

استفاده از سامانه اطلاعات مکانی برای شناسایی مناطق مناسب جهت احداث سد، بر اساس پارامترهای کمی

احمد سیفی، دکتر محمد سعدی مسگری، محمد کریمی، ابوالقاسم چهرقانی

ahmad1309@yahoo.com, mesgari@kntu.ac.ir, mkarimi@kntu.ac.ir, a241_che@yahoo.com

دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

آدرس: تهران، خیابان ولی عصر، تقاطع میرداماد

تلفن: ۸۸۷۷۰۲۱۸-۸۸۷۸۶۲۱۲-۸۸۷۷۹۴۷۳ (۹۸ ۲۱) فاکس: ۸۸۷۸۶۲۱۳ (۹۸ ۲۱)

چکیده:

آب به عنوان رکن اصلی حیات و تولید در کشور خشک و نیمه خشک ایران از اهمیت بسزایی برخوردار است. از جمله اقداماتی که می توان برای ذخیره سازی و حفظ منابع آب انجام داد، احداث سدهای مخزنی بزرگ در مسیر رودخانه های دائمی موجود در کشور می باشد. برای ساخت سد، لازم است تا محل مناسبی انتخاب شود که علاوه بر ذخیره حجم مناسبی از آب، باعث کاهش اثرات مخرب زیست محیطی، کاهش هزینه های ساخت، تملک اراضی و... شود.

در این تحقیق، به منظور تعیین مکان مناسب جهت احداث سد، ابتدا حدود ۳۰۰۰ نقطه با فواصل مساوی در مسیر رودخانه شور در استان خوزستان انتخاب شد. سپس بر اساس الگوریتم هایی، میزان طول تاج و ارتفاع سد برای تمامی گزینه ها محاسبه شد و در مراحل بعد، با انجام پردازش های مختلف، جهت لحاظ نمودن سایر پارامترهای انتخاب، تعداد گزینه ها به ۲۵ گزینه نهایی کاهش یافت. در ادامه، با استفاده از مدل هایی، میزان هزینه تملک اراضی، فاصله از منابع قرضه، حجم مصالح و طول مسیر دسترسی مورد نیاز برای هر یک از گزینه ها، محاسبه شد. در نهایت معیارهای ذکر شده با روش AHP، وزن دهی و میزان مطلوبیت گزینه ها با استفاده از مدل ترکیب خطی وزنی تعیین شد.

کلمات کلیدی: سد - سیستم اطلاعات مکانی - مکان یابی - DEM - AHP

۱- مقدمه

ایجاد سدها و تاسیسات وابسته به آن، علاوه بر نقش عمده در توسعه منطقه ای و انسانی، موجب ایجاد تاثیرات جنبی و با درجات مختلف، بر محیط اطراف آن می شود؛ بنابراین لازم است تا با توجه به آثار و تبعات احداث یک

سد بر محیط پیرامون آن، در انتخاب مکان احداث آن مطالعات زیادی صورت پذیرد و با توجه به در نظر گرفتن پارامترهای مختلف و موثر در تعیین مکان مناسب، اقدام به تصمیم گیری شود.

از جمله مشکلاتی که ممکن است در اثر مکان یابی غلط، پیش آید، می توان به عدم تامین حجم مورد نیاز آب در مخزن سد، فرار آب و عدم توانایی برای ذخیره سازی آب، به زیر آب رفتن مناطق باستانی و... اشاره نمود. بنابراین نیاز به ارائه روشی جهت رفع این مسائل کاملاً ضروری می باشد.

در این تحقیق با استفاده از قابلیت های سامانه اطلاعات مکانی و سیستم های پشتیبان تصمیم گیری، مدلی ارائه کرده ایم تا بتوانیم در انتخاب محل مناسب سد در طول مسیر یک رودخانه، کارشناسان امور سدسازی را یاری دهیم.

۲- محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه که از آن تحت عنوان حوزه آبریز رودخانه شور نام برده می شود، به مساحت ۳۵۱،۰۴۵ کیلومتر مربع در شمال شرقی مسجد سلیمان و در نواحی غربی تا شمال غربی سد شهید عباسپور واقع گردیده است. متوسط بارندگی سالیانه در این ناحیه در حدود ۵۶۰ میلی متر می باشد و بارندگی های اتفاق افتاده در طول سال منجر به سیلابهای بزرگی در پایین دست می شود و بدین لحاظ دارای شرایط مناسبی جهت احداث سد می باشد.

۳- مروری بر کارهای انجام شده

از معدود کارهای انجام شده در زمینه مکان یابی سد با استفاده از GIS در ایران، می توان به ارائه روشی برای پتانسیل یابی نیروگاههای جریانیه اشاره کرد. در این روش علاوه بر پروفیل طولی، منحنی تغییرات دبی در طول مسیر رودخانه ترسیم می شود، به نحوی که امکان تعیین مقدار دبی رودخانه در هر نقطه از رودخانه میسر باشد. از طرفی می توان با توجه به پروفیل طولی و نقشه توپوگرافی، بازه هایی با ارتفاع مناسب را تشخیص داده و محل های مناسب برای استقرار نیروگاه را به طور اولیه شناسایی نمود. در گام بعد، منحنی های توان برای هر گزینه قابل تعریف، با توجه به تغییرات ارتفاع و دبی که در اثر جا به جایی محل بند یا افزایش خط انتقال می باشد، به دست می آید. این ترکیب می تواند به صورت یک یا چند نیروگاه پشت سر هم باشد [۲].

