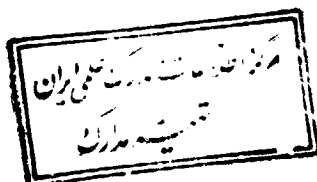


بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

٢٩٩٨٠

۱۳۷۹ / ۴ / ۲۰

وزارت فرهنگ و آموزش عالی  
دانشگاه علوم و فنون مازندران



## پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد  
در رشته مهندسی صنایع - مدیریت سیستم و بهره وری

### موضوع :

ارزیابی اقتصادی نیروگاه برق آبی کوچک در  
استان مازندران (مطالعه موردی نیروگاه جنت رودبار)

### اساتید راهنما :

دکتر احمد جعفری صمیمی

دکتر مفیدگرچی

۰۷۲۱۲

### نگارش :

سید حسین مرادی بهنه کلایی

۱۳۷۸

۲۹۹۱۰



## مَرْزَمْ لَمْ يَشْطَرِ الْمَخْلُوقَةَ لَمْ يَشْطَرِ الْخَالِقَ

بر خود لازم می دانم که قدردانی مخلصانه‌ام از کلیه کسانی که در انجام این تحقیق اینجانب را یاری نموده‌اند اعلام نمایم. مطمئناً حمایتها و هدایتهای این عزیزان مهمترین مشوق و راهنمای بنده در کلیه مراحل انجام کار بوده است.

از مسئولین محترم دانشگاه علوم و فنون مازندران که این مرکز علمی با ارزش را در این استان ایجاد و موجبات ادامه تحصیلات فرزندان این مرز و بوم را فراهم نموده‌اند تشکر و تشکر می نمایم.

از اساتید محترم راهنما جناب آقای دکتر صمیمی و جناب آقای دکتر گرجی که در مراحل مختلف این تحقیق همواره راهنمایهای لازم را معمول داشته‌اند نهایت تشکر و امتنان دارم. از مسئولان و کارشناسان محترم سازمان جهاد سازندگی مازندران، مرکز مطالعات انرژی شمال کشور و کارشناسان برق منطقه‌ای مازندران که در تهیه آمارها و اطلاعات لازم نهایت همکاری را با اینجانب داشته‌اند نیز کمال تشکر را می نمایم.

**سید حسین مرادی**

**تیرماه - ۷۸**

## چکیده

تحقیق حاضر ارزیابی اقتصادی نیروگاههای برق آبی کوچک در استان مازندران می باشد که در آن پتانسیلها و استعدادهای استان مازندران در زمینه احداث و بهره برداری این نیروگاهها با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده و اعمال شاخصهای اقتصاد مهندسی ، ارزش فعلی خالص *Net Present Value (NPV)* و نرخ بازده داخلی *internal Rate of Return (IRR)* مورد بررسی قرار گرفته است .

نتایج تحقیق نشان می دهد که بخاطر ارزبری کمتر نیروگاههای آبی کوچک در مقابل تولید در شبکه سراسری هر چه نرخ برابری دلار از ۷۲۰ ریال بیشتر باشد . بهره برداری از این نوع نیروگاهها از شبکه سراسری اقتصادی تر خواهد بود . همچنین براساس نتایج این پژوهش مشخص می شود که در نرخ برابری هر دلار ۳۰۰۰ ریال و نرخ بهره متداول ۲۰ درصد در شرایط فعلی فروش انرژی الکتریکی این نیروگاهها دارای راندمان اقتصادی پائینی هستند ولی اگر بهای انرژی بر مبنای قیمت تمام شده دریافت گردد و کل ظرفیت نامی واحدها نیز بکار گرفته شود براساس شاخصهای فوق الاشاره احداث و بهره برداری از آنها اقتصادی بوده و یکی از شمیره های تأمین برق بخصوص در روستاهای استان خواهد بود .

