پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۸، شماره ۱۵، بهار و تابستان ۱۳۹۶، از صفحه ۳۹ تا ۵۰

ارزیابی آثار سدسازی بر تغییرات کاربری اراضی زیر حوضه‌های غرب– جنوب و دریاچه ارومیه با تصویرهای ماهواره‌ای

افشار عبدالهی[۱]، علی جهانی*[۲]، بهزاد رایگانی[۳]، اصغر محمدی فاضل[۴]

۱ کارشناسی ارشد رشته ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده محیط‌زیست کرج
۲ استادیار گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست کرج
۳ استادیار گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست کرج
۴ استادیار گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۱۳؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۴/۲۶)

چکیده

در این تحقیق آثار سدسازی بر تغییرات کاربری اراضی و سطح آب دریاچه ارومیه در یک دوره ۴۰ ساله بررسی شد. بدین منظور، داده‌های رقومی از ماهواره لندست با سنجنده‌های MSS، TM و OLI برای سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۶۸، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۳ تهیه شد و در مجموع ۳۸ تصویر ماهواره‌ای برای تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی به کار برده شد. طبقات مورد نظر که شامل کشاورزی آبی، آب، مرتع، انسان‌ساخت، نمک‌زار و بدون پوشش گیاهی بودند با توجه به هدف مطالعه جدا شدند. ارزیابی آشکارسازی تغییرات نشان داد به طورکلی در طی این مدت طبقات آب و مرتع با کاهش سطح روبه‌رو شده است و طبقه‌های کشاورزی آبی، نمک‌زار، بدون پوشش گیاهی و انسان‌ساخت افزایش مساحت را داشته‌اند. در این بین طبقه آب بیشترین کاهش مساحت را داشته و از طرف دیگر این طبقه کشاورزی آبی بوده که بالاترین نرخ تغییرات افزایشی در آن انجام شده است. نتایج ارزیابی آثار به روش رهیافت تجزیه و تحلیل سیستمی با در نظر گرفتن پارامترهایی از جمله سطح کشت، رشد جمعیت، میزان بارندگی، دبی ورودی، سطح تراز آب دریاچه نشان داد که در بازه اول آثار سدسازی پایین بوده و این عوامل طبیعی بوده‌اند که آثار زیادی بر تغییرات آب دریاچه داشته‌اند و اما در بازه دوم و به خصوص بازه سوم شدت آثار احداث سدها بر تغییرات کاربری اراضی منطقه و سطح آب دریاچه بیشتر نمود پیدا کرده است.

کلید واژه‌ها: ارزیابی آثار، دریاچه ارومیه، سدسازی، سنجش از دور، تغییرات کاربری

* نویسنده مسئول:
Email: Ajahani@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

سرآغاز

احداث سدها عمدتا به منظور تامین نیازهای اقتصادی صورت می‌گیرند (Khlifi et al., 2010). به دنبال آن سدها دارای آثار متعددی می‌باشند که در مطالعه‌ای جامع ۲۷ اثر آن تشخیص داده شده که به طورکلی در سه دسته آثار بیوفیزیکی، اقتصادی- اجتماعی و جغرافیای سیاسی قرار دارند (Brown et al., 2009). اما اثر سدسازی بر تغییرات کاربری اراضی که جزو آثار اقتصادی- اجتماعی به شمار می‌رود بسیار حایز اهمیت است. چنان که در تحقیقی آثار سدهای کوچک بر توسعه کشاورزی در ایالت پنجاب پاکستان نشان داد که در منطقه تغییرات الگوی کشت از محصولات گندم و علوفه به محصولات باغی رخ داده و همچنین شدت کشت و عملکرد محصول در منطقه افزایش پیدا کرده که نتیجه آن درآمد بیشتر کشاورزان در منطقه بوده است (Ashraf et al., 2007). در تحقیقی با استفاده از سنجش از دور آثار سدسازی بر تغییرات کاربری اراضی در پایین دست مطالعه شد که نشان داد سدها در بالادست تغییرات آن‌چنانی در محیط‌زیست و کاربری‌های موجود ایجاد نمی‌کنند ولی در پایین دست، سدها آثار بسزایی دارند (Duke et al., 2007). در پژوهشی دیگر به بررسی آثار بر روی تغییرات فضایی و زمانی کاربری اراضی اطراف سد منوان چین در سه بافر مختلف پرداخته شد. که دریافتند در بافر نزدیک سد شدت تغییرات بالا بوده و پیامد آن تغییر طبقات جنگل، آب و مرتع به سمت کاربری کشاورزی و شهری بوده است (Zhao et al., 2010). در مطالعه دیگر آثار مستقیم سدها بر پوشش گیاهی در مناطق بالا و پایین دست سد، نشان داد که این آثار موجب تغییر ناگهانی در نوع پوشش گیاهی می‌شوند و سبب ایجاد زیستگاه‌هایی با تشکل‌های محیط‌زیستی و زیستی جدید می‌شوند (Bombino et al., 2006). در پژوهشی که از داده‌های سنجش از دوری همراه با سیستم اطلاعات جغرافیایی برای پایش تغییرات پوشش گیاهی در زون‌های مختلف ارتفاعی برای سه سد گورج در چین استفاده شد. دریافتند که افزایش سطح آب ناشی از سد آثار منفی بر روی پوشش گیاهی در ارتفاعات پایین نسبت به ارتفاعات بالا در منطقه داشته است (Kellogg et al., 2014). طی تحقیقی در منطقه مشخصی از یونان و جمهوری چک آثار سدسازی بر تغییرات ساختار چشم‌انداز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد فعالیت‌های انسانی به طور قابل توجهی در اطراف مخزن سد افزایش و مقادیر انواع پوشش طبیعی در اطراف سد به شدت کاهش پیدا کرده است و پیامد آن کاهش منافع و ثبات محیط‌زیستی در منطقه بوده است (Keken et al., 2015).

به دلیل رشد سریع جمعیت و افزایش نیاز آبی اعم از مصارف شرب، صنعت و کشاورزی، برنامه‌ریزی مناسب در راستای استفاده بهینه از منابع آبی، امری ضروری است (کمالی و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به این در حوضه دریاچه ارومیه به دلیل پتانسیل آب و خاک مناسب شرایطی فراهم شده که در جهت حفظ، بهبود و بهره‌برداری بهینه از این منابع با ارزش، سدسازی‌های متعددی در سطح حوضه صورت گرفته است. بدیهی است طراحی و اجرای این پروژه‌ها بدون در نظر گرفتن آثار محیط‌زیستی، مسایل و مشکلاتی را فراهم ساخته و بر شاخص‌های کمی و کیفی و پسروی آب دریاچه اثر گذاشته است (رسولی و همکاران، ۱۳۸۵). هم‌چنان که روند نزولی تراز آن طی سال‌های اخیر نگرانی‌های جدی را به دنبال داشته است. در مورد علل غالب این تغییرات، دلایل متفاوتی مانند توسعه اراضی کشاورزی، برداشت‌های بیشتر از جریان رودخانه در پایین‌دست و همچنین تغییرات اقلیمی بیان شده است (فتحیان و همکاران، ۱۳۹۱). در جای دیگر این عوامل به همراه تغییر کاربری اراضی و احداث سدها از دلایل این مشکلات شناخته شده‌اند (اصغری زمانی، ۱۳۸۹). در نهایت تمامی عوامل اثرگذار در تغییرات سطح آب دریاچه در دو دسته عوامل انسانی و طبیعی قرار می‌گیرند. از آن‌جایی که به نظر می‌آید مهم‌ترین عامل تاثیرگذار در این تغییرات عوامل انسانی مثل احداث سد و توسعه سطح کشت باشد بدین منظور در این پژوهش سعی شده که رابطه آثار سدسازی با تغییرات کاربری منطقه به خصوص سطح آب دریاچه ارومیه در دوره‌های زمانی مختلف بررسی شود.

