علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هفت، مهرماه ۹۹

بررسی همبستگی فضایی-زمانی میان روند تغییرات کاربری زمین و نوسانات کمی آب زیرزمینی در دشت اردبیل

وحید امینی پارسا[۱]

علی عزیزی[۲*]

Aliazizi89@psri.ac.ir

بهرام ملک محمدی[۳]

بابک خیاط رستمی[٤]

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۷ **تاریخ پذیرش:۹۵/۳/۲۶**

چکیده

زمینه و هدف: درک ارتباط فضایی-زمانی تغییرات کاربری زمین و منابع آب زیرزمینی برای مدیریت مؤثر و پایدار دشت‌های ممنوعه بسیار حایز اهمیت است. این تحقیق درصدد بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری زمین و نوسانات عمق سطح آب زیرزمینی در دشت-ممنوعه اردبیل می‌باشد.

روش بررسی: نقشه‌های کاربری زمین برای سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ از تصاویر ماهواره‌ای لندست استخراج و طبقه‌بندی شد و سپس مورد ارزیابی صحت قرار گرفت. همچنین نقشه‌های پراکنش عمق آب زیرزمینی با روش کریجینگ برای چهار دوره از داده‌های پیزومتری تهیه شد. همبستگی و ارتباط بین تغییرات کاربری زمین و نوسانات عمق آب زیرزمینی توسط روش‌های REGRESS و CORRELATE صورت پذیرفت.

یافته‌ها: روند تغییرات کاربری زمین نشان‌دهنده افزایش مناطق انسان‌ساخت (۵/۱ درصد) و کشاورزی (۱۰/۵۷ درصد) و به‌تبع آن کاهش زمین‌های بایر (۱۴/۷۸ درصد) و جنگل (۰/۸۸ درصد) می‌باشد. هم‌چنین عمق سطح آب زیرزمینی در ۲۵ سال گذشته ۶/۲۷ متر کاهش‌یافته است. مقدار R حاصل از روش REGRESS بین ۰/۳۵ تا ۰/۵۴ در دوره‌های مطالعاتی به دست آمد. ارزش R^2 حاصل از CORRELATE برای تک‌تک پیکسل‌ها نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین توسعه زمین‌های کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت و کاهش مراتع با روند کاهشی عمق سطح آب زیرزمینی می‌باشد.

۱- دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- استادیار مؤسسه مطالعات و مدیریت جامع و تخصصی جمعیت کشور، تهران، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه مدیریت، برنامه‌ریزی و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴- کارشناس ارشد عمران، سازه های هیدرولیکی شرکت آب منطقه ای اردبیل.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج بیان‌گر قابلیت تکنیک‌های RS و GIS به همراه مدل‌های آماری مبتنی بر تحلیل‌های رگرسیونی در بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری زمین و نوسانات عمق سطح آب زیرزمینی می‌باشد. نتایج و رهیافت تحقیق حاضر می‌تواند در مـدیریت، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری منابع آب زیرزمینی در دشت‌های ممنوعه به‌خصوص دشت اردبیل مؤثر واقع شود و هم‌چنین در انتخاب و شناسایی مکان‌های اولویت‌دار برای مدیریت کاربری‌ها و آب‌های زیرزمینی مورداستفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: کاربری زمین، آب زیرزمینی، دشت اردبیل، REGRESS، CORRELAT.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.7, October, 2020

Analyzing Spatiotemporal Relationship between Land-Use Changes and Groundwater Quantity in Ardabil Plain

Vahid Amini Parsa[1]
Ali Azizi[2]
Aliazizi89@psri.ac.ir
Bahram Malekmohammadi[3]
Babak Khaiatrostami[4]

Admission Date:June 15, 2016 Date Received: January 17, 2016

Abstract

Background and Objectives: Understanding spatiotemporal relationship between Land use/cover changes (LUCCs) and groundwater quantity changes is vital to efficient and sustainable restricted plain management. This study aims to analyze relationship between LUCCs and groundwater quantity changes in the Ardabil restricted plain.

Method: The land use maps were extracted and classified from four Landsat images for 1989, 1998, 2009, and 2014. Then the classified images accuracy was assessed. The groundwater depth distribution maps extracted from piezometric data using Kriging method for the same times. REGRESS and CORRELATE modules in Idrise Selva package used to analyze relation between LUCCs and groundwater depth changes in the study area.

Findings: Results indicated the incremental trend in human built environment (5.1%) and agricultural land (10.57%) at the expense of decreasing in bare land (14.78%) and forestland (0.88%). The average groundwater depth decline was about 6.27 meters over past studied 25 years. All the obtained R values from REGRESS model were between 0.35 and 0.54 for different studied periods. The R^2 values from CORRELATE for each cells confirmed the direct spatiotemporal relationship between the occurred LUCCs and groundwater quantity changes within the study area.

Discussion and Conclusion: This study shows the ability of RS and GIS techniques alongside statistical models based on regression analyzing is useful to analyze relation between dynamic LUCCs and groundwater depth changes. The results and applied approach can be useful in efficient management, planning and policy making of restricted plains and also in identifying priority zones for land use and groundwater management.

Keywords: Land Use, Groundwater, REGRESS, CORRELATE, Ardabil Plain.

1- Ph.D., Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran
2- Assistant Prof., National Population Studies and Comprehensives Management Institute, Tehran, Iran. *(Corresponding Author)
3- Associate Prof., Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.
4- M.Sc., Civil-Hydraulic Engineering, Ardabil Regional Water Co. Ardabil, Iran.

مقدمه

آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تـأمین آب آشـامیدنی، کشاورزی و صنعت می‌باشد. تخمین‌ها نشان می‌دهد که منابع آب زیرزمینی تأمین‌کننده ۳۶ درصد آب آشامیدنی، ۴۳ درصد آب مصرفی در کشاورزی فاریاب و ۲۴ درصـد از منـابع آب مصرفی مستقیم در صنایع می‌باشد (۱). هرچند آمار جامعی در مورد میزان مصرف آب زیرزمینـی موجـود نمـی‌باشـد، امـا تخمین‌ها بیان‌گر آن است که در سال ۲۰۱۰ میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی در جهان بیش از ۹۰۰ کیلومتر مکعب بوده است (۲). میزان و شدت برداشت در نقاط مختلف جهان بسیار متنوع بوده و در برخی نواحی هم‌چون بنگلادش، چین، هند، ایران و پاکستان به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسـد (۳، ۴). در مناطق خشک (همانند ایران) آب‌های زیرزمینی به‌طور معمول مهم‌ترین منبع و بهترین انتخاب در بین منابع آبی برای مصارف گوناگون انسانی می‌باشد. در کنار این مهم، باید به این نکتـه توجه نمود که آب‌هـای زیرزمینـی فـاکتور اولیـه در حفـظ اکوسیستم‌های انسانی در مناطق خشک و نیمه‌خشـک نیـز می‌باشند (۵، ۶). از این رو ارزیـابی دقیـق و مـدیریت مـؤثر، ضمانتی مهم و پیش‌نیازی ضروری برای استحصال منابع آب زیرزمینی است. هم‌چنین تخمین و ارزیابی اثـرات و ارتبـاط فعالیت‌های انسانی (نمود آن تغییرات کاربری و پوشش زمین) بر روی سامانه منابع آب زیرزمینی نقشی حیاتی در تدوین و استقرار برنامه‌ها و طرح‌های هدفمند بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، دارا هسـتند (۷، ۸). بـه همـین جهـت مطالعـات بی‌شماری با هدف شناسایی اثرات ناشی از تغییرات کـاربری صورت گرفته به‌واسطه فعالیت‌های انسانی بر روی منـابع آب زیرزمینی در جهان و ایران انجام شده است که در ادامه به چند مورد اشاره می‌شود:

سو و همکاران (۲۰۰۵) طی تحقیقی نشان داده‌اند که برداشت منابع آب زیرزمینی چگونه بر رفتار کاربری اراضی کشاورزی در سطح سـرزمین تأثیرگـذار اسـت (۹). اسـکانلون و همکـاران (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که جایگزینی مراتع با زمین‌های کشاورزی سبب کاهش میزان تغذیه آب‌های‌زیرزمینی می‌شود (۱۰). لرنر و همکاران (۲۰۰۹) تشریح کردند که منابع آب‌های زیرزمینی از آن جهت ارتباط قوی با کاربری اراضی دارد که میزان تقاضای آب کاملاً وابسته به کاربری‌هاست (۱۱). کومار و همکاران (۲۰۱۱) به‌منظور ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای بهره برده‌اند و بـا تحلیـل فضـایی منابع آب زیرزمینی، کاربری منطقه مورد مطالعه را بررسـی نمودند (۱۲). میشرا و همکـاران (۲۰۱۴) بـه بررسـی اثـرات تغییرات کاربری زمین بر روی منابع آب زیرزمینی پرداختند و اذعان داشتند که الگوی تغییرات کاربری زمین منعکس‌کننده نرخ تغییرات تغذیه آب زیرزمینی می‌باشد (۱۳). تقـی پـور و همکاران (۲۰۱۴) با کـاربرد مـدل‌هـای GWR و OLS بـه بررسی همبستگی بین کمیت آب زیرزمینی و تغییرات کاربری زمین در دشت خان‌میرزا پرداختند و نتیجه گرفتند که میزان R^2 های به دست آمده از روش GWR ارتباط بین همبستگی زمانی و مکانی انواع تغییرات کاربری زمین با متغیرهای کمی آب زیرزمینی را تأیید می‌کند (۱۴). گلالـی زاده (۱۳۹۰) در تحقیقی نقش تغییر کـاربری اراضـی در کیفیـت منـابع آب زیرزمینی را مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که اگر کاربری‌ها بر اساس توان اکولوژیک توزیع می‌شد، کیفیت منابع آب در رابطه با کاربری‌ها مطلوب‌تر می‌شد (۱۵). تقی پور (۱۳۹۱) با بررسی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی در ارتباط با کاهش منابع آب زیرزمینی دشـت خـان‌میـرزا در اسـتان چهارمحال و بختیاری از طریق مدل‌های آمـاری مبتنـی بـر تحلیل‌های رگرسیونی به این نتیجـه رسـید کـه همبسـتگی قابل‌توجهی بین تغییرات کاربری زمین و کـاهش منـابع آب زیرزمینی دشت مورد بررسـی وجـود دارد (۱۶). نصـرالهی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که به‌واسطه جـایگزینی طبقـه کاربری مرتعی با طبقات کشاورزی آبی و کشاورزی دیم و بایر، بر میزان افت آب زیرزمینی افزوده شده است (۱۷).

همچنان که از مرور منابع و تحقیقات پیشـین بـر مـی‌آیـد، تغییرات اکوسیستم گیاهی منطقه‌ای در اثر تغییرات کاربری و پوشش زمین به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای چرخه آب‌شناختی منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۸)؛ بنابراین مکانیسـم تغییـرات کاربری و پوشش زمین در حوضه آبخیز که فرایند آب‌شناختی

را متأثر می‌سازد به حوزه مهمی در توسعه علم آب‌شناختی تبدیل شده است. یکی از بخش‌های مهم چرخه آب‌شناختی منطقه‌ای، آب زیرزمینی می‌باشد که بسیار متأثر از تغییرات کاربری و پوشش زمین می‌باشد (۵، ۱۹، ۲۰). از مشکلات اصلی در خصوص بررسی تغییرات کاربری زمین و منابع آب، درک اثرات و همبستگی تغییرات کاربری و پوشش زمین بر روی فرایندهای آب‌شناختی به‌خصوص منابع آب زیرزمینی می‌باشد (۱۳). بنابراین مطالعه و بررسی فرایندهای منجر به تغییر در کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی پیش از ایجاد شرایط بحرانی، گامی مهم به سمت مدیریت پایدار منابع آب به‌خصوص منابع آب زیرزمینی می‌باشد. همچنان که قبلاً نیز ذکر شد، اهمیت این گام در مناطق خشک و بیابانی همچون ایران دوچندان می‌باشد. چرا که هرچند ایران از سیستم مدیریت پیشرفته آب در بین کشورهای خاورمیانه برخوردار است لیکن همانند سایر کشورهای منطقه از بحران‌های جدی در خصوص منابع آب رنج می‌برد (۲۱). همچنین عدم توجه به تغییرات کاربری‌های زمین در ارتباط با منابع آب زیرزمینی سبب برهم خوردن تعادل سرزمین ایران در طول زمان شده است. همانند سایر نقاط ایران، در استان اردبیل و به خصوص دشت ممنوعه اردبیل منابع آب زیرزمینی عمده‌ترین منبع تأمین آب آشامیدنی، کشاورزی و صنعتی است (۲۲). نرخ نزولی تراز آب زیرزمینی در آبخوان اردبیل بیشترین میزان را در سطح کشور به خود اختصاص می‌دهد و تغییرات کاربری اراضی در آن چشم‌گیر می‌باشد (۲۳، ۲۴). درک ارتباط تغییرات کاربری اراضی و افت آب‌های زیرزمینی در این دشت می‌تواند گامی به‌سوی درک صحیح مساله و راهی به‌سوی مدیریت جامع دشت باشد. در این تحقیق دشت ممنوعه اردبیل به دلیل بحران‌های موجود در بخش منابع آب زیرزمینی به‌خصوص برداشت‌های بی‌رویه آب زیرزمینی و تغییرات شدید کاربری اراضی به‌عنوان منطقه موردمطالعه انتخاب گردید. مرور منابع نشان می‌دهد که تحقیقی در زمینه بررسی ارتباط زمانی-فضایی تغییرات کاربری زمین و تغییرات کمی آب زیرزمینی در دشت اردبیل صورت نپذیرفته است. از این‌رو در این مقاله به بررسی همبستگی زمانی-فضایی بین تغییرات کاربری اراضی و تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی در دشت ممنوعه اردبیل در سری زمانی ۲۵ سال پرداخته شده است.

روش بررسی

منطقه موردمطالعه

دشت اردبیل در شمال غرب ایران و در قسمت شرقی فلات آذربایجان واقع شده و از نظر تقسیمات کشوری در مرکز استان اردبیل واقع شده است. این دشت در مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول خاوری و ۳۸ درجه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). متوسط بارش آن حدود ۳۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. در دشت اردبیل حدود ۵۶۴۳۶۵ نفر زندگی می‌کنند (۲۵). این دشت با مساحت وسیع خود، اصلی‌ترین مرکز جمعیت و فعالیت در استان اردبیل بوده و از موقعیت مهم اقتصادی و کشاورزی در ایران برخوردار است. زمین‌های آن به دلیل دارا بودن خاک خوب و آب کافی زیر کشت محصولات استراتژیک از جمله سیب‌زمینی قرار دارد (۲۴). حوزه آبریز آن معادل ۹۵۰ کیلومترمربع بوده که از شمال به ارتفاعات مرزی بین ایران و آذربایجان، از شرق به ارتفاعات تالش، از جنوب به آرپاچای و از غرب به دامنه کوه سبلان ختم می‌شود (۲۶).

