



پتانسیل سنجی و شناسایی نقاط مستعد جهت نصب نیروگاه‌های آبی خیلی کوچک در استان لرستان

قاسم ترابی^۱ - مسعود خوش نواز^۲ - علی صفری کارچانی^۲ - علی اصغر قدیمی^۳

^۱ شرکت توزیع نیروی برق استان لرستان، خرم آباد، ایران

^۲ شرکت برق منطقه‌ای باختر، اراک، ایران

^۳ دانشگاه اراک، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی برق، اراک، ایران

واژه‌های کلیدی: پتانسیل سنجی، نیروگاه آبی میکرو، انرژی برقابی، مناطق دوردست شبکه سراسری

چکیده

در ایران و سایر کشورهای در حال توسعه، به دلیل هزینه‌های سنگین انتقال نیرو و کمبود تولید، انرژی برق به سختی در دسترس مناطق دورافتاده قرار می‌گیرد. در واقع به علت صعب‌العبور بودن و دور بودن این مناطق از شبکه سراسری، اتصال آنها به شبکه غیرعملی و غیراقتصادی می‌باشد. این مسئله، توجه به حداقل پتانسیل‌های آبی به منظور تولید انرژی الکتریکی را ضرورت می‌بخشد. استفاده از نیروگاه‌های برق آبی کوچک به سبب مزایای فراوانی که نسبت به سایر نیروگاه‌ها دارد، می‌تواند بر حسب موقعیت و شرایط منطقه، منبع تغذیه برق این مناطق باشند.

در این مقاله، شناخت و مکان‌یابی نقاط مناسب برای نصب نیروگاه‌های برق آبی کوچک به منظور استفاده از پتانسیل‌های آبی موجود در استان لرستان جهت تامین برق مناطق دور از شبکه سراسری مورد توجه قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا حوضه‌های آبریز و شبکه رودخانه‌ای استان و همچنین

وضعیت برق روستایی در استان مورد بررسی قرار گرفته است. سپس بر اساس معیارهای موجود پتانسیل‌های آبی خیلی کوچک و نهایتاً محل‌های پیشنهادی برای نصب نیروگاه مشخص شده است. در پایان نتایج برآوردی توان تولیدی مناطق مورد نظر و محاسبات اقتصادی ارائه شده است.

۱- مقدمه:

در مناطق کوهستانی با توجه به شرایط نامناسب جغرافیایی، فاصله زیاد روستاها از یکدیگر و وجود زمستان‌های سخت و پربرف که در مواقعی منجر به مسدود شدن راه‌ها می‌شود، تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز از طریق شبکه سراسری برق داری^۳ مشکل عمده است:

الف- در این نواحی کوهستانی و صعب‌العبور، احداث خطوط فشار متوسط برق با هزینه‌های بسیار بالا همراه است، زیرا از طرفی به خاطر بار سنگین ناشی از برف و یخ بر خطوط برق، حجم مصالح مورد نیاز بیشتر بوده و از طرف دیگر هزینه‌های

اجرای نیز بالاتر می‌باشد.

ب- در این نواحی به دلیل فاصله زیاد روستاها از یکدیگر و پراکندگی آنها و نامناسب بودن راه‌های دسترسی، هزینه تعمیر و نگهداری خطوط بسیار بالاست.

ج- انرژی زیادی به خاطر طول زیاد خطوط تلف می‌شود.

در سال‌های اخیر، ساخت نیروگاه‌های برق آبی کوچک در مناطق دورافتاده و روستایی با توجه به مزایای آن، مورد توجه قرار گرفته است. از جمله این مزایا می‌توان به عمر بالا، عدم ایجاد آلودگی، عدم استفاده از سوخت، راه‌اندازی سریع، ساده بودن ساخت و بهره‌برداری و اقتصادی بودن این نیروگاه‌های کوچک اشاره کرد [۱]-[۲].

در صورتی که در نزدیکی شبکه سراسری برق نیز امکان تولید برق با این نوع نیروگاه‌ها وجود داشته باشد می‌توان با اتصال صحیح آنها به شبکه مازاد انرژی تولیدی را جهت بهبود تلفات، افت ولتاژ و قابلیت اطمینان شبکه توزیع بکار گرفت.

پتانسیل آبی شناسایی شده در ایران حدود ۵۰ میلیارد کیلووات ساعت برآورد شده است که در حال حاضر حدود ۷۶۷۰ مگاوات مورد بهره‌برداری قرار گرفته و در حدود ۲۸ گیگاوات در دست مطالعه و اجرا است [۳]-[۵]. براساس یک اظهار نظر کارشناسی در بیش از ۳ هزار نقطه از مناطق ایران، امکان احداث نیروگاه‌های آبی خلی خلی کوچک (میکرو) وجود دارد [۶].

همچنین در نتایج مطالعات اولیه که توسط کارشناسان وزارت نیرو و دانشگاهی انجام شده، احتمال وجود ۲۷۰۰ روستا در کشور داده شده است که در نزدیکی یا اطراف آنها تا شعاع ۱۰ کیلومتر پتانسیل آبی با شیب مناسب طبیعی وجود دارد [۷].

