19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین در منطقه آبیک قزوین

آیه جاویدفر[۱]، فریدون سرمدیان[۲]

۱- دانشجو کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران؛*fsarmad@ut.ac.ir

چکیده

تغییر کاربری اراضی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده پایداری منابع طبیعی و بهره‌وری کشاورزی به‌شمار می‌رود. این پژوهش با هدف بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۴۰۴ در محدوده‌ای به وسعت حدود ۶۰ هزار هکتار در شهرستان آبیک (استان قزوین) انجام شد. تصاویر ماهواره‌ای Landsat در بستر Google Earth Engine پردازش و طبقه‌بندی گردید. به‌منظور افزایش دقت طبقه‌بندی، علاوه بر باندهای طیفی، از شاخص‌های NDVI ، EVI، NDBI، MNDWI، مدل ارتفاعی SRTM و لایه تراکم ساخت‌وساز GHSL بهره گرفته شد. طبقات مورد بررسی شامل کاربری‌های مسکونی–صنعتی، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، باغات، مراتع، مراتع شور، مراتع بسیار شور و تالاب بودند. دقت طبقه‌بندی با صحت کلی و ضریب کاپا ارزیابی شد. نتایج نشان داد کاربری مسکونی–صنعتی بیش از ۵ برابر، باغات ۷/۷ برابر و کشاورزی دیم نزدیک به ۹ برابر افزایش یافته‌اند؛ در حالی‌که مساحت اراضی آبی و مراتع کاهش یافته است. این تغییرات عمدتاً ناشی از توسعه شهرنشینی، بحران منابع آب، تغییر اقلیم و رشد جمعیت بوده‌اند. یافته‌ها بر لزوم برنامه‌ریزی کاربری سرزمین مبتنی بر توان اکولوژیکی، به‌منظور حفاظت از منابع طبیعی و هدایت توسعه منطقه‌ای در مسیر پایدار تأکید دارند.

واژگان کلیدی: پردازش ابری، جنگل تصادفی، سنجش از دور، طبقه‌بندی اراضی، یادگیری ماشین

مقدمه

تغییرات کاربری و پوشش اراضی از مهم‌ترین شاخص‌های پویایی‌های زیست‌محیطی و اجتماعی-اقتصادی هستند که بر تنوع زیستی، اقلیم، منابع آب و امنیت غذایی تأثیر می‌گذارند (Manikandababu et al., 2025). این تغییرات که عمدتاً ناشی از رشد شهری، گسترش کشاورزی و کاهش پوشش‌های طبیعی‌اند، از عوامل اصلی ناپایداری‌های محیط‌زیستی در سطوح مختلف به شمار می‌روند و می‌توانند به تضعیف خدمات اکوسیستمی، افزایش گازهای گلخانه‌ای و اختلال در چرخه‌های هیدرولوژیکی منجر شوند (Wang et al., 2020). پلتفرم گوگل ارث انجین با فراهم‌کردن پردازش سریع داده‌های بزرگ، محاسبات پیچیده را ساده می‌کند (Xie et al., 2019). همچنین استفاده از الگوریتم‌هایی مانند جنگل تصادفی دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری اراضی را افزایش می‌دهد (Tsai et al., 2019).

