پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷
ص ۴۰۶- ۳۹۱

بررسی پیامدهای محیطی ناپایداری منابع آب در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ زاینده‌رود[۱]

سعید صالحیان- دانش‌آموختهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشکدهٔ علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی تهران
عبدالرضا رحمانی فضلی* – دانشیار گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۹

چکیده

حوضهٔ آبریز زاینده‌رود در منطقهٔ مرکزی ایران از مناطقی است که دارای مسئلهٔ ناپایداری منابع آب است. در این پژوهش- با روش‌های تحلیل تغییرات کاربری ارضی، بررسی تغییرات بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، و توزیع پرسش‌نامه- پیامدهای محیطی ناپایداری منابع آب در حوضهٔ زاینده‌رود بررسی شده است. بر این اساس، تغییرات کاربری زمین بین سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۲ و تحول چاه‌ها و سفرهٔ آب زیرزمینی بین سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ مطالعه شده است و، با توجه به شدت بیشتر خشک‌سالی در پایین‌دست، در سکونتگاه‌های روستایی محدودهٔ پایین‌دست حوضه، پرسش‌نامه توزیع شده است. بر اساس فرمول کوکران، تعداد پرسش‌نامه‌ها از تعداد ۳۳۱۵۳ خانوار روستایی ۳۸۰ نفر برآورد شده که، در طی تحقیق و بر اساس محدودیت‌ها و حذف پرسش‌نامه‌های نادرست، تعداد نمونه‌ها به ۳۲۳ مورد رسیده و در تعداد ۲۵ روستا توزیع شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد ناپایداری منابع آب در حوضهٔ آبریز زاینده‌رود آثار محیطی نامناسبی دارد و پایداری حوضه را با خطر جدی روبه‌رو کرده است. تغییرات Land use حوضه نشان از دست‌اندازی گستردهٔ فعالیت‌های انسانی در حوضه داشته و، از طرفی، با خشکی رودخانه، فشار بر سفره‌های آب زیرزمینی تشدید شده است. میانگین شاخص‌های پرسش‌نامهٔ پیامدهای خشک‌سالی نیز عدد ۴/۲۲ به‌دست آمده که نشان از وضعیت نامناسب شاخص‌های زیست‌محیطی در بخش پایین‌دست حوضه دارد.

کلیدواژه‌ها: پیامدهای محیطی، تغییرات کاربری زمین، رودخانهٔ زاینده‌رود، منابع آب زیرزمینی، ناپایداری منابع آب.

مقدمه

آب نگرانی اصلی برای توسعهٔ پایدار در قرن بیست‌ویکم به‌شمار می‌آید (بیگا و همکاران، ۲۰۱۲: ۳). از نظر کارشناسان مسائل آب، بحران فعلی در سال‌های آینده به یک جنگ جهانی بر سر آب تبدیل خواهد شد (روب، ۲۰۱۲: ۱). کشور ایران، به دلیل محدودیت ریزش‌های جوی، در زمرهٔ کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانهٔ کشور (۲۴۰ میلی‌متر) در حدود یک‌سوم میانگین بارندگی سالیانهٔ جهان (۸۷۰ میلی‌متر) است. از طرفی، توزیع بارندگی در ایران از نظر مکانی و زمانی یکنواخت نیست و بیشتر نقاط کشور با کم‌آبی روبه‌روست (علیزاده، ۱۳۹۰: ۹۱۱).

پایداری استفاده از آب به معنای حفاظت منافع برای مکان یا گروهی خاص و کم‌نشدن آن در طول زمان است؛ پایداری آب حفظ ترکیبی از نیازها و منافع همهٔ بهره‌برداران حاضر است، بدون آنکه منافع دیگر بهره‌برداران، از جمله اکوسیستم‌های طبیعی، کاهش یابد. این تعریف حقوق نسل‌های آینده یا رشد جمعیت را نیز دربر می‌گیرد (گلیک، ۱۹۹۸:

---

۱. این مقاله بخشی از رساله دکتری بوده که در دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی تهران به انجام رسیده است.

* نویسندهٔ مسئول: ۰۲۱۸۸۹۶۱۰۲۳
E-mail: ar_rahmanifazli@sbu.ac.ir

۵۷۳). استفادهٔ ناپایدار از منابع آب می‌تواند به دو دلیل باشد: دگرگونی ذخایر و جریان‌های آب، که دسترسی آن در فضا یا زمان تغییر می‌کند و نیز به‌واسطهٔ تغییر در میزان بهره‌برداری از یک منبع، به دلیل تغییر استانداردهای زندگی، تکنولوژی، سطوح جمعیتی یا رسوم اجتماعی. دسترسی به آب از هر دو عامل طبیعی و انسانی تأثیر می‌پذیرد؛ از جمله تغییرات آب‌وهوایی، رشد جمعیت با کاهش سرانهٔ آب موجود، آلودگی با کاهش تأمین آب قابل استفاده، و استفادهٔ بیش از حد از ذخایر، از قبیل بهره‌برداری بی‌رویه از ذخایر آب زیرزمینی و عوامل تکنولوژیکی (گلیک، ۱۹۹۸: ۵۷۴).

رودخانهٔ زاینده‌رود مهم‌ترین و حیاتی‌ترین رودخانهٔ منطقهٔ اصفهان به‌منظور توسعهٔ کشاورزی و تأمین آب بخش شرب و صنعت و کلیهٔ فعالیت‌های اقتصادی است (سید قاسمی، ۱۳۸۵: ۳). این رودخانه از کوه‌های زاگرس- زردکوه بختیاری- (با ارتفاع حدود ۴۵۰۰ متر از سطح دریا)، حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود منشأ گرفته و با جهت غربی- شرقی به سوی دشت مرکزی ایران سرازیر می‌شود و سرانجام در تالاب گاوخونی فرومی‌نشیند. وقوع تغییرات اقلیمی و افزایش بهره‌برداری از ظرفیت آب رودخانه برای مصارف گوناگون موجب شده نزدیک به دوسوم طول رودخانه، از سد تنظیمی چم آسمان تا تالاب گاوخونی، در سال‌های اخیر خشک شود یا به صورت موقتی درآید. با کاهش آب رودخانه، تخصیص آب به بخش کشاورزی و زیست‌محیطی در بخش‌های میانی و پایین‌دست با مشکل روبه‌رو شده است؛ به‌طوری‌که طی سال‌های ۱۳۸۶ـ۱۳۹۵ فقط پنج سال و آن هم در برخی ماه‌ها آب به بخش کشاورزی در این بخش‌ها اختصاص یافته و بقیهٔ سال‌ها بخش اعظم رودخانه خشک بوده است. این کاهش منابع آب یا بی‌نظمی جریان آبی با نام «ناپایداری منابع آب حوضه» یاد می‌شود. وقوع ناپایداری منابع آب در حوضهٔ آبریز زاینده‌رود اولین آثار خود را در زمینهٔ پیامدهای محیطی و اکولوژیک بر جای نهاده است. در این پژوهش پیامدهای محیطی ناپایداری منابع آبی حوضهٔ زاینده‌رود در ابعاد تغییرات کاربری زمین، تغییرات تعداد چاه‌ها، و میزان بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و آثار زیست‌محیطی ناپایداری منابع آب در سکونتگاه‌های روستایی بخش پایین‌دست حوضهٔ زاینده‌رود بررسی می‌شود.

ناپایداری منابع آب در دههٔ اخیر در ابعاد مختلف تغییرات کاربری زمین، تغییرات منابع آب زیرزمینی، و شاخص‌های زیست‌محیطی سکونتگاه‌های روستایی پایین‌دست حوضهٔ زاینده‌رود مؤثر بوده است.

در زمینهٔ بررسی تغییرات کاربری زمین، پژوهش‌هایی بدین شرح انجام گرفته است: بلای و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر گسترش سکونتگاهی بر محیط زیست پارک ملی آواش در اتیوپی را از طریق کشف تغییرات کاربری زمین و مطالعهٔ میدانی بررسی کردند. طبق نتایج پژوهش آنان، گسترش فعالیت‌ها و ساخت‌وسازهای انسانی موجب ازبین‌رفتن پوشش گیاهی و جانوری در محدوده شده و پایداری منطقه را با مخاطره روبه‌رو کرده است. نووکورو و دکولو (۲۰۱۲) تغییرات کاربری زمین و پایداری محیطی در کلان‌شهر لاگوس را در یک دورهٔ شانزده‌ساله (۱۹۹۰ـ۲۰۰۶) مطالعه کردند. طبق نتایج پژوهش آنان، گسترش شهر لاگوس موجب ازبین‌رفتنِ اراضی روستایی، منابع طبیعی، و زمین‌های کشاورزی شده و بیست‌درصد از جنگل‌های محدوده کاهش یافته است. عبدالکاوی و بلال (۲۰۱۱) در غرب دلتای نیل مصر به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی از طریق سنجندهٔ لندست در سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، و ۲۰۰۹ پرداختند؛ در این پژوهش بیشترین تغییرات کاربری و میزان حساسیت پوشش‌ها مشخص و در نهایت مدل تحلیلی پژوهش ارائه می‌شود. فلاحتکار و همکاران (۱۳۸۸) روند تغییرات پوشش اراضی اصفهان در چهار دههٔ گذشته را بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین توسعهٔ مناطق شهری بین سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۶۹ و کمترین رشد آن بین سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۵۱ رخ داده است؛ اما طی سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۵۱ بیشترین تخریب پوشش سبز منطقه رخ داده است. میرکتولی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از تصاویر سنجندهٔ LISS ماهوارهٔ IRS سال ۲۰۰۷ و لندست TM سال ۱۹۹۱