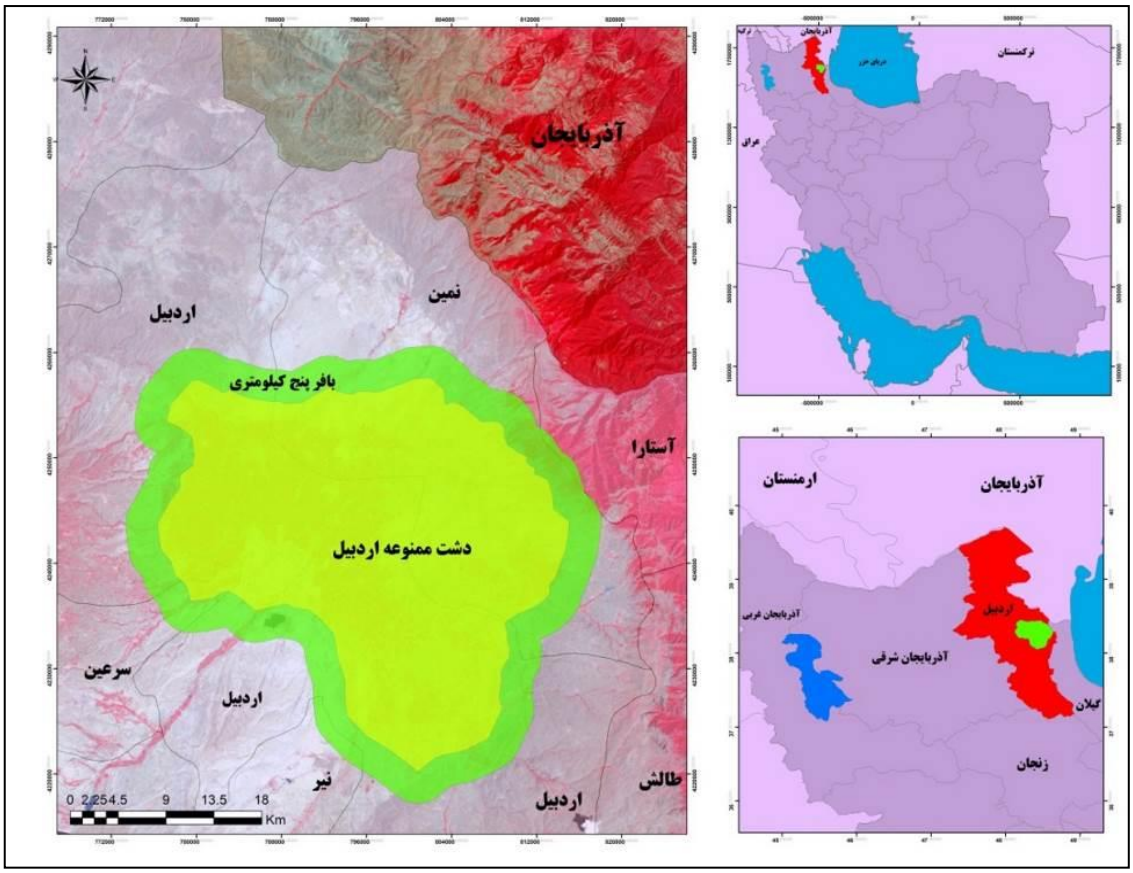
در این دشت ۸۹ درصد کل تقاضای آب به‌وسیله آب زیرزمینی و ۱۱ در صد باقی‌مانده، از آب سطحی تأمین می‌شود (۲۷). تراز آب زیرزمینی سالیانه در حدود ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متر افت می‌نماید که بیش‌ترین مقدار در بین دشت‌های ایران است (۲۳، ۲۴). با رونق کاربری کشاورزی از دهه ۶۰ به بعد و به‌تبع آن افزایش بی‌رویه برداشت از سفره مذکور از سال ۶۳ منبع یادشده شروع به افت نمود و تداوم این وضعیت طی سال‌های بعدی باعث بحرانی‌تر شدن این دشت گردید. این امر مسایل محیط‌زیستی، شور شدن تدریجی سفره، نشست زمین را به دنبال داشته است. به‌طوری‌که در سال ۱۳۶۸ حدود دوسوم دشت و سپس در سال ۱۳۸۷ به‌منظور کنترل روند قسمتی از

افت ایجاد شده، کل دشت از سوی وزارت نیرو ممنوعه اعلام شد.

روش تحقیق

روند کلی تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است. بعد از انجام مرور منابع و مشخص نمودن روش تحقیق و با توجه به تاریخچه مدیریتی دشت ممنوعه اردبیل، در گام نخست اقدام به تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در محدوده زمانی قابل‌قبول شد. در اولین گام استخراج نقشه کاربری اراضی اقدام به تهیه تصاویر ماهواره شد. انتخاب تصاویر ماهواره‌ای برای دوره‌های مختلف زمانی با در نظر داشتن مواردی اعم از یک‌سان بودن سطح تفکیک مکانی تصاویر، نداشتن پوشش ابر بیش از ۵ درصد سطح تصویر، هم‌سانی زمانی یا فصلی در سال (به‌ویژه فصل رشد گیاهان) و مرور منابع انجام شد (۲۸، ۲۹). بدین منظور از تصاویر ماهواره لندست (جدول ۱)

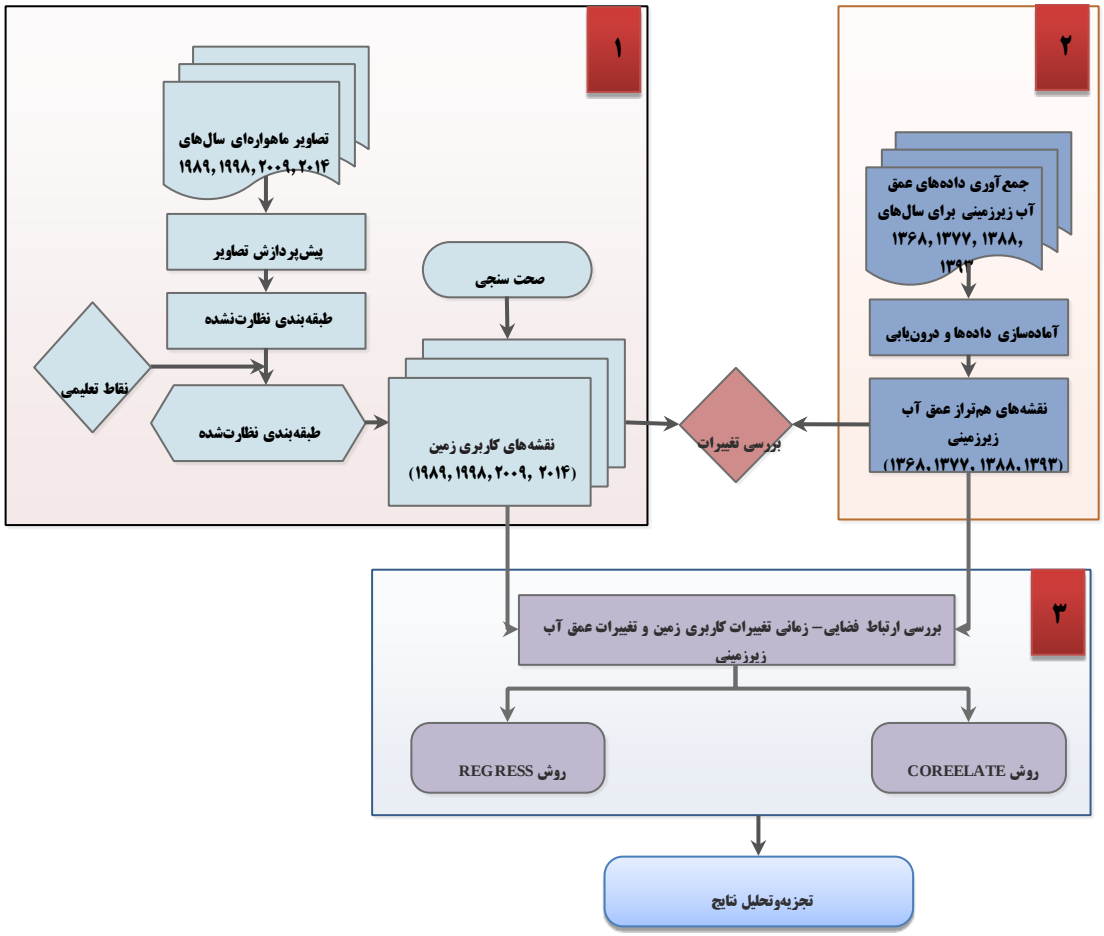
برای بررسی تغییرات پوشش زمین استفاده گردید. لازم به ذکر است که در انتخاب تصاویر ماهواره‌ای بازه زمانی موردمطالعه تاریخ‌های ممنوعه شدن دشت اردبیل موردتوجه قرارگرفته است، به‌طوری‌که دو تصویر موردبررسی به ترتیب مصادف با ممنوعه شدن بخشی از دشت اردبیل در سال ۱۳۶۸ و ممنوعه شدن کل دشت در سال ۱۳۸۷ می‌باشد. به کارگیری این رهیافت باعث می‌شود تا بتوان به بررسی کارایی مدیریت صورت گرفته در دشت ممنوعه اردبیل، قبل و بعد از تصویب مصوبه ممنوعه شدن دشت پرداخت. هم‌چنین شایان‌ذکر است که محدوده موردبررسی، پنج کیلومتری مرز دشت ممنوعه اردبیل را نیز شامل می‌شود. این مهم بدین خاطر صورت گرفت که مرزهای مدیریتی صرفاً مرزهای سیاست‌گذاری، مدیریتی و برنامه‌ریزی می‌باشند درحالی‌که در دل طبیعت این مرزها مفهومی ندارند و عناصر محیط‌زیستی داخل مرزهای مدیریتی با عناصر پیرامونی خود در ارتباط هستند.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Location of case study

