

Design and implementation of a spatial data infrastructure for planning and sustainable natural resource management (Case study: Ilam Province)

Jalal Aziz¹, Ali Mahdavi^{1*}, Shaban Shatai Jouibari²

1. Department of Forestry Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2. Department of Forestry, Faculty of Forestry Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

* Corresponding author: a.mahdavi@ilam.ac.ir

(Received: 18 May 2025

Revised: 05 Jun 2025

Accepted: 10 August 2025)

Extended Abstract

Introduction: Due to existing limitations in sharing spatial data, numerous studies conducted within various organizations suffer from high costs and are not suitable for dissemination or reuse. Furthermore, incompatibility among data generated by different organizations, or even between departments within a single organization, poses a significant challenge to cross-sector decision-making. This inconsistency stems from differences in data standards, foundational principles, and production processes. Additionally, due to security concerns, organizations tend to produce redundant data repeatedly, leading to resource wastage and reduced efficiency. This study aims to design and implement an integrated spatial data infrastructure (SDI) for sustainable natural resource management in Ilam Province. A conceptual model was developed, and a systematic approach was adopted to propose a framework for integrating spatial data across the Department of Natural Resources.

Materials and Methods: To achieve the research objectives, the department's organizational structure was analyzed in terms of its chart and the information layers required. This was followed by a needs assessment and the design of conceptual, logical, and physical models. The selected open-source software environment was used to deploy the SDI on a server. For data processing, open-source PostgreSQL and PostGIS databases were employed, while ENVI and ArcGIS were used for satellite imagery analysis. To disseminate the generated maps according to OGC standards, GeoServer was utilized.

Results and Discussion: Findings indicate that establishing such an infrastructure can enhance interdepartmental coordination, accelerate organizational workflows, reduce operational costs, and support sustainable natural resource management through centralized information. The fully operational implementation within the Department of Natural Resources and Watershed Management represents a significant advancement in spatial data management. Unlike many theoretical studies in this field, the system developed in this research actively provides services to real users, distinguishing it from purely conceptual work. Its primary advantage lies in the integrated data approach and the practical delivery of services. Implementation of this infrastructure has reduced decision-making time. For example, in monitoring and controlling violations, the system decreased the time required to detect land encroachment by up to 60%, thanks to the simultaneous display of ownership and land-use layers and the capability for online measurement of violations. In disaster management, the system identified a 70-hectare wildfire in Ilam County and automatically calculated the affected areas, reducing response times by up to 50%. A unique aspect of this research is its adaptation of advanced technologies to local and country-specific conditions. The system is not only theoretically sound but also addresses operational challenges such as infrastructural limitations, organizational resistance, and user-specific needs. The development of a mobile service with offline data upload capabilities and field mapping tools has addressed the needs of experts in remote areas, reducing reliance on specialized hardware by 75%. Despite these successes, the study encountered several limitations. The practical and indigenous nature of the project makes direct comparison with theoretical studies or systems implemented in other countries difficult. Challenges such as inter-organizational discrepancies, resistance to change, and hardware constraints were valuable learning experiences, often overlooked in experimental and theoretical research.

Conclusion: This research confirms that, despite various limitations, establishing a unified spatial data system is not only feasible within the country but can also significantly improve natural resources management processes. The practical experiences gained through this project can serve as a valuable guide for other organizations seeking to implement similar systems.

Keywords: Spatial Data Infrastructure, Geographic Information System, Sustainable Management, Natural Resources, Ilam Province

Citation: Aziz, J., Mahdavi, A., & Shatai Jouibari, Sh. (2026). Design and implementation of a spatial data infrastructure for planning and sustainable natural resource management (Case study: Ilam Province). *Integrated Watershed Management*, 6(1), 1-23. doi=10.22034/iwm.2025.2060312.1228

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



طراحی و پیاده‌سازی زیرساخت داده‌های مکانی در راستای مدیریت پایدار منابع طبیعی (مطالعه موردی: استان ایلام)

جلال عزیز^۱، علی مهدوی^{۱*}، شعبان شتایی جویباری^۲

۱. گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲. گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

*نویسنده مسئول: a.mahdavi@ilam.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸

چکیده مبسوط

مقدمه: محدودیت‌های موجود در به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی موجب شده تا بسیاری از مطالعات با هزینه‌های بالا در سازمان‌های مختلف، قابلیت انتشار و استفاده مجدد پیدا نکند. همچنین ناسازگاری میان داده‌های تولیدشده توسط سازمان‌های مختلف یا حتی بخش‌های داخلی یک سازمان، چالشی اساسی در تصمیم‌گیری‌های فراهشی محسوب می‌شود. این ناسازگاری ناشی از تفاوت در مبناها، استانداردها و فرآیندهای تولید داده‌هاست. از سوی دیگر، به دلیل ملاحظات امنیتی، سازمان‌ها تمایل به تولید مکرر داده‌های تکراری دارند که این امر منجر به هدررفت منابع و کاهش کارایی می‌شود. این پژوهش با هدف طراحی و پیاده‌سازی یک زیرساخت داده مکانی یکپارچه برای مدیریت پایدار منابع طبیعی در استان ایلام انجام شده است. در این راستا، با ارائه یک مدل مفهومی و اتخاذ رویکرد سیستمی، چارچوبی برای یکپارچه‌سازی داده‌های مکانی در ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری پیشنهاد شده است.

مواد و روش‌ها: به منظور دستیابی به اهداف پژوهش ابتدا ساختار ادارات کل منابع طبیعی از نظر چارت سازمانی و نوع لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز بررسی گردید. در مرحله بعد پس از نیازسنجی، اقدام به طراحی مدل مفهومی، منطقی و فیزیکی و در نهایت زیرساخت داده مکانی طراحی شده بر بستر نرم‌افزارهای متن‌باز روی سرور پیاده‌سازی شد. در این پژوهش به منظور طراحی مدل از پایگاه داده متن‌باز نرم‌افزارهای PostGIS و Postgresql و جهت پردازش داده‌های ماهواره‌ای از سمت سرور از نرم‌افزارهای ENVI و ArcGIS استفاده شد. در نهایت به منظور انتشار نقشه‌های تهیه شده به کاربران بر اساس استانداردهای OGC از نرم‌افزار Geoserver بهره گرفته شد.