در این زمینه، در سطح دنیا نیز کارهای چندانی انجام نشده است. هر چند با استفاده از GIS در برخی از مناطق، کارهایی برای شناسایی مکان های مناسب، جهت ذخیره سازی آب در فصول بارش، انجام شده است؛ اما در زمینه مکان یابی سدهای مخزنی بزرگ در مسیر رودخانه های دائمی کار چندانی انجام نشده است. در یکی از این مطالعات که در کشور مالزی و در جزیره لانگکاو^۱ انجام شده است، با استفاده از داده های سنجش از دور و قابلیت های سیستم اطلاعات مکانی، مناطق بهینه جهت ایجاد مخازن ذخیره آب در فصول بارش تعیین شده است. از جمله معیارهایی که در تحقیق ذکر شده برای مکان یابی مخازن ذخیره آب استفاده شده است، عبارتند از: وضعیت توپوگرافی محل، هیدرولوژی، زمین شناسی، جنس خاک، کاربری اراضی و نوع پوشش آن، شبکه راهها، صرفه

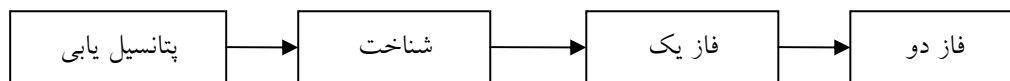
^۱ Langkawi Island

اقتصادی و پارامترهای زیست محیطی [۳]. از موارد دیگر می توان به مطالعه ای مشابه این مطالعه، در کشور لبنان اشاره نمود که در آن از ۵ معیار جنس خاک، نوع پوشش خاک (شامل دو دسته مزارع و باغات)، وضعیت رژیم آبی منطقه و وضعیت توپوگرافی مناطق برای انتخاب مناطق مناسب استفاده شده است در تحقیق ذکر شده از روش AHP برای وزن دهی معیارهای فوق استفاده شده است [۵].

نتیجه بررسی مطالعات انجام شده و معیارهای استفاده شده در آنها، بیانگر مشابهت کمی میان آنها و کار انجام شده در این تحقیق می باشد. علت عمده متفاوت بودن این تحقیق، محدودیت مناطق انتخابی بر روی مسیر یک رودخانه مشخص و تمرکز این مطالعات برای انتخاب یک سد مخزنی با حجمی معین جهت رسوب گیری آب ذخیره شده در مخزن، می باشد.

۴- روش مکان یابی سد در ایران

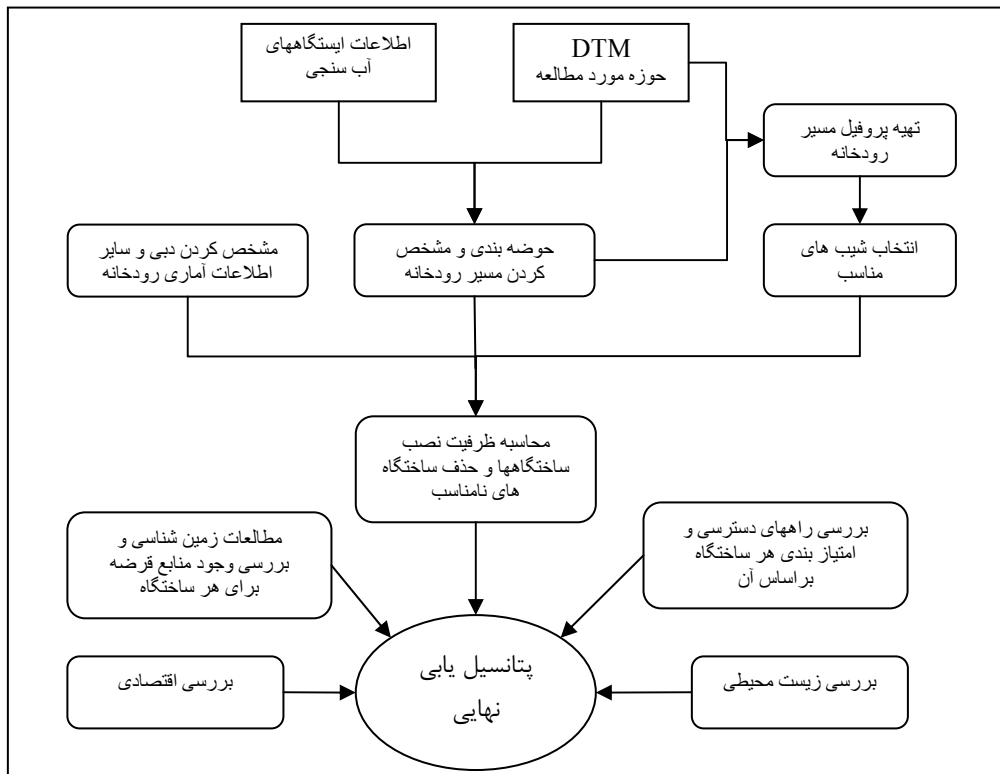
پیش از توضیح روش انجام کار در این تحقیق، ابتدا نگاهی به نحوه انجام این مطالعات در ایران داریم. در کشور ایران بیشتر مطالعات سدسازی به منظور تولید برق انجام می پذیرد؛ هر چند که در اکثر پروژه های سدسازی جنبه های کشاورزی و صنعتی و... نیز مورد توجه قرار می گیرد. مطالعات سدسازی در ایران توسط شرکت توسعه آب نیروی ایران انجام می شود. به طور کلی مراحل مطالعات انجام شده توسط این شرکت، مطابق مراحل موجود در شکل ۴-۱ می باشد.



