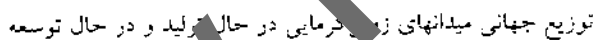


منبع جایگزین انرژی در قرن بیست و یکم



Harsh Gupta
Sukanta Roy

سہیل پر خیال

(عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج)

عبدالہ کوثری

سرشناسہ : گوپتا، ہارش کی، ۱۹۴۲ء - م۔

.Gupta, Harsh K

عنوان و نام پدیدآور : انرژی زمین گرایی: منبع جایگزین انرژی در قرن بیست و یکم / تألیف ا. هارشی گوپتا، سوکانتا روی؛

ترجمہ سہیل پرخیال، عبداللہ کوثری؛ [بہ سفارش شرکت سہمی خدمات مہندسی برقی (مشائیر)۔]

تهران: ثانی، ۱۳۹۱.

ک، ۳۲۵ ص: مصور، جدول، نمودار.

97A-F.-910F9-F-A

قيا

Geothermal energy: an alternative resource for the 21st century, 2007: عنوان اصلي:

کتاب حاضر با همین عنوان توسط مترجمان و ناشران مختلف در سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ ترجمه و منتشر شده است.

شایانہ: ص. ۲۹۵ - ۳۲۰.

مهندسی زمین گرمایی

جے پین گرمایی

من، من اننا

Pray, Sukanta

١٣٤٠ - مترجم

گوئی، بحالہ، مترجم

شرکت سهامی خدمات مهندسی برق (مشانیر)

لف ١٣٩١ الف ٩ ٢٨٠٠ TJ

621/44

٢٩٧١٧٢١

فوزی زمین گرمایی

هارش گویتا، سو کانتا روی

سہیل پر خیال، عبدالہ کوثری

مشمور ثانی،

٥٠ جلد

1391-1401

14

11. **Yes**

2000

نتیجہ

9YA-F...-91049-F-1

گفتار ناشر

کتاب "انرژی زمین گرمایی - منبع جایگزین انرژی در قرن بیست و یکم" توسط دو تن از اعضای بخش علمی انرژی کشور هندوستان : هرش گوپتا و سوکانتا روی به رشته تحریر در آمده و با همکاری آقایان : سهیل پرخیال عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج و عبدالله کوثری از همکاران سازمان انرژی های نو ایران (سانا) به فارسی برگردانده شده است. مطابق این کتاب در ۹ فصل طبقه بندی شده و در هر فصل موضوع های مختلف در ارتباط با انرژی زمین گرمایی از جمله : چشم انداز انرژی - مفاهیم پایه - انتقال حرارت - منابع و سیستم های زمین گرمایی - فنون اکتشاف - ارزیابی فناوری های حفاری چاه - تولید و اثرات زیست محیطی - بررسی یک زمین گرمایی در مکزیک - وضعیت جهانی استفاده از منابع زمین گرمایی و در پایان انرژی های نو در ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

مشانیر که ارائه خدمات فنی مهندسی و نظارت بر مراحل اجرایی پروژه " نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر " نخستین پروژه نیروگاه زمین گرمایی کشور به کارفرمایی شرکت سانا را بر عهده دارد، به منظور ارتقای دانش کارشناسان و آشنایی بیشتر آنها از فناوری های روز منابع زمین گرمایی و همچنین سایر علاقه مندان بویژه دانشجویان فارغ التحصیل شده در این رشته، مهندسان و سرمایه گذارانی که در پی کسب آگاهی های موجود هستند اقدام به چاپ و انتشار این کتاب کرده است.

شرکت مشانیر امیدوار است که مطالب این کتاب هم - کاربردی مورد استفاده کلیه علاقه مندان بویژه کارشناسان و دست اندرکاران پروژه مذکور قرار گرفته به آینده نیز توفیق ارائه خدمات علمی و انتشار کتابهای تخصصی مورد نیاز دانش پژوهان را داشته باشد.