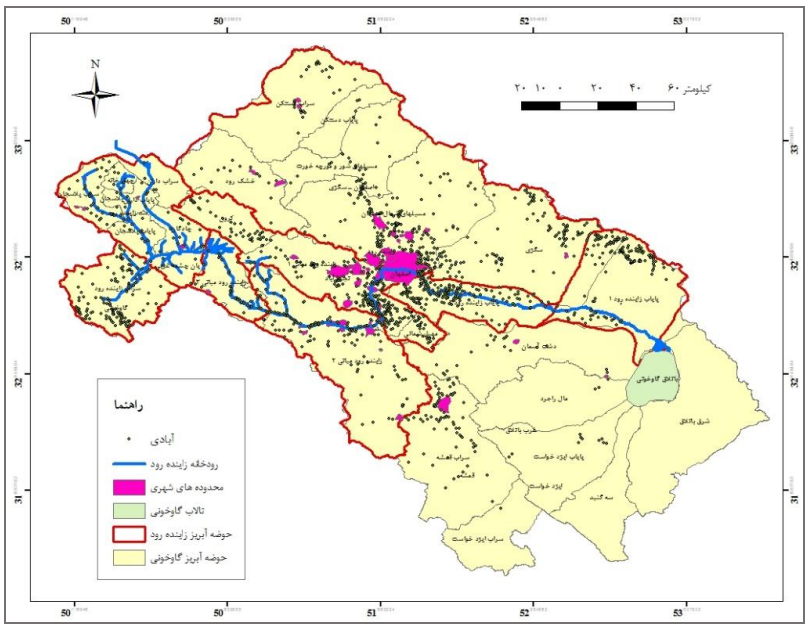
به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در شهر گرگان پرداختند. فارسی و یوسفی (۱۳۹۲) تغییرات کاربری اراضی دشت بجنورد را به روش آشکارسازی پس از طبقه‌بندی با طبقه‌بندی تصاویر سنجندهٔ ماهوارهٔ لندست ۵ در سال ۱۳۷۷ و ۱۳۸۵ و همچنین تصاویر لندست ۸ در سال ۱۳۹۲ تحلیل کردند. نتایج این تحقیق نشان از کاهش اراضی دیم و مرتع در بازهٔ زمانی موردمطالعه و کاهش کشاورزی آبی و باغات تا سال ۱۳۸۵ و روند افزایشی آن تا سال ۱۳۹۲ دارد. همچنین، اراضی شهری و انسان‌ساخت نیز روند افزایشی داشته است.

در زمینهٔ بررسی پیامدهای خشک‌سالی در قالب تحلیل شاخص‌های محیطی بین مردم، تحقیقاتی به شرح زیر انجام یافته است: امینی فسخودی و میرزایی (۱۳۹۳) به پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، و محیطی بحران کم‌آبی خشکی زاینده‌رود در روستاهای جلگه براآن در شرق اصفهان پرداختند. یافته‌ها نشان می‌دهد وجوه اصلی تأثیرات بحران کم‌آبی در جامعهٔ روستایی مورد مطالعه به‌ترتیب متوجه ساختار اجتماعی، بنیان‌ها، و فرصت‌های اقتصادی مرتبط با بخش کشاورزی و ابعاد محیطی در رابطه با مدیریت و کیفیت اراضی زراعی است. خرد و پراکنده‌بودن اراضی آسیب‌های محیطی بیشتر و معنی‌دارتری را متوجه نظام‌های زراعی و سکونتگاهی منطقه کرده و تغییر در الگوهای بهره‌برداری از منابع برای سازگاری و تطابق با شرایط کم‌آبی نیز برای بسیاری از جامعهٔ نمونه و به‌تبع کل جامعهٔ روستایی مورد مطالعه مقدور نبوده یا تحت تأثیر ویژگی‌های دموگرافیکی و تولید- زراعی آن‌ها به‌صورت الزامی درک‌شده درنیامده است. ریاحی و پاشازاده (۱۳۹۲) به اثرهای اقتصادی و اجتماعی خشک‌سالی بر نواحی روستایی شهرستان گرمی، مورد دهستان آزادلو پرداختند. در این تحقیق، به تفکیک، شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی پس از خشک‌سالی بررسی شد و نتیجه گرفتند که خشک‌سالی روی بسیاری از شاخص‌ها تأثیرگذار بوده است. کیانی سلمی (۱۳۹۱) تأثیر بحران منابع آب کشاورزی بر ساختار اقتصادی- اجتماعی روستاهای حوضهٔ زاینده‌رود در شرق اصفهان را بررسی کرد و نتایج آن نشان از اثرهای منفی خشک‌سالی در روستاهای محدودهٔ مطالعه داشته است. شرفی و زرافشانی (۱۳۸۹) سنجش آسیب‌پذیری اقتصادی و اجتماعی کشاورزان در برابر خشک‌سالی را مدنظر پژوهش قرار دادند. قنبرزاده و بهنیافر (۱۳۸۸) عمده‌ترین پیامدهای اقتصادی خشک‌سالی‌های سال‌های ۱۳۷۵ـ۱۳۸۵ بر نواحی روستایی دهستان شاندیز را در بخش‌های زراعت و دام دانسته‌اند که نمود اصلی آن کاهش سطح زیر کشت است. کشاورز و همکاران (۱۳۸۹) در این زمینه مهم‌ترین آسیب‌های ناشی از خشک‌سالی به خانوارهای کشاورز را تنش‌های اقتصادی، کاهش فرصت‌های شغلی در روستا، عدم بازده فعالیت‌ها کشاورزی، و تخریب‌های زیست‌محیطی ذکر کردند.

موقعیت جغرافیایی محدودهٔ مورد مطالعه

حوضهٔ آبریز زاینده‌رود، با وسعت ۲۷ هزار کیلومتر مربع، دربرگیرندهٔ بخش عمده‌ای از حوضهٔ آبریز گاوخونی است که خود جزئی از حوضهٔ آبریز کویر مرکزی ایران است. حوضهٔ زاینده‌رود از شمال به حوضهٔ آبریز دریاچهٔ نمک، از غرب و جنوب‌غرب به حوضهٔ آبریز کارون و دز، از شرق به حوضهٔ آبریز دق سرخ و کویر سیاه‌کوه، و از جنوب به حوضهٔ آبریز شهرضا محدود می‌شود. مرتفع‌ترین نقطهٔ حوضهٔ کوه کربوش با ارتفاع ۳۹۷۴ متر از سطح دریا و کم‌ارتفاع‌ترین نقطه حوضهٔ تالاب گاوخونی با ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریاست (شکل ۱). تغییرات آب‌وهوا در این حوضه بسیار چشم‌گیر است. درحالی‌که ناحیهٔ چلگرد در غرب حوضه دارای بارش بیش از ۱۴۰۰ میلی‌متر است. در شرق حوضه در کنار تالاب گاوخونی بارش متوسط حدود ۱۰۰ میلی‌متر است. حدود ۹۳درصد مساحت حوضه در محدودهٔ استان اصفهان و ۷درصد آن نیز در محدودهٔ چهارمحال و بختیاری قرار دارد (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۸۷: ۳). از نظر جمعیتی، نیز طبق

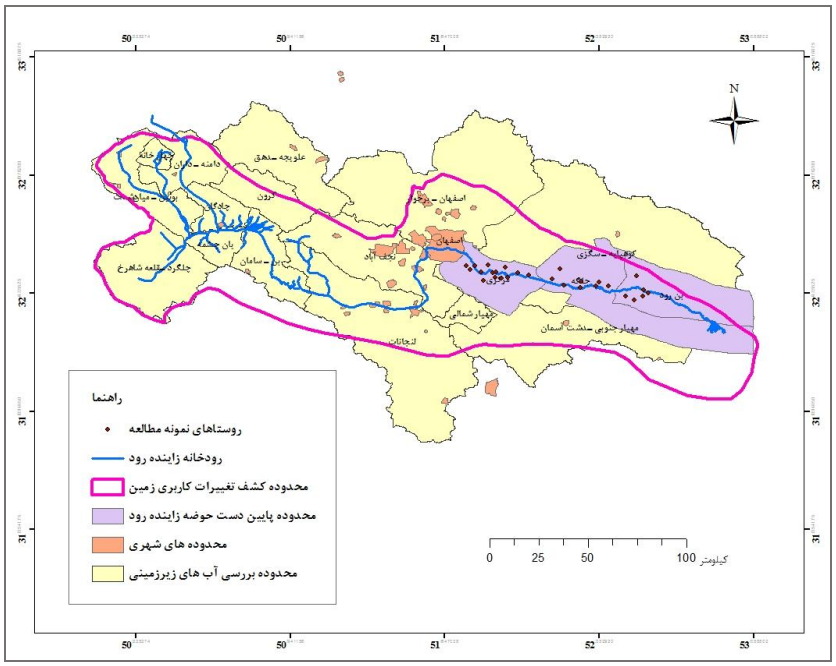
نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت حوضه حدود ۴/۶ میلیون نفر بوده که از این تعداد حدود ۹۸درصد در محدودهٔ استان اصفهان و حدود ۲درصد آن نیز در محدودهٔ استان چهارمحال و بختیاری ساکن‌اند. طول رودخانه برابر ۳۵۰ کیلومتر و مساحت کل حوضه برابر ۴۱۵۰۰ کیلومتر مربع است. حوضه، صرف‌نظر از بارش‌های زیاد در ارتفاعات کوهرنگ، دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک است. بارش متوسط در اصفهان فقط ۱۳۰ میلی‌متر است که بیشترِ آن در طی فصل زمستان و اوایل بهار می‌بارد. این در حالی است که تبخیر و تعرق پتانسیل در حوضه ۱۵۰۰ میلی‌متر است و فعالیت کشاورزی و اقتصادی وابسته به آب است (سالمی و حیدری، ۱۳۸۵: ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضهٔ آبریز رودخانهٔ زاینده‌رود