مواد و روش‌ها

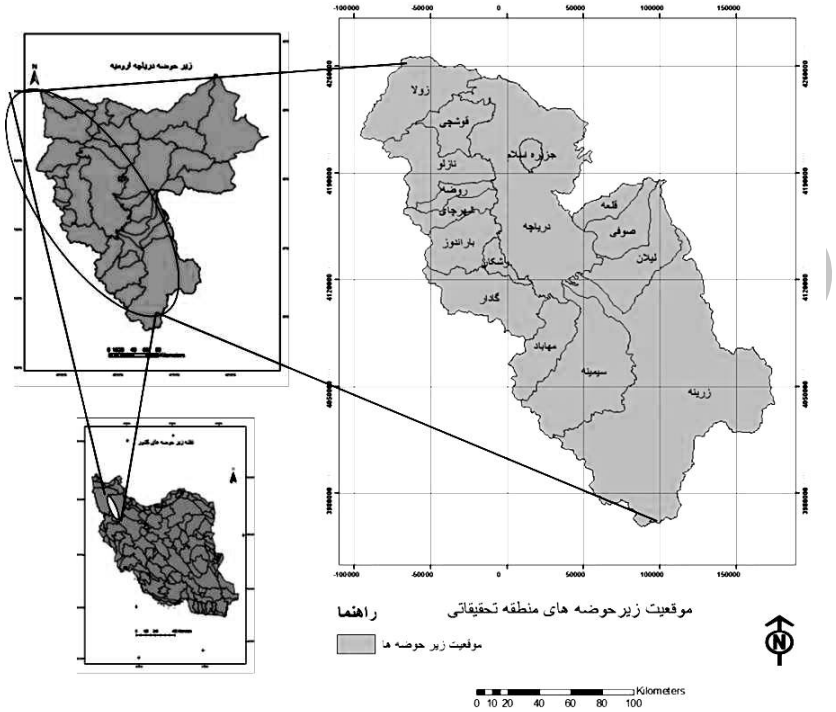
منطقه مورد مطالعه

منطقه تحقیقاتی (زیرحوضه‌های غرب و جنوب دریاچه ارومیه) با مختصات ۱۳ ^{o}۴۴ تا ´۲۲ ^{o}۴۷ طول شرقی و ´۵۸ ^{o}۳۵ تا ´۲۳ ^{o}۳۸ عرض شمالی، بین سه استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان واقع شده است و بخشی از حوضه دریاچه ارومیه را تشکیل می‌دهد شکل (۱). منطقه مورد مطالعه دارای مساحتی برابر ۳۵۰۷۴۸۱ هکتار است. متوسط بارندگی در منطقه

Archive of SID

www.SID.ir

برابر ۳۴۰ میلی‌متر می‌باشد و اکثر قسمت‌های حوضه در ارتفاع بیش از ۱۲۸۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارند. در منطقه تحقیقاتی دریاچه ارومیه قرار دارد که مساحت این دریاچه در ارتفاع ۱۲۷۶ متر از سطح دریای آزاد برابر ۵۷۵۰ کیلومتر مربع بوده و از نظر وسعت در رده بیستم دریاچه‌های جهان و دومین دریاچه فوق اشباع نمک در دنیا به حساب می‌آید.



شکل (۱) موقعیت منطقه مطالعاتی نسبت به زیرحوضه‌های کل کشور و زیرحوضه دریاچه ارومیه

روش پژوهش

با توجه به موضوع مطالعه و استفاده از روش رهیافت تجزیه و تحلیل سیستمی در ارزیابی آثار سدسازی در ابتدا لازم است که عوامل اثرگذار بر تغییرات منطقه از جمله رشد جمعیت، بارندگی، میزان حجم آب ورودی به دریاچه، سطح تراز آب دریاچه به همراه عوامل اصلی از جمله آمار سدهای منطقه و وضعیت توسعه سطح کشت در بازه‌های مختلف بررسی شود. سپس برای تعیین مقطع‌های زمانی جهت تهیه تصویرهای ماهوارهای از پارامترهای موثر در تغییرات منطقه از جمله رودخانه، تعداد سد و حجم آب قابل تنظیم سدها استفاده شد. با توجه به این، چهار مقطع زمانی برای تهیه داده‌های ماهواره لندست از سنجنده MSS، TM و OLI مشخص شد و در مجموع ۳۸ سین از تصویر ماهوارهای مورد استفاده قرار گرفت. این تصویرهای طی مراحل زیر نقشه کاربری اراضی پوشش زمین آن تهیه شد.

مرحله پیش‌پرداخت

در این فـاز قبل از هر عملـی به دلیل استفـاده از سنجنده‌هـــای مختلف تمامی تصویرهای تهیه شده مورد همسان‌سازی رادیومتری و هندسی قرار گرفتند. به دلیل ناهمواری منطقه این تصویرهای با الگوریتم Atcor3 مورد تصحیح رادیومتریک قرار گرفت و اما تصحیح هندسی آن بعد از موزاییک کردن تصویرهای با دقت ۰/۳۵به انجام رسید برای سایر تصویرهای نیز تصحیح هندسی به صورت تصویر به تصویر انجام شد. البته تصحیح هندسی با استفاده از نقاط کنترل زمینی که با دستگاه GPS از منطقه برداشت شده بود انجام گرفت. با توجه به این که نتایج قابل قبول برای تصحیح هندسی حداقل باید دارای خطای کمتر از یک پیکسل باشد (Rozenstein & Karnieli, 2011) نتایج مطلوبی می‌باشد.

