مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۱۹۱-۱۷۵

بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و تغییرات کاربری اراضی (حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود)

مژگان میرزایی[۱]، عیسی سلگی[۲] * و عبدالرسول سلمان ماهینی[۳]

۱. دانشجوی دکترای محیطزیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه ملایر، ایران

۲. استادیار، گروه محیطزیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه ملایر، ایران

۴. دانشیار، گروه محیطزیست، دانشکدهٔ شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۷

چکیده

تأثیر تغییر کاربری اراضی در تغییرات کیفیت آب سطحی از جمله چالش‌های مهم در مبحث تأمین آب برای مصارف مختلف است. این مقاله با هدف بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر کیفیت آب رودخانهٔ زاینده رود انجام شده است. در این تحقیق، نخست تغییر سطح کاربری‌های موجود در حوضه در دو دورهٔ زمانی ۱۳۷۶ و ۱۳۹۴ با استفاده از سنجنده‌های ETM و TM ماهوارهٔ لندست بررسی شد. سپس تغییرات کیفیت آب رودخانه در دوره ای هجده ساله مطالعه شد. نتایج نشان داد افزایش فسفات، نیترات، EC، BOD، COD و TDS در آب رودخانه در طول دورهٔ مطالعه، سبب کاهش شدید کیفیت آب شده است. آزمون همبستگی پیرسون نشان داد بین اراضی کشاورزی با نیترات، فسفات و هدایت الکتریکی و بین شهر و هدایت الکتریکی همبستگی معناداری وجود دارد. آزمون من‌کندال نیز نشان داد روند تغییر اکثر متغیرها به‌صورت صعودی است. نتایج حاکی از کاهش کیفیت آب رودخانه به‌دنبال تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود به سمت کاهش اراضی مرتعی و جنگلی، آب‌ها و افزایش اراضی بایر، کشاورزی و شهرهاست. بنابراین، نیاز به اجرای برنامه‌های صحیح برای کنترل تغییرات کاربری زمین در حفظ تعادل اکولوژیکی منطقه وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: آب‌های سطحی، آزمون من کندال، تصاویر ماهواره‌ای، ضریب هم‌بستگی پیرسون، کاربری اراضی.

*نویسنده مسئول Email: e.solgi@yahoo.com, e.solgi@malayeru.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تغییر کاربری اراضی از جمله عوامل اکولوژیکی و اجتماعی -اقتصادی مؤثر در کاهش و تغییر کیفیت آب در آبخیزهای فرادست سدهای مخزنی یا رودخانه ها از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است (۷). اطلاع از کاربری اراضی برای بسیاری از فعالیت‌های طرح‌ریزی و مدیریتی عنصری اساسی در سیستم های طبیعی و حائز اهمیت است (۲۷). تغییرات کاربری زمین یکی از مهمترین معضلات جهانی است. تغییر الگوهای کاربری اراضی، عمدتاً فواید اقتصادی- اجتماعی زیادی دارد. با این حال، این فرایند آثار زیادی بر محیط‌زیست برجای می گذارد. از آثار مهم حاصل از تغییرات کاربری زمین می توان به تغییر شرایط هیدرولوژیکی، کاهش منابع آبی و کیفیت آن اشاره کرد (۱۵، ۲۱، ۲۸ و ۳۸). تغییرات کاربری زمین نمونه‌ای مهم از تأثیرگذاری انسان بر محیط است (۵ و ۳۲). آب یکی از گرانبهاترین منبع ملی یک کشور است. این ارزش اساساً از آن جهت است که منبعی تجدیدشونده است و منافع اقتصادی و اجتماعی حاصل از کاربری درست آن اهمیت بسیار زیادی دارد (۲). افزایش جمعیت، همراه با ضعف در برنامه‌ریزی برای بهره‌وری از زمین سبب شده است تا جنگل‌ها و مراتع تخریب یا به زمین زراعتی تبدیل شود. در نتیجه آب کمتری در بالادست رودخانه‌ها به زمین نفوذ و سریع تر به‌طرف دشت جریان پیدا می کند. به این ترتیب، سیل فراوان‌تر، شدیدتر و ناگهانی‌تر می شود و مردم بیشتری از سیل‌های شدیدتر آسیب می‌بینند (۳).

کاربری اراضی در مفهوم کلی آن به نوع استفاده از زمین در وضعیت موجود گفته می شود که در برگیرندهٔ تمامی کاربری در بخش های مختلف کشاورزی، منابع طبیعی و صنعت می شود (۱). کاربری اراضی یکی از متغیرهای مؤثر بر کیفیت آب های سطحی است (۱۲). تبدیل اراضی کشاورزی، جنگل ها، علفزارها و تالاب ها به مناطق شهری همراه با افزایش سریع و گسترده در سطوح غیرقابل نفوذ شرایط هیدرولوژیکی طبیعی را در آبخیز تغییر می‌دهد. نتیجهٔ این تغییر، به‌طور کلی در افزایش حجم و مقدار رواناب سطحی، کاهش ذخیرهٔ آب زیرزمینی، جریان پایه، تخریب کیفیت آب در رودخانه‌ها و آب‌های کم‌عمق منعکس می‌شود (۱۷، ۲۸ و ۳۰). در مقیاس جهانی تغییرات گسترده ای در کاربری در حال روی دادن است. این تغییرات شامل تخریب جنگل، افزایش روزافزون فعالیت های کشاورزی، زهکشی اراضی مرطوب، احداث جاده و شهرسازی آثار زیادی از جمله آثار هیدرولوژیکی را به همراه خواهد داشت. این آثار هیدرولوژیکی در جریان های فصلی و سالانه، سیل، کیفیت آب و فرسایش قابل مشاهده است (۴۱). همچنین، تبدیل اراضی طبیعی مرتع و جنگل به اراضی زراعی و باغی، به تغییر رژیم آبدهی در این مناطق منجر شده است (۶).

کاربری زمین یکی از مهم ترین عوامل اثرگذار بر کیفیت منابع آب سطحی، به خصوص رودخانه هاست. همزمان با افزایش جمعیت، الگوهای کاربری زمین تغییر می کند. بنابراین ،رواناب ناشی از بارندگی ها، همچنین تخلیهٔ پساب های شهری، منجر به افزایش میزان مواد مغذی و دیگر آلاینده‌ها به داخل رودخانه‌ها و منابع آب سطحی می‌شود (۲۳). دخالت‌های انسانی در بیشتر کاربری‌های مختلف اراضی منجر به بروز تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در رودخانه ها و منابع آبی همجوار می شود. این تغییرات عموماً منفی است و بهره برداری از منابع آبی را به‌شدت محدود می کند (۲۶).

در مقیاس جهانی، ناحیه ای و محلی، آثار مهمی حاصل از فعالیت های انسانی بر سیستم هیدرولوژیکی به‌دلیل تغییر کاربری اراضی ایجاد شده است. اگر این نوع تغییرات مهم در تعادل هیدرولوژیکی بخش عمده‌ای از آبخیز باشد یا در بخش های حساس آبخیز روی دهد، آثار بلندمدت و

Archive of SID
www.SID.ir

کوتاه‌مدت مهمی به‌همراه خواهد داشت، شامل افزایش سیلاب پایین دست و کاهش عمق بلندمدت و افزایش آب زیرزمینی. پایین آمدن سطح آب به تغییر سیستم های تالابی و خشک‌شدن آن و ایجاد سیستم‌های خشک یا تناوبی خشک در طول دورهٔ کم آبی می‌انجامد (۱۵). در آبخیزهای شهری، تبدیل اراضی غیرشهری به کاربری زمین شهری، به افزایش سطوح غیرقابل نفوذ و افزایش رواناب می‌انجامد (۳۵). در ادامه، سیستم های زهکش شهری، پیک های سیلاب را افزایش می دهد و موجب تخریب کیفیت آب می شود که بخش از مشکلات تأمین آب است. مناطق شهری همچنین، یکی از منابع مهم آلودگی غیرنقطه‌ای است. سیلاب های حاصل از سطوح شهری حاوی گسترهٔ وسیعی از آلاینده‌هایی مانند مواد مغذی، رسوبات، مواد نفتی، گریس، فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها و پاتوژن‌هاست که دلیلی بر تخریب کیفیت آب است (۳۹).