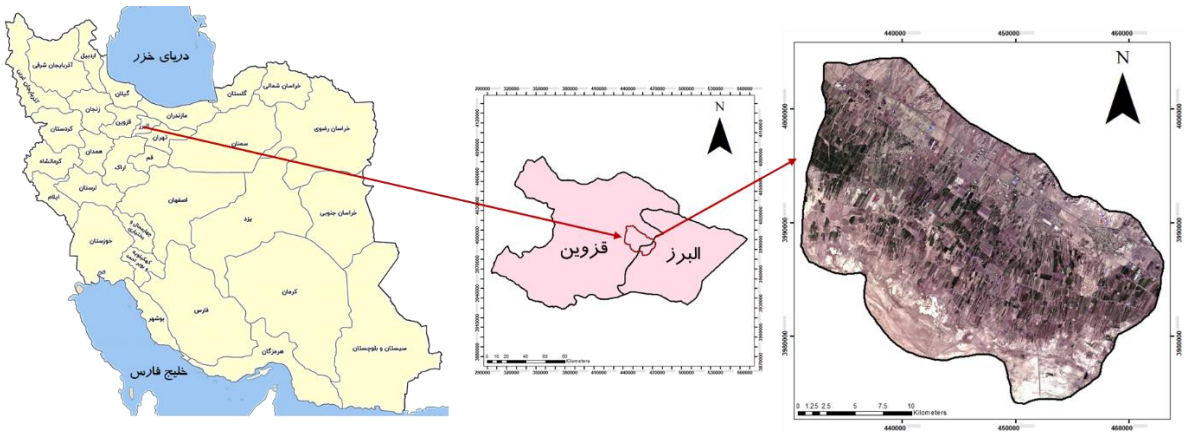
در سالیان اخیر، مطالعات متعددی در ایران و سایر کشورهای جهان انجام شده‌اند که نشان می‌دهند بهره‌گیری از سامانه گوگل ارث انجین و الگوریتم‌های یادگیری ماشین رویکردی کارآمد و کاربردی در پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی است. Zurqani و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی و داده‌های لندست در سامانه Google Earth Engine، تغییرات پوشش و کاربری اراضی را در حوضه رودخانه ساوانا طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۵ تحلیل کردند و کاهش جنگل‌ها و گسترش مناطق شهری را شناسایی نمودند. همچنین در ایران، لطفی و احمدی‌ندوشن (۱۴۰۲) با استفاده شاخص NDVI و تصاویر ماهواره‌ای لندست در سامانه Google Earth Engine، کاهش ۵۵ درصدی اراضی کشاورزی حوزه زاینده‌رود را طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۲ شناسایی کردند که این روند با کاهش منابع آب منطقه مرتبط بود.

وجه تمایز پژوهش حاضر، در ترکیب هم‌زمان شاخص‌های طیفی، متغیرهای توپوگرافی و داده‌های تراکم ساخت‌وساز انسانی (GHSL) در طبقه‌بندی کاربری اراضی است. برخلاف بسیاری از مطالعات پیشین که تنها به استفاده از باندهای طیفی یا یک شاخص خاص بسنده کرده‌اند، این پژوهش با رویکردی چندمنبعه و داده‌محور، دقت بالاتری در تفکیک کلاس‌های کاربری (مانند کشاورزی آبی و دیم یا مراتع شور و خیلی شور) ارائه می‌دهد. همچنین تحلیل روندهای تغییر در کلاس‌های خاصی مانند مراتع خیلی شور و باغات در منطقه‌ای حساس از نظر کشاورزی و منابع آب، وجه تمایز کلیدی دیگر این مطالعه نسبت به پژوهش‌های مشابه در ایران است.

بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف تحلیل تغییرات کاربری اراضی طی ۴۰ سال گذشته در منطقه آبیک قزوین، با بهره‌گیری از گوگل ارث انجین و الگوریتم‌های یادگیری ماشین صورت گرفت و می‌تواند مبنایی برای مدیریت پایدار منابع طبیعی و توسعه منطقه‌ای را فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در حدود ۶۰ هزار هکتار بوده و در شمال شهرستان نظرآباد استان البرز و جنوب شهرستان آبیک قزوین واقع شده است (شکل ۱). میانگین بارندگی سالانه هوا ۲۸۰ میلی متر و میانگین سالیانه دمای هوا ۱۴ سانتی گراد است. این منطقه نسبتاً مسطح بوده و کشت بیشتر آن شامل محصولات استراتژیکی همچون گندم و جو و یونجه و ذرت می باشد (Mousavi et al., 2022).

