بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

سدها به منظور دستیابی به اهداف گوناگونی از جمله تأمین نیازهای آبی، تولید انرژی برقابی و کنترل کاهش خسارت‌های سیلاب طراحی شده و مورد بهره برداری قرار می‌گیرند، بهره برداری بهینه از مخازن سدها یکی از مسائل مهم در حوزه مدیریت منابع آب است، لذا در این تحقیق بهره برداری بهینه از سدها به منظور تولید انرژی برقابی و حداکثر تأمین نیاز کشاورزی در پایاب سد مورد ارزیابی قرارگرفته است. با توجه به اینکه بارش یک پدیده غیر قطعی می‌باشد و اثرگذاری مستقیمی بر جریان ورودی به مخزن دارد، به کمک رویکرد بهینه‌سازی تصادفی صریح و روش برنامه‌ریزی خطی با قیود احتمالاتی به مدل‌سازی انرژی برقابی مخزن پرداخته شده است. سد مارون بر روی رودخانه مارون واقع در جنوب شرقی استان خوزستان احداث شده و هدف از احداث این سد کنترل سیلاب‌های مخرب، تأمین آب مورد نیاز اراضی کشاورزی پایین دست (دشت‌های بهبهان، جایزان، خلف آباد، شادگان) و تولید انرژی برقابی با توان ۱۵۰ مگاوات می‌باشد. جهت بهینه‌سازی توان تولیدی خروجی این سد، از آمار بلند مدت دبی جریان ورودی به سد به صورت ماهانه بر مبنای دوره آماری ۵۲ ساله (۱۳۳۲ لغایت ۱۳۸۳) استفاده شده است، برای این منظور ابتدا با استفاده از توزیع تجربی ویبول تابع توزیع تجمعی جریان ورودی به مخزن برای ماه‌های مختلف محاسبه گردید. سپس برای یک سطح احتمال مشخص تامین نیاز کشاورزی و ظرفیت نصب۱۵۰ مگاوات، میزان انرژی برقابی خروجی از سد به کمک مدل Lingo بهینه‌سازی شد. در ادامه به کمک نرم افزار Easy fit توزیع‌های مختلف آماری بر روی داده‌های جریان ورودی به مخزن برای هر ماه برازش داده شد و بهترین توزیع برای هر ماه مشخص گردید. نتایج نشان می‌دهد در حالتی که جریان ورودی به مخزن سد از توزیع تجربی ویبول تبعیت کند، حداکثر تأمین نیاز کشاورزی ۸۵ درصد خواهد بود و انرژی سالانه کل خروجی از سد معادل۱۷۴/۳ گیگاوات ساعت است. این در حالی است که در استفاده از بهترین توزیع‌های آماری جریان ورودی به سد، حداکثر تأمین نیاز کشاورزی به ۸۷ درصد خواهد رسید، همچنین انرژی سالانه کل خروجی از سد معادل۱۷۲/۹گیگاوات ساعت براورد شده است. در نتیجه می‌توان گفت که تعیین بهترین توزیع‌های آماری جریان ورودی به مخزن تأثیر ناچیزی بر نتایج بهینه سازی دارد، بطوریکه در این تحقیق کمتر از ۲ درصد در تأمین نیاز کشاورزی و تولید انرژی برقابی تأثیر داشته است. بنابراین با برازش دادن توزیع احتمالی تجربی ویبول بر روی داده‌های جریان ورودی به سد نیازی به انتخاب بهترین توزیع‌های آماری نیست و توزیع تجربی ویبول برای این منظور کفایت می‌کند.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی،برنامه‌ریزی خطی با قیود احتمالاتی،Lingo ، Easy fit.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- ضرورت انجام کار ۳
۱-۳- شرح و بیان مسئله ۳
۱-۴- اهداف پایان‌نامه ۴
۱- ۵- اهمیت، ارزش و کاربرد نتایج پایان‌نامه ۵

فصل دوم: کلیات و بررسی منابع

۲-۱- مفاهیم اولیه انرژی برقابی ۷
۲-۱-۱- بررسی جایگاه نیروگاه‌های آبی در ایران و جهان ۷
۲-۱-۲- مزایا و معایب تولید انرژی برقابی ۸
۲-۱-۳- مسائل اقتصادی ۹
۲-۱-۴- آمار تولید انرژی برقابی در جهان و ایران ۱۰
۲-۱-۵-مسائل محیط زیست ۱۰
۲-۱-۶- اهمیت تولید انرژی برقابی ۱۱
۲-۱-۷- فاکتورهای اساسی در تولید انرژی برقابی ۱۲
۲-۲- روش‌های بهینه سازی ۱۳
۲-۲-۱- مفهوم بهینه‌سازی ۱۳
۲-۲-۲-مولفه‌های بهینه‌سازی ۱۵
۲-۲-۳-دسته‌بندی مسائل بهینه‌سازی ۱۵
۲-۲-۴- روش‌های بهینه‌سازی ۱۶
۲-۲-۴-۱- روش‌های شمارشی ۱۶
۲-۲-۴-۲- روش‌های محاسباتی (جستجوی ریاضی) ۱۷
۲-۲-۴-۳- روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری (جستجوی تصادفی) ۱۷
۲-۲-۴-۳-۱- آزادسازی ۱۸
۲-۲-۴-۳-۲- تجزیه ۱۹
۲-۲-۴-۳-۳- جستجوی سازنده ۱۹
۲-۲-۴-۳-۴- جستجوی بهبود یافته ۲۰
۲-۲-۵-روش‌های حل مسایل بهینه‌سازی ۲۰
۲-۳- معرفی نرم افزار Lingo ۲۲
۲-۴- پیشینه‌ی موضوع ۲۲