نتایج و بحث: یافته‌های این تحقیق نشان داد که ایجاد یک زیرساخت داده مکانی می‌تواند هماهنگی بین‌بخشی را افزایش دهد، جریان کاری سازمان را تسریع کند، هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد و با تمرکز اطلاعات، به اهداف مدیریت پایدار منابع طبیعی کمک نماید. نتایج این پژوهش که به صورت کاملاً عملیاتی و اجرایی در بستر ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری پیاده‌سازی شده است، نشان‌دهنده تحولی چشمگیر در مدیریت داده‌های مکانی منابع طبیعی است. برخلاف بسیاری از مطالعات نظری در این حوزه، سیستم طراحی شده در این تحقیق می‌تواند به صورت فعال به کاربران واقعی سرویس‌دهی کند و این ویژگی اجرایی، آن را از سایر پژوهش‌های صرفاً نظری متمایز می‌سازد. مزیت اصلی این سیستم در رویکرد یکپارچه‌سازی داده‌ها و ارائه سرویس‌های کاربردی به صورت عملیاتی است. نتایج نشان داد که پیاده‌سازی این زیرساخت موجب کاهش زمان تصمیم‌گیری‌های مدیریتی می‌شود. در بخش پایش و کنترل تخلفات، سیستم توانسته زمان تشخیص تصرفات اراضی ملی را تا ۶۰ درصد کاهش دهد که این امر به لطف نمایش هم‌زمان لایه‌های مالکیت و کاربری و امکان اندازه‌گیری آنلاین مساحت تخلفات محقق شده است. همچنین در مدیریت بحران، سیستم با شناسایی به موقع آتش‌سوزی ۷۰ هکتاری در شهرستان ایلام و محاسبه خودکار سطح آسیب‌دیده، زمان واکنش به حوادث را تا ۵۰ درصد کاهش داده است. ویژگی منحصر به فرد این پژوهش، تطبیق فناوری‌های پیشرفته با شرایط بومی و واقعی کشور است. سیستم طراحی شده نه تنها از نظر نظری کارآمد است، بلکه توانسته با چالش‌های عملیاتی مانند محدودیت‌های زیرساختی، موانع سازمانی و نیازهای واقعی کاربران کنار بیاید. توسعه سرویس موبایل با قابلیت‌های بارگذاری آفلاین داده‌ها و ابزارهای نقشه‌برداری میدانی، پاسخگوی نیاز کارشناسان در مناطق دورافتاده بوده و نیاز به سخت‌افزارهای تخصصی را تا ۷۵ درصد کاهش می‌دهد. با وجود موفقیت‌های به دست آمده، این پژوهش محدودیت‌هایی نیز داشته است. ماهیت اجرایی و بومی پروژه باعث شده که مقایسه مستقیم آن با مطالعات نظری یا سیستم‌های پیاده‌سازی شده در دیگر کشورها به سادگی میسر نباشد. چالش‌هایی مانند ناهماهنگی بین‌سازمانی، مقاومت در برابر تغییر و محدودیت‌های سخت‌افزاری، تجربیات ارزشمندی بودند که در مطالعات آزمایشگاهی و نظری معمولاً مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

نتیجه‌گیری: این پژوهش ثابت کرد که با وجود تمام محدودیت‌ها، ایجاد یک سیستم یکپارچه داده‌های مکانی در کشور نه تنها ممکن است، بلکه می‌تواند به بهبود قابل توجهی در فرآیندهای مدیریت منابع طبیعی منجر شود. تجربیات عملی به دست آمده از این پروژه می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای ارزشمند برای سایر سازمان‌ها و نهادهایی باشد که قصد پیاده‌سازی چنین سیستم‌هایی را دارند.

واژه‌های کلیدی: زیرساخت داده مکانی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدیریت پایدار، منابع طبیعی، استان ایلام

استناد: عزیز، ح، مهدوی، ع؛ و شتایی جویباری، ش. (۱۴۰۵). طراحی و پیاده‌سازی زیرساخت داده‌های مکانی در راستای مدیریت پایدار منابع طبیعی (مطالعه موردی: استان ایلام). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۶(۱)، ۲۳-۱.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

در فرآیند رشد و توسعه پایدار هر کشور، داده‌های مکانی به‌عنوان یکی از پیش‌نیازهای اساسی در ارائه اطلاعات پایه، نقش کلیدی ایفا می‌کنند. با توجه به اهمیت این داده‌ها در مدیریت بهینه منابع و جلوگیری از هزینه‌های اضافی ناشی از دوباره‌کاری، ضروری است که سیاست‌گذاری یکپارچه‌ای در سطح ملی برای تولید، توزیع و مدیریت داده‌های مکانی صورت پذیرد (Kalantari Oskouei et al., 2018).

تعریف زیرساخت‌های ملی داده‌های مکانی^۱ نه تنها موجب صرفه‌جویی اقتصادی و زمانی می‌شود، بلکه از طریق تسهیل تبادل اطلاعات، جلب مشارکت بخش خصوصی و حذف موازی‌کاری‌های سازمانی، بستری برای تحقق توسعه پایدار فراهم می‌کند (Baktash, 2012). با این حال، باورهای سنتی مبنی بر محرمانه‌نگاری داده‌ها به‌عنوان منبع قدرت، حتی در عصر فناوری اطلاعات، همچنان به‌عنوان مانعی در دسترسی آزاد و کارآمد به اطلاعات مکانی عمل می‌کنند. این نگرش منجر به عدم شفافیت داده‌ها، تکرار هزینه‌بر تولید اطلاعات و در نهایت ناکامی پروژه‌های کلان شده است (Mohamadzadeh et al., 2020). از سوی دیگر، عدم وجود استانداردهای ملی و سیاست‌گذاری منسجم در حوزه داده‌های مکانی، سازمان‌ها را با چالش‌های عمیقی در یکپارچه‌سازی و بهره‌برداری مؤثر از این داده‌ها روبه‌رو کرده است (Mansourian & Valadan Zoej, 2009). در همین راستا، کمیته استانداردهای سازمان نقشه‌برداری کشور در ابتدای دهه ۸۰، پیشنهاد ایجاد مرکز هماهنگی داده‌های مکانی را به‌عنوان راه‌حلی برای کاهش دوباره‌کاری ارائه داد. متأسفانه به‌رغم تشکیل کمیته‌ای متشکل از وزارت کشور، مرکز آمار ایران و سازمان نقشه‌برداری کشور، این طرح به دلیل ناهماهنگی‌های بین‌سازمانی و عدم

اجرای استانداردهای مشخص، هرگز محقق نشد. اکنون پس از گذشت بیش از دو دهه، عدم تحقق یکپارچه‌سازی داده‌های مکانی به یکی از چالش‌های زیربنایی کشور تبدیل شده است که نمونه بارز آن تأخیر در اجرای قانون جامع حدنگار است. این پژوهش با هدف طراحی یک زیرساخت یکپارچه داده‌های مکانی برای مدیریت پایدار منابع طبیعی در استان ایلام، درصد ارائه راهکارهای عملی برای فائق آمدن بر این چالش‌ها است.

مدیریت یکپارچه داده‌های مکانی در حوزه منابع طبیعی از دهه ۱۹۸۰ در کشورهای پیشرفته مورد توجه قرار گرفته است. Klein و Ehrlenspiel (۱۹۹۲) در مطالعه‌ای با همکاری دانشگاه فرایبورگ و فائو، اولین سیستم اطلاعات مدیریت جنگل در کشور قبرس پیاده‌سازی گردید که منجر به بهبود ۴۰ درصدی در سرعت تصمیم‌گیری شد. در ادامه، Fegghi (۱۹۹۷) در کشور سوئیس نیازمندی‌های اطلاعاتی را در سه سطح استراتژیک، راهبردی و عملیاتی شناسایی و مدلی برای یکی از استان‌های کشور سوئیس طراحی کرد. تجربه موفق دیگر مربوط به Garg (۲۰۰۲) در کشور هند است که با ایجاد سیستم جامع هفت‌بخشی، کاهش ۵۰ درصدی هزینه‌های عملیاتی را محقق ساخت. در ایران نیز Mahdavi و همکاران (۲۰۰۸) با طراحی یک مدل از سیستم جامع اطلاعاتی مدیریت جنگل^۲ (IFMIS) در نوشهر قابلیت اجرایی چنین سیستم‌هایی را برای سازمان منابع طبیعی ایران بررسی کرد و به نتایج مطلوبی از جمله کاهش زمان دسترسی و بهبود دقت تصمیم‌گیری دست یافتند. از دیدگاه نظری، Manso و همکاران (۲۰۰۹) مدلی سه‌بعدی برای تعامل‌پذیری زیرساخت‌های داده مکانی ارائه دادند که بر تعامل‌پذیری فنی، سازمانی و معنایی تأکید دارد. این مدل سه‌بعدی، یک چارچوب جامع برای تحلیل و

پرداختند و نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از نتیجه مثبت استفاده از این فناوری‌ها در بحث مدیریت پایدار منابع طبیعی بود. Kornejady و همکاران (۲۰۲۲) پژوهشی را در مورد بررسی نقش زیرساخت داده‌های مکانی در مدیریت منابع طبیعی انجام دادند. براساس نتایج پژوهش، این محققین پیشنهاد کردند که تلفیق این زیرساخت با موتورهای بازی‌سازی می‌تواند به درک بهتر محیط و فرآیندهای مدیریتی در حوزه منابع طبیعی کمک کند. Bandibas & Takarada (۲۰۱۹) در یک تحقیق به بررسی نقش به اشتراک‌گذاری اطلاعات مکانی و استفاده از سرویس‌های تحت‌وب در بحث مدیریت منابع طبیعی در شرق آسیا پرداختند که نتایج آن‌ها حاکی از بازدهی بسیار بالای این سیستم در اجرای اهداف مدیریتی بوده است.

