

## تعیین معیارهای مؤثر جهت مکان‌یابی انواع نیروگاه‌ها

سولماز دشتی\*<sup>۱</sup>

[Soolmazdashti@iauhvaz.ac.ir](mailto:Soolmazdashti@iauhvaz.ac.ir)

فاطمه دشت‌بزرگی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۱۸

### چکیده

امروزه مطالعات مکان‌یابی به منظور توسعه صنعتی در مورد کلیه نیروگاه‌ها بسیار متداول شده است. در این گونه مطالعات برای انتخاب بهترین مکان جهت احداث نیروگاه معیارهای مختلفی مورد توجه قرار می‌گیرند. در تحقیق حاضر در مرحله اول انواع نیروگاه‌ها و نحوه کارکرد آنها مورد بررسی قرار گرفت. سپس در مرحله بعد معیارهای مؤثر در فعالیت نیروگاه، انتخاب محل و عملکرد آن مشخص و به سه دسته محیطی\_فنی، اقتصادی\_اجتماعی و محدودیت‌های زیست‌محیطی تقسیم‌بندی شدند. به طور کل کلیه معیارها و زیر معیارها در رابطه با مکان‌یابی انواع نیروگاه‌ها (بخاری، گازی، سیکل ترکیبی، هسته‌ای، برق آبی، تلمبه‌ای\_ذخیره‌ای، امواج، جزرومدی، بادی، خورشیدی، زمین گرمایی، بیومس، دیزلی و مگنتو هیدروپنما) بیان شدند. در نهایت با ذکر معیارهایی همانند: منبع انرژی نیروگاه‌ها، قابلیت استفاده و دسترسی به منبع، هزینه، اثر مطلوب یا نامطلوب بر محیط انسانی و توان تولید نیرو به صورت خلاصه ویژگی‌های یک نیروگاه مشخص گردیدند.

**واژه‌های کلیدی:** مکان‌یابی، احداث، محیط زیست، نیروگاه

۱- دانشیار گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران \* (مسوول مکاتبات)

۲- کارشناس ارشد گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

## Determination of Effective Criteria for Power Plants Site Selection

*Soolmaz Dashti*<sup>\*1</sup>

[Soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir](mailto:Soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir)

*Fatemeh Dashtbozorgi*<sup>2</sup>

### Abstract

Nowadays, location surveys are very common in industrial development for all power plants. In these studies, different criteria are taken into account to select the best place to build a power plant. In the present research, in the first stage, a variety of power plants and their mode of operation were investigated. Then, in the next step, the effective parameters in the activity of the power plant, its location and its performance were determined and divided into three categories of environmental, technical, socio-economic and environmental constraints. In general, all criteria and sub-criteria were expressed in relation to the location of different types of power plants (heater, gas, combined cycle, nuclear, hydroelectric, pumped storage, waves, tidal, wind, solar, geothermal, biomass, diesel and magneto-hydrodynamics). Finally, by specifying such criteria as: energy source of power plants, usability and availability of resources, costs, desirable or unfavorable effects on the human environment, and power generation capabilities, a summary of the characteristics of a power plant was identified.

**Key words:** Location, Construction, Environment, Power Plant

---

1- Associate Professor, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran\*(Corresponding Author)

2- M.Sc, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

## زمینه و هدف

امروزه روش‌های متفاوتی برای تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مهم‌ترین عوامل انتخاب نوع روش تولید، شرایط جغرافیایی و اقلیمی منطقه، عوامل اقتصادی، فنی و مسائل زیست‌محیطی مربوط می‌باشد (۱). با توجه به وضعیت زیست‌محیطی جهانی و اثرات قابل توجه بخش انرژی بر آن، گرایش عمومی به سمت کاربرد روش‌هایی با کارایی بالاتر و تولید برق با آلودگی کمتر است. هر چند مسائل اقتصادی شاید نمود بیشتری دارد. در حال حاضر روش‌های عمده تولید الکتریسیته را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم نمود:

۱- استفاده از سوخت‌های فسیلی

۲- استفاده از انرژی هسته‌ای

۳- استفاده از انرژی‌های تجدید شونده

هر یک از موارد طبقه‌بندی شده فوق شامل روش‌های مختلف تولید برق با استفاده از سوخت‌های فسیلی ممکن است با یکی از انواع نیروگاه‌های دیزلی، توربین‌های گازی، حرارتی بخار، چرخه‌های ترکیبی و با استفاده از سوخت‌های گاز، نفت گاز، نفت کوره یا زغال سنگ انجام می‌گیرد. انرژی‌های نو نیز شامل به‌کارگیری منابعی مانند باد، خورشید، زمین‌گرایی، اقیانوس‌ها، جزرومد به‌منظور تولید برق می‌باشد. در میان انرژی‌های تجدید شونده می‌توان به استفاده از انرژی آب و نیروگاه‌های برق آبی نیز اشاره نمود (۱). پیش از شروع عصر تکنولوژی، هدف از مکان‌یابی یک نیروگاه، یافتن محلی بود که برق مورد نظر را با کم‌ترین هزینه تولید نماید. با رشد جوامع انسانی و در پی آن افزایش مصرف برق، نیاز به زمین برای مستقر کردن نیروگاه‌های جدید و یا توسعه نیروگاه‌های موجود افزایش یافت. از طرف دیگر، محدودیت‌هایی ایجاد شده در اثر مقررات منطقه‌بندی باعث گردید تا اجازه ساخت و ساز و یا توسعه نیروگاه‌های موجود در مکان‌های اولیه صنعتی داده نشود. از طرف دیگر نیاز به تأمین مداوم برق از طریق نیروگاه‌ها باعث شد تا این واحدها مجبور شوند در اطراف و حومه مناسق صنعتی تأسیس شوند. اما با مورد

استفاده قرار گرفتن مکان‌های اولیه و مناسب برای ساخت نیروگاه‌ها جستجو برای یافتن محل‌های جدید و مناسب پیچیده‌تر و مشکل‌تر شد و پارامترهای اقتصادی و فنی تحت تأثیر فشارهای اجتماعی در رقابت صنعتی قرار گرفتند. آغاز و تقویت دیدگاه‌های حمایت از محیط زیست باعث گردید تا مکان‌یابی نیروگاه‌ها بر اساس پارامترهای اقتصادی، فنی، اجتماعی و سیاسی به نظر ناکافی برسد (۲). انتخاب مکان مناسب برای احداث نیروگاه‌ها چه از نظر فنی-اقتصادی و چه از لحاظ زیست‌محیطی بسیار حائز اهمیت است و برای انتخاب بهترین مکان‌ها نیاز به اطلاعات زیادی می‌باشد (۳). هدف از این پژوهش تعیین پارامترهای مورد نیاز برای مکان‌یابی انواع نیروگاه‌های تولید برق همانند نیروگاه‌های حرارتی (نیروگاه گازی، نیروگاه بخاری، نیروگاه سیکل ترکیبی)، نیروگاه هسته‌ای، نیروگاه برق آبی، نیروگاه تلمبه‌ای ذخیره‌ای، نیروگاه امواج، نیروگاه آبی جزرومدی، نیروگاه بادی، نیروگاه خورشیدی، نیروگاه زمین‌گرایی، نیروگاه بیومس، نیروگاه دیزلی، نیروگاه مگنتوهیدرودینامیکی (MHD)<sup>۱</sup> می‌باشد. این تحقیق با مطالعه کتابخانه‌ای و بررسی مقالات انواع نیروگاه‌های تولید برق انجام شده در این مقاله ابتدا عملکرد هر نوع نیروگاه تولید برق بیان می‌شود و سپس پارامترهای مهم جهت احداث و مکان‌یابی همان نوع نیروگاه ذکر می‌شود.

### انواع نیروگاه‌ها

#### ۱- نیروگاه‌های حرارتی

اساس کار نیروگاه‌های حرارتی بر مبنای تبدیل انرژی حرارتی حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی (مازوت، گازوئیل و گاز طبیعی) به انرژی الکتریکی است. نیروگاه‌های حرارتی به سه دسته اصلی: گازی، بخاری و سیکل ترکیبی تقسیم‌بندی می‌شوند که نیروگاه‌های سیکل ترکیبی از ترکیب نیروگاه‌های گازی و بخاری ایجاد شده‌اند (۴).

### ۱-۱- نیروگاه بخاری

خروجی از دودکش واحد گازی وارد سیستم بازیافت شده و آب ورودی به آن سیستم به بخار پرفشار، داغ و خشک تبدیل می‌شود سپس بخار سوپر هیت وارد توربین شده و موجب چرخش گشتاور مکانیکی شده و توسط ژنراتور انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. بخار کم فشار و کم دما خروجی توربین جهت سرد شدن وارد کندانسور می‌شود و بخار به آب کم فشار و خنک تبدیل می‌شود آب داخل لوله‌های کندانسور توسط برج‌های خنک سرد و به سیستم بر می‌گردد (۴).

مکان‌یابی نیروگاه‌های حرارتی از دو جنبه اهمیت دارند: ابتدا از نظر فنی بایستی که امکان احداث نیروگاه فراهم بوده و توجیه اقتصادی داشته باشد و دوم این‌که به لحاظ زیست‌محیطی باید کم‌ترین آسیب را بر محیط اطراف در برداشته باشد. هدف از مکان‌یابی یافتن مجموعه‌ای از گزینه‌های مکانی مناسب برای یک کاربرد خاص است (۵). در جداول ۱ الی ۳ معیارهای کلی مربوط به کلیه نیروگاه‌های ذکر شده مشاهده می‌شوند که در ادامه به تحلیل معیارهای مؤثر می‌پردازیم.

### ۲- نیروگاه هسته‌ای

نیروگاه هسته‌ای به جای استفاده از سوخت‌های فسیلی برای تهیه بخار از سوخت هسته‌ای استفاده می‌شود در حقیقت در این نیروگاه‌ها یک راکتور هسته‌ای وجود دارد که به همراه آن از روش‌های مختلف چرخ‌های بخار یا گاز یا ترکیب این دو جهت تولید انرژی برق استفاده می‌شود. بنابراین اجزای اصلی یک چرخه بخار مانند توربین، ژنراتور، چگالنده، گرمکن‌ها و مبدل‌های حرارتی، تصفیه‌خانه آب و بسیاری اجزای دیگر در نیروگاه‌های هسته‌ای وجود دارد (۱). در رابطه با احداث این نیروگاه دسترسی به اورانیوم، ویژگی‌های خنک کننده آب (فاصله از نزدیک‌ترین منبع آب خنک کننده و درجه حرارت آب) و فاصله از غسل‌های فعال از موارد ضروری و مهم است که باید در کنار سایر معیارهای مؤثر جغرافیایی و ویژگی‌های آب و هوای منطقه مورد توجه قرار گیرد (۱۰).