در ادامه جهت استخراج کاربری‌ها، مراحل پیش‌پردازش و آماده‌سازی اطلاعات، طبقه‌بندی و پردازش اطلاعات و پردازش نهایی یا پس پردازش بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. سپس به‌منظور فراهم‌سازی اطلاعات برای استخراج کاربری‌ها اقدام به تلفیق باندهای مختلف بر اساس مرور منابع شد. در ادامه به‌منظور بارزسازی تصاویر از بارزسازی رادیومتریک تعدیل هیستوگرام (Histogram Equalization) در نرم‌افزار اردس استفاده شد. در مرحله طبقه‌بندی تصاویر و استخراج نقشه‌های کاربری اراضی ابتدا طبقه‌بندی نظارت‌نشده در نرم‌افزار اردس اجرا شد. این امر به دلیل دست‌یابی به شناخت کلی از کلاس‌های کاربری اراضی موجود در منطقه و استفاده از خروجی‌های این مرحله به‌عنوان ابزاری کمکی برای تعیین نمونه‌های تعلیمی صورت گرفت. سپس به‌منظور تعیین نمونه-های تعلیمی مناسب برای انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده، با توجه به نتایج حاصل از طبقه‌بندی نظارت‌نشده و همچنین استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث و شناخت قبلی از منطقه با مراجعه



شکل ۲- فلودیاگرام تحقیق

Figure 2. Research process flow diagram

جدول ۱- منابع داده‌های ماهواره‌ای لندست

Table1. Landsat data sources

ردیف	نام ماهواره/ ترکیب باندی	سنجنده	تاریخ برداشت	ارتباط با مدیریت دشت ممنوعه اردبیل
۱	لندست ۴ و ۵ باندهای: ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۷	TM	14-05-1989 (۲۴ اردیبهشت ۱۳۶۸)	ممنوع شدن قسمتی از دشت در سال ۱۳۶۸
۲	لندست ۴ و ۵ باندهای: ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۷	TM	26-07-1998 (۵ خرداد ۱۳۷۷)	-
۳	لندست ۷ باندهای: ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۷	ETM+	24-07-2009 (۲ مرداد ۱۳۸۸)	ممنوع شدن کل دشت در سال ۱۳۸۷
۴	لندست ۸ باندهای: ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷	OLI	22-07-2014 (۳۱ تیر ۱۳۹۳)	-

به منطقه مطالعاتی، اقدام به نمونه‌برداری‌های میدانی با استفاده از جی‌پی‌اس شد و نمونه‌های حاصله به محیط نرم‌افزار اردس وارد شد. طبقه‌بندی نظارت‌شده با استفاده از نمونه‌های تعلیمی به‌دست‌آمده از مرحله قبل به روش حداکثر احتمال در نرم‌افزار اردس به‌طور مجزا برای هر تصویر انجام شد. حاصل این مرحله نقشه کاربری اراضی اولیه هر تصویر بود. در ادامه تصحیحاتی روی این نقشه‌ها صورت گرفت و در نهایت نقشه‌های کاربری اراضی در چهار دوره مورد بررسی استخراج شدند. پس از پایان مرحله طبقه‌بندی تصاویر، ارزیابی صحت انجام شد. در ادامه با استفاده از روش ماتریس متقاطع (Cross Tabulation) لایه‌های کاربری اراضی به‌دست‌آمده به‌صورت ماتریسی و دوبه‌دو در محیط نرم‌افزار Idrisi Selva مورد مقایسه قرار گرفته و تغییرات کاربری‌ها استخراج گردید.

در بخش دوم به بررسی روند تغییرات کمی سطح آب زیرزمینی در دشت ممنوعه اردبیل پرداخته شد. داده‌ها و ارقام دریافتی از شرکت سهامی آب منطقه‌ای اردبیل در خصوص عمق سطح آب، اخذ و مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به این‌که هدف اصلی این مقاله، ارزیابی و بررسی ارتباط تغییرات کاربری زمین با تغییرات کمی سطح آب زیرزمینی دشت در طول زمان می‌باشد، بنابراین نقشه‌های پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی دشت نیز برای بازه‌های زمانی مشابه تغییرات کاربری زمین (سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۳) با استفاده از داده‌های موجود و با بهره‌گیری از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی در محیط ARC GIS 10.3 تهیه شد. نقشه‌های حاصل بیان‌گر تغییرات عمق سطح آب در سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۳ می‌باشند.

در بخش آخر مراحل کلی تحقیق، به‌منظور درک ارتباطات میان تغییرات کاربری زمین و تغییرات کمی سطح آب‌زیرزمینی دشت اردبیل، از مدل‌های آماری مبتنی بر تحلیل‌های رگرسیونی بهره گرفته شد. بدین منظور از دو روش به‌صورت جداگانه استفاده شد. در روش اول از ماژول REGRESS در نرم‌افزار ادریسی سلوا استفاده شد. این مدل ارتباط بین دولایه را به‌صورت رگرسیون‌خطی مورد آزمون قرار می‌دهد (۶). جهت اجرای این مدل برای بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری زمین و کمیت آب زیرزمینی، نقشه تغییرات کاربری زمین و عمق سطح آب زیرزمینی برای سه بازه مطالعاتی تهیه شد. به عبارتی دیگر، نقشه تغییرات بین کلاس‌های مختلف کاربری زمین و عمق سطح آب زیرزمینی برای دوره‌های ۱۹۹۸-۱۹۸۹، ۲۰۰۹-۱۹۹۸ و ۲۰۱۴-۲۰۰۹ از طریق تکنیک ماتریس متقاطع در نرم‌افزار ادریسی سلوا تهیه شد. سپس در ادامه از طریق مدل REGRESS به ارزیابی ارتباط بین تغییرات این دو متغیر پرداخته شد. در روش دوم از ماژولCORRELAT در نرم‌افزار ادریسی سلوا استفاده شد که به محاسبه مجموعه سنجه‌های آماری بین متغیر یا متغیرهای مستقل و یک

مجموعه سری زمانی تصاویر (متغیر وابسته) برای هرکدام از پیکسل‌ها در تصویر می‌پردازد. خروجی سنجه‌های آماری شامل ضریب تبیین (R)، ضریب تعیین (R^2)، مجموعه باقی‌مانده و ضرایب شیب و عرض از مبدأ می‌باشد (۶). برای بررسی ارتباط تغییرات کاربری زمین و کمیت آب زیرزمینی از طریق این مدل، سه بازه ۱۹۹۸-۱۹۸۹، ۲۰۰۹-۱۹۹۸ و ۲۰۱۴-۲۰۰۹ درنظر گرفته شد و بعد از آماده‌سازی ورودی‌های مدل، اقدام به اجرای مدل برای هرکدام از دوره‌های مذکور شد.

یافته‌های تحقیق

در تحقیق حاضر به منظور بررسی روند تغییر کاربری اراضی، دوره زمانی ۲۵ سال در نظر گرفته شد. بعد از اخذ تصاویر ماهواره‌ای لندست به ترتیب برای سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ میلادی، انجام مراحل و پردازش‌های مختلف، نقشه‌های کاربری زمین استخراج شدند. پنج کاربری جنگل، مناطق انسان‌ساخت (نظیر شهری و صنعتی)، کشاورزی، بایر (شامل مراتع و دیم‌زارها) و بستره آبی از تصاویر مورد بررسی استخراج و طبقه‌بندی شد. پس از پایان طبقه‌بندی تصاویر، ارزیابی دقت با استفاده از ۲۵۶ نقطه، به‌صورت نمونه‌گیری لایه-ای تصادفی (Stratified Random Sampling)، بر اساس شناخت نسبی از منطقه و نیز کاربرد نرم‌افزار گوگل ارث و نقاط جی‌پی‌اس انجام شد. هدف اصلی ارزیابی دقت، فراهم کردن شاخصی برای مشخص کردن درجه صحت نقشه حاصله یا طبقه‌بندی تصویر است (۳۰). میزان ضرایب کاپای به‌دست‌آمده به ترتیب برابر ۰/۸۶۲، ۰/۸۸۱، ۰/۸۷۶ و ۰/۸۹۳ برای نقشه‌های کاربری زمین سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ می‌باشد. شاخص‌های کاپای حاصل‌شده، بیان‌گر دقت بالا در طبقه‌بندی صورت گرفته برای تمامی نقشه‌ها می‌باشند (۳۱).