تجربیات بین‌المللی نشان می‌دهد پیاده‌سازی موفق زیرساخت داده‌های مکانی معمولاً بین ۳ تا ۷ سال زمان برده و نرخ موفقیت حدود ۷۵ درصد داشته‌اند. این یافته‌ها می‌تواند به‌عنوان چارچوبی ارزشمند برای پروژه‌های مشابه در سایر استان‌ها از جمله ایلام مورد استفاده قرار گیرد (Fairbairn & Al Haidan, 2009). در ایران سازمان نقشه‌برداری کشور به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین نهادهای متولی در حوزه‌های مکانی و نقشه‌برداری، نقش کلیدی در طراحی، توسعه و مدیریت زیرساخت داده‌های مکانی ایفا می‌کند. این سازمان با دارا بودن تجهیزات پیشرفته، نیروهای متخصص و دسترسی به داده‌های مکانی دقیق، به‌عنوان متولی و مرجع زیرساخت داده‌های مکانی کشور شناخته می‌شود (Baktash, 2012)؛ اما متأسفانه با گذشت بیش از دو دهه از ابلاغ سیاست‌های یکپارچه‌سازی اطلاعات مکانی هنوز اقدام مؤثری در راستای پیاده‌سازی آن صورت نگرفته است؛ که یکی از دلایل اصلی آن عدم وجود داده‌های یکپارچه حتی در بخش‌های مختلف هر سازمان بوده است. این وضعیت در ارتباط با وزارتخانه‌های وسیعی از قبیل وزارت

طراحی زیرساخت‌های داده مکانی فراهم می‌آورد و به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا موانع تعامل‌پذیری را در سطوح مختلف شناسایی و رفع کنند. Li و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه مروری به بررسی چالش‌ها و راهکارهای مدیریت کلان‌داده‌های مکانی پرداختند و استفاده از معماری‌های توزیع‌شده^۱ و الگوریتم‌های پیشرفته پردازش داده^۲ را پیشنهاد دادند. این مطالعه به ویژه از این جهت حائز اهمیت است که راهکارهای عملی برای مدیریت حجم عظیم داده‌های مکانی در محیط‌هایی با منابع محاسباتی محدود ارائه می‌دهد، چالشی که در بسیاری از سازمان‌های ایرانی نیز مشاهده می‌شود.

Dwivedi (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای به نقش فناوری‌های مکانی در مدیریت منابع طبیعی تأکید کرد و نتایج بررسی‌های وی نشان داد که استفاده از سنجش‌ازدور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به بهینه‌سازی تصمیم‌گیری‌های مدیریتی کمک کند. Hasnat و همکاران (۲۰۲۴) نیز در پژوهشی به بررسی کاربرد علوم مکانی و طراحی سیستم‌های مرتبط با آن در بخش مدیریت منابع طبیعی پرداختند. مطالعه آن‌ها نشان داد که ترکیب داده‌های سنجش‌ازدور با سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند تغییرات مکانی و زمانی در منابع طبیعی را به‌طور دقیق‌تر شناسایی کند و به برنامه‌ریزی بهتر کمک کند. همچنین در سال ۲۰۲۱ در اجلاس تجارت و توسعه سازمان ملل متحد مطالعه‌ای در خصوص نقش فناوری‌های فضایی در توسعه پایدار انجام شد که نتایج آن حاکی از این است که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ایجاد یک زیرساخت داده مکانی می‌تواند در نظارت بر تغییرات محیطی و مدیریت منابع طبیعی بسیار مؤثر باشند (United Nations Conference on Trade and Development, 2021).

Faraji و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به بررسی تلفیق فناوری‌های نوین در بحث زیرساخت داده مکانی

عزیز و همکاران

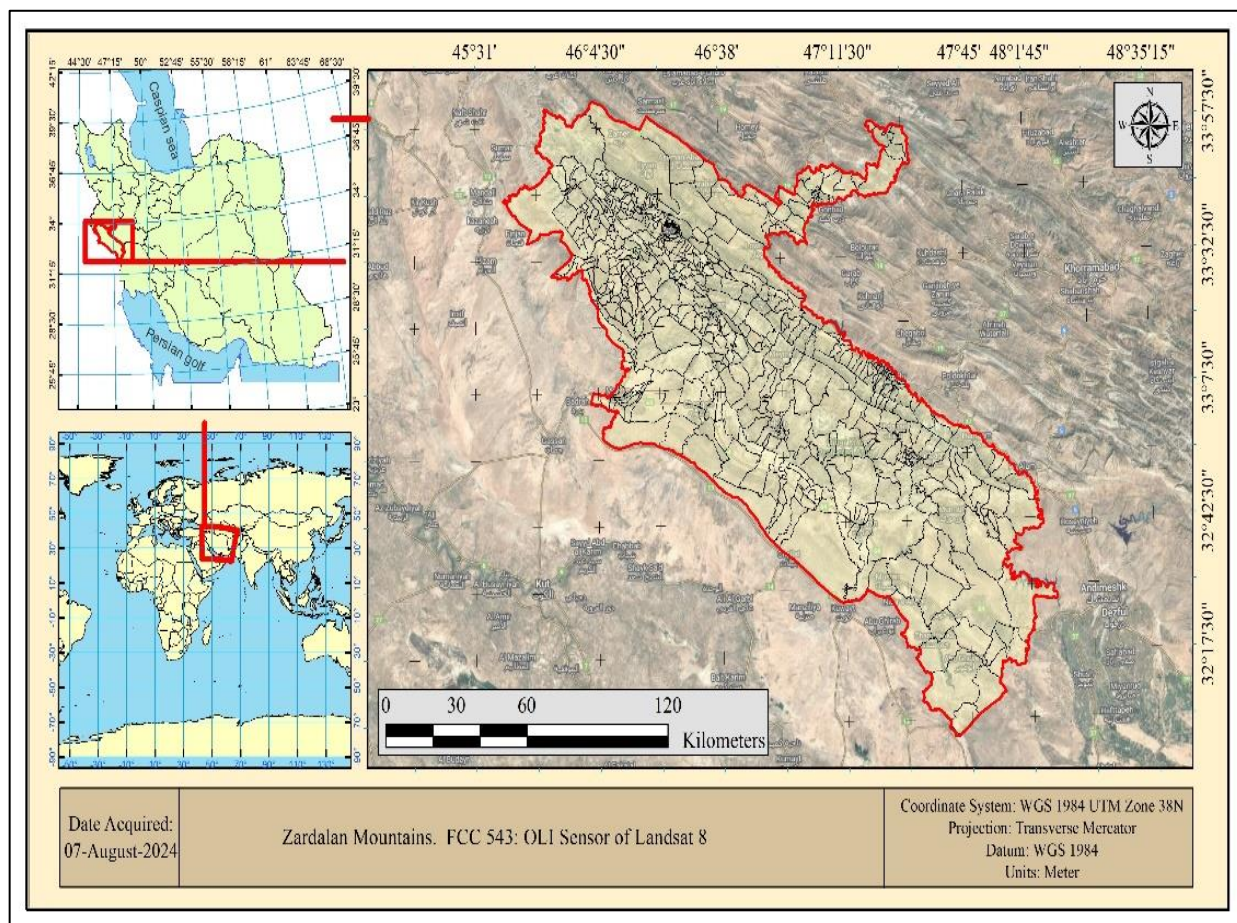
جغرافیایی $32^{\circ} 01' 22''$ تا $34^{\circ} 02' 40''$ شمالی قرار گرفته است. استان ایلام یکی از استان‌های غربی ایران است که با طبیعت کوهستانی و چشم‌اندازهای بکر خود شناخته می‌شود. این استان در مرز ایران و عراق قرار دارد و از نظر جغرافیایی، بخشی از رشته‌کوه زاگرس را در بر می‌گیرد که نقشه محدوده مورد بررسی در شکل ۱ نشان داده شده است.

