



بررسی روند تغییرات کاربری اراضی کشاورزی در حوزه آبریز زاینده رود با استفاده از پلتفرم گوگل ارث انجین

پاتنه آ لطفی^۱، مژگان احمدی ندوشن^{۲*}

۱- گروه محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- مرکز تحقیقات پسماند و پساب، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	<p>مقدمه: خشکسالی پدیده‌ای طبیعی است که تقریباً در اکثر مناطق جهان اتفاق می‌افتد و به علت ارتباط نزدیک با محصولات کشاورزی و منابع آب یکی از پارامترهای مهم در علوم محیطی به شمار می‌رود. اثرات این پدیده در مناطق خشک و نیمه‌خشک به علت بارندگی سالانه کمترشان، بیشتر است. در مقابل روش‌های سنتی، استفاده از تکنیک سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یک ابزار مفید برای پایش خشکسالی کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. هدف این پژوهش بررسی تغییرات کاربری اراضی کشاورزی با استفاده از شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی و تصاویر ماهواره‌ای است.</p>
تاریخچه مقاله:	
دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۰ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴	
کلمات کلیدی:	<p>مواد و روش‌ها: در این مطالعه، از تصاویر ماهواره‌ای لندست به منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی کشاورزی در حوزه آبریز زاینده‌رود طی سال‌های ۱۳۶۳-۱۴۰۲ استفاده شد. برای انجام این مطالعه ابتدا از شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی هر سال بهره گرفته شد. از آنجا که الگوهای متنوعی از کشت با تفاوت‌های زمانی مختلفی در طول یک سال در منطقه مورد مطالعه حضور پیدا می‌کند نمی‌توان از یک تصویر منتخب به عنوان مبنای یک سال استفاده کرد بر خلاف آن لازم است تا تصاویر مختلف برای زمان‌های مختلف سال مورد بررسی قرار گیرند تا مجموعه تمامی پیکسل‌هایی که در یک سال زراعی به زیر سطح کشت رفته‌اند، شناسایی و مشخص شوند. از آنجا که انجام این فرایند بسیار زمان بر خواهد بود، از یک رویکرد ابتکاری استفاده شد. ابتدا در سامانه گوگل ارث انجین تمام تصاویر سالانه لندست به صورت سال به سال فراخوانی شدند. سپس تصاویری که دارای پوشش ابر بودند حذف شده و فیلتر حداکثر بر روی باندهای تصاویر باقیمانده اعمال شد. سپس شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی تصاویر سالانه جدید ساخته شد و با اعمال حدود آستانه ۰/۲، اراضی کشاورزی از سایر اراضی تفکیک گردید. وسعت اراضی کشاورزی در هر سال محاسبه و مدل رگرسیون خطی برای شناسایی روند تغییرات مورد استفاده قرار گرفت. به این عبارت که وسعت اراضی کشاورزی به عنوان متغیر وابسته و زمان در مقیاس سالانه به عنوان پارامتر مستقل مورد استفاده قرار گرفت.</p>
تصاویر ماهواره‌ای، شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی، کاربری اراضی، زاینده‌رود	
نتایج:	<p>وسعت اراضی کشاورزی در اوایل دهه ۱۳۶۰، در حدود ۲۵ هزار هکتار بوده است که با روندی کاهشی در طول زمان در سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۹۳ به مقدار ۲۱۷۰۰ و ۱۵۱۸۰ هکتار رسیده و در نهایت در سال ۱۴۰۱ به کمترین مقدار خود برابر با ۱۱۲۵۰ هکتار رسیده است. این روند، کاهش ۵۵ درصد در</p>

رها سازی اراضی کشاورزی در این مقطع زمانی را نشان می دهد. همچنین مقدار شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی در اراضی کشاورزی نیز به مرور زمان روند کاهشی را تجربه کرده است که بیانگر تغییر الگوی کشت به سمت کشت های کم تراکم با زیست توده کم مانند گندم است.

بحث: نتایج حاصل از روند تغییرات وسعت کاربری کشاورزی در منطقه مورد مطالعه، الگوی کاهشی را نشان داد یعنی از دست روی اراضی کشاورزی رخ داده است که این روند منطبق با الگوی کاهش سطح آب سد زاینده رود است. این پدیده را می توان مستقیماً به کاهش منابع آب در منطقه نسبت داد. در دهه اخیر، حجم آب اختصاص یافته برای انجام فعالیت های کشاورزی در این منطقه به دلیل نزدیک شدن حجم آب سد زاینده رود به محدوده های بحرانی بسیار کاهش پیدا کرده است.

مقدمه

مفهوم سرمایه اجتماعی بعد از مطرح شدن موضوع توسعه پایدار در دهه های پایانی قرن بیستم از طرف صاحب نظران مطرح شد (Mohammadzadeh, 2022). بهره برداری بی رویه و ناپایدار از زمین در کنار دو منبع آب و هوا، از جمله مشکلات اساسی بشر در قرن ۲۱ محسوب می شود (Barati et al., 2015). تغییرات کاربری اراضی ناشی از فعالیت های انسانی، اثرات گسترده ای بر سیمای سرزمین دارد. بررسی این تغییرات می تواند در برنامه ریزی و مدیریت پایدار سرزمین ضروری باشد (Azareh et al., 2023). تغییر و تحولات به وجود آمده در این منابع در سال های اخیر بشر را با مشکلات فراوانی مانند فقر، گرسنگی، سوء تغذیه و دیگر آثار اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی روبه رو کرده است. در میان دلایل مختلف به وجود آورنده این تغییرات، تغییر کاربری و پوشش اراضی، به ویژه اراضی کشاورزی، از جمله مهمترین آن هاست (FAO, 2012).

خشکسالی یک پدیده طبیعی است که اثرات زیادی بر محصولات کشاورزی از جمله کاهش سطح زیر کشت، کاهش عملکرد محصول، تغییر الگوی کشت و در نتیجه تهدید امنیت غذایی انسان و موجودات زنده دارد (Gulácsi et al., 2015; Heim, 2002). همچنین اثرات اجتماعی و محیط زیستی خشکسالی مانند تهدید امنیت سلامتی انسان (Liu et al., 2016)، افزایش سوء تغذیه (Shaw et al., 2020; Belesova et al., 2019)، مهاجرت ساکنان روستایی (Haeffner et al., 2018)، تأثیر بر پوشش گیاهی و گسترش بیابان زایی (Rousta et al., 2020; Emadodin et al., 2019) است. با این حال، پایداری کشاورزی تا حد زیادی به حفظ منابع

طبیعی آب و خاک بستگی دارد. بنابراین، نظارت بر تکامل استفاده از کاربری کشاورزی در رابطه با پویایی وضعیت این منابع در چارچوب یک سیستم نظارتی که به تولید اطلاعات تصمیم گیری اختصاص دارد، لازم است (Bounif et al., 2021).

در دهه های اخیر، روش های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزار مفیدی در بررسی و پیش بینی تغییرات محیط زیستی کاربرد زیادی دارند (Choudhary et al., 2018). داده های سنجش از دور به دلیل دارا بودن ویژگی هایی از جمله پوشش وسیع، به هنگام بودن، تکراری بودن، توان تفکیک طیفی، راديو متریک و مکانی بالا، فرمت رقومی و امکان پردازش کامپیوتری، از پتانسیل زیادی برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی - پوشش اراضی دارا است (Sabzghabaei et al., 2016). استفاده از اطلاعات سنجش از دور، امکان مطالعه تغییرات کاربری اراضی را در کمترین زمان، با هزینه کم و دقت بالا میسر ساخته است (Kachhwala, 1985). دسترسی به تصاویر ماهواره های پیشرفته با وضوح بالا و به کارگیری ابزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحول زیادی در نظارت و مدل سازی الگوهای کاربری اراضی و پوشش گیاهی فراهم نموده است (Rawat & Kumar, 2015).