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: کلیات تحقیق
۱	مقدمه
۲	اهداف تحقیق
۲	فرضیات تحقیق
۲	روش انجام تحقیق
	فصل دوم: ادبیات تحقیق
۴	موقعیت سیاسی و جغرافیایی استان مازندران
۵	وضعیت آبهای سطحی استان
۷	وضعیت برق در استان مازندران
۱۰	منابع مختلف تأمین انرژی الکتریکی در روستاهای استان
۱۳	نیروگاه آبی کوچک
۱۶	طرح کلی نیروگاه آبی کوچک
	فصل سوم: روش تحقیق و جمع آوری اطلاعات
۱۷	برآورد پتانسیل برق آبی کوچک در استان
۲۶	بررسیهای اقتصادی نیروگاه آبی کوچک
۳۱	برآورد هزینه های نیروگاه برق آبی کوچک
۳۳	مقایسه نیروگاه برق آبی کوچک با شبکه سراسری (بر مبنای هزینه احداث)

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۵	ارزیابی اقتصادی نیروگاه جنت رودبار (بعنوان <i>Case study</i> )
۴۱	فصل چهارم: یافته های تحقیق
۴۲	تعیین ارزش فعلی خالص نیروگاه جنت رودبار
۴۴	ارزیابی اقتصادی طره با استفاده از نرخ بازده داخلی
۴۷	تعیین بهای تمام شده انرژی در نیروگاه جنت رودبار
۴۹	ارزیابی اقتصادی به روش ارزش فعلی خالص بر مبنای بهای تمام شده
۵۳	ارزیابی مبنای تولید واقعی سالیانه
	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۶۰	نتیجه گیری
۶۲	پیشنهادات

# فصل اول

کلیات تحقیق

## مقدمه

قرنهای متمادی است که بشر از انرژی آب به روشهای گوناگون استفاده می کند در کشور ما نیز استفاده از جریان آب جهت حرکت درآوردن سنگهای آسیابهای آبی سابقه ای بس طولانی دارد ولی تبدیل انرژی مکانیکی آب به انرژی الکتریکی از اواخر قرن نوزدهم میلادی آغاز شده است. نیروگاههای آبی اولیه در مقیاس کوچک و برای تأمین نیازهای مناطق اطراف نیروگاه احداث گردیدند اما بعدها با گسترش شبکه های انتقال و افزایش قابلیت انتقال بار الکتریکی، واحدهای بزرگ نیروگاه برق آبی یکی پس از دیگری در نقاط مختلف جهان به بهره برداری رسیدند.

امروزه نیروگاههای آبی طیف وسیعی را شامل می شوند که ظرفیت آنها از چند کیلوولت تا بیش از ۱۰۰۰۰ مگاوات متفاوت است در کشور ما بدلیل فراوانی منابع سوخته های فسیلی استفاده از آب و سایر منابع انرژی تجدید شونده به آهستگی پیش رفته است. ولی نگرانی ناشی از زوال منابع این نوع انرژی و آلودگی شدید زیست محیطی آنها موجب شده که استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر بویژه آب مورد توجه جدی قرار گیرد.

سرتاسر منطقه شمال البرز بدلیل دارا بودن رودخانه های متعدد کوچک و بزرگ و شیب مناسب طبیعی که آب دارای انرژی را از بالا دست به سمت پائین دست هدایت می کند منبع سرشار تولید انرژی الکتریکی در نیروگاههای آبی کوچک و بزرگ است. برآورد پتانسیل بالقوه این منطقه در زمینه احداث نیروگاه آبی کوچک و تجزیه و تحلیل اقتصادی این نیروگاهها با توجه به روند رشد سریع مصرف انرژی الکتریکی در نقاط روستایی از اهمیت ویژه ای برخوردار است که بدین منظور در این تحقیق محدوده استان مازندران از شهرستان رامسر در غرب تا شهرستان بهشهر در شرق مورد بررسی قرار گرفته است.



