نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۶، شماره۱، بهار ۱۴۰۲، صفحه ۱۹-۳۴

ارزیابی اقتصادی تامین برق دستگاه‌های ماینر و استخراج رمز ارز از طریق نیروگاه خورشیدی و نیروگاه مقیاس کوچک با استفاده از روشی برمبنای الگوریتم سیمپلکس

کوثر صادقی

دکتری صنایع، کارشناس ارشد برنامه ریزی هلدینگ برق و انرژی صبا، تهران

sadeghi@sabapeg.ir

الهام بخشایش

دکتری اقتصاد، کارشناس بررسی و ارزیابی اقتصادی هلدینگ برق و انرژی صبا، تهران

bakhshaiesh@sabapeg.ir

سمانه بهرامی

مهندسی شیمی، کارشناس برنامه و بودجه هلدینگ برق و انرژی صبا، تهران

bahrami@sabapeg.ir

تاریخ دریافت:

۲۹ / ۱۰ / ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش:

۰۸ / ۰۵ / ۱۴۰۲

کلمات کلیدی:

رمز ارزها
ماینر
نیروگاه مقیاس کوچک
نیروگاه خورشیدی
مطالعات اقتصادی
ارزش خالص فعلی (NPV)
نرخ بازده داخلی (IRR)
دوره بازگشت سرمایه (PP)

چکیده

امروزه با پیشرفت تکنولوژی و روند افزایشی قیمت رمز ارزها و سودآوری آن، استخراج رمز ارزها از دستگاه‌های ماینر به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر با توجه به اینکه برق مصرفی ماینرها با نرخ برق صادراتی محاسبه می‌گردد، هزینه‌های بهره برداری آن‌ها با افزایش نرخ ارز افزایش می‌یابد و باعث کاهش سودآوری استخراج رمز ارز می‌گردد. در همین راستا احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر شامل خورشیدی و مقیاس کوچک به صورت اختصاصی جهت استخراج رمز ارزها به نظر می‌رسد می‌تواند باعث کاهش هزینه‌ها و صرفه جویی اقتصادی گردد. در این پژوهش احداث همزمان نیروگاه خورشیدی و مقیاس کوچک جهت تولید برق مورد نیاز دستگاه‌های ماینر مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابتدا یک مدل ریاضی بر مبنای ارزش فعلی هزینه احداث و بهره برداری، جهت تعیین ظرفیت بهینه هر نیروگاه ارائه می‌گردد. سپس اقتصادی بودن طرح به دست آمده، با استفاده از روش ارزش خالص فعلی و دو معیار دیگر بررسی می‌گردد. طرح احداث همزمان نیروگاه مقیاس کوچک و خورشیدی با سه طرح احداث نیروگاه خورشیدی، احداث نیروگاه مقیاس کوچک و استفاده از برق شبکه مقایسه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد، احداث نیروگاه مقیاس کوچک و در کنار آن نیروگاه خورشیدی بهترین نتیجه را خواهد داشت.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

۱. مقدمه

با بالا رفتن استخراج ارز دیجیتال و افزایش ماینرها، میزان برق مصرفی در سرتاسر دنیا به طرز چشمگیری افزایش یافته و مدل‌های پیش‌بینی انرژی نشان می‌دهد که مصرف انرژی این شبکه‌ها در سال‌های آتی نیز بیشتر خواهد شد (غفوری و دیگران، ۱۳۹۸). این موضوع باعث شده که علاوه بر احساس نیاز بیشتر به برق، برخی از فعالان حوزه محیط زیست به فکر تامین برق ماینینگ از راه‌های دیگر بیفتند (ساپووادیا[1]، ۲۰۱۸). از طرفی شرایط بازار و هزینه‌های برق به‌طور قابل‌توجهی سودآوری استخراج رمزارزها را با کاهش روبرو ساخته است. در نتیجه، ماینرها در مقیاس بزرگ و کوچک مجبور به بکارگیری از انرژی تجدیدپذیر هستند تا بدین ترتیب قادر به کاهش هزینه‌های استخراج شوند. استخراج رمز ارزهایی مانند بیت کوین نیازمند استفاده از برق بسیار زیادی برای راه‌اندازی دستگاه‌های استخراجگر است. در بعضی از کشورها نظیر چین، بخش عمده‌ای از انرژی مورد استفاده استخراج این نوع رمز ارزها از نیروگاه‌های انرژی سوخت فسیلی حاصل می‌شود (آذری نیور[2]، ۲۰۱۸). شرکت‌های ماینینگ مسئولیت‌پذیر، تاسیسات خود را براساس انرژی‌های تجدیدپذیر بنا می‌کنند و سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی انجام می‌دهند تا به بازارهای درحال توسعه از انرژی‌های پاک و سبز استفاده کنند. با جست و جوی راه‌هایی برای افزایش راندمان انرژی و توسعه زیرساخت‌های انرژی پاک، شرکت‌های ماینینگ تاثیر منفی ارز دیجیتال بر محیط زیست را کاهش خواهند داد. نتیجه این اقدامات، تلفیق روند نوآوری در عرصه بلاکچین و آینده غیرمتمرکز و دوستداران محیط زیست خواهد بود. در حال حاضر بعضی از ماینرها در چین و کانادا از انرژی آب برای کم کردن هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی در روند ماینینگ استفاده می‌کنند و بعضی از ماینرهای شناخته شده در کشور ایسلند از انرژی گرمایی زمین برای تامین انرژی دستگاه‌های ماینینگ خود بهره می‌برند (شمس و دیگران، ۱۳۹۸).

در این پژوهش امکانسنجی اقتصادی احداث نیروگاه مقیاس کوچک و خورشیدی جهت استخراج رمز ارزها مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور در ادامه ابتدا استخراج رمزارزها، نیروگاه خورشیدی و نیروگاه مقیاس کوچک مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس مساله مورد بررسی شرح داده و مدل ریاضی مساله ارائه می‌شود. در بخش بعد روش حل مساله و ارزیابی طرح‌ها بیان می‌گردد. در انتها مورد مطالعاتی مطرح و نتایج بدست آمده شرح داده می‌شود.