شرکت سهامی خدمات مهندسی برق
(مشانیر)

چشمه های آبگرم، از زمانهای بسیار دور در جهت مصارف استحمام درمانی مورد استفاده قرار گرفته اند. هرچند استفاده از گرمای زمین به عنوان منبع انرژی از اوائل قرن بیستم، زمانی که برق برای اولین بار در سال ۱۹۰۴ در لاردرلو ایتالیا، از بخار زمین گرمایی تولید گردید، آغاز شد. با گذر زمان، جمعیت جهان از ۲/۹ میلیارد نفر در سال ۱۹۵۱ به ۶/۳ میلیارد نفر در سال ۲۰۰۳ افزایش یافت و مصرف جهانی انرژی از ۲۷۱۰ میلیون تن مکعب معادل ذغال سنگ به ۱۵۱۷۸ میلیون تن مکعب معادل ذغال سنگ افزایش یافت. اهمیت منابع جایگزین انرژی که انرژی زمین گرمایی یکی از آنهاست در حال افزایش است. انرژی زمین گرمایی از این لحاظ که انرژی بسیار پاک تری می باشد، توجه خاصی را به خود معطوف کرده است. امروزه بیش از ۲۰ کشور از منابع زمین گرمایی برق تولید می کنند. در حدود ۶۰ کشور از مصارف مستقیم آن بهره می گیرند. در چند کشور کوچک مانند ایسلند، فیلیپین و غیره، انرژی زمین گرمایی درصد مهمی از مجموع تولید برق آنها را تشکیل می دهد. در حال حاضر، ظرفیت در حال اندازه انرژی برق حاصل از منابع زمین گرمایی در سطح جهانی بیش از ۸۰۰۰ مگاوات، و ظرفیت کاربرد مستقیم آن بیش از ۱۵۰۰۰ مگاوات حرارتی می باشد. با در نظر گرفتن اینکه در طی ۱۹۷۱ تولید کل برق از منابع زمین گرمایی تنها ۷۰۰ مگاوات بوده، این رشد چشمگیر، است. با سطح فناوری اخیر، افزایش ۱۰ برابری مصرف انرژی زمین گرمایی طی سال های آینده قابل انتظار است.

کتاب "*Geothermal Energy - An Alternative Resource for the 21st Century*" شرحی خوانا و منسجم از تمام جنبه های توسعه انرژی زمین گرمایی را ارائه می دهد. این کتاب نسخه ای به روز شده از کتاب "*Geothermal Resources - An Energy Alternative*" است که در سال ۱۹۸۰ توسط *(Gupta, 1980) Elsevier* انتشار یافت. در فصل اول آن به نیاز رو به رشد انرژی به دلیل افزایش جهانی جمعیت و افزایش مصرف انرژی پرداخته است. در همین فصل خلاصه ای از روشهای جدید تولید نیرو، و نقشی که انرژی زمین گرمایی می تواند بازی کند و سناریوهای آینده عرضه شده است. فصل ۲ به ساختار، دما، جریان حرارتی زمین و نظریات های زمین ساخت صفحه ای پرداخته است. تمام میدادین و اکتشاف های زمین گرمایی در مجاورت صفحات زمین می باشند. مفاهیم اساسی انتقال حرارت و ارتباطات کمی آن برای جریان حرارتی دره هایی از پیکره های ساده از لحاظ هندسی، در فصل ۳ عرضه شده است. فصل ۴ به طبقه بندی انواع مختلف سیستم های زمین گرمایی پرداخته است. یک سری از فنون اکتشافی، مانند روشهای زمین شناسی، ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی، مطالعات هوایی با جزییات مختصری از آنها در فصل ۵ وجود دارد. در این فصل به این مطلب که در نواحی اکتشافی و مستعد از لحاظ زمین گرمایی، چگونه از فنون اکتشافی موجود استفاده کرده و چگونه چنین روشهای اکتشافی را توسعه دهیم، مورد اشاره قرار گرفته است. در فصل ۶، ارزیابی و بهره برداری منابع زمین گرمایی، شامل حفاری، فیزیک مخزن و فناوری مهندسی و تولید مورد بحث قرار گرفته است. میدان زمین گرمایی سیروپرتو در

مکزیک با ظرفیت راه اندازی شده ۷۲۰ مگاوات، در میان سه میدان زمین گرمایی بزرگ دنیا قرار دارد. یک مطالعه موردی از این میدان زمین گرمایی در فصل ۷ ارائه شده است. فصل ۸ به وضعیت جهانی به کارگیری منابع زمین گرمایی کنونی پرداخته است. یک مورد بسیار نو و پیشرفته از استفاده بسیار زیاد انرژی زمین گرمایی جهت تولید برق و آب آشامیدنی در اقیانوسهای استوایی وجود دارد که در فصل ۹ به آن پرداخته شده است. در نهایت یک کتاب نگاری به روز تهیه و در انتهای کتاب عرضه شده است.

