**اکوهیدرولوژی**
**دورهٔ ۹، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱، ص ۴۵۹-۴۳۷**

# اثر تغییر کاربری اراضی بر کیفیت آب زیرزمینی (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز دامغان)

**پیمان اکبرزاده[۱]، شیما نیکو[۲*]**

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه سمنان، سمنان

۲. استادیار، دانشکدهٔ کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان

(تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۱۲/۰۸؛ تاریخ بازنگری ۱۴۰۱/۰۱/۳۰؛ تاریخ تصویب ۱۴۰۱/۰۲/۱۱)

## چکیده

بخش اصلی نیاز آبی کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود، بنابراین بررسی تغییرات کیفی و کمی این آب‌ها و علل اثرگذار بر آن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. تغییرات کاربری اراضی می‌تواند باعث تغییراتی در کیفیت آب های زیرزمینی شود. در اینجا تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ در حوضهٔ آبخیز دامغان با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست ۸، ۷ و ۵، نرم‌افزار eCognition و سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفت. از ۱۷۶۰ حلقه چاه در سطح استان جهت میان‌یابی، تهیهٔ دقیق نقشه های کیفیت آب زیرزمینی و استخراج نقشهٔ زمین‌آمار و از اطلاعات ۵۸ حلقه چاه عمیق در داخل حوضه به منظور تحلیل و بررسی تغییرات کیفی استفاده شد. نتایج نشان داد سطح مراتع، جنگل و اراضی کشاورزی کاهش و سطح باغ‌ها، مناطق شهری، اراضی بدون پوشش و منابع آب سطحی (ناشی از احداث سد) افزایش یافته است. در این دوره تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی شامل کلر ۱/۰۱ میلی اکی والان افزایش، سولفات ۰/۳۴ میلی اکی والان کاهش، بی‌کربنات ۰/۴۶ میلی اکی والان افزایش، منیزیم ۰/۳۲ میلی اکی والان افزایش، کلسیم ۲/۲۵ میلی اکی والان کاهش و سدیم ۳/۵۸ میلی اکی والان افزایش، هدایت الکتریکی ۴۴/۸۱ میکرو موس بر سانتی‌متر افزایش، غلظت املاح محلول ۱۰۳/۸۸ میلی‌گرم بر لیتر افزایش و اسیدیته ۰/۰۹ افزایش است. این تغییرات با نرم‌افزار R مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان دادند تغییرات کیفیت آب در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی است.

**کلمات کلیدی:** کیفیت آب، درون‌یابی، تغییرات کاربری اراضی، سنجش از دور، eCognition.

* نویسندهٔ مسئول

Email: shimanikoo@semnan.ac.ir

**مقدمه**

روند زوال و نابودی پوشش سرزمین و تخریب اراضی در مناطق زیادی از سطح کرهٔ زمین به‌سرعت در حال وقوع است و این یک معضل و خطر جدی برای جوامع بشری است [۱]. تا نیم قرن اخیر آثار تخریب ناشی از فعالیت های انسانی چندان در طبیعت مشهود نبود و یا منابع حیاتی (زیستی) مورد نیاز انسان را تهدید جدی نمی‌کرد [۲]. تغییر کاربری زمین در نتیجهٔ اثر متقابل عوامل زیادی مانند سیاست، مدیریت، اقتصاد، فرهنگ، رفتار انسانی و محیط است و 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 گونه‌ای بگذارد [۳]. کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر حفظ سلامتی اکوسیستم طبیعی بسیار اثرگذار است و نسبت به تغییرات عوامل محیطی بسیار حساس‌اند، به همین دلیل است که از آن ها به عنوان مؤلفه‌های اصلی برای شناخت شرایط منطقه و شناسایی تغییرات محیطی بهره می گیرند [۴]. در حال حاضر، بهره‌گیری از نقشه‌های کاربری اراضی، یکی از مؤلفه‌های اصلی در تولید داده‌های مورد نیاز برای برنامه‌ریزی در سطوح بزرگ و کوچک است، پوشش گیاهی در سراسر جهان تحت تأثیر مدیریت ضعیف سرزمین، چرای بیش از حد، افزایش میزان املاح در آب و خاک، افزایش گونه های مهاجم بوده و نتیجهٔ آن زوال و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی است و به دنبال آن، میزان دسترسی جوامع انسانی به خدماتی که منابع طبیعی به آن ها ارائه می دهد، کاهش می یابد [۵]. کاربری اراضی، به دلایل مختلف و با گذشت زمان بر اثر عوامل انسانی و طبیعی دچار تغییر و تحول می شود که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به همین دلیل است که آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت تغییرات ایجادشده در یک اکوسیستم اهمیت زیادی دارد [۶]. از طرفی، نقشه‌های کاربری پوشش زمین از مهم ترین منابع اطلاعاتی در بحث مدیریت منابع طبیعی به شمار می‌رود [۷]. تغییرات کاربری اراضی، بهره‌برداری بیش از حد خاک، استفادهٔ مداوم از منابع آب سطحی و زیرزمینی اثرات منفی معنا داری بر محیط زیست دارد [۸]. بررسی فعالیت‌های انسانی بر منابع آب زیرزمینی به عنوان وسیله و ابزاری کارآمد برای تشخیص مناطق تحت تأثیر و اعمال فعالیت های حفاظتی جهت حفظ کیفیت آب این مناطق مورد توجه است [۹]. 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 [۱۰]. تغییرات کاربری اراضی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی نه‌تنها باعث کاهش کمیت، بلکه سبب تخریب کیفیت این منابع ارزشمند شده است. درنتیجه، مطالعه و بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی می تواند به مدیریت صحیح استفاده از این منابع آبی کمک کند [۱۱]. آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین منابع آب هستند که نقش مهمی در تأمین آب مورد نیاز فعالیت‌های کشاورزی و شرب در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارند. آگاهی از کیفیت منابع آب، یکی از نیازمندی‌های مهم در مدیریت، برنامه‌ریزی و توسعهٔ منابع آب و حفاظت و کنترل آن‌ها است [۱۲-۱۴]. با توجه به اینکه منابع آب زیرزمینی جزء ذخایر ارزشمند و عوامل مهم در توسعهٔ پایدار هر کشور به شمار می رود، در نتیجه کسب اطلاعات در رابطه با آن ضروری است و همچنین، تهیهٔ نقشهٔ تغییرات کاربری اراضی و نیز تغییرات ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی می تواند گامی اساسی در بهره برداری صحیح از این منابع باارزش و خدادادی باشد و نقش مهمی در فرایند تصمیم گیری، مدیریت استفاده و بهره برداری از آن ها را ایفا کند [۱۵ و ۱۶]. با وجود اینکه روش های سنتی گوناگونی برای ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر منابع آب زیرزمینی و بررسی وضعیت کیفیت این منابع وجود دارد، اما از نظر زمان و هزینه به‌صرفه نیست، اما بهره گیری از سنجش از دور و زمین آمار توانسته است تا حد زیادی با کاهش تعداد نمونه‌برداری و ارائهٔ برآورد دقیق تر نسبت به سایر روش ها به‌صرفه باشد [۱۷-۱۹]. در بحث بررسی تغییرات کاربری اراضی استفاده از داده های سنجش از دور به دلیل داشتن امکاناتی مانند به‌هنگام بودن، توان تفکیک طیفی، رادیو متریک و مکانی بالا، پوشش وسیع، تکرار در سال های مختلف، پتانسیل بالایی را جهت بررسی تغییرات زمانی و مکانی کاربری اراضی و شکل رقومی داده امکان پردازش سیستمی که دارند، ضروری است [۲۰]. داده‌های سری زمانی تصاویر ماهواره ای بهترین و کاربردی ترین نوع اطلاعات برای بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر

اثر عوامل طبیعی (عوامل اقلیمی) و غیرطبیعی (انسانی) هستند [۲۱ و ۲۲]. از طرفی، در بحث بررسی منابع آب زیرزمینی نیز انتخاب روش مناسب برای پهنه‌بندی و تهیهٔ نقشهٔ تغییرات ویژگی کیفی آب های زیرزمینی گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع آبی منطقه به شمار می رود [۱۶ و ۲۳]. در همین خصوص، صفوی گردینی و همکاران [۲۴] به این نتیجه رسیدند که روش کریجینگ دقت مناسبی برای پهنه بندی کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی دارد. Marengo و همکاران [۲۵] نیز دقت روش کریجینگ در پهنه بندی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی را تأیید کرده اند. زهتابیان و همکاران [۲۶] نیز در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ و تابع شعاعی از دقتی بیشتر برای بیشتر عامل ها برخوردار بود. با توجه به اینکه در کشور ما از یک‌سو منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب هستند و همچنین، بخش زیادی از آب مصرفی در بخش کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود و از سوی دیگر، افت سفره‌های آب زیرزمینی و به دنبال آن کاهش کیفیت این آب‌ها از مهم‌ترین عوامل بیابان زایی به شمار می رود، بررسی علل کاهش کیفی و کمی این منابع ضروری به نظر می رسد. شناسایی این عوامل و درک اثر هر یک از آن‌ها می‌تواند در مدیریت مناسب و جلوگیری از افت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی مؤثر باشد. بنابراین، در پژوهش حاضر اثر تغییر کاربری بر کیفیت منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان مورد بررسی قرار گرفت.

## پیشینهٔ تحقیق

Chen (۲۰۰۲) در تحقیقی به بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب زیرزمینی در منطقهٔ بیابانی سانگ پرداخت. نتایج پژوهش ایشان نشان داد سطح آب زیرزمینی کاهش داشته است که علت آن را به گسترش مناطق شهری و صنعتی نسبت داد [۲۷]. در همین راستا، نتایج پژوهش محمود حسن (۱۳۹۶) با هدف ارزیابی نقش کاربری اراضی بر تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در حوضهٔ لاجان نشان دادند تغییراتی که در کیفیت آب زیرزمینی در این حوضه اتفاق افتاده، در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی نبوده است [۲۸]. Prăvălie و همکاران (۲۰۱۷) نیز حساسیت تخریب اراضی را در جنوب غربی رومانی با استفاده از تکنیک‌های GIS و مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد ۷۰ درصد از منطقهٔ مورد مطالعه به دلیل فشار کشاورزی، کیفیت آب زیرزمینی و پوشش گیاهی کم در شرایط بحرانی قرار گرفته و به‌تبع، تغییر کاربری کیفیت آب زیرزمینی دچار تغییر و تحول شده است [۲۹]. در همین راستا، طاها و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی به بررسی مدیریت منابع آب زیرزمینی محلی در یمن پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد مدیریت آب‌های زیرزمینی در یمن به‌شدت تحت تأثیر بهره‌برداری بی‌رویهٔ فعالیت‌های کشاورزی بوده است [۳۰]. در همین راستا، Mishra (۲۰۱۵) در تحقیقی اثر تغییر کاربری اراضی را بر منابع آب زیرزمینی در منطقهٔ Haridwar هاریدوار[1] در هند مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق یادشده نشان داد افزایش وقوع سیل، افزایش بی‌رویهٔ جمعیت، فعالیت‌های صنعتی به همراه تقاضای سوخت‌های فسیلی و گیاهی موجب افزایش سرعت تغییر در الگوهای کاربری اراضی شده و به تبع آن، افزایش مناطق مسکونی و کاهش سطح پوشش گیاهی به طور مستقیم بر کاهش سطح منابع آب زیرزمینی اثر گذاشته است [۳۱]. کاشی زنوزی و همکاران (۱۳۹۷) نیز در تحقیقی تحت عنوان «بررسی تغییرات برخی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی به روش زمین‌آمار در حوضهٔ آبخیز شهرستان مرند» به این نتیجه رسیده اند که مقادیر آنیون SO، SAR،TDS، EC، Cl بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ در جهت غربی و شرقی روند افزایشی نامحسوسی داشتند و در سال ۱۳۹۱ با شیب بیشتری افزایش یافتند و از طرفی، این عوامل در جهت شمالی و جنوبی از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ در قسمت شمال حوضه افزایش، در میانهٔ حوضهٔ آبخیز کاهش و در جنوب حوضهٔ آبخیز دوباره افزایش یافته است. روند تغییرات این پارامترهای کیفی در آب زیرزمینی حوضهٔ آبخیز شهرستان مرند تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی ناشی از تغییرات کاربری اراضی، گسترش روستا و ... هستند [۳۲].

نتایج تحقیق تیموری و اسدی نلیوان (۱۳۹۹) در خصوص تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت آب زیرزمینی نشان از تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی است و مدیریت کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز حبله‌رود را به

۱. هاریدوار

عنوان راهکاری برای مدیریت کیفیت آب‌های زیرزمینی عنوان کرده است [۳۳]. در همین راستا، نتایج تحقیق Chitsazan و همکاران (۲۰۱۹) که به بررسی تغییرات نیترات در آب های زیرزمینی پرداخته‌اند، بیانگر آن است که میزان نیترات بر اثر فعالیت‌های انسانی‌ــ عوامل ژنوژنیک افزایش یافته است [۳۴]. در تحقیق دیگر که توسط Bouteraa و همکاران (۲۰۱۹) که با استفاده از روش‌های زمین‌آمار انجام شد، نشان داد کیفیت آب‌های زیرزمینی بر اثر فعالیت‌های انسانی از جمله تغییرات کاربری اراضی دچار تغییر و تحول شده است [۳۵].

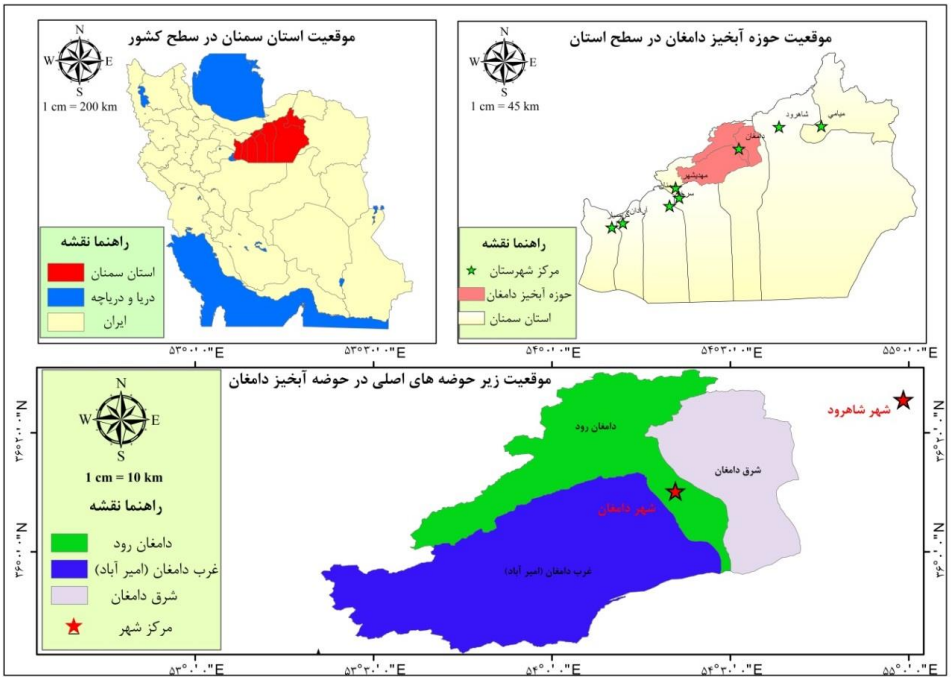
## مواد و روش‌ها

شهرستان دامغان یکی از شهرستان‌های استان سمنان است. مرکز آن شهر دامغان است که شامل دو بخش مرکزی و امیرآباد می شود. جمعیت این شهرستان بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵، برابر با ۸۶ هزار نفر بوده است. حوضهٔ دامغان دارای اقلیمی خشک است، شیب عمومی از سمت شمال به جنوب کاهش می یابد و هرچه به قسمت جنوبی این حوضه نزدیک می‌شویم، از ارتفاع کاسته می‌شود تا جایی که مرز جنوبی حوضه در دشت‌های کویری قرار دارد و جریان رودخانه در امتداد تقریبی شمال به جنوب است. منطقهٔ مطالعه‌شده حوضهٔ دامغان، شهرستان دامغان شامل سه زیرحوضهٔ دامغان‌رود، حوضهٔ غرب دامغان‌رود (امیرآباد) و حوضهٔ شرق دامغان‌رود که مساحت آن برابر با ۵۹۴۲۲۸ هکتار است (شکل ۱). در جدول ۱ مساحت زیرحوضه‌های حوضهٔ آبخیز دامغان را نشان می‌دهد که به تفکیک هر زیرحوضه آورده شده است. بر پایهٔ دستورالعمل تقسیم‌بندی حوضه‌های ایران (تماب)، حوضهٔ آبخیز دامغان به زیرحوضه‌های زیر تقسیم می‌شود [۳۶].

