

بررسی و استخراج فرایندهای قانونی و اجرایی احداث و بهره‌برداری از نیروگاه‌های زمین‌گرمایی در ایران و توسعه‌ی نرم‌افزار تخصصی ارزیابی اقتصادی GEO-ECO

ثریا رستمی^۱

زهرا عباسی*^۲

چکیده

استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر یکی از راهکارهای بشر برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی است. از این رو کشورهای مختلف، قوانین و مقرراتی را در راستای احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر وضع کرده‌اند و برای ترغیب سرمایه‌گذاران، مشوق‌هایی نیز در نظر گرفته‌اند. در ایران نیز قوانین احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر، با توجه به نوع نیروگاه توسط ارگان‌های مختلف تعریف می‌شود. یکی از مهم‌ترین مسائل پیش روی احداث‌کنندگان نیروگاه‌ها، ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه و محاسبه‌ی میزان سرمایه‌ی اولیه با در نظر گرفتن تسهیلات اعطایی و پیش‌بینی میزان سودآوری پروژه است. از این رو، نیاز به نرم‌افزاری جهت ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌ها با در نظر گرفتن قوانین حاکم بر احداث نیروگاه‌ها در ایران است. در این مقاله نرم‌افزاری جهت ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های زمین‌گرمایی تحت عنوان «GEO-ECO» در محیط اکسل طراحی و ارائه شده است. با استفاده از نرم‌افزار GEO-ECO میزان سرمایه‌ی اولیه، تسهیلات اعطایی، مالیات و نرخ سودآوری پروژه احداث نیروگاه زمین‌گرمایی در ایران قابل ارزیابی است.

واژه‌های کلیدی

ارزیابی اقتصادی، نیروگاه زمین‌گرمایی، احداث نیروگاه، تولید برق.

^۱مدیر پروژه مرکز توسعه فناوری توربین‌های بادی، پژوهشگاه نیرو، srostami@nri.ac.ir

^۲دکترای مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، zahraabbasi@email.kntu.ac.ir

مقدمه

یکی از مهم‌ترین اهداف کلان کشورهای توسعه‌یافته، علاوه بر ایجاد رفاه نسبی در جامعه، آموزش بهره‌مندی از پتانسیل‌های طبیعی در راستای افزایش درآمد سرانه مردم است، که نیل به این هدف یکی از دغدغه‌های دولت در دهه‌های اخیر است. در همین راستا وزارت نیرو به عنوان عنصری از عناصر مهم کشور و با اعمال سیاست‌های توسعه‌ای نظیر کشورهای پیشرفته، اقدام به حمایت از سرمایه‌گذاری در فضای رقابتی نموده است و فرصت سرمایه‌گذاری در صنعت نیروگاه‌های تجدیدپذیر را فراهم آورده است. نظر به اهمیت آگاهی بر مراحل اخذ مجوزهای قانونی متولیان احداث نیروگاه‌های زمین‌گرمایی، در این مقاله به گزیده‌ای از الزامات قانونی و فرایندهایی که سرمایه‌گذاران با آن از مرحله اقدام برای دریافت مجوز تا نصب و بهره‌برداری از نیروگاه‌های زمین‌گرمایی سروکار دارند پرداخته می‌شود. اطلاعات کامل در خصوص مقتضیات دریافت مجوزها، الزامات قانونی و مقررات نیروگاه زمین‌گرمایی در ایران از نگاه سازمان ساتبا، قوانین زیست‌محیطی، قوانین شبکه جهت اتصال نیروگاه‌های زمین‌گرمایی و همچنین الزامات و قوانین گمرکی و ترخیص کالا و الزامات و قوانین مالیاتی خرید و بهره‌برداری از نیروگاه‌های زمین‌گرمایی، قوانین سرمایه‌گذاری خارجی و استانداردهای داخلی و بین‌المللی، سایر هزینه‌ها و درآمدهای نگهداری نظیر بیمه و ارزش صرفه‌جویی سوخت و کاهش انتشار آلاینده‌ها و همچنین اثرات تحریم‌های فعلی بر این نیروگاه‌ها در کشور، در گزارش‌های مرتبط با نیروگاه‌های زمین‌گرمایی پژوهشگاه نیرو گردآوری شده است (پژوهشگاه نیرو^۱، ۱۳۹۹).

ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر یکی از راهکارهای مؤثر در پیش‌بینی سوددهی سرمایه‌گذاری است. خسروی ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های زمین‌گرمایی را از طریق عوامل مؤثر در ایجاد هزینه، محاسبه کل هزینه سرمایه‌گذاری و هزینه تولید مورد مطالعه قرار داد و تأثیر

پارامترهای مختلف چون نرخ تنزیل، ضریب ظرفیت بر هزینه تولید را بررسی نموده و با هزینه تولید نیروگاه‌های بخار با سوخت فسیلی مقایسه کرد (خسروی^۲، ۱۳۷۶). اکرمی و صادقی هزینه تولید برق از نیروگاه‌های زمین‌گرمایی و نیروگاه‌های با سوخت فسیلی را در سناریوهای مختلف با یکدیگر بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که با توجه به افزایش تقاضای برق و محدودیت منابع فسیلی و بالا بودن میزان آلودگی حاصل از این منابع، استفاده از انرژی حاصل از نیروگاه‌های فسیلی در آینده‌ای نه چندان دور، توجیه اقتصادی ندارد (اکرمی و صادقی^۳، ۱۳۸۸). طاهری فرد و شهاب در مقاله‌ای، هزینه‌های ثابت و عملیاتی تولید برق زمین‌گرمایی مشکین شهر برای سه سناریوی کمترین، میانگین و بیشترین هزینه در بخش بالادستی و نیروگاهی را مورد بررسی قرار دادند و هر یک از هزینه‌های اکتشاف، حفاری و نصب نیروگاه زمین‌گرمایی مشکین شهر را ارزیابی کردند (طاهری فرد و شهاب^۴، ۱۳۸۸). درودگر و همکاران با تولید برق نیروگاه‌های زمین‌گرمایی و نیروگاه‌های فسیلی به این نتیجه رسیدند که استفاده از انرژی زمین‌گرمایی می‌تواند در ذخیره‌سازی سوخت‌های فسیلی و افزایش صادرات این سوخت‌ها موثر واقع شود. همچنین در آخر می‌توان درآمد حاصل از این صادرات را در زمینه توسعه انرژی‌های پاک به کار گرفت (درودگر^۵ و همکاران، ۱۳۹۳). نوراللهی و همکاران جایگزینی سوخت‌های فسیلی در گرمایش و تامین آبگرم مصرفی ساختمان‌ها با انرژی تجدیدپذیر زمین‌گرمایی را جهت کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی بررسی کردند (نوراللهی^۶ و همکاران، ۱۳۹۵).

در این مقاله ابتدا خلاصه‌ای از روند دریافت مجوز احداث نیروگاه زمین‌گرمایی در ایران ارائه می‌شود و سازمان‌های مرتبط با احداث این نیروگاه معرفی می‌شود. با توجه به اینکه تاکنون نرم‌افزاری جهت ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌های زمین‌گرمایی بر پایه‌ی قوانین حاکم در ایران وجود نداشته است، نرم‌افزار GEO-ECO در محیط اکسل طراحی و ارائه

⁴ Taherifard and Shahab

⁵ Droodgar

⁶ Nurollahi

¹ Niro Research Institute

² Khosravi

³ Akrami and Sadeghi

شده است. بخش‌های مختلف نرم‌افزار مذکور در مقاله به‌طور کامل معرفی و تشریح شده است.

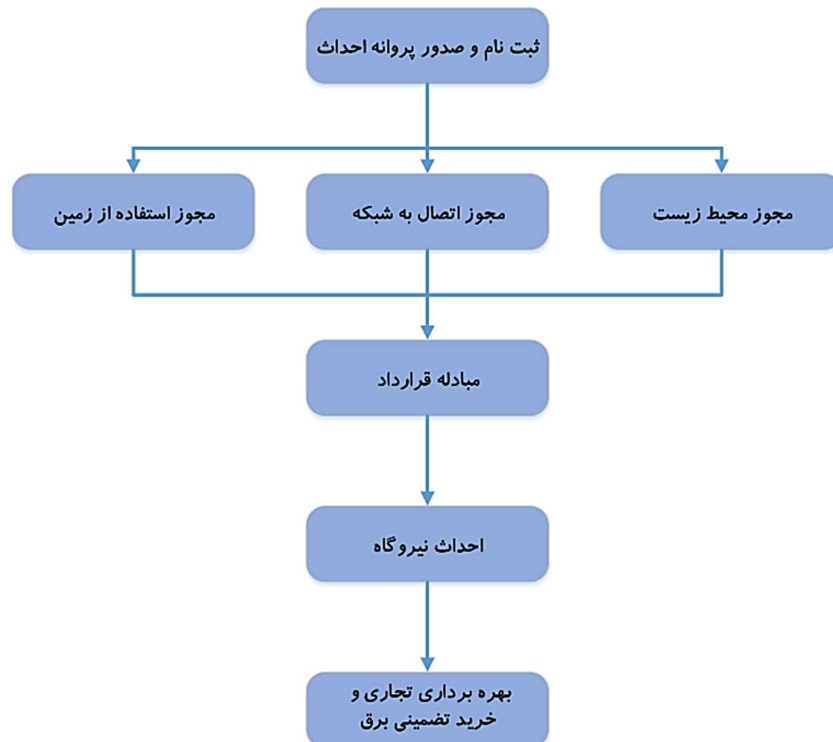
مرور قوانین کلی احداث و بهره‌برداری از نیروگاه زمین‌گرمایی

