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 رطوبت خاک باغات نخل جنوب کرمان با استفاده از شاخص‌های طیفی رطوبتی

علی اکبر نوروزی[1*]، حسین فرازمند[2]، کاظم محمدپور[2]، آرمان فکری[3]، لیلا صدوقی[4]، فهیمه رسولی[5]

۱- استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران ؛ *
aa.noroozi@areeo.ac.ir

۲- دانشیار موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳-فارغ التحصیل کارشناسی ارشد سنجش از دور دانشگاه تهران جنوب، تهران، ایران

۴- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ، تهران، ایران.

۵- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان دانشگاه تهران، ، تهران، ایران.

چکیده

برآورد رطوبت خاک در نخلستان‌های جنوب شرقی ایران از اهمیت بالایی در مدیریت بهینه آبیاری و افزایش بهره‌وری نخلستان‌ها برخوردار است. این مطالعه با هدف ارزیابی وضعیت رطوبت خاک در نخلستان‌های جنوب استان کرمان انجام شد. برای انجام این پژوهش داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ جمع‌آوری و پس از پیش‌پردازش، روند تغییرات سه شاخص رطوبتی طیفی شامل NDWI، NDMI و MNDWI محاسبه شد. نتایج نشان داد که الگوی تغییرات در میان شاخص‌ها متفاوت است. شاخص NDMI در کل دوره با بیش از ۹۵ درصد ثبات، کمترین تغییرات را تجربه کرد، در مقابل، شاخص MNDWI بیشترین تغییرات مثبت را نشان داد و این موضوع بیانگر دقت بیشتر آن در شناسایی منابع آب سطحی و خاک‌های اشباع است. این نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های NDWI، NDMIو MNDWI ابزارهای مؤثری برای پایش رطوبت خاک در نخلستان‌های مناطق خشک هستند و می‌توانند به‌عنوان یک روش عملیاتی برای مدیریت بهینه آبیاری و برنامه‌ریزی منابع آب مورد استفاده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: رطوبت خاک، لندست، NDWI، NDMI، MNDWI

مقدمه

رطوبت خاک یکی از پارامترهای مهم و اساسی و از عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک تغییرات رطوبت خاک نه‌تنها بر عملکرد محصولات بلکه بر پایداری منابع آب‌های زیرزمینی و مدیریت بهینه آبیاری نیز اثر مستقیم دارد (Elnashar et al., 2024). نخل خرما دارای نیاز آبی بالاست و هرگونه تنش آبی می‌تواند کاهش عملکرد و افزایش حساسیت به آفات و بیماری‌ها را در پی داشته باشد؛ بنابراین، پایش دقیق و پیوسته وضعیت رطوبتی خاک برای بهبود بهره‌وری آبیاری و مدیریت پایدار منابع آبی ضروری است (Al-Ali et al., 2023; Abbasi et al., 2023) روش‌های سنتی اندازه‌گیری رطوبت خاک عمدتاً مبتنی بر نمونه‌برداری میدانی یا ابزارهای نقطه‌ای مانند TDR و سنسورهای حجمی هستند که اگرچه دقت بالایی دارند، اما هزینه‌بر، زمان‌بر و فاقد قابلیت تعمیم مکانی در مقیاس مزرعه تا منطقه می‌باشند. در این میان، فناوری سنجش‌ازدور با فراهم‌آوردن داده‌های چند زمانی و گستره مکانی وسیع، ابزاری کارآمد برای پایش رطوبت خاک و پوشش گیاهی محسوب می‌شود (Abdollahi et al., 2024). شاخص‌های طیفی رطوبتی به‌ویژه آن‌هایی که از باندهای مادون‌قرمز نزدیک (NIR) و مادون‌قرمز کوتاه موج (SWIR) استخراج می‌شوند، حساسیت بالایی به تغییرات رطوبتی دارند. برای مثال، شاخص NDWI که نخستین‌بار توسط گائو

