مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیستم، تابستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲

صفحات: ۸۲ - ۶۷

ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت زرند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و زمین آمار

حامد اسکندری دامنه[۱]، حسن خسروی*[۲]، اعظم ابوالحسنی زرجوع[۳]

چکیده

افزایش جمعیت و در نتیجه آن افزایش تغییرات کاربری اراضی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی نه تنها باعث کاهش کمیت بلکه سبب تخریب کیفیت این منابع ارزشمند شده است. مطالعه و بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی می‌تواند به مدیریت صحیح استفاده از این منابع آبی کمک نماید. لذا هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی و همچنین مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آمار در پهنه‌بندی کیفیت آب از لحاظ پارامترهای کیفی EC و SAR برای کشاورزی و آبیاری به کمک روش ویلکاکس می‌باشد. به‌منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های ۲۰۰۰ TM و ۲۰۱۵ OLI با استفاده از روش حداکثر احتمال، استفاده گردید. همچنین به‌منظور مقایسه تناسب مدل‌های برازش داده شده بر داده‌ها نیز از دو معیار خطای ریشه میانگین مربعات (RMSE) و ضریب همبستگی (R) استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که روش کریجینگ ساده با مدل واریوگرامی دایره‌ای با مقادیر RMSE معادل ۱۷۸۲/۱۹ و R معادل ۰/۸۱۲۳۲ برای پارامتر EC و روش کریجینگ معمولی با مدل واریوگرامی گوسی با مقادیر RMSE معادل ۳/۲۹۵۳۴ و R معادل ۰/۷۹۷۹۱ برای پارامتر SAR مناسب‌ترین روش‌ها در جهت پهنه‌بندی کیفیت منابع آب بودند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که طی سال‌های مطالعاتی در منطقه مورد نظر، افزایش وسعت کاربری‌های شهری و کشاورزی و نیز افزایش ۱۳ درصدی تخریب آب زیرزمینی رخ داده است که از جمله عمده‌ترین دلایل آن می‌توان به برداشت بی‌رویه جهت مصارف شهری و کشاورزی اشاره نمود. به‌طورکلی در پی افزایش وسعت کاربری‌های شهری و کشاورزی در منطقه طی سال‌های مطالعاتی، افزایش ۲ درصدی آلودگی از لحاظ پارامتر EC و نیز افزایش ۵/۵ درصدی آلودگی از لحاظ پارامتر SAR در منابع آب زیرزمینی رخ داده است.

واژگان کلیدی: زمین‌آمار، تصاویر ماهواره‌ای، کیفیت آب، SAR، EC، دشت زرند.

۱-دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران Hamed.eskandari69@gmail.com

۲-دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) hakhosravi@alumni.ut.ac.ir

۳-دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران Azamabolhasani67@yahoo.com

مقدمه

محدودیت منابع آب در دسترس در بسیاری از کشورها و بالا رفتن استانداردهای زندگی موجب افزایش نیاز به منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). این آب‌ها در مقایسه با آب‌های سطحی دارای مزیت‌های بالاتری از جمله کیفیت بهتر و آلودگی کمتر می‌باشند (راحلی نمین و سلمان ماهینی، ۱۳۹۲). امروزه افزایش جمعیت و در نتیجه آن تغییر کاربری و افزایش بهره‌برداری از این منابع ارزشمند باعث شده است کیفیت این منابع رو به نامناسب بودن پیش رود و موجب شور شدن و تخریب آن‌ها گردد (جعفری و بخشنده مهر،۱۳۹۳؛ ال‌هامس و همکاران[1]، ۲۰۱۳). با توجه به اهمیت این منابع به عنوان ذخایر ارزشمند و زیربنایی توسعه کشورها، داشتن اطلاعات در رابطه با آن‌ها از ضرورت بالایی برخوردار است، همچنین آگاهی و تهیه نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی و نیز تغییرات ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی می‌تواند گام مهمی در بهره‌برداری صحیح از این منابع باشد و نقش ارزنده‌ای در فرایند تصمیم‌گیری، مدیریت استفاده و بهره‌برداری از آن‌ها ایفا نماید (رفیع شریف آباد و همکاران، ۱۳۹۵؛ پیری و همکاران،۱۳۹۳؛ توماس و تلام[2]، ۲۰۰۵). با وجود اینکه روش‌های سنتی گوناگونی برای ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر منابع آب زیرزمینی و بررسی وضعیت کیفیت این منابع وجود دارد که از نظر زمان و هزینه مقرون به صرفه نمی‌باشند (اسکنلون[3]، ۲۰۰۵). اما استفاده از سنجش از دور و زمین‌آمار توانسته است تا حد زیادی با کاهش تعداد نمونه‌برداری‌ها و ارائه برآوردهای دقیق‌تر نسبت به روش‌های سنتی در مقیاس منطقه‌ای، از نظر زمان و هزینه مقرون به صرفه باشد و جمع‌آوری اطلاعات را آسان نماید. (یان و همکاران[4]، ۲۰۰۵؛ روگان و چن[5]، ۲۰۰۴؛ جهانشاهی و همکاران، ۱۳۹۳؛ حاسن[6]، ۲۰۱۴؛ بریندها و الانگو[7]، ۲۰۱۲). از این‌رو در سطح جهانی و ملی در زمینه استفاده از داده‌های سنجش از دور جهت ارزیابی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات منابع آب زیرزمینی و نیز کاربرد روش‌های زمین‌آمار در بررسی مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی مطالعات متعددی انجام شده است، که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

سلاجقه و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از سنجنده‌های TM و TEM ماهواره لندست به بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثر آن بر کیفیت آب رودخانه در حوضه آبخیز کرخه پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز کرخه به سمت کاهش اراضی مرتعی، جنگلی، باغ‌ها و اراضی زراعی و نیز افزایش اراضی بایر و اراضی شهری پیش رفته است که در نتیجه این تغییرات، کاهش شدید کیفیت آب در منطقه مطالعاتی رخ داده است. نصراللهی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای تأثیر روند تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب زیرزمینی در دشت گیلانغرب را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مورد ارزیابی قرار دادند و پی بردند که در اثر جایگزینی کاربری مرتع با کاربری‌های کشاورزی دیم، کشاورزی آبی و اراضی بایر بر میزان افت آب زیرزمینی افزوده شده است. فرامرزی و

1- El-hames et al
2- Thomas & Tellam
3- Scanlon et al
4- Yaun et al
5- Rogan & Chen
6- Hassen
7- Brindha & Elango

همکاران (۱۳۹۳) اثر تغییرات کاربری اراضی روی افت تراز آب زیرزمینی را در دشت دهلران مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از آن است که همبستگی مثبتی بین افزایش اراضی دیمی، اراضی آبی، جنگل دست‌کاشت با افت سطح ایستابی وجود داشته است و این همبستگی به علت برداشت بیش از حد آب از سفره‌های آب زیرزمینی و تأثیر خشکسالی در آن منطقه بوده است. رفیع شریف آباد و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی بر روی کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان‌دهنده افزایش وسعت کاربری شهری و مسکونی و نیز کاهش اراضی مرتع طی سال‌های مطالعاتی بود که در نتیجه این تغییرات کاهش کیفیت در منابع آب رخ داده است. سینگ و همکاران[1] (۲۰۱۰) در تحقیقی به منظور ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر منابع آب زیرزمینی در پنجاب هند از روش‌های سنجش از دور و GIS بهره بردند و از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های IRS و LISS و اطلاعات کمی و کیفی آب زیرزمینی در طول ۱۷ سال استفاده کردند. یون و همکاران[2] (۲۰۱۱) اثر تغییر کاربری اراضی بر تغذیه آب زیرزمینی را درحوضه رودخانه Guishui در چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد در پی افزایش کاربری شهری و احداث شهرک‌های روستایی و همزمان کاهش اراضی مرتعی، تغذیه آب زیرزمینی سالانه به مقدار ۴×۱۰^{۶} مترمکعب کاهش یافته است همچنین نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که کمیت آب زیرزمینی با استفاده از شارژ طبیعی و مصنوعی به علت تغییر در استفاده از زمین و الگوی پوشش زمین افزایش یافته است. در زمینه کاربرد روش‌های زمین‌آمار در بررسی مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز تحقیقات متعددی انجام شده است که از جمله این تحقیقات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

