

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

ثريا رستمی<sup>۱</sup>  
زهراء عباسی<sup>۲\*</sup>

### 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 احداث کنندگان نیروگاه‌ها، ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه و محاسبه‌ی میزان سرمایه‌ی اولیه با درنظر گرفتن تسهیلات اعطایی و پیش‌بینی میزان سودآوری پروژه است. از این رو، نیاز به نرم‌افزاری جهت ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌ها با درنظر 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.

<sup>۱</sup> مدیر پروژه مرکز توسعه فناوری توربین‌های بادی، پژوهشگاه نیرو، srostami@nri.ac.ir

<sup>۲</sup> دکترای مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، zahraabbasi@email.kntu.ac.ir

علمی-پژوهشی

## مقدمه

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<sup>۲</sup>، 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<sup>۳</sup>، 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<sup>۴</sup>، 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<sup>۵</sup> 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<sup>۶</sup> و همکاران، ۱۳۹۵).

در این مقاله ابتدا خلاصه‌ای از روند دریافت مجوز احداث نیروگاه زمین‌گرمایی در ایران ارائه می‌شود و سازمان‌های نیروگاههای 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

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 پیشرفت، اقدام به حمایت از سرمایه‌گذاری در فضای رقابتی نموده است و فرست آورده است. نظر به اهمیت آگاهی بر مراحل اخذ مجوزهای قانونی متولیان احداث نیروگاههای زمین‌گرمایی، در این مقاله به گزینه‌های 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 سatisا، 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 نیروگردآوری شده است (پژوهشگاه نیرو<sup>۱</sup>، 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

<sup>4</sup> Taherifard and Shahab<sup>5</sup> Doodgar<sup>6</sup> Nurollahi<sup>1</sup> Niro Research Institute<sup>2</sup> Khosravi<sup>3</sup> Akrami and Sadeghi

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

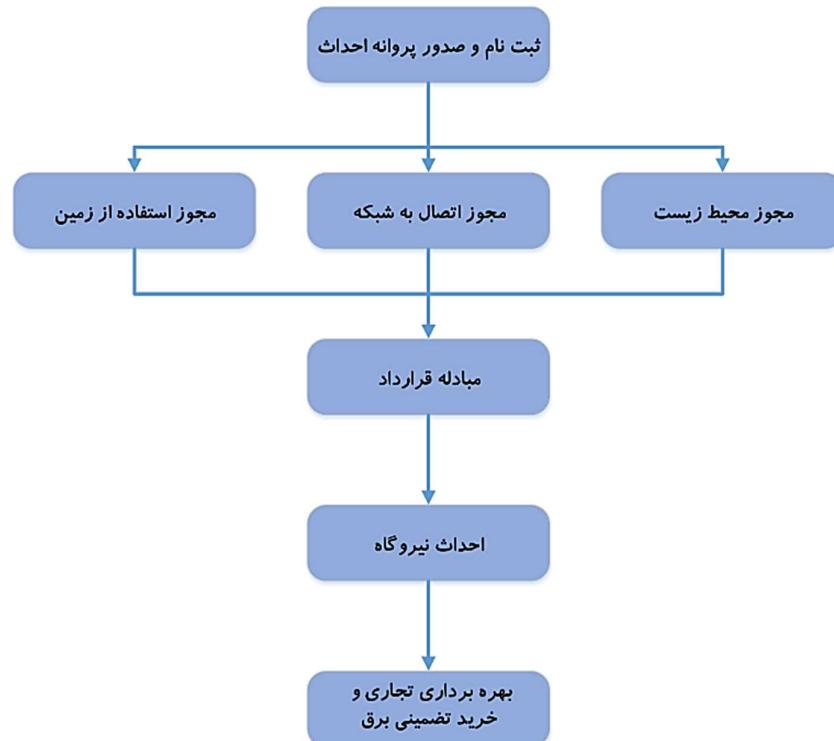
**مرور قوانین کلی احداث و بهره‌برداری از نیروگاه زمین‌گرمایی**

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<sup>۱</sup>).

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 درخصوص «مالکیت عمومی و ملی آب» و «آبهای زیرزمینی» است، باید مدنظر قرار گیرند.

