



## بررسی تغییرات کاربری اراضی و ارتباط آن با سطح آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت اردبیل)



صیاد اصغری سراسکانرود، احسان قلعه، الهامه عبادی

دریافت: ۲۲ دی ۱۳۹۸ / پذیرش: ۲۹ شهریور ۱۳۹۹  
 دسترسی اینترنتی: ۱ فروردین ۱۴۰۰

### چکیده

مواد و روش‌ها دشت اردبیل یک دشت میان کوهی که در شمال غرب ایران و در شرق فلات آذربایجان جای گرفته است. این دشت به وسعت ۹۹۰ کیلومترمربع در بین ارتفاعات بلند اطرافش محصور شده است و از لحاظ تقسیمات سیاسی شامل قسمت‌هایی از شهرستان‌های اردبیل و نمین می‌شود. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل، تصویر ماهواره لندست ۸ که از سنجنده OLI به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۴ و همچنین از تصویر سنجنده TM لندست ۵ به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۳۶۶ استفاده شد. در این پژوهش از داده‌های عمق آب زیرزمینی ۴۳ حلقه چاه پیزومتر در سطح دشت اردبیل استفاده شد. مراحل انجام تحقیق بدین ترتیب بود که پس از آماده‌سازی آمار چاه‌های پیزومتری جهت برطرف کردن نواقص موجود در داده‌های مطالعاتی از روش بازسازی داده‌ها استفاده گردید. روش بازسازی استفاده شده که صرفاً برای برطرف کردن نواقص در داده‌ها از روش میانابی در نرم‌افزار Neural Power (بر مبنای شبکه عصبی مصنوعی)، انجام گرفت. جهت نرمال‌سازی داده‌ها از تبدیل‌های لگاریتمی در نرم‌افزار SPSS استفاده شد و از نرم‌افزار GS+ برای تحلیل‌های زمین‌آماری استفاده شد. به منظور تصحیحات جوی و رادیومتریکی از نرم‌افزار ENVI و جهت استخراج نقشه لایه‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد.

پیشینه و هدف آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین منبع آب شیرین جهان هستند. آب آشامیدنی دو میلیارد نفر مستقیماً از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود برداشت بی‌رویه مخازن آب زیرزمینی موجب گردیده که میزان تغذیه آبخوان جواب‌گوی برداشت نبوده و سطح آب زیرزمینی افت نماید. افت سطح آب زیرزمینی مشکلاتی همچون خشک شدن چاه‌های آب، کاهش دبی رودخانه و آب دریاچه‌ها، تنزیل کیفیت آب، افزایش هزینه پمپاژ و استحصال آب و نشست زمین را به دنبال دارد. آگاهی از تغییرات تراز آب به منظور شناخت از وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی و مدیریت بهینه آن ضرورت دارد. یکی از کاربردهای سنجش‌ازدور تعیین تغییرات کاربری‌های اراضی است. با استفاده از سنجش‌ازدور، امکان بررسی و شناسایی پدیده‌های مختلفی وجود دارد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کاربری‌های مختلف بر روی سطح تراز آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین‌آماري درون‌ابی و همچنین روش طبقه‌بندی شیء‌گرا برای استخراج نقشه کاربری اراضی است.

صیاد اصغری سراسکانرود<sup>(✉)</sup>،<sup>۱</sup> احسان قلعه<sup>۲</sup>، الهامه عبادی<sup>۲</sup>

۱. دانشیارگروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: [Sayyad.sasghari21@gmail.com](mailto:Sayyad.sasghari21@gmail.com)

<http://dor1.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.1.5.6>

دقت بسیار بالایی برخوردار است به طوری که صحت کلی و ضریب کاپای استخراج شده در بالاترین سطح ممکن یعنی صحت کلی ۱۰۰ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۹ و برای سال ۱۳۶۶ نیز با دقت کمتر استخراج شد و صحت کلی برای سال ۱۳۶۶، ۹۸ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۵ انجام شد. بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی به منظور انتخاب بهترین مدل درون‌یابی از بین مدل‌های مختلف، تمامی مدل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند که با توجه به مقادیر ME و RMSE روش کریجینگ از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است که از بین حالت‌های مختلف روش کریجینگ نیز مدل گوسی دارای بیشترین دقت است. طبق نتایج به دست آمده بیشترین کاربری تغییر یافته در این محدوده، کاربری مرتع به کشاورزی آبی و کشاورزی دیم بوده است. افزایش کاربری کشاورزی آبی و کشاورزی دیم در این محدوده با کاهش کاربری مرتع همراه بوده است که نشان‌دهنده تخریب مراتع است. طبق نقشه تراز آب زیرزمینی، بیشترین میانگین تراز آب در سال ۱۳۶۶ برای کاربری محدوده جنگل ثبت شده است. همچنین، بیشترین میانگین تراز آب در سال ۱۳۹۴ نیز متعلق به کاربری کشاورزی آبی با ۲۰/۱۷ متر است و کمترین میانگین تراز آب ثبت شده نیز مربوط به کاربری جنگل با ۱۱/۴۵ متر است. از جمله کاربری‌های جالب توجه که لازم به تحلیل و علت‌جویی آن است، کاربری کشاورزی آبی است. این کاربری در سال ۱۳۶۶ بیشترین افت تراز را دارا بوده است و در سال ۱۳۹۴ نیز با بیشترین افت تراز آب مواجه شده است. علت آن را می‌توان در عامل برداشت بیش‌ازحد از آب‌های زیرزمینی برای محصولاتی آبی که نیاز بیشتری به آبیاری دارند، دانست. در مجموع کاربری‌ها در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۶۶ با کاهش میزان تراز آب مواجه بوده‌اند. در نتیجه تغییرات رخ داده موجب استفاده بیشتر کشاورزان از منابع آب زیرزمینی شده که افت سطح آب زیرزمینی را طی دوره ۲۸ ساله در منطقه مورد مطالعه را به دنبال داشته است. این استفاده بیش‌ازحد مجاز در طی دوره مذکور ۴/۹ متر از سطح تراز میانگین دشت کاسته شده است.

**واژه‌های کلیدی:** آب‌های زیرزمینی، کاربری اراضی، روش‌های زمین‌آمار، طبقه‌بندی شیء‌گرا

کشاورزی آبی با ۵۱۸۴۰ هکتار مساحت است. دومین مساحت مربوط به کلاس کشاورزی دیم است که با ۴۸۷۹۰ هکتار بیشترین مساحت را دارا است. کمترین مساحت نیز متعلق به کاربری آب با ۸۸/۶۵ هکتار است. با نگاهی به کاربری‌های سال ۱۳۹۴ نتایج به دست آمده تفاوت‌های معنی‌داری را نشان داد، به صورتی که کاربری کشاورزی آبی با ۱۰/۱۷ هکتار افزایش نسبت به سال ۱۳۶۶ افزایش معنی‌داری را داشته است. بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی به منظور انتخاب بهترین مدل درون‌یابی از بین مدل‌های مختلف، تمامی مدل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند و تنها مدل‌هایی انتخاب شدند که دارای دقت بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها بودند. بیشترین میانگین تراز آب در سال ۱۳۶۶ برای کاربری کشاورزی آبی ثبت شده است و کمترین میانگین تراز آب نیز برای محدوده جنگل ثبت شده است. با ملاحظه نقشه کاربری اراضی و نقشه تراز آب زیرزمینی سال ۱۳۹۴ نیز، تحلیل فوق ثابت می‌شود و همان‌طور که مشخص است بیشترین میانگین تراز آب در این سال نیز متعلق به کاربری کشاورزی آبی با ۲۰/۱۷ متر است و کمترین میانگین تراز آب ثبت شده نیز مربوط به کاربری جنگل با ۱۱/۴۵ متر است. که کاربری آب نسبت به سال ۱۳۶۶ دارای کاهش تراز سطح آب بوده است که این کاهش تراز آب باعث کاهش سطح آب‌سدها شده است. بعد از کاربری آب، از جمله کاربری‌های جالب توجه که لازم به تحلیل و علت‌جویی آن است، کاربری کشاورزی آبی است. این کاربری در سال ۱۳۶۶ بیشترین افت تراز را دارا بوده است و در سال ۱۳۹۴ نیز با بیشترین افت تراز آب مواجه شده است. علت آن را می‌توان در عامل برداشت بیش‌ازحد از آب‌های زیرزمینی برای محصولاتی آبی که نیاز بیشتری به آبیاری دارند، دانست. با توجه به اینکه محصولات دیمی اغلب گندم بوده و نیازی به آب ندارند یا نیاز کمتری دارند ولی میزان تراز آب زیرزمینی سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۶۶ با افت قابل توجهی همراه بوده است. کاربری مرتع نیز در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۶۶ افت داشته که نشان‌دهنده وضعیت بحرانی آب‌های زیرزمینی و استفاده بیش‌ازحد از این منابع است.

**نتیجه‌گیری** در این پژوهش به منظور طبقه‌بندی و سپس بررسی تغییرات در بازه زمانی مشخص اقدام به طبقه‌بندی تصاویر از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در نرم‌افزار eCognition و خروجی‌ها در نرم‌افزار ArcGIS استخراج شد. ارزیابی صحت طبقه‌بندی برای سال ۱۳۹۴ از

لطفاً به این مقاله استناد کنید: اصغری سراسکانرود، ص.، قلعه، ا.، عبادی، ا. ۱۴۰۰. بررسی تغییرات کاربری اراضی و ارتباط آن با سطح آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت اردبیل). نشریه

سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۲(۱): ۸۶-۱۰۶.

