ارزیابی نقش کاربری اراضی بر تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در حوضه لاجان

رحمان محمودحسن[۱]، محمود حبیب نژاد روشن[۲]* لیلا غلامی[۳]

تاریخ دریافت : ۹۶/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش : ۹۶/۰۵/۱۵

چکیده

کاربری اراضی موجب تغییراتی در کیفیت آب شده و بنابراین مطالعه حاضر تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ در حوضه آبخیز لاجان جنوب استان آذربایجان غربی با استفاده تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ با سنجنده‌های TM و OIL و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شد. نتایج نشان داد که سطح مراتع و دیم به‌ترتیب ۱۳۵/۰۵ و ۲۶/۱۶ کیلومترمربع کاهش یافت، اما سطح کشاورزی آبی، اراضی مسکونی و اراضی باغی به‌ترتیب ۱۱۲/۷۵، ۲۸ و ۲۰/۳۷ کیلومترمربع افزایش یافت. سپس ۲۲ چاه منطقه به منظور کیفیت منابع آب زیرزمینی حوضه لاجان در دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ جهت بررسی تغییر کاربری اراضی و پارامترهای کیفیت شیمیایی آب شامل باقی‌مانده املاح، اسیدیته، هدایت الکتریکی، بی‌کربنات، کلر، سولفات، منیزیم، کلسیم، سدیم، پتاسیم، نسبت جذب سدیم و سختی کل انتخاب گردید. غلظت یون‌های اصلی و غلظت املاح محلول توسط روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید. در نهایت عوامل مؤثر بر کیفیت نمونه‌های مورد مطالعه و کیفیت منابع آب زیرزمینی برای کاربردهای مختلف در هر دو سال ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که منابع آب زیرزمینی حوضه لاجان دارای تیپ بی کربناته بودند. نمودار ویلکاکس نشان داد که بیش‌تر نمونه‌ها در رده مطلوب برای بخش کشاورزی قرار داشتند و نمودار شولر نیز بیان نمود که منابع آب زیرزمینی از نظر کاربرد شرب در دامنه خوب تا عالی و قابل شرب بودند. هم‌چنین نتایج نشان دادند که تغییرات کیفیت آب وابسته به تغییرات کاربری اراضی رخ داده نبوده است.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، حوضه لاجان، کاربری اراضی، کیفیت آب

۱ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲ - استاد، (نویسنده مسئول)، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، Email: m.habibnejad@sanru.ac.ir

۳- استادیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

مقدمه

عواملی همچون رشد جمعیت، نیاز به غذای بیش‌تر، ضرورت ارتقای سطح بهداشت و رفاه اجتماعی، توسعه صنعتی و حفاظت اکوسیستم‌ها، تقاضای آب را روزبه‌روز بیشتر می‌کند. با توجه به رشد جمعیت در ایران و اینکه سرانه منابع آب تجدیدشونده سالانه در سال ۱۳۳۵ حدود ۷۰۰۰ مترمکعب بوده و سال ۱۳۷۵ به ۲۰۰۰ مترمکعب کاهش‌یافته و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۰ این رقم تا حدود ۸۰۰ مترمکعب کاهش یابد که پایین‌تر از مرز کم‌آبی یعنی ۱۰۰۰ مترمکعب است. با توجه به تقسیم‌بندی سازمان ملل متحد، در سال مذکور ایران نه‌تنها شرایط تنش و فشار ناشی از کمبود آب را تجربه خواهد کرد، بلکه وارد شرایط کمیابی شدید آب می‌گردد (۱۳). تغییر در کاربری زمین در نتیجه اثر متقابل عوامل زیادی مانند سیاست، مدیریت، اقتصاد، فرهنگ، رفتار انسانی و محیط است. آگاهی از چگونگی رخداد تغییرات کاربری بسیار مهم است به دلیل اینکه فرایندهای مربوط به برخورد و تماس بشر با طبیعت می‌تواند اثرات گسترده‌ای بر محیط، تغییر چرخه‌های هیدرولوژیک، بیوژئوشیمیایی، اندازه و آرایش بوم‌های طبیعی مانند جنگل و تنوع گونه‌ها بگذارد (۱۴). تغییرات کاربری اراضی، بهره‌برداری بیش از حد خاک، استفاده مداوم از منابع آب سطحی و زیرزمینی اثرات منفی معنی‌داری بر محیط‌زیست دارد (۲۲). با استفاده کاربری اراضی می‌توان اطلاعات اساسی درباره ویژگی‌های زمین و فعالیت‌های مختلف برای تجزیه و تحلیل نحوه استفاده از زمین در وضع موجود پی برده و برنامه‌ریزی‌های لازم برای آینده انجام گردد (۵). بررسی فعالیت‌های انسانی بر منابع آب زیرزمینی به‌عنوان وسیله و ابزاری کارآمد برای تشخیص مناطق تحت تأثیر و اعمال فعالیت‌های حفاظتی جهت حفظ کیفیت آب این مناطق مورد توجه می‌باشد. ارزیابی طبقات کاربری و نرخ تغییرات کاربری اراضی/ پوشش سرزمین همبستگی آن با منابع آب زیرزمینی برای درک صحیح مشکلات محیطی موجود در منطقه ضروری است (۱۹). مطالعه کمیت و کفیت این منابع و رابطه خاص آن با ویژگی‌های سطح زمین، کمترین و حداقل تلاش در مورد حفاظت از این منابع ارزشمند خواهد بود (۲۱). مطالعات زیادی در ارتباط با تاثیر تغییر کاربری بر کیفیت آب صورت گرفته است، چن با هدف بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب زیرزمینی در منطقه بیابانی سانگ سونگ از عکس‌های هوایی سال ۱۹۷۸، تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM سال‌های ۱۹۷۸ و ۱۹۹۸ و اطلاعات هیدرولوژیکی استفاده نمودند. نتایج ایشان نشان داد که سطح آب زیرزمینی کاهش داشته است و علت آن را به مناطق شهری و صنعتی نسبت دادند (۷). آندارد و همکاران اثراتی که کاربری اراضی بر کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی در یک آبخوان آبرفتی با استفاده از آنالیز خوشه‌ای و آنالیز مؤلفه اصلی را بررسی کردند. ایشان بیان کردند که مهم‌ترین فاکتور مسبب در کیفیت آب زیرزمینی کم‌عمق فرآیند هیدروشیمیایی می‌باشد (۱). چایدمباران و همکاران در مادورای جنوب هند