در این نیروگاه انتقال و حمل انرژی توسط یک سیکل واسطه (سیال آب به شکل مایع و بخار) صورت می‌گیرد. آب خالص توسط پمپ تغذیه تحت فشار وارد بویلر شده توسط سوخت مصرفی آب به بخار داغ و خشک پرفشار تبدیل شده و وارد توربین می‌شود در اثر ورود بخار سوپر هیت گشتاور مکانیکی توربین می‌چرخد و ژنراتور انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. سپس بخار کم دما و کم فشار اشباع از توربین خارج و وارد کندانسور شده و بخار خروجی از توربین از روی لوله‌های کندانسور عبور کرده و در اثر جریان آب خنک داخل لوله‌ها به آب خنک کم فشار تبدیل می‌شود. لازم به ذکر است که برای خنک نمودن آب داخل لوله‌های کندانسور از برج‌های خنک‌کن استفاده می‌شود (۴).

### ۲-۱- نیروگاه گازی

در این نوع نیروگاه هوای محیط وارد کمپرسور شده و بعد از متراکم و گرم شدن وارد محفظه احتراق می‌شود. گازهای  $(NO_2 + CO + CO_2)$  حاصل از احتراق وارد توربین شده و موجب چرخش گشتاور مکانیکی توربین می‌شوند و به این ترتیب ژنراتور انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید و گازهای خروجی از دودکش با دمای زیاد خارج می‌شود در این نوع نیروگاه‌ها به دلیل بالا بودن دمای گاز خروجی (۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) کوتاه بودن دودکش افزایش مصرف سوخت (تا ۲۵ درصد) و راندمان پایین آلودگی محیط‌زیست بیشتر از نیروگاه‌های بخاری است (۴).

### ۳-۱- نیروگاه سیکل ترکیبی

نیروگاه سیکل ترکیبی از ترکیب ۲/۳ گازی و ۱/۳ بخاری تشکیل شده است در این نوع نیروگاه، هوای محیط وارد کمپرسور شده و گرم متراکم همراه سوخت وارد محفظه احتراق می‌شود. سپس گازهای داغ حاصل از احتراق وارد توربین می‌شود. این گازها موجب چرخش گشتاور مکانیکی توربین شده و ژنراتور انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. گازهای داغ

### ۳- نیروگاه برق آبی

این گونه مولدها در مناطقی که دارای آب جاری فراوان باشند به- کار گرفته می‌شود. متناسب با میزان آب جاری رودخانه در طول سال و حداقل و حداکثر دبی آب رودخانه، سد بر روی رودخانه احداث می‌گردد. این سد توسط مجاری خاصی آب را از توربین عبور می‌دهد و محور آن را به گردش در می‌آورد. این محور گردان به نوبه خود ژنراتوری را که با آن کوپله است به چرخش در می‌آورد و بدین ترتیب جریان الکتریسیته تولید می‌شود. ظرفیت قابل بهره‌برداری از نیروگاه‌های آبی علاوه بر عامل نگهداری صحیح، تابعی از میزان دبی رودخانه می‌باشد که آن هم متأثر از میزان ریزش باران است. ارتفاع مؤثر نیز عامل غیرقابل انکاری در این زمینه به‌شمار می‌رود (۱). پروژه‌ای که در کشور هند جهت رتبه- بندی سایت‌هایی برای نصب و راه‌اندازی نیروگاه برق آبی انجام شد به معیارهایی نظیر کیفیت هوا و کیفیت آب به عنوان معیار اصلی اشاره شده است.

۱- معیار کیفیت هوا ( $SO_2$  mg/m<sup>3</sup> و  $NO_2$  mg/m<sup>3</sup>،  $PM_{10}$  mg/m<sup>3</sup>)

۲- معیار کیفیت آب (قابلیت انتقال برق، pH، DO و BOD)

(۱۱). معیارهای مورد نیاز برای احداث یک نوع نیروگاه در دو مکان متفاوت از دیدگاه فنی به‌طور یکسان لحاظ می‌شوند ولی از دیدگاه‌های اجتماعی- اقتصادی و محیط‌زیستی با توجه به نیاز همان محل و مکان از سوی متخصصان و کارشناسان مربوطه معین می‌شوند (۱۲).

### ۴- نیروگاه آب تلمبه‌ای- ذخیره‌ای

نیروگاه‌های تلمبه‌ای ذخیره‌ای یکی از پیچیده‌ترین زیرساخت‌هایی هستند که برای مدیریت توازن انرژی بین دو یا چند مخزن در ترازهای مختلف ساخته می‌شوند. این نیروگاه‌ها به علت آلودگی کم محیط تأثیر کم بر چشم‌انداز منطقه و همچنین به علت توانایی در توازن برق در شبکه، همواره مورد توجه محققین بوده است. این نیروگاه‌ها به عنوان یکی از مناسب‌ترین انتخاب‌ها جهت تنظیم بار در شبکه برق بکار می‌روند و از دو سد متوالی کوچک تشکیل شده‌اند. در این نیروگاه‌ها زمانی که انرژی الکتریکی مازاد

است از انرژی برق اضافی و غیرقابل مصرف در شبکه جهت پمپاژ آب از سد پایین‌دست به بالادست استفاده می‌شود و بصورت انرژی پتانسیل در مخزن سد بالادست ذخیره می‌گردد از طرف دیگر زمانی که نیاز مصرف بسیار بیشتر از توان تولیدی نیروگاه- های شبکه است، توربین‌های نیروگاه تلمبه- ذخیره‌ای مانند نیروگاه معمول برق- آبی بکار گرفته می‌شوند و با رهاسازی آب ذخیره شده در مخزن واقع در تراز بالاتر، انرژی پتانسیل ذخیره شده را تبدیل به انرژی الکتریکی می‌نمایند. در حقیقت نیروگاه- های تلمبه‌ای- ذخیره‌ای برای تولید انرژی الکتریکی اجرا نمی- گردند. بلکه روش مناسبی برای ذخیره انرژی الکتریکی و رهاسازی آن در مواقع نیاز است. مکان‌یابی صحیح نیروگاه‌های تلمبه‌ای- ذخیره‌ای از بین گزینه‌های موجود طراحی به عوامل متعددی از جمله هزینه احداث، توپوگرافی مخزن، ظرفیت نصب، منابع آب و بسیاری از پارامترهای دیگر که مدنظر متخصصان و تصمیم‌گیرندگان است بستگی دارد. از مزایای عمده این نیروگاه‌ها عملکرد آن‌ها در ساعات مختلف شبانه‌روز است و گذشته از موضوع متعادل نمودن تولید و مصرف برق دارای مزایای دیگری از جمله تنظیم انرژی، فراهم‌سازی خدمات جنبی، زیست‌محیطی و اقتصادی، ایجاد فضا برای تفریح، ماهی‌گیری و ورزش‌های آبی می‌باشد (۱۳). این نیروگاه همچنین منافع دیگری در پی دارد- سود اقتصادی (اثر استاتیک، اثر پویا)، ۲- سود اجتماعی (بهبود بخشیدن امنیت در تولید برق، کاهش آلودگی محیط زیست و...)، ۳- سود جامع در ایستگاه و ذخیره‌سازی انرژی برق (۱۴). همچنین این نیروگاه‌ها به هنگام وقوع ایراد و خطای گسترده در شبکه برق براحتی امکان تأمین قدرت اضطراری روی شبکه را دارا هستند از طرف دیگر یکی از معایب عمده این نیروگاه‌ها گران بودن آن‌ها می‌باشد (۱۳).

### ۵- نیروگاه امواج

نیروگاه‌های موجی از تنوع زیادی برخوردار هستند برخی بر روی آب شناورند و برخی دیگر در ساحل نصب می‌شوند همچنین نحوه

شبانه‌روز تأمین می‌کنند. این نیروگاه‌ها همچنین در مواقع اوج مصرف به عنوان پشتیبان عمل می‌کنند (۱۸). در چین محققان برای انتخاب سایت مناسب برای احداث نیروگاه جزرومدی معیارهایی را در نظر گرفته‌اند. ۱- شرایط ساخت و ساز (شدت زمین لرزه، دامنه جزرومد، مساحت حوضه آب‌خیز، طول سد، فاصله از شبکه‌های محلی، ثبات اساس و پایه تأسیسات، عمق آب، سرعت جریان آب)

۲- سیاست‌های موجود (یارانه‌های دولتی، کاهش مالیات بردرآمد، واضح و شفاف بودن قیمت درون شبکه‌ای)  
 ۳- اثرات اجتماعی (بهبود بار برق، بهره‌برداری از منابع متعدد، امواج طوفانی دریا، کنترل سیل و اثر ترافیک دریایی)  
 ۴- محیط زیست و اثرات زیست‌محیطی (جریانی که بر اثر تغییر شدت جریان‌های جزرومدی به وجود می‌آید، چگونگی کیفیت آب درحوضه آسیب، بررسی ماهی‌های آسیب دیده و دیگر آبیان، کاهش پهنه‌ی جزرومدی، کاهش انتشار کربن و تغییر پراکندگی آب‌های زیرزمینی). دو معیار اول منعکس کننده اثر در شرایط و مراحل مختلف است و دو معیار بعدی اثرات بعد از اتمام مراحل ساخت نیروگاه را منعکس می‌کنند (۱۹).

