فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۶، بهار ۱۴۰۰

تعیین معیارهای مؤثر جهت مکان‌یابی انواع نیروگاه‌ها

سولماز دشتی*[۱]

Soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir

فاطمه دشت‌بزرگی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۱۸ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۱۰**

چکیده

امروزه مطالعات مکانیابی به منظور توسعه صنعتی در مورد کلیهٔ نیروگاه‌ها بسیار متداول شده است. در این گونه مطالعات برای انتخاب بهترین مکان جهت احداث نیروگاه معیارهای مختلفی مورد توجه قرار می گیرند. 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 دستهٔ محیطی_ فنی، اقتصادی_اجتماعی و محدودیت‌های زیست‌محیطی تقسیم‌بندی شدند. به طور کل کلیهٔ 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 هیدرودینامیک) 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 به‌صورت 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- کارشناس‌ارشد گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

Human and Environment, No. 56, Spring 2021

Determination of Effective Criteria for Power Plants Site Selection

***Soolmaz Dashti*[*1]**
Soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir
***Fatemeh Dashtebozorgi*[2]**

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). باتوجه 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. درحال 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 زغال‌سنگ انجام می‌گیرد. انرژی‌های نو نیز شامل به‌کارگیری منابعی مانند باد، خورشید، زمین‌گرمایی، 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 مناصق 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 زمین‌گرمایی، نیروگاه بیومس، نیروگاه دیزلی، نیروگاه مگنتوهیدرودینامیکی (MHD)[1] 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، گازوییل وگاز 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).

1-Magnetohydrodynamic (MHD)

۱-۱- نیروگاه بخاری

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 لوله-های کندانسور عبور کرده و دراثر 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).

۱-۲- 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).

۱-۳- 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 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 برمحیط اطراف در برداشته باشد. هدف از مکان‌یابی یافتن مجموعه‌ای ازگزینه‌های مکانی مناسب برای یک کاربرد خاص است (۵). در جداول ۱ الی ۳ معیارهای کلی مربوط به کلیه نیروگاه های 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 نیروگاه‌ها ی 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 در جه حرارت آب) و فاصله از گسل‌های 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).

۳- نیروگاه برق آبی

این گونه مولدها در مناطقی که دارای آب جاری فراوان باشند به‌کارگرفته 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 رتبه‌بندی 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 ($SO_{2\ mg/m^3}$ و $NO_{2\ mg/m^3}$، $PM_{10\ mg/m^3}$)

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 پتاسیل در مخزن سد بالادست ذخیره می‌گردد از طرف دیگر زمانی که نیاز مصرف بسیار بیشتر از توان تولیدی نیروگاه‌های 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 نیروگاه‌های تلمبه‌ای_ ذخیره‌ای برای تولید انرژی الکتریکی اجرا نمی‌گردند. 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 دارد۱- سود اقتصادی (اثراستاتیک، 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

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 به‌وجود 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 به‌خاطر سرعت ذرات آب انرژی جنبشی را با خود حمل می‌کنند. انرژی ذخیره شده از طریق اصطحکاک 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 به‌دست 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 نیروگاه ها مشخص است. این نیروگاه‌ها نیروی مورد نیاز خود را از اختلاف ارتفاع آب در بین 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- سیاست های 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 اثرتغییر شدت جریان‌های جزرومدی به‌وجود می‌آید، چگونگی کیفیت آب درحوضه آسیب، بررسی ماهی‌های آسیب دیده و دیگر آبزیان، کاهش پهنه‌ی جزرومدی، کاهش انتشار کربن و تغییر پراکندگی آب‌های زیرزمینی). دو معیار اول منعکس کننده اثر درشرایط 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 ازطریق 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 کاملا سازگارند. بخش کنترل توربین را هنگامی که سرعت باد بین ۴ تا ۲۵ متر بر ثانیه است به‌کار 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 $\geq 80kw$ ظرفیت دارند که اغلب برق تولید شده از این نیروگاه‌ها به مصرف خصوصی می‌رسد. نیروگاه‌های متوسط $80 \leq$

kw >۷۵۰ ظرفیت دارند. معمولاً صاحب این نیروگاه‌ها تعاونی-های برق بادی و یا شرکت‌های خصوصی برق هستندکه به شبکه سراسری برق می‌دهند. نیروگاه‌های بزرگ kw۷۵۰< 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 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 همانند :مدت ساعات آفتابی، تابش خورشیدی یکپارچه انتشار پرتوها (تشعشع، میانگین دما)، (۲۶).

