J. RS. GEOINF. RES. 2(1): 11-24, Winter & Spring 2024

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)
Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Determining Soil Roughness and Moisture Parameters Using Sentinel-1 Satellite Data via OH Model: A Case Study of Agricultural Land in Nazarabad City

H. Babaeifard, S. Sadeghian*

Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 08 February 2024
Reviewed: 12 February 2024
Revised: 20 March 2024
Accepted: 25 March 2024

KEYWORDS:
Remote Sensing
Sentinel-1 Satellite Data
OH Model
Soil Moisture and Roughness
Agriculture

* Corresponding author
sa_sadeghian@sbu.ac.ir
(+98912) 3505745

ABSTRACT

Background and Objectives: This research aims to present a novel approach for retrieving soil parameters from the combination of Sentinel-1 satellite data and the OH model. This information can aid in improving land management and increasing agricultural productivity. Accurate determination of soil parameters such as roughness and moisture is crucial for efficient land agriculture management and decision-making. Conventional ground-based methods for obtaining these parameters are often limited in spatial coverage and are frequently found to be time-consuming and costly. On the other hand, remote sensing techniques, especially those utilizing SAR satellite data, offer the potential for a more effective and comprehensive solution for monitoring soil conditions in vast areas. This study focuses on three main questions related to soil roughness and moisture parameters, emphasizing their significance for agriculture and their impact on soil science and agricultural processes. It also underscores the potential of remote sensing techniques, particularly the acquisition of satellite data, in providing effective and comprehensive solutions for monitoring soil conditions in extensive areas. Soil roughness and moisture are highly important for agriculture and can have significant impacts on crop growth.

Methods: This research is focused on investigating and analyzing the soil moisture and roughness parameters of an agricultural land in Nazarabad County. The process includes data collection, preprocessing, radar data calibration, and validation. Radar data for this study is obtained from the Sentinel-1 satellite. The use of radar data from this satellite for monitoring agricultural lands day and night and conducting comprehensive research on the subject is highly valuable. The input data underwent preprocessing in the SNAP software, involving the use of filters to remove noise spots and geometric corrections. The necessary inputs for solving the OH model equations from polarized images, especially HH and VV, were obtained after the aforementioned settings using SNAP software. Statistical analysis involves extracting vital information such as Sigma Naught (σ) and incidence angle (θ) for each pixel, which are crucial for the OH model. Polarized images, after adjustments, were further used for analysis. Next, the equations written for each pixel were individually solved in MATLAB programming software, and the values of the root mean square height (s) for obtaining roughness and the dielectric constant (ε) - a key parameter for estimating soil moisture content, i.e., soil moisture (mv), for all pixels were obtained. Finally, matrices related to these values were transformed into the output image, generating a map displaying information on soil moisture and roughness.

Findings: Based on the results obtained, it has been demonstrated that the values of dielectric constant, roughness, and humidity are very sensitive to the initial solver parameters. In particular, the dielectric constant exhibits significant sensitivity, which may be reduced by improving the solution method. Roughness profile analysis shows that the rms height varies in different regions and increases the scattering with the increase of roughness. Additionally, moisture content analysis indicates that the humidity is relatively uniform throughout the area.

Conclusion: This study demonstrates that the use of Sentinel-1 satellite data in conjunction with the OH model leads to a significant improvement in access to reliable information for enhancing agricultural management. This approach has the capability to analyze spatial and temporal variations in soil roughness and moisture, providing vital information for optimizing agricultural practices. Substantial soil condition improvements lead to more precise monitoring and better productivity in agriculture, offering the potential for more accurate monitoring of soil conditions and enhanced productivity in the agricultural domain. These assessments can provide valuable insights for agricultural land management and decision-making processes, contributing to increased efficiency and environmental conservation.

NUMBER OF REFERENCES 33
NUMBER OF FIGURES 11
NUMBER OF TABLES 1

مقاله پژوهشی

تعیین پارامترهای زبری و رطوبت خاک با اســتفاده از داده‌های ماهواره‌ای ســنتینل۱ از طریق مدل OH: مطالعه موردی زمین کشاورزی در شهر نظرآباد

حمیدرضا بابایی‌فرد، سعید صادقیان*

گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: این تحقیق، به دنبال ارائه رویکردی نوین برای بازیابی پارامترهای خاک از ترکیب داده‌های ماهواره‌ای سنتینل-۱ و مدل OH است. این اطلاعات، می‌تواند به بهبود مدیریت زمین و افزایش بهره‌وری کشاورزی کمک کند. تعیین دقیق پارامترهای خاک، مانند زبری و رطوبت، برای مدیریت کارآمد زمین کشاورزی و تصمیم‌گیری اهمیت قابل توجهی دارد. روش‌های زمینی مرسوم برای دستیابی به این پارامترها از نظر پوشش مکانی، محدود و اغلب زمان‌بر و پرهزینه هستند. در مقابل، تکنیک‌های سنجش از دور، به‌ویژه آن‌هایی که از داده‌های ماهواره‌ای SAR استفاده می‌کنند، پتانسیل راه‌حل مؤثرتر و جامع‌تری را برای پایش شرایط خاک در مناطق وسیع ارائه می‌دهند. در این تحقیق، سه سؤال اصلی مورد توجه قرار گرفته است که بر تعیین پارامترهای زبری و رطوبت خاک، اهمیت آن‌ها برای کشاورزی و تأثیر آن‌ها بر خاک تمرکز دارد. همچنین، بر پتانسیل تکنیک‌های سنجش از دور، به ویژه، کسب داده‌های ماهواره‌ای، برای ارائه راهکارهای موثر و جامع برای نظارت بر شرایط خاک در مناطق گسترده تأکید دارد. زبری و رطوبت خاک اهمیت بسیاری برای کشاورزی دارند و می‌توانند تأثیرات زیادی بر رشد محصولات داشته باشند.

روش‌ها: این پژوهش، به بررسی و تحلیل پارامترهای رطوبت و زبری خاک یکی از اراضی کشاورزی شهرستان نظرآباد پرداخته است. این فرآیند شامل جمع‌آوری داده‌ها، پیش‌پردازش، کالیبراسیون و اعتبارسنجی داده‌های رادار است. داده‌های راداری این تحقیق از ماهواره Sentinel-1 به‌دست آمده است. استفاده از داده‌های راداری از این ماهواره برای نظارت شبانه‌روزی بر زمین‌های کشاورزی و تحقیق جامعی بر روی موضوع فوق بسیار ارزشمند است. داده‌های ورودی، مورد پیش‌پردازش در نرم‌افزار اسنپ قرار گرفت به‌طوری‌که پیش‌پردازش شامل استفاده از فیلترها برای حذف نویز لکه‌ها و اصلاحات هندسی بود. ورودی‌های لازم برای حل معادلات مدل OH از تصاویر پلاریزه به‌ویژه HH و VV پس از انجام تنظیمات فوق با استفاده از نرم‌افزار اسنپ به‌دست آمد. تجزیه و تحلیل آماری شامل استخراج اطلاعات حیاتی مانند Sigma Naught (σ) و زاویه فرود (θ) برای هر پیکسل است که برای مدل OH بسیار مهم هستند. تصاویر پلاریزه، پس از تنظیمات، برای تجزیه و تحلیل بیشتر مورد استفاده قرار گرفتند. در مرحله بعد، معادلات نوشته شده برای هر پیکسل به‌طور جداگانه در نرم‌افزار برنامه‌نویسی MATLAB حل شد و مقادیر ریشه میانگین ارتفاع مربع (s) برای به‌دست آوردن زبری و ثابت دی‌الکتریک (ε) پارامتر مورد علاقه برای تخمین رطوبت خاک یعنی میزان رطوبت (mv) برای تمام پیکسل‌ها به‌دست آمد. در نهایت، ماتریس‌های مربوط به این مقادیر به تصویر خروجی تبدیل شد و یک نقشه تولید شد که اطلاعات مربوط به رطوبت و زبری خاک را نمایش می‌دهد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج حاصل، نشان داده شده است که مقادیر ثابت دی الکتریک، زبری و رطوبت به پارامترهای اولیه حل‌کننده بسیار حساس می‌باشند. به ویژه، ثابت دی الکتریک دارای حساسیت قابل توجهی است که ممکن است با بهبود روش حل، این حساسیت کاهش یابد. تحلیل نمایه زبری نشان می‌دهد که ارتفاع rms در مناطق مختلف متفاوت است و با افزایش زبری، پراکندگی افزایش می‌یابد. همچنین، تحلیل محتوای رطوبت نشان می‌دهد که رطوبت در سراسر منطقه نسبتاً یکنواخت است.

