

# انرژی زمین گرمایی

نوشته: هارش گوپتا، سوکانتا روی  
ترجمه: مهندس مهدی ملکپور



انتشریاز داگروه انتشارات  
سازمان چاپ و نشر

www.ketab.ir

|                     |                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | گوپتا، هارش کی، ۱۹۴۲ م. - Gupta, Harsh K.                       |
| عنوان و نام پدیدآور | انرژی زمین گرمایی / هارش گوپتا، سوکانتا روی؛ مترجم مهدی ملکپور. |
| مشخصات نشر          | تهران: یزدا، ۱۳۹۸.                                              |
| مشخصات ظاهری        | ۳۱۲ ص.                                                          |
| شابک                | ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۶۸۵-۹                                               |
| وضعیت فهرست‌نویسی   | فیا                                                             |
| یادداشت             | عنوان اصلی: Geothermal energy: an alternative....               |
| موضوع               | منابع زمین گرمایی                                               |
| موضوع               | Geothermal resources                                            |
| موضوع               | مهندسی زمین گرمایی                                              |
| موضوع               | Geothermal engineering                                          |
| شناسه افزوده        | روی، سوکانتا                                                    |
| شناسه افزوده        | Roy, Sukanta                                                    |
| شناسه افزوده        | ملکپور، مهدی، ۱۳۶۶ - مترجم                                      |
| رده‌بندی کنگره      | GB1۱۹۹/۵                                                        |
| ده‌بندی دیویی       | ۵۵۱/۲۲                                                          |
| شماره کتابشناسی ملی | ۵۷۰۰۲۷۲                                                         |

## انرژی زمین گرمایی

نوشته‌ی: هارش گوپتا، سوکانتا روی  
ترجمه‌ی: مهندس مهدی ملکپور

ناشر: یزدا / چاپ اول: ۱۳۹۸ / قطع: وزیری / تعداد صفحات: ۳۱۲ صفحه /  
آماده‌سازی قبل از چاپ: نشریه حرارت و برودت / مدیر تولید: فاسم حسینی /  
چاپ و صحافی: یزدا / شمارگان: ۱۵۰ نسخه / بها: ۶۵۰ تومان /

IS. N: 978-600-165-685-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۶۸۵-۹

### نشر یزدا و گروه نشریات

دفتر نشر و نمایندگان: تهران، سیدخندان، خیابان ارسباران، کوچه‌ی ستاری، شماره‌ی ۲۲،  
ساختمان یزدا دورنگار: ۲۲۸۸۵۶۵۱ (۰۲۱) تلفن: ۲۲۸۸۵۶۴۷-۵۰ (۰۲۱)

توجه: به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ و همچنین قانون  
ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی مصوب سال ۱۳۵۰ تمام حقوق این اثر به هر نحو برای نشر یزدا  
م محفوظ است. نشر و بخش تمام یا قسمتی از این کتاب بدون اجازه از ناشر، باعث پیگرد قانونی خواهد شد.

[www.yazdamarket.com](http://www.yazdamarket.com)

خرید آنلاین:

<https://www.instagram.com/yazdamarket/>

اینستاگرام:

## فهرست

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
| ۷   | .....                                                     |
| ۱۱  | ..... فصل ۱: چشم‌اندازی از انرژی                          |
| ۲۷  | ..... فصل ۲: مفاهیم اساسی                                 |
| ۴۳  | ..... فصل ۳: انتقال حرارت                                 |
| ۶۱  | ..... فصل ۴: سیستم‌ها و منابع زمین گرمایی                 |
| ۷۵  | ..... فصل ۵: شیوه‌های اکتشاف                              |
| ۱۴۳ | ..... فصل ۶: ارزیابی و استخراج                            |
| ۱۹۱ | ..... فصل ۷: میدان زمین گرمایی سروپريتو، مکزیک            |
| ۲۲۵ | ..... فصل ۸: وضعیت جهانی بهره‌برداری از ذخایر زمین گرمایی |
| ۲۵۹ | ..... فصل ۹: انرژی حرارتی اقیانوس‌ها                      |
| ۲۷۵ | ..... نمایه                                               |
| ۲۸۷ | ..... منابع                                               |

