ارائه‌ی مرز آبشناسی حوضه‌های آبخیز سدها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های پایه

محمود محمدرضاپور طبری*[۱]، محمد حسین منتظریون[۲]

تاریخ دریافت:۹۳/۳/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲۴

چکیده

دسترسی به اطلاعات صحیح یکی از ابزارهای پایه در اتخاذ تصمیمات کلیدی در طرحهای منابع آبی است. بر این اساس کمبود اطلاعاتی همچون موقعیت دقیق جغرافیایی و سطح حوضه آبخیز سدها منجر به نابسامانی سامانه یکپارچه مکان محور می‌شود. لذا در این مطالعه با توجه به اهمیت سدهای مخزنی و در جهت تکمیل اطلاعات مکانی سدها، رویکردی با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای پیشنهاد گردید. بر اساس این رویکرد، موقعیت جغرافیایی سدها و مرز آبشناسی حوضه‌ی آبخیز آنها تعیین و در قالب نقشه رقومی کاربردی تهیه گردید. نتایج نشان می‌دهند که سطح خالص حوضه‌ی آبخیز سدهای در حال بهره‌برداری، اجرایی و مطالعاتی با حذف حوضه‌های تداخلی، ۳۱/۵ درصد مساحت کشور می‌باشد. همچنین، نتایج بر آن گواهند که دریاچه‌ی ۱۰ سد مخزنی در حال بهره‌برداری، که تأمین‌کننده‌ی بخش قابل توجهی از نیازهای آبی می‌باشند، حداقل بین ۴ استان مشترک بوده و نیازمند تدوین سیاستهای بهره‌برداری بر مبنای شبیه‌های حل اختلاف می‌باشند. بر مبنای تلفیق مرز حوضه‌ی آبخیز سدهای در حال بهره‌برداری و لایه‌ی رقومی وضعیت فرسایش می‌توان دریافت که بیش از ۵۰ درصد از کل سطح حوضه‌ی آبخیز سدها از لحاظ فرسایش و رسوب در وضعیت بحرانی و فوق بحرانی قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبخیز سد، مدیریت بهم‌پیوسته، منابع آب، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور

Archive of SID

[۱]- استادیار گروه عمران دانشکده فنی دانشگاه شهرکرد

[۲]- کارشناس‌ارشد آبیاری و زهکشی، کارشناس نظارت بر بهره‌برداری و نگهداری از سدها، شرکت آب منطقه ای تهران

*- نویسنده مسوول مقاله: mrtabari@eng.sku.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

امروزه اهمیت وجود اطلاعات دسته‌بندی شده، دقیق و تحلیلی بر کسی پوشیده نیست تا آن جا که می‌توان از آن به عنوان مهمترین ابزار مدیریت موفق نام برد. لذا، چنانچه به هر دلیلی اطلاعات به روز و صحیح در اختیار یک مدیر قرار نگیرد، امکان تصمیم‌گیری صحیح و به موقع میسر نخواهد بود. در یک سامانه مدیریتی منابع آب، بخشهای مختلف آن در راستای حفاظت و صیانت از کلیه-ی منابع آبی موجود، و تأسیسات در اختیار و به منظور انجام وظایف محوله، مدیریت و راهبری بهینه‌ی منابع آب کشور، و همچنین توسعه‌ی آن نیاز به استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی دارند. با استفاده از این سامانه، امکان انجام تجزیه و تحلیل و پردازش کلیه‌ی اطلاعات مکانی و توصیفی، و در نتیجه برنامه‌ریزی بهتر و نظارت دقیقتر وجود خواهد داشت و به اهداف سازمانی کمک شایانی خواهد نمود (آرونوف، ۱۳۷۵). دانش و فنهای سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور (GIS & RS)[1] برای جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و گزارش اطلاعات مربوط به منابع زمین به لحاظ مکانی به کار می‌روند. این دو دانش و فن دارای قابلیتهایی بوده و می‌توانند مکمل هم باشند. تحلیلهای سنجش از دور با استفاده از داده‌های حاصل از GIS بهبود یافته و کاربرهای GIS نیز از اطلاعات تولید شده از طریق سنجش از دور استفاده می‌نمایند (جنسن، ۱۹۹۶).

مروری بر کاربرد RS در آبشناسی و منابع آب را می‌توان در مطالعه بهاوسر (۱۹۸۴) یافت. در این تحقیق کاربردهای مختلفی از RS در یافتن پهنه‌های سیلگیر، سطوح منابع آبی، پایش رسوب و ... ارائه شده اند.

سالهای متمادی از کاربرد GIS و RS در بخشهای مختلف دنیا می‌گذرد، اما سابقه‌ی کاربرد این نرم‌افزار در ایران و کشورهای خاورمیانه تنها به ۱۰ الی ۱۵ سال پیش بر می‌گردد (وزارت نیرو، ۲۰۱۰). خوشبختانه با ورود این ابزار به ایران عرصه‌ی کاربریهای منابع آب، پیشرفتهای چشمگیری در تحلیلهای علمی و کارشناسی حاصل شده و غنای خاصی به گزارشهای تهیه شده به وسیله‌ی مشاوران و یا بخشهای مطالعاتی سازمانهای مختلف داده است. در کشورهای دیگر خاورمیانه، از جمله کشورهای عربی، نیز گرایش چشمگیری به استفاده از این ابزارها مشاهده می‌شود. به عنوان مثال، از این ابزار در جانمایی تأسیسات و منابع آبی عمان استفاده زیادی شده و الگوی کاربری اراضی هر ساله به وسیله‌ی این ابزار مورد سنجش قرار می‌گیرد. شنگ و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از نقشه‌های رقومی خاک، روش آماری و GIS، خاک مناطق کشاورزی و بیابانی را به لحاظ میزان تأثیرپذیری از نمک طبقه‌بندی نمودند. در تحقیقی دیگر مخامره (۲۰۱۱) با استفاده از RS و اطلاعات دریافتی از وضعیت طبیعی سطح زمین به مدیریت بهینه‌ی حوضه‌ی آبخیز در مناطق مدیترانه اقدام کرد. در این تحقیق مناطق مستعد برداشت در منطقه‌ی اردن با استفاده از روش RS، نقشه DEM[2] تعیین و میزان بهینه‌ی استحصال آب از این مناطق نیز مشخص گردید. جاکیومینت و همکاران (۲۰۱۳) از تصاویر ماهواره‌ای با دقت بالا جهت تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش سطح زمین، استفاده کردند. بررسی نقشه‌ی تهیه شده برای شهر لیون فرانسه با استفاده از روش پیشنهادی در این مطالعه با تصاویر واقعی حاکی از دقت بالای نقشه تولید شده است.

حوضه‌های آبخیز سدها به عنوان بستر فیزیکی اجرای طرح‌های عمرانی و تأمین آب از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در مطالعات منابع آب جزء پایه اصلی مطالعات می‌باشند. تعیین دقیق موقعیت و مرز حوضه‌ی آبخیز سد، و دسترسی گروهع به انواع اطلاعات گیتاشناسی و آبشناسی آنها از اهداف اصلی این مطالعه است.

تقسیم‌بندی حوضه‌های آبخیز بر پایه‌ی آبشناسی ایران، اولین بار در سال ۱۳۵۵ انجام شد. از اواسط سال ۱۳۷۰، کمیته‌ای در سازمان تحقیقات منابع آب وقت تشکیل و کار تدوین سامانه واحد و یکسان برای تقسیم‌بندی و شاخص گذاری حوضه‌های آبخیز و محدوده‌های مطالعاتی کشور را شروع کرد، و در نهایت در سال ۱۳۸۱ آخرین مرحله از اصلاحات، و بویژه تعیین مساحت حوضه‌ها و محدوده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه ای به انجام رسید. گستره، وسیع عرصه‌های منابع طبیعی کشور دارای ۶ حوضه آبخیز اصلی و ۳۰ حوضه‌ی آبخیز فرعی می‌باشد

[1] geographic information system & remote sensing

[2] digital elevation modeling

Archive of SID

www.SID.ir

(وزارت نیرو، ۲۰۱۰). مرزهای حوضه‌ی آبخیز سدها داخل حوضه‌های آبخیز بر پایه‌ی آبشناسی کشور قرار می‌گیرند که از کاربردهای لایه رقومی مرز حوضه‌ی آبخیز سدها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ✓ تدقیق سطح حوضه‌ی آبخیز سدها:
- ✓ کسب آگاهی از انجام سایر فعالیت‌های ذیمدخل در حوضه‌ی آبخیز سد نظیر کلیه اقدامات حفاظتی از منابع طبیعی و آبخیزداری؛
- ✓ تعیین وضعیت اراضی واقع در سطح حوضه آبخیز نظیر کاربری اراضی، شبکه آبراهه‌ای، وضعیت پستی و بلندی؛
- ✓ تعیین وضعیت حوضه آبخیز سدهای زنجیره‌ای به لحاظ حوضه‌های تداخلی و همپوشانی‌های ایجاد شده؛
- ✓ تعیین فراسنجهای گیتاشناسی حوضه‌ی آبخیز سد جهت برآورد فراسنجهای آبشناسی و مدیریت بهینه‌ی مخزن؛
- ✓ تهیه نقشه‌ها و اطلاعات کشوری از وضعیت حوضه‌ی آبخیز سدها و مقایسه‌ی آنها با سایر انواع حوضه‌ها.