زهتابیان و همکاران[3] (۲۰۱۳) به‌منظور تعیین مناسب‌ترین روش میانیابی جهت ارزیابی پارامترهای EC، TDS و TH آب زیرزمینی در گرمسار، روش‌های معمول زمین‌آمار از جمله کوکریجینگ، کریجینگ جهانی و روش‌های معین از جمله روش توابع پایه شعاعی و چند جمله‌ای موضعی را مورد استفاده قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که از بین روش‌های زمین‌آمار روش کوکریجینگ و از میان روش‌های معین روش توابع پایه شعاعی مناسب‌ترین روش‌ها برای تهیه نقشه تغییرات پارامترهای EC، TDS و TH بودند. اسلامی و همکاران[4] (۲۰۱۳) در تحقیقی به‌منظور تعیین تغییرات مکانی و نیز درونیابی کیفیت آب زیرزمینی در بخشی از دشت میناب، روش‌های درونیابی از جمله فاصله معکوس، کریجینگ و کوکریجینگ را مورد استفاده قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که روش کوکریجینگ از میان روش‌های مطالعاتی بهترین روش برای تعیین تغییرات مکانی و نیز درونیابی کیفیت آب زیرزمینی بوده است. مارکو و همکاران[5] (۲۰۱۴) با استفاده از GIS و روش‌های زمین‌آمار به بررسی توزیع مکانی کیفیت آب زیرزمینی و تعیین خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی در بخش غربی عربستان صعودی پرداختند. آن‌ها

1- Singh et al
2- Yun et al
3- Zehtabian et al
4- Eslami et al
5- Marko et al

در مطالعات خود از روش کریجینگ معمولی جهت تهیه نقشه توزیع مکانی خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی استفاده کردند و نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که بیشتر منابع آب زیرزمینی در منطقه مطالعاتی برای شرب نامناسب بوده است. ملا و همکاران[1] (۲۰۱۴) در تحقیقی با استفاده از روش‌های فاصله معکوس و نزدیک‌ترین همسایه به تعیین بهترین روش درونیابی مکانی برای ارائه کیفیت واقعی منابع آب زیرزمینی در بخش جنوبی جامو و کشمیر در هند پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که روش فاصله معکوس از بین دو روش مطالعاتی بهترین روش برای درونیابی پارامترهای کیفی منابع آب زیرزمینی بوده است.

دشت زرند با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر آن و کمبود بارش و خشکسالی‌های متوالی و نبود رودخانه دائمی و پر آب در آن و نیز افزایش تراکم جمعیت به منابع آب زیرزمینی وابسته است. به‌طوری که در حال حاضر به علت برداشت بی‌رویه از این منابع و پیامدهای حاصل از آن یکی از دشت‌های ممنوعه در کشور محسوب می‌شود. بنابراین هدف از این تحقیق، ارزیابی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب زیرزمینی و نیز مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آمار در پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی در دشت زرند و تعیین مناسب‌ترین روش با توجه به تعداد نمونه‌ها و پراکنش مکانی آن‌ها، و همچنین پهنه‌بندی پارامترهای کیفی EC و SAR منابع آب زیرزمینی دشت زرند و نیز پهنه‌بندی کیفی منابع آب زیر زمینی دشت از لحاظ کشاورزی و آبیاری به کمک روش ویلکاکس می‌باشد.

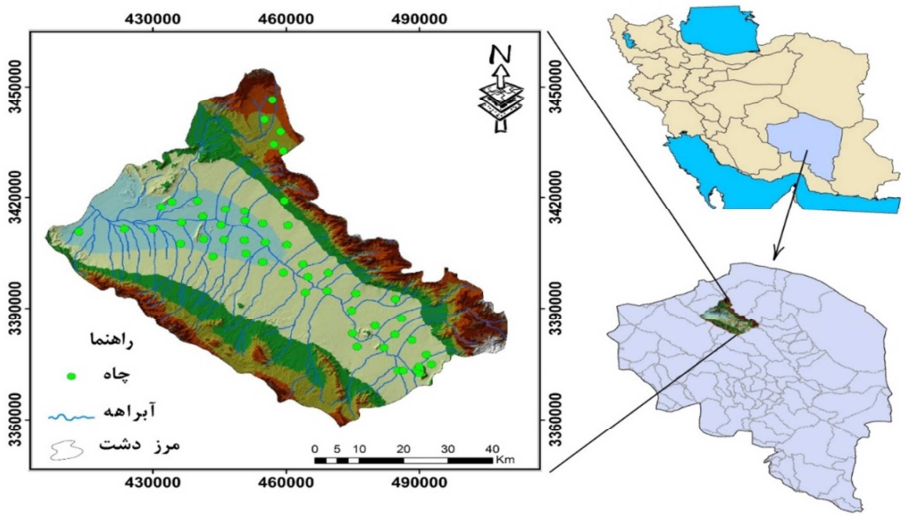
داده‌ها و روش‌ها

الف: منطقه مورد مطالعه

دشت زرند در بخش شمالی استان کرمان و با مساحتی معادل ۴۴۳۸/۴ کیلومترمربع بین رشته کوه‌های حاشیه لوت (در شمال شرقی) و کوه‌های بادامو (درجنوب غرب)، با طول جغرافیائی ۴۳ و ۴۹ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۳ و ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ارتفاع متوسط ۱۵۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. باتوجه به روش دومارتن این منطقه دارای اقلیمی خشک و بیابانی با متوسط دمای سالانه ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالانه ۱۱۹ میلی‌متر است. این دشت رودخانه دائمی و پر آب ندارد و آبراهه‌ها نیز جز در موارد باران شدید و سیلاب فصلی فاقد جریان آب هستند. حدود ۱۰۰۰۰۰ نفر در این منطقه ساکن‌اند که ٪۵۴ آن‌ها روستایی بوده و زندگی و کارشان به وجود منابع آب زیرزمینی وابسته است. در حال حاضر افت سفره آب زیرزمینی و پیامدهای آن از معضلات اصلی این دشت به شمار می‌رود و پدیده کم آبی که خشکسالی چند سال متوالی را به دنبال داشته، باعث پایین رفتن آب‌های زیرزمینی، آن هم به‌طور غیر منتظره گردیده است. به‌طوری که تا فصل تابستان ۱۳۸۷ تعداد ۵۵ قنات کاملاً خشک و بقیه در حال خشک‌شدن هستند. به عبارت دیگر تا دو سه دهه اخیر روستاها، به‌خصوص روستاهای کوهستانی که زمانی پربارترین و با کیفیت‌ترین میوه‌جات شهر را تأمین می‌کردند، با کم آبی شدید مواجه شده‌اند و

1- Malla et al

همه ساله به تعداد مرگ درختان آن‌ها اضافه می‌گردد (شاهی دشت و عباس نژاد، ۱۳۸۹). شکل (۱) موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش چاه‌ها