۲. مبانی نظری

۲,۱. رمز ارز

تاریخچه ارزهای دیجیتال به دهه ۱۹۹۰ برمی‌گردد که در آن زمان رشد سریع شرکت‌های اینترنتی باعث شکل گیری پول‌های اینترنتی معروف به ای-گولد (E-Gold) با پشتوانه طلا شد (ناکاموتو[3]، ۲۰۱۶). اولین ای-گولد در سال 1996 ایجاد شد و پس از آن ارز معروف Liberty Reserve هم در سال ۲۰۰۶ به وجود آمد. این ارز با پشتوانه دلار یا یورو به شما اجازه می‌داد تا به هر مقدار از آن خریداری کنید و آزادانه با دستمزد 1% بین افراد رد و بدل کنید. این سرویس‌ها برای پولشویی شهرت داشتند لذا دولت آمریکا هر دو سرویس را تعطیل کرد. در سال ۲۰۰۹ با عرضه بیت کوین نسل جدید ارزهای دیجیتال بر پایه یک سیستم رمزنگاری ارائه شدند. این نوع از ارزهای دیجیتال مانند ارزهای قبلی هیچ پشتوانه طلا یا پول ندارند و بر اساس یک سیستم ریاضی استخراج می‌شوند. این سیستم استخراج محدودیت‌هایی دارد که تولید آن‌ها را سخت و زمانبر می‌کند، و همین محدودیت استخراج مانند طلا آن‌ها را ارزشمند می‌سازد (ناکاموتو، ۲۰۱۶). ماینرها مهم ترین بخش شبکه ی ارز دیجیتال

[1] Sapovadia
[2] AzarNivar
[3] Nakamoto

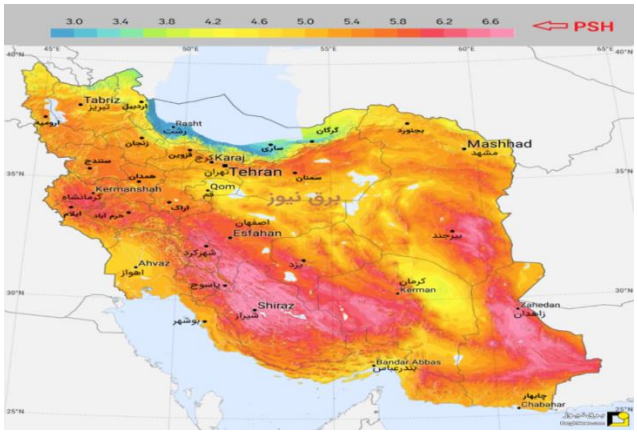
[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

و ارز رمزنگاری شده هستند و درست مانند تجارت، ماینینگ هم یک سرمایه گذاری است. اساساً ماینرها یک سرویس حسابداری برای جوامع خود ارائه می‌کنند. آن‌ها قدرت کامپیوتری خود را به حل پازل‌های رمزنگارانه ی پیچیده اختصاص می‌دهند که اساسا تایید تراکنش و ثبت آن در دفتر کلی به نام Bitchain است (اسحاقیان و دیگران، ۱۳۹۸). یکی از موارد جالب در مورد ماینینگ این است که دشواری پازلها پیوسته در حال افزایش بوده و با تعداد افرادی که در حل آن کوشش می‌کنند همبستگی دارد. از این جهت هرچه محبوبیت یک ارز رمزی بالاتر باشد، تعداد افرادی که آن را ماین می‌کنند هم افزایش می‌یابد و در نتیجه فرایند حل کردن دشوارتر می‌شود.

با استناد به آیین نامه فرآیند ماینینگ که در تاریخ 13 مرداد 1398 به تصویب هیئت دولت رسید، تعرفه برق متقاضیان استخراج فرآورده‌های پردازشی رمزنگاری شده ارزهای دیجیتال(ماینینگ)با قیمت متوسط ریالی برق صادراتی با نرخ تسعیر سامانه نیما که توسط وزارت نیرو تعیین و اعلام می‌گردد، محاسبه و اعمال خواهد شد. همچنین تعرفه سوخت گاز مورد نیاز متقاضیان استفاده کننده از برق تولیدی خارج از شبکه وزارت نیرو، با قیمت هفتاد درصد (۷۰٪) متوسط ریالی گاز صادراتی با نرخ تسعیر سامانه نیما است و تعرفه سوخت مایع نیز با قیمت متوسط ریالی سوخت مایع صادراتی با نرخ تسعیر سامانه نیما که توسط وزارت نفت تعیین و اعلام می‌گردد، محاسبه و اعمال خواهد شد. مصرف برق و گاز برای استخراج ارزهای دیجیتال (ماینینگ) در ساعات و زمان اوج مصرف ممنوع است. وزارتخانه‌های نیرو و نفت(حسب مورد) ساعت و زمان اوج مصرف در طی سال را تعیین و ابلاغ می‌نمایند و از طریق شرکت‌های تابع و وابسته با نصب کنتور هوشمند نسبت به کنترل مصرف در این ساعات اقدام می‌نمایند.

۲,۲. نیروگاه خورشیدی

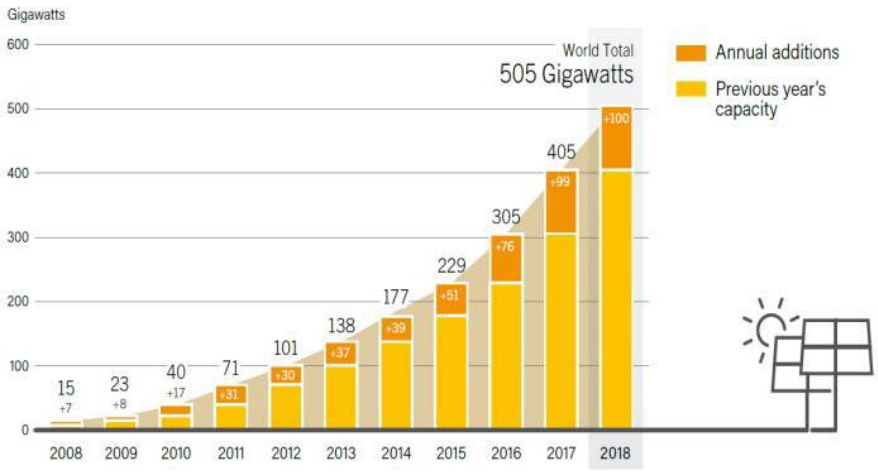
انرژی خورشیدی یکی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و از مهمترین آن‌ها می‌باشد. محدودیت منابع فسیلی و پیامدهای حاصل از تغییرات زیست محیطی و آب و هوای جهانی، فرصت‌های مناسبی را برای رقابت انرژی خورشیدی با انرژی‌های فسیلی خصوصاً در کشورهایی با پتانسیل بالای تابش ایجاد نموده است. میزان تابش انرژی خورشیدی در نقاط مختلف جهان متغیر بوده و در کمربند خورشیدی زمین بیشترین مقدار را داراست. کشور ایران نیز در نواحی پرتابش واقع است و مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از تجهیزات خورشیدی در ایران مناسب بوده و می‌تواند بخشی از انرژی مورد نیاز کشور را تأمین نماید. کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در ایران حدود ۴,۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است (شمس و مهدوی، ۱۳۹۲). شکل ۱ اطلس انرژی تابشی در ایران را نشان می‌دهد.



[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

شکل۱ : اطلس انرژی تابشی در ایران (سایت ساتبا)

با توجه به استانداردهای بین المللی اگر میانگین انرژی تابشی خورشید در روز بالاتر از ۳٫۵ کیلووات ساعت در مترمربع (۳۵۰۰ وات/ساعت)باشد، استفاده سیستم‌های خورشیدی اقتصادی و مقرون به صرفه است. از طرفی در ایران به طور سالیانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه می‌باشد. از طرفی شکل ۲ ظرفیت جهانی خورشیدی فوتوولتائیک و افزایش سالیانه آن در بازه سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد (Ren 21,2019).



