

مکان یابی سدهای مخزنی با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره

سعیدرضا خداشناس^۱، نیلوفر یاراحمدی^۲

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه فردوسی مشهد

saeedkhodashenas@yahoo.fr

خلاصه

در این تحقیق اولویت محل ساخت سدهای مخزنی در ایران با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه (MCDM) تعیین می‌گردد. بدین منظور ابتدا کلیاتی در خصوص وضعیت کنونی سدسازی در کشور ذکر شده و سپس با بهره‌گیری از تحقیقات میدانی، نظرات چند متخصص رشته سدسازی در ایران جهت تعیین معیارهای ارزیابی اولویت‌بندی محل ساخت سدهای مخزنی مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد با استفاده از بررسی‌های بعمل آمده با معیارهای مطروحه در اولویت‌بندی، مناطق پیشنهادی جهت ساخت سدهای مخزنی مرتب گردید. جهت اولویت‌بندی طرحهای مطروحه، پس از تعیین معیارهای مناسب و با استفاده از مدل ارائه شده از سه روش برتر تصمیم‌گیری چند معیاره شامل روشهای AHP، TOPSIS و DEMATEL استفاده شد. سپس با جمع‌آوری داده‌های واقعی چهار حوضه آبریز واقع در استانهای همدان، کرمانشاه، لرستان و ایلام، به آزمایش مدل ارائه شده جهت تعیین مکان بهینه احداث یک سد مخزنی در ایران پرداخته شده و حوضه‌های برتر جهت تخصیص اعتبارات سدسازی به ترتیب استانهای لرستان، کرمانشاه، همدان و ایلام تعیین گردیدند. سپس با استفاده از داده‌های در دسترس از سه سد مخزنی در حال ساخت واقع در سه حوضه برتر (لرستان، کرمانشاه و همدان)، شایستگی هر یک از پروژه‌های سدسازی مذکور جهت دریافت و تخصیص میزان بیشتری از اعتبارات عمرانی مشخص شدند.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، سد مخزنی

کد مقاله: ۱۰۲۹

مکان یابی سدهای مخزنی با استفاده از رویکرد تصمیم گیری چند معیاره

سعیدرضا خداشناس^۱، نیلوفر یاراحمدی^۲

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشگاه فردوسی مشهد

saeedkhodashenas@yahoo.fr

خلاصه

در این تحقیق اولویت محل ساخت سدهای مخزنی در ایران با استفاده از روشهای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه (MCDM) تعیین می گردد. بدین منظور ابتدا کلیاتی در خصوص وضعیت کنونی سدسازی در کشور ذکر شده و سپس با بهره گیری از تحقیقات میدانی، نظرات چند متخصص رشته سدسازی در ایران جهت تعیین معیارهای ارزیابی اولویت بندی محل ساخت سدهای مخزنی مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد با استفاده از بررسی های بعمل آمده با معیارهای مطروحه در اولویت بندی، مناطق پیشنهادی جهت ساخت سدهای مخزنی مرتب گردید. جهت اولویت بندی طرحهای مطروحه، پس از تعیین معیارهای مناسب و با استفاده از مدل ارائه شده از سه روش برتر تصمیم گیری چند معیاره شامل روشهای AHP، TOPSIS و DEMATEL استفاده شد. سپس با جمع آوری داده های واقعی چهار حوضه آبریز واقع در استانهای همدان، کرمانشاه، لرستان و ایلام، به آزمایش مدل ارائه شده جهت تعیین مکان بهینه احداث یک سد مخزنی در ایران پرداخته شده و حوضه های برتر جهت تخصیص اعتبارات سد سازی به ترتیب استانهای لرستان، کرمانشاه، همدان و ایلام تعیین گردیدند. سپس با استفاده از داده های در دسترس از سه سد مخزنی در حال ساخت واقع در سه حوضه برتر (لرستان، کرمانشاه و همدان)، شبستگی هر یک از پروژه های سدسازی مذکور جهت دریافت و تخصیص میزان بیشتری از اعتبارات عمرانی مشخص شدند.