**جدول ۱. تقسیمات حوضهٔ آبخیز دامغان**

| کد | نام اختصاری زیرحوضه | مساحت به هکتار |
|---|---|---|
| ۴۷۷۱۱۳ | غرب دامغان (امیرآباد) | ۲۹۵۸۹۷/۵ |
| ۴۷۷۲۵۱ | شرق دامغان | ۱۲۶۱۷۴/۵ |
| ۴۷۷۴۱۹ | دامغان رود | ۱۷۲۱۵۶ |
| | جمع | ۵۹۴۲۲۸ |

منبع: تقسیمات تماب، وزارت نیرو، ۱۳۹۹




**شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعاتی در سطح کشور و موقعیت قرارگیری استان سمنان و شهرستان‌ها**

هدف اساسی این پژوهش، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در ارتباط با کیفیت منابع آب زیرزمینی طی ۱۸ سال گذشته (۲۰۰۳- ۲۰۲۰) در حوضهٔ دامغان (شهرستان دامغان)، برای درک علل اصلی که منجر به تغییرات محیط زیست و تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی است. در این راستا، برای بررسی وضعیت تغییرات کاربری اراضی و تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان از تصاویر ماهواره‌های لندست ۵، ۷ و ۸ استفاده می شود (جدول ۲). این تصاویر به صورت فایل TIF از پایگاه داده‌های[1] این سنجنده اخذ شده و به ۷ کاربری‌های مختلف تفکیک شده است. بعد از تفکیک برای هر دوره هر یک از این طبقه‌های کاربری زمین برای حوضه، مساحت سالانهٔ هر طبقه برای هر طبقه از کدهای کاربری در حوضه محاسبه شد و روند تغییرات ۱۸ سالهٔ آن (۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰) به دست آمد. درخور یادآوری است که کلیهٔ تصاویر لندست برای حوضهٔ آبخیز دامغان در دو بلوک تصویری با مشخصات به‌ترتیب مسیر ۱۶۲ و ۱۶۳ و ردیف ۰۳۵ پوشش داده می‌شود، بنابراین دو بلوک تصویری گفته‌شده برای حوضه طی دورهٔ آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ اخذ و موزاییک‌سازی شده است.

**جدول ۲. اطلاعات تصاویر ماهوارهٔ لندست ۵، ۷ و ۸**

| نوع سنجنده | تعداد باند ماهواره | قدرت تفکیک | درصد پوشش ابر | تاریخ | نوع داده | نوع سنجنده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| لندست ۸ | ۱۱ | ۱۵ تا ۳۰ متر | ۰ | ۲۰۱۵/۵/۲۶ | TIF | OLI |
| لندست ۸ | ۱۱ | ۱۵ تا ۳۰ متر | ۰ | ۲۰۲۰/۵/۷ | TIF | OLI |
| لندست ۷ | ۸ | ۳۰ متر | ۰ | ۲۰۱۰/۵/۲۸ | TIF | ETM+ |
| لندست ۵ | ۷ | ۳۰ متر | ۰ | ۲۰۰۳/۵/۱۴ | TIF | TM و ETM |

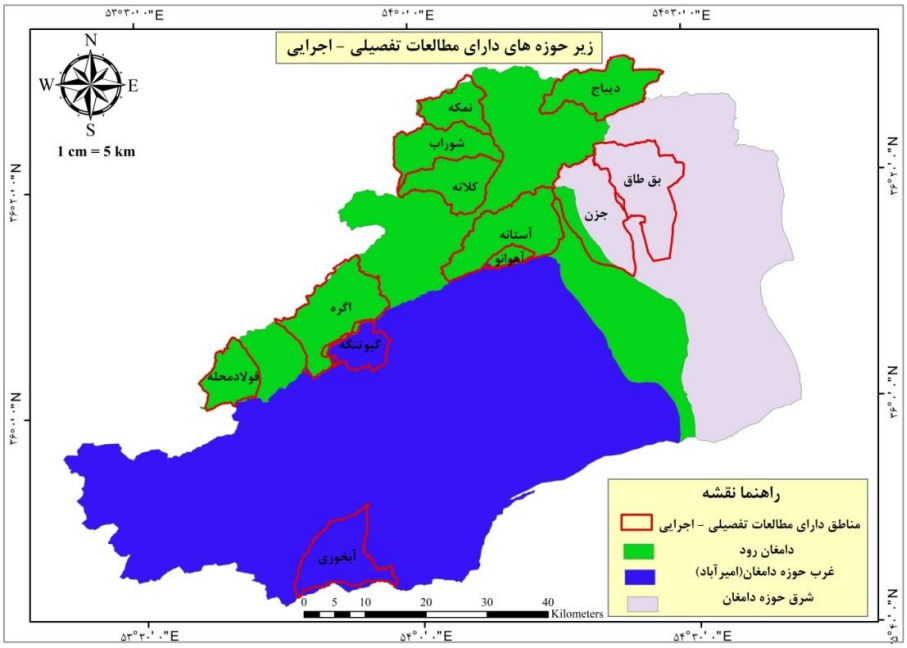
در این پژوهش بعد از تصحیحات هندسی و اتمسفری صحت و دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌های مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس، نمونه‌های مربوط به صحت‌سنجی تصاویر سال ۲۰۲۰ بر اساس عملیات میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌های موجود در نرم‌افزار گوگل ارث نقشهٔ کاربری اراضی مورد صحت‌سنجی قرار گرفت. به منظور تهیهٔ نمونه‌های مربوط به صحت‌سنجی تصاویر سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳ نیز از تصاویر گول ارث و اطلاعات زمینی مربوط به نقشهٔ ۱:۲۵۰۰۰۰ پوشش گیاهی حاصل از مطالعات تفصیلی اجرایی ۱۲ حوضهٔ آبخیزی که داخل منطقهٔ مطالعه‌شده دارای مطالعات تفصیلی- اجرایی با مساحت ۱۲۵۵۴۵/۶ هکتار است، بهره گرفته شد (ادارهٔ مهندسی و مطالعات، ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان سمنان، ۱۳۹۹) و در نهایت از این مطالعات برای صحت‌سنجی در تصاویر بهره گرفته شد (جدول ۳ و شکل ۲). جهت پردازش و رقومی‌سازی این تصاویر از نرم‌افزارهای GoogleEarth، ARCGIS10-3 و eCognition Developer استفاده شد. پردازش تصاویر در نرم‌افزار eCognition به خلاف سایر نرم‌افزارها (envi، erdas و idrisi) که مبتنی بر پیکسل‌های تشکیل‌دهندهٔ تصاویر هستند، بر اساس اشیا صورت می‌پذیرد. با قطعه‌بندی تصاویر، قادر است مجموعه‌ای از پیکسل‌های هم‌جوار را در قالب یک قطعه در نظر گیرد و پردازش تصاویر را به شکل معنادارتری انجام دهد. نرم‌افزار یادشده با داشتن ابزارهایی بسیار پیشرفته، نیاز به برنامه‌نویسی به منظور قطعه‌بندی تصاویر را به حداقل خود رسانده است [۳۷]. می‌تواند تحلیل‌های معنادارتری را از یک تصویر ساده انجام دهد، به‌واقع این برنامه می‌تواند اطلاعاتی معنادار و مفید را از یک تصویر جغرافیایی یا ماهواره‌ای استخراج کند. eCognition را می‌توان به عنوان بهترین نرم‌افزار در زمینهٔ طبقه‌بندی و یا قطعه‌بندی تصاویر به شمار آورد [۳۸]. برای انجام این تحقیق به طور متوسط برای هر دوره از تعداد ۱۷۶۰ حلقه چاه در سطح استان برای میان‌یابی و تهیهٔ دقیق نقشه های کیفیت آب زیرزمینی و استخراج نقشهٔ زمین آمار (میان‌یابی) و از اطلاعات ۵۸ حلقه چاه عمیق در داخل حوضه به منظور تحلیل و بررسی میزان تغییرات کیفیت بهره گرفته شد. به منظور کاهش اثرات تغییرات اقلیمی (بارندگی) فقط از چاه های عمیق جهت تحلیل تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی استفاده شده تا میزان تغییرات ناشی از عوامل اقلیمی به حداقل ممکن برسد. اطلاعات در دورهٔ آماری ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۸ از آب

1. https://earthexplorer.usgs.gov/

منطقه‌ای استان سمنان جمع‌آوری شد [۳۱]. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آمار توصیفی تست شد. پس از بررسی مدل‌های مختلف، مدل مناسب تعیین و از دو روش میان‌یابی قطعی توان‌دهی عکس فاصله (Inverse Weighted Distance ;IDW) و روش معمولی کریجینگ (Kriging Ordinary ;OK) نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی در ابتدا و انتهای دورهٔ آماری مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ArcGIS و GS+ نسخهٔ ۱۰,۳ بهره گرفته شد. درنهایت، از تفاضل نقشه‌های تهیه‌شده، نقشهٔ کمی تغییرات پارامترهای کیفیت شیمیایی شامل هدایت الکتریکی، باقی‌ماندهٔ املاح، کلر، اسیدیته، سولفات، بی‌کربنات، منیزیم، کلسیم، پتاسیم و سدیم آب زیرزمینی حوضهٔ آبخیز به دست آمد و درنهایت، با استفاده از نرم‌افزار R روند تغییرات کیفیت منابع آب زیرزمینی مشخص شد.

**جدول ۳. اطلاعات حوضه‌های دارای مطالعات تفصیلی- اجرایی (ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان سمنان، ۱۳۹۹)**

| ردیف | نام حوضه | مشاور | سال شروع مطالعه | سال پایان مطالعه | شهرستان | مساحت به هکتار | کد تماب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | فولاد محله | ادارهٔ مطالعات | ۷۳ | ۷۵ | مهدی‌شهر | ۷۰۴۷/۱ | ۴۷۷۱۳۱ |
| ۲ | اگره | وزنا | ۸۳ | ۸۵ | دامغان | ۱۶۰۶۳/۵۴ | ۴۷۷۱۳۱ |
| ۳ | آهوانو | نتپا | ۸۱ | ۸۶ | دامغان | ۱۶۷۲/۰۴ | ۴۷۷۱۱۴ |
| ۴ | کلاته | نتپا | ۸۱ | ۸۶ | دامغان | ۹۱۵۶/۱۶ | ۴۷۷۱۲۲-۴۷۷۱۲۱ |
| ۵ | شوراب | نتپا | ۸۱ | ۸۶ | دامغان | ۹۶۲۱/۲۷ | ۴۷۷۱۲۳ |
| ۶ | نمکه | نتپا | ۸۱ | ۸۶ | دامغان | ۶۳۱۱/۲۶ | ۴۷۷۱۲۴ |
| ۷ | دیباج | مدیریت آبخیزدار | ۷۵ | ۷۵ | دامغان | ۱۱۰۵۶/۹۱ | ۴۷۷۱۲۶ |
| ۸ | گیوتنگه | خدمات مهندسی جهاد | ۷۸ | ۸۲ | دامغان | ۵۶۹۲/۲۹ | ۴۷۷۲۶-۴۷۷۲۵ |
| ۹ | بق طاق | ایده‌پردازان توس | ۸۶ | ۸۷ | دامغان | ۱۵۷۹۸/۴۴ | ۴۷۷۴۱۲-۴۷۷۴۱۲۱ |
| ۱۰ | آبخوری | کشت‌آوران مبین | ۹۰ | ۹۱ | سمنان | ۱۱۸۱۱ | ۴۷۷۲۲۳-۴۷۷۲۲۲ |
| ۱۱ | جزن | پارس پیاب | ۹۰ | ۹۱ | دامغان | ۱۵۱۷۷/۵۹ | ۴۷۷۴۱۲۲ |
| ۱۲ | آستانه | دانشگاه سمنان | ۹۵ | ۹۹ | دامغان | ۱۶۱۳۷/۹۷ | ۴۷۷۴۱۲۵ |
| جمع | | | | ۱۲۵۵۴۵/۶ | | | |




**شکل ۲. موقعیت حوضه‌های دارای مطالعات تفصیلی اجرایی داخل منطقهٔ مورد مطالعاتی**

جهت صحت‌سنجی در برداشت نمونه‌ها در سطح عرصه و تصاویر سعی شد تا نمونه‌های آموزشی از پراکنش مناسبی در سطح تصویر برخوردار باشند که موقعیت دقیق و پراکندگی مناسب در سراسر تصویر داشته باشند که برای این کار از نرم‌افزار جی‌ای به صورت تصادفی نقاط[1] انتخاب شد؛ احتمال اینکه این مناطق به دلیل نزدیک بودن تاریخ تصویر سال ۲۰۲۰ به تاریخ بازدیدهای میدانی و در دسترس بودن داده های مرجع شناخته شده (حقایق زمینی) میزان ضریب کاپای بالاتری را دارد. ضریب کاپا از طریق رابطهٔ ۱ برای هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در جدول ۵ محاسبه شده است.