نقشه اراضی کشاورزی لایه ای اطلاعاتی مهمی برای مدیریت این اراضی به شمار می رود. چنین نقشه هایی امکان پایش متداوم زمین های کشاورزی را در طول دوره کشت، فراهم می کنند. بنابراین، با در دسترس بودن نقشه های به روز از اراضی کشاورزی، دغدغه ای مبنی بر کمبود داده های مرجع از کلاس های غیر زراعی در مطالعات گوناگون وجود نخواهد داشت. داده های سنجش از دور، به دلیل سطح پوشش وسیع و نیز

و برای کاهش خطا، مناطق شهری را حذف کردند. نتایج نشان می‌دهد که بهترین مجموعه داده، باندهای B2 تا B7 از هر تصویر و شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی موجود در دوره مورد مطالعه بود که صحت کلی ۹۹/۰ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۸۶۷ را به دست آوردند. مجموعه داده ویژگی‌های آماری ۹۷/۳ درصد صحت کلی و ضریب کاپا ۰/۹۶۴۴ را به دست آوردند. با توجه به اهمیت تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن، هدف از این مطالعه بررسی تغییرات اراضی کشاورزی با استفاده از سنجش از دور است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز زاینده‌رود با وسعت ۴۱۵۵۰ کیلومتر مربع به عنوان بخشی از فلات مرکزی ایران در استان اصفهان و چهارم‌حال و بختیاری بین طول جغرافیایی ۵۰° ۳۲' تا ۱۸' ۳۲° عرض شمالی و ۴۲' ۵۱° تا ۵۲' ۵۰° طول شرقی واقع شده است. این منطقه از قسمت جنوب و جنوب غرب به کوه‌های دامنه‌ی رشته‌کوه زاگرس و از غرب به نواحی دشتی واحد هیدرولوژیک دشت کوهپایه و سگزی ختم می‌شود. از لحاظ توپوگرافی، قسمت عمده این منطقه بخصوص در قسمت مرکز شامل دشت‌های مسطح با شیب کمتر از ۸ درصد است که به مجموعه‌ای از کوه‌های پراکنده در حاشیه‌ی آن ختم شده و مرز منطقه را تشکیل می‌دهد (Soffianian et al., 2012).

شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی برای مطالعه

اراضی کشاورزی: شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی، یک شاخص سنجش از دور رایج است که میزان و سلامت پوشش گیاهی در یک منطقه معین بر اساس بازتاب طیفی پوشش گیاهی در تصاویر ماهواره‌ای یا هوایی را کمی می‌کند (Snyder et al., 2019). این شاخص به ویژه برای نظارت بر تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان، ارزیابی سلامت محصول، شناسایی انواع پوشش زمین و مطالعه تاثیر عوامل محیطی بر رشد پوشش گیاهی مفید است و به طور گسترده در کشاورزی برای بهینه‌سازی شیوه‌های مدیریت محصول، در جنگلداری برای ارزیابی سلامت جنگل و زیست‌توده و در اکولوژی و علوم

قدرت‌های تفکیک زمانی و مکانی متفاوت، کاربرد وسیعی در تحقیقات کشاورزی و تولید نقشه‌ی اراضی دارند (Taheri Dehkordi et al., 2022). یکی از مفیدترین شاخص‌ها، شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی^۱ است. که نخستین بار توسط Tucker به عنوان شاخص سلامت تراکم پوشش گیاهی بیان شد (Tucker, 1997). این شاخص نه تنها قابلیت تهیه نقشه حضور پوشش گیاهی بر پایه پیکسل را دارد، بلکه توانائی تعیین تراکم پوشش گیاهی در یک پیکسل را نیز دارا است.

پژوهش‌هایی در سال‌های اخیر در سطح جهان انجام شده است که در اکثر آن‌ها با به کارگیری داده‌ها و روش‌های سنجش از دور، اقدام به پهنه‌بندی شدت و وسعت خشکسالی کشاورزی شده است. Al-Maimani و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود به این نتیجه دست یافتند که سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور ابزارهای مفیدی در پایش، ارزیابی و تحلیل محیطی برای بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی هستند. تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در نقشه‌برداری کیفیت آب و خاک، ارزیابی مکانی برای تنش کمی آب، تناسب زمین، توزیع آفات و بیماری‌های محصولات و همچنین ترسیم و ایجاد سیستم‌های مدیریت پایگاه داده^۲ برای کشت‌های حفاظت شده استفاده شده است. همچنین سنجش از دور برای نقشه‌برداری از تغییرات پوشش زمین و استفاده از آن، شناسایی و نقشه‌برداری شوری خاک و پایش خشکسالی‌های کشاورزی استفاده شده است. در کشاورزی کشاورزی محیط کنترل شده^۳، سنجش از دور برای نقشه برداری، تشخیص و طبقه‌بندی گلخانه‌ها از طریق تصاویر هوایی و ماهواره‌ها استفاده شد. Becker و همکاران (۲۰۲۱) ویژگی آماری برای طبقه‌بندی کاربری اراضی و پوشش زمین در پلتفرم گوگل ارث انجین با استفاده از تصاویر لندست ۸ در حوضه رودخانه سائو فرانسیسکو برزیل را بررسی کردند. آن‌ها در این مطالعه تنها ۴ کلاس جنگل، پهنه‌های آبی، مرتع و کشاورزی را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از میانه و انحراف معیار شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده کردند

¹ Normalized Difference Vegetation Index

² Generating Database Management Systems

³ Controlled Environment Agriculture

به زیر سطح کشت رفته‌اند، شناسایی و مشخص شوند. از آن‌جا که انجام این فرایند بسیار زمان بر خواهد بود، از یک رویکرد ابتکاری استفاده شد. ابتدا در سامانه گوگل ارث انجین تمام تصاویر سالانه لندست به صورت سال به سال فراخوانی شدند. سپس تصاویری که دارای پوشش ابر بودند حذف شده و فیلتر حداکثر بر روی باندهای تصاویر باقیمانده اعمال شد. این امر باعث شد تا یک تصویر مرکب برای هر سال ساخته شود که هر پیکسل در آن، چنانچه تنها برای مدت کوتاه زیر کشت بوده و بازتاب قابل توجهی در باند مادون قرمز نزدیک ایجاد کرده است، آن پیکسل در تصویر زمان مذکور به عنوان پیکسل منتخب در ساخت تصویر جدید مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر تصویر تولید شده توسط این دستور می‌تواند تمامی نواحی که به زیر کشت رفته‌اند را شناسایی و حداکثر مقدار سبزیگی آن‌ها را برای ساخت تصویر جدید انتخاب کند. سپس شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی تصاویر سالانه جدید ساخته شد و با اعمال حدود آستانه ۰/۲، اراضی کشاورزی از سایر اراضی تفکیک گردید. وسعت اراضی کشاورزی در هر سال محاسبه و مدل رگرسیون خطی برای شناسایی روند تغییرات مورد استفاده قرار گرفت. به این عبارت که وسعت اراضی کشاورزی به عنوان متغیر وابسته و زمان در مقیاس سالانه به عنوان پارامتر مستقل مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر وسعت، متوسط مقدار شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی در نواحی که به عنوان اراضی کشاورزی استخراج گردید. به عبارت دیگر، متوسط این شاخص در اراضی کشاورزی هر سال محاسبه و مقدار عددی آن‌ها نیز نسبت به واحد زمان بر اساس مدل رگرسیونی بررسی گردید. فرض مورد استفاده بر این بود که محصولات کشاورزی با مصرف آبی بالا دارای تاج پوشش متراکم گیاهی بوده و مقدار شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی آن‌ها بالا است، حال آن‌که گیاهان زراعی مقاوم به خشکی عمدتاً دارای مقدار