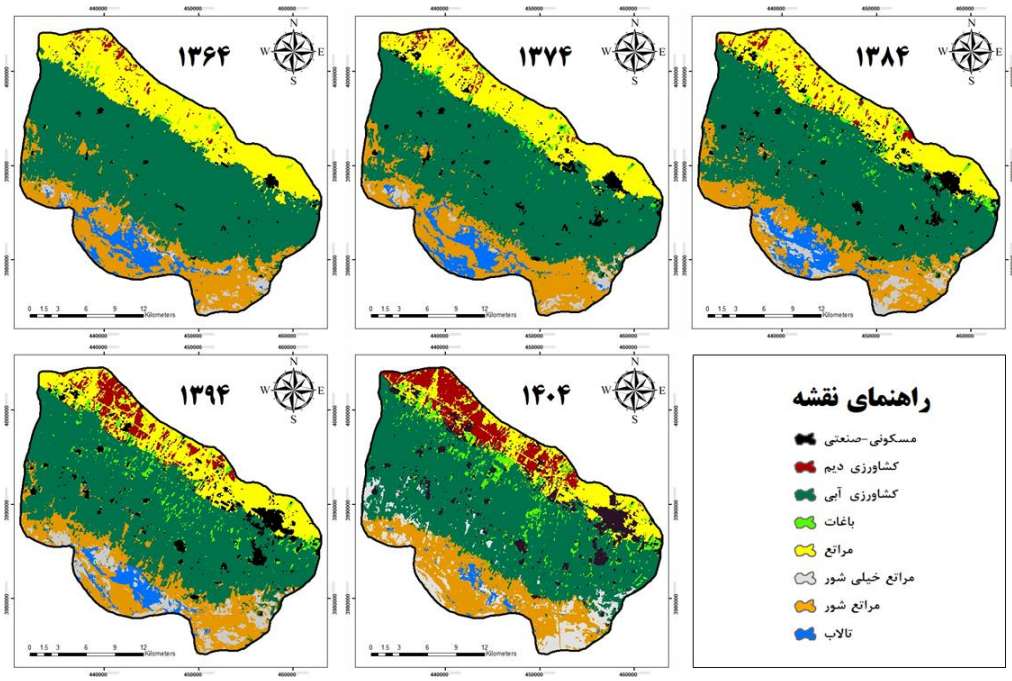


شکل ۱ – موقعیت منطقه مورد مطالعه

تحلیل‌ها در سامانه Google Earth Engine برای سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۴۰۴به صورت هر ۱۰ سال یک‌بار صورت گرفت. تصاویر Landsat با پوشش ابری کمتر از ۱۰٪ انتخاب و با ترکیب میانه تصحیح شدند. برای افزایش تفکیک بین کلاس‌ها، شاخص‌های NDVI، EVI، NDBI و MNDWI استخراج گردید. همچنین، مدل ارتفاعی SRTM برای تولید متغیرهای شیب و ارتفاع نیز به کار رفت. همچنین، لایه‌ی تراکم ساخت‌وساز Global Human Settlement Layer (GHSL) برای سالهای مد نظر نیز به‌عنوان شاخصی از توسعه‌ی انسان‌ساخت به تصاویر افزوده شد. نقاط آموزشی از تلفیق دانش میدانی و بررسی تصاویر ماهواره‌ای تهیه و در گوگل ارث انجین بارگذاری شدند. طبقات کاربری شامل مسکونی–صنعتی، کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، باغات، مراتع، مراتع خیلی شور، مراتع شور و تالاب بودند. از باندهای طیفی و شاخص‌های مذکور به عنوان ورودی‌های مدل جنگل تصادفی بهره گرفته شد. برای بهبود انسجام مکانی از فیلتر Majority استفاده و در نهایت داده‌ها با نسبت ۷۰٪ آموزش و ۳۰٪ آزمون تفکیک شده و ارزیابی با صحت کلی و ضریب کاپا انجام گردید.

نتایج و بحث

بررسی تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه طی بررسی بازه زمانی ۴۰ ساله نشان‌دهنده دگرگونی‌های چشمگیر در الگوهای بهره‌برداری از اراضی است (شکل ۲). همچنین اطلاعات کمی مربوط به مساحت هر کلاس کاربری به هکتار و درصد در جدول ۱ آمده است.



شکل ۲– روند تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه بین سال‌های مدنظر

جدول ۱- مساحت هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی (درصد)

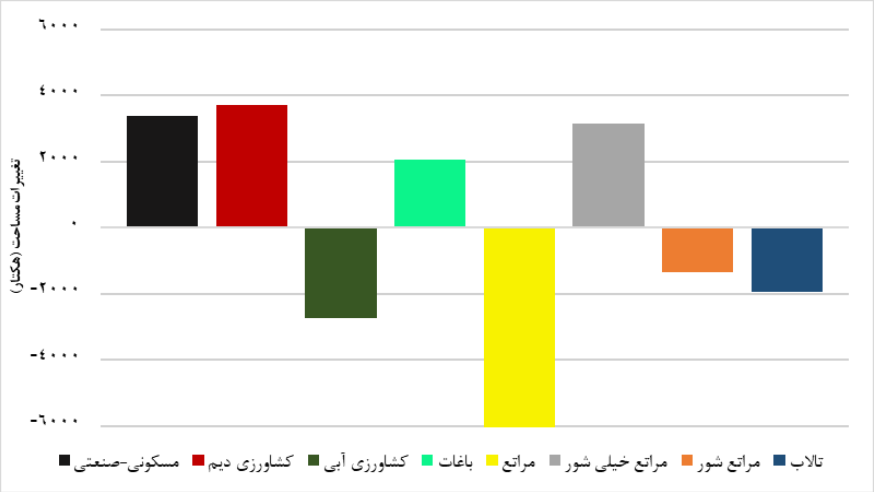
سال	مسکونی-صنعتی	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	باغات	مراتع	مراتع خیلی شور	مراتع شور	تالاب
۱۳۶۴	۱/۲۸	۰/۸۲	۵۳/۸۵	۰/۵۴	۲۰/۳۸	۱/۸۲	۱۶/۸۶	۴/۴۴
۱۳۷۴	۳/۱۸	۱	۵۳/۶۸	۱/۱۸	۱۷/۸۳	۱/۹۸	۱۶/۸۲	۴/۳۳
۱۳۸۴	۴/۰۶	۱/۵۷	۵۳/۳۹	۲/۰۳	۱۶/۲۰	۳/۶۶	۱۴/۹۳	۴/۱۶
۱۳۹۴	۵/۳۱	۴/۳۶	۵۰/۲۹	۳/۰۶	۱۴/۰۳	۵/۱۲	۱۴/۶۶	۳/۱۷
۱۴۰۴	۷/۱۵	۷/۲۷	۴۹/۱۲	۴/۱۵	۹/۴۱	۷/۳۰	۱۴/۵۱	۱/۰۹