شکل ۴-۱ مراحل انجام مطالعات سد در ایران

در حال حاضر، برای احداث سدهای مخزنی بزرگ، مرحله پتانسیل یابی انجام نمی شود. زیرا مطالعات این مرحله تقریباً برای کل ایران انجام شده است و مناطق مستعد شناسایی شده اند. با توجه به این مساله مراحل انجام این تحقیق را می توانیم در قسمت مطالعات شناخت دسته بندی نماییم؛ هر چند این مراحل به گونه ای اجرا شده اند که با کمی تغییر در مدل های اجرا شده، می توان در پتانسیل یابی نیز از آن بهره گرفت. انجام مراحل مطالعاتی فاز ۱ و ۲ از محدوده این تحقیق خارج می باشد.

با توجه به اینکه تمرکز مطالعات به منظور شناسایی مناطق مستعد برای تولید برق می باشد، اکثر مطالعات بر این اساس انجام شده است. با بررسی مطالعات انجام شده در حوزه های مختلف، نحوه انتخاب مناطق مناسب برای سدهای برقی مطابق مراحل موجود در شکل ۴-۲ می باشد [۱].



شکل ۴-۲: نمودار مراحل انجام مطالعات انتخاب مکان های دارای پتانسیل مناسب، جهت احداث سد های برقابی

۵- روش ارائه شده در این تحقیق و مراحل پیاده سازی

با تغییر محل احداث سد بر روی مسیر رودخانه، بسیاری از تاثیرات آن بر محیط پیرامون آن، تغییر می کند. لذا این مساله در قالب یک تصمیم گیری مکانی خود را آشکار می سازد. به عبارتی دیگر با تغییر محل سد، میزان معیارهایی از قبیل: حجم مخزن برای ذخیره سازی آب، میزان خسارت مخزن، میزان خسارت در محیط زیست، هزینه احداث مسیرهای دسترسی و... تغییر می کند.

با توجه به ضرورت های مطرح شده، مراحل انجام این تحقیق شامل موارد ذیل می باشد:

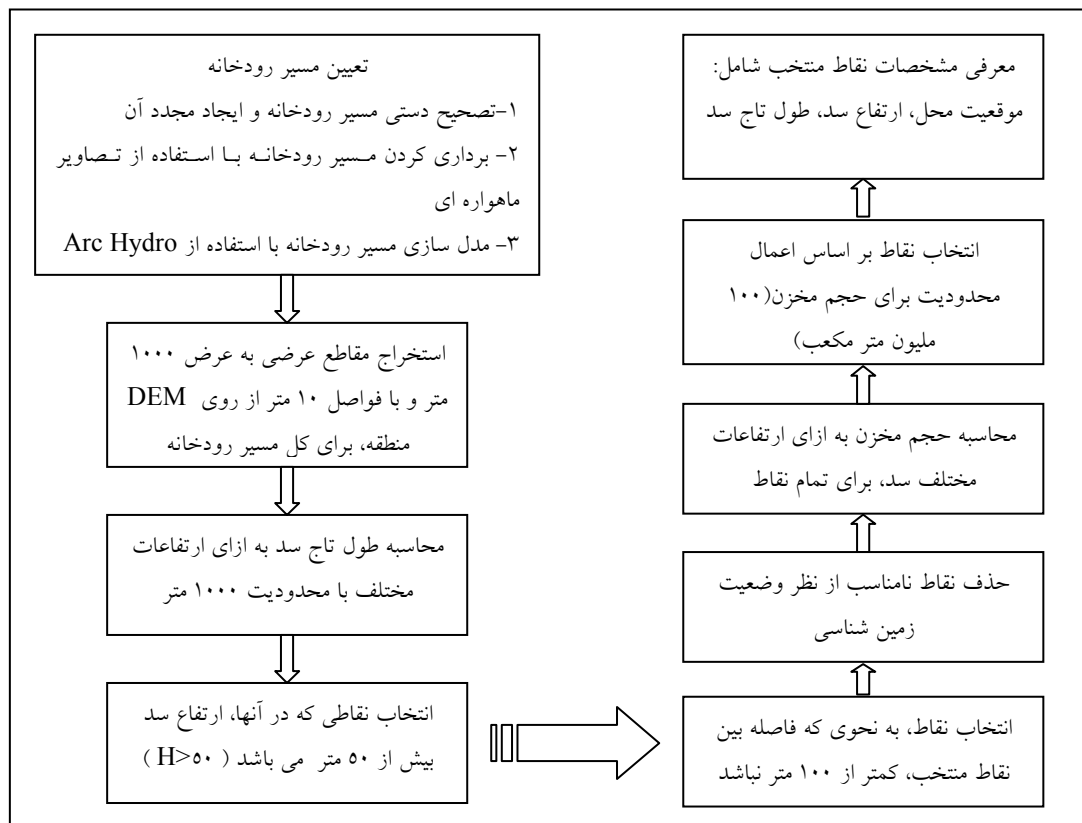
- انتخاب گزینه های مستعد از نظر شرایط توپوگرافی بر روی مسیر رودخانه
- انتخاب سایر معیارهای مؤثر در انتخاب محل سد
- رتبه بندی گزینه های منتخب، بر اساس هر یک از معیارهای انتخاب شده
- وزن دهی و تلفیق نتایج حاصل از رتبه بندی گزینه ها بر اساس معیارهای مختلف و رتبه بندی نهایی گزینه ها به منظور تصمیم گیری نهایی در انتخاب محل سد

