"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و هفتم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

پایش تغییرات الگوی کشت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ و سامانه اطلاعات جغرافیایی: مطالعه موردی دشت ورامین

Monitoring of cropping pattern changes using Sentinel-2 Imagery and GIS applications: A case study of Varamin plain, Iran

جعفر کامبوزیا[۱]، آزاده قنبرزاده قصبه[۲] و فاطمه آقامیر[۳]

چکیده

کامبوزیا، ج.، آ. قنبرزاده قصبه و ف. آقامیر. ۱۴۰۴. پایش تغییرات الگوی کشت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ و سامانه اطلاعات جغرافیایی: مطالعه موردی دشت ورامین. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۷ (۱): ۱۴۶ -۱۲۹.**

این پژوهش با هدف ارزیابی تغییرات الگوی کشت در دشت ورامین واقع در جنوب شرق استان تهران اجرا شد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) به‌عنوان یکی از شاخص‌های پرکاربرد سنجش سبزینگی و سلامت پوشش گیاهی در یک دوره زمانی شش ساله (۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱) و طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان استفاده شده و روند و سرعت تغییر کاربری کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش، با استفاده از نمونه‌های آموزشی برداشت شده (ROI) مدل (SVM) آموزش داده و سپس بر کل داده‌های سالانه اعمال شد تا هر پیکسل به گروه مربوط (باغ، زراعت دیم، زراعت فاریاب و شالیزار) تخصیص داده شود. نتایج نشان داد که به‌دنبال خشکسالی شدید سال ۱۳۹۶، سطح اراضی فاریاب به‌شدت کاهش یافته و از حدود ۴۷ درصد از کل اراضی (۶۵۰۶/۸ هکتار) در سال ۱۳۹۵، به کمتر از هشت درصد (۲۰۸/۶ هکتار) در سال ۱۳۹۷ رسید و بسیاری از کشاورزان منطقه به احداث باغات پسته روی آوردند. این موضوع باعث افزایش سهم باغات از حدود ۱۶ درصد (۲۲۱۰/۸ هکتار) در سال ۱۳۹۵ به بیش از ۴۸ درصد (۱۲۸۱/۱ هکتار) در سال ۱۳۹۷ شد. این روند تا سال ۱۳۹۹ ادامه داشت، اما وقوع سرمای شدید و یخبندان در زمستان ۱۳۹۹، باعث نابودی بخش قابل‌توجهی از باغات جدیدالاحداث و افت سهم باغات تا حدود ۱۷ درصد (۶۵۸/۱ هکتار) در سال ۱۴۰۱ شد. با از بین رفتن باغات پسته، سطح زیر زراعت دیم در سال‌های پایانی مجددا افزایش یافت. نتایج نشان داد که دقت کلی طبقه‌بندی برای کل سال‌ها بیش از ۸۰ درصد بوده و سال ۱۳۹۷ با ضریب کاپای ۰/۷۷ دقیق‌ترین نتیجه را داشت. نتایج این پژوهش ضمن ارائه تصویری از پویایی فضایی-زمانی تبدیل اراضی دیم منطقه به باغ، نشان دهنده ضرورت برنامه‌ریزی سازگار با تغییرات اقلیمی است و می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان در جهت توسعه کشاورزی پایدار و افزایش تاب‌آوری معیشتی در منطقه محل اجرای آزمایش کمک کند.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، تغییرات اقلیمی، تصاویر ماهواره‌ای، زراعت دیم و سنجش از دور

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۹ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- استاد پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی (مکاتبه کننده، j_kambouzia@sbu.ac.ir ✉)
۲- دانشجوی دکتری پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی
۳- استادیار پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

Monitoring of cropping pattern changes using Sentinel-2 Imagery and GIS applications: A case study of Varamin plain, Iran

Kambouzia. J.[1], Ghanbarzade Ghasabe, A.[2] and Aghamir, F.[3]

ABSTRACT

Kambouzia. J., Ghanbarzade Ghasabe, A., and Aghamir, F. 2025. Monitoring of cropping pattern changes using Sentinel-2 Imagery and GIS applications: A case study of Varamin plain, Iran. **Iranian Journal of Crop Sciences. 27(1): 129-146. (In Persian).**

Introduction: In recent decades, arid and semi-arid regions of the world have experienced considerable shifts in agricultural land use, driven by chaging climate and resources limitations. In Iran, particularly in Varamin plain these transformations have included significant changes in cropping patterns, especially the conversion of rainfed fields into orchard. The primary motivations behind this change include increasing resilience to water scarcity, economic incentives, and government support programs.

Materials and Methods: This research used Sentinel-2 satellite imagery and the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) to monitor agricultural land-use changes from 2016 to 2022. NDVI profiles were calculated on a monthly basis and aggregated annually to reduce the effects of clouds and short-term variability. Supervised classification was performed using the Support Vector Machine (SVM) algorithm in ENVI software. Accuracy assessments were carried out for each year, using ground reference data and official agricultural reports.

Results: The findings revealed substantial declines in irrigated lands following the severe drought of 2017 (from 47% in 2016 to less than 8% in 2018), leading to a rapid increase in orchard areas, especially pistachio plantations (from 16% in 2016 to over 48% in 2018). However, a severe frost in winter 2020 led to major damage in newly established orchard, particularly those that were still young trees. Consequently, by 2022, orchard area declined sharply to approximately 17%, and rainfed cropping resurged. Classification accuracies were consistently above 80% for all years, with the highest accuracy observed in 2018 (Kappa= 0.77).

Conclusion: This study provides a spatiotemporal analysis of cropping pattern changes in Varamin plain. The findings highlight the dynamic nature of land use in response to climatic events such as drought and frost, underscoring the importance of flexible, climate-resilient planning in cropping systems. The integration of remote sensing and machine learning tools proved effective for monitoring land use trends over time.

Keywords: Climate change, Cropping pattern, Rainfed cropping and Remote sensing

Received: July, 2025 **Accepted**: **October, 2025**

1. Professor, Environmental Sciences Research Institute Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
(Corresponding author, ✉ j_kambouzia@sbu.ac.ir)
2. PhD Student, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Assistant Prof., Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

مقدمه

کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بیش از هر فعالیت دیگری به منابع آب وابسته است و همین موضوع باعث آسیب‌پذیری پایداری تولید در برابر تغییرات اقلیمی می‌شود. در ایران، نمونه بارز این وضعیت در دشت ورامین دیده می‌شود که کاهش بارندگی و برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی، باعث افت شدید سطح آب و بحران کم‌آبی در منطقه شده است (Azizi and Azizi, 2023; Asadi *et al.*, 2023). این وضعیت نشان می‌دهد که الگوی کشت کنونی علاوه بر ناپایدار بودن، پاسخگوی نیازهای غذایی آینده نیست. بنابراین، اصلاح الگوی کشت به‌گونه‌ای که با محدودیت منابع آبی سازگار باشد، ضرورتی فوری به شمار می‌آید (Marzban and Asgharipour, 2025). در سال‌های اخیر، تغییر کاربری اراضی کشاورزی و به‌ویژه تبدیل اراضی دیم به باغ، به یکی از روندهای اصلی دگرگونی‌های اکولوژیکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تبدیل شده است. این مناطق به دلیل حساسیت شدید به تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع آب و فشار روزافزون بر خاک و پوشش گیاهی، بسیار آسیب‌پذیر هستند (Yang *et al.*, 2020). محدودیت شدید منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، همراه با شوری نسبتا بالای خاک در برخی از مناطق، فشار مضاعفی را بر کشاورزی سنتی وارد ساخته و باعث چالش در پایداری تولید شده است. در سال‌های اخیر کاهش بارش‌ها و بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی، مشکل فرونشست زمین را نیز در این دشت پدید آورده است. این عوامل باعث شده است که دشت ورامین به منطقه‌ای مستعد برای مطالعه‌ی تغییرات الگوی کشت و پیامدهای آن مورد توجه قرار گیرد (Ghordoyee Milan *et al.*, 2023). علاوه بر عوامل محیطی، محرک‌های انسانی و سیاستی نیز در این تغییرات نقش داشته‌اند (Nouri *et al.*, 2023). سیاست‌های حمایتی مانند اعطای تسهیلات مالی و ترویج سامانه‌های آبیاری تحت فشار، باعث ایجاد زمینه گسترش باغات شده است. الگوی کشت تعیین کننده این است که چه محصولی در کجا و چه زمانی کاشته شود تا هم اقتصادی بودن تولید حفظ شود و هم فشار بر منابع پایه کاهش داده شود. تجربه‌های جهانی و داخلی نشان داده است که بی‌توجهی به تناسب محصول با منابع آب و خاک، باعث تشدید بحران‌ها شده است (Karandish *et al.*, 2020; Mallah *et al.*, 2025). در مقابل، برنامه‌ریزی آگاهانه می‌تواند علاوه بر کنترل مصرف آب باعث افزایش بهره‌وری کشاورزی شود. ابزارهای فناورانه امروزی امکان چنین برنامه‌ریزی‌ای را فراهم کرده‌اند. توسعه فناوری سنجش از دور و دسترسی گسترده به داده‌های ماهواره‌ای با تفکیک بالا مانند سنتینل-۲ (Sentinel-2)، امکان پایش مکانی-زمانی تغییرات را با هزینه کم و دقت مناسب فراهم ساخته است.