## مقدمه

آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین منبع آب شیرین جهان هستند. آب آشامیدنی دو میلیارد نفر مستقیماً از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود و برای آبیاری بزرگ‌ترین بخش تهیه غذا در جهان استفاده می‌شود. استفاده از آب زیرزمین در این اواخر به واسطه افزایش تقاضای آب، به دلیل رشد سریع جمعیت و صنعتی شدن، چندین برابر افزایش یافته است (۱۴). آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین نیازهای خانگی، صنعتی و کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک هستند (۶). بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی طی چند دهه اخیر علاوه بر محدودیت‌های کمی، محدودیت‌های کیفی را نیز موجب شده است (۵). به طوری که امروزه منابع آب زیرزمینی با مسائل عدیده‌ای از قبیل هدر رفت، افت تراز، ورود زه آب‌های شیمیایی صنایع و کشاورزی، شوری و غیره روبروست. از طرفی پیامدهای منفی و زیان‌بار ناشی از این امر به لحاظ جغرافیایی متفاوت بوده و به طور یکسان جوامع بشری را تهدید نمی‌نماید. بالطبع در مناطق خشک و نیمه خشک که وابستگی به منابع آب زیرزمینی بیشتر است، تمامی تهدیدها تشدید می‌یابد (۸ و ۲۰). برداشت بی‌رویه مخازن آب زیرزمینی موجب گردیده که میزان تغذیه آبخوان جواب‌گوی برداشت نبوده و سطح آب زیرزمینی افت نماید. افت سطح آب زیرزمینی مشکلاتی همچون خشک شدن چاه‌های آب، کاهش دبی رودخانه و آب دریاچه‌ها، تنزیل کیفیت آب، افزایش هزینه پمپاژ و استحصال آب و نشست زمین را به دنبال دارد. همچنین سبب می‌شود که آب از نقاط با پتانسیل بالا به سمت این نقاط سرازیر شود، که گاهی با برگشت جبهه آب شور به سمت مناطق دارای آب شیرین مواجه خواهیم شد. از طرف دیگر، افت سطح ایستایی موجب کف کنی‌های متعددی در چاه‌ها می‌شود. در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم، بیشترین توجه به یافتن سفره‌های آب زیرزمینی مناسب جهت تأمین آب مورد نیاز شرب و کشاورزی معطوف گردیده است و این در حالی است که کمتر به حفظ کیفی آبخوان‌ها توجه می‌شود (۱۱ و ۱۳). آگاهی از تغییرات تراز آب به منظور

شناخت از وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی و مدیریت بهینه آن ضرورت دارد. با ارزیابی نوسان سطح آب زیرزمینی می‌توان از آن در مدیریت منابع آب استفاده نمود (۷ و ۱۶). یکی از کاربردهای عمده سنجش از دور کشف و تعیین تغییرات کاربری‌های اراضی است. با استفاده از ویژگی‌های سنجش از دور، امکان بررسی و شناسایی پدیده‌های مختلفی وجود دارد. از جمله ابزارهای مهم در زمینه شناخت وضع و نوع تغییرات در طی زمان نقشه و تصاویر ماهواره‌ای است. نقشه‌های کاربری اراضی نحوه استفاده انسان از زمین را در فعالیت‌های کشاورزی، جنگل‌داری، باغات، مرتع و غیره نشان می‌دهد. که با رشد بیش از حد جمعیت، فشار بر عرصه‌های طبیعی بیشتر شده و باعث بهره‌برداری غیراصولی و تغییر کاربری‌ها گردیده است. این تحقیق بر آن است که با استفاده از اطلاعات مربوط با تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های TM و OLI، میزان تغییرات کاربری اراضی از عرصه‌های منابع طبیعی و زمین‌های کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت را آشکار سازد و با توجه به این تغییرات، میزان افت آب‌های زیرزمینی و یا میزان افزایش آن را مشخص سازد. مطالعات بیشتری در کل جهان و ایران در زمینه بررسی تغییرات کاربری اراضی در ارتباط با آب زیرزمینی گرفته است که در ذیل به بعضی آن‌ها اشاره شده است.

پیری و بامری (۲۱) در تحقیقی به بررسی روند تغییرات کمی سطح ایستایی منابع آب زیرزمینی با استفاده از زمین‌آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی در دشت سیرجان پرداختند. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت سیرجان با استفاده از روش‌های زمین‌آمار در دوره آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ است. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که واریوگرام مدل گوسین با ضریب تبیین ۰/۷ به عنوان بهترین مدل برازش شده به ساختار فضایی داده‌ها و روش چندجمله‌ای محلی و روش کریجینگ معمولی به ترتیب با داشتن مجذور میانگین مربعات خطا ۴۳/۶ و ۲۳/۸۵، بهترین روش میان یابی می‌باشند. نتایج همچنین نشان داد که روش کریجینگ معمولی با تغییر نما گوسی در مقایسه با سایر

اراضی/پوشش ساحلی ارائه می دهد که برای سیاست‌گذاران و مدیران منابع برای استفاده در کاربری اراضی ساحلی و شیوه‌های مدیریت محیط‌زیست مفید خواهد بود. آبیجیت و همکاران (۲) در پژوهشی با استفاده از تحلیل‌های چند معیاره، مناطق پتانسیل‌دار برای تغذیه آب‌های زیرزمینی را در حوضه آبریز پونانیارو در هند مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از داده‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی و داده‌های کاربری اراضی منطقه استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربری زمین‌های سنگلاخی، پتانسیل بسیار ضعیفی در تغذیه آب‌های زیرزمینی دارد که نتایج تحقیق با نتایج مطالعات میدانی تطابق کامل داشته است. لامیچان و شاکیا (۱۷) در تحقیقی اثر تغییرات کاربری اراضی بر آب‌های زیرزمینی را در دره کاتماندو در نپال مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸، شیب، جهت شیب و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ۳۰ متری ماهواره Aster استفاده شد. نتایج نشان داد که در طول دهه گذشته، کاربری ساخته‌شده توسط انسان باعث غیرقابل نفوذ کردن منطقه و همچنین کاهش ۶ درصدی تغذیه آب‌های زیرزمینی شده است.

با توجه به منابع بررسی‌شده، محققان مختلف تأثیر تغییرات کاربری اراضی را بر روی تراز آب‌های زیرزمینی کار کرده‌اند. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که کاربری‌های مختلف تأثیرات بسیار زیادی بر روی سطح تراز آب‌های زیرزمینی دارند، به این دلیل که کاربری‌های مختلف باعث مصرف متفاوتی از آب‌های زیرزمینی می‌شود. نوآوری این تحقیق از دو جنبه قابل بررسی است؛ بدین صورت که در تحقیقات مشابه برای استخراج کاربری اراضی از روش‌های پیکسل پایه استفاده می‌شود درحالی‌که در این تحقیق برای استخراج کاربری اراضی از روش شیء‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه استفاده شده که دقت بسیار بالایی دارد. همچنین در این تحقیق اجزای واریوگرام کاملاً تجزیه و تحلیل شده است و با روش‌های مختلف، نتایج کار صحت‌سنجی شده است. بنابراین این تحقیق شامل دو فرضیه است؛ فرض اول

روش‌های بکار رفته، برای برآورد عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در هر دو دوره آماری دقت بیشتری دارد. پهنه‌بندی با روش کریجینگ معمولی نشان داد که سطح آب زیرزمینی در بیشتر نقاط دشت در دوره مطالعه افت داشته است. حداکثر این افت معادل ۴۰ متر و به‌طور متوسط ۱۵ متر است. در نقاط غربی دشت سطح آب افزایش پیدا کرده که باعث تغییر جهت آب از سمت سفره آب شور غرب به سمت سفره آب شیرین و کاهش کیفیت سفره آب زیرزمینی دشت سیرجان شده است. گولر و همکاران (۱۰) در تحلیل تغییرات زمانی-مکانی سطح آب زیرزمینی در دشت‌های پایکوهی مرسین ترکیه از مقایسه روش‌های مختلف درون‌یابی بهره جستند. نتایج حاصل نشان‌دهنده برآزش بهتر روش کریجینگ ساده نسبت به سایر روش‌های درون‌یابی است. اوور و همکاران (۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی میزان نرخ شارژ آب‌های زیرزمینی و پاسخ رواناب سطح به کاربری اراضی و تغییرات پوشش زمین در محیط‌های نیمه‌خشک پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که جنگل‌ها میزان شارژ مجدد آب زیرزمینی پایین‌تر و رواناب بیشتری نسبت به سایر کاربری‌های مورد بررسی در مناطق گرمسیری و نیمه‌خشک دارند. همچنین اگر جنگل‌ها به مراتع تبدیل شوند، شارژ مجدد آب‌های زیرزمینی ۷/۸ تا ۱۲/۶ درصد افزایش می‌یابد. همچنین تبدیل اراضی بایر به زمین‌های زراعی منجر به کاهش رواناب سطح آب بین ۵/۲ تا ۷/۷ درصد می‌شود. عبدالله و همکاران (۱) الگوهای فضایی-زمانی کاربری اراضی/پوشش زمین در منطقه ساحلی ناهمگن بنگلادش بین ساله‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۷ بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که نقشه‌های چند زمانه کاربری اراضی/پوشش نشان می‌دهد که مناطق ساحلی بنگلادش در طی ۲۸ سال گذشته افزایش خالص در زمین‌های کشاورزی (۵/۴۴)، ساخته شده (۴/۹۱) و رودخانه (۴/۵۲) را تجربه کرده است. درحالی‌که پوشش گیاهی کاهش خالص (۸/۲۶) را تجربه کرده است. روند کاهش پوشش گیاهی در بازه زمانی مورد نظر عمدتاً به دلیل ابتکارات جنگل زدایی دولت بنگلادش در سراسر کمربند‌های ساحلی جنوبی است. این یافته‌ها تصویری جامع از الگوهای کاربری

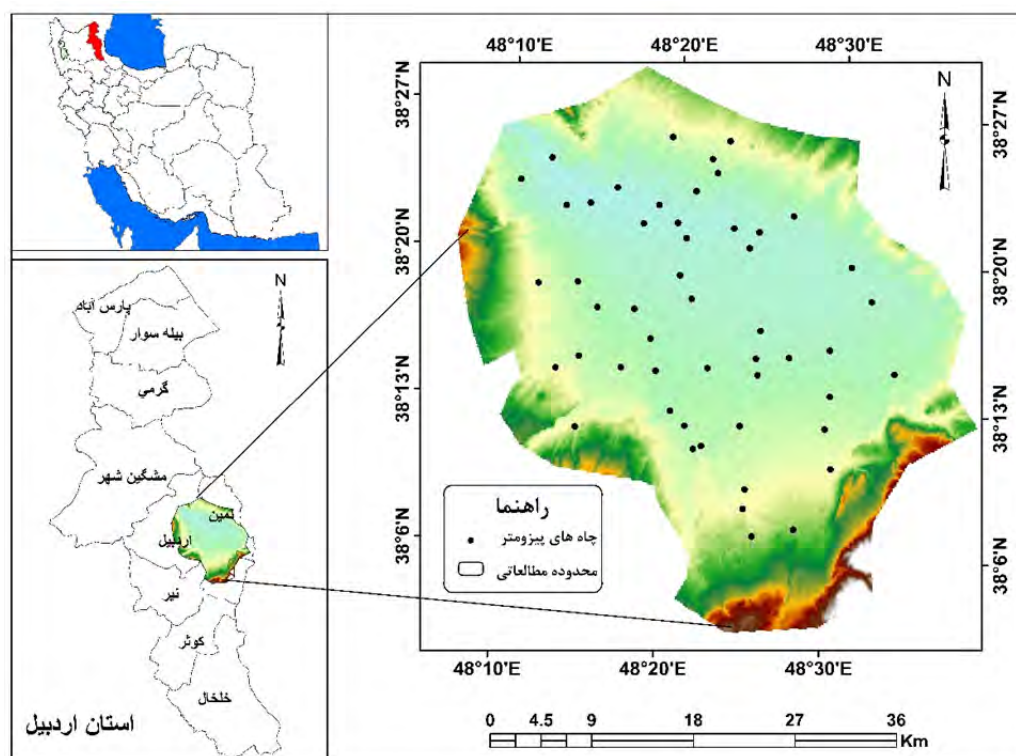
تالش که در اردبیل کوه‌های ارشق نامیده می‌شود و جنوب آن به کوه‌های کم ارتفاع که در حقیقت ادامه ارتفاعات بزقوش به شمار می‌آیند، محدود می‌گردد (شکل ۱). رودهای متعددی در سطح دشت جریان دارند که مهم‌ترین آن‌ها رودخانه قره‌سو است و از ارتفاعات باغرو داغ در شرق اردبیل سرچشمه گرفته با روند جنوب شرقی - شمال شرقی دشت را زهکشی نموده، سرانجام از دشت خارج می‌شود. رودخانه بالخلی چای دیگر رودی است که با روند جنوب غربی - شمال شرقی شهر اردبیل به رودخانه قره‌سو می‌پیوندد و از دشت خارج می‌گردد. دشت اردبیل به‌عنوان یکی از دشت‌های ممنوعه به لحاظ آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شود که در سال‌های اخیر افت قابل ملاحظه‌ای در سطح آب‌های زیرزمینی تجربه کرده است.