اقدام برای صدور پروانه احداث، اولین مرحله‌ی متقاضیان احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر غیردولتی است. در این راستا ابتدا درخواست کتبی به انضمام مستندات لازم نظیر اساسنامه، روزنامه رسمی و آگهی تغییرات ثبتی شرکت و مختصات سایت و... به همراه فرم‌های تکمیل‌شده که در سایت ساتبا موجود است، به سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) ارسال می‌شود تا پروانه احداث برای ظرفیت مشخص در ساختمان معین حداکثر در زمان یک هفته صادر گردد.

پس از دریافت پروانه احداث، سرمایه‌گذار آن را به همراه معرفی‌نامه به سازمان‌های مختلف مربوطه جهت دریافت مجوز از ایشان ارائه می‌نماید. با اخذ مجوزهای لازم نظیر مجوز محیط‌زیست، اتصال به شبکه و زمین و سایر مجوزهای

اختصاصی هر نیروگاه، قرارداد خرید برق بلندمدت با متقاضی مبادله خواهد شد تا متقاضی عملیات اجرایی دوره احداث نیروگاه را آغاز نماید. روند کلی درخواست و صدور مجوز نیروگاه زمین‌گرمایی در شکل ۱) نشان داده شده است (ساتبا^۱).

نکته قابل توجه اینکه در مورد نیروگاه‌های زمین‌گرمایی لازم است مجوزهایی از سازمان آب و شرکت ملی حفاری برای حفاری و ایجاد چاه دریافت شود. فرایندهای مربوطه جهت احداث نیروگاه زمین‌گرمایی در این شرکت‌ها هنوز مدون نشده است. جهت دریافت مجوز حفاری و بهره‌برداری چاه‌های زمین‌گرمایی، باید از طریق شرکت آب منطقه‌ای استان محل احداث، اقدام کرد. در این راستا فصل‌هایی از «قانون توزیع عادلانه آب» که در خصوص «مالکیت عمومی و ملی آب» و «آب‌های زیرزمینی» است، باید مدنظر قرار گیرند.



شکل ۱. روند کلی درخواست و صدور مجوز نیروگاه زمین‌گرمایی [9]

«خدمات پس از صدور مجوز بهره برداری از منابع آبی» جهت تمدید پروانه‌ی بهره‌برداری، تکمیل و به شرکت آب منطقه‌ای ارائه شود.

در خصوص قوانین مالیاتی و استهلاك، به منظور حمایت و تشویق سرمایه‌گذاران، قوانین حمایتی وضع شده است. به عنوان مثال روش محاسبه استهلاك مطابق با جداول استهلاكات مالیاتی موضوع ماده ۱۴۹ اصلاحی قانون مالیات‌های مستقیم مصوب ۱۳۹۴/۴/۳۱ روش استهلاك خطی و قابلیت درج دو برابری مبلغ استهلاك برای نیروگاه‌های تجدیدپذیر می‌باشد. همچنین در مورد مالیات، مطابق ماده ۱۳۲ قانون مالیات‌های مستقیم، درآمد مشمول مالیات ابرازی ناشی از فعالیت‌های تولیدی و معدنی در واحدهای تولیدی یا معدنی در بخش‌های تعاونی و خصوصی، از تاریخ شروع بهره‌برداری یا استخراج به میزان هشتاد درصد (۸۰٪) و به مدت چهار سال و در مناطق کمتر توسعه یافته به میزان صد در صد (۱۰۰٪) و به مدت ده سال از مالیات موضوع ماده (۱۰۵) این قانون معاف هستند.

معرفی نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی نیروگاه زمین‌گرمایی GEO-ECO

مطابق با تجربه سال‌ها تحلیل و ارزیابی نیروگاه‌های تجدیدپذیر و در پی یک تجربه موفق در خصوص انرژی بادی و توسعه نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های بادی (WENRI-ECO) در مرکز باد پژوهشگاه نیرو، گروه انرژی‌های تجدیدپذیر پژوهشگاه نیرو بدین نتیجه رسید که توسعه یک نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی منعطف و کارآ بر اساس قوانین و شرایط کشور می‌تواند برای سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران این حوزه، بسیار مفید باشد. در این راستا نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های زمین‌گرمایی (GEO-ECO) در محیط اکسل توسعه داده شد. یکی از ویژگی‌های مهم این نرم‌افزار، مطابقت آن با قوانین موجود در کشور، جهت احداث و بهره‌برداری از نیروگاه زمین‌گرمایی و قابلیت تغییر سریع و دقیق پارامترها و ارزیابی اثر تغییرات و همچنین شفافیت بالای محاسبات و امکان مشاهده و تحلیل جزئیات محاسباتی برای کاربران متخصص است.