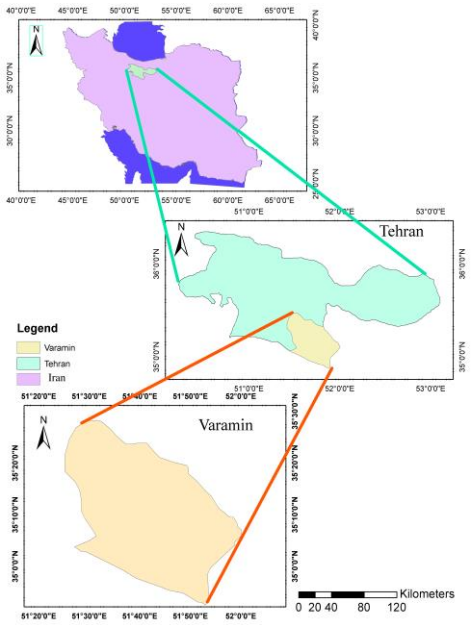
شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) از پرکاربردترین ابزارها برای پایش وضعیت سبزینگی و تشخیص نوع محصول به‌شمار رفته و یکی از معتبرترین شاخص‌ها در بررسی تغییرات اراضی کشاورزی محسوب می‌شود (Huss *et al.*, 2022; Eskandari Dameneh *et al.*, 2021). سنجش از دور با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، تغییرات کاربری و سطح زیرکشت را با دقت بالا نشان می‌دهد (Naim *et al.*, 2024). در صورت ترکیب این داده‌ها با توان تحلیل فضایی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، امکان مدل‌سازی الگوهای مختلف و پایش پیامدهای هر سناریو بر منابع طبیعی فراهم می‌شود (Darzi Naftchali *et al.*, 2024). در شرایط فعلی، تغییرات اقلیمی باعث افزوده شدن بعد دیگری به مسئله شده است. افزایش دما، پراکندگی بارش‌ها و تکرار خشکسالی‌ها باعث ناپایداری تولید محصولات سنتی در بسیاری از مناطق جهان شده است (Fan *et al.*, 2022). در چنین شرایطی راهکار اصلی، اصلاح الگوی کشت و جایگزینی آن‌ها با گیاهان کم‌آب‌بر یا ارقام متحمل به تنش خشکی است

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

(Myint *et al.*, 2021). نتایج تحقیقات اخیر نشان داده است که با استفاده از ترکیب داده‌های ماهواره‌ای با الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توان نوع محصولات کشاورزی را با دقت بالایی شناسایی کرده و تغییرات سالانه الگوهای کشت را به‌روشنی نشان دهد (Guan *et al.*, 2025; Emami and Koch, 2018). این موضوع امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد دقیق را سیاست‌گزاران فراهم می‌کند. بر اساس این پیش‌زمینه، پژوهش حاضر با هدف شناسایی الگوی کشت فعلی در دشت ورامین و بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر الگوی کشت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های پوشش گیاهی با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و داده‌های سنجش از دور برای تعیین الگوهایی پایدارتر انجام شده است. دستاورد مورد انتظار، ارائه چارچوبی کاربردی برای مدیریت تطبیقی الگوی کشت با هدف ارتقای امنیت غذایی در شرایط اقلیمی متغیر و منابع محدود است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق منطقه مورد مطالعه دشت ورامین واقع در جنوب‌شرق استان تهران بوده است (شکل ۱). این دشت با وسعت تقریبی ۱۵۹۵ کیلومتر مربع (حدود ۱۶۰ هزار هکتار) میان مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی قرار داشته و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۹۲۰ متر است که از شمال به ارتفاعات البرز و لواسانات، از شرق به دشت‌های ایوانکی و گرمسار، از جنوب به تپه‌های منتهی به دریاچه‌ی نمک و از غرب به محدوده شهری تهران و کرج منتهی می‌شود (Valivand & Katibeh, 2020). اقلیم ورامین خشک تا نیمه‌خشک و میانگین بارش سالانه کمتر از ۲۲۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه حدود ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. در این منطقه فصل رشد گیاهان از اوایل بهار (فروردین) آغاز شده و تا اواخر تابستان (شهریور) ادامه دارد. این منطقه دارای تابستان‌ها بسیار گرم (میانگین دمای تیر و مرداد ۳۷ تا ۳۹ درجه سانتی‌گراد) و زمستان‌ها سرد (میانگین حداقل دمای دی یک تا دو درجه سانتی‌گراد) است (Asadi *et al.*, 2023).



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه (دشت ورامین)

Fig. 1. Map of the study area (Varamin plain)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

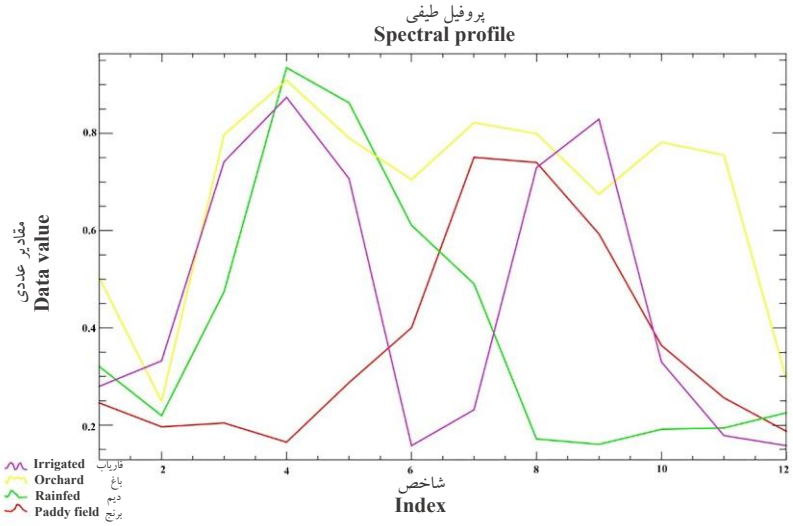
برای تحلیل تغییرات کاربری اراضی کشاورزی در دشت ورامین، از تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی Sentinel-2 با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر استفاده شد. این تصاویر مربوط به چهار سال منتخب (۱۳۹۵، ۱۳۹۷، ۱۳۹۹ و ۱۴۰۱) (۲۰۱۶، ۲۰۱۸، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۲) بودند که با فاصله‌های زمانی دوساله از پایگاه‌های داده USGS Earth Explorer و Copernicus SciHub دریافت شدند. دلیل انتخاب سال آغاز تحقیق از سال ۱۳۹۵ این بوده است که داده‌های Sentinel-2 از این سال به‌طور کامل در دسترس قرار گرفته و تصاویر تا سال ۱۴۰۱ (زمان شروع تحقیق حاضر) دریافت شدند. برای تحلیل منظم‌تر، از فاصله‌های دوساله استفاده شد تا مقایسه زوجی میان سال‌ها با فواصل مشخص امکان‌پذیر باشد. این بازه همچنین شامل رخدادهای اقلیمی مهمی مانند خشکسالی ۱۳۹۶ و یخبندان ۱۳۹۹ است که اثر معنی‌داری بر تغییرات الگوی کشت داشتند. در هر سال، مجموعه‌ای از تصاویر ماهانه موجود بود که بر اساس معیار حداقل پوشش ابری (کمتر از ۱۰ درصد)، یک تصویر بهینه از هر ماه انتخاب و سایر تصاویر حذف شدند، بدین ترتیب برای هر سال ۱۲ تصویر و در مجموع ۴۸ تصویر برای کل دوره مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. در فرآیند آماده‌سازی داده‌ها، محدوده مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات موجود در سازمان جهاد کشاورزی ورامین (شامل محدوده اراضی کشاورزی و نوع کشت غالب هر منطقه) و مختصات GPS مزارع واقعی تعیین شد. علاوه بر داده‌های موجود، شواهد میدانی شامل بازدیدهای میدانی از مزارع، برداشت اطلاعات مربوط به نوع کشت و موقعیت دقیق قطعات زراعی با استفاده از دستگاه GPS دستی نیز ثبت شدند که به‌عنوان مبنای کنترل نتایج طبقه‌بندی و تعیین محدوده‌های واقعی کشت مورد استفاده قرار گرفتند. برای تکمیل داده‌های زمینی، مصاحبه با کشاورزان محلی انجام شد. اطلاعات گردآوری‌شده شامل نوع محصول غالب، تاریخ کاشت و برداشت و تغییرات احتمالی در شیوه بهره‌برداری بود که برای صحت‌سنجی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گرفتند. با استفاده از این داده‌ها و نقاط GPS برداشت‌شده، محدوده دقیق اراضی کشاورزی مشخص شد. پس از آن با استفاده از ابزار SUBSET در محیط ENVI، تنها بخش مربوط به این محدوده از تصاویر ماهواره‌ای جدا و وارد مرحله پردازش شدند. تصاویر انتخاب‌شده همگی در سطح پردازش L1C قرار داشتند و پس از برش مکانی، به‌عنوان ورودی در مرحله پردازش و طبقه‌بندی کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفتند. برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی، از شاخص‌های دقت کلی (OverallAccuracy) و ضریب کاپا (Kappa Coefficient) استفاده شد که با استفاده از نرم‌افزار محاسبه شدند. ضریب کاپا میزان توافق واقعی طبقه‌بندی را در مقایسه نشان می‌دهد و به‌عنوان شاخص استاندارد در مطالعات سنجش از دور به کار می‌رود. مراحل پردازش تصاویر با استفاده از نرم‌افزار ENVI نسخه ۵/۳ انجام شد. در این مرحله، باندهای اصلی (آبی، سبز، قرمز و مادون‌قرمز نزدیک) تعریف و تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری با ابزارهای Reflectance و QUAC اعمال شد تا مقادیر دیجیتال به بازتاب سطحی استاندارد تبدیل شوند. به‌منظور بررسی دقیق‌تر روند رشد گیاهان و سبزینگی آنها، شاخص NDVI برای هر ماه محاسبه شد تا رفتار فنولوژیک پوشش گیاهی در طول سال مشخص شود. برای کاهش آثار ابرناکی، نویزهای فصلی و نوسانات کوتاه‌مدت، تصاویر ماهانه تلفیق شدند و یک ترکیب سالانه NDVI تولید شد که در قالب تصویر چندباندی با ۱۲ لایه، نمایی جامع از دگرگونی‌های فصلی هر سال فراهم شد. برای تولید این ترکیب‌ها از ابزار LAYER STACK در ENVI استفاده شد و تصاویر ۱۲ ماهه هر سال در قالب یک تصویر چندباندی تلفیق شد. برای حذف بخش‌های غیرکشاورزی، نقاب مکانی با ابزار BUILD MASK ایجاد و محاسبه NDVI با دستوری به همین عنوان در محیط نرم‌افزار ENVI درخواست و روی نقشه‌ها انجام شد. برای بهبود کیفیت تصاویر، تصحیحات رادیومتریک، اتمسفری و هندسی اعمال شد تا نویزهای سنجنده و اثرات جو حذف شوند.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

