

ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر سطح تراز آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت آبخوان اسلام آباد)

نوع مقاله: پژوهشی

علی اسکندری^{۱*}

تعداد صفحات: ۴۰-۵۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸

چکیده

آب‌های زیرزمینی یکی از منابع اصلی تأمین آب شیرین در کره زمین محسوب می‌شوند. امروزه با توجه به رشد جمعیت و روش‌های نوین آبیاری، پدیده تغییر کاربری اراضی به سرعت در حال افزایش است که اثرات منفی بر این منابع ارزشمند دارد. وابستگی بالا به منابع آب زیرزمینی در ایران و تعادل بخشی به این منبع مهم، موجب شد تا پژوهش حاضر به رابطه تغییرات کاربری اراضی بر سطح تراز آب زیرزمینی دشت آبخوان اسلام‌آباد در بازه زمانی ۲۸ ساله در دو دوره (دوره اول: ۱۳۷۴-۱۳۷۸ و دوره دوم: ۱۳۹۸-۱۴۰۲) بپردازد. در ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره لندست-۵ و لندست-۸ پوشش اراضی منطقه مطالعاتی را با الگوریتم جنگل تصادفی در ۵ کلاس (کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مناطق ساخته شده، پیکره آبی و اراضی بایر) طبقه‌بندی گردید. سپس با بهره‌گیری از آمار چاه‌های مشاهده‌ای نقشه‌های پهنه‌بندی سطح تراز آب زیرزمینی در نرم‌افزار ArcMap با ابزار درونیابی IDW تهیه شدند. در نهایت نتایج تغییرات کاربری اراضی با سطح تراز آب زیرزمینی مقایسه شد. نتایج نشان داد کاربری کشاورزی دیم در دوره دوم ۱۵/۳۳ درصد کاهش یافته که از این میزان، ۱۲/۷۹ درصد به کاربری کشاورزی آبی تبدیل شده و بیشتر در بخش‌های مرکزی حوضه اتفاق افتاده است. کاربری ساخته‌شده رشد ۲/۴۷ درصدی داشته که بیشتر آن مربوط به شهر اسلام‌آباد است. پهنه آبی به میزان ۰/۳ درصد کاهش و اراضی بایر ۰/۱۰ درصد افزایش مساحت داشته است. سطح تراز آب زیرزمینی در بازه مطالعاتی روند نزولی داشته به گونه‌ای که در نواحی مرکزی سطح تراز آب زیرزمینی از ۱۴ متر در دوره اول با ۱۸ و ۲۷ متر در این دوره جایگزین شده است در این نواحی کاربری کشاورزی دیم به کاربری کشاورزی آبی تغییر یافته است. در مناطق شمالی حوضه نیز کاهش سطح تراز آب زیرزمینی به دلیل گسترش کاربری ساخته شده (شهر اسلام‌آباد) اتفاق افتاده است.

واژگان کلیدی: کاربری اراضی، سطح تراز آب زیرزمینی، اسلام‌آباد

^۱ استادیار گروه عمران، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران؛ 3539641981@iau.ir

مقدمه

آب‌های زیرزمینی جهت نیازهای اجتماعی متعدد از جمله آب آشامیدنی، کشاورزی و عملکرد سالم اکوسیستم‌ها حیاتی می‌باشد (Siebert et al., ۲۰۱۰). آب‌های زیرزمینی یکی از منابع اصلی تأمین آب شیرین در کره زمین محسوب می‌شوند (Gleeson, ۲۰۱۶; et al, ۲۰۱۶) و می‌تواند در برابر تغییرات بارشی مقاومت کند و آب را در طول خشکسالی تأمین کند (FAO, ۲۰۱۶). با رشد جمعیت، شیوه‌های پیشرفته آبیاری و افزایش شهرنشینی، تقاضا برای آب‌های زیرزمینی به طور مداوم در حال افزایش است (Weber, ۲۰۱۸; Patra et al, ۲۰۱۸). این باعث شده است سرعت تغذیه آب‌های زیرزمینی کاهش یابد. تغذیه آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله: توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک، پوشش اراضی و اقلیم است (DeVries and Simmers, ۲۰۰۲). در این میان، فعالیت‌های انسانی تغییر پوشش کاربری زمین پویاترین و تأثیرگذارترین هستند (Vorosmarty et al., ۲۰۱۶; Wang et al., ۲۰۰۸; IAH, ۲۰۰۰). تغییرات سریع در پوشش زمین و آبیاری باعث افزایش تبخیر و تعرق (ET) و کاهش تغذیه آب می‌شود (Immerzeel et al, ۲۰۰۸; Mohamed et al, ۲۰۱۵). از آنجایی که بیشترین تغذیه آب زیرزمینی از طریق بارش اضافی حاصل می‌شود و از طریق خاک نفوذ پیدا کرده و به سفره‌های زیرزمینی آب می‌رسند. از این رو تغییر کاربری پوشش زمین تأثیر قابل توجهی بر میزان، کمیت و کیفیت تغذیه آب زیرزمینی دارد (Lindquist et al; ۲۰۱۹; Sultan et al, ۲۰۰۸). سفره‌های آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک همواره مورد توجه بوده است. کمبود منابع آب سطحی در این مناطق سبب برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی شده است. با افزایش روزافزون جمعیت و شیوه‌های نوین آبیاری جهت کشاورزی برداشت بی‌رویه از این

ذخایر طبیعی را بیشتر کرده است (Hussain et al, ۲۰۲۴). آگاهی از عوامل مؤثر بر تغذیه آب زیرزمینی می‌تواند به ذی‌نفعان در برنامه‌ریزی مناسب و استفاده از زمین و شیوه‌های کشاورزی کمک کند. در واقع از تأثیرات منفی بر این منابع ارزشمند جلوگیری کند (Wang et al., ۲۰۰۸). در نتیجه، ارزیابی اثرات تغذیه آب زیرزمینی و پیش‌بینی میزان تغییرات چالشی بزرگ و ضروری برای آینده است (Wang et al., ۲۰۰۸; Tong, ۲۰۰۶). مشخص کردن تغذیه بسیار پیچیده بوده زیرا تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله اقلیم، توپوگرافی، زمین‌شناسی، جنس خاک، کاربری و پوشش زمین قرار دارد. بنابراین، چندین مدل‌سازی عددی جهت برآورد تغذیه و توسعه منابع آب زیرزمینی انجام شده است (Simmers, ۱۹۹۷; Sanford, ۲۰۰۲). همچنین چندین مدل هیدرولوژیکی بر اساس تعادل آب و نوسانات سطح آب توسعه یافته است (Ahmadi et al, ۲۰۱۳; Devia et al, ۲۰۱۵) که شامل پارامترهای فیزیکی مبتنی بر شبیه‌سازی بارش به تبخیر و تعرق (ET)، نفوذپذیری، رواناب و شار عمودی آب خاک به سطح آب است.

در طول تاریخ، بشر همواره از منابع زمینی استفاده کرده است. با این حال، در دهه‌های اخیر کنش‌های انسان به تدریج منابع طبیعی را به اشکال مختلف تغییر داده است (Yanda and Munishi, ۲۰۰۷). در بیشتر نقاط جهان، شدت تغییر کاربری زمین بسیار بیشتر از گذشته بوده و باعث ایجاد تغییرات در اکوسیستم‌ها و فرایندهای محیطی در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی شده است (Bronstert et al, ۲۰۰۴; Ellis, ۲۰۱۳). شایع‌ترین تغییرات کاربری زمین عمدتاً؛ گسترش کشاورزی، شهرنشینی، بیابان‌زایی، جنگل‌زایی و غیره است (Vogelmann et al., ۲۰۱۶). استفاده از روش‌های سنتی جهت بررسی وضعیت کمی سفره‌های آب زیرزمینی و پوشش اراضی بسیار زمان‌بر

و پرهزینه است. از این رو، ادغام داده‌های سنجش از دوری با اطلاعات هیدرولوژیکی رویکرد مناسبی جهت بررسی اثرات تغییرات LULC بر سطح تراز آب زیرزمینی در مقیاس منطقه‌ای با کاهش هزینه‌ها و صرفه‌جویی در زمان همراه است (Ashaolu et al., ۲۰۲۱; Siddik et al., ۲۰۱۹; Warku et al., ۲۰۲۲; Mengistu et al., ۲۰۲۲).

در برخی از مطالعات تأثیر تغییرات پوشش اراضی بر روی سطح تراز آب‌های زیرزمینی بررسی شده است (Samy et al, ۲۰۱۲; Elmahdy et al, ۲۰۱۳; Ministry et al, ۲۰۱۵; Elmahdy et al, ۲۰۱۶). این مطالعات بر اساس این فرضیه انجام شدند که کاهش شدید سطح آب زیرزمینی عمده‌تاً توسط تغییرات گسترده در LULC (به‌عنوان مثال، مناطق ساخته شده و پوشش گیاهی) و تغییرات آب‌وهوا (به‌عنوان مثال، افزایش دما و کمبود بارش) کنترل می‌شود (Nas et al, ۲۰۰۸; Mohamed et al, ۲۰۱۵; Bellot et al, ۲۰۱۵; Bellot et al, Elmahdy et al, ۲۰۱۸; Nóbrega et al, ۲۰۱۸; Mohamed et al, ۲۰۱۸).