مرحله پرداخت

بعد از مرحله پیش پردازش از تکنیک‌های بهبود وضوح تصویر از جمله ترکیب رنگی کاذب و تجزیه‌وتحلیل مولفه‌های اصلی استفاده شد. از میان ترکیب‌های رنگی باندهای ۲، ۳ و ۴ دارای بهترین وضوح برای تفسیر بود. اما روش تجزیه و تحلیل

Archive of SID
www.SID.ir

مولفه‌های اصلی که یک روش آماری برای استخراج داده‌های اصلی است (علوی پناه، ۱۳۸۵) برای بهبود کنتراست تصویر در عمل طبقه‌بندی به خصوص برای جداسازی مراتع مرغوب از زمین‌های کشاورزی آبی مورد استفاده قرار گرفت. در فاز بعدی عمل طبقه‌بندی به روش ترکیبی صورت گرفت زیرا برای مناطق دارای تنوع بالای بازتابشی پدیده‌ها روش مناسبی است. البته از شاخص پوشش گیاهی (NDVI) نیز برای طبقه‌بندی منطقه استفاده شد. برای این که شاخصی رایج، ساده و همچنین نتایج مطلوبی را در پی دارد (گودرزی و همکاران، ۱۳۸۵). در طبقه‌بندی به روش ترکیبی ابتدا طبقه‌بندی به صورت نظارت نشده و سپس طبقه‌بندی نظارت شده به انجام رسید به دلیل این که دارای نتایج قابل قبولی می‌باشد (مخدوم و همکاران، ۱۳۹۰؛ Mailhe et al,. 2015؛ Hegazy & Kaloop, 2015).

پس‌پرداخت

در این مرحله تعداد و نوع طبقات آن با توجه به هدف مطالعه برای هر چهار مقطع مشخص شد و سایر طبقات ادغام شدند. این طبقات شامل کشاورزی آبی، آب، مرتع، انسان ساخت، نمک‌زار و بدون پوشش می‌باشد و نقشه خروجی برای سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۶۸، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۳ تهیه شد. بعد از طبقه‌بندی تصویرهای ارزیابی صحت بر روی چهار نقشه تهیه شده انجام شد و برای بیان دقت از ضریب کاپا استفاده شد به دلیل این که روش مناسبی برای تعیین میزان صحت نقشه طبقه‌بندی شده به حساب می‌آید (Rozenstein & Karnieli, 2011). برای تمامی مقاطع زمانی این ضریب بالاتر از ۰/۸ بدست آمد که طبق مطالعاتی (علوی پناه، ۱۳۸۵) دارای دقت قابل قبولی می‌باشد.

بعد از این که نتایج قابل قبول از ارزیابی صحت نقشه‌های تهیه شده بدست آمد به آشکارسازی تغییرات کابری اراضی/ پوشش زمین در سه بازه مختلف با استفاده از ابزار Cross tab پرداخته شد. برای این که شناسایی تغییرات رخ داده در سطح هر یک از طبقات طی دوره‌های مختلف بسیار مفیدند (Hegazy & Kaloopy, 2015).

ارزیابی آثار

در این مرحله بعد از تهیه نقشه کاربری اراضی/ پوشش زمین برای هر چهار مقطع زمانی، کلیه نتایج به دست آمده از تغییرات رشد جمعیت، بارندگی، دبی ورودی به دریاچه، توسعه سطح کشت و وضعیت احداث سدها در هر مقطع زمانی به روش تجزیه و تحلیل سیستمی جهت ارزیابی آثار سدسازی استفاده شد. بدین‌صورت که میزان آثار سدسازی در تمامی دوره‌های مطالعاتی با در نظر گرفتن سایر پارامترهای درون سیستمی و برون سیستمی بر میزان تغییرات منطقه و سطح آب دریاچه مورد بررسی قرار گرفت. در واقع طبق روش (مخدوم و خراسانی، ۱۳۶۳) میزان آثار سدها بر تغییرات منطقه و سطح آب دریاچه در سه دوره زمانی با تغییرات پایین منطقه (۱۳۵۴– ۱۳۶۸)، تغییرات متوسط (۱۳۶۸–۱۳۸۵) و تغییرات بالا (۱۳۸۵–۱۳۹۳) مورد مطالعه قرار گرفت. بنابراین، با توجه به ماهیت روش رهیافت تجزیه و تحلیل سیستمی در ارزیابی آثار محیطزیستی تلاش شد تا تحلیلی جامع از علل و عوامل آثار عمده محیطزیستی ناشی از سدسازی در منطقه ارایه شود.

یافته‌ها

با توجه به ماهیت این پژوهش بیان نتایج در سه بخش ارایه می‌شود. در ابتدا به نتایج حاصل از وضعیت سدسازی در منطقه و به تعیین مقطع‌های زمانی اشاره خواهد شد. سپس نتایج به‌دست آمده از تغییرات کاربری اراضی و آشکارسازی تغییرات در سه دوره زمانی بیان می‌شود و در مرحله آخر سایر اطلاعات در رابطه با عوامل اثرگذار دیگر بر تغییرات منطقه پرداخته خواهد شد.

تعیین مقطع‌های زمانی و بیان وضعیت سدسازی طی دوره‌های مختلف

تعیین مقطع‌های زمانی

با توجه به هدف مطالعه برای تعیین مقطع‌های زمانی جهت تهیه تصویرهای ماهواره‌ای از پارامترهای اثرگذار در تغییرات و کنترل آب منطقه از جمله توزیع سدها در سطح منطقه، رودخانه و حجم آب قابل تنظیم استفاده شد که با توجه به این عوامل چهار مقطع زمانی ۱۳۵۴، ۱۳۶۸، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۳ جهت تهیه تصویرهای ماهواره‌ای مشخص شد. البته هدف اصلی در تعیین اولین مقطع زمانی تهیه داده‌های ماهواره‌ای قبل از سدسازی در منطقه می‌باشد این اطلاعات در جدول (۱) آمده است.

بیان وضعیت سدسازی

تا سال ۱۳۹۳ در سطح منطقه، ۱۸ سد با مجموع آب قابل تنظیم ۱۹۳۵ میلیون متر مکعب به مرحله بهره‌برداری رسیدند. ۴ سد آن با حجم آب قابل تنظیم ۸۰۶ میلیون متر مکعب قبل از سال ۱۳۶۸ ساخته شدند و در بازه دوم ۶ سد دیگر با بالاترین حجم