بیشتر این پتانسیل‌ها در استان‌های شمالی و غربی و مرکزی ایران قرار دارند. برای سرمایه‌گذاری صحیح در این پروژه‌های برق آبی کوچک در نقاط مختلف کشور، احتیاج به مطالعات تحقیقات فراوان به منظور شناسایی نقاط مستعد جهت نصب این نیروگاه‌ها می‌باشد. این مطالعات طی چند سال گذشته توسط اداره کل برق معاونت عمران جهاد سازندگی با طراحی و به اجرا در آوردن طرح جامع انرژی انجام شد و این واحد اقدام به شناسایی دقیق پتانسیل‌های آبی کوچک کشور نمود و در برخی مناطق مراحل مطالعاتی طرح انجام گردید و بعضی مناطق مستعد، شناسایی شدند. از جمله آنها نیروگاه آبی کرنق

با ظرفیت ۵۴ کیلووات در استان اردبیل، نیروگاه آبی ناو ۶۰ کیلو وات در استان گیلان، نیروگاه گرنی با ظرفیت ۲۵ کیلو وات در استان خراسان شمالی، و نیروگاه‌های مران و درجان هر کدام با ظرفیت ۳۶ و ۵۲ کیلو وات در استان مازندران به بهره‌برداری رسیده و برق مناطق روستایی اطراف خود را که به شبکه وصل نیستند تأمین می‌نمایند. بعد از ادغام وزارت جهاد سازندگی و کشاورزی شرکت آب و نیروی ایران متصدی این امر گردیده است.

این مقاله نتایج پروژه تحقیقاتی انجام شده در شرکت برق منطقه‌ای باختر را ارائه می‌دهد که در آن پروژه نقاط مستعد جهت نصب نیروگاه‌های آبی خلی خلی کوچک جهت تولید برق بصورت پراکنده در محدوده استان لرستان شناسایی گردیدند.

۲- سیمای آب لرستان

استان لرستان با توجه به واقع شدن در ناحیه میانی زاگرس در مسیر جریان دو توده هوا قرار دارد. یکی جریان‌های گرم و مرطوب سودانی و دیگری جریان‌های معتدل و مرطوب مدیترانه‌ای که استان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. هرگاه این دو توده هوا با هم برخورد می‌کنند، جبهه‌های باران‌زای مناسبی تشکیل می‌دهند. متوسط بارش بلند مدت استان حدود ۵۷۰ میلیمتر در سال است و از این نظر بعد از حوزه دریای مازندران و دریاچه ارومیه سومین منطقه پرباران کشور است [۸].

شبکه رودخانه‌ای این استان یکی از غنی‌ترین شبکه آب‌های روان کشور است که با احتساب آب‌های ورودی از استانهای مجاور پس از کسر مصارف، بالغ بر ۱۳/۵ میلیارد متر مکعب آب را به دریاچه‌های پشت سدهای دز و کرخه تخلیه می‌نمایند که این حجم آب حدود ۱۱ درصد کل آب‌های جاری کشور است. این شبکه با ۴ رودخانه اصلی و بیش از ۳۰ رودخانه دائمی جمعاً به طول ۲۴۵۰ کیلومتر در دو حوضه دز و کرخه واقع شده است. همچنین تشکیلات سخت زمین‌شناسی بالغ بر ۵ میلیارد متر مکعب آبهای زیرزمینی را در خود ذخیره نموده است. استان لرستان در حوضه درجه ۱ خلیج فارس و دریای عمان با کد ۲ قرار دارد. مساحت این حوضه ۴۲۴۵۱۵ کیلومتر مربع بوده و شامل ۲۶۵ محدوده

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

مطالعاتی است. غالب سطح استان در دو زیر حوضه درجه ۲ کارون بزرگ و کرخه قرار دارد. جدول (۱) تا جدول (۳) حوضه آبریز و شبکه رودخانه‌ای این استان را نشان می‌دهد.

- الف- بیوگاز
- ب- استفاده از مولدهای خورشیدی
- ج- استفاده از انرژی باد
- د- استفاده از دیزل ژنراتور
- ه- استفاده از نیروگاه‌های آبی کوچک (میکرو)

۳- وضعیت برق روستایی در استان لرستان

بر اساس اطلاعات و آمار دریافت شده از شرکت توزیع استان لرستان، تا پایان سال ۱۳۸۶ از تعداد ۲۵۹۰ روستای استان، تعداد ۴۳ روستا بالای ۲۰ خانوار و تعداد ۲۲۷ روستای زیر ۲۰ خانوار بدون برق می‌باشند. در مجموع ۸۹.۶ درصد روستاها برق‌دار و بقیه فاقد برق هستند. روستاهای فاقد برق استان عمدتاً در بخش کوهستانی آن قرار دارند و بعضاً فاقد راه دسترسی و شرایط لازم برای احداث شبکه‌های برق می‌باشند. جدول (۴) وضعیت برق روستایی استان را بطور خلاصه نشان می‌دهد.

با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی و مشکلات ناشی از احداث خطوط انتقال فشارقوی به مناطق دور و اصل استفاده از تمامی منابع انرژی موجود کشور در راستای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز مردم این مناطق، احداث نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک به عنوان یک گزینه بسیار مناسب مطرح است. علاوه بر این، احداث نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک و برق‌رسانی به این مناطق دورافتاده، می‌تواند منجر به ایجاد صنایع کوچک و در نتیجه اشتغال‌زایی و توسعه اقتصادی و اجتماعی روستاها شده و از مهاجرت روستائیان به شهرها جلوگیری نماید. از طرف دیگر با تولید برق در این مناطق، از انهدام جنگل‌ها برای تهیه سوخت توسط روستائیان و در نتیجه از بهم خوردن تعادل اکولوژیکی منطقه جلوگیری خواهد شد.

تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در این مناطق از دیدگاه اقتصادی حائز اهمیت فراوان می‌باشد. در بررسی‌های اولیه معلوم شد با توجه به شرایط و استعدادهای منطقه، تامین انرژی برق می‌تواند به یکی از صورتهای زیر انجام گیرد:

جدول(۱): حوضه آبریز استان لرستان

نام حوضه	مساحت	تعداد محدوده	تعداد محدوده در استان	در صد وسعت	تولید آب سطحی (میلیارد متر مکعب در سال)
کارون بزرگ	۶۷۲۵۷	۴۲	۵ حوضه داخلی و ۲ حوضه مرزی	۵۷.۹	۸/۰۵
کرخه	۵۱۶۴۳	۳۵	۸ حوضه داخلی و ۲ حوضه مرزی	۳۸.۱	۵/۴۵

جدول(۲): گسترش آبهای سطحی استان در محدوده دز

رودخانه	سرشاخه	A (km ²)	Q (m ³ / s)	MCM
دز	تیره	۶۳۴۰۰	۱۷/۲	۵۴۲/۴۲
	گلرود	۶۰/۴	۲/۴۸	۷۸/۲۱
	سراب سفید	۶۴/۶	۱/۷۸	۵۶/۱۳
	آبسرده	۲۲۳	۲/۷	۸۵/۱۵
	بیاتون	۱۲۰	۰/۵۲	۱۶/۴
	تیره	۹۶۰	۴/۵۴	۱۴۳/۱۷
	ماربره	۲۶۵۵	۹/۱۵	۲۸۷/۵۵
	ازنا	۲۰۱۰	۴/۱۷	۱۳۱/۵۱
	دره تخت	۳۶۶۵	۱/۴۷	۴۶/۳۶
	کمندان	۳۵	۱/۴۵	۵۲/۰۳
بختیاری	۶۳۹۰	۱۵۰/۱۷	۴۷۳۵/۷۶	
سزار	۹۲۰۰	۱۰۴/۱۵	۳۲۸۴/۴۷	

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

جدول (۳): گسترش آبهای سطحی استان در محدوده کرخه

MCM	$Q(m^3 / s)$	$A(km^2)$	سرشاخه	رودخانه	کرخه
۱۰۰/۱۳	۳/۱۸	۶۱۵	بادآور	سیمره	
۶۸/۲۰	۱/۴۷	۵۶۸	دره دزدان (تنگ سیاب)		
۸۷/۲	۲/۷۷	۲۷۰	هرود دهنو	کشکان	
۳۳۴/۷۵	۱۰/۶۲	۱۱۴۸	هرو کاکارضا		
۹۴/۹۲	۳/۰۱	۱۶۶	دره تنگ الشتر		
۲۱۶/۴۹	۶/۸۷	۷۷۳	سراب صید علی الشتر		
۳۳۹/۳۳	۱۰/۷۶	۱۵۹۰	چم انجیر		
۲۹۴/۲۳	۹/۳۳	۲۴۵۰	دو آب و بیسان		
۵۴/۰۸	۱/۷۲	۲۳۴	کاکاشرف		
۸۳۹/۶۵	۲۶/۶۳	۳۶۷۰	پل کشکان		
۱۲۶۹/۸	۴۰/۲۷	۶۷۰۰	افرینه		
۱۱۰/۵۳	۳/۵۱	۸۰۰	چولهل		
۵۲/۱۹	۱/۶۶	۱۱۰۸	مادیان رود		
۱۴۵۰/۵	۴۶	۹۱۴۰	پلدختر		

جدول (۴): آخرین اطلاعات برق روستاهای استان لرستان تا پایان سال ۸۷

روستاهای بدون برق در دست اقدام در سال ۸۷			روستاهای بدون برق فاقد شرایط برقرسانی			روستاهای فاقد برق دارای شرایط برقرسانی			روستاهای برقدار					شهرستان
تجمع	زیر ۲۰ خانوار	بالای ۲۰ خانوار	تجمع	زیر ۲۰ خانوار	بالای ۲۰ خانوار	تجمع	زیر ۲۰ خانوار	بالای ۲۰ خانوار	تجمع	زیر ۱۰ خانوار	بالای ۱۰ خانوار	بالای ۱۵ خانوار	بالای ۲۰ خانوار	
۴	۳	۱	۳۳	۲۹	۴	۱۹	۱۸	۱	۶۸۱	۷۲	۱۱۴	۹۲	۴۰۳	خرم آباد
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸	۸	۰	۱۵۵	۶	۱۱	۱۳	۱۲۵	بروجرد
۱	۰	۱	۳۹	۱۲	۲۷	۳	۳	۰	۲۳۴	۲۱	۳۵	۲۷	۱۵۱	الیگودرز
۱	۱	۰	۳	۳	۰	۱۲	۱۲	۰	۲۷۲	۱۳	۳۱	۴۵	۱۸۳	کوههدشت
۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱۳۲	۸	۱۴	۱۱	۹۹	دورود
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۸۹	۷	۲	۲	۷۸	ازنا
۰	۰	۰	۴۴	۴۲	۲	۲۳	۲۲	۱	۳۴۷	۱۴	۵۷	۵۸	۲۱۸	نورآباد
۰	۰	۰	۴	۴	۰	۳	۳	۰	۲۲۱	۱۷	۴۱	۳۴	۱۲۹	الشتر
۰	۰	۰	۳۸	۳۴	۴	۱۸	۱۸	۰	۲۱۴	۲۲	۳۴	۴۵	۱۱۳	پلدختر
۶	۴	۲	۱۶۲	۱۲۵	۳۷	۸۸	۸۶	۲	۲۳۴۵	۱۸۰	۳۳۹	۳۲۷	۱۴۹۹	جمع