تغییر کاربری اراضی علاوه‌بر تأثیر بر آب‌وهوای منطقه و خاک، بر کیفیت آب های سطحی و چرخهٔ آب نیز تأثیر می گذارد (۲۹). مدیریت بهینهٔ منابع طبیعی منطقه نیازمند درک تأثیرات تغییرات کاربری اراضی بر چرخهٔ هیدرولوژیکی آب‌های آن منطقه است (۳۴). تغییرات کاربری اراضی، بهره برداری بیش از حد خاک و استفاده مداوم از منابع آب سطحی آثار منفی معناداری بر محیط زیست دارد (۴۰). در این میان، رودخانه ها به دلیل نقش حیاتی، به‌ویژه در تأمین آب مناطق شهری و روستایی، اهمیت ویژه ای دارد (۱۱). نتایج بررسی هات و همکاران دربارهٔ تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب پانزده رودخانهٔ کوچک در زیرحوضهٔ شرق ملبورن استرالیا نشان داد که طی زمان با افزایش میزان شهرنشینی، میزان COD، کل فسفر و هدایت الکتریکی افزایش یافته است (۲۵). همچنین، هسلر به بررسی کاربری‌های اطراف رودخانه های ایالت کالیفرنیا بر کیفیت آب پرداخت و به این نتیجه دست‌یافت که افزایش کاربری کشاورزی سبب کاهش کیفیت آب شده است (۲۴). نیلسن و همکاران در رابطه با اثر کاربری اراضی بر کیفیت آب در حوضه‌ای آبخیز واقع در دانمارک به این نتیجه رسیدند که میزان کل فسفر و نیتروژن در اثر افزایش کاربری اراضی کشاورزی، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافته است (۳۱).

کالیجوری و همکاران نیز با بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب در زیرحوضهٔ Alto به این نتیجه دست یافتند که تغییر کاربری اراضی، به‌طور قابل توجهی بر رفتار هیدرولوژیکی و کیفیت آب تأثیر دارد (۱۶). جباری در بررسی نقش کاربری اراضی در کیفیت آب رودخانهٔ الوند در کرمانشاه به این نتیجه دست یافت که در اثر کاربری کشاورزی و صنعتی، کیفیت آب، به‌ویژه در پایین دست رودخانه، کاهش یافته است (۴). همچنین، مطالعهٔ سلاجقه و همکاران نشان داد که کاهش کیفیت آب رودخانهٔ‌کرخه در نتیجهٔ تغییرات کاربری اراضی بوده است (۹). محمدزاده و همکاران نیز با بررسی تغییر کاربری اراضی در غرب حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ ارومیه، به ارتباط زیاد بین تغییر کاربری و آلودگی اکوسیستم های آبی دست‌یافتند (۱۳). در نتیجه بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته در مناطق مختلف جهان، کاربری اراضی یکی از پارامترهای بسیار مهم و تعیین کننده در کیفیت آب است. از آنجا که رودخانهٔ زاینده‌رود در دههٔ اخیر با مشکلات بحرانی، از جمله خشک‌سالی، عدم‌یکپارچگی منابع آب، برداشتهای بی‌رویهٔ آب بالادست از رودخانهٔ زاینده‌رود و خارج از استان، سرازیر شدن پساب های مختلف شهری و صنعتی، توسعهٔ صنایع در استان اصفهان، الگوی کشت پرمصرف در بخش کشاورزی و بهره‌وری پایین مصرف آب در بخش کشاورزی مواجه شده است، و حوضهٔ آبخیز زاینده رود نیز به دلیل کاهش پوشش گیاهی و منابع آبی، در معرض بیابان‌زایی است، ضرورت بررسی تغییرات کاربری

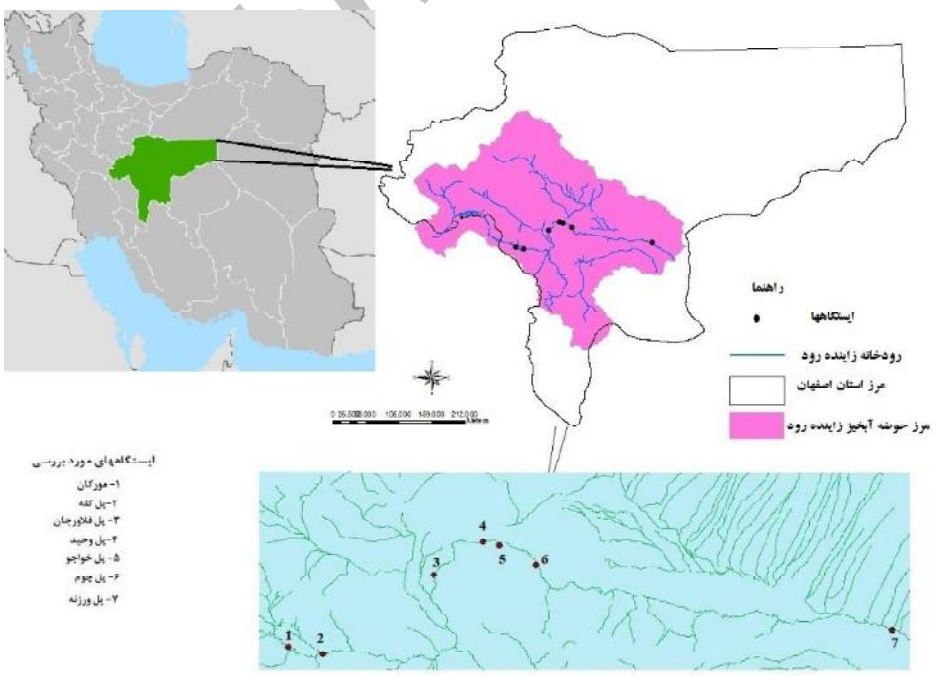
Archive of SID
www.SID.ir

اراضی بر کیفیت آب، هدف این پژوهش در نظر گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

حوضهٔ آبریز زاینده‌رود با مساحت حدود ۴۱,۵۰۰ کیلومترمربع حوضه‌ای کاملاً بسته است که خروجی به دریا ندارد و در مرکز فلات ایران واقع شده است. رودخانهٔ زاینده‌رود به طول حدود ۳۵۰ کیلومتر در امتداد تقریبی غرب به شرق در جریان است و از کوه‌های زاگرس در غرب استان اصفهان سرچشمه گرفته است و در تالاب گاوخونی در شرق استان به پایان می رسد. بر کسی پوشیده نیست که رودخانهٔ زاینده‌رود نقش مؤثری در شکل گیری ابعاد هویتی شهر اصفهان دارد. در حقیقت، این رود مهم‌ترین عنصر سازندهٔ هویت طبیعی شهر است و در شکل گیری بافت کالبدی و ساختاری شهر نقش مهمی ایفا می کند، به‌نحوی که روند توسعهٔ شهر به سمت رودخانه است و از دوران صفویه به بعد، محور اصلی شهر محسوب شده است. همچنین، رودخانهٔ زاینده‌رود منبع فرهنگی و تفریحی شهر شناخته شده است. علاوه‌بر این، تأمین‌کنندهٔ آب شرب و کشاورزی در استان اصفهان است. لذا، این رودخانه یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های فلات داخلی کشور محسوب می شود. بر اساس نقشهٔ کاربری اراضی تولیدشده در سال ۱۳۹۴، ۲۱ درصد از کل مساحت حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود به اراضی کشاورزی اختصاص دارد که مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در این مناطق سبب افزایش آلودگی‌های غیرنقطه‌ای در منطقه می‌شود. همچنین، صنایع مهمی همانند ذوب آهن، صنایع فولاد، پالایشگاه، سیمان سپاهان، پلی اکریل و بسیاری از صنایع رنگرزی در این حوضهٔ آبخیز قراردارد و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم، سبب آلودگی رودخانهٔ زاینده‌رود می‌شوند. در شکل ۱ حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود به‌همراه رودخانه‌های اصلی و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی، نشان داده شده است.