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{n} c_{ii} - \sum_{i=1}^{n} c_{i.} \cdot c_{j} / c...}{c - \sum_{i=1}^{n} (c_{i} \cdot c_{j} / c..} \qquad (۱)$$ ضریب کاپا

## یافته‌ها

در پژوهش حاضر از الگوریتم حداکثر احتمال و شیءگرا در نرم افزار eCognition بهره گرفته شده است. تصاویر در نرم‌افزار eCognition به خلاف سایر نرم‌افزارها (envi، erdas و idrisi) که فقط مبتنی بر پیکسل‌های تشکیل‌دهندهٔ تصاویر هستند، بر اساس اشیا و هم بر اساس الگوریتم حداکثر احتمال صورت می‌پذیرد. با قطعه‌بندی تصاویر، قادر هستیم مجموعه‌ای از پیکسل های هم‌جوار را در قالب یک قطعه در نظر بگیریم و پردازش تصاویر را به شکلی معنادار انجام دهیم و در نهایت، تصاویر استخراجی کاربری اراضی دارای دقت بسیار خوبی است و به این‌وسیله، پوشش اراضی مختلف با دقت بیشتری از یکدیگر جدا شدند. شکل ۳ به‌ترتیب نقشهٔ کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ میلادی را نشان می‌دهد. در بررسی مساحت کاربری اراضی برای سال های ۲۰۰۳، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ بیانگر آن است که بیشترین سطح (هکتار) تغییرات کاربری اراضی در حوضه برای هر چهار دورهٔ مورد بررسی در پژوهش، مربوط به کاربری مراتع و اراضی بدون پوشش گیاهی (بایر) است و کمترین سطح تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۰۳ مربوط به کاربری اراضی مسکونی (شهری) و اراضی باغی با ۰/۱۸ و ۱/۷۴ درصد نسبت مساحت کل است که در سال ۲۰۲۰ به کاربری کشاورزی و مسکونی (شهری) با ۰/۵ و ۰/۲۸ است. از طرفی در سال ۲۰۰۳، در حوضه فقط ۶ کاربری وجود داشت که در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ کاربری جدید تحت عنوان «منابع آب سطحی ناشی از احداث سد (دریاچه مصنوعی)» بر اثر دخالت انسان ایجاد شده است. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد سطح اراضی کشاورزی و اراضی جنگلی به ترتیب با ۷۱/۸۵ درصد و ۶۹/۷۸ درصد کاهش یافته و بیشترین درصد تغییرات کاربری اراضی را نسبت به سال ۲۰۰۳ در حوضهٔ آبخیز دامغان به خود اختصاص می دهند و از طرفی کاربری اراضی باغی، توسعهٔ مناطق شهری و اراضی بایر با ۶۰/۶۳ درصد، ۵۵/۶۲ درصد و ۲۶/۲۵ درصد افزایش سطح، مساحت بیشتری را نسبت به سال ۲۰۰۳ به خود اختصاص داده‌اند و مراتع کمترین تغییر سطح را نسبت به سال ۲۰۰۳ با ۴/۴۶ درصد به خود اختصاص داده است. رشد ۲۶/۲۵ درصدی اراضی بدون پوشش گیاهی (بایر) نشان از افزایش سطح مناطق بیابانی است و درواقع، بیابان‌زایی در این حوضه رخ داده است. منابع آب سطحی ناشی از احداث سد نیز نسبت به سال ۲۰۰۳ رشد ۱۰۰ درصد داشته و ۴۵۳/۱۵ هکتار مساحت دریاچهٔ آن است. سطح مراتع، جنگل و اراضی کشاورزی به‌ترتیب ۱۴۶۸۹/۶۶، ۳۵۴۵۷/۶۶ و ۷۵۸۸/۶۲ هکتار کاهش و سطح باغ‌ها، مناطق شهری، اراضی بدون پوشش (بایر) و منابع آب سطحی ناشی از احداث سد در نهایت به‌ترتیب ۶۲۷۸/۴۴، ۶۰۰/۲۶، ۵۰۴۰۴/۱۳ و ۴۵۳/۱۵ هکتار افزایش یافته است. بررسی نقشهٔ کاربری اراضی سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ نشان می دهد بیشترین تغییرات در بخش شمال شرق، جنوب، جنوب شرق، جنوب غرب و مرکز حوضه است در این بخش از نقشه‌ای حوضه در سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۱۰،۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ کاربری اراضی دچار تغییر و تحول گسترده‌ای شده است (شکل ۳).

دقت نقشه‌های استخراجی کاربری اراضی از طریق بررسی ضریب کاپا و دقت کلی برای هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ در جدول ۵ محاسبه شده است. ارزیابی صحت در سال ۲۰۲۰ شامل دقت کلی[2] و ضریب کاپا[3] به‌ترتیب برابر با ۰/۹۵ و ۰/۹۴ است، برای سال ۲۰۱۵

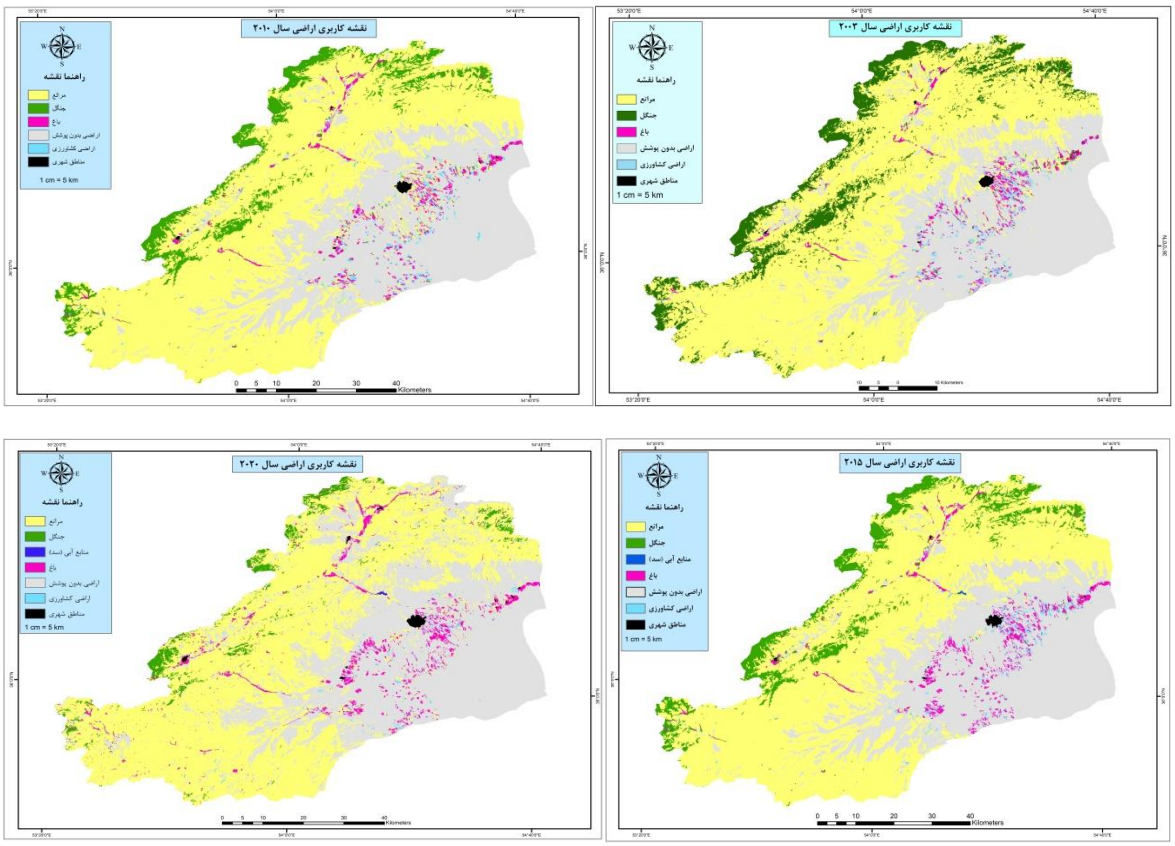
1. Cryat random point

2. Overall Accuracy
3. Kaapa

دقت کلی و ضریب کاپا به‌ترتیب برابر ۰/۹۳ و ۰/۹۱ است، برای سال ۲۰۱۰ دقت کلی و ضریب کاپا به‌ترتیب برابر ۰/۹۲ و ۰/۹۰ است و برای سال ۲۰۰۳ دقت کلی و ضریب کاپا به‌ترتیب برابر ۰/۸۹ و ۰/۸۸ است؛ از آنجا که دقت بیشتر از ۰/۸۵ درنتیجه می‌توان نتیجه گرفت که نقشهٔ کاربری اراضی سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ با دقت مناسبی طبقه‌بندی شده است.

**جدول ۴. مساحت، درصد طبقات و تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ دامغان**

| نام کاربری | سال ۲۰۰۳ | | سال ۲۰۱۰ | | سال ۲۰۱۵ | | سال ۲۰۲۰ | | دوره | میزان تغییرات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | هکتار | درصد نسبت به مساحت کل | هکتار | درصد نسبت به مساحت کل | هکتار | درصد نسبت به مساحت کل | هکتار | درصد نسبت به مساحت کل | درصد تغییرات از ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ | تغییرات کاربری اراضی از ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ (هکتار) |
| مراتع | ۳۲۹۳۹۶/۰۸ | ۵۵/۴۳ | ۳۳۲۸۴۸ | ۵۶/۰۱ | ۳۲۴۳۹۰ | ۵۴/۵۹ | ۳۱۴۷۰۶/۴ | ۵۲/۹۶ | -۴/۴۶ | -۱۴۶۸۹/۶۶ |
| جنگل | ۵۰۸۱۳/۱ | ۸/۵۵ | ۴۰۴۱۹ | ۶/۸ | ۴۰۲۴۶ | ۶/۷۷ | ۱۵۳۵۵/۴۴ | ۲/۵۸ | -۶۹/۷۸ | -۳۵۴۵۷/۶۶ |
| منابع آب سطحی (سد) | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۲۵/۰۱ | ۰/۰۲ | ۴۵۳/۱۴ | ۰/۰۸ | ۱۰۰ | ۴۵۳/۱۵ |
| باغ | ۱۰۳۵۵/۲۷ | ۱/۷۴ | ۱۱۱۴۳ | ۱/۸۸ | ۱۳۲۹۹ | ۲/۲۴ | ۱۶۶۳۳/۷۱ | ۲/۸ | ۶۰/۶۳ | ۶۲۷۸/۴۴ |
| اراضی بدون پوشش | ۱۹۲۰۲/۲۷ | ۳۲/۳۱ | ۲۰۱۴۲۸ | ۳۳/۹۰ | ۲۰۹۰۶۸ | ۳۵/۱۸ | ۲۴۲۴۲۷/۴ | ۴۰/۸ | ۲۶/۲۵ | ۵۰۴۰۴/۱۳ |
| کشاورزی | ۱۰۵۶۱/۰۵ | ۱/۷۸ | ۷۲۵۱/۲ | ۱/۲۲ | ۵۸۵۳//۵ | ۰/۹۹ | ۲۹۷۲/۴۳ | ۰/۵ | -۷۱/۸۵ | -۷۵۸۸/۶۲ |
| مناطق شهری | ۱۰۷۹/۲۳ | ۰/۱۸ | ۱۱۳۹/۲ | ۰/۱۹ | ۱۲۴۶/۳ | ۰/۲۱ | ۱۶۷۹/۴۹ | ۰/۲۸ | ۵۵/۶۲ | ۶۰۰/۲۶ |
| جمع | ۵۹۴۲۲۸ | ۱۰۰ | ۵۹۴۲۲۸ | ۱۰۰ | ۵۹۴۲۲۸ | ۱۰۰ | ۵۹۴۲۲۸ | ۱۰۰ | - | - |




**شکل ۳. نقشهٔ کاربری اراضی از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰**

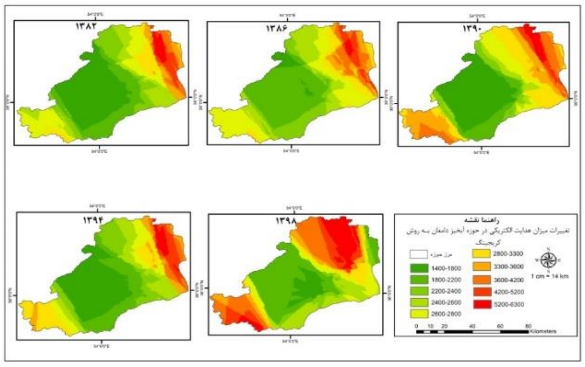
**جدول ۵. ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی**

| ردیف | سال | میزان ضریب کاپا و دقت | درصد |
|---|---|---|---|
| ۱ | صحت‌سنجی نقشهٔ کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ | دقت کلی | ۹۵/۹۱ |
| | | ضریب کاپا | ۹۴/۷۰ |
| ۲ | صحت‌سنجی نقشهٔ کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ | دقت کلی | ۹۳/۶۰ |
| | | ضریب کاپا | ۹۱/۷۴ |
| ۳ | صحت‌سنجی نقشهٔ کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ | دقت کلی | ۹۲/۵۳ |
| | | ضریب کاپا | ۹۰/۱۲ |
| ۴ | صحت‌سنجی نقشهٔ کاربری اراضی سال ۲۰۰۳ | دقت کلی | ۸۹/۵۰ |
| | | ضریب کاپا | ۸۸/۷۰ |

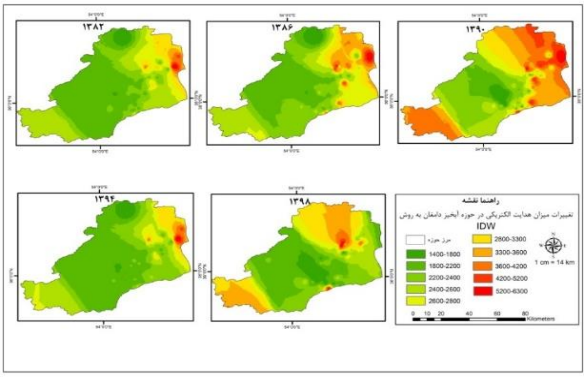
**بررسی پارامترهای کیفیت منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان از سال ۱۳۸۲-۱۳۹۸**

- **هدایت الکتریکی**

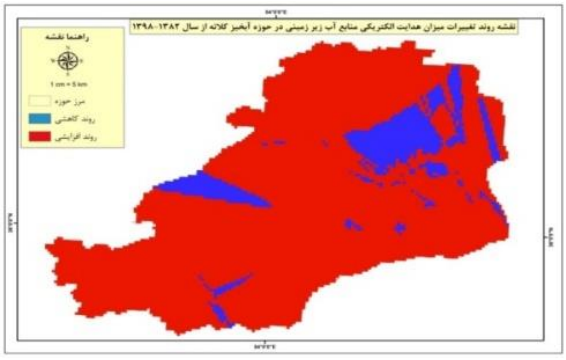
گسترهٔ تغییرات هدایت الکتریکی در نمونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۲ بین ۶۷۵ تا ۱۱۲۵۰ میکرو موس بر سانتی متر، در سال ۱۳۸۶ بین ۸۴۰ تا ۶۵۱۰ میکرو موس بر سانتی متر، در سال ۱۳۹۰ بین ۱۱۲۰ تا ۶۸۵۰ میکرو موس بر سانتی متر، در سال ۱۳۹۴ بین ۱۰۸۰ تا ۱۱۴۸۰ میکرو موس بر سانتی متر و در سال ۱۳۹۸ بین ۱۲۴۰ تا ۹۵۵۰ میکرو موس بر سانتی‌متر است. بیشترین و کمترین تغییرات هدایت الکتریکی در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) در سال ۱۳۸۲ به‌ترتیب مربوط به چاه زرین آباد ۲ و چاه چهارده بوده است. در سال ۱۳۸۶ بیشترین و کمترین تغییرات هدایت الکتریکی در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه شمال مهمان‌دوست و چاه چهارده بود. در سال ۱۳۹۰ بیشترین و کمترین تغییرات هدایت الکتریکی در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه ابوالبق و چهارده است. در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین تغییرات هدایت الکتریکی در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه زرین آباد ۱ و چاه چهارده است و در سال ۱۳۹۸ بیشترین و کمترین تغییرات هدایت الکتریکی در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه شمال زرین آباد ۱ و چهارده بوده است. بررسی تغییرات میزان هدایت الکتریکی به روش کریجینگ و کروی تغییرات هدایت الکتریکی در بیشتر بخش های حوضه را نشان می‌دهد که در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی است. بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در حوضه به روش درون یابی در هر دو روش نشان دهندهٔ افزایش هدایت الکتریکی بیشتر بخش های حوضه در شرق، جنوب، شمال، شرق و غرب است. حوضه به‌جز بخشی که در آنجا سد احداث شده و دریاچه به مساحت تقریباً ۴۵۳ هکتار ایجاد شده، بر تغییرات کاربری اراضی در حوضه منطبق است (شکل‌های ۴ و ۵). بررسی روندیابی میزان هدایت الکتریکی با استفاده از نرم‌افزار R در حوضه نشان از آن دارد که بیش از ۸۸/۶ درصد از مساحت حوضه میزان هدایت الکتریکی افزایش یافته و ۱۱/۴ درصد از مساحت حوضه کاهش یافته و نشان‌دهندهٔ افزایش هدایت الکتریکی در بیشتر بخش‌های حوضه‌ها است (شکل ۶). بررسی میانگین هدایت الکتریکی در سال‌های مورد مطالعه (۱۳۸۲،۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸) به‌ترتیب برابر با ۲۷۷۹/۰۷، ۲۵۳۸/۶۶، ۲۸۰۴/۵۵، ۲۸۷۴/۴۸ و ۲۸۲۳/۸۸ میکرو موس بر سانتی‌متر است و بررسی نمودار برآیند، روند صعودی میزان هدایت الکتریکی در حوضهٔ آبخیز دامغان را نشان می‌دهد (شکل ۷). میزان هدایت الکتریکی از سال ۱۳۸۲ - ۱۳۹۸ به میزان ۴۴/۸۱ میکرو موس بر سانتی‌متر افزایش یافته است (جدول ۶).