مساحت و درصد پوشش هریک از کاربری‌ها در منطقه مطالعاتی در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که در دوره زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۹ میلادی درصد پوشش کاربری مناطق انسان‌ساخت در منطقه از ۲/۵۲ درصد به ۵/۶۹ درصد افزایش یافته است. به عبارت دیگر حدود دو برابر شده است. روند افزایشی درصد کاربری مناطق انسان‌ساخت در منطقه در دوره زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ میلادی نیز ادامه داشته و به ۷/۶۲ درصد از مساحت منطقه دست یافته است. در سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۹، میزان کاربری کشاورزی از ۴۶/۴۹ درصد در سال ۱۹۸۹ به ۵۰/۸۴ درصد در سال ۲۰۰۹ افزایش یافته است. هم-چنین رقم مذکور در سال ۲۰۱۴ دارای مساحتی معادل ۵۷/۰۶ درصد از کل کاربری‌های منطقه بود است. سهم کاربری بایر منطقه از ۶۲۸۲۵،۱۵ هکتار در سال ۱۹۸۹ به ۵۳۵۱۷/۴۵ هکتار در سال ۲۰۰۹ و ۴۳۴۰۷/۶۳ هکتار در سال ۲۰۱۴ کاهش یافته است. این آمار نیز نشان می‌دهد که تغییرات کاربری‌های شهری و کشاورزی درکل دارای روند افزایشی می‌باشند. نوع و میزان تغییر کاربری‌ها می‌تواند به‌خودی‌خود نشان‌دهنده میزان نیاز احتمالی به انواع کاربری‌ها و امکان تبدیل کاربری‌ها در سال‌های آتی و به تبع آن نیاز به منابع آب باشد. جدول ۳ نشان می‌دهد که در فاصله سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۸ (بعد از ممنوعه شدن بخشی از دشت)، میزان ۱۸۹۶۲/۸۲ و ۱۵۰۳/۷۲ هکتار (درمجموع ۲۰۴۶۶/۵۴ هکتار) از زمین‌های بایر منطقه به ترتیب به کاربری‌های کشاورزی و انسان‌ساخت تبدیل شده است.

جدول ۲- مساحت (هکتار) و درصد هر یک از کاربری‌های زمین در منطقه مطالعاتی

Table 2. Area (ha) and percentage of land use types in the study area

ردیف	کاربری		سال			
			۱۹۸۹	۱۹۹۸	۲۰۰۹	۲۰۱۴
۱	مناطق انسان‌ساخت	مساحت	۳۳۱۰/۱۹	۴۷۹۹/۴۲	۷۴۷۲/۴۲	۱۰۰۰۳/۴۸
		درصد	۲/۵۲	۳/۶۵	۵/۶۹	۷/۶۲
۲	کشاورزی	مساحت	۶۱۰۶۷/۳۳	۶۸۱۴۵/۰۲	۶۶۷۷۹/۳۸	۷۴۹۵۱/۸۸
		درصد	۴۶/۴۹	۵۱/۸۸	۵۰/۸۴	۵۷/۰۶
۳	بستره آبی	مساحت	۲۴۵/۶۱	۲۹۳/۶۷	۲۹۵/۸۱	۲۴۱/۶۹
		درصد	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۱۸
۴	بایر	مساحت	۶۲۸۲۵/۱۵	۵۵۱۱۷/۹۱	۵۳۵۱۷/۴۵	۴۳۴۰۷/۶۳
		درصد	۴۷/۸۳	۴۱/۹۶	۴۰/۷۴	۳۳/۰۵
۵	جنگل	مساحت	۴۱۰۷/۸۷	۳۲۰۰/۰۴	۳۴۳۴/۸۵	۲۹۵۱/۴۶
		درصد	۳/۱۳	۲/۴۴	۲/۶۱	۲/۲۵

جدول ۳- تبدیل و تغییر کلاس‌های کاربری‌های زمین در دوره‌های مورد بررسی برحسب هکتار

Table 3. Land use changes and conversions during the study periods (in Ha)

ردیف	تبدیل کاربری	دوره موردبررسی			
		۱۹۸۹-۱۹۹۸	۱۹۹۸-۲۰۰۹	۲۰۰۹-۲۰۱۴	۱۹۸۹-۲۰۱۴
۱	جنگل به کشاورزی	۹۷۳/۵۳	۱۴۷/۷۸	۱۱۹/۷	۶۷۶/۷۱
۲	جنگل به بایر	۲۰/۷۹	۲۶/۲۸	۴۷۵/۴۷	۵۴۰/۲۷
۳	کشاورزی به مناطق انسان‌ساخت	۳۲۴/۶۳	۹۸۲/۰۸	۷۴۹/۶۱	۱۷۹۸/۷۴
۴	کشاورزی به بایر	۱۲۵۶۴/۹	۱۰۶۰۹/۲	۵۱۵۷/۵۴	۸۸۵۲/۶۷
۵	بایر به جنگل	۵/۲۲	۰	۵/۸۵	۱/۷۱
۶	بایر به مناطق انسان‌ساخت	۱۵۰۳/۷۲	۱۹۲۳/۱۲	۲۱۵۶/۰۴	۴۹۷۸/۸۹
۷	بایر به کشاورزی	۱۸۹۶۲/۸۲	۱۰۴۲۹/۲۹	۱۳۷۴۴/۳۵	۲۳۸۵۵/۷۶
۸	بایر به بستره آبی	۶۹/۶۶	۳۰/۶	۲۳/۹۴	۵۹/۵۸
۹	بستره آبی به بایر	۳۷/۳۵	۳۴/۱۱	۳۴/۳۸	۶۳/۶۳
۱۰	**مجموع تغییرات**	**۳۴۴۶۲/۶۲**	**۲۴۱۸۲/۴۶**	**۲۲۴۶۶/۸۸**	**۴۰۸۲۷/۹۶**

در بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ نیز ۱۲۳۵۲/۴۱ هکتار از زمین‌های بایر به کاربری‌های کشاورزی و انسان‌ساخت تبدیل شده است. به عبارتی از زمان ممنوع شدن بخشی از دشت تا زمان ممنوع شدن کل دشت حدود ۳۲۸۱۸/۹۵ هکتار از پوشش بایر منطقه به کشاورزی و انسان‌ساخت تغییر کاربری یافته است. از زمان ممنوع شدن کل دشت تا زمان حال نیز

(۲۰۱۴) دشت تجربه تبدیل ۱۵۹۰۰/۳۹ هکتار از زمین‌های بایر به کاربری‌های کشاورزی و انسان‌ساخت را داشته است. این تغییرات از لحاظ حفظ تعادل منابع آبی مهم می‌باشند، چراکه زمین‌های بایر به علت قابلیت نفوذپذیری که دارند سبب نفوذ آب‌های سطحی به زمین و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود. حال‌آن‌که در مقابل کاربری‌های کشاورزی و انسان‌ساخت علی‌رغم جلوگیری از نفوذ آب به زمین، میل وافری به مصرف منابع آبی موجود دارند.