شکل ۱. حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی

Archive of SID
www.SID.ir

تهیهٔ نقشه‌های کاربری اراضی

در تحقیق حاضر، از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به دو سال ۱۳۷۶ و ۱۳۹۴ و برای آشکارسازی تغییرات کاربری روی فتوموزاییکی تصویر ماهواره‌ای استفاده شد. پس از تهیهٔ داده‌های ماهواره‌ای به‌منظور آماده‌سازی داده‌ها برای پردازش و استخراج اطلاعات مفید، عملیات تطابق هندسی و مختصات دار کردن تصویر با استفاده از نقشهٔ وکتوری شبکهٔ راه ها و عکس هوایی منطقه انجام گرفت. عمل نمونه‌گیری مجدد با استفاده از روش درون‌یابی نزدیک ترین همسایه NN[1] انجام گرفت و تمامی باندهای مورد استفاده به روش فوق تطابق هندسی یافت. تصحیح طیفی تصاویر به‌منظور بارز ساختن پدیده‌ها و بالابودن سطح کیفی تصاویر و حذف تأثیرات نامطلوب نور و اتمسفر در تصاویر صورت گرفت. سپس، با استفاده از روش همبستگی بین باندها، ترکیب کاذب رنگی ۴۳۲ برای سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۹۴ ایجاد و طبقه‌بندی نظارت‌شده با روش حداکثر احتمال انجام شد.

بررسی درستی طبقه‌بندی با روش استفاده از نقاط کنترل زمینی انجام شد. در این روش، برای بررسی درستی طبقه‌بندی، تصویر طبقه‌بندی‌شده با تصویری حاوی نقاط کنترل زمینی مقایسه می‌شود. این روش، برای هر یک از نقشه های کاربری زمین انجام شد و مقادیر کاپا و درستی کل به‌دست آمد. برای ارزیابی ضریب کاپا از روش پیشنهادی فودی طبق رابطهٔ (۱) استفاده شد (۱۹).

$$K= (OA-1/q)/(1-1/q) \quad (۱)$$

که در آن k ضریب کاپا، q پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌نشده و OA صحت کلی است. صحت کلی نیز بر اساس رابطهٔ (۲) به‌دست می‌آید.

$$OA= 1/N(\Sigma Pii) \quad (۲)$$

مقدار آمارهٔ کاپا و درستی کل در گسترهٔ ۰-۱ است. هر چه این عدد به ۱ نزدیک‌تر باشد، نقشهٔ طبقه‌بندی‌شده صحت بالاتری دارد.

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب

در گام بعدی، آمار خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب مربوط به هفت ایستگاه نمونه برداری حوضه بررسی و آمار مربوط به دو سال ۱۳۷۶ و ۱۳۹۴ تفکیک شد. آمار داده‌های مربوط به سال ۱۳۷۶ از سازمان حفاظت محیط زیست استان اصفهان تهیه شد. برای تهیهٔ داده های سال ۱۳۹۴ پس از نمونه گیری از آب، برای اندازه گیری pH، از pH متر دیجیتال pmt model 1005، COD از روش رفلکس باز، BOD با روش مانیومتری و دستگاه BODسنج (۳۷)، غلظت PO_4 و NO_3 به‌روش استاندارد و با دستگاه اسپکتروفتومتری DR-2500 مدل HACH (۳۶) استفاده شد. اندازه گیری هدایت الکتریکی و TDS با استفاده از دستگاه مولتی‌پارامتر Sension156 Hach (۳۶) صورت گرفت. سپس، با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون T-student مشخصه های کیفی آب رودخانه شامل آنیون ها و کاتیون‌ها، غلظت املاح محلول، هدایت الکتریکی و اسیدیته تجزیه وتحلیل شد. در نهایت، با تحلیل روند تغییرات مشخصه های کیفی آب در دوره‌ای هجده ساله، تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب رودخانه ارزیابی شد. سپس، از آزمون هم بستگی پیرسون در بررسی ارتباط کاربری های اراضی مختلف با پارامترهای کیفیت آب و آزمون من‌کندال برای بررسی روندیابی کیفی رودخانه استفاده شد. آزمون من کندال یکی از متداول‌ترین روش های ناپارامتری تحلیل روند سری های هیدرولوژیکی به‌شمار می‌رود (۲۲). از نقاط قوت روش من‌کندال می‌توان به مناسب‌بودن کاربرد آن در سری‌های زمانی‌ای اشاره کرد که از توزیع خاصی پیروی نمی کنند. اثرپذیری ناچیز این

1. Nearest Neighbor

Archive of SID
www.SID.ir

روش از مقادیر حدی که در برخی سری‌های زمانی مشاهده می‌شود نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (۳۳). لازم به ذکر است داده‌ها برای بررسی سری‌های زمانی با آزمون من‌کندال و مشخصه‌های کیفی آب مربوط به سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴ از سازمان حفاظت محیط‌زیست استان اصفهان تهیه شد، اما داده‌های سال ۱۳۹۴ با نمونه‌گیری و کار آزمایشگاهی اندازه‌گیری و بررسی شد.

نتایج و بحث

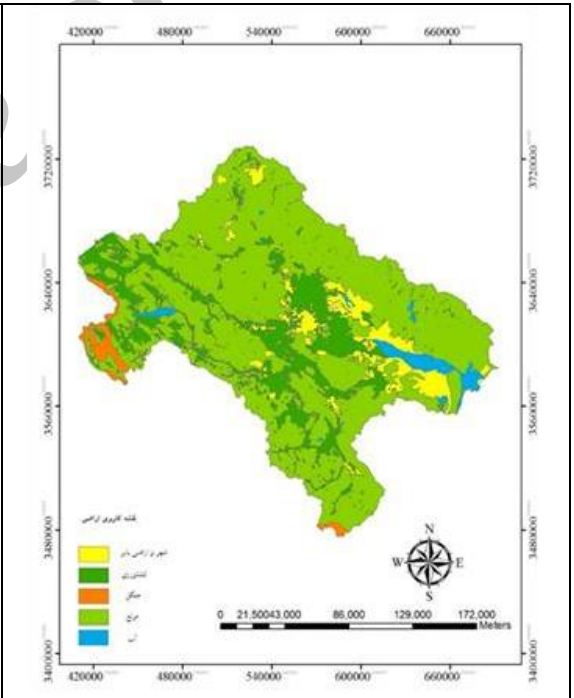
نتیجه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

نتایج حاصل از بررسی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در جدول ۱ شده است.

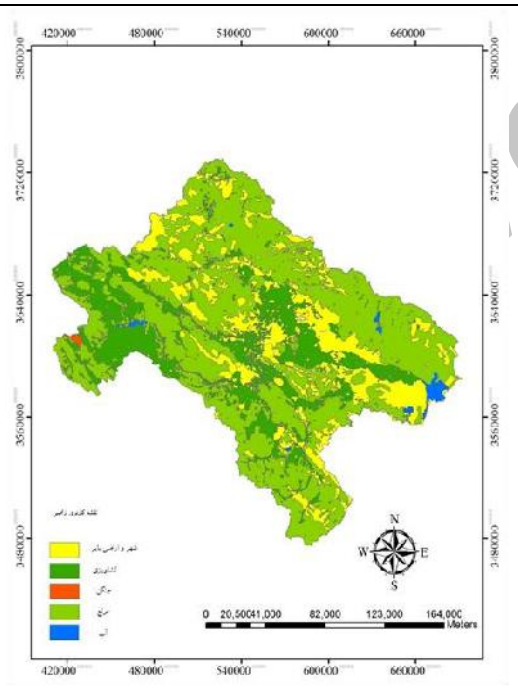
نقشهٔ کاربری اراضی تولیدشده در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۹۴ نیز در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج حاصل از بررسی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

نقشه‌های کاربری زمین	معیار کاپا	معیار درستی کل
نقشهٔ کاربری زمین (سال ۱۳۷۶)	۰/۹۷۰۳	۰/۹۸۱۲
نقشهٔ کاربری زمین (سال ۱۳۹۴)	۰/۹۴۰۲	۰/۹۵۷۲