#### ۷- نیروگاه بادی

یکی از بهترین راه‌های تأمین انرژی مورد نیاز انرژی بادی است که از طریق نصب توربین‌های بادی استحصال می‌شود. توربین بادی وسیله‌ای است که انرژی بادی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند و از این انرژی برق تولید می‌شود. توربین‌های بادی یک منبع جایگزین انرژی‌اند که تجدیدپذیر هستند. از آنجایی که هیچ‌گونه آلودگی ندارند با محیط زیست کاملاً سازگارند. بخش کنترل توربین را هنگامی که سرعت باد بین ۴ تا ۲۵ متر بر ثانیه است به کار می‌اندازد و هنگامی که سرعت باد به بالاتر از ۲۵ متر بر ثانیه می‌رسد آن را متوقف می‌کند. نیروگاه‌های بادی را به سه دسته کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم‌بندی می‌شوند. نیروگاه‌های کوچک  $80 \text{ kW} \leq$  ظرفیت دارند که اغلب برق تولید شده از این نیروگاه‌ها به مصرف خصوصی می‌رسد. نیروگاه‌های متوسط  $80 \leq$

درگیری آن‌ها با امواج و در نتیجه نوع حرکتی که جذب می‌کنند با هم بسیار تفاوت دارد. امواج در اثر انتقال از باد به دریا به وجود می‌آیند. نرخ این انتقال انرژی بستگی به سرعت باد و نیز مساحتی دارد که در طول آن باد با سطح آب در فعل و انفعال بوده است. موج‌ها به خاطر جرم آبی که نسبت به سطح متوسط دریا جابه‌جا شده انرژی پتانسیل و به خاطر سرعت ذرات آب انرژی جنبشی را با خود حمل می‌کنند. انرژی ذخیره شده از طریق اصطکاک و اغتشاش و با شدتی که بستگی به ویژگی امواج و عمق آب دارد تلف می‌شود. موج‌های بزرگ در آب‌های عمیق انرژی خود را با کندی بسیار از دست می‌دهند، در نتیجه سیستم‌های امواج بسیار پیچیده هستند و اغلب هم از بادهای محلی و هم از توفان‌هایی که روزهای قبل در دور دست اتفاق افتاده‌اند سرچشمه می‌گیرند (۱۵). پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی احداث نیروگاه امواج: ۱- ارتفاع موج، ۲- دامنه موج، ۳- سرعت باد، ۴- اوج دوره، ۵- مدت زمان وزش باد، ۶- عمق اقیانوس، ۷- رفت و برگشت موج. هرچه تعداد رفت و برگشت امواج بیشتر باشد باعث افزایش انرژی الکتریکی تولید شده می‌شود. همچنین تولید برق با ارتفاع موج، دامنه موج، دوره اوج رابطه مستقیم دارد. هرچه دامنه موج بزرگتر باشد انرژی بیشتری به همراه دارد. هرچه مدت زمان وزش باد هم بیشتر باشد تولید انرژی را بیشتر می‌کند. عمق اقیانوس هم قدرت بالقوه موج را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. ارتفاع، دامنه، قدرت پتانسیل بستگی به سرعت باد دارد (۱۶).

#### ۶- نیروگاه جزرومدی

انرژی کشندی (Tidal power) یا انرژی جزرومدی شکلی از انرژی آبی است که از تبدیل انرژی جزرومد به اشکال مفید انرژی عمدتاً نیروی برق به دست می‌آید. گرچه هنوز استفاده فراگیر نیافته، انرژی کشندی می‌تواند تولید برق آینده باشد. جزرومد بهتر از انرژی باد و انرژی خورشید قابل پیش‌بینی است (۱۷). از دیگر انواع نیروگاه‌های آبی می‌توان به نیروگاه‌های جزرومدی اشاره کرد همانطور که از نام این نیروگاه‌ها مشخص است. این نیروگاه‌ها نیروی مورد نیاز خود را از اختلاف ارتفاع آب در بین

همانند: مدت ساعات آفتابی، تابش خورشیدی یکپارچه انتشار پرتوها (تشنع، میانگین دما)، (۲۶).

#### ۹- نیروگاه زمین‌گرمایی (ژئوترمال)

ژئوترمال<sup>۱</sup> از کلمه یونانی (ژئو)<sup>۲</sup> به معنی زمین و (ترمال)<sup>۳</sup> به معنی گرما و گرمایی گرفته شده است بنابراین انرژی ژئوترمال به معنای (انرژی زمین‌گرمایی) یا انرژی با منشأ درونی زمین است (۱۸). این گرمای درونی به‌طور آرام تولید شده و در درون زمین محفوظ و محبوس مانده است. همین امر موجب شده است که منبع انرژی مهمی فراهم شود و امروز به عنوان انرژی نامحدودی در مقیاس انسانی مورد توجه قرار می‌گیرد. امروزه با حفر چاه به درون مخازن زمین‌گرمایی و یا مصارف دیگر بهره‌برداری می‌کنند. در نیروگاه زمین‌گرمایی آب داغ و بخار خارج شده از مخازن زمین‌گرمایی، نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می‌آورد و انرژی الکتریسیته تولید می‌کند. توزیع دما در زیرزمین تابعی از دو فرآیند است. ۱- نیروگاه برق سیکل بخار خشک، ۲- نیروگاه برق زمین‌گرمایی بخیر آبی یک مرحله‌ای آب داغ، ۳- نیروگاه‌های برق زمین‌گرمایی تبخیر آبی دو مرحله‌ای آب داغ، ۴- نیروگاه‌های برق زمین‌گرمایی دو مداره و ۵- نیروگاه‌های برق زمین‌گرمایی ترکیبی زمین‌گرمایی-فسیلی. از گرمای درون زمین تنها در مکان‌هایی می‌توان استفاده کرد که شرایط زمین‌شناسی ژئوترمال را داشته باشند مناطقی که در کمربند آتشفشانی و زلزله قرار دارند (۲۷). برای انتخاب سایت نیروگاه زمین‌گرمایی مجموعه داده‌های فنی (مناطق با سوابق آتشفشانی که دارای چاه‌ها و چشمه‌های آب گرم هستند) بسیار حائز اهمیت است. (۲۸). محققان برای احداث نیروگاه زمین‌گرمایی با هدف توسعه منابع زیرزمینی در نیوزلند از مدل مائوری<sup>۴</sup> که چهارستون اصلی اقتصادی- اجتماعی، محیطی، فرهنگی و سلامت دارد استفاده کرده‌اند. در این پروژه علاوه بر مشخص کردن اثرات چهارستون

kw < ۷۵۰ ظرفیت دارند. معمولاً صاحب این نیروگاه‌ها تعاونی- های برق بادی و یا شرکت‌های خصوصی برق هستند که به شبکه سراسری برق می‌دهند. نیروگاه‌های بزرگ < ۷۵۰ kw ظرفیت دارند که سرمایه‌گذاری لازم برای این نوع نیروگاه‌ها جهت نصب و بهره‌برداری معمولاً به چند میلیون یورو بالغ می‌گردد. طبق آمار موجود تولید هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی از باد می‌تواند از انتشار حدود یک کیلوگرم CO<sub>2</sub> در مقایسه نیروگاه‌های سوخت فسیلی جلوگیری نماید. انرژی باد یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های تولید برق است که آلودگی محیط‌زیست را در پی نداشته و پایان- ناپذیر می‌باشد (۲۰). جهت احداث نیروگاه بادی از مهمترین معیارهای مؤثر معیارهای فنی (سرعت باد (۲۳)، پیوستگی باد، چگالی توان باد (۲۱) را می‌توان نام برد.

#### ۸- نیروگاه خورشیدی

نیروگاه خورشیدی نیروگاهی است که انرژی خود را به‌طور مستقیم از خورشید دریافت می‌کند. یک نیروگاه خورشیدی مجموعه‌ای از تأسیسات است که انرژی تابشی خورشید را جمع- آوری کرده و با متمرکز کردن آن درجه حرارت‌هایی بالا ایجاد می‌کند انرژی جمع‌آوری شده از طریق مبدل حرارتی، ژنراتور توربین تبدیل خواهد شد (۲۵). در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم‌های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره‌گیری می‌شود که عبارتند از استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف غیر نیروگاهی خانگی، صنعتی (آب‌گرم‌کن خورشیدی، گرمایش و سرمایش ساختمان، اجاق خورشیدی، خشک‌کن خورشیدی، آب‌شیرین‌کن خورشیدی)، نیروگاهی (نیروگاه حرارتی بشقابی، نیروگاه حرارتی سهموی مرکزی، نیروگاه حرارتی سهموی خطی) و تبدیل مستقیم نور حاصل از پرتوهای خورشید به الکتریسیته بوسیله تجهیزاتی به نام فتوولتائیک است (۱۸). با توجه به اثرات متقابل یک نیروگاه و فضای پیرامون آن بر یکدیگر می‌توان عوامل زیر را به عنوان عوامل مؤثر در مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی نام برد عواملی

- 1- Geothermal
- 2- Geo
- 3- Thermal
- 4- Mauri model

می‌کند از انواع ضایعات صنایع کشاورزی محلی استفاده می‌کند این ضایعات زیستی شامل سبوس، برنج، پوسته‌ی بادام زمینی، زائدات ساقه‌های نیشکر و مواد زائد آسیاب‌های محلی می‌شوند. قیمت این نوع سوخت‌ها ارزان و بسیار فراوان است. این نیروگاه برای تولید یک کیلو وات ساعت برق حدود یک کیلوگرم ماده‌ی زیستی مصرف می‌کند (۳۱). پژوهشگران در اسپانیا برای مکان-یابی و انتخاب گزینه مناسب جهت احداث نیروگاه زیست‌توده عوامل و معیارهایی را معین کرده‌اند. ۱- پتانسیل انرژی (هر نوع زمین انرژی پتانسیل متفاوتی دارد محتوای انرژی با توجه به پوشش گیاهی آن منطقه است مقدار پتانسیل انرژی را به صورت کیلوکالری/کیلوگرم در منطقه محاسبه می‌کنند، ۲- دسترسی به زیست‌توده و یا قابلیت استفاده از آن، این عامل بستگی به میزان زباله (تن/هکتار) زیست‌توده که می‌تواند در منطقه با توجه به نوع زمین ایجاد شود. ۳- حفاظت از منابع طبیعی (این عامل دو جنبه دارد. از یک سو گیاهانی که به دلیل تعداد کم و یا توانایی تولید کم باید محافظت طبیعی بشوند از سوی دیگر تمایل داریم محل وجود این گیاهان نزدیک منطقه باشد زیرا این گیاهان توانایی تولید بالای زباله زیست‌توده برای بسیاری از سایت‌ها دارند. (۳۲).

#### ۱۱- نیروگاه دیزلی

نیروگاهی است که در آن از سوخت نفت گاز جهت راه‌اندازی موتور دیزلی استفاده کرده و انرژی مکانیکی حاصله توسط ژنراتور کوپله شده با آن، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود (۳۳). امروزه از نیروگاه‌های دیزلی به عنوان یک نیروگاه پایه کمتر استفاده می‌شود و بیشتر برای مواقع اضطراری و احتمالاً بار حداکثر شبکه از این نیروگاه‌ها استفاده می‌گردد. در حال حاضر مناطقی از ایران که به شبکه سراسری متصل نیستند از نیروگاه دیزلی استفاده می‌شود. این نیروگاه‌ها معمولاً توان تولید ۶۳۰ kw تا ۱۲۰۰۰ kw هستند (۳۴). به‌طور کل نیروگاه‌های دیزلی توان تولید ۲ تا ۵۰ مگاوات را دارند (۳۵). اصولاً دیزل ژنراتورها به عنوان دیزل ژنراتورهای اضطراری بیمارستان‌ها، هتل‌ها و مناطقی که دارای مصرف محدود می‌باشند کاربرد گسترده دارد (۳۴ و ۳۵).