کلاس کاربری مسکونی-صنعتی طی این دوره بیش از ۵ برابر افزایش پیدا کرده است. این روند به توسعه زیرساخت‌های شهری در شهرستان آبیک، نزدیکی به پایتخت (تهران) و احداث و توسعه صنایعی نظیر نیروگاه شهید رجایی، گلخانه‌ها و مرغداری‌ها بازمی‌گردد. این یافته با مطالعات مشابه Delavar و Mohammady (2016) در مناطق پیرامونی تهران که رشد شتاب‌دار شهری و صنعتی را تجربه کرده‌اند، هم‌راستا است با این حال، این رشد به قیمت کاهش اراضی کشاورزی و فشار بر منابع آب و محیط زیست حاصل شده است (Deep and Saklani, 2014). کشاورزی دیم با افزایشی تقریبا ۹ برابری جایگزین بخشی از اراضی کشاورزی آبی شده است. این تغییر عمدتاً ناشی از بحران آب، کاهش بارندگی و گرایش کشاورزان به کشت‌های کم‌هزینه‌تر و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه بوده است (Molénat et al., 2011). با وجود مزایای اقتصادی، این تغییر موجب افزایش آسیب‌پذیری نسبت به خشکسالی و فرسایش خاک شده است (Jaramillo et al., 2020). در مقابل، مساحت اراضی کشاورزی آبی کاهش حدود ۹ درصدی را نشان می‌دهد. بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، کاهش بارندگی و تغییر کاربری اراضی از علل اصلی این روند به شمار می‌روند. یافته‌های حاضر با نتایج مطالعه Madani (2014) در زمینه افت منابع آب و تأثیر آن بر کشاورزی، تطابق دارند. افزایش قابل‌توجه ۷/۷ برابری مساحت باغات نیز از دیگر تغییرات مهم این دوره است. سودآوری بالاتر این نوع کاربری در مقایسه با زراعت، عامل اصلی گرایش کشاورزان به ایجاد باغات است؛ مسئله‌ای که با یافته‌های Hu و همکاران (2023) هماهنگ است.

طی این دوره، بیش از نیمی از مراتع منطقه کاهش یافته‌اند که دلیل آن را می‌توان در چرای بیش از حد دام، خشکسالی و تبدیل به کاربری‌های کشاورزی و باغی دانست. کاهش پوشش گیاهی، تشدید فرسایش و از بین رفتن تنوع زیستی از پیامدهای

این پدیده است؛ مسئله‌ای که در مطالعات Mammo و Daba (2024) نیز گزارش شده است. مراتع شور نیز با کاهش همراه بوده‌اند، که می‌تواند ناشی از تبدیل تدریجی آن‌ها به کلاس خیلی شور باشد. در مقابل، مراتع خیلی شور با افزایش ۴ برابری، رو به رو شدند. خشک شدن تالاب صالحیه، افت سطح ایستابی و افزایش تبخیر به دلیل دمای نسبتا بالا، منجر به شور شدن بیشتر خاک‌ها و گسترش این کلاس شده‌اند. پیامد این روند، کاهش ظرفیت تولیدی اراضی و تشدید بیابان‌زایی است. همچنین کاهش ۷۵ درصدی سطح تالاب صالحیه به چشم می‌خورد. کاهش ورودی آب به تالاب به‌واسطه برداشت‌های بی‌رویه در بالادست، فعالیت‌های عمرانی نظیر احداث زهکش و فرودگاه آزادی، کاهش بارندگی و خشکسالی از علل اصلی این تغییر هستند. از بین رفتن تالاب‌ها علاوه بر تخریب زیستگاه‌های آبی، منجر به افزایش گرد و غبار و بحران‌های زیست‌محیطی خواهد شد که با نتایج اسکندری‌دامنه و قاسمی آریان (۱۴۰۳) همسو است.