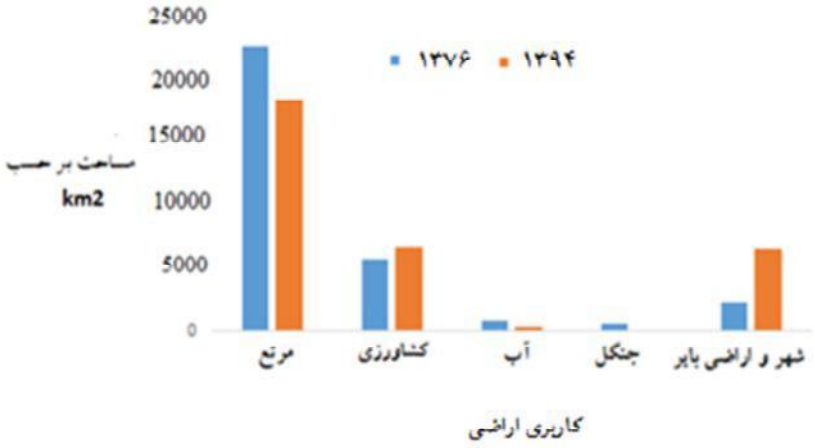
شکل ۲. نقشهٔ کاربری اراضی سال ۱۳۷۶



شکل ۳. نقشهٔ کاربری اراضی سال ۱۳۹۴

طبق نتایج به‌دست‌آمده از آزمون T-student، تغییرات کاربری رخ داده در دورهٔ مورد مطالعه، به احتمال ۹۵ درصد معنادار است. تغییرات کاربری اراضی حوضهٔ آبخیز زاینده رود در طول دورهٔ زمانی مورد بررسی در شکل ۴ نشان داده شده است.

www.SID.ir

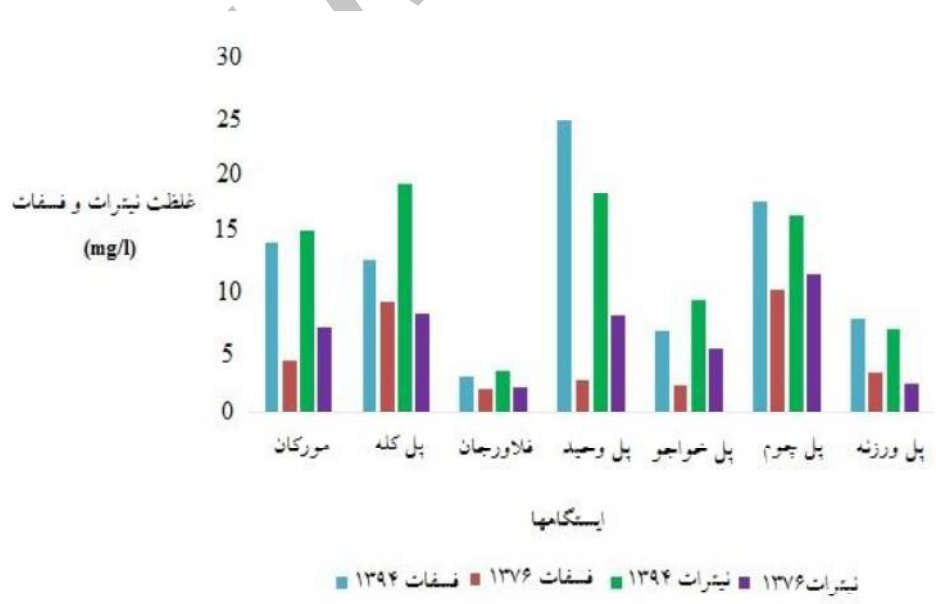


شکل ۴. تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود

نتایج تغییر کیفیت آب رودخانهٔ زاینده رود در محل هفت ایستگاه مورد مطالعه، حاکی از کاهش کیفیت آب در دورهٔ مورد مطالعهٔ هجده ساله است و کیفیت نامناسب آب در ایستگاه‌های پایین‌دست آشکار است.

نتایج بررسی مشخصه‌های مختلف کیفی آب به‌صورت میانگین سالیانه

نتایج نشان دهندهٔ افزایش میزان نیترات و فسفات آب در طول دورهٔ زمانی مورد بررسی است (شکل ۵).

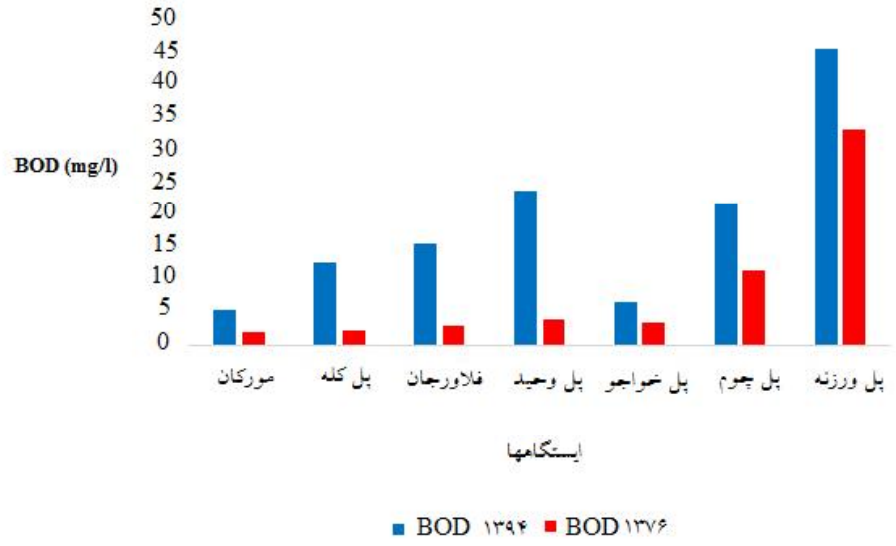


شکل ۵. روند تغییرات آنیون‌ها در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود

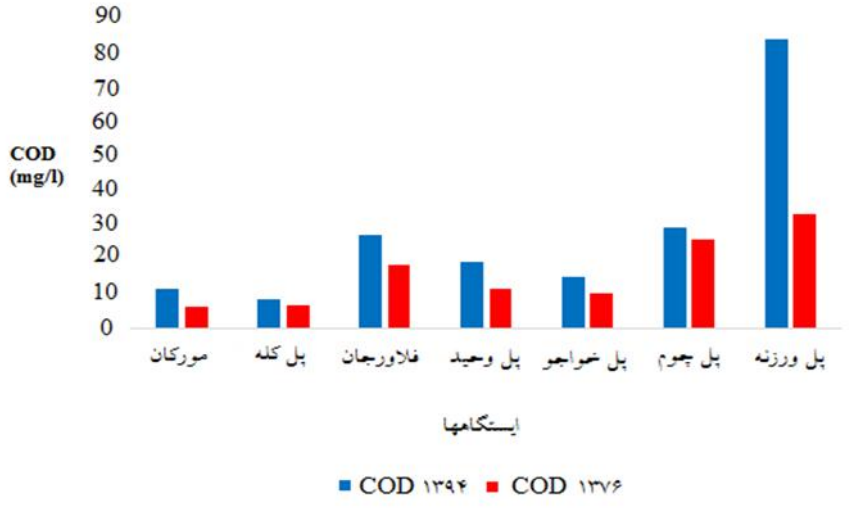
www.SID.ir

BOD مقدار اکسیژن لازم برای ثبات بیولوژیکی در آب است. هر چه میزان این شاخص کمتر باشد، آب پاک و فاقد ارگانیسم است یا آنکه ارگانیسم های داخل آب مرده است و نیازی به مصرف اکسیژن ندارند. وضعیت تغییر اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی در شکل ۶ قابل‌مشاهده است. تقاضای بیولوژیکی اکسیژن در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است.

مقدار اکسیژن متناسب برای تجزیه و تثبیت شیمیایی مواد آلی را اکسیژن مورد نیاز تجزیهٔ شیمیایی یا به‌اصطلاح COD می گویند. نتایج حاکی از افزایش این شاخص در دورهٔ زمانی مورد بررسی است (شکل ۷).