واژه های کلیدی: تصمیم گیری با معیارهای چندگانه، سد مخزنی

۱. مقدمه

امروزه محدودیت منابع مالی کشور لزوم یک برنامه ریزی دقیق برای انجام سرمایه گذاریهای عمرانی که بیشترین منافع را برای کشور داشته باشد ایجاب می کند. یکی از مهمترین کارهایی که در برنامه ریزی و تصمیم گیری برای اجرای پروژه های سدسازی به نحو مطلوب می توان انجام داد، اولویت بندی آنهاست تا طرحهای حیاتی در اولویت بالاتر و با منابع بیشتری به اجرا درآیند. در این رابطه ذکر این نکته نیز ضروری است که معمولاً برای اتخاذ هر تصمیمی، تصمیم گیرندگان یک سری معیار یا شاخص را مدنظر قرار می دهند. چنانچه این معیارها کمی باشند و بتوان آنها را در قالب اعداد و ارقام بیان کرد، روشهای متنوع ریاضی برای حل آنها وجود دارد ولی اگر این معیارها کیفی باشند، دیگر به سادگی نمی توان از روشهای ریاضی و کمی استفاده نمود و برای حل مسأله باید از روش خاصی استفاده کرد. در پروژه های سدسازی مشاهده می شود که معیارهای تصمیم گیری هم کمی و هم کیفی هستند و علاوه در بسیاری موارد، هم واحد نیز نیستند. لذا در برخورد با این مسأله می بایست به دنبال گزینه ای بود که بیشترین مزیت را برای معیارها داشته باشد. این گونه روشهای تصمیم گیری، به روشهای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه معروفند که امروزه به لحاظ تنوع تکنیک و نیز بواسطه توانایی حل مسائل منحصر بفرد از کاربرد وسیعی برخوردار گردیده اند.

اما در عصر حاضر، از یک طرف بدلیل کم بودن آب قابل استفاده و از طرف دیگر بعلاوه افزایش روزافزون مصرف آن دانشمندان با استفاده از تکنیکهایی سعی در بهره گیری حداکثری از ذخیره آب موجود در جهان دارند. از جمله این تکنیکها که امروزه در بخشهای مختلف صنعت آب از قبیل مدیریت حوضه آبریز، تعیین مکان مناسب جهت ساخت سد، ارزیابی پایداری سدها، تعیین مسیر شبکه های انتقال آب و ... بکار می روند، می توان به استفاده از روشهای مختلف MCDM اشاره کرد.

در تحقیق حاضر ضمن بررسی معارهای کمی و کیفی انتخاب محل سد از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شده است. روش مورد استفاده در این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و حل مسأله، MCDM و از میان تکنیکهای MCDM برای حل مسأله، روشهای تصمیم‌گیری AHP، TOPSIS و DEMATEL برگزیده شدند.

۲. پیشینه پژوهش

با توجه به اینکه قسمت عمده‌ای از بودجه سالیانه کشور صرف برنامه‌های عمرانی می‌شود، لذا جهت اجرای چنین پروژه‌هایی به مطالعه جنبه‌های مختلف آنها نیاز است تا با تصمیم‌گیری به موقع و برنامه‌ریزی، تکمیل پروژه‌ها بر اساس زمان و منابع پیش‌بینی شده انجام گیرد. در همین راستا مطالعات زیادی از جنبه‌های مختلف در زمینه طرح‌های عمرانی (بصورت عام و نه اختصاصاً در مورد پروژه‌های سدسازی) و استفاده از مدل‌های مختلف تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه صورت گرفته است. از جمله تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱ - گزارش بررسی و رفع علل افزایش هزینه یا گرانی طرح‌های عمرانی - ۱۳۵۱
- ۲ - گزارش مطالعه جامع مشکلات و مسائل اجرای کارهای عمرانی کشور - ۱۳۶۳
- ۳ - گزارش بررسی مشکلات اجرای طرح‌های عمرانی در دستگاه‌های دولتی - ۱۳۷۳
- ۴ - گزارش سمینار بررسی مشکلات طرح‌های عمرانی کشور - ۱۳۷۳
- ۵ - ارزیابی و تحلیل هزینه، اتلاف منابع و بهره‌وری در سرمایه‌گذاریهای عمرانی - مسعود فرزانه - ۱۳۷۴
- ۶ - سیستم‌های مختلف اجرای پروژه و پیشنهاد نحوه انتخاب سیستم بهینه برای اجرای طرح‌های عمرانی کشور - محمدحامد امام‌جمعه‌زاده - ۱۳۷۸
- ۷ - تیم‌سازی در پروژه‌های احداث (طرح‌های عمرانی) - David M. Spatz - 2000
- ۸ - ایمنی در پروژه‌های احداث (طرح‌های عمرانی) - Cliff Schexnayder - 2001
- ۹ - استفاده از مدل‌های MCDM جهت انتخاب موقعیت کارخانه (در بحث جایابی کیفی) - محمدرضا معتدل و عباس طلوعی - ۱۳۷۹
- ۱۰ - تخصیص بهینه کارانه در واحدهای ستادی بانک رفاه کارگران - فرهاد وفائی - ۱۳۷۹
- ۱۱ - تفسیر تاریخی کارهای انجام شده در زمینه MCDM و MAUT - جیمز اس. دیر و همکاران - 1992
- ۱۲ - متدهای چندمعیاره جهت برنامه‌ریزی منابع - بنیامین اف. هوبس و پیتر ام. میر - 1994
- ۱۳ - مکان‌یابی صنایع تبدیلی زعفران - مرتضی صغیرزاده - ۱۳۷۵
- ۱۴ - مکان‌یابی صنایع پوست و چرم - امیر حوری - ۱۳۷۶