محیط‌زیستی برای اهداف مختلف تحقیقاتی استفاده می‌شود (Yang et al., 2020). شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی را می‌توان از داده‌های سنسجس از راه دور بدست آمده توسط ماهواره‌ها، هواپیماها یا هواپیماهای بدون سرنشین مجهز به حسگرهای مناسب که قادر به گرفتن باندهای طیفی مورد نیاز (نزدیک مادون قرمز و قرمز) هستند، محاسبه کرد. محدوده‌های طیفی معمولی مورد استفاده برای محاسبه این شاخص عبارتند از:

باند قرمز (Red): به طور معمول، از محدوده طیفی طول موج مرکزی در حدود ۰/۶۷ میکرومتر (μm) استفاده می‌شود.

باند مادون قرمز نزدیک (NIR): به طور معمول، از محدوده طیفی طول موج مرکزی در حدود ۰/۸۶ میکرومتر (μm) استفاده می‌شود.

برای محاسبه این شاخص در ماهواره لندست ۵ و ۷ از (معادله ۱) و در ماهواره لندست ۸ از (معادله ۲) استفاده می‌شود. مقادیر نزدیک به ۱ در این شاخص نشان‌دهنده پوشش گیاهی سبز کاملاً سالم و متراکم است. مقادیر نزدیک به صفر معمولاً سطوح بدون پوشش گیاهی، مانند زمین‌های بایر، بدنه‌های آبی یا مناطق شهری را نشان می‌دهد و مقادیر منفی ویژگی‌هایی مانند ابر، برف یا توده‌های آبی را به تصویر می‌کشد (Idrees et al., 2022).

$$NDVI = \frac{(Band\ 4 - Band\ 3)}{(Band\ 4 + Band\ 3)} \quad (1)$$

$$NDVI = \frac{(Band\ 5 - Band\ 4)}{(Band\ 5 + Band\ 4)} \quad (2)$$

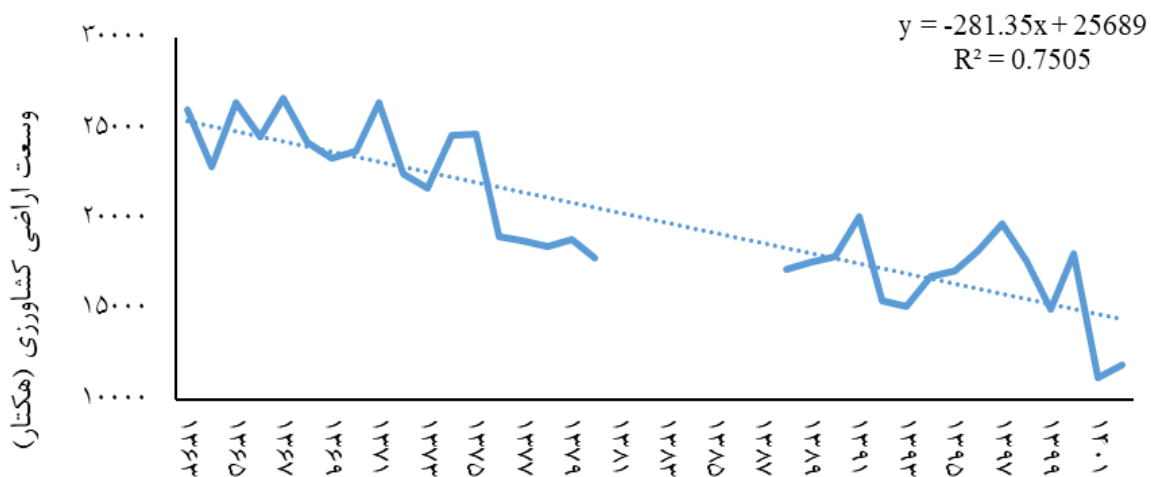
شناسایی تغییرات سطح کشاورزی: برای انجام این مهم از شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی هر سال بهره گرفته شد. از آن‌جا که الگوهای متنوعی از کشت با تفاوت‌های زمانی مختلفی در طول یک سال در منطقه مورد مطالعه حضور پیدا می‌کند (مانند کشت گندم در بهار و برنج در تابستان) نمی‌توان از یک تصویر منتخب برای به عنوان مبنای یک سال استفاده کرد بر خلاف آن لازم است تا تصاویر مختلف برای زمان‌های مختلف سال مورد بررسی قرار گیرند تا مجموعه تمامی پیکسل‌هایی که در یک سال زراعی

شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی پایینی هستند (Lavrenko *et al.*, 2022). بر این اساس چنانچه کشت محصولات در سال‌های اخیر از کشت محصولاتی با نیاز آبی و تراکم بالا به سمت گیاهان مقاوم حرکت کرده باشد، این تغییر در کاهش مقدار عددی شاخص تفاضل گیاهی پدیدار خواهد شد.