شکل ۶. روند تغییر BOD در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود

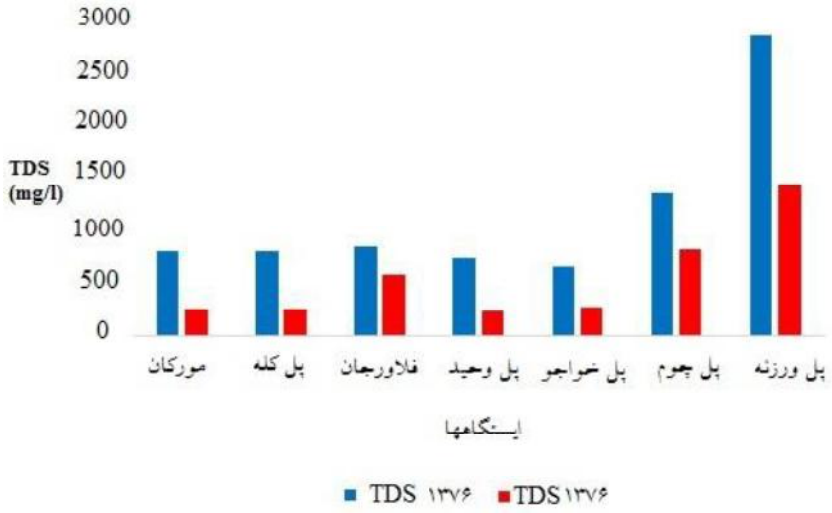


شکل ۷. روند تغییر COD در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود

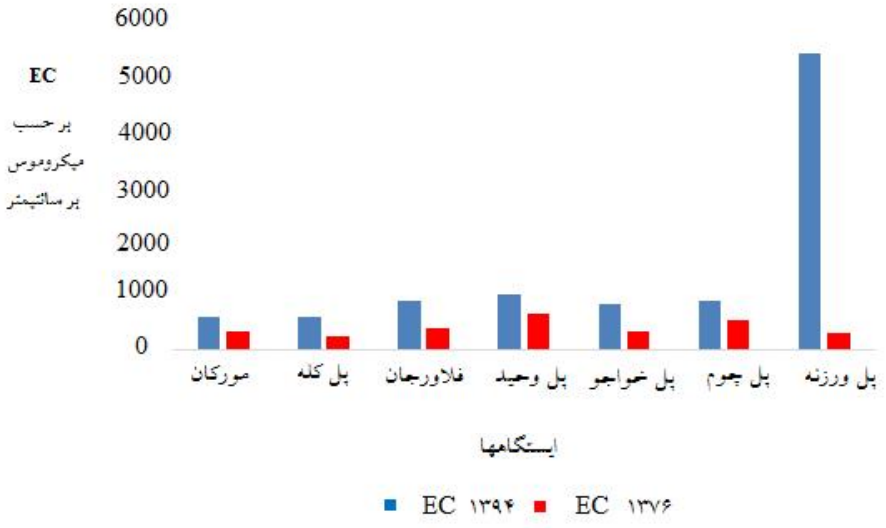
www.SID.ir

TDS عامل مهمی در کیفیت آب است و نقش زیادی در تعیین جوامع آبزی جانوری و گیاهی و تعیین کاربرد آب در مصارف شرب انسان و دام، آبیاری و صنعت دارد. تغییرات TDS در هفت ایستگاه هیدرومتری حوضهٔ آبخیز به صورت شکل ۸ است.

با بررسی هدایت الکتریکی در حوضهٔ آبخیز زاینده رود طی هجده سال، روند رو به رشد آن مشاهده شد (شکل ۹).

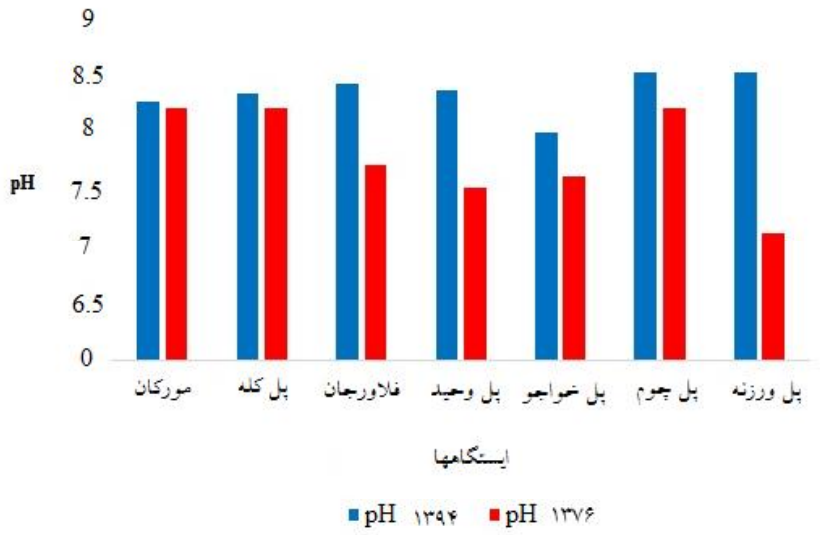


شکل ۸. تغییرات TDS در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود



شکل۹. تغییرات هدایت الکتریکی در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود

www.SID.ir



شکل ۱۰. تغییرات pH در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود

pH عامل مهمی در ارزیابی کیفیت شیمیایی آب ها از نظر مصارف شرب و کشاورزی است. تغییرات pH در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

تجزیه‌وتحلیل آماری

نخست، رابطهٔ کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز با فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی آب رودخانه با آزمون همبستگی پیرسون بررسی شد (جدول ۲). این آزمون، ارتباط بین مساحت کاربری های اراضی مختلف را با میانگین اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در مشخصه‌های کیفی آب بررسی می‌کند.

جدول ۲. ارتباط کاربری اراضی با پارامترهای کیفی آب

فاکتورها / نوع کاربری	Log NO3	Log PO4	Log EC	Log BOD	Log COD	Log TDS	PH
جنگل	-۰/۱۷۲	-۰/۲۱۱	*۰/۵۱۲	-۰/۲۳۲	-۰/۲۱۵	*-۰/۳۸۲	-۰/۱۴۰
مرتع	*۰/۲۴۱	*۰/۳۱	*۰/۴۲۱	-۰/۲۱۸	-۰/۲۵۱	-۰/۲۲۲	-۰/۱۷۵
شهر	۰/۱۵۸	*۰/۲۶۵	**-۰/۳۵۸	۰/۱۴۰	۰/۱۱۰	۰/۲۰۸	-۰/۱۵۱
اراضی کشاورزی	**۰/۶۵۳	**۰/۷۲۱	**۰/۶۱۵	*۰/۲۸۵	۰/۱۹۲	*۰/۳۲۱	-۰/۰۴۶

**در سطح ۰/۰۱ همبستگی معنادار است ($P\leq0.01$)

*در سطح ۰/۰۵ همبستگی معنادار است ($P\leq0.05$)

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳ بیان‌کنندهٔ نتایج حاصل از آزمون من‌کندال در بررسی سالانه است. مطابق با این جدول، روند معناداری برای مقادیر نیترات، فسفات، هدایت الکتریکی، BOD، COD و غلظت املاح محلول در اکثر ایستگاه‌های هیدرومتری با افزایش سال‌های آماری تا سال ۱۳۹۴ دیده شده است.

جدول ۳. روند بلند مدت متغیرهای کیفیت آب رودخانه

ایستگاه	آزمون من کندال	NO3	PO4	EC	BOD	COD	TDS	pH
مورکان	P-value	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۰/۳۹	۰,۰۹۶	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۸۴
	Tau	۰/۱۵*	۰/۳۶۵**	۰/۱۰۱	۰/۱۹۳	۰/۱۸*	۰/۲۱*	۰/۰۲۲
	روند	صعودی	صعودی	بدون روند	بدون روند	صعودی	صعودی	بدون روند
پل کله	P-value	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۰۱۷	۰/۰۰۳	۰/۰۹۷	۰/۰۱۵	۰/۵۱۳
	Tau	۰/۳۶۵**	۰/۲۵*	۰/۲۱۸*	۰/۳۷۲**	۰/۱۹۵	۰/۲۲*	۰/۰۷۲
	روند	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	بدون روند	صعودی	بدون روند
فلاورجان	P-value	۰/۴۴	۰/۷۵۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲۸
	Tau	۰/۰۵	۰/۰۳۷	۰/۳۶۱**	۰/۳۵**	۰/۳۷۴**	۰/۱۸*	۰/۲۰*
	روند	بدون روند	بدون روند	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی
پل وحید	P-value	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۲۹	۰/۰۰۲	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱
	Tau	۰/۲۹*	۰/۳۲**	۰/۲۵۱*	۰/۳۴۸**	۰/۲۷۲*	۰/۲۴۸*	۰/۲۹*
	روند	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی
پل خواجو	P-value	۰/۰۲	۰/۷۱	۰/۰۳۳	۰/۳۹	۰/۱۷۶	۰/۰۲۲	۰/۱۷۷
	Tau	۰/۱۵*	۰/۰۴۳	۰/۲۶۱*	۰/۱۰۳	۰/۱۵۸	۰/۱۸*	۰/۱۴۹
	روند	صعودی	بدون روند	صعودی	بدون روند	بدون روند	صعودی	بدون روند
پل چوم	P-value	۰/۰۰۴	۰/۰۳۲	۰/۷۵	۰/۰۲۹	۰/۴۷	۰/۰۰۱	۰/۹۷۸
	Tau	۰/۳۴**	۰/۲۶۱*	۰/۰۳	۰/۲۵۸*	۰/۰۸۴	۰/۳۹۲**	۰/۰۰۳
	روند	صعودی	صعودی	بدون روند	صعودی	بدون روند	صعودی	بدون روند
پل ورزنه	P-value	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۳۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹
	Tau	۰/۳۲*	۰/۱۳*	۰/۳۵**	۰/۲۷۲*	۰/۳۶۹**	۰/۳۶۸**	۰/۲۰۷*
	روند	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی

*معناداری در سطح ۹۵ درصد

**معناداری در سطح ۹۹ درصد

Archive of SID
www.SID.ir

همان طور که در نمودار تغییر کاربری اراضی (شکل ۴) نشان داده شده است، این تغییرات طی دورهٔ هجده سالهٔ مذکور، به سمت کاهش اراضی مرتعی، جنگلی، آب و افزایش اراضی بایر و اراضی شهری و کشاورزی در سطح کل حوضه پیش‌رفته است. مساحت اراضی شهری و بایر از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴، از ۲۲۹۸ کیلومترمربع به ۶۵۹۲/۲۵ کیلومترمربع رسیده و روند افزایشی داشته است. طبیعی است به دنبال افزایش مناطق شهری و فعالیت های بشر، کیفیت آب کاهش می‌یابد. اراضی زراعی نیز از ۵۷۲۱ کیلومترمربع به ۶۷۵۵ کیلومترمربع افزایش یافته است. مساحت اراضی مرتعی نیز از ۲۲۶۶۰ کیلومترمربع در سال ۱۳۷۶ به ۱۸۴۰۳/۷ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۴ کاهش یافته است. جنگل‌ها از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴، از ۶۱۸ کیلومترمربع به ۴۸/۷۴ کیلومترمربع کاهش یافته است. اراضی آبی نیز از ۷۹۴ کیلومترمربع در سال ۱۳۷۶ به ۲۹۱/۳۱ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۴ کاهش یافته است.

از آنجا که بیشتر این مراتع به شهرها و اراضی بایر تبدیل شده، وضعیت نامناسبی را برای کیفیت آب رقم زده است. بررسی تأثیر این تغییرات بر کیفیت آب رودخانهٔ زاینده رود گواه کاهش نسبی کیفیت آب رودخانه طی زمان بوده است. این موضوع را می توان به افزایش اراضی شهری و بایر و اراضی زراعی نسبت داد. دلیل افزایش میزان نیترات و فسفات در تمام ایستگاه ها طی بازهٔ زمانی هجده ساله، افزایش زمین‌های کشاورزی و مصرف بیشتر آفت‌کش ها و کودهای شیمیایی در حوضهٔ آبخیز زاینده رود است. همچنین، افزایش فسفات در دو ایستگاه مورکان و پل وحید نسبت به سایر ایستگاه ها افزایش بیشتری داشته است. از آنجا که ایستگاه مورکان در منطقه ای واقع شده است که میزان فعالیت های کشاورزی در آن بالاست، افزایش فسفات در این ایستگاه را می‌توان به این فعالیت‌ها نسبت داد. همچنین، در منطقهٔ پل وحید، بیشترین فعالیت‌های شهری و شهرنشینی وجود دارد و در آن استفاده از شوینده ها و فاضلاب صنایع مختلف در محدودهٔ شهری سبب افزایش این آلاینده در این ایستگاه شده است. افزایش بیشتر BOD در ایستگاه پل وحید نسبت به سایر ایستگاه‌ها در این دورهٔ زمانی را نیز می توان به همین فعالیت های شهری نسبت داد. روند تغییرات COD، TDS، EC و pH نیز در تمام ایستگاه ها طی هجده سال به صورت صعودی بوده است، اما افزایش این پارامترها در ایستگاه آخر (پل ورزنه) چشم‌گیرتر است. دلیل آن افزایش مواد مغذی، حمل رواناب سطحی و ته نشین شدن مواد در پایین دست است. از آنجا که ایستگاه ورزنه در پایین دست رودخانه واقع شده است، کیفیت آب در این قسمت کاهش چشم گیری نشان می دهد. pH مناسب برای آب‌های زراعی و کشاورزی ۷–۸/۵ است. از آنجا که در تمامی ایستگاه ها این محدوده حفظ شده است، در مورد این پارامتر، آب، استاندارد لازم برای کشاورزی را داراست.

مقدار مجاز TDS برای آبیاری ۴۵۰ میلی گرم بر لیتر است. این حد استاندارد در سال ۱۳۹۴ در هیچ یک از ایستگاه‌ها وجود ندارد، اما در مورد بازهٔ زمانی نخست (سال ۱۳۷۶)، به جز ایستگاه های فلاورجان، پل چوم و ورزنه، سایر ایستگاه ها استاندارد لازم برای کشاورزی را دارد. از آنجا که پل چوم و ورزنه در پایین دست قراردارد، بار آلودگی در این دو ایستگاه رو به فزونی گذاشته است. در پل فلاورجان نیز، نزدیکی به صنایع سبب افزایش میزان آلودگی شده است. حد مجاز BOD در فعالیت کشاورزی، ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر است که همهٔ ایستگاه‌ها در دو سال مورد بررسی (به‌جز ایستگاه ورزنه در سال ۱۳۹۴)، استاندارد لازم را جهت این فعالیت داراست. پایین دست بودن ایستگاه ورزنه و سرازیر شدن فاضلاب‌ها و زهکش های کشاورزی به این منطقه، سبب افزایش میزان BOD در این ایستگاه شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

حد مجاز COD نیز در فعالیت کشاورزی، ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر است که تمامی ایستگاه‌ها در هر دو سال مورد مطالعه، در حد استاندارد قراردارد. همچنین، حد استاندارد EC برای کشاورزی ds/m ۰/۷ است که این استاندارد در هیچ یک از ایستگاه‌ها و هیچ یک از بازه‌های زمانی وجود ندارد (۲۰).

حد استاندارد نیترات برای کشاورزی ۳۰ میلی گرم بر لیتر و در مورد فسفات ۱۰ میلی گرم بر لیتر است (۱۸). نیترات در تمامی ایستگاه‌ها و در دو سال مورد بررسی، دارای حد استاندارد است. راجع به فسفات نیز در سال ۱۳۷۶ در تمامی ایستگاه ها، استاندارد لازم وجود داشته است، اما در سال ۱۳۹۴ تنها ایستگاه‌های خواجو و فلاورجان این استاندارد را داشت. به این دلیل که حجم فعالیت های کشاورزی در این دو ایستگاه نسبت به سایر ایستگاه‌ها کمتر است. حد استاندارد نیترات در آب آشامیدنی ۴ میلی گرم بر لیتر و حد استاندارد فسفات ۲ میلی‌گرم بر لیتر است. لذا، به‌جز ایستگاه فلاورجان، سایر ایستگاه‌ها دارای استاندارد لازم برای آشامیدن نیست.

در مورد هدایت الکتریکی نیز حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی ۴۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر است (۱۰)، که با توجه به این حد استاندارد، پل وحید و پل چوم در سال ۱۳۷۶ و همهٔ ایستگاه ها در سال ۱۳۹۴، فاقد استاندارد لازم بوده است. TDS نیز پارامتر بسیار مؤثری در ایجاد طعم آب آشامیدنی است. آبی که TDS کمتر از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارد، از دیدگاه استاندارد شرب، آب بسیار خوبی است. TDS بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مطلوب و در گسترهٔ ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ برای شرب مجاز است، ولی آب با TDS بیش از ۱۵۰۰، مقبولیت شرب را ندارد (۱۴). با توجه به این مقادیر استاندارد، در سال ۱۳۷۶، ایستگاه های مورکان، پل کله، وحید و خواجو وضعیت بسیار خوبی برای آشامیدن دارند، فلاورجان و پل چوم در گسترهٔ مطلوب و ورزنه نیز دارای حد مجاز استاندارد TDS است.