نتیجه‌گیری: این مطالعه، نشان می‌دهد که استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-1 و بهره‌گیری از مدل OH، منجر به بهبود قابل توجهی در دسترسی به اطلاعات قابل اعتماد جهت بهبود مدیریت زراعت می‌شود. این روش توانایی

تاریخ دریافت: ۱۹ بهمن ۱۴۰۲
تاریخ داوری: ۲۲ اسفند ۱۴۰۲
تاریخ اصلاح: ۰۱ فروردین ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۰۶ فروردین ۱۴۰۳

واژگان کلیدی:
سنجش از دور
داده‌های ماهواره‌ای Sentinel-1 مدل OH
رطوبت و زبری خاک
کشاورزی

* نویسنده مسئول
sa_sadeghian@sbu.ac.ir
۰۹۱۲-۳۵۰۵۷۴۵

تجزیه و تحلیل نوسانات مکانی و زمانی در زبری و رطوبت خاک را داراست و اطلاعات حیاتی جهت بهینه‌سازی روش‌های کشاورزی را فراهم می‌سازد. اصلاح شرایط خاک، به‌طور قابل‌توجهی به نظارت دقیق‌تر بر شرایط خاک و بهره‌وری بهتر در حوزه کشاورزی منجر می‌شود و این رویکرد امکان نظارت دقیق‌تر بر شرایط خاک و بهره‌وری بهتر در زمینه کشاورزی را فراهم می‌کند. این بررسی‌ها، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را برای مدیریت زمین کشاورزی و فرآیندهای تصمیم‌گیری فراهم کرده و به افزایش بهره‌وری و حفاظت از محیط زیست کمک کند.

مقدّمه

مدیریت پارامترهای خاک، یکی از ملاحظات اساسی در زمینه کشاورزی است که تأثیر قابل توجهی بر عواملی مانند بهره‌وری محصول، راندمان آبیاری و پایداری کلی زمین دارد [۱]. پیشرفت‌های اخیر در تکنیک‌های سنجش از دور، به‌ویژه استفاده از داده‌های راداری، راه‌های جدیدی برای کسب اطلاعات حیاتی خاک، از جمله زبری و رطوبت، در مقیاس بزرگ ایجاد کرده است. این پیشرفت‌ها پیامدهای اساسی برای بهینه‌سازی شیوه‌های کشاورزی و تسهیل فرآیندهای تصمیم‌گیری آگاهانه در جامعه کشاورز، با مزایای بالقوه برای پیش‌بینی عملکرد محصول و مدیریت منابع دارد [۲].

رطوبت خاک و زبری سطح زمین از جمله پارامترهای بسیار حیاتی در زمینه‌های هواشناسی، هیدرولوژی، کشاورزی و مدیریت ریسک محسوب می‌شوند. تصاویر SAR قابلیت تخمین این پارامترها را دارند. اکنون، دسترسی به تصاویر با کیفیت بالا SAR به‌صورت محلی و جهانی مانند Sentinel-1، امکان‌پذیر شده است [۳]. مدل‌های متعددی برای استخراج اطلاعات از تصاویر راداری، به‌خصوص دو پارامتر زبری و رطوبت، پیشنهاد شده‌اند. این مدل‌ها به‌طور کلی در سه دسته فیزیکی، نیمه تجربی و تجربی قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال، می‌توان به مدل‌های IEM ، SPM، GOM و POM اشاره کرد. این مدل‌ها با استفاده از تخمین فیزیکی پارامترهای سطح، روابطی بی‌نیاز از مشاهده‌های میدانی ارائه می‌دهند. در مطالعات مختلفی که انجام شده است، این مدل‌ها در برخی موارد دقت قابل قبولی ارائه می‌دهند، اما در برخی موارد دیگر، خطای آن‌ها به اندازه‌ای بالاست که عملاً باعث می‌شود پارامترهای سطح برآورد شده، غیرقابل استفاده باشند [۴].

استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-1 در ترکیب با مدل OH یک رویکرد امیدوارکننده برای بازیابی پارامترهای خاک ارائه می‌کند [۵]. از این طریق، تخمین پارامترهای سطح خاک، به‌دست آوردن بینش‌های ارزشمند در مورد ویژگی‌های خاک مناطق کشاورزی با سطوح بالایی از دقت و صحت امکان‌پذیر می‌شود [۶]. چنین بینش‌هایی به نوبه خود می‌تواند به افزایش درک ما از پویایی خاک و بهبود کارایی شیوه‌های استفاده از زمین در منطقه کشاورزی نظرآباد و مناطق مشابه کمک کند. استفاده از داده‌های سنجش از دور برای استخراج پارامترهای خاک اهمیت چشمگیری در زمینه بهبود شیوه‌های مدیریت کاربری اراضی کشاورزی پیدا کرده است[۷و۸]. سنجش از دور رادار مبتنی بر ماهواره، به‌ویژه، با استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-1، اطلاعات ارزشمندی را برای ارزیابی زبری و رطوبت خاک فراهم می‌کند [۹].

درک ناهمواری و رطوبت خاک ضروری است، زیرا این پارامترها مستقیماً بر فرآیندهای کشاورزی مانند مدیریت آبیاری، آماده‌سازی زمین و تخمین عملکرد محصول تأثیرگذارند [۱۰]. با این حال، پیشرفت‌های حاصل از فناوری سنجش از دور امیدوارکننده برای به‌دست آوردن اطلاعات حیاتی خاک است[۱۱]. اهمیت این تحقیق، در پتانسیل افزایش کارایی و دقت بازیابی پارامترهای خاک است که می‌تواند به تصمیم‌گیری آگاهانه مدیریت زمین کشاورزی کمک کند. با استفاده از قابلیت‌های داده‌های ماهواره Sentinel-1 و مدل‌های مبتنی بر ماهواره، این مطالعه به‌دنبال پر کردن شکاف بین اندازه‌گیری‌های سنتی مبتنی بر زمین و تکنولوژی نوظهور در تخمین پارامترهای خاک است.

از طریق این تحقیق، درک عمیق‌تری از پیچیدگی‌های زبری خاک و تخمین رطوبت، به همراه توسعه یک روش ابتکاری و عملی که می‌تواند در مناظر کشاورزی، به‌ویژه در بافت شهر نظرآباد مورد استفاده قرار گیرد، به‌دنبال خواهد شد.

شهر نظرآباد، با تنوع کشاورزی و الگوهای کاربری مختلف، به‌عنوان یک محیط جذاب و چالش برانگیز برای این تحقیق مطرح می‌شود. پیچیدگی‌های ویژگی‌های خاک منطقه، به تأثیر عواملی مانند توپوگرافی، روش‌های آبیاری، و انواع پوشش زمین، بستر آزمایشی ایده‌آلی را برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی ایجاد می‌کند [۱۲]. علاوه بر این، یافته‌های این تحقیق این پتانسیل را دارد که به مناظر کشاورزی مشابه در سطح جهانی تعمیم یابد و در نتیجه، اهمیت این مطالعه را فراتر از محدوده جغرافیایی فوری تقویت کند. همپیوستگی پارامترهای خاک، داده‌های ماهواره‌ای و استفاده از زمین کشاورزی بر اهمیت و تأثیر بالقوه این تحقیق تأکید می‌کند. هدف این مطالعه با آشکارسازی پیچیدگی‌ها و چالش‌های ذاتی استخراج پارامترهای خاک از طریق سنجش از دور، کمک به پیشرفت شیوه‌های کشاورزی پایدار، مدیریت دقیق استفاده از زمین، و توسعه گسترده‌تر کاربردهای سنجش از دور در کشاورزی است.

در ادامه، مروری جامع بر مقالات علمی مربوط به ارزیابی زبری خاک و پارامترهای رطوبت با استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-1 از طریق مدل Oh ارائه شده است. تمرکز این مرور بر ارائه یک بررسی جامع از تحقیقات صورت گرفته و بررسی نقاط قوت و ضعف آن می‌باشد تا درک کاملی از چشم‌انداز تحقیق فعلی ارائه شود.