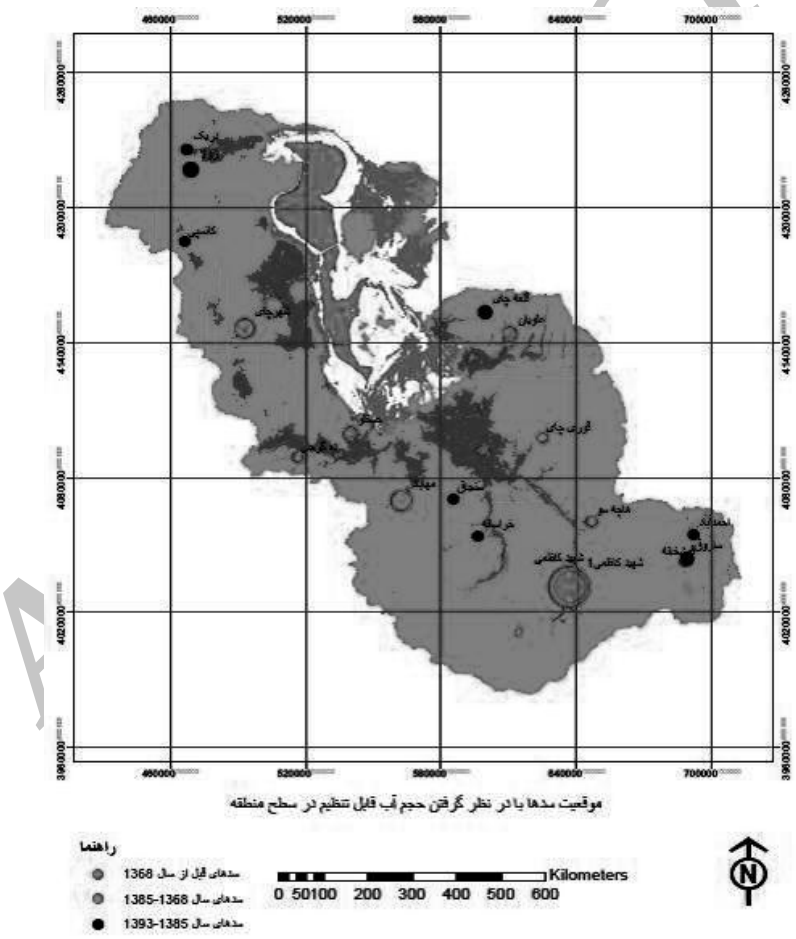
Archive of SID

www.SID.ir

آب قابل تنظیم نسبت به سایر دوره‌ها به مرحله بهره‌برداری رسیدند. اما در بازه سوم بالاترین تعداد سد ساخته شده وجود دارد که در مجموع با این فعالیت انسانی تا حدود ۷۵ درصد آب‌های سطحی منطقه بوسیله سدها کنترل شدند. سایر اطلاعات و آمار این سدها با در نظر گرفتن حجم آب قابل تنظیم در شکل (۲) و جدول (۱) آمده است.

جدول (۱): بیان وضعیت احداث سد طی بازه‌های مختلف

ردیف	بازه	تعداد سال	تعداد سد	حجم (میلیون متر مکعب)	رودخانه
۱	اول (۱۳۵۴-۱۳۶۸)	۱۴	۴	۸۰۶/۷۵	رودخانه مهاباد، زرینه رود
۲	دوم (۱۳۶۸-۱۳۸۵)	۱۷	۶	۸۴۲/۳۴	صوفی چای، گادار چای، شهرچای، زرینه رود
۳	سوم (۱۳۸۵-۱۳۹۳)	۸	۸	۲۸۴/۵۸	قلعه چای، ساروق گوگردچی، زولا چای
مجموع	۳	۳۹	۱۸	۱۹۳۳/۶۷	۹



شکل(۲) موقعیت سدهای منطقه مطالعاتی با توجه به حجم آب قابل تنظیم در سه دوره مختلف

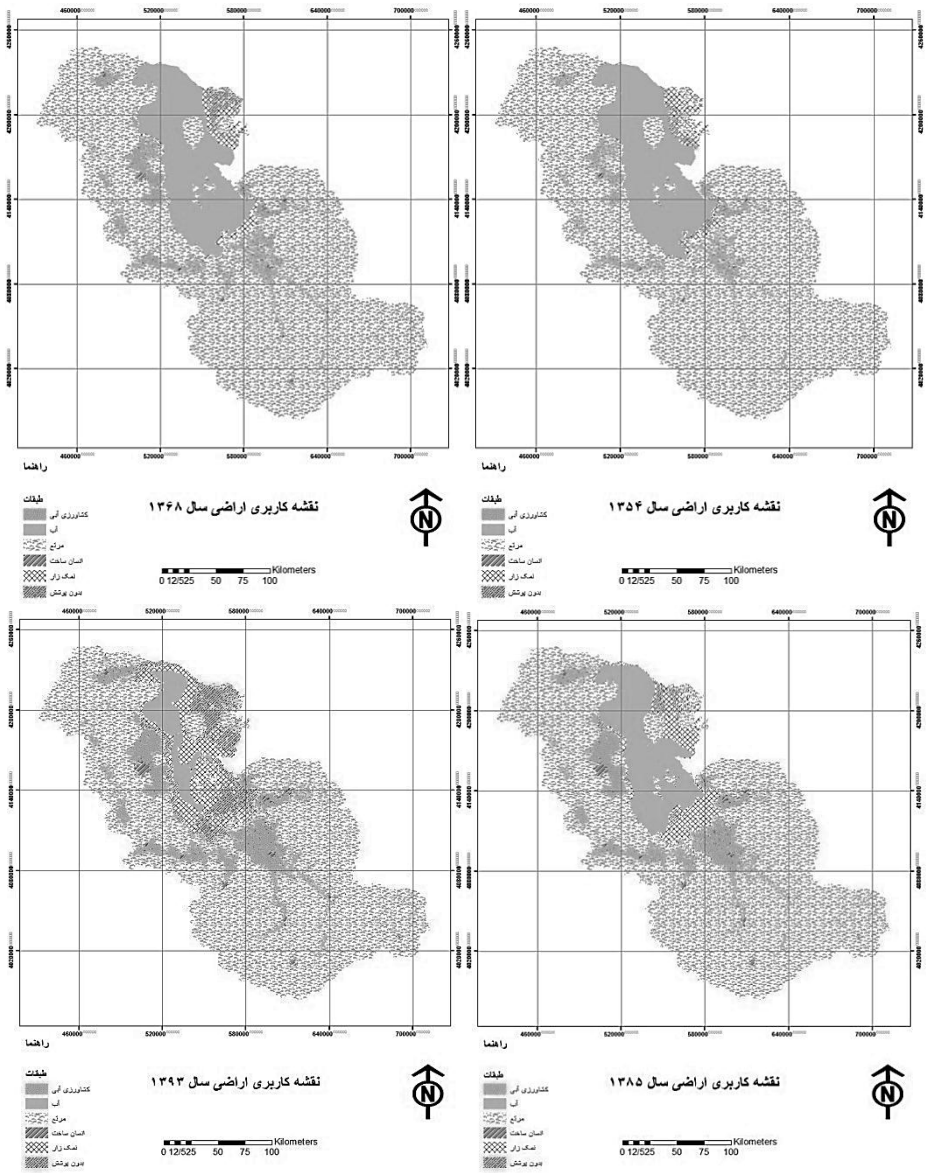
بیان وضعیت کاربری اراضی/پوشش زمین

تغییرات کاربری اراضی/پوشش زمین طی دوره‌های مختلف

در سطح کاربری/ پوشش اراضی طی دوره مطالعاتی تغییرات بسیاری رخ داده است. هم‌چنان که در شکل (۳) مشخص است در تمامی نقشه‌ها کاربری مرتع بیشترین سطح از منطقه را پوشش داده است با این که این طبقه طی دوره مطالعاتی در هر بازه مساحت آن نسبت به بازه قبل کاهش پیدا کرده است. در این

www.SID.ir

شکل پیداست که طبقه آب بعد از مرتع بالاترین سطح از منطقه را در سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۶۸ و ۱۳۸۵ داشته است اما مساحت آن در سال ۱۳۹۳ به کمترین مقدار خود طی دوره مطالعاتی رسیده است. در این سال کاربری کشاورزی آبی بوده که بعد از مرتع بیشترین سطح از منطقه را در برگرفته است. پر واضح است با توجه به این تصویرها طی دوره مطالعاتی در پی کاهش سطح آب دریاچه بر سطح طبقه نمک‌زار و کشاورزی آبی به شدت افزوده شده است.