با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به بررسی اثر الگوهای کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی پرداختند. ایشان بیان کردند که روش چند پارامتری فعلی با استفاده از GIS و سنجش از دور کاربردی بوده و زمان و هزینه در طبیعت را برای شناسایی مناطق آب‌های زیرزمینی قابل شرب به حداقل می‌رساند (۸). سینگ و همکاران در پژوهشی تغییرات کاربری اراضی و پوشش سرزمین بر منابع آب زیرزمینی را با استفاده از روش‌های سنجش از دور و GIS ارزیابی نمودند. ایشان از تصاویر سنجنده های IRS و LISS و اطلاعات کمی و کیفی آب زیرزمینی در طول ۱۷ سال استفاده نمودند. نتایج نشان داد که کمیت و میزان آب زیرزمینی با استفاده از شارژ طبیعی و مصنوعی به علت افزایش تغییر در استفاده از زمین و تغییر در الگوی پوشش زمین افزایش یافت (۱۹). کاستیلو و همکاران در حوضه آبخیز ساحلی رودخانه آرانساز تگزاس تغییرات کاربری، پوشش اراضی و الگوهای بارندگی بر انتقال رسوب و کیفیت آب رودخانه را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در مقیاس حوضه آبخیز تغییرات اقلیمی نسبت به تغییرات کاربری تأثیر بیش‌تری بر انتقال رسوب و کیفیت آب داشت (۶). ابراهیمی و همکاران به بررسی احتمال تغییر کاربری اراضی در اثر آبیاری با آب‌های زیرزمینی با کیفیت‌های نامطمئن و در منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۲۵۰۰ کیلومترمربع واقع در شمال استان خوزستان پرداختند. نتایج مطالعات آن-ها نشان داد که آلاینده‌های نقطه‌ای به‌شدت موجب شوری آب‌های زیرزمینی شده و چنان-چه عوامل این مسئله ریشه‌یابی شود و راهکار مناسب در مورد آن‌ها اعمال گردد، احتمال دارد که بسیاری از منابع عامل شوری آبخوان منطقه برطرف گردد (۹). طباطبایی و همکاران در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب زیرزمینی دشت شهرکرد نشان دادند که تفاوت بین میزان غلظت نیترات، آمونیوم و هدایت الکتریکی در مناطق کشاورزی و شهری در سطح اطمینان پنج درصد معنی‌دار بود. ایشان هم‌چنین بیان نمودند که تفاوت بین مقدار نیترات در فصول مختلف سال نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بود (۲۰). سلاجقه و همکاران تغییرات کاربری اراضی و آثار آن بر کیفیت آب رودخانه در حوضه آبخیز کرخه با استفاده از سنجنده های TM و ETM ماهواره لندست را ارزیابی نمودند. انتایج نشان داد که تغییرات کاربری اراضی به سمت کاهش اراضی مرتعی، جنگلی، باغها و اراضی زراعی و افزایش اراضی بایر، پیش رفته است. از سوی دیگر بررسی کیفیت آب رودخانه کرخه کاهش شدید کیفیت آب به صورت افزایش در مشخصه‌های هدایت الکتریکی[1] غلظت املاح محلول[2] نسبت جذب سدیم[3] و آنیون‌ها و کاتیون‌ها در دوره مطالعاتی را نشان داد. هم-چنین نتایج ایشان حاکی از کاهش کیفیت آب رودخانهٔ کرخه در نتیجه تغییرات کاربری اراضی است (۱۸). رحمتی و همکاران اثر کاربری اراضی و سنگ‌شناسی بر کیفیت آب چشمه‌های حوضه آبخیز پیرانشهر را بررسی

[1] Electrical Conductivity (EC)
[2] Total Dissolved Stats (TDS)
[3] Sodium Adsorption Ratio (SAR)

کردند. نتایج تحلیل‌های آماری نمونه آب چشمه‌ها نشان داد که پارامترهای EC، TDS ، CO_3، HCO_3، Cl، Ca، Mg و TH در سازندهای مختلف منطقه مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری دارند. نتایج کلی ایشان نشان داد که عامل سنگ‌شناسی تاثیر بیش‌تری نسبت به عامل کاربری اراضی بر کیفیت آب چشمه‌های حوضه آبخیز پیرانشهر داشت (۱۵).

با بررسی منابع انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که نقش کاربری اراضی در تغییر کیفیت منابع آبی بسیار مهم است و بایستی مورد بررسی قرار گیرد در این راستا استفاده از GIS نیز می‌تواند منبع مناسبی برای تهیه نقشه کاربری اراضی و هم‌چنین مطالعات آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و رواناب باشد. از طرف دیگر تغییر کاربری اراضی تأثیر بسیار زیادی بر کیفیت و کمیت آب‌های سطحی داشته و بر بیلان آب زیرزمینی و مقدار رواناب و افزایش حجم دبی اثرگذار بوده که می‌توان با بررسی تغییرات کاربری اراضی، اثرات آن را بر کیفیت آب زیرزمینی مشاهده کرد. در حوضه آبخیز لاجان، آب‌های زیرزمینی نقش مهمی را در تأمین آب شرب، کشاورزی ایفا می‌کند با توجه به فعالیت وسیع کشاورزی و تنوع واحدهای سنگ‌شناسی منطقه، مطالعه منابع آب زیرزمینی این دشت از لحاظ کمی و کیفیت دارای اهمیت زیادی می‌باشد. هم‌چنین اعمال محدودیت‌های بیش‌تر در تبدیل اراضی دیمی به آبی و شناسایی مناطق دارای آب با کمیت و کیفیت مناسب جهت شرب و کشاورزی برای توسعه پایدار منطقه از اهمیت اساسی برخوردار می‌باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

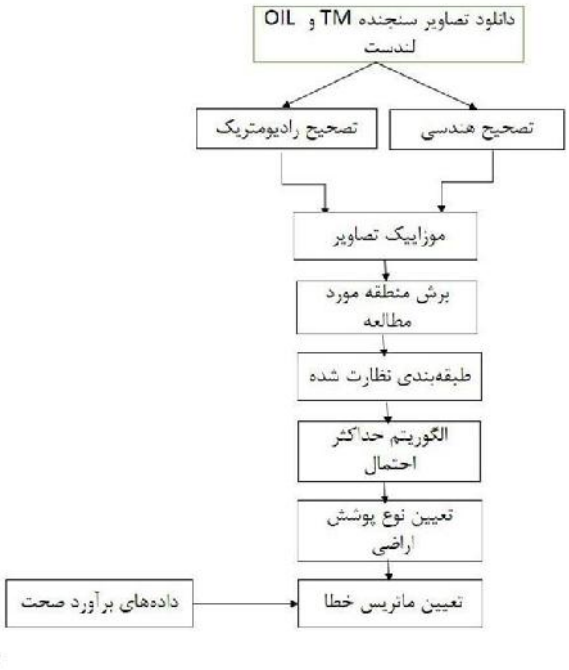
حوضه لاجان با وسعت ۱۵۵۶ کیلومترمربع در جنوب استان آذربایجان غربی بین طول‌های "۰۲ '۴۴ °۵۷ و "۳۳ '۱۱ °۴۵ شرقی و "۰۲ '۰۴ °۳۶ تا "۵۰ '۵۳ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. که از شمال به شهرستان نقده و اشنویه، از شرق به شهرستان مهاباد، از غرب به بخش مرکزی شهرستان پیرانشهر و اقلیم کردستان عراق و از جنوب بخش مرکزی منتهی می‌گردد. متوسط بارندگی ۶۵۰ میلی متر در سال و اقلیم آن جزء نواحی نیمه خشک و سرد و میانگین ارتفاع لاجان از سطح دریا حدود ۱۴۶۰ متر می‌باشد. بیش‌تر حوضه لاجان در شهرستان پیرانشهر واقع‌شده است و این حوضه دارای چهار رودخانه دائمی به نام‌های چوم گده، چوم لاوین، بارژیان و آوجار و چندین رودخانه فصلی می‌باشد که همه آن‌ها به رودخانه زاب کوچک (کلوه) می‌ریزند. سمت غرب و جنوب غربی حوضه به‌علت وجود کوهستانهای مرتفع، ارتفاع قابل ملاحظه‌ای نسبت به مناطق پایین دست دارد. بیش‌تر اراضی لاجان را مراتع تشکیل می دهند. کشاورزی غالب در منطقه را گندم، نخود و چغندرقند بوده که درسال‌های اخیر بیش‌تر اراضی کشاورزی آبی منطقه زیر کشت چغندر قند قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

داده‌های ماهواره‌ای

در انجام پژوهش حاضر از تصاویر سنجنده

TM و OLI سری ماهواره‌های لندست پنج و هشت برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ استفاده شد. بنابراین در گام اول ۲ تصویر برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا با فرمت Geo TIFF با داده L1T برای هر باند با سیستم مختصاتWGS84 UTM به صورت جداگانه فراهم شد. تصحیحات هندسی با استفاده از نقاط کنترل زمینی و مدل ارتفاع رقومی برای انحرافات مرتبط با سنجنده، ماهواره و زمین انجام شد. پس از تهیه تصویر مورد نظر ابتدا اقدام به اعمال تصحیحات مورد نیاز اتمسفری و هندسی در مرحله پیش-پردازش شد. سپس نقشه کاربری اراضی تهیه گردید که شکل ۱ فرایند تهیه نقشه کاربری اراضی در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.