چندین مطالعه، استفاده از داده‌های سنجش از دور را برای تخمین پارامترهای زبری خاک مورد بررسی قرار داده‌اند. به‌عنوان مثال، بغدادی و همکاران از داده های Sentinel-1 برای تخمین زبری خاک در مزارع کشاورزی استفاده کردند و به نتیجه رسیدند که این رویکرد می‌تواند

دقت قابل توجهی را ارائه دهد [۱۳]. اما، این مطالعه به یک منطقه خاص محدود بوده و تأثیر رطوبت بر تخمین زبری را در نظر نگرفته بود. از سوی دیگر، جزیریان و همکاران روشی را برای تخمین زبری خاک با استفاده از داده‌های Sentinel-1 و Sentinel-2 با در نظر گرفتن اثرات رطوبت ایجاد کرد [۱۴]. رویکرد آن‌ها نتایج امیدوارکننده‌ای را از نظر دقت نشان داد، اما به مراحل پیش‌پردازش پیچیده‌ای نیاز داشت که ممکن است کاربرد آن را در تنظیمات عملیاتی محدود کند.

بررسی تخمین رطوبت خاک با بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور در تحقیقات به شدت مورد توجه قرار گرفته است. به‌عنوان نمونه، مطالعه انجام شده توسط ضریبی و همکاران از داده‌های Sentinel-1 برای انجام تخمین رطوبت خاک در مناطق کشاورزی بهره برد و توانایی مدل OH برای این مقصود نشان دادند [۱۵]. با این حال، محدودیت این تحقیق در تمرکز بر یک نوع محصول خاص بوده است و تأثیر ویژگی‌های زبری خاک بر دقت تخمین رطوبت، در این پژوهش مورد بررسی قرار نگرفته است. در مقابل، روش جدیدی توسط هان و همکاران برای تخمین همزمان پارامترهای زبری و رطوبت خاک با بهره‌گیری از داده‌های Sentinel-1 پیشنهاد گردید [۱۶]. روش مورد استفاده توسط این محققان نتایجی امیدوار کننده از حیث دقت و کارآیی به ارمغان داشت، اما به‌طور گسترده انواع مختلف پوشش زمین را در بر نگرفته است.

در یک تحقیق انجام شده توسط لیانگ و همکاران، ارزیابی رطوبت خاک و زبری سطح در مناطق کشاورزی با استفاده از داده‌های Sentinel-1 مورد بررسی قرار گرفت [۱۷]. این تحقیق به دلیل روش شناسایی دقیق و تحلیل جامع پارامترهای خاک، به‌عنوان یکی از نقاط قوت مطرح شده است. با این حال، محدودیت‌هایی نیز وجود دارد که منطقه کوچک مورد مطالعه باعث محدود شدن تعمیم‌پذیری نتایج به مناطق بزرگتر می‌شود.

در مطالعه‌ای دیگر توسط چن و همکاران، ارتباط بین داده‌های Sentinel-1و رطوبت خاک در انواع مختلف پوشش زمین بررسی شد [۱۸]. این تحقیق، نشان داد که وجود یک همبستگی قوی بین داده‌های ماهواره‌ای و پارامترهای خاک، قدرت سنجش از دور را در پایش شرایط خاک تأیید می‌کند. با این حال، باید توجه داشت که این مطالعه به اندازه کافی توجه به تأثیر زبری سطح بر دقت نتایج نداشته است.

در تحقیقی دیگر توسط عطارزاده و همکاران، استفاده هم‌افزایی از داده‌های Sentinel-1 و Sentinel-2 به‌منظور تخمین رطوبت خاک مورد بررسی قرار گرفت [۱۹]. این تحقیق، به توجه به ترکیب منابع ماهواره‌ای متعدد برای افزایش دقت، بینش‌های ارزشمندی ارائه کرد. با این حال، تحلیل عمیق از قابلیت کاربرد مدل Oh در شرایط مختلف زبری خاک در این تحقیق انجام نشده است.

در تحقیق اخیری توسط حمزه و همکاران، استفاده از داده های SAR برای نقشه‌برداری سطحی از رطوبت خاک در مناطق کشاورزی بررسی شد [۲۰]. این تحقیق، به‌دلیل تمرکز بر کاربردهای عملی برای کشاورزان و سیاست‌گذاران، مورد توجه قرار گرفت. با این حال، تحلیل مقایسه‌ای از مدل‌های مختلف برای تخمین زبری خاک در این تحقیق وجود نداشت.

در پژوهش انجام شده توسط نیکولز و همکاران، بررسی جامعی ارائه شده که تکنیک‌های پیشرفته سنجش از دور برای اندازه گیری رطوبت خاک را مورد بررسی قرار داده است. این تحقیق مزایا و محدودیت‌های روش‌های مختلف را به دقت مقایسه کرده است، با این حال، تاکید خاصی بر داده‌های ماهواره Sentinel-1 و استفاده از مدل Oh برای بازیابی رطوبت خاک وجود ندارد [۲۱].

مطالعه چونگ و همکاران، نشان داده است که داده‌های Sentinel-1 SAR را می‌توان برای ارزیابی زبری خاک به کار برد و ارزشمندی‌های مختلف درباره تغییرپذیری مکانی پارامترهای زبری ارائه نموده است. با این حال، این مطالعه به طور عمیق به کاربرد خاص مدل Oh برای استخراج اطلاعات زبری خاک پرداخته نبوده و ممکن است به شکافی در درک رویکرد مدل‌سازی منجر شود [۲۲].

تحقیق وانگ و همکاران، یک مرور کلی از تکنیک‌های مدل‌سازی رطوبت خاک بر پایه SAR ارائه داده است. این بررسی مزایا و محدودیت‌های رویکردهای مختلف را مورد بررسی قرار داده ولی به تمرکز خاص بر روی مدل Oh و ادغام آن با داده‌های Sentinel-1 پرداخته نشده است که ممکن است ارتباط آن‌ها را با مطالعه فعلی محدود کند [۲۳].

در تحقیق ماتیا و همکاران، پیشرفت‌های اخیر را در ترکیب داده‌های Sentinel-1 با مدل Oh برای تخمین پارامتر خاک بررسی کرده است. این بررسی بیان می‌کند که چگونه این روش در انواع مختلف پوشش زمین قابل استفاده است، با این حال، نباید فراموش شود که این تحقیق ممکن است به یک بحث عمیق‌تر درباره مفاهیم عملی و محدودیت‌های اجرای مدل Oh در محیط‌های کشاورزی دنیای واقعی نیاز داشته باشد [۲۴]. تحقیقات قبلی روش‌های موفقیت‌آمیز در حوزه سنجش از دور برای تجسم و تحلیل ویژگی‌های خاک را مورد بررسی قرار داده‌اند. این پژوهش با تمرکز بر بهره‌گیری از نتایج موفق قبلی و حل محدودیت‌های شناسایی شده، به ارتقاء تکنیک‌های سنجش از دور برای توصیف دقیق‌تر خواص خاک و کمک به توسعه فناوری‌های مرتبط می‌پردازد.

هدف اصلی این تحقیق، بررسی امکان سنجی استفاده از داده های ماهواره Sentinel-1 همراه با مدل Oh برای بازیابی پارامترهای خاک از جمله زبری و رطوبت در زمین کشاورزی شهرستان نظرآباد می باشد. بنابراین، هدف اصلی این مطالعه بررسی سوالات کلیدی تحقیق زیر است:

- چه پارامترهای زبری خاک را می توان از داده‌های ماهواره Sentinel-1 با استفاده از مدل OH در زمین‌های کشاورزی واقع در نظرآباد به‌دست آورد؟
- چگونه می‌توان رطوبت خاک را با استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-1 و مدل OH در زمین کشاورزی نظرآباد به طور دقیق تخمین زد؟

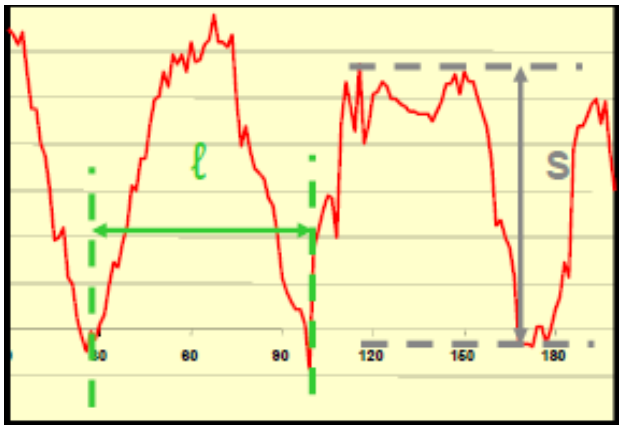
- چالش‌ها و محدودیت‌های بالقوه مرتبط با بازیابی پارامترهای خاک، مانند زبری و رطوبت، با استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-1 از طریق مدل OH، به‌ویژه در زمینه استفاده از زمین‌های کشاورزی چیست؟