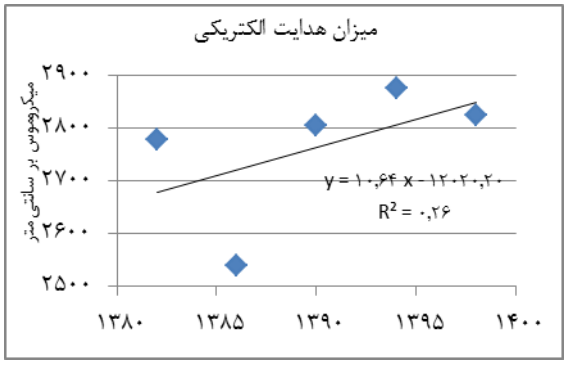
شکل ۴. تغییرات میزان هدایت الکتریکی (روش کریجینگ)



شکل ۵. تغییرات میزان هدایت الکتریکی (روش IDW)



شکل ۶. نقشهٔ روند تغییرات میزان هدایت الکتریکی با استفاده از نرم‌افزار R



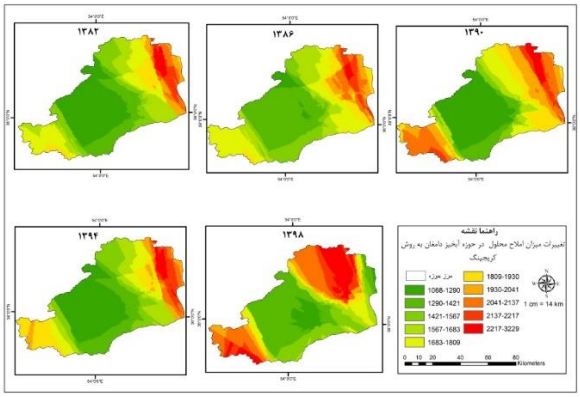

شکل ۷. نمودار برآیند تغییرات هدایت الکتریکی از ۱۳۸۲-۱۳۹۸

- **املاح محلول**

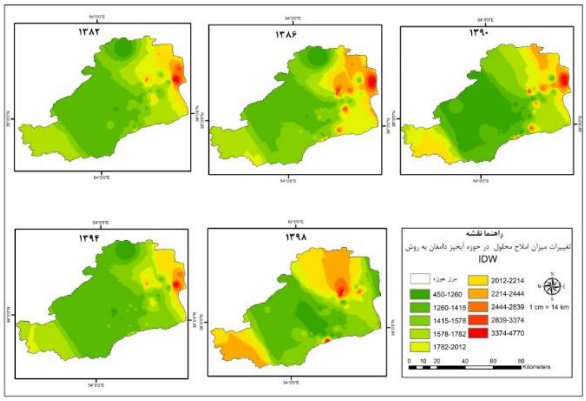
به طور کلی، غلظت املاح محلول در آب می‌تواند ناشی از منابع انسانی مانند تخلیهٔ فاضلاب‌های خانگی و پساب‌های کشاورزی عوامل طبیعی ازجمله انحلال سازنده ها باشد (هومسلاو[1]، ۱۹۹۵؛ سازمان بهداشت جهانی[2]، ۲۰۱۱). گسترهٔ تغییرات املاح محلول در نمونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۲ بین ۴۵۰ تا ۷۵۳۰ میلی گرم بر لیتر، در سال ۱۳۸۶ بین ۹۳۵ تا ۴۳۳۰ میلی گرم بر لیتر، در سال ۱۳۹۰ بین ۹۵۷ تا ۵۶۰۰ میلی گرم بر لیتر، در سال ۱۳۹۴ بین ۹۶۵ تا ۷۶۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و در سال ۱۳۹۸ بین ۹۸۹ تا ۵۲۸۰ میلی‌گرم بر لیتر است. بیشترین و کمترین تغییرات غلظت املاح محلول در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) در سال ۱۳۸۲ به‌ترتیب مربوط به چاه زرین آباد ۲ و چاه چهارده بوده است. در سال ۱۳۸۶ بیشترین و کمترین تغییرات غلظت املاح محلول در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه شمال مهمان‌دوست و چاه عیش‌آباد بود. در سال ۱۳۹۰ بیشترین و کمترین تغییرات غلظت املاح محلول در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه زرین‌آباد ۲ و عیش‌آباد است. در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین تغییرات غلظت املاح محلول در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه زرین‌آباد ۱ و چاه عیش‌آباد است. در سال ۱۳۹۸ بیشترین و کمترین تغییرات غلظت املاح محلول در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه شمال زرین آباد ۲ و عیش آباد بوده است. بررسی تغییرات میزان املاح محلول به روش کریجینگ و کروی تغییرات میزان غلظت املاح محلول در بیشتر بخش های حوضه را نشان می‌دهد که در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی است. بررسی تغییرات غلظت املاح محلول منابع آب زیرزمینی در حوضه به روش درون‌یابی در هر دو روش نشان‌دهندهٔ افزایش تغییرات میزان غلظت املاح اکثر بخش‌های حوضه در جنوب، شمال، شرق و غرب است. حوضه به‌جز بخشی در شرق آن، املاح محلول کاهش پیدا کرد، چون در این منطقه مراکز شهری و همین‌طور مراکز جمعیتی خاصی وجود ندارد و

1. Hounslow, A
2. World health organization

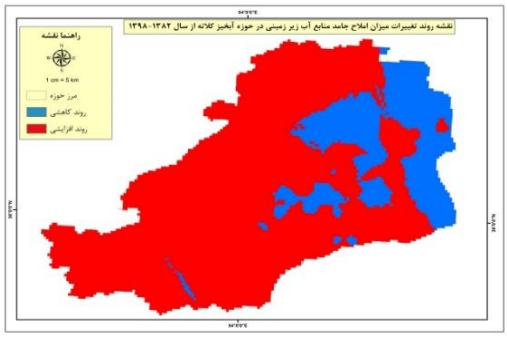
کشاورزی محدود انجام می‌شود و بیشتر اراضی بایر هستند. درنتیجه، میزان غلظت املاح محلول در آب های زیرزمینی این منطقه نه تنها افزایش پیدا نکرده، بلکه کاهش هم یافته و تغییرات در مناطقی که افزایش پیدا کرده، با تغییرات کاربری اراضی در حوضه منطبق است (شکل‌های ۸ و ۹). بررسی روندیابی میزان غلظت املاح محلول در آب با استفاده از نرم‌افزار R در حوضه نشان می‌دهد بیش از ۸۲/۴۶ درصد از مساحت حوضه میزان غلظت املاح محلول در منابع آب زیرزمینی افزایش یافته است و ۱۷/۵۴ درصد از مساحت حوضه کاهش یافته است و افزایش غلظت املاح محلول در منابع آب زیرزمینی در اکثر بخش‌های حوضه‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۱۰). بررسی میانگین غلظت املاح محلول در منابع آب زیرزمینی در سال های مورد مطالعه (۱۳۸۲،۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸) به‌ترتیب برابر با ۱۸۴۵/۵۲، ۱۷۲۷/۷۹، ۱۹۵۹/۳۱، ۱۹۹۳/۰۲ و ۱۹۴۹/۴۰ میلی گرم بر لیتر است و بررسی نمودار برآیند نشان دهندهٔ روند صعودی میزان غلظت املاح محلول در منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان است (شکل ۱۱). میزان غلظت املاح محلول از سال ۱۳۸۲ - ۱۳۹۸ حدود ۱۰۳/۸۸ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافته است (جدول ۶).



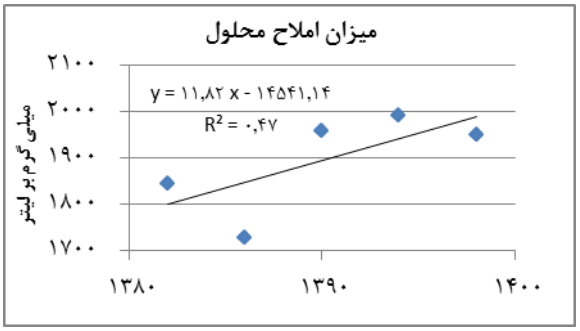

**شکل ۸. تغییرات میزان غلظت املاح محلول (روش کریجینگ)**




**شکل ۹. تغییرات میزان غلظت املاح محلول (روش IDW)**




**شکل ۱۰. نقشهٔ روند تغییرات میزان املاح محلول با استفاده از نرم‌افزار R**

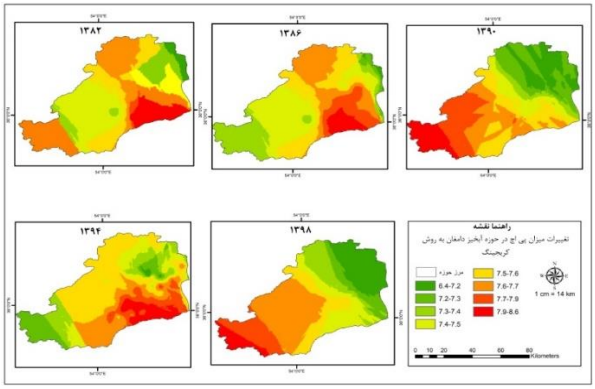



**شکل ۱۱. نمودار برآیند تغییرات املاح محلول از ۱۳۸۲-۱۳۹۸**

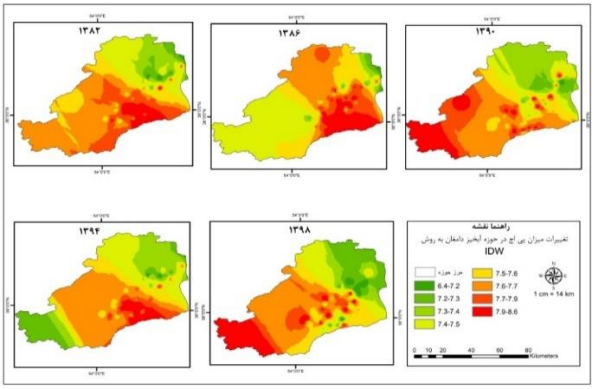
- **اسیدیته**

اسیدیتهٔ آب‌ها طبیعی بیشتر تابع سنگ‌شناسی، حضور گاز دی‌اکسید کربن و دیگر گازهای جوی حل‌شده در آب و آنیون و کاتیون محلول نیز میزان اسیدیتهٔ آب تأثیر می گذارند (رحمان محمود و همکاران، ۱۳۹۶). گسترهٔ تغییرات اسیدیته در نمونه های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۲ بین ۶/۷۰ تا ۸/۲، در سال ۱۳۸۶ بین ۸/۴ تا ۷، در سال ۱۳۹۰ بین ۶/۴ تا ۸/۵، در سال ۱۳۹۴ بین ۶/۵۷ تا ۸/۴ و در سال ۱۳۹۸ بین ۷ تا ۸/۸ است. تغییرات اسیدیته در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) در سال ۱۳۸۲ بیشترین مربوط به چاه‌های احمدآباد، باقرآباد، شمال قادرآباد و مبارک‌آباد (۸/۲) و کمترین مربوط دو چاه ابوالبق و مبارک آباد (۶/۷) بوده است، در سال ۱۳۸۶ بیشترین و کمترین تغییرات اسیدیته در نمونه های مورد مطالعه (چاه های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه شرق

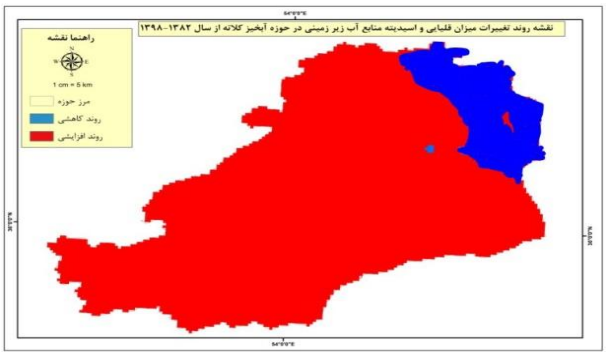
دامغان ۱ و چاه حسین‌آباد ۳ بود. در سال ۱۳۹۰ بیشترین و کمترین تغییرات اسیدیته در نمونه‌های مطالعه‌شده (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه سبحان و زرین‌آباد ۱ بوده است. در سال ۱۳۹۴ بیشترین مربوط به چاه های احمدآباد، سبحان، شمال قادرآباد و مبارک آباد (۸/۴) و کمترین مربوط به چاه غرب مهمان‌دوست (۶/۵۷) بوده است. در سال ۱۳۹۸ تغییرات اسیدیته در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) بیشترین مربوط به چاه های سبحان و غرب صلح‌آباد (۸/۸) و کمترین حسین آباد ۳ (۷) بوده است. بررسی تغییرات میزان اسیدیته به روش کریجینگ و کروی نشان‌دهندهٔ تغییرات میزان اسیدیته در بیشتر بخش های حوضه است که در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی است. بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در حوضه به روش درون‌یابی در هر دو روش نشان‌دهندهٔ افزایش میزان قلیایی بودن منابع آب زیرزمینی بیشتر بخش‌های حوضه در غرب، جنوب، شمال، شمال غرب و جنوب شرق است، به جز بخشی از حوضه که در قسمت شمال شرقی و شرق حوضه واقع شده که کاهش میزان اسیدیته را نشان می‌دهد و این قسمت به این دلیل است در این مناطق کشاورزی چشم‌گیری وجود ندارد و میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بسیار کمتر است و بیشتر اراضی بایر هستند. اما در سایر بخش‌ها که میزان افزایش پیدا کرد بر اثر بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی برای کشاورزی موجب آب‌شویی و املاح سدیمی و سایر املاح آنیون‌ها از سطح زمین و بانفوذ به سفره‌های آب زیرزمینی توانسته اسیدیته را افزایش دهد و در نهایت، تغییرات اسیدیته بر تغییرات کاربری اراضی که در حوضه رخ داده منطبق است (شکل‌های ۱۲ و ۱۳). بررسی روندیابی میزان اسیدیته با استفاده از نرم‌افزار R در حوضه نشان می‌دهد بیش از ۹۲/۷ درصد از مساحت حوضه میزان اسیدیته افزایش یافته است و ۷/۳ درصد از مساحت حوضه کاهش یافته است و افزایش pH در اکثر بخش‌های حوضه‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۱۴). بررسی میانگین اسیدیته در منابع آب زیرزمینی در سال‌های مورد مطالعه (۱۳۸۲،۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸) به‌ترتیب برابر با ۷/۶۱، ۷/۶۷، ۷/۶۴، ۷/۶۶ و ۷/۷ است و بررسی نمودار برآیند روند صعودی میزان غلظت اسیدیته در منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان را نشان می‌دهد (شکل ۱۵). میزان اسیدیته از سال ۱۳۸۲ - ۱۳۹۸ به میزان ۰/۰۹ افزایش یافته است (جدول ۶).



