin-halving-4843769>
21. Bitcoin Halving 2024: Impact, Predictions & Expert Analysis [NEW] - Blockpit, accessed June 28, 2025, <https://www.blockpit.io/en-us/blog/bitcoin-halving>
22. Bitcoin Halving 2024: Everything You Need to Know | IG International, accessed June 29, 2025, <https://www.ig.com/en/bitcoin-btc/bitcoin-halving>
23. Bitcoin Halving Countdown - The Block, accessed June 28, 2025, <https://www.theblock.co/trackers/bitcoin-halving>
24. Bitcoin Mining in Iran, IRGC Operations and the Power Grid Crisis - NCRI, accessed June 29, 2025, <https://www.ncr-iran.org/en/publications/special-reports/bitcoin-mining-in-iran-irgc-operations-and-the-power-grid-crisis/>
25. Decoding Iran's Thriving Underground Bitcoin Mining: Illegal Computing Power Is 400 Times Legal | 吴说区块链 on Binance Square, accessed June 29, 2025, <https://www.binance.com/en/square/post/25980322718266>
26. 'Exempt from Bills': IRGC's Bitcoin Mining Leaves Iranians in the Dark - IranWire, accessed June 29, 2025, <https://iranwire.com/en/economy/141202-exempt-from-bills-irgcs-bitcoin-mining-leaves-iranians-in-the-dark/>

27. Iran Seized 240000 Crypto Mining Devices in 3 Years - Pintu, accessed June 29, 2025, <https://pintu.co.id/en/news/135707-iran-seized-240000-crypto-mining-devices-in-3-years-energy-crisis-affects-crypto-mining>
28. Iran says it has seized over quarter of a million cryptomining machines - Press TV, accessed June 29, 2025, <https://www.presstv.ir/Detail/2025/05/21/748383/Iran-cryptomining-clampdown-machines-confiscation>
29. Iran seizes over quarter of a million cryptomining machines - Mehr News Agency, accessed June 29, 2025, <https://en.mehrnews.com/news/232137/Iran-seizes-over-quarter-of-a-million-cryptomining-machines>
30. Iran faces twin crises: Power grid on the brink and nutrition in decline - Global Voices, accessed June 29, 2025, <https://globalvoices.org/2025/05/30/iran-faces-twin-crises-power-grid-on-the-brink-and-nutrition-in-decline/>
31. No Easy Solutions For Iran's Water Shortages and Power Outages - Stimson Center, accessed June 29, 2025, <https://www.stimson.org/2025/no-easy-solutions-for-irans-water-shortages-and-power-outages/>
32. Iran in Crisis: Infrastructure Failures, Public Discontent, and a Widening Trust Gap - NCRI, accessed June 29, 2025, <https://www.ncr-iran.org/en/news/iran-protests/iran-in-crisis-infrastructure-failures-public-discontent-and-a-widening-trust-gap/>
33. Iranian energy crisis - Wikipedia, accessed June 29, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Iranian_energy_crisis
34. How Iran's Cryptocurrency Gamble Empowers the Revolutionary Guards and Drains the State - Middle East Forum, accessed June 28, 2025, <https://www.meforum.org/mef-observer/how-irans-cryptocurrency-gamble-empowers-the-revolutionary-guards-and-drains-the-state>
35. Elon Musk activates Starlink in Iran following internet blackout | IDNFinancials, accessed June 29, 2025, <https://www.idnfinancials.com/news/55238/elon-musk-activates-starlink-in-iran-following-internet-blackout>
36. Tehran warns Iranians against Elon Musk's Starlink | The Jerusalem Post, accessed June 29, 2025, <https://www.jpost.com/middle-east/iran-news/article-858635>
37. Elon Musk's Starlink vs. Iran's Blackout: Fact-Checking the 20,000 Secret Dishes Reconnecting a Nation - TS2 Space, accessed June 29, 2025, <https://ts2.tech/en/elon-musks-starlink-vs-irans-blackout-fact-checking-the-20000-secret-dishes-reconnecting-a-nation/>
38. Elon Musk's Starlink restores internet in Iran, raises questions for India - TechGig, accessed June 28, 2025, <https://content.techgig.com/technology/starlinks-impact-on-internet-freedom-irans-crisis-and-implications-for-india/articleshow/121861175.cms>
39. White House Wi-Fi blunder? Trump allegedly ignored cybersecurity warnings while installing Musk's Starlink - The Economic Times, accessed June 29, 2025, <https://m.economictimes.com/news/international/us/white-house-wi-fi-blunder-trump-allegedly-ignored-cybersecurity-warnings-while-installing-musks-starlink/articleshow/121755958.cms>
40. Iran's Grid Faces Historic Power Deficit — Officials Warn of “Fan and Water Jug” Summer, accessed June 28, 2025, <https://iranopendata.org/en/article/iran-power-deficit-fan-and-water-jug-summer/>