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مشخصات منطقه‌ی مورد مطالعه ۳۲
۳-۲- مشخصات کلی سد و نیروگاه مخزن مارون ۳۳
۳-۳- اطلاعات مورد نیاز برای بهینه‌سازی توان تولیدی خروجی از مخزن سد مارون ۳۴
۳-۳-۱- جریان ورودی به مخزن ۳۴
۳-۳-۲- تبخیر از سطح آب ۳۶
۳-۳-۳- مشخصات هندسی مخزن ۳۷
۳-۳-۴- نیازهای آبی ۳۹
۳-۳-۴-۱- نیاز کشاورزی ۳۹
۳-۴- بهینه‌سازی توان تولیدی خروجی از سد مارون ۴۱
۳-۴-۱- تعریف بهینه سازی ۴۱
۳-۴-۲- تعریف مسئله مورد تحقیق به صورت شماتیک ۴۱
۳-۴-۳- بهینه‌سازی انرژی برقابی با استفاده از رویکرد CCLP ۴۲
۳-۴-۴- محاسبه توابع تجمعی توزیع احتمال ورودی جریان ۴۷
۳-۴-۵-توزیع تجربی ویبول ۴۷
۳-۵- معرفی نرم افزارEasyFit ۴۸
۳-۵-۱- برخی از قابلیت‌های نرم افزارEasyfit ۴۹

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- مقدمه ۵۳
۴-۲- نتایج مدل بهینه‌سازی ۵۴
۴-۲-۱-مقایسه (CDF) جریان تجربی ویبول و بهترین توزیع بدست آمده ۶۱
۴-۲-۲- روابط خطی سازی شده مشخصات هندسی مخزن ۶۳
۴-۳- بهینه‌سازی انرژی برقابی خروجی از سد مارون ۶۴
۴-۳-۱-محاسبه انرژی برقابی خروجی مخزن سد مارون با استفاده از توزیع تجربی ویبول ۶۴
۴-۳-۲- محاسبه انرژی برقابی خروجی مخزن سد مارون با استفاده از بهترین توزیع‌های آماری ۶۶
۴-۳-۳- مقایسه نتایج تولید انرژی بدست آمده با رویکردهای مختلف ۶۷
۴-۴- نتایج اجرای مدل در حالتی که درصد تامین نیاز کشاورزی ۸۵ درصد باشد ۶۹
۴-۴-۱- محاسبه بیلان مخزن سد مارون ۷۰

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری نهایی ۷۹
۵-۲- پیشنهادات ۸۰
منابع ۸۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱: میزان تولید انرژی برقابی در کشورهای مختلف جهان و میزان ضریب بار(سپیدستان،۱۳۸۹)..... ۱۰
جدول۳-۱: میانگین ماهانه جریان ورودی به سد مارون(متر مکعب بر ثانیه)..... ۳۵
جدول۳-۲: مقادیر ماهانه و سالانه تبخیر از سطح مخزن سد مارون..... ۳۶
جدول۳-۳: مشخصات هندسی مخزن سد مارون در شرایط قبل از رسوبگذاری و پس از رسوبگذاری ۵۰ ساله... ۳۸
جدول۳-۴: توزیع ماهانه و سالانه نیازهای کشاورزی سد مخزنی مارون (میلیون مترمکعب)..... ۴۰
جدول۴-۱: توزیع تجمعی جریان ورودی به مخزن بر حسب میلیون متر مکعب با استفاده از توزیع تجربی ویبول برای سطح احتمال ۱۰ تا ۵۰ درصد..... ۵۴
جدول۴-۲: بهترین توزیع‌های آماری و پارامترهای آن به کمک نرم افزار Easyfit بر روی داده‌های جریان ورودی..... ۵۸
جدول۴-۴: محاسبه انرژی سالانه در شاخه پایین و بالا و انرژی برقابی کل با استفاده از توزیع تجربی ویبول..... ۶۵
جدول۴-۵: محاسبه انرژی سالانه شاخه پایین و بالا و انرژی برقابی کل با استفاده از بهترین توزیع آماری..... ۶۷
جدول۴-۶: نتایج اجرای مدل در حالتی که درصد تامین نیاز کشاورزی ۸۵ درصد باشد..... ۷۰
جدول۴-۷: بیلان مخزن سد در حالتی که تامین درصد نیاز کشاورزی ۸۵ درصد با استفاده از توزیع تجربی ویبول..... ۷۱
جدول۴-۸: بیلان مخزن سد در حالتی که تامین درصد نیاز کشاورزی ۸۵ درصد با استفاده از بهترین توزیع انتخاب شده به کمک نرم افزار Easyfit می‌باشد..... ۷۲
جدول۴-۹: بیلان مخزن سد در حالتی که تامین درصد نیاز کشاورزی ۸۷ درصد با استفاده از بهترین توزیع انتخاب شده به کمک نرم افزار Easyfit می‌باشد..... ۷۴