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

۴- پتانسیل‌سنجی نیروگاه‌های میکرو در استان

از نقطه نظر قدرت تولیدی، نیروگاه‌های آبی را به چند دسته زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) نیروگاه‌های آبی بزرگ با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات

(Larg Hydro Power plants)

ب) نیروگاه‌های آبی کوچک با ظرفیت بین ۵۰۰ کیلووات تا

۵۰ مگاوات (Small Hydro Power plants)

ج) نیروگاه‌های آبی متوسط (مینی) با ظرفیت بین ۲۰۰ تا ۵۰۰

کیلووات (Mini Hydro power plants)

د) نیروگاه‌های آبی بسیار کوچک (میکرو) با ظرفیت کمتر از

۲۰۰ کیلووات (Micro Hydro power)

در این مقاله، معیارهای انتخاب محل نیروگاه بر اساس ظرفیت آنها در حد میکرو بوده و نکات کلی زیر در نظر گرفته شده است:

- موجود بودن پتانسیل آب به مقدار کافی

- نزدیک بودن به شبکه توزیع یا مصرف کننده های برق

- محل مناسب جهت احداث سازه‌های مربوط

- داشتن حداقل اثرات سوء بر کشاورزی منطقه

- امکان دسترسی آسان به محل مورد نظر

- مناسب بودن جریان آب در زمان‌های مختلف

- در دسترس بودن و آسانی حمل و نقل مصالح

بررسی و شناسایی این نقاط به طریق زیر صورت گرفته است:

۱-۴) انتخاب نقاط مناسب از روی نقشه توپوگرافی

ابتدا بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ استان که کلیه رودخانه‌ها و سرشاخه‌های آنها بر روی آن مشخص گردیده مسیر رودخانه از بالاترین نقاط مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به منحنی‌های میزان شیب رودخانه و شیب دامنه‌ها، کلیه نقاطی که به نظر می‌رسد امکان احداث بند و کانال وجود دارد و بین محل بند و محل نیروگاه اختلاف ارتفاع مناسبی وجود دارد به عنوان یک نقطه مستعد جهت احداث نیروگاه منظور شده است.

۲-۴) استفاده از تجربه افراد آشنا به منطقه

در مرحله دوم با مشورت از کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای و

شرکت توزیع برق استان که آشنا به منطقه می‌باشند، نقاط تعیین شده از جهت راه‌های دسترسی، نزدیکی به شبکه و مصرف کننده، میزان ارتفاع، دبی آب و میزان و زمان آبدار بودن رودخانه‌ها مورد بررسی قرار گرفته و ارزیابی دقیق‌تری نسبت به کار تئوری انجام شده بر روی نقشه انجام گردید.

۳-۴) بازدید محلی برای شناسایی نقاط تعیین شده بر روی نقشه جهت بررسی نقاط مستعد و نهایتاً برآورد قدرت قابل استحصال فرمی تهیه شده است که در آن مشخصات کامل محل جایگاه، فاصله جایگاه از نزدیکترین روستاها و شهرها، وضعیت جغرافیایی محل جایگاه، وضعیت رودخانه و دامنه‌های آن در آن نقطه و نهایتاً میزان دبی رودخانه در آن محل، اختلاف ارتفاع، مشخصات اولیه نیروگاه قابل احداث و ... در آن آورده شده است. برای تکمیل این فرم که در واقع شناسنامه جایگاه می‌باشد، گروهی از کارشناسان با تخصص‌های مورد نیاز شامل زمین‌شناسی، هیدرولوژی و برق به اضافه یک نفر از افراد محلی با تجربه با امکانات مورد نیاز جایگاه‌های تعیین شده در نقشه را مورد بازدید و بررسی قرار دادند.

مواردیکه در این بازدید و بررسی مورد توجه است، در واقع دریافت اطلاعات برای تکمیل کامل فرم شناسایی می‌باشد که برخی از موارد آن عبارتند از:

۱-۳-۴) تعیین دبی رودخانه

یکی از اهداف اصلی در شناسایی جایگاه، تعیین دبی رودخانه در محل مورد نظر که شامل اندازه‌گیری دبی در زمان بازدید و جمع‌آوری آمار و اطلاعات با استفاده از ایستگاه‌های نصب شده و یا برآورد تقریبی آن با استفاده از اندازه‌گیری از سطح حوضه آبریز و میزان بارندگی منطقه در فصول مختلف سال می‌باشد.

۲-۳-۴) تعیین هد یا اختلاف ارتفاع

فاکتور مهم دیگری که در شناسایی اولیه جایگاه نیروگاه

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

حداکثر و حداقل و میانگین دبی در فصول، ماه‌ها و سال‌های مختلف تعیین می‌گردد.