لازم به ذکر است برای توسعه این نرم‌افزار، نرم‌افزارهای گوناگون این حوزه بررسی و ارزیابی شد. برای تحلیل‌های

پس از دریافت این مجوزها، قرارداد خرید بلندمدت برق به‌منظور شروع عملیات احداث نیروگاه مبادله می‌گردد. از زمان انعقاد قرارداد، حداکثر ۳۶ ماه فرصت برای احداث نیروگاه زمین‌گرمایی وجود دارد. در صورت تأخیر، دلایل می‌بایست بررسی گردند و در صورت موجه بودن تأخیر، مجدداً زمان در اختیار سرمایه‌گذار قرار خواهد گرفت.

مصوبه اصلی در راستای تعیین «تعرفه خرید برق نیروگاه‌های تجدیدپذیر در سال ۱۳۹۵» به تصویب رسیده است. در نیمه دوم سال ۱۳۹۸ با توجه به شرایط اقتصادی کشور و به منظور حداکثرسازی ضریب تحقق مزایای تولید برق از منابع تجدیدپذیر و نیز افزایش رقابت‌پذیری در زنجیره صنعت برق تجدیدپذیر، افزایش تعرفه‌های خرید تضمینی برق از سوی وزیر نیرو مطابق مصوبه «تعیین ضوابط تضمین خرید انرژی برق تولیدی نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک» اعلان و ابلاغ گردید.

قیمت و نحوه خرید برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر و نیروگاه‌های زمین‌گرمایی بنا بر تغییرات ایجاد شده در مصوبه دوم در سال ۱۳۹۸، تعیین می‌شود. بر اساس این مصوبه، نرخ پایه خرید تضمینی برق برای نیروگاه‌های زمین‌گرمایی ۶۳۷۰ ریال بر کیلووات ساعت در نظر گرفته شده است. قراردادهای خرید تضمینی برق از نیروگاه زمین‌گرمایی برای یک دوره بیست ساله است، که بر اساس ضریب تعدیل معرفی شده در طی سال‌های قرارداد تعدیل می‌شود. میزان افزایش در نظر گرفته شده برای تعرفه فروش برق انرژی‌های تجدیدپذیر، قابل ملاحظه است و در مورد نیروگاه‌های زمین‌گرمایی ۵۰٪ افزایش تعرفه اتفاق افتاده است. لازم به توضیح است مطابق قوانین ساتبا، تعرفه خرید برق تضمینی، هرساله در ضریب تعدیلی که بر اساس تورم ارزی و ریالی استخراج می‌گردد، ضرب می‌شود. همچنین طبق قوانین ساتبا، پس از سال دهم، این تعرفه در ضریب ۰/۷ ضرب خواهد شد.

جهت صدور پروانه‌ی حفر چاه و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، با مراجعه به شرکت آب منطقه‌ای استان مورد نظر، فرمی با عنوان «صدور پروانه بهره‌برداری از منابع آبی» توسط متقاضی تکمیل می‌شود. اعتبار پروانه بهره‌برداری از چاه، یک سال می‌باشد و پس از گذشت این زمان، باید فرم

کاربرگ Introduction به توضیح قوانین کلی محیط نرم افزار که با هدف سهولت کاربری تعبیه شده است می پردازد (شکل ۳).

کاربرگ Input یکی از قسمت های مهم نرم افزار است که جهت ورود اطلاعات نیروگاه زمین گرمایی از آن استفاده می شود. در این کاربرگ، کاربر اطلاعات زیر را به نرم افزار می دهد:

۱. واحد پولی (Currency)
۲. اندازه و عملکرد پروژه (Project Size and Performance)
۳. سطح جزئیات هزینه: هزینه های تأیید و توسعه سایت (Cost Level of Detail: Confirmation and Site Development Costs)
۴. هزینه های اکتشاف پروژه (Exploration Costs Attributed to Project)
۵. هزینه های مرحله تأیید (Confirmation Drilling Costs)
۶. هزینه های ساخت سایت: میدان چاهی و نیروگاه (Site Construction Costs: Well field & Power Plant)
۷. هزینه های کلی پروژه (Total Project Costs)
۸. شرایط تأمین مالی پروژه - جزئیات شرایط مالی (Permanent Financing)