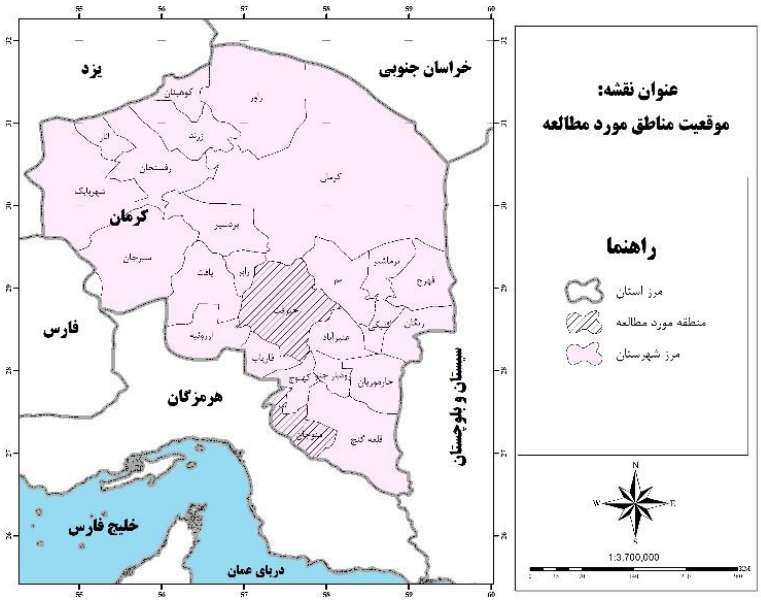
(۱۹۹۶) معرفی شد، با بهره‌گیری از بازتاب NIR و SWIR تغییرات آب مایع در پوشش گیاهی را آشکار می‌سازد و تاکنون در مطالعات گسترده‌ای برای برآورد محتوای آب تاج پوشش به کار رفته است (Gao, 1996). به‌طور خاص، شاخص NDMI با ساختار مشابه، در داده‌های لندست و سنتینل برای تشخیص تغییرات رطوبتی گیاهان و تنش آبی استفاده می‌شود و به دلیل دسترسی آزاد و تداوم زمانی، گزینه‌ای عملیاتی در مدیریت آبیاری به شمار می‌آید (U.S. Geological Survey, 2021). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که در مناطق خشک، ترکیب شاخص‌های آبی مبتنی بر داده‌های سنتینل-۲ می‌تواند برای آشکارسازی رطوبت خاک سطحی و تشخیص مناطق اشباع یا مستعد غرقابی بسیار مفید باشد (Elnashar et al., 2024). همچنین، تلفیق داده‌های چند سنجنده‌ای (مانند سنتینل-۱ راداری یا داده‌های باز تحلیل اقلیمی) با داده‌های اپتیکی، دقت برآورد رطوبت سطحی را افزایش داده و پایش مکانی–زمانی را در مقیاس مزرعه بهبود می‌بخشد (Haghverdi et al., 2022). در ایران نیز پژوهش‌هایی با تمرکز بر برآورد رطوبت خاک از داده‌های لندست، سنتینل-۲ و حتی داده‌های پهپادی انجام شده و نشان داده‌اند که روش‌های داده‌محور مبتنی بر شاخص‌های طیفی می‌توانند تخمین‌های قابل اتکایی از رطوبت خاک ارائه دهند (Abdollahi et al., 2024). در حوزه‌ی نخلستان‌ها، مطالعاتی با بهره‌گیری از داده‌های چند سنجنده (حرارتی، چند طیفی و ابرطیفی) نشان داده‌اند که سنجش‌ازدور می‌تواند ابزاری مؤثر برای مدیریت مزرعه، تشخیص تنش آبی و بهینه‌سازی آبیاری باشد (Al-Ali et al., 2023؛ دهقان و همکاران، ۱۳۹۹). به‌طور خاص، نمونه‌های موردی در شهر بم و بروات (جنوب کرمان) کارایی داده‌های سنتینل-۲ را برای پایش وضعیت سلامت و تنش‌های محیطی نخلستان‌ها تأیید کرده‌اند (Abbasi et al., 2023).