۹- نیروگاه زمین‌گرمایی (ژئوترمال)

ژئوترمال[1] از کلمه یونانی (ژئو)[2] به معنی زمین و (ترمال)[3] 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 آنی یک مرحله‌ای آب داغ، ۳- نیروگاه‌های برق زمین‌گرمایی تبخیرآنی دو مرحله‌ای آب داغ، ۴- نیروگاه‌های برق زمین‌گرمایی دو مداره و ۵- نیروگاه‌های برق زمین‌گرمایی ترکیبی زمین گرمایی_فسیلی. از گرمای درون زمین تنها در مکان‌هایی می‌توان استفاده کرد که شرایط زمین‌شناسی ژئوترمال را داشته باشند مناطقی که درکمربند آتشفشانی و زلزله قرار دارند (۲۷). برای انتخاب سایت نیروگاه زمین‌گرمایی مجموعه داده‌های فنی (مناطقی 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[4] که چهارستون اصلی اقتصادی_ اجتماعی، محیطی، فرهنگی و سلامت دارد استفاده کرده‌اند. در این پروژه علاوه بر مشخص کردن اثرات چهارستون

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

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 بایومس[1] می‌باشد و شامل کلیهٔ اجزای قابل تجزیهٔ زیستی از محصولات، پسماندها و زائدات کشاورزی (شامل موادگیاهی و دامی)، جنگل‌ها و صنایع وابسته و همچنین فاضلاب‌ها و زباله‌های صنعتی و شهری می‌باشد. منشأ منابع فسیلی نیز منابع زیست توده می‌باشد ولی تفاوت آن‌ها در این است که منابع فسیلی از منابع زیست توده که در گذشتهٔ 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 بخارآب تبدیل شده و با نیروی بسیار زیاد وارد توربین می‌شود و پره‌های آن به گردش در می‌آورد حرکت توربین نیز یک مولد برق را به‌کار 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 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) زیست توده 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 می-شود 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 ۶۳۰kw تا kw ۱۲۰۰۰ 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).

1- Biomass

همچنین در مراکز دور افتاده‌ای که هزینه انتقال برق از هزینه تولید نیروگاه دیزلی بیشتر است مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۴). تولید برق دریک دیزل ژنراتور بستگی به سوخت مورد استفاده در آن است در نیروگاه دیزل با استفاده از سوخت گاز یا مایع درسیلندرها انرژی مکانیکی به‌دست 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 درحدود ۱۰۰ متر برثانیه و در دمای بالاتر از ۱۴۰۰درجه کلوین به عنوان سیال عامل در یک مولد MHD به‌کار 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 انرژی‌های 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، خورندگی 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 پارامترها ی کلی را که از منابع و مقالات متعدد جمع آوری 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 به‌کار 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

و یا غیره برای کلیه‌ی نیروگاه‌های آبی و سایر نیروگـاه‌هـا مـدنظر کارشناسان و متخصصان واقع شود.

جدول ۱-پارامترهای محیطی و فنی جهت احداث انواع نیروگاه

معیارهای محیطی و فنی	نیروگاه بخاری	نیروگاه گازی	نیروگاه سیکل ترکیبی	نیروگاه هسته ای	نیروگاه برق آبی	نیروگاه آب تلمبه ای	نیروگاه امواج	نیروگاه جزرومدی	نیروگاه بادی	نیروگاه خورشیدی	نیروگاه زمین گرمایی	نیروگاه بیومس	نیروگاه دیزلی	نیروگاه (MHD)
جهت باد	✓	✓	✓											
سرعت باد	✓	✓	✓	✓			✓		✓					
مدت زمان وزش باد							✓							
پیوستگی باد، چگالی توان باد									✓					
میزان رطوبت، شدت تشعشع، میزان فشار هوا									✓					
زغال‌سنگ	✓	✓	✓											
گازوئیل، نفت کوره وگاز 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، انتشارپرتوها										✓				
میانگین دما	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓				
رفت و برگشت موج، ارتفاع موج، دوره اوج، دامنه موج							✓							
محل چشمه‌ها و چاه‌های آب‌گرم، 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	✓	✓	✓	✓		✓								
کمربند 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، گازخنثی، محصول حاصل از احتراق														✓
منبع	۶، ۷، ۹	۶، ۷، ۸، ۹	۷، ۸، ۹	۱۰	۱۱ ، ۱۲	۱۳ ، ۱۴	۱۶	۱۸ ، ۱۹	۲۰ ، ۲۱ ، ۲۳	۲۶	۲۸ ، ۲۹	۳۲	۳۵، ۳۶	۳۸