در این کتاب، توسعه مفاهیم مهم و فناوری کنونی منابع زمین گرمایی برای دانشجویان فارغ التحصیل، دانشمندان، مهندسان و سرمایه گذارانی که در پی کسب آگاهی های موجود هستند، ارائه شده است. توسعه انرژی زمین گرمایی متخصصان را به سمت چند گرایش مرسوم، مانند زمین شناسی، ژئوفیزیک، مهندسی، سرمایه گذاری و غیره کشانده است. این متخصصان معمولاً در کنار یکدیگر کار نمی کنند، اما برای اینکه قادر به تعامل با متخصصان غیر هم رشته خود باشند، نیاز به اطلاعات اولیه و اساسی از رشته کاری خود دارند. این کتاب می تواند نیاز فوری این متخصصان را برآورده سازد.

محتویات این کتاب بر اساس تحقیقات کتابخانه ای و صحرایی گسترده مؤلفین صورت گرفته است. در این باره از دیدگاه میادین زمین گرمایی در حال تولید و تعامل با تعداد زیادی از متخصصان بسیار مفید بود. تعداد این افراد آنقدر زیاد می باشد که فهرست کردن نام آنها دشوار است. اولین مؤلف مستقیماً درگیر توسعه طرح های مربوط به استخراج انرژی حرارتی ذخیره شده در آبهای استوایی اقیانوس هند شد. اطلاعات خاص در این مورد از طریق افرادی مانند دکترها: *Robert Singh* و *Pravin Jaliha, M. Ravindran, S. Kathioli* از مؤسسه ملی فناوری اقیانوسی *Chennai* هند به دست آمد. بایستی تشکر ویژه ای از پروفیسورها: *P. Chandrasekharam* و *S.K. Singh, F. Rummel* که تمامی مایحتاج مورد نیاز در این تحقیق را فراهم نمودند. در تهیه این کتاب *Radhakrishnan* کمک فراوانی کرد. سایر افرادی که در این امر یاریگر بودند شامل آقایان و خانمها: *M. Jayarama Rao, Shobha Kumar, K. O. Prasad Rao, G. Ramachandrar, M. Kranthi Kumar, V. Rajasekhar, P. Sundar M. Uma Anuradha* و *Rao, G.S. Vara Prasad*

از *Harsh Gupta* از بخش علمی انرژی اتمی دولت هند که برای کمک هزینه ها تلاش کردند، ممنونیم. از دکتر *Dimir* رئیس مؤسسه پژوهشهای ژئوفیزیک و ایدراپ که در تهیه امکانات یاری رساندند، تشکر می نمایم.

از آقای *Friso Veenstra* از *Elsevier* که انگیزه نگارش این کتاب را به ما دادند، از *Linda Vestee, Joyce Happee* و سایرین در *Elsevier* و گروه *Macmillan Indian Production* برای هماهنگی عالی خود، در طی تدوین این کتاب و کیفیت خوب چاپ تشکر می نمایم.

از همسرانمان *Manju Gupta* و *Rakhee Roy* و فرزندانمان برای حمایت شان ممنونیم.
Sukanta Roy از والدین خود، *Sachi Kanta Roy* و *Dipali Roy*، به خاطر تشویق و حمایت شان
بسیار سپاسگذار است.

Sukanta Roy-Harsh Gupta

(حیدرآباد هند، May 2006)

www.ketab.ir

پیشگفتار مترجمان

یکی از اصلی ترین چالش های انسان در سالهای اخیر شناسایی و توسعه منابع انرژی می باشد. تولید انرژی به کمک منابع سوخت های فسیلی یا نیروگاه های هسته ای با آلودگی قابل ملاحظه ی محیط زیست همراه بوده و همچنین میزان ذخیره انرژی این منابع در حال کاهش می باشند. از این روی بسیاری از کشورها به منابع انرژی های نو یا پاک که علاوه بر تجدیدپذیر بودن در مقایسه با سوخت های فسیلی آلاینده گی کمتری دارد، روی آورده اند. امروزه دارا بودن و یا آگاهی از فناوری رسید و بهره برداری از انواع مختلف منابع انرژی در مناسبات سیاسی و اقتصادی کشورهای دنیا بسیار مؤثر است.