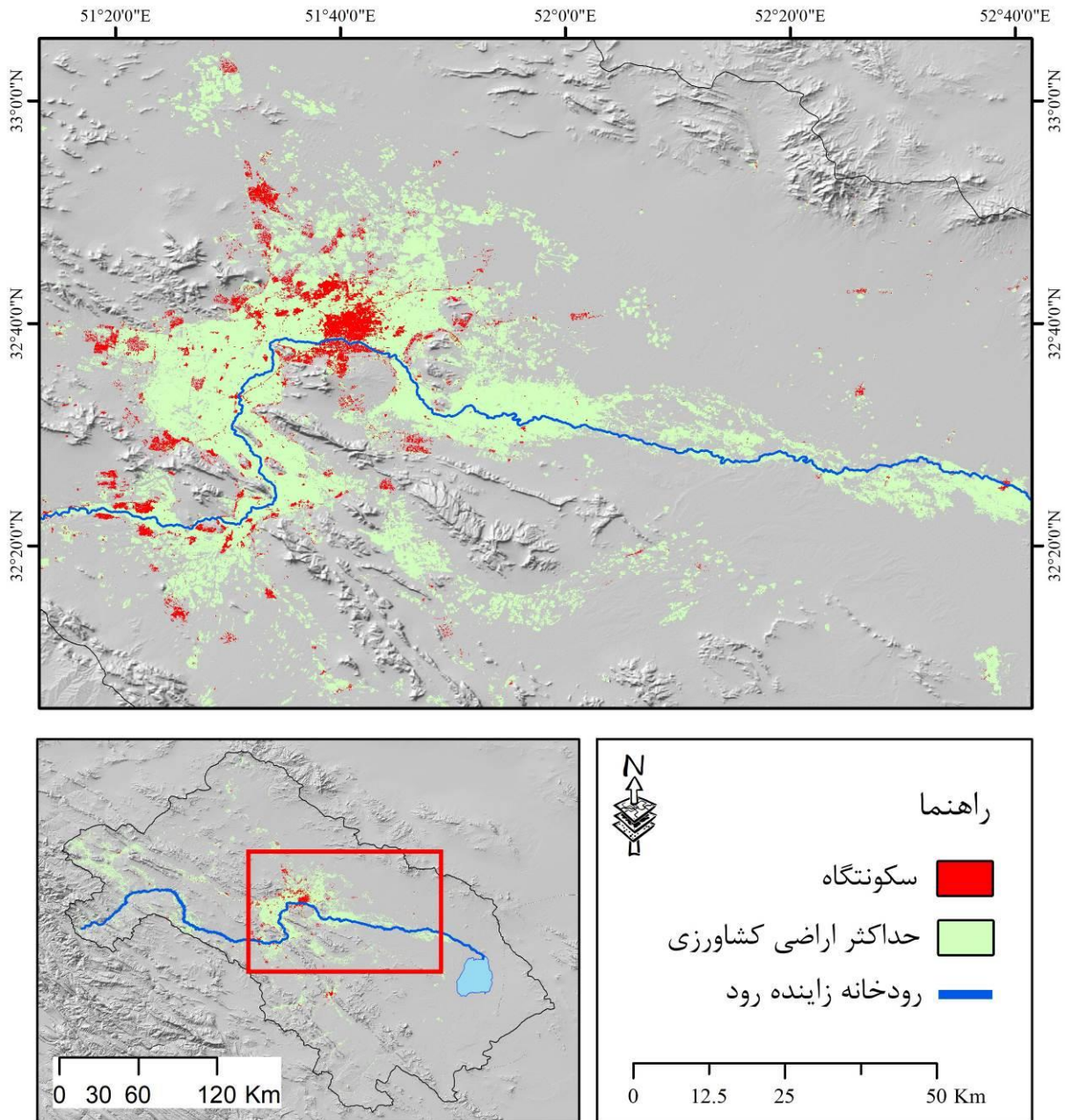
نتایج

تغییرات سطح اراضی کشاورزی: با آستانه‌گذاری بر روی متوسط سالانه شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی برای سال‌هایی که تصاویر ماهواره لندست برای آن‌ها موجود بود، نقشه وسعت سالانه‌ی اراضی کشاورزی حوضه بدست آمد (شکل ۱). بر اساس این نتایج، روند کاهش وسعت اراضی کشاورزی در این حوضه آبریز به خوبی مشخص است. در ابتدای مقطع زمانی مورد مطالعه، وسعت اراضی کشاورزی در حدود ۲۵ هزار هکتار بوده است که با روندی کاهش در طول زمان در سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۹۳ به مقدار ۲۱۷۰۰ و ۱۵۱۸۰ هکتار رسیده و در نهایت در سال ۱۴۰۱ به کمترین مقدار خود برابر با

۱۱۲۵۰ هکتار رسیده است. این روند، کاهش ۵۵ درصد در رهاسازی اراضی کشاورزی در این مقطع زمانی را نشان می‌دهد. چنانچه در شکل شکل ۱ نشان داده شده است، این روند کاهش در طول زمان به صورت خطی بوده است ($R^2 = 0.75$). شکل ۲ توزیع مکانی حداکثر وسعت اراضی کشاورزی در سال ۱۳۶۷ را نشان می‌دهد که پهنه‌های وسیعی از حوضه آبریز گاوخونی را در بر گرفته است حال آنکه که در شکل ۳ کاهش حداکثری اراضی به کمترین مقدار در سال ۱۴۰۱ را نشان می‌دهد. بر اساس توزیع مکانی به‌وقوع پیوسته، کاهش وسعت اراضی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه به سمت نواحی دوردست رودخانه زاینده‌رود بوده است. به عبارت دیگر، عدم دسترسی اراضی کشاورزی دوردست از رودخانه زاینده‌رود به آب آن، یکی از مهمترین مواردی بوده است که موجب کاهش وسعت اراضی کشاورزی در این منطقه شده است. توسعه شهر اصفهان و حومه آن از دیگر عواملی است که منجر به از دست‌روی اراضی کشاورزی شده است.



شکل ۱- وسعت سالانه اراضی کشاورزی حوزه آبریز گاوخونی از سال ۱۳۶۲ تا ۱۴۰۲



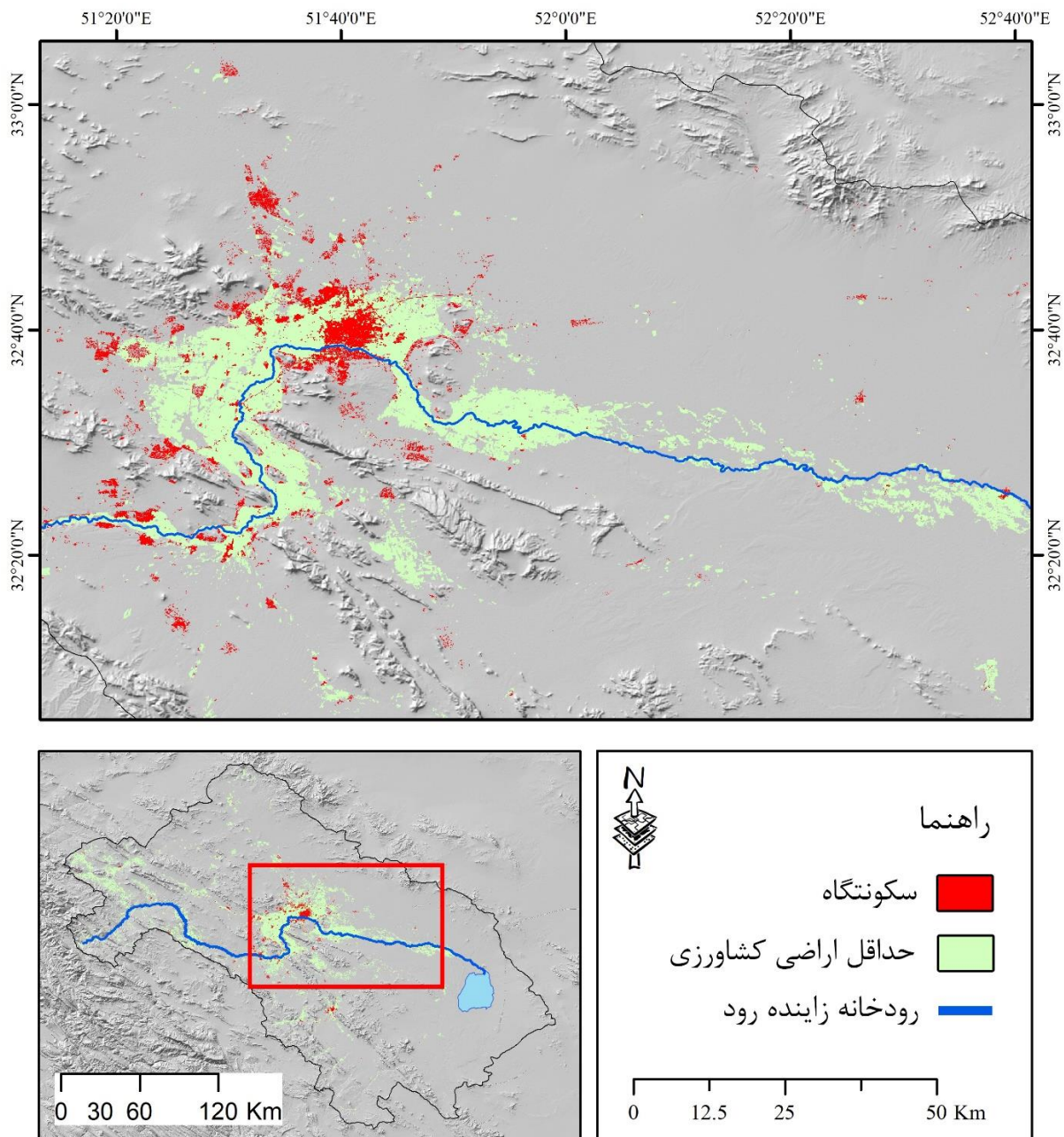
شکل ۲- حداکثر وسعت اراضی کشاورزی در سال ۱۳۶۷ در حوضه آبریز گاوخونی حاصل از آستانه گذاری شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی

واسطه کانال کشی رودخانه، به آب آن دسترسی پیدا کرده‌اند مشخص است. به صورت کلی، در شمال و جنوب رودخانه زاینده‌رود در نواحی میان دست، اثر کاهش آب بر دست روی و راه‌سازی اراضی کشاورزی به خوبی مشخص است. چنانچه در شکل ۵ نشان داده شده است، مقدار شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی در اراضی کشاورزی نیز به مرور زمان روند کاهشی را تجربه کرده است. چنانچه فرض عدم اثر پیکسل‌های حاشیه و مخلوط در نظر گرفته شود، روند کاهشی مقدار شاخص تفاضل

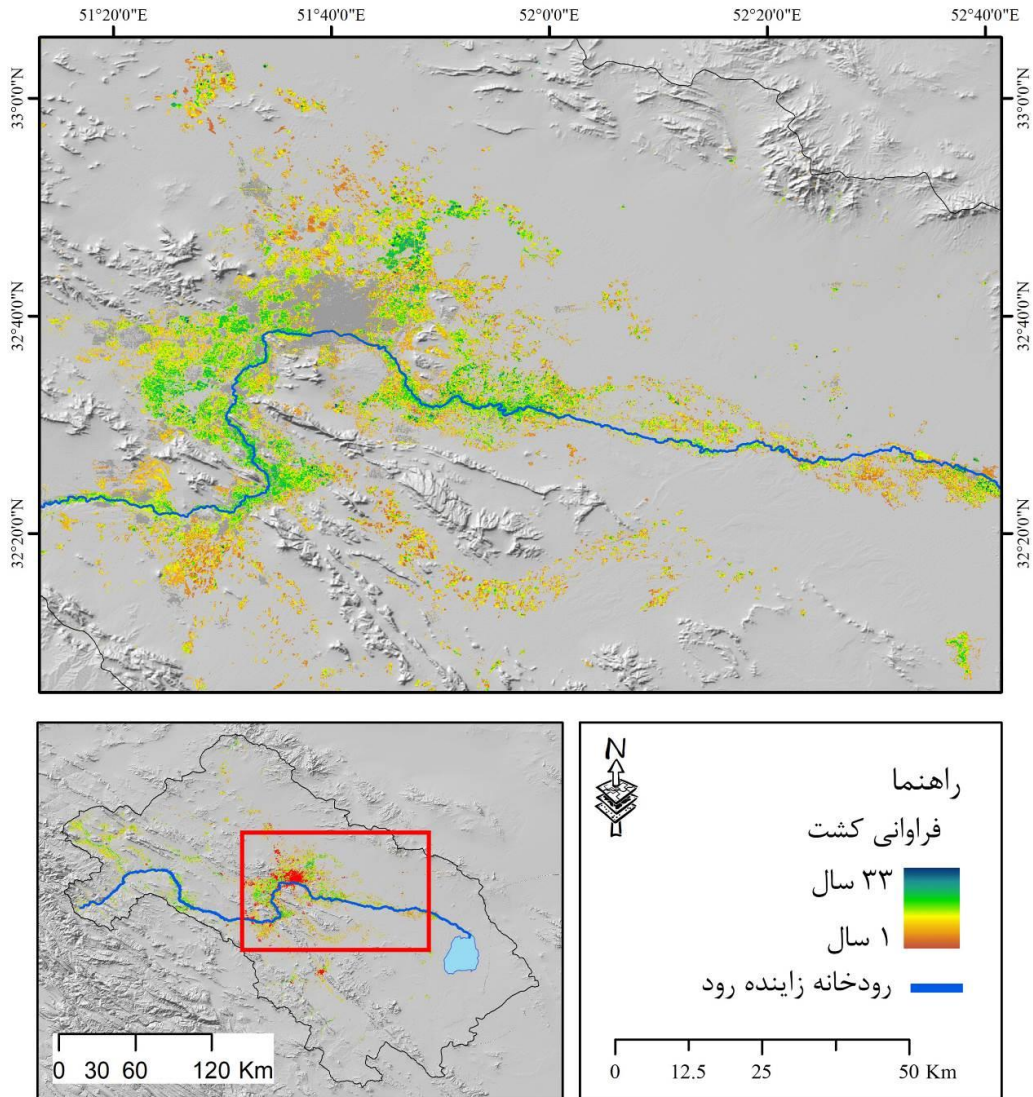
مجموع توزیع مکانی اراضی کشاورزی منطقه مورد مطالعه به صورت نقشه فراوانی در شکل ۴ نشان داده شده است. رنگ‌های متمایل به سبز در این نقشه، بیانگر اراضی هستند که در دفعات بالایی از کشت را تجربه کرده‌اند حال آن‌که نواحی که به رنگ قرمز متمایل هستند، اراضی کشاورزی دور از منابع را نشان می‌دهد که به دلیل کمبود منابع آب، اغلب دوره‌های آیش فراوانی را تجربه می‌کنند. در این تصویر نیز بالا بودن تعداد دفعات کشت در پیرامون رودخانه زاینده‌رود و همچنین در پیرامون نواحی که به

محصولات به کار رفته) نمودار فراوانی آن‌ها در شکل ۶ نشان داده شده است. در این شکل روند مثبت خطی بین وسعت و مقدار شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی با ضریب تشخیص ۰/۵۴ قابل مشاهده است که بر این اساس می‌توان کاهش کمیت (وسعت) محصولات کشاورزی را روند کاهشی موجودی آب در حوزه نسبت داد.

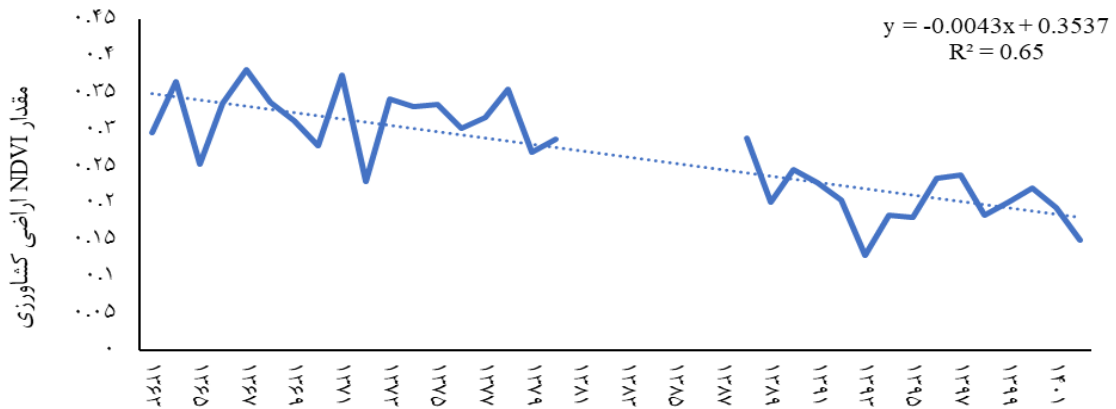
نرمال شده گیاهی از سال ۱۳۶۳ تاکنون بیانگر تغییر الگوی کشت به سمت کشت‌های کم‌تراکم با زیست‌توده کم مانند گندم است. به عبارت دیگر، کاهش آب نه تنها بر موجودی (وسعت) اراضی کشاورزی اثر گذاشته است بلکه در انتخاب نوع محصول و جایگزین کردن آن با محصولاتی که نیاز آبی کم دارند مشهود است. برای یافتن ارتباط بیشتر بین وسعت و مقدار شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی اراضی کشاورزی (به عنوان معیاری از نوع