مدیریت پایدار منابع طبیعی یکی از چالش‌های اساسی در عصر حاضر است که نیازمند استفاده از فناوری‌های پیشرفته و سیستم‌های اطلاعاتی کارآمد است. زیرساخت داده‌های مکانی به‌عنوان یک چارچوب فنی و سازمانی، نقش کلیدی در جمع‌آوری، مدیریت، تحلیل و توزیع داده‌های مکانی مرتبط با منابع طبیعی را ایفا می‌کند (Goharian & Azizpour, 2020).

جهادکشاورزی که تنوع داده‌های مورد استفاده در آن زیاد است محسوس‌تر می‌باشد. پژوهش حاضر درصدد است با بررسی ساختاری یکی از زیرمجموعه‌های مهم وزارت جهادکشاورزی یعنی ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری و همچنین اطلاعات تهیه شده در هر بخش، اقدام به یکپارچه‌سازی، طراحی و پیاده‌سازی یک زیرساخت داده‌های مکانی در بحث مدیریت منابع طبیعی در بخش‌های مختلف آن گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش کل محدوده جغرافیایی استان ایلام می‌باشد که در محدوده طول جغرافیایی $48^{\circ} 38' 41''$ تا $48^{\circ} 09' 01''$ شرقی و عرض



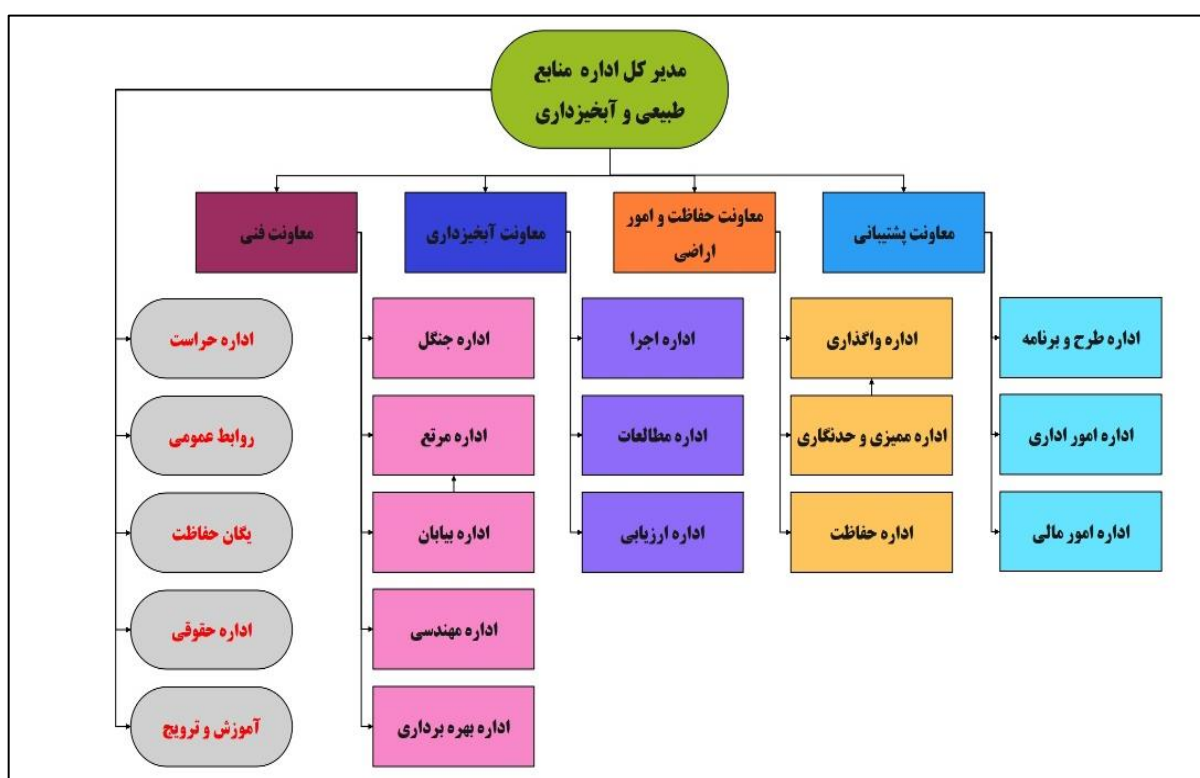
شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Study Area

مشارکت ذینفعان: برگزاری جلسات و کارگاه‌ها برای شناسایی نیازها و انتظارات ذینفعان براساس بررسی‌های صورت گرفته جهت اجرای زیرساخت داده مکانی در راستای مدیریت پایدار منابع طبیعی در گام نخست باید بخش‌های مختلف ادارات کل از نظر چارت‌های سازمانی مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا در شکل ۲ چارت سازمانی ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری را نشان می‌دهد.

پیاده‌سازی یک زیرساخت داده‌های مکانی فرآیندی پیچیده و چندمرحله‌ای است که نیازمند شناخت، برنامه‌ریزی دقیق، همکاری بین سازمانی و حتی درون سازمانی و استفاده از فناوری‌های پیشرفته می‌باشد که مراحل اجرای آن به شرح ذیل می‌باشد.
گام ۱: نیازسنجی و تعیین اهداف
۱,۱ شناسایی ذینفعان

ذینفعان اصلی: سازمان‌های دولتی، پژوهشگران، بخش خصوصی، جوامع محلی و سازمان‌های غیردولتی



شکل ۲- چارت سازمانی ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری (Nourian Tel Zali & Gholami, 2015)

2- The organizational chart of the Departments of Natural Resources and Watershed Management
(Nourian Tel Zali & Gholami, 2015)

به ذکر است این چارت مربوط به ساختار ادارات کل منابع طبیعی استان ها بوده که براساس بررسی آخرین ساختار سازمانی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان ایلام تدوین شده است^۱.