مهمترین پارامتر برای امکان احداث سد، وجود شرایط توپوگرافی مناسب مانند تنگ بودن محور احداث سد و گود بودن محل مخزن آن و نیز وضعیت مناسب بستر از نظر شرایط زمین شناسی می باشد. در صورتی که این شرایط مورد بررسی قرار نگیرد، علاوه بر اینکه ممکن است اهداف مورد نیاز از احداث سد را برآورده نسازد،

موجب افزایش هزینه های احداث آن نیز خواهد شد؛ زیرا شرایط توپوگرافی منطقه دارای تاثیر مستقیمی در پارامترهای حجم مصالح مورد نیاز در ساختمان سد و هزینه تملک اراضی می باشد. پس از انتخاب گزینه های مناسب از نظر شرایط توپوگرافی، ۴ پارامتر کمی برای تعیین میزان مطلوبیت هر گزینه مورد توجه قرار می گیرد. این ۴ پارامتر عبارتند از: هزینه تملک اراضی، حجم مصالح مورد نیاز در ساختمان سد، فاصله از منابع قرضه و طول مسیر دسترسی؛ هر چند که در مراحل آتی این تحقیق، از پارامترهای کیفی مانند میزان خسارت در محیط زیست منطقه، خسارت اجتماعی حاصل از به زیر آب رفتن روستاها، در نظر گرفتن مناطق باستانی و... در تعیین میزان مطلوبیت گزینه ها بهره گرفته خواهد شد.

۱-۵- انتخاب مناطق مناسب، از نظر وضعیت توپوگرافی

برای انتخاب گزینه های مناسب اولیه، پردازش های مختلفی را بر اساس الگوریتم های ایجاد شده، انجام دادیم. مراحل انجام پردازش های این مرحله مطابق نمودار موجود در شکل ۱-۵ می باشد.



شکل ۱-۵: نمودار مراحل انتخاب نقاط بر اساس شرایط توپوگرافی

با توجه به اینکه مناسبترین مکان ها برای احداث سد، مناطق دره ای و تنگه ها می باشند، تمرکز اولیه برای یافتن نقاطی با این ویژگی می باشد. رعایت این مساله در انتخاب محل سد موجب کم شدن هزینه های ساختمان سد و عملی شدن اجرای آن می شود. بدین منظور تمامی مسیر رودخانه مورد نظر بر اساس الگوریتم های ایجاد شده مورد

بررسی قرار گرفت و نقاط اولیه استخراج شد. در این قسمت هدف ما توسعه مدلی جهت استخراج بهترین نقاط از لحاظ شرایط توپوگرافی در طول مسیر رودخانه می باشد. مراحل انجام گرفته در طی این مرحله از پردازش ها به شرح زیر می باشد:

۱- آماده سازی داده های اولیه و پردازش آنها جهت استخراج لایه های اولیه و مدل سازی محدوده مورد مطالعه در محیط نرم افزار Arc hydro

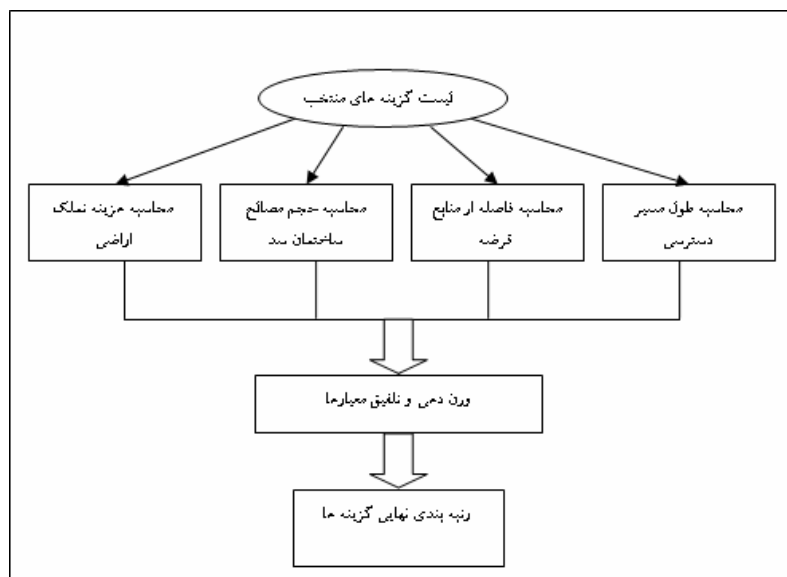
۲- تحلیل لایه DEM^۱ محدوده مورد مطالعه با استفاده از الگوریتم های مختلف، به منظور انتخاب نقاط اولیه بر روی مسیر رودخانه بر اساس شرایط توپوگرافی و حذف نقاط واقع در مناطقی با جنس بستر نامناسب، بر اساس نوع لایه زمین شناسی از لیست نقاط منتخب در این مرحله