۴-۳-۴ تعیین مکان و نوع بند

در طول مسیر رودخانه، مکانی مناسب که دامنه‌های اطراف آن به لحاظ زمین‌شناسی مشکلی نداشته باشد و مسیر رودخانه در آن نقطه مستقیم باشد، به عنوان محل احداث بند انحرافی در نظر گرفته می‌شود. در انتخاب این مکان باید وجود راه دسترسی مورد توجه قرار گیرد. بند انحرافی یکی از بخش‌های مهم پروژه نیروگاه برق‌آبی کوچک می‌باشد و سهم زیادی در هزینه‌های احداث نیروگاه دارد، بنابراین با توجه به میزان انرژی تولیدی، درجه اهمیت تداوم سرویس و در نظر داشتن مصالح موجود در محل و نیز سایر مسائل فنی مربوطه به صورت یکی از انواع بتونی مسلح یا وزنی مصالح بنایی و یا حتی تیرهای چوبی اجرا می‌گردد.

(۲-۳-۴)

۴-۳-۱ تعیین مسیر احداث کانال

مسیر احداث کانال با توجه به شرایط فنی و اقتصادی تعیین می‌شود و در انتهای کانال لوله‌های تحت فشار که آب را به توربین‌ها در اتاق نیروگاه منتقل می‌کند، احداث می‌گردد.

۴-۳-۲ تعیین امکان احداث نیروگاه زنجیره ای

از دیگر موارد قابل بررسی در شناسایی جایگاه‌ها، امکان احداث چند نیروگاه به صورت متوالی است بطوریکه خروجی آب از پایاب یک نیروگاه وارد کانال هدایت آب نیروگاه بعدی شود. این شیوه احداث نیروگاه‌ها اصطلاحاً نیروگاه‌های زنجیره‌ای نامیده می‌شود. در این زنجیره، بند انحرافی فقط در نیروگاه اول ساخته می‌شود و بقیه نیروگاه‌ها نیاز به بند ندارند، بنابراین ساخت این نوع نیروگاه در کاهش بهای تمام شده انرژی تولیدی و افزایش راندمان اقتصادی پروژه موثر خواهد بود. برق تولیدی از نیروگاه‌ها را می‌توان با اتصال آنها به یکدیگر به صورت موازی یکجا نموده و به نقاط مصرف هدایت کرد.

برق‌آبی کوچک تعیین می‌گردد، هد یا ارتفاع جایگاه است که در حقیقت اختلاف ارتفاع بین محل احداث بند و محل ساخت نیروگاه می‌باشد. این اختلاف ارتفاع، در مراحل اولیه توسط دستگاه GPS و در مراحل پیشرفته‌تر با نقشه‌برداری‌های دقیق توپوگرافی بدست می‌آید.

۴-۳-۳ تعیین نوع نیروگاه از نظر ذخیره ای یا جریانی

بودن آن

نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک به دو دسته نیروگاه‌های جریانی و نیروگاه‌های ذخیره‌ای تقسیم می‌شوند. در نیروگاه جریانی هیچ گونه سد یا بندی با هدف ذخیره آب احداث نمی‌شود. بندهای ساخته شده در این نوع نیروگاه فقط جهت انحراف آب از مسیر اصلی و هدایت آن به سمت کانال انتقال آب می‌باشد. بنابراین در این نوع نیروگاه‌ها قدرت تولیدی فقط متکی به جریان لحظه‌ای آب رودخانه است و دارای نوسانات متناسب با دبی رودخانه می‌باشد و هر گونه برنامه‌ریزی برای مصرف باید با توجه به میزان آبدهی رودخانه در ماه‌های مختلف سال انجام گیرد.

با در نظر گرفتن یک مخزن ذخیره در طرح نیروگاه و باز کردن دریچه آن مطابق تقاضای مصرف‌کنندگان می‌توان بر تاثیر تغییرات فصلی جریان آب غلبه کرد. بنابراین ظرفیت نصب می‌تواند به مقدار زیادی به سطح تقاضای برق نزدیک شود. اما در پروژه‌های جریان رودخانه‌ای که در آنها ذخیره آب وجود ندارد، ظرفیت ثابت به کمترین شدت جریان آب محدود خواهد بود که این ظرفیت، کسری از ظرفیت نصب می‌باشد. با این وجود احداث یک مخزن ذخیره تنها به منظور استفاده در یک نیروگاه کوچک آبی از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نمی‌باشد. برای تعیین نوع نیروگاه باید میزان جریان آب رودخانه‌ها در یک دوره‌ی کامل سالانه موجود باشد. برای این کار مقطع رودخانه مسطح می‌شود و در یکی از کناره‌های آن اشل نصب می‌گردد و ارتفاع آب بر روی اشل به صورت مرتب اندازه‌گیری می‌شود. با اندازه‌گیری دبی در زمان‌های مشخص منحنی دبی بر حسب زمان بدست می‌آید که با توجه به آن