Dias و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر تغییرات LULC بر تبخیر و تعرق و ذخیره آب زیرزمینی را بررسی کردند و بیان کردند تبدیل کاربری پوشش گیاهی طبیعی به کشاورزی، تبخیر و تعرق و دبی در حوضه‌های آبریز کوچک را به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌دهد. به طوری که با میانگین سالانه دبی در حوضه‌های کشاورزی بیش از دو برابر حوضه‌های جنگلی بود. میانگین تبخیر و تعرق سالانه شبیه‌سازی شده در اکوسیستم‌های کشاورزی (مراعات و زیر کشت سویا) نسبت به اکوسیستم‌های طبیعی (جنگل‌های بارانی گرمسیری) کمتر بود. بنابراین با تغییر کاربری جنگلی به کشاورزی نفوذ آب سطحی کاهش یافته و سطح تراز آب زیر زمینی افت پیدا کرده است. Haddeland و همکاران (۲۰۱۴) اثرات مستقیم مداخلات انسانی و

تغییرات اقلیم را بر چرخه آب زمینی مطالعه کردند و عنوان کردند که همبستگی منفی بین تغییرات LULC، تغذیه سفره آب زیرزمینی و سطح تراز آب زیرزمینی وجود دارد. مطالعه‌ای با هدف مدل‌سازی تغییرات آب‌های زیرزمینی در نتیجه تغییر پوشش زمین کاربری (LULC) و اقلیم توسط Ayieko و همکاران (۲۰۲۴) به کمک مدل SWAT و روش لوگان انجام شد. این مطالعه افزایش قابل توجهی در رواناب ۶/۳ درصدی در سال ۲۰۲۰ و ۱۳/۷ درصدی در سال ۲۰۳۰ و کاهش نسبی در تغذیه آب زیرزمینی به ترتیب ۵ و ۳ درصد را نشان داد. تا سال ۲۰۳۰ با افزایش ۱۲ درصد شهرنشینی و کاهش ۹ درصدی پوشش گیاهی در شرایط آب‌وهوایی یکسان، رواناب به میزان ۱۲ درصد افزایش می‌یابد. بنابراین نفوذ آب سطحی کاهش یافته و افت سطح تراز آب زیرزمینی اتفاق می‌افتد. در نهایت نتیجه گرفتند که همبستگی منفی بین تغییرات کاربری اراضی و سطح تراز آب زیرزمینی برقرار است. از این رو پیشنهاد کردند حفظ چمن‌های رویشی در مناطق شهری به جهت نفوذپذیری بیشتر در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی ضروری است. Salem و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای اثرات تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ را بر سطح آب زیرزمینی دشت سیلابی دراوا، مجارستان، که در آن دخالت انسان به یک وضعیت زیست‌محیطی بحرانی منجر شده است، ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که گسترش متوسط مناطق ساخته شده باعث افزایش رواناب سطحی شد، در حالی که جنگل کاری، زمین‌های زراعی و علفزارها و رشد بیش از حد گلزارهای برهنه با درختچه‌های بید باعث افزایش تبخیر و تعرق شد. در نتیجه، کل تغذیه سالانه آب زیرزمینی در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۸ حدود ۳۱۷ میلی‌متر در سال کاهش یافت. علاوه بر این، میانگین کاهش سطح آب زیرزمینی به میزان ۰/۱ متر در همین دوره مشاهده شد. کاهش تغذیه آب زیرزمینی، افزایش

رواناب و تبخیر و تعرق تأثیر منفی بر منابع آب در حوضه دراوا داشته است. Asadollahi و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی و تغییرات پوشش اراضی بر سطح تراز آب زیرزمینی با استفاده از داده‌های هیدرولوژیکی و سنجش‌ازدوری پرداختند. نتایج نشان داد که کاربری‌های ساخته‌شده (شهرنشینی) و زمین کشاورزی موثرترین عامل در تغییر سطح تراز آب زیرزمینی هستند. که با افزایش ۱۰ درصدی شهرنشینی و زمین کشاورزی به ترتیب منجر به کاهش ۵/۵ و ۴/۵ درصد سطح تراز آب‌های زیرزمینی می‌شوند. به طوری که در سطح تراز آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه حدود ۷۷ میلی‌متر تا سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد. اسکندری و همکاران (۱۳۹۷) به منظور ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب زیرزمینی از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ در حوضه غرب تالاب جازموریان از تصاویر ماهواره لندست و اطلاعات چاه‌های آب زیرزمینی استفاده کردند. طبق نتایج بدست آمده، طی سال‌های مطالعاتی در منطقه مورد نظر، افزایش وسعت کاربری‌های مسکونی و کشاورزی و نیز کاهش وسعت کاربری‌های خشکه‌رود، سد، مراتع و اراضی بایر و کوهستانی در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۸۱ رخ داده بود که این تغییرات نشان‌دهنده افزایش تخریب و وضعیت ناپایدار در منطقه است و از عوامل مستقیم اثرگذار بر منابع آب زیرزمینی می‌باشد. در پی این تغییرات، در قسمت‌های جنوبی حوزه مطالعاتی، کمیت و کیفیت آب زیرزمینی کاهش یافته است که از علل آن می‌توان به احداث سد جیرفت بر روی رودخانه دائمی هلیل‌رود، و رها نکردن حق‌آبه و افزایش وسعت کاربری‌های شهری و کشاورزی اشاره کرد که باعث شده است تا به تبع آن کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در این بخش‌ها با گذشت زمان کاهش یابد. عابدینی و همکاران (۱۴۰۰) تغییرات کاربری اراضی و ارتباط آن با سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان آذرشهر را در سال ۲۰۰ تا ۲۰۲۰ بررسی

کردند. نتایج نشان داد بیشترین میزان تغییرات مربوط به تبدیل کاربری‌های باغات به منطقه مسکونی، باغات به مرتع و مرتع به مسکونی است. در میان کاربری‌های تغییریافته، کاربری کوهستان و نمکزار کمترین میزان تغییر را داراست. مشخصات آماری سطح آب زیرزمینی با کاربری اراضی نشان داد که بیشترین میانگین سطح آب در سال ۲۰۰۰ برای کاربری باغات با ۱۳/۷۴ متر و کمترین میانگین سطح آب نیز برای محدوده منطقه ساحلی ۸/۴۱ متر ثبت شده است. باملاحظه نقشه کاربری اراضی و نقشه تراز آب زیرزمینی سال ۲۰۲۰ نیز، بیشترین میانگین سطح آب در این سال نیز متعلق به کاربری منطقه ساحلی با ۹/۳۸ متر می‌باشد و کمترین میانگین تراز آب ثبت‌شده نیز مربوط به کاربری باغات با ۶/۶۵ متر می‌باشد.

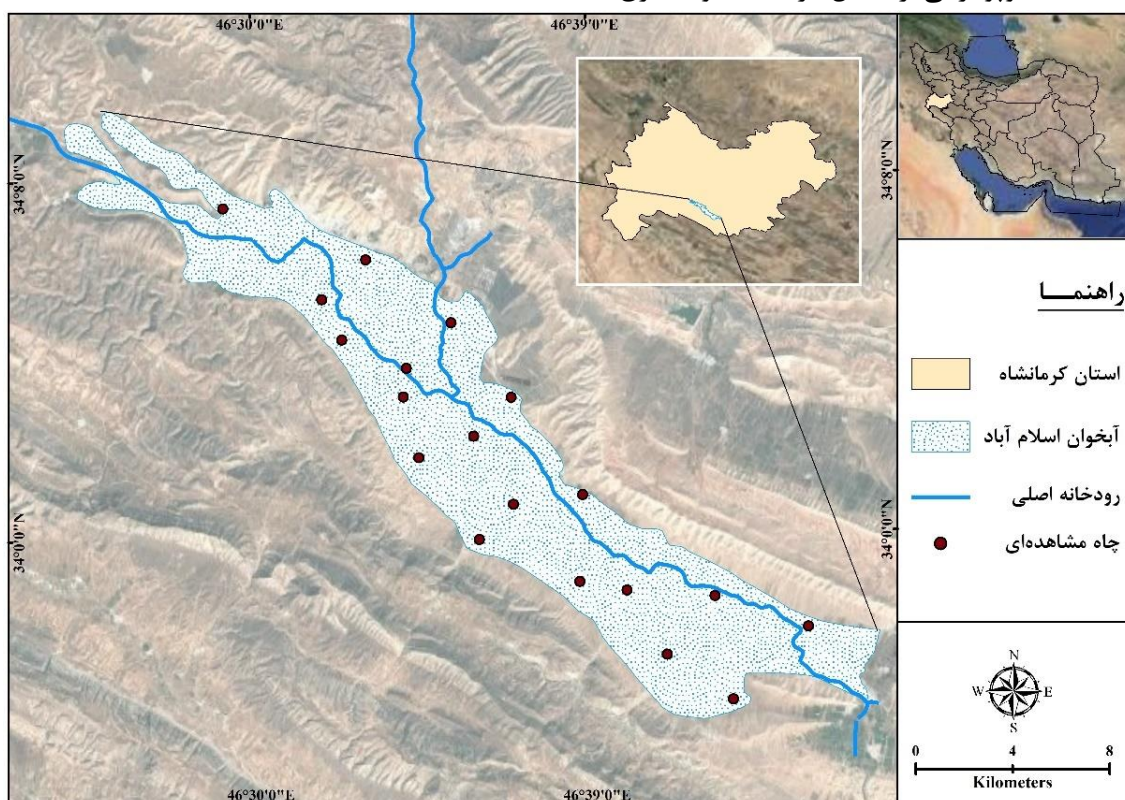
امروزه با توجه به رشد جمعیت و روش‌های نوین آبیاری، پدیده تغییر کاربری زمین به سرعت در حال افزایش است که اثرات منفی بر منابع ارزشمند آب زیرزمینی داشته توجه به مدیریت منابع آب تحت تأثیر تغییر کاربری زمین بیش‌ازپیش به چشم می‌خورد. از طرفی با توجه به موقعیت ایران و قرارگیری آن در کمربند خشک جهان، موجب شده است که مدیران کارشناسان مربوطه به بخش آب، به تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی اثرات آن به منظور کنترل و کاهش اثرات آن بر منابع آب به خصوص آب‌های زیرزمینی بپردازند. وابستگی بالا به منابع آب زیرزمینی در ایران و تعادل بخشی به این منبع مهم، موجب شد تا پژوهش حاضر به رابطه تغییرات کاربری اراضی بر سطح تراز آب زیرزمینی دشت آبخوان اسلام آباد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای از سال ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۲ بپردازد.