اما در عصر حاضر، از یک طرف بدلیل کم بودن آب قابل استفاده و از طرف دیگر بعلت افزایش روزافزون مصرف آن دانشمندان با استفاده از تکنیک‌هایی سعی در بهره‌گیری حداکثری از ذخیره آب موجود در جهان دارند. از جمله این تکنیک‌ها که امروزه در بخش‌های مختلف صنعت آب از قبیل مدیریت حوضه آبریز، تعیین مکان مناسب جهت ساخت سد، ارزیابی پایداری سدها، تعیین مسیر شبکه‌های انتقال آب و ... بکار می‌روند، می‌توان به استفاده از روش‌های مختلف MCDM اشاره کرد. از جمله تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

1- Kleynhans, T.E. : Multi Criteria Decision Making for Water Resource Management in the Berg Water Management Area, University of Stellenbosch, 2006.

2- Pienaar, H.H. : Toward Classification System of Significant Water Resources with a Case Study of the Thukela River, University of the Western Cape, 2005.

3- Profile of Research Projects at Mekelle University in the Year 2006.

4- Applying the World Commission on Dams Report I South Africa, South African Multi-Stakeholder Initiative, 2004.

<http://www.worldbank.com>

۵- گزارشات ارائه شده موجود در سایت بانک جهانی به آدرس اینترنتی

۲. مواد و روشها

این تحقیق از گونه تحقیقات کاربردی می‌باشد. با بررسیهای بعمل آمده در این تحقیق معلوم گردید که علاوه بر فاکتورهای کمی، فاکتورهای کیفی بسیار مهمی نیز در تعیین مکان بهینه پروژه‌های سدسازی دخیل هستند که بدون اعمال آنها دستیابی به طرح ارجح مطلقاً امکان‌پذیر نخواهد بود. لذا ترجیحاً باید از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات بهره جست. با در نظر گرفتن این مسأله که روش مورد استفاده در این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و حل مسأله، استفاده از تکنیکهای MCDM است، روشهای تصمیم‌گیری AHP، TOPSIS و DEMATEL از میان تکنیکهای MCDM برای حل مسأله برگزیده شدند. بطور کلی مراحل محاسباتی تحقیق حاضر به سه قسمت تقسیم می‌شود:

- ۱ - شناسائی و انتخاب معیارهای مؤثر در تعیین مکان بهینه ساخت سد
- ۲ - تعیین وزن معیارهای برگزیده
- ۳ - حل مسأله با استفاده از تکنیکهای برگزیده

مهم‌ترین قسمت این پژوهش، تعیین معیارهای مؤثر در تعیین مکان بهینه ساخت سدهای داخل کشور است. از طرفی لازم بذکر است که معیارهای فوق با توجه به خصوصیات جغرافیائی و آب و هوائی در هر کشور با کشورهای دیگر جهان متفاوت است. از آنجا که تاکنون هیچگونه کار مدونی در این زمینه در کشورمان صورت نپذیرفته است، لذا ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای به جمع‌آوری معیارهای کلی که محققان سایر کشورها در این زمینه بدست آورده بودند، پرداخته شد. سپس با استفاده از نظریات خبرگان امر سدسازی در سطح کشور، این معیارها را با توجه به شرایط و خصوصیات ایران مورد اصلاح قرار گرفت.

۳. مراحل آماده‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری

در ماتریسهای تصمیم‌گیری چند نکته مهم وجود دارند که عبارتند از:

الف) برخی از معیارها کمی و قابل اندازه‌گیری هستند در صورتیکه برخی دیگر از معیارها کیفی می‌باشند.

ب) معیارها دارای بعد یکسان نیستند. لذا انجام اعمال ریاضی روی آنها امکان‌پذیر نیست.

ج) معیارها الزاماً دارای اهمیت یکسان در تصمیم‌گیری نمی‌باشند.

با توجه به مباحث فوق‌بسیاری از تکنیکهای تصمیم‌گیری ایجاب می‌کنند که معیارهای کیفی در ماتریس به مقادیر کمی تبدیل گردد و نیز بعد (dimension) تمام معیارها یکسان گردد. در عین حال می‌بایستی روشهایی تعریف گردند تا بتوان وزن تک تک معیارها یا میزان اهمیت آنها را در تصمیم‌گیری تعیین نمود

روش TOPSIS: در این روش علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه A_i از نقطه ایده‌آل، فاصله آن از نقطه ایده‌آل منفی هم در نظر گرفته می‌شود.