شکل (۳) نقشه کاربری اراضی / پوشش زمین در منطقه مطالعاتی

بررسی جدول (۲) نشان می‌دهد که در تمامی مقطع‌های زمانی کاربری انسان ساخت کمترین درصد از سطح منطقه مطالعاتی را تشکیل می‌دهد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در طی تمامی دوره‌ها به طورکلی طبقات آب و مرتع با کاهش سطح روبه‌رو بودند اما این طبقه آب بوده که بیشترین نرخ رشد کاهشی را داشته است به طوری که مساحت آن نسبت به سال ۱۳۵۴ به ۰/۲۸ رسیده است. سایر طبقات در تمامی دوره‌های زمانی افزایش سطح را داشتند به طوری که در طی دوره اول کاربری کشاورزی آبی، بالاترین نرخ رشد افزایشی را داشته و مساحت آن در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۵۴ به ۲/۴ برابر رسیده است. در دوره دوم طبقه نمک‌زار و در دوره سوم طبقه بدون پوشش بوده که بالاترین نرخ رشد افزایشی را داشته‌اند.

www.SID.ir

جدول (۲): بیان وضعیت کاربری/پوشش اراضی طی دوره مطالعاتی

سال / کاربری اراضی	۱۳۵۴		۱۳۶۸			۱۳۸			۱۳۹۳		
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	نرخ رشد	هکتار	درصد	نرخ رشد	هکتار	درصد	نرخ رشد
کشاورزی آبی	۱۶۳۸۶۱	۴/۷	۲۴۵۹۵۷	۷	۵۸۶۴	۳۳۴۸۵۳	۹/۶	۵۲۲۹	۳۹۰۸۵۲	۱۱/۲	۶۹۹۹
آب	۵۷۰۶۴۱	۱۶/۳	۵۵۰۰۴۰	۱۵/۷	-۱۴۷۱	۴۳۳۰۷۱	۱۲/۳	-۶۸۸۱	۱۶۴۱۵۴	۴/۶	-۳۳۶۱۵
مرتع	۲۶۶۵۷۷۷	۷۶	۲۵۸۰۴۲۵	۷۳/۶	-۶۰۹۶	۲۴۸۸۷۲۵	۷۱	-۵۳۹۴	۲۴۲۹۸۱۰	۶۹/۳	-۷۳۶۴
انسان‌ساخت	۶۸۱۶	۰/۲	۱۱۷۲۰	۰/۳	۳۵۰	۲۲۲۲۲	۰/۶	۶۱۸	۲۶۰۰۴	۰/۷	۴۷۳
نمک‌زار	۷۰۵۰۴	۱/۹	۷۱۰۲۸	۲	۳۷	۱۶۴۱۱۳	۴/۷	۵۴۷۶	۲۴۴۱۸۲	۷	۱۰۰۰۹
بدون پوشش	۲۹۸۸۲	۰/۹	۴۸۳۱۱	۱/۴	۱۳۱۶	۶۴۴۹۷	۱/۸	۹۵۲	۲۵۲۴۷۹	۷/۲	۲۳۴۹۸
مجموع	۳۵۰۷۴۸۱	۱۰۰	۳۵۰۷۴۸۱	۱۰۰	۰	۳۵۰۷۴۸۱	۱۰۰	۰	۳۵۰۷۴۸۱	۱۰۰	۰

آشکارسازی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی طی دوره‌های مختلف

پایش تغییرات کاربری‌ها نشان می‌دهد که در طی دوره‌های مختلف کاربری مورد نظر به چه کاربری تبدیل شده است درواقع می‌توان به صورت جزیی تغییرات را در سطح اکوسیستم منطقه بررسی کرد هم‌چنان که شکل (۴) برای دوره‌های مختلف میزان سطح تغییرات تمامی طبقات را نشان می‌دهد. برای مثال در طی دوره اول ۶/۷ درصد از کل منطقه مطالعاتی دست‌خوش تغییرات شده است و بیشترین تغییر افزایشی با ۱۰۶ هزار هکتار مربوط به طبقه کشاورزی آبی بوده است. در دوره دوم میزان تغییرات در سطح منطقه به ۹/۱ درصد رسیده است که در این میان طبقه نمک‌زار با حدود ۱۱۳ هزار هکتار بالاترین افزایش ناخالص را داشته و از طرف دیگر طبقه مرتع با ۱۳۳ هزار هکتار بالاترین کاهش ناخالص مساحت را در این دوره داشته است. اما در دوره سوم بالاترین میزان تغییرات در سطح اکوسیستم منطقه نسبت به سایر دوره‌ها رخ داده است که برابر ۱۴/۶ درصد از کل منطقه می‌باشد. در این میان طبقه آب با ۲۷۱ هزار هکتار تغییرات ناخالص کاهشی بیشترین کاهش سطح را داشته و طبقه نمک‌زار و بدون پوشش در این دوره به ترتیب بالاترین افزایش ناخالص سطح را داشته‌اند.

البته نتایج تغییرات خالص کاربری‌ها نشان می‌دهد که در تمامی دوره‌ها طبقه مرتع بیشترین تبدیل به کاربری کشاورزی آبی را داشته است. اما بیشترین میزان تبدیل طبقه مرتع به کشاورزی آبی در دوره دوم رخ داده است. از طرف دیگر در تمامی دوره‌ها بالاترین تبدیل سطح از طبقه آب، به مناطق نمک‌زار و بدون پوشش صورت گرفته است اما در دوره سوم بیشترین حالت را داشته است. در تمامی دوره‌ها معمولا سایر طبقات به طبقه انسان‌ساخت تبدیل شده‌اند اما بیشترین تبدیل از طبقه مرتع و سپس کاربری کشاورزی آبی بوده است.

بیان وضعیت سایر عوامل اثرگذار در تغییرات

در روش تجزیه‌وتحلیل سیستمی جهت ارزیابی آثار سدها از عوامل اثر گذار دیگر از جمله جمعیت، بارندگی و متغیرهایی مانند سطح تراز آب دریاچه و میزان حجم آب ورودی به دریاچه برای تعیین این آثار به کار گرفته شد. در طی دوره مطالعاتی جمعیت در سطح منطقه رشد چشم‌گیری داشته است از طرف دیگر حجم آب ورودی، سطح تراز آب دریاچه و بارندگی در بازه آخر به شدت کاهش پیدا کرده است. سایراطلاعات مربوط به جمعیت منطقه طی دوره‌های مختلف مطالعاتی به همراه آمار و ارقام مربوط به عوامل دیگر در جدول های (۳ و ۴) آورده شده است.