شکل ۲ : ظرفیت جهانی خورشیدی فوتوولتائیک و افزایش سالیانه آن در بازه سالهای 2008تا 2018 (Ren 21,2019)

۲,۳. نیروگاه مقیاس کوچک

مولد مقیاس کوچک به مجموعه ای از دستگاه‌ها یا تاسیسات تولید برق گفته می‌شود که بهره برداری از آن به صورت متصل به شبکه توزیع برق سراسری کشور امکان پذیر بوده به طوری که ظرفیت عملی تولید آن در محل اتصال به شبکه توزیع از ۲۵ مگاوات بیشتر نباشد. توجه به این نکته ضروری است که دیزل ژنراتورهای موجود در کارخانجات و صنایع مختلف به دلیل مباحث فنی، امکان اتصال به شبکه برق سراسری و تولید مستمر سالانه برق را ندارند و در واقع به عنوان ژنراتورهای برق اضطراری از آن‌ها استفاده می‌شود (هیالی و دیگران، ۱۳۹۴). راندمان بالای موتورهای گازسوز ، عمر مفید بالای مولدها، نیاز به فضای کم، رسیدن به مرحله بهره برداری در زمان اندک، بازگشت سرمایه در کمترین زمان ممکن نسبت به سایر پروژه‌ها و حفاظت از محیط زیست با ایجاد کمترین آلودگی، از جمله دلایلی است که نیروگاه‌های مقیاس کوچک و یا تولید پراکنده را از توجیه بسیار خوب فنی و اقتصادی برخوردار می‌سازد.

۳. بیان مساله

یک از مسایل مهم در استخراج رمز ارز از دستگاه‌های ماینر تامین برق مورد نیاز دستگاه‌ها، می‌باشد. این مساله به این دلیل اهمیت دارد که هزینه برق مصرفی ماینرها با نرخ صادراتی(با فرض هر کیلووات ساعت 13 سنت دلار) محاسبه می‌گردد. لذا تامین برق از طرق دیگر از جمله احداث نیروگاه‌های اختصاصی مورد توجه قرار گرفته است.

جهت تامین برق مورد نیاز به منظور راه اندازی و استخراج رمز ارز از دستگاه‌های ماینر گزینه‌های گوناگون وجود دارد:

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

۱- برق مورد نیاز دستگاه‌های ماینر در طول ۲۴ ساعت شبانه روز از شبکه برق سراسری با نرخ صادراتی تامین گردد.

۲- برق مورد نیاز دستگاه‌های ماینر در طول روز که امکان تولید برق توسط پنل‌های خورشیدی وجود دارد، از طریق یک نیروگاه خورشیدی و در سایر ساعات از شبکه برق سراسری با نرخ صادراتی تامین گردد.

۳- علاوه بر نیروگاه خورشیدی یک نیروگاه مقیاس کوچک (دی جی) هم می‌توان احداث کرد که در طول روز در کنار نیروگاه خورشیدی و در باقی ساعات به تنهایی برق مورد نیاز دستگاه‌های ماینر را تامین نماید.

۴- در حالت کلی تر می‌توان ترکیبی از نیروگاه خورشیدی، مقیاس کوچک و شبکه برق سراسری با نرخ صادراتی را جهت تامین برق مورد نیاز دستگاه‌های ماینر به کار برد.

در حالتی که گزینه ۴ مورد استفاده قرار گیرد، نیاز است یک نیروگاه خورشیدی و یک نیروگاه مقیاس کوچک احداث گردد. در ساعاتی که امکان تولید برق توسط نیروگاه خورشیدی وجود دارد، برق مورد نیاز دستگاه‌های ماینر توسط این نیروگاه تامین می‌گردد. اگر برق تولیدی برای دستگاه‌های موجود کافی نباشد، نیروگاه مقیاس کوچک نیز در آن ساعات برق تولید خواهد نمود. اگر همچنان برق تولیدی این دو نیروگاه کافی نباشد از برق شبکه سراسری استفاده خواهد شد. در ساعاتی که امکان تولید برق توسط نیروگاه خورشیدی وجود نداشته باشد، برق مورد نیاز از نیروگاه مقیاس کوچک و شبکه سراسری تامین می‌گردد.

در این مقاله ما فرض می‌کنیم امکان احداث نیروگاه خورشیدی و مقیاس کوچک وجود داشته و مساله تعیین ظرفیت بهینه هر یک از نیروگاه‌ها با توجه به تعداد دستگاه‌های ماینر بررسی و مدلسازی می‌گردد. به عبارتی مدلی را ارائه می‌نماییم که با توجه به تعداد دستگاه‌های ماینر، هزینه احداث و بهره برداری نیروگاه خورشیدی و نیروگاه مقیاس کوچک، هزینه استفاده از شبکه برق سراسری، هزینه خرید و راه اندازی دستگاه‌های ماینر و قیمت زمین ظرفیت بهینه هر نیروگاه و میزان استفاده از آن‌ها در ساعات مختلف را به دست می‌آورد. از آنجایی که تعداد دستگاه‌های ماینر مشخص و ثابت بوده، هزینه و درآمد مربوط به آن‌ها نیز مشخص و ثابت می‌باشد. بنابراین کافی است ظرفیت بهینه نیروگاه‌ها به گونه ای باشد که هزینه احداث و بهره برداری نیروگاه‌ها و برق مصرفی از شبکه سراسری حداقل گردد. سپس با یافتن ترکیب بهینه منابع تامین برق مورد نیاز، طرح مورد نظر از لحاظ اقتصادی ارزیابی می‌گردد. این ارزیابی با تکنیک‌های متداول ارزیابی طرح شامل ارزش خالص فعلی و نرخ بازگشت سرمایه صورت خواهد پذیرفت.

٤. مدلسازی مساله

همانگونه که مطرح گردید در این مساله به دنبال تعیین ظرفیت بهینه دو نیروگاه خورشیدی و مقیاس کوچک و همچنین مقدار بهینه مصرف برق از شبکه سراسری به منظور تامین برق مورد نیاز دستگاه‌های ماینر می‌باشیم. به گونه ای که سود سالانه حاصل از فروش رمزارزهای تولیدی حداکثر گردد. از آنجایی که فرض می‌کنیم تعداد دستگاه‌های ماینر ثابت و مشخص می‌باشد لذا کافی است حداقل کردن هزینه‌های احداث و بهره برداری نیروگاه‌ها و برق مصرفی از شبکه سراسری را به عنوان تابع هدف مساله در نظر بگیریم.

٤,١. فرضیات مساله:

تعداد دستگاه‌های ماینر مشخص و ثابت می‌باشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

دستگاه‌های ماینر به طور متوسط هر سال تعویض می‌گردند و با قیمت اسقاطی معادل ۲۰ درصد قیمت خریدشان به فروش می‌رسند.

ظرفیت نیروگاه‌ها به صورت مضربی از ۱ مگاوات (عددصحیح) فرض می‌شود.

میزان مصرف برق از شبکه سراسری نیز به صورت مضربی از ۱ مگاوات (عددصحیح) فرض می‌شود.

هزینه مربوط به نیروگاه‌ها به صورت ارزش فعلی هزینه سرمایه گذاری جهت احداث نیروگاه و هزینه بهره برداری در طول افق برنامه ریزی در نظر گرفته می‌شود.