با توجه به تحقیقات انجام شده، بهره‌گیری از شاخص‌های طیفی رطوبتی در پایش رطوبت خاک باغات نخل جنوب کرمان می‌تواند در تصمیم‌گیری مدیریت بهینه منابع آب و ارتقای بهره‌وری آبیاری کمک‌کننده باشد. این رویکرد در شرایط کم‌آبی و فشار بر منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در جنوب کرمان، اهمیت زیادی دارد و می‌تواند گامی مؤثر در جهت پایداری کشاورزی منطقه باشد. این پژوهش به‌منظور، پایش و برآورد رطوبت خاک در باغات نخل جنوب استان کرمان با استفاده از شاخص‌های طیفی رطوبتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

این پژوهش در نخلستان‌های جنوب استان کرمان دو شهرستان جیرفت و منوجان انجام شد. محدوده جغرافیایی تقریبی بین عرض جغرافیایی ۲۴،۵ تا ۲۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ تا ۶۱،۸ درجه شرقی قرار دارد. اقلیم این منطقه عمدتاً خشک و نیمه‌خشک است و محدودیت منابع آبی، مدیریت بهینه رطوبت خاک را به یکی از چالش‌های اصلی کشاورزی به‌ویژه در نخلستان‌ها تبدیل کرده است. رطوبت خاک در این مناطق نه تنها عاملی کلیدی در رشد درختان نخل و بهره‌وری باغ‌ها به شمار می‌آید، بلکه نقش مستقیمی در پایداری تولید و کاهش مصرف بی‌رویه آب دارد(شکل ۱).



شکل ۱-موقعیت منطقه موردمطالعه

روش کار

در این پژوهش، جهت پایش وضعیت رطوبت خاک ابتدا اطلاعات پایه و گزارش‌های مربوط به منطقه مطالعه شامل نخلستان‌های جنوب استان کرمان جمع‌آوری شد و سپس داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ از سامانه USGS Earth Explorer دریافت گردید. پس از اصلاح هندسی و رادیومتریک تصاویر، سه شاخص رطوبتی شامل شاخص نرمال‌شده آب (NDWI)، شاخص اختلاف رطوبتی نرمال‌شده (NDMI)، شاخص اختلاف آب اصلاح‌شده (MNDWI)، با بهره‌گیری از باندهای ۳،۵،۶ و ۷ ماهواره لندست محاسبه گردیدند. هدف از انتخاب این شاخص‌ها، ارزیابی دقیق‌تر میزان رطوبت و شناسایی الگوهای مکانی و زمانی رطوبت در نخلستان‌های منطقه بود. مقادیر شاخص‌ها برای بازه‌های زمانی مذکور استخراج و برای تحلیل مکانی و زمانی با استفاده از نرم‌افزارهای محیط سنجش‌ازدور مانند ENVI و ArcGIS پردازش شد. روند تغییرات رطوبت خاک در سطح منطقه موردبررسی قرار گرفت و مناطق دارای تنش آبی شناسایی شدند. صحت نتایج با داده‌های مشاهداتی منابع آبی و نخلستان‌ها مقایسه و اعتبارسنجی گردید .

Normalized Difference Water Index (NDWI)

با استفاده از باندهای NIR و مادون‌قرمز کوتاه‌موج (SWIR) میزان آب موجود در پوشش گیاهی را اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص نسبت به وضعیت آبی گیاه حساس بوده و برای پایش خشکسالی کاربرد دارد (Gao, 1996). شاخص NDWI

یکی از ابزارهای سنجش از دور است که برای شناسایی و پایش محتوای آب در پوشش گیاهی و مناطق آبی استفاده می‌شود. این شاخص به تغییرات رطوبت حساس بوده و در مطالعات زیست‌محیطی، کشاورزی و مدیریت منابع آبی کاربرد گسترده‌ای دارد. NDWI اطلاعات مفیدی درباره وضعیت سلامت پوشش گیاهی و منابع آبی ارائه می‌دهد.

$$NDWI = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR} \quad (۱)$$

Normalized Difference Moisture Index (NDMI)