بدین صورت که کاربری مسکونی بیشترین تغییرات را در بازه زمانی در منطقه مورد مطالعه داشته است و فرض دوم این است که کاربری کشاورزی آبی بیشترین میزان افت را خواهد داشت.

## مواد و روش

### منطقه مورد مطالعه

دشت اردبیل یک دشت میان کوهی که در شمال غرب ایران و در شرق فلات آذربایجان جای گرفته است. این دشت به وسعت ۹۹۰ کیلومترمربع در بین ارتفاعات بلند اطرافش محصور شده است و از لحاظ تقسیمات سیاسی شامل قسمت‌هایی از شهرستان‌های اردبیل و نمین می‌شود. غرب آن به توده آتشفشانی سبلان (به ارتفاع ۴۸۱۱ متر)، شرق آن به رشته‌کوه تالش (باغرو داغ)، به ارتفاع ۳۳۰۰ متر، ادامه کوه‌های



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت اردبیل در استان اردبیل و کشور

Fig. 1. Geographical location of Ardabil plain in Ardabil province and the country

کاربری اراضی برای سال ۲۰۱۵ و همچنین از تصویر سنجنده TM لندست ۵ به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی برای سال

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل، تصویر ماهواره لندست ۸ که از سنجنده OLI به منظور استخراج نقشه

۱۹۸۷ استفاده شد. تصاویر در اواخر فصل بهار و اوایل فصل تابستان به منظور نبود پوشش های ابری و برفی بالا و همچنین

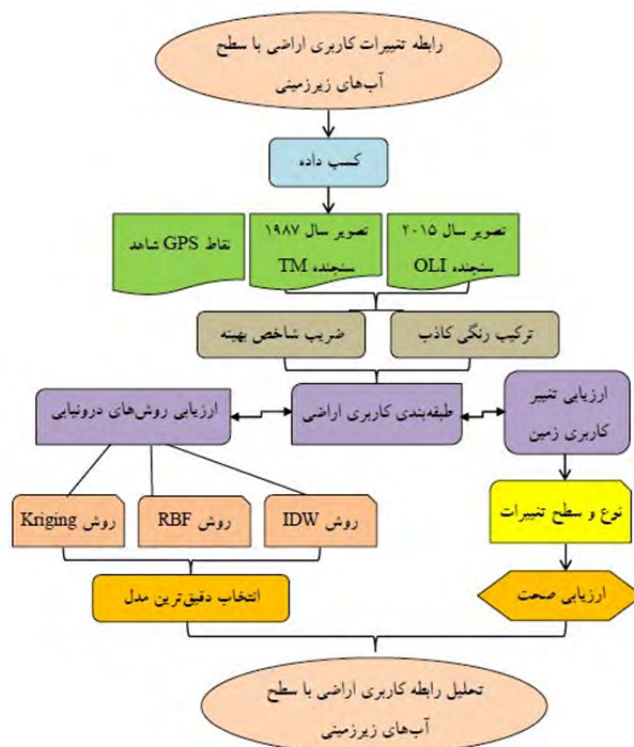
جدول ۱. اطلاعات تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸

Table 1. Landsat 5 and 8 satellite image information

تاریخ	زمان (گرینویچ)	زاویه خورشید	درصد پوشش ابر	گذر	مسیر	نوع سنجنده
۲۰۱۵/۰۶/۲۳	۷:۲۵:۱۰	۱۲۴/۹۰۵۹۶۳۶۷	۰	۳۳	۱۶۷	لندست ۸
۱۹۸۷/۰۶/۱۰	۶:۵۰:۱۸	۱۱۴/۳۹۱۸۸۷۳۱	۰	۳۳	۱۶۷	لندست ۵

استفاده گردید. روش بازسازی استفاده شده که صرفاً برای برطرف کردن نواقص در داده ها استفاده شد، روش میان یابی است که توسط نرم افزار Neural Power (بر مبنای شبکه عصبی مصنوعی)، انجام گرفت. جهت نرمال سازی داده ها از تبدیل های لگاریتمی در نرم افزار SPSS استفاده شد و از نرم افزار GS+ برای تحلیل های زمین آماری استفاده شد. به منظور تصحیحات جوی و رادیومتریکی از نرم افزار ENVI و جهت استخراج نقشه های مورد نظر از نرم افزار ArcGIS استفاده شد.

در انجام این پژوهش از داده های عمق آب زیرزمینی ۴۳ حلقه چاه پیژومتر در سطح دشت اردبیل استفاده شد. به لحاظ زمانی با در نظر گرفتن آمار دقیق و در دسترس، به آمار سال ۱۳۹۴ و ۱۳۶۶ استناد شد. در تعیین حدود جغرافیای پهنه مورد مطالعه سعی گردید تا پراکنش خوب چاه های پیژومتر در نظر گرفته شود. مراحل انجام تحقیق بدین ترتیب بود که پس از آماده سازی آمار چاه های پیژومتری جهت برطرف کردن نواقص موجود در داده های مطالعاتی از روش بازسازی داده ها



شکل ۲. روند مراحل تحقیق

Fig. 2. Process of research steps

در این رابطه؛  $\hat{Z}(s_0)$  مقدار پیش‌بینی شونده برای موقعیت  $s_0$ ،  $N$  تعداد نقاط نمونه‌برداری شده،  $\lambda_i$  وزن اختصاص داده‌شده برای هر نقطه و  $Z(s_i)$  مقدار مشاهده‌شده در موقعیت  $s_i$  است.

### روش توابع شعاع محور

توابع پایه شعاعی این توانایی را به ما می‌دهند که سطوحی را ایجاد نماییم که هم‌روندهای عام در آن‌ها در نظر گرفته شده‌اند و هم تغییرات محلی در آن‌ها لحاظ شده باشند (۴). این روش می‌تواند روی داده‌های نویزدار که به‌طور نامنظم در یک منطقه پخش شده‌اند اعمال شده و یک درون‌یابی چند متغیره هموار روی داده‌ها انجام دهد. به عبارت دیگر روش RBF تابعی را می‌یابد که مشابه یک ورقه فلزی نازک است که به‌طور همواری خم شده است و مقید به گذشتن از تمامی داده‌ها است. این روش یک تابع  $f(x,y)$  را می‌یابد که این تابع نه تنها از تمامی داده‌های موجود می‌گذرد، بلکه مقدار یک تابع انحنای آن را که میزان هموار بودن تابع  $f(x,y)$  را می‌سنجد، را نیز کمینه می‌کند. در روش RBF تابعی که میزان تابع انحنای آن کمینه می‌شود به شکل عمومی زیر است و تفاوت روش‌های RBF مختلف در نحوه تعریف تابع RBF در رابطه ۲ است.

[۲]

$$f(x,y) = \sum_{j=1}^n a_j E(\|x - x_j, y - y_j\|) + b_0 + b_1 x + b_2 y$$

در این رابطه؛  $\| \cdot \|$  بیانگر طول بردار،  $x$  و  $y$  متغیرهای مکانی،  $(x_j, y_j)$  مختصات مکانی  $j$  امین نقطه مشاهده‌ای پارامتر  $Z_j$  و  $E$  یک RBF است.  $b_0, b_1, b_2, a_j$ ، ضرایبی هستند که باید تعیین شوند تا تابع  $f$  به‌طور صریح مشخص شود.

### روش زمین‌آمار (کریجینگ)

در روش‌های زمین‌آمار علاوه بر عامل فاصله که در روش‌های مبتنی بر آمار مرسوم حائز اهمیت است، به موقعیت مکانی و همبستگی تغییرات مکانی نقاط نمونه نیز توجه می‌

به‌منظور طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در نرم‌افزار eCognition Developer استفاده شد. در این طبقه‌بندی مهم‌ترین قسمت طبقه‌بندی، قسمت قطعه‌بندی (Segmentation) آن است (۱۸). قطعه‌بندی یک تصویر بر تفکیک و جداسازی تصویر به نواحی مختلف به‌طوری‌که پیکسل‌های هر ناحیه دارای یک ویژگی خاص که می‌تواند متعلق به یک شیء (Object) مشترک باشد، دلالت دارد. در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا، اطلاعات طیفی با اطلاعات مکانی ادغام گردیده و پیکسل‌ها بر اساس شکل، بافت و تن خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص، قطعه‌بندی شده و طبقه‌بندی تصویر بر اساس این قطعه‌ها انجام می‌شود. قبل از انجام طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا لازم است که فرآیند تقسیم‌بندی تصویر صورت پذیرد. این تقسیم‌بندی بر اساس شکل پدیده، بافت و تن‌هایی که هر یک از مقادارها دارا می‌باشند انجام می‌پذیرد (۲۵ و ۲۷). روش‌های استفاده‌شده در این پژوهش به‌منظور درون‌یابی داده‌های عمق آب زیرزمینی شامل روش عکس فاصله وزنی (Inverse Distance Weighting)، روش توابع شعاع محور (Radial Basis Function) و روش زمین‌آمار (کریجینگ) است.

### روش عکس فاصله وزنی

از مهم‌ترین روش‌های درون‌یابی، روش عکس فاصله وزنی است. در این روش وزن نقاط نمونه بر روی نقطه مجهول بر اساس فاصله‌ی بین نقاط مجهول محاسبه می‌شود. این اوزان توسط توان وزن دهی کنترل می‌شود. به‌طوری‌که توان‌های بزرگ‌تر، نقاط دورتر از نقطه‌ی مورد تخمین را کاهش می‌دهند و توان‌های کوچک‌تر، وزن‌ها را به طول یکنواخت‌تری بین نقاط همسایه توزیع می‌کنند (۱۵). برای محاسبه ارتباط فاصله‌ای، می‌توان به این نکته اشاره داشت که مقادیر نقاط نزدیک‌تر از نقاطی که دورترند، وزن بزرگ‌تری را به خود می‌گیرند (رابطه ۱).