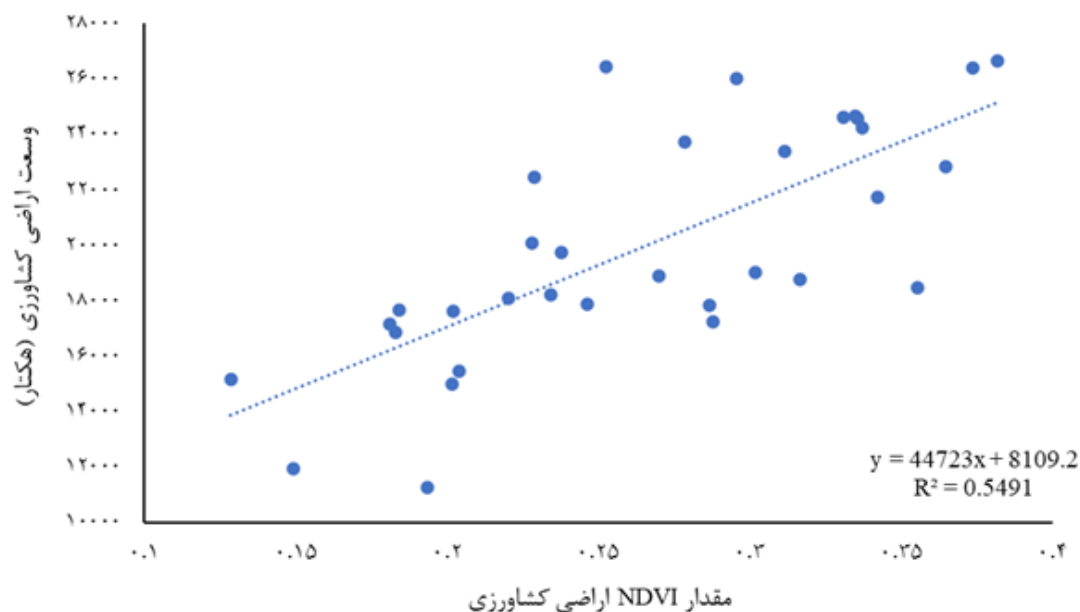
شکل ۳- حداقل وسعت اراضی کشاورزی در سال ۱۴۰۱ در حوزه آبریز گاوخونی حاصل از آستانه گذاری شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی



شکل ۴- نقشه‌ی توزیع مکانی فراوانی کشت از سال ۱۳۶۳ تا سال ۱۴۰۲ در حوضه گاوخونی



شکل ۵- روند تغییرات شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی اراضی کشاورزی در طول زمان مورد مطالعه



شکل ۶- نمودار ارتباط بین وسعت و مقدار شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی اراضی کشاورزی

بحث

می‌توان مستقیماً به کاهش منابع آب در منطقه نسبت داد. متأسفانه در دهه اخیر، حجم آب اختصاص یافته برای انجام فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه به دلیل نزدیک شدن حجم آب سد زاینده‌رود به محدوده‌های بحرانی بسیار کاهش پیدا کرده است. در حال حاضر، به طور متوسط کمتر از ۳۰۰ میلیون متر مکعب از حجم آب سد زاینده‌رود برای انجام فعالیت کشاورزی در سطح حوزه در رودخانه زاینده‌رود جاری می‌شود و این در حالی است که در حدود سال ۱۳۸۰، حجم آب اختصاص یافته به این بخش بسیار بالا و بیش از ۶۵۰ میلیون متر مکعب بوده است. همچنین در ابتدای دوره مورد مطالعه در این تحقیق که بیشترین وسعت اراضی کشاورزی در منطقه به چشم می‌خورد (بزرگتر از ۲۵ هزار هکتار) حجم آب اختصاص یافته برای انجام فعالیت‌های کشاورزی در این حوزه برابر با ۹۵۰ میلیون متر مکعب بوده است. از این رو تغییرات رخ داده در وسعت فعالیت‌های کشاورزی در منطقه را می‌توان به طور مستقیم به موجودی آب این حوزه نسبت داد.

با این حال مطالعاتی از قبیل Heydari و همکاران، (۲۰۲۱) و Moulai و Alinqipour (۲۰۱۹) نشان دادند که بخشی از اراضی کشاورزی در این منطقه نیز به واسطه گسترش نواحی سکونتگاهی به خصوص گسترش افقی شهر اصفهان اتفاق افتاده است، اما نتایج حاصل از این

روند تغییرات اراضی کشاورزی: توسعه اراضی کشاورزی یکی از اصول اساسی آمایش سرزمین در طول ۴۰ سال گذشته بوده است. این رویکرد در تمامی مناطق ایران موجب افزایش سطح اراضی کشاورزی شده است (kashefidust *et al.*, 2021; Mohamadzadeh & Feizizadeh, 2017). اما در برخی از مناطق به دلیل عدم تناسب وسعت اراضی اضافه شده به زیر کشت با موجودی آب حوزه به خصوص در مناطق مرکزی ایران باعث شده است تا تمامی تلاش‌های صورت گرفته برای توسعه اراضی کشاورزی ناکام مانده و کاهش شدیدی در وسعت اراضی کشاورزی به وقوع بپیوندد که در نهایت ممکن است به ناپایداری اقتصادی منجر شود (Mohammadi *et al.*, 2017). این امر را می‌توان به خوبی در حوزه آبخیز زاینده‌رود مشاهده کرد که بخشی اعظمی از فعالیت‌های کشاورزی آن در منطقه میان‌دست با استفاده از آب جاری در رودخانه زاینده‌رود که حجم آب آن در حال کاهش است، انجام می‌شود.

نتایج حاصل از روند تغییرات وسعت کاربری کشاورزی در منطقه مورد مطالعه، الگوی کاهشی را نشان داد که منطبق با الگوی کاهش سطح آب سد زاینده‌رود بر اساس مدل رگرسیون خطی بوده است. بروز این پدیده را

کاهش پیدا کرده است. چنین مطالعاتی می‌تواند داده‌های مناسبی از مقدار و حدود گستره کاربری‌ها در طی دوره‌های زمانی و همچنین حدود و گستره‌ی آن‌ها را به لحاظ مکانی در اختیار متولیان امر قرار دهد تا با اتخاذ تصمیمات مدیریتی لازم از تخریب و تغییرات اراضی جلوگیری به عمل آید. باید توجه داشت که چنانچه این روند ادامه دار باشد، اثرات شدید اقتصادی و اجتماعی و همچنین ناپایداری امنیت غذایی در سال‌های آینده دور از انتظار خواهد بود. مدیریت بهتر فعالیت‌های کشاورزی، منابع آب و آمایش مجدد سرزمین که منجر به تغییر مکان استقرار برخی از صنایع پرمصرف منطقه خواهد شد از نیازهای اساسی حوزه آبخیز زاینده‌رود در سال‌های آینده خواهد بود. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان به مجریان و سیاست‌گذاران پیشنهاد کرد که، به بررسی موجودی آب زیرزمینی و نقش آن در تغییرات اراضی کشاورزی در طول سال‌های گذشته و همچنین شناسایی سایر منابع آبی وارد شده به حوضه و اثر آن بر فعالیت‌های کشاورزی و شناسایی دقیق الگوهای کشت به‌جای استناد بر تغییرات شاخص گیاهی توجه نمایند.