در مورد منابع تجدیدپذیر، با توجه به لزوم افزایش ظرفیت نصب شده نیروگاهی از ۲۹۰۰۰ مگاوات فعلی در جهان به ۹۰۰۰۰ مگاوات در سال ۲۰۲۰ میلادی (سال ۱۴۰۰ هجری شمسی)، به نظر می رسد بهره برداری از این منابع به منظور تغییر در سبد انرژی، نه تنها اجتناب ناپذیر، بلکه مستلزم جهش بزرگی در این عرصه می باشد. ایران نیز یکی از غنی ترین کشورهای دنیا از لحاظ منابع انرژی تجدیدپذیر می باشد که این امر مدیون وضعیت منحصر به فرد زمین شناسی و موقعیت جغرافیایی کشور است. بر همین راستا تا کنون قدمهای خوب و مؤثری توسط سازمان انرژی های نو ایران (سانا) برداشته شده است. به طوری که در زمینه انرژی زمین گرمایی در حال حاضر مطالعات و حفاری های اکتشافی تولیدی در دامن های سیلان در حال انجام است.

با وجود چنین تلاش های اجرایی، مسائل علمی و رشته های مرتبط با انرژی های نو به تازگی در بین رشته های دانشگاهی مطرح گردیده و راه زیادی تا پرورش متخصصان دانشگاهی در زمینه انرژی های تجدید پذیر و بالاخص انرژی زمین گرمایی وجود دارد. هدف از ترجمه این کتاب آغاز تلاشی در جهت کمک به دانشجویان علاقه مند به اشتکال منابع زمین گرمایی و در نهایت ایجاد و شناساندن ارتباط علمی- اجرایی مورد نیاز برای پیشرفت این عرصه در این زمینه به مدیران تصمیم ساز کشور می باشد.

در اینجا بر خود واجب میدانیم که از یاری دوستانی همچون دکتر حامد ها مهندس مهدیه علیخانی، مهندس آوا بنی جمالی، مهندس ناهید آئینی، مهندس لیلا محمدی، مهندس مستانه حق نظر، مهندس فاطمه ثمری، و مهندس عصمت کوشا فر و آقای مهندس بهنام رادمهر که با ترجمان همکاری داشته اند، کمال تشکر را بنماییم. همچنین از آقای مهندس حمید آری که تدوین نهایی، ویراستاری، صفحه آرایی و طراحی جلد این کتاب را انجام داده است تشکر و قدردانی می نماییم.

همچنین جادارد از حمایت ها و مساعدت های مسئولان شرکت مشاور برای چاپ و انتشار این کتاب بویژه آقایان مهندسین : محمد معلمی (مدیرعامل)، داریوش شهیدی (معاونت برنامه ریزی و نظارت) و محسن وهابیان تهرانی (معاون بهره برداری و طرحهای صنعتی) تشکر و سپاسگزاری

نموده و در پایان از آقای منوچهر حبیبی (سر دبیر مجله مشانیر) که ویرایش نهایی و نظارت بر مراحل لیتوگرافی و چاپ را بر عهده داشته اند قدردانی نماییم.

گرچه سعی شده است ترجمه و تدوین این کتاب حتی الامکان عاری از خطا و اشتباه باشد ولی وجود خطا در آن محتمل است لذا از خوانندگان محترم خواهشمند است ایرادهای مفهومی و تایپی احتمالی این کتاب را از طریق پست الکترونیکی به نشانی : abdullahkosari@gmail.com اطلاع داده و ما را از نظرات اصلاحی خود محروم نفرمایید.

مترجمان

فهرست مطالب

الف	گفتار ناشر.....
ب	پیشگفتار مؤلفان.....
هـ	پیشگفتار مترجمان.....
ز	فهرست مطالب.....