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad [1]$$

مختلف درون‌یابی بر روی داده‌های عمق آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای، جهت رسیدن به مدل بهینه برآورد تغییرات فضایی سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، مقایسه‌ای بین این روش‌ها با استفاده از روش اعتبارسنجی متقاطع (Cross-Validation) صورت گرفت. این روش به این صورت می‌باشد که برای هر یک از نقاط مشاهده‌ای به وسیله روش‌های درون‌یابی تخمینی انجام می‌شود و سپس مقدار تخمین شده با مقدار مشاهده‌ای مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در نهایت، مدلی که کمترین مقدار خطا را در تخمین داشته باشد، به عنوان بهترین مدل شناخته می‌شود. از معیارهای پرکاربرد اعتبارسنجی متقاطع که در این تحقیق نیز از آن‌ها استفاده شد، عبارت‌اند از؛ میانگین خطای اریب (Mean Bias Error) که از رابطه ۵ محاسبه شد.

$$MBE = \frac{1}{N_v} \sum_{i=1}^{N_v} [z(x_i) - \hat{z}(x_i)] \quad [5]$$

ریشه دوم میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error) که هرچقدر کمتر باشد، نشانگر خطای کمتر مدل بوده و از رابطه ۶ تعیین گردید.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{N_v} (z(x_i) - \hat{z}(x_i))^2} \quad [6]$$

در این رابطه؛  $Z(x_i)$  مقدار برآوردی متغیر در  $x_i$ ،  $\hat{Z}(x_i)$  مقدار مشاهده‌ای متغیر در  $x_i$ ، تعداد نقاط با متغیر مشاهده‌ای است (۲۳).  $MBE$  نشانگر میانگین انحراف مقدار برآوردی از مقدار مشاهده‌ای است که مسلماً هر چه کمتر باشد، بهتر است این آماره می‌تواند مثبت و یا منفی باشد که اگر برآورد بیشتر صورت گرفته باشد، مثبت و برعکس، منفی خواهد شد (۲۴).

#### ارزیابی صحت (Accuracy assessment)

جهت ارزیابی صحت و مقایسه نقشه‌های حاصل، از ماتریس خطا، صحت کلی (رابطه ۷) و آماره کاپا (رابطه ۸) استفاده شد (۲۲).

گردد. کریجینگ، بهترین تخمین‌گر خطی نارایب است و عاری از خطای سیستماتیک است. شرط استفاده از این تخمین‌گر این است که متغیر  $Z$  دارای توزیع نرمال باشد. در غیر این صورت یا باید از کریجینگ غیرخطی استفاده کرد و یا این‌که با تبدیل‌های مناسب توزیع متغیر را به نرمال تبدیل کرد. کریجینگ از این حیث که در آن وزن‌های مقادیر اندازه‌گیری شده مجاور را برای استنتاج پیش‌بینی در هر موقعیتی به کار می‌برد، شبیه روش IDW است. اگرچه، وزن‌ها تنها مبتنی بر فاصله بین نقاط اندازه‌گیری شده و موقعیتی که قرار است پیش‌بینی صورت گیرد، نیست، بلکه مبتنی بر آرایش مکانی سرتاسری میان نقاط اندازه‌گیری شده نیز است. برای استفاده از آرایش مکانی در وزن دهی‌ها، کمیت خودهمبستگی مکانی باید تعیین شود. از بین توابع همبستگی، کوواریانس و نیم تغییرنما برای نشان دادن پیوستگی مکانی داده‌ها، نیم تغییرنما بیشترین کاربرد را به خود اختصاص می‌دهد. نیم تغییرنما از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad [3]$$

در این رابطه؛  $\gamma(h)$  مقدار نیم تغییرنما برای جفت نقاطی است که به فاصله  $h$  از هم قرار دارند،  $n(h)$  تعداد زوج نقاطی است که به فاصله  $h$  از هم قرار دارند،  $Z(x_i)$  مقدار مشاهده‌ای متغیر  $X$  در موقعیت  $i$  و  $z(x_i + h)$  مقدار مشاهده‌ای متغیر در فاصله  $h$  از  $x_i$  است. شرط استفاده از این تخمین‌گر این است که متغیر  $Z$  دارای توزیع نرمال باشد، بنابراین؛

$$E \left[ Z(x_i) - \sum_{i=1}^n \lambda_i Z^*(x_i) \right] = 0, \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad [4]$$

در این رابطه؛  $Z(x_i)$  مقدار مشاهده‌ای متغیر در نقطه  $i$ ام با مختصات معلوم،  $Z^*(x_i)$  مقدار تخمینی در همان نقطه  $i$ ام،  $\lambda_i$  وزن داده‌های مشاهده‌ای و  $E$  امید ریاضی است. بنابراین شرط ناراییب کریجینگ بیانگر آن است که مجموع ضرایب وزنی تخمین باید مساوی واحد باشد. پس از اعمال روش‌های



صحت کلی و ۰/۹۹ ضریب کاپا استخراج شده است. در حالی که طبقه‌بندی در سال ۱۳۶۶ با صحت کلی ۰/۹۸ و ضریب کاپای ۰/۹۵ به نسبت دقت پایین‌تری را ارائه داده است که دلیل این پایین بودن دقت، توان تفکیک رادیومتریکی تصویر سال ۱۳۶۶ است. چراکه تصاویر TM از توان تفکیک پایین‌تری (۸ بیت) نسبت به تصاویر OLI (۱۲ بیت) برخوردار می‌باشند. در این پژوهش به منظور پایش تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی و بررسی رابطه کاربری اراضی با تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM ماهواره لندست اقدام شد. در ابتدا به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه برای سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ تهیه شد. لازم به ذکر است که تهیه نقشه کاربری اراضی در نرم‌افزار eCognition Developer و به روش طبقه‌بندی شیء‌گرا صورت پذیرفت و خروجی‌های مورد نظر نیز در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. شکل‌های ۳ و ۴ نقشه کاربری اراضی مربوط به بازه‌های زمانی مشخص را نمایش می‌دهد. همچنین مساحت هر یک از کاربری‌ها نیز در جدول ۲ برای هر سال نمایش داده شد.

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^N a_{ik}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N a_{kk} \quad [V]$$

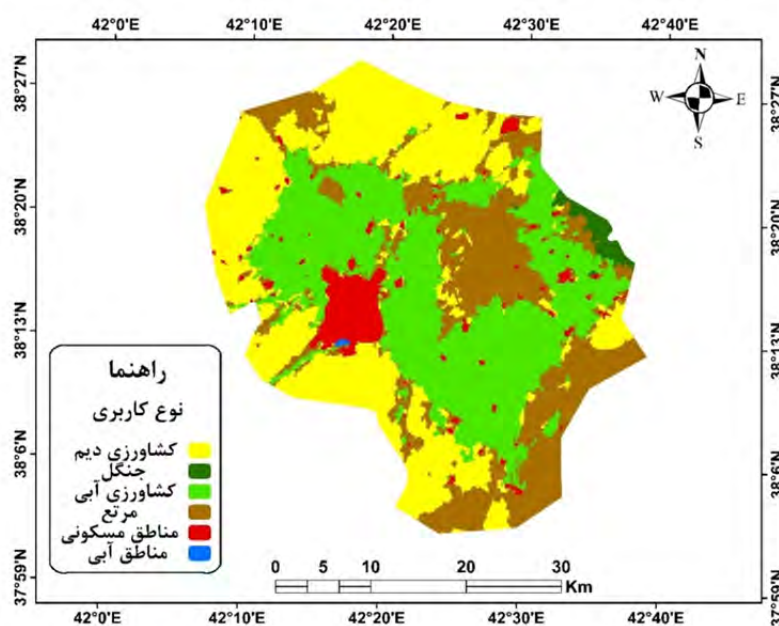
در این رابطه؛ OA نشان‌دهنده صحت کلی و N معرف تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و  $\sum_{i,k=1}^N a_{kk}$  نمایه‌ی مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا (تعداد کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده) است (۱۲).

[۸]

احتمال توافق - ۱ / (احتمال توافق) - (دقت مشاهده شده) = آماره کاپا

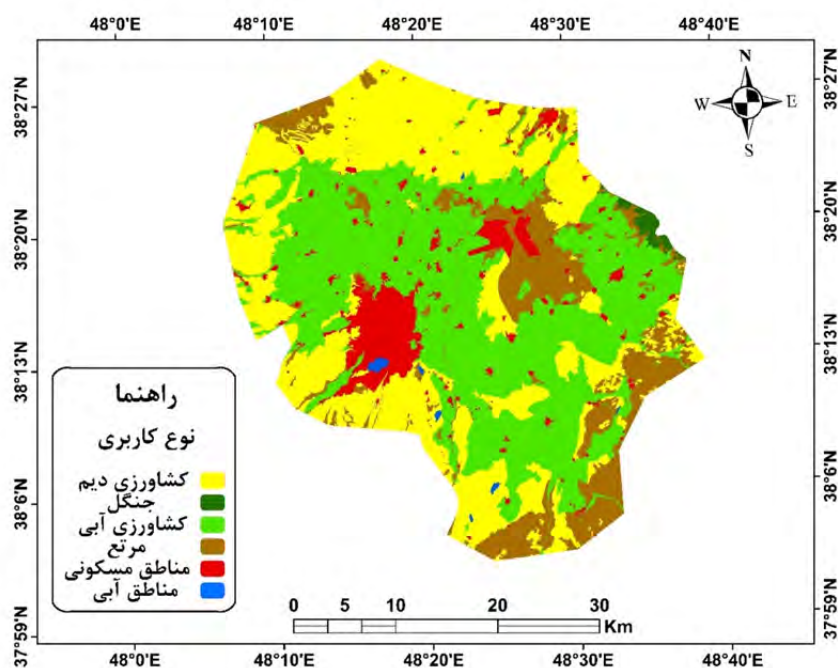
### نتایج

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت و درستی آن است (۲۶). به همین منظور برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، به محاسبه دقت کاربر، صحت کلی و ضریب کاپا پرداخته شد. برای ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی تولید شده از ۱۰۰ نقطه‌ی کنترل‌ی GPS (بازدید میدانی مورخ خردادماه ۱۳۹۴) کاملاً تصادفی و دارای دسترسی برای کنترل صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده شد. دقت طبقه‌بندی در سال ۱۳۹۴ در دقیق‌ترین نوع خود یعنی ۱۰۰٪