منابع

1. Adamides, G., Kalatzis, N., Stylianou, A., Marianos, N., Chatzipapadopoulos, F., Giannakopoulou, M., Papadavid, G., Vassiliou, V. and Neocleous, D., 2020. Smart farming techniques for climate change adaptation in Cyprus. *Atmosphere*, 11(6), p.557. <https://doi.org/10.3390/atmos11060557>
 2. Al-Maimani, A.M., Al-Ismaili, A.M. and Charabi, Y., 2021. GIS And Remote Sensing Techniques In Controlled Environment Agriculture: A Review. *Journal Of Agricultural And Marine Sciences*. 26(2):10-23.
 3. Azareh, A., Rafiei Sardooi, E. and Mircholi, F., 2023. Analyzing and predicting the trend of land cover degradation and determining the changes in landscape metrics using remote sensing. *Water and Soil Management and Modelling*. [In persian] Doi: 10.22098/MMWS.2023.13021.1295
 4. Barati, A.A., Asadi, A., Kalantari, Kh., Azadi, H. and Mamoorian, M., 2015. Analyzing the impacts of agricultural land use change according to the experts
- مطالعه گویای این است که در طول ۴ دهه گذشته بیش از ۵۵ درصد از اراضی کشاورزی رهاسازی شدند که در مقایسه با تغییر کاربری اراضی از کشاورزی به سکونتگاهی که کمتر از ۳ درصد این اراضی را شامل می‌شود (Soffianian *et al.*, 2012) رقم بسیار قابل توجهی است. بر اساس توزیع مکانی رهاسازی بوقوع پیوسته، کاهش وسعت اراضی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه به سمت نواحی دوردست رودخانه زاینده‌رود بوده است. به عبارت دیگر، عدم دسترسی اراضی کشاورزی دوردست از رودخانه زاینده‌رود به آب آن، یکی از مهمترین مواردی بوده است که موجب کاهش وسعت اراضی کشاورزی در این منطقه در سال‌های اخیر شده است که این امر، بیش از پیش اهمیت وجود منبع آبی رودخانه زاینده‌رود به عنوان منبع کلیدی برای انجام فعالیت‌های کشاورزی را گوشزد می‌کند. از دست‌روی اراضی کشاورزی به واسطه کاهش ذخایر آب، یکی از شایع‌ترین پدیده‌های منجر به تغییر کاربری اراضی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان مانند مناطق مرکزی ایران بوده است (Khorsandi *et al.*, 2023). مطالعاتی از قبیل Jones و همکاران (۲۰۲۲) و Adamides و همکاران (۲۰۲۱) در تایید این نتایج نشان دادند که تغییر اقلیم و کاهش موجودی آب در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان تأثیر قابل توجهی بر کاهش تولیدات کشاورزی گذاشته و این امر را به یکی از اصلی‌ترین چالش‌های محیط‌زیستی تبدیل کرده است. تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات کاربری اراضی کشاورزی حوضه‌ی زاینده‌رود برای سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۶۳ شمسی انجام گرفت. از ابزارهای مفیدی که برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در سری‌های زمانی می‌تواند به خوبی مورد استفاده قرار گیرد استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای لندست در پلتفرم گوگل ارث انجین است. نتایج حاصل از روند تغییرات وسعت کاربری کشاورزی در منطقه مورد مطالعه، الگوی کاهشی را نشان داد یعنی از دست‌روی اراضی کشاورزی رخ داده است که دلیل آن را می‌توان مستقیماً به کاهش منابع آب در منطقه نسبت داد. متأسفانه در دهه اخیر، حجم آب اختصاص یافته برای انجام فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه به دلیل نزدیک شدن حجم آب سد زاینده‌رود به محدوده‌های بحرانی بسیار

- States. American meteorological society 83, 1149–1165.
14. **Heydari, M.T., Rahmani, M., hazrati, M. and boueini, M.T., 2021.** Evaluating the role of local management in land use development and improvement (Case study: rural settlements in Khoramdareh Township). *Physical Social Planning*, 4(20): 105-120. [In persian] Doi: <https://doi.org/10.30473/psp.2021.51682.2273>
 15. **Idrees, M.O., Omar, D.M., Babalola, A., Ahmadu, H.A., Yusuf, A. and Lawal, F.O., 2022.** Urban land use land cover mapping in tropical savannah using Landsat-8 derived normalized difference vegetation index (NDVI) threshold. *South African Journal of Geomatics*, 11(1).
 16. **Jones, M.W., Abatzoglou, J.T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., Smith, A.J., Burton, C., Betts, R.A., van der Werf, G.R. and Sitch, S., 2022.** Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics*, 60(3), p.e2020RG000726. <https://doi.org/10.1029/2020RG000726>
 17. **Kachhwala, T.S., 1985.** Temporal monitoring of forest land for change detection and forest cover mapping through satellite remote sensing. In *Proceedings of the 6th Asian Conf. on Remote Sensing*. Hyderabad, 1985 (pp. 77-83).
 18. **Kashefidust, D., ebrahimzade, I. and mosavi, M., 2022.** 'The Assessment of agricultural Ecological Capability with Spatial planning approach and Regional development Case Study: West Azerbaijan Province', *Geographical Planning of Space*, 11(42), pp. 75-89. [In persian] doi: [10.30488/gps.2020.217419.3178](https://doi.org/10.30488/gps.2020.217419.3178)
 19. **Khorsandi, M., Omid, T. and van Oel, P., 2023.** Water-related limits to growth for agriculture in Iran. *Heliyon*, 9(5): e16132, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16132>.
 20. **Lavrenko, S., Lykhovyd, P., Lavrenko, N., Ushkarenko, V. and Maksymov, M., 2022.** Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) yields forecast using normalized difference vegetation index. *International Journal of Agricultural Technology*, 18(3), pp.1033-1044.
 21. **Liu, S. and Li, W., 2011.** "The study on drought monitoring based on multi-source remotely sensed images". Eighth opinion of agricultural land organization in Iran. *Iranian Journal Of Agricultural Economics and Development Research*. 4(4): 639-650. [In persian] Doi:10.22059/IJAEDR.2014.53838
 5. **Becker, W.R., Ló, T.B., Johann, J.A. and Mercante, E., 2021.** Statistical features for land use and land cover classification in Google Earth Engine. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 21, p.100459. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100459>
 6. **Belesova, K., Agabiirwe, C. N., Zou, M., Phalkey, R. and Wilkinson, P., 2019.** Drought exposure as a risk factor for child undernutrition in low- and middle-income countries: A systematic review and assessment of empirical evidence. *Environment International* 131, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104973>
 7. **Bounif, M., Bouasria, A., Rahimi, A. and El Mjiri, I., 2021,** November. Study of agricultural land use variability in Doukkala irrigated area between 1998 and 2020. In *2021 Third International Sustainability and Resilience Conference: Climate Change* (pp. 170-175). IEEE.
 8. **Choudhary, K., Boori, M.S. and Kupriyanov, A., 2018.** Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21(2), pp.139-147. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.05.003>
 9. **Emadodin, I., Reinsch, T. and Taube, F., 2019.** Drought and Desertification in Iran. *Hydrology* 6, 1-12. <https://doi.org/10.3390/hydrology6030066>
 10. **FAO., 2012.** *FAO statistical Yearbook2012*. Rome: FAO.
 11. **Gulácsi, A. and Kovács, F., 2015.** Drought monitoring with spectral indices calculated from MODIS satellite images in Hungary. *Journal of Environmental Geography* 8, 11–20.
 12. **Haeffner, M., Baggio, J. A. and Galvin, K., 2018.** Investigating environmental migration and other rural drought adaptation strategies in Baja California Sur, Mexico. *Regional Environmental Change* 18, 1495–1507. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1281-2>
 13. **Heim, R. J., 2002.** A review of twentieth-century drought indices used in the United