بدان معنی که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل بوده و در عین حال دارای دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی باشد. [۱]

روش AHP: این روش براساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی پیشنهاد گردیده است. از آنجا که درک پدیده‌ها و مسائل بزرگ پیچیده برای ذهن انسان می‌تواند مشکل‌آفرین باشد، از این رو تجزیه یک مسئله بزرگ به عناصر جزئی آن (با استفاده از یک ساختار رده‌ای) می‌تواند به درک انسان کمک نماید. در این روش ارتباط هر عنصر با سایر عناصر باید در ساختار رده‌ای و در سطوح مختلف مشخص گردیده و ارتباط هدف اصلی موجود از مسأله با پائین‌ترین رده موجود از سلسله مراتب تشکیل شده دقیقاً روشن می‌شود. در ساختار AHP هر عنصر از یک سطح معین، تحت تسلط برخی یا کلیه عناصر موجود در سطح بلافاصله بالاتر از خود می‌باشد. [۲]

روش DEMATEL: این تکنیک در اواخر ۱۹۷۱، عمدتاً برای بررسی مسائل بسیار پیچیده جهانی به وجود آمد. اهداف استراتژیک و عینی از مسائل جهانی، به منظور دسترسی به راه‌حل‌های مناسب، مدنظر قرار گرفت و از خبرگانی در زمینه‌های علمی، سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، رهبران عقیدتی و هنرمندان برای قضاوت و نظرخواهی استفاده گردید. برای دسترسی به قضاوت خبرگان از مصاحبه و پرسشنامه به صورت مکرر استفاده شد. DEMATEL نیز برای ساختاردهی به یک دنباله از اطلاعات مفروض کاربرد دارد. به طوری که شدت ارتباطات را به صورت امتیازدهی مورد

بررسی قرار داده، بازخورها توأم با اهمیت آنها را تجسس نموده و روابط انتقال ناپذیر را می پذیرد. اگرچه اطلاعات تجربی نشان داده است که (قضاوت خبرگان از ارتباطات مستقیم عناصر با یکدیگر) خصوصیات انتقال پذیری را کم و بیش تأمین می نماید. [۳]

۴. تعیین معیارها

با توجه به مطالعات کتابخانه ای انجام شده، بررسی تحقیقات پیشین و استفاده از نظرات خبرگان امر، معیارهای مؤثر در تعیین مکان بهینه یک سد مخزنی در ایران خود به دو دسته تقسیم شدند:

معیارهای مؤثر در انتخاب ساختگاه جهت ذخیره و تنظیم آورد رودخانه ها

معیارهای مؤثر در غربال گزینه های قابل طرح در یک محدوده مطالعاتی

۵. معیارهای مؤثر در انتخاب ساختگاه جهت ذخیره و تنظیم آورد رودخانه ها

با انجام مطالعات کتابخانه ای و با توجه به نظرات خبرگان امر سدسازی در کشور، معیارهای مؤثر در انتخاب ساختگاه عبارتند از:

۱- بارندگی: هیدرولوژیستها، کلیه نزولات آسمانی را که بطور مایع یا جامد از ابرها جدا می گردند و به زمین می رسند، بارش (Pericpitation) می نامند. بارش اشکال گوناگونی دارد و از ریزه باران تا تگرگ متغیر است. منظور از بارندگی در این تحقیق، میزان بارندگی سالانه (برحسب mm) در محدوده های مورد مطالعه می باشد.

۲- تبخیر: منظور از تبخیر در این پژوهش، تبخیر از سطح آزاد آب است. بطور کلی فرآیند تبدیل قطرات مایع به ذرات ریز گاز را تبخیر گویند. در این پژوهش، میزان تبخیر سالانه (برحسب mm) از سطح آزاد آب، بعنوان معیار در نظر گرفته شد.

۳- آبدهی: میزان آبی است که در واحد زمان از سطح مقطع مجرا عبور می نماید بشرط آنکه مقطع مذکور عمود بر جهت جریان در نظر گرفته شود. در این تحقیق، میزان آبدهی سالانه برحسب میلیون مترمکعب (MCM) بعنوان معیار در نظر گرفته شد.