۳- محاسبه میزان طول تاج سد، حجم مخزن و سطح اشغال شده بر اساس ارتفاعات مختلف سد در هر نقطه و انتخاب ارتفاع مناسب سد بر اساس حجم مورد نیاز، برای گزینه های منتخب

۴- معرفی مشخصات نقاط منتخب برای انجام تحلیل های مرحله بعد

۲-۵- رتبه بندی گزینه های منتخب بر اساس معیارهای مورد توجه

در این مرحله از تحقیق، نقاطی که از مرحله قبل انتخاب شده اند، از نظر پارامترهای هزینه تملک اراضی، طول مسیر دسترسی، فاصله از منابع قرضه و حجم مصالح مورد نیاز در ساختمان سد، مورد بررسی قرار می گیرد و میزان مطلوبیت گزینه ها بر اساس هر معیار، تعیین می شود. در نهایت پس از وزن دهی معیارهای مورد استفاده، از روش ترکیب خطی وزنی^۲ برای تلفیق نتایج استفاده می شود و میزان مطلوبیت گزینه ها بر اساس تمام معیارها تعیین می شود. مراحل انجام این مرحله در شکل ۲-۵ موجود می باشد.



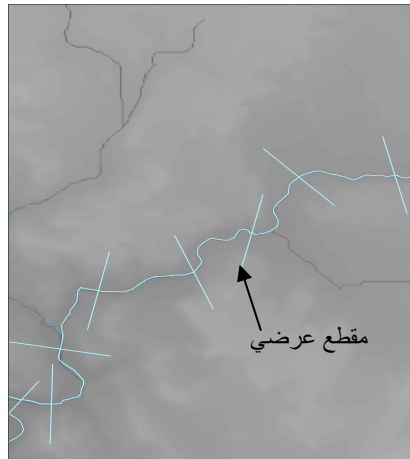
شکل ۲-۵: نمودار مراحل پردازش گزینه های منتخب بر اساس معیارهای مختلف و رتبه بندی آنها

^۱ Digital Elevation Model

^۲ Weighted Linear Combination (WLC)

۶- بحث و بررسی نتایج

پس از انجام پردازش های مرحله اول، ۳۰۰۰ نقطه با فواصل ۱۰ متر در طول مسیر رودخانه شور از نظر وضعیت توپوگرافی مورد تحلیل قرار گرفت. شکل ۱-۶ موقعیت مقطع عرضی استخراج شده را برای چند گزینه، نسبت به مسیر رودخانه نشان می دهد.



شکل ۱-۶: موقعیت مقاطع عرضی نسبت به محور اصلی رودخانه

ابتدا، این نقاط را بر اساس طول تاج و ارتفاع حداکثر سد مورد پالایش قرار دادیم. پس از این مرحله تعداد نقاط به ۸۰۰ نقطه کاهش یافت، با اعمال محدودیت ۱۰۰ متر برای مجاورت نقاط منتخب، تعداد نقاط به حدود ۱۰۰ نقطه کاهش یافت. سپس نقاطی را که در محدوده مناطق نامناسب از نظر زمین شناسی واقع شده بودند، از لیست نقاط حذف نمودیم که تعداد گزینه ها به ۷۵ گزینه کاهش یافت.

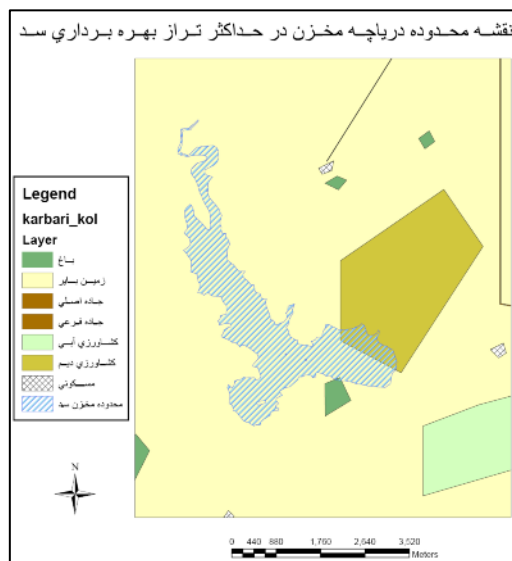
در ادامه با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار ArcGIS9، حجم مخزن در ارتفاعات مختلف سد برای تمامی گزینه ها محاسبه شد. با استفاده از این داده ها، نقاطی که در آنها حجم مخزن بیش از ۱۰۰ میلیون مترمکعب می باشد، انتخاب شد در نهایت با اعمال این شرط ۲۵ گزینه حاصل شد که مشخصات تعدادی از آنها در جدول ۱-۶، آورده شده است.