تصحیح رادیومتریک جهت حذف نویز و تصحیح اتمسفری به کمک مدل‌های داخلی ENVI انجام شد. تصاویر به سیستم مختصات جهانی (UTM) منطقه منتقل و روی محدوده دشت ورامین برش داده شدند تا فقط پیکسل‌های واقع در منطقه مطالعه پردازش شوند. این برش مکانی علاوه بر تمرکز بر محدوده مورد نظر، باعث کاهش حجم داده‌ها و زمان پردازش آنها شد. برای طبقه‌بندی نهایی از الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان (SVM) در محیط ENVI استفاده شد. نمونه‌های آموزشی هر گروه (باغ، زراعت دیم، زراعت فاریاب و شالیزار برنج) با استفاده از ابزار ROI تعریف شده و مدل پس از آموزش روی تصاویر ترکیبی سالانه اعمال شد.

جهت تهیه نقشه‌های الگوی کشت، از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان استفاده شد. بر اساس دانش بومی و بررسی‌های میدانی، چهار گروه کشت اصلی منطقه شامل باغ (عمدتا باغات پسته و میوه)، زراعت دیم (غلات و حبوبات دیم)، زراعت آبی (زراعت‌های سالانه فاریاب) و شالیزار (برنج) تعریف شدند. برای هر یک از این گروه‌ها با استفاده از داده‌های کمکی، نمونه‌هایی تهیه شد. از ابزار ROI در نرم‌افزار ENVI و نیز Google Earth برای تعیین مناطقی با کاربری شناخته شده استفاده شد. در مجموع برای هر گروه ۲۰۰ نمونه آموزشی (پیکسل یا پلیگون) انتخاب شد تا تنوع درون گروهی به‌خوبی پوشش داده شود. در این مرحله علاوه بر گروه‌های یاد شده، گروه‌های غیرکشاورزی مانند بافت شهری، اراضی بایر و آب‌های سطحی نیز به‌عنوان نمونه‌ی مازاد در نظر گرفته شدند تا الگوریتم به‌درستی بتواند اراضی زراعی را از سایر پوشش‌ها تفکیک کند. پس از آماده‌سازی داده‌ها، طبقه‌بندی با الگوریتم SVM پیاده‌سازی شد. خروجی SVM یک نقشه طبقه‌بندی برای هر سال بود که پیکسل‌های NDVI ترکیبی را به یکی از چهار گروه مورد نظر اختصاص می‌داد.

به‌منظور درک بهتر تفاوت طیفی- زمانی گروه‌ها، منحنی‌های تغییرات NDVI در طی فصل رشد برای هر گروه رسم و تحلیل شد (شکل ۲). پروفیل‌های طیفی NDVI نشان دادند که هر گروه الگوی منحصربه‌فردی از تغییرات فصلی بودند. به‌عنوان مثال، مزارع دیم (گندم دیم) افزایش NDVI را از اواخر زمستان داشته و اوج سبزینگی آن‌ها در اواخر بهار بود، در حالی‌که باغات پسته با تاخیر زمانی رشد کرده و سبزینگی آنها تا تابستان حفظ شد. چنین تفاوت‌هایی در منحنی رشد، به الگوریتم SVM کمک کرد تا تفکیک دقیق‌تری بین اراضی دیم و باغ انجام شود.



شکل ۲- مراحل فنولوژیک در گروه‌های (باغ، زراعت دیم، زراعت فاریاب و شالیزار برنج) در دشت ورامین

Fig. 2. Phenological stages of classes (orchard, rainfed, irrigated and paddy field) in Varamin plain

محور افقی ماه‌ها و محور عمودی میزان رشد گیاهی را نشان می‌دهند

Horizontal axis represents the months and the vertical axis represents the vegetation growth rate

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

پس از تولید نقشه سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۷، ۱۳۹۹ و ۱۳۹۹ (۲۰۱۶، ۲۰۱۸، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۲)، از روش‌های مختلف برای تحلیل تغییرات زمانی و مکانی استفاده شد. ابتدا مساحت هر گروه در هر سال از نقشه‌های حاصل استخراج شد. برای این منظور نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده به فرمت شیپ فایل (Shape File) تبدیل و در نرم‌افزار ArcGIS10.3 لایه‌های برداری فراخوانی شده و با بهره‌گیری از جدول توصیفی (ATTRIBUTE TABLE) و ابزار CALCULATE GEOMETRY، مساحت هر گروه بر حسب هکتار محاسبه و برای تحلیل‌های بعدی استخراج شد. با مقایسه نقشه‌های سال‌های مختلف، میزان تغییرات مساحت هر گروه بین دوره‌های متوالی (۱۳۹۷–۱۳۹۵، ۱۳۹۹–۱۳۹۷، ۱۴۰۱–۱۳۹۹) به‌دست آمد.

صحت طبقه‌بندی‌های انجام‌شده با استفاده از ماتریس سردرگمی (Confusion Matrix) و شاخص‌های مشتق از آن ارزیابی شد. برای این منظور، تعداد قابل‌توجهی نقاط صحت‌سنجی تهیه شد، از جمله ۲۰۰ نقطه تصادفی برای هر گروه که در Google Earth Pro راستی‌آزمایی شدند (شکل ۳). پس از آن برای هر سال نقشه طبقه‌بندی شده با این نقاط مرجع مقایسه و شاخص‌هایی مانند صحت کلی، صحت تولیدکننده، صحت کاربر و ضریب کاپا محاسبه شدند. کلیه سال‌های مورد مطالعه دقت قابل قبولی نشان دادند، به‌طوریکه دقت کلی نقشه‌ها بین ~۸۰ تا ~۸۳ درصد بود و ضریب کاپا بین ۰/۷۴ تا ۰/۷۷ محاسبه شد. بر اساس نتایج تحقیقات پیشین، مقادیر ضریب کاپا در بازه ۰/۶۱ تا ۰/۸۰ به‌عنوان توافق مناسب و قابل قبول در نظر گرفته می‌شود، ازاین‌رو مقادیر به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر نیز معتبر تلقی می‌شوند (Dutta *et al.*, 2020; Landis and Koch, 1977). صحت و دقت بالای طبقه‌بندی و تفکیک کاربری‌ها در تحقیق حاضر در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل، تصاویر ماهواره‌ای پردازش‌شده توسط نرم‌افزار ENVI با تصاویر Google Earth Pro که دارای دقت بسیار بالا هستند، تطبیق داده شده‌اند. انطباق مناسب این دو منبع داده، تأیید می‌کند که روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای و روش طبقه‌بندی SVM، توانایی تشخیص درست و قابل‌اعتماد انواع الگوی کشت و کاربری زمین را دارند. به‌علاوه این تطبیق نشان می‌دهد که نتایج تحقیق حاضر قابل استناد و معتبر بوده و می‌توان از آن در مطالعات برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری منطقه‌ای استفاده کرد. بالاترین میزان دقت مربوط به سال ۱۳۹۷ (کاپا= ۰/۷۷ دقت کلی≈ ۸۲/۷ درصد) و پایین‌ترین مقدار مربوط به سال ۱۳۹۹ (کاپا= ۰/۷۴ و دقت کلی≈ ۸۰/۶ درصد) بود. این سطح دقت برای مطالعات کاربری اراضی قابل قبول محسوب شده و نشان دهنده عملکرد مناسب الگوریتم SVM در تفکیک الگوهای کشت منطقه است. پس از اطمینان از صحت نقشه‌ها، از آن‌ها برای تفسیر الگوی تغییرات و استخراج آمار مساحت استفاده شد.