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۲-۱: برشی از یک سد و یک نیروگاه آبی ۱۳
شکل ۲-۲: طبقه‌بندی انواع روش‌های بهینه‌سازی (مطیع قادر،۱۳۹۱) ۱۶
شکل۳-۱: موقعیت سد مارون در استان خوزستان ۳۲
شکل۳-۲: سری زمانی ماهانه رودخانه مارون ۳۴
شکل۳-۳: منحنی تداوم جریان رودخانه مارون در محل سد مارون ۳۵
شکل ۳-۴: ارتفاع تبخیر نسبت به زمان ۳۷
شکل ۳-۵: تغییرات سطح، حجم ، ارتفاع سد مارون در شرایط قبل و بعد از رسوب‌گذاری در مخزن ۳۹
شکل۳-۶: درصد نیاز کشاورزی نسبت به زمان ۴۰
شکل۳-۷: شماتیک منطقه مطالعاتی ۴۱
شکل ۳-۸- الگوریتم روش حل مسئله ۵۰
شکل۴-۱: نمودار توزیع تجمعی احتمالاتی دبی ورودی به مخزن سد مارون با استفاده از توزیع تجربی ویبول. ۵۵
شکل۴-۲: انتخاب بهترین توزیع آماری بهمن ماه در مدل Easyfit ۵۶
شکل۴-۳: تعیین پارامترها بهترین توزیع آماری انتخاب شده بهمن ماه در مدل Easyfit ۵۷
شکل۴-۴: توزیع تجمعی جریان ورودی بهمن ماه در مدل Easyfit ۵۷
شکل۴-۵ نمودار توزیع تجمعی احتمالاتی دبی ورودی به مخزن سد مارون با استفاده از بهترین توزیع نرم افزار Easyfit ۶۰
شکل۴-۶ : مقایسه مقادیر سالانه دبی تجمعی جریان به ازای سطوح احتمالاتی مختلف با دو رویکرد توزیع تجربی ویبول و توزیع منتخب نرم افزار Easyfit ۶۰
شکل۴-۷: cdf جریان ورودی ماه مهر ۶۱
شکل۴-۸: cdf جریان ورودی ماه آبان ۶۱
شکل۴-۹: cdf جریان ورودی ماه آذر ۶۱
شکل۴-۱۰: cdf جریان ورودی ماه دی ۶۱
شکل۴-۱۱: cdf جریان ورودی ماه بهمن ۶۲
شکل۴-۱۲: cdf جریان ورودی ماه اسفند ۶۱
شکل۴-۱۳: cdf جریان ورودی ماه اردیبهشت ۶۲
شکل۴-۱۴: cdf جریان ورودی ماه فروردین ۶۱
شکل۴-۱۵: cdf جریان ورودی ماه تیر ۶۲
شکل۴-۱۶: cdf جریان ورودی ماه خرداد ۶۱
شکل۴-۱۷: cdf جریان ورودی ماه مرداد ۶۳
شکل۴-۱۸: cdf جریان ورودی ماه شهریور ۶۳
شکل۴-۱۹: خطی‌سازی روابط حجم و سطح مخزن مارون ۶۳
شکل۴-۲۰: خطی‌سازی روابط حجم و ارتفاع مخزن مارون ۶۴
شکل۴-۲۱: مقایسه انرژی برقابی شاخه پایین با استفاده از توزیع تجربی ویبول و بهترین توزیع با نرم افزار Easyfit ۶۸