با توجه به توضیحات فوق، هدف از این تحقیق تعیین موقعیت ساختگاه فعلی سدها با استفاده از اطلاعات موجود، و تعیین حدود حوضه‌های آبخیز سدهای کشور با استفاده از نقشه‌های در دسترس در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ است.

در حال حاضر، موقعیت ساختگاه بخش زیادی از سدها تدقیق نگردیده و مرز حوضه‌ی آبخیز آنها نیز به صورت یکپارچه و کشوری ترسیم نشده، و آنچه تاکنون وجود داشته تنها به صورت موردی و برای برخی از سدها بوده است. لازم به ذکر است که در این مطالعه، ارائه‌ی مرز حوضه‌های آبخیز سدهای کشور برای اولین بار در سطح کشور به صورت یکپارچه تهیه و ترسیم شده است. تا تنها آمار و مستندات مربوط به گزارشهای داخلی سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور وابسته به وزارت جهاد کشاورزی مورد استناد قرار می‌گرفت، که تا سال ۱۳۸۵ سطح حوضه‌ی آبخیز سدهای موجود کشور را حدود ۳۵/۵ میلیون هکتار بیان می‌نمود، در حالی که سطح واقعی حوضه‌ی آبخیز سدها بر مبنای رویکرد ارائه شده در این تحقیق برابر با ۵۱/۷ میلیون هکتار به دست آمده است که بیشتر از مقدار تخمینی اولیه می‌باشد. در واقع، بر مبنای نتایج این تحقیق می‌توان مدیریت مناسبتری را در مورد ذخایر مخازن موجود در جهت بهره‌برداری بهینه و رفع مناقشات ناشی از اشتراک ذخایر آبی بین ذی‌نفعان مختلف اعمال نمود.

مواد و روشها

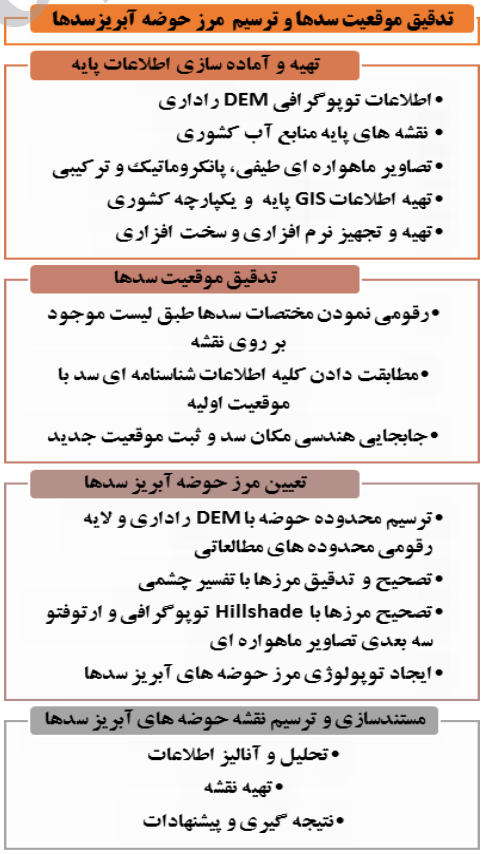
با توجه به این که یکی از منابع مهم تأمین نیازها، ذخایر آبی موجود در پشت سدهای مخزنی می‌باشد، براورد حدود و مرز حوضه‌ی آبخیز این سدها می‌تواند نقش تعین‌کننده‌ایی را در اتخاذ تصمیمات مدیریتی در بهره‌برداری و برنامه‌ریزیهای کوتاه‌مدت و بلندمدت از آنها داشته باشد. در راستای این مهم، هدف مطالعه حاضر در مرحله‌ی اول تدقیق موقعیت جغرافیایی محل سدها و استخراج مرز حوضه‌ی آبخیز سدهای مخزنی در حال بهره‌برداری، اجرایی و مطالعاتی مرحله‌ی ۲ می‌باشد. جهت دستیابی به این هدف، ابتدا اقدام به شناسایی و تعیین موقعیت ساختگاه موجود سدهای مذکور گردید. در گام بعد، با توجه به مشخص بودن مکان سد، که همان موقعیت خروجی حوضه‌ی آبخیز می باشد، مرز حوضه‌ی آبخیز سد در محل ساختگاه ترسیم شد. مطابق رویکرد پیشنهادی ارائه شده در شکل ۱، ابتدا لازم است که اطلاعات پایه‌ی مورد نیاز تهیه و مورد آماده‌سازی قرار گیرد. در این مورد از اطلاعات پایه‌ای، نظیر تصاویر ماهواره‌ای حوضه‌ی آبخیز رود یا رودهای اصلی و سرشاخه‌های آنها، نقشه‌های پایه‌ای و مبنا، که عموماً به وسیله‌ی سازمان نقشه‌برداری کشور برای اغلب مناطق تهیه شده، و نیز استفاده از نقشه‌ی نمای برجسته[1] (سایه‌دار)، اطلاعات شبیه رقومی ارتفاعی استفاده شده است، که پس از این مرحله می‌توان بطور چشمی اقدام به بستن و ایجاد لایه چندضلعی[2] مرز حوضه‌ی آبخیز آبشناسی یک سد اقدام کرد. بعد از این مرحله اقدام به ایجاد توپولوژی مرز حوضه‌های آبخیز به لحاظ ایجاد ارتباطات هندسی و مکانی بین چندضلعیهای هر یک از حوضه‌های آبخیز سدها گردید. در این مرحله از بسته

[1] hill shade
[2] polygon

Archive of SID

www.SID.ir

بودن مرز حوضه‌ها، نبودن فضای خالی بین محدوده‌ها، انطباق مرز حوضه‌های مجاور و نبود خطا، خطوط معلق و غیره اطمینان حاصل می‌شود. در نهایت، ضمن آن که از کلیه مراحل مستندسازی به عمل آمده است، نتایج یافته‌ها در نرم‌افزارها و بانکهای اطلاعاتی مورد تجزیه و تحلیل کارشناسی قرار گرفتند، که این موضوع می‌تواند به فضای تصیم‌سازی کشور کمک شایانی را ارائه کند. همچنین، دو لایه‌ی رقومی تهیه شده و سایر اطلاعات موجود در قالب نقشه‌های یکپارچه کشوری قطعه و پرونده تهیه شد که این موضوع می‌تواند به عنوان نقشه‌ی اولیه‌ی جانمایی سدهای کشور و مرزهای حوضه‌های آبخیز آنها مورد استفاده کلیه مدیران و کارشناسان واقع شود. لایه‌های رقومی تهیه شده دارای کاربردهای فراوانی از جمله تکمیل اطلاعات بخش آبشناسی مطالعات ساختن سد تا یک لایه‌ی مبنای کاری در اقدامات حوضه‌ای پس از بهره‌برداری از سد در کشور می‌باشد که در ذیل به رئوس کاربردهای این گونه لایه‌ها همراه با توضیح مختصری از آن پرداخته می‌شود:



شکل ۱- ساختار رویکرد پیشنهادی

- مشخص شدن موقعیت دقیق سازه‌ی سد و دریاچه‌ی آن در استان یا استانها: می‌توان با توجه به تدقیق موقعیت سد و دریاچه‌ی پشت آن از وضعیت جانمایی سد و گستره‌ی دریاچه سد در بین استان یا استانها اطلاع پیدا کرد. ضمن آن که موقعیت دقیق سد می‌تواند به عنوان یکی از شاخصهای تعیین متولی بهره‌برداری سد مدنظر مسوولان و مقامات آب کشور قرار گیرد. همچنین، با مشخص شدن مکان سد، اطلاعات کافی در مورد پراکنش راههای دسترسی به بدنه‌ی سد را در اختیار کارمندان بهره‌بردار قرار می‌دهد.
- تعیین اطلاعات پایه جهت بررسی و تعیین ویژگیهای گیتاشناسی و آبشناسی حوضه‌ی آبخیز سد: تنها با مشخص شدن مرز حوضه‌ی آبخیز یک سد است که می‌توان به تعیین برخی فراسنجهای گیتاشناسی نظیر زمان تمرکز، مساحت و محیط، میزان رواناب و بده‌ی سیلابی و حداکثر سیلاب و براورد بلندمدت حوضه اقدام کرد.
- مشخص شدن سهم هر استان در تولید منابع آب پشت سد: از آن جا که در حال حاضر رویکرد وزارت نیرو نگرش سامانه‌ی و یکپارچه‌نگری مدیریت منابع آب در حوضه‌های آبخیز فرعی کشور می‌باشد، اما به لحاظ عدم تبعیت مرزهای سیاسی استانی از نگرش مورد انتظار وزارت نیرو، لذا لازم است که سهم هر یک از استانها در سطح حوضه‌ی آبخیز سد، که در نهایت موجب تولید و موجودیت آب پشت مخزن سدها می‌شود، مشخص گردد. به عبارت دیگر، این موضوع به عنوان یکی از شاخصهای تعیین متولی بهره‌برداری از سد به وسیله‌ی استانهایی (همجوار یا غیرهمجوار) که دارای منافع مشترک در اهداف سد می‌باشند می‌تواند مدنظر قرار گیرد.
- مشخص شدن شبکه‌های آب نگاری، مناطق سیلگیر و آبراهه‌های موجود سرشاخه‌های بالادست یک سد جهت حفاظت از آنها به عنوان شریانهای حیاتی منابع آب سدها: تنها در صورت مشخص شدن مرز آبشناسی حوضه‌ی آبخیز یک سد است، که می‌توان به شمار و تعدد رودها، و همچنین مناطق سیلگیر و

Archive of SID

www.SID.ir

سرشاخه‌های آنها پی برد، چه، در حقیقت این رودها هستند که کمیت و کیفیت آب ورودی به سدها را در هر سال آبی مشخص می‌سازند. مطالعات ساماندهی رودخانه‌ها، تعیین حد بستر و حریم آنها در نقاط مشکل‌دار و بحرانی، و سایر موارد مربوط به مهندسی رودخانه‌های منتهی به سدها با استفاده از تعیین اولیه‌ی حدود حوضه‌ی آبخیز امکان‌پذیر است.