41. Iran's power plant efficiency surpasses 39.6% amid fuel challenges - Tehran Times, accessed June 28, 2025, <https://www.tehrantimes.com/news/509957/Iran-s-power-plant-efficiency-surpasses-39-6-amid-fuel-challenges>
42. Iran's Energy Dilemma: Constraints, Repercussions, and Policy Options, accessed June 29, 2025, <https://carnegieendowment.org/sada/2025/06/irans-energy-dilemma-constraints-repercussions-and-policy-options?lang=en>
43. Iran's Electricity Crisis: A Structural Failure Behind the Blackouts, accessed June 29, 2025, <https://irannewsupdate.com/news/economy/irans-electricity-crisis-a-structural-failure-behind-the-blackouts/>
44. Iran more than halved its power grid losses to 10% in 16 years: Expert - Press TV, accessed June 29, 2025, <https://www.presstv.ir/Detail/2025/04/27/746975/Iran-power-grid-losses-reduction-expert>
45. Iran's Renewable Energy Prospects and Challenges - Stimson Center, accessed June 29, 2025, <https://www.stimson.org/2024/irans-renewable-energy-prospects-and-challenges/>
46. 'Life has become hell': Iranians struggle with power and water cuts | Iran International, accessed June 29, 2025, <https://www.iranintl.com/en/202506016970>
47. Reforming Iran's Energy Policy: Strategies for Sustainability, Subsidies, and Global Integration | Journal of Public and International Affairs, accessed June 29, 2025, <https://jpia.princeton.edu/news/reforming-iran%E2%80%99s-energy-policy-strategies-sustainability-subsidies-and-global-integration>
48. Foreword; Privatization For Progress: Reshaping Iran's Economic Future | NUFDI Fund, accessed June 29, 2025, https://fund.nufdiran.org/wp-content/uploads/2025/04/Foreword-Privatization-For-Progress___Reshaping-Irans-Economic-Future-1-2.pdf
49. How Iranian-style 'privatization' stunts the real private sector - Amwaj.media, accessed June 29, 2025, <https://amwaj.media/article/how-iranian-style-privatization-stunts-the-real-private-sector>
50. Iran's Renewable Energy Aspirations and Geopolitical Challenges - Gulf International Forum, accessed June 28, 2025, <https://gulfif.org/irans-renewable-energy-aspirations-and-geopolitical-challenges/>
51. Iran Imposes Mandatory Photovoltaic Installation for Government Buildings - Energytrend, accessed June 29, 2025, <https://www.energytrend.com/news/20250425-49319.html>
52. Iran Launches Off-Grid Solar Plan to Cut Grid Dependency, Targets 11.5 GW Solar Capacity Boost by 2026 - Solarbe Global, accessed June 29, 2025, <https://www.solarbeglobal.com/iran-launches-off-grid-solar-plan-to-cut-grid-dependency-targets-11-5-gw-solar-capacity-boost-by-2026/>
53. Potential assessment of renewable energy resources and their power plant capacities in Iran, accessed June 29, 2025, <https://www.agriscigroup.us/articles/GJE-7-162.php>
54. Iran to expand off-grid solar to all government buildings - Press TV, accessed June 29, 2025, <https://www.presstv.ir/Detail/2025/04/20/746538/Iran-solar-panels-government-buildings>
55. BLDC SMART COOLER - ijariie, accessed June 28, 2025, https://ijariie.com/AdminUploadPdf/BLDC_SMART_COOLER_ijariie23297.pdf
56. Advancing energy efficiency at UNDP Iran | United Nations Development Programme, accessed June 29, 2025, <https://www.undp.org/iran/news/advancing-energy-efficiency-undp-iran>

57. National smart metering program (Iran) - Wikipedia, accessed June 29, 2025, [https://en.wikipedia.org/wiki/National_smart_metering_program_\(Iran\)](https://en.wikipedia.org/wiki/National_smart_metering_program_(Iran))
58. Oil Ministry launches electric vehicle infrastructure initiative - Tehran Times, accessed June 29, 2025, <https://www.tehrantimes.com/news/512004/Oil-Ministry-launches-electric-vehicle-infrastructure-initiative>
59. Impact of fuel price increasing policies on fuel smuggling and acceptance of green cars: A case study of Iran | The Journal of Engineering, accessed June 29, 2025, <https://digital-library.theiet.org/doi/full/10.1049/tje2.12181>
60. Oil Ministry launches electric vehicle infrastructure development - Iran Daily, accessed June 29, 2025, <https://newspaper.irandaily.ir/7810/3/14851>
61. Iran pushes for electric mobility with charging infrastructure expansion - Kazinform, accessed June 29, 2025, <https://qazinform.com/news/iran-pushes-for-electric-mobility-with-charging-infrastructure-expansion-948ed5>
62. Chainalysis report <https://x.com/chainalysis/status/19400324520024557842025>