ب: روش تحقیق

کاربری اراضی

در این تحقیق به‌منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در دشت زرند از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های TM ۲۰۰۰ و OLI ۲۰۱۵ استفاده گردید و همچنین از داده‌های حاصل از بازدید میدانی به عنوان اطلاعات جانبی استفاده شد. در ضمن پردازش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای نیز در محیط نرم‌افزار ENVI 5.1 صورت گرفت. به‌منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی، روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و روش حداکثر احتمال[1] به‌کار گرفته شد (ریچارد و زیوپینگ[2]، ۲۰۰۶). در روش حداکثر احتمال، احتمال تعداد پیکسل‌ها به هر یک از طبقات محاسبه گردید و بر اساس بالاترین میزان احتمال، عمل طبقه‌بندی و اختصاص پیکسل‌ها به طبقات صورت گرفت. این روش طبقه‌بندی نیاز به زمان محاسبه طولانی‌تری نسبت به روش‌های دیگر دارد ولی در مجموع نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. گام اول در انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده، تعیین نوع و تعداد طبقه‌ها بود و این نوع طبقه‌بندی بر پایه پیش شناخت دقیق طبقه‌بندی‌های مورد نظر استوار بود. این پیش‌شناخت به‌منظور نمونه‌های تعلیمی در طبقه‌بندی داده‌ها استفاده شد. در این روش فرض بر این بود که همه مناطق آموزشی از پراکنش نرمال برخوردارند. درواقع شرط توزیع نرمال و

1- Supervised classification and maximum likelihood methods
2- Richards John & Xiuping

تصادفی بودن نمونه‌های تعلیمی در روش حداکثر احتمال اهمیت خاصی را دارا می‌باشد (علوی پناه، ۱۳۹۵ و فاطمی و رضایی، ۱۳۹۳). تمامی کاربری‌های منطقه مورد مطالعه به پنج طبقه (اراضی کشاورزی، کوهستان، اراضی شهری، مرتع و اراضی بایر) تقسیم‌بندی شدند. در نهایت لایه‌های بدست آمده برای محاسبه مساحت کاربری‌ها و تهیه نقشه خروجی مناسب به نرم افزار ArcGIS 10.1 منتقل گردید.

آب زیرزمینی

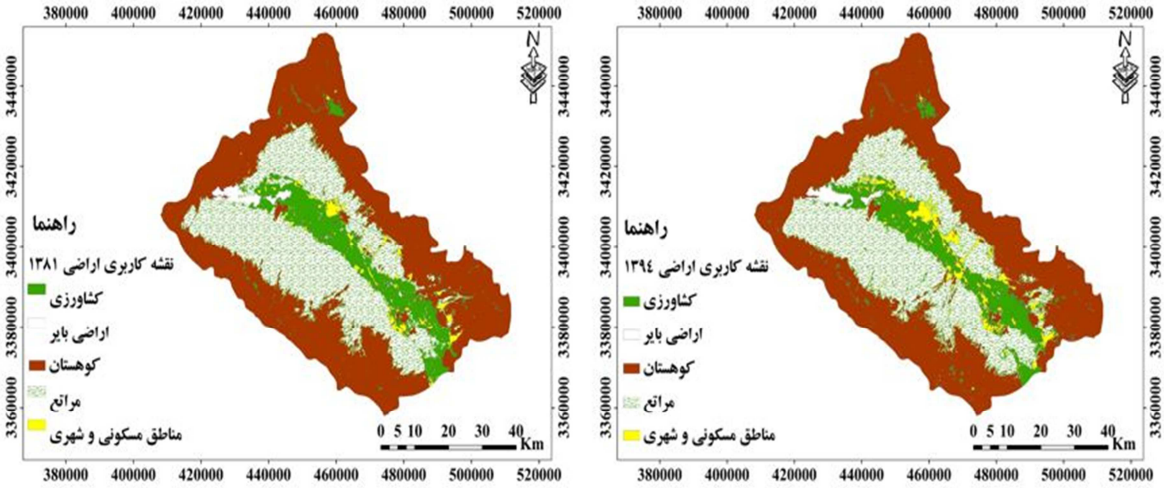
به‌منظور تعیین روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی (همگام با تغییرات کاربری اراضی) در دشت زرند از لحاظ آبیاری و کشاورزی در طول یک دهه، داده‌های کیفی ۵۳ حلقه چاه مشاهده‌ای در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور، اقدام به تعیین کیفیت آب زیرزمینی بر اساس دیاگرام ویلکاکس در هر یک از سال‌های مذکور با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی شد. در این دیاگرام از دو پارامتر هدایت هیدرولیکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) برای تعیین کیفیت آب از لحاظ آبیاری استفاده می‌گردد. هریک از این دو پارامتر با توجه به مقادیرشان در آب و تأثیرشان بر محصولات کشاورزی به چهار گروه تقسیم‌بندی شده و از تلفیق این دو پارامتر ۱۶ کلاس کیفی حاصل می‌شود. در ابتدا قبل از انتخاب روش مناسب برای درون‌یابی، بررسی‌های آماری بر روی داده‌ها انجام گرفت و کیفیت داده‌ها از لحاظ نرمال و همگن بودن مشخص گردید. برای این منظور ویژگی‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS مشخص، و از آزمون کلموگروف اسمیرونوف نرمال بودن داده‌ها تعیین گردید. سپس جهت نرمال نمودن داده‌ها از لگاریتم استفاده شد. بعد از اعمال تصحیحات آماری بر روی داده‌ها، چهار روش درون‌یابی شامل روش معکوس فاصله وزنی (IDW)، توابع پایه شعاعی (RBF)، کریجینگ معمولی (OK) و کریجینگ ساده (SK) در چهار مدل نیم‌تغییرنمای کروی، دایره‌ای، نمایی و گوسی برای تعیین وضعیت کیفی آب زیرزمینی دشت زرند مورد استفاده قرار گرفت. آماره‌های ضریب همبستگی (R)، خطای ریشه میانگین مربعات (RMSE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و میانگین خطای استاندارد (MSE) و همچنین پارامترهای اثر قطعه‌ای (Nugget) و شعاع تأثیر (Sill) حاصل اعمال مدل، بدست آمد. مدل بهینه برای هر یک از پارامترهای کیفی آب براساس آماره‌ها و پارامترهای مدل انتخاب گردید. در نهایت نقشه تغییرات هر یک از پارامترهای کیفی براساس مدل بهینه تعیین شده با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.1 ترسیم گردید و با تلفیق نقشه‌های ایجاد شده، وضعیت کیفی آب زیرزمینی دشت زرند از بعد آبیاری و کشاورزی، براساس طبقات تعیین شده در دیاگرام ویلکاکس کلاس‌بندی گردید. در واقع برای پایش کیفیت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های کلی کیفیت آب زیرزمینی به روش ویلکاکس در دو سال ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ از هم کم گردید تا روند کلی تغییرات در طول این دوره بدست آید. همچنین از مقایسه نقشه‌های نهایی در سال‌های مورد نظر، نقشه تخریب و توسعه منابع آب در سطح دشت به‌دست آمد. بدین ترتیب همگام با بررسی تغییرات کاربری اراضی در منطقه مطالعاتی طی سال‌های مورد نظر، تغییرات کیفیت آب زیرزمینی نیز مورد بررسی قرار گرفت و با ادغام نتایج، اثرات تغییرات کاربری اراضی برکیفیت منابع آب زیرزمینی ارزیابی شد.