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 نیروگاه‌ها به عواملی از جمله برج خنک‌کن، سیتم خنک‌کن، شرایط آب وهوایی، 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

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 می-تواند 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 خروجی های 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 حاصل‌خیر 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 درنظر 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 یاتولید 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 گازوییل، نفت کوره و گاز طبیعی را دارند در نیروگاه گازی از دو سوخت گازوییل و گاز طبیعی استفاده می‌شود و نیروگاه سیلکل ترکیبی هم از دو نوع سوخت گاز طبیعی و گازوییل استفاده می شود، 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 گازوییل 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.

جدول ۲- معیارهای اقتصادی- اجتماعی جهت احداث انواع نیروگاه

معیار اصلی	زیرمعیار	منبع
دسترسی	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)	۶، ۸، ۹، ۱۲، ۲۸، ۳۲، ۳۸
در دسترس بودن منابع	در دسترس بودن زمین، در دسترس بودن آب، در دسترس بودن نیروی کار ماهر، دسترسی به زیست‌توده و یا قابلیت استفاده از آن، دسترسی به سفره‌های بزرگ آب‌های زیرزمینی و سطحی، در دسترس بودن سوخت مناسب، در دسترس بودن زغال‌سنگ، نفوذ گیاه در منطقه که هر چقدر شعاع نفوذ گیاه در منطقه بیشتر باشد آن منطقه مناسب‌تر است.	۶، ۹، ۱۰، ۱۲، ۳۲، ۳۸
تأمین سوخت	پالایشگاه، لوله نفت و لوله گاز	۶، ۹
تأمین آب	رودخانه، آب‌های زیرزمینی، دریاچه	۶، ۹، ۱۲، ۱۳، ۱۹، ۳۲
تولید و انتقال نیرو	نیروگاه، سد، انتقال نیرو، خطوط انتقال نیرو، ایستگاه انتقال نیرو	۶، ۹، ۱۹، ۲۹، ۳۸
فاصله از	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	۹، ۱۰، ۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۳۲
نقاط جمعیتی	شهر (تأمین نیروی انسانی)،روستا (تأمین نیروی انسانی)،تراکم جمعیت	۶، ۸، ۹، ۱۰، ۲۸
هزینه	هزینه خرید زمین، اسکان مجدد، توان‌بخشی هزینه، هزینه زیرساخت، هزینه ساخت وساز، هزینه ساخت وساز سیستم‌های خنک کننده، هزینه ساخت وسازخط، 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	۶، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۹، ۲۲، ۲۶، ۲۸، ۳۵، ۳۶، ۳۸، ۴۳

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، 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 هزینه-های اقتصادی و حمل و نقل مواد خام پر انرژی امکان‌پذیر است(۳۲)

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 نیروگاه های 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 وهمچنین 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 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. مثلا مکان‌یابی احداث نیروگاه بادی در آنکارا پارامترهایی همانند فاصله از سایت-های استخراج معدن بیشتر از ۱۰۰متر، 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 گداخت 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

قیمت دیـزل‌هـا بررسـی میشـود (۳۵). بـه‌طـور کـل بایـد کلیـه پارامترهای عنوان شده مربوط به هزینه قبل از احـداث بررسـی و پیش‌بینی شوند، تا اقداماتی که در حین احـداث موجـب افـزایش هزینه می‌شوند را کنترل کرد و یـا تصـمیم‌گیـری بهتـری جهـت کاهش هزینه اتخاذ کرد. در هنگـام تصـمیم‌گیـری بـرای بهتـرین نیروگاه باید هزینه‌های متعـددی هماننـد هزینـه سـرمایه، هزینـه اصلی، هزینه‌هـای سـوخت (۴۲)، هزینـه سـاخت و سـاز، هزینـه عملیات و غیره را در نظر گرفت (۴۳). زمـانی کـه تصـمیم‌گیـری می‌شود هزینه‌ای جهت سرمایه‌گذاری برای انتخاب بهترین مکـان با نیروگاه مناسب اتخاذ شود آن هزینه با توجه به سـود و زیـان و حساب‌های پرداختی هزینه‌ای کاملا پذیرفته شده است (۴۲).