مدل مائوری معیارهایی را جهت احداث نیروگاه معین کرده‌اند. ۱- شرایط مخزن (ویژگی‌های تولید و تزریق چاه یا چشمه، آنتالپی، شیمی، نبودن گازهای متراکم)، ۲- مکان نیروگاه (توپوگرافی، دسترسی، ویژگی‌های ژئوتکنیکی، انتقال)، ۳- شرایط محیطی (داده‌های هواشناسی، انتشار کارخانه)؛ علاوه بر معیارهای گفته شده رویکردی اتخاذ شده که سه دسته از عوامل را در نظر بگیرند؛ ۱) اقدامات اولیه مربوط به هزینه، سرمایه و توان خروجی، ایمنی و محیط زیست هم به عنوان بخش نظارتی در اولویت، ۲- اقدامات کیفی که تأثیر اقتصادی پروژه را در نظر می‌گیرد و ۳- اثرات کلی نیروگاه را در نظر می‌گیرد (۲۹).

#### ۱۰- نیروگاه بیومس

زیست‌توده ترجمه لغت انگلیسی بیومس<sup>۱</sup> می‌باشد و شامل کلیه اجزای قابل تجزیه زیستی از محصولات، پسماندها و زائدات کشاورزی (شامل مواد گیاهی و دامی)، جنگل‌ها و صنایع وابسته و همچنین فاضلاب‌ها و زباله‌های صنعتی و شهری می‌باشد. منشأ منابع فسیلی نیز منابع زیست‌توده می‌باشد ولی تفاوت آن‌ها در این است که منابع فسیلی از منابع زیست‌توده که در گذشته بسیار دور زنده بوده‌اند (ده‌ها میلیون سال پیش)، تحت شرایط فشار و دمای خاص حاصل شده‌اند (۱۸ و ۳۰). شیوه کار یک نیروگاه با سوخت زیست‌توده نیز درست شبیه نیروگاهی است که با سوخت فسیلی کار می‌کند تسمه نقاله‌ها سوخت زیستی را به یک اجاق بسیار داغ که کوره نامیده می‌شود حمل می‌کنند. سوخت مشتعل آب لوله‌هایی را که از اجاق عبور می‌کنند گرم می‌کنند آب به بخار آب تبدیل شده و با نیروی بسیار زیاد وارد توربین می‌شود و پره‌های آن به گردش در می‌آورد حرکت توربین نیز یک مولد برق را به کار می‌اندازد که بر اثر چرخش مغناطیس-هایی که داخل یک سیستم پیچ حرکت می‌کنند جریان الکتریسیته تولید می‌شود. نیروگاه واقع در ناحیه‌ی چیلاکاپالم در ایالت (آندراپراوش) کشور هندوستان که با سوخت‌های زیستی کار

های همچون انرژی هسته‌ای نیز جهت سوخت استفاده کرد، می‌توان قدرت‌های بالا در حد یک نیروگاه حرارتی ۱۰۰۰ تا چند هزارمگاواتی را در یک واحد ژنراتور MHD تولید نمود. در این ژنراتورها محدودیت زمان در بهره‌برداری به علت دمای بسیار بالا و بیم خطرات ناشی از تنش‌های حرارتی مکانیکی، خوردگی و از دست رفتن خاصیت مواد وجود دارد (۴۰). یک نیروگاه MHD را می‌توان جهت یکپارچه‌سازی با سیستم عامل مجهز به نیروگاه موجود اضافه کرد. با اضافه شدن MHD ظرفیت تولید نیروگاه‌های موجود افزایش پیدا می‌کند هم‌زمان کاهش انتشار آلاینده‌ها و خنک کننده آب مورد نیاز را در پی دارد. مطالعه‌ای که در بنگلادش بر روی نیروگاه‌های مجهز به MHD انجام شده مشخص شده علاوه بر افزایش عملکرد نیروگاه، بقایای ذغال‌سنگ هم ذخیره می‌شود. این مسئله زمانی حائز اهمیت است که گاز ذخیره ممکن است در آینده‌ای نزدیک تمام شود. (۳۸).

#### بحث و نتیجه‌گیری

همانطور که در ابتدای مقاله شرح داده شده بعد از تعریف نحوه‌ی کار هر نوع نیروگاه برخی پارامترهای مؤثر مربوط به مکان‌یابی هر نوع نیروگاه که در مقالات و پروژه‌های نقاط مختلف مشخص شده بود را نام بردیم. در این قسمت پارامترهای کلی را که از منابع و مقالات متعدد جمع‌آوری شده به صورت جداول فنی و محیطی، اقتصادی، اجتماعی و محدودیت‌های زیست‌محیطی تفکیک کرده و به تجزیه و تحلیل آن‌ها می‌پردازیم.

#### ۱- معیارهای محیطی و فنی

همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود یک پارامتر فنی \_ محیطی ممکن است فقط برای یک نوع نیروگاه معین شود و یا اینکه یک پارامتر برای چندین نیروگاه به کار برده شود. آنچه که در این جدول ذکر شده بر اساس اطلاعاتی است که از پروژه‌های متفاوت کسب شده به‌طور کل ممکن است پارامترهایی همانند میانگین دما، ارتفاع، شیب و... برای اکثر نیروگاه‌ها کاربرد داشته باشد و یا پارامتری همانند منابع آب، عمق آب، درجه حرارت آب

همچنین در مراکز دور افتاده‌ای که هزینه انتقال برق از هزینه تولید نیروگاه دیزلی بیشتر است مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۴). تولید برق در یک دیزل ژنراتور بستگی به سوخت مورد استفاده در آن است در نیروگاه دیزل با استفاده از سوخت گاز یا مایع درسیلندرها انرژی مکانیکی به دست می‌آید که توسط ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد. نیروگاه دیزل برخلاف دیگر نیروگاه‌های حرارتی و آبی فاقد توربین می‌باشد و در هر نقطه‌ای که احداث شوند به آب بسیار کم احتیاج دارد. طراحی و نصب این نیروگاه‌ها بسیار ساده است و مکان کمتری را اشغال می‌کند. میزان هزینه برای احداث نیروگاه با توجه به قیمت دیزل‌ها بررسی می‌شود. دیزل منبع قدرت است که همه جا در دسترس است. نیروگاه دیزلی کارآمدتر از نیروگاه‌های حرارتی است اما ظرفیت دیزل محدود است و نمی‌تواند در اندازه واحد بزرگ ساخته شود همچنین عمر مفید آن‌ها بسیار کوتاه است (۳۵ و ۳۶).

#### ۱۲- نیروگاه مگنتو هیدرودینامیک (MHD)

تولید قدرت MHD بر مبنای اصل فارادی است که توسط یک جریان الکتریکی در یک هدایت کننده در حال حرکت در یک میدان مغناطیسی القا می‌شود از لحاظ اصولی یک گاز یونیزه شده که پلاسما نامیده می‌شود با سرعت مافوق صوت در حدود ۱۰۰ متر بر ثانیه و در دمای بالاتر از ۱۴۰۰ درجه کلوین به عنوان سیال عامل در یک مولد MHD به کار گرفته می‌شود. هنگامی که گاز یونیزه شده در راستای عمود بر یک میدان مغناطیسی جریان پیدا می‌کند یک میدان الکتریکی القا می‌کند که جهت آن عمود بر بردار جریان سیال و بردار میدان مغناطیسی است. نیروگاه‌های مگنتوهیدرودینامیکی نسبت به نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای دارای هزینه سرمایه‌گذاری کمتری می‌باشد. لیکن تولید انرژی الکتریکی در آن‌ها در مقایسه با نیروگاه‌های کلاسیک سوخت فسیلی بسیار هزینه‌بر است سوختی که این نیروگاه‌ها مصرف می‌کنند همه جا یافت می‌شود و در دسترس بوده است (۳۷). یک نیروگاه MHD می‌تواند به عنوان نیروگاه مستقل و یا نیروگاه سیکل ترکیبی جدید ساخته شود (۳۸). وقتی می‌توان از انرژی-

و یا غیره برای کلیه نیروگاه‌های آبی و سایر نیروگاه‌ها مدنظر کارشناسان و متخصصان واقع شود.

جدول ۱- پارامترهای محیطی و فنی جهت احداث انواع نیروگاه

نیروگاه (MHD)	نیروگاه دیزلی	نیروگاه بیومس	نیروگاه زمین گرمایی	نیروگاه خورشیدی	نیروگاه بادی	نیروگاه جزرومدی	نیروگاه امواج	نیروگاه آب تلمبه ای	نیروگاه برق آبی	نیروگاه هسته ای	نیروگاه سیکل ترکیبی	نیروگاه گازی	نیروگاه بخاری	معیارهای محیطی و فنی
											✓	✓	✓	جهت باد
					✓		✓			✓	✓	✓	✓	سرعت باد
							✓							مدت زمان وزش باد
					✓									پیوستگی باد، چگالی توان باد
					✓									میزان رطوبت، شدت تشعشع، میزان فشار هوا
											✓	✓	✓	زغال سنگ
													✓	گازوئیل، نفت کوره و گاز طبیعی
											✓	✓		گازوئیل، گاز طبیعی
											✓	✓	✓	لوله‌های انتقال گاز و نفت
								✓						ظرفیت نصب، توپوگرافی مخزن
						✓	✓	✓	✓					منابع آب
						✓	✓	✓						عمق آب
						✓								اختلاف ارتفاع آب در شبانه‌روز
						✓		✓						سرعت جریان آب
										✓				ارانیوم
				✓										مدت ساعات آفتابی، تابش یکپارچه خورشید، انتشار پرتوها
				✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	میانگین دما
							✓							رفت و برگشت موج، ارتفاع موج، دوره اوج، دامنه موج
			✓											محل چشمه‌ها و چاه‌های آب گرم، سنگ‌های داغ و خشک
			✓											منابع تحت فشار زمین، منابع ماگمایی، بخار طبیعی
						✓								دامنه جزرومد، مساحت حوزه آب‌خیز، درجه رسوب‌گذاری
						✓								ثبات پایه تأسیسات، طول سد
										✓				درجه حرارت آب، ویژگی خنک کننده آب

