



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۱۷۵-۱۹۱

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

مژگان میرزاپی^۱, عیسی سلگی^{۲*} و عبدالرسول سلمان ماهینی^۳

۱. دانشجوی دکترا محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ایران

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

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

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۷

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۲۰

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 رودخانه زاینده رود انجام شده است. در این تحقیق، نخست تغییر سطح کاربری‌های موجود در حوضه در دو دوره زمانی ۱۳۷۶ و ۱۳۹۴ با استفاده از سنجنده‌های ETM و TM ماهواره‌لنده است بررسی شد. سپس تغییرات کیفیت آب رودخانه در دوره‌ای هجدۀ ساله مطالعه شد. نتایج نشان داد افزایش فسفات، نیترات، EC، COD، BOD و TDS در آب رودخانه در طول دوره 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 من کنдал نیز نشان داد روند تغییر اکثر متغیرها به صورت صعودی است. نتایج حاکی از کاهش کیفیت آب رودخانه به دنبال تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز زاینده رود به سمت کاهش اراضی مرتعی و جنگلی، آب‌ها و افزایش اراضی بایر، کشاورزی و شهرهای است. بنابراین، نیاز به اجرای برنامه‌های صحیح برای کنترل تغییرات کاربری زمین در حفظ تعادل اکولوژیکی منطقه وجود دارد.

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

مقدمه

مناطق شهری همراه با افزایش سریع و گستره در سطوح غیرقابل نفوذ شرایط هیدرولوژیکی طبیعی را در آبخیز تغییر می دهد. نتیجه این تغییر، به طور کلی در افزایش حجم و مقدار رواناب سطحی، کاهش ذخیره آب زیرزمینی، جریان پایه، تخریب کیفیت آب در رودخانه ها و آب های کم عمق منعکس می شود (۱۷، ۲۸ و ۳۰). در مقیاس جهانی تغییرات گستره 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 (۴).

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

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

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 فعالیت های طبیعی و حائز اهمیت است (۲۷). تغییرات کاربری زمین یکی از مهمترین معضلات جهانی است. تغییر الگوهای کاربری اراضی، عملدتاً فواید اقتصادی-اجتماعی زیادی دارد. با این حال، این فرایند آثار زیادی بر محیط زیست بر جای 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 نمونه ای 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 برنامه ریزی برای بهره وری از زمین سبب شده است تا جنگل ها و مرتع تخریب یا به زمین زراعی تبدیل شود. در نتیجه آب کمتری در بالادست رودخانه ها به زمین نفوذ و سریع تر به طرف دشت جریان پیدا می کند. به این ترتیب، سیل فراوان تر، شدیدتر و ناگهانی تر می شود و مردم بیشتری از سیل های شدیدتر آسیب می بینند (۳).

کاربری اراضی در مفهوم کلی آن به نوع استفاده از زمین در وضعیت موجود گفته می شود که در برگیرنده 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

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

این نتیجه دست یافت 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، به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است (۳۱).

کالیجوری و همکاران نیز با بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب در زیرحوضه Alto به این نتیجه دست یافتند که تغییر کاربری اراضی، به طور قابل توجهی بر رفتار هیدرولوژیکی و کیفیت آب تأثیر دارد (۱۶). جباری در بررسی نقش کاربری اراضی در کیفیت آب رودخانه‌الوند در کرمانشاه به این نتیجه دست یافت که در اثر کاربری کشاورزی و صنعتی، کیفیت آب، به ویژه در پایین دست رودخانه، کاهش یافته است (۴). همچنین، مطالعه سلاجمقه و همکاران نشان داد که کاهش کیفیت آب رودخانه‌کرخه در نتیجه تغییرات کاربری اراضی بوده است (۹). محمدزاده و همکاران نیز با بررسی تغییر کاربری اراضی در غرب حوضه آبخیز دریاچه ارومیه، به ارتباط زیاد بین تغییر کاربری و آلودگی اکوسیستم‌های آبی دست یافتند (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 رودخانه زاینده‌رود در دهه اخیر با مشکلات بحرانی، از جمله خشکسالی، عدم یکپارچگی منابع آب، برداشت‌های بی‌رویه آب بالادست از رودخانه زاینده‌رود و خارج از استان، سرازیر شدن پساب‌های مختلف شهری و صنعتی، توسعه صنایع در استان اصفهان، الگوی کشت پر مصرف در بخش کشاورزی و بهره‌وری پایین مصرف آب در بخش کشاورزی مواجه شده است، و حوضه آبخیز زاینده رود نیز به دلیل کاهش پوشش گیاهی و منابع آبی، در معرض بیابان‌زایی است، ضرورت بررسی تغییرات کاربری

کوتاه‌مدت مهمی به همراه خواهد داشت، شامل افزایش سیلاب پایین دست و کاهش عمق بلندمدت و افزایش آب زیرزمینی. پایین آمدن سطح آب به تغییر سیستم‌های تالابی و خشکشدن آن و ایجاد سیستم‌های خشک یا تناوبی خشک در طول دوره 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، سیستم‌های زهکش شهری، پیک‌های سیلاب را افزایش می‌دهد و موجب تخریب کیفیت آب می‌شود که بخشن از مشکلات تأمین آب است. مناطق شهری همچنین، یکی از منابع مهم آلودگی غیرنقطه‌ای است. سیلاب‌های حاصل از سطوح شهری حاوی گستره وسیعی از آلاینده‌هایی مانند مواد مغذی، رسوبات، مواد نفتی، گریس، فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها و پاتوژن‌های است که دلیلی بر تخریب کیفیت آب است (۳۹).