منطقه مورد مطالعه

دشت آبخوان اسلام‌آباد در حوضه آبریز سیمره و کرخه علیا در جنوب غربی استان کرمانشاه واقع شده و

امتدادیافته است. عرض دشت در بخش میانی حداکثر در حدود ۱۰ کیلومتر بوده و طول آن بیش از ۵۰ کیلومتر است که از شمال غربی تا جنوب شرقی شهرستان اسلام آباد امتداد دارد. از مهم‌ترین رودخانه‌های موجود در این محدوده مطالعاتی می‌توان به رودخانه‌های راوند و کرند اشاره نمود. یکی از شاخه‌های مهم رودخانه سیمره رودخانه راوند است. جریان سطحی رودخانه پادشده از محدوده مطالعاتی اسلام آباد خارج شده و پس اتصال با رودخانه فصلی چم‌شیان به رودخانه چناره می‌پیوندد و از استان خارج می‌شود (جلیلی و همکاران، ۱۴۰۱).

مختصات جغرافیایی این دشت بین طول‌های ۴۶ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و ۳۳ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت کلی این محدوده مطالعاتی ۸۷۴/۴ کیلومترمربع و وسعت ناحیه دشتی آن ۲۲۱ کیلومترمربع و مابقی مربوط به ارتفاعات مشرف بر دشت اسلام آباد است؛ که ۱/۷ درصد کل حوضه آبریز کرخه را در برمی‌گیرد. حداکثر ارتفاع حوضه از سطح دریا ۲۳۳۸ متر و حداقل ارتفاع ۱۲۹۲ متر و میانگین ارتفاع ۱۵۰۵ متر است. آبخوان آبرفتی موجود در این محدوده مطالعاتی از نوع آزاد است. با توجه به شیب توپوگرافی از شمال غرب تا جنوب شرق

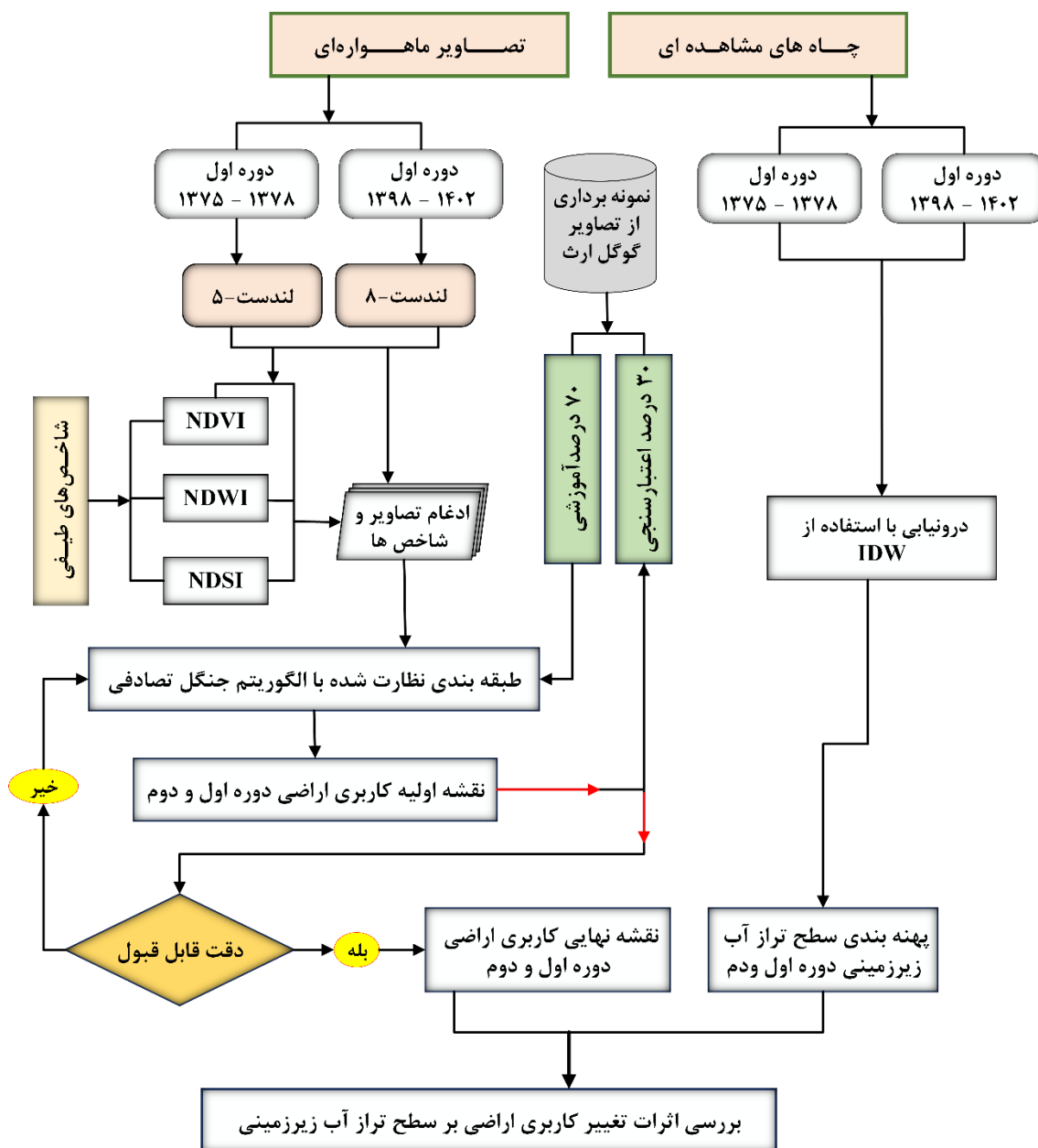


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت آبخوان اسلام آباد

اعتبارسنجی و بررسی سطح تراز آب زیرزمینی در شکل (۲) نشان داده شده است و در بخش‌های زیر بررسی شده است.

۳. روش تحقیق

روش‌شناسی مورد استفاده جهت جمع‌آوری و پردازش داده‌ها، تجزیه و تحلیل کاربری اراضی، و تفسیر تغییرات،



شکل ۲. روند نمای مراحل انجام تحقیق

۱-۳. تغییرات کاربری اراضی

۱-۱-۳. انتخاب و پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در این تحقیق تغییرات پوشش اراضی دشت آبخوان اسلام آباد در دوره ۲۸ ساله از سال ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۲ در دوره ۲ (۱۳۷۴-۱۳۷۸ و ۱۳۹۸-۱۴۰۲) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به طولانی بودن دوره مطالعاتی از

تصاویر ماهواره‌ای سری لندست که تصاویری از سطح زمین برای بیش از ۴۰ سال، با قدرت تفکیک مکانی متوسط ۳۰ متر (۶۰ متر برای باندهای حرارتی) استفاده شد. در این تحقیق از مجموعه تصاویر سطح زمین ۱ Tier Landsat^۱ لندست^۱ که خطاهای اتمسفری، رادیومتری و هندسی آن توسط تیم تخصصی

^۱ Landsat Surface Reflectance Tier ۱

(جدول ۲). NDVI به طور گسترده‌ای در طول چندین دهه برای نظارت بر پویایی پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های زمینی مورد استفاده قرار گرفته است و محبوب‌ترین شاخصی است که برای ارزیابی پوشش گیاهی استفاده می‌شود (Chen et al., ۲۰۲۱). با استفاده از باندهای NIR و SWIR؛ NDWI محاسبه شده و توانایی بالایی در تشخیص پهنه آب‌های سطحی دارد (Ozelkan et al., ۲۰۲۱). شاخص NDBI نیز قادر به تفکیک مناطق ساخته شده از سایر کلاس‌ها است (Jothimani et al., ۲۰۲۱). Zheng و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده‌اند که ترکیب داده‌های NDVI^۳، NDWI^۴ و NDBI^۵ قادر به اصلاح نویز ایجاد شده در طبقه‌بندی تصویر بهبود دقت طبقه‌بندی می‌باشند.

جدول ۱. شاخص‌ها طیفی

فرمول	شاخص
$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	شاخص نرمال شده تفاضلی پوشش گیاهی (NDVI)
$\frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$	شاخص نرمال شده تفاضلی پیکره آبی (NDWI)
$\frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$	شاخص نرمال شده تفاضلی مناطق ساخته شده (NDBI)

۳-۱-۳. نمونه‌برداری جهت آموزش و اعتبار سنجی مدل طبقه‌بندی

برای هر دوره مطالعاتی، نقاط نمونه‌برداری به صورت بصری از تصویر ماهواره‌ای، یا اگر تصاویر با وضوح بالای گوگل ارث مربوط به آن دوره وجود داشت از این تصاویر انتخاب می‌شد. در واقع برای دوره اول نقاط نمونه‌برداری از تصاویر گوگل ارث برداشت شد و برای دوره اول چون تصاویر گوگل ارث برای منطقه مطالعاتی موجود نبود به صورت بصری از روی تصویر ماهواره‌ای

Google Earth Engine (GEE) تصحیح شده (Patel et al., ۲۰۲۴) و به صورت رایگان در سامانه تحت وب GEE در اختیار کاربران قرار گرفته، استفاده شد. این تصاویر شامل لندست-۵ (TM) و لندست-۸ OLI/TIRS است (از داده‌های لندست ۷ به دلیل خطای Scan Line Corrector error استفاده نشد) (Foga et al., ۲۰۱۷). از آنجا که هر دوره مطالعاتی ۴ سال است سعی شد در هر سال جهت تفکیک راحت‌تر محصولات دیم و آبی تصاویر مربوط به اوج سبزی‌نگی محصولات یعنی اوایل اردیبهشت تا اواخر در نظر گرفته شود. بنابراین جهت حذف ابر در تصاویر ماهواره‌ای از فیلتر ابر کمتر از ۵ درصد استفاده شد تا تصاویر با پوشش حداقل ابر انتخاب شود (Hagolle et al., ۲۰۲۲). سپس جهت ترکیب تصاویر بدون ابر فیلتر میانگین اعمال شد و به صورت تک تصویر در آمد، در نهایت با به‌کارگیری الگوریتم یادگیری ماشین جنگل تصادفی^۱ (Tikuye et al., ۲۰۲۳)، تصویر ترکیبی را در ۵ کلاس (کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مناطق ساخته شده، پیکره آبی و اراضی بایر) در سامانه تحت وب GEE^۲ طبقه‌بندی گردید. برای دوره اول (۱۳۷۴-۱۳۷۸) تصاویر لندست-۵ و برای دوره دوم (۱۳۹۸-۱۴۰۲) تصاویر لندست-۸ استفاده شد.