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 تکمیل شده که در سایت ساتبا موجود است، به سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) ارسال می‌شود تا پروانه احداث برای ظرفیت مشخص در ساختگاه 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



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 استهلاک، به منظور حمایت و  
تشویق سرمایه‌گذاران، قوانین حمایتی وضع شده است. به  
عنوان مثال روش محاسبه استهلاک مطابق با جداول  
استهلاکات مالیاتی موضوع ماده ۱۴۹ اصلاحی قانون  
مالیات‌های مستقیم مصوب ۱۳۹۴/۴/۳۱ روش استهلاک  
خطی و قابلیت درج دو برابری مبلغ استهلاک 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 درصد (٪ 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  
تجددیدپذیر 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 کارآبر 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  
به منظور شروع عملیات احداث نیروگاه مبادله می‌گردد. از  
زمان انعقاد قرارداد، حداقل ۳۶ ماه فرصت برای احداث  
نیروگاه زمین‌گرمایی وجود دارد. در صورت تأخیر، دلایل  
می‌بایست بررسی گردد 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  
زنگیره صنعت برق تجدیدپذیر، افزایش تعرفه‌های خرید  
تضمينی برق از سوی وزیر نیرو مطابق مصوبه «تعیین ضوابط  
تضمين خريد انرژي برق توليدی نیروگاه‌های تجدیدپذير و  
پاک» اعلان و ابلاغ گردید.

قيمت و نحوه خرید برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر و  
نيروگاه‌های زمین‌گرمایی بنا بر تغييرات ايجاد شده در مصوبه  
دوم در سال ۱۳۹۸، تعیين می‌شود. بر اساس اين مصوبه،  
نرخ پايه خريد تضمينی برق برای نیروگاه‌های زمین‌گرمایی  
۶۳۷۰ ریال بر کیلووات ساعت در نظر گرفته شده است.  
قراردادهای خريد تضمينی برق از نیروگاه زمین‌گرمایی برای  
یک دوره بیست ساله است، که بر اساس ضریب تعديل  
معروف شده در طی سال‌های قرارداد تعديل می‌شود. میزان  
افزایش در نظر گرفته شده برای تعرفه فروش برق انرژی‌های  
تجددیدپذیر، قابل ملاحظه است و در مورد نیروگاه‌های  
زمین‌گرمایی ۰.۵۰٪ افزایش تعرفه اتفاق افتاده است. لازم به  
توضیح است مطابق قوانین ساتبا، تعرفه خريد برق تضمينی،  
هر ساله در ضریب تعديلی 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  
زيرزماني، با مراجعه به شرکت آب منطقه‌ای استان مورد  
نظر، فرمي با عنوان «تصور پروانه بهره‌برداری از منابع آبی»  
توسط متقاضی تكميل می‌شود. اعتبار پروانه بهره‌برداری از  
چاه، يك سال می‌باشد و پس از گذشت اين زمان، باید فرم

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

کاربرگ Input یکی از قسمتهای مهم نرمافزار است که جهت ورود اطلاعات نیروگاه زمین‌گرمایی از آن استفاده می‌شود. در این کاربرگ، کاربر اطلاعات زیر را به نرمافزار می‌دهد:

#### ۱. واحد پولی (Currency)

(Project Size and Workload Performance)

۲. اندازه و عملکرد پروژه (Cost Level of Detail: Site Confirmation and Site Development Costs)

۳. سطح جزئیات هزینه: هزینه‌های تأیید و توسعه (Exploration Costs Attributed to Project)

۴. هزینه‌های اکتشاف پروژه (Confirmation Costs)

۵. هزینه‌های مرحله تأیید (Drilling Costs)

۶. هزینه‌های ساخت سایت: میدان چاهی و نیروگاه (Site Construction Costs: Well field & Power Plant)

۷. هزینه‌های کلی پروژه (Total Project Costs)

۸. شرایط تأمین مالی پروژه - جزئیات شرایط مالی (Permanent Financing)

فنی یا اقتصادی نیروگاه‌های زمین‌گرمایی، نرم‌افزارهای وجود دارند که از آن میان می‌توان به RETScreen، GETEM، GEOPHIRES، MESSAGE

COMFAR، NREL\_CREST و NREL\_CREST اشاره کرد که هر یک معايب و مزايا خاص خود را دارند. با وجود اينکه مدل NREL-CREST جهت احداث نیروگاه زمین‌گرمایی در ايران کاربرد ندارد، اما در طراحی و توسعه نرم‌افزار GEO-

NREL\_CREST بهره‌گيری شده است.

NREL-CREST با مدل GEO-ECO در پaramترها و قوانین حاكم بر احداث نیروگاه زمین‌گرمایی از جمله قوانین مالياتي، تسهيلات اعطائي و مشوق‌ها متفاوت است و كاملاً منطبق با قوانين حاكم بر احداث نیروگاه زمین‌گرمایي در ايران است.