براساس چارت سازمانی، ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری دارای چهار معاونت بوده که هرکدام دارای واحدهای مجزا با مسئولیت‌های متفاوت می‌باشند که شرح وظایف هر اداره در جدول ۱ ارائه شده است لازم

۱- چارت سازمانی ارائه شده توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور به آدرس اینترنتی: <https://frw.ir>

جدول ۱- خلاصه وظایف بخش‌های مختلف ادارات منابع طبیعی براساس چارت سازمانی

Table 1- Summary of the responsibilities of various Natural Resources departments based on the organizational chart

ردیف	معاونت	اداره	وظایف
1	معاونت فنی	جنگل	هدایت و نظارت در شناسایی منابع جنگلی، برنامه‌ریزی به منظور نظارت بر تهیه طرح‌های جامع جنگلداری و جنگل‌کاری، هدایت سیاست‌ها و برنامه‌ها در موضوع اجرای طرح‌های مشارکت مردمی مطالعه، تهیه و تدوین اهداف و سیاست‌ها و خط‌مشی‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت در زمینه مدیریت مراتع، برنامه‌ریزی و پیگیری و حمایت در جهت تولید اطلاعات پایه
		بیابان	تعیین شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی جهت پایش، بررسی، شناخت و ارائه برنامه لازم جهت مدیریت پایدار عرصه‌های بیابانی، نظارت بر مطالعات و تهیه طرح‌های مرتبط با بخش بیابان به‌روزرسانی و ارائه آمار و اطلاعات مکانی منابع طبیعی، بازنگری و به‌روزرسانی نقشه‌ها و اطلاعات مکانی موجود و تهیه نقشه‌های جدید در حوزه منابع طبیعی
2	معاونت آبخیزداری	بهره‌برداری	مطالعه و شناسایی منابع و وضعیت تولید و مصرف چوب جنگلی، رویشگاه‌های محصولات فرعی جنگلی و مرتعی و سایر منابع سلولزی و لیگنوسولزی
		اجرا	اجرای طرح‌های آبخیزداری جهت حفاظت از منابع آب‌و خاک
3	معاونت حفاظت و امور اراضی	مطالعات	تهیه طرح و اجرای برنامه‌های آبخیزداری و حفاظت خاک و نظارت بر آن، اقدام در جهت ایجاد و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری در حوزه‌های آبخیز جهت تهیه آمار و اطلاعات پایه
		ارزیابی	ارزیابی و بررسی طرح‌های آبخیزداری جهت برنامه‌ریزی در دوره‌های میان‌مدت و بلندمدت
4	معاونت پشتیبانی	استعدادیابی و واگذاری	برنامه‌ریزی لازم جهت شناسایی، مکان‌یابی، استعدادیابی و تعیین قابلیت و کاربری اراضی ملی و دولتی، مطالعه و برنامه‌ریزی در خصوص نحوه تخصیص اراضی
		مهمیزی	سیاست‌گذاری در زمینه بررسی و شناسایی منابع طبیعی، سیاست‌گذاری در خصوص تنظیم برگ‌های تشخیص و صدور آگهی اعلام اراضی ملی و دولتی
5	-	حفاظت و حمایت	تدوین راهبردها و ارائه خط‌مشی‌های فنی و اجرایی بخش حفاظت و حمایت، پایش، نظارت و ارزیابی طرح‌ها و پروژه‌های حفاظتی و حمایتی
		طرح و برنامه	تهیه و تدوین برنامه‌های مناسب برای استقرار چرخه بهره‌وری و مدیریت کیفیت در سطح سازمان مطالعه، بررسی و نظارت بر تدوین سیستم‌ها و روش‌های انجام کار متناسب با مصوبات شورای عالی اداری، پیش‌بینی و تأمین نیروی انسانی موردنیاز سازمان بر اساس برنامه‌های پنج‌ساله توسعه برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی به‌منظور انجام وظایف امور مالی سازمان برابر مقررات
6	-	امور اداری	تأمین امنیت فیزیکی، حفاظت از اطلاعات، پیشگیری و تحقیق، بررسی پس‌زمینه در مورد کارکنان مدیریت ارتباط و بهره‌برداری مستمر سازمان با رسانه‌های گروهی، مستندسازی طرح‌ها و پروژه‌های منابع طبیعی و آبخیزداری کشور
		امور مالی	افزایش اثربخشی فعالیت‌های سازمان، سرعت بخشیدن به اجرای احکام و مقررات حفاظتی سازمان، تقویت برنامه‌های پیشگیری و کاهش پرونده‌های متشکله از طریق اجرای اقدامات بازدارنده
7	-	حقوقی	تهیه و تنظیم و پیشنهاد آیین‌نامه‌ها، اقامه و طرح و پاسخ به دعاوی له و علیه سازمان، نظارت بر اجرا و اعمال قانون، جمع‌آوری و تحلیل آمارهای مربوط به اقدامات حقوقی و تخریب و تصرف اراضی ملی
		ترویج و آموزش	برنامه‌ریزی در جهت ترویج و گسترش فرهنگ مشارکت در منابع طبیعی، بررسی و تعیین نیازهای آموزشی کارکنان، برنامه‌ریزی در جهت مطالعه و بررسی ابعاد اجتماعی

ارتباطی تنگاتنگ بوده و در واقع از اطلاعاتی یکسان جهت دستیابی به اهداف خود استفاده می‌کنند؛ اما به علت اینکه هر یک از واحدها براساس دستورالعمل‌های خود اقدام به تهیه لایه‌های اطلاعاتی خود می‌نمایند، گاهی در هنگام ارائه اطلاعات به واحدهای دیگر مغایرت‌های بسیار مشاهده شده که این امر باعث

با بررسی شرح وظایف ذاتی هر یک از واحدهای تابعه هر معاونت می‌توان به این نتیجه رسید که تمامی واحدهای مذکور سه هدف اصلی یعنی مطالعه و بررسی، اجرای طرح‌ها و قوانین و نیز پشتیبانی از آنها را دنبال می‌کنند. همچنین با نگاهی دقیق‌تر به شرح وظایف مشخص است که برخی از واحدها با هم دارای

هر یک از آن‌ها مشخص شد. براساس بررسی‌های صورت گرفته، واحدهای مختلف از نظر استفاده از نوع داده‌های مکانی به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند (جدول ۲).

مشکلات متعدد و کند شدن روند اجرای خدمات به‌خصوص در بحث اطلاعات مکان‌محور می‌شود. در راستای انجام این پژوهش در گام نخست واحدهای مرتبط با هم در سطح ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری شناسایی و لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده

جدول ۲- لایه‌های موردنیاز واحدهای مختلف ادارات منابع طبیعی

Table 2 — Required layers for various units within the Natural Resources Departments

ردیف	معاونت	اداره	لایه‌های اطلاعاتی
1	معاونت فنی	جنگل	اراضی جنگلی، محدوده جنگل کاری، پارک‌های جنگلی، ذخیره‌گاه‌های جنگلی، نهالستان‌ها
		مرتع	سامان‌های عرفی، طرح‌های مرتع‌داری، محدوده‌های عملیات طرح‌های مرتع‌داری
		بیابان	محدوده بیابان‌ها، محدوده طرح‌های بیابان‌زدایی، عملیات احیایی
		مهندسی و مطالعات	نقشه‌های پایه توپوگرافی، عکس‌های هوایی، نقشه‌های آمایش سرزمین و اطلاعات مکانی پایه
		بهره‌برداری	محدوده عملیاتی شرکت‌های تعاونی بهره‌برداری
2	معاونت آبخیزداری	مطالعات آبخیز	محدوده حوزه‌های آبخیز، مناطق مدیریت حوزه آبخیز، مکانیابی و شناسایی مناطق بحرانی
3	معاونت حفاظت و امور اراضی	استعدادیابی و واگذاری	اراضی واگذاری، طرح‌های ماده ۳ (مرتع، طرح جنگل کاری و طرح‌های اقتصادی)، محدوده‌های طرح‌های هادی و راه و شهرسازی، اراضی موضوع ماده ۶۹ نهادهای دولتی و عمومی
		ممیزی	محدوده پلاک‌های اجرای مقررات، نقشه‌های ماهیت اراضی، آراء کمیسیون‌ها، نقشه‌های حدنگاری
		حفاظت و حمایت	نقشه مناطق بحرانی (حریق-آفات)، معادن
4	-	یگان حفاظت حقوقی	بهره‌بردار بهره‌بردار
		ترویج و آموزش	شناسایی جوامع هدف (روستایی و عشایری، مدارس)