شکل ۳. نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی سال ۱۳۶۶

Fig. 3. Land use classification map of 1987



شکل ۴. نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی سال ۱۳۹۴

Fig. 4. Land use classification map of 2015

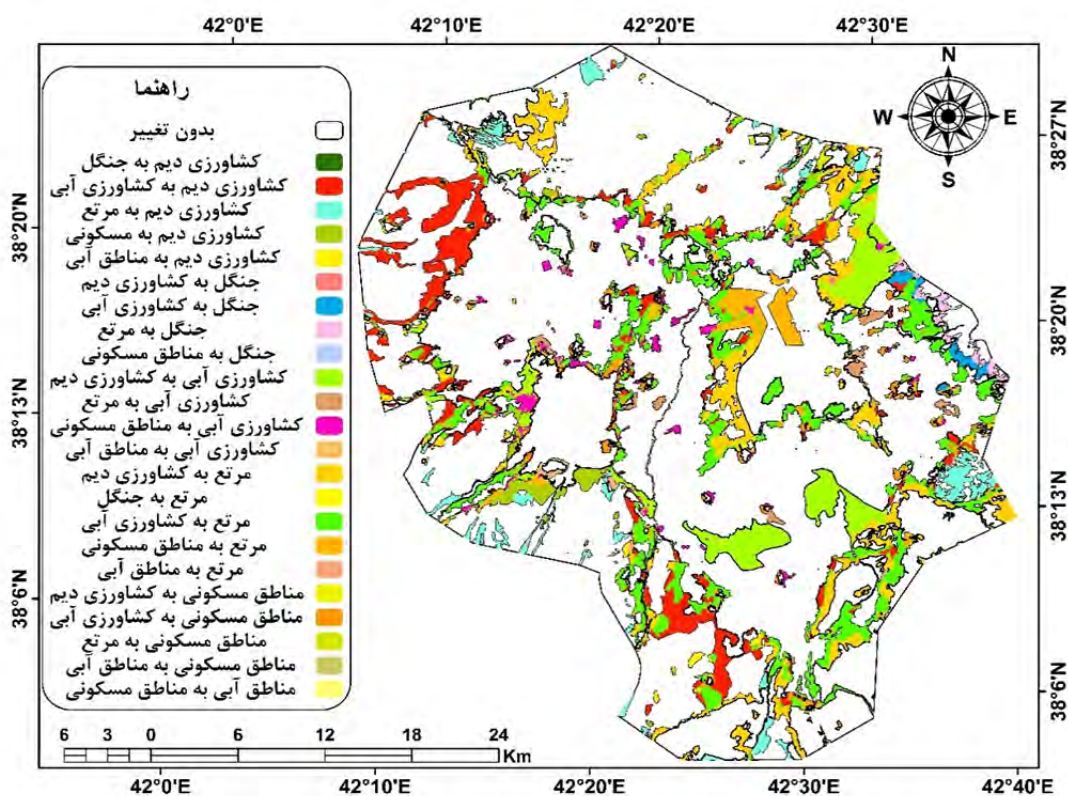
جدول ۲. مساحت کاربری‌های اراضی در سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴

Table 2. Area of land use in 1987 and 2015

نوع کلاس	۱۳۶۶ (هکتار)	۱۳۹۴ (هکتار)
کشاورزی دیم	۴۸۷۹۰	۵۰۸۰۰
جنگل	۱۸۲۲	۹۳۱/۵
کشاورزی آبی	۵۱۸۴۰	۶۲۰۱۰
مرتع	۳۵۹۰۰	۲۱۲۸۰
مسکونی	۶۹۵۳	۹۹۹۰
آب	۸۸/۶۵	۳۸۲/۱۵
جمع کل	۱۴۵۳۹۳/۶۵	۱۴۵۳۹۳/۶۵

همان‌طور که از جدول ۳ مشخص است بیشترین مساحت در سال ۱۳۶۶ متعلق به کلاس کشاورزی آبی با ۵۱۸۴۰ هکتار مساحت است. دومین مساحت مربوط به کلاس کشاورزی دیم است که با ۴۸۷۹۰ هکتار بیشترین مساحت را دارا است. کمترین مساحت نیز متعلق به کاربری آب با ۸۸/۶۵ هکتار است. با نگاهی به کاربری‌های سال ۱۳۹۴ نتایج به‌دست‌آمده تفاوت‌های چشمگیری را نشان داد به صورتی که کاربری کشاورزی آبی با ۱۰/۱۷ هکتار افزایش نسبت به سال

۱۳۶۶ افزایش چشمگیری را داشته است. همچنین کاربری‌های کشاورزی دیم، مسکونی و آب به ترتیب دارای ۲/۰۱۰، ۳/۰۳۷ و ۲۹۳/۵ هکتار افزایش مساحت بوده‌اند. از سوی دیگر کاربری مرتع با ۱۴/۶۲۰ هکتار و کاربری جنگل با ۸۹۰/۵ هکتار کاهش مساحت مواجه بوده‌اند. افزایش مساحت کاربری شهری هم‌زمان با کاهش کاربری مرتع و کاربری جنگل نشان از جایگزینی کاربری‌ها و تغییرات آن‌ها است.



شکل ۵. نقشه تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

Fig. 5. Map of land use changes in the study area

جدول ۳. مساحت کاربری‌های تغییر یافته

Table 3. Areas of modified uses

مساحت (هکتار)	کاربری‌های تغییر یافته	مساحت (هکتار)	کاربری‌های تغییر یافته
۱۰۵۷/۷۶۴	کشاورزی آبی به مسکونی	۰/۴۴۱	کشاورزی دیم به جنگل
۱۴/۱۰۷۶	کشاورزی آبی به آب	۶۲۸۶/۷۰۲	کشاورزی دیم به کشاورزی آبی
۷۰۱۴/۸۱۵	مرتع به کشاورزی دیم	۲۴۱۹/۷۴۸	کشاورزی دیم به مرتع
۰/۰۹۵۶	مرتع به جنگل	۱۵۶۸/۶۰۷	کشاورزی دیم به مسکونی
۹۱۱۵/۴۴۴	مرتع به کشاورزی آبی	۱۳۳/۱۷۹۳	کشاورزی دیم به آب
۲۳۰۵/۳۳۹	مرتع به مسکونی	۳۸/۶۲۵۲	جنگل به کشاورزی دیم
۱۰۱/۶۰۱۵	مرتع به آب	۴۳۶/۹۹۶۷	جنگل به کشاورزی آبی
۳۱۷/۸۲۷	مسکونی به کشاورزی دیم	۴۱۷/۷۰۹۴	جنگل به مرتع
۱۲۸۶/۱۷۵	مسکونی به کشاورزی آبی	۰/۰۲۳۷	جنگل به مسکونی
۲۴۳/۷۵۹۶	مسکونی به مرتع	۵۰۵۰/۴	کشاورزی آبی به کشاورزی دیم
۴۷/۶۱۸۷	مسکونی به آب	۸۳۹/۵۶۳۲	کشاورزی آبی به مرتع
---	---	۰/۰۵۴۳	آب به مسکونی

کاربری‌ها به مراتب بیشتر است و این امر نیز نشان‌دهنده سرعت تخریب جنگل‌ها نسبت به میزان احیای آن است. بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی به منظور انتخاب بهترین مدل درونیابی از بین مدل‌های مختلف، تمامی مدل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند و تنها مدلهایی انتخاب شدند که دارای دقت بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها بودند (جدول ۴).

نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان تغییرات کاربری مربوط به کلاس مرتع به کشاورزی آبی و مرتع به کشاورزی دیم به ترتیب ۹۱۱۵/۴ و ۷۰۱۴/۸ هکتار است که نشان‌دهنده تخریب هرچه بیشتر مراتع است (جدول ۳). در میان کاربری‌های تغییر یافته، کاربری جنگل کمترین میزان افزایش را دارا است در حالی که میزان تغییر کاربری جنگل به دیگر

جدول ۴. آماره‌های RMSE و ME در روش‌های مختلف درونیابی

Table 4. RMSE and ME statistics in different interpolation methods

روش زمین‌آمار	سال	مدل واریوگرام	RMSE	ME
RBF	۱۳۶۶	Inverse Multiquadric	۰/۲۶	-۰/۰۰۰۹
	۱۳۹۴	Inverse Multiquadric	۰/۲۷۴	۰/۰۰۵
IDW	۱۳۶۶	----	۰/۳۰۱	-۰/۰۰۹۱
	۱۳۹۴	----	۰/۲۷۷	-۰/۰۰۸
Kriging Ordinary	۱۳۶۶	Gaussian گوسی	۰/۲۶	۰/۰۰۲
		Circular دایره‌ای	۰/۲۷	-۰/۰۰۰۳
	۱۳۹۴	Exponential نمایی	۰/۲۶۶	-۰/۰۰۱
		Gaussian گوسی	۰/۲۴۴	۰/۰۰۱
	۱۳۹۴	Circular دایره‌ای	۰/۲۸۶	-۰/۰۰۸
		Exponential نمایی	۰/۲۹۲	-۰/۰۱۱

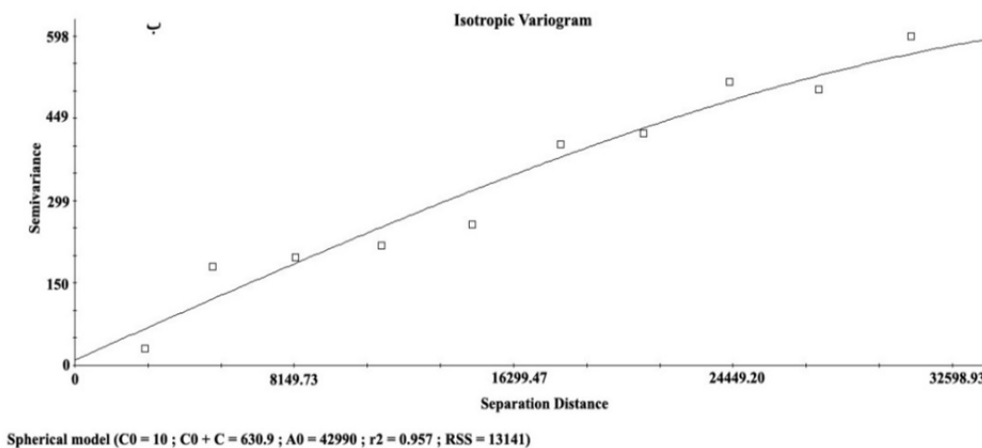
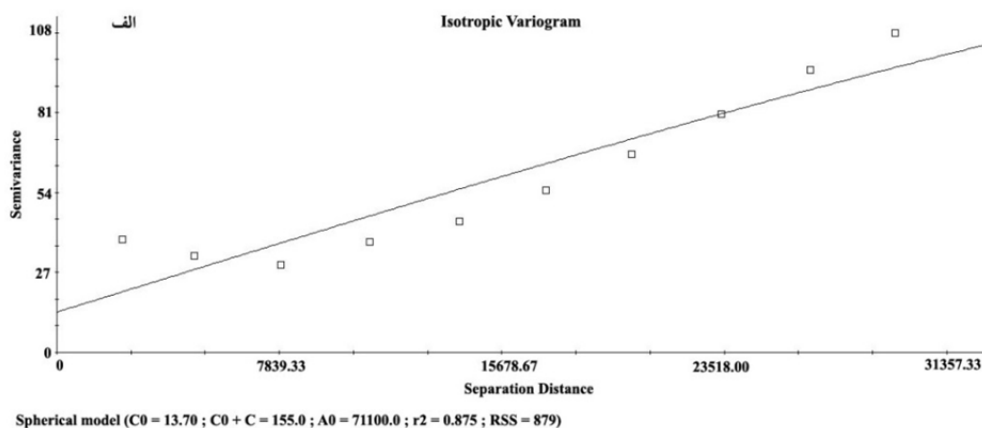
است که از بین حالت‌های مختلف روش کریجینگ نیز مدل گوسی دارای بیشترین دقت است. با استفاده از نرم‌افزار  $GS^+$  نیز مدل‌های مختلف روش کریجینگ مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که در جدول ۵ مندرج شده، از میان روش‌های مختلف مدل کریجینگ، روش گوسی (Gaussian) برای هر دو سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۸۹ و ۰/۹۸۴ به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شده و با استفاده از این مدل، عمل درون-یابی برای هر دو سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ انجام شد.