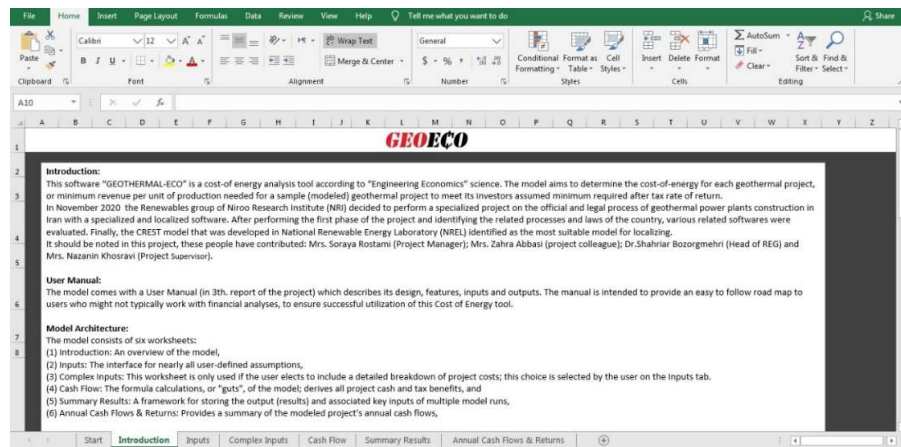
فنی یا اقتصادی نیروگاه های زمین گرمایی، نرم افزارهایی وجود دارند که از آن میان می توان به RETScreen، MESSAGE، GEOPHORES، GETEM و NREL_CREST اشاره کرد که هر یک معایب و مزایای خاص خود را دارند. با وجود اینکه مدل NREL-CREST جهت احداث نیروگاه زمین گرمایی در ایران کاربرد ندارد، اما در طراحی و توسعه نرم افزار GEO-ECO از مدل NREL_CREST بهره گیری شده است. نرم افزار GEO-ECO با مدل NREL-CREST در پارامترها و قوانین حاکم بر احداث نیروگاه زمین گرمایی از جمله قوانین مالیاتی، تسهیلات اعطایی و مشوق ها متفاوت است و کاملاً منطبق با قوانین حاکم بر احداث نیروگاه زمین گرمایی در ایران است.

نرم افزار GEO-ECO در محیط اکسل، شامل کاربرگ های زیر است:

- ۱- شروع (Start)، ۲- مقدمه (Introduction)، ۳- ورود اطلاعات کلی (Input)، ۴- ورود اطلاعات جزئی (Complex Input)، ۵- جریات مالی (Cash Flow)، ۶- خلاصه نتایج (Summary Results)، ۷- عواید و جریان مالی سالانه (Annual Cash Flow & Returns).
- کاربرگ Start به نوعی بیان کننده عنوان و مؤسسه مالک و سال توسعه نرم افزار است که در شکل ۲) نشان داده شده است.

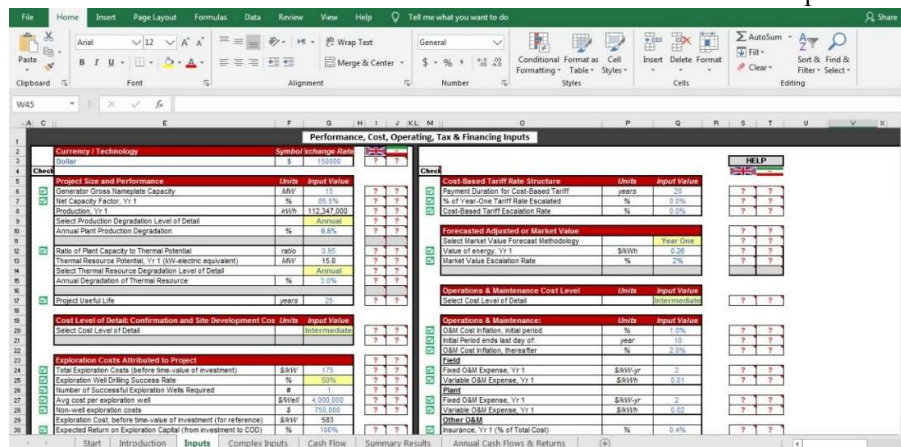


شکل ۲. نمای کاربرگ Start در نرم افزار GEO-ECO



شکل ۳. نمای کاربرگ Introduction در نرم افزار GEO-ECO

۹. ذخایر احتیاطی پرداخت وام یا هزینه‌های بهره‌برداری (Initial Funding of Reserve Accounts)
۱۰. خلاصه وضعیت تأمین مالی (Summary of Sources of Funding for Total Installed Cost)
۱۱. ساختار و شرایط خرید تضمینی برق (Cost-Based Tariff Rate Structure)
۱۲. قیمت پیش‌بینی شده‌ی تعدیل شده یا بازار فروش برق (Forecasted Adjusted or Market Value of Production)
۱۳. هزینه عملیاتی و نگهداری (Operations & Maintenance)
۱۴. هزینه‌های در حین عملیات: چاه‌های جایگزین (Capital Expenditures During Operations: Replacement Wells)
۱۵. ذخایر احتیاطی هزینه اسقاط (Reserves Funded from Operations)