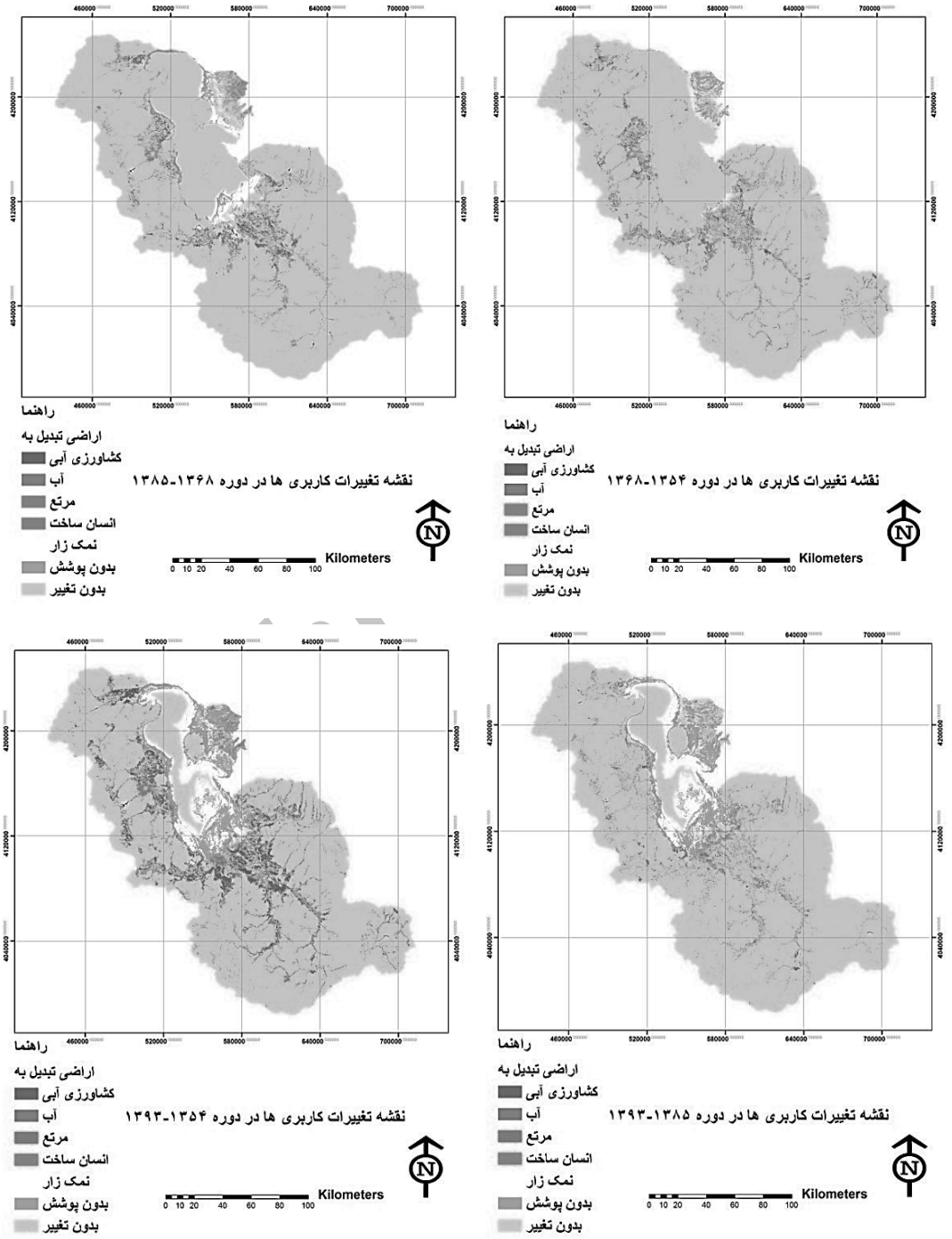
بحث و نتیجه‌گیری

در بسیاری از مطالعات داخلی و خارجی آثار سدسازی به طور مستقیم در مناطق بالا و پایین‌دست سد بر روی تغییرات ایجاد شده در عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی انجام شده است. در بسیاری دیگر از مطالعات خارجی نیز فقط به بررسی تغییرات در سطح کاربری‌های منطقه اطراف سد در طول زمان پرداخته شده است. اما در پژوهش حاضر برای

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی آثار سدسازی در منطقه به خصوص سطح آب دریاچه ارومیه از عوامل اثرگذار مهم دیگر از جمله جمعیت منطقه، میزان بارندگی، حجم آب ورودی به دریاچه، سطح تراز آب دریاچه و تغییرات کاربری اراضی منطقه با استفـاده از روش تجزیه‌وتحلیل سیستمی استفاده شد. در این روش ارزیابی آثار سدسازی با در نظر گرفتن این عوامل اثرگذار بر تغییرات منطقه طی سه دوره مختلف: دوره اول اکوسیستم دست‌نخورده، دوره دوم نسبتا دست‌خورده و دوره سوم اکوسیستم شدیدا دست خورده انجام شد که بررسی آن طی دوره‌های مختلف به صورت زیر می‌باشد.



شکل (۴) میزان تغییرات ناخالص افزایشی کاربری اراضی/ پوشش زمین در منطقه

www.SID.ir

جدول (۳): مشخصات سایر عوامل اثرگذار بر تغییرات به همراه عوامل تحلیلی موثر

دوره	سایر عوامل اثرگذار به‌همراه عوامل تحلیلی	مقدار در سال مورد نظر	میانگین دوره	درصد تغییرات دوره
۱۳۵۴-۱۳۴۴	بارندگی (میلی‌متر)	۲۰۰	۳۱۹/۵	-
	حجم آب ورودی (میلیون مترمکعب)	۵۸۰۰	۵۴۵۴	-
	سطح تراز آب دریاچه (متر)	۱۲۷۷	۱۲۷۶/۲	-
۱۳۶۸-۱۳۵۴	بارندگی (میلی‌متر)	۲۶۰	۳۳۵	۵
	حجم آب ورودی (میلیون مترمکعب)	۲۹۰۰	۴۵۲۷	-۱۷
	سطح تراز آب دریاچه (متر)	۱۲۷۶/۳	۱۲۷۶/۵	۰/۰۲
۱۳۸۵-۱۳۶۸	بارندگی (میلی‌متر)	۴۱۰	۳۱۰/۳	-۷
	حجم آب ورودی (میلیون مترمکعب)	۲۰۰۰	۳۲۴۱/۲	-۲۸
	سطح تراز آب دریاچه (متر)	۱۲۷۳/۳	۱۲۷۵/۹	-۰/۰۵
۱۳۹۳-۱۳۸۵	بارندگی (میلی‌متر)	۳۵۵	۲۹۷	-۴/۳
	حجم آب ورودی (میلیون مترمکعب)	۱۲۰۰	۲۶۰۰	-۱۹/۸
	سطح تراز آب دریاچه (متر)	۱۲۷۰/۵	۱۲۷۱/۲	-۰/۳۷