## مقدمه

چشمه های آب گرم از دیر باز برای مقاصد آب درمانی استفاده شده اند. با این حال، استفاده از انرژی حرارتی زمین به عنوان منبع جدید انرژی، در اوایل قرن بیستم و بعد از تولید اولین برق زمین گرمایی در لاروئو ایتالیا در سال ۱۹۰۴ آغاز شد. با گذشت زمان، جمعیت دنیا از ۲/۵۹ میلیارد نفر در سال ۱۹۵۰ به ۱۱ میلیارد نفر در سال ۲۰۰۳ رسید و مصرف جهانی انرژی نیز از ۲۷۶۰ میلیون تن متریک انرژی قابل استحصال از ذغال سنگ، به ۱۵۱۷۸ میلیون تن متریک انرژی قابل استحصال از ذغال سنگ، در سال ۲۰۰۳ افزایش یافت. از این رو، انرژی های تجدیدپذیر، و در زمره ای آنها انرژی زمین گرمایی اهمیت ویژه ای پیدا کرده و رشدی یافتند. از آنجاییکه این انرژی ها پاک تر می باشند، لذا توجه بیشتری را به خود جلب کرده اند. امروزه، بیش از ۲۰ کشور از انرژی زمین گرمایی برق استحصال می کنند و ۶۰ کشور نیز در حال استفاده مستقیم (غیر از تولید برق) از این منبع انرژی می باشند. در برخی کشورهای کمپندمانند ایسلند، فیلیپین و... انرژی زمین گرمایی درصد قابل توجهی از منبع تولید برق آنها را شامل می شود. تاکنون، کل ظرفیت زمین گرمایی نصب شده در تمامی کشورها برای تولید برق ۸۰۰۰ مگاوات و برای استفاده غیرمستقیم، بیش از ۱۵۰۰۰ مگاوات می باشد. قابل توجه است که در سال ۱۹۱۱ کل ظرفیت برق زمین گرمایی جهان، تنها ۷۰۰ مگاوات بود که رشدی چشمگیر داشته است. سطح تکنولوژی کنونی، نرخ رشد ۱۰ برابری قابل پیش بینی می باشد.

کتاب «انرژی زمین گرمایی: منبعی تجدید پذیر برای قرن بیست و یکم» مطالب خواندنی و پیوسته ای از جنبه های مختلف توسعه انرژی زمین گرمایی را فراهم آورده است. این کتاب، نسخه بروز شده ویرایش قبلی آن می باشد که در سال ۱۹۸۰ در انتشارات السویر به چاپ رسید. فصل اول با مسایل رشد روزافزون تقاضای انرژی، ناشی از افزایش جمعیت جهانی و افزایش سرانه مصرف انرژی، سروکار دارد. شیوه های جدید تولید الکتریسیته به طور خلاصه شرح داده شده و نقش انرژی زمین گرمایی در سناریوی آتی مشخص شده است. فصل دوم ساختار زمین را بررسی می کند؛ دمای آن و جریان حرارت در آن را شامل می شود و فرضیه صفحات تکتونیک

را در برمی‌گیرد. تمامی میادین زمین گرمایی یافت شده و احتمالی در مرز صفحات و محدوده آنها قرار گرفته‌اند. مفاهیم پایه‌ای انتقال حرارت و روابط کمی جریان حرارت برای پیکره‌های ساده در فصل سوم گردآوری شده‌اند. فصل چهارم طبقه‌بندی انواع مختلف سیستم‌های زمین گرمایی را در برمی‌گیرد. مطالب مربوط به تکنیک‌های استخراج، بطور مختصر مطالب مربوط به زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و تحقیقات و نقشه‌برداری‌های هوایی بطور جزئی‌تر در فصل پنجم بررسی شده است. نحوه کاربرد تکنولوژی استخراج موجود در یک ناحیه بخصوص و چگونگی بسط و توسعه اهداف استخراجی نیز در این فصل گنجانده شده‌اند. در فصل ششم نحوه دسترسی به منابع زمین گرمایی شامل حفاری، فیزیک مخازن و مهندسی و تکنولوژی تولید بحث شده‌اند. میدان زمین گرمایی سروپیتو در مکزیک با ظرفیت احداث شده‌ی ۷۲۰ مگاوات، در بین سه میدان بزرگ زمین گرمایی جهان قرار دارد. یک مطالعه موردی موشکافانه درباره این میدان زمین گرمایی در فصل هفتم آورده شده است. فصل هشتم وضعیت بهره‌برداری از منابع زمین گرمایی را تا سال ۲۰۰۰ حاضر بررسی می‌کند. مبحث جدید و کاملاً پیشرفته استفاده انرژی حرارتی ذخیره شده آب‌های استراتیگرافیک اقیانوس‌ها برای تولید برق و آب شرب در فصل نهم بحث شده است. در آخر نیز مروری از منابع بروز در این مورد گنجانده شده است.