درک دقیق پارامترهای خاک، مانند زبری و رطوبت، نقش حیاتی در مدیریت مؤثر زمین و برنامه‌ریزی کشاورزی دارد. با این حال، اندازه‌گیری دقیق این پارامترها در مقیاس بزرگ به‌دلیل نبود تکنیک‌های نظارتی مقرون به صرفه و در دسترس محدود شده است. با پیشرفت در فناوری ماهواره، به‌ویژه، استفاده از داده‌های Sentinel-1 و مدل OH، اکنون فرصتی برای بازیابی مؤثر این پارامترهای خاک به شیوه‌ای کارآمدتر و مقرون به صرفه‌تر وجود دارد[۲۵]. این تحقیق، با انجام یک تجزیه و تحلیل جامع از زبری و رطوبت خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Sentinel-1 به‌دنبال غلبه بر محدودیت‌های فعلی در پایش پارامترهای خاک و باز کردن امکانات جدید برای شیوه‌های کشاورزی پایدارتر و کارآمدتر است. انتظار می رود نتایج پیش‌بینی شده نه تنها به نفع شهر نظرآباد باشد، بلکه پیامدهایی برای مناطق کشاورزی مشابه در سطح جهان نیز، داشته باشد. در نهایت، از طریق این تحقیق، ما به دنبال ارائه بینش‌هایی هستیم که می‌تواند مدیریت پایدار زمین را تقویت کرده و بهره‌وری کشاورزی را افزایش دهد.

مبانی نظری

حال به طور مختصر، به بررسی مبانی نظری می‌پردازیم که زیربنای تحقیق ما در مورد بازیابی پارامترهای خاک مانند زبری و رطوبت است. زبری و رطوبت خاک، از عوامل اساسی در تعیین خواص خاک و اعمال تأثیر قابل توجه بر بهره‌وری کشاورزی هستند [۲۶]. ناهمواری خاک، به بی‌نظمی در سطح خاک اشاره دارد که پیامدهای قابل توجهی برای فرآیندهایی مانند نفوذ، فرسایش و حفظ آب دارد [۲۷]. در همین حال، میزان رطوبت خاک یک عامل تعیین کننده حیاتی برای سلامت خاک است که بر رشد محصول، در دسترس بودن مواد مغذی و پایداری کشاورزی تأثیر می‌گذارد [۲۸].

زبری سطح خاک یک مفهوم مهم در علوم خاک‌شناسی است که به تغییرات و بی‌نظمی‌های حاصل از انحرافات در سطح خاک اشاره دارد. این اختلالات عموماً به‌صورت کوچک و در مقیاس‌های مشخصی که معمولاً از طریق نقشه‌های توپوگرافی یا نقشه‌برداری قابل مشاهده هستند. در این باره، تامسون و همکاران چهار دسته اصلی از زبری سطح را مشخص کرده‌است که آن‌ها وابستگی به تغییرات میکرو، ناهمواری‌های تصادفی، ناهمواری‌های ترازمند و ناهمواری‌های مرتبه بالاتر می‌باشند [۲۹]. امکان پارامتریزه کردن یک سطح اتفاقی نیز با استفاده از پارامترهایی مانند ارتفاع rms (s) که به زبری عمودی سطح اشاره دارد، طول همبستگی (l) که به زبری افقی سطح اشاره دارد و تابع همبستگی p(ξ) که توزیع زبری سطح را نشان می‌دهد، وجود دارد. این توصیف‌ها و تفکیک‌بندی‌ها از زبری سطح، به درک بهتر از ویژگی‌های فیزیکی و هندسی سطح خاک کمک می‌کند و از اهمیت بالایی برخوردار است [۳۰].



شکل۱: پارامترهای زبری
Fig. 1: Rough cities

رطوبت خاک، یکی از پارامترهای حیاتی در زمینه کشاورزی و مدیریت منابع طبیعی است. تأثیر رطوبت خاک بر ثابت دی الکتریک خاک، که به عنوان در مطالعات ارتباط سنسور تارگت در بازتاب موج الکترومغناطیسی از سطح خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد، بسیار حائز اهمیت است. ضریب دی الکتریک خاک به‌عنوان یک تابع از محتوای رطوبت خاک و بافت خاک تعریف می‌شود. اگر محتوای رطوبت خاک افزایش یابد، ضریب دی الکتریک خاک نیز افزایش می‌یابد .یک مدل تجربی که ارتباط بین ثابت دی الکتریک و رطوبت خاک را بررسی می‌کند، به‌صورت زیر مدل‌سازی می‌شود

$$\varepsilon = (a_0 + a_1 + a_2) + (b_0 + b_1 + b_2)m_v + (c_0 + c_1 + c_2)m_v^2 \quad (۱)$$

که در آن ε نشان‌دهنده ثابت دی الکتریک، و m_v نشان‌دهنده محتوای رطوبت خاک می‌باشد .علاوه بر این، می‌توان مدل بازپراکنش را برای برقراری رابطه بین ضریب بازپراکنش و پارامترهای تارگت (هدف) بر اساس مشخصات سنسور و تارگت در نظر گرفت. مدل‌های بازپراکنش متنوعی وجود دارند، که شامل مدل‌های هوش مصنوعی از قبیل شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های ژنتیک، و مدل‌های کلاسیک نظیر SPM، POM، GOM، IEMو مدل‌های تئوری و تجربی گوناگونی مانند OH، ODM، MDM،LM می‌باشند .مسأله‌ای که در این بحث وجود دارد، این است که ضریب بازپراکنش به پارامترهای سطح خاک بستگی دارد و تعداد معادلات موجود برای حل این مسأله کمتر از تعداد مجهولات است. برای حل این مشکل، امکان استفاده از روش‌های گوناگون وجود دارد. یکی از روش‌ها، افزایش تأثیر یک پارامتر است. به‌عنوان مثال، می‌توان از زاویه تابش نزدیک ۱۰ درجه برای اندازه‌گیری اثر رطوبت خاک و کاهش اثر زبری خاک استفاده نمود. روش دیگر، تخمین پارامترها از منابع دیگر است. به‌عنوان مثال، می‌توان از داده‌های واقعیت زمینی برای تخمین پارامترهای رطوبت خاک استفاده نمود. روش بعدی، استفاده از تکنیک‌های چندگانه است. این تکنیک‌ها شامل تکنیک‌های چندزاویه، چند قطبش و چند فرکانسه می‌باشند. در تکنیک چند زاویه، برای به‌دست آوردن پارامترها از تصویر یک منطقه در دو زاویه مختلف استفاده می‌شود [۳۱].

روش تحقیق

در این تحقیق، هدف اصلی ما تعیین پارامترهای سطح خاک، یعنی زبری و رطوبت، با استفاده از داده‌های سنجنده Sentinel-1 در حوزه کشاورزی شهرستان نظرآباد بود. برای انجام این کار، از دو تصویر پلاریزه موجود در این سنجنده (VHوVV) بهره گرفته شد. همچنین، برای ارتباط این پارامترها با تصاویر پلاریزه، از معادلات مدل Oh استفاده شد. این تحقیق، به ارائه یک رویکرد روشن و سیستماتیک برای جمع‌آوری، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌پردازد. داده‌های رادار دهانه مصنوعی Sentinel-1 (SAR)که مورد استفاده قرار گرفته است، مزیت قابلیت‌های رصد در تمام شرایط آب و هوا و همچنین، در طول شبانه روز را فراهم می‌کند و بنابراین برای نظارت بر زمین‌های کشاورزی بسیار مناسب می‌باشد[۳۲].

برای اطمینان از اعتبار و پایایی نتایج، ما یک فرآیند جامع و سیستماتیک را اتخاذ کرده‌ایم که شامل فرآیندهای اکتساب داده، پیش‌پردازش، کالیبراسیون، اعتبارسنجی و استفاده از مدل OH می‌باشد. ماهیت سیستماتیک این روش برای تسهیل در بازیابی دقیق پارامترهای خاک طراحی شده و به درک جامعی از پویایی استفاده از زمین کاربری کشاورزی در منطقه مورد مطالعه کمک می‌کند. بخش‌های بعدی این مقاله، شرح مفصلی از طراحی تحقیق، منابع داده، پردازش داده‌ها، استفاده از مدل و روش‌های اعتبارسنجی را ارائه خواهند داد که بر یکپارچگی روش‌شناختی مطالعه تأکید می‌کند. برای توضیح و نمایش بهتر روند اجرای مقاله، از یک فلوچارت استفاده کرده‌ام. این فلوچارت به وضوح مراحل مختلف اجرای مقاله را نشان می‌دهد و به خواننده اجازه می‌دهد تا به راحتی فرایند را درک کند و اقدامات مورد نیاز را برای اجرای مقاله به صورت واضح و دقیق ببیند.