تغییر کاربری اراضی علاوه بر تأثیر بر آب و هوای منطقه و خاک، بر کیفیت آب‌های سطحی و چرخه آب نیز تأثیر می‌گذارد (۲۹). مدیریت بهینه منابع طبیعی منطقه نیازمند درک تأثیرات تغییرات کاربری اراضی بر چرخه 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 محیط‌زیست دارد (۴۰). در این میان، رودخانه‌ها به دلیل نقش حیاتی، به ویژه در تأمین آب مناطق شهری و روستایی، اهمیت ویژه‌ای دارد (۱۱). نتایج بررسی هات و همکاران درباره تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب پانزده رودخانه کوچک در زیرحوضه 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 رودخانه‌های ایالت کالیفرنیا بر کیفیت آب پرداخت و به

مدیریت آب و آبیاری

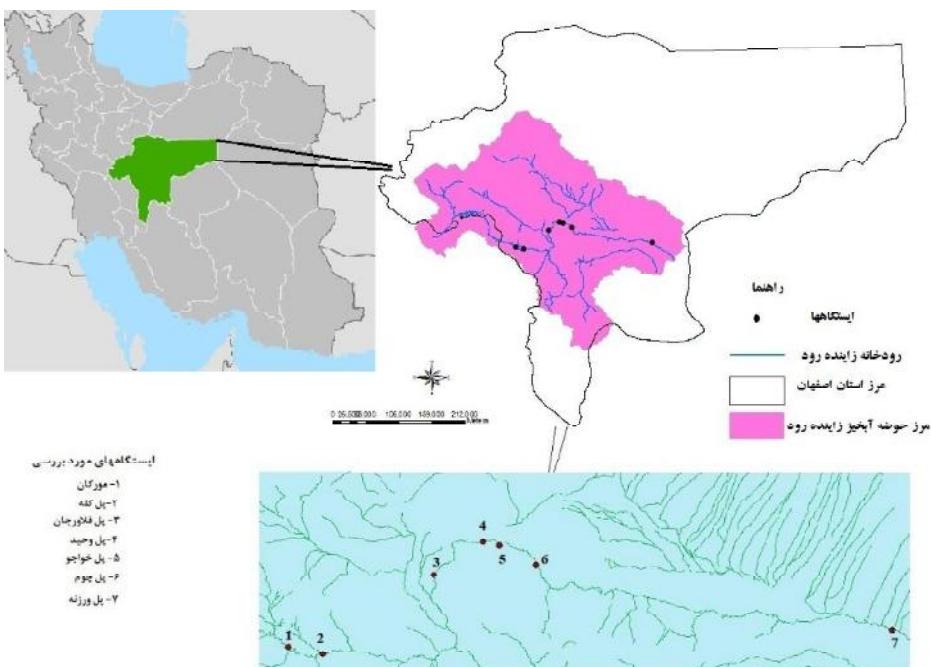
دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

است و از دوران صفویه به بعد، محور اصلی شهر محسوب شده است. همچنین، رودخانه زاینده‌رود منبع فرهنگی و تفریحی شهر شناخته شده است. علاوه بر این، تأمین کننده آب شرب و کشاورزی در استان اصفهان است. لذا، این رودخانه یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های فلات داخلی کشور محسوب می‌شود. بر اساس نقشه کاربری اراضی تولیدشده در سال ۱۳۹۴، ۲۱ درصد از کل مساحت حوضه 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 حوضه آبخیز قراردارد و به طور مستقیم و غیرمستقیم، سبب آلودگی رودخانه زاینده‌رود می‌شوند. در شکل ۱ حوضه آبخیز زاینده‌رود به همراه رودخانه‌های اصلی و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی، نشان داده شده است.

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

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز زاینده‌رود با مساحت حدود ۴۱,۵۰۰ کیلومترمربع حوضه‌ای کاملاً بسته است که خروجی به دریا ندارد و در مرکز فلات ایران واقع شده است. رودخانه 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 گاوخرنی در شرق استان به پایان می‌رسد. بر کسی پوشیده نیست که رودخانه زاینده‌رود نقش مؤثری در شکل گیری ابعاد هویتی شهر اصفهان دارد. در حقیقت، این رود مهم‌ترین عنصر سازنده هویت طبیعی شهر است و در شکل گیری بافت کالبدی و ساختاری شهر نقش مهمی ایفا می‌کند، بهنحوی که روند توسعه شهر به سمت رودخانه



شکل ۱. حوضه آبخیز زاینده‌رود و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی

دیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

مقدار آماره کاپا و درستی کل در گستره ۱-۰ است. هر چه این عدد به ۱ نزدیک‌تر باشد، نقشه طبقه‌بندی شده 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 تهیه داده‌های سال ۱۳۹۴ پس از نمونه‌گیری از آب، برای اندازه‌گیری pH، از pH متر دیجیتال 1005 pmt model COD از روش رفلکس باز، BOD با روش مانیومتری و دستگاه BOD سنج (۳۷)، غلظت NO_3 به روش استاندارد و با دستگاه اسپکتروفوتومتری DR-2500 مدل HACH (۳۶) استفاده شد. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و TDS با استفاده از دستگاه مولتی‌پارامتر Hach Session156 (۳۶) صورت گرفت. سپس، با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون T-student مشخصه‌های کیفی آب رودخانه شامل آنیون‌ها و کاتیون‌ها، غلظت املاح محلول، هدایت الکتریکی و اسیدیته تعزیز و تحلیل شد. در نهایت، با تحلیل روند تغییرات مشخصه‌های کیفی آب در دوره‌ای هجدۀ ساله، تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب رودخانه ارزیابی شد. سپس، از آزمون هم بستگی پیروson در بررسی ارتباط کاربری‌های اراضی مختلف با پارامترهای کیفیت آب و آزمون منکندا برای بررسی روندیابی کیفی رودخانه استفاده شد. آزمون منکندا یکی از متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی به شمار می‌رود (۲۲). از نقاط قوت روش منکندا می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن در سری‌های زمانی‌ای اشاره کرد که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کند. اثرباری ناچیز این