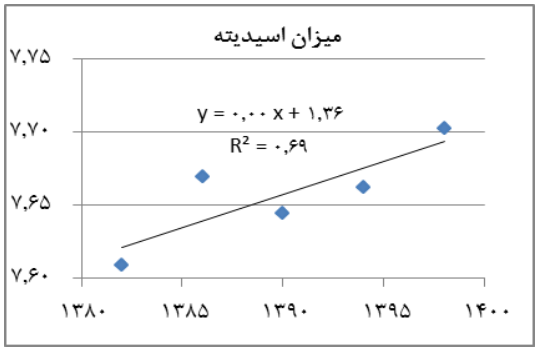

شکل ۱۲. تغییرات میزان اسیدیته با استفاده از روش کریجینگ




شکل ۱۳. تغییرات میزان اسیدیته با استفاده از روش IDW




شکل ۱۴. نقشهٔ روند تغییرات میزان اسیدیته با استفاده از نرم‌افزار R

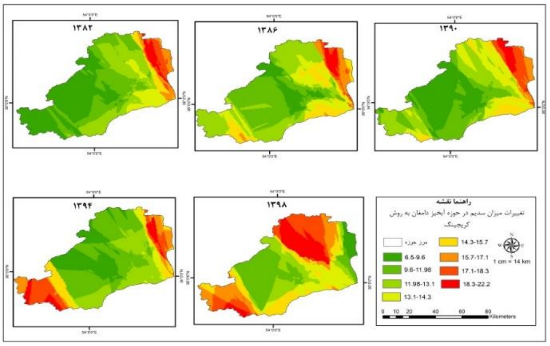



شکل ۱۵. نمودار برآیند تغییرات اسیدیته از ۱۳۸۲-۱۳۹۸

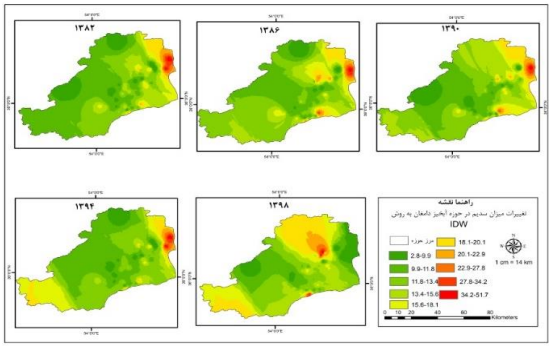
**- سدیم**

یکی از کاتیون‌های مهم مؤثر بر کیفیت آب سدیم است و گسترهٔ تغییرات سدیم در نمونه های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۲ بین ۲/۹ تا ۵۲/۵ میلی اکی والان، در سال ۱۳۸۶ بین ۴/۹ تا ۴۳/۷ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۰ بین ۶ تا ۳۹ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۴ بین ۷/۲ تا ۴۳/۲۸ میلی اکی والان و در سال ۱۳۹۸ بین ۵/۵۴ تا ۵۵/۴ میلی اکی والان است. تغییرات سدیم در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) در سال ۱۳۸۲ بیشترین مربوط به چاه شمال قادرآباد (۵۲/۵) و کمترین مربوط غرب مهمان‌دوست (۲/۹) بوده است. در سال ۱۳۸۶ بیشترین و کمترین تغییرات سدیم در نمونه های مورد مطالعه (چاه های عمیق) به‌ترتیب مربوط به شمال مهمان‌دوست و چاه برم بود. در سال ۱۳۹۰ بیشترین و کمترین تغییرات سدیم در نمونه های مورد مطالعه (چاه های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه‌های شرق قادرآباد و امیرآباد بوده است. در سال ۱۳۹۴ بیشترین تغییرات سدیم مربوط به چاه مجیدآباد (۴۳/۲۸) و کمترین آن مربوط به چاه چهارده (۷/۲) بوده است. در سال ۱۳۹۸ تغییرات سدیم در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) بیشترین مربوط به چاه شمال مهمان‌دوست (۵۵/۴) و کمترین چهارده (۷/۵) بوده است. بررسی تغییرات میزان سدیم به روش کریجینگ و کروی، تغییرات میزان سدیم در اکثر بخش های حوضه را نشان می‌دهد که در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی است. بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در حوضه به روش درون یابی در هر دو روش نشان‌دهندهٔ افزایش سدیم در اکثر بخش‌های حوضه در غرب، جنوب، شمال، جنوب غربی حوضه است، به‌جز بخشی از حوضه که در قسمت شرق آن واقع شده و این مناطق کمترین میزان کشاورزی و کمترین مراکز جمعیتی دارند. به همین دلیل، میزان سدیم در این مناطق کاهش پیدا کرده و با تغییرات کاربری اراضی در حوضه با توجه به اینکه کمترین میزان تغییر کاربری اراضی در این منطقه رخداده، منطبق است (شکل‌های ۱۶ و ۱۷). بررسی روندیابی میزان سدیم با استفاده از نرم‌افزار R در حوضه نشان می‌دهد بیش از ۸۶/۱۹ درصد مساحت حوضه میزان سدیم افزایش یافته و ۱۳/۸۱ درصد مساحت حوضه کاهش یافته و نشان از افزایش سدیم در بیشتر بخش‌های حوضه‌ها است (شکل ۱۸).

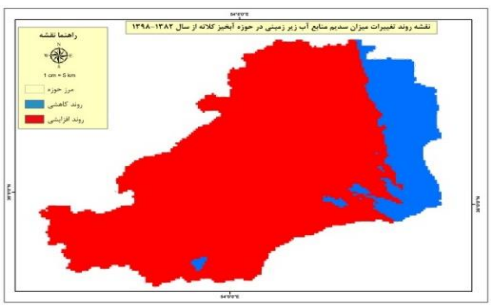
بررسی میانگین سدیم در منابع آب زیرزمینی در سال‌های مورد مطالعه (۱۳۸۲،۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸) به‌ترتیب برابر با ۱۳/۸۸، ۱۳/۷۵، ۱۵/۰۶، ۱۸/۲۴ و ۱۷/۰۲ میلی اکی والان است و بررسی نمودار برآیند روند صعودی میزان غلظت Na در منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان را نشان می‌دهد (شکل ۱۹). میزان سدیم از سال ۱۳۸۲ - ۱۳۹۸ به میزان ۳/۵۸ میلی اکی والان بر سانتی‌متر افزایش یافته است (جدول ۶).



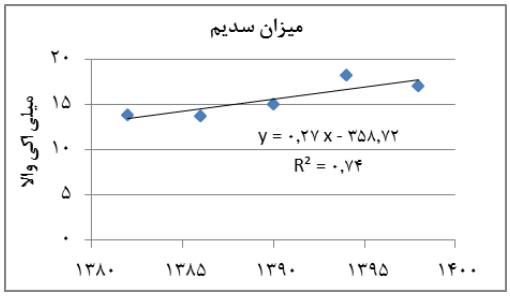
**شکل ۱۶. تغییرات میزان سدیم با استفاده از روش کریجینگ**



**شکل ۱۷. تغییرات میزان سدیم با استفاده از روش IDW**



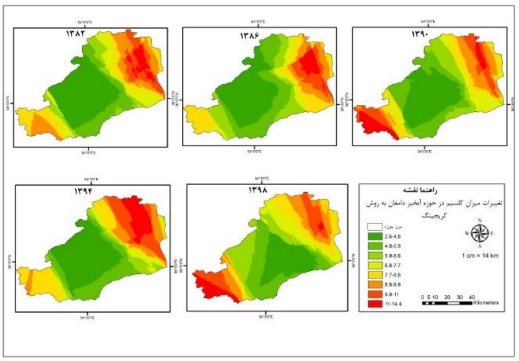
**شکل ۱۸. روند تغییرات میزان سدیم با استفاده از نرم‌افزار R**



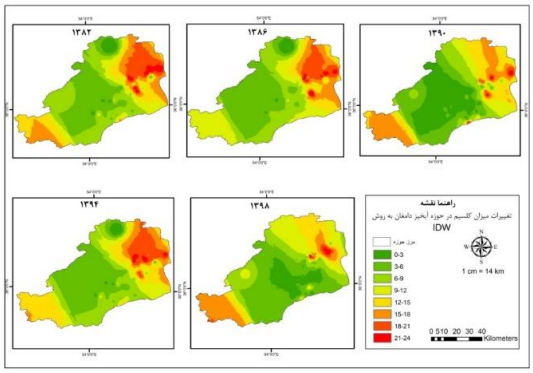

**شکل ۱۹. نمودار برآیند تغییرات سدیم از ۱۳۸۲-۱۳۹۸**

**- کلسیم (Ca)**

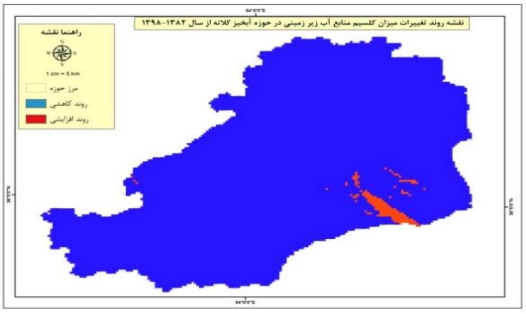
یکی از عناصر مهم در بررسی کاتیون های و مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی، کلسیم است و گسترهٔ تغییرات کلسیم در نمونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۲ بین ۰/۳ تا ۲۴ میلی اکی والان، در سال ۱۳۸۶ بین ۱/۱ تا ۱۶/۲ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۰ بین ۰/۴ تا ۱۶ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۴ بین ۰/۶ تا ۲۷/۶ میلی اکی والان و در سال ۱۳۹۸ بین ۰/۲ تا ۱۸/۲ میلی اکی والان است. تغییرات کلسیم در نمونه های مورد مطالعه (چاه های عمیق) در سال ۱۳۸۲ بیشترین مربوط به چاه ابوالبق (۲۴) و کمترین مربوط چهارده (۰/۳) بوده است. در سال ۱۳۸۶ نیز بیشترین و کمترین تغییرات کلسیم در نمونه های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه ابوالبق و چاه چهارده بود. در سال ۱۳۹۰ بیشترین و کمترین تغییرات کلسیم در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه های شرق قادرآباد و چهارده بوده است. در سال ۱۳۹۴ بیشترین تغییران کلسیم مربوط به چاه شرق دامغان ۱ (۲۷/۶) و کمترین آن مربوط به چاه چهارده (۰/۶) بوده و در سال ۱۳۹۸ نیز تغییرات کلسیم در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) بیشترین مربوط به چاه شرق دامغان ۱ (۱۸/۲) و کمترین چاه چهارده (۰/۲) بوده است. بررسی تغییرات میزان کلسیم به روش کریجینگ و کروی کاهش میزان کلسیم در بیشتر بخش‌های حوضه را نشان می‌دهد. بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در حوضه به روش درون‌یابی در هر دو روش نشان‌دهندهٔ کاهش کلسیم در بیشتر بخش های حوضه در شرق، غرب، جنوب، شمال، جنوب غربی حوضه است، به‌جز بخشی از حوضه در قسمت کوچکی در جنوب شرق آن که میزان کلسیم افزایش یافته است (شکل‌های ۲۰ و ۲۱). بررسی روندیابی میزان کلسیم با استفاده از نرم‌افزار R در حوضه نشان می‌دهد بیش از ۹۸/۵۴ درصد مساحت حوضه میزان کلسیم کاهش یافته و ۱/۴۶ درصد مساحت حوضه افزایش یافته است و کاهش کلسیم در بیشتر بخش‌های حوضه‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۲۲). بررسی میانگین کلسیم در منابع آب زیرزمینی در سال‌های مورد مطالعه (۱۳۸۲، ۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸) به‌ترتیب برابر با ۷/۵۵، ۶/۲۵، ۶/۳۱، ۵/۵۲ و ۵/۳۰ میلی اکی والان است و بررسی نمودار برآیند روند نزولی میزان غلظت کلسیم در منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان را نشان می‌دهد (شکل ۲۳). میزان کلسیم از سال ۱۳۸۲ - ۱۳۹۸ به میزان ۲/۲۵ میلی اکی والان بر سانتی‌متر کاهش یافته است (جدول ۶).