هزینه مربوط به مصرف برق از شبکه سراسری به صورت ارزش فعلی هزینه برق مصرفی با نرخ صادراتی در طول افق برنامه ریزی در نظر گرفته می‌شود.

فرض می‌شود هر مگاوات برق برای تعداد ثابت و مشخصی دستگاه ماینر کافی است.

متغیرها و پارامترهای مساله:

X_{PV}: ظرفیت نیروگاه خورشیدی

X_{DG}: ظرفیت نیروگاه مقیاس کوچک

X_1: مقدار برق مصرفی از شبکه سراسری در طول ساعاتی که امکان تولید برق توسط نیروگاه خورشیدی وجود دارد.

X_2: مقدار برق مصرفی از شبکه سراسری در طول ساعاتی که امکان تولید برق توسط نیروگاه خورشیدی وجود ندارد.

A: حداقل مگاوات مورد نیاز جهت تامین برق مصرفی دستگاه‌های ماینر مدنظر.

PVC_{PV}: مجموع ارزش فعلی هزینه سرمایه گذاری جهت احداث نیروگاه خورشیدی و هزینه بهره برداری و نگهداری سالانه آن به ازای هر مگاوات در طول افق برنامه ریزی

PVC_{DG}: مجموع ارزش فعلی هزینه سرمایه گذاری جهت احداث نیروگاه مقیاس کوچک و هزینه بهره برداری و نگهداری سالانه آن به ازای هر مگاوات در طول افق برنامه ریزی

PVC: ارزش فعلی هزینه سالانه برق مصرفی از شبکه برق سراسری به ازای هر مگاوات در طول افق برنامه ریزی

R_{PV}: راندمان نیروگاه خورشیدی

R_{DG}: راندمان نیروگاه مقیاس کوچک

T: افق برنامه ریزی که برابر با طول عمر نیروگاه خورشیدی یا دی جی می‌باشد.

i: نرخ بهره

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

مدل مساله:

$$Min\ PVC_{PV}X_{PV} + PVC_{DG}X_{DG} + PVC(X_1 + X_2) \quad (۱)$$

$$R_{PV}X_{PV} + R_{DG}X_{DG} + X_1 \geq A \quad (۲)$$

$$X_{DG} + X_2 \geq A \quad (۳)$$

$$X_{PV}, X_{DG}, X_1, X_2 \leq a \quad (۴)$$

$$X_{PV}, X_{DG}, X_1, X_2 \geq 0,\ X_{PV}, X_{DG} \in intger \quad (۵)$$

عبارت (۱) تابع هدف مساله است که برابر با حداقل کردن مجموع ارزش فعلی هزینه‌های احداث و بهره برداری از نیروگاه‌های خورشیدی و مقیاس کوچک و ارزش فعلی هزینه برق مصرفی از شبکه برق سراسری می‌باشد. محدودیت شماره (۲) بیان می‌کند که ظرفیت نیروگاه‌های خورشیدی و مقیاس کوچک باید به گونه‌ای باشد که مجموع آن‌ها به همراه برق شبکه سراسری بتواند برق مورد نیاز دستگاه‌های ماینر را در ساعاتی که پنل‌های خورشیدی می‌توانند برق تولید کنند، تامین نمایند. محدودیت شماره (۳) بیان می‌کند که ظرفیت نیروگاه مقیاس کوچک به همراه برق شبکه سراسری بتواند برق مورد نیاز دستگاه‌های ماینر را در ساعاتی که پنل‌های خورشیدی نمی‌توانند برق تولید کنند، تامین نمایند. محدودیت (۶) حداکثر ظرفیت نیروگاه جهت احداث را نشان می‌دهد. عبارت شماره (۵) غیرمنفی بودن و عدد صحیح بودن متغیرها را نشان می‌دهد.

ارزش فعلی هزینه‌ها:

ارزش خالص کنونی[۴] (NPV) تفاوت میان ارزش کنونی جریانات نقدی ورودی و ارزش کنونی جریان نقدی خروجی است. NPV برای بودجه بندی سرمایه مورد استفاده قرار می‌گیرد تا احتمال سرمایه‌گذاری محاسبه‌شده یا پروژه را تحلیل کند.

در علم اقتصاد مهندسی، یکی از روش‌های استاندارد ارزیابی طرح‌های اقتصادی است. در این روش، جریان نقدینگی (درآمدها و هزینه‌ها) بر پایه زمان وقوع (درآمد یا هزینه) به نرخ روز تنزیل می‌شود. به این ترتیب در جریان نقدینگی، ارزش زمان انجام هزینه یا به دست‌آمدن درآمد نیز لحاظ می‌گردد. ارزش خالص کنونی در محاسبات اقتصادی، اقتصاد مهندسی، بودجه کشورها و مباحث اقتصاد خرد و اقتصاد کلان، تجارت و صنعت به‌طور گسترده‌ای به‌کار می‌رود.

همانگونه که بیان گردید، PVC_{PV} مجموع ارزش فعلی هزینه سرمایه گذاری جهت احداث نیروگاه خورشیدی و هزینه بهره برداری و نگهداری سالانه آن به ازای هر مگاوات، PVC_{DG} مجموع ارزش فعلی هزینه سرمایه گذاری جهت احداث نیروگاه مقیاس کوچک و هزینه بهره برداری و نگهداری سالانه آن به ازای هر مگاوات و PVC ارزش فعلی هزینه سالانه برق مصرفی از شبکه برق سراسری به ازای هر مگاوات می‌باشد.

محاسبه PVC_{PV}:

این عبارت از دو بخش هزینه سرمایه گذاری اولیه جهت احداث نیروگاه و هزینه‌های بهره برداری و نگهداری سالانه تشکیل شده است.

C_{PV}: هزینه سرمایه گذاری جهت احداث یک مگاوات نیروگاه خورشیدی

[4] Net present value

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

C_{MPVt}: هزینه بهره برداری و نگهداری نیروگاه خورشیدی به ازای هر مگاوات در سال t

$$PVC_{PV} = C_{PV} + \sum_{t=1}^{T} \frac{1}{(1+i)^t} C_{MPVt} \quad (۶)$$

محاسبه PVC_{DG}:

این عبارت از سه بخش هزینه سرمایه گذاری اولیه جهت احداث نیروگاه و هزینه‌های بهره برداری و نگهداری سالانه و مصرف برق از شبکه سراسری تشکیل شده است. از آنجایی که یک نیروگاه مقیاس کوچک ۲۰ درصد از طول سال به دلیل نیاز به تعمیرات و عوامل دیگر قادر به تولید برق نمی‌باشد بنابراین در این مواقع برق مورد نیاز را از شبکه دریافت می‌کند و لذا هزینه آن در محاسبه $\mathrm{PVC_{DG}}$ لحاظ می‌گردد.