شکل ۱ فرایند تهیه نقشه کاربری اراضی در پژوهش حاضر

آزمون آماری

به‌منظور بررسی ویژگی‌های هیدروشیمیایی منابع آب زیرزمینی، انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری مناسب، ضروری بود. بنابراین، در مرحله اول داده‌های کیفیت آب اندازه‌گیری شده در شهریورماه سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ توسط سازمان آب منطقه‌ای استان تهیه و محل دقیق چاه‌های آب تعیین گردید. سپس نمونه‌ها بر اساس توزیع مناسب آن‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه، ارتباط با اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی انتخاب شدند و در نهایت، تعداد ۲۲ ایستگاه تعیین شد. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و نوع کاربری آن‌ها در جدول ۱ ارائه‌شده است. پارامترهای کیفیت شیمیایی آب بررسی‌شده در این مطالعه شامل باقیمانده املاح باقی‌مانده، اسیدیته، هدایت الکتریکی، کل آنیون‌ها، کل کاتیون‌ها و نسبت جذب سدیم می‌باشند.

جدول ۱- موقعیت چاه‌های انتخابی در حوضه ابخیز لاجان

ردیف	نام چاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع کاربری (منع آب زیرزمینی)
۱	جلدیان	۵۱۴۱۴۵	۴۰۷۹۲۱۵	عمیق
۲	سروکانی	۵۲۰۹۵۹	۴۱۷۹۹۴۶	عمیق
۳	اندیزه	۵۲۲۰۷۶	۴۰۷۳۱۸۲	عمیق
۴	سرین چاوه	۵۲۷۵۴۱	۴۰۶۹۷۰۱	نیمه عمیق
۵	رزگاری	۵۱۴۸۰۷	۴۰۶۶۱۰۲	عمیق
۶	کیله سیپان	۵۲۰۸۶۳	۴۰۶۹۰۲۰	عمیق
۷	اراضی سروکانی	۵۱۸۴۲۷	۴۰۷۷۴۶۲	عمیق
۸	سه راهی پسوه	۵۱۶۵۱۵	۴۰۷۸۱۹۱	عمیق
۹	پسوه	۵۲۷۰۵۸	۴۰۷۲۲۳۶	نیمه عمیق
۱۰	کیله بالابان	۵۲۰۹۴۶	۴۰۷۱۸۴۰	عمیق
۱۱	کلیج	۵۱۵۴۷۸	۴۰۷۷۵۷۷	عمیق
۱۲	گرد کسیان	۵۲۴۷۴۰	۴۰۷۲۷۰۳	عمیق
۱۳	کانی رش پسوه	۵۲۹۸۱۱	۴۰۷۳۶۷۹	چشمه
۱۴	خزنج	۵۲۹۸۷۵	۴۰۶۷۰۳۵	عمیق
۱۵	شهرک گلخانه	۵۱۸۵۴۵	۴۰۷۶۱۳۶	عمیق
۱۶	دربکه	۵۱۴۸۰۷	۴۰۶۶۱۰۲	عمیق
۱۷	کهنه خانه	۵۱۱۳۲۵	۴۰۶۰۴۴۰	چشمه
۱۸	گزگسک	۵۱۳۱۵۱	۴۰۵۳۵۵۳	آرتزین
۱۹	شین آباد	۵۱۴۴۲۵	۴۰۶۰۳۳۰	عمیق
۲۰	جران	۵۱۶۰۵۲	۴۰۵۷۲۵۴	نیمه عمیق
۲۱	چیانه	۵۱۷۷۹۹	۴۰۵۰۵۳۲	عمیق
۲۲	کاسوره دره	۵۱۳۳۷۲	۴۰۵۷۸۷۵	عمیق

نتایج

استخراج نقشه کاربری اراضی

تصحیح هندسی تصاویر

تصاویر اولیه داده‌های ماهواره‌ای بنا به دلایل مختلفی از قبیل گردش زمین و تغییر در ارتفاع ماهواره دارای هندسه و موقعیت ناصحیح پیکسل‌ها نسبت به هم بوده که از لحاظ منشا به سه دسته خطای ناشی از سکو، خطای ناشی از سنجنده (شامل خطای پانورما[1] و خطای جابجایی دسته‌های خطوط اسکن[2] و خطای ناشی از کره زمین (شامل جابجایی ناشی از پستی و بلندی[3] و خطای ناشی از چرخش کره زمین[4] تقسیم می‌شوند (۱۷). بنابراین برای اینکه بتوان داده‌های مختلف را پردازش و تفسیر کرد، ابتدا باید تصاویر چندزمانه و چند طیفی به یک سیستم مختصات واحد تبدیل شوند. به‌طور کلی روش‌های تصحیح هندسی به دو دسته روش جزء به جزء و روش کلی تقسیم می‌گردد. در روش جزء به جزء هر خطا تا حد امکان به‌طور دقیق مدل شده و سپس به هر پیکسل اعمال می‌گردد. با توجه به اینکه ممکن است بسته به نوع سنجنده خطاهای مختلفی وجود داشته باشد این روش کاملا وابسته به سنجنده است و مدل‌های به کار رفته در آن از سنجنده‌ای به

[1] Panorama Effect
[2] Sweep
[3] Relief displacement
[4] Skew

سنجنده دیگر متفاوت است. روش کلی با ایجاد رابطه‌ای ریاضی میان فضای تصویر (دارای خطا) و فضای نقشه (فرض بدون خطا) ضمن انتقال مختصات سطر و ستون تصویر به مختصات واقعی، سعی در مدل نمودن خطاهای هندسی می‌کند. این کار با تعیین چند نقطه و تعیین مختصات آن‌ها در سیستم مختصات نقشه و تصویر انجام می‌شود (۱۰ و ۱۳). هدف از تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای تغییر سیستم مختصات اجزای تصویر و تطابق آن با تصاویر تصحیح شده یا نقشه‌های متناظر است (۳). در تحقیق حاضر تصاویر سنجنده TM و OLI سری ماهواره‌های لندست پنج و هشت موجود در آرشیو داده‌ها دارای تطابق هندسی مناسبی بوده که تطابق دقیق نقشه آبراهه‌های استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی با این تصاویر گواه بر این موضوع است.