شکل ۴. نمای کاربرگ Input در نرم افزار GEO-ECO

[illegible]

شکل ۵. نمای کاربرگ Complex Input در نرم افزار GEO-ECO

گزیده‌ای از اطلاعات اصلی ورودی و محاسباتی طرح مانند هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های تعمیر و نگهداری در سال اول و آخر بهره‌برداری، اقساط وام در سال اول و آخر زمان بازپرداخت و تعرفه محاسبه شده و پارامترهای متعدد دیگر، در کاربرگ **Summary Results** نشان داده می‌شود. در صورتیکه در یک پروژه خاص، اطلاعات دیگری حائز اهمیت باشد، کاربر می‌تواند در ادامه این اطلاعات را به جدول اضافه کند. همچنین در این کاربرگ جداول خام دیگری با همین فرمت مقابل یکدیگر تعبیه شده اند که در آن کاربر می‌تواند نتایج تحلیل برای سناریوهای مختلف شبیه‌سازی مدل را وارد و حتی به کمک نمودارهای متنوع اکسل مقایسه نماید. نمایی از کاربرگ **Summary Results** (در شکل ۷) نشان داده شده است.

در این نرم‌افزار محاسبات مربوط به جریان مالی پروژه، در کاربرگ Cash Flow انجام می‌شود (شکل ۶). در این کاربرگ از اطلاعات ورودی که توسط کاربر به نرم‌افزار داده شده است و یا داده‌های محاسبه شده، به منظور محاسبه درآمد و هزینه‌های طرح و بررسی وضعیت جریان مالی استفاده می‌شود. هدف از انجام این محاسبات، متناسب با نیاز کاربر، محاسبه قیمت تمام شده برق زمین‌گرمایی نیروگاه، محاسبه ارزش خالص فعلی، نرخ برگشت داخلی، دوره‌ی برگشت سرمایه، یا تحلیل جریان مالی و شرایط اقتصادی نیروگاه، بر اساس تعرفه ساتب و یا تعرفه های مورد نظر تحلیلگر می‌تواند باشد. امکان مشاهده و بررسی دقیق سایر اعداد و ارقام و محاسبات جریان مالی، نظیر مقادیر اصل و سود وام و مالیات و سایر هزینه‌ها از مزایای سودمند نرم‌افزار، در این بخش است.

Clipboard		Font		Alignment		Number		Conditional Formatting		Cell Styles		Insert		Delete		Format		AutoSum		Sort & Filter		
Paste		B I U		Merge & Center		\$ %		Table		Styles		Cells		Clear		Editing		Find & Select				
B254																						
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N									
1	Project/Contract Year					2025	1	2	3	4	5	6	7	8								
2	Production Depreciation Factor						1.00	0.999	0.999	0.999	0.999	0.979	0.970	0.999								
3	Production					4000	112,340.00	111,785.00	111,226.33	110,670.27	110,116.86	109,565.02	109,016.44	108,473.34								
4	Tariff Rate & Cash Incentives																					
5	SABR Rules, if applicable						1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00								
6	Tariff Rate (Fixed Portion)					\$/MWh	100%	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20								
7	Tariff Rate (Escalation Portion)					\$/MWh	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
8	Tariff Rate (Total)					\$/MWh		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20								
9	Post-Tariff Market or Adjusted Value of Production					\$	21,860.758	21,860.758	21,860.758	21,860.758	21,860.758	21,428.908	21,319.675	21,213.203								
10	Market or Adjusted Revenue					\$	86,919.242	86,919.242	86,919.242	86,919.242	86,919.242	86,919.242	86,919.242	86,919.242								
11	Interest Earned on Retained Accounts					\$	1,309.107	1,309.107	1,309.107	1,309.107	1,309.107	1,309.107	1,309.107	1,309.107								
12	Production Revenue, All Sources					\$	23,279.716	23,168.863	23,060.869	22,954.692	22,843.589	22,735.916	22,628.782	22,522.863								
13	Project Expenses																					
14	Operating Expense Inflation Factor						1.00	1.010	1.020	1.030	1.040	1.050	1.06	1.071								
15	Fixed O&M Expense (Fixed)					\$	(30.000)	(30.300)	(30.603)	(30.909)	(31.216)	(31.523)	(31.848)	(32.164)								
16	Variable O&M Expense (Fixed)					\$	(11,421,475.448)	(11,480,125.371)	(11,538,775.294)	(11,597,425.217)	(11,656,075.140)	(11,714,725.063)	(11,773,375.000)	(11,832,025.000)								
17	Fixed O&M Expense (Plant)					\$	(30.000)	(30.300)	(30.603)	(30.909)	(31.216)	(31.523)	(31.848)	(32.164)								
18	Variable O&M Expense (Plant)					\$	(2,346,940.882)	(2,362,000.000)	(2,377,059.118)	(2,392,118.236)	(2,407,177.354)	(2,422,236.472)	(2,437,295.590)	(2,452,354.708)								
19	Insurance					\$	(516,780.00)	(521,947.00)	(527,114.00)	(532,281.00)	(537,448.00)	(542,615.00)	(547,782.00)	(552,949.00)								
20	Project Management					\$	(50.000)	(50.500)	(51.000)	(51.515)	(52.030)	(52.545)	(53.060)	(53.575)								
21	Land Lease					\$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
22	Power Consumption (or other consumptions)					\$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
23	Scaffolding/Other Costs					\$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
24	Total Operating Expenses					\$	(1,957,156)	(1,966,515)	(1,975,874)	(1,985,233)	(1,994,592)	(2,003,951)	(2,013,310)	(2,022,669)								
25	Total Operating Expenses					\$/MWh	(0.04)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)								
26	Operating Income					\$	19,252.56	22,562.54	22,367.14	22,711.823	22,156.362	22,642.817	21,928.725	21,815.301								
27	Start					Introduction	Inputs	Complex Inputs	Cash Flow	Summary Results	Annual Cash Flows & Returns											