منطقه مورد مطالعه

منطقه تحقیقاتی این مطالعه در شهر نظرآباد، واقع در استان البرز، ایران، با مختصات جغرافیایی ۳۵.۴۷۴۲° شمالی و ۵۱.۴۶۳۹° شرقی، قرار دارد. شهر نظرآباد، به دلیل تنوع و زیبایی‌های مناظر کشاورزی خود شناخته شده است. این شهر، دارای بیش از ۱۰ هزار هکتار اراضی زراعی است که برای تولید محصولاتی همچون گندم، جو، ذرت، زعفران، یونجه و سایر محصولات کشاورزی شناخته می‌شود. منطقه نظرآباد با میانگین بارندگی سالیانه ۲۳۸ میلیمتر و میانگین دمای سالیانه ۲.۱۴ درجه سانتیگراد در اقلیم خشک (قسمت جنوبی منطقه) و نیمه خشک (قسمت شمالی منطقه) واقع شده است. آب‌وهوای معتدل کوهستانی شهر نظرآباد تأثیر چشم‌گیری بر رطوبت خاک و بهره‌وری کشاورزی دارد. با خاک سبک و منابع آب فراوان در دشت نظرآباد، این منطقه برای فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری بسیار مناسب محسوب می‌شود. زراعت و دامپروری، به‌عنوان منابع اصلی درآمد روستاییان محلی شهر نظرآباد به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتخاب شهر نظرآباد به‌عنوان منطقه تحقیقاتی، به‌دلیل اهمیت استراتژیک آن از نظر بهره‌وری کشاورزی و نیازمندی به بررسی دقیق رطوبت خاک برای مدیریت کارآمد اراضی، به انجام رسیده است[۳۳].

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش، داده‌های سنجنده Sentinel-1 به‌عنوان منبع اصلی مورد استفاده قرار گرفتند. این داده‌ها شامل مشخصات سنجنده و تصاویر منطقه مورد مطالعه بودند.

جدول۱: مشخصات سنسور
Table 1: Sensor specifications

Sensor	Sentinel-1A
Product_Type	GRD
Acquisittion Mode	IW
Polarization	VV,VH
Antena_Pointing	Right
Incidence angle_mimimum	30.5310
Incidence angle_maximum	46.3809
Incidence angle_mean	38.9256
Pass	Descending
Radar_frequency(GHz)	5.405
State_Vector_Time	2018/03/09

مکان مرتبط با تصویر در نزدیکی جنوب دریای خزر و استان‌های مازندران، تهران و البرز واقع شده است.

در این منطقه، موقعیت جغرافیایی به شرح زیر است:

عرض جغرافیایی (درجه) : ۳۵.۶۷۷۵۲۴۵۶۶۶۰۵۰۳۹ تا ۳۶.۷۷۴۹۴۰۴۹۰۷۲۲۶۵۶

طول جغرافیایی (درجه) : ۵۲.۹۸۳۴۹۴۲۳۰۲۸۰۳۸ تا ۴۹.۸۱۵۶۸۴۱۵۹۲۴۳۴۴۶

با توجه به شناخت ما، مدل Oh به‌عنوان یک مدل مناسب برای تخمین پارامترهای خاک شناخته شده است و این مدل باید بر روی یک منطقه مورد مطالعه قرار گیرد که دارای پوشش زمینی خاصی نظیر زمین‌های کشاورزی یا خاک‌های بایر باشد. به علاوه، پردازش کامل تصویر نیازمند منابع سخت‌افزاری مناسب برای مدیریت حجم زیاد داده استفاده شده است. بنابراین، یک منطقه زیرمجموعه از تصویر انتخاب می‌شود و تمام عملیات پس از آن بر روی این منطقه انجام می‌شود. با تأمل در نقشه‌های مربوط به این منطقه، به‌وضوح مشخص است که منطقه مورد نظر، که توسط پلیگون تعریف شده است، یک منطقه کشاورزی است. لذا زیرمجموعه مورد نظر باید به‌گونه‌ای تعریف شود که این منطقه را در بر بگیرد، تا مطمئن شویم که شامل منطقه کشاورزی است.

در شکل ۵، پلیگونی که قابل مشاهده است، منطقه‌ای از زمین کشاورزی را نمایان می‌کند. همان‌طور که اشاره شد، زیرمجموعه‌ای که پروژه بر روی آن انجام می‌شود، شامل این پلیگون می‌باشد.

شکل۲: فلوچارت مراحل کار

Fig. 2: Flowchart of work steps

شکل۳: نقشه منطقه مورد مطالعه
Fig. 3: Map of the studied area

شکل۴: محدوده جغرافیایی تصویر اولیه
Fig. 4: Geographical scope of the primary image

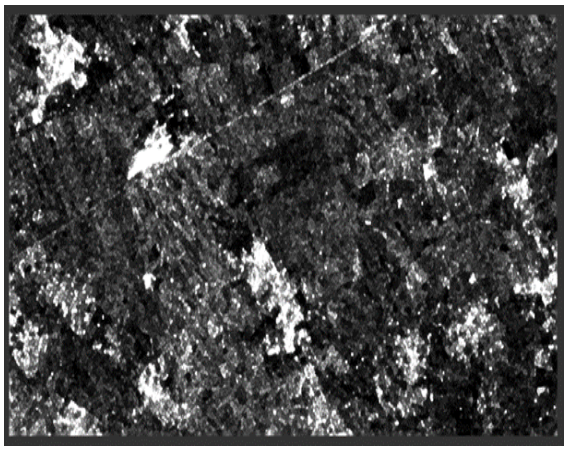
شکل۵: محدوده کشاورزی مشخص شده با پلی گون
Fig. 5: Agricultural area marked with a polygon

آماده سازی تصاویر در نرم افزار Snap

پس از استخراج زیر مجموعه‌ها از تصویر و به‌دست آوردن نمونه‌های مورد نظر، پیش پردازش تصاویر آغاز می‌شود. برای این منظور می‌توان از نرم‌افزار اسنپ یا نست استفاده کرد و برای این پروژه از نرم‌افزار اسنپ استفاده می‌شود. پیش پردازش، شامل اعمال فیلترها بر روی تصویر برای حذف نویز Speckle و به دنبال آن، اعمال اصلاحات هندسی است. پس از آن می‌توان از تصویر تصحیح شده برای تجزیه و تحلیل بیشتر استفاده کرد.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، اطلاعات حیاتی برای این پروژه شامل مقادیر Sigma Naught (σ)و Incidence Angle (θ) برای هر پیکسل است. تصویر مربوط به زاویه تابش برای هر دو قطبش موجود است و نیازی به عملیات خاصی ندارد. با این حال، برای تصویر حاوی Sigma Naught برای هر تصویر قطبی شده، باید از تصویر Intensity تصحیح شده برای استخراج این مقادیر استفاده شود.

با به‌دست آوردن تصاویر برای هر قطبی سازی، ورودی‌های لازم برای حل معادلات ایجاد می‌شود. تصاویر ۶ تا ۹، تصاویر پلاریزه HH و VV را پس از انجام اصلاحات فوق در محیط نرم‌افزار اسنپ نشان می‌دهند.