جدول ۱-۶: لیست نهایی مشخصات ۱۰ گزینه مناسب بر اساس حجم مخزن

نام گزینه پیشنهادی	ارتفاع سد از سطح مبنا (متر)	مساحت ۲ بعدی سطح مخزن (متر مربع)	مساحت ۳ بعدی سطح مخزن (متر مربع)	حجم مخزن (متر مکعب)	طول تاج سد (متر)	ارتفاع سد (متر)
۱۰۵	۵۳۳	۷۳۰۷۸۹۱	۷۶۸۱۸۳۰	۱۰۶۷۰۸۰۱۶	۴۳۲	۱۳۴
۱۲۰	۵۳۳	۷۲۳۲۱۱۱	۷۵۹۴۸۴۵	۱۰۲۲۸۴۶۳۶	۳۵۶	۱۲۹
۱۴۰	۵۳۴	۷۴۱۰۵۹۵	۷۷۶۵۴۹۱	۱۰۵۲۶۳۷۳۵	۲۹۹	۱۱۴
۱۵۱	۵۳۴	۷۳۷۷۷۰۰	۷۷۲۱۶۷۲	۱۰۳۲۶۷۶۱۸	۲۹۳	۹۶
۱۶۱	۵۳۴	۷۳۵۶۸۸۹	۷۶۹۵۵۸۹	۱۰۲۴۵۰۱۴۵	۲۹۴	۹۴

در مرحله بعد، ابتدا برای همه ۲۵ گزینه مقدار ۴ پارامتر را به شرح زیر محاسبه نمودیم:

- با استفاده از برنامه نویسی و مدل های Geoprocessing، در محیط نرم افزار ArcGIS ۹، پارامتر هزینه تملک اراضی را بر اساس لایه کاربری اراضی منطقه، برای تمام گزینه ها محاسبه نمودیم. برای انجام این کار، با نظر کارشناسان در سطح منطقه، ۷ نوع کاربری شامل: کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، بایر، مسکونی، راه و باغ در نظر گرفته شد و برای هر کاربری نرخ هر متر مربع برای تملک آنها تعیین شد. سپس هزینه تملک مناطقی که در محدوده مخزن هر گزینه قرار گرفت، محاسبه شد. در شکل ۶-۲ وضعیت دریاچه مخزن یک گزینه منتخب نسبت لایه کاربری اراضی نشان داده شده است.



شکل ۶-۲ نقشه محدوده دریاچه مخزن و مناطق تحت پوشش آن

- با استفاده از مشخصات طول تاج و ارتفاع سد، حجم مصالح مورد نیاز را برای هر گزینه محاسبه نمودیم. برای انجام این کار، از رابطه ۶-۱ استفاده نمودیم [۴].

رابطه ۶-۱

$$\text{Volume} = (1,05)(K)(\text{Length of Dam})(\text{Height of Dam})((\text{Height of Dam})+1)$$

- برای محاسبه طول مسیر دسترسی مورد نیاز به محل هر گزینه از کوتاهترین فاصله محل هر گزینه تا نزدیکترین مسیر موجود استفاده نمودیم. برای انجام این کار، از لایه خطی مسیرهای منطقه به همراه لایه نقطه ای، نقاط منتخب استفاده شد.
- برای محاسبه فاصله محل هر گزینه تا منابع قرضه، از فاصله مستقیم محل هر گزینه تا نزدیکترین محل منابع قرضه موجود استفاده نمودیم. برای انجام این کار لایه منابع قرضه منطقه و لایه نقاط منتخب، به صورت نقطه ای مورد استفاده قرار گرفت.

در نهایت با نظر کارشناسان و با استفاده از روش مقایسه ای دوتایی^۱ معیارها وزن دهی شد و از مدل ترکیب خطی وزنی، برای تلفیق معیارها استفاده نمودیم. مدل نهایی به صورت رابطه ۶-۲ تعیین شد.

$$\text{رابطه ۶-۲} = \text{میزان مطلوبیت هر گزینه} \\ (\text{حجم مصالح}) \times 0,06 + (\text{فاصله از منابع قرضه}) \times 0,06 + (\text{طول مسیر دسترسی}) \times 0,16 + (\text{هزینه تملک اراضی}) \times 0,72$$

نتایج نهایی محاسبات انجام شده برای تمام گزینه ها، در پیوست ۱ آورده شده است.

۷- نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق سعی نمودیم تا با استفاده از قابلیت های سامانه اطلاعات مکانی و با به کارگیری روش های تصمیم گیری چند معیاره، نقاط مناسب را برای احداث یک سد مخزنی رسوب گیر را شناسایی نماییم و سپس میزان مطلوبیت گزینه های نهایی را بر اساس مقدار پارامترهای کمی برای هر گزینه، محاسبه نماییم. با استفاده از مدل ارائه شده توانستیم ۳۰۰۰ نقطه در مسیر رودخانه را مورد پردازش قرار دهیم و از میان آنها مناسبترین گزینه ها را انتخاب نماییم. این حجم از پردازش ها موجب می شود تا هیچ گزینه ای را از دست ندهیم و قادر به تصمیم گیری بهتری باشیم. برای بهبود عملکرد مدل ارائه شده در این تحقیق، پیشنهادات زیر ارائه می شود:

- در این تحقیق با توجه به ضرورت های موجود و دسترسی به داده ها، تنها ۴ پارامتر کمی مورد بررسی قرار گرفت. با توسعه مدل و افزایش پارامترها، می توان به نتایج بهتری دست یافت. از جمله می توان به پارامترهایی نظیر میزان خسارت محیط زیست، میزان خسارت اجتماعی، میزان خسارت در مناطق باستانی و ... اشاره نمود.
- با توجه به اینکه معیار هزینه تملک اراضی، بسیار مهمتر و تعیین کننده تر از سایر معیارهایی می باشد که در این تحقیق بررسی شده است، لذا مقدار ۳ معیار دیگر، تنها در صورتی که هزینه تملک اراضی گزینه ها نزدیک به هم باشد، تعیین کننده خواهد بود. برای تعیین بهتر میزان مطلوبیت، بهتر است که ۳ پارامتر دیگر را با استفاده از مدل های محلی که توسط کارشناسان ارائه می شوند، به هزینه تبدیل نمود. با انجام این کار، دیگر نیازی به وزن دهی معیارها نخواهد بود و مشکلات ناشی از وزن دهی اشتباه معیارها را نخواهیم داشت. با انجام این کار، جمع هزینه های ۴ پارامتر، بیانگر میزان مطلوبیت گزینه ها خواهد بود. در این تحقیق به علت در دسترس نبودن اطلاعات مورد نیاز، از این کار صرف نظر نمودیم.
- این مدل برای تعیین محل احداث سد مخزنی با کاربری رسوب گیری ایجاد شده است. در صورتی که اهداف ما از احداث سد تغییر کند، باید مدل را توسعه دهیم. به طور مثال در صورتی که به دنبال تامین آب کشاورزی منطقه باشیم، پارامترهایی مانند شبکه آبیاری موجود در منطقه، الگوی کشت منطقه و... باید مورد توجه قرار گیرد.

^۱ Analytic Hierarchy Process (AHP)

۷- منابع

۱- شرکت جهاد تحقیقات و آبخیزداری، گزارشات پروژه مطالعات پتانسیل یابی حوزه دریای خزر، ۱۳۸۰

۲- نعمتی و بزرگ زاده، پتانسیل نیروگاههای برقابی جریانی در ایران، کنفرانس ملی نیروگاههای آبی کشور، ۱۳۸۲

۳-K.Wan Yusof, and Serwan M.J. Baban, ۲۰۰۰, Identifying Optimum Sites for locating Reservoirs employing Remotely Sensed Data and Geographical Information Systems, ACRS conference ۲۰۰۰

۴-Lyle J. Stone and M.S. Candidate, ۲۰۰۳, Earthen Dams for Small Catchments A Compilation of Design, Analysis, and Construction Techniques Suitable for the Developing World, Department of Civil and Environmental Engineering

۵-W.M.Jabr and F.A.El-Awar, ۲۰۰۰, GIS & ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR SITING WATER HARVESTING RESERVOIRS