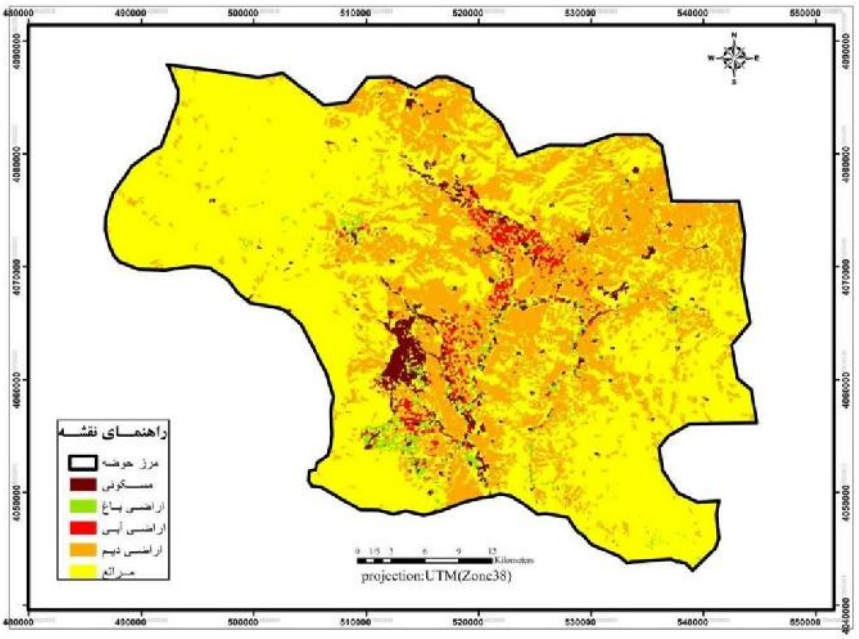
تصحیح رادیومتریک

تصاویر خام سنجش از دور همیشه دارای خطایی در مقادیر ثبت شده برای پیکسل‌ها می‌باشند که به خطای رادیومتریک معروف است. انجام این تصحیح در اغلب موارد و به خصوص برای داده‌های قدیمی کار بسیار سختی است. تصحیحات اتمسفری که یکی از تصحیحات رادیومتریک است در سنجش از دور از ضروریات است (۳). اتمسفر بخشی از انرژی الکترومغناطیس را از خود عبور داده و بخشی دیگر توسط مولکول‌های موجود در اتمسفر جذب می‌شود. جذب انرژی در برخی از بخش‌های طیف الکترومغناطیس بسیار زیاد بوده و در برخی دیگر پایین است. به آن قسمت از طیف الکترومغناطیس که جذب اتمسفری در آن‌ها در پایین‌ترین سطح قرار دارد پنجره‌های اتمسفری[1] می‌گویند. در تحقیق حاضر جهت تصحیحات رادیومتریک از روش کواک استفاده شد. سپس در قسمت پردازش اقدام به طبقه‌بندی با توجه به وضعیت منطقه شامل ۵ کلاس اراضی کشاورزی آبی، مراتع، اراضی دیم، اراضی باغی و اراضی مسکونی با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده بر اساس الگوریتم حداکثر احتمال شد. به‌طور کلی، فرایند انجام تحقیق مبتنی بر مراحلی است که به صورت شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که شکل۲ نشان می‌دهد تصاویر پس از اعمال تصحیحات هندسی و اتمسفری با یکدیگر موازییک شدند و سپس منطقه مورد مطالعه شکل گرفت. در مرحله بعد منطقه مورد مطالعه از کل تصویر برش داده شد. سپس از طریق نمونه‌گیری، با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی صورت گرفت. در نهایت ماتریس خطا طبقه‌بندی شد و میزان صحت‌سنجی هر یک از پوشش‌ها نیز بدست آمد که در ادامه مورد تشریح و تفسیر قرار می‌گیرد.

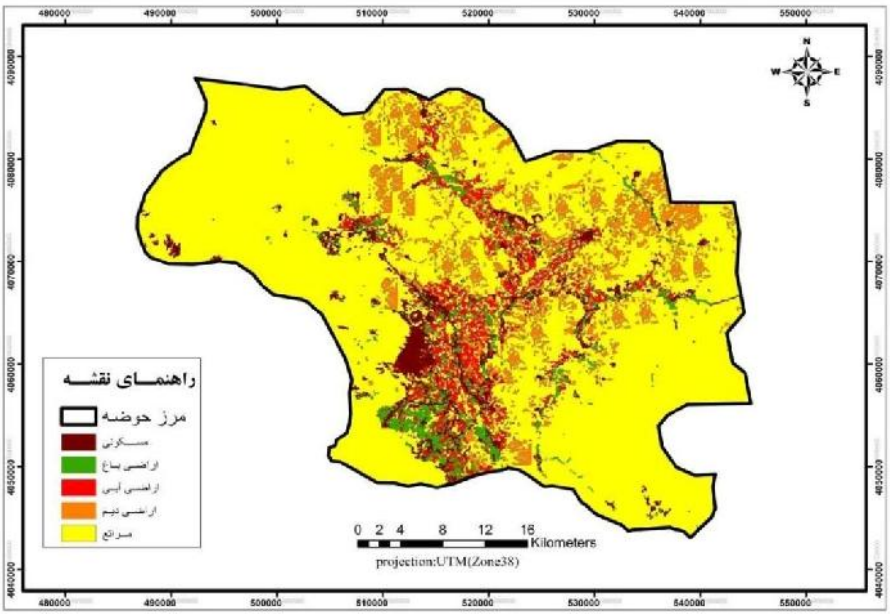
[1] Atmospheric Window

طبقه‌بندی کاربری اراضی

در پژوهش حاضر از الگوریتم حداکثر احتمال در نرم‌افزار ENVI 5.1 به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد، تا بدین‌وسیله پوشش اراضی مختلف از یکدیگر جدا شوند. بنابراین نمونه‌های تعلیمی از طبقات مختلف در نظر گرفته شده تهیه و طبقه‌بندی براساس آن‌ها انجام شد. شکل‌های ۲ و ۳ نقشه‌های کاربری اراضی حوضه لاجان را برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ نشان می‌دهند.



شکل ۲ نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۳۸۰



شکل ۳ نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۵

مساحت هر یک از کلاس‌ها مربوط به نقشه کاربری اراضی بر حسب کیلومترمربع برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ در جدول ۳ ارائه شده است نتایج حاصل از جدول ۲ نشان داد که بیش‌ترین مساحت برای هر دوسال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ مربوط به مراتع می‌باشد.

جدول ۲ مساحت و درصد طبقات کاربری های اراضی حوضه لاجان

سال	۱۳۸۰		۱۳۹۵	
نام کاربری	کیلومترمربع	درصد	کیلومترمربع	درصد
مراتع	۹۹۷/۳۴	۶۳/۷	۸۶۲/۲۹	۵۵
اراضی باغی	۲۹/۹۸	۱/۹۱	۵۰/۳۵	۳/۲۳
اراضی کشاورزی ابی	۳۷/۹	۲/۴۳	۱۵۰/۶۵	۹/۶۲
اراضی دیم	۴۵۹/۳۸	۲۹/۳۴	۴۳۳/۲۲	۲۷/۶۷
اراضی مسکونی	۴۰/۹۴	۲/۶۳	۶۸/۹۴	۴/۴
کل حوضه	۱۵۶۵/۵۶	۱۰۰	۱۵۶۵/۵۶	۱۰۰

ارزیابی نتایج حاصل از طبقه‌بندی

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهم پس‌پردازش می‌باشد و ارائه نتایج طبقه‌بندی بدون هیچ‌گونه پارامتری که کیفیت و صحت این نتایج را بیان کند از ارزش آن‌ها می‌کاهد (۱۷). بنابراین به منظور ارزیابی دقت نقشه کاربری اراضی تولید شده، دقت کاربر و دقت تولید کننده آن محاسبه گردید و خطای گماشته شده و حذف شده مربوط به کلاس‌های کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳).