## اهداف تحقیق

برآورد پتانسیل تقریبی استان مازندران با استفاده از شناسایی جایگاههای مستعد جهت احداث نیروگاههای آبی کوچک و تجزیه و تحلیل اقتصادی احداث و بهره برداری این نیروگاهها با استفاده از شاخصهای اقتصاد مهندسی و نیز مقایسه با شبکه سراسری اهداف این تحقیق می باشد.

## فرضیات تحقیق:

- بدلیل ارزبری پائین، احداث نیروگاههای برق آبی در مازندران دارای توجیه اقتصادی است.
- بهترین شیوه تأمین انرژی در مناطق دور افتاده کوهستانی استان در مجاورت رودخانه ها نیروگاههای برق آبی کوچک می باشد.
- با چند منظوره نمودن بهره برداری از نیروگاههای آبی کوچک می توان راندمان اقتصادی آنرا افزایش داد.

## روش انجام تحقیق:

تحقیق در این پروژه به دو روش انجام گرفته است:

- ۱) مطالعات کتابخانه‌ای شامل مراجعه به کتب، جزوات، آمارنامه و نقشه های توپوگرافی منطقه مازندران و تعیین نقاط مستعد جهت احداث نیروگاه بر روی آنها.
- ۲) مطالعات میدانی شامل دریافت آمار و اطلاعات، بررسی مسیر رودخانه ها و سرشاخه های آنها از بالا دست تا منطقه‌ای که دارای شیب لازم و به تبع آن ارتفاع مناسب جهت احداث نیروگاه را دارا باشد و برآورد قدرت قابل استحصال این واحدها با استفاده از اندازه گیری میزان دبی و سطح مقطع در نقاط مشخص.
- ۳) بازدید و بررسی نیروگاههای آبی کوچک در حال احداث.
- ۴) جمع آوری اطلاعات فنی و اقتصادی نیروگاههای آبی در حال بهره برداری.
- ۵) بررسی اقتصادی احداث نیروگاههای آبی کوچک در مقایسه با شبکه سراسری.
- ۶) ارزیابی اقتصادی یک پروژه خاص در استان مازندران بعنوان (Case Study) با استفاده از معیارهای ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی.

# فصل دوم

## ادبیات تحقیق

## سابقه تحقیق

در رابطه با ارزیابی اقتصادی نیروگاههای آبی کوچک در سطح وزارت جهاد سازندگی و سازمانهای جهاداستانها فعالیت زیادی صورت گرفته که عمدتاً مربوط به تعیین بهای تمام شده انرژی تولیدی در این نیروگاهها و مقایسه آنها شبکه سراسری و یا استفاده از نیروگاههای دیزلی بوده است از طرف دیگر در مطالعات کلیه پروژهها بررسی های اقتصادی بعنوان یک بخش مهم آن در نظر بوده است برخی از فعالیتهایی که صورت گرفته عبارتند از :

(۱) نیروگاههای آبی خیلی کوچک Micro Hydro Power Plant که در آن توجیه فنی و اقتصادی نیروگاههای آبی کمتر از ۱۰۰ کیلو وات در مقایسه با شبکه سراسری مورد بررسی قرار گرفته است .

### (۲) بررسی اقتصادی نیروگاههای آبی کوچک

در این جزوه اطلاعات عمومی و اقتصادی شش نیروگاه در حال بهره برداری در سطح کشور جمعبندی و با استفاده از آنها بهای تمام شده انرژی در هر کدام از این نیروگاهها بدست آمده است.

ولی پژوهشی مطابق تحقیق حاضر در سطح استان مازندران و با بکارگیری شاخص های اقتصاد مهندسی تا کنون انجام نگرفته است .

## موقعیت سیاسی و جغرافیایی استان مازندران

استان مازندران با مساحت ۲۴۰۹۱ کیلومتر مربع معادل ۱/۴۶ درصد مساحت کل کشور در شمال ایران بین ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. مازندران از سمت شمال به دریای خزر، از جنوب به استانهای تهران و سمنان، از غرب به استان گیلان و از شرق به استان گلستان محدود می‌شود. براساس جدیدترین تقسیمات کشوری مازندران شامل ۱۵ شهرستان، ۳۶ شهر، ۳۸ بخش و ۱۰۴ دهستان می‌باشد.