شکل۴-۲۲: مقایسه انرژی برقابی شاخه بالابا استفاده از توزیع تجربی ویبول و بهترین توزیع با نرم افزار Easyfit.....۶۸
شکل۴-۲۳: مقایسه انرژی برقابی کل با استفاده از توزیع تجربی ویبول و بهترین توزیع با نرم افزار Easyfit....۶۸
شکل۴-۲۴: مقایسه جریان ورودی به شاخه پایین برای ۸۵ درصد تامین نیاز کشاورزی در هر دو حالت..... ۷۵
شکل۴-۲۵: مقایسه توان تولیدی شاخه پایین برای ۸۵ درصد تامین نیاز کشاورزی در هر دو حالت.....۷۶
شکل۴-۲۶: مقایسه هد آب برای ۸۵ درصد تامین نیاز کشاورزی در هر دو حالت.....۷۶
شکل۴-۲۷: منحنی فرمان بهره‌برداری از مخزن برای ۸۵ درصد تامین نیاز کشاورزی در هر دو حالت.....۷۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

ایران جز کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان است و در سال‌های اخیر با افزایش جمعیت، محدودیت منابع آب و توزیع غیریکنواخت آن و همچنین استفاده بی‌رویه از این منابع محدود، لزوم مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع موجود را بیش از پیش نمایان ساخته است. همین امر وجود سازه‌هایی که در بخش منابع آب به منظور ذخیره و استفاده از منابع آب سطحی استفاده می‌شود را الزامی نموده است. از جمله سازه‌هایی که به منظور ذخیره آب استفاده می‌شود مخازن سطحی می‌باشد. در حالت واقعی معمولا برای بهره‌برداری از یک مخزن، اهداف متفاوتی نظیر تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت در مناطق پایین‌دست، تولید انرژی برقابی و کنترل سیلاب و تفریحات تعریف می‌شوند. وجود مخازن سطحی در کنار مزیت‌هایی که دارد ممکن است دارای معایبی نیز باشد از جمله مشکلات احداث مخازن سطحی آسیب رساندن به محیط زیست است، برای اینکه بیش از حد به محیط زیست آسیب نرسد احتیاج به تولید انرژی‌های پاک وجود دارد. یکی از این انرژی‌های پاک تولید انرژی برقابی است. امروزه توجه به طرح‌های توسعه انرژی برقابی با توجه به ضرورت دستیابی به منابع انرژی پاک از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این راستا ارزیابی پتانسیل هیدروانرژی در طرح‌ها با استفاده از روش‌های تحلیل سیستم و مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سال‌هاست که مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی ایران با داشتن منابع غنی در زمینه انرژی‌های تجدید پذیر، مستعد به کارگیری این‌گونه انرژی‌ها بوده و این امر به خصوص در مورد انرژی‌های برقابی به عنوان مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین نوع انرژی‌های تجدیدپذیر صادق است. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برقابی علاوه بر صرفه‌جویی‌های ارزی و ریالی قابل توجه، کاهش آلودگی محیط زیست، حل مشکل تامین انرژی روستاهای صعب العبور و دور افتاده، رفع نگرانی روستاییان در تامین سوخت مورد نیاز خود، کاهش نسبی هزینه تولید محصولات کشاورزی و در نهایت افزایش عمر محدود منابع فسیلی را به دنبال خواهد داشت (منصورزاده،۱۳۸۲). اساس کار نیروگاه‌های برق آبی تبدیل انرژی پتانسیل آب به انرژی سنتیک و تبدیل انرژی سنتیک به انرژی مکانیکی است که باعث تولید انرژی برق می‌شود. قدرت برق‌آبی به عنوان بزرگ‌ترین منبع جهانی (تجدیدپذیر) الکتریسیته می‌باشد وبه طور معمول ۶٪ از انرژی جهان یا حدود۱۵٪ الکتریسیته جهان را تامین می‌کند(عباس عربی،۱۳۸۹).