NDMIمشابه NDWI است؛ اما معمولاً از باندهای SWIR متفاوتی استفاده می‌کند. این شاخص نیز برای ارزیابی رطوبت و میزان تنش آبی گیاهان کاربرد دارد (Wilson and Sader, 2002) . کاربردهای معاصر نشان داده‌اند که NDMI عملکرد بهتری در پایش تنش ناشی از خشکسالی در اکوسیستم‌های مرتعی و جنگلی دارد.(Fernandez-Moran et al., 2024)

NDMIمثبت نشان‌دهنده وجود رطوبت در پوشش گیاهی است. مقادیر بالاتر NDMI نشان‌دهنده رطوبت بیشتر است NDMI.منفی نشان‌دهنده کمبود رطوبت در پوشش گیاهی است.

$$NDMI = \frac{NIR-MIR}{NIR+MIR} \quad (۲)$$

MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index)

که برای تشخیص و استخراج دقیق‌تر ویژگی‌های آب‌های سطحی طراحی شده است. به طور خلاصه، شاخص آب‌سنجی نرمال شده (NDWI) یک ابزار ارزشمند برای ارزیابی محتوای آب است که به ما کمک می‌کند تا اطلاعات بیشتری در مورد منابع آب و رطوبت زمین کسب شود. شاخص MNDWI با جایگزینی بازتاب سبز به‌جای NIR ، توانایی استخراج ویژگی‌های آب آزاد را بهبود می‌دهد و جداسازی بهتر آب از مناطق ساخته‌شده یا خاک لخت را فراهم می‌سازد (Xu, 2006) .

$$MNDWI = \frac{GREEN-MIR}{GREEN+MIR} \quad (۳)$$

همچنین، مقایسه نتایج شاخص‌های طیفی با داده‌های میدانی از ایستگاه‌های سنجش رطوبت خاک در منطقه مطالعه برای اعتبارسنجی مدل‌ها صورت پذیرفت. این ارزیابی‌ها کمک کرد تا کارایی شاخص‌ها در شناسایی دقیق مناطق دارای تنش آبی و برآورد صحیح رطوبت خاک تأیید شده و نقاط ضعف احتمالی مشخص گردد.

نتایج و بحث

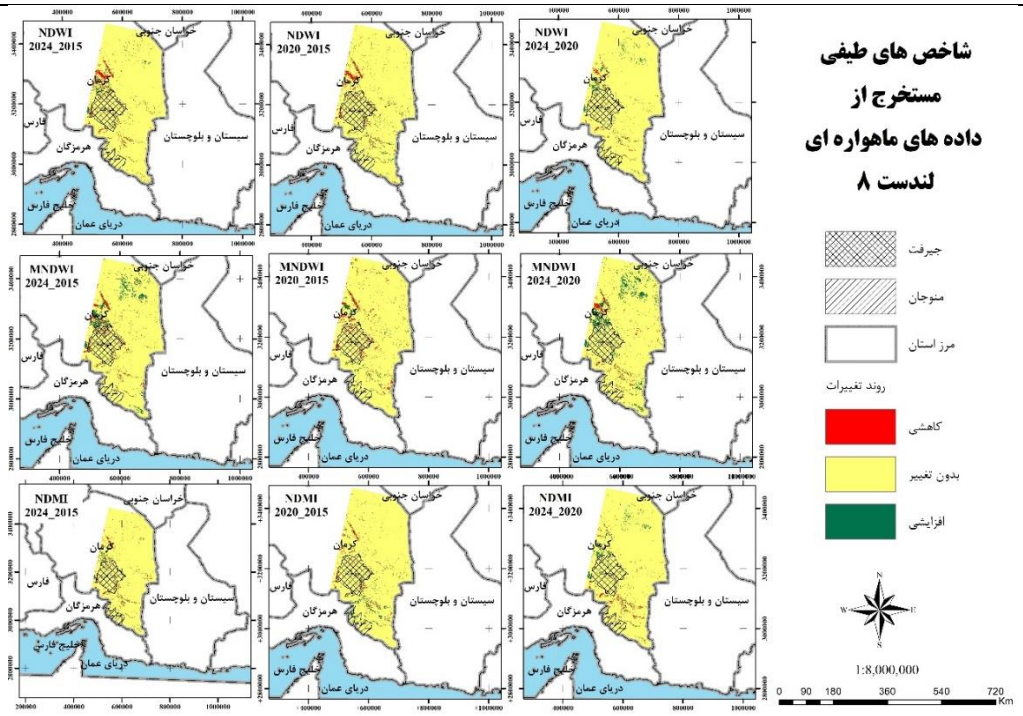
بررسی و محاسبات انجام شده و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای نشان داد که میزان رطوبت خاک در نخلستان‌های جنوب شرقی ایران در بازهٔ سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ تغییرات قابل توجهی داشته است. شاخص‌های NDWI وNDMI ، روند فصلی رطوبت خاک و پوشش گیاهی را به‌خوبی نشان دادند و تنش‌های آبی در فصل تابستان به‌وضوح قابل‌مشاهده بود. مقادیر NDMI مثبت عمدتاً نشان‌دهنده رطوبت مناسب در پوشش گیاهی است، درحالی‌که مقادیر منفی نمایانگر کاهش رطوبت و بروز تنش آبی در نخل‌ها بود (جدول ۱).