مطابق نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۷۵ استان مازندران دارای ۲/۶۰۲/۰۰۸ نفر جمعیت می‌باشد که از کل جمعیت آن ۴۵/۹ درصد در نقاط شهری و ۵۴/۱ درصد در نقاط روستایی ساکن می‌باشند.

استان مازندران از نظر ناهمواری به دو بخش کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم می‌شود. رشته کوههای البرز مانند دیوارهای عظیم محدوده های جنوبی آنرا در بر گرفته است و شهرهای استان را از قسمتهای داخلی ایران جدا می‌کند. این رشته کوهها که پیدایش آن مربوط به دوران سوم زمین شناسی می‌باشد در جهت غربی - شرقی امتداد یافته و خط الرأس آن غالباً با مرزسیاسی استان انطباق دارد. بلندترین قله ایران دماوند، با ارتفاع ۵۶۷۱ متر از سطح دریا در این ناحیه قرار دارد. این توده کوهستانی کانون آبگیر رودخانه های مهمی است که با هدایت نزولات جوی به سمت جلگه های ساحلی، امکان استقرار سکونت‌های شهر و روستایی متراکمی را همراه با فعالیتهای اقتصادی مهم فراهم ساخته اند این قسمت از استان بنوبه خود از نظر ارتفاع و شیب به دو بخش کوهستانی و کوهپایه ای تقسیم می‌شود حد پائین قسمت کوهستانی به منحنی تراز ۵۰۰ متر محدود می‌شود

شیب دانه ها بالای ۳۰ درصد می باشد. و بخش کوهپایه ای حد فاصل منحنی تراز از ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر بوده و شیب این قسمت از ۱ تا ۳۰ درصد می باشد شهرهای کوچکی چون مرزن آباد و کلاردشت در این ناحیه قرار دارند.

### بخش جلگه ای

نوار باریکه حد فاصل دریای خزر و سلسله ارتفاعات البرز جلگه مازندران را تشکیل می دهد این جلگه با عقب نشینی تدریجی دریای خزر در دوران چهارم زمین شناسی و انباشت رودخانه ای بر سطح آن شکل گرفته و حدود ۳۰ درصد از مساحت استان را دربر می گیرد. عرض این جلگه به تناسب کوچکی و بزرگی رودخانه هایی که در محدوده آنها به دریا می ریزند باریک و وسیع می باشد بعنوان مثال در غرب استان نوار باریکی را تشکیل می دهد که بندرت از ۱۰ کیلومتر تجاوز می کند اما در مرکز و شرق استان در محل دلتای رودخانه های بزرگی چون هراز، تالار، یابل، تجن، و نکا پهنای قابل ملاحظه ای می یابد. پیوستگی میان آب و استقرار مراکز جمعیتی شهری یا روستایی به نحو چشمگیری در جلگه مازندران نمود می یابد بطوریکه نزولات جوی از غرب به شرق کاهش یافته و به تبع آن تراکم مراکز سکونت نیز کاهش می یابد.

### وضعیت آبهای سطحی

جریان آبهای سطحی بشدت از توپوگرافی عمومی آن تأثیر پذیرفته است از این رو ویژگیهای هیدروگرافی آن در شرق و غرب کاملاً از هم متمایز هستند. در ناحیه غربی طول رودخانه ها کوتاه بوده و حوزه آبریز آن محدودتر است اکثر رودخانه های این منطقه دارای رژیم بارانی هستند اما

تعدادی از آنان از جمله چشمه کیله، سرداب‌رود و چالوس دارای رژیم برفی - یخچالی هستند و از دبی قابل توجهی برخوردارند. در مرکز و شرق استان طول رودخانه‌ها بیشتر بوده و حوزه آبریز آنها وسیعتر می‌باشد. در مجموع دبی متوسط سالانه رودخانه‌های استان ۵ میلیون متر مکعب برآورد می‌شود که فقط حدود ۳۶ درصد آن مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و بقیه به دریای خزر می‌ریزد. به منظور جلوگیری از هدر رفتن آبهای سطحی در سالهای اخیر سدهای متعدد مخزنی و انحرافی احداث شده و یا در دست احداث می‌باشد که اثرات قابل توجهی در استفاده مطلوبتر از منابع آب داشته و خواهد داشت.