نتایج حاصل از اجرای هر سه مدل درونیابی در جدول ۴ آمده است. ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) نسبت به داده‌های پرت حساس است. کوچک‌تر بودن این شاخص دلیلی بر دقت بالاتر تخمین‌ها و یا اختلاف کم بین مقادیر واقعی و مقادیر تخمین زده شده است. در صورتی که RMSE مدل به کاررفته بالاتر از ۷۱ درصد باشد، به معنی عدم دقت قابل قبول برای آن مدل است. اطلاعات مندرج در جدول ۴ نشان می‌دهد که با توجه به مقادیر ME و RMSE روش کریجینگ از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار

جدول ۵. پارامترهای مربوط به مدل‌های واریوگرامی تراز آب

Table 5. Parameters related to water level variogram models

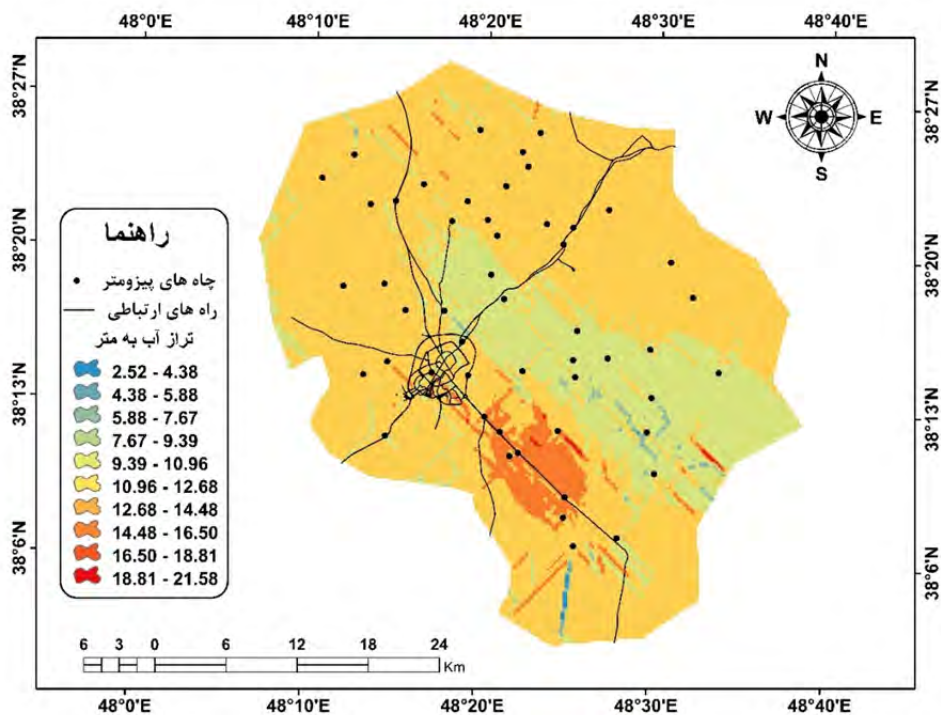
متغیر Variable	سال Year	مدل Model	اثر قطعه‌ای Nugget Variance (C <sub>0</sub> )	آستانه Sill(C <sub>0</sub> +C)	دامنه تأثیر Effective Range	تناسب مکانی Proportion C/(C <sub>0</sub> +C)	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	مجموع مربعات باقیمانده (RSS)
تراز آب	۱۳۶۶	Spherical کروی	۰/۰۳۵	۰/۲۷۸	۶۸۱۰۰	۰/۸۷۳	۰/۹۷۴	۵/۲۶۱
		Exponential نمایی	۰/۰۳۳	۰/۴۷۱	۱۳۳۰۰	۰/۹۳۰	۰/۹۶۷	۶/۷۸۰
		Linear خطی	۰/۰۳۶	۰/۱۸۶	۲۹۵۴۵	۰/۸۰۳	۰/۹۷	۰/۰۸۴
		خطی آستانه‌ای Linear to Sill	۰/۰۳۷	۰/۳۵۵	۶۲۶۷۰	۰/۸۹۶	۰/۹۷۶	۴/۱۷
		Gaussian گوسی	۰/۰۵۸	۰/۲۷۸	۵۲۷۴۰	۰/۷۸۹	۰/۹۸۹	۲/۱۶۷
		Spherical کروی	۰/۰۳۱	۰/۵۱۱	۶۴۵۶۰	۰/۹۳۹	۰/۹۵	۲/۴۱
	۱۳۹۴	Exponential نمایی	۰/۰۲۴	۰/۹۲۴	۹۷۰۰	۰/۹۷۴	۰/۹۴۹	۲/۴۹
		Linear خطی	۰/۰۳۵	۰/۳۴۲	۲۹۵۲۹	۰/۸۹۶	۰/۹۴۶	۰/۳۵۶
		خطی آستانه‌ای Linear to Sill	۰/۰۳۷	۰/۶۸۵	۶۲۷۰۰	۰/۹۴۶	۰/۹۶۸	۲/۷۳
		Gaussian گوسی	۰/۰۶۱	۰/۳۵۴	۳۳۰۹۹	۰/۸۲۷	۰/۹۸۴	۱/۳۶۹



شکل ۶. نیم تغییرنمای همه جهته تراز آب سال‌های ۱۳۶۶ (الف) و ۱۳۹۴ (ب)

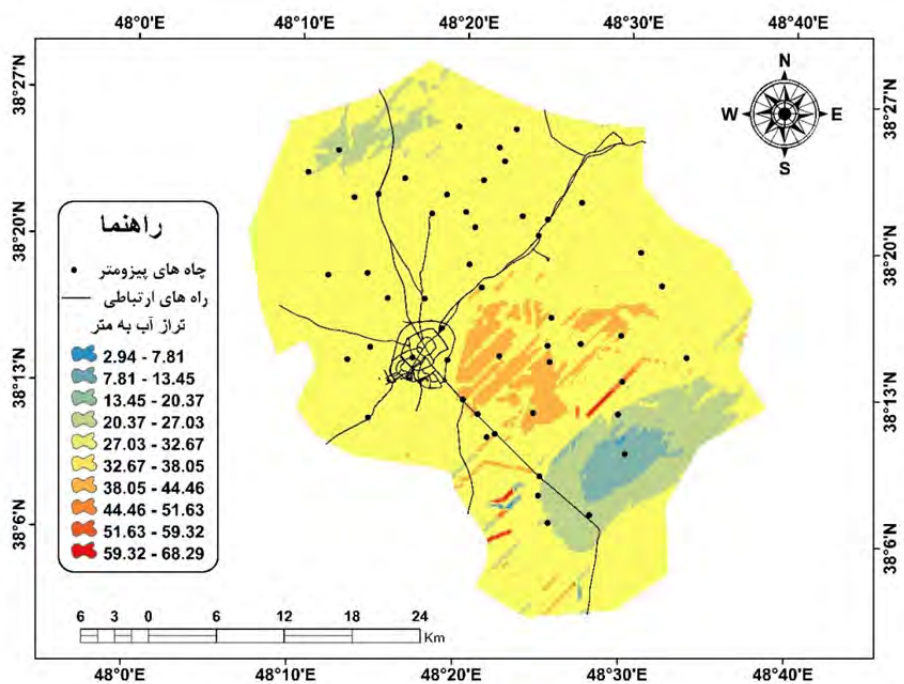
Fig. 6. All-way variogram of water level in 1987 (a) and 2015 (b)

پس از انتخاب بهترین مدل درونیابی، نسبت به استخراج نقشه درونیابی برای سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ اقدام شد و نقشه حاصل از آن‌ها نیز استخراج شد (شکل‌های ۷ و ۸).



شکل ۷. نقشه درونیابی سال ۱۳۶۶

Fig. 7. Interpolation map of 1987



شکل ۸. نقشه درونیابی سال ۱۳۹۴

Fig. 8. Interpolation map of 2015

## تحلیل رابطه کاربری اراضی و تراز آب زیرزمینی

نقشه تراز آب زیرزمینی در شکل‌های ۷ و ۸، نمایش داده شده است. همان‌طور که از نقشه فوق مشخص است بیشترین میانگین تراز آب در سال ۱۳۶۶ برای کاربری کشاورزی آبی ثبت شده است و کمترین میانگین تراز آب نیز برای محدوده جنگل ثبت شده است. باملاحظه نقشه کاربری

اراضی و نقشه تراز آب زیرزمینی سال ۱۳۹۴ نیز، تحلیل فوق ثابت می‌شود و همان‌طور که مشخص است بیشترین میانگین تراز آب در این سال نیز متعلق به کاربری کشاورزی آبی با ۲۰/۱۷ متر است و کمترین میانگین تراز آب ثبت شده نیز مربوط به کاربری جنگل با ۱۱/۴۵ متر است.

جدول ۶. مشخصات آماری تراز آب زیرزمینی کاربری‌ها سال ۱۳۶۶

Table 6. Statistical specifications of groundwater levels for users in 1987

کاربری	تراز آب حداقل (m)	تراز آب حداکثر (m)	میانگین تراز آب (m)	انحراف معیار
کشاورزی دیم	۲/۵۲	۱۶/۹۶	۶/۷۴	۲/۷۲
جنگل	۴/۳۴	۶/۴۴	۵/۵۹	۰/۲۹
کشاورزی آبی	۲/۵۲	۲۱/۵۸	۹/۲۳	۵/۳۶
مرتع	۲/۵۲	۱۶/۹۹	۷/۷۸	۳/۶۴
مسکونی	۲/۵۹	۲۱/۱۲	۸/۴۱	۲/۴۲
آب	۸/۶۷	۹/۱۵	۸/۸۳	۰/۱۲

جدول ۷. مشخصات آماری تراز آب زیرزمینی کاربری‌ها سال ۱۳۹۴

Table 7. Statistical specifications of groundwater levels for users in 2015

کاربری	تراز آب حداقل (m)	تراز آب حداکثر (m)	میانگین تراز آب (m)	انحراف معیار
کشاورزی دیم	۲/۹۴	۶۶/۶۵	۱۵/۳۸	۱۳/۴۸
جنگل	۵/۴۱	۱۹/۲۲	۱۱/۴۵	۳/۱۷
کشاورزی آبی	۳/۰۰	۶۸/۲۹	۲۰/۱۷	۱۶/۶۸
مرتع	۲/۹۷	۶۷/۹۱	۱۸/۷۱	۱۱/۶۲
مسکونی	۳/۰۲	۶۷/۱۶	۹/۲۲	۸/۳۰
آب	۳/۷۶	۳۳/۵۵	۱۴/۸۶	۱۰/۹۱