۳- محدودیت های 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 پرژه نظیر احداث جاده، سرویس و گسترش راه دسترسی، عملیات حفاری و انفجار، برداشت منابع قرضه، احداث بند انحرافی و تأسیات وابسته دارای بیشترین اثرات منفی دائمی بر روی جنگل و پوشش گیاهی و چشم‌انداز می باشد (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 محدویت‌های 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 جریانی که بر اثر تغییر شدت جریان‌های جزرومدی به‌وجود می‌آید، مد نظر قرار دادن میزان کاهش پهنه جزرومدی، تغییر در پراکندگی آب‌های زیر زمینی و مقدار مساحت زمین‌های فرو رفته در آب.

۳- ۳- مراکز جمعیت: فاصله مناسب مکـان نیروگـاه بـا منـاطق شهری، روستایی و مناطق تاریخی،گردشگری باید رعایت شود تـا موجب ایجاد اثرات منفی موقت و دائم در این مناطق نشود.

۳- ۴- بلایای طبیعی و خطرات: انتخاب مکان مناسب نیروگـاه 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 نیروگاه های جزرومدی (۱۹) باید شناسایی شوند و با ارائه راهکار توسط متخصصان از آسیب بیشـتر بـه ایـن گونه‌ها جلوگیری شود.

۳- ۵- حفاظت از منابع طبیعی: مناطقی که حفاظـت از منـابع طبیعی در آن‌ها صورت می‌گیرد (همانند گیاهان دارویـی، گونـه-های نادر، گیاهانی که به دلیل تعدادکم و یا توانایی تولید کم باید محافظت طبیعی شوند) باید معین و حریم آن‌ها را مشخص کـرد. احداث مکان نیروگاه باید در فاصله‌ای از این مناطق صورت گیـرد که خللی در امر حفاظت ایجاد نشود.

امـا نیروگـاه‌هـا از جنبـه زیسـت‌محیطـی اثـرات مسـتقیم و یـا غیرمستقیم دارند که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌کنیم.

۱- اثرات مستقیم نیروگاه‌ها به شرح زیر می باشد:

اثرات خروجی در هوا بر سلامت انسان، کشاورزی، پوشش گیـاهی و حیات وحش، افزایش سرو صدا و ارتعاش، تغییر در هیـدرولوژی و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، اثرات سمی ناشی از نشـت و تخلیه آلاینده‌ها، شوک حرارتی موجـودات آبـزی، از بـین رفـتن پوشش گیاهی، تغییـر الگـوی مصـرف آب، جابـه‌جـایی جمعیـت، اختلال و ترافیک محلی، بروز مخـاطرات اتفـاقی، افـزایش تقاضـا برای زیرساخت‌ها.

۲- اثرات غیرمستقیم نیروگاه‌ها

تغییر در الگوی جمعیتی، تغییر در ارزش‌ها و الگوهای اجتماعی و فرهنگی (۱).

جدول ۳- محدودیت‌های زیست‌محیطی جهت احداث انواع نیروگاه

معیار	زیر معیار	منبع
استفاده از زمین	جنگل، باغ، کشاورزی، شن‌زار (استفاده نظامی)	۷، ۸، ۹، ۱۰، ۲۶
آب‌ها	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 به‌وجود می‌آید، چگونگی کیفیت آب در حوضه-هایی که در معرض آسیب هستند،کاهش پهنه جزرومدی، تغییر در پراکندگی آب‌های زیرزمینی	۶، ۸، ۹، ۱۹
مراکز جمعیت	شهر، روستا، مکان‌های تاریخی و گردشگری	۶، ۸، ۹، ۲۶
بلایای طبیعی و خطرات	مناطق زلزله‌خیز، مناطق حفاظت شده، گونه‌های در معرض خطر (همانند بررسی ماهی‌های آسیب دیده و دیگر آبزیان در اطراف نیروگاه‌های جزرومدی)	۱۰، ۱۱
حفاظت از منابع طبیعی	گیاهان دارویی، گونه‌های نادر،گیاهانی که به دلیل تعدادکم و یا توانایی تولیدکم باید محافظت طبیعی شوند	۹، ۲۱، ۳۲