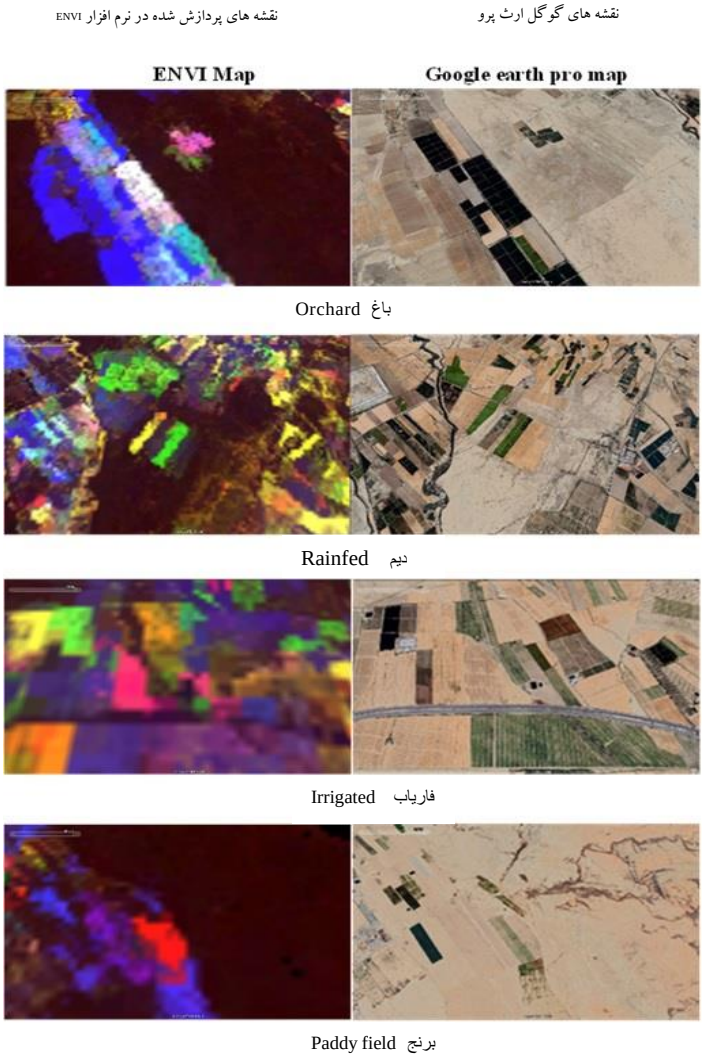
نتایج و بحث

نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی نشان دهنده تغییرات عمده‌ای در کاربری‌های کشاورزی دشت ورامین بود. در سال ۱۳۹۵، اراضی فاریاب حدود ۴۷ درصد و اراضی دیم نزدیک به یک‌سوم از کل اراضی زیر کشت منطقه را داشتند. سهم باغات حدود ۱۶ درصد و سهم شالیزار برنج نیز کمتر از پنج درصد بود. این وضعیت نشان‌دهنده غلبه‌ی زراعت سنتی (فاریاب و دیم) در سال ابتدای تحقیق بود.

در فاصله سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷، الگوی کشت در دشت ورامین تغییرات قابل‌توجهی داشت. به‌نظر میرسد که وقوع خشکسالی شدید در سال ۱۳۹۶ عامل اصلی این دگرگونی بوده و بسیاری از زمین‌های کشاورزی فاریاب از چرخه تولید خارج شده یا سطح آن‌ها کاهش یافت. گزارش شده است که این خشکسالی یکی از

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

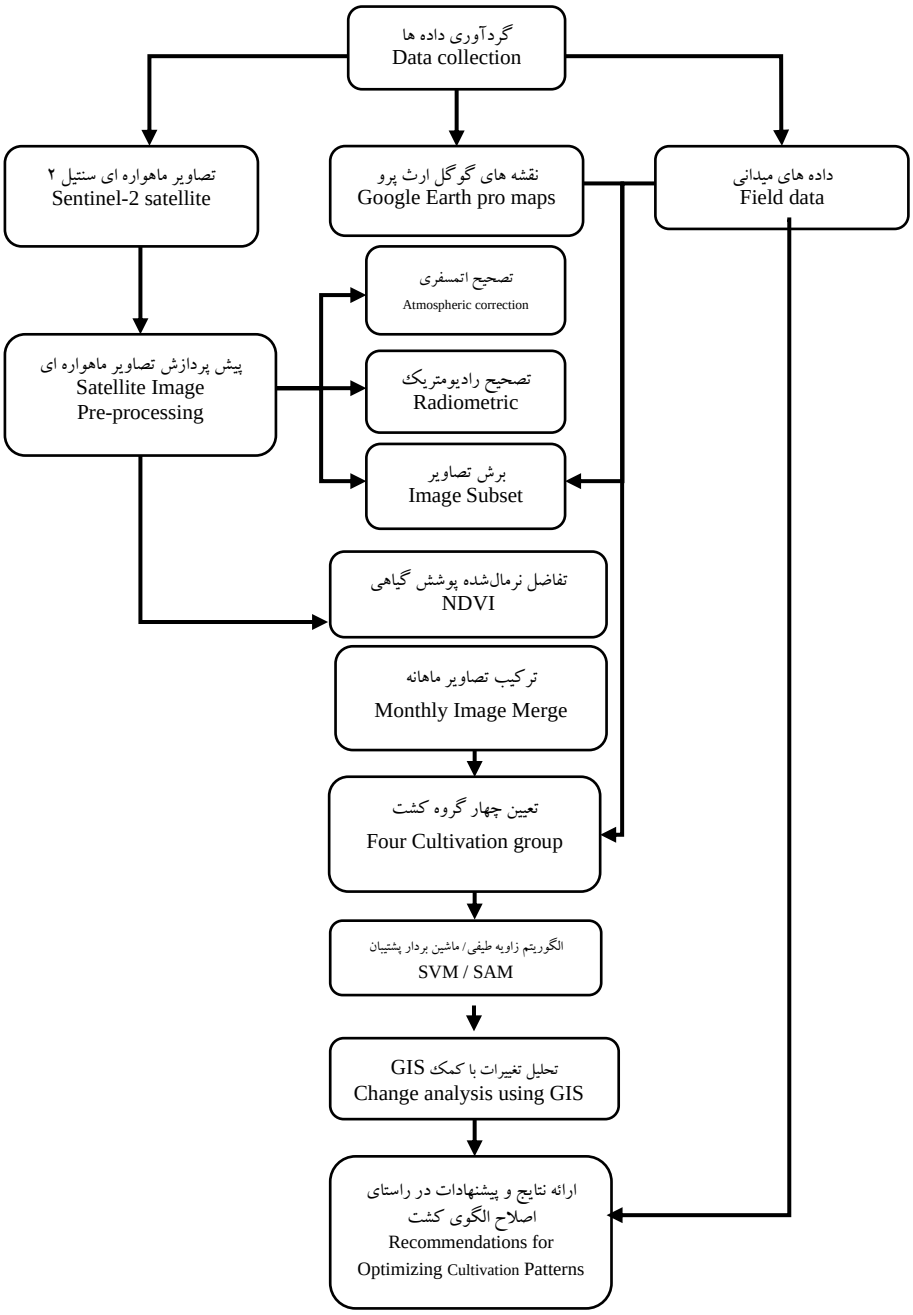
شدیدترین خشکسالی‌ها در سه دهه اخیر ایران بوده است (Ghamghami and Irannejad, 2019). نتایج یک تحقیق بر اساس داده‌های سنجش از دور نیز تایید کننده وقوع این خشکسالی گسترده در بخش‌های وسیعی از کشور است (Omidvar *et al.*, 2024). در اثر این بحران، کشاورزان ورامین برای سازگاری با شرایط جدید، زراعت گیاهان مقاوم‌تری مانند پسته را در اولویت قرار دادند. در این بازه زمانی، تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در ساختار الگوی کشت منطقه به وقوع پیوست که مهم‌ترین تغییر، کاهش شدید اراضی فاریاب و گسترش مساحت باغات بود. سهم اراضی آبی در ۱۳۹۷ به کمتر از هشت درصد کاهش یافت که نشان دهنده افت محسوس زراعت فاریاب در پی کمبود آب بوده است. در مقابل، سهم باغات به بیش از ۴۸ درصد افزایش یافت. نقشه پراکندگی سال ۱۳۹۷ نشان داد که در بسیاری از مناطق که سابق بر این زیر کشت زراعت



شکل ۳- تطبیق تصاویر نقشه‌های گوگل ارث و نقشه‌های تصحیح شده در نرم‌افزار ENVI برای گروه‌های باغ، زراعت دیم، زراعت فاریاب و شالیزار برنج در دشت ورامین

Fig. 3. Comparison of Google Earth imagery with the corrected maps in ENVI software for crop classes (orchard, rainfed, irrigated and paddy field) in Varamin plain

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]



شکل ۴- نمودار فرآیند روش‌شناسی تحقیق

Fig. 4. Methodology process flowchart

دیم یا فاریاب بودند، باغات جدید احداث شدند. افزایش قابل‌توجه مساحت باغ‌ها و هم‌زمان کاهش اراضی دیم در برخی نقاط، نشان می‌دهد که تعدادی از کشاورزان برای مقابله با کم‌آبی، زراعت دیم را رها کرده و به ایجاد باغ (عمدتا پسته) روی آوردند. طبق اظهارات کشاورزان محلی و شواهد میدانی، در این سال‌ها انگیزه برای ایجاد باغ پسته افزایش یافت، زیرا پسته با شرایط خشکی و شوری سازگارتر بوده و سودآوری آن در دراز مدت بیشتر است. کاهش نسبی سطح زیر کشت دیم در ۱۳۹۷ نیز مؤید این جایگزینی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

تدریجی است. در سال ۱۳۹۷ مجموع اراضی زیر کشت به‌مراتب کمتر از ۱۳۹۵ بود که نشان می‌دهد بخشی از اراضی کشاورزی به‌طور موقت بلااستفاده مانده یا آیش باقی گذاشته شده بودند. به نظر می‌رسد که تعدادی کشاورزان نتوانستند سریعا از کشت جایگزین (مانند باغ) استفاده کنند و در نتیجه بخش قابل‌توجهی از زمین‌ها در اوج خشکسالی بدون کشت ماندند.