در نهایت، نمودارهای مربوط به مقایسه مساحت هر کلاس کاربری به هکتار و تغییرات درصدی سالیانه هر کلاس کاربری در سال‌های مدنظر نیز تهیه و به ترتیب در شکل ۲ و ۳ آمده است.



شکل۳ - تغییرات مساحت کلاسهای کاربری اراضی در دوره چهل ساله(هکتار)

جدول۲ نیز نشان‌دهنده ارزیابی صحت طبقه‌بندی برای سال‌های مختلف می‌باشد. مقادیر بالا در هر دو شاخص بیانگر عملکرد مناسب مدل و قابلیت اطمینان نتایج طبقه‌بندی است.

جدول ۲ – ارزیابی صحت هر تصویر طبقه‌بندی شده در سال‌های مدنظر (درصد)

سال	صحت کل	ضریب کاپا
۱۳۶۴	۹۳/۹۱	۹۱/۰۸
۱۳۷۴	۹۱/۲۰	۸۸/۷۲
۱۳۸۴	۹۴/۶۶	۹۳/۴۸
۱۳۹۴	۹۳/۱۴	۹۱/۲۳
۱۴۰۴	۹۱/۸۸	۸۹/۵۸

نتیجه‌گیری

ترکیب روندهای افزایشی در کلاس‌هایی نظیر مسکونی-صنعتی، باغات و کشاورزی دیم و همچنین روندهای کاهشی در کلاس‌های دیگر مثل مراتع و تالاب به‌وضوح نشان‌دهنده تغییر الگوی بهره‌برداری از اراضی در جهت ناپایدار است. این الگو، اگرچه ممکن است در کوتاه‌مدت منافع اقتصادی را برای برخی بهره‌برداران فراهم کند، اما در بلندمدت منطقه را با بحران‌هایی جدی در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی روبه‌رو خواهد ساخت. عوامل کلیدی این تغییرات شامل رشد جمعیت، کاهش منابع آب، تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع است که همگی نیازمند بازنگری جدی و رویکردی جامع و هماهنگ

در سطح منطقه‌ای و ملی هستند. همچنین، استفاده از سامانه Google Earth Engine و الگوریتم جنگل تصادفی با دقت طبقه‌بندی بالا، بیانگر کارایی مطلوب این روش بوده و امکان تحلیل دقیق و گسترده تغییرات کاربری را فراهم کرده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که ابزارهای نوین پردازش ابری می‌توانند نقش مؤثری در پایش و مدیریت هوشمند منابع طبیعی ایفا کنند و بر لزوم بازنگری در برنامه‌ریزی‌های توسعه و تدوین راهبردهای هماهنگ با ظرفیت‌های اکولوژیکی در سطح منطقه‌ای و ملی تأکید دارند.

فهرست منابع

۱. اسکندری دامنه, هادی, قاسمی آریان. (۲۰۲۴). بررسی روند و تبیین پیشران‌های کلیدی بیابان‌زایی و تخریب سرزمین در تالاب صالحیه و شورهزار دشت مرکزی قزوین. *مدیریت جامع حوزه های آبخیز*.

۲. لطفی, پانته آ و احمدی ندوشن, مژگان . (۱۴۰۲). بررسی روند تغییرات کاربری اراضی کشاورزی در حوزه‌ی آبریز زاینده‌رود با استفاده از پلتفرم گوگل ارث انجین. محیط زیست و توسعه فرابخشی, ۸(۸۲), ۳۵-۴۸ . doi: 10.22034/envj.2024.421306.1323