در این پژوهش، بر اساس اهداف مورد نظر، سه محدودهٔ متفاوت از حوضه بررسی شده است. در بررسی تغییرات کاربری زمین[1] حوضه، با توجه به اهداف پژوهش، میزان تأثیر و تأثر رودخانه با حوضهٔ اطراف خود و پراکندگی سکونتگاه‌های انسانی، با درنظرگرفتن آرای کارشناسی، محدودهٔ موردمطالعه در Google earth ترسیم و سپس محدوده، با توجه به وضعیت جغرافیایی، به سه بخش تقسیم شده است. در بررسی تحول منابع آب زیرزمینی حوضه، بخشی از حوضهٔ آبریز گاوخونی مد نظر وزارت نیرو شامل پانزده محدوده از ۲۱ محدودهٔ مطالعاتی حوضهٔ گاوخونی، معیارِ مطالعهٔ تحول تعداد چاه‌ها و میزان بهره‌برداری از آن قرار گرفته است (شکل ۲). برای بررسی تأثیر ناپایداری منابع آب بر شاخص‌های زیست‌محیطی حوضه، بخش پایین‌دست حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود، از انتهای شهر اصفهان تا انتهای حوضه، تالاب گاوخونی، معیار مطالعه قرار گرفته است. بیشترین آثار خشک‌سالی در این بخش از حوضهٔ زاینده‌رود مشاهده می‌شود. این محدوده از نظر اداری- سیاسی در شهرستان اصفهان واقع شده و از سه بخش مرکزی و بخش بن رود و جلگه تشکیل شده است (شکل‌های ۲ و ۴). طبق سرشماری مرکز آمار در سال ۱۳۹۰، محدودهٔ پایین‌دست دارای ۱۳۶۰۲۷ نفر جمعیت بوده که ۸۳درصد در روستاها و ۱۷درصد در نقاط شهری محدوده ساکن‌اند. اقتصاد غالب منطقه نیز مبتنی بر کشاورزی است.

1. land use



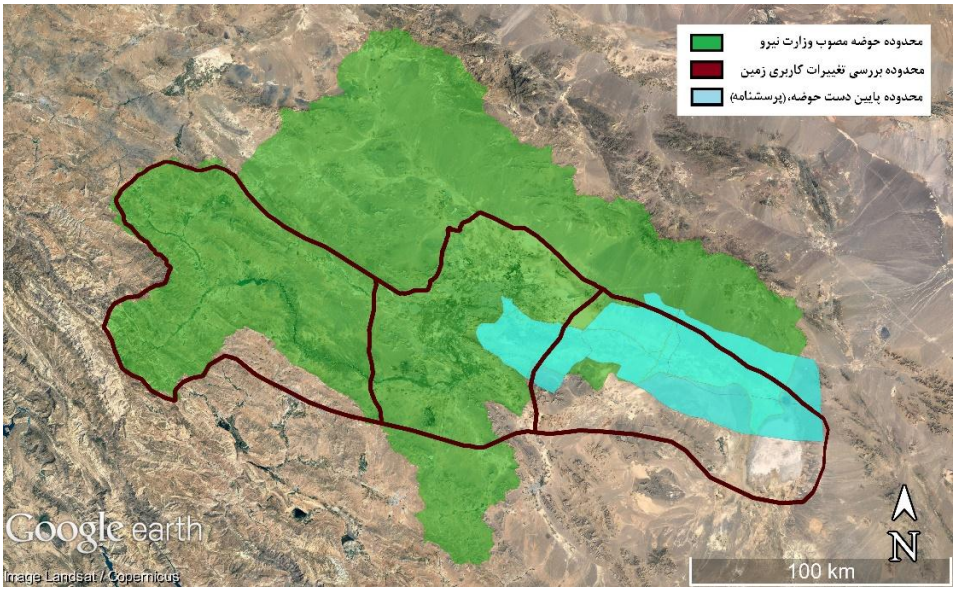
شکل ۲. محدوده‌های مورد مطالعهٔ پژوهش در حوضهٔ آبریز زاینده‌رود. ترسیمِ نگارنده

مواد و روش‌ها

برای اجرای این پژوهش از انواع روش‌های کتابخانه‌ای (کتب، مقالات، داده‌های خام سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور و شرکت مدیریت منابع آب ایران) و روش‌های میدانی (مشاهده، مصاحبه با کارشناسان اداری و دانشگاهی و توزیع پرسش‌نامه) استفاده شده است. بر این اساس، سه روش به شرح زیر بررسی شده است:

۱. کشف تغییرات کاربری اراضی

در این زمینه تغییرات کاربری اراضی در دو دورهٔ زمانی، بر اساس داده‌های سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، بررسی شده است. محدودهٔ مورد مطالعه به سه بخش تقسیم شده است: بخش بالادست از سرچشمه‌های رودخانه تا سد چم آسمان را شامل می‌شود. سد چم آسمان بین سد زاینده‌رود و شهر اصفهان قرار داشته و آخرین مسیری است که رودخانه از حالت دائمی خارج می‌شود. بخش میانی زاینده‌رود از بند چم آسمان تا انتهای شرق شهر اصفهان و بخشی از جلگهٔ براآن را دربر می‌گیرند. در این بخش، به دلایل تاریخی و طبیعی، نقاط سکونتگاهی شهری و روستایی بیشتری استقرار یافته‌اند و بیشترین مصرف آب در این بخش صورت می‌گیرد. بخش پایین‌دست حوضه از بخش انتهای شرقی شهر اصفهان و براآن شمالی و جنوبی شروع می‌شود و تا باتلاق گاوخونی ادامه دارد؛ این بخش کمترین تراکم سکونتگاهی جمعیتی و گیاهی را داراست (شکل ۳). در نرم‌افزار Arc GIS و با قابلیت Union کشف تغییرات کاربری‌ها در دو دوره انجام شده و تحولات کاربری اراضی و میزان و نوع تبدیل کاربری‌ها ارائه شده است.



شکل ۳. محدودهٔ مطالعهٔ تغییرات کاربری زمین در تصویر ماهواره‌ای. ترسیم نگارنده در محیط Google earth

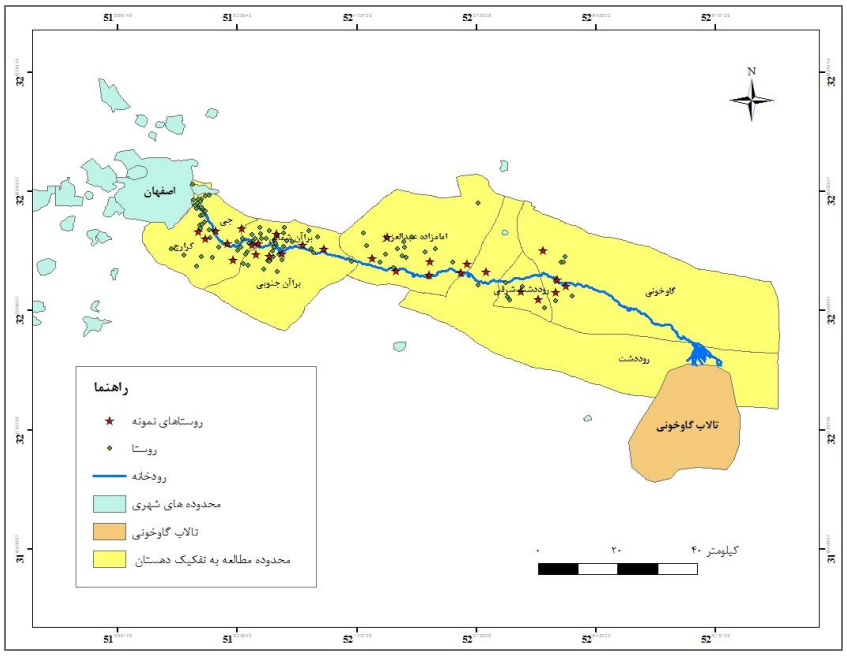
۲. بررسی تحول بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی

در این زمینه، بر مبنای آمارهای موجود، تغییرات تعداد چاه‌ها و میزان برداشت از سفرهٔ آب‌های زیرزمینی در حوضهٔ آبریز زاینده‌رود بررسی شده است. شرکت مدیریت منابع آب از طریق شرکت‌های آب منطقه‌ای منابع آب سطحی و زیرزمینی را در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ مطالعه کرده که به دلیل وقوع ناپایداری منابع آب در این دوره و پیامدهای خشک‌سالی در فشار بر منابع آب زیرزمینی تحول منابع آب زیرزمینی در این دو دوره مطالعه می‌شود. آماربرداری سال ۱۳۸۵، برداشت آمارهای منابع آب زیرزمینی بین سال‌های ۱۳۸۲ـ۱۳۸۵ را شامل شده و آمارهای سال ۱۳۸۸ـ۱۳۹۰ در آمار ۱۳۹۰ منتشر شده است. بر این اساس، در محدودهٔ حوضهٔ آبریز زاینده‌رود، تعداد چاه‌های حفرشده، تحول آبدهی آن، و تغییرات ذخایر سفره‌های آب زیرزمینی در حوضه طی این دو دورهٔ آماری مقایسه شده است. با توجه به زمان آماربرداری آب زیرزمینی، که تا حدی منطبق بر دوران وقوع ناپایداری منابع آب در حوضهٔ مورد مطالعه است، می‌توان بخشی از پیامدهای ناپایداری منابع آب را بر آب‌های زیرزمینی حوضه مشاهده کرد.