در فاصله زمانی ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۸، مساحتی برابر با ۱۲۸۸۹/۵۳ هکتار از کشاورزی منطقه به اراضی سکونت‌گاهی و بایر تبدیل شده است و از سوی دیگر به ترتیب ۱۸۹۶۲/۸۲ و ۹۷۳/۵۳ هکتار از زمین‌های بایر و جنگل منطقه به کشاورزی تبدیل شده‌اند. با توجه به این اعداد و ارقام، می‌توان نتیجه گرفت که کشاورزی منطقه به میزان ۷۰۴۶/۸۲ هکتار افزایش داشته است؛ یعنی بعد از ممنوع شدن بخشی از دشت بازهم کاربری کشاورزی افزایش داشته است. این روند افزایشی بعد از ممنوع شدن کل دشت نیز ادامه داشته و حدود ۷۹۵۶/۹ هکتار در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ به کاربری کشاورزی افزوده شده است. طبق روش تحقیق در بخش دوم مطالعه، نقشه‌های عمق سطح آب زیرزمینی و روند تغییرات آن در دوره زمانی موردمطالعه به دست آمد (شکل ۳). در شروع دوره بررسی یعنی در سال ۱۹۸۹ که مصادف با ممنوع شدن بخشی از دشت می‌باشد، بیش‌ترین عمق سطح آب در قسمت جنوبی دشت با عمق ۴۲/۵ متر و کم‌ترین عمق سطح آب در قسمت شمالی منطقه با عمق ۱/۲۳ متر است؛ بنابراین سطح آب زیرزمینی از تراز سطح دشت تبعیت می‌کند و مناطق بایر و کشاورزی (مسطح) با کم‌ترین رقم عمق سطح آب به‌صورت زهکش حوزه عمل می‌کنند.

Error! Reference source not found. نشان می‌دهد که میزان بیشینه عمق سطح آب زیرزمینی در حال افزایش می‌باشد و این امر نشان‌دهنده کاهش ذخایر آب زیرزمینی دشت در طول دهه‌های گذشته می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که متوسط عمق سطح آب زیرزمینی در دوره مطالعاتی روند افزایشی دارد و این اطلاعات نشان‌دهنده نوسانات و افت مستمر عمق سطح آب زیرزمینی دشت در محدوده زمانی مورد مطالعه می‌باشد. در فاصله زمانی سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۳ (۲۰۱۴-۱۹۸۹) روند کلی عمق سطح آب زیرزمینی نشان‌گر بروز افت مداوم و کاهش ذخایر مخازن آب زیرزمینی می‌باشد. تفاوت بین متوسط عمق در سال ۱۹۸۹ با سال ۲۰۱۳ برابر ۶/۲۷ متر می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر متوسط عمق سطح آب زیرزمینی در دشت اردبیل در ۲۴ سال گذشته ۶/۲۷ متر کاهش را تجربه کرده است.

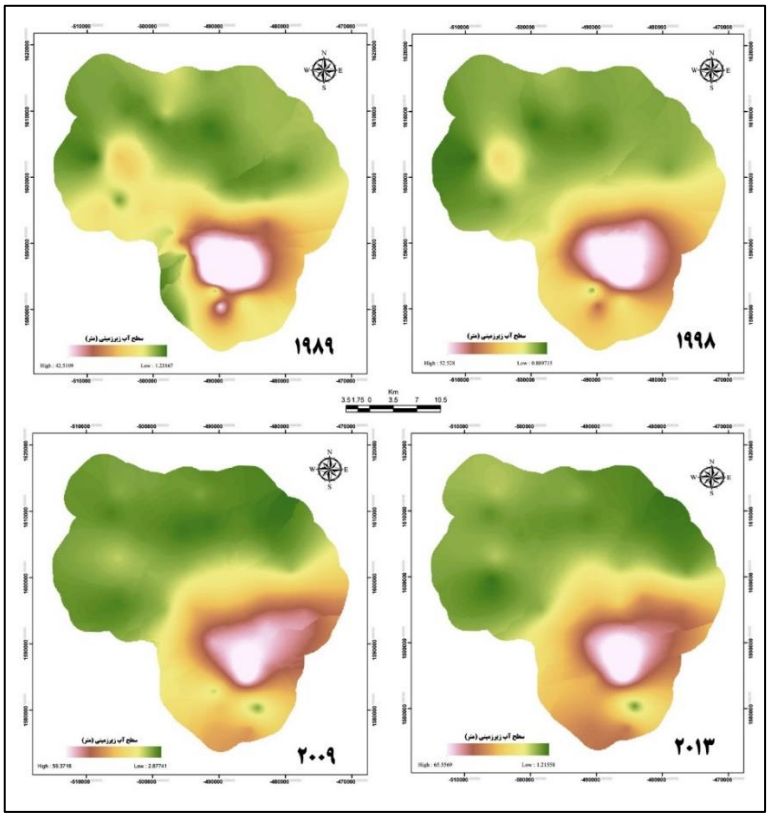
جدول ۴- روند تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی (متر)

Table 4. Trend of groundwater depth (m) changes

ردیف	سال	کمینه	بیشینه	متوسط
۱	۱۹۸۹	۱/۲۳۱۶۷	۴۲/۵۱۰۹	۸/۳۴
۲	۱۹۹۸	۰/۸۸۹۷۱۵	۵۲/۵۲۸	۹/۹۸
۳	۲۰۰۹	۲/۸۷۷۴۱	۵۹/۳۷۱۶	۱۳/۲۷
۴	۲۰۱۳	۱/۲۱۵۵۸	۶۵/۵۵۶۹	۱۴/۶۱

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد روش REGRESS در پی سنجیدن رگرسیون خطی بین دو متغیر وابسته و مستقل است. در این راستا تغییرات کاربری زمین به‌عنوان متغیر مستقل و تغییرات خصوصیات عمق سطح آب زیرزمینی به‌عنوان متغیر وابسته موردمطالعه قرار گرفت. در شکل ۴ نتایج حاصل از این مدل در دوره‌های مختلف مطالعاتی نشان داده شده است.

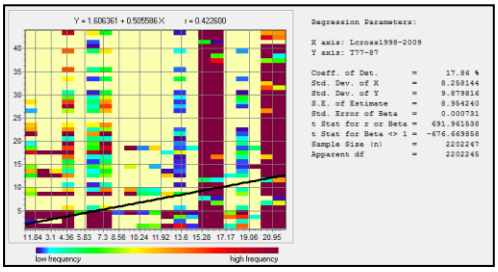
همان‌طور که مشاهده می‌شود این روش یک معادله رگرسیون و ضریب همبستگی بین دو متغیر را ارایه می‌دهد. مقدار r میان تغییرات کاربری زمین و تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی بین ۰/۳۵ تا ۰/۵۴ در دوره‌های مختلف مورد مطالعه به دست آمد. ارزش R^2 میان تغییرات کاربری زمین و تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی دشت اردبیل حاصل از CORRELATE در شکل ۵ نشان داده شده است که مقدار آن بین صفر و یک می‌باشد. مقدار عددی ضریب تعیین (R^2) به‌عنوان مهم‌ترین معیار نکویی برازش رگرسیون خطی استفاده می‌شود. ارزش‌های ضریب تبیین مکان‌دار نشان می‌دهد که چطور مدل اجرا شده می‌تواند منطبق با داده مشاهده شده در اطراف نقاط رگرسیونی باشد. این ارزش‌ها باید به‌دقت تفسیر شوند زیرا مدل واسنجی شده در یک موقعیت ممکن است متناسب باشد ولی در موقعیت‌های دیگر انطباقی با داده نداشته باشد (۱۶، ۳۲).



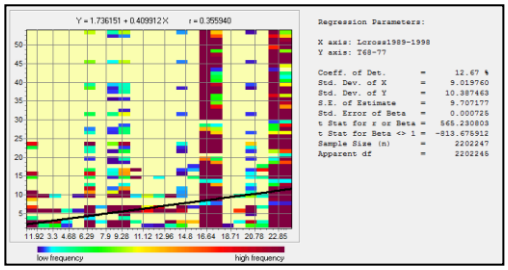
شکل ۳- نقشه‌های عمق سطح آب زیرزمینی (متر) در سری زمانی موردمطالعه

Figure 3. Groundwater depth (m) maps in the studied timespan

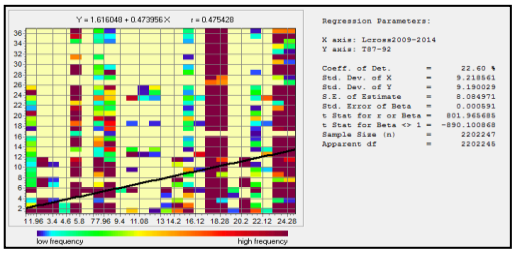
قسمت‌هایی از نقشه‌های که دارای مقدار عددی یک برای R^2 می‌باشند دارای برازش کامل بین تغییرات کاربری زمین و تغییرات خصوصیات کمی و کیفی مربوطه آب زیرزمینی هستند. به‌طورکلی باقی‌مانده‌ها (Residuals) در مدل‌های آماری در واقع تفاضل بین ارزش واقعی داده مشاهده شده با مقدار حاصل پیش‌بینی شده متغیر مستقل می‌باشد. ارزش باقی‌مانده‌های بیش از ۳+ و کم‌تر از ۳- غیرمعمول بودن مشاهدات را نشان می‌دهد (۲۰، ۳۱).