GEO-ECO در محیط اکسل، شامل کاربرگ‌های زیر است:

۱- شروع (Start)، ۲- مقدمه (Introduction)، ۳- ورود

اطلاعات کلی (Input)، ۴- ورود اطلاعات جزئي

۵- جريات مالي (Cash Flow)، ۶- Complex Input

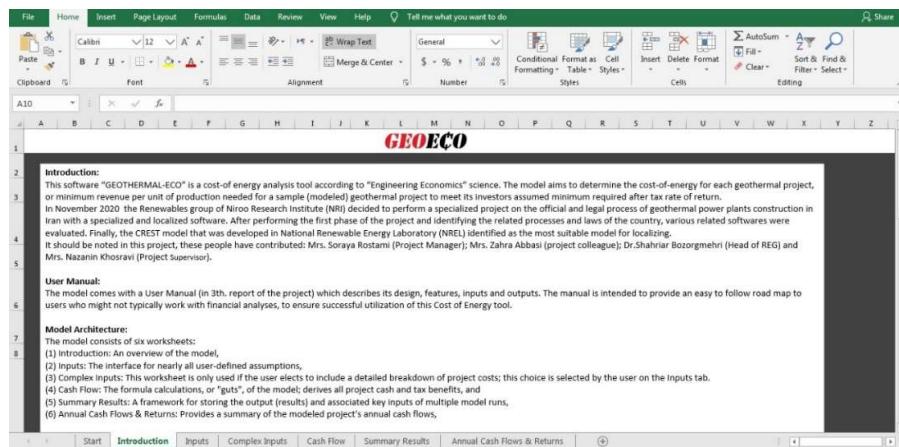
خلاصه نتایج (Summary Results)، ۷- عواید و جريان

مالی سالانه (Annual Cash Flow & Returns)

کاربرگ Start به نوعی بيان کننده عنوان و مؤسسه مالك و سال توسعه نرم‌افزار است که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. نمای کاربرگ Start در نرم‌افزار GEO-ECO



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

## ۱۶. مشوق‌های خصوصی و دولتی احداث نیروگاه (Incentives)

## ۱۷. استهلاک (Allocation of Depreciable)

کاربر می‌تواند بر حسب جزئیات داده‌های پژوهه خود، یکی از گزینه‌های "Intermediate", "Simple" و یا "Complex" را در کاربرگ Input انتخاب کند و اطلاعات را وارد نماید. در صورتی که کاربر، قصد ورود اطلاعات جزئی را داشته باشد، مثلاً بخواهد ریز اطلاعات سرمایه‌گذاری، اعم از گزینه‌های دریافت مجوزها تا خرید و حمل و نقل و ... را به تفکیک وارد نماید، ضمن انتخاب گزینه Complex در Input باسکوهای مرتبط در کاربرگ Input به کاربرگ Complex وارد شده و اطلاعات جزئی را وارد می‌نماید.

شکل ۴ و شکل ۵ به ترتیب کاربرگ Input Complex و Input Simple را نشان می‌دهد.

## 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)

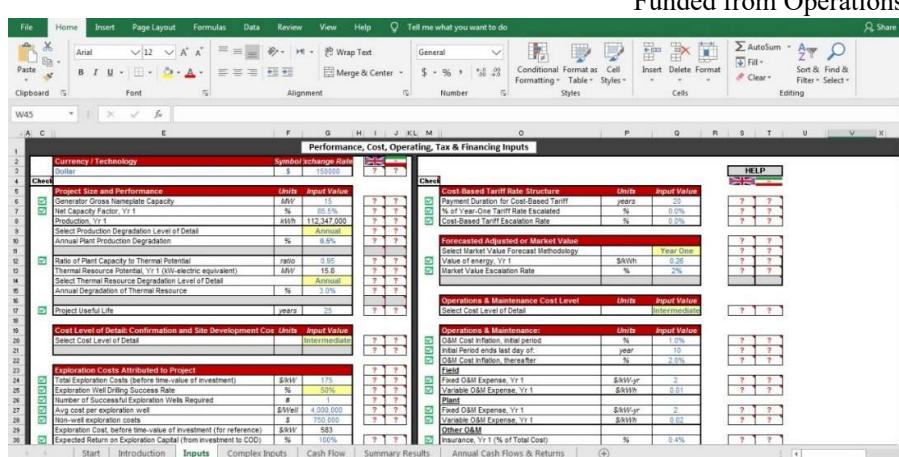
## ۱۱. ساختار و شرایط خرید تضمینی برق- Based Tariff Rate Structure)