C_{DG}: هزینه سرمایه گذاری جهت احداث یک مگاوات نیروگاه مقیاس کوچک

C_{MDGt}: هزینه بهره برداری و نگهداری نیروگاه مقیاس کوچک به ازای هر مگاوات در سال t

C_t: متوسط هزینه خرید برق از شبکه سراسری در هر سال

$$PVC_{DG} = C_{DG} + 0.8 \sum_{t=1}^{T} \frac{1}{(1+i)^t} C_{MDGt} + 0.2 \sum_{t=1}^{T} \frac{1}{(1+i)^t} C_t \quad (۷)$$

محاسبه PVC:

C_t: متوسط هزینه خرید برق از شبکه سراسری در هر سال

$$PVC = \sum_{t=1}^{T} \frac{1}{(1+i)^t} C_t \quad (۸)$$

۵. حل مساله

با توجه به خطی بودن مدل ارائه شده، برای حل مدل ارائه شده از الگوریتم سیمپلکس استفاده می‌کنیم. الگوریتم سیمپلکس که توسط جورج دانتزینگ شکل گرفت، مسائل برنامه‌ریزی خطی را به این ترتیب حل می‌کند که یک جواب قابل قبول در یکی از رئوس چندضلعی فراهم می‌کند و سپس در راستای اضلاع چندضلعی به طرف رئوسی با مقدار بالاتری از تابع هدف حرکت می‌کند تا این که به نقطه بهینه برسد. این الگوریتم

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

بسیار کارآمد است و می‌تواند با در نظر گرفتن برخی پیش‌گیری‌های مربوط به جلوگیری از ایجاد دور، با اطمینان جواب بهینه مطلق را بیابد (هیلیر و لیبرمن، ۱۳۸۲).

پس به دست آمدن جواب بهینه، طرح احداث نیروگاه و استخراج رمز ارزها با توجه به ظرفیت‌های به دست آمده مورد بررسی اقتصادی قرار گرفته و در این خصوص تصمیم نهایی اتخاذ می‌گردد.

جهت بررسی اقتصادی طرح کلیه درآمدها و هزینه‌های ناشی از طرح از زمان آغاز سرمایه گذاری تا پایان عمر پروژه باید مشخص گردیده و با استفاده از روش‌های ارزیابی اقتصادی ازجمله روش ارزش فعلی خالص، روش نرخ بازده داخلی و ... مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

درآمدهای پروژه شامل درآمد حاصل از فروش رمزارزهای استخراج شده و فروش اسقاطی دستگاه‌های ماینر با نرخ ۲۰٪ قیمت خرید می‌باشد.

هزینه پروژه شامل دو نوع هزینه سرمایه گذاری و هزینه بهره برداری سالانه می‌باشد. هزینه‌های سرمایه گذاری شامل خرید زمین، خرید دستگاه‌های ماینر، احداث نیروگاه خورشیدی و احداث نیروگاه مقیاس کوچک می‌باشد. هزینه‌های بهره برداری سالانه شامل هزینه نگهداری وبهره برداری از نیروگاه خورشیدی و نیروگاه مقیاس کوچک و هزینه برق مصرفی از شبکه سراسری می‌باشد.

۵,۱. محاسبات اقتصادی:

اقتصاد مهندسی در قالب تحلیل اقتصادی پروژه، با به کارگیری تکنیک‌های ریاضی و معیارهای کمی‌ارزیابی، به بررسی پروژه‌های مختلف سرمایه گذاری و انتخاب اقتصادی ترین آن‌ها و یا تصمیم گیری جهت رد یا پذیرش اجرای یک پروژه خاص می‌پردازد. در این تحقیق از نرم افزار COMFAR IIIبرای تحلیل اقتصادی استفاده شده است. در ادامه به تعریف معیارهای اقتصاد مهندسی پرداخته می‌شود که خروجی نرم افزار نیز می‌باشند.

۵,۱,۱. معیار ارزش خالص فعلی (NPV)

این معیار سعی دارد تا با در نظر گرفتن تعدیل زمانی پول، تعادلی میان پرداخت‌های سرمایه گذاری و درآمدهای حاصل از اجرای سرمایه گذاری پیدا نماید. ارزیابی این تعادل در مقایسه با نرخ تنزیل، استانداردی است که مدیریت طرح برای سرمایه گذاری و بکارگیری وجوه، از قبل تعیین نموده است. به این بهره، حداقل نرخ جذب کننده (MARR) یا هزینه سرمایه می‌گویند. ارزش فعلی مجموعه ای از جریانات وجوه نقد آینده را می‌توان از طریق رابطه (۹) محاسبه نمود.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T} \frac{NCF_t}{(1+i)^t} \qquad (۹)$$

که در آن i نرخ تنزیل، t دوره مالی و NCF خالص وجوه نقد تعریف می‌شود. ممکن است NPV یک عدد منفی یا مثبت و یا صفر باشد. اگر NPV≤0باشد پروژه غیر اقتصادی و اگر NPV ≥0 باشد پروژه اقتصادی تلقی می‌شود. از طرفی هرچه نرخ تنزیل بیشتر باشد، مقادیر آینده ارزش کمتری در زمان حال خواهند داشت.

معیار نرخ بازده داخلی(IRR)

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

در واقع IRR معیار مشهوری در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها است .این معیار شرط پذیرش پروژه را بزرگتر بودن IRR از MARR می‌داند. IRR نرخ تنزیل است که براساس آن، ارزش خالص فعلی پروژه برابر صفر می‌شود.

$$\sum_{t=1}^{T} \frac{NCF_t}{(1+i)^t} = 0 \qquad (۱۰)$$

اگر NPV پروژهای مثبت باشد، IRR آن پروژه از نرخ تنزیلی که برای سرمایه گذاری به کار برده شده، بیشتر است. در محاسبهNPV فرض بر این است که نرخ تنزیل مشخص است وNPV پروژه تعیین میگردد .در محاسبه IRR، NPV پروژه معادل صفر قرار گرفته و نرخ تنزیل که همان IRR پروژه است، تعیین می‌شود.

۵,۱,۲. معیار دوره بازگشت خالص سرمایه(PP)

دوره خالص بازگشت سرمایه PP، بازه زمانی ای است که در آن مجموع درآمدهای سالیانه با هزینه سرمایه گذاری برابر شود. PP روش تقریبی و ساده ای برای مقابله با ریسک بوده و به نفع پروژه‌هایی است که در سال‌های اولیه عایدات بیشتری دارند. هرچه این شاخص کوچکتر باشد بیانگر سرعت بیشتر جبران جریانات نقدی خروجی به وسیله جریانات نقدی ورودی می‌باشد و لذا پروژه از جذابیت بیشتری برای سرمایه گذاری برخوردار است. دوره بازگشت خالص سرمایه شامل دوره بازگشت خالص سرمایه عادی و متحرک می‌باشد. مفهوم دوره بازگشت خالص سرمایه عادی عبارتست از خالص جریانات نقدی تجمعی طرح در مدت بهره برداری و منظور از دوره بازگشت خالص سرمایه متحرک، این است که ارزش زمانی پول در محاسبه PP مد نظر قرار گرفته و محاسبات براساس داده‌های تنزیل شده صورت می‌گیرد.

٦. مورد مطالعاتی

در این بخش استخراج رمز ارز از ۳۰۰۰ دستگاه ماینرمورد بررسی قرار می‌گیرد. نرخ تنزیل ۲۰٪ در نظر گرفته شده است. در ادامه جزئیات مساله شرح داده شده است.