۱	فصل یک - چشم‌انداز انرژی.....
۱	مقدمه.....
۶	روشهای جدید برای بازیافت، تولید و توزیع نیرو.....
۸	کاربرد انرژی در افزایش منابع انرژی تجدید ناپذیر.....
۱۲	توسعه بهره‌بردای سایر منابع و فنون انرژی.....
۱۴	انرژی زمین‌گرمایی - گزینه ای دیگر.....

۱۹	فصل دوم - ماهیم آیه.....
۱۹	مقدمه.....
۲۰	ساختار کره زمین.....
۲۴	ساختار حرارتی زمین.....
۲۶	جریان حرارتی و توزیع دما در پوسته زمین.....
۳۰	منابع جریان حرارتی.....
۳۲	آتشفشان‌ها، زمین لرزه‌ها و تکونیک صفحه‌ای.....

۳۹	فصل سوم - انتقال حرارت.....
۳۹	مقدمه.....
۴۰	دما، حرارت و ذخیره سازی آن.....
۴۴	هدایت حرارتی.....
۴۵	معادله فوریر در مورد رسانایی حرارتی.....
۴۶	معادله دیفرانسیل رسانایی حرارتی.....
۴۷	همرفت حرارتی.....
۵۰	تشعشع حرارتی.....
۵۴	تخمین دما در برخی شرایط زمین‌شناسی ساده.....

۶۱	فصل چهارم - منابع و سیستم‌های زمین‌گرمایی.....
۶۱	مقدمه.....
۶۳	انواع سیستم‌های زمین‌گرمایی.....
۶۳	میدان‌های زمین‌گرمایی بخار غالب.....
۶۷	سیستم‌های زمین‌گرمایی آب غالب.....

۷۰	منابع زمین‌گرمایی زمین فشاری.....
۷۳	سیستم‌های زمین‌گرمایی سنگ خشک و داغ.....
۷۵	ماگما.....
۷۷	فصل پنجم - فنون اکتشاف.....
۷۸	ملاحظات آب شناختی و زمین‌شناختی.....
۷۸	پیشینه عمومی.....
۷۹	منابع زمین‌گرمایی مرتبط با توده‌های نفوذی پوسته بالایی.....
۸۲	روژیمهای زمین‌گرمایی غیر مرتبط با توده‌های نفوذی جوان.....
۸۴	انتخاب یک منطقه اکتشافی امید بخش.....
۸۶	روش‌های ژئوشیمیایی.....
۸۷	منشاء سیالات زمین‌گرمایی.....
۸۸	ترکیب شیمیایی سیالات زمین‌گرمایی.....
۹۱	تأثیر مومترها بر پایش دماسنج‌ها.....
۹۲	پایش دماسنج‌های $Na-K$
۹۳	زمین دماسنج‌های $Na-K$
۹۳	زمین دماسنج‌های $Na-K$
۹۵	مدل‌های ترکیبی.....
۹۹	زمین دماسنج‌های بیرونی.....
۹۹	روشهای ژئوفیزیکی.....
۱۰۲	روشهای حرارتی.....
۱۱۴	روشهای مقاومت الکتریکی.....
۱۱۹	روشهای الکترومغناطیسی.....
۱۲۷	روش خود القایی.....
۱۲۸	روشهای لرزه‌ای.....
۱۳۷	بررسی‌های ثقل سنگی.....
۱۳۹	بررسی‌های مغناطیسی.....
۱۴۰	بررسی‌های هوایی.....
۱۴۰	بررسی‌های مغناطیس هوایی.....
۱۴۲	فنون سنجش از دور.....
۱۴۳	تشعشع مادون قرمز و انتقال جوی.....
۱۴۴	بررسی‌های هوایی مادون قرمز.....
۱۴۶	ابزار نوین دور سنجشی.....
۱۴۹	حفاری اکتشافی.....
۱۵۰	نکات نتیجه گیری.....
۱۵۱	فصل ششم - ارزیابی و بهره‌برداری.....
۱۵۱	فناوری حفاری.....
۱۵۳	حفاری با گل.....
۱۵۷	حفاری با هوا.....