- کمک به تعیین وضعیت تداخل یا عدم تداخل سازه‌های توسعه ای ایجاد شده در حوضه‌ی آبخیز بالادست مخازن سدها: با توجه به روند توسعه و ساخت و ساز در مناطق بالادست سدهای در حال بهره‌برداری کشور، ضرورت دارد که اولاً موجودیت سازه سد و حریم کمی و کیفی حوضه‌ی آبخیز و دریاچه‌ی آن کاملاً مشخص باشد. همچنین، سازه‌هایی که بر روی رودها و آبراهه‌های منتهی به سد ایجاد می‌شوند، در صورت مشخص بودن شبکه‌ی آب نگاری حوضه‌ی آبخیز سد است که می‌تواند حد و مرز اقدامات اخیر را بررسی و مطالعه نمود و در مورد آن نظر نهایی را صادر کرد.
- فاصله‌ی سد تا مراکز مسکونی و اجتماعات انسانی پایین‌دست: تعیین دقیق موقعیت سازه‌ها در تعیین فاصله آنها تا مراکز جمعیتی حاوی اطلاعاتی در مورد مباحث اجتماعی و سیاسی تأثیرگذار بر روند ساختن و بهره وری سدها به لحاظ نقاط تأمین اهداف شرب و کشاورزی پایین‌دست می‌باشد. همچنین، دانستن فاصله‌ی رودخانه‌ای یک سد (با احتساب مسیر پیچ و خم رودخانه‌ای) تا یک روستا یا شهر و مرکز استان پایین‌دست به عنوان یکی از گزینه‌های مؤثر در مطالعات برنامه اقدام اضطراری سدها[1] در زمان ایجاد بحران نظیر شکستن سدها به کارگرفته می‌شود.
- آگاهی از وضعیت فرسایش و رسوب در حوضه‌ی آبخیز و اقدامات حفاظتی از منابع طبیعی، نظیر انواع اقدامات آبخیزداری در حوضه‌ی آبخیز سد: با توجه به آن که لایه‌های رقومی کشوری وضعیت فرسایش و رسوب و موقعیت دقیق اقدامات و مطالعات توجیهی و تفصیلی– اجرایی آبخیزداری در کشور به وسیله‌ی دستگاههای متولی موضوع وجود دارد، لذا، در صورت موجود بودن مرز حوضه‌ی آبخیز یک سد و آگاهی از موقعیت دقیق اقدامات و مطالعات توجیهی و تفصیلی- اجرایی آبخیزداری می‌توان با استفاده از نرم‌افزار سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، و تقاطع لایه‌های رقومی جغرافیایی دو مورد فوق‌الذکر، دقیقاً از پراکنش مکانی و وضعیت فرسایش و رسوب حوضه‌ها و مقدار و سطح اقدامات انجام شده آبخیزداری حوضه‌ی آبخیز سدها اطلاع یافت.

در این بخش برمبنای رویکرد پیشنهادی، ساختار بخشهای مختلف آن مورد تشریح قرار می‌گیرد.

تهیه و آماده‌سازی اطلاعات پایه

در این بررسی، اطلاعات پایه شامل نقشه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و شبیه‌های رقومی ارتفاعی بوده، که نحوه‌ی آماده‌سازی و استفاده از آنها بشرح زیر می‌باشد:

- **تصاویر ماهواره‌ای طیفی (رنگی)، پانکروماتیک (سیاه و سفید) و ترکیبی**

اطلاعات ماهواره ای منابع ارزشمندی می باشد که می‌توانند در کلیه‌ی مراحل مطالعاتی و اجرایی طرحهای توسعه‌ای کشور مورد استفاده قرار گیرند. خوشبختانه در سالیان اخیر، با ظهور فناوریهای نوین نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، و سهولت دسترسی به منابع اطلاعاتی ماهواره‌ای، استفاده از این داده‌ها عمومیت بیشتری یافته و در اکثر طرحهای کشور و در بیشتر شرکتهای مهندسی مشاور از این فناوری استفاده می‌شود. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست[2] ۷ آمریکا، و سنجنده‌ی چند طیف +ETM با اندازه‌ی سلولی ۲۸/۵ متر استفاده گردیده است. نوار شماره‌ی ۸ سنجنده‌ی +ETM موسوم به نوار پانکروماتیک[3] دارای توان تفکیک ۱۴/۲۵ متر می‌باشد. جهت دید کاذب تصاویر معمولاً چند نوار با یکدیگر ترکیب شده و به اصطلاح فتوموزائیک‌ها را می‌سازند، فتوموزاییک ترکیب نواری ۷۴۲ دارای اندازه‌ی سلولی ۲۸/۵ متر بوده است که ترکیب آن با نوار پانکروماتیک تصاویری با وضوح ۱۴/۲۵ متر را به دست می‌دهد که وضوح[4] بالاتر تصاویر و

[1] emergency action plan(EAP)

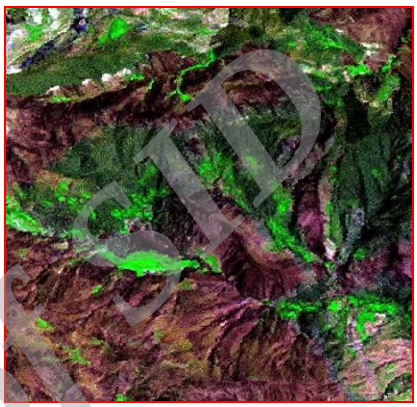
[2] Landsat
[3] Panchoromatic band
[4] Resolution

Archive of SID

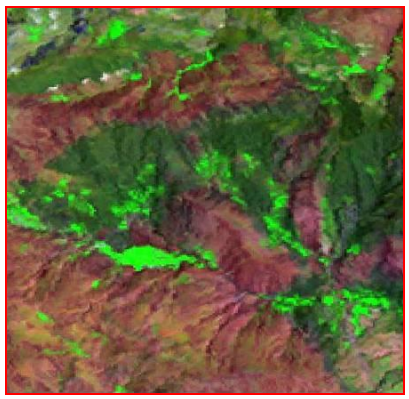
www.SID.ir

دیدی بهتر جهت تشخیص عوارض را ممکن می‌سازد (لیلسند، ۱۳۹۱). این اطلاعات، در تفکیک مرز و محدوده حوضه‌های آبخیز دارای دقت خوبی می‌باشند. علاوه بر اطلاعات ماهواره‌ی مذکور، از امکانات نوار پانکروماتیک ماهواره‌ی IRS هند در ترکیب با نوارهای طیفی ماهواره لندست (ترکیب نواری۷۴۲) استفاده گردید، تصویر به دست آمده دارای تجزیه به اندازه‌ی سلولی ۵/۸ متر و بسیار مناسب برای تشخیص خط‌الراسها و خط‌القعرها در حوضه‌های آبخیز بوده و برای پیمایش مرز حوضه‌های آبخیز و خطوط جریان آبراهه ای مناسب است.

در شکل ۲ – الف، مقایسه‌ای بین تصاویر با تجزیه‌ی ۲۸/۵ متر لندست، شکل ۲-ب، تصویر ترکیبی ۱۴/۵ متری لندست و شکل ۲-ج، ترکیبی لندست و IRS با تجزیه‌ی ۵/۸ متر ارائه شده است. همان طور که در این تصاویر مشاهده می‌شود، تهیه‌ی تصاویر ترکیبی لندست و IRS، تأثیر قابل توجهی در بهبود دقت آن، و کمک به رسم مرز حوضه‌های آبخیز خواهد داشت.