											✓	✓	✓	زمین‌شناسی، نوع خاک، نوع سنگ، پایداری
					✓			✓	✓		✓	✓	✓	ارتفاع
									✓					معیار کیفیت هوا، معیار کیفیت آب
			✓	✓	✓						✓	✓	✓	شیب
					✓									فاصله از گسل، فاصله از رودخانه
			✓							✓	✓	✓	✓	گسل
						✓				✓	✓	✓	✓	موقعیت زمین‌لرزه
				✓										کمر بند زلزله
						✓				✓				بزرگی زلزله
											✓	✓	✓	تبخیر، رطوبت
								✓	✓	✓	✓	✓	✓	بارش باران
			✓											آب‌شناسی
		✓												شعاع نفوذ گیاه در منطقه، تراکم گیاه،
		✓												سفره‌های زیرزمینی و سطحی
		✓												زباله زیست توده/ تن هکتار
✓														شرایط مناسب برای اتصال بخار یا گاز
	✓													مازت، گاز، گازوئیل
✓														فلز مایع، گازخشی، محصول حاصل از احتراق
۳۸	۰،۳۵ ۳۶	۳۲	۲۸	۲۶	۲۰	۱۸	۱۶	۱۳	۱۱	۱۰	۰،۷	۰،۶	۰،۶	منبع
			۰		۰	۰		۰	۰		۰،۸	۰،۷	۰،۷	
			۲۹		۲۱	۱۹		۱۴	۱۲		۰،۹	۰،۸	۰،۹	
					۰							۰،۹		
					۲۳									

نیروگاه‌ها به عواملی از جمله برج خنک‌کن، سیستم خنک‌کن، شرایط آب و هوایی، عمر نیروگاه، شرایط نگهداری و غیره بستگی دارد (۴). البته قابل ذکر است نیروگاه‌های دیزلی به آب بسیار کم احتیاج دارند (۳۶).

۱-۲- شیب: با در نظر گرفتن پیشرفت جامعه مهندسی کمتر مکانی را می‌توان یافت که برای ساخت وساز مناسب نباشد ولی ملاحظات اقتصادی را نباید از نظر دور داشت. بنابراین باید نیروگاه

مقصود از ترسیم این جدول شناخت بهتر پارامترهای مؤثر و مهم برای مکانیابی انواع نیروگاه‌ها است. در این قسمت پارامترهای فنی\_ محیطی را به طور اختصار و کلی شرح می‌دهیم.

۱-۱- منابع آب: منابع آب علاوه بر اینکه سوخت و انرژی مورد نیاز نیروگاه‌های آبی (برق آبی، تلمبه‌ای\_ ذخیره‌ای، امواج، جزرومدی) محسوب می‌شوند برای سایر نیروگاه‌ها همانند نیروگاه‌های حرارتی و غیره نیز ضروری است. میزان نیاز این

حاصل خیر کشاورزی، منابع طبیعی یا سایت‌هایی که از نظر علمی مورد توجه هستند پرهیز شوند (۴)، هرچه تراکم پوشش گیاهی در زمین منتخب برای ساخت نیروگاه کمتر باشد آن زمین برای ساخت نیروگاه مناسب‌تر خواهد بود (۴۰). البته باید در نظر داشت یکی از معیارهای مهم برای احداث نیروگاه زیست توده تراکم گیاه و شعاع نفوذ گیاه در منطقه است چرا که هرچقدر تراکم و نفوذ گیاه بیشتر باشد زباله زیست توده بیشتری تولید می‌شود. در اطراف این نیروگاه حفاظت از منابع طبیعی درخصوص گیاهانی که کم تراکم هستند و یا تولید کم دارند باید انجام شود (۳۲).

**۱-۸- سوخت:** مشاهده می‌شود پارامترهای فنی\_ محیطی نیروگاه‌های حرارتی در اکثر موارد مشابه اما از نظر سوخت متفاوت هستند نیروگاه بخاری قابلیت استفاده از هر سه نوع سوخت گازوئیل، نفت کوره و گاز طبیعی را دارند در نیروگاه گازی از دو سوخت گازوئیل و گاز طبیعی استفاده می‌شود و نیروگاه سیلکل ترکیبی هم از دو نوع سوخت گاز طبیعی و گازوئیل استفاده می‌شود، نیروگاه هسته‌ای انرژی و سوخت خود را از اورانیوم، نیروگاه بادی باد، نیروگاه‌های آبی آب، نیروگاه خورشیدی خورشید، نیروگاه زمین‌گرمایی بخار طبیعی حاصل از چاه‌ها و چشمه‌های آب گرم و منابع ماگمایی، نیروگاه دیزلی مازوت گاز و گازوئیل و نیروگاه MHD فلز مایع، گاز خنثی و یا محصول حاصل از احتراق است. مورد قابل توجه در جدول (۱) مربوط به نیروگاه دیزلی و مگنتو هیدرو دینامیک است پارامتر فنی\_ محیطی به غیر از نوع سوخت و شرایط اتصال گاز و بخار برای نیروگاه MHD ذکر نشده چرا که سوخت این نیروگاه‌ها همه جا در دسترس است. نیروگاه دیزلی در هر نقطه که احداث شود به آب بسیار کم احتیاج دارد. نیروگاه MHD هم می‌تواند به صورت مستقل یا سیکل ترکیبی احداث شود و یا جهت یکپارچه‌سازی با سیستم عامل مجهز به نیروگاه‌های موجود اضافه کرد.

## ۲- معیارهای اقتصادی- اجتماعی

پارامترهای اقتصادی\_ اجتماعی کلیه نیروگاه‌ها به صورت معیار اصلی و زیرمعیار در جدول (۲) قابل مشاهده است.

را در زمینی با ناهمواری و شیب کم ساخت تا هزینه‌های مربوط به تسطیح به حداقل کاهش یابند (۳۹).

**۱-۳- گسل‌ها:** گسل‌ها نقاط ضعیف پوسته زمین هستند که رها شدن انرژی متمرکز را ممکن می‌سازد و بنابراین این گسل‌ها به ویژه انواع طولی عمده (با طول بیش از ده کیلومتر) در لرزه‌خیزی ایران نقش دارند. بنابراین نیروگاه باید در مناطقی که احتمال خطر زمین‌لرزه در آن‌ها کم و ساختگاه زمینی آن‌ها از نظر زمین-شناسی، خاک‌شناسی و سایر مشخصه‌ها از مقاومت بیشتری برخوردار باشد، استقرار یابند (۴).

**۱-۴- ارتفاع:** محل نیروگاه باید ارتفاع مناسب داشته باشد نه آنچنان پایین که در معرض سیل باشد و نه آنچنان بالاتر از سطح آب خنک‌کننده که انرژی زیادی برای پمپ کردن آب لازم باشد. برای نیروگاه‌هایی که هم سطح زمین ساخته می‌شوند و خاک شرایط مناسبی را داراست خاک‌برداری عمیق برای فوندانسیون توربین‌خانه به منظور کم کردن هزینه پمپاژ آب می‌تواند اقتصادی باشد. نیروگاه‌های دیزلی بر خلاف دیگر نیروگاه‌ها فاقد توربین می‌باشند (۴۰).

**۱-۵- هواشناسی:** وضعیت اقلیم از مشخصه‌های مهم در انتخاب محل نیروگاه است زیرا نه تنها شرایط اقلیمی بر روی پراکنش آلودگی ناشی از فعالیت نیروگاه مؤثر است بلکه تعیین کننده نوع نیروگاه، راندمان نیروگاه و نحوه بهره‌برداری از آن نیز هست (۴).

**۱-۶- خاک و زمین‌شناسی:** این مطالعات از جهت قابلیت خاک و پایداری زمین در تحمل وزن نیروگاه اهمیت دارد و از طرف دیگر در مورد نیروگاه‌هایی که سیستم خنک‌کننده آن‌ها دریا یا رودخانه است و برای استفاده از این دو منبع نیاز به کانال‌کشی دارند میزان نفوذپذیری خاک بر روی هزینه کانال‌کشی مؤثر خواهد بود (۴۱).

**۱-۷- پوشش گیاهی:** اشغال فیزیکی زمین برای ساخت نیروگاه و خروجی‌های حاصل از مرحله ساخت و بهره‌برداری از نیروگاه بر پوشش گیاهی تأثیر خواهد گذاشت. درموقع انتخاب سایت نیروگاه تا آنجا که ممکن است باید از استفاده کردن از زمین‌های

جدول ۲- معیارهای اقتصادی- اجتماعی جهت احداث انواع نیروگاه

منبع	زیرمعیار	معیار اصلی
۱۲، ۹، ۸، ۶، ۳۸، ۳۲، ۲۸	آزاد راه، بزرگراه، جاده، راه آهن، دسترسی به منطقه شهری، دسترسی به فرودگاه، انتقال دسترسی شبکه، نقاط مصرفی برق (شهرک صنعتی، صنایع، شهرک، شهر، روستا، فعالیت‌های کشاورزی)	دسترسی
۱۰، ۹، ۶، ۳۸، ۳۲، ۱۲	در دسترس بودن زمین، در دسترس بودن آب، در دسترس بودن نیروی کار ماهر، دسترسی به زیست توده و یا قابلیت استفاده از آن، دسترسی به سفره‌های بزرگ آب‌های زیرزمینی و سطحی، در دسترس بودن سوخت مناسب، در دسترس بودن زغال سنگ، نفوذ گیاه در منطقه که هر چقدر شعاع نفوذ گیاه در منطقه بیشتر باشد آن منطقه مناسب‌تر است.	در دسترس بودن منابع
۹، ۶	پالایشگاه، لوله نفت و لوله گاز	تأمین سوخت
۱۹، ۱۳، ۱۲، ۹، ۶، ۳۲	رودخانه، آب‌های زیرزمینی، دریاچه	تأمین آب
۳۸، ۲۹، ۱۹، ۹، ۶	نیروگاه، سد، انتقال نیرو، خطوط انتقال نیرو، ایستگاه انتقال نیرو	تولید و انتقال نیرو
۲۱، ۱۹، ۱۰، ۹، ۳۲، ۲۶، ۲۳	شبکه محلی، جاده‌ها، مناطق شهری، مناطق روستایی، کاربری اراضی، فاصله از اطاق داربست ترانسفورماتور، فاصله از جاده که در نزدیکی میدان قرار دارد، فاصله از محل اسکان، فاصله از فرودگاه، فاصله از تاریخی و باستانی	فاصله از
۲۸، ۱۰، ۹، ۸، ۶	شهر (تأمین نیروی انسانی)، روستا (تأمین نیروی انسانی)، تراکم جمعیت	نقاط جمعیتی
۱۱، ۱۰، ۹، ۶، ۲۲، ۱۹، ۱۳، ۱۲، ۳۶، ۳۵، ۲۸، ۲۶، ۴۳، ۳۸	هزینه خرید زمین، اسکان مجدد، توان‌بخشی هزینه، هزینه زیرساخت، هزینه ساخت و ساز، هزینه ساخت و ساز سیستم‌های خنک کننده، هزینه ساخت و ساز خط، هزینه نیروی خط، هزینه نیروی کار، هزینه‌ای که بابت دریافت انرژی پرداخت می‌شود. هزینه نصب تأسیسات، هزینه داربست، هزینه تعمیر، هزینه نگهداری، هزینه سوخت، هزینه سرمایه	هزینه