٦,۱. استخراج ارز دیجیتال

در طرح مورد مطالعه، از تعداد ۳۰۰۰ دستگاه ماینر whatsminer M30st که یکی از به روزترین دستگاه حال حاضر می‌باشد جهت استخراج رمز ارز استفاده می‌شود. مشخصات ماینرهای مورد استفاده در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱. مشخصات دستگاه ماینر

مدل	whatsminer M30st
سرعت	۱۰۰ ترا هش بر ثانیه (Th/S)
مصرف برق	KW ۳,۴
درآمد سالانه	BTC ۰,۳۰۸۳۰۲
قیمت	۱۰۵۸۵ دلار

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

با توجه به تعداد دستگاه‌های ماینر و برق مصرفی آن‌ها، ظرفیت مورد نیاز جهت تامین برق ۱۰,۲ مگاوات می‌باشد. به عبارتی۱۰/۲=A

٦,۲. مشخصات نیروگاه خورشیدی

با توجه به تعداد دستگاه‌های ماینر حداکثر ظرفیت مورد نیاز برای نیروگاه ۱۰,۲ مگاوات می‌باشد. با توجه به اینکه راندمان نیروگاه خورشیدی به طور متوسط ۸۰٪ می‌باشد، بنابراین جهت تامین برق مورد نیاز در طول روز با استفاده از نیروگاه خورشیدی به نیروگاهی با ۱۳ مگاوات نیاز می‌باشد. مشخصات نیروگاه خورشیدی در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول ۲. مشخصات نیروگاه خورشیدی

عنوان	مشخصات
پنل	SUNTECH 320w
اینورتر	500kW SMA
کابل‌های AC/DC	داخلی تجهیزات
سازه‌های فلزی	داخلی تجهیزات
ترانس و تابلوها	داخلی تجهیزات
تجهیزات کنترلینگ و مانیتورینگ	داخلی تجهیزات

هزینه احداث هر مگاوات نیروگاه خورشیدی ۸۰۰،۰۰۰ دلار و هزینه بهره برداری و تعمیرات هر مگاوات نیروگاه خورشیدی ۱۰،۰۰۰ دلار در سال می‌باشد.

C_{PV}= ۸۰۰،۰۰۰ دلار

C_{MPVt}= ۱۰،۰۰۰ دلار در هر سال

$$PVC_{PV} = 800000 + \sum_{t=1}^{20} \frac{1}{(1+i)^t} 10000 = 848696$$

جدول زیر خروجی ماهانه تابش خورشید در راستای افق، تابش پراکنده در راستای افق، متوسط دمای محیط، تابش رسیده به سطح و مقدار موثر آن، توان خروجی سلول‌های خورشیدی، توان تزریق شده به ماینرها و ضریب عملکرد نیروگاه را برای یک نیروگاه ۱۰ مگاواتی نشان داده شده است.

جدول ۳. خروجی نیروگاه ۱۰ مگاواتی خورشیدی

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_ Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	۱۰۵,۳	۳۶,۰۰	۶,۳۹	۱۵۸,۶	۱۵۴,۹	۱۴۲۶	۱۳۸۲	۰,۸۷۱

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

February	۱۲۳٫۸	۴۲٫۲۸	۸٫۴۹	۱۶۶٫۸	۱۶۲٫۹	۱۳۳۹	۱۲۹۸	۰٫۷۷۸
March	۱۷۲٫۰	۵۹٫۹۸	۱۴٫۴۴	۲۰۴٫۳	۱۹۹٫۴	۱۷۴۲	۱۶۸۸	۰٫۸۲۶
April	۱۹۷٫۵	۷۱٫۸۱	۲۳٫۱۸	۲۰۶٫۶	۲۰۰٫۸	۱۷۰۷	۱۶۵۶	۰٫۸۰۲
May	۲۳۷٫۹	۷۷٫۳۳	۲۷٫۹۹	۲۲۶٫۵	۲۲۰٫۰	۱۸۴۳	۱۷۸۷	۰٫۷۸۹
June	۲۵۵٫۴	۷۲٫۳۳	۳۰٫۳۷	۲۳۱٫۸	۲۲۴٫۸	۱۸۶۶	۱۸۱۱	۰٫۷۸۱
July	۲۵۰٫۵	۷۷٫۷۳	۳۳٫۸۲	۲۳۳٫۱	۲۲۶٫۲	۱۸۴۷	۱۷۹۴	۰٫۷۶۹
August	۲۳۸٫۶	۶۷٫۲۶	۳۱٫۷۱	۲۴۰٫۵	۲۳۴٫۰	۱۹۰۵	۱۸۵۰	۰٫۷۶۹
September	۲۰۵٫۲	۵۵٫۲۳	۲۸٫۳۷	۲۳۴٫۷	۲۲۸٫۹	۱۸۶۹	۱۸۱۴	۰٫۷۷۳
October	۱۶۳٫۲	۴۸٫۶۲	۲۱٫۵۰	۲۱۳٫۳	۲۰۸٫۴	۱۷۸۳	۱۷۲۹	۰٫۸۱۱
November	۱۰۸٫۸	۳۹٫۱۶	۱۳٫۷۲	۱۵۸٫۹	۱۵۵٫۱	۱۴۰۸	۱۳۶۶	۰٫۸۵۹
December	۱۰۹٫۰	۳۴٫۹۶	۹٫۷۶	۱۷۵٫۲	۱۷۱٫۰	۱۵۷۹	۱۵۳۲	۰٫۸۷۵
year	۲۱۶۷٫۳	۶۸۲٫۶۹	۲۰٫۸۸	۲۴۵۰٫۵	۲۳۸۶٫۵	۲۰۳۱۴	۱۹۷۰۶	۰٫۸۰۴

۶٫۳. مشخصات نیروگاه مقیاس کوچک

با توجه به تعداد دستگاه‌های ماینر و راندمان ۹۰ درصدی نیروگاه‌های مقیاس کوچک، حداکثر ظرفیت مورد نیاز برای نیروگاه ۱۲ مگاوات می‌باشد.

هزینه احداث هر مگاوات نیروگاه DG ۵۰۰،۰۰۰ دلار و هزینه بهره برداری و تعمیرات به علاوه هزینه سوخت که با نرخ صادراتی محاسبه می‌گردد برای هر مگاوات نیروگاه DG ۲۳۰،۰۰۰ دلار در سال می‌باشد.