- Dashti, S.S., Yousefi Khanghah, S. and Bazmara Baleshti, M., 2017.** 'Land use change detection using remote sensing and GIS (Case study: Qhaemshahr city)', *Journal of Environmental Science and Technology*, 19(3), pp. 143-157. [In persian] doi: 10.22034/jest.2017.11075
29. **Shaw, S., Khan, J. and Paswan, B., 2020.** Spatial modeling of child malnutrition attributable to drought in India. *International Journal of Public Health* 65, 281-290. <https://doi.org/10.1007/s00038-020-01353-y>
30. **Snyder, K.A., Huntington, J.L., Wehan, B.L., Morton, C.G. and Stringham, T.K., 2019.** Comparison of landsat and land-based phenology camera normalized difference vegetation index (NDVI) for dominant plant communities in the great basin. *Sensors*, 19(5), p.1139. <https://doi.org/10.3390/s19051139>
31. **Soffianian, A., Mokhtari, Z., Khajeuddin, J. and Ziyai, H., 2012.** Gradient analysis of urban landscape pattern (case study: Isfahan). *Human Geography Research*, 45 (1): 87-104. [In persian]
32. **Taheri Dehkordi, A.R., Valadzanzouj, M. and Safdarinezhad, A., 2022.** Cropland Mapping through Integration of Segmentation and Classification Techniques in Google Earth Engine. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*. 14(1): 1-20. [In persian] Doi: <https://doi.org/10.52547/gisj.14.1.1>
33. **Tucker, C.J., 1979.** Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), pp.127-150.
34. **Yang, Z., Witharana, C., Hurd, J., Wang, K., Hao, R. and Tong, S., 2020.** Using Landsat 8 data to compare percent impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of urban heat island effects in Connecticut, USA. *Environmental Earth Sciences*, 79, pp.1-13. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09159-0>
- International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Shanghai China.
22. **Mulai, N. and Alinqipour, M., 2019.** Investigating the trend of land use changes with emphasis on population increase during 1380-95 AH (case study: Rasht city, Gilan province). *Journal of Geographical Engineering of Territory*. 3(2): 225-241. [In persian]
23. **Mohammadi, F., Omidvar, N., Houshiar Rad, A., Mehrabi, Y. and Abdollahi, M., 2008.** Association of food security and body weight status of adult members of Iranian households. *Iranian journal of nutrition sciences & food technology*, 3(2), pp.41-53. [In persian]
24. **Mohammadzadeh, S., 2022.** Assessing the Social Capital among Farmers in Urmia City and Its Effect on Their Pro-Environmental Behavioral Tendencies. *Environment and Interdisciplinary Development*, 7(77), pp.32-48. [In persian] Doi: <https://doi.org/10.22034/envj.2022.161953>
25. **Mohmadzadeh, K. and Feizizadeh, B., 2017.** Modeling the impacts of Urmia lake drought on soil salinity of agricultural lands in the eastern area of fuzzy object based image analysis approach. *Journal of Rs and GIS For Natural Resource*. 8(28): 54-72. 2017. [In persian] <http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1396.8.3.4.1>
26. **Rawat, J.S. and Kumar, M., 2015.** Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1), pp.77-84. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.02.002>
27. **Rousta, I., Olafsson, H., Moniruzzaman, M., Zhang, H., Liou, Y. A., Mushore, T. D. and Gupta, A., 2020.** Impacts of Drought on Vegetation Assessed by Vegetation Indices and Meteorological Factors in Afghanistan. *Remote Sens* 12, 1-21.
28. **Sabzghabaei, G.R., Jafarzadeh, K.,**





Investigation of The Trend of Agricultural Land Use Changes in the Zayandeh Rood Watershed Using Google Earth Engine Platform

Pantea Lotfi¹, Mozghan Ahmadi Nadoushan^{2*}

1*- Department of Environmental Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2- Department of Environmental Sciences, Waste and Wastewater Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Original Article

Received:
2023.12.01

Accepted:
2024.02.03

Keywords:

Satellite Images,
Normalized
Vegetation
Difference Index,
Land Use,
Zayandeh Rood

Abstract

Introduction: Drought is a natural phenomenon that occurs almost in most regions of the world, and due to its relationship with agricultural products and water resources, it is considered as one of the most important issues in environmental sciences. The effects of this phenomenon are greater in arid and semi-arid regions due to their less annual rainfall. In contrast to traditional methods, the use of remote sensing techniques and satellite images has been considered as a useful tool for agricultural drought monitoring. The main objective of this study is to investigate changes in agricultural land use using normalized vegetation difference index and satellite images.

Materials and Methods: In this study, Landsat satellite images were used to investigate the trend of agricultural land use changes in the Zayandeh Rood catchment during 1984-2023. To do this study, the normalized plant difference index was used for each year. Since various patterns of cultivation with different time differences are present in the study area during a year, it is not possible to use a selected image as the basis of a year, on the contrary, it is necessary to examine different images for different times of the year. To identify and specify the set of all the pixels that have gone under the cultivation surface in one crop year. Since this process would be very time-consuming, an innovative approach was used. First, in the Google Earth Engine system, all the annual Landsat images were called year by year. Then, the images with cloud cover were removed and the maximum filter was applied to the bands of the remaining images. Then, the normalized vegetation difference index of new annual images was created and by applying a threshold of 0.2, agricultural lands were separated from other lands. The extent of agricultural land was calculated in each year and the linear regression model was used to identify the change process. In other words, the extent of agricultural land was used as a dependent variable and

time was used as an independent parameter on an annual scale.

Results: The extent of agricultural land in 1984 was about 25 thousand hectares, which with a decreasing trend over time reached 21700 and 15180 hectares in 1994 and 2014, and finally reached its lowest value in 1401. It has reached 11.250 hectares. This trend shows a 55% reduction in the abandonment of agricultural land at this point in time. Also, the value of the normalized plant difference index in agricultural lands has experienced a decreasing trend over time, which indicates the change in the cultivation pattern towards low-density crops with low biomass such as wheat.

Discussion: The results of the changes in the extent of agricultural use in the study area showed a decreasing pattern, so, there has been a loss of agricultural land, which is consistent with the decreasing pattern of the water level of the Zayandeh Rood watershed. This phenomenon can be directly attributed to the reduction of water resources in the region. In the last decade, the amount of water allocated to carry out agricultural activities in this region has decreased a lot due to the water volume of the Zayandeh Rood watershed approaching critical limits.