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

در تحقیق حاضر، از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به دو سال ۱۳۷۶ و ۱۳۹۴ و برای آشکارسازی تغییرات کاربری روی فتومزاییکی تصویر ماهواره‌ای استفاده شد. پس از تهیه داده‌های ماهواره‌ای به منظور آماده‌سازی داده‌ها برای پردازش و استخراج اطلاعات مفید، عملیات تطابق هندسی و مختصات دار کردن تصویر با استفاده از نقشه وکتوری شبکه راه‌ها و عکس هوایی منطقه انجام گرفت. عمل نمونه‌گیری مجدد با استفاده از روش درون‌یابی نزدیک ترین همسایه^۱ NN انجام گرفت و تمامی باندهای مورد استفاده به روش فوق تطابق هندسی یافت. تصحیح طیفی تصاویر به منظور بارز ساختن پدیده‌ها و بالا بودن 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 نظارت شده با روش حداقل احتمال انجام شد.

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

$$K = (OA - 1/q) / (1 - 1/q) \quad (1)$$

که در آن K ضریب کاپا، q پیکسل‌های درست طبقه‌بندی نشده و OA صحت کلی است. صحت کلی نیز بر اساس رابطه (۲) به دست می‌آید.

$$OA = 1/N(\sum P_{ii}) \quad (2)$$

1. Nearest Neighbor

میریت آب و آبیاری

نتایج و بحث

نتیجه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

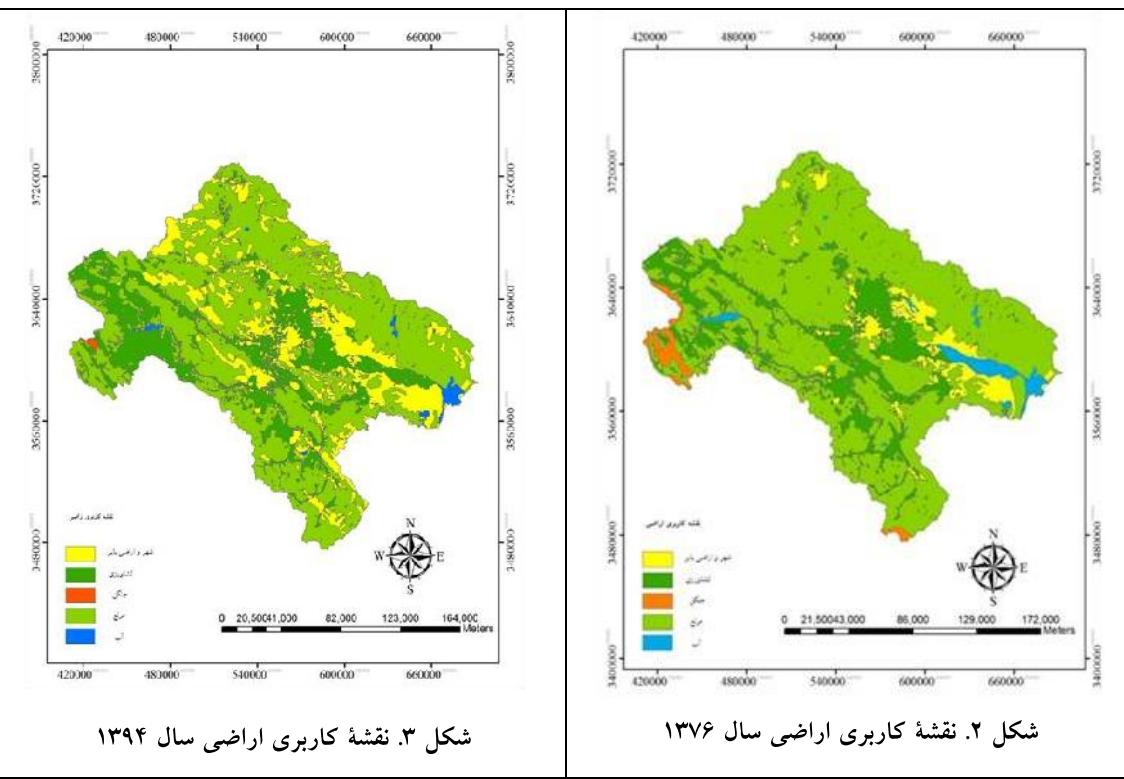
نتایج حاصل از بررسی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در جدول ۱ شده است.

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

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 منکندا و مشخصه‌های کیفی آب مربوط به سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۷۶ از سازمان حفاظت محیط‌زیست استان اصفهان تهیه شد، اما داده‌های سال ۱۳۹۴ با نمونه‌گیری و کار آزمایشگاهی اندازه‌گیری و بررسی شد.