۳-۱-۲. ادغام شاخص‌های طیفی با تصاویر ماهواره‌ای با توجه به اینکه مراحل پردازش در محیط ابری سامانه تحت وب GEE انجام می‌شود و سرعت پردازش بسیار بالا است (Tamiminia et al., ۲۰۲۰)، بنابراین جهت بهبود دقت طبقه‌بندی (Zheng et al., ۲۰۲۰)، تعدادی شاخص محاسبه و به صورت باند اضافی به باندهای تصویر ماهواره‌ای اضافه شد. در این تحقیق شاخص‌ها شامل NDVI، NDWI، NDBI است

^۴ Normalized Difference Water Index (NDWI)

^۵ Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

^۱ Random Forest

^۲ Google Earth Engine

^۳ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

انتخاب برداشت گردید. نقاط نمونه برداری به گونه‌ای انتخاب شدند که هر ۵ کلاس (کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مناطق ساخته شده، پیکره آبی و اراضی بایر) را به خوبی پوشش دهند. در نهایت از ۷۰ درصد مجموع نقاط نمونه برداری شده جهت آموزش مدل طبقه بندی و از ۳۰ درصد آن برای ارزیابی دقت مدل استفاده شد (Tikuye et al., ۲۰۲۳).

۳-۱-۴. طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای

طبقه بندی تصویر ماهواره‌ای، پس از اعمال فیلترها و اضافه کردن شاخص‌ها به آن صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه چندین مدل طبقه بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان^۱ (SVM)، درختان طبقه بندی و رگرسیون^۲ (CART) و جنگل تصادفی و... وجود دارد. در این میان الگوریتم یادگیری ماشین جنگل تصادفی بیشترین استفاده را برای این منظور دارد و دارای دقت قابل قبولی است (Tian et al., ۲۰۱۶; Wingate et al., ۲۰۱۸; Zurqani et al., ۲۰۱۶). بنابراین، در این تحقیق الگوریتم نظارت شده جنگل تصادفی جهت طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شد و به کمک این الگوریتم تصاویر را در ۵ کلاس (کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مناطق ساخته شده، پیکره آبی و اراضی بایر) طبقه بندی شدند تا در نهایت میزان تغییرات هر کلاس در بازه زمانی ۲۸ ساله به صورت سری زمانی مورد تحلیل قرار بگیرد.

۳-۱-۵. ارزیابی دقت

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از درستی و صحت آن است (Tian et al., ۲۰۱۶). در ارزیابی دقت مشخص می‌شود که داده‌های به دست آمده متناسب با کاربرد مورد نظر، از دقت لازم برخوردار هستند یا خیر. این ارزیابی می‌تواند به صورت مقایسه

بین داده‌های تولید شده توسط مدل و داده‌های مرجع باشد. روش معمول و استاندارد برای تعیین دقت نتایج به دست آمده، استفاده از ماتریس خطا است که حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل‌های معلوم در واقعیت زمینی با پیکسل‌های متناظر در نتایج است. در این تحقیق جهت ارزیابی دقت نقشه طبقه بندی حاصل از الگوریتم جنگل تصادفی از دقت کلی^۳ ضریب کاپا^۴ (K) استفاده شد. ضریب کاپا معمولاً از ۰ تا ۱ متغیر است که ضریب ۱ نشان دهنده دقت صد درصدی است. در واقع کاپا: $K > 0.8$ نشان دهنده برآورد قوی و دقت قابل قبول است. K بین ۰.۴ تا ۰.۸ (۴۰ تا ۸۰ درصد) دقت متوسط و $K < 0.4$ نشان دهنده دقت پایین است (Congalton, ۱۹۹۱).

۳-۲. بررسی سطح تراز آب زیرزمینی

در محدوده دشت آبخوان اسلام آباد تعداد ۲۰ حلقه چاه مشاهده‌ای وجود دارد که با تراکم خوبی در سطح دشت پراکنده شده است. در شکل (۱) موقعیت این چاه‌ها نمایش داده شده است.

با توجه به آمار چاه‌های مشاهده‌ای در دشت آبخوان اسلام آباد، نقشه‌های پهنه بندی سطح تراز آب زیرزمینی در ۲ دوره مطابق با زمان برداشت تصاویر ماهواره‌ای؛ دوره اول (۱۳۷۴-۱۳۷۸) و دوره سوم (۱۳۹۸-۱۴۰۲) به کمک نرم افزار ArcMap ۱۰,۵,۱ با بهره گیری از ابزار درونیابی^۵ IDW تهیه شدند، درونیابی با IDW دقت بالاتری دارد (مجیدی نیک و بیگلری، ۱۴۰۱). سپس این نقشه‌ها در طول این ۲ دوره با هم مقایسه شدند تا سطح تراز آب زیرزمینی و

^۴ Kappa Coefficient

^۵ Inverse Distance Weighting

^۱ Support vector machines (SVM)

^۲ Classification and Regression Trees (CART)

^۳ Overall accuracy

مقادیر افت آن در طول این ۲ دوره مشخص شود.

۴. نتایج

۴-۱. پایش تغییرات پوشش کاربری اراضی

۴-۱-۱. ارزیابی دقت

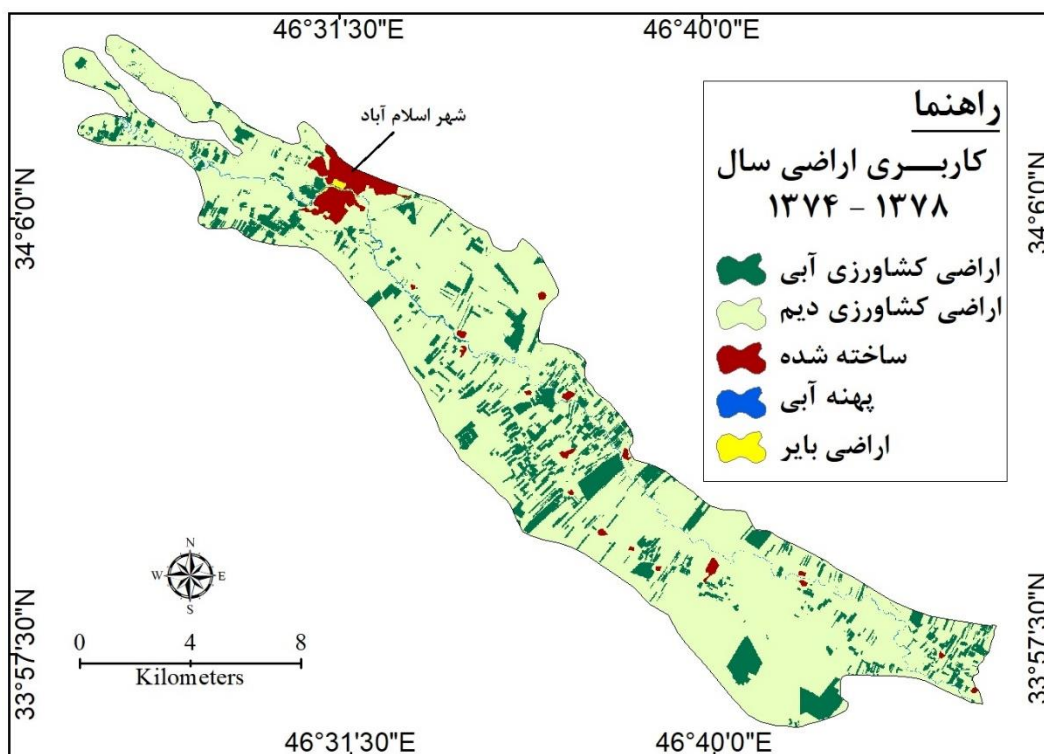
ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده به کمک ۳۰ درصد از نقاط نمونه‌برداری در سامانه تحت وب GEE انجام شد. نتایج نشان داد که تصاویر طبقه‌بندی شده در هر ۲ دوره دقت قابل قبولی داشتند و بیشتر از ۸۰ درصد بود (جدول ۲). این مقادیر نشان دادند که تصاویر لندست و الگوریتم یادگیری ماشین جنگل تصادفی بسیار دقیق بوده و از نتایج آنها می‌توان جهت تجزیه و تحلیل سایر مراحل استفاده نمود. بنابراین، پوشش کاربری اراضی طبقه‌بندی شده دشت آبخوان اسلام آباد می‌تواند برای جنبه‌های مختلف توسعه و مدیریت منابع آب با فرایندهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲. صحت سنجی تصاویر طبقه‌بندی شده