۳. آثار ناپایداری منابع آب بر شاخص‌های محیطی

بیشترین آثار و پیامدهای ناپایداری منابع آب در اراضی کشاورزی پایین‌دست رودخانه مشاهده می‌شود. بر این اساس، سکونتگاه‌های روستایی حاشیهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود در پایین‌دست رودخانه مطالعه شده است؛ این محدوده از شهر اصفهان تا تالاب گاوخونی را شامل می‌شود. برای تعیین محدودهٔ پژوهش، منطقهٔ مورد مطالعه نخست به دو بخش غربی و شرقی پایین‌دست رودخانه (از شهر اصفهان تا تالاب گاوخونی) تقسیم شده است. این تقسیم‌بندی بر اساس شاخص‌های طبیعی– جغرافیایی، فرهنگی– اجتماعی، و سیاسی– اداری انجام گرفته است (شکل ۴). هر بخش چهار دهستان و مجموعاً هشت دهستان را دربر می‌گیرد. جامعهٔ آماری تحقیق روستاهای حاشیهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود در بخش پایین‌دست است. نمونه‌گیری جامعهٔ آماری بر اساس فرمول کوکران و در قالب نمونه‌گیری احتمالی طبقه‌ای مشخص و در داخل هر طبقه برای تعیین نمونه‌های روستا و افراد پاسخ‌گو از نمونه‌گیری سادهٔ تصادفی استفاده شده است. بر اساس فرمول کوکران، تعداد پرسش‌نامه‌ها از تعداد ۳۳۱۵۳ خانوار روستایی ۳۸۰ نفر برآورد شده که در طی تحقیق و بر اساس محدودیت‌ها و حذف پرسش‌نامه‌های نادرست،

تعداد نمونه‌ها به ۳۲۳ مورد رسید. حجم سکونتگاه‌های نمونه نیز، بر اساس توان پژوهشگر و اطمینان از حصول نتیجه، ۲۵ روستا برآورد شده است (جدول ۱). انتخاب روستاهای نمونه بر اساس نوعی پراکندگی جمعیتی، موقعیت جغرافیایی، فاصلهٔ روستاهای نمونه از همدیگر و نسبت به رودخانه، و فعالیت اقتصادی غالب انجام گرفته است.



شکل ۴. موقعیت روستاها و روستاهای نمونه در منطقهٔ مورد مطالعه به تفکیک دهستان. ترسیم: نگارنده

جدول ۱. حجم نمونه‌ها و توزیع آن در محدودهٔ مورد مطالعه

طبقه روستایی	بخش	دهستان	تعداد روستا	حجم روستا	تعداد خانوار	حجم پرسشنامه	پرسشنامه انجام‌شده
غربی	مرکزی	جی	۱۶	۱	۵۶۸۸	۳۴	۳۲
		کراج	۲۳	۳	۹۵۹۳	۴۹	۳۲
		براآن شمالی	۳۰	۴	۵۵۸۵	۶۴	۵۶
		براآن جنوبی	۲۰	۳	۴۵۹۲	۴۳	۳۹
شرقی	بن رود	رودشت شرقی	۷	۲	۲۶۲۰	۳۵	۳۵
		گاوخونی	۱۰	۴	۲۰۷۴	۵۰	۴۰
	جلگه	امامزاده عبدالعزیز	۲۰	۷	۲۸۳۴	۱۰۰	۸۱
		رودشت	۱	۱	۱۶۹	۵	۸
جمع	–	–	۱۲۷	۲۵	۳۳۱۵۳	۳۸۰	۳۲۳

منبع: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰

نخست شاخص‌های مورد مطالعه بر اساس پژوهش‌های موجود و مصاحبه با کارشناسان گردآوری شده و در قالب پرسش‌نامه بین نمونه‌های تحقیق توزیع شده است. پرسش‌نامه‌ها در دو بخش سؤالات باز (وضع موجود) و سؤالات پنج‌گزینه‌ای طیف لیکرت تنظیم شده و شاخص‌های محیطی در منطقهٔ مورد مطالعه در زمان حاضر نسبت به پیش از وقوع خشک‌سالی بررسی شده است. در ادامه، نتایج پرسش‌نامه در نرم‌افزار SPSS با آزمون‌های آماری مربوطه تحلیل شده است؛ بدین‌ترتیب که میانگین شاخص‌های محیطی تحلیل شده و نتایج برای سنجش معناداری در آزمون t مستقل

تک‌نمونه‌ای بررسی شده و در نهایت با آزمون ANOVA تفاوت معناداری تأثیر خشک‌سالی در دهستان‌های مختلف مقایسه شده است. میانگین شاخص‌ها نتیجهٔ محاسبات پژوهش است. روایی پرسش‌نامه از طریق مصاحبه با کارشناسان فن به تأیید رسیده و پایایی پژوهش نیز از طریق شاخص آلفای کرونباخ با ضریب ۰/۷۹۰ تأیید شده است.

یافته‌های پژوهش

یافته‌های این پژوهش در سه بُعد بررسی شده است: نخست، تغییرات کاربری زمین در دو دورهٔ زمانی (۲۰۰۲ـ۲۰۱۳) بررسی شده است. سپس، تغییرات بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی مطالعه شده است و در پایان پیامدهای محیطی ناپایداری منابع آب در سکونتگاه‌های روستایی و در قالب بررسی شاخص‌های محیطی ناشی از وقوع خشک‌سالی از طریق توزیع پرسش‌نامه و تحلیل یافته‌های میدانی بررسی شده است.

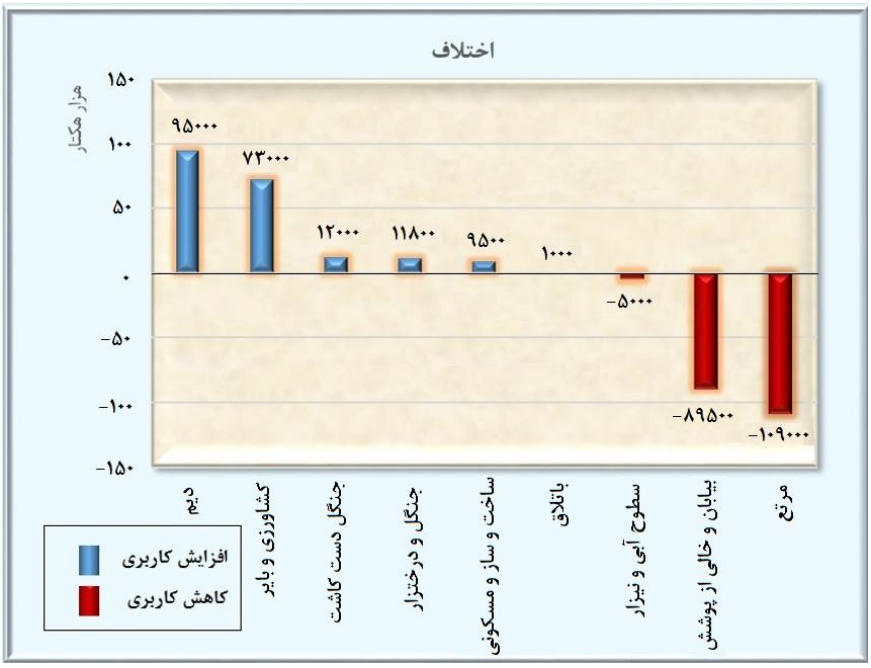
۱. بررسی تغییرات کاربری زمین

در این بخش تغییرات کاربری زمین بین سال‌های ۱۳۸۰ـ۱۳۹۲ (۲۰۰۲ـ۲۰۱۳ م) حوضهٔ آبریز زاینده‌رود بررسی شده است (شکل‌های ۶ و ۷). مقایسهٔ نقشهٔ کاربری زمین در حوضه نشان می‌دهد که کاربری‌های دیم، کشاورزی و بایر، جنگل، مسکونی، و باتلاق افزایش یافته و در مقابل سطوح آبی و نیزار، کویر و خالی از پوشش و مرتع کاهش یافته است. طبق مطالعات میدانی، افزایش اراضی با نام «دیم» در بالادست حوضه عمدتاً از پمپاژ آب رودخانه استفاده می‌کنند. همچنین، بخش اعظم افزایش کاربری «کشاورزی و بایر» به افزایش اراضی بایر یا خشک در بخش‌های میانی و پایین‌دست حوضه اشاره دارد. در مقابل کاربری‌های مرتع، اراضی خالی از پوشش و سطوح آبی در این دوره کاهش شدیدی داشته‌اند؛ به‌طوری‌که انواع مرتع ۱۰۹۰۰۰ هکتار، کاربری اراضی کویری، بیابانی و خالی از پوشش ۹۰۰۰۰ هکتار و سطوح آبی ۵۰۰۰ هکتار کاهش داشته‌اند (جدول ۲). بر این اساس، در کل حوضهٔ مورد مطالعه، کاربری‌های مرتبط با کشاورزی، زراعت و درختزار و سکونتگاه و ساخت‌وسازهای انسانی (مسکونی) افزایش یافته و در مقابل از سطوح انواع مرتع، بیابان، و اراضی خالی از پوشش و سطوح آبی کاسته شده است (شکل ۵). بر این اساس، می‌توان گفت در چشم‌انداز تغییرات کاربری زمین در حوضهٔ زاینده‌رود نوعی گسترش شدید سکونتگاه‌های انسانی و ناپایداری محیطی و اکولوژیک رخ داده است.