C_{DG}= ۵۰۰،۰۰۰ دلار

C_{MDGt}= ۲۳۰،۰۰۰ دلار در هر سال

C_t= ۶۱۳۲۰۰ دلار

$$PVC_{DG} = 500000 + 0.8\sum_{t=1}^{20}\frac{1}{(1+i)^t}230000 + 0.2\sum_{t=1}^{20}\frac{1}{(1+i)^t}613200 = 2217209$$

هزینه برق مصرفی:

C_t= ۶۱۳۲۰۰ دلار

$$PVC = \sum_{t=1}^{20}\frac{1}{(1+i)^{20}}613200 = 2986026$$

مدل

$$Min\ 848696X_{PV} + 2217209X_{DG} + 2986026(X_1 + X_2) \qquad (۱۱)$$

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

$$0.2X_{PV} + 0.9_{DG} + X_1 \geq 10.2 \quad (۱۲)$$

$$0.9X_{DG} + X_2 \geq 10.2 \quad (۱۳)$$

$$X_{PV} \leq 13, X_{DG} \leq 12, X_1 \leq 10.2, X_2 \leq 10.2 \quad (۱۴)$$

$$X_{PV}, X_{DG}, X_1, X_2 \geq 0, \ \ X_{PV}, X_{DG} \in intger \quad (۱۵)$$

٦,٤. نتایج

با حل مدل فوق با استفاده از سیمپلکس $X_{PV} = 1$ ، $X_{DG} = 11$ ، $X_1 = 0$ و $X_2 = 0.3$ به دست می‌آید. به عبارت دیگر برای تامین برق مورد نیاز ۳۰۰۰ دستگاه ماینر لازم است یک نیروگاه خورشیدی ۱ مگاواتی و یک نیروگاه ۱۱ مگاواتی مقیاس کوچک احداث نموده و در طول ساعاتی که نیروگاه خورشیدی قادر به تولید برق نمی‌باشد به اندازه ۰,۳ مگاوات از برق شبکه سراسری استفاده نماییم.

٦,٥. ارزیابی اقتصادی

در این بخش طرح بهینه به دست آمده از حل مدل و سه طرح دیگر مورد بررسی اقتصادی قرار گرفته و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. هزینه‌ها و درآمدها، ارزش خالص فعلی ، IRR و دوره بازگشت سرمایه ی هر یک از این چهار طرح در جدول زیر آمده است. درآمد سالانه با توجه به ثابت بودن ظرفیت تولید در همه حالت‌ها یکسان می‌باشد. مشخصات طرح‌های مورد مقایسه به شرح زیر می‌باشد:

- ✓ استفاده از برق شبکه

در این طرح به منظور استخراج رمز ارز توسط ماینرها از برق شبکه استفاده می‌شود. هزینه سرمایه گذاری در این حالت صرفا هزینه‌ای است که جهت خرید و نصب ماینرها انجام شده است. این هزینه معادل با ۳۱،۷۵۵،۰۰۰ دلار می‌باشد. هزینه بهره برداری شامل هزینه پرداختی بابت برق مصرفی از شبکه با نرخ صادراتی و هزینه تعویض ماینرها می‌باشد. همانگونه که بیان گردید، ماینرها هر ساله با ارزش اسقاط ۲۰ درصد ارزش خرید، فروخته می‌شوند و ماینرهای جدید جایگزین می‌گردند.

- ✓ احداث یک نیروگاه ۱۲ مگاواتی مقیاس کوچک

هزینه احداث یک نیروگاه مقیاس کوچک ۱۲ مگاواتی ۶،۰۰۰،۰۰۰ دلار می‌باشد (هرمگاوات، ۵۰۰،۰۰۰ دلار)، بنابراین با در نظر گرفتن هزینه خرید و نصب ماینرها، هزینه طرح دوم برابر ۳۷،۷۵۵،۰۰۰ دلار می‌باشد. هزینه بهره برداری سالانه ۲۹،۶۸۰،۶۳۵ دلار است که شامل تعویض سالانه ماینرها، هزینه سوخت مصرفی و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات مولدهای گازسوز مقیاس کوچک است.

- ✓ احداث یک نیروگاه ۱۳ مگاواتی خورشیدی

هزینه احداث نیروگاه خورشیدی ۱۳ مگاواتی ۹،۶۰۰،۰۰۰ دلار است (هر مگاوات، ۸۰۰،۰۰۰ دلار)، بنابراین با در نظر گرفتن هزینه خرید و نصب ماینرها، هزینه این طرح ۴۲،۱۵۵،۰۰۰ دلار می‌باشد. هزینه‌های بهره برداری سالانه شامل هزینه تعویض ماینر، تمیز نگهداشتن پنل‌های خورشیدی در مقابل آلودگی‌ها و گرد و غبار و همچنین هزینه برق مصرفی از شبکه در ساعاتی از شبانه روز که امکان تولید برق توسط نیروگاه خورشیدی وجود ندارد، برابر ۲۹،۷۸۲،۲۴۸ دلار است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

- ✓ احداث همزمان یک نیروگاه خورشیدی ۱ مگاواتی و نیروگاه ۱۱ مگاواتی مقیاس کوچک

با توجه به مجموع هزینه سرمایه گذاری نیروگاه مقیاس کوچک و خورشیدی که معادل ۶،۳۰۰،۰۰۰ دلار می‌باشد و همچنین هزینه تامین ماینرها، هزینه سرمایه‌گذاری این طرح معادل ۳۸،۰۵۵،۰۰۰ دلار می‌باشد. هزینه بهره برداری شامل تعمیرات دوره ای دستگاه‌های مولد مقیاس کوچک، هزینه تمیزنگه داشتن پنل‌های خورشیدی، هزینه تعویض ماینرها و در صورت نیاز استفاده از برق مصرفی برابر ۲۹،۴۷۷،۰۰۰ می‌باشد.

چهار طرح فوق با استفاده از نرم افزار COMFAR III ارزیابی گردیده و نتایج در جدول ۴ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، درآمد سالانه سناریوهای مختلف با در نظر گرفتن ظرفیت تولید یکسان، مشابه و معادل ۴۶،۲۴۵،۳۰۰ دلار است. ارزیابی اقتصادی طرح بهینه به دست آمده از حل مدل ارائه شده، یعنی احداث ترکیبی از نیروگاه مقیاس کوچک و خورشیدی نتیجه بهتری از سایر گزینه‌ها نشان می‌دهد. ارزش فعلی خالص این سناریو نسبت به کلیه سناریوهای بررسی شده بیشتر است. بالاتر بودن NPV بینانگر بهبنه بودن این طرح نسبت به سایر سناریوها می‌باشد. همچنین دوره بازگشت سرمایه ی آن نیز با دو طرح استفاده از برق شبکه و احداث نیروگاه مقیاس کوچک برابر بوده و از سناریوی احداث نیروگاه خورشیدی کمتر می‌باشد. این مطلب مبین این است که از لحاظ این شاخص ارزیابی نیز احداث یک نیروگاه ۱۱ مگاواتی مقیاس کوچک و یک نیروگاه یک مگاواتی خورشیدی از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر می‌باشد. شاخص سوم نرخ بازده داخلی یا IRR می‌باشد که نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، بیشتر بودن این شاخص برای طرح احداث یک نیروگاه ۱۱ مگاواتی مقیاس کوچک و یک نیروگاه یک مگاواتی خورشیدی نسبت به سایر طرح‌ها، مبین بهینه بودن این طرح می‌باشد. لذا در مجموع با توجه به نتایج ارزیابی اقتصادی ۴ طرح پیشنهادی با استفاده از نرم افزار COMFARIII، انتخاب طرح احداث یک نیروگاه ۱۱ مگاواتی مقیاس کوچک و یک نیروگاه یک مگاواتی خورشیدی نسبت به سه طرح دیگر از لحاظ اقتصادی موجه می‌باشد.