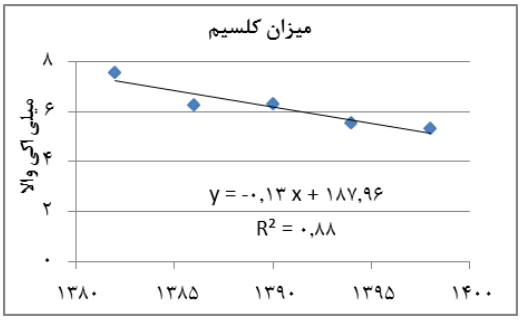
**شکل ۲۰. تغییرات میزان کلسیم با استفاده از روش کریجینگ**



**شکل ۲۱. تغییرات میزان کلسیم با استفاده از روش IDW**



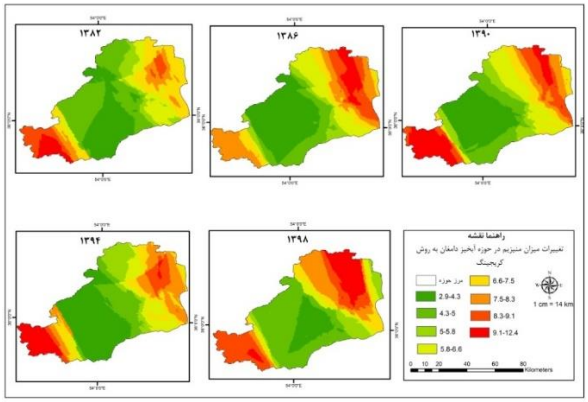
**شکل ۲۲. نقشهٔ روند تغییرات میزان کلسیم با استفاده از نرم‌افزار R**



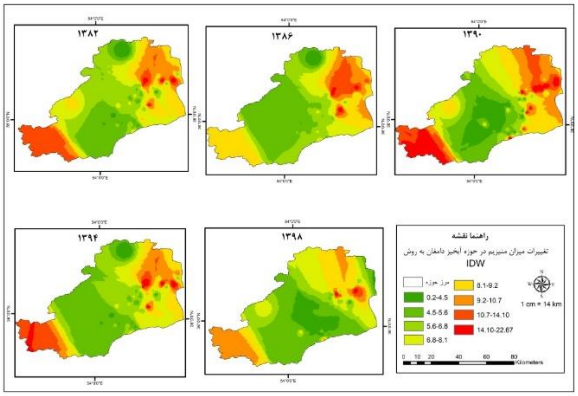

**شکل ۲۳. نمودار برآیند تغییرات کلسیم از ۱۳۸۲-۱۳۹۸**

**- منیزیم (Mg)**

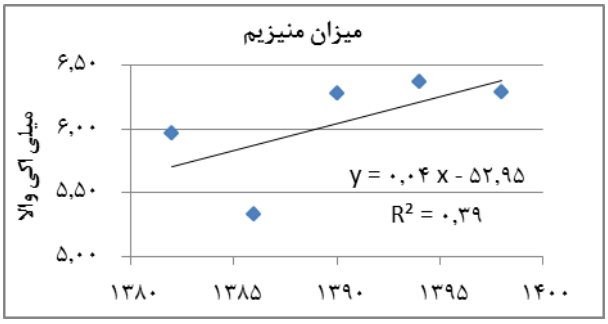
یکی از کاتیون های مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی، منیزیم است و گسترهٔ تغییرات منیزم در نمونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۲ بین ۰/۲ تا ۱۸/۲ میلی اکی والان، در سال ۱۳۸۶ بین ۲/۲ تا ۱۴/۲ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۰ بین ۱/۴ تا ۱۵ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۴ بین ۱/۶ تا ۱۷/۱۵ میلی اکی والان و در سال ۱۳۹۸ بین ۱/۳ تا ۲۳/۷ میلی اکی والان است. تغییرات منیزیم در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) در سال ۱۳۸۲ بیشترین مربوط به چاه ابوالبق (۱۸/۲) و کمترین مربوط به چهارده (۰/۲) بوده است. در سال ۱۳۸۶ نیز بیشترین و کمترین تغییرات منیزیم در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه های شرق دامغان ۲ و چاه امیرآباد بود. در سال ۱۳۹۰ بیشترین و کمترین تغییرات منیزیم در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه های شرق دامغان ۱ و چهارده بوده است. در سال ۱۳۹۴ بیشترین میزان منیزیم مربوط به چاه غرب مهمان‌دوست (۱۷/۱۵) و کمترین آن مربوط به چاه چهارده (۱/۶) بوده و در سال ۱۳۹۸ نیز تغییرات منیزیم در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) بیشترین مربوط به چاه شرق دامغان ۱ (۲۳/۷) و کمترین چاه چهارده (۱/۳) بوده است. بررسی تغییرات میزان منیزیم به روش کریجینگ و کروی، افزایش میزان این کاتیون در بیشتر بخش‌های حوضه را نشان می‌دهد. بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در حوضه به روش درون‌یابی در هر دو روش نشان‌دهندهٔ افزایش منیزیم در بیشتر بخش های حوضه در شرق، غرب، جنوب، شمال، جنوب غربی حوضه است، به جز بخشی از آن در قسمت کوچکی در جنوب شرق حوضه که میزان منیزیم کاهش یافته است (شکل‌های ۲۴ و ۲۵). بررسی میانگین منیزیم در منابع آب زیرزمینی در سال های مورد مطالعه (۱۳۸۲،۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸) به‌ترتیب برابر با ۵/۹۶، ۵/۳۳، ۶/۲۸، ۶/۳۷ و ۶/۲۹ میلی اکی والان است و بررسی نمودار برآیند نشان دهندهٔ روند صعودی میزان غلظت منیزیم در منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان است (شکل ۲۶). میزان منیزیم از سال ۱۳۸۲ - ۱۳۹۸ حدود ۰/۳۲ میلی اکی والان بر سانتی‌متر افزایش یافته است (جدول ۶).




**شکل ۲۴. تغییرات میزان منیزیم با استفاده از روش کریجینگ**



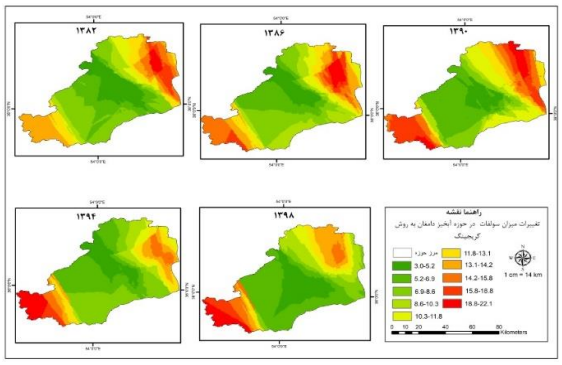

**شکل ۲۵. تغییرات میزان منیزیم با استفاده از روش IDW**



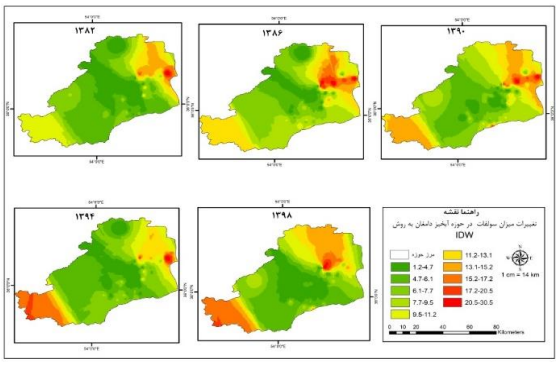

**شکل ۲۶. نمودار برآیند تغییرات منیزیم از ۱۳۸۲-۱۳۹۸**

**ـ سولفات**

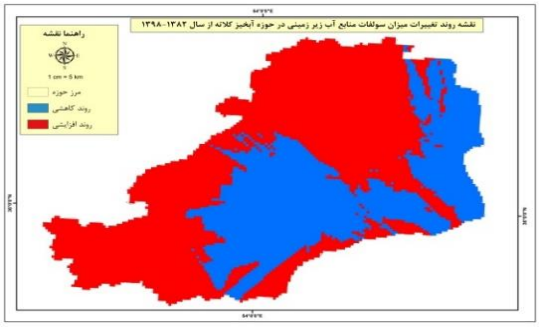
یکی از آنیون‌های مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی، سولفات است و گسترهٔ تغییرات سولفات سدیم در نمونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۲ بین ۱/۱ تا ۳۵/۹ میلی اکی والان، در سال ۱۳۸۶ بین ۱/۳ تا ۲۲/۷ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۰ بین ۲ تا ۲۴/۵ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۴ بین ۲/۴۱ تا ۴۳/۸۳ میلی اکی والان و در سال ۱۳۹۸ بین ۲/۴ تا ۳۱/۶۶ میلی اکی والان است. تغییرات سولفات در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) در سال ۱۳۸۲ بیشترین مقدار آن مربوط به چاه زرین‌آباد ۲ (۱۸/۲) و کمترین آن مربوط چاه زون (۱/۱) بوده است. در سال ۱۳۸۶ نیز بیشترین و کمترین تغییرات سولفات در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه ابوالبق و چاه غرب دامغان ۲ بود. در سال ۱۳۹۰ بیشترین و کمترین تغییرات سولفات در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه‌های شرق قادرآباد (۲۴/۵) و امیرآباد (۲) بوده است. در سال ۱۳۹۴ بیشترین میزان سولفات مربوط به چاه شرق دامغان ۱ (۴۳/۸۳) و کمترین آن مربوط به دو چاه باقرآباد و عبدل‌آباد (۲/۴۱) بوده است. در سال ۱۳۹۸ نیز تغییرات سولفات در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) بیشترین مربوط به چاه شرق دامغان ۱ (۳۱/۶۶) و کمترین چاه چهارده (۲/۴) بوده است. بررسی تغییرات میزان سولفات به روش کریجینگ و کروی نشان دهندهٔ افزایش میزان این آنیون در بیشتر بخش‌های حوضه است. بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در حوضه به روش درون‌یابی در هر دو روش نشان دهندهٔ افزایش سولفات در بخش‌های از حوضه در غرب، شمال و شمال غرب حوضهٔ آبخیز دامغان است و در بخش بزرگی نیز از حوضه در شرق، جنوب و جنوب شرقی آن، میزان سولفات کاهش یافته است (شکل‌های ۲۷ و ۲۸). بررسی روندیابی میزان سولفات با استفاده از نرم افزار R در حوضه نشان می‌دهد که بیش از ۵۶/۸۱ درصد مساحت حوضه میزان سولفات افزایش یافته و ۴۳/۱۹ درصد مساحت حوضه کاهش یافته و این نشان از افزایش میزان سولفات در بخش‌های بیشتری از حوضهٔ آبخیز دامغان است (شکل ۲۹). بررسی میانگین سولفات در منابع آب زیرزمینی در سال‌های مورد مطالعه (۱۳۸۲،۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸) به‌ترتیب برابر با ۷/۵، ۶/۹۳، ۸/۲، ۷/۸ و ۷/۱۶ میلی اکی والان است و بررسی نمودار برآیند نشان از روند نسبتاً صعودی میزان غلظت سولفات سدیم در منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان است (شکل ۳۰). میزان سولفات سدیم از سال ۱۳۸۲ - ۱۳۹۸ به میزان ۰/۳۴ میلی اکی والان بر سانتی متر کاهش یافته است (جدول ۶).



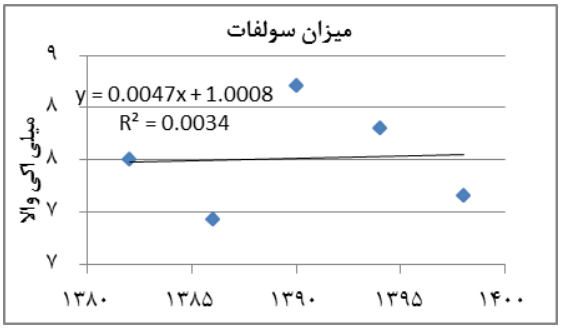
شکل ۲۷. تغییرات میزان سولفات (روش کریجینگ)



شکل ۲۸. تغییرات میزان سولفات با استفاده از روش IDW



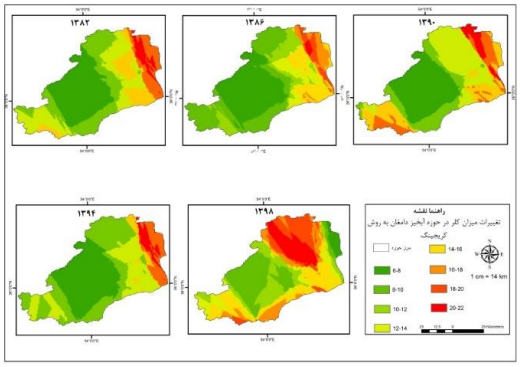
شکل ۲۹. روند تغییرات میزان سولفات با استفاده از نرم‌افزار R



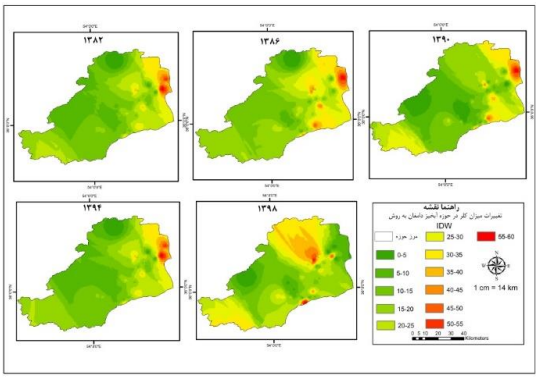

شکل ۳۰. نمودار برآیند تغییرات سولفات از ۱۳۸۲-۱۳۹۸

**- کلر (Cl)**

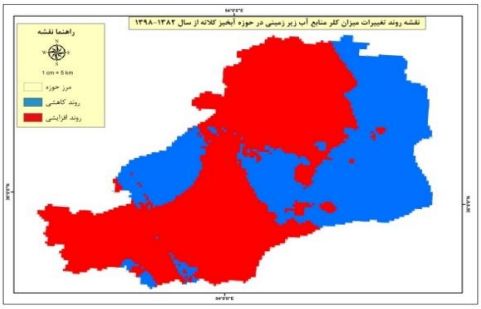
یکی از آنیون‌های مهم مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی، کلر است. گسترهٔ تغییرات کلر در نمونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۲ بین ۰/۱ تا ۳۷/۵ میلی اکی والان، در سال ۱۳۸۶ بین ۵/۵ تا ۳۵/۶ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۰ بین ۴/۹ تا ۴۱/۴ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۴ بین ۵/۸ تا ۴۹/۰۷ میلی اکی والان و در سال ۱۳۹۸ بین ۶/۵۳ تا ۴۴/۶ میلی اکی والان است. تغییرات کلر در نمونه های مورد مطالعه (چاه های عمیق) در سال ۱۳۸۲ بیشترین مربوط به چاه ابوالبق (۳۷/۵) و کمترین مربوط چاه چهارده (۰/۱) بوده است. در سال ۱۳۸۶ نیز بیشترین و کمترین تغییرات کلر در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه شریفیه (۳۵/۶) و چاه شمال مهمان‌دوست (۵/۵) بود. در سال ۱۳۹۰ بیشترین و کمترین تغییرات کلر در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه ابوالبق (۴۱/۴) و شمال مهمان‌دوست (۴/۹) است. در سال ۱۳۹۴ بیشترین میزان کلر مربوط به چاه مجیدآباد (۴۹/۰۷) و کمترین مربوط به چاه شمال مهمان‌دوست (۵/۸) بوده و در سال ۱۳۹۸ نیز تغییرات کلر در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) بیشترین مربوط به چاه شرق مجیدآباد (۴۴/۶) و کمترین آن چاه شمال مهمان‌دوست (۶/۵۳) بوده است. بررسی تغییرات میزان کلر به روش کریجینگ و کروی نشان دهندهٔ افزایش میزان این آنیون در بیشتر بخش‌های حوضه است. بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در حوضه به روش درون یابی در هر دو روش نشان از افزایش کلر در بخش های از حوضه در غرب، شمال و شمال غرب حوضهٔ آبخیز دامغان است و نیز در بخش بزرگی از حوضه در قسمت شرق، جنوب و جنوب شرقی و بخشی از شمال غربی آن میزان کلر کاهش یافته است (شکل‌های ۳۱ و ۳۲). بررسی روندیابی میزان کلر با استفاده از نرم افزار R در حوضه نشان می‌دهد در بیش از ۶۸/۴۵ درصد مساحت حوضه میزان کلر افزایش یافته و ۳۱/۵۵ درصد مساحت حوضه کاهش یافته و این نشان‌دهندهٔ افزایش میزان کلر در بخش های بیشتری از حوضهٔ آبخیز دامغان است (شکل ۳۳). بررسی میانگین کلر در منابع آب زیرزمینی در سال های مورد مطالعه (۱۳۸۲، ۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸) به‌ترتیب برابر با ۱۴/۹۱، ۱۴/۴۶، ۱۵/۵۶، ۱۶ و ۱۵/۹۲ میلی اکی والان است و بررسی نمودار برآیند نشان‌دهندهٔ روند صعودی میزان غلظت Cl در منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان است (شکل ۳۴). میزان کلر از سال ۱۳۸۲ - ۱۳۹۸ به میزان ۱/۰۱ میلی اکی والان بر سانتی‌متر افزایش یافته است (جدول ۶).