یافته‌های تحقیق

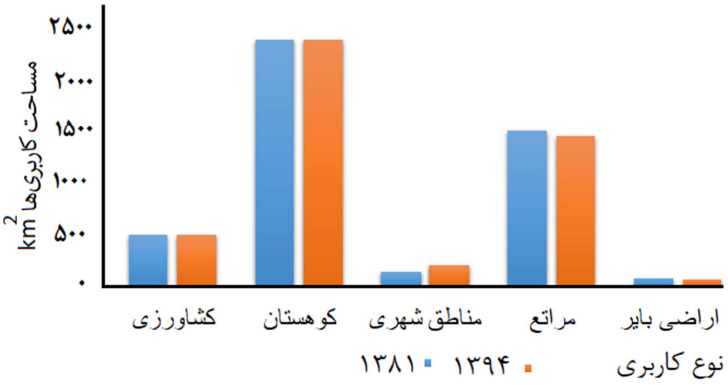
کاربری اراضی

در تحقیق حاضر، به‌منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در دشت زرند از تصاویر ماهواره‌ای لندست طی دو دوره ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ و همچنین داده‌های حاصل از بازدید میدانی استفاده شد. با توجه به نتایج بدست آمده و نقشه‌های کاربری اراضی حاصل شده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای (شکل ۲) می‌توان بیان نمود که در هر دو سال مطالعاتی، کمترین وسعت کاربری اراضی مربوط به اراضی بایر بوده است به‌طوری‌که در سال ۱۳۸۱ برابر با ۱/۴۴ درصد از مساحت منطقه بود و در سال ۱۳۹۴ به ۱/۲۶ درصد مساحت منطقه رسید. همچنین طی دوره زمانی مورد بررسی، کاربری کوهستان بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است، به‌طوری که در هر دو سال مطالعاتی وسعت این کاربری برابر با ۵۱/۹۸ درصد مساحت منطقه بوده است بررسی کاربری کشاورزی طی سال‌های مطالعاتی در منطقه مورد نظر نشان داد که کاربری مذکور با افزایش مساحتی معادل ۰/۰۹ درصد روبه رو بوده است که برابر با ۴/۲۷۳۶ کیلومترمربع می‌باشد. همچنین طبقه کاربری مرتع در سال ۱۳۸۱ با مساحت ۱۴۷۹/۸۷ کیلومترمربع به مساحت ۱۴۲۸/۹۵ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۴ رسیده است که بیانگر کاهش وسعت این کاربری به میزان ۱/۱ درصد می‌باشد. بررسی تغییرات کاربری اراضی شهری نیز نشان داد که وسعت این کاربری طی سال‌های مطالعاتی افزایشی معادل با ۱/۲ درصد داشته است (شکل ۳).

شکل (۲) نقشه کاربری اراضی حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای را در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ نشان می‌دهند.



شکل ۲: نقشه کاربری اراضی حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴



شکل ۳: روند تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴

آب زیرزمینی

کیفیت آب زیرزمینی بر مبنای هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم، بر اساس دیاگرام ویلکاکس و با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی تعیین شد. جدول (۱) مبنای طبقه‌بندی کیفیت آب را به روش ویلکاکس نشان می‌دهد.

جدول۱: مبنای طبقه‌بندی کیفیت آب به روش ویلکاکس، *منبع: (ویلکاکس، ۱۹۹۵)*

هدایت الکتریکی		نسبت جذب سدیم	
کلاس	Ec(umhos/cm)	کلاس	SAR
C1	۲۵۰-۷۵۰	S1	۰-۱۰
C2	۷۵۰-۲۲۵۰	S2	۱۰-۱۸
C3	۲۲۵۰-۴۰۰۰	S3	۱۸-۲۶
C4	۴۰۰۰-۸۰۰۰	S4	۲۶-۳۲

جدول (۲) کلاس‌های طبقه‌بندی آب برای مصارف کشاورزی و آبیاری را به روش ویلکاکس که متداول‌ترین روش در این زمینه می‌باشد، نشان می‌دهد.

جدول ۲: کلاس‌های کیفیت آب به روش ویلکاکس، *منبع: (ویلکاکس، ۱۹۹۵)*

نسبت جذب سدیم	میزان هدایت الکتریکی				
		C1	C2	C3	C4
S1		C1S1*	C2S1**	C3S1***	C4S1
S2		C1S2**	C2S2**	C3S2***	C4S2
S3		C1S3***	C2S3***	C3S3***	C4S3
S4		C1S4	C2S4	C3S4	C4S4
		*: آب‌های خیلی خوب	**: آب‌های خوب	***: آب‌های متوسط و بقیه کلاس‌ها: نامناسب	

جدول (۳) مشخصات واریوگرامی در برازش مدل‌های مختلف برای هر دو پارامتر EC و SAR را نشان می‌دهد. در این جدول واریانس قطعه‌ای، آستانه‌ای، خطای ریشه میانگین مربعات و ضریب همبستگی بین داده‌های موجود و داده‌های تخمینی ارائه شده است. لازم به ذکر است که در مدل‌های واریوگرامی مختلف، بهترین مدل، مدلی است که واجد هر دو شرط RMSE کمتر و R بیشتر باشد. لذا با توجه به نتایج جدول (۳) در بین روش‌هایی که بر روی داده‌های موجود اعمال گردید، روش کریجینگ ساده با مدل واریوگرامی دایره‌ای برای پارامتر هدایت الکتریکی و روش کریجینگ معمولی با مدل واریوگرامی گوسی برای پارامتر نسبت جذب سدیم که دارای RMSE کمتر و مقدار R بیشتر می‌باشند، انتخاب شدند.

جدول ۳: شاخص‌های اندازه گیری شده در مدل کروی برای پارامترهای EC و SAR بعد از نرمال‌سازی