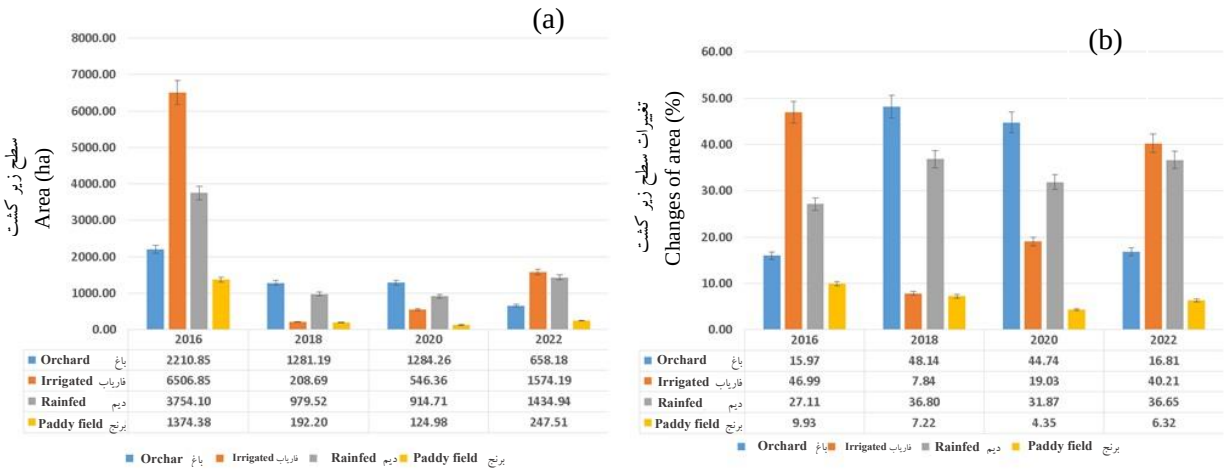
در سال ۱۳۹۹ الگوی کشت تا حدی تعدیل و تثبیت شد، نقشه اراضی در سال ۱۳۹۹ نشان داد که پس از افت شدید زراعت فاریاب در دوره قبل، بخشی از اراضی آبی مجددا احیا شده یا با بهبود دسترسی به آب، زیر کشت رفتند. هرچند سهم زراعت فاریاب هنوز نسبت به سال ۱۳۹۵ بسیار کمتر بود، اما نسبت به سال ۲۰۱۸ افزایش اندکی داشت (بر اساس اطلاعات موجود، سهم زراعت فاریاب در سال ۱۳۹۹ حدود ۱۹/۳ درصد بوده است که نسبت به سال ۲۰۱۸ بیشتر بود). باغات همچنان یکی از گروه‌های غالب بودند و در حدود ۴۵ درصد از اراضی زیر کشت منطقه را تشکیل دادند که اندکی کمتر از سال ۱۳۹۷ بود. این کاهش جزئی سهم باغ، ممکن است به‌دلیل توقف موقت توسعه باغات جدید یا مشکلات نگهداری آن‌ها در سال‌های اولیه بوده باشد. از سوی دیگر، سطح زیر کشت زراعت دیم در سال ۱۳۹۹ نسبت به سال ۱۳۹۷ اندکی کاهش داشت. مساحت شالیزارهای برنج که به‌دلیل محدودیت منابع آب در سال ۱۳۹۷ کاهش یافته بودند، در سال ۱۳۹۹ نیز کاهشی بوده است. گزارش‌های محلی حاکی از افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی در این سال (Asadi *et al.*, 2023) و اعمال محدودیت‌هایی بر زراعت‌های آب‌بر مانند برنج بود که تداوم زراعت برنج را محدود ساخت (Karimi *et al.*, 2025). این موضوع با یافته‌های تحقیق حاضر که نشان داد سطح زیر کشت برنج در کل دوره تحقیق در پایین‌ترین و کم‌نوسان‌ترین گروه قرار داشت، مطابقت دارد.

اگرچه سال‌های زراعی ۱۴۰۱–۱۴۰۰ از نظر بارندگی نسبت به وضعیت عادی اندکی خشک‌تر بودند، اما اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار بر تغییرات الگوی کشت، وقوع سرمای شدید و یخبندان در زمستان ۱۳۹۹ بود که آثار آن در سال‌های بعد آشکار شد. نتایج طبقه‌بندی سری زمانی و شواهد میدانی نشان داد که بخش قابل‌توجهی از باغات پسته تازه‌احداث شده که هنوز به مرحله باردهی پایدار نرسیده بودند، دچار سرمازدگی شده و آسیب جدی دیدند یا به‌کلی از بین رفتند. وقوع این خسارات گسترده در باغات پسته ایران، در گزارش‌های بین‌المللی نیز مورد تایید قرار گرفته است (Mundus Agri, 2020). همین موضوع باعث شد که طی بازه ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ مساحت باغات کاهش چشمگیری یافته و سهم آن‌ها از ۴۴/۷ درصد در سال ۱۳۹۹ به حدود ۱۶/۸ درصد در سال ۱۴۰۱ کاهش یافت. کاهش مطلق سطح باغات در این دو سال بیش از ۶۰۰ هکتار برآورد شد که نشان دهنده نابود شدن بخش عمده‌ای از باغات جوان است. در اثر این افت، بسیاری از اراضی مجددا به زراعت‌های سالانه اختصاص یافتند، به‌طوری‌که سطح زیر کشت زراعت دیم در سال ۱۴۰۱ نسبت به ۱۳۹۹ افزایش محسوسی داشت (بر اساس نقشه‌ها حدود چهار تا پنج درصد افزایش یافت). افزون بر این سطح اراضی فاریاب نیز رشد داشتند و برخی از زمین‌هایی که سابقا به باغ تبدیل شده یا بلااستفاده مانده بودند، در اثر بهبود نسبی وضعیت آبی، مجددا به زراعت فاریاب اختصاص داده شدند. سهم اراضی فاریاب در سال ۱۴۰۱ به حدود ۲۱ درصد افزایش یافت (در مقایسه با ~۱۱ درصد در سال ۱۳۹۹). سطح شالیزارهای برنج نیز در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۳۹۹ اندکی افزایش یافت (حدود دو درصد رشد) که این موضوع احتمالا ناشی از بارش‌های بهاری مقطعی و استفاده بهینه کشاورزان از روان‌آب‌ها بوده است.

برآیند تغییرات سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱ نشان داد که هر چهار گروه کشاورزی کاهش کلی در مساحت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

داشتند. سطح اراضی فاریاب در کل دوره کاهش چشمگیری داشت که این کاهش عمدتا در سال‌های اولیه مشاهده شده و در انتهای دوره تا حدودی جبران شد. مساحت باغات علی‌رغم نوسانات زیاد، در پایان دوره اندکی بیشتر از ابتدای دوره بود. با وجود جهش میانی، در نهایت بسیاری از باغات از بین رفته و سطح اراضی باغی تقریبا به مقدار اولیه بازگشت. سطح اراضی دیم تغییر خالص زیادی نداشت. سطح شالیزارهای برنج کمترین تغییر راداشت و سهم ناچیز آن (حدود سه تا چهار درصد) کم‌وبیش حفظ شد. در شکل ۵، سطح زیر کشت گروه‌های کشاورزی چهارگانه و در شکل ۶، نقشه‌های طبقه‌بندی نشان داده شده است.