جدول ۳ نتایج حاصل از ارزیابی صحت طبقه بندی کننده الگوریتم حداکثر احتمال به درصد

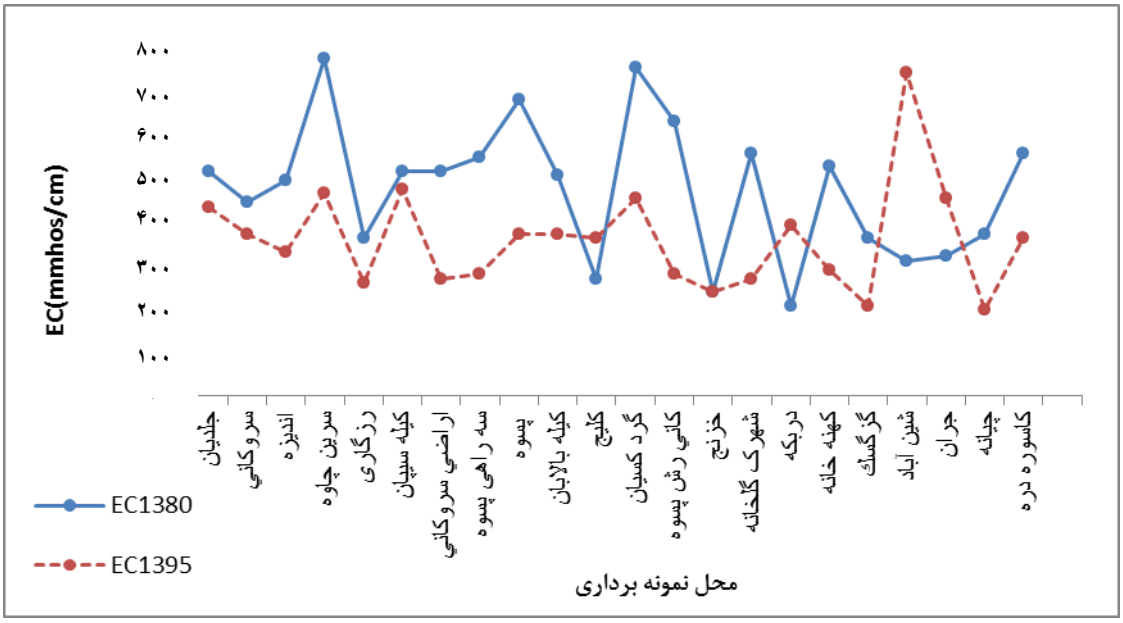
سال	کاربری	دقت کاربری	دقت تولید کننده	خطای حذف شده	خطای گماشته شده
۱۳۸۰	مراتع	۸۸/۱۵	۸۸/۱۳	۱۰۰/۰۰	۱۱/۲۶
۱۳۸۰	اراضی باغی	۹۲/۹۶	۹۱/۷۰	۱۰/۲۵	۹/۶۵
۱۳۸۰	اراضی کشاورزی ابی	۸۸/۹۸	۸۹/۲۱	۱۱/۰۲	۱۰/۷۹
۱۳۸۰	اراضی دیم	۸۷/۲۵	۸۶/۲۰	۹	۱۱
۱۳۸۰	اراضی مسکونی	۷۸/۱۲	۸۸/۷۴	۱۲/۸۸	۱۱/۲۶
۱۳۹۵	مراتع	۹۱/۴۵	۸۸/۶۴	۸/۳۳	۱۰/۱۳
۱۳۹۵	اراضی باغی	۹۱/۹۴	۸۹	۸/۲۵	۹/۸۱
۱۳۹۵	اراضی کشاورزی ابی	۹۲/۳۷	۸۸/۱۳	۷/۶۳	۱۱/۸۷
۱۳۹۵	اراضی دیم	۹۰/۱۵	۸۹/۴۵	۷	۱۰/۱۶
۱۳۹۵	اراضی مسکونی	۹۱/۱۶	۸۹/۰۰	۸/۸۴	۱۱/۰۰

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۴ مقادیر پارامترهای دقت کاربر، دقت تولید کننده، خطای حذف شده و خطای گماشته شده برای تک تک کلاس‌ها برای هر دوسال مقادیر تقریبا مشابهی و قابل قبولی را برای نقشه‌های تولید شده نشان می‌دهند.

بررسی پارامترهای کیفیت منابع آب زیرزمینی حوضه لاجان سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵

هدایت الکتریکی (EC)

گستره تغییرات EC در نمونه‌های مورد مطالعه سال ۱۳۸۰ بین ۲۰۰ تا ۷۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر با میانگین ۴۶۰/۴۵ میکروموس بر سانتی‌متر است. بیش‌ترین مقدار EC مربوط به نمونه ۴ بوده که از روستای سرین‌چاوه برداشته شده است و کمترین مقدار EC مربوط به نمونه‌ی ۱۶ در روستای دربکه بود. در نمونه‌های بررسی شده مربوط به سال ۱۳۹۵ مقدار هدایت الکتریکی بین ۱۹۰ تا ۷۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر با میانگین ۳۴۶/۳۶ میکروموس بر سانتی‌متر است. بیش-ترین مقدار EC در سال ۱۳۹۵ مربوط به نمونه بود که از روستای شین‌آباد برداشته شده است و کمترین مقدار EC مربوط به نمونه ۲۱ در روستای چیانه می‌باشد. شکل ۴ نمودار تغییرات هدایت الکتریکی در سال ۱۳۸۰ و سال ۱۳۹۵ حوضه لاجان را نشان می‌دهد.

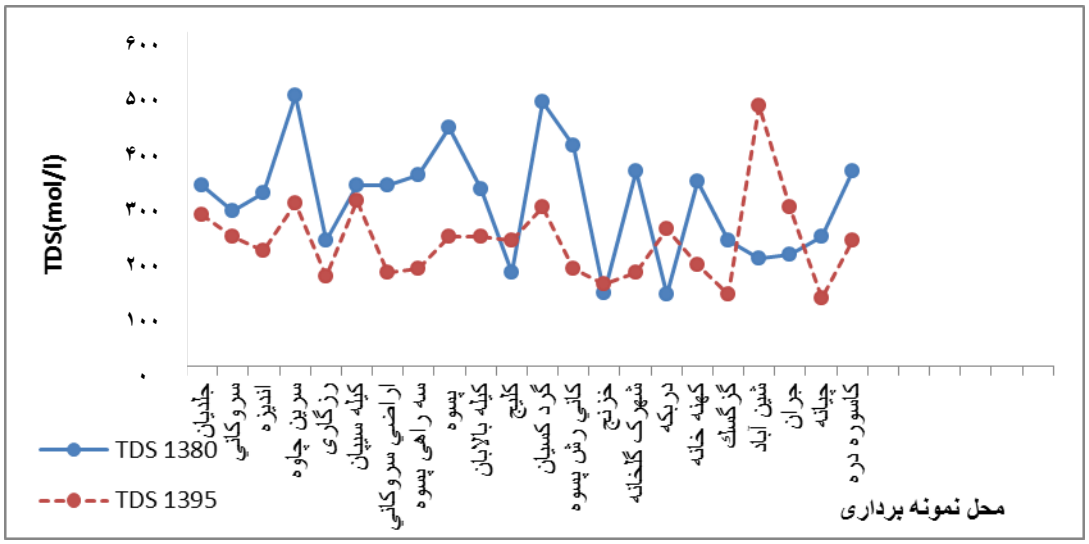


شکل ۴ نمودار تغییرات EC سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ حوضه لاجان

غلظت املاح محلول (TDS)

به طورکلی، غلظت املاح محلول در آب می-تواند ناشی از منابع انسانی مانند تخلیه فاضلاب‌های خانگی و پساب-های کشاورزی و عوامل طبیعی از جمله انحلال سازندهای زمین‌شناسی باشد (۱۲ و ۲۳). بازه تغییرات TDS در نمونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۰ بین ۱۳۰ تا ۴۸۷ میلی‌گرم بر لیتر و با میانگین ۲۹۸/۵۵ میلی‌گرم بر لیتر است. بیش‌ترین مقدار TDS مربوط به نمونه‌ی سرین چاوه با ۴۸۷ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین مقدار مربوط به نمونه‌ی دریکه به مقدار ۱۳۰ میلی-گرم بر لیتر می‌باشد و بازه تغییرات TDS در نمونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵ بین

۱۲۳/۵ تا ۴۶۸ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۲۲۵/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر است. بیش‌ترین مقدار TDS در سال ۱۳۹۵مربوط به نمونه‌ی شین‌آباد به مقدار ۴۶۸ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین مقدار مربوط به نمونه‌ی چیانه به مقدار ۱۲۳/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. اگر میزان TDS در نمونه آب، بیش از ۵۰۰ میلی-گرم بر لیتر باشد، در این‌صورت امکان رخداد فرآیندهایی چون انحلال سنگ‌های تبخیری، انحلال کربنات‌ها و آلودگی آب وجود دارد (۱۲ و ۱۶). بر این اساس، بررسی نمونه‌های آب از چاه‌های انتخابی نشان داد که همه نمونه‌ها از نظر غلظت املاح محلول در دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ برای شرب مناسب هستند. با توجه به مقدار TDS در نمونه‌های آب چاه‌های انتخابی و ارتباط آن با EC می‌توان گفت که پارامتر TDS در نمونه‌های آب زیرزمینی حوضه لاجان تا حدودی نیز تحت تأثیر فاضلاب‌های خانگی و نوع کشت آبی می‌باشد. شکل ۵ نمودار مقایسه مقدار TDS در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ حوضه لاجان را نشان می دهد.