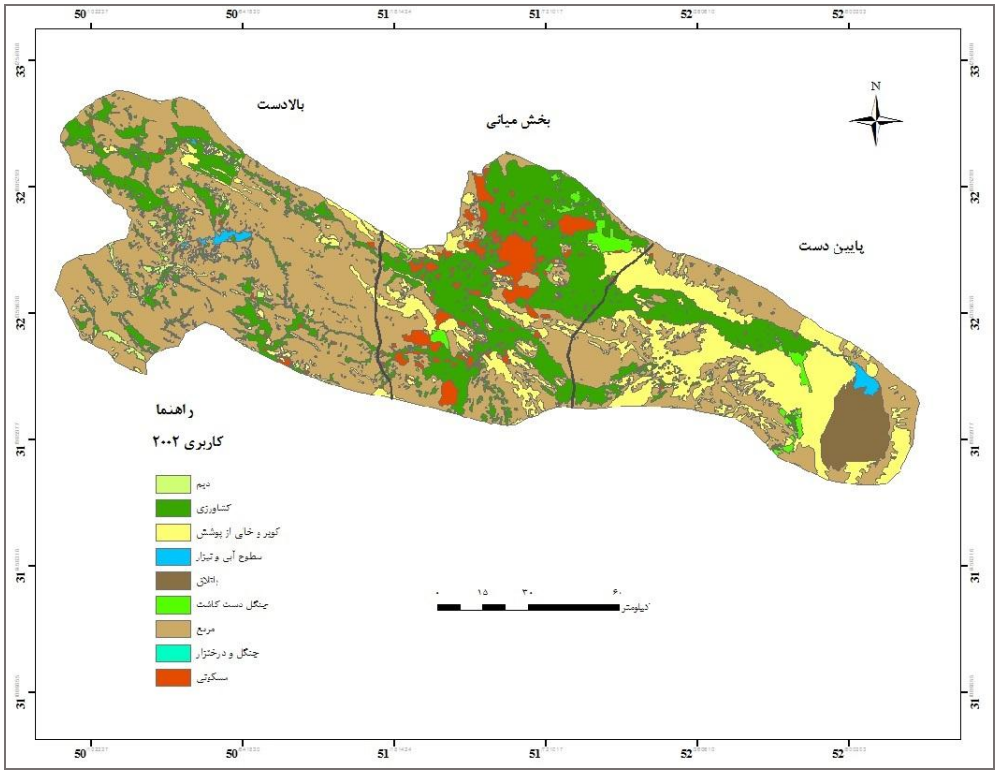
جدول ۲. تغییرات کاربری زمین در حوضهٔ زاینده‌رود (۲۰۰۲ـ۲۰۱۳)

علامت اختصاری	کاربری	سال ۲۰۰۲	درصد	سال ۲۰۱۳	درصد	اختلاف
DF	دیم	۲۲۱۶۷	۱/۲۶	۱۱۷۰۹۴	۶/۶۶	۹۴۹۲۷
IF	کشاورزی و بایر	۴۲۸۳۹۳	۲۴/۳۶	۵۰۱۲۳۹	۲۸/۵۰	۷۲۸۴۶
PF	جنگل دست کاشت	۲۶۴۸۴	۱/۵۱	۳۸۴۵۲	۲/۱۹	۱۱۹۶۸
F	جنگل و درختزار	۱۵۷	۰/۰۱	۱۱۹۴۰	۰/۶۸	۱۱۷۸۳
ST	مسکونی و ساخت‌وساز	۷۷۰۸۲	۴/۳۸	۸۶۴۴۷	۴/۹۲	۹۳۶۵
MR	باتلاق	۴۸۵۹۸	۲/۷۶	۴۹۷۵۸	۲/۸۳	۱۱۶۰
L	سطوح آبی و نیزار	۱۰۶۲۵	۰/۶۰	۵۷۴۲	۰/۳۳	−۴۸۸۳
K	کویر و خالی از پوشش	۲۹۵۰۸۴	۱۶/۷۸	۲۰۵۷۷۵	۱۱/۷۰	−۸۹۳۰۹
R	مرتع	۸۵۰۹۱۲	۴۸/۳۹	۷۴۲۰۴۸	۴۲/۲	−۱۰۸۸۶۴
sum	مجموع	۱۷۵۹۵۰۲	۱۰۰	۱۷۵۸۴۹۵	۱۰۰	–

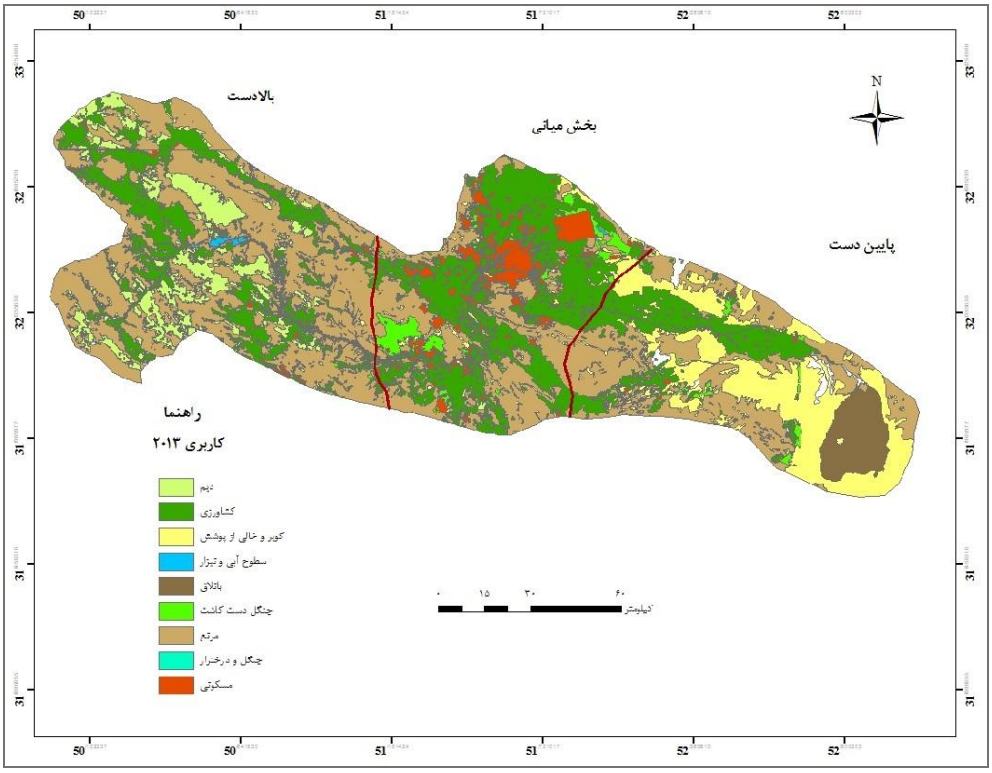
منبع: سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور. تحلیل نگارنده



شکل ۵. تغییرات کاربری زمین در حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود در سال‌های ۲۰۰۲ـ۲۰۱۳



شکل ۶. تقسیمات کاربری اراضی حوضهٔ آبریز زاینده‌رود در سال ۲۰۰۲



شکل ۷. تقسیمات کاربری اراضی حوضهٔ آبریز زاینده‌رود در سال ۲۰۱۳

در جدول ۳ تغییرات کاربری‌های مورد مطالعه در هر سه محدودهٔ بالا، پایین، و بخش میانی، به تفکیک، طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ بررسی شده است. بر این اساس، کاربری‌های ساخت‌وساز و مسکونی، کشاورزی، و بایر و اراضی دیم در همهٔ اراضی محدودهٔ مورد مطالعه روند افزایشی داشته است. طبق مطالعات میدانی تحقیق، کاربری کشاورزی در بخش بالادست افزایش داشته؛ ولی در بخش‌های میانی و پایین‌دست، به دلیل خشک‌سالی، بخش درخور توجهی از آن خشک و به زمین‌های بایر تبدیل شده است.