## ۱۲. قیمت پیش‌بینی شده تعیین شده یا بازار فروش (Forecasted Adjusted or Market Value of Production)

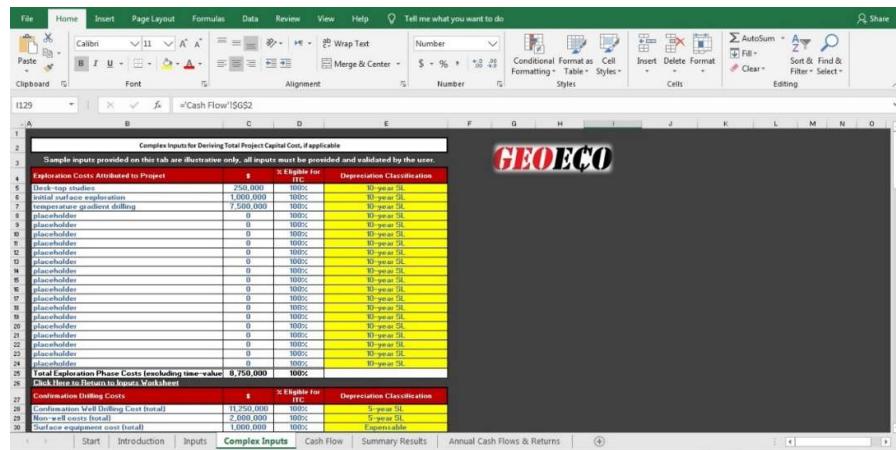
## ۱۳. هزینه عملیاتی و نگهداری & Maintenance)

## ۱۴. هزینه‌های در حین عملیات: چاههای جایگزین (Capital Expenditures During Operations: Replacement Wells)

## ۱۵. ذخایر احتیاطی هزینه اسقاط Funded from Operations)



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



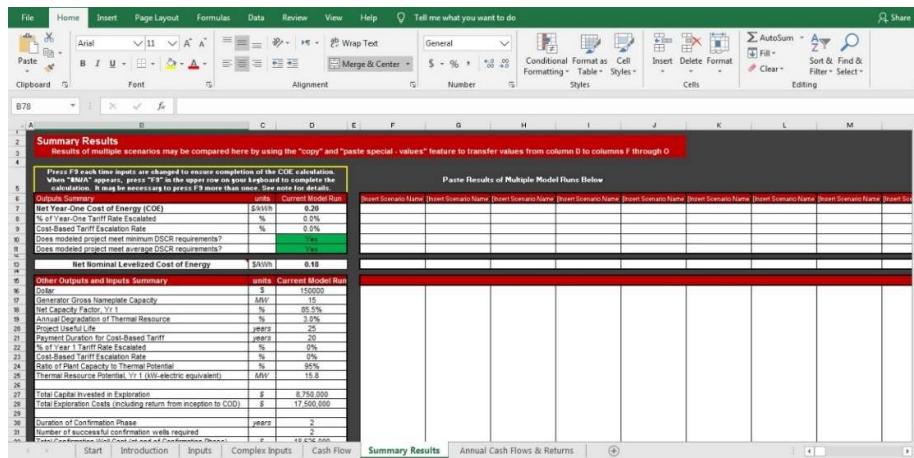
**شکل ۵. نمای کاربرگ Complex Input در نرم افزار GEO-ECO**

گزینه‌های 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 تعریف محاسبه شده و پارامترهای متعدد دیگر، در کاربرگ Summary Results نشان داده می‌شود. در صورتیکه در یک پروژه خاص، اطلاعات دیگری حائز همیت باشد، کاربر می‌تواند در ادامه این اطلاعات را به جدول اضافه کند. همچنین در این کاربرگ جداول خام دیگری با همین فرمت مقابله یکدیگر تعییه شده اند که در آن کاربر می‌تواند نتایج تحلیل برای سناریوهای مختلف شبیه‌سازی مدل را وارد و حتی به کمک نمودارهای متنوع کسل مقایسه نماید. نمایی از کاربرگ Summary Results در شکل ۷ نشان داده شده است.