راه‌آهن و یا نقاط مصرف برق (شهرک صنعتی، صنایع، فعالیت‌های کشاورزی و...) هم برای کارمندان نیروگاه و هم برای مصرف کنندگان برق امری ضروری است. دسترسی به بزرگراه (ما به دنبال منطقه‌ای با زیرساخت‌های حمل و نقل خوب و به‌طور ویژه هستیم، با دسترسی آسان به بزرگراه تلاش برای کاهش هزینه‌های اقتصادی و حمل و نقل مواد خام پر انرژی امکان‌پذیر است (۳۲)

۲- ۱- دسترسی: دسترسی راه‌ها، دسترسی به یک نیروگاه به منظور رسانیدن مصالح ساختمانی، مواد سوختی و رفت آمد کارمندان امری ضروری است. از طرفی مسأله حمل قطعات سنگین بزرگ نیروگاهی مطرح است. سنگین‌ترین قطعه نیروگاه که در واقع بزرگترین قطعه نیروگاه نیز هست ترانس اصلی است. وزن و اندازه هر ترانس بستگی به ظرفیت اسمی آن دارد. به همین دلیل بررسی تونل‌ها و پل‌های موجود در مسیر ارتباطی حائز اهمیت فراوان است (۴). دسترسی به مناطق شهری، فرودگا،

مجامع عمومی در عبور این خطوط از مسیرهای مختلف را نیز به دنبال دارد (۴۱).

**۲-۶- فاصله:** هر چه فاصله از شبکه تولید برق کمتر باشد توزیع برق بیشتر، صرفه اقتصادی، کاهش اثرات محیطی و همچنین نیاز به زیرساخت‌های برق جدیدی نیست (۳۲). در کل هدف از نزدیکی نیروگاه‌ها به مراکز مصرف، کاستن از هزینه انتقال نیرو به آن مراکز و کاهش اتلاف انرژی است. معمولاً نیروگاه‌ها همانند نیروگاه گازی دارای برج‌ها و دودکش‌های در حجم زیاد هستند در نتیجه به دلایل امنیتی مکان نیروگاه‌ها باید از فرودگاه‌ها دور باشند. مکان‌های تاریخی و باستانی شکننده و بسیار با ارزش هستند بنابراین ارتعاش ناشی از نیروگاه می‌تواند به آن‌ها آسیب برساند به همین دلیل باید فاصله‌ای معین را در نظر گرفت (۹). معیارهای مؤثر علاوه بر معیارهای ذکر شده به فعالیت‌های صنعتی و یا پروژه‌ای در حال اجرا هم‌بستگی دارد. مثلاً مکان‌یابی احداث نیروگاه بادی در آنکارا پارامترهایی همانند فاصله از سایت-های استخراج معدن بیشتر از ۱۰۰ متر، فاصله از ایستگاه رادیو و تلویزیون بیشتر از ۶۰۰ متر را مد نظر قرار می‌دهند (۲۴).

**۲-۷- نقاط جمعیتی:** در مکان‌یابی محل یک نیروگاه باید به مسائلی همچون تراکم جمعیت، کاربری فعلی زمین، نزدیکی به مرکز مصرف و نیروی انسانی توجه شود. زیرا ساختن یک نیروگاه ۳الی ۶ سال زمان می‌برد و مستلزم اشتغال چند هزار نفر به‌عنوان نیروی کار طی دوره ساخت و ساز است. به همین علت دسترسی به نیروی انسانی جهت اشتغال مهم است (۳۹).

**۲-۸- هزینه:** علاوه بر پارامترهای ذکر شده مربوط به معیار هزینه در جدول باید اظهار داشت که برخی نیروگاه‌ها هزینه سرمایه‌گذاری کمتری در بردارند همانند نیروگاه‌های تجدیدپذیر برخی دیگر از نیروگاه‌ها همانند مگنتوهیدرودینامیک نسبت به نیروگاه‌های گداحت هسته‌ای دارای هزینه سرمایه‌گذاری کمتری می‌باشد لیکن تولید انرژی الکتریکی در آن‌ها در مقایسه با نیروگاه‌های کلاسیک سوخت فسیلی بسیار هزینه‌بر است (۳۷). همچنین میزان هزینه برای احداث نیروگاه دیزلی با توجه به

**۲-۲- در دسترس بودن منابع:** احداث یک نیروگاه مستلزم در دسترس بودن زمین مناسب است، زمینی که برای احداث نیروگاه انتخاب می‌شود باید توجه داشت به پوشش و تراکم گیاهی، جانوری، منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی و سایر منابع طبیعی آسیب نزند. علاوه بر زمین، سوخت و انرژی مناسب نیز برای هر نوع نیروگاه باید در دسترس باشد. به‌طور مثال منابع آب برای نیروگاه‌های آبی، زغال سنگ برای نیروگاه‌های حرارتی، دسترسی به زیست‌توده، آب‌های زیرزمینی و سطحی و پوشش گیاهی برای نیروگاه بیومس و غیره... که هر چقدر شعاع پوشش گیاه بیشتر باشد آن منطقه جهت انتخاب محل احداث نیروگاه زیست توده مناسب‌تر است و همچنین در دسترس بودن نیروی کار ماهر نیز از اوامر ضروری است.

**۲-۳- تأمین سوخت:** سوخت مورد نیاز نیروگاه‌ها از منابع تولید سوخت تهیه می‌شود، این سوخت‌رسانی باید به گونه‌ای انجام شود که صرفه اقتصادی داشته باشد. به‌طور مثال سوخت مورد نیاز نیروگاه‌های حرارتی از پالایشگاه به‌وسیله لوله‌های نفت و گاز تهیه می‌شود. بررسی میزان فاصله‌ای که پالایشگاه با نیروگاه دارد و انتخاب مسیر مناسب برای خطوط لوله‌های نفت و گاز از موارد مهم و ضروری است که باید به آن توجه کرد.

**۲-۴- تأمین آب:** تأمین آب علاوه بر این‌که برای تأمین انرژی نیروگاه‌های آبی ضروری است. سایر نیروگاه‌ها نیز برای فعالیتشان به مقدار قابل توجهی به آب نیاز دارند بنابراین مکان احداث نیروگاه باید در فاصله‌ای از رودخانه، آب‌های زیرزمینی و دریاچه باشد که کم‌ترین هزینه و بیش‌ترین صرفه اقتصادی را برای تأمین و انتقال آب داشته باشد.

**۲-۵- تولید نیرو:** جهت تولید نیرو، پارامترهای مهم و مؤثر همانند نیروگاه، سد، ایستگاه انتقال نیرو، انتقال نیرو و خطوط انتقال نیروی مربوط به هر نیروگاه متفاوت است. فاصله نیروگاه از خطوط برق شبکه ۴۰۰ کیلو ولتی یا یک نقطه بار که بتواند خروجی نیروگاه را قبول کند بسیار اهمیت دارد زیرا که افزایش این خطوط علاوه بر بالا بردن هزینه پروژه و تلفات شبکه مخالفت

زمینی و مقدار مساحت زمین‌های فرو رفته در آب.  
**۳-۳- مراکز جمعیت:** فاصله مناسب مکان نیروگاه با مناطق شهری، روستایی و مناطق تاریخی، گردشگری باید رعایت شود تا موجب ایجاد اثرات منفی موقت و دائم در این مناطق نشود.

**۳-۴- بلایای طبیعی و خطرات:** انتخاب مکان مناسب نیروگاه باید در فاصله دور از مناطق زلزله‌خیز، حفاظت شده انتخاب شود. حریم این مناطق باید مشخص و رعایت شود. گونه‌های در معرض خطر در اطراف نیروگاه‌ها (همانند بررسی ماهی‌های آسیب دیده و دیگر آبزیان در اطراف نیروگاه‌های جزرومدی (۱۹) باید شناسایی شوند و با ارائه راهکار توسط متخصصان از آسیب بیشتر به این گونه‌ها جلوگیری شود.

**۳-۵- حفاظت از منابع طبیعی:** مناطقی که حفاظت از منابع طبیعی در آن‌ها صورت می‌گیرد (همانند گیاهان دارویی، گونه‌های نادر، گیاهانی که به دلیل تعداد کم و یا توانایی تولید کم باید محافظت طبیعی شوند) باید معین و حریم آن‌ها را مشخص کرد. احداث مکان نیروگاه باید در فاصله‌ای از این مناطق صورت گیرد که خللی در امر حفاظت ایجاد نشود.

اما نیروگاه‌ها از جنبه زیست‌محیطی اثرات مستقیم و یا غیرمستقیم دارند که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌کنیم.

۱- اثرات مستقیم نیروگاه‌ها به شرح زیر می‌باشد:  
 اثرات خروجی در هوا بر سلامت انسان، کشاورزی، پوشش گیاهی و حیات وحش، افزایش سرو صدا و ارتعاش، تغییر در هیدرولوژی و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، اثرات سمی ناشی از نشت و تخلیه آلاینده‌ها، شوک حرارتی موجودات آبی، از بین رفتن پوشش گیاهی، تغییر الگوی مصرف آب، جابه‌جایی جمعیت، اختلال و ترافیک محلی، بروز مخاطرات اتفاقی، افزایش تقاضا برای زیرساخت‌ها.

۲- اثرات غیرمستقیم نیروگاه‌ها  
 تغییر در الگوی جمعیتی، تغییر در ارزش‌ها و الگوهای اجتماعی و فرهنگی (۱).