جدول ۴. مقایسه طرح‌های مورد بررسی

شماره طرح	طرح	هزینه سرمایه‌گذاری	هزینه سالانه	درآمد سالانه	خالص جریان نقدینگی	NPV	IRR	PP (سال)
۱	احداث یک نیروگاه ۱۱ مگاواتی مقیاس کوچک و یک نیروگاه یک مگاواتی خورشیدی	۳۸،۰۵۵،۰۰۰	۲۹،۴۷۷،۰۰۰	۴۶،۲۴۵،۳۰۰	۱۶،۷۶۸،۳۰۰	۴۳،۵۹۹،۸۰۵	۴۳٫۸٪	۳٫۳
۲	استفاده از برق شبکه	۳۱،۷۵۵،۰۰۰	۳۱،۶۵۸،۶۴۰	۴۶،۲۴۵،۳۰۰	۱۴،۵۸۶،۶۶۰	۳۹،۲۲۸،۵۹۳	۴۲٫۶٪	۳٫۳
۳	احداث یک نیروگاه ۱۳ مگاواتی خورشیدی	۴۲،۱۵۵،۰۰۰	۲۹،۷۸۲،۲۴۸	۴۶،۲۴۵،۳۰۰	۱۶،۴۶۳،۰۵۲	۳۸،۰۳۲،۷۱۱	۳۸٫۸٪	۳٫۵
۴	احداث یک نیروگاه ۱۲ مگاواتی مقیاس کوچک	۳۷،۷۵۵،۰۰۰	۲۹،۶۳۵،۶۸۰	۴۶،۲۴۵،۳۰۰	۱۶،۶۰۹،۶۲۰	۴۳،۱۲۴،۴۶۸	۴۳٫۷٪	۳٫۳

۷. نتیجه گیری

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

امروزه استخراج رمز ارزها از دستگاه‌های ماینر به شدت مورد توجه قرار گرفته اند. از سوی دیگر با بالا رفتن استخراج ارز دیجیتال و افزایش ماینرها، میزان برق مصرفی در سرتاسر دنیا به طرز چشمگیری افزایش یافته است. در همین راستا احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر شامل خورشیدی و مقیاس کوچک جهت استخراج رمز ارزها مقرون به صرفه به نظر می‌رسند.

در این پژوهش مساله احداث دو نیروگاه خورشیدی و مقیاس کوچک جهت تامین برق دستگاه‌های ماینر و استخراج رمز ارز بر پایه مفهوم ارزش فعلی، مورد بررسی قرار گرفت. مساله به صورت برنامه ریزی خطی مدلسازی و جهت حل آن از الگوریتم سیمپلکس استفاده گردید. طرح بهینه به دست آمده با استفاده از روش ارزش فعلی خالص مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفت.

یک مورد مطالعاتی با ۳۰۰۰ دستگاه ماینر بررسی گردید. و نتایج نشان داد جهت تامین برق مورد نیاز این دستگاه‌ها، احداث یک نیروگاه ۱۱ مگاواتی مقیاس کوچک و یک نیروگاه یک مگاواتی خورشیدی حالت بهینه می‌باشد. طرح احداث همزمان نیروگاه مقیاس کوچک و خورشیدی با سه طرح احداث نیروگاه خورشیدی، احداث نیروگاه مقیاس کوچک و استفاده از برق شبکه مقایسه شد. نتایج مقایسه موید بهینه بودن این طرح می‌باشد.

۸. منابع

[۱] غفوری، حبیب الله. صیادی تورانلو، حسین. دهقانی زاده، نصرت (۱۳۹۸). بررسی سرمایه گذاری در ارزهای دیجیتالی در ایران(مورد مطالعه بیت کوین). سومین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در علوم انسانی، چالشها و راه حل‌ها. تهران. دانشگاه پیام نور.

[۲]شمس، محمد حسین. محمودی، جمشید. کریمی، آرش (۱۳۹۸). امکانسنجی اقتصادی احداث مزارع خورشیدی جهت استخراج ارزهای دیجیتال. ۳۴ امین کنفرانس بین المللی برق.

[۳] شمس، محمد حسین. کیا، محسن. مهدوی، بهداد(۱۳۹۲). مطالعات طراحی یک نیروگاه فوتوولتائیک 100 کیلوواتی متصل به شبکه در تهران با استفاده از نرم افزار، PVsyst . نشریه انرژی ایران . ایران. دوره 16. شماره ۲.

[۴] اسحاقیان، محمد. پورقدیری، شادی.هادیان، علی (۱۳۹۸). بیت کوین و جایگاه آن در بانکداری الکترونیکی. کنگره ملی تحقیقات بنیادین در مهندسی کامپیوتر و فن اوری اطلاعات، تهران. دانشگاه شهید بهشتی.

[۵] فردریک س، هیلیر. جرالد ج، لیبرمن. مدرس، محمد. آصف‌وزیری، اردوان (۱۳۸۲). تحقیق در عملیات. نشر جوان. تهران.

[۶] هیالی، یونس. نظری کیا، الهه. خلیل زاده، محمد. رفیعی، احسان (۱۳۹۴). مطالعه امکان سنجی طرح احداث نیروگاه مقیاس کوچک به ظرفیت ۲۵ مگاوات. بررسی‌های بازرگانی. شماره ۷۳. ۶۹-۵۴.

[7] Sapovadia, V. “Financial Inclusion, Digital Currency, and Mobile Technology In Handbook of Blockchain”, Digital Finance and Inclusion, Vol. 2, pp. 321-311, 2018.
[8] M. AzarNivar, "What is bitcoin," arzdigital.com, para. 1, July. 01, 2018. [Online].
[9] Wikipedia, "Satoshi Nakamoto", arzdigital.com, March. 20, 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/ Satoshi_Nakamoto # cite_note-3. [Accessed: July. 08, 2018].
[10] "RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT" Ren 21, 2019.
[11] http://www.satba.gov.ir/

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]

Abstract

Nowadays, with technological advances and the increasing trend of cryptocurrency prices and its profitability, crypto mining has gained significant attention. On the other hand, since power consumption by miners is calculated based on electricity export price, their operating cost increases by the increase in foreign currency rate, which leads to less profitability of crypto mining. In this regard, using a combination of renewable power plant such as solar and small-scale power plants can reduces the operational costs and helps economic saving. In this research, simultaneous investment in solar and small-scale power plants to generate electricity demand for miner devices has been investigated. First off, a mathematical model based on the present value of capital and operational costs is presented to determine the optimal capacity of each power plant. Then, the economic feasibility has been analyzed using the net present value (NPV) method. The simultaneous construction of small-scale and solar power plants is compared with three other scenarios: construction of solar power plant, construction of small-scale power plant, and using main grid electricity. According to the obtained results, the construction of a small-scale power plant together with a solar power plant will provide the best results.

key words: Cryptocurrency, Miner, Small-scale power plant, Solar power plant, Economic studies, Net present value (NPV), Internal rate of return (IRR), Payback period (PP)

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-27]