در رابطه با مکان‌یابی نیروگاه‌ها معیارها و زیرمعیار های 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 می-شود.

جدول ۴- خلاصه‌ای از ویژگی و مشخصه انواع نیروگاه‌ها

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

آلودگی کم	مقدار کمی آلودگی صوتی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	آلودگی	اثر مطلوب یا نامطلوب بر محیط انسانی
۱۰۰۰≤ (Mw)	Mw ۵۰≥	۵۰> (Mw)	۱۰۰> (Mw)	۱۵۰۰> (Mw)	۸۰۰> (Mw)	>۲۵۰۰(Mw)، برق‌آبی >۲۰۰۰(Mw)، تلمبه‌ای ذخیره‌ای <۳۰۰(Mw)، جزرومدی <۱۰۰(Mw)، امواج	>۱۰۰۰(Mw)	>۲۰۰۰(Mw)	توان تولید نیرو/مگاوا ت (Mw)

بحث و نتیجه گیری

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 الکتریسیته 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، معیارجمعیت (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 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

۱- سعیدی، محسن، مدیریت زیست‌محیطی نیروگاه-ها، نوبت چاپ اول، انتشارات وزارت نیرو_ سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، فصل اول و دوم، زمستان ۱۳۸۴.

۲- ایاز، قدرت‌الله، وطن‌دوست، محمود، ارزیابی آثار زیست‌محیطی سد مخزنی شهید رجایی‌سازی و تـأسیسات وابسطه، اولین کارگاه تخصصی سد و محیط زیست، ۱۳۸۶.

۳- جهاد دانشگاهی تهران، مطالعات اقتصادی، اجتماعی و طبیعی سد گتوند، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۳.

۴- 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.

۵- صیفی، صدری، بکارگیری رویکردهای تصمیم-گیری چندمعیاره (MADM) برای مکانیابی نیروگاه حرارتی مطالعه موردی: نیروگاه گازی ۱۰۰۰ مگاواتی کهنوج، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع‌طبیعی_ 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.

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- باشی‌ازغدی، 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.

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- پاکدل‌بناب، سهراب، رجب‌زاده قطرمی، علی، صفری، رضا، کریم‌زاده، عبداله، کیالاشکی، 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.suna.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 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 Seience& 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.

۲۷- - پایگاه اطلاعاتی وزارت نیرو_ سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) انرژی زمین گرمایی ۱ و ۲ گزارش دوم و هفتم (www.suna.org.ir).

28- Yousefi.H.,Ehara.S.,(2007).Geother mal Power Plant Site Selection Using Gis In Sabalan.Area,Nw Iran.international conference on Geographical in formation 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 Holictic 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.suna.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-Herhandez. 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 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.

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_E2252_Power_Plant_Engineering_II_year_IV_Semester_EEE_Academic_Year_2012-2013).

۳۷- فریادیان، احمد و همکاران، مدل‌سازی مولدهای مگنتوهیدرودینامیک (MHD)، کنفرانس بین-المللی یافته‌های 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.

۳۹- وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی معاونت امور انرژی. استراتژی مکان‌یابی نیروگاه‌های جدید با ملاحظات زیست‌محیطی و بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی، ۱۳۷۹.

۴۰- 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.

۴۱- 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 multi-criteria approach.,Global Humanitarian Technology Conference (GHTC),2014 IEEE., Location:San jose, CA, USA., DOI:10.1109/GHTC.2014.6970304

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.

۴۴- واقفی، محمد. رخشنده‌رو، غلامرضا، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی نیروگاه‌های برق آبی کوچک، کنفرانس ملی نیروگاه‌های آبی کشور،۱۳۸۲، تهران، C-132.