جدول ۱. نتایج حاصل از بررسی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

نقشه‌های کاربری زمین	معیار کاپا	معیار درستی کل
نقشه کاربری زمین (سال ۱۳۷۶)	۰/۹۷۰۳	۰/۹۸۱۲
نقشه کاربری زمین (سال ۱۳۹۴)	۰/۹۴۰۲	۰/۹۵۷۳

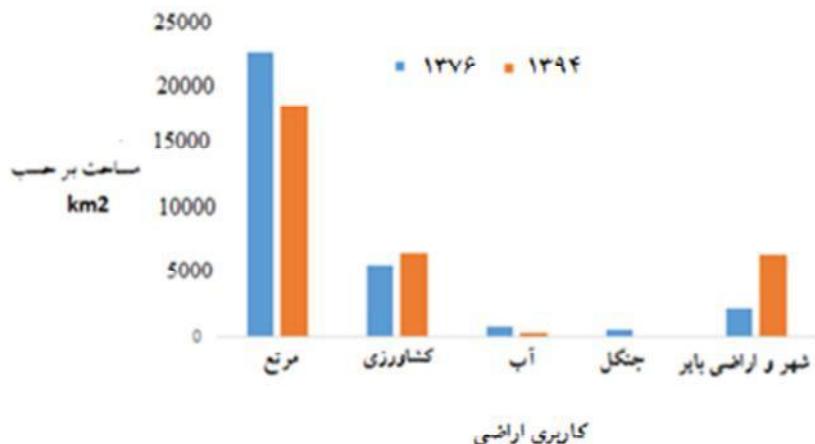


زاینده رود در طول دوره زمانی مورد بررسی در شکل ۴ نشان داده شده است.

طبق نتایج به دست آمده از آزمون T-student، تغییرات کاربری رخ داده در دوره مورد مطالعه، به احتمال ۹۵ درصد معنادار است. تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز

مدیریت آب و آبیاری

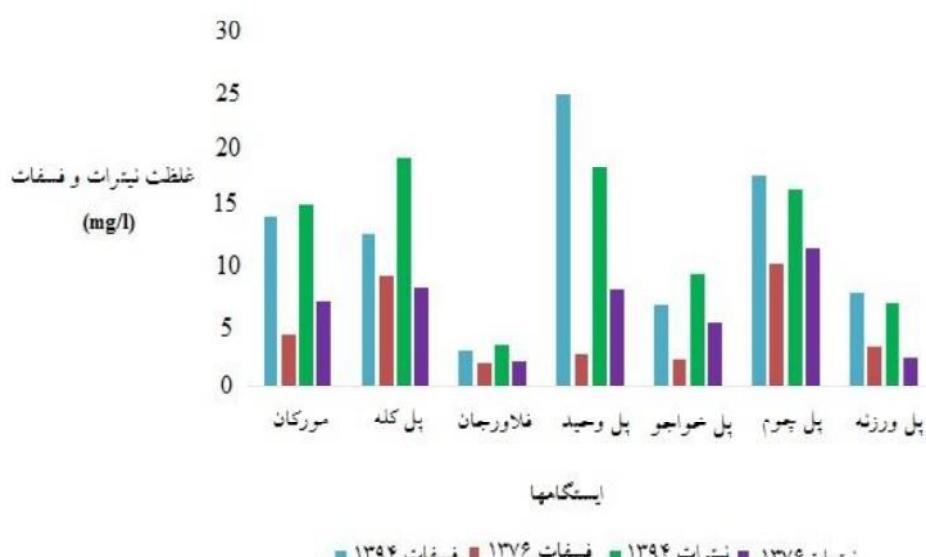
بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و تغییرات کاربری اراضی



شکل ۴. تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز زاینده رود

نتایج بررسی مشخصه‌های مختلف کیفی آب به صورت میانگین سالیانه
نتایج نشان دهنده افزایش میزان نیترات و فسفات آب در طول دوره زمانی مورد بررسی است (شکل ۵).

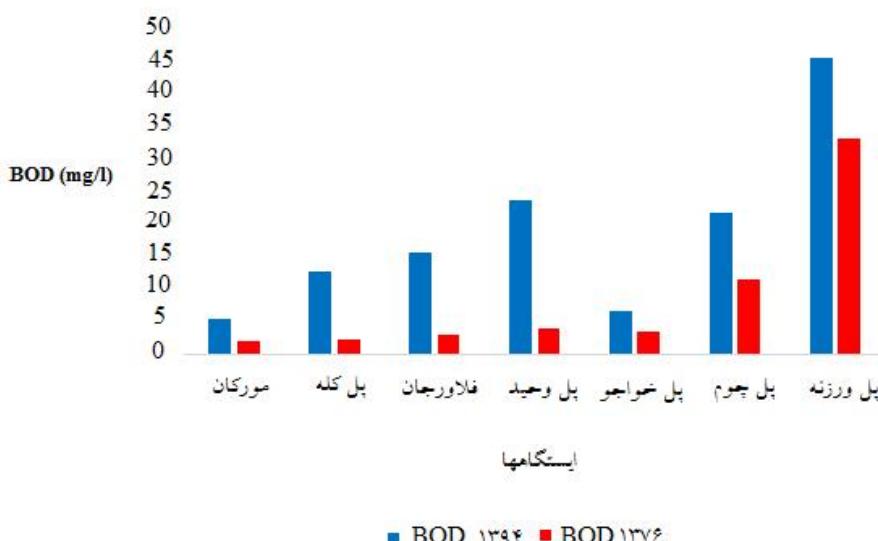
نتایج تغییر کیفیت آب رودخانه زاینده رود در محل هفت ایستگاه مورد مطالعه، حاکی از کاهش کیفیت آب در دوره مورد مطالعه هجده ساله است و کیفیت نامناسب آب در ایستگاه‌های پایین دست آشکار است.