۴- رسوب: آبهای جاری یکی از مهمترین عوامل فرسایش پوسته زمین بوده و همراه خود موادی را بصورت معلق و بار کف حمل می کنند. مواد معلق ذرات کوچکی هستند که بطور عمدۀ شامل کلئیدها، رس و لای (سیلت) و مقدار کمی ماسه نرم می باشند. بار کف نیز عبارت است از ذرات رسوبی نسبتاً درشتی که در امتداد کف رودخانه به حالت لغزش، غلطش یا جهش حرکت می کنند. وجود این مواد در آب از نظر رسوب گذاری و پر کردن مخازن سدها بسیار مهم است، بطوریکه میزان حجم رسوب ته نشین شده در مخزن سدها در مدت ۵۰ سال برحسب میلیون مترمکعب (MCM) بعنوان یک پارامتر مهم در مدل ارائه شده در نظر گرفته شد.

۵- سیلاب: گذر حجمی غیرمتعارف دبی که بر اثر ذوب یا شدت نزولات جوی در مجرا بوقوع می پیوندد، سیلاب نامیده می شود. شدت وقوع سیلاب در یک مجرا دارای یک حدنهایی منطقی است که به حداکثر سیلاب محتمل (PMF) معروف می باشد. در این پژوهش PMF بعنوان یکی از معیارهای مؤثر در مدل برگزیده شد.

۶- کیفیت: به مجموعه مؤلفه ها و فرآیندی که می توانند قابلیت مصرف (شرب، کشاورزی و صنعت) آب را براساس معیارهای شناخته شده (شولر - ویلکوکس و...) بیان نمایند، کیفیت گفته می شود. در این پژوهش با توجه به نظر جمیع خبرگان، مؤلفه «هدایت الکتریکی» (EC) بعنوان مؤلفه اصلی جهت تعریف «معیار کیفیت» برگزیده شد. اندازه گیری هدایت الکتریکی آب به منظور تعیین غلظت یونهای محلول در آب صورت می گیرد. بدین صورت که آب مقطر تقریباً عایق انتقال الکتریسیته بوده، در صورتیکه نمکهای محلول در آب، آنرا هادی جریان می سازند و هرچه میزان املاح محلول بیشتر باشد، قابلیت هدایت الکتریکی نیز افزایش می یابد.

۷- سلامت ساختگاه: معیار «سلامت ساختگاه» نشان دهنده میزان درزه و شکاف موجود در محل ساخت بدنه اصلی سد و تأسیسات وابسته می باشد. میزان درزه و شکاف در محل ساختگاه از طریق مطالعات زمین شناسی و حفر گمانه های اکتشافی صورت می پذیرد.

۸- میزان آبرفت: منظور از میزان آبرفت، مجموعه سنگهای غیر یکپارچه ای است که شامل مواد ریزدانه و درشت دانه بوده و استحکام (باربری) و نیز میزان نفوذپذیری آنان، قابلیت احداث سد بر روی آنان را منتفی می نماید. هرچه عمق آبرفت (برحسب m) در محل ساختگاه بیشتر باشد، قابلیت احداث سد در آن محل کمتر می شود.

۹- فعالیت گسلها: عبارت است از میزان توان لرزه زائی هر گسل که برحسب شرایط خاص آن گسل (موقعیت، طول، عمق و...) متغیر می باشد. این مؤلفه برحسب درصدی از میزان شتاب ثقل زمین (شتابهای عمودی و افقی) در مهندسی زلزله تعریف می گردد.

۱۰- هزینه انتقال: مجموعه هزینه های احداث مؤلفه های متعدد انتقال (بند انحرافی، کانال، سیستم های تحت فشار (لوله گذاری)، احداث ایستگاه پمپاژ) که لازم است تا آب ذخیره شده سد به محل مصرف رسانیده شود، هزینه انتقال نامیده می شود.

۵.۱. تبدیل معیارهای کیفی به کمی

از میان ۱۰ معیار فوق که در انتخاب ساختگاه مناسب مؤثرند، تنها دو معیار بصورت کیفی تعریف می شوند. این معیارها که با استفاده از سیستم خط کش مقیاس بصورت کمی در آمدند، عبارتند از: سلامت ساختگاه و میزان آبرفت.