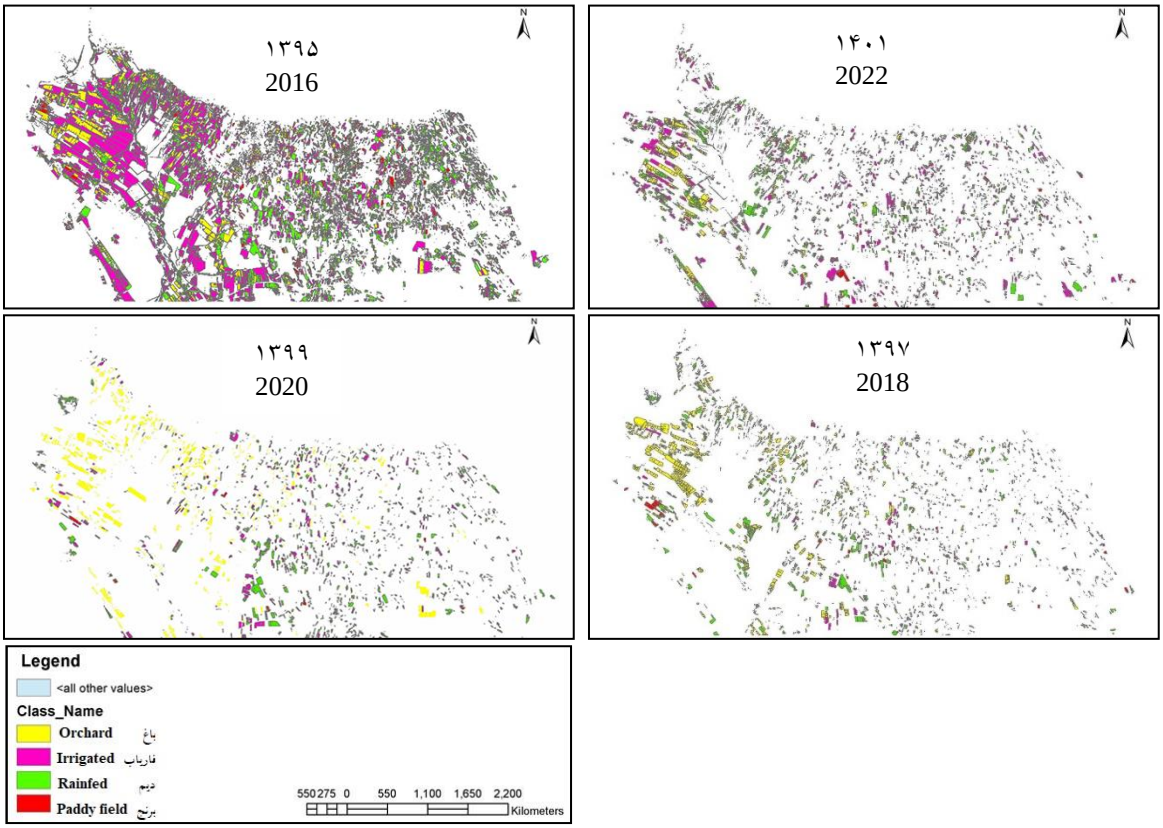
شکل ۵- مقایسه تغییرات مساحت (a) و درصد تغییرات (b) اراضی گروه‌های باغ، زراعت دیم، زراعت فاریاب و شالیزار برنج در دشت ورامین

Fig. 5. Comparison of changes of area (a) and percentage of changes (b) of classes (orchard, rainfed, irrigated and paddy field) in Varamin plain

همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود، الگوهای غالب و منتخب زراعی منطقه‌ی مورد مطالعه، طی چهار دوره (شکل ۵) بیانگر روند تغییر الگوهای کشت غالب در دشت ورامین در چهار بازه‌ی زمانی (۱۳۹۵، ۱۳۹۷، ۱۳۹۹، ۱۴۰۱) است. بر اساس این شکل، در سال ۱۳۹۵ اراضی فاریاب بیشترین سطح زیر کشت را در منطقه داشتند که نشان دهنده فراهم بودن منابع آبی در آن زمان است، اما در سال ۱۳۹۷، با تغییر الگوی کشاورزی، باغات، به‌ویژه باغ‌های پسته بیشترین سهم را به خود اختصاص دادند که می‌توان این موضوع را به پاسخ مستقیم کشاورزان به بحران کم‌آبی و شرایط اقلیمی خشک‌تر نسبت داد. در سال ۱۳۹۹ این روند تثبیت شد و باغات همچنان الگوی غالب منطقه باقی ماندند، اما در سال ۱۴۰۱ پس از یخبندان شدید سال ۱۳۹۹، اراضی فاریاب و دیم مجددا به الگوی غالب تبدیل شدند. این تغییرات پی‌درپی، نشان‌دهنده حساسیت کشاورزان منطقه به نوسانات اقلیمی و آثار آن بر تصمیم‌گیری آنان است. برای درک دقیق‌تر شدت و گستردگی تغییرات در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر، تغییرات سطح زیر کشت هر گروه به تفکیک دوره‌های دوساله در جدول ۱ ارائه شده است. در این جدول تغییرات به صورت مقایسه دو سالانه مورد بررسی قرار گرفته است و درصد تغییرات هر گروه نشان دهنده میزان تاثیر هر گروه نسبت به مساحت کل است. این تغییرات نشان می‌دهد که کشاورزان در مواجهه با کم‌آبی تمایل به زراعت محصولات پایدارتر دارند. اگرچه این شیوه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

یک راهبرد سازگاری محسوب می‌شود، اما تداوم آن در معرض خطرهایی مانند سرمازدگی و افت قیمت محصول بازار قرار دارد. بنابراین می‌توان اظهار داشت که تغییر الگوی کشت صرفا یک پیامد اقلیمی نبوده و بلکه یک سازوکار معیشتی- اقتصادی برای مدیریت خطر است.



شکل ۶- تغییرات پراکنش اراضی گروه‌های باغ، زراعت دیم، زراعت فاریاب و شالیزار برنج در دشت ورامین طی چهار دوره (۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱)

Fig. 6. Changes in distribution of classes (orchard, rainfed, irrigated and paddy field) in Varamin plain during four periods (2016-2022)

جدول ۱- تغییرات مساحت اراضی گروه‌های باغ، زراعت دیم، زراعت فاریاب و شالیزار برنج در دشت ورامین به صورت زوج مقایسه در دوره‌های زمانی دو ساله (۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱)

Table 1. Temporal changes of cropping area assessed through pairwise biennial comparisons (2016-2022)

		۱۳۹۷-۱۳۹۵ 2016-2018		۱۳۹۹-۱۳۹۷ 2018-2020		۱۴۰۱-۱۳۹۹ 2020-2022		۱۴۰۲-۱۳۹۵ 2016-2022	
Class	گروه	Change of area (ha) تغییر مساحت	Change (%) درصد	Change of area (ha) تغییر مساحت	Change (%) درصد	Change of area (ha) تغییر مساحت	Change (%) درصد	Change of area (ha) تغییر مساحت	Change (%) درصد
Orchard	باغ	-929.6	32.1	3.0	-3.3	-626.0	-27.9	-1552.6	0.85
Rainfed	زراعت دیم	-2774.5	9.6	-64.8	-4.9	520.2	4.7	-2319.1	9.5
Irrigated	زراعت فاریاب	-6298.1	-39.1	337.6	11.1	1027.8	21.1	-4932.6	-6.7
Paddy field	شالیزار برنج	-1182.1	-2.7	-67.2	-2.8	122.5	1.9	-1126.8	-3.6

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

یافته‌های این تحقیق پویایی و تغییرات الگوی کشت در دشت ورامین را به‌صورت چندوجهی نشان می‌دهد که در آن عوامل اقلیمی، اقتصادی و سیاسی به‌طورتلفیقی نقش داشته‌اند. نتایج مؤید آن است که خشکسالی‌های شدید، به‌عنوان یک عامل قهری محیطی، ساختار سنتی کشاورزی منطقه را دستخوش تغییر اساسی کرده است. کاهش سطح اراضی فاریاب طی تنها دو سال (۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷) نشان‌دهنده شدت بحران آب در این دوره است. این موضوع با نتایج یک تحقیق دیگر که در فلات مرکزی ایران انجام شده، مطابقت دارد که در آن وقوع خشکسالی‌های پیاپی عامل کاهش تولیدات کشاورزی و حتی رها شدن زمین‌های کشاورزی گزارش شده است (Movahedi *et al.*, 2021). نتایج نشان داد که کشاورزان ورامین در مواجهه با این شرایط، یک راهبرد تطبیقی، یعنی تغییر نوع کشت از زراعت‌های سالانه به باغات چندساله را انتخاب کردند. چنین تغییری در سایر نقاط کشور نیز گزارش شده است که کشاورزان برای افزایش تاب‌آوری در برابر خشکسالی به کشت محصولات دائمی متحمل مانند درختان میوه روی آورده‌اند (Yarahmadi and Amini, 2021). گزارش شده است که باغ پسته به‌ویژه در مرکز ایران، گزینه‌ای جذاب است، زیرا نسبت به محصولات دیم سنتی هم نیاز آبی کمتری در بلندمدت دارد و هم در خاک‌های شور و شرایط محیطی سخت‌تر، قابلیت رشد دارد (Yarahmadi and Amini, 2021). بر اساس اظهارات کشاورزان ورامین، پسته گیاهی سازگارتر با وضعیت جدید بوده و به امید سودآوری بالاتر در آینده، دشواری چند سال بدون محصول‌دهی آن را ترجیح می‌دهند. علاوه بر عوامل اقلیمی، نقش سیاست‌های حمایتی دولت در تسریع روند تغییر کاربری مشهود بوده است. استفاده باغداران پیشرو از تسهیلات دولتی برای تامین هزینه‌های احداث باغ و تامین نهال و دانش فنی نیز مؤثر بوده است (Akhavan *and Gonçalves, 2021*). به‌علاوه، مجاورت ورامین با تهران یک عامل اقتصادی- اجتماعی مهم محسوب می‌شود. نزدیکی به بزرگ‌ترین بازار مصرف کشور و دسترسی به شبکه‌های توزیع، انگیزه تولید محصولات با ارزش افزوده بالاتر مانند پسته را دو چندان می‌کند. به‌نظر می‌رسد که تمایل به تبدیل زراعت دیم به باغ، در اثر فشار از سمت طبیعت (کمبود بارش و آب) و کشش از سمت اقتصاد و سیاست (انگیزه سود و جاب حمایت‌ها) بوده است. با این حال، نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده پیچیدگی و عدم‌قطعیت این قبیل تحولات است و تغییرات لزوما یک‌سویه و پایدار باقی نمی‌مانند؛ چنان‌که مشاهده شد، وقوع یک شوک اقلیمی دیگر (یخبندان ۱۳۹۹)، بخش بزرگی از تغییر الگوی کشت را معکوس کرد. به‌نظر می‌رسد که راهبردهای سازگاری نوین نیز در برابر مخاطرات اقلیمی مصون نیستند. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که تاب‌آوری در بخش کشاورزی مفهومی پیچیده و چندبعدی است که صرفا با تغییر نوع زراعت یا محصول به‌دست نمی‌آید و مستلزم کاهش آسیب‌پذیری کل مجموعه کشاورزی در برابر مجموعه‌ای از مخاطرات مانند خشکسالی، سرمازدگی، و نوسانات بازار است.