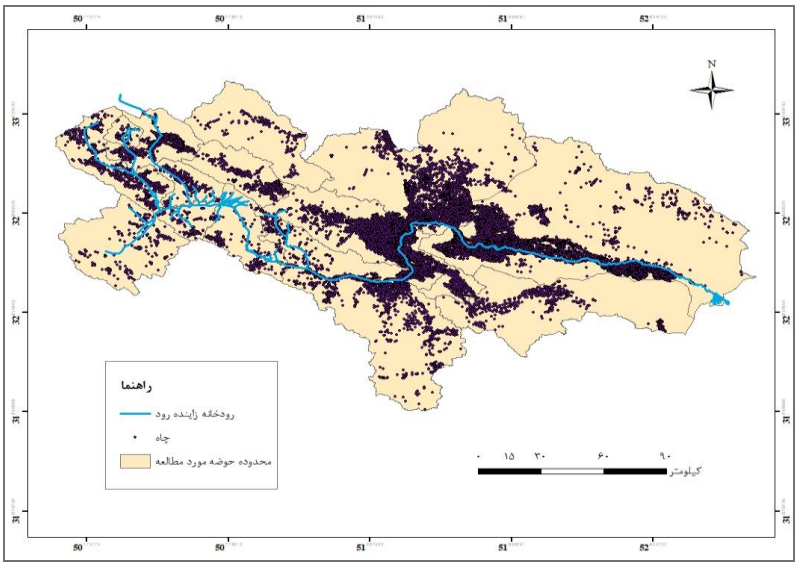
جدول ۳. اختلاف کاربری زمین در حوضهٔ زاینده‌رود در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۲

Land use	بالا	میانی	پایین
مسکونی و ساخت‌وساز	۳۸۸۰	۴۸۸۷	۵۹۷
مرتع	−۱۱۴۲۱۸	۱۳۶۹۰	−۸۳۳۸
کویر و خالی از پوشش	−۲۶۰۴۸	−۴۳۶۱۵	−۱۹۶۶۰
کشاورزی و بایر	۴۲۴۳۷	۸۸۵۵	۲۱۵۷۲
سطوح آبی و نیزار	−۹۶۶	۱۲۳۵	−۵۱۲۲
دیم	۹۳۶۲۶	۸۷۸	۴۲۰
جنگل و درختزار	۲۸۹	۰	۱۱۴۹۴
جنگل دست‌کاشت	۲۶	۱۴۱۱۷	−۲۱۷۰
باتلاق	۰	−۴۷	۱۲۰۷
مجموع	−۰۰۴	۰	۰

منبع: سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور. تحلیل نگارنده

۲. تغییرات آب‌های زیرزمینی

آماربرداری منابع آب زیرزمینی در دو دورهٔ آماری سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ توسط ادارات آب منطقه‌ای در سراسر کشور انجام گرفته است. در این بخش، نتایج مطالعهٔ چاه‌های محدودهٔ حوضه در این دو دوره مقایسه شده است (جدول ۴). چاه‌ها در بخش‌های مختلف حوضه پراکنده‌اند، ولی بیشترین تعداد چاه‌ها در حاشیهٔ رودخانه و به‌ویژه در بخش میانی و سپس پایین‌دست حوضهٔ مورد مطالعه مستقرند (شکل ۸). تعداد چاه‌ها در دورهٔ وقوع ناپایداری منابع آب افزایش شدیدی داشته و فقط در یک دورهٔ ۵ـ۱۰ساله تعداد ۹۲۷۷ حلقه چاه برای جبران کم‌آبی در حوضهٔ مورد مطالعه حفر شده است. در بررسی سفرهٔ آب‌های زیرزمینی، در سال ۱۳۸۵ میانگین سطح آب ۱۹٫۹ متر از سطح زمین و عمق چاه‌های بهره‌برداری از آب ۴۰٫۴ متر بوده که در سال ۱۳۹۰ و با افزایش بهره‌برداری از آب به سطح آب ۲۴٫۹ متری از سطح زمین و میانگین عمق چاه‌ها به ۴۵٫۲ متری رسیده است؛ میزان تخلیهٔ آب از چاه‌های محدوده در آماربرداری سال ۱۳۸۵ میانگین بیش از ۳ میلیارد متر مکعب در سال بوده و در آمار سال ۱۳۹۰ این میزان به بیش از دو میلیارد متر مکعب در سال رسیده است. این کاهش تخلیهٔ چاه، به‌رغم افزایش تعداد چاه‌ها، احتمالاً ناشی از کاهش جریان آب رودخانه در این دوره و کاهش ذخایر سفرهٔ آب‌های زیرزمینی سطحی و کم‌عمق است که مستقیماً از آب رودخانه تغذیه می‌شوند. میانگین دبی آبدهی چاه‌ها از ۹٫۱۶ لیتر در ثانیه به ۸٫۵۳ لیتر کاهش یافته است.



شکل ۸. پراکندگی چاه‌ها در محدودهٔ مورد مطالعهٔ حوضهٔ زاینده‌رود
منبع: آمار شرکت مدیریت منابع آب ۱۳۹۰. ترسیم نگارنده

جدول ۴. تحول سالانهٔ منبع آبی چاه در حوضهٔ زاینده‌رود

منبع آبی	ویژگی	واحد سنجش	۱۳۸۵	۱۳۹۰	اختلاف
چاه	تعداد چاه	تعداد	۴۰۸۰۵	۵۰۰۸۲	۹۲۷۷
	میانگین عمق چاه	متر	۴۰٫۴۰	۴۵٫۲۰	۴٫۸
	میانگین سطح آب	متر	۱۹٫۹	۲۴٫۹	۵
	تخلیهٔ چاه	میلیارد مترمکعب	۳٫۲۶	۲٫۳۳	−۰٫۹۳
	میانگین دبی بهره‌برداری از چاه	لیتر در ثانیه	۹٫۱۶	۸٫۵۳	−۰٫۶۳
	میانگین ساعت کارکرد سالانه	ساعت	۴۱۲۵٫۰۱۱۳۶	۴۶۵۴٫۰۳۴۱۶۵	۵۲۹٫۳۳
	کل ساعت کارکرد سالانهٔ چاه‌ها	ساعت	۷۳۰۹۳۱۳۸٫۸	۸۹۵۶۶۸۸۷٫۵	۱۶۴۷۳۷۴۸٫۷

منبع: آمار خام شرکت مدیریت منابع آب ایران و آب منطقه‌ای اصفهان. تحلیل نگارنده (۱۳۹۵)

۳. پیامدهای محیطی ناپایداری منابع آب

ناپایداری منابع آب رودخانه تأثیرات زیست‌محیطی فراوانی در حوضهٔ زاینده‌رود به دنبال داشته است. اکوسیستم حوضهٔ زاینده‌رود وابسته به جریان رودخانه است؛ با خشکی رودخانه، حیات گیاهی و جانوری حوضه، به‌ویژه در بخش‌های پایین‌دست حوضه، بر هم خورده و آثاری چون تلف‌شدن جانوران، ازبین‌رفتن انواع درختان و گیاهان، افت سطح آب زیرزمینی، افزایش طوفان و ریزگرد، تغییر کیفیت آب‌وخاک، و نشست زمین را در پی داشته است. با توجه به اینکه ناپایداری منابع آب در بخش پایین‌دست حوضه رخ داده و در بخش‌های بالاتر جریان دائمی آب رودخانه هنوز برقرار است، پیامدهای ناشی از خشک‌سالی نیز در این بخش بیشتر مشاهده می‌شود. بر این اساس، سکونتگاه‌های روستایی پایین‌دست حوضه، که دارای اقتصاد کشاورزی و وابسته به جریان رودخانه بوده، مورد مطالعهٔ این پژوهش‌اند.

برای سنجش تأثیرات محیطی ناپایداری منابع آب، سیزده شاخص بررسی شده است. بر اساس نتایج تحلیل داده‌ها، بیشترین تأثیر خشک‌سالی بر شاخص‌های «خشک‌شدن قنات، چاه، و چشمه»، «کاهش میزان آب‌های سطحی»، و «افزایش عمق آب چاه‌ها (افت سطح آب زیرزمینی)» است و کمترین تأثیر در شاخص‌های «افزایش آتش‌سوزی در محیط طبیعی منطقه» و «کاهش گیاهان دارویی» دیده می‌شود (جدول ۵).