شکل ۶. نمای کاربرگ Cash Flow در نرم افزار GEO-ECO

شکل ۷. نمای کاربرگ Summary Results در نرم افزار GEO-ECO

شکل ۸. نمای کاربرگ Annual Cash Flow & Returns در نرم افزار GEO-ECO

زمین گرمایی است که بر پایه نرم افزار اکسل توسعه داده شده است. برای توسعه‌ی این نرم افزار، از شیتها (برگه‌ها) و جداول و توابع و فرمولهای محاسباتی پیچیده و بسیار گسترده استفاده شده است که همگی با هم ارتباط دارند. در این خصوصیات عنوان شده است.

به طور خلاصه، مزایای این نرم افزار را می توان چنین برشمرد:

- امکان تحلیل تخصصی اقتصادی نیروگاه زمین گرمایی با توجه به کلیه پارامترهای درآمدی و هزینه‌ای و رفتار و زمان وقوع آن‌ها و قوانین و مقررات و فرآیندهای مالی و اداری کشور در مراحل گوناگون اخذ مجوز تا بهره برداری و سرانجام اسقاط؛

در نهایت محاسبات اصلی انجام شده در کاربرگ Cash Flow برای سال‌های عمر پروژه، در کاربرگ Annual Cash Flow & Returns به صورت طبقه‌بندی شده و خلاصه، مطابق شکل ۸) آورده می‌شود. همچنین با استفاده از داده‌های پروژه، نمودار جریان مالی تجمعی و نمودار مقایسه‌ی هزینه ها و درآمدهای طرح، در نرم افزار رسم می‌شود.

جمع بندی و نتیجه گیری

در این مقاله، خلاصه اهم قوانین احداث و بهره برداری از نیروگاه زمین گرمایی در ایران، جهت آشنایی سرمایه گذاران بررسی شد. همچنین نرم افزار ارزیابی اقتصادی نیروگاه زمین گرمایی GEO-ECO که در پژوهشگاه نیرو تدوین شده است، معرفی گردید. همان طور که عنوان شد، نرم افزار GEO-ECO یک نرم افزار تخصصی تحلیل اقتصادی نیروگاه

- امکان ورود اطلاعات در سه سطح کلی، میانی و جزئی با توجه به سطح اطلاعات در دسترس تحلیلگر و تدقیق اطلاعات در آینده با سهولت قابل ملاحظه؛
- انعطاف پذیری فوق العاده نرم افزار برای مدل کردن سناریوهای مختلف و امکان تحلیل حساسیت پارامترهای اثرگذار در هر مرحله و ملاحظه اثر آن بر اقتصادی بودن نیروگاه؛
- امکان بهره‌مندی سرمایه‌گذاران به جهت تحلیل اقتصادی نیروگاه زمین‌گرمایی خود و بهره‌مندی سیاست‌گذاران به سبب تعیین دقیق اثر تصمیم‌های خود بر وضعیت اقتصادی سرمایه‌گذاران و انگیزه ایشان؛
- امکان ملاحظه‌ی نتایج تحلیل اقتصادی نیروگاه زمین‌گرمایی در سطوح و سال‌های گوناگون عمر نیروگاه، از جمله ملاحظه شاخص‌ها و نمودارهای کلیدی
- ارزیابی اقتصادی تا جریان مالی تک‌تک پارامترها و جریان مالی نهایی پروژه؛
- امکان توسعه و رسم ساده‌ی نمودارها و محاسبه پارامترهای موردنظر تحلیلگر به سهولت بر اساس نتایج نرم‌افزار؛
- امکان آزمودن ساده‌ی نتایج و مقایسه با سایر نرم‌افزارهای موجود در صورت تسلط بر پیش‌فرض‌های هر نرم‌افزار؛
- امکان تهیه و دسترسی و اجرای ساده نرم‌افزار بر روی سیستم‌های گوناگون کامپیوتری؛
- امکان ملاحظه‌ی روابط و فرمول‌ها و تحلیل کاربران متخصص؛
- بومی بودن نرم‌افزار.