توسط اداره استعدادیابی بایستی الزاماً خارج از محدوده مستثنیات قانونی پلاک در نقشه‌های اجرای مقررات بوده که این نقشه توسط واحد ممیزی تهیه می‌گردد؛ لذا به‌منظور تهیه هرگونه لایه، واحد استعدادیابی باید از اداره ممیزی استعلام گیرد که این مهم یکی از عوامل کندشدن روند جریان کاری و برخی مواقع اشتباهات در پاسخ به استعلامات شده است. یکی دیگر از واحدهای درگیر با اطلاعات مکان‌محور در ادارات منابع طبیعی، واحدهای بهره‌بردار از این اطلاعات هستند (واحد یگان حفاظت و حقوقی). اگرچه این واحدها به‌ظاهر ارتباط مستقیمی با این‌گونه اطلاعات ندارند، اما با توجه به وظایف ذاتی آن‌ها یعنی حفاظت از

براساس جدول ۲ هر کدام از واحدها بنا به نیازهای کاری، لایه‌های موردنیاز خود را تهیه کرده و برخی نیز به‌عنوان بهره‌بردار از آن لایه‌ها شناخته می‌شوند. لازم به ذکر است از میان ادارات مذکور، اداره مهندسی و مطالعات وظیفه تهیه و آرشیو لایه‌های اطلاعاتی از قبیل نقشه‌های پایه (نقشه‌های توپوگرافی، کاربری، پوشش اراضی، آمایش سرزمین)، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و غیره را به‌عنوان لایه‌های پایه جهت تهیه نقشه‌های موضوعی سایر واحدها بر عهده دارد. براساس بررسی‌های انجام شده نقشه‌های تهیه شده توسط برخی از واحدها از نقشه‌های واحدهای دیگر استخراج می‌شوند برای نمونه نقشه‌های تهیه شده

۱- اهداف و نیازها

۱-۱- مدیریت پایدار منابع طبیعی: جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و تحلیل داده‌های مکانی مرتبط با منابع طبیعی.

۱-۲- پیش و ارزیابی: نظارت بر وضعیت عرصه‌های منابع طبیعی، شناسایی مناطق بحرانی و برنامه‌ریزی برای اقدامات حفاظتی.

۱-۳- تصمیم‌گیری مبتنی بر داده: ارائه اطلاعات مکانی دقیق و به‌روز برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و سیاست‌گذاری.

۱-۴- اشتراک‌گذاری داده‌ها: تسهیل تبادل داده‌ها بین بخش‌های مختلف اداره و سایر سازمان‌های مرتبط.

۲- شناسایی و درک روابط بین موجودیت‌ها

در این مرحله ابتدا واحدهای مختلف ادارات منابع طبیعی برابر چارت سازمانی (شکل ۲) شناسایی و وظایف و داده‌های موردنیاز هر یک از آنها مورد بررسی قرار گرفت (جدول‌های ۱ و ۲).

۳- اجزای اصلی مدل

۳-۱- لایه‌های اطلاعاتی

داده‌های مکانی پایه: نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای، مدل‌های رقومی ارتفاع، داده‌های هواشناسی.

داده‌های موضوعی: اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، خاک، آب، کاربری اراضی، محدوده مناطق حفاظت‌شده.

داده‌های پویا: داده‌های مربوط به تغییرات زمانی عرصه مانند تغییرات پوشش گیاهی، فرسایش خاک، سیلاب‌ها و خشکسالی‌ها، رطوبت استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک زمانی بالا از قبیل MODIS و Sentinel

۳-۲- سخت‌افزار و نرم‌افزار

سخت‌افزار: سرورها، سیستم‌های ذخیره‌سازی، تجهیزات شبکه و سیستم‌های جمع‌آوری داده

عرصه‌های منابع طبیعی و پیگیری روند قانونی آن‌ها، آشنایی و دسترسی آن‌ها به این اطلاعات می‌تواند باعث بهره‌وری بیشتر آن‌ها در حفظ و حراست از عرصه‌های منابع ملی شود. به‌عنوان مثال، در سازوکار فعلی چنانچه تخریب و تجاوزی به عرصه‌های منابع طبیعی صورت گیرد به علت گستردگی عرصه‌ها و کمبود پرسنل امکان رصد این مناطق بسیار دشوار و اغلب ناممکن می‌باشد و حتی در صورت شناسایی، تهیه نقشه از محدوده تخریب شده جهت انجام روند حقوقی نیاز به استفاده از واحدهای دیگر دارد. این درحالی است که در صورت وجود یک سیستم یکپارچه جهت دسترسی به اطلاعات، هر یک از واحدها می‌توانند به صورت مستقل و بدون ابهام، وظایف خود را انجام داده و روند اجرای قوانین را تسهیل بخشند (Hollywood & Winkelman, 2015). بدین منظور در این پژوهش به منظور افزایش بهره‌وری، کاهش خطاهای انسانی، حذف واسطه‌گری و جلوگیری از تخلفات احتمالی با ارائه یک خط‌مشی مشخص در درون سازمان، اقدام به طراحی و اجرای یک مدل یکپارچه‌سازی اطلاعات به منظور دستیابی به اهداف مدیریت پایدار منابع طبیعی شد که مراحل آن به شرح ذیل می‌باشد.

طراحی مدل مفهومی

بدین منظور در گام نخست اقدام به تعیین اهداف، شناسایی موجودیت‌ها، تعیین و درک روابط بین موجودیت‌های موردنظر و انتخاب ابزار لازم جهت اجرای آن شد که جزئیات آن به شرح زیر می‌باشد. لازم به ذکر است در این مدل جهت دستیابی به اهداف پژوهش از رویکرد استفاده از مدل‌های متن‌باز، الگوریتم‌های پردازش تصاویر ماهواره‌های نظیر شاخص‌های طیفی و استانداردهای انتشار داده‌های مکانی و همچنین سیستم‌های احراز هویت مبتنی بر توکن استفاده شد.

داده‌های مستمر از سطح زمین برای دوره‌های طولانی می‌باشد که این مورد تضمین‌شوندگی این داده‌ها را اثبات می‌کند. از نظر تأثیر شرایط آب و هوایی روی این داده‌ها باید گفت که عمده حوادث و فعالیت‌های مرتبط با عرصه‌های منابع طبیعی نظیر آتش‌سوزی و یا مدیریت منابع آبی غالباً مربوط به فصول خشک بوده که در این فصول مشکلاتی بابت داده‌های ماهواره‌ای وجود نخواهد داشت. همچنین استفاده از داده‌های راداری Sentinel A هم می‌تواند پوششی برای زمان‌های نامساعد آب و هوایی باشد.

۴- کاربران و ذینفعان

۴-۱- کاربران داخلی: کارشناسان منابع طبیعی، مدیران، برنامه‌ریزان سازمان
 ۴-۲- کاربران خارجی: سایر سازمان‌های دولتی، واحدهای مرتبط درون سازمانی و ادارات بازرسی

طراحی مدل منطقی

برای ایجاد یک مدل منطقی جهت ارائه خدمات زیرساخت داده‌های مکانی در سطح ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری، ابتدا باید اجزای اصلی سیستم و ارتباطات بین آن‌ها به صورت ساختاریافته و منطقی تعریف شود. در واقع مدل منطقی، پایه‌ای برای طراحی پایگاه داده و سیستم‌های اطلاعاتی است و به کاربران کمک می‌کند تا داده‌ها، فرآیندها و سرویس‌ها به شکلی سازمان‌یافته و قابل اجرا پیاده‌سازی شود (Kalantari Oskouei et al., 2018). مراحل طراحی این مدل منطقی به شرح ذیل می‌باشد.

۱- موجودیت‌های اصلی

این موجودیت‌ها نماینده اجزای اصلی سیستم هستند که داده‌های مکانی و غیرمکانی را مدیریت می‌کنند (جدول ۳).