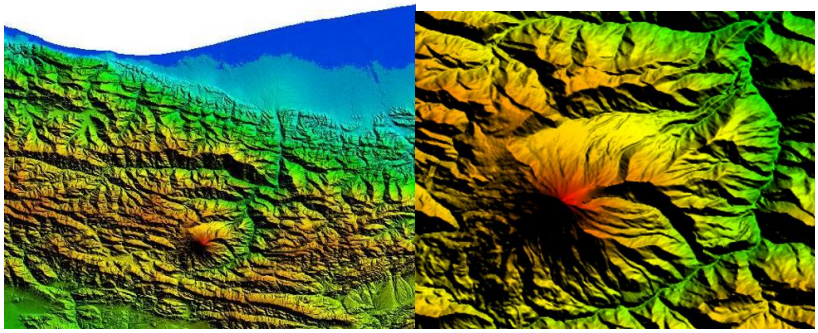
الف)



ب)

ج)

شکل ۲- مقایسه وضوح بین تصاویر مختلف ماهواره‌ای (الف- تصویر با اندازه سلولی ۲۸/۵ متر لندست، ب - ترکیبی ۱۴/۲۵ متری لندست و ج- ترکیبی لندست و IRS با تفکیک ۵/۸ متر)



شکل ۳- نمای دور و نزدیک از محدوده قله دماوند (اطلاعات شبیه رقومی ارتفاعی DEM راداری)

Archive of SID

www.SID.ir

در مرحله‌ی بعد، با در اختیار داشتن تصاویر ماهواره ای، فتوکاتالوگ تصاویر مزبور در نرم‌افزار Arccatalog (نسخه ۹/۲) تهیه و ژئوکاتالوگ تصاویر موزائیک شده (مجموعه لایه‌های رقومی مرتب شده‌ای است که به پایگاه داده مکانی dbase تغییر شکل یافته‌اند) جهت ساماندهی داده‌ها و لایه‌های رقومی تهیه گردید. که از این لایه رقومی برای استخراج مرزهای حوضه‌های آبشناسی حوضه های آبخیز سدها استفاده گردید.

اطلاعات پستی و بلندی DEM راداری

با استفاده از شبیه رقومی ارتفاعی کل کره‌ی زمین (DEM)، که به صورت پیوسته می‌باشد، می‌توان مرز حوضه‌ی آبخیز آبشناسی یک سد را تعیین نمود. دقت مکانی این لایه رقومی حدود ۹۰ متر بوده و بر اساس مطالعات ناسا به عنوان تهیه‌کننده این شبیه، دقت ارتفاعی آن بطور مطلق ۱۶ متر و بطور نسبی تا ۱۰ متر می‌باشد. از فواید DEM رادار پیوسته بودن داده‌ها و عدم نیاز به درون‌یابی است. از علل مهم دیگر پیوستگی مکانی نقاط ارتفاعی آن است که برای هر سلول ۹۰×۹۰ متر یک ارتفاع محاسبه شده است، لذا، خطای درون‌یابی در آن از بین رفته است. از طرفی اطلاعات ریز نیز از بین نرفته و در دسترس می‌باشند. همچنین خطاهایی مانند اراضی مسطح یا چاله‌ها که در نتیجه درون‌یابی از نقشه‌های پستی و بلندی ایجاد می‌گردند در آن وجود ندارد. دقت نقشه DEM رادار، در دنیا مورد تأیید قرار گرفته و میزان خطای مکانی و ارتفاعی آن به وسیله ی ناسا محاسبه و در دسترس می‌باشد (نوروزی و صفارپور، ۱۳۸۴). در شکل ۳، به عنوان نمونه اطلاعات DEM رادار در نمای دور و نزدیک از محدوده‌ی قله دماوند ارائه شده است. بطور کلی، مراحل آماده سازی اطلاعات پستی و بلندی DEM عبارتند از:

- ✓ صحت‌سنجی ارتفاعی اطلاعات DEM یکپارچه کل کشور با استفاده از نقاط ارتفاعی موجود (بویژه استفاده از اطلاعات مبنای مسطحاتی ژئودزی کشور یا نقاط ارتفاعی نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰)
- ✓ تبدیل مختصات به سامانه مبنای UTM با مبنای مسطحاتی WGS 84

نقشه‌های پایه‌ی منابع آب

در این مطالعه سه نوع نقشه مورد استفاده قرار گرفت که عبارتند از:

- نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ پایه‌ی منابع آب کشوری
- نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ پایه‌ی کشوری
- نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ پایه‌ی کشوری

نقشه‌های پایه ۱:۲۵۰۰۰۰ منابع آب کشوری عمدتاً در محیط AutoCAD آماده شده، حاوی اطلاعات بسیار ارزشمند بوده، و حاصل سالها کار کارشناسی و تخصصی می‌باشند. نقشه‌های نوع دوم برای کل پوشش کشور تهیه شده و عمدتاً به صورت چاپ کاغذی در دسترس بوده و در مطالعه‌ی حاضر از این نوع نقشه‌های در محدوده‌ی مرزی کشور، و در مناطقی که نقشه‌های نوع سوم یعنی ۱/۲۵۰۰۰ آن موجود نمی‌باشند، استفاده گردید. به دلیل آن که عمده‌ی نقشه‌های رقومی شده مربوط به مناطق داخلی کشور بوده و برگه های مرزی هنوز رقومی نشده‌اند، لازم بود نقشه‌های چاپی این مناطق دریافت و ژئورفرنس شده و به عنوان مبنای کار در پس زمینه‌ی ترسیم نقشه‌ها مورد استفاده واقع شده و نیز عوارضی مانند لایه آبراهه‌ها از آنها استخراج گردد.

نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰، که به صورت رقومی موجود می‌باشند، به عنوان مرجع اصلی مورد استفاده در این مطالعات، برای ترسیم مرز حوضه‌های آبخیز مورد استفاده قرار گرفته اند. فایلهای رقومی نقشه‌های با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ کشور در شکلهای مختلف دو بعدی، سه بعدی و NTDB به وسیله‌ی سازمان نقشه‌برداری کشور در دسترس می‌باشند. بطور کلی، مراحلی را که در تهیه و آماده‌سازی بانک اطلاعاتی و لایه‌های پایه نقشه‌های موردنیاز انجام شده است می‌توان در مراحل زیر خلاصه نمود:

- تهیه نسخه‌های اسکن گردیده‌ی نقشه‌ها، یا استفاده از نسخه‌های ژئورفرنس شده، یا اطلاعات رقومی موجود آنها
- زمین مرجع‌سازی[1] با استفاده از نرم‌افزارهای GIS برای نسخه‌های اسکن شده و مورد نیاز.

[1] geo-referencing

Archive of SID

www.SID.ir

- تبدیل مختصات به سامانه‌ی UTM با مبنای ارتفاعی WGS 84
- صحت‌سنجی مختصات عمودی و افقی به وسیله‌ی نقاط مرجع اضافی و ارزیابی دقت صحت‌سنجی صورت گرفته
- تهیه بانک اطلاعاتی و ژئوکاتالوگ نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰ در نرم افزار ArcCatalog نسخه ۹/۲

تهیه‌ی اطلاعات GIS پایه و یکپارچه‌ی کشوری

در این مرحله، کلیه‌ی اطلاعات رقومی مورد نیاز به صورت یکپارچه کشوری در قالب لایه‌های معیار GIS با شکل Shapefile به شرح زیر تهیه و آماده‌سازی گردید:

- ✓ فتوموزاییک نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ ، ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ مناطق داخلی کشور به تفکیک در قالب قطعه‌های معیار
- ✓ فتوموزاییک نقشه‌های ترکیبی ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰ در قالب قطعه‌های معیار برای مناطق مرزی و مناطقی که هنوز نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ آنها تهیه نشده است.
- ✓ فتوموزاییک تصاویر ماهواره‌ای در قالب حوضه‌های آبخیز مورد نیاز
- ✓ ژئوکاتالوگ لایه‌های GIS معیار مورد نیاز طرح

پس از آماده شدن فتوموزائیک نقشه‌ها و تصاویر می‌بایست کلیه اطلاعات ذیل استخراج شوند. که مهمترین آنها عبارتند از:

- ✓ لایه‌ی رقومی آبراهه‌های کل کشور
- ✓ لایه‌ی رقومی مرزهای آبشناسی شاخص گذاری و تأیید شده
- ✓ لایه‌ی رقومی مراکز جمعیتی شهری و روستایی و ایستگاههای آب و هواشناسی
- ✓ لایه‌ی رقومی مرزهای سیاسی تفکیک شده
- ✓ لایه‌ی رقومی عوارض و کاربریهای زمین
- ✓ شبیه رقومی ارتفاعی کشوری بر اساس ترکیب اطلاعات و نقشه‌های مختلف

تهیه و تجهیز نرم‌افزاری و سخت‌افزاری

با توجه به حجم اطلاعات و پردازشهای مورد نیاز در این مطالعه، لازم است پیش‌بینیهای لازم در ارتباط با سخت‌افزارهای مورد نیاز این مطالعه انجام شود. مهمترین مسائلی که در این ارتباط انجام خواهند شد عبارتند از:

- ✓ بررسی، تحلیل و برآورد حجم پردازشهای مورد نیاز GIS و RS
- ✓ بررسی و براورد اقتصادی و فنی سخت‌افزارهای رایانه‌ای موجود
- ✓ تجهیز و آماده‌سازی سامانه‌ی سخت‌افزاری مورد نیاز طرح برای انجام تحلیل‌ها و پردازشهای رقومی

در این مطالعه از نرم‌افزارهای ArcGIS9.2 برای تدقیق مرزها استفاده گردید. این نرم‌افزار به دلیل قابلیت روی‌هم‌گذاری چندین لایه‌ی رستری و قدرت تغییر وضوح نسبت به نرم‌افزارهای دیگر کمک شایانی را به افزایش دقت می‌کند. این نرم‌افزار به دلیل قدرت ساخت نمای برجسته با حالتهای مختلف (قدرت تغییر زاویه دید افقی، عمودی، و همچنین ضریب عامل ارتفاع) به راحتی دیدی سه‌بعدی را از منطقه فراهم می‌آورد. در محیط ArcGIS9.2، به دلیل توانایی ساخت میزان منحنی به روش Spline با فواصل ارتفاعی دلخواه در مناطقی که نمای برجسته به تنهایی قادر به تفکیک مرز نبود، استفاده گردید.