3. Cohen, W. B., Yang, Z., & Kennedy, R. (2010). Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 2. TimeSync—Tools for calibration and validation. *Remote Sensing of Environment*, *114*(12), 2911-2924.
4. Daba, B., & Mammo, S. (2024). Rangeland degradation and management practice in Ethiopia: A systematic review paper. *Environmental and Sustainability Indicators*, 100413.
5. Deep, S., & Saklani, A. (2014). Urban sprawl modeling using cellular automata. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *17*(2), 179-187.
6. Hu, Q., Gao, X., Wang, S., Wang, Q., Qin, Y., Zhang, W., ... & Li, Z. (2023). Exploring the characteristics and driving forces of orchard expansion in ecological fragile region: A case study of three typical counties in the Loess Plateau. *Frontiers in Environmental Science*, *10*, 1097236.
7. Human, G. (2016). Atlas of the Human Planet 2016.
8. Jaramillo, S., Graterol, E., & Pulver, E. (2020). Sustainable transformation of rainfed to irrigated agriculture through water harvesting and smart crop management practices. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *4*, 437086.
9. Madani, K. (2014). Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. *Journal of environmental studies and sciences*, *4*, 315-328.
10. Manikandababu, C. S., Alzaben, N., Maashi, M., & Geetha, M. (2025). Mapping Coastal Urbanization Impacts with Object-Based Image Classification and Land use/Land Cover Change Detection: A Focus on Sustainable Development. *Journal of South American Earth Sciences*, 105559.
11. Mohammady, S., & Delavar, M. R. (2016). Urban sprawl assessment and modeling using landsat images and GIS. *Modeling Earth Systems and Environment*, *2*, 1-14.
12. Molénat, J., Barkaoui, K., Benyoussef, S., Mekki, I., Zitouna, R., & Jacob, F. (2023). Diversification from field to landscape to adapt Mediterranean rainfed agriculture to water scarcity in climate change context. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *65*, 101336.
13. Mousavi, S. R., Sarmadian, F., Omid, M., & Bogaert, P. (2022). Three-dimensional mapping of soil organic carbon using soil and environmental covariates in an arid and semi-arid region of Iran. *Measurement*, *201*, 111706.
14. Tsai, Y. H., Stow, D., An, L., Chen, H. L., Lewison, R., & Shi, L. (2019). Monitoring land-cover and land-use dynamics in Fanjingshan National Nature Reserve. *Applied Geography*, *111*, 102077.
15. Xie, Z., Phinn, S. R., Game, E. T., Pannell, D. J., Hobbs, R. J., Briggs, P. R., & McDonald-Madden, E. (2019). Using Landsat observations (1988–2017) and Google Earth Engine to detect vegetation cover changes in rangelands-A first step towards identifying degraded lands for conservation. *Remote Sensing of Environment*, *232*, 111317.
16. Hu, Q., Gao, X., Wang, S., Wang, Q., Qin, Y., Zhang, W., ... & Li, Z. (2023). Exploring the characteristics and driving forces of orchard expansion in ecological fragile region: A case study of three typical counties in the Loess Plateau. *Frontiers in Environmental Science*, *10*, 1097
17. Zurqani, H. A., Post, C. J., Mikhailova, E. A., Schlautman, M. A., & Sharp, J. L. (2018). Geospatial analysis of land use change in the Savannah River Basin using Google Earth Engine. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, *69*, 175-185.

Monitoring of Land Use Changes Using the Google Earth Engine Platform in Abyek Region, Qazvin

Ayeh Javidfar, Fereydoon Sarmadian

MSc student of Soil Science and Engineering, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran
Professor, Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

Abstract

Land use change is recognized as a major driver threatening the sustainability of natural resources and agricultural productivity. This study aimed to assess land use changes over a period from 1985 to 2025 within an area of approximately 60,000 hectares in Abyek County, Qazvin Province, Iran. Landsat satellite imagery was processed and classified using the Google Earth Engine (GEE) platform. To improve classification accuracy, spectral bands were complemented with NDVI, EVI, NDBI, and MNDWI indices, as well as the SRTM digital elevation model and the Global Human Settlement Layer (GHSL). The analyzed land use classes included Residential–Industrial areas, Irrigated Agriculture, Rainfed Agriculture, Orchards, Rangelands, Saline Rangelands, Highly Saline Rangelands, and Wetland. Classification accuracy was evaluated through overall accuracy and the Kappa coefficient. The results revealed a more than fivefold increase in residential–industrial areas, a 7.7-fold increase in orchards, and nearly a ninefold expansion in rainfed agriculture, accompanied by a significant decline in irrigated lands and rangelands. These changes were mainly driven by urban expansion, water scarcity, climate change, and population growth. The findings highlight the urgent need for ecologically based land use planning to protect natural resources and steer regional development toward a more sustainable path.

Keywords: Cloud computing, Random Forest, Remote sensing, Land classification, Machine learning