جدول ۱. خلاصه محتویات نرم‌افزار GEO-ECO

محتوی کاربرگ	Input	Complex Input	Cash Flow	Summary Result	Annual Cash Flow
جدول	۱۷	۹	۸	۳	۲
سلول محاسباتی	۸۲۲	۶۴۶	۲۶۱۸	۱۸۰	۴۸۳
نوع فرمول	۲۹	۳۲	۵۰	۷	۳۵
انواع توابع	IF ROUND	IF SUMIF	SLN-LOOKUP- SUMPRODUCT- IRR-NPV-GOAL SEEK-ISERROR- IPMT-PPMT-AVE- MIN-	IF	IF – LOOKUP –ABS

- امید است که این نرم‌افزار با کمک به سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران سهم کوچکی در برنامه‌ریزی و توسعه سهل‌تر و دقیق‌تر انرژی زمین‌گرمایی در کشور داشته باشد.

مراجع

- 1- Studying and identifying the legal requirements and economic, administrative and financial processes related to the installation and operation of geothermal power plants in Iran", Niro Research Institute, 1399. (In Persian)
- 2- "Identification of the economic parameters of installation and operation of geothermal power plants and financial modeling", Niro Research Institute, 1399. (In Persian)
- 3- "Development of economic evaluation software for geothermal power plants (GEO-ECO) along with software instructions", Niro Research Center, 1399.
- 4- Khosro Khosravi, "Economic Technical Evaluation of Geothermal Power Plants", 12th International Electricity Conference, 1376. (In Persian)
- 5- Atieh Akrami and Mehdi Sadeghi, "Evaluating the possibility of developing geothermal power plants from the point of view of environmental economics", Environmental Journal, 1388. (In Persian)
- 6- Ali Taherifard and Marzieh Shahab, "Evaluation of technical-economical aspects of geothermal power generation, case study: Meshkinshahr Geothermal

- Power Plant", Energy Economics, 1389. (In Persian)
- 7- Erfan Droodgar, Sadaf Bagheri, and Parvaneh Sohrabi, "Economic evaluation of geothermal power plant compared to fossil power plant", Conference on climate change and a way to a sustainable future, 1393. (In Persian)
- 8- Yunus Nurollahi, Hadi Farabi Asl, Hossein Yousefi and Ali Hossein Rezayan, "Technical, economic and environmental feasibility study of replacing conventional urban heating with geothermal energy in Iran", Environmental Science and Technology Quarterly, 1395. (In Persian)
- 9- www.satba.gov.ir.

Investigating and extracting the legal and executive processes of building and operating geothermal power plants in Iran and developing the GEO-ECO economic evaluation software

Soraya Rostami¹

Zahra Abbasi^{*2}

Abstract

Using renewable energy sources is one of the human solutions to reduce environmental pollution and is a suitable alternative to fossil fuels. Therefore, different countries have established laws and regulations in line with the construction of renewable power plants and have also considered incentives to encourage investors. In Iran, the rules for the construction of renewable power plants are defined by different relevant organs according to the type of power plant. One of the most essential issues facing power plant builders is the economic evaluation of power plant construction and the calculation of the amount of initial capital, taking into account the granted facilities and predicting the profitability of the project. Therefore, there is a need for software for the economic evaluation of the construction of power plants, taking into account the laws governing the construction of power plants in Iran. In this article, software for the economic evaluation of geothermal power plants under the title "GEO-ECO" has been designed and presented in the Excel environment. Using GEO-ECO software, the amount of initial capital, granted facilities, tax, and profitability rate of the geothermal power plant construction project in Iran can be evaluated.

Keywords

Economic assessment, Geothermal power plant, Power plant construction, Electricity production.

¹ Project Manager of Wind Turbines Technology Development Center, Niroo Research Institute, srostami@nri.ac.ir

² *PhD in mechanical engineering, Khajeh Nasir al-Din Toosi University of Technology (KNTU), zahraabbasi@email.kntu.ac.ir