تدقیق موقعیت سدها و ترسیم مرز حوضه‌های آبخیزسدها

پس از انجام مراحل فوق، بویژه تهیه‌ی لایه‌های GIS پایه‌ی مورد نیاز، نقشه‌ها و تصاویر موزائیک شده، می‌توان نسبت به ترسیم و تدقیق مرز حوضه‌های آبخیز اقدام نمود. مراحل ترسیم مرز حوضه‌های آبخیز سدها به شرح زیر می‌باشند:

تدقیق موقعیت مخازن سدهای کشور

پس از آماده‌سازی اطلاعات پایه با استفاده از اطلاعات و گزارشهای طرحهای سدسازی لازم است موقعیت مکانی هر یک از مخازن سدها از مشخصات اطلاعات شناسنامه‌ای طبق فهرستهای موجود تدقیق شود (وزارت نیرو، ۲۰۱۰).

لازم به توضیح است که اطلاعات مکانی ساختگاه برخی سدها به دلایلی، نظیر ضعف و یا بعضاً نبودن اطلاعات شناسنامه‌ای دوران مطالعه و ساختن سد، پراکندگی و اختلاف در آمار و اطلاعات موقعیت جغرافیایی ساختگاه سد، سامانه‌های مختلف تصویر موقعیت مکانی سدها

Archive of SID

www.SID.ir

هنگـام برداشـت داده بـه وسـیله‌ی GPS دارای ضـعف کارکردی بوده‌اند که با پیاده‌سازی در سامانه‌های اطلاعـات جغرافیایی این موضوع بیش از پیش مشـخص گردیـد، بـه نحوی که بـه عنـوان مثـال، سـاختگاه یـک سـد بـر روی رودخانه قرار نمی‌گرفت، و یا موقعیت آن با سایر اطلاعـات شناسنامه‌ای سد متناقض بـود. کلیـه‌ی مسـائل برشـمرده شده فوق ایجاب می‌کرد تا سامانه یکپارچه‌ی مکان محـور کلیه سدهای کشور با استفاده از سایر زمینه‌های اطلاعاتی جانبی سازه سد بـه دسـت آمـده و مختصـات جغرافیـایی تقریباً دقیقی برای آن در نظر گرفتـه شـود. بـرای تـدقیق موقعیت سدها مراحل زیر انجام شد:

- مختصات سدها طبق فهرست موجود رقومی شد و بـر روی نقشه کشوری قرار گرفتند تا بتوان بطور چشمی مغایریتهای واضـح و اشـتباهات فـاحش را شناسـایی کرد. از نمونه این گونه موارد می توان به قرار گـرفتن یک سد در خارج از کشور و ... نام بـرد. از آن جـا کـه خطاهای سامانه‌ی و انسانی زیادی در فهرسـت اولیـه موجود بود، در برخی مـوارد بـا اسـتفاده از اطلاعـات پایگـاه Google Eearth مـورد بـازنگری مجـدد قـرار گرفت.
- کلیه اطلاعات شناسنامه‌ای سد با موقعیت اولیه‌ی سد مطابقـت داده شـد بـه عنـوان مثـال، بـدیهی اسـت سدهایی بـا مخـزن بـزرگ معمـولاً بـر روی رودهـای کوچک ساخته نمی‌شوند، و یا سدی کـه در اسـتان و اطراف نزدیکترین شهرستان خودش (طبـق زمینـه‌ی اطلاعات شناسنامه‌ای) نباشد، دارای خطای موقعیـت می‌باشد.
- مکان سد در موقعیت جدیـد بـه صـورت نـرم‌افـزاری جابجا و ثبت گردید.

در شکلهای ۴ و ۵، دو نمونه از موقعیت سدها کـه پـس از پیاده‌سازی مشخص گردیـد کـه اطلاعـات شناسـنامه‌ای جغرافیایی آنها اشتباه بوده و لذا بایـد مـورد تصـحیح قـرار می‌گرفتند، نشان داده شده اند. به عنوان نمونه در شکل ۴، موقعیت اولیه‌ی ساختگاه سد در اطلاعات شناسنامه‌ای غیر از مکان فعلـی آن نشـان داده شـده، کـه ایـن موضـوع در تصویر مشـخص گردیـده و موقعیـت صـحیح آن در شـکل مشخص شده است. در نمونه‌ی دوم در شـکل ۵، موقعیـت اولیه‌ی سد بر روی رودخانه‌ای قـرار گرفتـه کـه سـاختگاه نهایی سد در آنجا نبوده و لذا در تصویر هوایی آن موقعیت سد بر روی رودخانه دیگری واقع شده است که لازم بود تـا موقعیت نهایی سد تدقیق می‌شد.

شکل ۴- اشتباه بودن موقعیت اولیه ساختگاه سد در اطلاعات شناسنامه‌ای

شکل ۵- اشتباه بودن موقعیت اولیه سد بر روی رودخانه‌ای غیر از مکان ساختگاه نهایی سد

ترسیم مرز حوضه‌های آبخیز سدهای کشور

مرزهای حوضـه‌ی آبخیـز سـدها بـه عنـوان حـدود آب زهکشی شده از حوضه‌های آبخیز تلقی شـده کـه کـل آب موجود در آن به مخزن سد وارد می‌گردد. ایـن مرحلـه بـا استفاده از کلیه‌ی اطلاعات پایه، که به عنوان زیر لایه مورد استفاده قرار گرفتند، با تلفیـق محـدوده‌هـای مطالعـاتی و بستن دستی محدوده‌ها تا نقطه‌ی خروجی حوضه سـد بـه دست آمد، که در این خصوص موارد زیر لحاظ گردید:

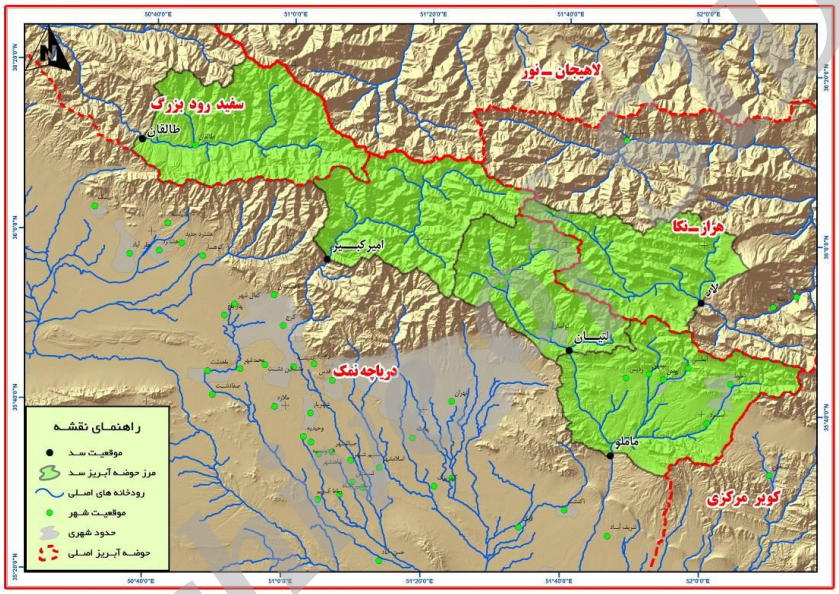
- ✓ زیرحوضه باید شامل تعدادی از رودخانـه‌هـای مجـاور هم باشد که دارای ویژگیهای آبشناسی مشترک بـوده و ساختگاه فعلی سد نقطه پایانی حوضه‌ی آبخیز سـد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

- ✓ استفاده از شبکه آبراهه‌ای به عنوان یکی از عاملهای مهم در تشخیص جهت جریان، و به تبع آن محدوده‌ی حوضه و خطالرأسها می باشد. زیرحوضه سدها باید شامل مجموع رودخانه‌ها و مسیل‌هایی باشد که به یک پایانه (خروجی) ختم می‌شوند. مرز حوضه‌ها حتی‌الامکان نبایستی از حوضه آبخیز آبشناسی را قطع نمایند.
- ✓ مرز حوضه‌های آبخیز سدها در مرحله‌ی اول با استفاده از DEM رادار ترسیم گردید، و در مراحل بعد از سایر نقشه‌ها و اطلاعات رقومی موجود نظیر فتوموزاییک تصاویر ماهواره‌ای کمک گرفته شد.
- ✓ مرزها با تفسیر چشمی و با ابزارهای Vector Editing در نرم‌افزار ArcMap نسخه ۹/۲ تصحیح شد.
- ✓ مرز نهایی با لایه‌های نمای برجسته پستی و بلندی و ارتوفتو سه‌بعدی تصاویر ماهواره‌ای موزائیک شده مقایسه و تصحیح شد.