(دوربین‌ها، گیرنده‌های ماهواره‌ای GNSS^۱، پهپاد و غیره)

نرم‌افزار: سیستم‌های مدیریت پایگاه داده (مانند PostgreSQL، SqlServer)، نرم‌افزارها و ابزارهای تحلیل مکانی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای (مانند QGIS، ArcGIS، ERDAS، SNAP و ENVI) و زبان‌های برنامه‌نویسی از قبیل Python و JavaScript

۳-۳- مدل داده مکانی

با توجه به کاربرد این مدل و ضرورت استفاده بخش‌های مختلف سازمان از آن، بایستی انتشار داده‌ها براساس پروتکل و استانداردهای خاص صورت گیرد که هم امنیت داده‌ها حفظ شود و هم دسترسی به آن‌ها فاقد پیچیدگی باشد. بدین منظور در این پژوهش از مدل داده مکانی سمت سرور^۲ استفاده شد. در این مدل داده تمامی پردازش‌ها براساس استانداردهای مشخص از سمت سرور انجام گرفته و بسته به دسترسی کاربران در قالب استانداردهای انتشار داده‌های مکانی در دسترس قرار می‌گیرند (Fisher & Reed, 2005). در این پژوهش جهت استفاده کاربران از داده‌های ماهواره‌ای در کاربردهای مختلف، از داده‌های ماهواره‌ای Sentinel-2 با قدرت تفکیک زمانی ۵ روزه استفاده شد. در این مدل، برای تحلیل داده‌های مکانی از الگوریتم‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های طیفی استفاده شده است. از مهم‌ترین روش‌های پردازشی می‌توان به محاسبه لحظه‌ای شاخص‌های طیفی NDVI^۳، EVI^۴، NDWI^۵ برای بررسی وضعیت پوشش گیاهی، آب و خشکی اشاره کرد.

در خصوص بحث وجود داده‌های ماهواره‌ای باید گفت با توجه به فعالیت مستمر آژانس فضایی اتحادیه اروپا و پشتیبانی سریع آن‌ها از جمله قرار دادن ۹ ماهواره، رصد زمین در طول کمتر از ۱۰ سال نشان از وجود

4- Enhanced Vegetation Index
 5- Normalized Difference Water Index

1- Global Navigation Satellite System
 2- Server-Side Spatial Data Model
 3- Normalized Difference Vegetation Index

عزیز و همکاران

جدول ۳- موجودیت‌های اصلی مدل منطقی زیرساخت داده‌های مکانی در سامانه پیشنهادی

Table 3- Main entities of the logical model of SDI in the proposed system

ردیف	عنوان	موجودیت‌های اصلی مدل
1	حوزه فنی	جنگل‌ها مراتع بیابان
2	حوزه آبخیز	حوزه‌های آبخیز رودخانه‌ها منابع آبی
3	حوزه حفاظت	پلاک‌های اجرای مقررات حدنگاری (محدوده اراضی ملی و مستثنیات، واگذاری‌ها، آرای قضایی، طرح‌های ماده ۳ و غیره)
4	داده‌های مکانی	لایه‌های مکانی عمومی تصاویر ماهواره‌ای مدل‌های رقومی ارتفاع نقشه‌های پایه
5	کاربران	کارشناسان منابع طبیعی مدیران سازمان‌های مرتبط
6	سرویس‌ها	سرویس‌های وب مکانی سرویس‌های تحلیل مکانی سرویس‌های اشتراک‌گذاری داده‌ها

۲- جدول‌ها و لایه‌ها هر موجودیت به یک یا چند جدول در پایگاه داده تبدیل می‌شود. در این پژوهش لایه‌های مکانی مورد نظر و جدول‌های عارضه آن‌ها به شرح زیر می‌باشد (جدول‌های ۴ تا ۹).

جدول ۴- جزییات جدول و لایه مربوط به حوزه فنی

Table 4- Table and layer details related to the technical sector

ردیف	عنوان	نوع داده	توضیحات
1	ID	Integer	شناسه منحصره‌فرد
2	Type	String	نوع لایه (جنگل، مرتع، بیابان)
3	Location	Geometry (Polygon)	موقعیت مکانی
4	Area	Float	مساحت منطقه
5	Description	Text	توضیحات توصیفی
6	Last_Update	Date	تاریخ آخرین به‌روزرسانی

جدول ۵- جزییات جدول و لایه مربوط به حوزه آبخیز

Table 5- Table and layer details related to the watershed sector

ردیف	عنوان	نوع داده	توضیحات
1	ID	Integer	شناسه منحصره‌فرد
2	Name	String	نام آبخیز
3	Basin_Area	Float	مساحت حوزه آبخیز
4	Main_River	String	نام رودخانه اصلی
5	Flood_Risk_Level	String	(سطح خطر سیل (کم، متوسط، زیاد)
6	Location	Geometry (Polygon)	موقعیت مکانی

جدول ۶- جزییات جدول و لایه مربوط به حوزه حفاظت

Table 6- Table and layer details related to the conservation sector

ردیف	عنوان	نوع داده	توضیحات
1	ID	Integer	شناسه منحصر به فرد
2	Type	String	نوع لایه (محدوده پلاک، اراضی ملی و مستثنیات، واگذاری‌ها، آرای قضایی، طرح‌های ماده ۳)
3	Area	Float	مساحت
4	Description	Text	توضیحات توصیفی
5	Location	Geometry (Polygon)	موقعیت مکانی

جدول ۷- جزییات جدول و لایه مربوط به داده‌های مکانی

Table 7- Details of tables and layers related to spatial data

ردیف	عنوان	نوع داده	توضیحات
1	ID	Integer	شناسه منحصر به فرد داده
2	Type	String	(نوع داده (نقشه، تصویر ماهواره‌ای و غیره)
3	Source	String	(منبع داده (ماهواره، برداشت میدانی و غیره)
4	Resolution	Float	(وضوح داده (برای تصاویر ماهواره‌ای)
5	Location	Geometry (Polygon)	موقعیت مکانی
6	Date_Collected	Date	تاریخ جمع‌آوری داده

جدول ۸- جزییات جدول و لایه مربوط کاربران

Table 8- Details of tables and layers related to users

ردیف	عنوان	نوع داده	توضیحات
1	ID	Integer	شناسه منحصر به فرد کاربر
2	Name	String	نام کاربر
3	Role	String	(نقش کاربر (کارشناس، مدیر و غیره)
4	Organization	String	سازمان مرتبط
5	Access_Level	String	(سطح دسترسی (خواندن، نوشتن، ویرایش)

جدول ۹- جزییات جدول و لایه مربوط سرویس‌ها

Table 9- Details of tables and layers related to services

ردیف	عنوان	نوع داده	توضیحات
1	ID	Integer	شناسه منحصر به فرد سرویس
2	Type	String	نوع سرویس (تحلیل مکانی، WFS، WMS و غیره)
3	Endpoint_URL	String	سرویس URL آدرس
4	Description	Text	توضیحات سرویس
5	Access_Restrictions	String	محدودیت‌های دسترسی

شامل داده‌های مکانی پایه، داده‌های موضوعی و داده‌های پویا هستند. هر لایه اطلاعاتی با سایر لایه‌ها از طریق کلیدهای خارجی مرتبط شده و امکان انجام تحلیل‌های پیچیده فراهم می‌شود. ۳-۱ حوزه‌های فنی، آبخیز و حفاظت

۳- ارتباطات بین موجودیت‌ها در مدل منطقی مورد نظر جهت طراحی و پیاده‌سازی این سیستم ارتباطات بین موجودیت‌ها به صورت زیر تعریف شده است. ساختار روابط میان داده‌ها بر اساس مدل^۱ ER طراحی شده است که در آن موجودیت‌ها

طراحی مدل فیزیکی

مدل فیزیکی مرحله‌ای است که در آن مدل منطقی به ساختارهای قابل اجرا در یک سیستم مدیریت پایگاه داده تبدیل می‌شود. در این مرحله، جدول‌ها، ستون‌ها، روابط، شاخص‌ها و سایر عناصر پایگاه داده به صورت دقیق و با در نظر گرفتن محدودیت‌های فنی پیاده‌سازی می‌شوند. در این پژوهش برای ساخت مدل فیزیکی خدمات زیرساخت داده‌های مکانی در سطح ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری، از سیستم مدیریت پایگاه داده مکانی PostgreSQL/PostGIS استفاده شد که بخش‌های مختلف آن به شرح زیر می‌باشد. همچنین به منظور انجام پردازش داده‌های ماهواره‌ای از نرم‌افزارهای ERDAS، ArcGIS Server و همچنین اسکریپت‌های نوشته شده با زبان برنامه‌نویسی Python و JavaScript بهره گرفته شد.