۱۶۰	چاه زنی
۱۶۱	اقدامات ایمنی
۱۶۱	تعمیر چاهها
۱۶۲	رفتار تولید چرخه‌ای
۱۶۳	کاهش هزینه‌های حفاری
۱۶۴	مهندسی و فیزیک مخزن
۱۶۵	شرایط زیرسطحی چاه و مخزن
۱۶۹	اندازه‌گیری‌های دما
۱۷۰	اندازه‌گیری‌های فشار
۱۷۲	اندازه‌گیری‌های جریان
۱۷۴	تحلیل فشار گذرا
۱۷۷	مدلسازی مخزن
۱۷۷	مدلسازی ریزش
۱۸۱	مدلسازی آلودگی
۱۸۲	فناوری تولید
۱۸۳	تجهیزات بسته
۱۸۵	انتقال آب در
۱۸۶	انتقال بخار
۱۸۷	انتقال مخلوط بخار
۱۸۹	کنترل خوردگی و پوسته‌گذاری
۱۸۹	تحقیقات جهت جلوگیری از پوسته‌گذاری
۱۹۰	کنترل خوردگی
۲۰۰	جوانب زیست محیطی
۲۰۱	اثرات فیزیکی برداشت سیالات
۲۰۲	اثرات گرمایی
۲۰۲	آلودگی شیمیایی
۲۰۴	اثرات زیست شناختی
۲۰۴	آلودگی صوتی
۲۰۵	فصل هفتم - میدان زمین گرمایی سروپريتو، مکزیک
۲۰۵	مقدمه
۲۰۷	جایگاه زمین‌ساختی و زمین‌شناختی
۲۱۱	عوارض سطحی منابع زمین گرمایی
۲۱۲	برداشت های ژئوشیمیایی
۲۱۲	اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیکی
۲۱۸	آشکارسازی ناهنجاری زمین گرمایی
۲۲۰	بررسی‌های ثقلی و مغناطیسی
۲۲۱	بررسی‌های الکتریکی
۲۲۳	بررسی‌های خود القایی

۲۲۴	سوندینگ مگنتوتلوریک
۲۲۴	بررسی‌های انعکاس لرزه‌ای
۲۲۵	مدل آب‌شناسی
۲۲۸	حفاری
۲۳۰	تولید
۲۳۱	انتقال بخار
۲۳۲	نیروگاه
۲۳۴	هزینه نیروی زمین‌گرمایی
۲۳۵	وضعیت کنونی مخزن زمین‌گرمایی سروپریتو
۲۳۹	فصل هشتم-وضعیت جهانی استفاده از منابع زمین‌گرمایی
۲۳۹	مقدمه
۲۴۰	دید انترشیپلکتريک
۲۴۴	زدهی چاه‌های مولد برق
۲۴۵	نیروگاه‌های برق‌آبی
۲۴۷	کاربردهای غیرالکتريک
۲۵۰	کاربردها
۲۵۳	سناریوی جهانی
۲۵۶	ایالات متحده آمریکا
۲۵۹	فیلیپین
۲۶۲	مکزیک
۲۶۳	اندونزی
۲۶۴	ایتالیا
۲۶۶	ژاپن
۲۶۸	نیوزلند
۲۷۰	ایسلند
۲۷۲	آمریکای مرکزی
۲۷۴	کنیا
۲۷۴	روسیه
۲۷۶	سایر کشورها
۲۷۷	نتیجه‌گیری
۲۷۹	فصل نهم-انرژی اقیانوس گرمایی
۲۷۹	تبدیل انرژی حرارتی اقیانوس
۲۷۹	مفاهیم
۲۸۱	پیشینه تاریخی
۲۸۱	نیروگاه یک مگاواتی هند
۲۸۴	مبحث اقتصاد فرآیند تبدیل انرژی اقیانوس
۲۸۴	آینده

- تقطیر کم دمای آب..... ۲۸۵
- دیدگاه..... ۲۸۶
- سناریو بین‌المللی..... ۲۸۶
- ابتکار مؤسسه ملی فناوری اقیانوسی در توسعه تقطیر گرمایی دما پایین هند..... ۲۸۷
- نیروگاه برق تقطیر گرمایی دما پایین کاوراتی، با ظرفیت صد هزار لیتر در روز..... ۲۸۸
- ویژگی‌های برجسته نیروگاه..... ۲۹۲
- آینده طرح تقطیر گرمایی دما پایین..... ۲۹۲
- سناریوی جهانی..... ۲۹۴
- مای نهفته..... ۲۹۴
- تابع..... ۲۹۵