در شکل ۶ یک نمونه از ترسیم مرز حوضه‌ی آبخیز سدهای تحت پوشش استان تهران در کنار لایه‌ی رقومی حوضه‌های آبخیز فرعی و محدوده‌های مطالعاتی کشور نشان داده شده است.



شکل ۶- ترسیم مرز حوضه آبخیز سدهای تحت پوشش استان تهران

ایجاد توپولوژی مرز حوضه‌های آبخیز

پس از نهایی‌سازی مرز حوضه‌های آبخیز سدهای کشور، لازم است ارتباطات هندسی و مکانی بین چندضلعی‌های هر یک از حوضه‌های آبخیز تشکیل شده و از بسته بودن مرز حوضه‌ها، انطباق مرز حوضه‌های مجاور و نبودن خطا، خطوط معلق و غیره اطمینان حاصل نمود. مهمترین گامهایی که در این ارتباط بایستی طی شوند به شرح زیر می‌باشند:

- ✓ ایجاد چندضلعی Polygon با استفاده از ابزارهای موجود در ArcToolbox گروه ArcGIS9.2
- ✓ تحلیل حساسیت نتایج نسبت به تغییر فراسنجهایی مانند آزادی مجاز
- ✓ محاسبه‌ی مساحت، محیط و سایر فراسنجهای شاخص و تطبیق آنها با اطلاعات شناسنامه‌ای سدها
- ✓ مستندسازی نتایج و یافته‌های رقومی
- ✓ تهیه و ارائه بانک اطلاعاتی چندضلعی مرز حوضه‌های آبخیز سدها در قالب سامانه ژئو کاتالوگ معیار با شکل Shape file یا Geo database شرکت ESRI

مستندسازی انجام کار و تهیه نقشه‌ها

کلیه لایه‌های اطلاعاتی مرز حوضه‌های آبخیز سدها پس از نهایی شدن، در قالب یک بانک اطلاعاتی و ژئوکاتالوگ در ArcCatalog آماده و در بایگانی بانکهای اطلاعاتی قرار گرفت و یک نقشه در محیط نرم افزار Map Arc نسخه ۹/۲ با مقیاس یک میلیونیوم تهیه شد این

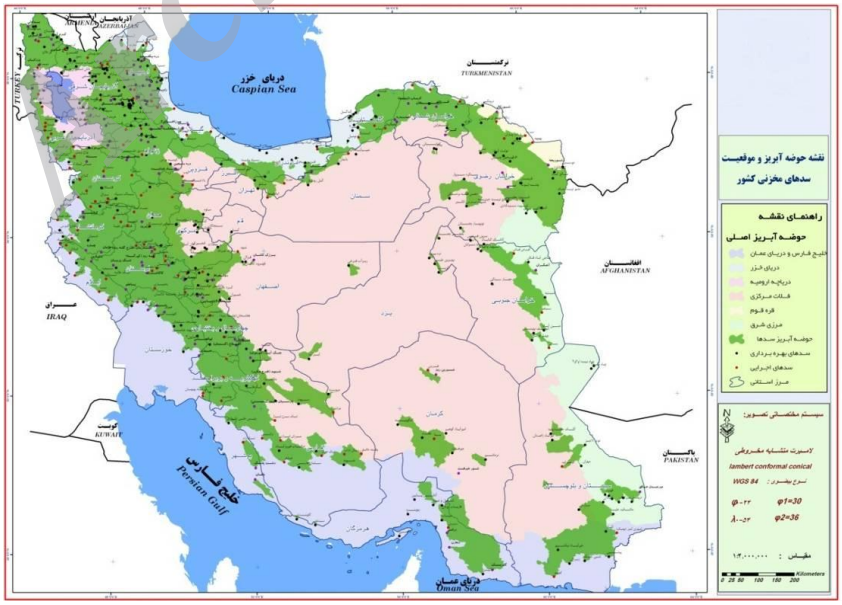
www.SID.ir

نقشه دارای لایه‌های اصلی رقومی منابع آب نظیر نمای برجسته به عنوان پس زمینه، لایه رقومی موقعیت سدهای در حال بهره‌برداری، در حال اجرا و مطالعاتی، و همچنین لایه‌ی رقومی شبکه آبراهه‌ای، موقعیت مراکز شهری، مرز سیاسی استانها و ... می باشد که جهت اخذ خروجی از نرم‌افزارهای نموداری نظیر فتوشاپ استفاده شد.

نتایج و بحث

بر مبنای ساختار پیشنهادی جهت تهیه‌ی مرز حوضه‌ی آبخیز سدها، موقعیت و وسعت حوضه‌ی آبخیز تمامی سدهای کشور به صورت کمی و کیفی استخراج و مورد بررسی قرار گرفت. با اجرای رویکرد ارائه شده، نقشه‌ی موقعیت کلیه سدهای جانمایی شده و مرز یکپارچه حوضه‌ی آبخیز سدهای کشور به صورت شکل ۷ تهیه گردید. بر اساس این شکل، و با توجه به آماده شدن لایه‌های رقومی، موقعیت و مرز حوضه‌ی آبخیز کلیه سدهای در حال بهره‌برداری، اجرایی و سدهای مطالعاتی مرحله ۲ و با حذف سطوح همپوشانی لایه‌ی رقومی مرز حوضه‌ی آبخیز این سدها، سطح خالص و درصد مساحت حوضه‌های آبخیز سدی و غیرسدی کشور به تفکیک مرحله‌ی سد به صورت جدول ۱ تعیین گردید. بر این اساس، میزان کل سطح خالص حوضه‌ی آبخیز سدهای در حال بهره‌برداری کشور ۳۶/۷ میلیون هکتار و همین فراسنج برای سدهای در حال اجرا و مطالعاتی کشور به ترتیب ۱۱/۸ و ۳/۱ میلیون هکتار تعیین شد. لازم به ذکر است، با توجه به آن که بسیاری از سدهای کشور دارای حوضه‌های تداخلی می‌باشند، لذا سطح خالص حوضه‌های آبخیز سدهای کشور ۵۱/۷ میلیون هکتار براورد می شود، که این رقم در مقایسه با سطح کل ۱۶۴ میلیون هکتاری مساحت کشور معادل ۳۱/۵ درصد سطح ایران می‌باشد. لازم به توضیح است، با توجه به کاهش روند سدسازی و بالتبع کاهش روند استحصال منابع آب در کشور به دلیل کمبود منابع آب و عدم ساختگاههای جدید بر روی رودخانه‌های پر آب موجود، سطح حوضه‌های آبخیز سدها به ندرت افزایش قابل توجهی پیدا خواهد نمود.

از آن جا که طبق اعلام رسمی سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور به جز بیابانها، کویرها ، دریاچه‌های طبیعی و دقها و ... مجموعاً ۱۲۵ میلیون هکتار از اراضی کشور را کل عرصه‌های حوضه‌های آبخیز سدی و غیرسدی به خود اختصاص داده است، لذا، با مشخص شدن مساحت حوضه‌ی آبخیز سدها، معادل ۴۱/۳۳ درصد از کل عرصه‌های مرتبط با حوضه‌های آبخیز کشور را این حوضه‌ها پوشش داده‌اند. با بررسی پراکنش مکانی حوضه-ی آبخیز سدها (شکل ۷)، می‌توان دریافت که این حوضه‌ها بیشتر در مناطق شمال، شمال شرق و شمال غرب کشور توزیع یافته‌اند، که این موضوع با ساختار پراکنش مکانی ارتفاعات، نزولات جوی و منابع آبی سطحی (رودخانه‌های بزرگ) کشور هماهنگ می‌باشد.