از منظر پایداری منابع آب و خاک، تبدیل اراضی دیم به باغ پسته دارای دو جنبه است، از یک سو پسته به آب کمتری نسبت به زراعت آبی سنتی نیاز دارد و قابلیت رشد و تولید محصول در خاک‌های شور را دارد و بنابراین انتخاب مناسبی برای شرایط کم‌آبی محسوب می‌شود (Yarahmadi and Amini, 2021)، از سوی دیگر توسعه باغات ممکن است باعث افزایش برداشت آب زیرزمینی (برای آبیاری تکمیلی باغات) شود و در بلندمدت بر شدت بحران آب بیافزاید (Akhavan *and Gonçalves, 2021*). باغات دائمی باعث کاهش انعطاف‌پذیری در انتخاب نوع زراعت سالانه می‌شوند. بدین معنی که اگر بارندگی در یک سال مناسب باشد، امکان گسترش موقت زراعت دیم در اراضی تبدیل شده به باغ وجود نخواهد داشت. به‌نظر می‌رسد که انتخاب یک شیوه بهینه (ترکیبی از باغات و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

زراعت‌های سالانه) مناسب‌تر باشد به نحوی که هم بهره‌وری آب بهبود یابد و هم شیوه کشاورزی در صورت بروز پدیده‌های غیرمترقبه، قابل تغییر باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که حتی در صورت انتخاب گیاهی متحمل‌تر مانند پسته، بدون مدیریت پایدار منابع آب و خاک و حمایت سیاستی هدفمند، تغییر دادن نوع محصول نمی‌تواند تضمین‌کننده تاب‌آوری بلندمدت کشاورزی باشد.

از منظر روش‌شناسی، نتایج این تحقیق نشان داد که داده‌های ماهواره‌ای سنتینل-۲ و شاخص NDVI یک ابزار کارآمد برای پایش تغییرات کاربری‌های اراضی کشاورزی در مقیاس محلی هستند. الگوریتم SVM نیز با دقت قابل‌قبولی می‌تواند انواع زراعت‌ها را از یکدیگر تفکیک کند. دقت بالای طبقه‌بندی در سال‌هایی که تغییرات سطح زیر کشت شدید بود (سال ۱۳۹۷ با کاپای ۰/۷۷) نشان می‌دهد که روش باستفاده شده حتی در مواجهه با تغییرات ساختاری، قابلیت تشخیص مناسبی داشت. با استفاده از سری‌های زمانی NDVI در این تحقیق، پدیده‌های گذرای فصلی و نیز وضعیت سبزینگی زراعت‌ها در الگوریتم منعکس شده و باعث افزایش دقت نقشه‌ها شد. استفاده از داده‌های کمکی میدانی و گزارش‌های محلی نیز ارزش افزوده‌ای بود که امکان تفسیر علل تغییرات را فراهم ساخت. این موضوع نشان داد که ترکیب رویکردهای سنجش از دور و اطلاعات زمینی، الگوی مناسبی برای مطالعات بعدی در حوزه تحلیل تغییرات کاربری اراضی کشاورزی است. همانند پژوهش‌های مشابه، این تحقیق نیز با محدودیت‌هایی از نظر دسترسی به داده‌های میدانی و آماری مواجه بود. به‌ویژه آمار دقیق سطح زیرکشت برنج به دلیل محدودیت‌های قانونی در دسترس نبود و بخشی از تحلیل صرفا بر داده‌های سنجش از دور انجام شد. هرچند استفاده از شاخص‌های NDVI و الگوریتم SVM باعث افزایش دقت تحلیل شد، اما همواره مقداری عدم‌قطعیت در طبقه‌بندی ناشی از همپوشانی طیفی زراعت‌ها و شرایط متغیر اقلیمی وجود دارد. این محدودیت‌ها به معنای پایین بودن اعتبار نتایج نیست، بلکه نشان‌دهنده حدود دقت و ضرورت احتیاط در تعمیم نتایج به سایر مناطق است.

نتایج این تحقیق نشان دهنده اهمیت در نظر گرفتن ویژگی‌های مکانی در تحلیل تغییرات اراضی کشاورزی است. بر این اساس مشاهده شد که تغییر نوع کشت در همه‌جا یکسان نیست و لازم است در سیاست‌گزاری‌ها به تفاوت‌های مکانی توجه شود. در دشت ورامین مناطقی وجود دارند که مبتنی بر زراعت دیم سنتی هستند و نیاز به حمایت‌هایی مانند توسعه بیمه کشاورزی یا تامین بذرهای ارقام متحمل به خشکی دارند. در مقابل، در مناطقی که باغات پسته توسعه داده شده‌اند نیازمند حمایت در زمینه بازاررسانی، صنایع فرآوری و تامین نهاده‌ها برای باغات هستند. بنابراین مدیریت اراضی در چنین مناطق پویایی باید انعطاف‌پذیر و ناحیه‌محور باشد تا متناسب با شرایط خاص هر زیرمنطقه، راهکار مقتضی ارائه شود. این رویکرد با مفهوم کشاورزی دقیق و مدیریت پایدار مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق فرایند تبدیل اراضی در یک منطقه خشک کشور (دشت ورامین) طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۲ با بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در درجه اول تغییرات الگوی کشت در مناطق خشک می‌تواند بسیار سریع و گسترده باشد. در دشت ورامین ظرف چند سال، ترکیب الگوی کشت عمده منطقه دگرگون شد و باغات پسته از یک کاربری حاشیه‌ای به کاربری مسلط تبدیل شدند و بخش زیادی از سهم اراضی فاریاب از دست خارج شد. این موضوع نشان دهنده ضرورت آمادگی سیاست‌گزاران برای مواجهه با دگرگونی‌های ناگهانی در نظام‌های کشاورزی است. دوم، نقش عوامل اقلیمی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

در تغییرات این الگو بسیار زیاد است. میزان تغییرات الگوی کشت نشان داد که تصمیمات کشاورزان در دشت ورامین تابعی از تعامل هم‌زمان عوامل اقلیمی (خشکسالی و یخبندان)، اقتصادی (سودآوری نسبی محصولات) و سیاستی (حمایت‌ها و محدودیت‌های دولتی) است. بنابراین، لازم است هرگونه سیاست‌گزاری باید چندبعدی و منعطف باشد. بدین‌ترتیب، سیاست‌های انطباقی کشاورزی باید جامع‌نگر باشند و در کنار خشکسالی، سایر مخاطرات اقلیمی نیز در نظر گرفته شوند. سوم، سنجش از دور ابزار توانمندی در رصد این تحولات است و با استفاده از تصاویر Sentinel-2 و شاخص NDVI تغییرات کاربری اراضی با دقت مناسبی قابل شناسایی بوده و علل احتمالی آن قابل تحلیل است. سامانه‌های نظارت ماهواره‌ای می‌توانند به‌عنوان یک ابزار هشدار سریع برای مدیران و سیاستگزاران مورد استفاده قرار گیرند، بنابراین توصیه می‌شود که سازمان‌های مسئول، از فناوری سنجش از دور برای پایش سالانه‌ی الگوی کشت در مناطق بحرانی استفاده کنند. چهارم، از دیدگاه برنامه‌ریزی سرزمین، توسعه کشاورزی پایدار در مناطقی نظیر ورامین نیازمند اقدامات چندجانبه است. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری قرار گیرد؛ از جمله لزوم بازنگری در الگوی کشت منطقه و تدوین برنامه‌هایی که ترکیب بهینه‌ای از کشت‌های سالانه و باغی را متناسب با اقلیم و منابع آبی در آن در نظر گرفته شود. حمایت‌های مالی و فنی از کشاورزان برای گذار به الگوهای کشت سازگارتر با آب و هوا (مانند زراعت‌های گلخانه‌ای، استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری، ارقام متحمل و ...) ضروری است. یافته‌های این تحقیق می‌تواند مبنایی برای تحقیقات آینده باشد.