میانگین تأثیرات محیطی خشک‌سالی ۴٫۲۴ است و اختلاف میانگین نیز عدد ۱٫۷۲ را نشان می‌دهد. به عبارتی، ناپایداری آب رودخانه اثر مستقیم خود را بر کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی گذاشته است؛ از طرفی، از نظر مردم، به دلیل شرایط محیطی محدوده، خشک‌سالی تأثیر کمتری بر آتش‌سوزی در منطقه و کاهش گیاهان دارویی داشته است (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۵. نتایج شاخص‌های محیطی ناشی از پیامدهای ناپایداری منابع آب کشاورزی در حوضهٔ زاینده‌رود

شاخص محیطی	میانگین	انحراف معیار	t	معناداری	اختلاف میانگین	کرانه‌های اطمینان سطح ۹۵٪	
						پایین	بالا
کاهش میزان آب‌های سطحی	۴٫۷۴	۰٫۷۶	۴۰٫۸	۰٫۰۰۰	۱٫۷۴	۱٫۶۶	۱٫۸۳
افزایش عمق چاه‌ها (سطح آب زیرزمینی)	۴٫۶۵	۰٫۷۸	۳۷٫۸	۰٫۰۰۰	۱٫۶۶	۱٫۵۷	۱٫۷۵
خشک‌شدن قنات، چاه، و چشمه	۴٫۷۴	۰٫۶۸	۴۶٫۱	۰٫۰۰۰	۱٫۷۴	۱٫۶۷	۱٫۸۲
کاهش مراتع	۴٫۴۳	۰٫۹۵	۲۶٫۹	۰٫۰۰۰	۱٫۴۳	۱٫۳۳	۱٫۵۳
کاهش تنوع گونه‌های گیاهی منطقه	۴٫۳۸	۱٫۰۶	۲۳٫۳	۰٫۰۰۰	۱٫۳۸	۱٫۲۶	۱٫۵۰
افزایش آفات گیاهی	۴٫۱۰	۱٫۰۵	۱۸٫۷	۰٫۰۰۰	۱٫۱۰	۰٫۹۹	۱٫۲۲
کاهش گیاهان دارویی	۳٫۶۴	۱٫۳۶	۸٫۵	۰٫۰۰۰	۰٫۶۴	۰٫۵۰	۰٫۸۰
خسارت به حیات‌وحش	۴٫۱۳	۱٫۱۵	۱۷٫۷	۰٫۰۰۰	۱٫۱۴	۱٫۰۱	۱٫۲۷
تغییر و بدشدن کیفیت آب	۴٫۵۵	۰٫۷۵	۳۷٫۲	۰٫۰۰۰	۱٫۵۵	۱٫۴۸	۱٫۶۴
تغییر و نامناسب‌شدن خاک	۴٫۳۸	۰٫۸۵	۲۹٫۰	۰٫۰۰۰	۱٫۳۸	۱٫۲۹	۱٫۴۸
افزایش گردوغبار و طوفان شن	۴٫۶۵	۱٫۱۸	۲۵٫۰	۰٫۰۰۰	۱٫۶۵	۱٫۵۲	۱٫۷۸
نشست و ترک‌خوردن سطح زمین	۴٫۱۳	۱٫۱۵	۱۷٫۵	۰٫۰۰۰	۱٫۱۳	۱	۱٫۲۶
افزایش آتش‌سوزی در محیط طبیعی منطقه	۲٫۶۹	۱٫۳۹	−۳٫۹	۰٫۰۰۰	−۰٫۳۰	−۰٫۴۶	−۰٫۱۵
میانگین	۴٫۲۴	−					

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۳۹۵)

جدول ۶. نتایج تحلیل آماری پیامدهای محیطی ناپایداری منابع آب کشاورزی

تعداد نمونه	تعداد شاخص	میانگین	انحراف معیار	اختلاف میانگین	معناداری	t
۳۲۳	۱۴	۴٫۲۲۶۷	۰٫۵۴۶۱۴	۱٫۷۲۶۶۷	۰٫۰۰۰	۵۶٫۸۲۱

جدول ۷. پیامدهای محیطی ناپایداری منابع آب به تفکیک دهستان در پایین‌دست زاینده‌رود

دهستان	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	t	اختلاف میانگین	معناداری	کرانه‌های اطمینان سطح ٪۹۵	
							پایین	بالا
جی	۳۲	۴٫۴۵	۰٫۴۱	۲۶٫۷۹۳	۱٫۹۴	۰٫۰۰۰	۱٫۸۰	۲٫۰۹
کرارج	۳۲	۴٫۱۲	۰٫۴۷	۱۹٫۵۱۴	۱٫۶۲	۰٫۰۰۰	۱٫۴۵	۱٫۷۸
براآن شمالی	۵۶	۴٫۳۱	۰٫۴۲	۳۲٫۱۲۹	۱٫۸۱	۰٫۰۰۰	۱٫۷۰	۱٫۹۲
براآن جنوبی	۳۹	۴٫۴۳	۰٫۳۳	۳۶٫۷۲۹	۱٫۹۳	۰٫۰۰۰	۱٫۸۲	۲٫۰۳
رودشت شرقی	۳۵	۴٫۳۰	۰٫۴۴	۲۴٫۱۵۹	۱٫۸۰	۰٫۰۰۰	۱٫۶۵	۱٫۹۵
گاوخونی	۴۰	۴٫۰۸	۰٫۶۵	۱۵٫۳۴۱	۱٫۵۸	۰٫۰۰۰	۱٫۳۷	۱٫۷۸
امامزاده	۸۱	۴٫۱۴	۰٫۶۴	۲۳٫۰۵۷	۱٫۶۴	۰٫۰۰۰	۱٫۵۰	۱٫۷۸
رودشت	۸	۳٫۴۰	۰٫۶۴	۳٫۹۷۹	۰٫۹۰	۰٫۰۰۰	۰٫۳۶	۱٫۴۳

منبع: یافته‌های پژوهش (۱۳۹۵)

جدول ۷ پیامدهای خشک‌سالی را به تفکیک دهستان، که هر دهستان حکم یک طبقه را دارد، نمایش می‌دهد. بر اساس نتایج این بخش از پژوهش، که با استفاده از آزمون Anova به‌دست آمده است، بین دهستان‌ها از نظر میزان تأثیر خشک‌سالی تفاوت معناداری وجود ندارد؛ بدین معنا که دهستان‌های منطقهٔ مورد مطالعه تحت تأثیر پیامدهای منفی خشک‌سالی در ابعاد مختلف آن قرار گرفته‌اند. بااین‌حال، تفاوت اندکی بین پاسخ‌گویان در دهستان‌های مختلف بیان شده که بدین‌صورت است: از نظر پاسخ‌گویان، در بُعد محیطی، بیشترین تأثیرِ ناپایداری منابع آب در دهستان جی (میانگین ۴٫۴۵) و کمترین تأثیر در دهستان رودشت (میانگین ۳٫۵۴) مشاهده می‌شود.

نتیجه‌گیری

خشک‌سالی اولین تأثیر خود را در محیط طبیعی یک منطقه می‌گذارد. در این پژوهش، با روش‌های مختلف، پیامدهای محیطی ناپایداری منابع آب در حوضهٔ آبریز زاینده‌رود بررسی شد. بررسی تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۸۰ـ۱۳۹۲ نشان می‌دهد که گسترش سکونتگاه‌های انسانی در کل حوضه کاربری‌ها را دگرگون و پایداری محیطی را با مخاطره مواجه کرده است. طی این بازهٔ زمانی (۲۰۰۲ـ۲۰۱۳) پوشش مرتع، اراضی بیابانی و خالی از پوشش، و سطوح آبی و نیزار کاهش شدیدی یافته است و در مقابل کاربری‌های مسکونی و ساخت‌وسازهای انسانی، کشاورزی و زراعت، دیم و جنگل در محدوده افزایش یافته است. درواقع، کاربری‌های طبیعی، زمین‌های خالی از پوشش، و مرتع در قالب گسترش سکونتگاه‌های انسانی به نقاط مسکونی و ساخت‌وسازهای انسانی و فعالیت‌های اقتصادی انسانی از قبیل کشاورزی و درختزار تبدیل شده‌اند.

نتایج بررسی منابع آب زیرزمینی در دو دورهٔ آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ نشان می‌دهد، پس از وقوع ناپایداری منابع آب، بر میزان برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی افزوده شده است. این امر در بخش‌های میانی و پایین‌دست، که جریان آب

رودخانه از حالت دائمی خارج شده، بیشتر است؛ به‌طوری‌که کمبود آب ناشی از خشک‌سالی با حفر و برداشت آب از چاه‌ها جبران شده است. در بخش‌های میانی حوضه، به دلیل کیفیت مناسب‌تر آب‌های زیرزمینی، برداشت از آبخوان‌ها بیشتر دیده می‌شود. در این زمینه طی فاصلهٔ ۱۳۸۵ـ۱۳۹۰ تعداد ۹۲۷۷ حلقه چاه جدید حفر شده است. طی این پنج سال، ۴٫۸ متر بر عمق چاه‌ها افزوده شده و حدود پنج متر سطح سفره‌های زیرزمینی افت داشته است. بر این اساس، وقوع ناپایداری منابع آب در حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود پیامدهای ناگواری بر منابع آب زیرزمینی حوضه داشته است.

بررسی شاخص‌های محیطی در سکونتگاه‌های روستایی پایین‌دست زاینده‌رود نیز حاکی از پیامدهای منفی ناپایداری منابع آب بر شاخص‌های محیطی دارد؛ میانگین مجموع شاخص‌های محیطی عدد ۴٫۲۴ به‌دست آمده که نشان از وضعیت نامناسب شاخص‌های مورد بررسی پژوهش دارد. بیشترین تأثیر خشک‌سالی بر روی شاخص‌های «خشک‌شدن قنات، چاه، و چشمه»، «کاهش میزان آب‌های سطحی»، و «افزایش عمق آب چاه‌ها (افت سطح آب زیرزمینی)» بوده است و وقوع خشک‌سالی در همهٔ دهستان‌ها تقریباً تأثیرات منفی یکسانی به‌جای گذاشته و تفاوت معناداری بین دهستان‌های مورد بررسی در زمینهٔ تأثیرپذیری از خشک‌سالی وجود ندارد.