شکل ۷- نقشه جانمایی موقعیت و مرزهای رقومی حوضه آبخیز سدها در کشور

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- سطح خالص و درصد حوضه‌های آبخیزسدی و غیرسدی

ردیف	موضوع	سطح (میلیون هکتار)	درصد از کل کشور
۱	حوضه آبخیز سدهای در حال بهره‌برداری	۳۶/۷	۲۲/۴
۲	حوضه آبخیز سدهای اجرایی	۱۱/۸	۷/۲
۳	حوضه آبخیز سدهای مطالعاتی مرحله۲	۳/۱	۱/۹
مساحت خالص حوضه آبخیز کل سدهای مخزنی		۵۱/۷	۳۱/۵
مساحت خالص حوضه آبخیز غیرسدی		۷۳/۳	۴۴/۷
سطح حوضه‌های آبخیز سدی و غیرسدی		۱۲۵	۷۶/۲
کل کشور		**۱۶۴**	**۱۰۰**

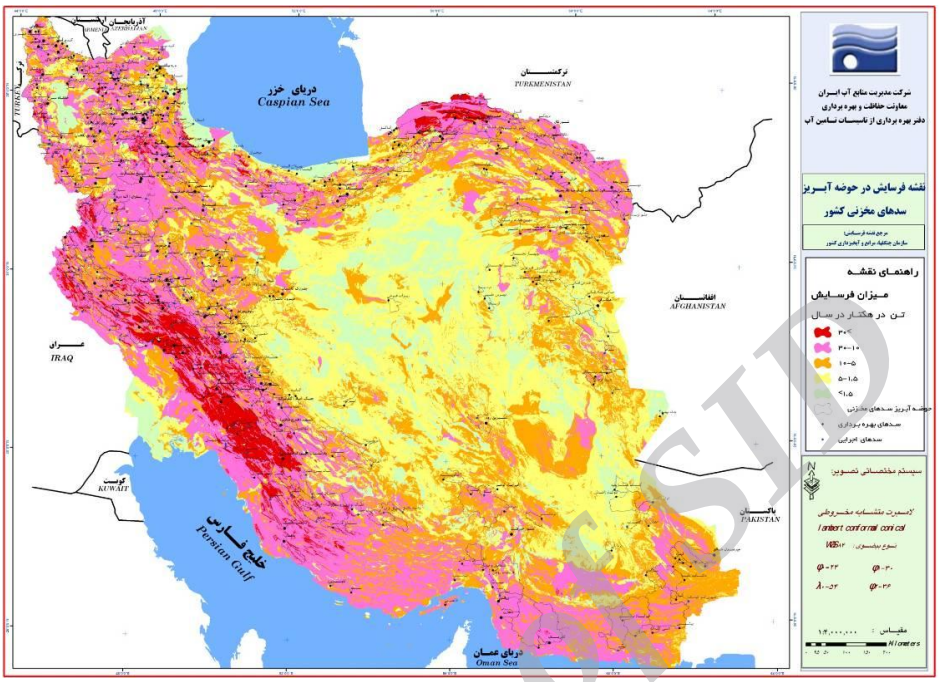
این مطالعات می‌تواند به عنوان یکی از زیربخشهای اطلاعاتی، بویژه گزارشهای منابع آب و در کل فرآیند، مطالعات جامع و یکپارچه‌ی منابع آب، مدنظر قرار گیرد. مرز یکپارچه‌ی تولید شده حوضه‌ی آبخیز سدهای کشور، که در قالب نقشه‌های یکپارچه کشوری و نقشه‌های برش یافته تهیه شده است، می‌تواند به ترتیب در دو سطح ملی و منطقه ای مورد استفاده بهره وران قرار گیرد. این نقشه‌ها در واقع نشان‌دهنده وسعت و گستره‌ی حوضه‌های کاری مشخص کلیه بهره وران در حوضه‌های آبخیز کشور است که بر مبنای آن می‌توانند کلیه فعالیتهای خود را در قالب حوضه‌های آبخیز آبشناسی سدها هماهنگ نموده و منسجم سازند. این فعالیتها، همان گونه که در ابتدای این تحقیق بیان شد، با توجه به مشخص شدن سهم هر استان در سطح حوضه آبخیز سدها قابل تعیین می‌باشد. به جز هدف تعیین سطح خالص حوضه‌های آبخیز سدهای کشور، برخی از موارد کاربردی استفاده از لایه‌های رقومی تهیه شده در این مطالعه عبارتند از:

- تقاطع مرز حوضه آبخیز سدها با مرزهای استانی کشور در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، نشان‌دهنده‌ی سهم عرصه‌های طبیعی هر استان در تولید منابع آب می‌باشد. این موضوع، همان طور که در بخشهای قبلی بدان پرداخته شد، می‌تواند در حل مناقشات بین استانی بر سر تخصیص منابع آب کمک قابل توجهی نماید. در جدول ۲، به عنوان نمونه، سهم حوضه آبخیز برای چند سد در استانهای کشور و فاصله‌ی آنها تا مرکز استان ارائه شده است.
- وضعیت تداخلی حوضه‌های آبخیز موجود برخی سدها در حوضه‌های آبخیز بزرگتر سدهای دیگر نیز از جمله موارد کاربردی پژوهش حاضر می‌باشد. به عنوان نمونه، این که مشخص شود در حوضه‌ی آبخیز سد دز، تعداد ۱۸ سد با تفکیک ۵ سد در حال بهره‌برداری، ۷ سد اجرایی و ۶ سد مطالعاتی وجود دارد، در مطالعات و برنامه‌ریزیهای منابع آب سودمند بوده و نیز موجب اطلاع از اندرکنش سدهای بالادست و پایین‌دست داخل حوضه می‌شود. در جدول ۳، به عنوان نمونه وضعیت تداخلی حوضه‌ی آبخیز سدهای موجود در حوضه‌ی آبخیز سد در واقع در حوضه‌ی آبخیز کارون بزرگ همراه با مساحت حوضه آبخیز آنها ارائه شده است.
- در شکل ۸، تلفیق نقشه، فرسایش کشور و حوضه‌ی آبخیز سدها نشان داده شده است. با استفاده از این نقشه، حوضه‌ی آبخیز سدهای کشور عمدتا در حوضه های پرآب و فرسایش پذیر غرب و شمال غرب کشور قرار گرفته اند. با استفاده از مرز حوضه‌ی آبخیز سدهای در حال بهره‌برداری، و لایه‌ی رقومی وضعیت فرسایش خاک کشور، میزان فرسایش و حوضه‌های آبخیز سدها، به لحاظ حدود فرسایش و درصد مساحت دربرگیرنده، تعیین شده است. مطابق جدول ۴ می‌توان دریافت که حوضه‌ی آبخیز سدهایی که فرسایش و رسوب در آنها به حالت بحرانی و فوق بحرانی (با فرسایش بیش از ۱۰ تن در هکتار در سال) می باشد بیش از ۵۰ درصد از کل سطح حوضه‌ی آبخیز سدها را تشکیل می‌دهد. همچنین، حدود ۲۷ درصد از مساحت حوضه‌ی آبخیز سدها در وضعیت زیر بهنجار تا بحرانی قرار گرفته که بین ۵ تا ۱۰ تن در هکتار در سال فرسایش پذیرند. این

Archive of SID

www.SID.ir

موضوع لزوم توجه بیش از پیش اقدامات مهار کردن فرسایش و رسوب در حوضه‌ی آبخیز سدها، را به دستگاههای بهره ور و ذی‌مدخل در حوضه‌ی سدها، نظیر جهاد کشاورزی، راه و شهرسازی، صنعت و معدن و ... متذکر می‌سازد.



شکل ۸- نقشه فرسایش کشور، موقعیت و حوضه آبخیز سدها

جدول ۲- نمونه‌ای از مساحت حوضه آبخیز سدهای مخزنی در حال بهره‌برداری

نام سد	نام استانهای در برگیرنده حوضه‌ی آبخیز سدها	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت سطح حوضه آبخیز سد	فاصله سد تا مرکز استان (کیلومتر)
دز	لرستان	۱۱۵۱۷/۹	۶۶/۵	۱۰۰
	همدان	۱۸/۹	۰/۱	۲۴۵
	مرکزی	۱۱۸۳	۶/۸	۲۰۲
	اصفهان	۱۸۰۳/۴	۱۰/۴	۳۰۱
	خوزستان	۲۱۲۰/۲	۱۲/۲	۱۴۵
	چهارمحال و بختیاری	۶۷۴/۸	۳/۹	۲۲۷
	جمع	۱۷۳۱۸/۲	۱۰۰	-
لار	تهران	۲۴۲/۶	۳۳/۲	۶۳
	مازندران	۴۸۸/۷	۶۶/۸	۱۲۳
	جمع	۷۳۱/۳	۱۰۰	-

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- نمونه‌ای از وضعیت سدهای دارای حوضه‌ی آبخیز تداخلی

نام حوضه آبخیز فرعی	نام سد اصلی	مساحت حوضه آبخیز (km^2)	نام سد داخل حوضه آبخیز	مساحت حوضه آبخیز (km^2)	نام سد داخل حوضه آبخیز	مساحت حوضه آبخیز (km^2)	نام سد داخل حوضه آبخیز	مساحت حوضه آبخیز (km^2)
کارون بزرگ	دز*	۱۷۳۱۸/۲	بختیاری**	۶۳۹۷/۸	رودبار لرستان**	۲۲۲۴	ده‌جانی***	۱۰۰/۵
							خان آباد*	۱۴۹/۲
							سرداب***	۱۳۱/۸
					میدانک۲****	۳۳/۸	تونل چشمه لنگان*	۲۷۴/۸
					کزنار*	۱۱/۷		
			مروک**	۹۷۶/۶	کمال صالح*	۶۶۰/۲		
					حشیان**	۱۴/۴		
			گندل گیلان*	۶۶/۵				
			اشترینان***	۳۱/۷				
			گله رود***	۵۱/۷				
			آبسرده**	۲۰۷/۱				
			ژان***	۸۷/۴				
			حوضیان**	۴۴۲/۲				
			کمندان**	۷۷				