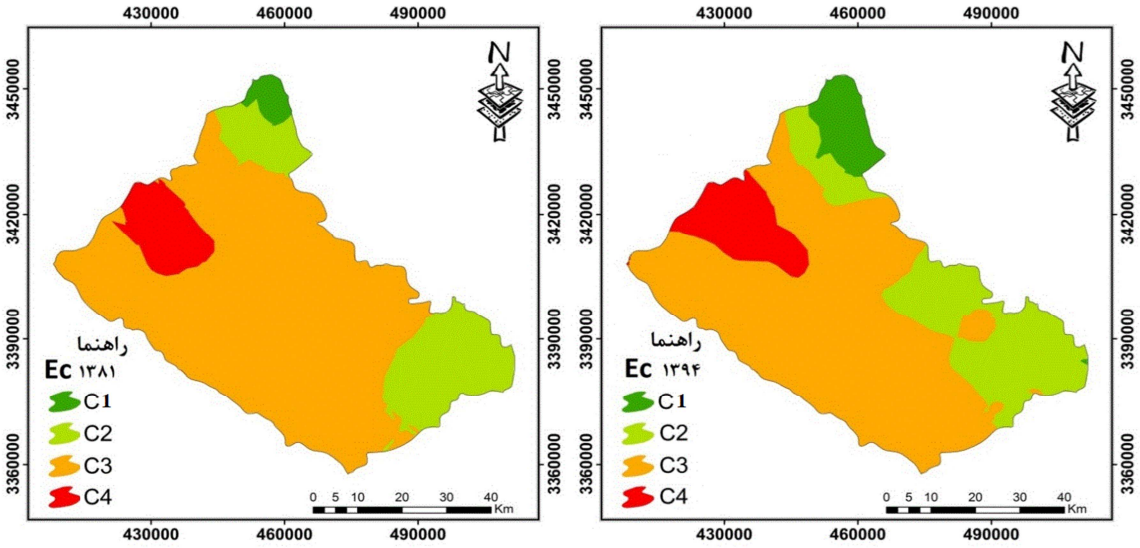
مدل انتخابی		متغیر	(Nugget) C0	(Sill) C0+C	C/ C0+C	(Range)	(MSE)	(RMSE)	(MAE)	(R)
کریجینگ معمولی (Ordinary Kriging)	کروی (Spherical)	EC	۰/۱۸۴۴۷۶	۰/۵۶۱۹۸	۰/۶۷۲	۷۵۰۲۶/۹۷	۰/۰۴۳۳	۲۰۱۹/۰۷	۱۸۹۵/۳۹	۰/۷۳۷۶۷
		SAR	۰/۰۰۱۳۵۹	۰/۳۴۸۲۴	۰/۹۹۶	۱۵۸۷۰/۲۶	-۰/۰۴۵۹	۳/۳۴۲۷۲	۳/۳۴۴۸۳	۰/۷۹۱۵۲
	دایره‌ای (Circular)	EC	۰/۱۸۶۳۸۴	۰/۵۳۵۶۴	۰/۶۵۲	۶۲۰۷۶/۳۹	۰/۰۴۲۸	۲۰۳۱/۱۱	۱۸۹۳/۲۵	۰/۷۳۳۹۳
		SAR	۰/۰۳۱۶۶۵	۰/۳۱۱۶۸	۰/۸۹۸	۱۴۶۷۱/۶۴	-۰/۰۳۰۹	۳/۳۳۰۷۱	۲/۸۴۰۸۲	۰/۷۷۰۴۸
	نمایی (Exponential)	EC	۰/۱۲۱۶۷۷	۰/۶۲۶۵۹	۰/۸۰۶	۸۷۶۰۸/۵۳	۰/۰۳۴۴	۱۸۹۰/۹۴	۱۹۴۱/۷۲	۰/۷۷۶۱۰
		SAR	۰	۰/۳۷۶۷۴	۱	۲۴۱۷۰/۸۳	-۰/۰۰۰۹	۳/۳۷۳۲۲	۲/۸۰۹۲۴	۰/۷۷۳۵۶
	گوسی (Gaussian)	EC	۰/۲۶۳۰۱۷	۰/۵۳۵۵۶	۰/۵۰۷	۷۰۰۳۱/۵۰	۰/۰۳۹۸	۲۲۱۸/۴۰	۱۸۰۷/۹۷	۰/۶۶۹۵۵
		SAR	۰/۰۹۹۸۷۴	۰/۲۵۴۸۳	۰/۶۰۸	۱۵۸۷۰/۲۷	-۰/۰۲۰۲	۳/۲۹۵۳۴	۳/۲۱۹۲	۰/۷۹۷۹۱
کریجینگ ساده (Simple Kriging)	کروی (Spherical)	EC	۰/۰۴۵۵۴۸	۰/۳۰۸۰۲	۰/۸۵۲	۱۲۴۶۵/۱۰	۰/۰۲۵۵	۱۷۹۷/۸۵	۱۵۵۲/۲۱	۰/۸۰۸۳۱
		SAR	۰	۰/۳۲۲۰۴	۱	۱۵۸۳۲	۰/۰۱۴۹	۳/۴۶۳۵۹	۲/۷۵۴۹	۰/۷۷۵۹۴
	دایره‌ای (Circular)	EC	۰/۰۸۲۶۰۸	۰/۲۷۲۷۸	۰/۶۹۷	۱۲۱۶۱/۳۳	۰/۰۳۶۰	۱۷۸۲/۱۹	۱۵۷۴/۶۸	۰/۸۱۲۳۲
		SAR	۰/۰۱۷۶۳۷	۰/۳۰۵۸۴	۰/۹۴۲	۱۳۳۲۵/۴۷	۰/۰۰۱۹	۳/۳۷۶۶۱	۲/۸۱۰۳	۰/۷۸۸۵۸
	نمایی (Exponential)	EC	۰	۰/۳۵۹۰۱	۱	۱۳۴۲۲/۶۸	۰/۰۶۲۶	۱۸۶۰/۷۶	۱۴۴۹/۸۴	۰/۷۹۷۹۹
		SAR	۰	۰/۳۴۲۲۴	۱	۱۹۷۵۹/۵۰	۰/۰۵۷۹	۳/۵۰۹۰۶	۲/۶۴۹۹	۰/۷۷۳۹۸
	گوسی (Gaussian)	EC	۰/۰۶۳۰۱۵	۰/۲۸۸۳۹	۰/۷۸۱	۹۶۶۰/۰۴	۰/۰۱۶۵	۱۸۵۶/۹۱	۱۵۰۶/۸۱	۰/۷۸۹۸۸
		SAR	۰/۰۷۸۱۰۴	۰/۲۴۴۱۳	۰/۶۸۰	۱۳۰۰۱/۳۷	۰/۰۰۴۴	۳/۴۸۵۶۸	۲/۶۹۷۷	۰/۷۷۳۵۵
RBF		EC	-	-		-	-۳۶۹/۳	۵۲۱۱	۱۸۷۷/۱	۰/۷۷
		SAR	-	-		-	-۰/۵۲۶	۳/۵۶۸	۲/۹۴	۰/۷۷
IDW		EC	-	-		-	-۴۰۶/۷۷	۲۱۷۶	۱۷۰۶/۹	۰/۶۹
		SAR	-	-		-	-۰/۶۴۶	۴/۰۲۳	۲/۵۸۹	۰/۷

مساحت کلاس‌های مختلف پارامتر هدایت الکتریکی در سطح منطقه مورد مطالعه در جدول (۴) و همچنین نقشه حاصل از میانیابی پارامتر هدایت الکتریکی در شکل (۴) آورده شده است. همان‌گونه که از نقشه‌های پهنه‌بندی پارامتر هدایت الکتریکی در شکل مشاهده می‌شود مقدار EC از شرق به سمت غرب منطقه در حال افزایش است و بیشترین مقدار EC مشاهده شده در این منطقه مربوط به چاه‌های واقع در غرب و شمال غرب منطقه و کمترین

مقدار EC مربوط به چاه‌های واقع در شرق و شمال شرق منطقه می‌باشد. به‌طوری‌که در سال آماری ۱۳۸۱، ۳۰۹/۶ کیلومترمربع از منطقه در طبقه C4 و ۴۱۲۸/۴ کیلومترمربع از منطقه در طبقه‌های C1 تا C3 واقع شده است. که این مقادیر در سال ۱۳۹۴ به ۳۹۲/۵ کیلومترمربع در طبقه C4 افزایش و ۴۰۴۵/۵ کیلومترمربع در طبقه‌های C1 تا C3 کاهش یافته است که می‌تواند دلیلی بر افزایش ۲ درصدی آلودگی از لحاظ پارامتر EC در منطقه، در طی این مدت باشد.

جدول۴: مساحت کلاس‌های مختلف پارامتر هدایت الکتریکی در سطح دشت زرند

طبقه‌بندی	سال	C4	C3	C2	C1
مساحت (درصد)	۸۱	۶/۹۸	۷۳/۳	۱۷/۹۲	۱/۸
مساحت (کیلومترمربع)	۸۱	۳۰۹/۶	۳۲۵۳/۴	۷۹۵/۳	۷۹/۹
مساحت (درصد)	۹۴	۸/۸۴	۶۲/۹۵	۲۲/۷	۵/۴۷
مساحت (کیلومترمربع)	۹۴	۳۹۲/۵	۲۷۹۳/۶	۱۰۰۹	۲۴۲/۶



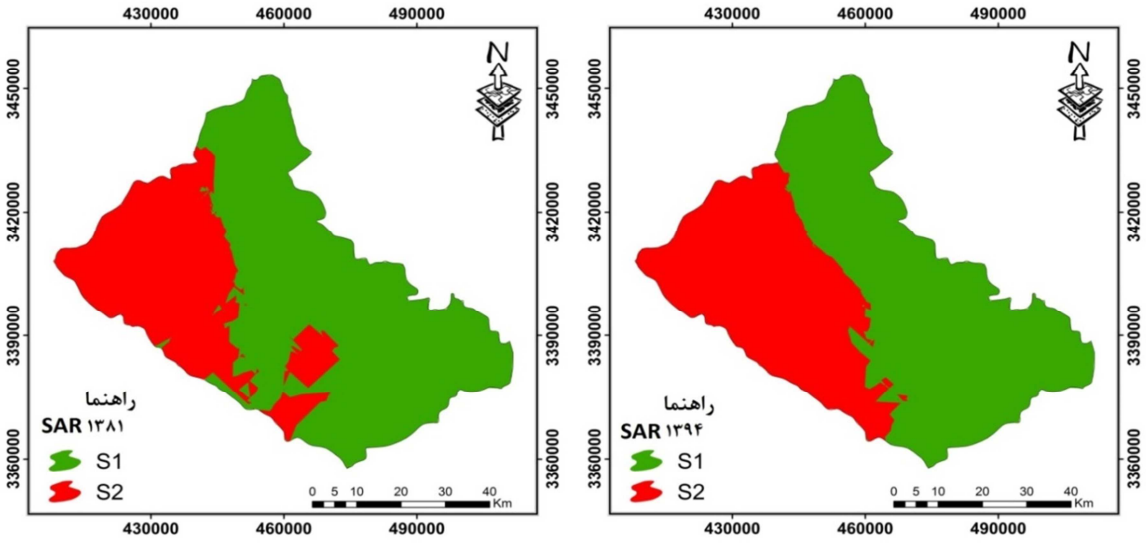
شکل۴: میان‌یابی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت زرند به روش کریجینگ در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴

مساحت حاصل از کلاس‌های مختلف پارامتر نسبت جذب سدیم در جدول (۵) و همچنین نقشه حاصل از میان‌یابی این پارامتر کیفی آب زیرزمینی در شکل (۵) مشاهده می‌شود. همان‌طور که در نقشه مشاهده می‌شود مقدار این فاکتور از شرق به سمت غرب منطقه در حال افزایش است و بیشترین مقدار SAR مشاهده شده در این منطقه مربوط به چاه‌های واقع در غرب منطقه و کمترین مقدار SAR مربوط به چاه‌های واقع در مابقی مناطق می‌باشد. به‌طوری که در سال آماری ۱۳۸۱، ۱۵۲۶/۶ کیلومترمربع از منطقه در طبقه S2 و ۲۹۱۱/۶ کیلومترمربع از منطقه در

طبقه S1 واقع شده است. که این مقادیر در سال۱۳۹۴ به ۱۷۷۳/۳ کیلومترمربع در طبقه S2 افزایش و ۲۶۶۵/۱ کیلومترمربع در طبقه S1 کاهش یافته است که می‌تواند دلیلی بر افزایش ۵/۵ درصدی آلودگی از لحاظ پارامتر SAR در منطقه، در طی این مدت باشد.

جدول۵: مساحت کلاس‌های مختلف پارامتر نسبت جذب سدیم در سطح دشت زرند

طبقه‌بندی	سال	S2	S1
مساحت (درصد)	۸۱	۳۴/۴	۶۵/۶
مساحت (کیلومترمربع)	۸۱	۱۵۲۶/۶	۲۹۱۱/۶
مساحت (درصد)	۹۴	۳۹/۹۶	۶۰/۰۴
مساحت (کیلومترمربع)	۹۴	۱۷۷۳/۳	۲۶۶۵/۱

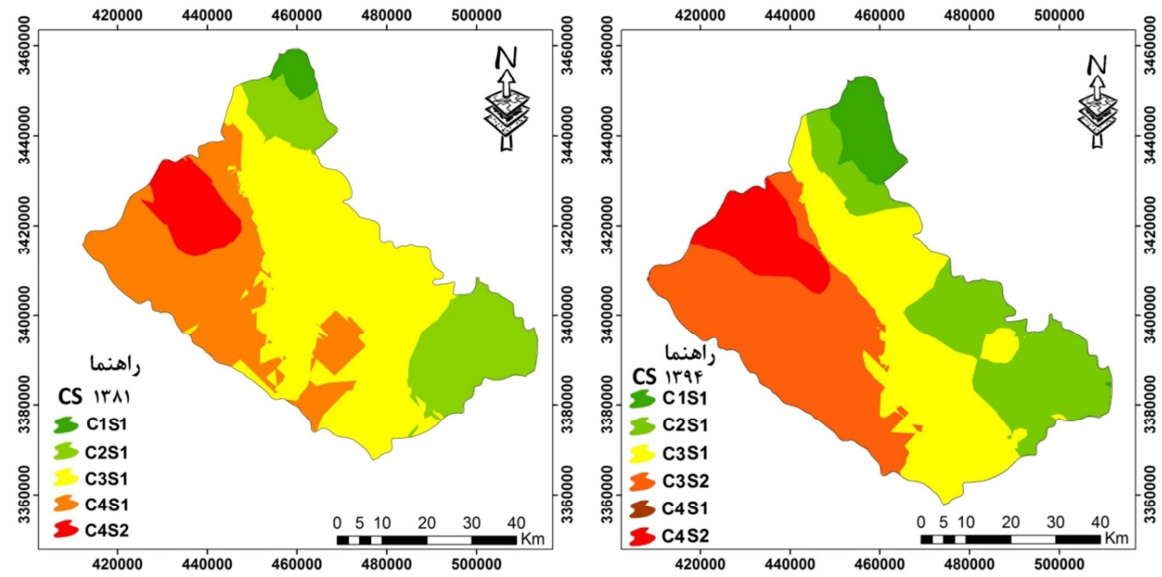


شکل۵: میان‌یابی نسبت جذب سدیم آب زیرزمینی دشت زرند به روش کریجینگ در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴

شکل (۶) نقشه کلاس‌های مختلف کیفیت آب زیرزمینی (از لحاظ آبیاری و کشاورزی) حاصل از تلفیق دو نقشه کلاس‌بندی شده شاخص‌های EC و SAR را نشان می‌دهد. سطح پوشش هر یک از این کلاس‌ها در جدول (۶) آمده است.

جدول۶: مساحت کلاس‌های مختلف کیفیت آب به روش ویلکاکس در سطح دشت زرند

طبقه‌بندی	سال	C4S2	C4S1	C3S2	C3S1	C2S1	C1S1
مساحت (درصد)	۸۱	۷/۵	۰	۲۹/۴۷	۴۹/۳۱	۱۹/۲۷	۱/۹۲
مساحت (کیلومترمربع)	۸۱	۳۰۹/۵	۰	۱۲۱۶/۱	۲۰۳۵/۵	۷۹۵	۷۹/۶
مساحت (درصد)	۹۴	۹/۷	۰/۰۰۱	۳۴/۱۲	۳۴/۹۴	۲۴/۹۴	۶
مساحت (کیلومترمربع)	۹۴	۳۹۲/۱	۰/۰۵	۱۳۷۹/۹	۱۴۱۲/۸	۱۰۰۸/۶	۲۴۲/۴۹

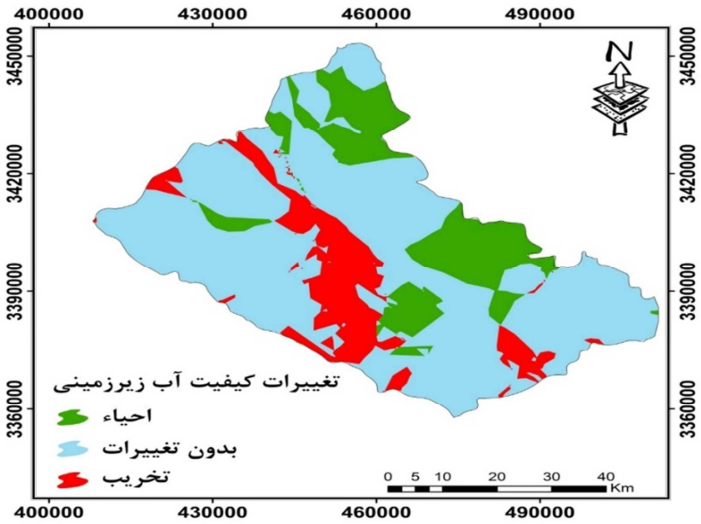


شکل ۶: کلاس‌های کیفیت آب زیرزمینی به روش ویلکاکس در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴

نتایج حاصل از ترکیب پارامترهای کیفی آب زیرزمینی و نقشه نهایی کلاس‌های کیفیت آب زیرزمینی، نشان‌دهنده کاهش کیفیت آب زیرزمینی در قسمت‌های غرب و شمال غرب منطقه مورد مطالعه می‌باشد. مساحت مربوط به پایش کلی تغییرات آب زیرزمینی بر اساس پارامتر نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی در دشت زرند در جدول (۷) نشان داده شده است. بر طبق این جدول، طی یک دهه در حدود ۱۸ درصد احیاء، عمدتاً در مناطق مرتفع و بیش از ۱۳ درصد تخریب در غرب و شمال غربی که منطبق با خروجی حوضه می‌باشد، بوجود آمده است. همچنین روند کلی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در طول سال‌های مطالعاتی در شکل (۷) نشان داده شده است.