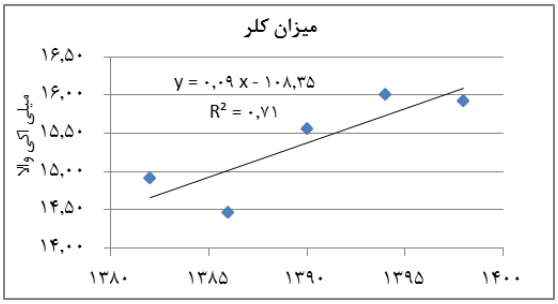

**شکل ۳۱. تغییرات میزان کلر با استفاده از روش کریجینگ**




**شکل ۳۲. تغییرات میزان کلر با استفاده از روش IDW**



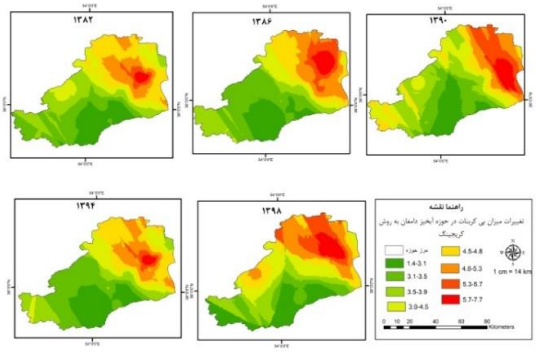
**شکل ۳۳. روند تغییرات میزان کلر با استفاده از نرم‌افزار R**



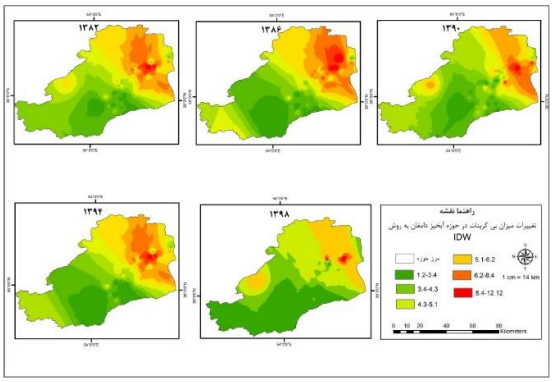

**شکل ۳۴. نمودار برآیند تغییرات کلر از ۱۳۸۲-۱۳۹۸**

- **بی‌کربنات ($HCO_3^-$)**

یکی از آنیون‌های تأثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی، بی‌کربنات است و گسترهٔ تغییرات بی‌کربنات در نمونه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۲ بین ۱/۲ تا ۸ میلی اکی والان، در سال ۱۳۸۶ بین ۱/۴ تا ۵/۶ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۰ بین ۱/۷ تا ۷ میلی اکی والان، در سال ۱۳۹۴ بین ۲/۴ تا ۹/۹ میلی اکی والان و در سال ۱۳۹۸ بین ۲ تا ۱۱/۹ میلی اکی والان است. تغییرات بی‌کربنات در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) در سال ۱۳۸۲ بیشترین مربوط به چاه غرب مهمان‌دوست (۸) و کمترین مربوط چاه قوشه ۲ (۱/۲) بوده است. در سال ۱۳۸۶ نیز بیشترین و کمترین تغییرات بی‌کربنات در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه‌های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه امین آباد (۵/۶) و دو چاه شمال باقرآباد و عبدل‌آباد ۱ (۱/۴) بود. در سال ۱۳۹۰ بیشترین و کمترین تغییرات بی‌کربنات در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) به‌ترتیب مربوط به چاه غرب مهمان‌دوست (۷) و چاه زون (۱/۷) است. در سال ۱۳۹۴ بیشترین میزان بی کربنات مربوط به چاه ابوالبق (۹/۹) و کمترین آن مربوط به چاه قوشه ۱ (۲/۴) بوده است. در سال ۱۳۹۸ نیز تغییرات بی‌کربنات در نمونه‌های مورد مطالعه (چاه های عمیق) بیشترین مربوط به چاه (۱۱/۹) و کمترین چاه سیدآباد (۲) بوده است. بررسی تغییرات میزان بی‌کربنات به روش کریجینگ و کروی نشان‌دهندهٔ افزایش میزان این آنیون در بیشتر بخش های حوضه است. بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در حوضه به روش درون‌یابی در هر دو روش، نشان‌دهندهٔ افزایش بی‌کربنات در بخش هایی از حوضه در غرب، شمال و شمال غرب، شرق و شمال شرق حوضهٔ آبخیز دامغان است و نیز در بخش بزرگی از حوضه در قسمت جنوب شرق، جنوب و جنوب غربی حوضه میزان بی‌کربنات کاهش یافته است (شکل‌های ۳۵ و ۳۶). بررسی میانگین بی کربنات در منابع آب زیرزمینی در سال‌های مورد مطالعه (۱۳۸۲،۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸) به‌ترتیب برابر با ۳/۶، ۳/۰۷، ۳/۵۳، ۴/۴۱، ۴/۰۷ میلی اکی والان است و بررسی نمودار برآیند نشان دهندهٔ روند صعودی میزان غلظت بی‌کربنات در منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان است (شکل ۳۷). میزان بی کربنات از سال ۱۳۸۲ - ۱۳۹۸ به میزان ۰/۴۶ میلی اکی والان بر سانتی‌متر افزایش یافته است (جدول ۶).



**شکل ۳۵. تغییرات میزان بی‌کربنات (روش کریجینگ)**



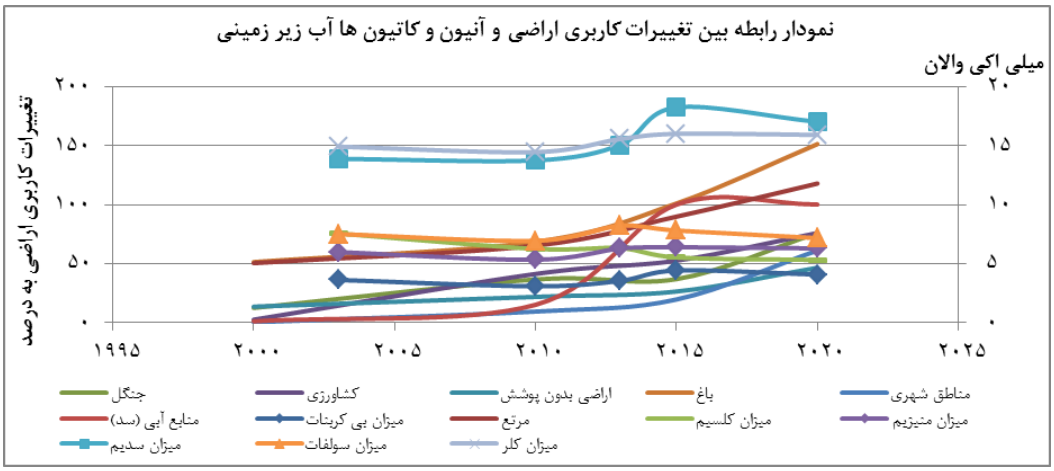
**شکل ۳۶. تغییرات میزان بی‌کربنات با استفاده از روش IDW**

**شکل ۳۷. نمودار برآیند تغییرات بی‌کربنات از ۱۳۸۲-۱۳۹۸**

جدول ۶. تغییرات کیفیت آب زیرزمینی از ۱۳۸۲-۱۳۹۸

| سال | سدیم (mEq) | منیزیم (mEq) | کلسیم (mEq) | سولفات (mEq) | کلر (mEq) | بی‌کربنات (mEq) | اسیدیته | هدایت الکتریکی (µmho/cm) | غلظت املاح محلول (Mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۲ | ۱۴/۳ | ۵/۹۶ | ۷/۵۵ | ۷/۵ | ۱۴/۹۱ | ۳/۶ | ۷/۶۱ | ۲۷۷۹/۰۷ | ۱۸۴۵/۵۲ |
| ۱۳۸۶ | ۱۳/۷۵ | ۵/۳۳ | ۶/۲۵ | ۶/۹۳ | ۱۴/۴۶ | ۳/۰۷ | ۷/۶۷ | ۲۵۳۸/۶۶ | ۱۷۲۷/۷۹ |
| ۱۳۹۰ | ۱۵/۰۶ | ۶/۲۸ | ۶/۳۱ | ۸/۲ | ۱۵/۵۶ | ۳/۵۳ | ۷/۶۴ | ۲۸۰۴/۶۶ | ۱۹۵۹/۳۱ |
| ۱۳۹۴ | ۱۶/۷۴ | ۶/۳۷ | ۵/۵۲ | ۷/۸ | ۱۶ | ۴/۴۱ | ۷/۶۶ | ۲۸۷۴/۴۸ | ۱۹۹۳/۰۲ |
| ۱۳۹۸ | ۱۷/۸۸ | ۶/۲۹ | ۵/۳ | ۷/۱۶ | ۱۵/۹۲ | ۴/۰۷ | ۷/۷ | ۲۸۲۳/۸۸ | ۱۹۴۹/۴۰ |
| تغییرات ۱۸ ساله | ۳/۵۸ | ۰/۳۲ | -۲/۲۵ | ۰/۳۴ | ۱/۰۱ | ۰/۴۶ | ۰/۰۹ | ۴۴/۸۱ | ۱۰۳/۸۸ |

برای اینکه اثرات تغییرات میانگین بارندگی به حداقل رسانده شود، فقط ۵۸ چاه عمیق برای تعیین روند خصوصیات کیفی منابع آب زیرزمینی در حوضه مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و چاه‌های نیمه‌عمیق و کم‌عمق از مطالعه خارج شم. نتایج نشان داد با بهره‌برداری بی‌رویه از چاه‌ها به منظور تأمین آب باغ‌ها و صیفی‌جات، شرب، مراکز صنعتی و ... سالانه حجم زیادی از آب این چاه استخراج می شود که این بیشتر از میزان تغذیهٔ چاه های منطقه است و به همین دلیل، میزان املاح آب افزایش یافته است و یک روند صعودی دارد. از طرفی، میزان املاح سدیم، منیزیم، بی‌کربنات، منیزیم، سولفات و کلر در سطح حوضه روند صعودی داشته و افزایشی بوده است و تنها میزان کلسیم در حوضه دارای یک روند نزولی و با کاهش همراه است. میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در حوضهٔ دامغان از ۲۷۷۹/۰۷ به ۲۸۲۳/۸۸ میکرو موس بر سانتی‌متر تغییر کرده است. از طرفی، میزان هدایت الکتریکی در بیشتر چاه‌ها بالاتر از حد استاندارد برای کشاورزی است و در همین خصوص، غلظت املاح محلول نیز روند افزایشی داشته از ۱۸۴۵/۵۲ به ۱۹۴۹/۴۰ میلی‌گرم بر لیتر رسیده است. از طرف دیگر، افزایش میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها نیز در بیشتر موارد روند صعودی داشته و میزان این عناصر در چاه های سطح حوضه بالاتر از حد استاندارد است و آبیاری با این آب‌ها باعث شده خاک اراضی کشاورزی شور و غیر قابل استفاده شود. به همین دلیل، میزان اراضی کشاورزی در حوضه ۷۵/۲۹ درصد نسبت به سال ۲۰۰۳ کاهش یافته و با رهاسازی اراضی کشاورزی شور این گونه اراضی دیگر توان بازیابی را ندارند و فاقد هرگونه پوشش گیاهی و یا دارای پوشش بسیار فقیر هستند. به همین دلیل، میزان اراضی بایر ۲۹/۱۸ درصد در سطح حوضه افزایش یافته است. از طرفی، با تخریب اراضی جنگلی کاهش ۷۲/۴۸ درصدی را از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ به خود اختصاص می‌دهد و با کاهش اراضی جنگلی میزان نفوذپذیری و تغذیهٔ آبخوان‌ها کاهش می یابد و درنهایت، باعث افت سطح و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی شده و در همین خصوص، گسترش اراضی باغی که نسبت به سال ۲۰۰۳، ۷۵/۲۹ درصد رشد داشته نیازمند تأمین آب است که این آب از طریق چاه تأمین می‌شود و برای جلوگیری از شور شدن این اراضی از سیستم غرقاب بهره می گیرند تا املاح شسته شود و از سطح ریشه خارج شود و این مورد یکی از عوامل مهم در کاهش کیفیت و سطح منابع آب زیرزمینی در این حوضه است. درمجموع، تغییرات انواع کاربری اراضی صرف نظر از افزایش یا کاهش مساحت هر یک از کاربری ها در منطقه در راستای تغییر آنیون ها و کاتیون مورد بررسی و به بیانی دیگر، تغییر کیفیت منابع آب زیرزمینی در منطقه است (شکل ۳۸).




**شکل ۳۸. نمودار رابطهٔ درصد تغییرات کاربری اراضی و فاکتورهای کیفی آب‌های زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان**

## بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات انواع مختلف کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز دامغان که در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ میلادی که با استفاده از تصاویر ماهواره ای تهیه شده بود، مورد بررسی قرار گرفت و مقایسهٔ ۴ نقشهٔ استخراجی کاربری اراضی نشان داد مساحت برخی از طبقات کاربری اراضی از جمله اراضی باغی، مناطق شهری، اراضی بدون پوشش (بایر) و منابع آب سطح ناشی از احداث سد از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ به‌ترتیب ۶۰/۶۳، ۵۵/۶۲، ۲۶/۲۵ و ۱۰۰ درصد افزایش یافته است و کاهش مساحت کاربری اراضی در خصوص کاربری‌های اراضی کشاورزی، اراضی جنگلی، مراتع به‌ترتیب با ۷۱/۸۵، ۶۹/۷۸ و ۴/۴۶ درصد رخ داده و این نشان از تغییرات گستردهٔ کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز دامغان است. نتایج حاصل مشابه نتایج حاصل از تحقیقات رفیع شریف آبادی و همکاران [۱۵] و عفیفی [۷] است، زیرا الگوی مدیریت منابع آب با توجه به خشکسالی‌ها و بهره‌برداری‌های بی‌رویه به‌ویژه در مناطق خشک کشور در تمامی این مناطق مشابه بوده و تمامی آن ها شاهد کاهش اراضی کشاورزی، مرتعی و جنگلی هستیم. از طرفی، آب‌های زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز دامغان سالانه ۵۶ سانتی متر با افت سطح مواجه است و به دنبال آن، خصوصیات کیفی این منابع آبی باارزش نیز به شدت در حوضهٔ آبخیز دامغان دچار تغییر و تحول شده است. این نتایج نیز در راستای نتایج تحقیقات اسکندری دامنه و همکاران (۱۳۹۸) و پیری و بامری (۱۳۹۲) است [۱۱ و ۱۶]؛ زیرا در مناطق انجام این تحقیقات نیز با تغییر کاربری در خصوصیات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی تغییراتی قابل توجهی به وقوع پیوسته است. از دلایل مهم این تغییرات بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی، باغبانی، شرب و مصارف صنعتی و ... است. در همین راستا، نتایج تحقیق اکبرزاده و همکاران (۱۳۹۸) نیز بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در منطقه از شهرستان سرخه و گسترش باغ‌ها و صیفی جات را یکی از عوامل مهم کاهش سطح آب زیرزمینی در این منطقه دانسته است. از طرفی، با رشد و توسعهٔ مراکز شهری ۶۰/۸۶ درصد توسعه یافته است. به تبع آن، جمعیت هم افزایش پیدا کرده است. درنتیجه، میزان بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در این حوضه را گسترش و میزان پساب شهری را نیز افزایش داده است [۴۰]. یکی از دلایل افزایش سدیم در سطح منطقهٔ مورد مطالعه آب‌شویی املاح خاک و مصرف بیش از حد کود برای جبرات توان تولید خاک است که با نفوذ به لایه‌های آب زیرزمینی میزان سدیم و املاح آب‌های زیرزمینی روند افزایش داشته است. طی دورهٔ مورد بررسی در همین راستا تحقیقی که توسط قنواتی و همکاران (۱۳۹۴) انجام گرفت، نشان داد غلظت سدیم با افزایش مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی و به دنبال آن، نفوذ فاضلاب مناطق مسکونی و ورود پساب‌های کشاورزی افزایش یافته است [۴۱]. نتایج تحقیقات کلستینو و همکاران (۲۰۱۸)، فینکلر و همکاران (۲۰۱۶) دویک و همکاران (۲۰۱۴) نشان داده

است که فعالیت‌های انسانی از طریق ایجاد تغییر کاربری اراضی توانسته بر کیفیت آب زیرزمینی تأثیر زیادی بگذارد و در حالت کلی می‌توان بیان کرد فعالیت‌های انسانی و تغییرات کاربری اراضی عامل اصلی بر تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی است [۴۲-۴۴] و نتایج تحقیق حاضر نیز تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز دامغان را عامل اصلی تغییرات کیفی در آب‌های زیرزمینی سطح حوضه می‌داند. مدیریت کاربری اراضی یک راه کار مدیریت برای جلوگیری از تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در سطح حوضهٔ آبخیز دامغان است. در همین خصوص نیز تیموری و اسدی نلیوان (۱۳۹۹) نیز مدیریت کاربری اراضی را راهکار مقابله با تغییرات کیفی و کمی آب های زیرزمینی در حوضهٔ آبخیز حبله‌رود عنوان کرده‌اند [۳۳].