*سدهای در حال بهره‌برداری
**سدهای در حال اجرا
***سدهای در حال مطالعه

جدول ۴- وضعیت حوضه‌های آبخیز سدهای کشور از نظر مساحت و میزان فرسایش

درصد مساحت	وضعیت حوضه	حدود فرسایش (تن در هکتار در سال)
۱۰/۶	فوق بحرانی	f>۳۰
۴۶/۵	بحرانی	۱۰<f<۳۰
۲۷	زیربحرانی	۵<f<۱۰
۱۳/۴	نرمال	۱/۵<f<۵
۲/۵	کمتر از نرمال	f<۱/۵

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مشخص بودن مرز دقیق حوضه‌ی آبخیز سدها در ارائه‌ی برنامه‌های مدیریتی جهت بهره‌برداری و حفاظت از مخازن سدها حائز اهمیت است. از آن جا که تعیین این مرز تا کنون به صورت یکپارچه انجام نشده، و بلکه بصورت موردی و در حد چند سد در کشور صورت گرفته، لذا در این مطالعه رویکردی بر مبنای آخرین تصاویر ماهواره‌ای موجود، نقشه‌ها و اطلاعات شناسنامه‌ای سدها و سایر آمار مرتبط اقدام به ترسیم یکپارچه مرز آبشناسی حوضه‌ی آبخیز سدها گردید.

با استخراج نقشه‌ی مرز حوضه‌ی آبخیز سدها می‌توان دریافت که ۳۱/۵ درصد مساحت کشور تحت پوشش حوضه‌ی آبخیز سدها بوده که، این میزان معادل ۴۱/۳۳ درصد کل عرصه‌های حوضه‌های آبخیز کشور می‌باشد. همچنین، بیش از ۵۰ درصد سطح حوضه‌ی سدها از لحاظ فرسایش و رسوب در وضعیت بحرانی و فوق بحرانی (با فرسایش بیش از ۱۰ تن در هکتار در سال) می‌باشند، که این امر نیازمند توجه بیش از پیش مدیران و بهره‌برداران این مخازن را می‌طلبد تا با اتخاذ سیاستهای مناسب، زمینه‌های افزایش مدت زمان بهره‌برداری، عمر مفید و عملکرد سدها را فراهم نمایند.

یکی از مشکلات عمده در بهره‌برداری از سدها، قرارگیری دریاچه سدها در استانهای مختلف می‌باشد، و این موضوع منجر به بروز مناقشات زیاد در تخصیص به نیازها را

Archive of SID

www.SID.ir

موجب شده است. در این راستا، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تعداد ۱۰ سد مخزنی در حال بهره‌برداری، که تأمین‌کننده‌ی بخش قابل توجهی از نیازهای کشور می‌باشند، دارای دریاچه‌هایی هستند که حداقل بین ۴ استان مشترکند. از بین این ۱۰ سد مخزنی، سد سفیدرود با دریاچه‌ی مشترک بین ۱۰ استان آذربایجان شرقی (۲۰/۷ درصد حوضه‌ی آبخیز سد)، آذربایجان غربی (۰/۶ درصد)، اردبیل (۷/۱ درصد)، کردستان (۲۴/۷ درصد)، کرمانشاه (۰/۱ درصد)، همدان (۳/۶ درصد)، زنجان (۳۳/۱ درصد)، گیلان (۲/۱ درصد)، قزوین (۷/۶ درصد) و مازندران (۰/۴ درصد)، بیشترین حوضه‌ی آبخیز تداخلی را به خود اختصاص داده است. در این راستا سدهای کرخه، دز، ساوه، مسجد سلیمان، عباسپور، طالقان، بوکان و پانزده خرداد دارای دریاچه‌ی مشترک به ترتیب در ۷، ۶، ۶، ۵، ۵، ۴، ۴ و ۴ استان می‌باشند. بنابراین، یکی از راهکارهای حل اختلاف در این سدها، تدوین سیاستهای بهره برداری بر مبنای شبیه‌های حل اختلاف با لحاظ نمودن وضعیت اشتراک حوضه‌ی آبخیز سد می‌باشد. نکته‌ی قابل توجه این که در این شبیه‌ها، وضعیت سیاسی، اجتماعی و اقتصادی، و همچنین نوع نیازهای غالب در استانهای بهره‌ور است که باید در اولویت برنامه‌ریزی جهت استخراج سیاستهای کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت قرار گیرد.

یکی دیگر از نتایج پرکاربرد این مطالعه، تعیین سهم مشارکت شرکتهای بهره‌دار از سدهایی که دارای حوضه‌ی تداخلی می‌باشند، در طرحهای آبخیزداری و تخصیص بخشی از بودجه اجرایی آنها در بهبود وضعیت کیفی آب ورودی به سدهاست.

با توجه به تعدد سدهای در حال بهره‌برداری و وجود سطوح حوضه‌ی آبخیز مشترک در آنها، مدیریت یکپارچه‌ی آب در سطح حوضه‌های آبخیز سدها امری ضروری است که منجر به افزایش اطمینان‌پذیری در تخصیصها و کاهش آسیب پذیری ناشی از عدم تأمین مکانی و زمانی نیازها می‌شود. لذا تدوین سامانه‌ی فرستادن آب (مشابه آنچه در صنعت برق کشور وجود دارد) به عنوان یکی از راهبردیهای مهم در جهت اداره و بهبود مدیریت منابع آب، با استفاده از نتایج این مطالعه به عنوان یکی دیگر از دستاوردهای مهم تحقیق حاضر به شمار می‌آید.

با توجه به نوع پژوهشی که انجام شده است، پیشنهاد می‌شود در گام بعدی مطالعات به لحاظ انجام دقتهای بیشتر و در نظر گرفتن سدهای مطالعاتی تثبیت شده موارد زیر در نظر گرفته شوند:

- ✓ به هنگام‌سازی دوره‌ای مطالعات با توجه به پویا بودن فرآیندهای مطالعاتی، اجرایی و بهره‌برداری ساخت سازه‌هایی همچون سدهای مخزنی؛
- ✓ استفاده و کاربرد هرچه بیشتر لایه‌های رقومی مرز حوضه‌های آبخیز سدها در مدیریت حوضه ای و یکپارچه‌ی منابع آب؛
- ✓ لحاظ سایر سدهای مطالعاتی و تعیین مرز حوضه‌ی آبخیز آنها؛
- ✓ استفاده از لایه‌های رقومی بیشتر و با دقت بالاتر جهت افزایش دقت مطالعات حاضر؛
- ✓ تعمیم کار انجام شده برای تدقیق موقعیت کلیه‌ی سازه‌ها و تأسیسات منابع آب کشور.

مراجع

۱. آرونوف، ا. ۱۳۷۵. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی. انتشارات سازمان نقشه‌برداری کشور

۲. دفتر حقوقی وزارت نیرو. ۱۳۸۲. گزارش عملکرد ده ساله آبخیزداری کشور، چاپ اول، انتشارات وزارت نیرو.

۳. زبیری، م.، و ع. مجد. ۱۳۸۳. آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران

۴. لیلسند، ت. ترجمه از مالمیریان، ح. ۱۳۹۱. اصول و مبانی سنجش از دور و تعبیر و تفسیر تصاویر هوایی و ماهواره‌ای. انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

۵. نوروزی، ع. و ش. صفارپور. ۱۳۸۴. تدقیق شکل کاربری کشور با کمک DEM راداری. مجموعه مقالات سومین همایش فرسایش و رسوب، ۶-۹ شهریور، تهران: انتشارات مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

6. Bhavsar, P.D. 1984. Review of remote sensing applications in hydrology and water resources management in India, Adv. Space Res. 4: 193–200.

Archive of SID

www.SID.ir

7. Jacqueminet, C., S., Kermadi, K., Michel, D., Béal, M., Gagnage, F., Branger, S., Jankowfsky, I. Braud, 2013. Land cover mapping using aerial and VHR satellite images for distributed hydrological modelling of periurban catchments: Application to the Yzeron Catchment (Lyon, France), J hydrol. 485: 68–83.
8. Jenseen, J.R. 1996. Introductory digital image processing's remote sensing prespective, 3rd edition, Prentice Hall.
9. Makhamreh, Z. 2011. Using remote sensing approach and surface landscape conditions for optimization of watershed management in Mediterranean regions. Physi Chem. Earth. Parts A/B/C. 36: 213–220.
10. Ministry of Energy. 2010. Country report on erosion and sedimentation tanks, watershed dams, Water Resources Management of the Company., Office Supply Water Utilization Facilities.
11. Ministry of Energy. 2010. National ID dams. Water Resources Management Company. Version 5.
12. Sheng, J., L. Ma, P.A. Jiang, B. Li, F. Huang, and H. Wu. 2010. Digital soil mapping to enable classification of the salt-affected soils in desert agro-ecological zones. Agric. Water Manage. 97: 1944–1951.

Archive of SID

www.SID.ir