۱-۲- ضرورت انجام کار

ایران از لحاظ منابع مختلف انرژی یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌شود. و از یک سو دارای منابع گسترده فسیلی نفت و گاز است و از سوی دیگر دارای پتانسیل فراوان انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. اما ایران کشور کم آبی است و نیروگاه‌های آبی بزرگ، دارای پتانسیل محدودی هستند. بنابراین در دراز مدت جانشین دیگری غیر از تجدیدپذیری به عنوان منبع دیگری دیده نمی‌شود. از طرفی هر انرژی به لحاظ فناوری ساخت و بهره‌برداری، مسائل زیست محیطی، ویژگی‌های فنی، امکان دستیابی، توزیع جغرافیایی و سایر ویژگی‌ها، دارای مشخصه‌های خاص خود است. بنابراین، تنوع استفاده از انرژی‌های مختلف، کشور را به لحاظ تأمین انرژی در وضعیت مطمئن‌تری قرار خواهد داد بنابراین ایجاد فناوری آن‌ها در کشور لازم است. انرژی برق‌آبی با تولید انرژی الکتریکی بدون سوزاندن سوخت‌ها از ایجاد آلوده‌کننده‌های متصاعد شده از سوختن سوخت‌های فسیلی مانند دی‌اکسید گوگرد، اسید نیتریک، منواکسید کربن، گرد غبار و سرب جلوگیری می‌کند. همچنین انرژی برق‌آبی با از بین بردن ضرورت استفاده از سوخت‌هایی مانند زغال سنگ به طور غیرمستقیم خطرات ناشی از استخراج زغال سنگ را کاهش می‌دهد. در مقایسه با مولدهای بادی، منابع انرژی در نیروگاه‌های آبی خیلی قابل پیش‌بینی‌تر هستند. همچنین این نیروگاه‌ها می‌توانند ضریب بار شبکه را بهبود دهند و در زمان نیاز شروع به تولید انرژی الکتریکی کرده و به این ترتیب موجب تعدیل شبکه در طول ساعات پیک شوند. برعکس نیروگاه‌های گرمایی در نیروگاه‌های آبی زمان زیادی صرف مطالعات مربوط به سد می‌شود. معمولاً برای انجام دقیق محاسبات، داده‌های حدود ۵۰ سال از رفتارهای رودخانه برای انتخاب بهترین مکان احداث سد و روش ساخت آن لازم است. مکان‌های مناسب برای احداث نیروگاه‌های آبی برخلاف نیروگاه‌هایی که از سوخت‌ها برای تامین انرژی استفاده می‌کنند، محدود هستند. همچنین بیشتر نیروگاه‌های آبی از مراکز تجمع جمعیت دور هستند و باید برای انتقال آنها نیز هزینه‌ای صرف کرد. یکی از نکات مهم انرژی برق آبی این است که برخلاف سوخت های فسیلی، تقریبا رایگان است. هیچگونه ضایعاتی ندارد و مهم‌تر اینکه آب و هوا را آلوده نمی‌کند، اما با این حال به این دلیل که این انرژی بر روی زیستگاه‌های طبیعی اثرگذار می‌باشد مورد انتقاد قرار گرفته است. برای مثال ماهیان قزل آلا باید در سطح آب شنا کنند تا به مکان تخم‌گذاری خود برسند اما سدها راه آنها را می‌بندند، البته راه‌های متفاوتی برای حل این مشکل وجود دارد مثلا برای ماهیان نوعی نردبان ساخته شده تا بتوانند از آن عبور کنند و به مکان تخم‌گذاری خود برسند (بیات، ۱۳۸۰).

۱-۳- شرح و بیان مسئله

از آنجایی که احداث سدها به منظور تامین نیاز کشاورزی و تولید انرژی برقابی و اهداف مختلف دیگری صورت می‌گیرد در شبکه‌های آبیاری زهکشی حجم قابل توجهی آب برای تامین نیازهای کشاورزی مورد

استفاده قرار می‌گیرد. بررسی توأمان تولید انرژی برقابی و تامین نیاز کشاورزی در حوضه آبریز درجه ۲ در این مطالعه مورد تحقیق قرارگرفته است، با توجه به اینکه تامین بیشتر نیاز کشاورزی منجربه کاهش تولید انرژی برقابی خواهد شد، محاسبه نمودن بهترین درصد تامین نیاز کشاورزی و بیشترین انرژی تولیدی نیاز به تعریف یک سیستم بهینه‌سازی خواهد داشت. یکی از ضعف‌های نیروگاه‌های برقابی وابستگی شدید به میزان آب ورودی است و از آنجاکه میزان آب ورودی به مخزن سد به صورت مستقیم، به بارش‌ها وابسته‌است و در صورتیکه میزان بارش برف و باران کاهش یابد درنتیجه آن میزان تولید انرژی الکتریکی نیز کاهش می‌یابد. از سوی دیگر برای محاسبه انرژی برقابی معمولا فرض بر این است که دبی ورودی به مخزن در گذشته بصورت قطعی و یک سری تاریخی با گام‌های زمانی ماهانه، در سال‌های بعد بصورت مشابه اتفاق می‌افتد در صورتیکه دبی جریان ورودی به مخزن سد یک متغییر غیرقطعی بوده و به منظور محاسبات تولید انرژی برقابی نیاز به اعمال رویکرد بهینه‌سازی در شرایط استوکاستیکی می‌باشد. در این تحقیق سعی می‌گردد تا براساس واقعیت بارش که پدیده‌ای غیرقطعی می‌باشد و اثرگذاری مستقیمی که در جریان ورودی به مخزن دارد به کمک رویکرد بهینه‌سازی تصادفی صریح و روش برنامه‌ریزی خطی با قیود احتمالاتی به مدلسازی انرژی برقابی مخزن پرداخته شود. بدین منظور با توسعه مدل بهینه‌سازی سیستم منابع و مصارف یک حوضه آبریز واقعی در نرم افزار Lingo [1]جواب مسئله بهینه‌سازی محاسبه می‌گردد.