در سال ۱۳۹۴ نیز ایستگاه‌های مورکان، پل کله، فلاورجان، پل وحید و پل خواجو دارای وضعیت مطلوب و پل چوم دارای محدودهٔ مجاز بوده است، اما پل ورزنه با TDS معادل با ۲۶۴۰ میلی‌گرم بر لیتر مقبولیت شرب ندارد. قرارگیری صنایع بزرگی از جمله ذوب آهن اصفهان، فولاد مبارکه و پلی‌اکریل در استان اصفهان و بالادست حوضهٔ آبخیز زاینده رود، سبب انتقال آلودگی به ایستگاه‌های پایین‌تر و افزایش شدت آن می شود. لذا، پل ورزنه که انتهایی ترین ایستگاه مورد بررسی است، بیشتر در معرض انواع آلودگی ها قراردارد. در بررسی با آزمون من‌کندال نیز مقادیر نیترات در سطح ۹۹ درصد در ایستگاه‌های پل چوم و پل کله روند صعودی داشته است. دلیل اصلی آن افزایش فعالیت های کشاورزی، به‌خصوص در فصول بهار و پاییز، است. در ایستگاه فلاورجان، تغییر کیفیت آب بدون روند است، به این دلیل که در این منطقه کمبود آب و خشک‌سالی‌های مکرر، سبب شده بسیاری از زمین‌های کشاورزی به‌حال خود رها شود و از آنجا که فعالیت‌های زراعی، صرفهٔ اقتصادی برای کشاورزان در این منطقه نداشته است، حجم فعالیت های کشاورزی در این ایستگاه افزایش چشم‌گیری نداشته است.

در سایر ایستگاه ها، مقادیر نیترات در سطح ۹۵ درصد روند صعودی داشته است. مقادیر فسفات در ایستگاه‌های مورکان و پل وحید در سطح ۹۹ درصد روند صعودی داشته، در ایستگاه‌های فلاورجان و خواجو بدون روند بوده و در سایر ایستگاه‌ها در سطح ۹۵ درصد روند صعودی داشته است. دلیل روند صعودی فسفات در سطح بالا در ایستگاه مورکان، نزدیکی به صنایع مختلف و فعالیت های کشاورزی زیاد در این منطقه است. همچنین، روند صعودی این پارامتر در ایستگاه پل وحید را می توان به فاضلاب‌های خانگی حاوی شوینده‌ها نسبت داد.

در ایستگاه های فلاورجان و خواجو نیز سهم پایین

Archive of SID
www.SID.ir

فعالیت های کشاورزی سبب شده روند تغییرات فسفات در بازهٔ هجده ساله محدود باشد. راجع به مقادیر هدایت الکتریکی، ایستگاه‌های فلاورجان و ورزنه، مقادیر BOD در ایستگاه‌های پل کله، فلاورجان و پل وحید، مقادیر COD در ایستگاه‌های فلاورجان و پل ورزنه و TDS در ایستگاه های پل چوم و ورزنه در سطح ۹۹ درصد، روند صعودی داشته است. هدایت الکتریکی، TDS و COD بالا در ایستگاه ورزنه به‌دلیل خشک‌سالی های مکرر و کاهش منابع آب، پایین‌دست‌بودن این ایستگاه و افزایش حجم آلودگی‌ها و سرریزشدن آن به این ایستگاه به مرور زمان است. دلیل افزایش هدایت الکتریکی و BOD در ایستگاه فلاورجان را نیز می توان ناشی از سرازیرشدن پساب صنایع مختلف به این محدوده دانست که دارای طولانی ترین ساحل زاینده رود است. از آنجا که صنایع در سال ۱۳۷۶ به نسبت سال ۱۳۹۴ تعدد کمتری داشته است، روند تغییرات این پارامترها در فلاورجان، طی این دو بازهٔ زمانی صعودی بوده است. روند صعودی متغیر BOD در ایستگاه پل کله و TDS در ایستگاه پل چوم نیز به سبب افزایش فعالیت های کشاورزی از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴ در این ایستگاه است. پس به‌طور کلی، نتایج آزمون آماری نیز حاکی از کاهش کیفیت آب به مرور زمان است.

رابطهٔ کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز با فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی آب رودخانه با آزمون هم بستگی پیرسون نشان داد که بین اراضی جنگلی با EC و TDS، اراضی مرتعی با NO_3، PO_4 و EC، شهر با PO4، و اراضی کشاورزی با BOD و TDS، در سطح ۰/۰۵ همبستگی معناداری وجود دارد. همچنین، بین کاربری شهر با EC و اراضی کشاورزی با NO_3، PO_4 و EC نیز در سطح ۰/۰۱، هم بستگی معنادار است. با توجه به این موضوع که افزایش مناطق شهری و غیرقابل نفوذ سبب کاهش هدایت الکتریکی آب می‌شود، رابطهٔ بین کاربری شهری و میزان EC معکوس است. عدد منفی در جدول ۲ نیز بیانگر این موضوع است. اما، افزایش مناطق جنگلی به سبب پوشش درختی سبب افزایش هدایت الکتریکی آب می‌شود (رابطهٔ مستقیم و مثبت). افزایش ناگهانی هدایت الکتریکی، COD و TDS در پایین دست رودخانه ممکن است ناشی از ورود پساب‌های شهری و زهاب‌های کشاورزی باشد که در ایستگاه آخر حالت تجمعی پیدا کرده است. در تحقیقی دربارهٔ کیفیت آب رودخانه های ایالت کالیفرنیا بیان شد که کیفیت آب رودخانه های ایالت کالیفرنیا تحت تأثیر توسعهٔ کشاورزی و فعالیت های دامداری و دامپروری آلوده شده است، به‌طوری که این اقدامات باعث کاهش کیفیت آب اکثر رودخانه‌ها در این ایالت شده است (۲۴) که مشابه نتایج تحقیق اخیر است. در تحقیقی نیز دربارهٔ بررسی و منشأیابی منابع آلاینده در حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سیاه رود استان گیلان نتیجه‌گیری شد که کیفیت آب این رودخانه به‌طور کامل تحت تأثیر فعالیت‌ها و گسترهٔ اراضی کشاورزی است (۸). هات و همکاران نیز در نتایج پژوهش خود بیان کردند که گسترش اراضی شهری با کاهش کیفیت آب رودخانه در ارتباط است (۲۵).

نتیجه‌گیری

ضرورت لحاظ خصوصیات کیفی آب در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب کاملاً احساس می شود. در این پژوهش، بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و تغییرات کاربری اراضی در دو دورهٔ زمانی ۱۳۷۶ و ۱۳۹۴ در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود بررسی شد. هم‌بستگی مثبت بین اراضی کشاورزی با نیترات، فسفات و هدایت الکتریکی و بین شهر و هدایت الکتریکی نشان می دهد که تمرکز مناطق شهری و فعالیت‌های فشردهٔ کشاورزی از منابع اصلی آلودگی رودخانه به آلاینده هاست. طبق بررسی با آزمون من کندال نیز روند معناداری برای مقادیر نیترات، فسفات،

Archive of SID
www.SID.ir

هدایت الکتریکی، BOD، COD و غلظت املاح محلول در اکثر ایستگاه های هیدرومتری با افزایش سال های آماری تا سال ۱۳۹۴ دیده شد. همچنین، بر اساس نتایج حاصل شده، افزایش فسفات در دو ایستگاه مورکان و پل وحید، افزایش BOD در ایستگاه پل وحید، و افزایش COD، TDS و EC در ایستگاه پل ورزنه نسبت به سایر ایستگاه ها چشم گیرتر بود. نتایج کلی، حاکی از کاهش کیفیت آب رودخانه به دنبال تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز زاینده رود به سمت کاهش اراضی مرتعی، جنگلی، آب ها و افزایش اراضی بایر، کشاورزی و شهرهاست. از آنجا که اثر تغییر کاربری اراضی بر کاهش کیفیت آب رودخانهٔ زاینده رود در این مطالعه مشهود است، نیاز به اجرای برنامه‌های صحیح برای کنترل تغییرات کاربری زمین به‌منظور حفظ تعادل اکولوژیکی منطقه وجود دارد. توصیه بر این است که در انجام کارهایی به‌منظور توسعهٔ بهره‌برداری، به تمامی جنبه‌های محیط‌زیستی توجه شود و بررسی آثار توسعه صورت گیرد. همچنین، ایجاد سیستم تصفیهٔ مناسب برای خروجی پساب صنایع اطراف رودخانه و توصیه به کشاورزان برای استفادهٔ صحیح از کودهای شیمیایی راهکارهای مناسبی در بهبود وضعیت رودخانه است.