جدول ۷: مساحت مربوط به پایش کلی تغییرات آب زیر زمینی بر اساس پارامترهای SAR و EC در دشت زرند

طبقه‌بندی	تخریب	بدون تغییرات	احیاء
مساحت (درصد)	۱۳/۳۵	۶۸/۵۵	۱۸/۱
مساحت (کیلومترمربع)	۵۹۱/۸	۳۰۳۸/۷	۸۰۲/۳



شکل ۷: پایش کلی تغییرات آب زیرزمینی بر اساس پارامترهای SAR و EC در دشت زرند

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر اثرات تغییر کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی در دشت زرند واقع در استان کرمان طی سال‌های مطالعاتی ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی پایش این دو دوره نشان داد که سطح این منطقه در طول بازه زمانی مورد بررسی دچار تغییراتی شده به‌طوری که وسعت اراضی کشاورزی و اراضی شهری رو به افزایش رفته است و کاهش وسعت کاربری مرتع در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۸۱ اتفاق افتاده است. این تغییرات نشان‌دهنده افزایش تخریب و وضعیت ناپایدار در منطقه است و از عوامل مستقیم اثرگذار بر منابع آب زیرزمینی می‌باشد که با نتایج میرزایی و همکاران (۱۳۹۵) نیز مطابقت دارد. تحقیقات آن‌ها که در حوضه آبخیز زاینده‌رود انجام گرفت نشان داد که از سال ۱۳۷۶ تا سال ۱۳۹۴ وسعت اراضی شهری و بایر ۴۲۹۴/۲۵ کیلومترمربع و وسعت اراضی کشاورزی ۱۰۳۴ کیلومترمربع افزایش یافته است در حالی که وسعت اراضی مرتعی ۴۲۵۶/۳ کیلومترمربع کاهش داشته است و تبدیل اراضی دیم به اراضی شهری و کشاورزی وضعیت نامناسبی را برای کیفیت آب رقم زده است. کمترین وسعت کاربری اراضی طی سال‌های مطالعاتی در دشت زرند مربوط به اراضی بایر بوده که وسعت این کاربری در سال ۱۳۹۴ در مقایسه با سال ۱۳۸۱ کاهش داشته است. کاربری کوهستان نیز بیشترین مساحت را در بازه زمانی مطالعاتی به خود اختصاص داده است. در نتیجه افزایش وسعت کاربری کشاورزی و شهری در منطقه مطالعاتی، افزایش تخریب آب زیرزمینی رخ داده است. به‌طوری که منابع آب زیرزمینی از لحاظ پارامتر EC و SAR با افزایش آلودگی روبه‌رو بوده است. بر طبق نتایج تحقیق حاضر، آب زیرزمینی در دشت زرند در مجموع از کیفیت چندان مناسبی برخوردار نیست. به‌طوری که هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در این دشت منحصراً در ۵/۴۷ درصد از سطح که در قسمت شمال بوده دارای کیفیت مناسب می‌باشد و در کلاس آب‌های خوب قرار می‌گیرد. در حدود ۶۰ درصد دشت زرند از لحاظ پارامتر نسبت جذب سدیم کمتر از ۱۰ و در کلاس S1 قرار دارد که در طول

یک دهه ۵ درصد کاهش کیفیت داشته است و همچنین نسبت جذب سدیم در ۴۰ درصد از آب‌های زیرزمینی دشت زرند بیشتر از ۱۰ می‌باشد. بیش از ۷۰ درصد از آب‌های زیرزمینی دشت زرند دارای هدایت‌الکتریکی بیش از ۴۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر است. با توجه به شاخص ویلکاکس در حدود ۳۱ درصد از سطح منطقه به لحاظ کیفیت آب زیرزمینی از جنبه کشاورزی در کلاس خوب و متوسط قرار دارند و کیفیت آب دیگر مناطق دشت برای آبیاری نامناسب می‌باشد، به‌طوری که آبیاری با این آب نه تنها به گیاه آسیب وارد می‌کند بلکه موجب انتقال شوری آب به سطح خاک، پراکنش ذرات خاک و تجمع نمک در پروفیل خاک می‌گردد و متعاقباً کشاورز برای جلوگیری از تجمع نمک ناچار به استفاده چند برابر آب برای آبشویی می‌شود که این امر به نوبه خود موجب برداشت بیش از حد از سفره و افت سطح آب زیرزمینی می‌شود (جعفری و پناهی، ۱۳۹۰). با توجه به نقشه پایش تغییرات کیفی آب زیرزمینی زرند برخلاف انتظار در حدود ۱۸ درصد احیاء در طول یک دهه به وجود آمده است که عمدتاً معطوف به مناطق مرتفع شرقی و شمالی دشت زرند می‌باشد که می‌تواند با مسائلی از جمله بارش در ارتفاعات، جلوگیری از حفر چاه بهره‌برداری، خشک‌شدن سطح زیادی از کشاورزی و باغات در طول یک دهه مرتبط باشد. افزایش تخریب آب زیرزمینی بیشترین انطباق را با افزایش وسعت کاربری شهری و نیز افزایش سطح زیر کشت مزارع و باغات پسته در دشت زرند دارد که از جمله عمده‌ترین دلایل آن می‌توان به برداشت بی‌رویه جهت مصارف شهری و کشاورزی اشاره نمود. این نتایج با نتایج تحقیقات صادقی و همکاران (۱۳۹۳) که در حوضه آبخیز دریاچه زریبار انجام گرفت و نشان داد که افزایش وسعت کاربری کشاورزی و تمرکز اراضی مسکونی روستایی در منطقه مطالعاتی منجر به کاهش کیفیت آب زیرزمینی در منطقه شده است، مطابقت داشت. همچنین نتایج تحقیقات هریس و همکاران[1] (۲۰۱۱) که در جنوب هند انجام گرفت و گویای کاهش کیفیت آب زیرزمینی در نتیجه افزایش وسعت کاربری شهری در منطقه مطالعاتی بود، با نتایج تحقیق حاضر انطباق داشت.

منابع

پیری حلیمه؛ انصاری حسین؛ بامری ابوالفضل (۱۳۹۳). بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بجستان جهت مصارف شرب و کشاورزی با استفاده از روش‌های زمین آماری، علوم و مهندسی آبیاری، دوره ۳۷، شماره ۳، پاییز ۹۳، صص ۱۲۲- ۱۰۷.

جعفری رضا؛ بخشنده مهر لیلا (۱۳۹۳). بررسی تغییرات مکانی شوری و قلیائیت آب‌های زیرزمینی استان اصفهان با استفاده از زمین آمار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی – علوم آب و خاک، جلد ۱۸، شماره ۶۸، صص ۱۹۵- ۱۸۳.

جهانشاهی افشین؛ روحی مقدم عین‌اله؛ دهواری عبدالحمید (۱۳۹۳). ارزیابی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی با استفاده از GIS و زمین‌آمار (مطالعه موردی: آبخوان دشت شهربابک)، دانش آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۲، صص ۱۹۷- ۱۸۳

چارمن، پیتر ا.و؛ مورفی، ب.و. (۱۳۹۰). خواص و مدیریت خاک‌ها، محمد جعفری؛ فاطمه پناهی، انتشارات دانشگاه تهران، ۸۶۸ صفحه.

راحلی نمین بهناز؛ سلمان ماهینی عبدالرسول (۱۳۹۲). بررسی رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و کیفیت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز قره سو، استان گلستان)، پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۴، شماره ۸، صص ۲۴-۱۵.

[1]- Haris et al.