۱۹۹۸-۲۰۰۹



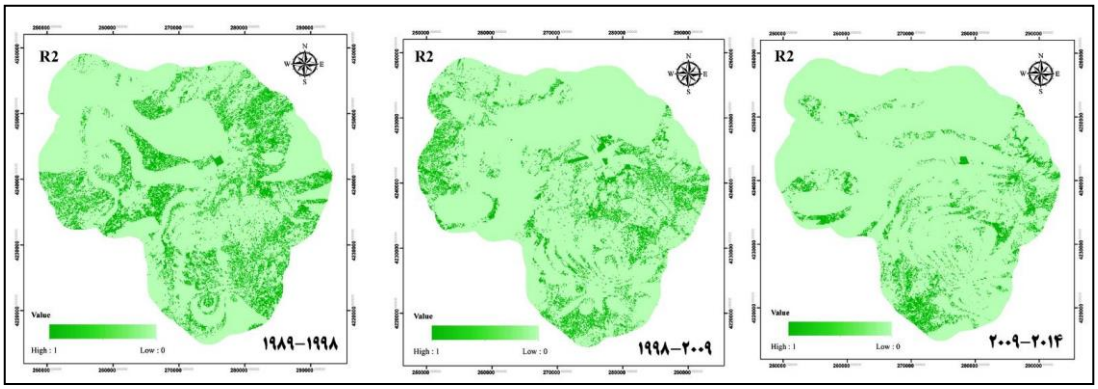
۱۹۸۹-۱۹۹۸



۲۰۰۹-۲۰۱۴

شکل ۴- ارتباط تغییرات کاربری زمین و تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی در روش REGRESS

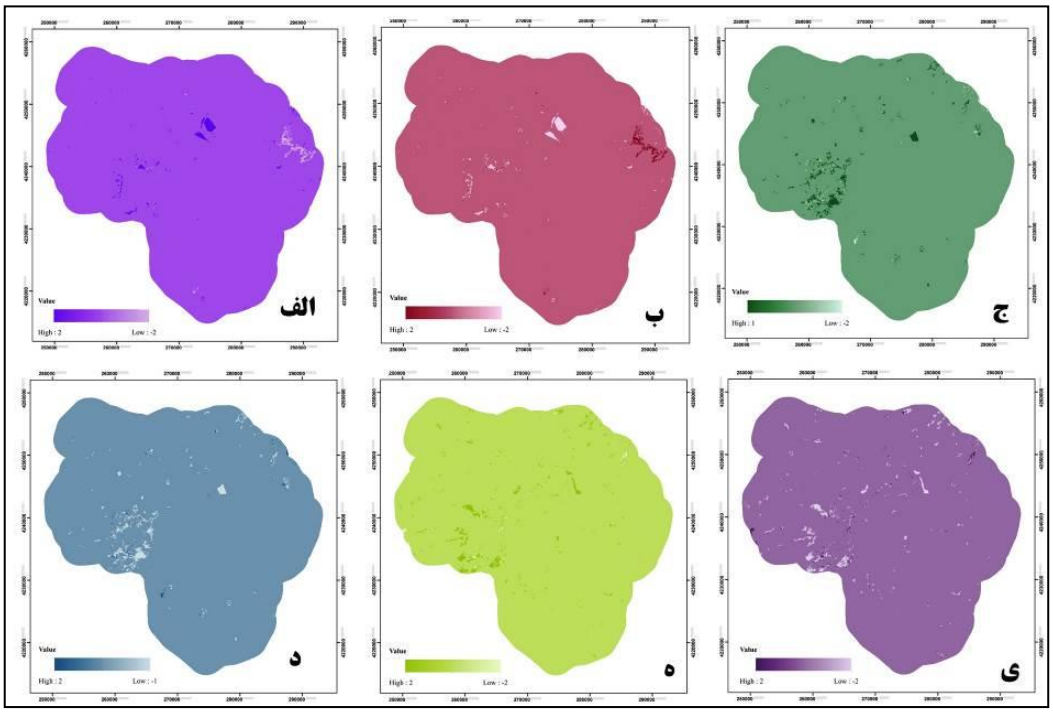
Figure 4. Relationship between land use and groundwater depth changes by REGRESS method



شکل ۵- شاخص R^2 در بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری زمین و عمق آب زیرزمینی حاصل از روش CORRELATE

Figure 5. The R^2 maps between land use and groundwater depth changes by CORRELATE method

همان‌طور که ذکر شد معمولاً مقادیر بین ۳+ و ۳- را نشان از کاربرد صحیح اجرای مدل بر روی داده‌ها می‌دانند. در این تحقیق تمام باقی‌مانده‌ها در محدوده فوق‌الذکر قرار گرفتند. این امر حاکی از صحت خوب و قابل‌قبول مدل در بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و تغییرات افت کمی آب زیرزمینی در تمام دوره‌های موردمطالعه را نشان می‌دهد، به‌نحوی‌که هیچ‌کدام از واحدهای نقشه‌های باقی‌مانده انحرافی فراتر از ۳± را نشان نمی‌دهند (شکل ۶). درنهایت طبق نتایج شاخص باقی‌مانده‌ها برای تمام متغیرهای وابسته در بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری زمین و تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی در بازه‌های زمانی مختلف موردبررسی، صحت مدل CORRELATE تائید می‌شود.



شکل ۶- توزیع شاخص باقی‌مانده نقشه‌های کاربری زمین (الف و ب: ۱۹۹۸-۱۹۸۹، ج و د: ۲۰۰۹-۱۹۹۸، ه و ی: ۲۰۱۴- ۲۰۰۹)

Figure 6. The residuals values distribution for land use maps (a and b: 1989-1998, c and d: 1998-2009; e and f; 2009-2014)

بحث و نتیجه‌گیری

ره‌یافت مورد استفاده در این تحقیق که شامل بررسی ارتباط تغییرات کاربری زمین و نوسانات عمق سطح آب زیرزمینی دشت ممنوعه اردبیل می‌باشد، می‌تواند در مدیریت، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری دشت‌های ممنوعه بسیار مفید عمل نماید. ازاین‌رو نقشه‌های کاربری زمین با بهره‌جویی از تکنیک‌های دور سنجی برای سری زمانی ۲۵ سال استخراج و در پنج کاربری کشاورزی، مناطق انسان‌ساخت، بسترآبی، جنگل و بایر طبقه‌بندی شد. سپس نحوه و میزان پراکنش، تغییرات و تبدیلات کلاس‌های کاربری زمین در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعدی فرایند تحقیق، به نقشه سازی پراکنش عمق سطح آب زیرزمینی در دوره‌های مختلف پرداخته شد. در آخر با استفاده از دو روش متفاوت ارتباط و همبستگی این دو متغیر بررسی و برآورد گردید. نتایج نشان‌دهنده همبستگی قابل توجهی بین تغییرات کاربری زمین و تغییرات کمی آب زیرزمینی در دشت اردبیل می‌باشد. این همبستگی‌ها بیان می‌دارند که تغییرات کاربری زمین نقش مهمی در تغییرات کمی آب زیرزمینی دارد. نتایج تحقیق حاضر هم‌راستا با نتایج به‌دست آمده توسط میشرا و همکاران (۱۳)، تقی‌پور و همکاران (۱۴)، کومر و همکاران (۱۲)، نصرالهی و همکاران (۱۷) و گلالی زاده (۱۵) می‌باشد. همان‌طور که از مباحث و یافته‌های پژوهش حاضر مشاهده می‌شود، رشد و توسعه زمین‌های کشاورزی و به‌ویژه مناطق انسان‌ساخت و به‌تبع آن کاهش مراتع، با کاهش عمق سطح آب زیرزمینی ارتباط مستقیمی دارد. از این رو اثرات گسترش شهری بر روی منابع آب زیرزمینی در طی دهه‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است، چرا که به‌تبع آن سطوح غیرقابل نفوذ افزایش یافته و سبب کاهش نفوذ آب می‌شود. این رخداد در نهایت امر ذخایر آب زیرزمینی را متأثر می‌سازد؛ بنابراین تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی همراه با روش‌های ارزیابی همبستگی فضایی و زمانی (برای بررسی همبستگی تغییرات کاربری زمین و تغییرات آب زیرزمینی) می‌توانند برنامه‌های مدیریتی و پایش آب زیرزمینی را تسهیل و ارتقا بخشد. استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به همراه مدل‌های آماری مبتنی بر تحلیل های رگرسیونی در این تحقیق و نتایج قابل‌قبول آن در