عملکرد شاخص NDWI تغییرات فصلی و مکانی رطوبت تاج پوشش نخل را به‌خوبی نمایش داد و توانایی شناسایی مناطقی با تنش متوسط تا شدید آبی را داشت و شاخص NDMI حساسیت بالایی به رطوبت برگ‌ها و تنش آبی داشت و شاخص MNDWI برای تشخیص دقیق منابع آب سطحی و نواحی اشباع و نیمه اشباع خاک مؤثر بود و توانست تأثیر کاهش آب رودخانه‌ها و کانال‌های آبیاری را بر رطوبت خاک نمایش دهد.

نواحی مرکزی و غربی جنوب کرمان بیشترین کاهش رطوبت خاک را در سال‌های خشک تجربه کردند، درحالی‌که مناطق مجاور منابع آبی پایدار، تغییرات کمتری داشتند. یکی از محدودیت‌های روش انجام‌شده، تأثیر ویژگی‌های سطح زمین بر دقت شاخص‌های طیفی، به‌ویژه شاخص MNDWI، است (شکل ۲).

جدول ۱- روند تغییرات شاخص‌های طیفی در نخلستان‌های جنوب‌شرقی کرمان

شاخص	دوره زمانی	کاهشی (درصد)	بدون تغییر (درصد)	افزایشی (درصد)
NDWI	۲۰۱۵-۲۰۲۴	۲/۸۶	۹۵/۵۳	۱/۶۳
	۲۰۱۵-۲۰۲۰	۲/۸۴	۹۴/۷۴	۲/۴۵
	۲۰۲۰-۲۰۲۴	۱/۵۳	۹۶/۳۳	۲/۱۳
NDMI	۲۰۱۵-۲۰۲۴	۲/۴۰	۹۵/۸۲	۱/۸۰
	۲۰۱۵-۲۰۲۰	۲/۰۲	۹۵/۶۷	۲/۳۴
	۲۰۲۰-۲۰۲۴	۱/۹۲	۹۵/۸۶	۲/۲۱
MNDWI	۲۰۱۵-۲۰۲۴	۳/۰۹	۹۲/۱۵	۴/۷۸
	۲۰۱۵-۲۰۲۰	۳/۴۱	۹۴/۶۷	۱/۹۵
	۲۰۲۰-۲۰۲۴	۲/۸۳	۹۱/۱۷	۲/۸۴



شکل ۲-شاخص‌های طیفی مستخرج از داده‌های ماهواره‌ای لندست۸

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و محاسبه شاخص‌های طیفیNDWI ، NDMIو MNDWI نشان داد که این شاخص‌ها قابلیت بالایی در پایش تغییرات رطوبت خاک و شناسایی تنش‌های آبی در نخلستان‌های جنوب‌شرقی ایران دارند. بررسی داده‌ها طی سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ نشان داد که میانگین مقادیر NDMI در بخش‌های

مرکزی و غربی منطقه کاهش یافته است. این کاهش بیانگر افت رطوبت گیاه در سال‌های اخیر است؛ به‌ویژه آنکه NDMI حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات رطوبت گیاه داشته، در حالی که MNDWI توانایی بالاتری در شناسایی منابع آب سطحی و خاک‌های اشباع از خود نشان داد.