رفیع شریف آباد جواد؛ زهتابیان غلامرضا؛ خسروی حسن؛ غلامی حمید (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات کاربری اراضی بر روی کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا، سال هفتم، شماره ۱، صص ۱۹۹-۱۸۹

سلاجقه علی؛ رضوی‌زاده سمانه؛ خراسانی نعمت‌الله؛ حمیدی‌فر مینا؛ سلاجقه سوسن (۱۳۹۰). تغییرات کاربری اراضی و آثار آن بر کیفیت آب رودخانه (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کرخه)، مجله محیط‌شناسی، سال ۳۷، شماره ۵۸، تابستان ۱۳۹۰، صص ۸۶-۸۱.

شاهی‌دشت علیرضا؛ عباس‌نژاد احمد (۱۳۸۹). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی افت سفره آب‌های زیرزمینی در دشت زرند و ارائه راهکارهای مدیریتی، سال چهارم، شماره هفتم، پاییز و زمستان ۱۳۸۹، صص ۱۲۴-۱۱۹.

صادقی آزاد؛ زهتابیان غلامرضا؛ ملکیان آرش؛ خسروی حسن (۱۳۹۳). تأثیر تغییر کاربری اراضی بر کیفیت آب زیرزمینی حوضه آبخیز دریاچه زریبار، پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۱۰۵، زمستان ۹۳، صص ۹۷-۹۰

علوی پناه سید کاظم (۱۳۹۵). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ۴۹۶ صفحه.

فاطمی سید باقر؛ رضایی یوسف (۱۳۹۳). مبانی سنجش از دور. انتشارات آزاده. چاپ چهارم. ۲۹۶ صفحه.

فرامرزی مرزبان؛ یعقوبی ثریا؛ کریمی کاران (۱۳۹۳). اثر تغییرات کاربری اراضی بر روی افت تراز آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت دهلران استان ایلام)، فصلنامه مدیریت آب در مناطق خشک، جلد ۱، شماره ۲، صص ۶۴- ۵۵.

محمدی مسعود؛ محمدی قلعه‌نی مهدی؛ ابراهیمی کیومرث (۱۳۹۰). تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین. نشریه پژوهش آب ایران، دوره ۵، شماره ۸. صص ۵۲-۴۱

میرزایی مژگان؛ سلگی عیسی؛ سلمان ماهینی عبدالرسول (۱۳۹۵). بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و تغییرات کاربری اراضی، مدیریت آب و آبیاری، دوره ۶، شماره ۲، صص ۱۹۲-۱۷۵.

نصراللهی محمد؛ ممبنی مریم؛ ولی‌زاده سارا؛ خسروی حسن (۱۳۹۳)، بررسی روند تغییرات کاربری اراضی/ پوشش زمین بر وضعیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: دشت گیلانغرب)، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۱، صص ۹۷-۸۹.

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

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

Eslami, H. Dastorani, J. Reza Javadi, M. & Chamheidar, H. (2013). Geostatistical Evaluation of Ground Water Quality Distribution with GIS (Case Study: Mianab-Shoushtar Plain). Bull. Env. Pharmacol. Life Sci, 3(1), 78-82.

Haris H. Khan, Arina Khan, Shakeel Ahmed, Jerome Perrin. (2011). GIS-based impact assessment of land-use changes on groundwater quality: a study from a rapidly urbanizing region of South India, Environmental Earth Sciences, Volume 63, Issue 6, pages 1289–1302.

Hassan, J. (2014). A Geostatistical approach for mapping groundwater quality (Case Study: Tehsil Sheikhupura). International Journal of Science and Research (IJSR). Volume 3 Issue 4. ISSN (Online), 2319-7064

Malla, M. A. Rather, M. A. Teli, M. N. & Kuchhay, N. A. (2014). Comparison of Spatial Interpolation Techniques-A Case Study of Anantnag District J&K, India, International Journal of Modern Engineering Research, Volume 4, Issue 11, 59-67.

Marko, K. Al-Amri, N. S. & Elfeki, A. M. (2014). Geostatistical analysis using GIS for mapping groundwater quality: a case study in the recharge area of Wadi Usfan, western Saudi Arabia. Arabian Journal of Geosciences, 7(12), 5239-5252.

Richards John, A. & Xiuping, J. (2006). Remote Sensing Digital Image- Analysis: An introduction, 4th Edition, Springer. 439p.

Rogan, J. & Chen, D.M. (2004). Remote sensing technology for mapping and monitoring land- cover and land- use change. Journal of Progress in Planning. 61 (2004) 301-325.

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

Singh, S.K. Singh, Ch.K. Mukherjee, S. (2010). Impact of land use and land cover change on groundwater quality in the Lower Shiwalik hills, a remote sensing and GIS-based approach, Cent. Eur. J. Geosci. 124-131.

Thomas, A. & Tellam, J. (2005). Modeling of recharge and pollutant fluxes to urban groundwaters. Science of the Total Environment, 179-158, 360.

Wilcox, L.V. (1995). Classification and use of irrigation water, USDA Circular 969, 19p.

Yaun, F. Sawaya, K.E. Loeffelhoz, B.C. Bauer, M.E. (2005). Land cover classification and change analysis of the twin Cities (Minnesota) metropolitan area by multi temporal Landsat remote sensing, Remote Sens. Environ. 98 317- 328.
Yun, Pun. Huili, G. Demin, Z. Xioaojuan, L. Nobukazu, N. (2011), Impact of land use change on groundwater recharge in Guishui River Basin, China, Chin. Geogra. Sci. 2011, 21 (6) 734-743
Zehtabian, GH. Azareh, A. Samani, A. N. & Rafei, J. (2013). Determining the Most Suitable Geo-Statistical Method to Develop Zoning Map of Parameters EC ،TDS and TH Groundwater (Case Study: Garmsar Plain, Iran). International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(8), 1855-1862.

Assessing the Effect of Land Use Changes on Groundwater Quality of Zarand Plain using Satellite Images and Geostatistical

Hamed Eskandari Dameneh[1], Hassan Khosravi*[2], Azam Abolhasani Zarjoo[3]

Received: 14-10-2017 Accepted: 02-06-2018

Abstract

Population enhancement and consequently increasing of land use changes and excessive exploitation of groundwater resources, not only has reduced the number of groundwater resources but also has degraded the quality of these resources. The study and investigation of groundwater resources quality can lead to the correct management of these resources. So the purpose of this study was an investigation of the effect of land use changes process on groundwater resources quality and also comparison of different Geostatistical methods for water quality zoning in terms of EC and SAR parameters for agriculture and irrigation using Wilcox method. For this aim Landsat satellite images of the TM 2000 and OLI 2014 sensors using Maximum Likelihood, Method was used. Wilcox method was used for determining the quality of groundwater resources in terms of EC and SAR parameters. Also, RMSE and R criteria were used in order to compare symmetry of fitted models to data. The results showed that Simple Kriging method with Circular Variogram Model and the amount of RMSE equal to 1782.19 and R equal to 0.81232 was the best method for EC and Ordinary Kriging Method with Gaussian Variogram Model and the amount of RMSE equal to 3.29534 and R equal to 0.79791 was the best method for SAR in terms of groundwater quality zoning. The conclusion showed that an increase of the area of urban and agricultural uses and also 13% increase in groundwater destruction have happened in the study area which the most important causes were excessive exploitation and using organic fertilizer. Generally, due to the increasing of the area of urban and agricultural uses, an increase of 2% of pollution in terms of EC and an increase of 5.5% of pollution in terms of SAR has occurred in groundwater resources.

Keywords: Geostatistical, Satellite Images, Water Quality, SAR, EC, Zarand Plain.

[1]- PhD student of De-Desertification Faculty of Natural Resource, University of Tehran, Iran.
[2]*- Associate professor, Faculty of Natural Resource, University of Tehran, Iran. Email: hakhosravi@alumni.ut.ac.ir
[3]- PhD student of Desert Controlling and Management, Faculty of Natural Resource, University of Tehran, Iran.