۸- پیوست ها

پیوست ۱: جدول میزان مطلوبیت گزینه های منتخب بر اساس ۴ معیار کمی

نام گزینه	هزینه تملک اراضی (تومان)	حجم مصالح (متر) مکعب	طول مسیر دسترسی (متر)	فاصله از منابع قرضه (متر)	نرمال هزینه تملك اراضی	نرمال حجم	نرمال مسیر دسترسی	نرمال فاصله از منابع قرضه	میزان مطلوبیت
۱۱۶۹	۳۲۸۹۸۶۶۷۶۱	۱۶۹۹۵۸۳	۳۳۰۹	۸۵۰۷	۱	۰,۸۲۱	۰,۱۲	۰,۱۶۷	۰,۷۹۸۵
۱۰۰۴	۳۳۵۰۷۲۵۳۶۸	۱۹۹۹۳۴۳	۲۶۶۶	۸۲۶۲	۰,۹۲۶	۰,۷۸۳	۰,۳۵۷	۰,۳۱۹	۰,۷۹۰۰
۸۹۹	۳۴۵۳۰۸۲۴۲۳	۱۱۵۲۴۸۰	۲۰۹۵	۷۹۹۵	۰,۸۱۷	۰,۸۹	۰,۵۶۸	۰,۴۸۶	۰,۷۶۱۷
۱۲۰۴	۳۲۹۸۰۴۷۵۹۲	۲۷۵۸۶۰۲	۳۶۳۵	۸۷۷۴	۰,۹۹۱	۰,۶۸۷	۰	۰	۰,۷۵۴۷
۱۰۳۱	۳۳۸۲۳۱۳۰۹۷	۲۴۷۹۹۸۷	۲۸۸۰	۸۲۷۴	۰,۸۹۶	۰,۷۲۲	۰,۲۷۸	۰,۲۵	۰,۷۴۷۹
۲۳۰۲	۳۴۵۰۹۴۰۰۱۹	۵۴۸۹۱۰۲	۲۲۰۲	۷۳۷۹	۰,۸۱۹	۰,۳۴۳	۰,۵۲۸	۰,۸۷	۰,۷۴۶۹
۱۱۴۶	۳۳۷۴۸۸۹۶۳۲	۲۳۹۵۰۰۸	۳۱۴۴	۸۴۱۴	۰,۹۰۵	۰,۷۳۳	۰,۱۸۱	۰,۲۲۵	۰,۷۳۸۰
۱۱۹۴	۳۳۳۱۴۲۷۹۰۳	۲۲۸۹۶۷۲	۳۵۵۰	۸۷۲۲	۰,۹۵۳	۰,۷۴۶	۰,۰۳۱	۰,۰۳۲	۰,۷۳۷۸
۸۴۹	۳۵۰۸۶۳۸۲۴۴	۲۰۵۹۶۴۶	۱۷۷۹	۷۸۴۹	۰,۷۵۴	۰,۷۷۵	۰,۶۸۴	۰,۵۷۷	۰,۷۳۳۴
۸۸۹	۳۴۹۴۱۵۲۴۴۷	۱۶۶۶۹۸۰	۲۰۰۵	۷۹۴۲	۰,۷۷۱	۰,۸۲۵	۰,۶۰۱	۰,۵۱۹	۰,۷۳۱۹
۱۰۱۶	۳۴۳۷۲۴۳۷۳۶	۲۱۲۶۹۴۳	۲۷۳۹	۸۲۷۵	۰,۸۳۵	۰,۷۶۷	۰,۳۳	۰,۳۱۱	۰,۷۱۸۷
۲۳۶۵	۳۴۸۸۸۵۱۹۴۷	۳۷۲۰۷۱۷	۲۶۵۴	۷۶۹۷	۰,۷۷۷	۰,۵۶۶	۰,۳۶۲	۰,۶۷۲	۰,۶۹۱۶
۲۳۲۲	۳۵۲۵۴۲۳۹۱	۶۲۷۰۲۶۴	۲۲۴۳	۷۳۲۳	۰,۷۳۶	۰,۲۴۴	۰,۵۱۳	۰,۹۰۵	۰,۶۸۰۹
۲۳۵۵	۳۵۱۲۶۴۹۳۸۷	۴۲۰۴۲۹۲	۲۵۵۴	۷۶۰۸	۰,۷۵	۰,۵۰۵	۰,۳۹۸	۰,۷۲۷	۰,۶۷۷۶
۸۳۰	۳۶۰۷۵۷۵۹۸۴	۱۷۱۶۳۷۲	۱۶۷۶	۷۸۲۲	۰,۶۴۳	۰,۸۱۹	۰,۷۲۲	۰,۵۹۴	۰,۶۶۳۳
۱۲۰	۴۰۰۹۵۰۴۵۲۷	۶۲۶۸۶۲۶	۹۷۸	۷۵۶۵	۰,۱۹۲	۰,۲۴۴	۰,۹۷۹	۰,۷۵۴	۰,۳۵۴۸
۱۸۳	۴۰۶۴۴۹۴۴۶۴	۲۷۸۳۳۱	۱۰۷۱	۷۵۳۹	۰,۱۳	۱	۰,۹۴۵	۰,۷۷	۰,۳۵۱۰
۱۶۱	۴۰۹۱۷۴۳۴۳۶	۲۷۵۶۶۹۱	۹۲۲	۷۴۵۴	۰,۱	۰,۶۸۷	۱	۰,۸۲۳	۰,۳۲۲۶
۱۵۱	۴۱۰۱۱۵۹۵۰۱	۲۸۶۴۸۳۷	۹۲۶	۷۴۷۸	۰,۰۸۹	۰,۶۷۴	۰,۹۹۹	۰,۸۰۸	۰,۳۱۲۸
۱۰۵	۴۰۴۸۳۸۶۲۷۴	۸۲۰۵۶۲۴	۱۰۵۳	۷۶۳۶	۰,۱۴۸	۰	۰,۹۵۲	۰,۷۱	۰,۳۰۱۵
۲۷۶	۴۱۱۱۰۰۵۷۵۹	۳۵۶۶۴۳	۱۶۸۷	۷۱۷۱	۰,۰۷۸	۰,۹۹	۰,۷۱۸	۱	۰,۲۹۰۴
۱۴۰	۴۱۱۷۴۴۰۹۵۴	۴۱۱۵۸۸۵	۹۲۲	۷۴۹۵	۰,۰۷۱	۰,۵۱۶	۱	۰,۷۹۸	۰,۲۹۰۰
۲۶۱	۴۱۳۳۱۱۰۵۴۰	۳۳۴۲۶۵	۱۶۴۷	۷۱۹۸	۰,۰۵۳	۰,۹۹۳	۰,۷۳۳	۰,۹۸۳	۰,۲۷۴۰
۲۱۹	۴۱۶۷۸۲۰۱۶۴	۳۱۴۶۸۵	۱۳۰۹	۷۵۲۲	۰,۰۱۴	۰,۹۹۵	۰,۸۵۷	۰,۷۸۱	۰,۲۵۳۸
۲۰۸	۴۱۸۰۵۸۷۴۴۳	۸۹۹۵۱۴	۱۲۵۲	۷۵۷۶	۰	۰,۹۲۲	۰,۸۷۸	۰,۷۴۷	۰,۲۴۰۶