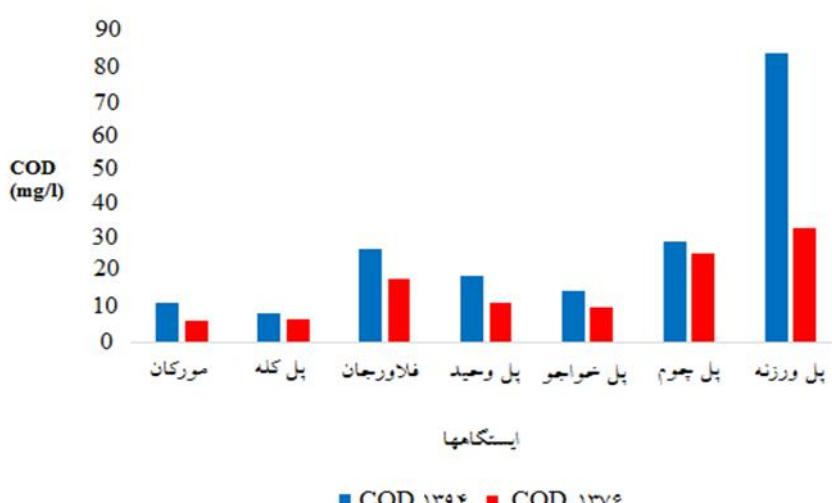
شکل ۵. روند تغییرات آئیون‌ها در حوضه آبخیز زاینده رود

مقدار اکسیژن مناسب برای تجزیه و ثبیت شیمیایی مواد آلی را اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی یا به اصطلاح COD می‌گویند. نتایج حاکی از افزایش این شاخص در دوره زمانی مورد بررسی است (شکل ۷).

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 اکسیژن خواهی بیولوژیکی در شکل ۶ قابل مشاهده است. تفاضای بیولوژیکی اکسیژن در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است.



شکل ۶. روند تغییر BOD در حوضه آبخیز زاینده رود



شکل ۷. روند تغییر COD در حوضه آبخیز زاینده رود

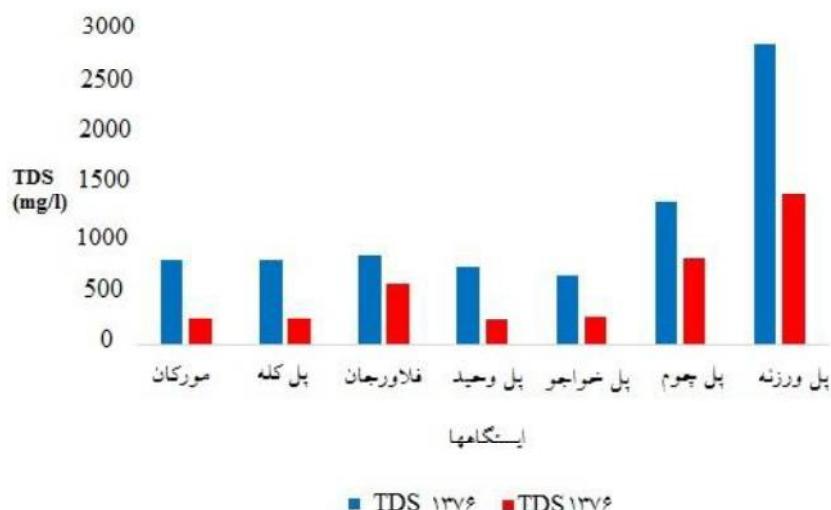
مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

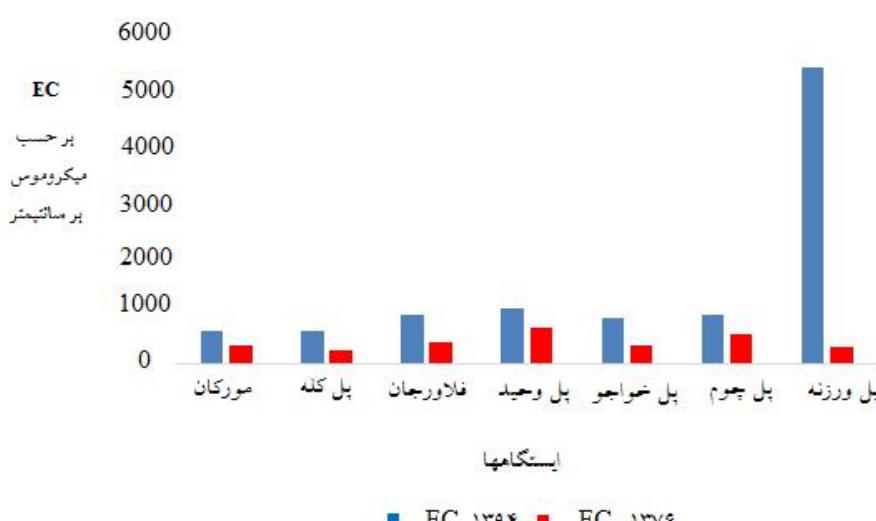
بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و تغییرات کاربری اراضی

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

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 حوضه آبخیز به صورت شکل ۸ است.



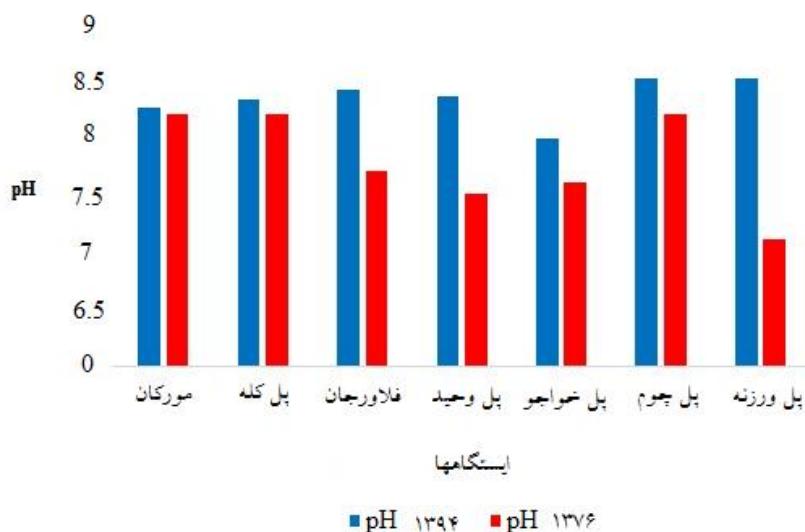
شکل ۸. تغییرات TDS در حوضه آبخیز زاینده رود



شکل ۹. تغییرات هدایت الکتریکی در حوضه آبخیز زاینده رود

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵



شکل ۱۰. تغییرات pH در حوضه آبخیز زاینده‌رود

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 اندازه‌گیری های صورت گرفته در مشخصه های کیفی آب بررسی می کند.