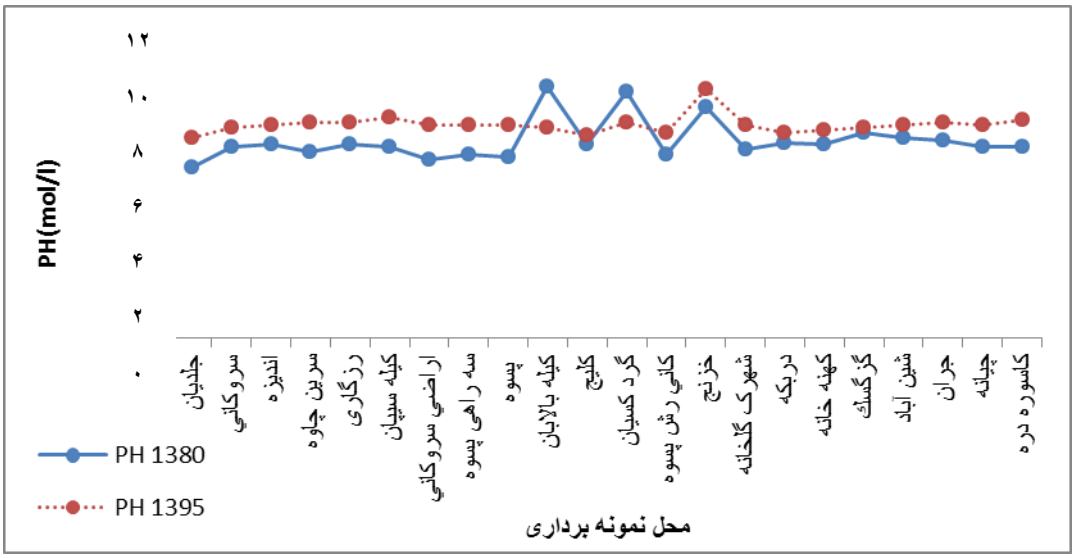


شکل ۵ نمودار مقایسه مقدار TDS در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ حوضه لاجان

اسیدیته (pH)

pH آب‌های طبیعی عمدتاً تابع سنگ‌شناسی منطقه و هم‌چنین حضور گاز دی‌اکسیدکربن و دیگر گازهای جوی حل شده در آب می‌باشد. گستره pH نمونه‌های آب مورد مطالعه سال ۱۳۸۰ بین ۶/۷ تا ۹/۹ و میانگین آن ۷/۷۵ می‌باشد. کمترین مقدار pH مربوط به نمونه برداشت شده از منطقه جلدیان با مقدار ۶/۷، که از مناطق مسکونی برداشته شده و بیش-ترین مقدار آن نیز مربوط به کلیله بالایان به مقدار ۹/۹ می‌باشد. در نمونه‌های سال ۱۳۹۵ نیز مقدار pH بین ۷/۹ تا ۹/۸ با میانگین ۸/۴۱ می‌باشد. کمترین و بیش‌ترین مقدار pH در سال ۱۳۹۵ به‌ترتیب مربوط به نمونه برداشت شده از منطقه جلدیان و خزنج با مقادیر ۷/۹ و ۹/۸ می‌باشد. شکل ۷ نمودار مقایسه میزان

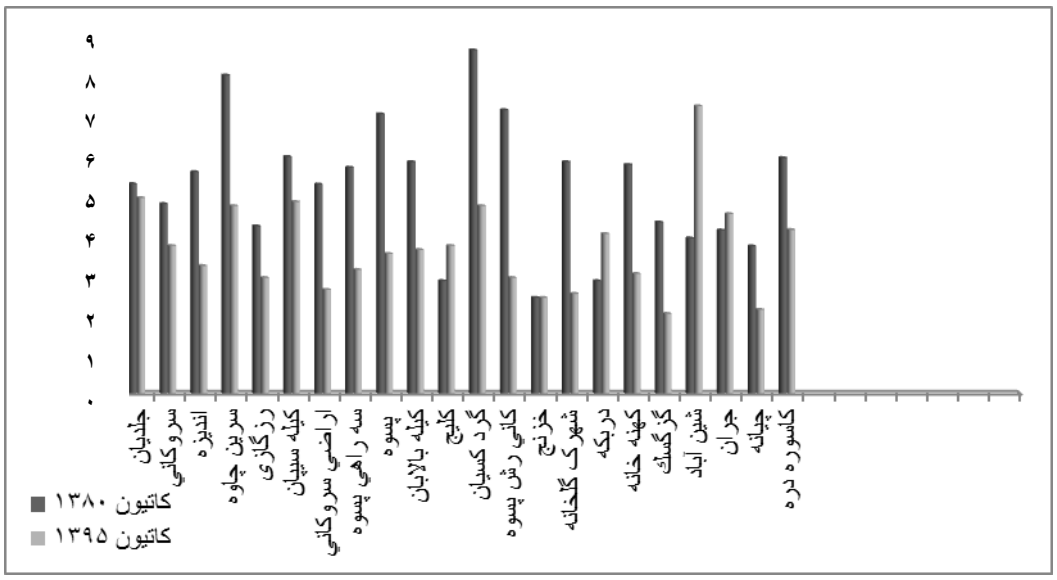
pH در منابع آب زیرزمینی حوضه لاجان در سال ۱۳۸۰ و۱۳۹۵ ارائه شده است. به طور کلی مقدار pH در اکثر نمونه های ۱۳۹۵ به نسبت pH نمونه‌های سال ۱۳۸۰ افزایش یافته‌اند. شکل ۶ نمودار مقایسه میزان pH در منابع آب زیرزمینی حوضه لاجان در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.



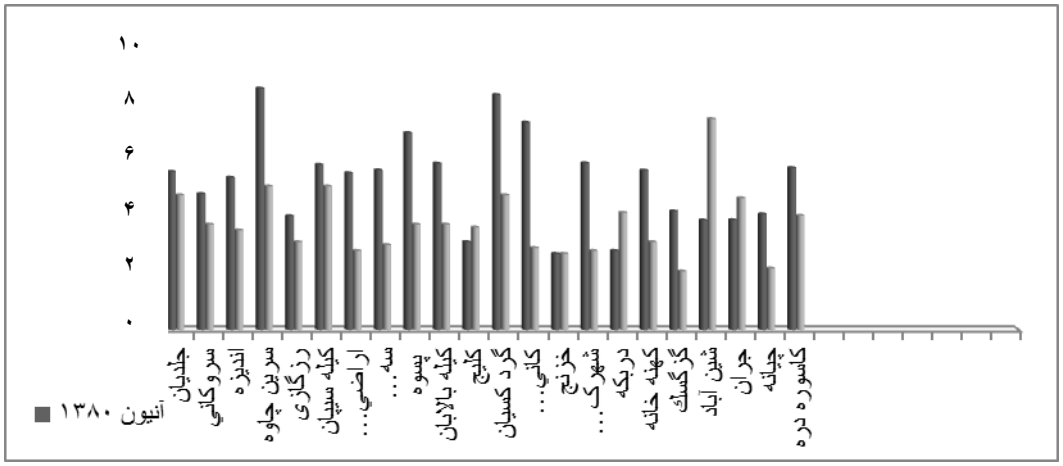
شکل ۶ نمودار مقایسه میزان pH در منابع آب زیرزمینی حوضه لاجان در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵

کاتیون‌ها و آنیون‌ها

مهم‌ترین آنیون‌های موجود در حوضه لاجان بی‌کربنات‌ها، سولفات‌ها، کلرورها و فسفات‌ها بوده که با توجه به شرایط هر منطقه، مقادیر متفاوتی از آن‌ها در آب وجود دارد. هم‌چنین کاتیون‌های مهم موجود در آب زیرزمینی حوضه لاجان شامل کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم است. شکل ۷ تغییرات کاتیون‌ها و شکل ۸ تغییرات آنیون‌ها در ۲۲ نمونه انتخاب شده در دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ بر حسب میلی‌اکی‌والانت را نشان می‌دهند.