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

۴-۳-۳ تعیین وضعیت کارکرد نیروگاه به صورت مستقل و یا اتصال به شبکه

نیروگاه‌های آبی خلی کوچک هم می‌توانند به صورت یک نیروگاه مجزا و مستقل برای تأمین بار محلی برق مورد نیاز نواحی و اطراف نیروگاه بکار گرفته شوند و هم در صورت امکان به شبکه سراسری و یا شبکه یک نیروگاه دیگر متصل شوند. اصولاً احداث نیروگاه‌های برق‌آبی خلی کوچک (میکرو) برای نقاط دور افتاده دارای اهمیت بیشتری است و از آنجاکه در ظرفیت‌های پائین نیز احداث می‌گردد، کارکرد آن به صورت مستقل مد نظر است. در قدرت‌های بالاتر و برای نقاطی که نزدیک به شبکه‌های موجود برق هستند معمولاً بخش قابل ملاحظه‌ای از انرژی تولیدی در بعضی مواقع بدلیل عدم نیاز منطقه بلااستفاده خواهند ماند، بنابراین در این نقاط اتصال نیروگاه برق‌آبی به شبکه برای انتقال انرژی مازاد به شبکه اقتصادی‌تر به نظر می‌رسد. ضمن اینکه در این حالت در مواقعی از سال که تولید نیروگاه کمتر از تقاضا باشد، کمبود انرژی از شبکه جبران می‌شود. چگونگی اتصال نیروگاه به شبکه بحث مفصلی دارد که باید در جای خودش انجام شود.

۴-۳-۴ بررسی امکان استفاده چند منظوره از نیروگاه

یکی از عوامل افزایش راندمان اقتصادی طرح استفاده دو منظوره و یا چند منظوره از نیروگاه می‌باشد. از موارد معمول در این رابطه، حالتی است که که بند و کانال انتقال آب نیروگاه علاوه بر بکارگیری جهت تولید قدرت، برای آبیاری زمین‌های زراعی و یا تأمین آب آشامیدنی منطقه و یا استفاده جهت پرورش ماهی نیز مورد استفاده قرار گیرند.

۵- نتایج پروژه

در این قسمت، نتایج بدست آمده بر اساس اهداف پروژه، یعنی یافتن مکانهای مناسب و ارائه طرح مناسب برای چند نمونه نیروگاه‌های برق‌آبی تأمین‌کننده برق مناطق مورد نظر در حوزه استان لرستان، ارائه می‌شود.

۵-۱- نتیجه بررسی پتانسیل‌های آبی میکرو در استان

با توجه به روش ارائه شده، جستجو برای پتانسیل‌های آبی

کوچک در استان لرستان انجام و تعداد ۷۵ جایگاه پتانسیل برق‌آبی کوچک در استان شناسایی شده است. سپس جهت طراحی کامل و برآورد قدرت قابل استحصال، جمع‌آوری اطلاعات و اندازه‌گیری‌های دقیق از محل انجام گرفته است.

۵-۲- پتانسیل‌های آبی کوچک اولویت دار

با بررسی‌های اولیه از تعداد ۷۵ منطقه شناسایی شده، تعداد ۳۶ نقطه با توجه به نزدیک بودن به محل مصرف و عدم نیاز به ایجاد شبکه توزیع برق طولانی، وجود روستاهای بی‌برق در نزدیکی آن‌ها و دسترسی مناسب به جاده در اولویت قرار دارند.

۵-۳- مشخصات محل‌های پیشنهادی برای نصب نیروگاه

در بین پتانسیل‌های معرفی شده در بالا ۱۷ منطقه مورد بازدید دقیق و اندازه‌گیری دبی و ارتفاع قرار گرفت که مشخصات آنها در جدول (۵) آمده است. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری دبی در مهر ماه سال ۱۳۸۷ انجام گرفته است که علاوه بر وجود خشکسالی، کم‌آب‌ترین فصل سال بوده است. بنابراین می‌توان پیش‌بینی کرد که در ماه‌های دیگر سال و یا سال‌هایی که وضعیت بارندگی مناسب‌تر باشد، این ظرفیت‌های برآورد شده، به راحتی قابل استحصال است.

۵-۴- مشخصات محل‌های نقشه‌برداری شده

از بین نقاط اشاره شده، بر اساس معیارهای زیر ۱۰ نقطه مورد بررسی دقیق قرار گرفت:

- اولویت نیاز به برق و دسترسی مناسب جهت انجام طراحی کامل

- بررسی هیدرولوژیکی آب شامل ارتفاع موجود و دبی آب در فصول مختلف و برآورد میزان انرژی قابل استحصال در مناطق انتخاب شده

- بررسی زمین شناسی منطقه و امکان استفاده از نیروگاه جهت توسعه کشاورزی و آبیاری منطقه

- بررسی موقعیت جغرافیایی منطقه از لحاظ دسترسی، مواد

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

نقشه‌برداری و مسیریابی کانال و تعیین محل نصب نیروگاه برای این ۱۰ نقطه انجام شد که مشخصات آنها در

$$P = \frac{\gamma Q H \eta}{1000} \quad (1)$$

که در آن:

P: خروجی توربین بر حسب کیلووات

H: ارتفاع (هد) خالص بر حسب متر

Q: دبی توربین بر حسب متر مکعب بر ثانیه

γ: وزن مخصوص آب بر حسب نیوتن بر متر مکعب

η: راندمان توربین

می‌باشد. در این رابطه، مقادیر راندمان توربین‌ها به صورت مقادیر محافظه‌کارانه در ابتدا انتخاب شده و در نهایت بر اساس مقادیر مشخص شده در آزمایشگاه دقیق می‌شوند. مقادیر اولیه در رابطه فوق، برابر ۹۳ درصد و برای توربین‌های فرانسسیس و پروپلر و ۹۰ درصد برای توربین‌های پلتون و تیوبلار می‌باشد [۹]-[۱۰].