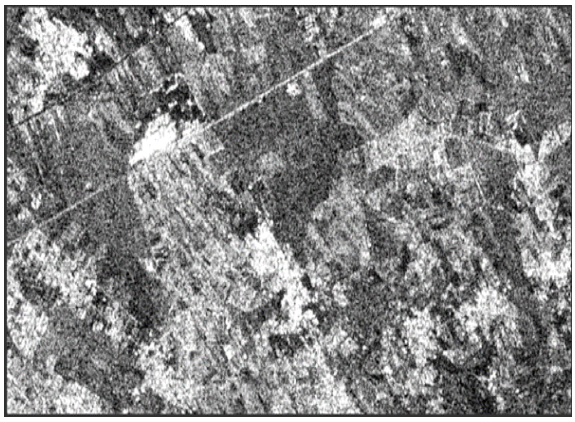


شکل۶: تصویرضریب بازپراکنش پلاریزه VV پس از اعمال تصحیحات

Fig. 6: VV polarized redistribution coefficient image after applying corrections

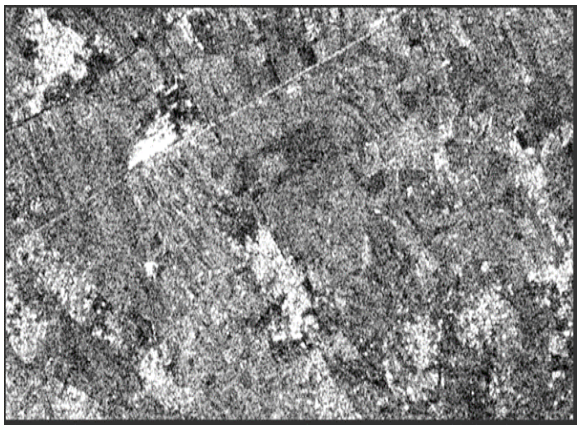
شکل۷: تصویرضریب بازپراکنش پلاریزه VH پس از اعمال تصحیحات

Fig. 7: Image of VH polarized redistribution coefficient after applying corrections



شکل۸: تصویرضریب بازپراکنش پلاریزه VV پس از اعمال تصحیحات با واحد دسی بل

Fig. 8: Image of VV polarized redistribution coefficient after applying corrections in dB unit



شکل۹: تصویرضریب بازپراکنش پلاریزه VH پس از اعمال تصحیحات با واحد دسی بل

Fig. 9: Image of VH polarized redistribution coefficient after applying corrections with dB unit

معادلات مورد استفاده در این مطالعه، بر اساس مدل تجربی Oh است که از Backscattering Coefficient و Incidence angle برای تخمین زبری سطح (s) و میزان رطوبت (mv) استفاده می‌کند. از آن‌جایی که داده‌های موجود برای این پروژه فاقد تصویر HH قطبی شده است، معادلات مدل Oh برای برآورد پارامترهای مورد نظر تنها با استفاده از تصاویر VV و VH قطبی شده سازگار شده‌اند .

از معادلات مورد مطالعه داریم :

$$\sigma^0_{vv}(\theta, \varepsilon_r, ks) = \frac{g\, cos^3\theta}{\sqrt{p}} . [\mathrm{r}_v(\theta) + \mathrm{r}_h(\theta)] \qquad (۲)$$

که در این رابطه $\sqrt{p}$ از معادله زیر به‌دست می‌آید:

$$\sqrt{p} \triangleq \sqrt{\frac{\sigma^0_{hh}}{\sigma^0_{vv}}} = 1 - \left(\frac{2\theta}{\pi}\right)^{\left(\frac{1}{3\mathrm{r}_0}\right)} . \exp(-ks) \qquad (۳)$$

$$\sigma^0_{vv} = \frac{0.7[1-\exp(-0.65(ks)^{1.8})]\, cos^3\theta}{1-\left(\frac{2\theta}{\pi}\right)^{\left(\frac{1}{3\mathrm{r}_0}\right)} .\exp(-ks)} . [\,\mathrm{r}_v(\theta) + \mathrm{r}_h(\theta)]$$

(۴)

که رابطه بالا ضریب بازپراکنش تصویر پلاریزه VV را بر حسب پارامترهای ε_r و S بیان می‌کند.

همچنین می‌دانیم که رابطه زیر برای ضـــرایب بازپراکنش VV و VH برقرار است :

$$\sigma^0_{hv}(\theta, \varepsilon_r, ks) = q.\sigma^0_{vv}(\theta, \varepsilon_r, ks) \quad (۵)$$

و از طرفی q از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$q \triangleq \frac{\sigma^0_{hv}}{\sigma^0_{vv}} = 0.23\sqrt{\Gamma_0}\,[1 - \exp(-ks)] \quad (۶)$$

پس با جایگذاری معادلات داریم :

$$\sigma^0_{hv} = 0.23\sqrt{\Gamma_0}\,[1 - \exp(-ks)]\frac{0.7[1-\exp(-0.65(ks)^{1.8})]\,cos^3\theta}{1-\left(\frac{2\theta}{\pi}\right)^{\left(\frac{1}{3\Gamma_0}\right)}.\exp(-ks)}.[\,\Gamma_v(\theta) + \Gamma_h(\theta)] \quad (۷)$$

پس با حل دستگاه معادلات غیرخطی معادلات می‌توانیم به مقادیر ε_r و s برای هر پیکسل دست یابیم. همان‌طور که مشخص است تنها بخش حقیقی ثابت دی الکتریک به‌دست می‌آید که برای سطحی مثل خاک تقریب قابل قبولی از ضـــریب دی الکتریک می‌باشـــد و در انتها، برای به‌دست آوردن پارامتر m_v می‌توانیم از معادله استفاده کنیم.

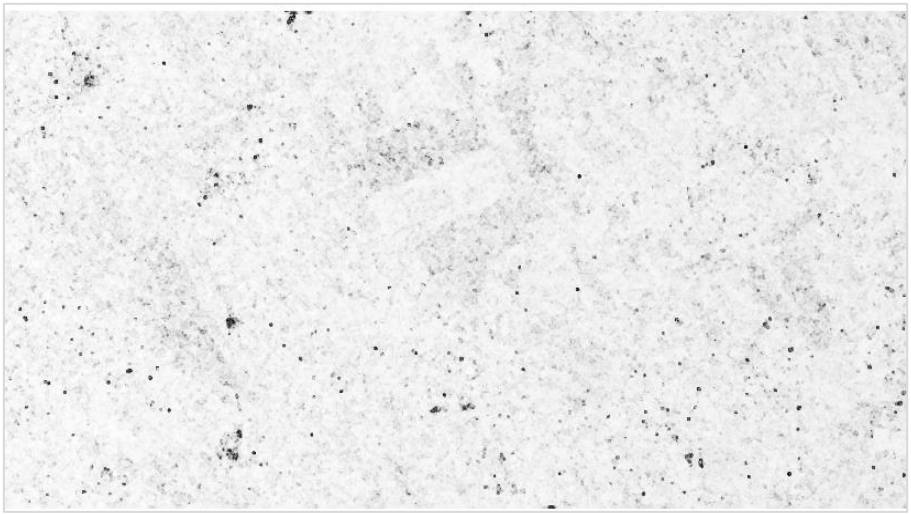
نتایج و بحث

بر اساس نتایج به‌دست آمده از پروژه، آشکار است که مقادیر ثابت دی الکتریک، زبری و رطوبت به پارامترهای اولیه ارائه شده به تابع حل کننده بسیار حساس هستند. به‌ویژه، حساسیت ثابت دی الکتریک به مقادیر اولیه قابل توجه است، زیرا در بسیاری از موارد، اعداد مختلط برای مقادیر نهایی زبری و ثابت دی الکتریک (و متعاقباً، رطوبت) هنگام استفاده از معادلات به دست آمده است. هنگامی که توان مربع پارامترهای g_h (θ) و g_v (θ) به معادلات اضافه می شود، مقادیر به دست آمده پیچیده نیستند، اما همچنان حساسیت بالایی به مقادیر اولیه نشان می دهند. به عنوان مثال، با مقادیر اولیه تنظیم شده در ۰.۵، مقادیر به‌دست آمده برای زبری (s) (ارتفاعrms) از ۲ میلی‌متر تا ۳ سانتی‌متر متغیر بود. علاوه بر این، با تغییر مقادیر اولیه، مقادیر زبری تا ۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. ثابت دی الکتریک (rε) به‌طور مشابه وابستگی قابل توجهی به مقادیر اولیه نشان داد و تغییرات شدیدی را با تغییرات تجربه کرد. پارامتر رطوب(mv)، مشتق شده از مقادیر ثابت دی الکتریک، نیز به‌نظر می‌رسد که به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر مقادیر اولیه باشد. این حساسیت، ممکن است به فرمول معادلات و روش حل به‌کار گرفته شده نسبت داده شود. این پروژه از معادلات oh ای استفاده کرد که به روشی فرموله شده بودند که منجر به دو معادله بر اساس زبری و ثابت دی الکتریک شد که به‌طور بالقوه به حساسیت مقادیر نهایی به پارامترهای اولیه کمک می‌کند. علاوه بر این، دستور "fsolve" در محیطMATLAB، همراه با مقادیر اولیه و یک فرآیند حل تکراری، به حساسیت مشاهده شده نتایج کمک کرد. به‌طور کلی، این یافته‌ها بر اهمیت حیاتی انتخاب و ارزیابی دقیق مقادیر اولیه برای تابع حل‌کننده برای اطمینان از پایداری و قابلیت اطمینان نتایج تأکید می‌کنند. کاوش بیشتر و اصلاح روش حل ممکن است برای کاهش حساسیت مشاهده شده به پارامترهای اولیه ضروری باشد.