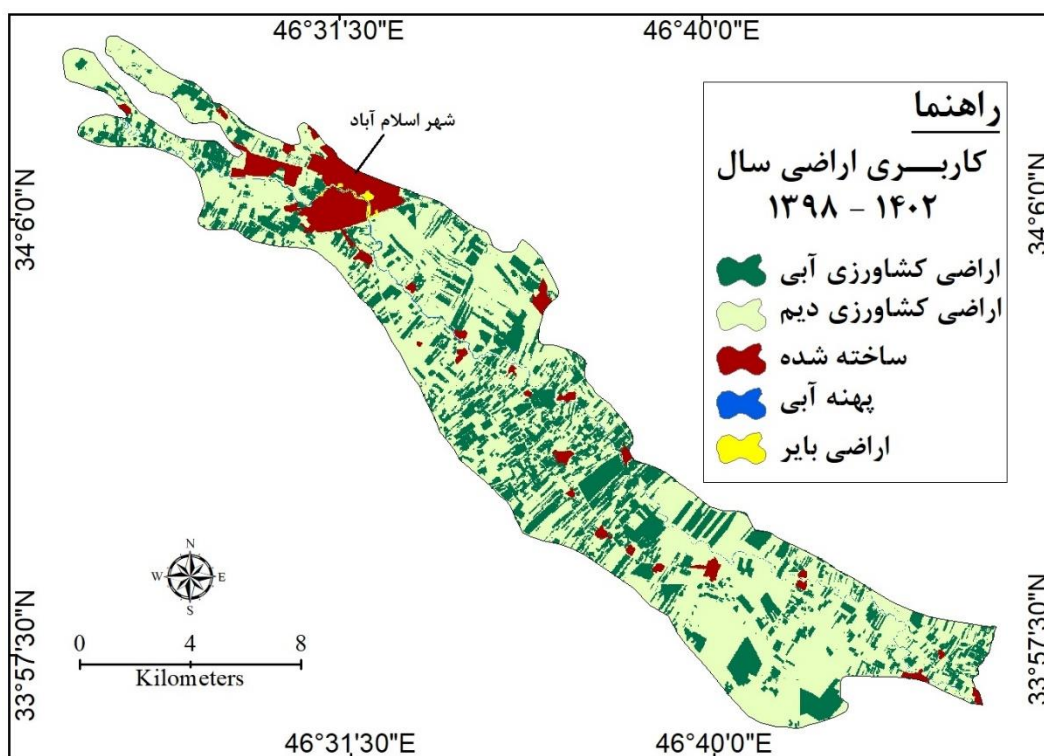
شاخص کاپا	دقت کلی	دوره مطالعاتی
۸۸/۸۷	۹۲/۰۴	دوره اول (۱۳۷۴-۱۳۷۸)
۹۰/۸۰	۹۲/۱۴	دوره دوم (۱۳۹۸-۱۴۰۲)

۴-۱-۲. تغییرات مکانی پوشش کاربری اراضی

الگوهای تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۴۰۲ به ترتیب در شکل‌های (۳) و (۴) و جدول (۳) شامل؛ طبقات کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مناطق ساخته شده، پیکره آبی و اراضی بایر آورده شده است. با توجه به جدول (۳) و نمودار (۱) در دوره اول، بیشترین مساحت با ۷۹/۶۰ درصد مربوط به کاربری کشاورزی دیم بوده و پس از آن نیز کاربری‌های کشاورزی آبی، ساخته شده، پیکره آبی و اراضی بایر به ترتیب با ۱۵/۶۹، ۴/۱۷، ۰/۴۵ و ۰/۰۹ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در دوره دوم هم مطابق با دوره اول بیشترین مساحت به ترتیب شامل کاربری‌های کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، ساخته شده، پیکره آبی و اراضی بایر با ۶۴/۲۷، ۲۸/۴۸، ۶/۶۴، ۰/۴۲ و ۰/۱۹ درصد می‌باشد. در ادامه با مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی در طول ۲ دوره مشخص شد که کاربری کشاورزی دیم در دوره دوم ۱۵/۳۳ درصد کاهش یافته که از این میزان، ۱۲/۷۹ درصد به کاربری کشاورزی آبی تبدیل شده و بیشتر در بخش‌های مرکزی حوضه اتفاق افتاده است. همچنین کاربری ساخته شده رشد ۲/۴۷ درصدی داشته که بیشتر آن مربوط به شهر اسلام آباد است. از طرفی کاربری پهنه آبی به میزان ۰/۳ درصد کاهش و کاربری اراضی بایر ۰/۱۰ درصد افزایش مساحت داشته است.



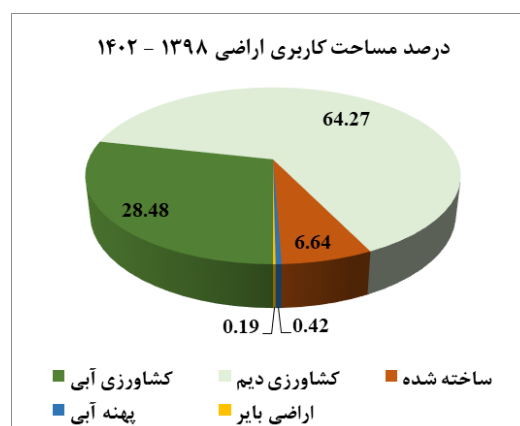
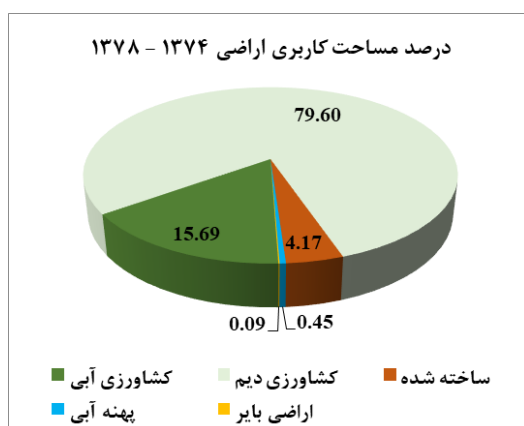
شکل ۳. کاربری اراضی دشت آبخوان اسلام آباد از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۸



شکل ۴. کاربری اراضی دشت آبخوان اسلام آباد از سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۲

جدول ۳. تغییرات مساحت کاربری اراضی دشت آبخوان اسلام آباد

نوع کاربری اراضی	۱۳۷۴ - ۱۳۷۸		۱۳۹۸ - ۱۴۰۲		میزان تغییرات (۱۴۰۲ - ۱۳۷۴)	
	مساحت (هکتار)	%	مساحت (هکتار)	%	مساحت (هکتار)	%
کشاورزی آبی	۳۱۸۸/۵۱	۱۵/۶۹	۵۷۸۸/۸	۲۸/۴۸	۲۶۰۰/۲۹	۱۲/۷۹
کشاورزی دیم	۱۶۱۸۱/۳۹	۷۹/۶۰	۱۳۰۶۵/۱۴	۶۴/۲۷	-۳۱۱۵/۹۸	-۱۵/۳۳
ساخته شده	۸۴۷/۹۵	۴/۱۷	۱۳۵۰/۰۱	۶/۶۴	۵۰۲/۰۶	۲/۴۷
پهنه آبی	۹۱/۰۸	۰/۴۵	۸۵/۲۴	۰/۴۲	-۵/۸۴	-۰/۰۳
اراضی بایر	۱۹/۰۴	۰/۰۹	۳۸/۵۱	۰/۱۹	۱۹/۴۷	۰/۱۰