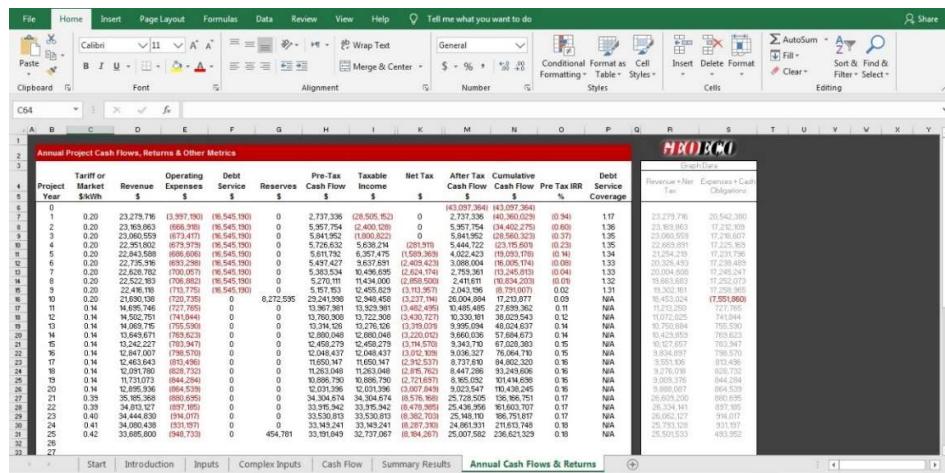
در این نرم افزار محاسبات مربوط به جریان مالی پروژه، در کاربرگ Cash Flow انجام می شود (شکل ۶). در این کاربرگ از اطلاعات ورودی که توسط کاربر به نرم افزار داده شده است و یا داده های محاسبه شده، به منظور محاسبه درآمد و هزینه های طرح و بررسی وضعیت جریان مالی استفاده می شود. هدف از انجام این محاسبات، متناسب با نیاز کاربر، محاسبه قیمت تمام شده برق زمین گرمایی نیروگاه، محاسبه ارزش خالص فعلی، نرخ برگشت داخلی، دوره‌ی برگشت سرمایه، یا تحلیل جریان مالی و شرایط اقتصادی نیروگاه، بر اساس تعریفه ساتبا و یا تعریفه های مورد نظر تحلیلگر می تواند باشد. امکان مشاهده و بررسی دقیق سایر اعداد و ارقام و محاسبات جریان مالی، نظیر مقادیر اصل و سود وام و مالیات و سایر هزینه ها از مزایای سودمند نرم افزار، در این بخش است.

نرم افزار، در این بخش است.

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



شکل ۷. نمای کاربرگ Summary Results در نرم‌افزار GEO-ECO



شکل ۸. نمای کاربرگ Annual Cash Flow &amp; Returns در نرم‌افزار GEO-ECO

زمین‌گرمایی 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 خلاصه، مطابق شکل (۸) آورده می‌شود. همچنین با استفاده از این خصوصیات عنوان شده است.

به طور خلاصه، مزایای این نرم‌افزار را می‌توان چنین برشمرد:

- امکان تحلیل تخصصی اقتصادی نیروگاه زمین‌گرمایی 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 Annual Flow برای سال‌های عمر پروژه، در کاربرگ Cash Flow & Returns به صورت طبقه‌بندی شده و خلاصه، مطابق شکل (۸) آورده می‌شود. همچنین با استفاده از اداده‌های پروژه، نمودار حریان مالی تجمعی و نمودار مقایسه‌ی هزینه‌ها و درآمدهای طرح، در نرم‌افزار رسم می‌شود.

#### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله، خلاصه اهم قوانین احداث و بهره‌برداری از نیروگاه زمین‌گرمایی در ایران، جهت آشنایی سرمایه‌گذاران بررسی شد. همچنین نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی نیروگاه زمین‌گرمایی GEO-ECO که در پژوهشگاه نیرو تدوین شده است، معرفی گردید. همان‌طور که عنوان شد، نرم‌افزار GEO-ECO یک نرم‌افزار تخصصی تحلیل اقتصادی نیروگاه

- ارزیابی اقتصادی تا جریان مالی تک تک 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 تهییه و دسترسی و اجرای ساده نرم‌افزار بر روی سیستم‌های گوناگون کامپیوتري؛
  - امکان ملاحظه‌ی روابط و فرمول‌ها و تحلیل کاربران متخصص؛
  - بومی بودن نرم‌افزار.
- 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؛
  - انعطاف‌پذیری فوق العاده نرم‌افزار 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، ازجمله ملاحظه شاخص‌ها و نمودارهای کلیدی

جدول ۱. خلاصه محتويات نرم‌افزار GEO-ECO

Annual Cash Flow	Summary Result	Cash Flow	Complex Input	Input	محظوظ کاربرگ
۲	۳	۸	۹	۱۷	جدول
۴۸۳	۱۸۰	۲۶۱۸	۶۴۶	۸۲۲	سلول محاسباتی
۳۵	۷	۵۰	۲۲	۲۹	نوع فرمول
IF – LOOKUP –ABS	IF	SLN-LOOKUP-SUMPRODUCT-IRR-NPV-GOAL SEEK-ISERROR-IPMT-PPMT-AVE-MIN-	IF SUMIF	IF ROUND	انواع توابع

- 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
- 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

- 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](http://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 Rostami<sup>1</sup>

Zahra Abbasi<sup>\*2</sup>

### 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.

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

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