جدول (۴): مشخصات جمعیت حوضه آبخیز در طی دوره مطالعاتی

سال	جمعیت	نرخ رشد دوره
۱۳۵۵	۲۶۶۴۰۶۹	
۱۳۶۸	۳۴۹۹۸۱۹	۱/۳
۱۳۸۵	۴۹۱۳۵۵۳	۱/۴
۱۳۹۰	۵۹۰۰۹۱۲	۱/۲

ارزیابی آثار سدها در دوره اول (قبل از سال ۱۳۶۸)

در این دوره آثار سدسازی با در نظر گرفتن سایر عوامل تاثیرگذار بر تغییرات اکوسیستم منطقه بررسی شد که نشان داد به طور کلی منطقه تا سال ۱۳۶۸ تغییرات بسیار ناچیزی در سطح آن رخ داده است این را می‌توان از نقشه‌های کاربری/ پوشش اراضی زمین در سال ۱۳۵۴ و ۱۳۶۸ نیز به خوبی مشاهده کرد. این تغییرات کم به خصوص در سطح آب دریاچه که تاثیرپذیرترین طبقه نسبت به فعالیت‌های انسانی می‌باشد قابل مشاهده است و این بیانگر میزان مصرف اندک آب نسبت به کل آب ورودی به دریاچه می‌باشد. هم‌چنان که میزان حجم آب ورودی به دریاچه بالاتر از میانگین ۴۰ سال اخیر بوده است. با این وجود می‌توان نتیجه گرفت که تا سال ۱۳۵۴ آثار درون سیستمی بر تغییرات منطقه بسیار پایین بوده و تغییرات در سطح آب دریاچه بیشتر تحت تاثیر عوامل برون‌سیستمی بوده است.

تا سال ۱۳۶۸، ۴ سد با حجم آب قابل تنظیم ۸۰۷ میلیون متر مکعب ساخته شده‌اند اما به دلیل جمعیت پایین منطقه و شرایط آب وهوایی مناسب تاثیر آن‌چنانی بر توسعه سطح کشت منطقه نداشته است. بعد از سال ۱۳۵۴ این آثار نسبتا افزایش پیدا کرده به نوعی که می‌توان شروع تاثیر عوامل درون‌سیستمی مثل سدسازی و توسعه سطح کشت را در این دوره مشاهده کرد. به‌طوری که این عوامل به همراه عوامل برون‌سیستمی منجر به پسروی هر چند اندک آب دریاچه تا این مقطع شده است. افزایش جمعیت منجر به توسعه سطح کشت در تمامی زیرحوضه‌های منطقه شده است. در واقع تا این زمان مهم‌ترین عامل موثر در تغییرات منطقه عوامل درون‌سیستمی بوده و در مراحل بعد، جمعیت است که نقش موثری در افزایش تغییرات سطح منطقه داشته است و نقش سدسازی در این تغییرات پایین بوده است. البته میزان این تغییرات به گونه‌ای بوده که اکوسیستم توانسته با توان برگشت‌پذیری، حالت تعادل را در سطح اکوسیستم حفظ نماید.

ارزیابی آثار سدسازی در دوره دوم (۱۳۸۵-۱۳۶۸)

در این دوره تغییرات بسیاری در سطح اکوسیستم منطقه رخ داده است. زمانی که متغیرهای اثرگذار بر تغییرات در سطح منطقه، رشد پیدا می‌کنند در پی آن تغییرات در اکوسیستم منطقه نیز بالا

Archive of SID

www.SID.ir

رفته و پیامد آن ناپایداری شرایط محیط‌زیستی منطقه خواهد بود. برای مثال رشد جمعیت در طی این دوره به دلیل ثبات منطقه بسیار بالا بوده به صورتی که جمعیت در سال ۱۳۸۵ بالغ بر ۱/۴ برابر اندازه جمعیت در سال ۱۳۶۸ رسیده است. این افزایش جمعیت منجر به یک‌سری فعالیت‌های انسانی برای تامین نیاز جامعه در سطح منطقه شده است. از جمله این فعالیت‌ها می‌توان به سدسازی‌های صورت گرفته در سطح منطقه اشاره کرد که در این دوره بلند مدت ۶ سد دیگر با مجموع حجم آب قابل تنظیم ۸۴۲ میلیون مترمکعب به بهره‌برداری رسیدند. مهم‌ترین این‌ها، سد شهرچای و افزایش ارتفاع سد شهید کاظمی بوکان می‌باشد که به همراه آثار تجمعی سدهای ساخته شده در دوره قبل با تامین آب در سطح اکوسیستم منطقه منجر به افزایش سطح کشاورزی آبی به ۱/۳۵ برابر دوره قبل و همچنین تغییر الگوی کشت در منطقه شده به طوری که بالاترین افزایش کاربری کشاورزی آبی در این دوره رخ داده است. این عوامل منجر به کاهش حجم آب ورودی دریاچه به کمتر از میانگین ۴۰ سال اخیر شده و به دنبال آن سطح تراز آب دریاچه نیز پایین‌تر از سطح اکولوژیک خود رسیده است. این درحالی است که میانگین بارندگی در این دوره برابر دوره قبل بوده و همچنین با میانگین دوره ۴۰ ساله تقریبا برابر است. در نتیجه این عوامل منجر شده که مساحت دریاچه به شدت کاهش پیدا کند و سطح آن به ۰/۷۸ مقدار آن در سال ۱۳۶۸ برسد.

بنابراین با این شرایط می‌توان نتیجه گرفت که در این دوره تغییرات در سطح منطقه و دریاچه عمدتا تحت تاثیر عوامل برون‌سیستمی به خصوص سدسازی بوده است بدین صورت که رشد جمعیت منجر به افزایش سدسازی شده و این نیز به نوبه خود بر افزایش سطح کشاورزی آبی منطقه و تغییر الگوی کشت اثر گذاشته و در آخر با کاهش دبی ورودی به دریاچه منجر به پسروی آب دریاچه شده است.

ارزیابی آثار سدسازی در دوره سوم (۱۳۸۵-۱۳۹۳)

در طی این دوره کوتاه مدت بیشترین تغییرات نسبت به سایر دوره‌ها صورت گرفته است. به طوری که نرخ تغییرات سالیانه در سطح منطقه بالاترین مقدار را داشته است. این به خوبی بیانگر افزایش رشد فعالیت‌های انسانی در منطقه بوده و پیامد آن تغییرات بسیار وسیعی است که در سطح اکوسیستم منطقه ایجاد شده است. البته شرایط آب‌وهوایی و اقلیمی به دلیل کاهش بارندگی نسبت به بازه‌های قبل (۲۹۷ میلی‌متر) در شدت این تغییرات موثر بوده است اما طبق مطالعاتی، که شرایط دریاچه ارومیه با دریاچه وان مقایسه شده است نمی‌تواند عامل اصلی این تغییرات باشد (جامعه مهندسان مشاور ایران، ۱۳۹۰).