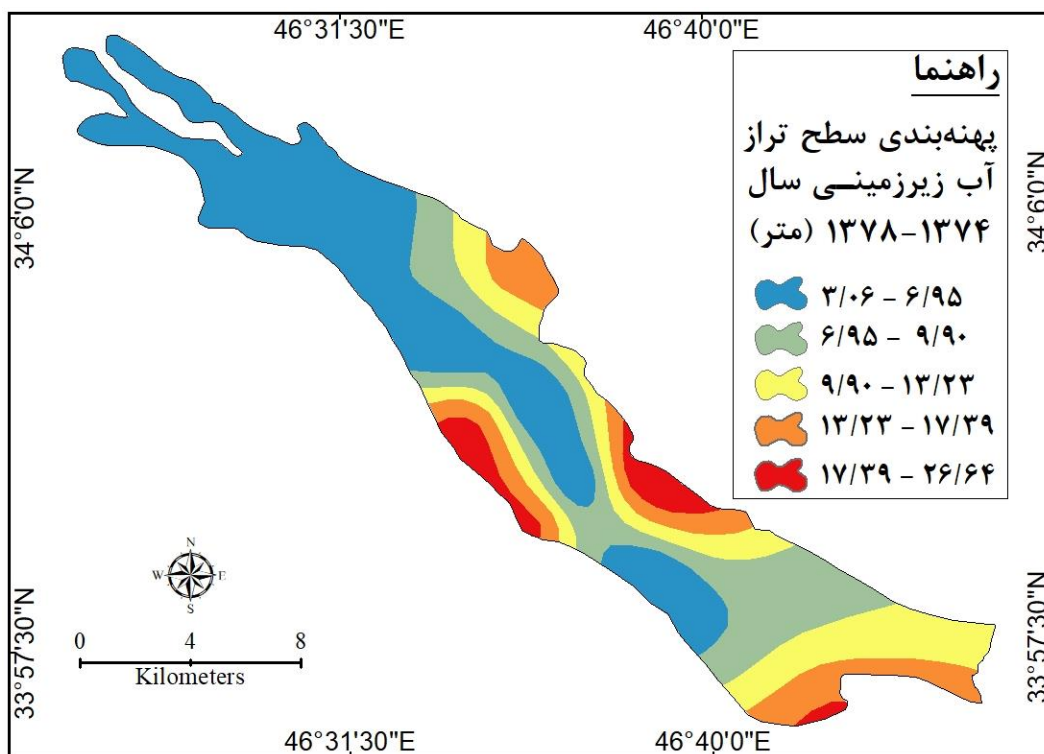


نمودار ۱. درصد مساحت کاربری اراضی دشت آبخوان اسلام آباد

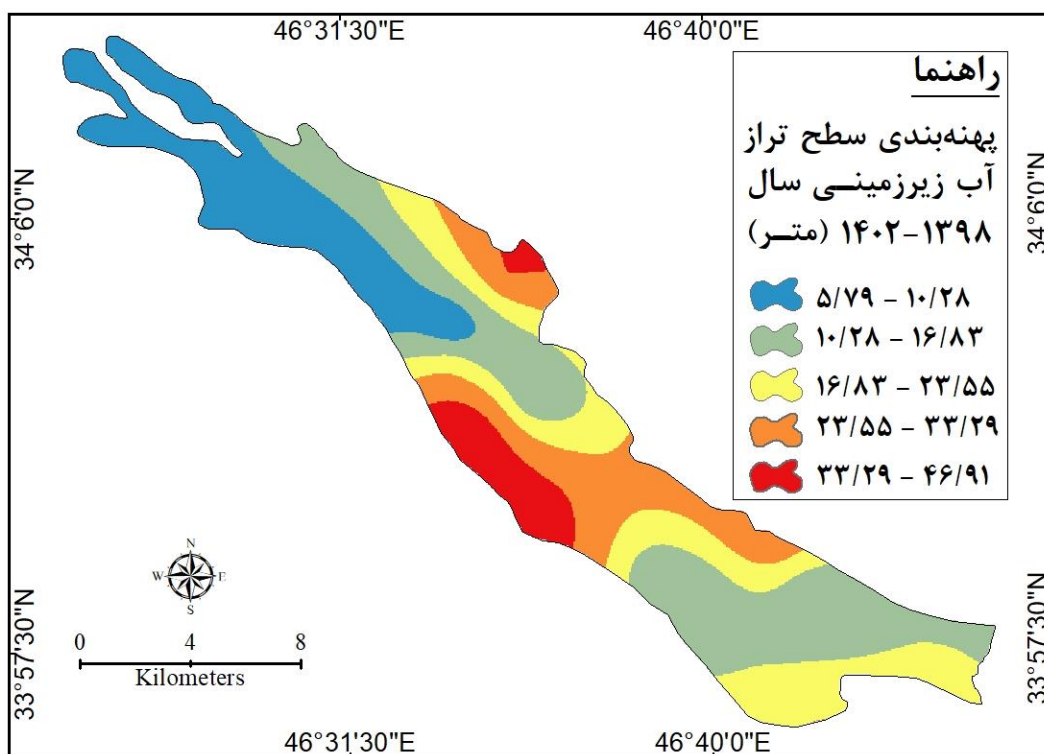
مناسب‌تری نسبت به سایر مناطق برخوردار است و سطح تراز آب کمتر از ۵ متر است. اما نواحی شمالی و جنوبی آبخوان سطح تراز پایینی دارند و به بیشتر از ۲۵ متر می‌رسد که در این دوره پایین‌ترین سطح تراز در سطح حوضه ۲۶/۶۴ متر است. در دوره دوم (۱۳۹۸ - ۱۴۰۲) سطح تراز آب زیرزمینی نسبت دوره قبل روند نزولی و افت شدیدی داشته به گونه‌ای که در نواحی مرکزی سطح تراز آب زیرزمینی از ۱۴ متر در دوره اول با ۱۸ و ۲۷ متر در این دوره جایگزین شده است (شکل ۶). در این نواحی کاربری کشاورزی دیم به کاربری کشاورزی آبی تغییر یافته است. در واقع مصرف آب زیرزمینی با این تغییر کاربری بالا رفته و سطح تراز آب زیر زمینی افت داشته است. همچنین در مناطق شمالی حوضه نیز کاهش سطح تراز آب زیرزمینی در دوره دوم نسبت به دوره اول، به دلیل گسترش کاربری ساخته شده (شهر اسلام آباد) اتفاق افتاده است.

۴-۲. بررسی روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی
با توجه به اینکه چاه‌های مشاهده‌ای از پراکنش مناسبی در آبخوان دشت اسلام‌آباد غرب برخوردار بودند با استفاده از این چاه‌ها سطح تراز آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی در بازه زمانی ۲۸ ساله در طول ۲ دوره مطالعاتی (۱۳۷۴-۱۳۷۸ و ۱۳۹۸-۱۴۰۲) در نرم افزار ArcMAP با بهره‌گیری از درون‌یابی IDW در ۵ کلاس و طیف رنگ‌های مختلف پهنه‌بندی گردید. به گونه‌ای که مناطقی که سطح تراز آب زیرزمینی بالا بوده با طیف رنگی آبی و مناطق دارای سطح تراز پایین به رنگ قرمز نشان داده شده است. سپس نقشه‌های پهنه‌بندی شده در طول این ۲ دوره با هم مقایسه شدند تا روند سطح تراز آب زیرزمینی بررسی و اثرات تغییر کاربری بر روی آن مشخص شود (شکل‌های ۵ و ۶).

با توجه به شکل (۵) در دوره اول (۱۳۷۴ - ۱۳۷۸) نواحی مرکزی و شمال غربی آبخوان از وضعیت



شکل ۵. پهنه‌بندی سطح تراز آب زیرزمینی دشت آبخوان اسلام آباد از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۸



شکل ۶. پهنه‌بندی سطح تراز آب زیرزمینی دشت آبخوان اسلام آباد از سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۲

۳-۴. بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر سطح

تراز آب زیر زمینی

طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۲، تغییرات کاربری اراضی قابل توجهی در کل حوضه رخ داده است. اما تغییر کاربری غالب در اراضی کشاورزی آبی، کشاورزی دیم رخ داده است. در واقع زمین کشاورزی دیم به کشاورزی آبی تغییر کاربری داده است. این امر در کل سطح حوضه رخ داده است اما در مناطق مرکزی شدیدتر از سایر مناطق حوضه بوده است. بنابراین با گسترش کشاورزی آبی، نیاز به منابع آبی جهت آبیاری محصولات بیشتر شده، که به نوبه خود موجب برداشت بیشتر آب از سفره‌های زیرزمینی شده است و کاهش سطح تراز آب زیرزمینی را به همراه داشته است. به گونه‌ای که رابطه عکس بین کاربری کشاورزی آبی و سطح تراز آب زیرزمینی برقرار هست هر چقدر این کاربری افزایش یابد سطح تراز آب زیرزمینی به همان نسبت کاهش می‌یابد. علاوه بر این با گسترش مناطق ساخته شده (شهر اسلام آباد) در شمال غربی منطقه مطالعاتی باعث افزایش رواناب سطحی شده و میزان نفوذ آب سطحی به سفره‌های پایینی کاهش یافته است. از این رو در این مناطق هم سطح آب زیرزمینی کاهش یافته است.

نتایج یافت شده در این مطالعه با مطالعات انجام شده در این خصوص از جمله؛ Temesgen و همکاران (۲۰۱۴) در حوضه درا، Dibaba و همکاران (۲۰۱۶)، Takele و همکاران (۲۰۲۲) در حوضه آبریز نیل، اسکندری و همکاران (۱۳۹۷) در حوضه غرب تالاب جازموریان، عابدینی و همکاران (۱۴۰۰) در شهرستان آذرشهر، Salem و همکاران (۲۰۲۳) در آبخوان دراوا، Ayieko و همکاران (۲۰۲۴) در زیر حوضه امباگاتی و Tola و همکاران (۲۰۲۴) حوضه آبریز امو مطابقت دارد.

۵. نتیجه‌گیری

آب زیرزمینی یکی از پارامترهای مهم زیست‌محیطی محسوب می‌شود بنابراین کاهش کمیت و کیفیت آن یک مسئله مهم اجتماعی و نگرانی زیست‌محیطی است. یکی از دلایل افت سطح تراز منابع آب زیرزمینی، بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در نتیجه تغییرات کاربری اراضی می‌باشد. در تحقیق حاضر اثر تغییر کاربری اراضی بر سطح تراز آب زیرزمینی دشت آبخوان اسلام آباد واقع در استان کرمانشاه در سال‌های مطالعاتی ۱۳۷۴ و ۱۴۰۲ مورد بررسی قرار گرفت. جهت پایش تغییرات کاربری اراضی از ادغام شاخص‌های طیفی (NDVI، NDWI و NDBI) با تصاویر ماهواره لندست-۵ و لندست-۸ به کمک مدل یادگیری ماشین جنگل تصادفی انجام شد. همچنین با بهره‌گیری از آمار چاه‌های مشاهده‌ای، پهنه‌بندی و تغییرات مکانی سطح تراز آب زیرزمینی با درونیابی IDW در نرم‌افزار Arc GIS صورت پذیرفت. نتایج پایش کاربری اراضی در طول دوره مطالعاتی نشان داد که کاربری‌های حوضه آبخوان اسلام آباد در طول ۲۸ سال دستخوش تغییراتی شده است. بخش اعظم این تغییرات مربوط به تبدیل کاربری کشاورزی دیم به کاربری کشاورزی آبی بوده به گونه‌ای که در طول دوره مطالعاتی کشاورزی دیم ۱۵/۳۳ درصد کاهش یافته و با کشاورزی آبی به میزان ۱۲/۷۹ درصد جایگزین شده است. همچنین کاربری ساخته شده و اراضی بایر به ترتیب رشد ۲/۴۷ و ۰/۱۰ درصدی داشته و کاربری پهنه آبی ۰/۳ درصد کاهش یافته است. این تغییرات نشان‌دهنده افزایش تخریب و وضعیت ناپایدار در منطقه است و از عوامل اثرگذار بر منابع آب زیرزمینی می‌باشد و می‌توان به تغییر سیستم آبیاری از سنتی به