تایید این مدعاست. نتایج این تحقیق می‌تواند در انتخاب مکان‌های اولویت‌دار برای مدیریت کاربری‌ها و آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد، چرا که عدم در نظر گرفتن ملاحظات آب‌های زیرزمینی در تصمیم‌گیری‌های تغییرات کاربری زمین و عموماً در مدیریت زمین می‌تواند دارای تبعات و هزینه های بلندمدت از لحاظ امنیت آب آشامیدنی و پایداری اکوسیستم‌های آبی و مضاف بر آن امنیت ملی در دشت‌های-ممنوعه، به‌ویژه دشت ممنوعه اردبیل را به همراه داشته باشد. در مقابل، اقدامات مدیریتی با توجه به ارتباط کاربری زمین و آب‌های زیرزمینی می‌تواند منافع بزرگی را در ارتباط با منابع آب زیرزمینی با هزینه نسبتاً متناسب در منطقه به ارمغان آورد و از بروز مسایل مذکور به‌ویژه نارضایتی عمومی و بروز مسایل امنیتی جلوگیری نماید.

تشکر و قدردانی

نگارندگان در پایان بر خود لازم می‌دارند که از شرکت سهامی آب منطقه‌ای اردبیل، کمیته تحقیقات (طرح تحقیقات کاربردی) به علت قرار دادن اطلاعات و بودجه مورد نیاز برای پژوهش حاضر کمال امتنان را داشته باشند.

Reference

1. Döll P, Hoffmann-Dobrev H, Portmann F, Siebert S, Eicker A, Rodell M, et al. 2012. Impact of water withdrawals from groundwater and surface water on continental water storage variations. Journal of Geodynamics;59:143-56.
2. Margat J, Van der Gun J. 2013. Groundwater around the world: a geographic synopsis: CRC Press
3. Foster S, Chilton J, Nijsten G-J, Richts A. 2013. Groundwater—a global focus on the 'local resource'. Current Opinion in Environmental Sustainability;5(6):685-95.
4. Partnership GW. 2014. The links between land use and groundwater-Governance provisions and management strategies to secure a 'sustainable harves.
5. Calow R, Robins N, MacDonald A, Macdonald D, Gibbs B, Orpen W, et al. 1997. Groundwater management in drought-prone areas of Africa. International Journal of Water Resources Development;13(2):241-62.
6. Eastman J. 2012. IDRISI Selva Tutorial. Idrisi Production, Clark Labs-Clark University.;45.
7. Sato K, Iwasa Y. 2011. Groundwater hydraulics: Springer Science & Business Media;.
8. Schwartz FW, Zhang H. 2003. Fundamentals of ground water: Wiley New York;.
9. Xu, Y., Mo, X., Cai, Y., & Li, X. 2005. Analysis on groundwater table drawdown by land use and the quest for sustainable water use in the Hebei Plain in China. Agricultural Water Management, *75*(1), 38-53.
10. Scanlon BR, Reedy RC, Stonestrom DA, Prudic DE, Dennehy KF. 2005. Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the southwestern US. Global Change Biology.;11(10):1577-93.
11. Lerner DN, Harris B. 2009. The relationship between land use and groundwater resources and quality. Land Use Policy.;26:S265-S73.
12. Singh CK, Shashtri S, Mukherjee S, Kumari R, Avatar R, Singh A, et al. 2011. Application of GWQI to assess effect of land use change on groundwater quality in lower Shiwaliks of Punjab: remote sensing and GIS based approach. Water resources management.;25(7):1881-98.
13. Mishra N, Khare D, Gupta K, Shukla

R. 2014. Impact of Land Use Change on Groundwater-A Review. Advances in Water Resource and Protection; 2:28-41.

14. Javi ST, Malekmohammadi B, Mokhtari H. 2014. Application of geographically weighted regression model to analysis of spatiotemporal varying relationships between groundwater quantity and land use changes (case study: Khanmirza Plain, Iran). Environmental monitoring and assessment.;186(5):3123-38.
15. Galalizadeh, S. 2011. Investigating the role of land use in the quality of groundwater resources (Case study of Karaj aquifer).Thesis: University of Tehran, Iran. (in Persian)
16. Taghipour Javi, Sh. 2012. Analyzing land use changes in relation to the reduction of groundwater resources in Khanmirza plain, Thesis, University of Tehran, Iran. (In Persian)
17. Nasrollahi, M., Mombeni, M., Valizadeh, S., Khosravi, H. 2014. Investigating the Effect of Land use / Land cover Changes Trendon Groundwater Resources Status, using Satellite images (Case study: Gilan-e gharb plain). Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 23(91), 89-97 .(In Persian)
18. Zhang, L., Dawes, W. R., & Walker, G. R. 2001. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. Water resources research, *37*(3), 701-708.
19. Alley WM, Reilly TE, Franke OL. 1999. Sustainability of ground-water resources: US Department of the Interior, US Geological Survey
20. Wang G, Yang L, Chen L, Wa T. 2005. Impacts of land use changes on groundwater resources in the Heihe River Basin. Acta Geogr Sin; 60(3):456-66.
21. Madani K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis? Journal of Environmental Studies and Sciences.;4(4):315-28.
22. Kord M, Moghaddam AA. 2014. Spatial analysis of Ardabil plain aquifer potable groundwater using fuzzy logic. Journal of King Saud University-Science.;26(2):129-40. (In Persian)
23. Janfeshan, B. 2010. Supply of water shortage in Ardabil plain by water transfer between basins. Third National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management; Ahvaz: Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian)
24. Abanpajoh. 2015. Ardabil water supply projects. Iran Ministry of Energy. (In Persian)
25. Maali Ahari, N. 2011. Investigation the role of groundwater withdrawal on future possible subsidence in Ardabil plain by using GIS. Thesis, Tarbiat Moallem University, Iran. (in Persian)
26. Abedini, M. (2013). Investigation of the causes of subsidence in Ardabil plain and its effects on the Urban Area. Journal of Physical Geography, 6(19), 71-84. (In Persian)
27. Kord, M., Asghari-moghaddam, A. 2014. Evaluation of drinking water quality of Ardabil plain aquifer by cokriging and fuzzy logic. Journal of Water and Soil Conservation, 21(5), 225-240. (In Persian)
28. Nejadi, A. 2012. Developing a decision support system for protected area management based on land use change modeling, PhD Thesis: University of Tehran, Iran. (in Persian)

29. Amini parsa, V. 2014. Modeling the Possible Effects of Surrounding Land Use Change on Arasbaran Biosphere Reserve Management. Thesis, University of Tehran, Iran. (in Persian)
30. Foody GM. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. Remote sensing of environment.;80(1):185-201.
31. Viera, A. J., & Garrett, J. M. 2005. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. Fam med, 37(5), 360-363.
32. Shrestha PM. 2006. Comparison of ordinary least square regression, spatial autoregression, and geographically weighted regression for modeling forest structural attributes using a geographical information system (GIS)/remote sensing (RS) approach: university of calgary.