این به‌خوبی بیانگر اثرگذاری عوامل دیگر از جمله تاسیسات آبی، افزایش جمعیت و برداشت آب در اثر افزایش سطح کشت بوده است. برای مثال جمعیت منطقه نسبت به سال ۱۳۵۴ به ۲/۲ برابر رسیده است طبیعتا این افزایش جمعیت سبب ازدیاد فعالیت‌های انسانی در سطح منطقه شده است. البته فعالیت‌های کشاورزی که شغل عمده مردم منطقه است به همراه بالا رفتن سطح زندگی این تغییرات را تشدید کرده است.

در این دوره ۸ سد با مجموع آب قابل تنظیم ۲۸۵ میلیون متر مکعب در منطقه احداث شده‌اند. در مجموع تا این مقطع زمانی ۱۸ سد با مجموع آب قابل تنظیم ۱۹۳۴ میلیون متر مکعب در سطح منطقه ایجاد شده‌اند که این سدها کنترل آب را برای استفاده از پتانسیل منابع آب سطحی منطقه بالا برده است. به طوری که در این دوره بالاترین نرخ تغییرات سالیانه کاربری کشاورزی آبی رخ داده است و مساحت کشاورزی آبی به حدود ۳۹۱ هزار هکتار (۱/۱۸ برابر دوره قبل) رسیده است البته این تغییرات کشت در مناطق پایین‌دست سدها صورت گرفته است و در مناطق بالادست تغییراتی در آن رخ نداده است.

در نتیجه این عوامل منجر شده که میزان حجم آب ورودی به دریاچه به ۱۲۰۰ میلیون متر مکعب یعنی حدود ۳۵ درصد مقدار اکولوژیک آن برسد و پیامد آن رسیدن سطح تراز آب دریاچه به کمترین میزان طی دوره مطالعاتی می‌باشد. به طوری که سطح آب دریاچه به ۰/۲۸ آن در سال ۱۳۵۴ کاهش پیدا کرده است. با این شرایط، از بین عوامل برون‌سیستمی آثار تجمعی سدها با این میزان حجم آب کنترل شده(حدود ۷۵ درصد آب‌های سطحی) بیشترین آثار را در تغییرات منطقه داشته‌اند و میزان این آثار به گونه‌ای بوده که به شدیدترین حالت خود در طی دوره مطالعاتی رسیده است و سیستم قدرت برگشت‌پذیری خود را برای رسیدن به حالت تعادل کاملا از دست داده است.

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع

اصغری زمانی، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی تغییرات سطح دریاچه ارومیه به‌عنوان چالش عمیق زیست‌محیطی فرا روی منطقه شمال غرب ایران، فصل‌نامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی.

جامعه مهندسان مشاور ایران. ۱۳۹۰. ارزشیابی پایداری فرآیند توسعه و پیامدهای آن در دریاچه ارومیه.

رسولی، ع.ا.؛ عباسیان، ش. و جهان‌بخش، س.۱۳۸۵. پایش نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه با پردازش تصویرهای ماهواره‌ای چند سنجنده‌ای و چند زمانه‌ای. فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۷.

علوی‌پناه، ک. ۱۳۸۵. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران.

فتحیان، ف.؛ مرید، س. و ارشد، ص. ۱۳۹۱. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و ارتباط آن با روند جریان رودخانه (مطالعه موردی: زیر حوضه‌های شرق دریاچه ارومیه) .

کمالی، م.؛ خدادادی، ا. و کوچک‌زاده، م. ۱۳۸۶. اثر عوامل زیست‌محیطی در برنامه‌ریزی توسعه منابع آب مطالعه موردی سد مخزنی کلقان، مرجع مهندسی عمران.

گودرزی، م.؛ فرح‌پور، م. و موسوی، ع. ۱۳۸۵. استفاده از اطلاعات رقومی لندست TM در تهیه نقشه پوشش زمین و طبقه‌بندی وضعیت مرتع مطالعه موردی حوضه آبخیز نمرود، فصل‌نامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۳ شماره ۳، صفحه ۲۶۵-۲۷۵.

مخدوم، م.؛ درویش‌صفت، ع.؛ جعفرزاد، ه. و مخدوم، ع. ۱۳۹۰. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیطزیست با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، انتشارات دانشگاه تهران.

مخدوم، م. و خراسانی، نعمت الله. ۱۳۶۳. مقایسه آثار محیطزیستی برداشت چوب و تفرج در اکوسیستم‌های رسیده شمال. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه تهران.

Ashraf, M.; Kahlown, M. A. and Ashfaq, A. 2007. Impact of small dams on agriculture and groundwater development: A case study from Pakistan. Agriculture Water Management 92 (2007) 90- 98.

Bombino, G.; Tamburino, V. and Zimbone, S. M. 2006. Assessment of the effects of check dams on riparinvegetion in the Mediterranean environment.Ecological Engineering.27 (2006), 134-14

Brown, P.; Tullos. D.; Tilt, B.; Magee, D. and Wolf, A. 2009. Modling the costs and benefits of dam construction from a multisciplinary perspective. Journal of Environmental Management 90 (2009) 5303-5311

Duke, J. R.; White, J. D.; Prochnow, S. J.; Zygo, L.; Allen, P. M. and Muttiah, R. S. 2007. The use of remote sensing and modeling to detect small-dam influences on land use change along downstream riparian zones.EcohydrologyHydrobiology,Vol. 7, No 1, 23-35.

Hegazy, I. and Kaloop, M. 2015. Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. International Journal of Sustainable built Environment.

Khlifi, S.; Ameur, M.; Mtimet.; Ghazouani, N. and Belhadj, N. 2010. Impact of hill dams on agriculture development of hilly land in the Jendouba region of northwesten Tunisia, Agriculture Water Management 97 (2010) 50-56.

Keken, Z., Panagiotidis, D and Skalos. J. 2015. The influence of damming on landscape structure change in the vicinity of flooded areas: Case studies in Greece and the Czech Republic, Ecological Engineering 74 (2015) 448-457.

Archive of SID

www.SID.ir

Kellogg,C.and Zhou, X. 2014. Impact of the construction of a large dam on riparian vegetation cover at different elevation zone as observed from remotely sensed data.International journal of applied earth observation and Geoinformation 32 (2014) 19-34.

Rozenstein, O. and Karnieli, A. 2011. Comparison of methods for land-use classification incorporating remot sensing and GIS input. Applied Geography 31 (2011) 533- 544.

Mialhe, F.; Gunnell, Y.; Ignacio,F.; Anders, J. and Delbart, N. 2015. Monitoring land-use change by combining participatory land-use maps with standard remote sensing techniques: Showcase from a remote forest catchment on Mindanao, Philippines, International Journal of Applied Earth observation and Geoinformation, 36 (2015) 69-82.

Zhao, Q.; Liu, S. and Dong, S. 2010. Effect of Dam Construction on Spatia Temporal Change of Land Use: A Case Study of Manwan, Lancang River, Yunnan China. Procedia Environment Sciences 2 (2010), 852-858.

Archive of SID

www.SID.ir