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.

تجزیه و تحلیل آماری

نخست، رابطه کاربری اراضی در حوضه آبخیز با

جدول ۲. ارتباط کاربری اراضی با پارامترهای کیفی آب

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

* در سطح ۰/۰۱ همبستگی معنادار است ($P \leq 0.01$)

** در سطح ۰/۰۵ همبستگی معنادار است ($P \leq 0.05$)

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و تغییرات کاربری اراضی

COD و غلظت املاح محلول در اکثر ایستگاه‌های هیدرومتری با افزایش سال‌های آماری تا سال ۱۳۹۴ دیده شده است.

جدول ۳ بیان کننده نتایج حاصل از آزمون من کندا در بررسی سالانه است. مطابق با این جدول، روند معناداری برای مقادیر نیترات، فسفات، هدایت الکتریکی، BOD

جدول ۳. روند بلند مدت متغیرهای کیفیت آب رودخانه

pH	TDS	COD	BOD	EC	PO4	NO3	آزمون من کندا	ایستگاه
۰/۸۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۹۶	۰/۰۳۹	۰/۰۰۲	۰/۰۲	P-value	
۰/۰۲۲	۰/۲۱*	۰/۱۸*	۰/۱۹۳	۰/۱۰۱	۰/۳۶۵**	۰/۱۵*	Tau	مورکان
بدون روند	صعودی	صعودی	بدون روند	بدون روند	صعودی	صعودی	روند	
۰/۵۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۹۷	۰/۰۰۳	۰/۰۱۷	۰/۰۳	۰/۰۰۲	P-value	
۰/۰۷۲	۰/۲۲*	۰/۱۹۵	۰/۳۷۲**	۰/۲۱۸*	۰/۲۵*	۰/۳۶۵**	Tau	پل کله
بدون روند	صعودی	صعودی	بدون روند	صعودی	صعودی	صعودی	روند	
۰/۰۲۸	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۷۵۴	۰/۴۴	P-value	
۰/۲۰*	۰/۱۸*	۰/۳۷۴**	۰/۳۵**	۰/۳۶۱**	۰/۰۳۷	۰/۰۵	Tau	فلاورجان
صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	بدون روند	صعودی	روند	
۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۳۵	۰/۰۰۲	۰/۰۲۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	P-value	
۰/۲۹*	۰/۲۴۸*	۰/۲۷۲*	۰/۳۴۸**	۰/۲۵۱*	۰/۳۲**	۰/۲۹*	Tau	پل وحید
صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	روند	
۰/۱۷۷	۰/۰۲۲	۰/۱۷۶	۰/۳۹	۰/۰۳۳	۰/۷۱	۰/۰۲	P-value	
۰/۱۴۹	۰/۱۸*	۰/۱۵۸	۰/۱۰۳	۰/۲۶۱*	۰/۰۴۳	۰/۱۵*	Tau	پل خواجو
بدون روند	صعودی	صعودی	بدون روند	صعودی	بدون روند	صعودی	روند	
۰/۹۷۸	۰/۰۰۱	۰/۴۷	۰/۰۲۹	۰/۷۵	۰/۰۳۲	۰/۰۰۴	P-value	
۰/۰۰۳	۰/۳۹۲**	۰/۰۸۴	۰/۲۵۸*	۰/۰۳	۰/۲۶۱*	۰/۳۴**	Tau	پل چوم
بدون روند	صعودی	صعودی	بدون روند	صعودی	بدون روند	صعودی	روند	
۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۳۱	۰/۰۰۵	۰/۰۴	۰/۰۰	P-value	
۰/۲۰۷*	۰/۳۶۸**	۰/۳۶۹**	۰/۲۷۲*	۰/۳۵**	۰/۱۳*	۰/۳۲*	Tau	پل ورزنه
صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	صعودی	روند	

**معناداری در سطح ۹۹ درصد

*معناداری در سطح ۹۵ درصد

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

فعالیت‌های شهری و شهرنشینی وجود دارد و در آن استفاده از شوینده‌ها و فاضلاب صنایع مختلف در محدوده شهری سبب افزایش این آلاینده در این ایستگاه شده است. افزایش بیشتر BOD در ایستگاه پل وحید نسبت به سایر ایستگاه‌ها در این دوره زمانی را نیز می‌توان به همین فعالیت‌های شهری نسبت داد. روند تغییرات COD، TDS، EC و pH نیز در تمام ایستگاه‌ها طی هجده سال به صورت صعودی بوده است، اما افزایش این پارامترها در ایستگاه آخر (پل ورزنه) چشم‌گیرتر است. دلیل آن افزایش مواد غذی، 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 چشم‌گیری نشان می‌دهد. pH مناسب برای آب‌های زراعی و کشاورزی ۸/۵-۷ است. از آنجا که در تمامی ایستگاه‌ها این محدوده حفظ شده است، در مورد این پارامتر، آب، استاندارد لازم برای کشاورزی را دارد.