مفاهیم با اهمیت و تکنولوژی‌های پیشرفته کنونی که در این کتاب گردآوری شده‌اند، برای فارغ‌التحصیلان، محققان، مهندسان و بازرگانان در زمینه‌های فوق قابل استفاده می‌باشند. توسعه انرژی زمین گرمایی متخصصین رشته‌های علمی سنتی متنوع مانند زمین‌شناسی، ژئوفیزیک، مهندسی، سرمایه‌گذاری و... را به صحنه علمی کشانیده است. اگرچه این متخصصین دارای ارجحیت علمی یکسانی در این زمینه می‌باشند اما برای داشتن هماهنگی با متخصصین سایر زمینه‌ها نیازمند دانشی پایه‌ای از سایر رشته‌ها می‌باشند که این کتاب این پیش‌نیاز را برای آنها فراهم کرده است.

مطالب این کتاب حاصل نتایج آزمایشگاهی و میدانی نویسنده می‌باشد که در سطح وسیعی انجام یافته‌اند. بازدید از میادین زمین گرمایی نصب شده و تبادل نظر با تعداد بسیاری از متخصصین بسیار مفید واقع شده است. لیست آنها بسیار طویل می‌باشد که قابل اشاره نیست. نویسنده اول بطور مستقیم با پروژه‌های پیشرفته استحصال انرژی حرارتی ذخیره شده در آب‌های استوایی اقیانوس هند درگیر بوده است. تشکر ویژه‌ای داریم از دکتر ام. راویندران، اس. کاتیرولی، پورنیم جالبهال، و روبرت سینگ از موسسه ملی تکنولوژی اقیانوس، چنای کشور هند. همچنین لازم است اشاره ویژه‌ای به پورفسور اف. رامل، پورفسور اس. کاسینگ و پورفسور دی. چاندراساخارام که کلیه مطالب مورد نیاز را مشتاقانه در اختیار ما گذاشتند، داشته باشیم. جناب پی. رادهاکریشنن کمک شایانی به ما کردند. سایر افرادی که ما را یاری رساندند عبارتند

از: خانم ام. جایا راماریو، شاراد کومارتانک، او. پراساد رایو، جی. رامانندرا، ام. کرانسی کومار، وی. راجاسخار، پی. سوندار رایو، جی. اس. وارا پرساد و ام. اوما آنوراها. نویسندگان اول مایل است از سازمان انرژی اتمی، دولت هند بخاطر عضویت راجا رامانا تشکر نماید. همچنین از دکتر وی. پی. دیمیری، مدیر موسسه تحقیقات ژئوفیزیک حیدرآباد، بخاطر فراهم نمودن امکانات قدردانی می‌نماییم.

از آقای فریسووین استرا از موسسه انتشارات السویر بخاطر تشویق ما به نوشتن این کتاب، از لیندا ورسیتیگ، جویس هابی و سایر کارکنان انتشارات السویر و مک میلان هند، تیم تولید بخاطر تولید، هفت و عالی این کتاب و کیفیت بالای چاپ آن تشکر می‌نماییم. در آخر از همه سرانمان، نچوگوپتا و راخی روی و همچنین فرزندانمان بخاطر حمایت‌شان قدردانی می‌نمایم. سوکانتا روی صمیمانه از خانواده‌اش، ساچی کانتاروی و دیپالی روی بخاطر تشویق و ترغیب‌شان، سپاس‌گزار است.

هارش گوپتا - سوکانتا روی

حیدرآباد، هند - ۲۰۰۶