منابع

۱. احمدی ر. (۱۳۷۴) نقش کاربری اراضی در ایجاد و تشدید حرکات توده‌ای جنگلی. دانشگاه تربیت مدرس، تهران، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

۲. امیریان ع. طبری ح. کشکولی ح. و حسونی‌زاده ه. (۱۳۸۸) ارزیابی اثرات خشکسالی بر کیفیت آب رودخانهٔ مارون. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.

۳. برخورداری ج. و خسروشاهی م. (۱۳۸۶) بررسی اثر تغییرات پوشش اراضی و اقلیم برجریان رودخانه (مطالعهٔ موردی: حوزهٔ آبخیز میناب). پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۷(۱): ۱۹۱-۱۹۹.

۴. جباری ا. (۱۳۹۲) نقش کاربری اراضی در کیفیت آب رودخانهٔ الوند کرمانشاه. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۷(۴۴): ۷۳-۹۳.

۵. خاکپور ب. ع. ولایتی س.ا. و کیانژاد ق. (۱۳۸۶) الگوی تغییر کاربری کاربری شهر بابل. جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، ۱۸: ۴۶-۶۴.

۶. خلیقی ش. مهدوی م. و ثقفیان ب. (۱۳۸۴) بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل خیزی با استفاده از مدل NRCS (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ باراندوزچای در آذربایجان غربی). منابع طبیعی ایران، ۵۸(۱۰): ۷۳۳-۷۴۲.

۷. ریکی م. (۱۳۷۹) بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت خاش. دانشگاه تهران، تهران، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

۸. ساکی زاده م. (۱۳۸۳) بررسی و منشأیابی منابع آلودگی در حوضهٔ آبخیز سیاهرود در گیلان. دانشگاه تهران، تهران، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

۹. سلاجقه ع. رضوی‌زاده س. خراسانی ن. حمیدی‌فر م. و سلاجقه س. (۱۳۹۰) تغییرات کاربری اراضی و آثار آن بر کیفیت آب رودخانه (مطالعهٔ موردی: حوزهٔ آبخیز کرخه). محیط‌شناسی، ۳۷(۵۸): ۸۱-۸۶.

۱۰. عودی، ق. (۱۳۷۳) کیفیت آب آشامیدنی. انتشارات محقق.

۱۱. کاشفی‌پور س.م. و توکلی‌زاد ا.ع. (۱۳۸۶) مدل هیدرودینامیکی و کیفی FASTER و کاربرد آن در مهندسی رودخانه. تحقیقات منابع آب، ۳(۳): ۶۸-۷۵.

Archive of SID
www.SID.ir

۱۲. میرزایی م. (۱۳۹۲) مدل‌سازی تجربی ارتباط میان پارامترهای کیفیت آب سطحی و سنجه های سیمای سرزمین با استفاده از سیستم استنتاج عصبی- فازی (مطالعهٔ موردی: استان مازندران). دانشگاه تربیت مدرس، تهران، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

۱۳. محمدزاده ش. صدیقی ح. پزشکی راد غ. مخدوم م. و شریفی کیا م. (۱۳۹۳) تحلیل پیامدهای تغییر کاربری اراضی زراعی به باغی از دیدگاه باغداران در غرب حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۴۵(۴): ۷۷۵-۷۸۵.

۱۴. نبی‌زاده نودهی، ر. و فائزی‌رادی د. (۱۳۷۵) رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی. سازمان بهداشت جهانی، انتشارات نص، تهران.

15. Bhadori B. Harbor J. Engel B. and Grove M. (2000) Assessing watershed-scale, long-term hydrologic impacts of land-use change a GIS-NPS Model. Environmental Management, 1(26): 643-658.

16. Calijuri M. Castro J. Costa L. Assemany P. Alves J. (2015) Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed. Environmental Earth Sciences, 74(6): 5373-5382.

17. Engle B.A. Choi J.Y. Harbor J. and Pandey S. (2003) Web-based DSS for hydrologic impact evaluation of small watershed land use changes. Computers and Electronics in Agriculture, 39: 241-249.

18. EPA (1977) Process design manual for land treatment of municipal wastewater. Report 625/1-77-008. Us Environment Protection Agency, Circinnatei, Ohio.

19. Foody G.M. Ghoniem E.M. and Arnell N.W. (2004) Predicting locations sensitive to flash flooding in an arid environment. Journal of Hydrology, (ARTICLIEN PRESS).

20. FAO (1985) water quality for agriculture. R.S. Ayers and D.W. Westcott. Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.l. FAO, Rome. 174 p.

21. Galdavi S. Salman mahini A. and Najafinejad A. (2012) Application of long-term hydrologic impact assessment resulting land use changes on water resources. Environment and Development, 3(6): 35-46.

22. Hejam S. Khoshkhou Y. and Shamsodinvandi R. (2008) Analysis of Seasonal and annual rainfall trend in a few stations in the Central Region of Iran using non-parametric methods geographical research. 40(64): 157-168.

23. Hara Y. Takeuchi K. and Okubo S. (2004) Urbanization Linked with Past Agricultural Land use Patterns in the Uurban Fringe of a Deltaic Asian mega-city: a case study in Bangkok. Landscape and Urban Planning, 73(1): 16-28.

24. Hassler M. (2004) Animal grazing effects on runoff water quality in semiarid grassland. Environmental Quality, 21: 102-105.

25. Hatt B.E. Fletcher T.D. Walsh C. and Taylor S.L. (2004) The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams. Environmental Management, 34: 112-124.

26. He H. Zhou J. Wu Y. Zhang W. and Xie X. (2008) Modelling the response of surface water quality to the urbanization in Xian, China. Environmental Management, 86: 731-749.

Archive of SID

www.SID.ir

27. Lillesand T.M. and Ralph W.K. (2000) Remote sensing and image interpretation. 4th Edition, John Wiley and Sons, Inc New York ISBN 0 – 471 – 25515 – 7.

28. Li N. Xu Y.P. and Guo H.C. (2007) Analysis of long-term impact of urbanization on surface run-off in Xitiaoxi river basin. Environmental Informatics Archives, 3(5): 346-353.

29. Liang T. Hao W. Hsiang K. and Chao-sheng Z. (2004) Agriculture land-use effects on nutrient losses in West Tiaoxi Watershed, China. The American Water Resources Association (JAWRA), 40(6): 1499-1510.

30. Lin Y.P. Hong N.M. Wu C.F. and Veburg P.H. (2007) Impacts of land use change scenarios on hydrology and land use patterns in the Wu-Tu watershed in northern Taiwan. Landscape and Urban Planning, 80: 111-126.

31. Nielson A. Trolle D. Sondergaard M. Lauridsen T. Bjerring R. Olesen J. and Jeppesen E. (2012) Watershed land use effects on lake water quality in Denmark. Ecological application, 22(4): 1187-1200.

32. Oluseyi O.F. (2006) Urban land use change analysis of a traditional city from remote sensing data: the case of Ibadan metropolitan area. Humanity and Social Sciences, 1: 42-61.

33. Salarian M. Jamshidi A. and Alizadeh A. (2014) Quality routing in Soleiman Tange, Kord Kheyl and Rig Cheshmeh by Mann-Kendall nonparametric test. The First National Conference on Water Resources and Agricultural Challenges, Iran, Islamic Azad University of Isfahan, Khorasgan.

34. Scanlon B. Reedy R. Tonestromw D. Prudicz D. and Dennehy K. (2005) Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the southwestern US. Global Change Biology, 11: 1577-1593.

35. Shi P.J. Yuan Y. Zhang J. and Wang J.A. (2007). The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzen region. Catend, 69: 31-35.

36. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 St Ed.APHA –AWWA-WPCF Washington DC.USA; 2005.

37. Standard methods for the examination of water and wastewater (1992) 18 St Ed. American Water Works Association, Washington, DC.

38. Tang Z. Engel B.A. Pijianowski B.C. and Lim K.J. (2005) Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. Environmental Management, 76: 35-45.

39. Tang Z. Engel B.A. Lim K.J. Pijianowski, B.C. and Harbor J. (2005) Minimizing the impact of urbanization on long term runoff. The American Water Resources Association, 41: 1347-1359.

40. Vito F.U. Raffaele G. and Nicola L. (2003) A fuzzy knowledge-based decision support system for groundwater pollution risk evaluation. Environmental Management, 73(3): 189-197.

41. Weng Q. (2001) Modeling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS. Environmental Management, 28: 737-748.

Archive of SID

www.SID.ir