- city. *Journal of Environmental Science Studies*, 6(۳), ۳۹۱۳-۳۹۲۶.
- Ashaolu, E.D., Olorunfemi, J.F., Ifabiyi, I.P., ۲۰۱۹. Effect of land use/land cover change on groundwater recharge in osun drainage Basin, Nigeria. *J. Geol., Geogr. Geocol.* ۲۸ (۳), ۳۸۱-۳۹۴. <https://doi.org/10.105421/11936>.
- Ayieko, A., Moses, G., Godfrey, M., Kimwatu, D., & Mwangi, A. (۲۰۲۴). Spatial modeling of groundwater across land use land cover and climate change gradient using SWAT and Logan's method: a case study of Mbagathi sub-catchment. *Modeling Earth Systems and Environment*, 10(۱), ۲۸۵-۳۰۱.
- Bronstert, A., ۲۰۰۴. Rainfall-runoff modelling for assessing impacts of climate and land-use change. *Hydrol. Process.* ۱۸ (۳), ۵۶۷-۵۷۰. <https://doi.org/10.1002/hyp.۵۵۰۰>.
- Congalton, R.G., ۱۹۹۱. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. *Remote Sens. Environ.* ۳۷, ۳۵-۴۶. [https://doi.org/10.1016/00344257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/00344257(91)90048-B)
- Devia, G.K., Ganasri, B.P., Dwarakish, G.S., ۲۰۱۵. A review on hydrological models. *Aquat. Procedia* ۴, ۱۰۰۱-۱۰۰۷. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.۲۰۱۵.۰۲.۱۲۶>.
- Dias, L.C.P.; Macedo, M.N.; Costa, M.H.; Coe, M.T.; Neill, C. Effects of land cover change on evapotranspiration and streamflow of small catchments in the Upper Xingu River Basin, Central Brazil. *J. Hydrol. Reg. Stud.* ۲۰۱۵, 4, ۱۰۸-۱۲۲. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
- Dibaba, W.T., Adugna, T., Tamam, D., ۲۰۱۶. The effects of land use land cover change on hydrological process of Gilgel Gibe, Omo Gibe Basin, Ethiopia. *Int. J. Sci.*
- Ellis, E. (۲۰۱۳). Land-use and land-cover change. Eds. Robert Pontius Retrieved July ۲۱, ۲۰۱۴.
- Elmahdy, S.I.; Mohamed, M.M. Automatic detection of near surface geological and hydrological features and investigating their influence on groundwater accumulation and salinity in southwest Egypt using remote sensing and GIS. *Geocarto Int.* ۲۰۱۴, ۳۰, ۱۳۲-۱۴۴. [Google Scholar] [CrossRef]
- مدرنیزه اشاره کرد در واقع بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی افزایش یافته که هم‌زمان با تغییرات کاربری اراضی و افت عمق آب زیرزمینی افزایش یافته و افت سطح سفره صورت گرفته است. از این رو قسمت‌های مرکزی شاهد بیشترین تغییر کاربری اراضی بوده و تنزل منابع آب زیرزمینی بیشتر از سایر قسمت‌ها می‌باشد.
- ### منابع
- اسکندری دامنه, حامد, زهتابیان, غلامرضا, سلاجقه, علی, قربانی, مهدی & خسروی, حسن. (۱۳۹۷). تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی حوضه غرب تالاب جازموریان. نشریه علمی - پژوهشی مرتع و آبخیزداری.
- جلیلی, خلیل, مرادی, حمیدرضا & بزرگ حداد, امید. (۱۴۰۱). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت اسلام‌آباد و بهینه‌سازی تخصیص سطح اراضی آن. مهندسی اکوسیستم بیابان-۱۱۷, ۵(۱۱), ۱۳۱.
- Abedini, M., & Mohammadzadeh Shishagaran, M. (۲۰۲۲). Investigation of land use changes and its relationship with groundwater level (Case Study: Mallard County). *Environmental Management Hazards*, 9(۱), ۳۱-۴۴. doi: 10.22۰۵۹/000000.۲۰۲۲.۳۳۹۳۶۰.۷۰۹.
- Ahmadi, T., Ziaei, A., Davary, K., Faridhosseini, A., Izadi, A., Rasoulzadeh, A., ۲۰۱۳. Estimation of groundwater recharge using various methods in Neishaboore Plain. *Iran. Groundw. Model. Manag. Uncertain.* ۹۷۸-۱-۱۳۸-۰۰۰۱۲-۴.
- Asadollahi, A., Sohrabifar, A., Ghimire, A. B., Poudel, B., & Shin, S. (۲۰۲۴). The Impact of Climate Change and Urbanization on Groundwater Levels: A System Dynamics Model Analysis. *Environmental Protection Research*, ۱-۱۵.
- Asghari Saraskanrood, S., & Mohammadzadeh Shishagaran, M. (۲۰۲۱). Investigation of land use changes and its relationship with groundwater level Case study: Azarshahr

- Hagolle, O.; Colin, J. Several Issues Found in Recent Papers on Cloud Detection Published in MDPI Remote Sensing. Available online: <https://labo.obs-mip.fr/multitemp/issues-with-mdpi-remote-sensing-recent-papers-on-cloud-detection/> (accessed on ۱۴ April ۲۰۲۲).
- Hussain, S., Wang, Y., Awais, M., Sajjad, M. M., Ejaz, N., Javed, U., ... & Iqbal, J. (۲۰۲۴). Integrated assessment of groundwater quality dynamics and Land use/land cover changes in rapidly urbanizing semi-arid region. *Environmental Research*, 260, ۱۱۹۶۲۲.
- IAH ۲۰۱۶-International Association of Hydrogeologists.
- Immerzeel, W. Historical trends and future predictions of climate variability in the Brahmaputra basin. *Int. J. Clim.* ۲۰۰۸, 28, ۲۴۳-۲۵۴. [Google Scholar] [CrossRef]
- Jothamani, M., Gunalan, J., Duraisamy, R., & Abebe, A. (۲۰۲۱, September). Study the Relationship Between LULC, LST, NDVI, NDWI and NDBI in Greater Arba Minch Area, Rift Valley, Ethiopia. In *3rd International Conference on Integrated Intelligent Computing Communication & Security (ICIIC 2021)* (pp. ۱۸۳-۱۹۳). Atlantis Press.
- Lindquist, L.W.; Palmquist, K.A.; Jordan, S.E.; Lauenroth, W.K. Impacts of climate change on groundwater recharge in Wyoming big sagebrush ecosystems are contingent on elevation. *West. N. Am. Nat.* ۲۰۱۹, 79, ۳۷-۴۸. [Google Scholar] [CrossRef]
- Mengistu, T.D., Chung, I.-M., Kim, M.-G., Chang, S.W., Lee, J.E., ۲۰۲۲. Impacts and implications of land use land cover dynamics on groundwater recharge and surface runoff in East African Watershed. *Water* ۱۴ (۱۳), ۲۰۶۸. <https://doi.org/۱۰.۳۳۹۰/w۱۴۱۳۲۰۶۸>.
- Ministry of Environment and Water (MEW). UAE State of Environment Report; Ministry of Environment and Water (MEW): Abu Dhabi, United Arab Emirates, ۲۰۱۵.
- Model. *Earth Syst. Environ.* ۸ (۱), ۲۷۷-۲۹۲. <https://doi.org/۱۰.۱۰۰۷/s۴۰۸۰۸-۰۲۱-۰۱۰۸۵-۹>.
- Mohamed, M.M.; Elmahdy, S. Land Use/Land Cover Changes Monitoring and Analysis of Elmahdy, S.I.; Mohamed, M.M. Factors controlling the changes and spatial variability of Junipers phoenicea in Jabal Al Akhdar, Libya, using remote sensing and GIS. *Arab. J. Geosci.* ۲۰۱۶, ۹, ۴۷۸. [Google Scholar] [CrossRef]
- Elmahdy, S.I.; Mohamed, M.M. Groundwater of Abu Dhabi Emirate: A regional assessment by means of remote sensing and geographic information system. *Arab. J. Geosci.* ۲۰۱۵, ۸, ۱۱۲۷۹-۱۱۲۹۲. [Google Scholar] [CrossRef]
- Elmahdy, S.I.; Mohamed, M.M. Influence of geological structures on groundwater accumulation and groundwater salinity in Musandam Peninsula, UAE and Oman. *Geocarto Int.* ۲۰۱۳, ۲۸, ۴۵۳-۴۷۲. [Google Scholar] [CrossRef]
- Elmahdy, S.I.; Mohamed, M.M. Land use/land cover change impact on groundwater quantity and quality: A case study of Ajman Emirate, the United Arab Emirates, using remote sensing and GIS. *Arab. J. Geosci.* ۲۰۱۶, ۹, ۷۲۲. [Google Scholar] [CrossRef]
- Eng. Res. ۷, ۱۱۷-۱۲۸.
- FAO. (۲۰۱۶). Global diagnostic on groundwater governance (p. ۲۱۰). FAO, Rome, Italy (Retrieved from). <https://www.fao.org/documents/card/en/c/be۷۴۷۱۹۱-۶۵۲۳-۳b-8e۹۷-۵۴db۷۶۲۰۳۲a۷/>.
- Foga, S.; Scaramuzza, P.L.; Guo, S.; Zhu, Z.; Dilley, R.D.; Beckmann, T.; Schmidt, G.L.; Dwyer, J.L.; Joseph Hughes, M.; Laue, B. Cloud Detection Algorithm Comparison and Validation for Operational Landsat Data Products. *Remote Sens. Environ.* ۲۰۱۷, ۱۹۴, ۳۷۹-۳۹۰.
- Gleeson, T., Befus, K.M., Jasechko, S., Luijendijk, E., Cardenas, M.B., ۲۰۱۶. The global volume and distribution of modern groundwater. *Nat. Geosci.* ۹, ۱۱۱-۱۶۴. <https://doi.org/۱۰.۱۰۳۸/ngeo۲۵۹۰>.
- Haddeland, I.; Heinke, J.; Biemans, H.; Eisner, S.; Flörke, M.; Hanasaki, N.; Stacke, T. Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* ۲۰۱۴, 111, ۳۲۵۱-۳۲۵۶. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed] [Green Version]