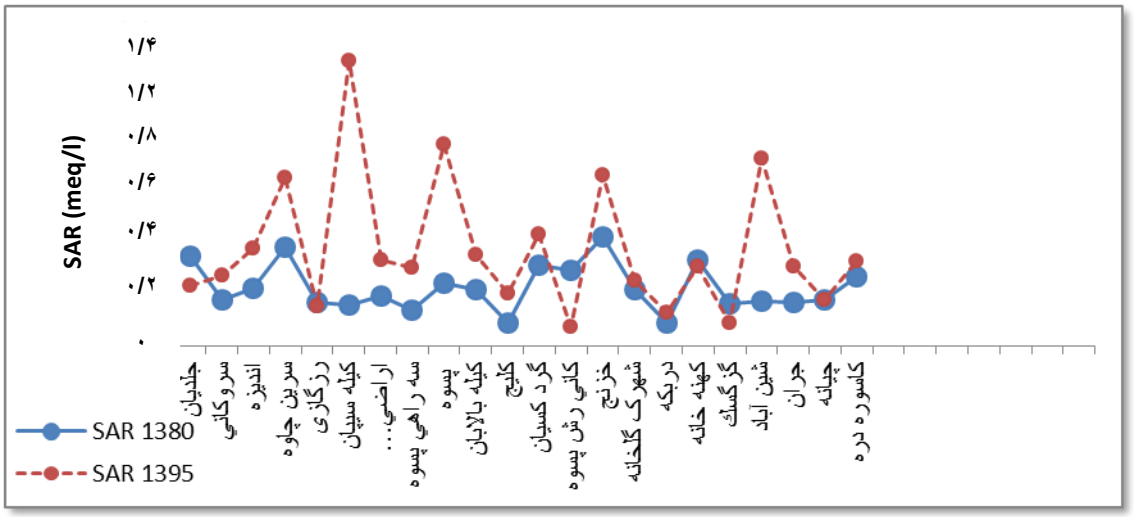
شکل ۷ تغییرات کاتیون‌ها در ۲۲ نمونه انتخاب شده را در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵بر حسب میلی‌اکی‌والانت



شکل ۸ تغییرات آنیون‌ها در ۲۲ نمونه انتخاب شده را در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵بر حسب میلی‌اکی‌والانت

نسبت جذب سدیم (SAR)

شکل ۹ نمودار تغییرات نسبت جذب سدیم (SAR) در ۲۲ ایستگاه در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ برای حوضه لاجان را نشان می‌دهد.



شکل ۹ نمودار تغییرات نسبت جذب سدیم در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بررسی کاربری‌های مختلف نشان داد که در سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ منطقه مورد مطالعه، بیش‌ترین مساحت کاربری برای هر دو سال مربوط به مراتع و کمترین کاربری در سال ۱۳۸۰ مربوط به اراضی باغی و در سال ۱۳۹۵ مربوط به اراضی مسکونی می باشد. با مقایسه کاربری‌های سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ مشاهده می‌شود که سطح مراتع حوضه لاجان به مقدار ۱۳۵/۰۵ کیلومترمربع یعنی ۸/۷ درصد و سطح اراضی دیمی به میزان ۲۶/۱۶ کیلومترمربع یعنی ۲/۳۳ درصد کاهش یافته است. از طرف دیگر اراضی کشاورزی آبی ۱۱۲/۷۵ کیلومترمربع یعنی ۷/۱۹ درصد، اراضی مسکونی ۲۸ کیلومترمربع یعنی ۱/۷۷ درصد و اراضی باغی ۲۰/۳۷ کیلومترمربع یعنی ۱/۳۲ درصد افزایش یافته است. بیش-ترین تغییرات در کاربری اراضی مراتع و اراضی آبی صورت گرفته که بیش‌ترین مقدار تغییرات مربوط به مناطق مستعد کشاورزی می‌باشد که در آن اراضی دیمی به اراضی کشاورزی آبی تبدیل شده و مراتع در مناطق شیب‌دار به اراضی دیمی تبدیل شده است. به طور کلی، نتایج تحقیق نشان داد که داده‌های مربوط به ماهواره لندست ۵ و ۸ و سنجنده‌های TM و OLI برای تهیه نقشه کاربری اراضی با روش سیستم اطلاعات جغرافیایی بر صحت و دقت نقشه می‌افزاید که در تحقیقات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور نیز در زمینه پردازش رقومی تصاویر سنجنده‌های TM و OLI در استخراج نقشه کاربری و پوشش اراضی، به این مهم اشاره شده است. نتایج حاصل از تغییر کاربری با نتایج ریاحی و همکاران و سینگ و همکاران (۱۹ و ۱۶) هم‌خوانی دارد.

گستره تغییرات EC در سال ۱۳۸۰ نسبت به سال ۱۳۹۵ روند نزولی داشه است به جز در مناطق کلیه بالابان و شین‌آباد، در مناطق مسکونی، فاضلاب‌های خانگی به دو صورت پخش در سطح زمین و تخلیه در چاههای

جذبی تخلیه می‌شوند. با توجه به این که فاضلاب این اثر را دارد که آب مورد استفاده در شهر، از EC بالاتری برخوردار باشد، احتمالاً نمونه‌هایی که دارای EC بالاتری هستند (مناطق کلیه بالابان و شین‌آباد)، تحت تأثیر نشت فاضلاب مناطق مسکونی قرار گرفته‌اند (۴).

با توجه به تغییرات رخ داده در سال های ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۰ در کاربری های مختلف اراضی، ولی تغییرات اساسی در پارامترهای اندازه گیری شده کیفیت آب رخ نداده است مقدار تغییرات کاتیون‌ها و آنیون‌ها روند کاهشی را نشان می‌دهد به جز منطقه شین‌آباد که در محدوده شهر واقع شده و تغییر کاربری از کشاورزی به مسکونی تبدیل شده و متاثر از پساب فاضلاب و کشاورزی بوده است (۴). پس می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات کاربری اراضی در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه بر کیفیت آب‌های زیرزمینی با توجه به مقادیر و مقایسه پارامترهای اسیدیته، هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، غلظت املاح محلول، کاتیون‌ها و آنیون‌ها اندازه‌گیری شده در تحقیق حاضر، اثرگذار نبوده است که با تحقیقات طباطبایی و همکاران، ابراهیمی و همکاران و آندارد و همکاران (۱، ۹ و ۲۰) هم-خوانی نداشت. در حالی‌که نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج کاستیلو و همکاران و رحمتی و همکاران (۶ و ۱۵) مطابقت داشت.

مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی (HCO_3^-، SO_4^{2-}، Cl^-، Mg^{2+}، Ca^{2+}، Na^+، EC) آب در نمونه‌های آب زیرزمینی حوضه لاجان، از محل تغذیه (غرب و شرق حوضه) به محل تخلیه‌ی آبخوان (جنوب حوضه) روند افزایشی نشان می‌دهند. غلظت بی کربنات در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۰ روند نزولی را نشان می-دهد، غلظت سولفات و کلر در هر دو سال به جز نمونه شماره ۱۹ در ۱۳۹۵ که نزدیک به شهر است بالا می‌باشد که تغییرات زیادی را نشان داده که این امر نفوذ سولفات و کلر از طریق آبشویی کودهای شیمیایی و نفوذ فاضلاب‌های خانگی به آبخوان را نشان می-دهد. به‌طور کلی، فرآیندهایی همچون اکسیداسیون مواد آلی گوگرددار، مصرف کودهای شیمیایی سولفاته و فعالیت آتشفشانها می‌توانند باعث ورود سولفات به محیطهای آبی گردند (۲). عوامل طبیعی، به ویژه انحلال کربناتها و فعالیتهای انسان مانند کشاورزی و نیز تخلیه‌ی فاضلابهای خانگی به محیط، موجب بالارفتن غلظت یونهای کلر، سولفات در چاههای اطراف شهر پیرانشهر واقع در حوضه لاجان شده است. غلظت منیزیم در سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ به جز در شین‌آباد سال ۱۳۹۵ که در اطراف مناطق شهری قرار گرفته تغییرات زیادی را نشان نداد، بالاترین غلظت منیزیم در نمونه‌های برداشت شده از بخشهای شمال (رخنمون تشکیلات آهکی) مشاهده می‌شود که احتمالاً انحلال دلیل این افزایش غلظت است، چرا که منیزیم در اثر هوازدگی کانی‌هایی چون سیلیکات‌های منیزیم‌دار، دولومیت و منیزیت که انحلال‌پذیری بالایی دارند، وارد آب می‌گردد (۵). غلظت کلسیم در اکثر نمونه های سال ۱۳۸۰ در مقایسه با سال ۱۳۹۵ بیشتر می باشند که دلیل عمده آن می تواند کاهش سطح تراز آب زیرزمینی در سال

های اخیر باشد در تحقیقی که توسط قنواتی و همکاران (۱۱) انجام گرفت مشخص گردید که میانگین تراز آب زیرزمینی آبخوان پیرانشهر ۲/۹۲ متر تا سال ۱۳۹۳ کاهش یافته است. غلظت سدیم در سال ۱۳۹۵ به جز در چاه‌های پسوه و دریکه در مقایسه با سال ۱۳۸۰ که در اطراف مناطق شهری قرار گرفته تغییرات زیادی را نشان نداد. نفوذ فاضلاب مناطق مسکونی و ورود پسابهای کشاورزی، دلیل احتمالی افزایش غلظت یون سدیم در برخی نمونه‌ها (کیله سیپان و شین‌آباد در سال ۱۳۹۵) می‌باشد. فرآیند دیگری که همگام با نفوذ فاضلابهای خانگی، می‌تواند باعث افزایش سدیم در جهت حرکت آب زیرزمینی گردد، تبادل یونی سدیم موجود در رسها توسط کلسیم و منیزیم می‌باشد. بنابراین تخلیه‌ی پساب کشاورزی به آبخوان دشت نیز در افزایش غلظت سدیم برخی نمونه‌ها تأثیرگذار بوده است (۴). گستره‌ی تغییرات EC در سال ۱۳۸۰نسبت به سال ۱۳۹۵ روند نزولی داشته است به جز چاه‌های کیله بالابان و شین‌آباد، در مناطق مسکونی، فاضلاب‌های خانگی به دو صورت تخلیه می‌شوند: پخش در سطح زمین و تخلیه در چاههای جذبی. با توجه به این که فاضلاب این اثر را دارد که آب مورد استفاده در شهر، از EC بالاتری برخوردار باشد، احتمالاً نمونه‌هایی که دارای EC بالاتری هستند (کیله بالابان و شین‌آباد)، تحت تأثیر نشت فاضلاب مناطق مسکونی قرار گرفته‌اند (۴). براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی همه پارامترهای ذکر شده در نمونه‌های آب، در دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ برای آشامیدن مناسب می‌باشند.

References:

1. Andarde, E.M, & S. Aplasia, 2008. Land use effects in groundwater composition of an alluvial aquifer (Trussu River, Brazil). Environmental Research Journal 106:107-177.
2. Apaydın, A., & S.D. Aktaş, 2012. Assessment of groundwater quality of the Tatlicay aquifer and relation to the adjacent evaporitic formations (Cankiri, Turkey). Environmental monitoring and assessment, 184(4):2337-2357.
3. Arekhi, S. and Y. Niazi, 2008. Evaluation of different methods of remote sensing for land-use changes monitoring (Case study: Darreh Shahr Area, Ilam Province). Iranian Journal of Range and Desert Research 17(1):74-93. [Persian].
4. Arom, Z., 2014. The effect study of natural and human parameters on ground water quality in Siminehrood, Southwest Bokan, Shahrood University, M.Sc. Thesis, 111p. [Persian].
5. Asian Development Bank, 1997. Environmental impact assessment for developing Countries in Asia, Asian development bank publications, 349pp.
6. Castillo, R.C., I. Güneralp & B. Güneralp, 2014. Influence of changes in developed land and precipitation on hydrology. Applied Geography 47: 154-167.
7. Chen, X.W., 2002. Using remote sensing and GIS to analyses land cover change and its impacts on regional sustainable development. International Journal of Remote Sensing 23: 107-124.

8. Chidambaram, S., A. Peter, M. Prasanna, U. Karmegam, K. Balaji, R. Ramesh, Paramaguru & S. Pethaperuaml 2010. A Study on the impact of landuse pattern in the groundwater quality in around Madurai region, south India using GIS techniques. Online Journal of Earth Sciences.
9. Ebrahimi, K. & F. Mohammadi, 2007. The effect study of ground water quality in land use change by GIS, 2th national conference of Agroecology, Gorgan university of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan. [Persian].
10. Fatemi, S.B. & Y. Rezaii, 2010. Fundations of remot sensing. Azadeh publisher, 257pp. [Persian].
11. Ghanavati, E., P. Ziaiian, M. Sardashti & E. Jangi, 2007. The changes detection of morphodynamic by remote sensing principal component analysis (PCA) and fuzzy logic. Case study in Taleghan watershed. Geography Research Quaterly 62:41-53. [Persian].
12. Hounslow, A. 1995. Water quality data: analysis and interpretation. CRC press.
13. Joint Nations, 1997. Sustainable development of water resources in Asia and the Pacific: An overview.
14. Pijanowski, B.C., D.G. Brown, B.A. Shellito & Manik, G.A., 2002. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: A Land Transformation Model. Computers Environment and Urban Systems 26:553-575.
15. Rahmati, A., N. Mahmoodi, A. Mosaedi & F. Hidari, 2013. Assessing the effect of landuse and lithology on spring water quality in Piranshahr watershed, Iranian Journal of Watershed Management Science 8(27): 19-26. [Persian].
16. Riahi, M. 2012. The effect sdtudy of land use on hydraulic regime of river flow in sub-watershed Nekarood, M.Sc. Thesis, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University, 122pp. [Persian].
17. Rozbeh Kohshahi, S. 2015. The selection of appropriate indexes and thresholds for shady of water area fluctuations of Maharloo lake using remote sensing, M.Sc. Thesis, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University, 112pp. [Persian].
18. Salajegheh, A., S. Razavizadeh, N. Khorasani, M. Hamidifar & S. Salajegheh, 2010. Land use changes and its effects on water quality (Case study: Karkheh watershed). Environmental Science 37(58): 81-86. [Persian].
19. Singh, S.K., Ch.K. Singh & S. Mukherjee, 2010. Impact of land-use and land-cover change on groundwater quality in the Lower Shiwalik hills: a remote sensing and GIS based approach. Central European Journal of Geosciences 2(2):124-131.
20. Tabatabaii, H.R., N. Lalehzari, M. Noormehnad & H. Khazaii, 2010. The effect study of land use changes on ground water quality (Case study: Shahrekoord plain). Journal of Research in Agricultural Science 6(1):37-46. [Persian].
21. Thomas, A. & J. Tellam, 2005. Modeling of recharge and pollutant fluxes to urban ground waters. Science of the Total Environment 360(1-3):179-158.
22. Vito, F.U. G. Raffaele & L. Nicola, 2003. A fuzzy knowledge-based decision support system for groundwater pollution risk evaluation. Environmental Management 73(3):197-189.
23. World health organization, 2011. Guidelines for drinking water quality. Engineering sanitary ambient 16(4):4-5.