۱-٤- اهداف پایان‌نامه

از آنجایی که خروجی و حجم مخزن سد تابعی از جریان ورودی به مخزن سد هستند بنابراین می‌توان جریان خروجی و حجم مخزن را نیز با توجه به غیر قطعی بودن جریان ورودی مخزن، پارامترهای احتمالی در نظر گرفت. در نتیجه می‌توان برای محاسبه توان تولیدی در حالت عدم قطعیت با رویکرد برنامه‌ریزی خطی توسط قیود احتمالاتی، پارامترهای مورد استفاده را با توجه به منحنی تابع تجمعی احتمال[2] جریان ورودی به مخزن بدست آورد. هدف اصلی این تحقیق بهینه‌سازی توان تولیدی خروجی از سد می‌باشد به شرطی که حداکثر تامین نیاز کشاورزی صورت گرفته باشد.

این تحقیق با مطرح نمون سوالاتی همچون اثرگذاری عدم قطعیت پدیده بارش در محاسبات تولید انرژی برقابی به دنبال اهداف زیر است:

۱- بررسی اثر تابع توزیع تجمعی احتمال جریان ورودی به نیروگاه حاصل از توزیع‌های آماری مختلف بر روی انرژی برقابی تولید شده

[1] Linear INteractive & General Optimize
[2] Cumulative Distribution Function(CDF)

۲- بدست آوردن بیشترین مقدار توان تولیدی خروجی از یک سد با رویکرد بهینه‌سازی تصادفی صریح و روش برنامه‌ریزی خطی با قیود احتمالاتی

۱- ۵- اهمیت، ارزش و کاربرد نتایج پایان‌نامه

انرژی برقابی در مقایسه با سایر انرژی‌ها با تولید انرژی الکتریکی بدون سوزاندن سوخت از ایجاد آلودگی جلوگیری می‌کند همچنین با توجه به اینکه نیازی به سوزاندن سوخت‌هایی همچون زغال سنگ ندارد خطرات ناشی از استخراج زغال را کاهش می‌دهد. در مقایسه با مولدهای بادی، منابع انرژی در نیروگاه‌های آبی خیلی قابل پیش‌بینی‌تر هستند. همچنین این نیروگاه‌ها می‌توانند ضریب بار شبکه را بهبود دهند و در زمان نیاز شروع به تولید انرژی الکتریکی کرده و به این ترتیب موجب تعدیل شبکه در طول ساعات پیک شوند.

برای محاسبه انرژی برقابی معمولا فرض بر این است که دبی ورودی به مخزن در گذشته بصورت قطعی و یک سری تاریخی با گام‌های زمانی ماهانه، در سال‌های بعد بصورت مشابه اتفاق می‌افتد در صورتیکه دبی جریان ورودی به مخزن سد یک متغییر غیرقطعی بوده و به منظور محاسبات تولید انرژی برقابی نیاز به اعمال رویکرد بهینه‌سازی در شرایط استوکاستیکی می‌باشد.

در این رویکرد علیرغم مدل‌سازی‌های معمول که جریان ورودی به مخزن را قطعی فرض می‌نماید به بررسی همه جانبه میزان تولید انرژی برقابی و حداکثر نمودن تامین نیاز کشاورزی در شرایط غیرقطعی می‌پردازد، که این امر در تصمیم‌گیری مدیریت حوضه آبریز نقش بسزایی خواهد داشت.