- Scholar]
- Sanford, W., ۲۰۰۲. Recharge and groundwater models: an overview. In: Hydrogeology Journal, ۱۰. Hydrogeology Journal, pp. ۱۱۰–۱۲۰. <https://doi.org/10.1007/s10040-001-0173-5>.
- Siddik, M.S., Tulip, S.S., Rahman, A., Islam, Md.N., Haghighi, A.T., Mustafa, S.M.T., ۲۰۲۲. The impact of land use and land cover change on groundwater recharge in northwestern Bangladesh. *J. Environ. Manag.* ۳۱۵, ۱۱۵۱۳۰. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115130>.
- Siebert, J. Burke, J.M. Faures, K. Frenken, J. Hoogeveen, P.D., Toll, and F.T. Portmann, ۲۰۱۰. *global gw inventory*. https://www.academia.edu/4351439/Siebert_et_al_2010_global_gw_inventory.
- Simmers, I., ۱۹۹۷. Recharge of Phreatic Aquifers in (Semi-)Arid Areas. In: IAH Int. Contrib. Hydrogeol, ۱۹. AA Balkema, Rotterdam, p. ۲۷۷ p..
- Sultan, M.; Sturchio, N.; Al Sefry, S.; Milewski, A.; Becker, R.; Nasr, I.; Sagintayev, Z. Geochemical, isotopic, and remote sensing constraints on the origin and evolution of the Rub Al Khali aquifer system, Arabian Peninsula. *J. Hydrol.* ۲۰۰۸, 356, ۷۰–۸۳. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Takele, G.S., Gebre, G.S., Gebremariam, A.G., Engida, A.N., ۲۰۲۲. Hydrological modeling in the Upper Blue Nile basin using soil and water analysis tool (SWAT).
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (۲۰۲۰). Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 164, ۱۵۲–۱۷۰.
- Temesgen, G., Amare, B., Abraham, M., ۲۰۱۴. Evaluations of land use/land cover changes and land degradation in Dera District, Ethiopia: GIS and remote sensing based analysis. *Int. J. Sci. Res. Environ. Sci.* ۲ (۶), ۱۹۹–۲۰۸.
- Tian, S.; Zhang, X.; Tian, J.; Sun, Q. Random Forest Classification of Wetland Landcovers from Multi-Sensor Data in the Arid Region of Xinjiang, China. *Remote Sens.* ۲۰۱۶, ۸, ۹۵۴.
- Dubai Emirate, UAE Using Multi-Temporal Remote Sensing Data. *EPiC Ser. Eng.* ۲۰۱۸, ۳, ۱۴۳۵–۱۴۴۳. [Google Scholar]
- Mohamed, M.M.; Elmahdy, S.I. Natural and anthropogenic factors affecting groundwater quality in the eastern region of the United Arab Emirates. *Arab. J. Geosci.* ۲۰۱۵, 8, ۷۴۰۹–۷۴۲۳. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Mohamed, M.M.; Elmahdy, S.I. Natural and anthropogenic factors affecting groundwater quality in the eastern region of the United Arab Emirates. *Arab. J. Geosci.* ۲۰۱۵, ۸, ۷۴۰۹–۷۴۲۳. [Google Scholar] [CrossRef]
- Nas, B.; Berktaay, A. Groundwater quality mapping in urban groundwater using GIS. *Environ. Monit. Assess.* ۲۰۰۸, 160, ۲۱۵–۲۲۷. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Nóbrega, R.L.B.; Guzha, A.C.; Lamparter, G.; Amorim, R.S.S.; Couto, E.G.; Hughes, H.J.; Jungkunst, H.F.; Gerold, G. Impacts of land-use and land-cover change on stream hydrochemistry in the Cerrado and Amazon biomes. *Sci. Total Environ.* ۲۰۱۸, ۶۳۵, ۲۵۹–۲۷۴. [Google Scholar] [CrossRef]
- Patel, A., Vyas, D., Chaudhari, N., Patel, R., Patel, K., & Mehta, D. (۲۰۲۴). Novel approach for the LULC change detection using GIS & Google Earth Engine through spatiotemporal analysis to evaluate the urbanization growth of Ahmedabad city. *Results in Engineering*, 21, ۱۰۱۷۸۸.
- Patra, S.; Sahoo, S.; Mishra, P.; Mahapatra, S.C. Impacts of urbanization on land use/cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level. *J. Urban Manag.* ۲۰۱۸, 7, ۷۰–۸۴. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Remote Sens. Environ. ۱۸۵, ۲۵۸–۲۷۰. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.060>.
- Salem, A., Abduljaleel, Y., Dezsó, J., & Lóczy, D. (۲۰۲۳). Integrated assessment of the impact of land use changes on groundwater recharge and groundwater level in the Drava floodplain, Hungary. *Scientific Reports*, 13(۱), ۵۰۶۱.
- Samy, I.E.; Mohamed, M.M. Natural hazards susceptibility mapping in the Kuala Lumpur, Malaysia: An assessment using remote sensing and geographic information system (GIS). *Nat. Hazard. Risk* ۲۰۱۲, ۲۰۱۲, ۱–۲۱. [Google

- Wingate, V.R.; Phinn, S.R.; Kuhn, N.; Bloemertz, L.; Dhanjal-Adams, K.L. Mapping Decadal Land Cover Changes in the Woodlands of North Eastern Namibia from ۱۹۷۵ to ۲۰۱۴ Using the Landsat Satellite Archived Data. *Remote Sens.* ۲۰۱۶, ۸, ۶۸۱.
- Yanda P., Munishi P. (۲۰۰۷) Hydrologic and land use/cover change analysis for the Ruvu river (uluguru) and Sigi river (east usambara) watersheds. Dar es Salaam, Tanzania.
- Zheng, Y.; Tang, L.; Wang, H. An Improved Approach for Monitoring Urban Built-up Areas by Combining NPP-VIIRS Nighttime Light, NDVI, NDWI, and NDBI. *J. Clean. Prod.* ۲۰۲۱, ۳۲۸, ۱۲۹۴۸۸.
- Tikuye, B. G., Rusnak, M., Manjunatha, B. R., & Jose, J. (۲۰۲۳). Land use and land cover change detection using the random forest approach: The case of the Upper Blue Nile River basin, Ethiopia. *Global Challenges*, 7(۱۰), ۲۳۰۰۱۵۵.
- Tola, B., & Deyassa, G. (۲۰۲۴). A modeling approach for evaluating and predicting the impacts of land use land cover changes on groundwater recharge in Walga Watershed, Upper Omo Basin, Central Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, ۵۱, ۱۰۱۶۵۹.
- Tong, S., Liu, A., ۲۰۰۶. Modelling the hydrologic effects of land-use and climate changes. *Int. J. Risk Assess. Manag. - Int. J. Risk Assess. Manag.* ۶, ۳۴۴-۳۶۸. <https://doi.org/۱۰.۱۵۰۴/IJRAM.۲۰۰۶.۰۹۵۴۳>.
- Vogelmann, J.E., Gallant, A.L., Shi, H., Zhu, Z., ۲۰۱۶. Perspectives on monitoring gradual change across the continuity of Landsat sensors using time-series data.
- Vorosmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J., Lammers, R.B., ۲۰۰۰. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science* ۲۸۹ (۵۴۷۷), ۲۸۴-۲۸۸. <https://doi.org/۱۰.۱۱۲۶/science.۲۸۹.۵۴۷۷.۲۸۴>.
- Wang, S., Kang, S., Zhang, L., Li, F., ۲۰۰۸. Modelling hydrological response to different land-use and climate change scenarios in the Zamu River basin of northwest China, ۲۲ (۱۴), ۲۵۰۲-۲۵۱۰. <https://doi.org/۱۰.۱۰۰۲/HYP.۶۸۴۶>.
- Wang, S., Kang, S., Zhang, L., Li, F., ۲۰۰۸. Modelling hydrological response to different land-use and climate change scenarios in the Zamu River basin of northwest China, ۲۲ (۱۴), ۲۵۰۲-۲۵۱۰. <https://doi.org/۱۰.۱۰۰۲/HYP.۶۸۴۶>.
- Warku, F., Korme, T., Wedajo, G.K., Nedow, D., ۲۰۲۱. Impacts of land use/cover change and climate variability on groundwater recharge for upper Gibe watershed, Ethiopia. *Sustain. Water Resour. Manag.* ۸ (۱), ۲ <https://doi.org/۱۰.۱۰۰۷/s۴۰۸۹۹-۰۲۱-۰۰۵۸۸-۸>.
- Weber, H.; Sciubba, J.D. The Effect of Population Growth on the Environment: Evidence from European Regions. *Eur. J. Popul.* ۲۰۱۸, 35, ۳۷۹-۴۰۲. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Evaluation of the effect of land use changes on the level of underground water (Case study: Islamabad watershed plain)

Ali Eskandari^{*۱}

^{*۱} Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran; 3539641981@iau.ir

Abstract

Groundwater is one of the main sources of fresh water on the planet. Nowadays, due to population growth and new irrigation methods, land use change is increasing rapidly, which negatively affects these valuable resources. The high dependence on underground water resources in Iran and the partial balance of this important source led the current research to look at the impact of land use changes on the level of underground water level in the Islamabad watershed plain over a period of ۲۸ years in two terms (First period: ۱۹۹۵-۱۹۹۹ and second period: ۲۰۱۹-۲۰۲۳). First, using Landsat-۵ and Landsat-۸ satellite images, the land cover of the study area was classified into ۵ classes (Rainfed agriculture, Irrigated agriculture, Built-up area, Water body, and Barren land) with the random forest algorithm. Then, using the statistics of the observation wells, the zoning maps of the underground water level were prepared in ArcMap software with the IDW interpolation tool. Finally, the results of land use changes were compared with the level of underground water. The results showed that Rainfed agriculture decreased by ۱۵,۳۳% in the second period, of which ۱۲,۷۹% became Irrigated agriculture and mostly happened in the central parts of the basin. Built-up area has grown by ۴۷,۲%, most of which is related to Islamabad city. Water area has decreased by ۰,۳% and Barren land has increased by ۰,۱۰%. The underground water level has been decreasing in the study period so in the central areas, the underground water level has been replaced from ۱۴ meters in the first period to ۱۸ and ۲۷ meters in this period. In the northern areas of the basin, there has been a decrease in underground water level due to the expansion of the Built-up area (Islamabad city).

Key words: Landuse, underground water level, Islamabad