همان‌طور که از تصویر ۱۰ مشخص است، سطح زبری منطقه مورد مطالعه در مناطق مختلف کشاورزی و مناطق مختلف متغیر است. در مناطقی که تصویر روشن‌تر است، مقادیر ارتفاع rms بالاتر را نشان می‌دهد، در حالی‌که در مناطقی که تصویر کم‌رنگ‌تر است، مقادیر کمتری از ارتفاع rms وجود دارد. این مطالعه، نشان می‌دهد که بافت تصویر صاف به‌نظر می‌رسد و نشان می‌دهد که توزیع نسبتاً همگن ارتفاع سطح در منطقه مورد مطالعه است. حداکثر سطح زبری ثبت شده ۳ سانتی‌متر و حداقل سطح زبری ثبت شده ۲ میلی‌متر است .با افزایش زبری خاک، پراکندگی نیز افزایش می‌یابد. با مقایسه ضرایب صفر سیگما برای دو تصویر پلاریزه و تصویر زبری، مشاهده می‌شود که در مناطقی با پراکندگی بالاتر، که با تصاویر روشن تر نشان داده شده است، تصویر زبری نیز روشن تر با مقادیر ارتفاع rms بالاتر به نظر می‌رسد. علاوه بر این، میزان رطوبت خاک نیز در تصویر مشاهده می‌شود.

با توجه به نمای قابل مشاهده در تصویر ۱۱، تشخیص داده شده است که میزان رطوبت خاک نسبت به میزان زبری در این منطقه کمتر تغییر می‌کند. به‌طور دقیق، مشاهدات نشان می‌دهند که میزان محتوای رطوبت خاک در سرتاسر منطقه به نزدیکی یکدیگر است و به همین دلیل، درجات خاکستری تصویر به‌طور عمده از اندازه‌های مشابه برخوردار هستند. این، نشان می‌دهد که رنگ روشن دیده شده در تصویر به‌صورت مستقیم با مقادیر رطوبت خاک در ارتباط نیست و می‌توان این تحلیل را به صورت نسبی انجام داد. به‌طور میانگین، مقادیر محاسبه شده برای رطوبت به مقدار حدود ۰/۳ می‌رسد. همان‌طور که مشخص است، ما می‌توانیم نقاطی را با درجات خاکستری کمتر در تصویر تشخیص دهیم که نشان‌دهنده میزان کمتری از رطوبت است. این نقاط، بیانگر محدوده‌هایی هستند که در آن‌ها میزان محتوای رطوبت کمتری تشخیص داده شده است. از آن‌جا که منطقه مورد نظر مربوط به زمین‌های کشاورزی است، این مشاهدات نشان می‌دهند که میزان رطوبت به‌طور یکنواخت در سرتاسر نواحی منطقه است.

شکل ۱۰: تصویر زبری محاسبه شده برای منطقه مورد مطالعه
Fig. 10. Rough image calculated for the study area



شکل ۱۱: تصویر رطوبت محاسبه شده برای منطقه مورد مطالعه
Fig. 11: Calculated humidity image for the study area

نتیجه‌گیری

این مطالعه، به پتانسیل استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-1 در ترکیب با مدل OH برای بازیابی پارامترهای خاک، به‌ویژه زبری و رطوبت، در محیط کشاورزی نظرآباد پرداخت. روش انجام کار ما در این مقاله، نه تنها بهبود قابل توجهی در دقت و پایداری نتایج نسبت به روش‌های قبلی ارائه کرده است، بلکه همچنین توانست نقاط ضعف موجود در روش‌های پیشین را بهبود بخشیده و به عملکرد بهتر در تعیین پارامترهای زبری و رطوبت خاک در منطقه کشاورزی شهرستان نظرآباد دست یابد. استفاده از مدل OH به همراه داده‌های Sentinel-1 ، موفق به تحلیل و تفسیر نوسانات مکانی و زمانی در زبری و رطوبت خاک شده و اطلاعات حیاتی جهت بهینه‌سازی روش‌های کشاورزی در منطقه به‌دست آورده است. نتایج، نشان می‌دهند که این رویکرد پتانسیل زیادی برای نظارت دقیق‌تر بر شرایط خاک دارد و می‌تواند به بهره‌وری بهتر و پایدارتر از منابع زمینی در زمینه کشاورزی کمک کند. نتایج حاصل از این بررسی، نشان می‌دهد که این ادغام امکانات بسیاری برای برآورد دقیق زبری و رطوبت خاک فراهم می‌کند و اطلاعات قابل اعتمادی برای مدیریت بهتر زراعت در این منطقه ارائه می‌دهد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که چگونه این رویکرد یکپارچه می‌تواند به‌طور سیستماتیک شرایط خاک را در مناطق مختلف بررسی و تحلیل کرده و نظارت بر شرایط خاک را بهبود بخشیده و فرصت‌هایی را برای اقدامات کارآمدتر و پایدارتر در زمینه کشاورزی در این منطقه ایجاد کند. به این ترتیب، این بررسی‌ها اطلاعات ارزشمندی را برای مدیریت زمین کشاورزی و فرآیندهای تصمیم‌گیری فراهم می‌آورند و با درک بهتر از ماهیت پویای شرایط خاک، می‌تواند کمک کند تا تصمیمات کشاورزی آگاهانه‌تری، به‌منظور افزایش بهره‌وری و حفاظت از محیط زیست، اتخاذ شود.

در حالی که مطالعه ما پتانسیل استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-1 و مدل OH را برای تخمین زبری و پارامترهای رطوبت خاک در منطقه کشاورزی شهرستان نظرآباد با موفقیت نشان داد، مهم است که برخی از چالش‌ها و محدودیت‌ها را بپذیریم. یکی از چالش‌های عمده‌ای که با آن مواجه شدیم، نیاز به داده‌های حقیقت زمینی برای اعتبارسنجی و

کالیبره کردن پارامترهای مشتق شده از ماهواره بود. این فرآیند، می‌تواند کاری فشرده باشد و ممکن است عدم قطعیت ایجاد کند. علاوه بر این، وضوح فضایی داده‌های Sentinel-1 تجزیه و تحلیل دقیق تغییرات در مقیاس بزرگ در زبری و رطوبت خاک را محدود کرد. علاوه بر این، ماهیت پویای اعمال کشاورزی و کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه چالش‌هایی را در ثبت دقیق شرایط خاک در مقاطع زمانی خاص ایجاد کرد. پرداختن به این محدودیت‌ها و بررسی ادغام داده‌های چند سنجنده برای بهبود استحکام و کاربرد تخمین پارامترهای خاک در پایش کشاورزی برای تحقیقات آینده بسیار مهم است.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله، نویسندگان به نسبت برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از تمامی عزیزانی که در این تحقیق همکاری داشته‌اند، کمال قدردانی و سپاس خود را اعلام می‌نمایند.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع و مآخذ

[1] Yang P, Wu L, Cheng M, Fan J, Li S, Wang H, et al. Review on Drip Irrigation: Impact on Crop Yield, Quality, and Water Productivity in China. Water. 2023;15(9):1733 https://doi.org/10.3390/w15091733.

[2] Abdulraheem MI, Zhang W, Li S, Moshayedi AJ, Farooque AA, Hu J. Advancement of Remote Sensing for Soil Measurements and Applications: A Comprehensive Review. Sustainability. 2023;15(21):15444. https://doi.org/10.3390/su152115444

[3] Baghdadi N, Gaultier S, Cock King. Retrieving Surface Roughness and Soil Moisture from Synthetic Aperture Radar (SAR) Data Using Neural Networks. French National Institute for Agriculture, Food, and Environment (INRAE); Singapore Management University; 2002. doi:10.5589/m02-066.

[4] Barrett BW, Dwyer E, Whelan P. Soil Moisture Retrieval from Active Spaceborne Microwave Observations: An Evaluation of Current Techniques. Remote Sensing. 2009;1(3):210-42. https://doi.org/10.3390/rs1030210

[5] Huang S, Ding J, Zou J, Liu B, Zhang J, Chen W. Soil Moisture Retrival Based on Sentinel-1 Imagery under Sparse Vegetation Coverage. Sensors. 2019;19(3):589. https://doi.org/10.3390/s19030589

[6] Chung J, Lee Y, Kim J, Jung C, Kim S. Soil Moisture Content Estimation Based on Sentinel-1 SAR Imagery Using an Artificial Neural Network and Hydrological Components. Remote Sensing. 2022;14(3):465. https://doi.org/10.3390/rs14030465

[7] Nellis D, Price K, Rundquist DC. Remote Sensing of Cropland Agriculture. In: Air Data Solutions, University of Nebraska at Lincoln, editors. Papers in Natural Resources, School of Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln; 2009. DOI:10.4135/9780857021052.n26.