نتایج این پژوهش در خصوص تغییرات کاربری اراضی از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ نشان از تغییرات کاربری اراضی گسترده در سطح منطقه است، به گونه‌ای که مناطق شهری و اراضی باغی گسترش بسیار چشم‌گیری داشته است که به تبع آن، استفادهٔ بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی را به دنبال دارد که منجر به افزایش تولید پساب های کشاورزی حاصل از زهکشی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی و شست‌وشوی املاح خاک و کودهای مصرفی در بخش کشاورزی می‌شود و با نفوذ به سفره‌های آب‌های زیرزمینی، افزایش پارامترهای کیفی را به همراه داشته است. بارزترین منابع آلودگی غیر نقطه‌ای، مواد شیمیایی کشاورزی، کودها و شست‌وشوی املاح خاک بر اثر آبیاری مزارع است که به منابع آبی وارد می‌شوند. به طور کلی، همسو بودن بیشتر متغیرهای کیفیت آب با روند تغییرات کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز دامغان بیانگر تأثیر قابل توجه تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی حوضه است. به طور کلی طی ۱۸ سال گذشته در حوضهٔ آبخیز دامغان تغییرات کاربری اراضی و به‌تبع آن، تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی اتفاق افتاد و یکی از عامل های اصلی آن، گسترش فعالیت‌های انسانی در منطقه است که موجب تغییرات گسترده در کاربری اراضی منطقه شده است. از طرفی، با گسترش شهرها و مناطق مسکونی، رونق باغداری در منطقه، گسترش شهرک‌های صنعتی و .... نیاز به آب به‌شدت افزایش یافته که در نهایت موجب بهره برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی به منظور تأمین آب طی زمان شده است. متأسفانه بروز چنین تغییراتی، موجب تغییرات گسترده‌ای بر میزان غلظت املاح محلول، میزان هدایت الکتریکی، میزان آنیون و کاتیون های محلول در آب های زیرزمینی در سطح منطقهٔ مورد مطالعه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، روند تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی منطقهٔ مورد مطالعه در رابطه با تغییرات کاربری دارای یک رابطهٔ عکس است، به گونه ای که با ایجاد تغییرات کاربری اراضی طی زمان، کیفیت آب های زیرزمینی در سطح حوضه کاهش یافته و افزایش املاح آب‌های زیرزمینی باعث شور شدن اراضی در این حوضه شده و در نهایت رهاسازی اراضی صورت گرفته است که موجب بیابان زایی در سطح حوضه و گسترش اراضی بایر در منطقه شده است. اگر بهره برداری از منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه به شکل کنونی ادامه یابد، بحران های اجتماعی و اقتصادی می تواند در منطقه شکل بگیرد. علاوه بر این، می تواند اثرات منفی بر محیط زیست و منابع طبیعی منطقه داشته باشد و در نهایت، سبب افزایش خطرات و خسارت‌های ناشی از بلایای طبیعی مانند سیل، توفان‌های شنی، انتشار ریزگردهای نمکی در سطح منطقه می‌شود.

## منابع


[1]. Zehtabian Gh ,Khosravi H ,Masoudi R . Desertification assessment models (criteria and indicators .(1st ed .Tehran :University of Tehran Press; 2014. [Persian]

[2]. Alizadeh A .Principles of Applied Hydrology . ۷th ed .Mashhad :Astan Quds Razavi Publications ;1999. [Persian]

[3]. Pijanowski B.C ,Brown D.G ,Shellito B.A , Manik ,G.A .Using neural networks and GIS to forecast land use changes :A Land Transformation Model .Computers Environment and Urban Systems .2002; 26: 553-575.

[4]. Yue Y ,Wang K ,Zhang B ,Chen Z ,Jiao Q ,Liu B ,Chen ,H .Exploring the relationship between vegetation spectra and eco-geo-environmental conditions in karst region ,Southwest China. Environmental monitoring and assessment. 2010; 160: 157-168.

[5]. Lawley M ,Lewis K ,Clarke B .Site-based and remote sensing methods for monitoring indicators of vegetation condition: An Australian review . Ecological Indicators. 2016; 71: 1273-1283.

[6]. Pettorelli N ,Vik O ,Mysterud A ,Gaillard J.M , Tucker C.J ,Stenseth N.C .Using the satellite–derived NDVI to assess ecological responses to environmental change .Journal Trends in Ecology and Evolution. 2005; 9(20): 200-216

[7]. Afifi M .Modeling Land Use Change Using Markov Chain Model and LCM Model Case Study :Shiraz .Journal of Applied Research in Geographical Sciences. 2020; 20(56): 141-158. [Persian]

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

[9]. El-Hames A.S ,Hannachi A ,Al-Ahmadi M ,Al-Amri N. Groundwater quality zonation assessment using GIS, EOFs, and hierarchical clustering. Water resources management. 2013; 27(7): 2465-2481.

[10]. Singh S.K ,Singh Ch.K ,Mukherjee S . 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. 2010; 2(2): 124-131.

[11]. Eskandari Damaneh H ,Khosravi H , Abolhassani Zarjou A .Assessing the Impact of Land Use Changes on the Quality of Groundwater Resources in Zarand Plain Using Satellite Images and Geostatistics .Journal of Environmental Hazards. 2019; 8(20): 67-82.

[12]. Usama zafar M ,Ahmad W .Water Quality Assessment and Apportionment of Northern Pakistan Using Multivariate Statistical Techniques– a Case Study. International Journal of Hydrology. 2018; 2(1): 1-6.

[13]. Wu J ,Li P ,Wang D ,Ren X ,Wei M . Statistical and multivariate statistical techniques to trace the sources and affecting factors of groundwater pollution in a rapidly growing city on the Chinese Loess Plateau. Human and Ecological Risk Assessment .An International Journal. 2019; 2(3): 32-46.

[14]. Kumar A ,Kumar K ,Alam A.K .Spatial distribution of physico-chemical parameters for groundwater quality evaluation in a part of Satluj River Basin ,India .Water Supply. 2019; 19(5): 1480-1490.

[15]. Rafi Sharifabadi J ,Zehtabian Gh ,Khosravi H ,Gholami H .Investigating the trend of land use changes on groundwater quality in Yazd-Ardakan plain .Geography Quarterly. 2016; 7(1): 189-199. [Persian]

[16]. Piri H ,Bameri A .Investigation of the trend of quantitative changes in the water level of groundwater resources using geostatistics and GIS) Case study :Sirjan plain .(Journal of Remote Sensing and Geographic Information System and Natural Resources. 2013; 5(1): 29-44. [Persian]

[17]. Jahanshahi A ,Rohi Moghaddam A ,Dehwari A.H .Evaluation of Groundwater Quality Parameters Using GIS and Geostatistics (Case Study: Babak Plain Aquifer .(Water and Soil Knowledge. 2013; 24(2): 183-197. [Persian]

[18]. Hassan J .A .Geostatistical approach for mapping groundwater quality (Case Study: Tehsil Sheikhupura .(International Journal of Science and Research) IJSR. 2014; 3(4): 239-245.

[19]. Brindha K ,Elango L.Groundwater quality zonation in a shallow weathered rock aquifer using GIS. Geospatial Information Science. 2012; 15(2): 95-104.

[20]. Darwish A ,Fakhran S ,Sufyanian A ,Ghorbani M .Revealing the changes and dynamics of land uses and land cover in Arsbarn Biosphere Reserve (2011-2012 .(Journal of Natural Environment. 2015; 68(4): 551-572. [Persian]

[21]. Mirahsani M ,Salman Mahini A.R , Sufyanian A ,Mohammadi J ,Modarres R ,Jafari R ,Pourmanafi S .Evaluation of vegetation change trends using time series images and Mann-Kendall test in Gavkhooni watershed. Ecology. 2020; 45(3): 99-114. [Persian]

[22]. Hashemi Darreh Badami S ,Norai sefat I , Karimi S ,Nazari S .Analysis of the development process of the urban thermal island in relation to land use change / cover using the time series of Landsat images .Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resources. 2015; 6(1): 15-28 [ .Persian]

[23]. Mohammadi M ,Mohammadi Qaleh Ney M , Ebrahimi K .Spatial and temporal changes in groundwater quality in Qazvin plain .Iranian Water Research Journal. 2011; 5(8): 41-52. [Persian]

[24]. Safavi Gardini M ,Mohammad Rezapour U.B ,Bahrami E ,Mohammadi Siddiq M ,Salari M .Study and evaluation of spatial variations of groundwater quality variables in the south of Qorveh and Dehgolan plains using geostatistical methods .Journal of Irrigation and Water Engineering. 2018; 9(33): 167-188. [Persian]

[25]. Marengo E ,Gennaro M. C ,Robotti E,Maiocchi A ,Pavese G ,Indaco A ,Rainero A . Statistical analysis of groundwater distribution in Alessandria Province (Piedmont-Italy). Microchemical Journal. 2008; 88(2): 167-177.

[26]. Zehtabian Gh ,Inayatullah J ,Mohammad Asgari H ,Neamatollahi M.J .Modeling Changes in Some Chemical Properties of Groundwater :A Case Study :Garmsar Basin .Iranian Journal of Rangeland and Desert Research. 2010; 17: 61-73. [Persian]

[27]. Chen X.W .Using remote sensing and GIS to analyses land cover change and its impacts on regional sustainable development .International Journal of Remote Sensing. 2002; 23: 107-124.

[28]. Mahmoud Hassan R ,Habibnejad Roshan M , Gholami L .Assessing the role of land use on groundwater quality changes in Lajan Basin . Iranian Natural Ecosystems. 2017; 2(28): 83-99. [Persian]

[29]. Remus Prăvălie R ,Săvulescu L ,Patriche C , Dumitraşcu M ,Bandoc G .Spatial assessment of land degradation sensitive areas in southwestern Romania using modified MEDALUS method . CATENA. 2017; 153: 114-130.

[30]. Taha T ,Bruns B ,Bamaga O .Local groundwater governance in Yemen :building on traditions and enabling communities to craft new rules .Hydrogeology Journal. 2012; 20: 1177-1188.

[31]. Mishra N ,Kumar S .Impact of Land Use Change on Groundwater Recharge in Haridwar District۲۰ .th International Conference on Hydraulics ,Water Resources and River Engineering .IIT Roorkee ,India .2015.

[32]. Kashi Zenozi L ,Yazdani M.R ,Khosroshahi M ,Rahimi M .Investigation of changes in some groundwater quality parameters by geostatistical method in the watershed of Marand city - East Azerbaijan .Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries. 2018; 32(6): 1081-1095. [Persian]

[33]. Teymouri M ,Asadi Nilivan ,O .The Impact of Land Use and Geology on Groundwater Quality Using Multivariate Statistical Techniques and Geostatistics) Case Study :Part of Hableh-Rud River Basin .(Hydrogeomorphology. 2020; 7(25): 19-38. [Persian]

[34]. Chitsazan M ,Eilbeigy M ,Tabari M . Evaluation of Groundwater Nitrate Pollution Based on Main Components and Factor Analysis) Case Study :Karaj Plain Aquifer .(Eco Hydrology. 2019; 5(4): 1119- 1133.

[35]. Bouteraa O ,Mebarki A ,Bouaicha F , Nouaceur Z ,Laignel B. Groundwater quality assessment using multivariate analysis, geostatistical modeling, and water quality index (WQI): a case of study in the Boumerzoug-El Khroub valley of Northeast Algeria. Acta Geochim. 2019; 2(4): 345-352.

[36]. Ministry of Power.Tamab Divisions, Regional Water Department of Semnan Provinc . 2020. [Persian]

[37]. Rana M ,Kharel S. Feature extraction for urban and agricultural domains using ecognition developer. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences. 2019; 609-615.

[38]. Harciníková T ,Stankova H. The possibilities to support ZB GIS® database update using object-based image analysis in ecognition developer software .Geodesy and Cartography. 2014; 40(3): 122-132.

[39]. General Department of Natural Resources and Watershed Management of Semnan Province.. Department of Engineering and Studies .Report on Detailed-Executive Watershed Management Studies .2020. [Persian]

[40]. Akbarzadeh P ,Yazdani M.R ,Nikoo Sh . Investigating the need to establish a water police in order to monitor groundwater resources in the vilages of Edge, Joven and Sufiabad, Sorkheh, Semnan .Geography and Environmental Sustainability. 2019; 9(4): 89-102. [Persian]

[41]. Qanawati E ,Khezri S ,Talibpour Asl D . Evaluation of the effects of inter-basin water transfer on groundwater reservoirs and land subsidence) Case study :Zab River water transfer to Lake Urmia .(Quantitative Geomorphological Research. 2015; 4(2): 29-44. [Persian]

[42]. Celestino A.E.M ,Cruz D.A.M ,Sanchez E.M.O ,Reyes F.G ,Soto D.V. Groundwater Quality Assessment: An Improved Approach to K-Means Clustering, Principal Component Analysis and Spatial Analysis: A Case Study. Water. 2018; 10(437): 1-21.

[43]. Finkler N.R ,Bortolin T.A ,Cocconi J , Mendes L.A ,Schneider V.E. Spatial and temporal assessment of water quality data using multivariate statistical techniques. Ciência Natura. 2016; 38(2): 577-587.

[44]. Devic G ,Djordjevic D ,Sakan S. Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality in Serbia. Science of the Total Environment. 2014; 468(1): 933-942.