نتایج مقایسه تراز آب هر دو سال (جدول‌های ۶ و ۷) مربوط به منطقه مورد مطالعه چنین برداشت می‌شود که کاربری آب نسبت به سال ۱۳۶۶ دارای کاهش تراز سطح آب بوده است که این کاهش تراز آب باعث کاهش سطح آب سدها شده است و همچنین باعث کاهش حجم آب رودخانه‌ها بوده و حتی باعث خشک شدن چندین مورد از این رودخانه‌ها گردیده است. بعد از کاربری آب، از جمله کاربری‌های جالب توجه که لازم به تحلیل و علت جویی آن است، کاربری کشاورزی آبی است. این کاربری در سال ۱۳۶۶ بیشترین افت

تراز را دارا بوده است و در سال ۱۳۹۴ نیز با بیشترین افت تراز آب مواجه شده است. علت آن را می‌توان در عامل برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی برای محصولاتی آبی که نیاز بیشتری به آبیاری دارند، دانست. با توجه به اینکه محصولات دیمی محدوده مورد مطالعه اغلب گندم بوده و نیازی به آب ندارند یا نیاز کمتری دارند ولی میزان تراز آب زیرزمینی سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۶۶ با افت قابل توجهی همراه بوده است. کاربری مرتع نیز در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۶۶ افت چشمگیری داشته که این امر نشان‌دهنده وضعیت بحرانی

سایر مدل‌ها بودند. اطلاعات مندرج در جدول ۴ نشان می‌دهد که با توجه به مقادیر ME و RMSE روش کریجینگ از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است که از بین حالت‌های مختلف روش کریجینگ نیز مدل گوسی (Gaussian) دارای بیشترین دقت است. با استفاده از نرم‌افزار GS<sup>+</sup> نیز مدل‌های مختلف روش مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که در جدول ۵ مندرج شده، از میان روش‌های مختلف مدل کریجینگ، روش گوسی برای هر دو سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۸۹ و ۰/۹۸۴ به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شده و با استفاده از این مدل، عمل درون‌یابی برای هر دو سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ انجام شد. پس از انتخاب بهترین مدل درون‌یابی، نسبت به استخراج نقشه درون‌یابی برای سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ اقدام شد و نقشه حاصل از آن‌ها نیز استخراج شد (شکل‌های ۷ و ۸). طبق نتایج به‌دست‌آمده بیشترین کاربری تغییر یافته در این محدوده، کاربری مرتع به کشاورزی آبی و کشاورزی دیم بوده است. این تغییر نشان می‌دهد که افزایش کاربری کشاورزی آبی و کشاورزی دیم در این محدوده با کاهش کاربری مرتع همراه بوده است که نشان‌دهنده تخریب مراتع است. از طرف دیگر افزایش تخریب و فعالیت‌های انسانی در منطقه موجب تغییرات کاربری‌های اراضی و به دنبال آن تشدید افت سطح آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه شده است. از طرف دیگر مناطق با کاربری کشاورزی آبی و کشاورزی دیم با افزایش مساحت روبرو بوده است. افزایش طبقات مذکور در هر منطقه‌ای نماینده افزایش تخریب و وضعیت ناپایدار حاکم بر آن منطقه است که بدون شک از عوامل مستقیم تأثیرگذار بر وضعیت سطح تراز آب در منطقه مورد مطالعه است. طبق نقشه تراز آب زیرزمینی در شکل ۷، بیشترین میانگین تراز آب در سال ۱۳۶۶ برای کاربری کشاورزی آبی ثبت شده است و کمترین میانگین تراز آب نیز برای محدوده جنگل ثبت شده است. همچنین بیشترین میانگین تراز آب در سال ۱۳۹۴ نیز متعلق به کاربری کشاورزی آبی با ۲۰/۱۷ متر است و کمترین میانگین تراز آب ثبت شده نیز مربوط به کاربری جنگل با ۱۱/۴۵ متر است.

آب‌های زیرزمینی و استفاده بیش‌ازحد از این منابع است. در مجموع می‌توان گفت که تمامی کاربری‌ها در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۶۶ با کاهش میزان تراز آب مواجه بوده‌اند که این امر باعث تسریع در تخریب این منابع شده و مخاطرات هولناکی در پی خواهد داشت که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به بحث فرونشست زمین اشاره کرد.

### بحث و نتیجه‌گیری

اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری است. به همین دلیل در این پژوهش در اولین قدم به‌منظور طبقه‌بندی و سپس بررسی تغییرات حادث شده در یک بازه زمانی مشخص در منطقه مورد مطالعه اقدام شد. به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر مربوطه از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در نرم‌افزار eCognition استفاده شد و خروجی‌های مربوطه در نرم‌افزار ArcGIS استخراج شد. ارزیابی صحت طبقه‌بندی برای سال ۱۳۹۴ از دقت بسیار بالایی برخوردار است به‌طوری‌که صحت کلی و ضریب کاپای استخراج شده در بالاترین سطح ممکن یعنی صحت کلی ۱۰۰ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۹ و برای سال ۱۳۶۶ نیز با دقت کمتر استخراج شد و صحت کلی برای سال ۱۳۶۶، ۹۸ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۵ انجام شد که در به دست آوردن این دقت عواملی همچون وضوح بالای تصویر و همچنین به‌کارگیری الگوریتم‌هایی اعم از شکل، بافت، خاک، پوشش گیاهی و نقاط GPS شاهد دخیل می‌باشند. بعد از طبقه‌بندی به‌منظور بررسی تغییرات حادث شده در سطح منطقه در یک بازه زمانی ۲۸ ساله اقدام شد و نقشه تغییرات کاربری اراضی برای سطح محدوده مورد مطالعه ایجاد (شکل ۵) و همچنین تغییرات حادث شده در هر کاربری نیز در جدول ۳ برحسب هکتار استخراج شد. بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی به‌منظور انتخاب بهترین مدل درون‌یابی از بین مدل‌های مختلف، تمامی مدل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند و تنها مدل‌هایی انتخاب شدند که دارای دقت بیشتری نسبت به



دیگر بالاتر بوده؛ بنابراین از لحاظ مدیریت بهینه منابع آب زیرزمینی درخور توجه اساسی است. آدیکاری و همکاران (۳) در مطالعه‌ای به اثر کاربری اراضی بر روی تغذیه آب‌های زیرزمینی در ویتنام پرداختند. مطالعات آن‌ها نشان داد که سناریوی کم شهرنشینی باعث افزایش ۱۰ درصدی تغذیه آب‌های زیرزمینی، سناریوی متوسط شهرنشینی باعث کاهش ۳۰ درصدی و سناریوی بالای شهرنشینی باعث کاهش ۵۲ درصدی تغذیه آب‌های زیرزمینی شده است. بنابراین مشاهده شد که تغییر در مناطق ساخته‌شده تأثیر معنی‌داری در شارژ آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه را دارد. لامیچان و شاکیا (۱۷) در تحقیقی اثر تغییرات کاربری اراضی بر آب‌های زیرزمینی را در دره کاتماندو در نپال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در طول دهه گذشته، کاربری ساخته‌شده توسط انسان باعث غیرقابل نفوذ کردن منطقه و همچنین کاهش ۶ درصدی تغذیه آب‌های زیرزمینی شده است

## References

1. Abdullah AYM, Masrur A, Adnan MSG, Baky MAA, Hassan QK, Dewan A. 2019. Spatio-Temporal Patterns of Land Use/Land Cover Change in the Heterogeneous Coastal Region of Bangladesh between 1990 and 2017. *Remote Sensing*, 11(7): 790. doi:https://doi.org/10.3390/rs11070790.
2. Abijith D, Subbarayan S, Leelambar S, Jesudasan Jacinth J, Thiyagarajan S, Parthasarathy KSS. 2020. GIS-based multi-criteria analysis for identification of potential groundwater recharge zones - a case study from Ponnaniyar watershed, Tamil Nadu, India. *HydroResearch*, 3: 1-14. doi:https://doi.org/10.1016/j.hydres.2020.02.002.
3. Adhikari RK, Mohanasundaram S, Sangam S. 2020. Impacts of land-use changes on the groundwater recharge in the Ho Chi Minh city, Vietnam. *Environmental Research*, 185: 109440. doi:https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109440.
4. Albhaisi M, Brendonck L, Batelaan O. 2013. Predicted impacts of land use change on groundwater recharge of the upper Berg catchment, South Africa. *Water SA*, 39(2): 211-220. doi:https://doi.org/10.4314/wsa.v39i2.4.
5. Asghari Saraskanrood S, DolatShahi z. 2018. Investigating the amounts of solutes and chemical elements found in the sources Drinking water in Khorramabad city. *Journal of Applied researches*

از جمله کاربری‌های جالب‌توجه که لازم به تحلیل و علت‌جویی آن است، کاربری کشاورزی آبی است. این کاربری در سال ۱۳۶۶ بیشترین افت تراز را دارا بوده است و در سال ۱۳۹۴ نیز با بیشترین افت تراز آب مواجه شده است. علت آن را می‌توان در عامل برداشت بیش‌ازحد از آب‌های زیرزمینی برای محصولاتی آبی که نیاز بیشتری به آبیاری دارند، دانست. در مجموع تمامی کاربری‌ها در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۶۶ با کاهش میزان تراز آب مواجه بوده‌اند. در نتیجه تغییرات رخ داده موجب استفاده بیشتر کشاورزان از منابع آب زیرزمینی شده که افت سطح آب زیرزمینی را طی دوره ۲۸ ساله در منطقه مورد مطالعه را به دنبال داشته است. این استفاده بیش‌ازحد مجاز به اندازه‌ای بوده که در طی دوره مذکور ۴/۹ متر از سطح تراز میانگین دشت کاسته شده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، هر دو فرضیه تأیید می‌شوند. در ارتباط با فرضیه اول بایستی اشاره کرد که مساحت کاربری مسکونی در سال ۱۳۶۶ برابر با ۶۹۵۳ هکتار بوده است که در سال ۱۳۹۴ به ۹۹۹۰ هکتار افزایش یافته است که به نسبت سال ۱۳۶۶ به میزان ۴۳/۶۷ درصد افزایش یافته است، بنابراین فرضیه اول تأیید می‌شود. نقشه‌های به‌دست‌آمده از تراز آب زیرزمینی نشان می‌دهند که کشاورزی آبی در هر دو سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ دارای بیشترین افت تراز آب بوده است که نشان‌دهنده تأیید فرضیه دوم نیز است.