### مشخصات رودخانه‌های مهم استان به شرح ذیل می‌باشد.

۱- صفارود: از ارتفاعات جواهرده و دامنه‌های ارتفاعات نزدیک خبت رودبار سرچشمه می‌گیرد و زمینهای اطراف رامسر را مشروب می‌سازد.

۲- چالکروود: از ارتفاعات اشکورات سرچشمه می‌گیرد و آب بخشی از زمینهای تنکابن و رامسر را تأمین می‌کند نیروگاه برق آبی کوچک جنت رودبار به قدرت ۱۰۰۰ کیلو وات بر روی یکی از سرشاخه‌های این رودخانه احداث شده است.

۳- رودخانه‌های دوهزار و سه هزار: سرچشمه هر دو ی این رودخانه‌ها ارتفاعات الموت تخت سلیمان است یکی از آنها مسیر دهستان دوهزار و دیگر دهستان سه هزار را طی نموده و در محلی به نام چاله به هم می‌پیوندند و پس از خارج شدن از کوهستان به نام رودخانه چشمه کیله آبادیهای اطراف را مشروب نموده و در محل شهر تنکابن به دریا می‌ریزد

۴- رودخانه هراز: که از لار سرچشمه می‌گیرد و پس از گذشتن از داخل شهر آمل به دریای خزر می‌ریزد.

۵- رودخانه های سجاد رود بابل رود که از سلسله جبال اصلی البرز سرچشمه می‌گیرند و در نزدیکی پل قدیمی محمدحسن خان بابل به هم پیوسته و در بابلسر به دریای خزر می‌ریزند.

۶- رودخانه تالار: از ارتفاعات سوادکوه واقع در جنوب شهرستان قائمشهر سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از کنار این شهر و مشروب نمودن آبیهای مسیر به دریای خزر می‌ریزد.

۷- رودخانه تجن: که از کوههای تیزآباد سرچشمه می‌گیرد و پس از پیوستن تعدادی دیگر از رودخانه های کوچک به آن در جهت شمال جریان می‌یابد و با عبور از کنار شهر ساری و مشروب نمودن زمینهای مسیر در خزر آباد به دریا می‌ریزد طول این رودخانه ۱۲۰ کیلومتر است.

علاوه بر رودخانه هایی که ذکر آنها رفت رودخانه های متعدد دیگری نیز در استان هستند که یا مستقیماً به دریا می‌ریزند و یا بصورت سرشاخه به یکی از رودخانه های اصلی می‌ریزند. وضعیت کامل رودخانه های استان در نقشه پیوست آمده است.

وضعیت برق در استان مازندران: منبع تأمین برق در استان مازندران نیروگاه شهید سبیمی نکاء می‌باشد که یکی از مهمترین نیروگاههای کشور است این نیروگاه جمعاً از چهار واحد بخار هرکدام به قدرت  $440\text{mw}$  و در واحد گازی هر کدام به قدرت  $137/5\text{mw}$  تشکیل شده و در مجموع قدرت نامی آن  $2015\text{mw}$  می‌باشد. یکی دیگر از منابع تأمین انرژی الکتریکی در استان نیروگاه برق آبی کوچک جنت رودبار می‌باشد که توسط جهاد سازندگی استان مازندران در دهستان جنت رودبار شهرستان رامسر احداث گردید و پس از بهره برداری تحویل برق منطقه ای مازندران شده است این نیروگاه نیز دارای دو واحد هر یک بقدرت  $500\text{kw}$  می‌باشد.