اولیه موجود در منطقه برای ساخت نیروگاه، وجود افراد محلی برای همکاری در ساخت و بهره‌برداری و حفاظت از تأسیسات و همچنین خطوط انتقال موجود برای اتصال به مصرف‌کننده‌ها.

جدول (۶) مشخص شده است. در این جدول، موارد ۱ تا ۳ مسیر آب شرب شهر بروجرد است که توسط سه فشارشکن فشار آب تقلیل می‌یابد و نقطه بسیار مناسبی جهت نصب نیروگاه میکرو است. زیرا می‌توان با حداقل هزینه (تنها اتاق نیروگاه نیاز بوده و کانال‌کشی و لوله مورد نیاز نیست) نیروگاه را نصب نموده و فشار آب را توسط تبدیل انرژی آن به الکتریسیته در توربین کاهش داد.

۵-۵- نتایج برآورد توان تولیدی مناطق مورد نظر

در پایان پروژه پنج نقطه به عنوان نمونه انتخاب گردیده و بر اساس دستور العمل استاندارد، برای آنها محاسبات لازم انجام شده که نتایج آن در **جدول (۷)** آمده است. لازم بذکر است میزان انرژی قابل تبدیل به انرژی الکتریکی به میزان هد، دبی و بازده توربین‌های هیدرولیک بستگی دارد. این توان از رابطه (۱) قابل محاسبه می‌باشد [۹]:

جدول (۵): اطلاعات مناطق پیشنهادی جهت نصب نیروگاه برق آبی کوچک در استان لرستان

ردیف	منطقه	شهرستان	دبی (متر مکعب در ثانیه)	ارتفاع (متر)	برآورد ظرفیت نصب MW
1	وارک	خرم آباد	0.5	70	0.28
2	نوژیان	خرم آباد	0.3	80	0.192
3	هفت چشمه ۱	خرم آباد	0.3	40	0.096
4	هفت چشمه ۲	خرم آباد	0.3	70	0.168
5	پسیر	خرم آباد	1	110	0.88
6	مرگ سر	خرم آباد	0.25	100	0.2
7	رفتخان	خرم آباد	0.6	60	0.288
8	سیرم	خرم آباد	100	0.5	0.4
9	درخت چمن	الیگودرز	0.8	30	0.192
10	کیرف	الیگودرز	1.5	90	1.08
11	تیتکان	الیگودرز	0.6	200	0.96
12	آب سفید	الیگودرز	2	150	2.4
13	پرچل	الیگودرز	0.4	100	0.32
14	گیلان رود ۱	بروجرد	1.5	80	0.96
15	گیلان رود ۲	بروجرد	1.5	80	0.96
16	مسیر آب شرب	بروجرد	0.25	400	0.8
17	ونایی	بروجرد	2	35	0.56

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

هدایت آب، تجهیزات پست، گاورنر و سایر تجهیزات کنترلی، برآورد هزینه نظارت و اجرای عملیات ساختمانی و نصب نیروگاه، انجام شده که قیمت حدود ۶۷۰ دلار به ازای یک کیلووات‌ساعت انرژی برق می‌باشد. با فرض اینکه این نیروگاه‌ها در تمامی اوقات شبانه روز در بار نامی کار کنند و قیمت خرید برق به صورت تضمینی ۷۷۰ ریال به ازای یک کیلووات‌ساعت باشد، این هزینه ناشی از احداث نیروگاه در کمتر از یک سال (در حدود ۳۳۰ روز) برگشت خواهد کرد [۱۱].

لازم به ذکر است که مطابق اطلاعات دریافتی از سازندگان، عمر مفید این نیروگاه‌ها حدود ۵۰ سال و اولین زمان تعمیر اساسی، ۲/۵ سال بعد از راه‌اندازی می‌باشد.

برای دو سایت کیگوران و فشارشکن دوم محاسبات دقیق نیز بر اساس استانداردها و نرم‌افزارهای موجود در شرکت‌های معتبر نیروگاهی انجام گردید.

این محاسبات شامل محاسبه و انتخاب سیستم آبیگر و انتقال آب موجود به توربین، محاسبه و انتخاب نوع توربین با توجه به ارتفاع و دبی موجود در منطقه و برآورد میزان قدرت، محاسبه و انتخاب نوع و قدرت ژنراتور، محاسبه و انتخاب تجهیزات الکتریکی و کنترل شامل پست، سوئیچگیر، گاورنر و خطوط انتقال جهت اتصال نیروگاه به مصرف‌کننده‌ها می‌باشد.