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

همان طور که در نمودار تغییر کاربری اراضی (شکل ۴) نشان داده شده است، این تغییرات طی دوره هجده ساله 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 فعالیت‌های بشر، کیفیت آب کاهش می‌یابد. اراضی زراعی نیز از ۵۷۲۱ کیلومترمربع به ۶۷۵۵ کیلومترمربع افزایش یافته است. مساحت اراضی مرتعی نیز از ۲۲۶۰ 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 ۲۹۱۳۱ 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 رودخانه زاینده رود گواه کاهش نسبی کیفیت آب رودخانه طی زمان بوده است. این موضوع را می‌توان به افزایش اراضی شهری و بایر و اراضی زراعی نسبت داد. دلیل افزایش میزان نیترات و فسفات در تمام ایستگاه‌ها طی بازه زمانی هجده ساله، افزایش زمین‌های کشاورزی و مصرف بیشتر آفتکش‌ها و کودهای شیمیایی در حوضه آبخیز زاینده رود است. همچنین، افزایش فسفات در دو ایستگاه مورکان و پل وحید نسبت به سایر ایستگاه‌ها افزایش بیشتری داشته است. از آنجا که ایستگاه مورکان در منطقه‌ای واقع شده است که میزان فعالیت‌های کشاورزی در آن بالاست، افزایش فسفات در این ایستگاه را می‌توان به این فعالیت‌ها نسبت داد. همچنین، در منطقه پل وحید، بیشترین

میریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

در سال ۱۳۹۴ نیز ایستگاههای مورکان، پل کله، فلاورجان، پل وحید و پل خواجه دارای وضعیت مطلوب و پل چوم دارای محدوده مجاز بوده است، اما پل ورزنه با TDS معادل با ۲۶۴۰ میلی گرم بر لیتر مقبولیت شرب ندارد. قرارگیری صنایع بزرگی از جمله ذوب آهن اصفهان، فولاد مبارکه و پلی اکریل در استان اصفهان و بالادست حوضه آبخیز زاینده رود، سبب انتقال آلودگی به ایستگاههای پایین تر و افزایش شدت آن می شود. لذا، پل ورزنه که انتهایی ترین ایستگاه مورد بررسی است، بیشتر در معرض انواع آلودگی ها قرار دارد. در بررسی با آزمون من کندال 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، به خصوص 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 خشکسالی های مکرر، سبب شده بسیاری از زمین های کشاورزی به حال خود رها شود و از آنجا که فعالیت های زراعی، صرفه 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 خواجه 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 فاضلاب های خانگی حاوی شویندها نسبت داد.

در ایستگاه های فلاورجان و خواجه نیز سهم پایین

حد مجاز COD نیز در فعالیت کشاورزی، ۱۲۰ میلی گرم بر لیتر است که تمامی ایستگاه ها در هر دو سال مورد مطالعه، در حد استاندارد قرار دارد. همچنین، حد استاندارد EC برای کشاورزی ds/m^{۰/۷} است که این استاندارد در هیچ یک از ایستگاه ها و هیچ یک از بازه های 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 ایستگاه ها 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 خواجه و فلاورجان این استاندارد را داشت. به این دلیل که حجم فعالیت های کشاورزی در این دو ایستگاه نسبت به سایر ایستگاه ها کمتر است. حد استاندارد نیترات در آب آشامیدنی ۴ میلی گرم بر لیتر و حد استاندارد فسفات ۲ میلی گرم بر لیتر است. لذا، به جز ایستگاه فلاورجان، سایر ایستگاه ها دارای استاندارد لازم برای آشامیدن نیست.

در مورد هدایت الکتریکی نیز حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی ۴۰۰ میکرومتر بر سانتی متر است (۱۰)، که با توجه به این حد استاندارد، پل وحید و پل چوم در سال ۱۳۷۶ و همه 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 میلی گرم در لیتر دارد، از دیدگاه استاندارد شرب، آب بسیار خوبی است. TDS بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مطلوب و در گستره 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 خواجه وضعیت بسیار خوبی برای آشامیدن دارند، فلاورجان و پل چوم در گستره مطلوب و ورزنه نیز دارای حد مجاز استاندارد TDS است.

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

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 (رابطه 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 درباره کیفیت آب رودخانه‌های ایالت کالیفرنیا بیان شد که کیفیت آب رودخانه‌های دامداری و دامپروری آلوده شده کشاورزی و فعالیت‌های دامداری بود. در این اقدامات باعث کاهش کیفیت آب است، به طوری که این اقدامات نتایج تأثیر توسعه کشاورزی را نیز می‌توان ناشی از سرازیرشدن پساب صنایع منسأیابی منابع آلاینده در حوضه آبخیز رودخانه سیاه رود استان گیلان نتیجه گیری شد که کیفیت آب این رودخانه به طور کامل تحت تأثیر فعالیت‌ها و گستره 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 می‌شود. در این پژوهش، بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و تغییرات کاربری اراضی در دو دوره زمانی ۱۳۷۶ و ۱۳۹۴ در حوضه آبخیز زاینده‌رود بررسی شد. هم‌بستگی مثبت بین اراضی کشاورزی با نیترات، فسفات و هدایت الکتریکی و بین شهر و هدایت الکتریکی نشان می‌دهد که تمرکز مناطق شهری و فعالیت‌های فشرده کشاورزی از منابع اصلی آلودگی رودخانه به آلاینده‌هاست. طبق بررسی با آزمون من Kendall نیز روند معناداری برای مقادیر نیترات، فسفات،

فعالیت‌های کشاورزی سبب شده روند تغییرات فسفات در بازه 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 ایستگاه‌های پل چوم و ورزنه در سطح ۹۹ درصد، روند صعودی داشته است. هدایت الکتریکی، TDS و COD بالا در ایستگاه ورزنه به دلیل خشک‌سالی‌های مکرر و کاهش منابع آب، پایین دست‌بودن این ایستگاه و افزایش حجم آلدگی‌ها و سرریزشدن آن به این ایستگاه به مرور زمان است. دلیل افزایش هدایت الکتریکی و BOD در ایستگاه فلاورجان را نیز می‌توان 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 بازه زمانی صعودی بوده است. روند صعودی متغیر BOD در ایستگاه پل کله و TDS در ایستگاه پل چوم نیز به سبب افزایش فعالیت‌های کشاورزی از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴ در این ایستگاه است. پس به طور کلی، نتایج آزمون آماری نیز حاکی از کاهش کیفیت آب به مرور زمان است.