مقایسه یافته‌های این پژوهش با مطالعات پیشین مانند (Abbasi et al., 2023 ؛ Gao, 1996) نشان داد که استفاده از شاخص‌های طیفی برای پایش رطوبت در اکوسیستم‌های کشاورزی مناطق خشک می‌تواند نتایجی قابل اتکا ارائه دهد. Ebrahimi et al. (2023) در پژوهشی در استان گلستان ایران نشان دادند که شاخص‌های NDWI و MNDWI توانایی مناسبی در تخمین رطوبت خاک دارند. همچنین Wang et al. (2024) گزارش کردند که NDWI رابطه‌ای معکوس و معنادار با رطوبت خاک دارد و NDMI به‌عنوان شاخصی کارا برای شناسایی تنش‌های آبی در اکوسیستم‌های کشاورزی شناخته می‌شود. علاوه‌براین، یافته‌های Rahman et al. (2024) و Al-Habsi et al. (2024) نیز تأیید می‌کنند که شاخص‌هایMNDWI و NDWI می‌توانند در مناطق خشک عملکرد قابل قبولی در شناسایی نواحی اشباع و پایش وضعیت رطوبتی داشته باشند.

نتایج حاصل از تحلیل شاخص‌های طیفی در بازه‌های زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ نشان داد که الگوی تغییرات در میان شاخص‌ها متفاوت است. شاخص NDMI در کل دوره با بیش از ۹۵ درصد ثبات، کمترین تغییرات را تجربه کرد و این امر نشان‌دهنده حساسیت بالای آن به تغییرات جزئی رطوبتی پوشش گیاهی است. در مقابل، شاخص MNDWI بیشترین تغییرات مثبت را نشان داد و این موضوع بیانگر دقت بیشتر آن در شناسایی منابع آب سطحی و خاک‌های اشباع است. شاخص NDWI نیز گرچه قابلیت تشخیص تنش‌های آبی را داشت، اما تغییرات آن نسبت به NDMI و MNDWI محدودتر بود. بر این اساس می‌توان شاخص‌ها را از نظر کارایی برای شناسایی رطوبت گیاه ابتدا NDMI و بعد MNDWI و شاخص NDWI در آخر به‌عنوان شاخص مناسب جهت شناسایی تغییرات رطوبتی پوشش گیاهی درنظر گرفت. همچنین این نتایج همسو با مطالعات پیشین، نشان‌دهنده پتانسیل بالای ترکیب NDMI و MNDWI برای مدیریت بهینه آبیاری در مناطق خشک است.

فهرست منابع

- دهقان، م.، و همکاران. (۱۳۹۹). پایش تنش آبی در نخلستان‌های جنوب کرمان با استفاده از شاخص‌های طیفی و تصاویر لندست. مجله علمی پژوهشی علوم آب و خاک ایران، ۲۹(۴)، ۸۹–۱۰۲.

- Abbasi, H., Eskandari, I., Alavipanah, S. K., & Matkan, A. A. (2023). Early detection of red palm weevil stress on date palms using Sentinel-2 imagery in Bam, Iran. *Agriculture*, *13*(5), 1007. https://doi.org/10.3390/agriculture13051007.

- Abdollahi, H., Kheyrollah Pour, H., & Pradhan, B. (2024). Random forest-based soil moisture estimation using Sentinel-2/Landsat-8/9 and UAV hyperspectral data. *Remote Sensing*, *16*(1), 88. https://doi.org/10.3390/rs16010088

- Al-Ali, M., Al-Khanjari, S., & Choudhury, A. (2023). High-resolution multisensor remote sensing to support date palm farm management. *Agriculture*, *13*(3), 554. https://doi.org/10.3390/agriculture13030554.