بر اساس نتایج پژوهش، می‌توان گفت گسترش سکونتگاهی و افزایش بهره‌برداری از ظرفیت منابع آب موجب وقوع ناپایداری منابع آب می‌شود و رودخانه از بخش‌های میانی از حالت دائمی خارج می‌شود. بهره‌برداران بخش‌های پایین‌تر حوضه کمبود آب خود را از منابع آب زیرزمینی و حفر چاه جبران می‌کنند و، با افزایش برداشت از سفره‌های زیرزمینی، چرخهٔ ناپایداری منابع آب، خشک‌سالی، و ناپایداری اکولوژیک حوضه تشدید می‌شود. درواقع، افزایش ساخت‌وسازها، دامنهٔ نفوذ انسان، و بهره‌برداری هر چه بیشتر از طبیعت موجب تخریب محیط طبیعی و برهم‌خوردن اکوسیستم طبیعی شده است. برهم‌خوردن تعادل اکوسیستم، آن هم در این زمان کم، ناپایداری منابع آب را تشدید می‌کند و اکولوژی گیاهی، جانوری، و در نهایت انسانی را در حوضه تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نتیجه، وقوع خشک‌سالی در رودخانه مستقیماً در شاخص‌های محیطی- اکولوژیک مورد بررسی منطقهٔ مورد مطالعه تأثیر می‌گذارد و با این روند توسعهٔ سکونتگاهی و برنامه‌ریزی پیامدهای ناپایداری منابع آب در آینده تشدید می‌شود و پایداری محیطی و انسانی محدوده را با مخاطرات جدی‌تری روبه‌رو می‌کند.

منابع

امینی فسخودی، ع. و میرزایی، م. (۱۳۹۳). پیامدهای بحران کم‌آبی و خشک‌شدن زاینده‌رود در مناطق روستایی (مطالعهٔ موردی: جلگهٔ براآن در شرق اصفهان)، توسعهٔ روستایی، ۵(۲).

رضایی، غ.ر. و مأمن‌پوش، ع.ر. (۱۳۸۷). برآورد ارزش اقتصادی آب کشاورزی در حوضه آبریز زاینده‌رود (مطالعهٔ موردی: محصولات عمدهٔ زراعی)، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

ریاحی، و. و پاشازاده، ا. (۱۳۹۲). اثرات اقتصادی و اجتماعی خشک‌سالی بر نواحی روستایی شهرستان گرمی (مطالعهٔ موردی: دهستان آزادلو)، چشم‌انداز جغرافیایی در مطالعات انسانی، ۸(۲۵): ۱۷ـ۳۷.

سالمی، ح. ر. و حیدری، ن. (۱۳۸۵). (گزارش فنی) ارزیابی منابع و مصارف آب در حوضهٔ آبریز زاینده‌رود، انجمن علوم و مهندسی منابع آب، ۲(۱).

سید قاسمی، س. (۱۳۸۵). پیش‌بینی تغییرات جریان رودخانه تحت تأثیر تغییر اقلیم (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ زاینده‌رود، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.

شرفی، ل. و زرافشانی، ک. (۱۳۸۹). سنجش آسیب‌پذیری اقتصادی و اجتماعی کشاورزان در برابر خشک‌سالی، پژوهش‌های روستایی، ۴: ۱۲۹ـ۱۵۴.

شرکت آب منطقه‌ای اصفهان (۱۳۸۷). تعیین منابع و مصارف آب در حوضهٔ زاینده‌رود (جلد دهم، سنتز مطالعات)، وزارت نیرو، تهران.

علیزاده، ا. (۱۳۹۰). اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

فارسی، ج. و یوسفی، م (۱۳۹۲). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعهٔ موردی: دشت بجنورد)، فصل‌نامهٔ جغرافیا و مطالعات محیطی، ۲(۷): ۹۵ـ۱۰۶.

فلاحتکار، س. و همکاران (۱۳۸۸). بررسی روند تغییرات پوشش اراضی اصفهان در چهار دههٔ گذشته با استفاده از سنجش از دور، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۴۷ الف): ۳۸۱ـ۳۹۴.

قنبرزاده، ه. و بهنیافر، ا. (۱۳۸۸). پیامدهای اقتصادی خشک‌سالی‌های دورهٔ ۱۳۷۵ـ۱۳۸۵ بر نواحی روستایی دهستان شاندیز شهرستان مشهد، چشم‌انداز جغرافیایی، ۳(۹): ۱۳۹ـ۱۶۳.

کشاورز، م.؛ کرمی، ع. و زمانی، غ. (۱۳۸۹). آسیب‌پذیری خانوارهای کشاورز از خشک‌سالی: مطالعهٔ موردی، علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۶(۲): ۱۵ـ۳۲.

کیانی سلمی، ص. (۱۳۹۱). تأثیر بحران منابع آب کشاورزی بر ساختار اقتصادی- اجتماعی روستایی (حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود در شرق جلگهٔ اصفهان)، رسالهٔ دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکدهٔ علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان.

میرکتولی، ج.؛ حسینی، ع.؛ رضایی‌نیا، ح. و نشاط، ع. (۱۳۹۱). آشکارسازی تغییرات پوششی و کاربری اراضی با رویکرد به مجموعه‌های فازی (مطالعهٔ موردی: شهر گرگان)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۷۹: ۳۳ـ۵۴.

Abdel Kawy, W.A. and Belal, A.A. (2011). GIS to Assess the Environmental Sensitivity for Desertification in Soil Adjacent to El-Manzala Lake, East of Nile Delta, Egypt, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 10(5): 844-856.

Alizadeh, A. (2011). Principles of applied hydrology, University Ferdowsi Mashhad.

Amini Faskhoodi, A. and Mirzaei, M. (2008). Management Modelling of Water and Soil Resources and determining the optimal utilization in the agricultural land of East area of Isfahan (Baraan Plain) with using multi-criteria approach of Goal programming, dissertation of Geography and Rural Planning, University of Isfahan.

Belay, S.; Amsalu, A. and Abebe, E. (2014). Land Use and Land Cover Changes in Awash National Park, Ethiopia: Impact of Decentralization on the Use and Management of Resources, Open Journal of Ecology, 4: 950-960.

Bigas, H. et al. (2012). The Global Water Crisis: Addressing an Urgent Security Issue, Papers for the Inter Action Council, 2011-2012, Hamilton, Canada: UNU-INWEH (United Nations University – Institute for Water, Environment and Health).

Esfahan water & wastewater Organization (2008). Determine the sources and uses of water in the Zayandeh-Rood basin (Vol 10. synthesis of studies), Tehran: Ministry of Energy.

Falahatkar, S. et al. (2009). Study of the trend of land use changes in the past four decades using remote sensing, Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 13(47a): 381-394. [In Persian].

Farsi, J. and Yousefi, M. (2013). Land Use changes detection using remote sensing data (Case study: Bojnoord Plain), Journal of Geography and Environmental Studies, 7: 95-106.

Ghanbar Zadeh, H. and Behnia Far, A. (2009). Economic consequences of droughts in the period 1996-2006 on rural areas of Shandiz District Rural of Mashhad, Geographic landscape. 3(9). 139-163.

Gleick, P.H. (1998). Water in crisis: paths to sustainable water USE, Ecological Applications, pp. 571-579, by the Ecological Society of America.

Keshavarz, M.; Karami, E. and Zamani, Gh. (2011). Drought vulnerability of farm households: A case study, Journal of Iran Agricultural Extension and Education, 6(2): 15-32.

Kiani Salmi, S. (2013). The impact of agricultural water resources crisis on the rural socio-economic structure (Zayandeh-Rud Basin in Eastern of Isfahan Plain). PhD thesis of Geography and Rural Planning. Supervisor: Seidaei and Noori, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan.

Mir Katooli, J.; Hoseini, A.; Rezaei Nia, H. and Neshat, A. (2012). Detection of land cover change and land use change with approach to fuzzy sets (case study: Gorgan city), Human Geography Research, 79: 54-33.

Nwokoro, C. and Dekolo, S.O. (2012). Land use change and environmental sustainability: the case of Lagos Metropolis. The Sustainable City, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol. 155, WIT Press.

Rezaei, Gh. and Maaman Push., A.R. (2008). The estimate economic value of agricultural water in the Zayandeh-rud basin (Case Study: Major agricultural products), The third conference of Iran Water Resources Management, University of Tabriz.

Riahi, V. and Pasha Zadeh, A. (2013). Economic and social influences of droughts on rural areas of Geremi town (Case Study: Rural district of Azadlu), Geopolitical landscape in human studies, 25: 17-37.

Robb, J. L. (2012), WORLD WAR III: War for Water?,www.omegaletter. com /articles /articles.asp?ArticleID=7462

Salemi, H. and Heidari, N. (2006). Assessment of water resources and uses in the Zayandeh-Rud basin, Association of Water Resources, 2(1).

Seiyied Ghasemi, S. (2006). Predicting changes in river flow under the impact of climate change (Case study: Zayandeh-rud basin), Master's thesis. Faculty of Civil Engineering, Sharif University of Technology.

Sharafi, L. and Zarafshani, K. (2010). Assessment of economic and social vulnerability farmers against drought, *Rural Researches*, 4: 129-154.