اسفندیاری و همکاران (۹) به ارزیابی و برآورد تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی در دشت سراب با استفاده از روش‌های مختلف درونیابی پرداختند. مطالعات آن‌ها نشان داد که روش کریجینگ (مدل Rational Quadratic) با خطای RMSE و MBE به ترتیب ۹/۷۹ و ۰/۷۶- و  $R^2$  برابر با ۰/۳۱ در مقایسه با سایر مدل‌های مورد آزمون از بیشترین دقت و کارایی در برآورد مکانی سطح آب زیرزمینی برخوردار است؛ بنابراین روش کریجینگ را به‌عنوان روش بهینه، برای پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه توصیه کردند. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی مشخص شد که سطح آب‌های زیرزمینی در قسمت جنوبی محدوده مورد مطالعه نسبت به بخش‌های

15. Khazaz L, Oulidi HJ, El Moutaki S, Ghafiri A. 2015. Comparing and Evaluating Probabilistic and Deterministic Spatial Interpolation Methods for Groundwater Level of Haouz in Morocco. *Journal of Geographic Information System*, 7(06): 631. doi:<https://doi.org/10.4236/jgis.2015.76051>.
16. Kumar P, Dasgupta R, Johnson BA, Saraswat C, Basu M, Kefi M, Mishra BK. 2019. Effect of land use changes on water quality in an ephemeral coastal plain: Khambhat City, Gujarat, India. *Water*, 11(4): 724. doi:<https://doi.org/10.3390/w11040724>.
17. Lamichhane S, Narendra Man S. 2019. Alteration of groundwater recharge areas due to land use/cover change in Kathmandu Valley, Nepal. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 26: 100635. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100635>.
18. Lu D, Weng Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5): 823-870. doi:<https://doi.org/10.1080/01431160600746456>.
19. Owuor SO, Butterbach-Bahl K, Guzha AC, Rufino MC, Pelster DE, Díaz-Pinés E, Breuer L. 2016. Groundwater recharge rates and surface runoff response to land use and land cover changes in semi-arid environments. *Ecological Processes*, 5(1): 16. doi:10.1186/s13717-016-0060-6.
20. Pijanowski CB, Daniel GB, Bradley AS, Gaurav AM. 2002. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26(6): 553-575. doi:[https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(01\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(01)00015-1).
21. Piri H, Bameri A. 2014. Investigating the quantity variation trend of ground water table using geostatistics and GIS (Case study: Sirjan Plain). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 5(1): 29-44. (In Persian).
22. Rai SC, Kumari P. 2012. Assessment of groundwater contamination from land-use/cover change in rural-urban fringe of national capital territory of Delhi (India). *Scientific Annals of "Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi-Geography series*, 58(1): 31-46. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-319594>.
23. Ranjan P, Gupta AD, Kazama S, Sawamoto M. 2007. Assessment of aquifer-land use composite vulnerability in Walawe River Basin, Sri Lanka. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 4(2): 1-10.
24. Robertson W, Russeland B, Cherry J. 1996. Attenuation of Nitrate in Acquitted Sediments of Southern Ontario. *Journal of Hydrology*, 180: 267-281.
- in *Geographical Sciences*, 18(50): 141-154. doi:<https://doi.org/10.29252/jgs.18.50.141>. (In Persian).
6. Chowdhury A. 2016. Assessment of spatial groundwater level variations using geo-statistics and GIS in Haringhata Block, Nadia District, West Bengal. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(5): 276-280.
7. Dams J, Woldeamlak S, Batelaan O. 2007. Forecasting land-use change and its impact on the groundwater system of the Kleine Nete catchment, Belgium. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 4(6): 4265-4295.
8. Di Piazza A, Lo Conti F, Noto L, Viola F, La Loggia G. 2011. Comparative analysis of different techniques for spatial interpolation of rainfall data to create a serially complete monthly time series of precipitation for Sicily, Italy. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(3): 396-408. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.01.005>.
9. Esfandyary F, Gharachorlu M, Ebadi E. 2018. Assessment and estimation the spatial variation of groundwater level by various interpolation methods in Sarab plain. *Geography and Development Iranian Journal*, 16(51): 65-80. doi:<https://doi.org/10.22111/gdij.2018.3860>. (In Persian).
10. Güler C, Mehmet Ali K, Reşit Nabi K. 2013. Assessment of groundwater vulnerability to nonpoint source pollution in a Mediterranean coastal zone (Mersin, Turkey) under conflicting land use practices. *Ocean & Coastal Management*, 71: 141-152. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.10.010>.
11. Güner S, Tüfekçioğlu A, Gülenay S, Küçük M. 2010. Land-use type and slope position effects on soil respiration in black locust plantations in Artvin, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5(8): 719-731. doi:<https://hdl.handle.net/11494/542>.
12. Johnson B, Tateishi R, Kobayashi T. 2012. Remote sensing of fractional green vegetation cover using spatially-interpolated endmembers. *Remote Sensing*, 4(9): 2619-2634. doi:<https://doi.org/10.3390/rs4092619>.
13. Jones D, Norm J, James G, Jim N. 2015. A cloud-based MODFLOW service for aquifer management decision support. *Computers & Geosciences*, 78: 81-87. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.02.014>.
14. Kachhwala T. 1985. Temporal monitoring of forest land for change detection and forest cover mapping through satellite remote sensing. In: *Proceedings of the 6th Asian Conference on Remote Sensing*. Hyderabad, 1985. 21-26 November pp 77-83.

25. Rogan J, Chen D. 2004. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in Planning*, 61(4): 301-325.
26. Thomas A, John T. 2006. Modelling of recharge and pollutant fluxes to urban groundwaters. *Science of The Total Environment*, 360(1): 158-179.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.08.05>.
27. Zhang Z, Li A, Lei G, Bian J, Wu B. 2014. Change detection of remote sensing images based on multi-scale segmentation and decision tree algorithm over mountainous area: a case study in Panxi region, Sichuan province. *Acta Ecologica Sinica*, 34(24): 7222-7232.



## Investigation of land use changes and its relationship with groundwater level (Case study: Ardabil plain)

Sayyad Asghari Sarasekanrood, Ehsan Ghale, Elhame Ebadi

Received: 12 January 2020 / Accepted: 19 September 2020  
Available online 1 March 2021

### Abstract

**Background and Objective** Groundwater is the most important source of fresh water in the world. Drinking water for two billion people is supplied directly from groundwater and is used to irrigate the world's largest food supply. Improper harvesting of groundwater reservoirs has led to the fact that the amount of feeder feed is not responsive to harvesting and the groundwater level has dropped. The drop in groundwater levels has led to problems such as drying up water wells, declining river and lake discharge, lowering water quality, increasing pumping costs and water extraction and land subsidence. Awareness of water level changes is necessary to understand the status of groundwater aquifers and their optimal management. By assessing groundwater level fluctuations, it can be used to manage water resources

One of the major applications of remote sensing is the detection and determination of land use changes. Using remote sensing, it is possible to study and identify various phenomena. The aim of this study was to investigate the effect of different land use on groundwater using interpolation geostatistical methods as well as object-oriented classification methods for land use mapping.

**Materials and Methods** Ardabil plain is a mountainous plain located in northwestern Iran and east of the Azerbaijani plateau. The plain covers an area of 990 km<sup>2</sup> among the highlands around it and in terms of political divisions includes parts of the cities of Ardabil and Namin. The data used in this study included a Landsat 8 satellite image of the OLI surveyor for the 2015 land use map, as well as a Landsat TM 5 surveyor for the 1987 land use plan. Also, in this study, the groundwater depth data of 43 piezometer wells in Ardabil plain were used. In this research, after preparing the statistics of piezometric wells, the data reconstruction method was used to eliminate the deficiencies in the study data. Reconstruction, which was used only to correct deficiencies in the data, is an interpolation method performed by the Neural Power software (based on the artificial neural network).

S. Asghari Sarasekanrood(✉)<sup>1</sup>, E. Ghale<sup>2</sup>, E. Ebadi<sup>2</sup>

1. Associate Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. PhD Student of Geomorphology, Department of Natural Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

e-mail: Sayyad.sasghari21@gmail.com

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.1.5.6>

To normalize the data, logarithmic transformations were used in SPSS and GS<sup>+</sup> software was used for geostatistical analysis. ENVI software was used for atmospheric and radiometric corrections and ArcGIS software was used to extract the layer map.

**Results and Discussion** The largest area in 1987 belongs to the irrigated agricultural class with an area of 51840 hectares. The second area belongs to the rainfed agricultural class, which has the largest area with 48,790 hectares. The smallest area also belongs to the use of water with 88.65 hectares. Looking at the uses of 1394, the results showed significant differences in such a way that the use of irrigated agriculture with 10.17 hectares has increased significantly compared to 1987. After extracting the land use change map to select the best intrusion model from among the various models, all models were evaluated and only the models that were more accurate than the other models were selected. The highest average water level was recorded in 1987 for agricultural agriculture and the lowest average water level was recorded for the forest area. Considering the land use map and the groundwater level map of 1394, the above analysis is confirmed and as it is known, the highest average water level this year belongs to the use of irrigated agriculture with 20.17 meters and the lowest average recorded water level is related to the use of the forest is 11.45 meters. Compared to 1987, water use has had a decrease in water level, which has reduced the water level of dams and also reduced the volume of water in rivers and even dried up several of these rivers. After water use, one of the most interesting uses that need to be analyzed and the reason for its search is the use of irrigated agriculture. This land use has the highest water level drop in 1987 and in 2015 it has faced the highest water level drop. The reason can be attributed to the over-harvesting of groundwater for irrigated crops that need more irrigation. Due to the fact that the Rain-fed crops in the study area are mostly wheat and do not need water or needless, but the amount of groundwater level in 2015 compared to 1987 has been accompanied by a significant decline. The use of pastures in 2015 compared to 1987 has dropped significantly, which indicates the critical situation of groundwater and excessive use of these resources.

**Conclusion** In this study, in the first step, in order to classify and then examine the changes that occurred in a certain period of time in the study area. In order to classify the relevant images, An object-oriented classification method was used in eCognition software and the relevant outputs were extracted in ArcGIS software. Evaluation of classification accuracy for 2015 has a very high accuracy so that the overall accuracy and coefficient of the extracted Kapa at the highest possible level, the overall accuracy of 100% and the coefficient of Kapa 0.99 and for the year 1987 was extracted with less accuracy and general accuracy for In 1987, 98% and the Kappa coefficient was 0.95. After extracting the land use change map to select the best intrusion model from among the various models, all models were evaluated. Due to ME and RMSE values, the curing method has higher accuracy than other methods. Among the various modes of the curing method, the Gaussian model has the highest accuracy. According to the results, the most changed use in this area has been the use of pastures in irrigated agriculture and Rain-fed agriculture. This change shows that the increase in the use of irrigated agriculture and Rain-fed agriculture in this area has been accompanied by a decrease in the use of rangelands, which indicates the destruction of pastures. According to the groundwater level map, the highest average water level was recorded in 1987 for irrigated agricultural use and the lowest average water level was recorded for the forest area. Also, the highest average water level in 2015 belongs to the use of irrigated agriculture with 20.17 meters and the lowest average recorded water level is related to forest use with 11.45 meters. One of the interesting uses that need to be analyzed and the reason for its search is the use of irrigated agriculture. This land use has the highest water level drop in 1987 and in 2015 it has faced the highest water level drop. The reason can be attributed to the over-harvesting of groundwater for irrigated crops that need more irrigation. In general, all uses in 2015 compared to 1366 have faced a decrease in water balance. As a result of these changes, farmers have made more use of groundwater resources, which has led to a drop in groundwater levels over a 28 years period in the study area. This overuse is enough to reduce the average level of the plain by 4.9 meters during the mentioned period.

**Keywords:** Groundwater, Land use, Geostatistical methods, Object-oriented classification