رابطه کاربری اراضی در حوضه آبخیز با فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی آب رودخانه با آزمون هم‌بستگی پیرسون نشان داد که بین اراضی جنگلی با EC و TDS، اراضی مرتتعی با NO_3 ، PO_4 و EC ، شهر با PO_4 ، 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 هم‌بستگی معنادار است. با توجه به این موضوع که افزایش مناطق شهری و غیرقابل نفوذ سبب کاهش هدایت الکتریکی آب می‌شود، رابطه بین کاربری شهری و میزان

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

- تغییرات پوشش اراضی و اقلیم بر جریان رودخانه (مطالعه موردي: حوزه آبخيز ميناب). پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۷(۱): ۱۹۹-۱۹۱.
۴. جباری ا. (۱۳۹۲) نقش کاربری اراضی در کیفیت آب رودخانه الوند کرمانشاه. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۴۴(۱۷): ۷۳-۹۳.
۵. خاکپور ب.ع. ولايتي س.ا. و كيانژاد ق. (۱۳۸۶) الگوي تغيير کاربری کاربری شهر بابل. جغرافيا و توسيعه ناحيه‌اي، ۱۸: ۴۶-۶۴.
۶. خلقي ش. مهدوي م. و تقفيان ب. (۱۳۸۴) بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل خیزی با استفاده از مدل NRCS (مطالعه موردي: حوضه باراندوزچای در آذربایجان غربی). منابع طبیعی ایران، ۵۸(۱۰): ۷۳۳-۷۴۲.
۷. ریکی م. (۱۳۷۹) بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت خاش. دانشگاه تهران، پایاننامه کارشناسی ارشد.
۸. ساکی زاده م. (۱۳۸۳) بررسی و منشأیابی منابع آلودگی در حوضه آبخيز سیاه‌رود در گیلان. دانشگاه تهران، پایاننامه کارشناسی ارشد.
۹. سلاجقه ع. رضوی‌زاده س. خراسانی ن. حمیدی‌فر م. و سلاجقه س. (۱۳۹۰) تغییرات کاربری اراضی و آثار آن بر کیفیت آب رودخانه (مطالعه موردي: حوزه آبخيز کرخه). محیط‌شناسی، ۳۷(۵۸): ۸۱-۸۶.
۱۰. عودی، ق. (۱۳۷۳) کیفیت آب آشامیدنی. انتشارات محقق.
۱۱. کاشفی‌پور س.م. و توکلی‌زاد اع. (۱۳۸۶) مدل هیدرودینامیکی و کیفی FASTER و کاربرد آن در مهندسی رودخانه. تحقیقات منابع آب، ۳(۳): ۶۸-۷۵.

هدايت الکترونیکی، COD، BOD 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 حوضه آبخيز زاینده رود به سمت کاهش اراضی مرتعی، جنگلی، آب ها و افزایش اراضی باير، کشاورزی و شهرهاست. از آنجا که اثر تغییر کاربری اراضی بر کاهش کیفیت آب رودخانه زاینده رود در این مطالعه مشهود است، نیاز به اجرای برنامه‌های صحیح برای کنترل تغییرات کاربری زمین به منظور حفظ تعادل اکولوژیکی منطقه وجود دارد. توصیه بر این است که در انجام کارهایی به منظور توسعه بهره‌برداری، به تمامی جنبه‌های محیط‌زیستی توجه شود و بررسی آثار توسعه صورت گیرد. همچنین، ایجاد سیستم تصفیه مناسب برای خروجی پساب صنایع اطراف رودخانه و توصیه به کشاورزان برای استفاده صحیح از کودهای شیمیایی راهکارهای مناسبی در بهبود وضعیت رودخانه است.

منابع

- احمدی ر. (۱۳۷۴) نقش کاربری اراضی در ایجاد و تشدید حرکات توده‌ای جنگلی. دانشگاه تربیت مدرس، تهران، پایاننامه کارشناسی ارشد.
- امیریان ع. طبری ح. کشکولی ح. و حسونی‌زاده ه (۱۳۸۸) ارزیابی اثرات خشکسالی بر کیفیت آب رودخانه مارون. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.
- برخورداری ج. و خسروشاهی م. (۱۳۸۶) بررسی اثر

ديریت آب و آبیاری

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.I*. 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.
12. میرزایی م. (۱۳۹۲) مدل‌سازی تجربی ارتباط میان پارامترهای کیفیت آب سطحی و سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از سیستم استنتاج عصبی-فازی (مطالعه موردی: استان مازندران). دانشگاه تربیت مدرس، تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
13. محمدزاده ش. صدیقی ح. پژوهشکی راد غ. مخدوم م. و شریفی کیا م. (۱۳۹۳) تحلیل پیامدهای تغییر کاربری اراضی زراعی به باغی از دیدگاه باغداران در غرب حوضه آبریز دریاچه ارومیه. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*, ۴۵(۴): ۷۷۵-۷۸۵.
14. نبی‌زاده نوهدی، ر. و فائزی‌رادی د. (۱۳۷۵) رهنماوهای 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.

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 runoff 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, Khorasan.
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 Shenzhen 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. Pijanowski 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. Pijanowski, 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.