۵.۲. وزن دهی

در این بخش ابتدا وزن تک تک معیارها با استفاده از تکنیک مقایسات زوجی و توسط سه DM بدست آمد و سپس میزان ناسازگاری هر یک از DMها محاسبه شد. در نهایت وزن نهایی معیارها با استفاده از روش تصمیم گیری گروهی (محاسبه میانگین هندسی نظرات تصمیم گیرندگان) بدست آمد. با توجه به محاسبات انجام شده وزن نهایی معیارهای مؤثر در انتخاب محل ساختگاه بشرح جدول ۱ ارائه شده است:

جدول ۱- وزن نهایی معیارهای مؤثر در انتخاب محل ساختگاه

ردیف	معیار	وزن	ردیف	معیار	وزن
۱	سلامت ساختگاه	0.2042	۶	میزان آبرفت	0.0814
۲	سیلاب	0.2039	۷	رسوب	0.05843
۳	آبدهی	0.1414	۸	بارندگی	0.05841
۴	میزان فعالیت گسلها	0.0965	۹	کیفیت	0.0441
۵	هزینه انتقال	0.0938	۱۰	تبخیر	0.0177

۶. معیارهای مؤثر در غربال گزینه های سد سازی قابل طرح در یک محدوده مطالعاتی

با توجه به مطالعات کتابخانه ای و با استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان امر، معیارهای مؤثر در غربال گزینه های سد سازی عبارتند از:

۱- سلامت محل: این معیار نشان دهنده میزان درزه و شکاف موجود در محل ساخت بدنه اصلی سد و تأسیسات وابسته به آن می باشد. سلامت محل معمولاً بر سلامت ساختگاه منطبق است، مگر آنکه حادثه طبیعی خاصی نظیر وقوع آتشفشان و... بطور اختصاصی در محل رخ داده باشد.

۲- میزان آبرفت در محل احداث سد: منظور از میزان آبرفت، مجموعه سنگهای غیریکپارچه ای است که استحکام و میزان نفوذپذیری آنان قابلیت احداث سد بر روی آنان را منتفی می نماید. این معیار نیز معمولاً با معیار «میزان آبرفت» منطبق است. اما به لحاظ اهمیت آن، اختصاصاً برای محل احداث سد نیز مورد بررسی قرار می گیرد.

۳- توپوگرافی دریاچه: پستی بلندی های محدوده ای از طرح که کلیه آب دریاچه در آن انباشت می گردد به توپوگرافی آن دریاچه اطلاق می شود. حجم این مؤلفه عمدتاً بر مبنای هزار یا MCM واحد حجمی آب اندازه گیری می شود.

- ۴- توپوگرافی ساختگاه: کلیه پستی بلندی‌هایی که در محدوده عملیات اجرائی بدنه اصلی سد و تأسیسات وابسته آن (سرریز، سیستم‌های تخلیه تحتانی، آبگیر و...) قرار می‌گیرند، توپوگرافی ساختگاه نامیده می‌شوند. بهترین پارامتر جهت تعیین شرایط توپوگرافی ساختگاه با مدنظر قرار دادن نظرات خبرگان امر، نسبت طول تاج به ارتفاع سد (ضریب سارکاریا) در نظر گرفته شد.
- ۵- هزینه انتقال: مجموعه هزینه‌های احداث مؤلفه‌های متعدد انتقال (بند انحرافی، کانال، سیستم‌های تحت فشار یا لوله‌گذاری، احداث ایستگاه پمپاژ) که لازم است تا آب ذخیره شده سد به محل مصرف رسانیده شود، هزینه انتقال نامیده می‌شود.
- ۶- کمیت منابع قرضه: عبارت است از وجود حجم کافی منابع قرضه موردنیاز (برحسب مطالعات و محاسبات انجام شده) جهت اجرای بدنه سد و تأسیسات وابسته به آن.

۷- کیفیت منابع قرضه: منابع قرضه مورد استفاده در ساخت سدها خود به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف- منابع قرضه ریزدانه:

عبارتند از مواد ریزدانه چسبنده با درصد رس از ۲۰ الی ۸۰ درصد.

جهت تعیین کیفیت منابع قرضه ریزدانه پارامترهای زیر مدنظر قرار می‌گیرند:

- ۱ - خاک و اگر نباشد یعنی آلکانها در آن وجود نداشته باشد.
- ۲ - تراکم آنها دانسیته بالایی بدهد [به ازای رطوبت بهینه (OMC)]، $[\rho d \geq 1.8 \frac{gr}{cm^3}]$
- ۳ - خاک متراکم شده نفوذناپذیر باشد. $(k < 10^{-5} \text{ cm/sec})$
- ۴ - در مورد منابع قرضه رسی $PI \geq 11$ باشد.

ب- منابع قرضه درشت‌دانه:

عبارتند از مواد دانه‌ای غیرچسبنده‌ای که خود بر دونوعند: ۱- ماسه ۲- بادامی و نخودی.

کیفیت منابع قرضه درشت‌دانه با توجه به پارامترهای زیر تعیین می‌شود:

- ۱ - مقاومت تک محوری سنگدانه‌ها بیشتر از ۶۰-۵۰ مگاپاسکال باشد.
- ۲ - درصد پولکی و سوزنی آنها کمتر از ۱۵ درصد باشد.
- ۳ - در برابر گرما و سرما مقاومت مناسبی داشته باشند (در پنج تست متوالی $IQ > 95$).
- ۴ - در برابر سولفات‌ها از جمله سدیم و منیزیم مقاومت کافی داشته باشند.
- ۵ - لس آنجلس آنها کمتر از ۳۵ باشد.