نخست، ترکیب داده‌های سنجش از دور با داده‌های میدانی و آماری گسترده‌تر باعث کاهش عدم‌قطعیت و افزایش دقت تحلیل‌ها خواهد شد. دوم، توسعه مدل‌های پیش‌بینی تغییرات الگوی کشت بر اساس سناریوهای اقلیمی و اقتصادی می‌تواند ابزار ارزشمندی برای سیاست‌گزاری باشد. سوم، بررسی پیامدهای اقتصادی-اجتماعی تغییر الگوی کشت، از جمله اثر بر معیشت و اشتغال کشاورزان، ضروری است. در نهایت، تحلیل مقایسه‌ای بین مناطق مختلف خشک و نیمه‌خشک می‌تواند امکان تعمیم نتایج و ارائه توصیه‌های سیاستی دقیق‌تر را فراهم کند.

برای مدیریت پایدار تغییرات الگوی کشت در ورامین، سیاست‌های مشخصی از سوی جهاد کشاورزی پیشنهاد می‌شود:

توسعه بیمه کشاورزی برای جبران خسارات ناشی از خشکسالی و سرمازدگی

محدودسازی زراعت محصولات آب‌بر (مانند برنج) همراه با ارائه جایگزین‌های اقتصادی برای کشاورزان

حمایت هدفمند از باغداران پسته در زمینه بازاررسانی و فرآوری محصول

سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین آبیاری و تشویق به استفاده از ارقام متحمل به خشکی

طراحی سیاست‌های ناحیه‌محور که متناسب با تفاوت‌های مکانی دشت ورامین تنظیم شوند

تحقیق حاضر نمونه‌ای از کاربرد موفقیت‌آمیز سنجش از دور در ترکیب با دانش بومی برای درک تغییرات کاربری اراضی است. تغییر الگوی کشت از زراعت دیم به باغ در ورامین نشان داد که کشاورزی سنتی ایران تحت تاثیر فشارهای اقلیمی-اقتصادی در حال بازآرایی است. برای جهت‌دهی این تغییرات در مسیر پایدار، رصد مداوم، انعطاف‌پذیری در سیاست‌ها و حمایت از کشاورزان آسیب‌پذیر اهمیت ویژه‌ای دارد.

منابع مورد استفاده

References

Akhavan, A. and Gonçalves, P., 2021. Managing the trade-off between groundwater resources and largescale

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

agriculture: The case of pistachio production in Iran. *System Dynamics Review, 37*(2-3), pp.155–190. https://doi.org/10.1002/sdr.1689

Asadi, R., Zamaniannejatzadeh, M. and Eilbeigy, M., 2023. Assessing the impact of human activities and climate change on groundwater quantity and quality: A case study of the Western Varamin Plain, Iran. *Water, 15*(18), 3196. https://doi.org/10.3390/w15183196

Azizi, H. and Azizi, H., 2023. Development of an integrated multi-objective approach to formulate optimal harvesting policies with the aim of sustainable management of groundwater resources: Study area: Varamin Plain. *Journal of Hydroinformatics, 25*(2), pp.469–490. https://doi.org/10.2166/hydro.2023.167

Darzi Naftchali, A., Motevali, A., Layani, G., Keikha, M., Bagherian Jelodar, M., Nadi, M., Firouzjaeian, A.A. and Pirdashti, H., 2024. Optimizing cropping pattern through reducing environmental issues and improving socio economic indicators. *Environment, Development and Sustainability, 26*, pp.13041–13068. https://doi.org/10.1007/s10668-023-04074-3

Dutta, S., Kumar, M., Reddy, R.N., Pampaniya, N., Ganvit, R., Manivel, P., Basak, B.B., Roy, S. and Bhattacharya, B.K., 2020. Acreage estimation of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) using remote sensing and geographic information system. *International Journal of Minor Fruits, Medicinal and Aromatic Plants, 6*(2), pp.88-95, 16.10.20 Accepted: 24.10.20

Emami, F. and Koch, M., 2018. Agricultural Water Productivity-Based Hydro-Economic Modeling for Optimal Crop Pattern and Water Resources Planning in the Zarrine River Basin, Iran, in the Wake of Climate Change. Sustainability, *10*(11), 3953. https://doi.org/10.3390/su10113953

Eskandari Dameneh, H., Gholami, H., Telfer, M.W. Comino, J.R., Collins, A.L. and Jansen, J.D., 2021. Desertification of Iran in the early twenty-first century: assessment using climate and vegetation indices. *Scientific Reports, 11*, 20548. https://doi.org/10.1038/s41598-021-99636-8

Fan, Y., He, L., Liu, Y. and Wang, S., 2022. Optimal cropping patterns can be conducive to sustainable irrigation: Evidence from the drylands of northwest China. *Agricultural Water Management, 274*, 107977. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107977

Ghamghami, M. and Irannejad, P., 2019. An analysis of droughts in Iran during 1988-2017. *SN Applied Sciences, 1*, 1217. https://doi.org/10.1007/s42452-019-1258-x

Ghordoyee Milan, S., Kayhomayoon, Z., Arya Azar, N., Ramezani, M.R., Kardan Moghaddam, H. and Berndtsson, R., 2023. Using machine learning to determine acceptable levels of groundwater consumption in Iran. *Sustainable Production and Consumption, 35*, pp.388-400. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.11.018

Huss, C.P., Holmes, K.D. and Blubaugh, C.K., 2022. Benefits and risks of intercropping for crop resilience and pest management. *Journal of Economic Entomology, 115*(5), pp.1350–1362. https://doi.org/10.1093/jee/toac045

Karandish, F., Hoekstra, A. Y. and Hogeboom, R.J., 2020. Rduction food waste and changing cropping patterns to reduce water consumption and pollution in cereal production in Iran. *Journal of Hydrology, 586*, 124881.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124881

Karimi, M., Ahmadi Nadoushan, M. and Chavoshi, E., 2025. A decade-long spatial analysis of opportunistic rice cultivation in a water-stressed agricultural landscape. *Environmental Monitoring and Assessment, 197*, Article 216. https://doi.org/10.1007/s10661-025-13656-9

Landis, J.R. and Koch, G.G., 1977. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics, 15*(2), pp.363–374.

Mallah, S., Gorji Anari, M., Balali, M.R., Asadi, H., Davatgar, N., Varmazyari, H., Stellacci, A. M. and Castellini, M., 2025. Cropping pattern effects on water supply-demand balance in a traditional irrigation network of a semi-arid region of Iran. *The Journal of Agricultural Science, 163*(3), pp.249-265. https://doi.org/10.1017/S0021859625000206

Marzban, Z. and Asgharipour, M.R., 2025. Optimizing rainfed cropping patterns for economic and environmental sustainability in East Lorestan Iran using GIS and LCA. *Scientific Reports, 15*, 20899. https://doi.org/10.1038/s41598-025-02116-6

Myint, S.W., Aggarwal, R., Zheng, B., Wentz, E.A., Holway, J., Fan, C., Selover, N.J., Wang, C. and Fischer, H.A., 2021. Adaptive crop management under climate uncertainty: Changing the game for sustainable water use. *Atmosphere, 12*(8), 1080. http://dx.doi.org/10.3390/atmos12081080

Movahedi, R., Jawanmardi, S., Azadi, H., Goli, I., Viira, A.H. and Witlox, F., 2021. Why do farmers abandon agricultural lands? The case of Western Iran. *Land Use Policy, 108*, 105588. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105588

Mundus Agri. 2020 April 21. Pistachios: Extensive frost damages. Der Auditor. https://www.mundus-agri.eu/news/pistachios-extensive-frost-damages.n22284.html

Naim, R.M., Mutalib, M.A., Shamsuddin, A.S., Lani, M.N., Ariffin, I.A. and Tang, S.G.H., 2024. Navigating the environmental, economic and social impacts of sustainable agriculture and food systems: a review. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering, 11*(4), pp.652-673. https://doi.org/10.15302/J-FASE-2024550

Nouri, M., Homaee, M., Pereira, L.S. and Bybordi, M., 2023. Water management dilemma in the agricultural sector of Iran: A review focusing on water governance. *Agricultural Water Management, 288*, 108480. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108480

Omidvar, K., Nabavizadeh, M., Rousta, I. and Olafsson, H., 2024. Remote sensing-based drought monitoring in Iran's Sistan and Balouchestan province. *Atmosphere, 15*(10), 1211. https://doi.org/10.3390/atmos15101211

Guan, Q., Tang, J., Frankel Davis, K., Kong, M., Feng, L., Shi, K. and Schurgers, G., 2025. Improving future agriculture sustainability by optimizing crop distribution in China, *PNAS Nexus, 4*(1), pp.562. https://doi.org/10.1093/PNASNEXUS/page562

Valivand, F. and Katibeh, H., 2020. Application of numerical modeling to predict and evaluate the effects of

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]

management scenarios in groundwater resources (Varamin Plain, Iran). *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, 11*(6), Article 11A06G. doi: 10.14456/ITJEMAST.2020.107

Yang, M., Wang, S., Zhao, X., Gao, X. and Liu, S., 2020. Soil properties of apple orchards on China's Loess Plateau. *Science of the Total Environment, 723*, 138041. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138041

Yarahmadi, J. and Amini, A., 2021. Determining land suitability for pistachio cultivation development based on climate variables to adapt to drought. *Theoretical and Applied Climatology, 143*, pp.1691-1702. https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-020-03499-4

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-22]