[8] Richer-de-Forges AC, Chen Q, Baghdadi N, Chen S, Gomez C, Jacquemoud S, et al. Remote Sensing Data for Digital Soil Mapping in French Research-A Review. Remote Sensing. 2023;15(12):3070. DOI: 10.3390/rs15123070.

[9] Mohseni F, Mirmazloumi SM, Mokhtarzade M, Jamali S, Homayouni S. Global Evaluation of SMAP/Sentinel-1 Soil Moisture Products. Remote Sensing. 2022;14(18):4624. https://doi.org/10.3390/rs14184624

[10] Rasheed MW, Tang J, Sarwar A, Shah S, Saddique N, Khan MU, et al. Soil Moisture Measuring Techniques and Factors Affecting the Moisture Dynamics: A Comprehensive Review. Sustainability. 2022;14(18):11538. https://doi.org/10.3390/su141811538

[11] Wulf H, Mulder VL, Schaepman M, Keller A, Joerg PC. Remote Sensing of Soils. University of Zurich, Switzerland; 2014. DOI: 10.13140/2.1.1098.0649.

[12] Raza A, Ahrends H, Habib-Ur-Rahman M, Gaiser T. Modeling Approaches to Assess Soil Erosion by Water at the Field Scale with Special Emphasis on Heterogeneity of Soils and Crops. Land. 2021;10(4):422. DOI: 10.3390/land10040422.

[13] Baghdadi N, El Hajj M, Choker M, Zribi M, Bazzi H, Vaudour E, et al. Potential of Sentinel-1 Images for Estimating the Soil Roughness over Bare Agricultural Soils. Water. 2018;10(2):131. https://doi.org/10.3390/w10020131

[14] Jazireeyan I. Estimation of soil moisture using Sentinel-1 and Sentinel-2 images. ISPRS Annals. 2023; X(4):137-202. DOI:10.5194/isprs-annals-X-4-2022-137-2023.

[15] Ettalbi M, Baghdadi N, Garambois PA, Bazzi H, Ferreira E, Zribi M. Soil moisture retrieval in bare agricultural areas using Sentinel-1 images. Remote Sensing. 2023;15(14):3502. https://doi.org/10.3390/rs15143502

[16] Han Y, Bai X, Shao W, Wang J. Retrieval of Soil Moisture by Integrating Sentinel-1A and MODIS Data over Agricultural Fields. Water. 2020;12(6):1726. https://doi.org/10.3390/w12061726

[17] Liang J, Liang G, Zhao Y, Zhang Y. A synergic method of Sentinel-1 and Sentinel-2 images for retrieving soil moisture content in agricultural regions. Comput Electron Agric. 2021;192:106485. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106485

[18] Chung J, Lee Y, Kim J, Jung C, Kim S. Soil Moisture Content Estimation Based on Sentinel-1 SAR Imagery Using an Artificial Neural Network and Hydrological Components. Remote Sensing. 2022;14(3):465. https://doi.org/10.3390/rs14030465

[19] Attarzadeh R, Amini J, Notarnicola C, Greifeneder F. Synergetic Use of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Soil

[31] Curtis JO. Moisture effects on the dielectric properties of soils. IEEE Trans Geosci Remote Sens. 2001;39(1):125-128. https://doi.org/10.1109/36.898673

[32] Holtgrave A-K, Röder N, Ackermann A, Erasmi S. Comparing Sentinel-1 and -2 Data and Indices for Agricultural Land Use Monitoring. Remote Sensing. 2020;12(18):2919. https://doi.org/10.3390/rs12182919

[33] Mirkhani R, Vaezi A, Rezaei H. Using Soil Properties to Estimate the Irrigated Wheat Yield in Agricultural Lands of Nazarabad Region in Alborz Province. Iran J Soil Water Res. 2020;51(5):1237. DOI: 10.22059/ijswr.2020.292897.668404

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

حمیدرضا بابایی‌فرد کارشناس ارشد سیستم‌های اداره زمین از دانشگاه شهید بهشتی است. وی همچنین دارای رتبه ۲۰ کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری سال ۱۳۹۸ می‌باشد. او سابقه تدریس ریاضیات و نقشه برداری از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ را دارد. علایق پژوهشی او در زمینه‌های پردازش تصاویر، تحلیل‌های مکانی، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی است.

Babaeifard, H. Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

h.babaeifard@mail.sbu.ac.ir

سعید صادقیان دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی، دارای مدرک دکتری از دانشگاه تهران در رشته مهندسی نقشه برداری- فتوگرامتری است. وی علاوه بر تدریس در دانشگاه، دارای سوابق علمی و اجرایی بسیاری نیز می‌باشد. او به عنوان عضو هیات تحریریه نشریه علمی پژوهش‌های سنجش از دور و اطلاعات مکانی فعالیت دارد و تجربه ریاست آموزشکده نقشه برداری سازمان نقشه برداری کشور در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲ را نیز دارا می‌باشد.

Sadeghian, S. Associate Professor at the Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

sa_sadeghian@sbu.ac.ir

Moisture Mapping at Plot Scale. Remote Sensing. 2018;10(8):1285. https://doi.org/10.3390/rs10081285

[20] Hamze M, Cheviron B, Baghdadi N, Courault D, Zribi M. Plot-Scale Irrigation Dates and Amount Detection Using Surface Soil Moisture Derived from Sentinel-1 SAR Data in the Optirrig Crop Model. Remote Sensing. 2023;15(16):4081. https://doi.org/10.3390/rs15164081

[21] Nichols S. Review and evaluation of remote sensing methods for soil-moisture estimation. J Photonics for Energy. 2011;2(1):028001. DOI: 10.1117/1.3534910.

[22] Chung J, Lee Y, Kim J, Jung C, Kim S. Soil Moisture Content Estimation Based on Sentinel-1 SAR Imagery Using an Artificial Neural Network and Hydrological Components. Remote Sensing. 2022;14(3):465. https://doi.org/10.3390/rs14030465.

[23] Wang Y, Zhao H, Fan J, Wang C, Ji X, Jin D, et al. A Review of Earth's Surface Soil Moisture Retrieval Models via Remote Sensing. Water. 2023;15(21):3757. https://doi.org/10.3390/w15213757

[24] Mattia F, Balenzano A, Satalino G, Lovergine F, Loew A, Peng J, et al. Sentinel-1 high resolution soil moisture. In: 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS); 2017. DOI: 10.1109/IGARSS.2017.8128257

[25] Parida BR, Pandey AC, Kumar R, Kumar S. Surface Soil Moisture Retrieval Using Sentinel-1 SAR Data for Crop Planning in Kosi River Basin of North Bihar. Agronomy. 2022;12(5):1045. https://doi.org/10.3390/agronomy12051045

[26] Xu L, Du H, Zhang X. Spatial Distribution Characteristics of Soil Salinity and Moisture and Its Influence on Agricultural Irrigation in the Ili River Valley, China. Sustainability. 2019;11(24):7142. https://doi.org/10.3390/su11247142

[27] Rodríguez-Caballero E, Cantón Y, Chamizo S, Afana A, Solé-Benet A. Effects of biological soil crusts on surface roughness and implications for runoff and erosion. Geomorphology. 2012;145–146:81-89. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.042

[28] Tahat MM, Alananbeh KM, Othman YA, Leskovar DI. Soil Health and Sustainable Agriculture. Sustainability. 2020;12(12):4859. https://doi.org/10.3390/su12124859

[29] Thomsen LM, Baartman JEM, Barneveld RJ, Starkloff T, Stolte J. Soil surface roughness: comparing old and new measuring methods and application in a soil erosion model. SOIL. 2015; 1:399-410. doi:10.5194/soil-1-399-2015.

[30] Verhoest NEC, Lievens H, Wagner W, Álvarez-Mozos J, Moran MS, Mattia F. On the Soil Roughness Parameterization Problem in Soil Moisture Retrieval of Bare Surfaces from Synthetic Aperture Radar. Sensors. 2008;8(7):4213-4248. https://doi.org/10.3390/s8074213

Citation (Vancouver): Babaeifard h, Sadeghian S. [Determining Soil Roughness and Moisture Parameters Using Sentinel-1 Satellite Data via OH Model: A Case Study of Agricultural Land in Nazarabad City]. *J. RS. GEOINF. RES. 2024; 2(1): 11-24*

https://doi.org/10.22061/jrsgr.2024.10654.1051

COPYRIGHTS
© 2024 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)