۸- فاصله دسترسی به منابع قرضه: عبارت است از مجموع فواصل محل ساخت تا منابع قرضه موردنیاز.

۹- خسارت مخزن: مجموعه هزینه‌های ایجاد شده بر اثر احداث سد، تأسیسات وابسته و انباشت آب در دریاچه سد در محدوده اجرای طرح را خسارت مخزن می‌نامند. (پرداخت خسارت مراکز جمعیتی، راهها و تأسیسات عمومی موجود در دریاچه، اراضی دایر و بایر و...)

۱۰- امکانات اجرائی: عبارت است از کلیه تسهیلاتی که شرایط انجام عملیات اجرائی مؤلفه‌های مختلف طرح را فراهم می‌آورند. مانند جاده‌های دسترسی با شرایط تأمین آب و برق و تلفن و... و تسهیلات انجام کار در ساختگاه همانند عرض کف رودخانه (شیب جناحین).

۱۱- جانمایی تأسیسات هیدرولیکی: شرایط و امکانات طبیعی موجود از جمله توپوگرافی مناسب و شرایط زمین‌شناسی مقبول جهت احداث مؤلفه‌های وابسته را تحت عنوان امکان‌های جانمایی تأسیسات هیدرولیکی تعریف می‌کنند.

۱۲- تنشهای اجتماعی: به کلیه مسائل اجتماعی و مشکلات فرهنگی مترتب بر احداث سد، اطلاق می‌گردد. (لزوم جابجائی مراکز جمعیتی و یا ادغام فرهنگ قومی در اراضی شبکه‌های پایاب بعد از احداث سد)

۱۳- تخریب آثار فرهنگی و مذهبی: عبارت است از خسارتی که بر اثر احداث سد و دریاچه آن به اماکن مذهبی، تاریخی یا فرهنگی در منطقه وارد می‌گردد.

۱۴- ارزش سیاسی: عبارت است از میزان تأیید دستیابی به اهداف سد در جهت کاهش تنشهای سیاسی منطقه (حل مشکل تأمین آب شرب یک شهر یا تنظیم و مهار آب رودخانه‌های مرزی).

۱.۶. تبدیل معیارهای کیفی به کمی

از میان این معیارها، معیارهای سلامت محل سد، میزان آبرفت، کیفیت منابع قرضه، کمیت منابع قرضه، امکانات اجرایی، جانمایی تأسیسات هیدرولیکی، تنشهای اجتماعی و ارزش سیاسی بصورت کیفی تعریف می‌شوند که با استفاده از نظرات خبرگان به حالت کمی برگردانیده شدند.

۲.۶. وزن دهی

همانند حالت قبل وزن تک تک معیارها حساب شده و در نهایت وزن معیارهای مؤثر در غربال گزینه‌های محل ساخت سد بشرح جدول ۲ محاسبه گردید:

جدول ۲- وزن نهایی معیارهای مؤثر در غربال گزینه‌های محل ساخت سد در یک محدوده مطالعاتی

ردیف	معیار	وزن	ردیف	معیار	وزن
۱	سلامت محل سد(ساختگاه)	0.154	۸	توپوگرافی دریاچه	0.060
۲	جانمایی تأسیسات هیدرولیکی	0.130	۹	کیفیت منابع قرضه	0.060
۳	امکانات اجرایی	0.091	۱۰	تخریب آثار باستانی، تاریخی و مذهبی	0.053
۴	هزینه انتقال	0.087	۱۱	خسارت مخزن	0.048
۵	تنشهای اجتماعی	0.069	۱۲	دسترسی به منابع قرضه	0.048
۶	ارزش سیاسی	0.066	۱۳	توپوگرافی ساختگاه	0.037
۷	کمیت منابع قرضه	0.061	۱۴	میزان آبرفت	0.035

۷. انتخاب ساختگاه و غربال گزینه‌ها

در این مرحله ابتدا داده‌های واقعی چهار حوضه واقع در استانهای همدان، کرمانشاه، لرستان و ایلام جمع‌آوری شد و سپس با استفاده از روشهای AHP، TOPSIS و DEMATEL به تجزیه و تحلیل اطلاعات و ارائه Ranking حوضه‌ها پرداخته شد.