۵-۶- محاسبات اقتصادی

در دو سایت طراحی شده کیگوران و فشارشکن دوم برآورد هزینه ساخت ساختمان نیروگاه، برآورد هزینه تجهیزات مختلف الکتریکی و مکانیکی شامل توربین، ژنراتور، لوله‌های

جدول (۶): مشخصات محل‌های نقشه‌برداری شده برای نصب نیروگاه

ردیف	نام محل	شهرستان	دبی آب (Lit/Sec)	ارتفاع محل بند(متر)	ارتفاع محل نیروگاه(متر)
۱	فشارشکن یکم	بروجرد	۲۰۰ (لوله ای به قطر ۲۵۰ میلیمتر)	۲۰۱۴	۱۹۸۱
۲	فشارشکن دوم	بروجرد	۲۰۰ (لوله ای به قطر ۲۵۰ میلیمتر)	۱۹۸۱	۱۹۰۴
۳	فشارشکن سوم	بروجرد	۲۰۰ (لوله ای به قطر ۲۵۰ میلیمتر)	۱۹۰۴	۱۸۰۸
۴	ونائی یکم	بروجرد	۳۵۰	۱۹۸۱	۱۸۹۱
۵	ونائی دوم	بروجرد	۲۵۰	۱۸۹۱	۱۸۶۵
۶	کیگوران	خرم آباد	۱۲۰	۲۱۷۴	۲۰۱۴
۷	درخت چمن اول	خرم آباد	۱۲۰	۱۷۲۹	۱۷۲۱
۸	درخت چمن دوم	خرم آباد	۱۲۰	۱۷۲۱	۱۶۸۷
۹	هفت چشمه اول	خرم آباد	۸۰	۱۷۱۵	۱۶۶۹
۱۰	هفت چشمه دوم	خرم آباد	۸۰	۱۶۶۹	۱۵۹۸

جدول (۷): نتایج محاسبات انجام شده برای پنج نقطه انتخاب شده

ردیف	نام محل	شهرستان	دبی آب (Lit/Sec)	هد (m)	توان (kW)	توان (kVA)	نوع توربین	سرعت ویژه (m kW)	سرعت (RPM)	Jet Diameter (m)	Actual nq (m kW)
۱	فشارشکن سوم	بروجرد	۲۰۰	۹۰	۱۶۰	۲۰۰	pelton	۴۴	۶۰۰	۰.۰۸۱۷	۹.۱۸
۲	ونائی یکم	بروجرد	۲۵۰	۸۵	۱۸۰	۲۲۵	pelton	۳۱.۱۸	۶۰۰	۰.۰۸۶	۱۵.۱۵
۳	کیگوران	خرم آباد	۱۲۰	۱۵۵	۱۳۵	۱۶۹	pelton	۳۵.۵۵	۱۵۰۰	۰.۰۵۴	۱۰.۵۲
۴	فشارشکن دوم	بروجرد	۲۰۰	۷۷	۱۳۲	۱۶۵	pelton	۳۱.۲۳	۶۰۰	۰.۰۸۲	۱۱.۸۲
۵	هفت چشمه دوم	خرم آباد	۸۰	۷۱	۵۰	۶۰	Cross flow	۵۱.۴۶	۱۵۰۰	۰.۰۵۴	۱۷.۳

۶- نتیجه‌گیری

برق کشور استفاده از پتانسیل‌های آبی کوچک در این مناطق به منظور تولید انرژی الکتریکی مورد نیاز، می‌تواند منشاء

با توجه به عدم امکان اتصال مناطق دورافتاده به شبکه انتقال

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

تأثیرات اجتماعی و اقتصادی بسیاری باشد. با توجه به این موضوع، در این مقاله برای استان لرستان بررسی‌های لازم به منظور شناسایی نقاط مستعد جهت نصب نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک انجام شد. تعداد ۷۵ محل دارای پتانسیل برق‌آبی میکرو در استان شناسایی شد. از بین این نقاط نقشه‌برداری و اندازه‌گیری‌های دقیق برای ۱۰ نقطه انجام گرفت. سپس برای دو نمونه محاسبات دقیق و طراحی تجهیزات انجام گردید. در پایان نتایج برآوردی توان تولیدی مناطق مورد نظر و محاسبات اقتصادی ارائه گردید. نتایج نشان‌دهنده بصره بودن نصب این نیروگاهها جهت تولید انرژی الکتریکی بخصوص در نقاط دوردست شبکه می‌باشد.

۷- مراجع:

- [۱] Microhydro web portal with address:
<http://www.microhydropower.net/>
- [۲] C.C.Warnick, et al, Hydropower Engineering, Prentice Hall, 1984
- [۳] پایگاه اینترنتی شخصی پرفسور حسین آفریده به آدرس:
www.afarideh.ir
- [۴] پایگاه اینترنتی آمار صنعت برق ایران - شرکت توانیر به آدرس:
amar.tavanir.org.ir
- [۵] پایگاه اینترنتی شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران - به آدرس: www.iwpc.com
- [۶] دکتر مجید عباسپور، نیروگاه‌های آبی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۶۶
- [۷] دکتر رضا متقیان و دکتر زین الدین نجات، گزارش مطالعات اولین طرح پژوهشی شناسایی و بررسی پتانسیل‌های آبی کوچک و متوسط کشور، وزارت نیرو - امور برق، مرداد ۱۳۶۰
- [۸] اطلاعات دریافتی کارشناسان و پایگاه اینترنتی شرکت آب منطقه ای لرستان به آدرس: www.lsrw.ir
- [۹] United States Bureau of Reclamations (USBR), selecting hydraulic turbines, 1976
- [۱۰] Standard handbook of power plant engineering, Thomas Elliott and et. all, 2002
- [۱۱] گزارش پروژه تحقیقاتی "امکان‌سنجی جغرافیایی و اقلیمی احداث نیروگاه‌های برق آبی کوچک در استان لرستان با انجام مطالعات فنی و اقتصادی و زیست محیطی"، شرکت برق منطقه‌ای باختر، ۱۳۸۸