- Al-Habsi, A., Khan, M., & Al-Rawahi, S. (2024). Effectiveness of multispectral Sentinel-2 indices for detecting soil moisture in arid regions of Oman. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 127, 103719. https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103719

- Ebrahimi, M., Abbasi, A., & Karami, S. (2023). Estimation of soil moisture using Landsat-8 and Sentinel-2 indices in agricultural lands of Golestan province, Iran. *Remote Sensing*, 15(8), 2155. https://doi.org/10.3390/rs15082155
- Elnashar, A., Abd Elbasit, M. A. M., & ElKahlout, K. E. (2024). Examining the potential and effectiveness of water indices using Sentinel-2 to detect soil moisture in arid regions. *Catena, 237*, 107633. https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.107633
- Fernandez, J. L., Silva, C., & Ramos, C. (2024). Saturation index as an indicator of chlorophyll fluorescence changes in tropical forest canopies. Remote Sensing, 16(5), 2401. https://doi.org/10.3390/rs16052401
- Gao, B. C. (1996). NDWI A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment, 58*(3), 257–266. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3
- Haghverdi, A., Gholami, A., Zare, H., & Doulgeris, A. P. (2022). Estimation of soil moisture by fusion of Sentinel-1 and Sentinel-2 data. *Sustainability, 14*(21), 14227. https://doi.org/10.3390/su142114227
- Kim, H. & Lee, Y. (2022). Improved irrigation water stress monitoring with MNDWI in clay-rich agricultural areas. Agricultural Water Management, 263, 107435. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107435
- Le, T. S., Harper, R., & Dell, B. (2023). Application of remote sensing in detecting and monitoring water stress in forests. Remote Sensing, 15(13), 3360. https://doi.org/10.3390/rs15133360
- U.S. Geological Survey. (2021). *Normalized Difference Moisture Index (NDMI)*. Retrieved from https://www.usgs.gov/landsat-missions
- Rahman, M., Li, X., & Zhao, Y. (2024). Potential of Sentinel-2 based NDWI and MNDWI for detection of inundated and moisture-rich areas in drylands. *Ecological Indicators*, 164, 112153. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112153
- Wang, H., Liu, Z., Zhang, Y., & Chen, J. (2024). Evaluating the relationship between spectral indices and soil moisture content in croplands. *Agricultural Water Management*, 300, 108742. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108742
- Wilson, J. W., & Sader, S. A. (2002). Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. Remote Sensing of Environment, 80(3), 385–396. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00135-7.
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing, 27(14), 3025-3033. https://doi.org/10.1080/01431160600589179.

چکیده انگلیسی

Soil Moisture Monitoring of Date Palm Orchards in Southern Kerman Using Spectral Moisture Indices

Ali Akbar Noroozi[*1], Hossein Farazmand[2], Kazem Mohammadpur[2],
Arman Fekri[3], Leila sadooghi[4], Fahimeh rasooli[5]
1-Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
2-Associate Professor of Plant Protection in Areeo
3-Master's degree graduate in Remote Sensing, University of Tehran South, Tehran, Iran
4-Ph.D.Student, Department of Soil Science, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran
5-Master's degree graduate in The Management and Control of Desert, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract
Estimating soil moisture in the palm groves of southeastern Iran is crucial for optimizing irrigation management and enhancing the productivity of palm plantations. This study aimed to assess soil moisture status in the palm groves of southern Kerman province. Landsat 8 satellite data from 2015, 2020, and 2024

were collected and, after preprocessing, three spectral moisture indices—NDWI, NDMI, and MNDWI—were calculated to analyze temporal trends. The results showed that the patterns of change differed among the indices. NDMI exhibited the least variation, maintaining over 95% stability throughout the study period, whereas MNDWI showed the most significant positive changes, indicating its higher accuracy in detecting surface water sources and saturated soils. These findings suggest that NDWI, NDMI, and MNDWI are effective tools for monitoring soil moisture in dry-region palm groves and can be applied as operational methods for optimizing irrigation and planning water resources.

Keywords: Landsat, NDWI, NDMI, MNDWI, Soil moisture, Remote sensing