واقع در استان همدان	: حوضه شماره ۱
واقع در استان کرمانشاه	: حوضه شماره ۲
واقع در استان لرستان	: حوضه شماره ۳
واقع در استان ایلام	: حوضه شماره ۴

پس از انجام محاسبات مربوطه، Ranking آترناتیوها با استفاده از روشهای AHP، TOSIS و DEMATEL بشرح زیر بدست آمد:

روش TOPSIS:

حوضه شماره ۴ → حوضه شماره ۲ → حوضه شماره ۱ → حوضه شماره ۳

روش AHP:

حوضه شماره ۲ → حوضه شماره ۴ → حوضه شماره ۳ → حوضه شماره ۱

روش DEMATEL:

حوضه شماره ۴ → حوضه شماره ۱ → حوضه شماره ۲ → حوضه شماره ۳

همانگونه که مشخص است روش DEMATEL نسبت به روش AHP دقیق‌تر بوده و نتایج آن با Ranking حاصل از

روش TOPSIS تطابق بیشتری دارد.

پس از مشخص شدن و انتخاب حوضه‌های برتر (حوضه‌های واقع در استانهای همدان، کرمانشاه و لرستان) سه سد مخزنی در

حال ساخت در استانهای مذکور انتخاب گردید (سد مخزنی سرابی واقع در استان همدان، سد مخزنی جامیشان واقع در استان کرمانشاه و

سد مخزنی ایوشان واقع در استان لرستان). سپس داده‌های واقعی مربوط به این سدها جمع‌آوری شده و در نهایت با استفاده از سه روش AHP، TOPSIS و DEMATEL بشرح ذیل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

روش TOPSIS:

سد مخزنی جامیشان → سد مخزنی ایوشان → سد مخزنی سرابی

روش AHP:

سد مخزنی جامیشان → سد مخزنی ایوشان → سد مخزنی سرابی

روش DEMATEL:

سد مخزنی جامیشان → سد مخزنی ایوشان → سد مخزنی سرابی

۸. نتیجه‌گیری

در این پژوهش با جمع‌آوری داده‌های واقعی چهار حوضه آبریز واقع در استانهای همدان، کرمانشاه، لرستان و ایلام، به آزمایش مدل ارائه شده جهت تعیین مکان بهینه احداث یک سد مخزنی در ایران پرداخته شد. با استفاده از این مدل، حوضه‌های برتر جهت تخصیص اعتبارات سد سازی به ترتیب استانهای لرستان، کرمانشاه، همدان و ایلام تعیین می‌گردند. سپس با استفاده از داده‌های در دسترس از سه سد مخزنی در حال ساخت واقع در سه حوضه برتر (لرستان، کرمانشاه و همدان)، شایستگی هر یک از پروژه‌های سد سازی مذکور جهت دریافت و تخصیص میزان بیشتری از اعتبارات عمرانی مشخص می‌شود. با توجه به مدل ارائه شده و با در نظر گرفتن میزان سود حاصله ناشی از اجرای طرح، بیشترین اعتبار باید جهت ساخت سد مخزنی سرابی تخصیص یابد.

بطور کلی با توجه به نتایج حاصل از عملکرد مدل‌های بکار گرفته شده طی پروسه مطالعات انجام شده در این پژوهش می‌توان اعلام داشت: انجام مطالعات بهینه‌سازی تعیین موقعیت‌های مکانی در بازه‌ای از رودخانه‌های مورد مطالعه که مدنظر می‌باشند و همچنین تدقیق ساختگاه بدنه سد مخزنی و تأسیسات وابسته به آن (سیستم‌های هیدرولیک سد چون سیستم‌های انحراف، آبگیر، تخلیه تحتانی و سیستم دفع طغیان) توسط مدل ارائه شده در این پژوهش نتیجه‌ای مطلوب را در پی داشته است. همچنین بکارگیری پارامترهای مؤثر و دخیل در تعیین موقعیت بهینه احداث یک سد مخزنی جهت تنظیم و مهار آورد رودخانه‌ها که در کشورمان با توجه به شرایط هیدرولوژی از اهمیت بالایی برخوردار است، در مدل ارائه شده و تأیید صحت روند پروسه مطالعات توسط این مدل با واقعیات موجود، در تدقیق ساختگاهها، بیانگر مطلوب بودن کاربری مدل می‌باشد.

۹. منابع

۱. صغریور، محمد جواد (۱۳۷۷). "تصمیم‌گیری‌های چند معیاره"، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۶۰ ص.
2. Toma, T. and Asharif M.R. (2003). " AHP Coefficients Optimization Technique Based on GA", <http://www.altavista.com>
۳. اصغریور، محمد جواد (۱۳۸۲). "تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازیها با نگرش تحقیق در عملیات"، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۲ ص.