فصل دوم

کلیات و بررسی منابع

۲-۱- مفاهیم اولیه انرژی برقابی

۲-۱-۱- بررسی جایگاه نیروگاه‌های آبی در ایران و جهان

امروزه انرژی دارای جایگاه مهم و غیرقابل انکار در تحولات جهانی می باشد به طوری که فعالیت‌های گوناگون در عرصه‌های مختلف به انرژی و به‌ویژه انرژی الکتریکی وابسته است. با توجه به رشد جمعیت با نرخ متوسط ٪۱ پیش‌بینی می شود جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ به میزان ۸/۱ میلیارد نفر برسد. این افزایش جمعیت به دنبال خود افزایش میزان تقاضای برق را به همراه خواهد داشت به طوری که میزان برق مورد نیاز دنیا درآن سال ۳۰۳۶۴ میلیارد کیلووات ساعت یعنی بیش از دو برابر میزان کنونی آن تخمین زده شده است. بنابراین کشورها با برنامه ریزی‌های مناسب و انجام فعالیت‌هایی از قبیل ایجاد نیروگاه‌های جدید بازسازی و بهینه‌سازی نیروگاه‌های موجود، توسعه‌ی تاسیسات و تجهیزات مورد نیاز و غیره در صدد تلاش برای افزایش میزان تولید برق خود می‌باشند. چگونگی تامین برق در کشورهای مختلف به عوامل گوناگونی از جمله موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی، منابع زیرزمینی تکنولوژی در دسترس آن کشورها و سیاست‌های موجود آن‌ها و..... وابسته است. برای مثال کانادا، نروژ و کشورهای آمریکای جنوبی درصد زیادی از برق خود را از نیروگاه های برق آبی تامین می‌کنند. در آمریکا، استرالیا و کشورهای آفریقایی تولید برق با تکیه بر ذغال صورت می‌گیرد. کشورهای خاورمیانه با توجه به منابع غنی گاز مقادیر زیادی از برق خود را از این منبع تامین می‌کنند. ژاپن و آلمان استفاده از انرژی خورشید و دانمارک انرژی باد را مورد توجه خود قرار داده‌اند. فرانسه حدود ۷۰ درصد برق تولیدی اش، برق هسته ای می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت تولید برق در بسیاری از کشورها با تکیه بر سوخت‌های فسیلی صورت می‌گیرد. با توجه به روند رو به رشد قیمت نفت از سال ۲۰۰۳، استفاده از منابع گاز و مخصوصاً زغال سنگ بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی محدود بودن منابع فسیلی و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آن در سال‌های اخیر استفاده از منابع تجدید پذیرو هسته‌ای را به یک استراتژی منطقی برای تولید برق تبدیل کرده است. منابع تجدید پذیری که امروزه برای تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از انرژی باد، خورشید، زمین گرمای زیست توده و انرژی آبی. از این میان در حال حاضر استفاده از آب مهم‌ترین نوع تولید انرژی در میان انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد به طوری که ۹۷درصد برق تولیدی از انرژی‌های تجدیدپذیر به وسیله نیروگاه‌های آبی تامین می‌شود. میزان پتانسیل انرژی برق آبی دنیا حدود TWH/Y ۱۵۰۰۰می‌باشد. این مقدار حدود نیمی از کل انرژی مورد نیاز

دنیا در سال ۲۰۳۰ می‌باشد. از این مقدار TWH/Y ۸۵۰۰ آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. در حال حاضر ظرفیت نیروگاه‌های برق آبی در دنیا GW ۷۰۰ می‌باشد. یعنی حدود۱۹درصد برق مصرفی جهان از این طریق تامین می‌شود.که از این مقدار ۲۴درصدمتعلق به آسیا، ۲۳ درصدآمریکای شمالی و ۲۰درصد اروپا می‌باشد(نشریه شماره ۵۲۶، ۱۳۸۹).

میزان بارندگی سالانه ۲۵۰ میلیمتر در ایران نسبت به متوسط سالانه بارش در جهان که معادل ۷۵۰ میلیمتر می‌باشد نشان دهنده‌ی قرار گرفتن ایران در منطقه جغرافیایی نیمه خشک می‌باشد. با وجود این دامنه های غربی و جنوب غربی زاگرس با دارا بودن حوضه‌های آبریز مهمی هم چون کارون، کرخه و دز ۳۰ درصد از منابع آب سطحی کشور را به خود اختصاص داده و پتانسیل تولید ظرفیت نسبی معادل ۲۳ گیگاوات انرژی برق آبی را دارا می‌باشند. با در نظر گرفتن سایر حوضه‌ها و طرح‌های نیروگاهی کوچک و متوسط پتانسیل نصب نیروگاه‌های برق آبی کشور تا دو برابر این مقدار پیش‌بینی شده است.

به طور کلی پتانسیل برق آبی کشور را می توان حدود ۵۰ میلیارد کیلو وات ساعت تخمین زد. ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های برق آبی در پایان سال ۱۳۸۴، ۶۰۳۴ مگاوات یعنی ۱۴/۷درصد ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های کشور بوده است. از طرفی در این سال طرح‌های در دست اجرا، در دست مطالعه و در مرحله شناخت ۲۶ تا ۲۸ گیگاوات برآورده شده اند. این طرح‌ها شامل سدها و نیروگاه‌های مسجدسلیمان و توسعه آن، کرخه، کارون ۳، گتوند، کارون ۴، سیمره و سیاه‌بیشه، رودبار لرستان و چندین طرح نیروگاهی کوچک و متوسط دیگر بوده است. از طرح‌های ذکر شده دو سد کارون ۳ و مسجد سلیمان هر یک با ظرفیت نصب شده ۲۰۰۰ مگاوات در حال حاضر به بهره برداری رسیده‌اند. بنابراین با در نظر گرفتن طرح‌های دیگر ظرفیت نصب شدهٔ نیروگاه‌های برق آبی از ۶۰۴۳/۹ در پایان سال ۱۳۸۴ به حدود ۱۰/۰۰۰ مگاوات در سال ۱۳۸۶ افزایش یافته است(نشریه شماره ۵۲۶، ۱۳۸۹).