قیمت دیزل‌ها بررسی می‌شود (۳۵). به‌طور کل باید کلیه پارامترهای عنوان شده مربوط به هزینه قبل از احداث بررسی و پیش‌بینی شوند، تا اقداماتی که در حین احداث موجب افزایش هزینه می‌شوند را کنترل کرد و یا تصمیم‌گیری بهتری جهت کاهش هزینه اتخاذ کرد. در هنگام تصمیم‌گیری برای بهترین نیروگاه باید هزینه‌های متعددی همانند هزینه سرمایه، هزینه اصلی، هزینه‌های سوخت (۴۲)، هزینه ساخت و ساز، هزینه عملیات و غیره را در نظر گرفت (۴۳). زمانی که تصمیم‌گیری می‌شود هزینه‌ای جهت سرمایه‌گذاری برای انتخاب بهترین مکان با نیروگاه مناسب اتخاذ شود آن هزینه با توجه به سود و زیان و حساب‌های پرداختی هزینه‌ای کاملاً پذیرفته شده است (۴۲).

### ۳- محدودیت‌های زیست‌محیطی

معیارها و زیرمعیارهای مربوط به محدودیت‌های زیستی در جدول ۳ قابل مشاهده است. به اختصار به توضیح هر معیار می‌پردازیم.

**۳-۱- استفاده از زمین:** بسیاری از فعالیت‌های عمرانی این پروژه نظیر احداث جاده، سرویس و گسترش راه دسترسی، عملیات حفاری و انفجار، برداشت منابع قرصه، احداث بند انحرافی و تأسیسات وابسته دارای بیشترین اثرات منفی دائمی بر روی جنگل و پوشش گیاهی و چشم‌انداز می‌باشد (۴۴). این اثرات را می‌توان بر زمین‌های کشاورزی و شن‌زارهایی که اغلب برای استفاده نظامی در نظر گرفته می‌شود نیز مشاهده کرد به همین دلیل باید محدودیت‌های زیست‌محیطی جنگل، باغ و کشاورزی و شن‌زار قبل از احداث نیروگاه در نظر گرفته شود.

**۳-۲- آب‌ها:** از محدودیت‌های زیست‌محیطی دیگری که باید به آن توجه نمود آب‌ها هستند. حفظ مقدار آب شیرین (دریا، دریاچه، رودخانه) که در معرض خطر هستند فاصله داشتن مکان نیروگاه از مرداب، باتلاق و مسیر سیل، حفظ کیفیت آب در حوضه‌های در معرض آسیب، توجه به جریان‌هایی که بر اثر تغییر شدت جریان‌های جزرومدی به‌وجود می‌آید، مد نظر قرار دادن میزان کاهش پهنه جزرومدی، تغییر در پراکندگی آب‌های زیر

جدول ۳- محدودیت‌های زیست‌محیطی جهت احداث انواع نیروگاه

منبع	زیر معیار	معیار
۲۶، ۱۰، ۹، ۸، ۷	جنگل، باغ، کشاورزی، شن‌زار (استفاده نظامی)	استفاده از زمین
۱۹، ۹، ۸، ۶	دریا، دریاچه، رودخانه، مسیر سیل، باتلاق/مرداب، تالاب، آب شیرین در معرض خطر، زمین فرورفته در آب، جریانی که بر اثر تغییر شدت جریان‌های جزرومدی به وجود می‌آید، چگونگی کیفیت آب در حوضه-هایی که در معرض آسیب هستند، کاهش پهنه جزرومدی، تغییر در پراکنندگی آب‌های زیرزمینی	آب‌ها
۲۶، ۹، ۸، ۶	شهر، روستا، مکان‌های تاریخی و گردشگری	مراکز جمعیت
۱۱، ۱۰	مناطق زلزله‌خیز، مناطق حفاظت شده، گونه‌های در معرض خطر (همانند بررسی ماهی‌های آسیب دیده و دیگر آبزیان در اطراف نیروگاه‌های جزرومدی)	بلاایای طبیعی و خطرات
۳۲، ۲۱، ۹	گیاهان دارویی، گونه‌های نادر، گیاهانی که به دلیل تعداد کم و یا توانایی تولید کم باید محافظت طبیعی شوند	حفاظت از منابع طبیعی

در رابطه با مکان‌یابی نیروگاه‌ها معیارها و زیرمعیارهای مهم و مؤثر جهت احداث هر نیروگاه در بخش‌های قبلی به‌طور کامل توضیح داده شده در این قسمت چند معیار کلی و مهم در رابطه با هر نیروگاه جهت شناخت بهتر و آسانتر در جدول (۴) ارائه می‌شود.

جدول ۴- خلاصه‌ای از ویژگی و مشخصه انواع نیروگاه‌ها

معیار	نیروگاه سیکل ترکیبی، نیروگاه گازی، نیروگاه بخاری	نیروگاه هسته‌ای	نیروگاه جزرومدی، نیروگاه امواج، نیروگاه آب تلمبه‌ای، نیروگاه برق آبی	نیروگاه بادی	نیروگاه خورشیدی	نیروگاه زمین‌گرمایی	نیروگاه بیومس	نیروگاه دیزلی	نیروگاه (MHD)
منبع انرژی نیروگاه‌ها	زغال سنگ	ارانیوم	آب	باد	خورشید	بخار طبیعی، چشمه‌ها و چاه‌های آب گرم، منابع ماگمایی	زباله زیست توده، تراکم و پوشش گیاهی	مازوت گاز گازوئیل	فلز مایع، گاز خنثی و یا محصول حاصل از احتراق
قابلیت استفاده و دسترسی به منبع	محدود	فراوان اما تجدیدناپذیر	تجدیدپذیر	تجدید پذیر	فراوان و تجدیدپذیر	تا حدی تجدید ناپذیر	تجدید پذیر	محدود	محدود
هزینه	زیاد	زیاد	کم	کم	کم	تقریباً زیاد	کم	هزینه با توجه به قیمت دیزل برآورد می‌شود	زیاد

اثر مطلوب یا نامطلوب بر محیط انسانی	آلودگی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	مقدار کمی آلودگی صوتی	آلودگی کم
توان تولید نیرو/مگاوات (Mw)	$< 2000$ (Mw)	$< 1000$ (Mw)	$< 2500$ (Mw)، برق آبی $< 2000$ (Mw)، تلمبه‌ای ذخیره‌ای $> 300$ (Mw)، جزرومندی $> 100$ (Mw)، امواج	$> 800$ (Mw)	$> 1500$ (Mw)	$> 1000$ (Mw)	$> 50$ (Mw)	$\geq 50$ Mw	$\leq 1000$ (Mw)

### بحث و نتیجه گیری

تعیین معیارهای مؤثر مربوط به هر نیروگاه باید توجه داشت جهت احداث نیروگاه علاوه بر موارد ذکر شده باید طبق تقاضا، نیاز، ظرفیت، منابع موجود و سیستم منطقه و محل پایه فن‌آوری نیروگاه را مهیا کرد.

### منابع

- سعیدی، محسن، مدیریت زیست‌محیطی نیروگاه-ها، نوبت چاپ اول، انتشارات وزارت نیرو- سازمان بهره‌وری انرژی ایران (ساب)، فصل اول و دوم، زمستان ۱۳۸۴.
- ایاز، قدرت‌الله، وطن‌دوست، محمود، ارزیابی آثار زیست‌محیطی سد مخزنی شهید رجایی‌سازی و تأسیسات وابسته، اولین کارگاه تخصصی سد و محیط زیست، ۱۳۸۶.
- جهاد دانشگاهی تهران، مطالعات اقتصادی، اجتماعی و طبیعی سد گتوند، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۳.
- صمدی، رضا، سهراب، تیکا، تهیه مدل محیط-زیستی جهت استقرار نیروگاه‌های حرارتی در کشور، مجله محیط‌شناسی سال سی و سوم شماره ۴۴ زمستان ۸۶ صفحه ۷۳-۸۲.

با گذشت زمان روز به روز اهمیت مسائل زیست‌محیطی در بخش تولید الکتریسته بیشتر می‌شود. بخصوص با توجه به محدودیت‌های زیست‌محیطی و تمایل به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن به جو استفاده از انرژی‌های جایگزین رو به گسترش است (۱). بر اساس مطالب ارائه شده انتخاب مکان و نوع نیروگاه و همچنین نوع روش تولید الکتریسته به عوامل متعددی بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها عوامل فنی، اقتصادی-اجتماعی، شرایط اقلیمی، جغرافیایی و عوامل زیست‌محیطی می‌باشد. علاوه بر پارامترهای ذکر شده برای معیار اقتصادی-اجتماعی می‌توان پارامترهای دیگری همچون، معیار جمعیت (جمعیت مخالف احداث نیروگاه: قشر کم درآمد و آسیب دیده که تمایل به ادامه سکونت در همان منطقه دارند، جمعیت موافق احداث نیروگاه: موافقت در صورت فاصله داشتن سایت نیروگاه از منطقه مسکونی) نگرش جامعه، پذیرش اجتماعی، نوسان جمعیت، شرایط جنگ، هرج و مرج اجتماعی را ذکر کرد. در این قسمت می‌توان بحث توسعه را هم مد نظر قرار داد و می‌تواند به عنوان یک معیار اصلی بررسی شود. اثر بر بخش اشتغال کشاورزی و توریسم، اثر بر پیشرفت اقتصادی منطقه و اطراف آن و امکان گسترش ظرفیت در آینده از جمله مواردی است که می‌توان به آن اشاره نمود. با توجه به