۲-۱-۲- مزایا و معایب تولید انرژی برقابی

نیروی برق‌آبی با ایجاد انرژی الکتریکی بدون سوزاندن سوخت‌ها از ایجاد آلوده‌کننده‌های متصاعد شده از سوختن سوخت‌های فسیلی مانند دی‌اکسید گوگرد، اسید نیتریک، منواکسید کربن، گرد و غبار و سرب (موجود در زغال سنگ) جلوگیری می‌کند. همچنین هیدروالکتریسیته با از بین بردن ضرورت استفاده از سوخت‌هایی مانند زغال سنگ به طور غیرمستقیم خطرات ناشی از استخراج زغال سنگ را کاهش می‌دهد. این نیروگاه‌ها زباله هسته‌ای تولید نمی‌کنند. همچنین خطرات مربوط به تماس با اورانیوم در معادن یا نشت مواد هسته‌ای را نیز ندارند و برعکس اورانیوم در این دسته از نیروگاه‌ها از انرژی‌های تجدید پذیری استفاده می‌شود. در مقایسه با مولدهای بادی، منابع انرژی در نیروگاه‌های آبی خیلی قابل پیش‌بینی‌تر هستند. همچنین این نیروگاه‌ها می‌توانند ضریب بار شبکه را بهبود دهند و در زمان نیاز شروع به تولید انرژی الکتریکی کرده

و به این ترتیب موجب تعدیل شبکه در طول ساعات پیک شوند. برعکس نیروگاه‌های گرمایی در نیروگاه‌های آبی زمان زیادی صرف مطالعات مربوط به سد می‌شود. معمولاً برای انجام دقیق محاسبات، داده‌های حدود ۵۰ سال از رفتارهای رودخانه برای انتخاب بهترین مکان احداث سد و روش ساخت آن لازم است. برعکس نیروگاه‌هایی که از سوخت‌ها برای تامین انرژی استفاده می‌کنند، مکان‌های مناسب برای احداث نیروگاه‌های آبی محدود هستند. همچنین بیشتر نیروگاه‌های آبی از مراکز تجمع جمعیت دور هستند و باید برای انتقال آن‌ها نیز هزینه‌ای صرف کرد. از دیگر ضعف‌های این نیروگاه وابستگی شدید به میزان آب ورودی است و از آنجایکه میزان آب پشت سد به بارش‌ها وابسته‌است و در صورتیکه که میزان بارش برف و باران کاهش یابد میزان تولید انرژی الکتریکی نیز کاهش می‌یابد.

از دیگر سو آب ذخیره شده در پشت یک سد در واقع می‌تواند بخشی از امکانات مربوط به ورزش‌های آبی باشد و به این ترتیب می‌تواند به جاذبه‌ای برای گردشگران تبدیل شود. در برخی از کشورها از این آب برای پرورش موجودات آبزی مانند ماهی‌ها استفاده می‌شود به این ترتیب که در برخی سدها محیط‌های خاصی برای پرورش موجودات آبزی اختصاص یافته که همیشه از نظر داشتن آب پشتیبانی می‌شوند. از معایب این نوع انرژی می توان به، جابجایی جمعیت ساکن در مناطق زیر آب رفته توسط آب پشت سد است. این مناطق ممکن است شامل مناطقی باشد که از نظر فرهنگی یا اعتقادی دارای ارزش بالایی هستند و بدین ترتیب دلبستگی زیادی بین مردم ساکن با منطقه و آن منطقه خاص وجود دارد و به این ترتیب با بالا آمدن آب این مکان‌های تاریخی یا فرهنگی از بین خواهند رفت(بیات، ۱۳۸۰).

۲-۱-۳- مسائل اقتصادی

بیشترین مزیت استفاده از نیروگاه‌ها آبی عدم نیاز به استفاده از سوخت‌ها و در نتیجه حذف هزینه‌های مربوط به تامین سوخت است. درواقع هزینه انرژی الکتریکی تولیدی در یک نیروگاه آبی تقریباً از تغییرات قیمت سوخت‌های فسیلی نظیر نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ مصون است. همچنین عمر متوسط نیروگاه‌های آبی در مقایسه با نیروگاه‌های گرمایی بیشتر است، به طوری که عمر برخی از نیروگاه‌های آبی که هم‌اکنون در حال استفاده هستند به ۵۰ تا ۱۰۰ سال پیش بازمی‌گردد. هزینه کار این نیروگاه‌ها در حالی که به صورت خودکار عمل کنند کم است و بجز در موارد اضطراری به پرسنل زیادی در نیروگاه نیاز نخواهد بود. در موقعیت‌هایی که استفاده از سد چندین هدف را پوشش می‌دهد، ساخت یک نیروگاه آبی هزینه نسبتاً کمی را به هزینه‌های ساخت سد اضافه می‌کند. ایجاد یک نیروگاه همچنین می‌تواند هزینه‌های مربوط به ساخت سد را جبران کند. برای مثال هزینه ناشی از ساخت سد «Three Gorges» که بزرگ‌ترین سد جهان است با فروش انرژی الکتریکی تولیدی در سد در طول ۵ تا ۷ سال جبران شده‌است(سپیدستان،۱۳۸۹).