- 11- Benjamin, A., Shimry, Manglem Singh. Kh., Mehta. R.K., 2016. Ranking of Site for Installation of Hydro Power Plant using MLP Neural Network Trained with GA: A MADM Approach.,Hindawi Computational Intelligence and Neuroscience,Volume 2017,Article ID 4152140,8 page.
- 12- Omer Saracoglu. B.,A. 2013. Qualitative Multi- Attribute Model for The Selection Of The Private Hydropower Plant Investments In Turkey:By Foundation Of The Search Results Clustering Engine (Carrot2),Hydropower Plant Clustering, Dexi And Dexitree.Journal of Industrial Engineering and Management,JIEM, 9(1):152-178.
- ۱۳- باشی ازغدی، سیدناصر و همکاران، مکانیابی مناسب نیروگاه‌های تلمبه‌ای\_ ذخیره‌ای با کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، نهمین کنگره بین-المللی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان ۲۱-۱۹ اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۱.
- 14- Lin,T. B and Lin, S.L, 2006. The Comprehensive Evaluation Of Pumped Storage Power Stations In The Mode Of Capacity Distribution Based On Quota System.The Criocm 2006 International Symposium On "Advancement Of Construction Management And Real Estate", Beijing,China,3rd-5th Nov., 2006.
- ۱۵- وزارت نیرو، معاونت انرژی\_ دفتر انرژی‌های نو ، مطالعات شناسایی و ارزیابی پتانسیل انرژی جزرو مدی و امواج دریا جلد اول و دوم، ۱۳۷۷.
- ۵- صیفی، صدی، بکارگیری رویکردهای تصمیم-گیری چندمعیاره (MADM) برای مکانیابی نیروگاه حرارتی مطالعه موردی: نیروگاه گازی ۱۰۰۰ مگاواتی کهنوج، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع طبیعی\_ محیط‌زیست دانشگاه صنعتی اصفهان سال ۱۳۹۳ صفحه ۳ پاراگراف ۳.
- 6- Choudhary,D.,Shankar,R.,2012. An STEEP-FUZZY AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of Thermal power plant location:Acas estudy from india.DOI:10.1016/j.energy.2012.03.010.
- 7- Alavipoor. F.S, Karimi.S., Balist.J., Khakian.A.H., 2016. A geographic in formation system forgas power plant location using analytical hierarchy process and fuzzy logic.Global j. Environ.Sci.manage.,2(2):197-207.
- ۸- بهشتی‌فر، سارا و همکاران، استفاده از منطق فازی در محیط GIS به‌منظور مکانیابی نیروگاه‌های گازی، مجلات علمی دانشگاه تهران، دوره ۴۴ شماره ۴ شماره پیاپی ۳۴۰۱۲۰، زمستان ۱۳۸۹ صفحه ۵۹۵-..
- 9- Valadanzoej. M.J., Mesgari.M.S., Behshtifar. S., Karimi. M., Samadi. R., Yousefi. H., Sohrab. T., 2005. "Using GIS for Site Selection of combined-cycle power plants",ACRS Conference.
- 10- Erol.i.,et al., 2013. FUZZY MCDM framework for locating a nuclear power plant in Turkey.Energy policy (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.056>.

- تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال چهاردهم، شماره ۳۴، پاییز ۱۳۹۳.
- 22- Aras .Ha., Erdogmus. Se., Lemkoc. Ey., (2004). Multi-criteria selection for a wind observation station location using and lytic hierarchy process. *Renewable Energy*, 29: 1383-1392.
- 23- Nasehi. Sa., Karimi. Sa., Jafari. Ha., (2016). Application of Fuzzy GIS and ANP for wind Power plant Site selection in East Azer baijan province of Iran. *computation Research progress in Applied Science& Engineering©PEARL Publication. CRPASE Vol. 2 (3): 116-124.*
- 24- Atici, K.B., Simsek, A.B., Ulucan, A., Tosun, M.U. 2015. A GIS –based Multiple criteria Descision Analysis approach for wind Power plant Site selection, *Science Direct Utilities policy xxx: 1-11.*
- ۲۵- - تمجیدتاش، سامان، بررسی و ارزیابی فنی و اقتصادی نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی، اولین کنفرانس بین‌المللی نفت و گاز، پتروشیمی و نیروگاهی، مرکز همایش‌های بین‌المللی هتل المپیک تهران، ۱۳۹۱ دوره ۱، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی.
- 26- Kengpol.Th., Rontlaong.PI., Tuominen.Ma., (2013). A decision support System for selection of solar Power plant location by Applying Fuzzy AHP and TOPSIS: An Empirical study, *Journal of software Engineering and Applications*, 6: 470-481.
- 16- Chakraborty, T., Majumder, M., 2016. Application of AHP in Location selection of wave power plant, international conference on soft Computing Technigues in Engineering and Technology (ASCTET), India, 25-27 Oct- 2016 <https://www.scribd.com/document/333249139/Location-Selection-of-Wave-Power-Plant>
- ۱۷- قندهاری علویجه، ناصر و قاسمی، صابر. معرفی انواع نیروگاه‌ها و فناوری‌های تولید برق، ششمین همایش ملی سلامت، محیط زیست و توسعه پایدار، سال ۱۳۹۵.
- ۱۸- پاکدل بناب، سهراب، رجب‌زاده قطرمی، علی، صفری، رضا، کریم‌زاده، عبدالله، کیلاشکی، محسن، نخعی امرودی، محمدرضا، کتاب کاربرد فناوری- های نوین، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»، چاپ اول ۱۳۹۶، پودمان چهارم، نیروگاه جزر و مدی، صفحه ۱۲۰. انرژی خورشیدی، صفحه ۹۴، انرژی زمین گرمایی، صفحه ۱۱۱، انرژی زیست توده، صفحه ۱۱۳.
- 19- Yunna.Wu, Chuanbo. Xu and Hu. Xu., (2016). optimal site selection of Tidal power plants using a Novel Method: A Case in china. Beijing 102206/China. 1101340119 (2016).
- ۲۰- پایگاه اطلاعاتی وزارت نیرو\_ سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) انرژی باد ۱، گزارش سوم و انرژی باد ۲، گزارش هشتم (www.sun.org.ir).
- ۲۱- عزیزی، علی، جعفری، حمیدرضا، ملک‌محمدی، بهرام، خوش‌اخلاق، فرامرز، مکانیابی نیروگاه‌های بادی با استفاده از مدل‌های تحلیل سلسله مراتب فازی و تحلیل شبکه در استان اردبیل، نشریه

- Quality (ICREPQ,10). REXPQ. Vol.1. N.8. April 2010.
- ۳۳- شرکت توانیر، تعاریف اقلام آماری برق \_ شاخه تولید، اصطلاح نیروگاه دیزلی  
(www.tavanir.org.ir)
- ۳۴- آشنایی با انواع نیروگاه های برق، نیروگاه دیزلی  
http://www.iseee.ir/electronics-  
(tutorial-powerhouse.html)
- 35-  
[https://www.academia.edu/31810272/Diesel\\_electric\\_power\\_plant](https://www.academia.edu/31810272/Diesel_electric_power_plant).
- 36- Bindhu .J.R., (2012). Lecture Notes on EE2252 Power Plant Engineering, II Years/ IV Semester EEE Academic Year 2012- 2013.  
([https://www.academia.edu/534950/Lecture\\_Notes\\_on\\_EE2252\\_Power\\_Plant\\_Engineering\\_II\\_year\\_IV\\_Semester\\_EEE\\_Academic\\_Year\\_2012-2013](https://www.academia.edu/534950/Lecture_Notes_on_EE2252_Power_Plant_Engineering_II_year_IV_Semester_EEE_Academic_Year_2012-2013)).
- ۳۷- فریادیان، احمد و همکاران، مدل سازی مولدهای مگنتوهیدرودینامیک (MHD)، کنفرانس بین-المللی یافته های نوین پژوهشی در مهندسی برق و علوم کامپیوتر، تهران مؤسسه آموزش عالی نیکان، ۱۳۹۴.
- 38- Ferdous. S.M., Ghani Ovy. E., Salehin. S., Mushfiqul Haque. A.N.M., Rezaul Hasan. Md., Shahed Hossain. M., (2010). Power System integration and System Planning of MHD Power Plant,international Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering, 23-24 December, BANGLADESH, MIE10-110.
- ۲۷- پایگاه اطلاعاتی وزارت نیرو\_ سازمان انرژی های نو ایران (سانا) انرژی زمین گرمایی ۱ و ۲ گزارش دوم و هفتم (www.sun.org.ir).
- 28- Yousefi.H.,Ehara.S.,(2007).Geothermal Power Plant Site Selection Using Gis In Sabalan.Area,Nw Iran.international conference on Geographical information Technology and applications ,KLCC Kuala lumper,August 14-16,paper Number:194.
- 29- Gibson. B., Fox.T., Skerrett.C., Donnell.S.M., Hochwimmer. A.,Groot. K.D., (2015). A Holistic Approach to Geothermal power plant option selection for the Te Ahi o Maui Geothermal project.proceedings world Geothermal Congress 2015 Melbourne,Australia.
- ۳۰- پایگاه اطلاعاتی وزارت نیرو- سازمان انرژی های نو ایران (سانا) انرژی زیست توده، گزارش چهارم (www.sun.org.ir)
- ۳۱- اسپیلزبوری، ریچارد. اسپیلزبوری، لوییس. عمیق، مجید، انرژی زیست توده، انتشارات کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان، تهران، نوبت چاپ اول، سال ۱۳۹۳.(www.scseso.com).
- 32- Herrera-Seara. M.A., Azhar Dols. F., Zamorano. M., Alameda-Herandez. E., (2010). Optimal location of a biomass power plant in the province of Granada analyzed by multi-criteria evaluation using appropriate Geographic Information System according to the Analytic Hierarchy process,international Conference on Rene wable Energies and power

- multi-criteria approach., Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 2014 IEEE., Location: San Jose, CA, USA., DOI: 10.1109/GHTC.2014.6970304
- 39- وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی معاونت امور انرژی. استراتژی مکان‌یابی نیروگاه‌های جدید با ملاحظات زیست‌محیطی و بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی، ۱۳۷۹.
- 40- سازمان بهره‌وری انرژی ایران، انتخاب بهینه محل احداث نیروگاه‌های حرارتی با لحاظ نمودن مشخصه‌های فنی، زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی با استفاده از GIS در استان بوشهر، ۱۳۸۴.
- 41- گلنشان، ع.ا.، تجربیات نیروگاه‌های پیشرفته، برنامه‌ریزی و طراحی نیروگاه، مؤسسه بین‌المللی الکتریسیته انگلستان، ۱۳۸۰، جلد ۱.
- 42- Malik. A., AL Badi. M., Al Kahali. A., Al Nabhani. Y., Al Bahri. A., Al Barhi. H., (2014). Evaluation of renewable energy projects using
- 43- Jun. D., Tian-ting. F., Yi-sheng. Y., Yu. M., (2014). Macro-site selection of wind/solar hybrid power station based on ELECTRE-II., Renewable and Sustainable Energy Reviews 35: 194-204.
- 44- واقفی، محمد. رخشنده‌رو، غلامرضا، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی نیروگاه‌های برق آبی کوچک، کنفرانس ملی نیروگاه‌های آبی کشور، ۱۳۸۲، تهران، C-132.