۱- ساخت لایه‌ها، جدول‌ها و فیلدها

در این بخش لایه‌ها، جدول‌ها و فیلدهای هر جدول به همراه نوع داده‌ها و محدودیت‌ها به شرح زیر تعریف شد (جدول‌های ۱۰ تا ۱۴).

هر یک از مؤلفه‌های این بخش‌ها به طور کلی زیرمجموعه یک لایه اولیه بنام محدوده پلاک‌های اجرای مقررات قرار می‌گیرند و در سطح بعد لایه‌های حوزه‌های فنی و آبخیز به صورت متقابل با لایه‌های حوزه حفاظت مرتبط می‌شوند (رابطه چند به چند).

۲-۳- داده‌های مکانی و حوزه‌های سه‌گانه

هر یک از لایه‌های مربوط به حوزه‌های سه‌گانه با یک یا چند لایه مکانی مرتبط است (رابطه یک به چند).

۳-۳- کاربران و سرویس‌ها

کاربران می‌توانند از سرویس‌های مختلف استفاده کنند (رابطه چند به چند).

۴-۳- داده‌های مکانی و سرویس‌ها

سرویس‌ها از داده‌های مکانی برای ارائه اطلاعات استفاده می‌کنند (رابطه یک به چند).

۴- پیاده‌سازی مدل منطقی

جهت پیاده‌سازی این مدل منطقی، با توجه به وجود ابزارهای متن‌باز و تجاری مختلف، به دلیل مزایای استفاده از فناوری‌های متن‌باز از قبیل امنیت بالا، جامعه کاربری گسترده، رایگان بودن و غیره، در این پژوهش از سیستم مدیریت پایگاه داده مکانی متن‌باز استفاده شد.

جدول ۱۰- مدل فیزیکی لایه مربوط به حوزه فنی به زبان SQL

Table 10- Physical model of the layer related to the technical unit in SQL

SQL
CREATE TABLE Natural_Resources (Resource_ID SERIAL PRIMARY KEY, Resource_Type VARCHAR(50) NOT NULL, Location GEOMETRY(Polygon, 4326) NOT NULL, Area FLOAT CHECK (Area > 0), Description TEXT, Last_Update DATE DEFAULT CURRENT_DATE

جدول ۱۱- مدل فیزیکی لایه مربوط به حوزه آبخیز به زبان SQL

Table 11- Physical model of the layer related to the watershed unit in SQL

SQL
CREATE TABLE Watersheds (Watershed_ID SERIAL PRIMARY KEY, Watershed_Name VARCHAR(100) NOT NULL, Basin_Area FLOAT CHECK (Basin_Area > 0), Main_River VARCHAR(100), Location GEOMETRY(Polygon, 4326) NOT NULL

جدول ۱۲- مدل فیزیکی لایه مربوط به حوزه حفاظت به زبان SQL

Table 12 - The physical model of the layer related to the protection unit in SQL

SQL
<pre>CREATE TABLE Spatial_Data (Data_ID SERIAL PRIMARY KEY, Data_Type VARCHAR(50) NOT NULL, Source VARCHAR(100) NOT NULL, Resolution FLOAT CHECK (Resolution > 0), Location GEOMETRY(Polygon, 4326) NOT NULL, Date_Collected DATE NOT NULL</pre>

جدول ۱۳- مدل فیزیکی لایه مربوط به کاربران به زبان SQL

Table 13 - The physical model of the layer related to users in SQL

SQL
<pre>CREATE TABLE Users (User_ID SERIAL PRIMARY KEY, User_Name VARCHAR(100) NOT NULL, Role VARCHAR(50) NOT NULL, Organization VARCHAR(100), Access_Level VARCHAR(50) CHECK (Access_Level IN ('Read', 'Write', 'Admin'))</pre>

جدول ۱۴- مدل فیزیکی لایه مربوط به سرویس‌ها به زبان SQL

Table 14 - The physical model of the layer related to services in SQL

SQL
<pre>CREATE TABLE Services (Service_ID SERIAL PRIMARY KEY, Service_Type VARCHAR(50) NOT NULL, Endpoint_URL VARCHAR(200) NOT NULL, Description TEXT, Access_Restrictions VARCHAR(100)</pre>

۲- تعیین روابط بین جدول‌ها
 پس از تعریف روابط بین موجودیت‌ها و لایه‌های
 طراحی شده، روابط بین جدول‌ها با استفاده از
 کلیدهای خارجی بین لایه‌های مختلف به صورت زیر
 تشکیل شد (جدول ۱۵).

جدول ۱۵- مدل فیزیکی ارتباط لایه‌ها به زبان SQL

Table 15 - The physical model of layer relationships in SQL

SQL
<pre>CREATE TABLE Users_Services (User_ID INT REFERENCES Users(User_ID) ON DELETE CASCADE, Service_ID INT REFERENCES Services(Service_ID) ON DELETE CASCADE, PRIMARY KEY (User_ID, Service_ID)</pre>

۳- شاخص‌ها
 پس از ساخت لایه‌ها و جدول‌های اطلاعاتی و همچنین
 ارتباط بین لایه‌ها برای بهبود عملکرد جستجو و
 پرس‌وجوها، شاخص‌هایی روی ستون‌های پرکاربرد
 ایجاد گردید (جدول ۱۶).

این مرحله که به‌عنوان مرحله انتشار داده تعریف
 می‌شود، مشخص کننده سازوکار موردنظر جهت
 نمایش اطلاعات مکانی به کاربران نهایی می‌باشد. در
 این پژوهش با توجه به اهمیت داده‌ها و لزوم حفظ
 امنیت آن‌ها و جلوگیری از امکان کپی‌برداری از
 سرویس‌های مکانی مانند ^۱WMS و ^۲WMTS ارائه

۴- پیاده‌سازی سرویس‌های مکانی

کاربر ارائه می‌شوند و کاربران تنها امکان مشاهده آن را خواهند داشت (Sun et al., 2015).

شده بر بستر GeoServer استفاده شد. در این سرویس اطلاعات پس از درخواست کاربر و پردازش از سمت سرور در قالب نقشه‌های گرافیکی بر روی نمایشگر

جدول ۱۶- مدل فیزیکی شاخص‌گذاری لایه‌ها به زبان SQL

Table 16 - The physical model of layer indexing in SQL

SQL
Natural_Resources
CREATE INDEX idx_natural_resources_location ON Natural_Resources USING GIST (Location);
Watersheds
CREATE INDEX idx_watersheds_location ON Watersheds USING GIST (Location);
Spatial_Data
CREATE INDEX idx_spatial_data_location ON Spatial_Data USING GIST (Location);
Watersheds
CREATE INDEX idx_watersheds_name ON Watersheds (Watershed_Name);
Services
CREATE INDEX idx_services_type ON Services (Service_Type);

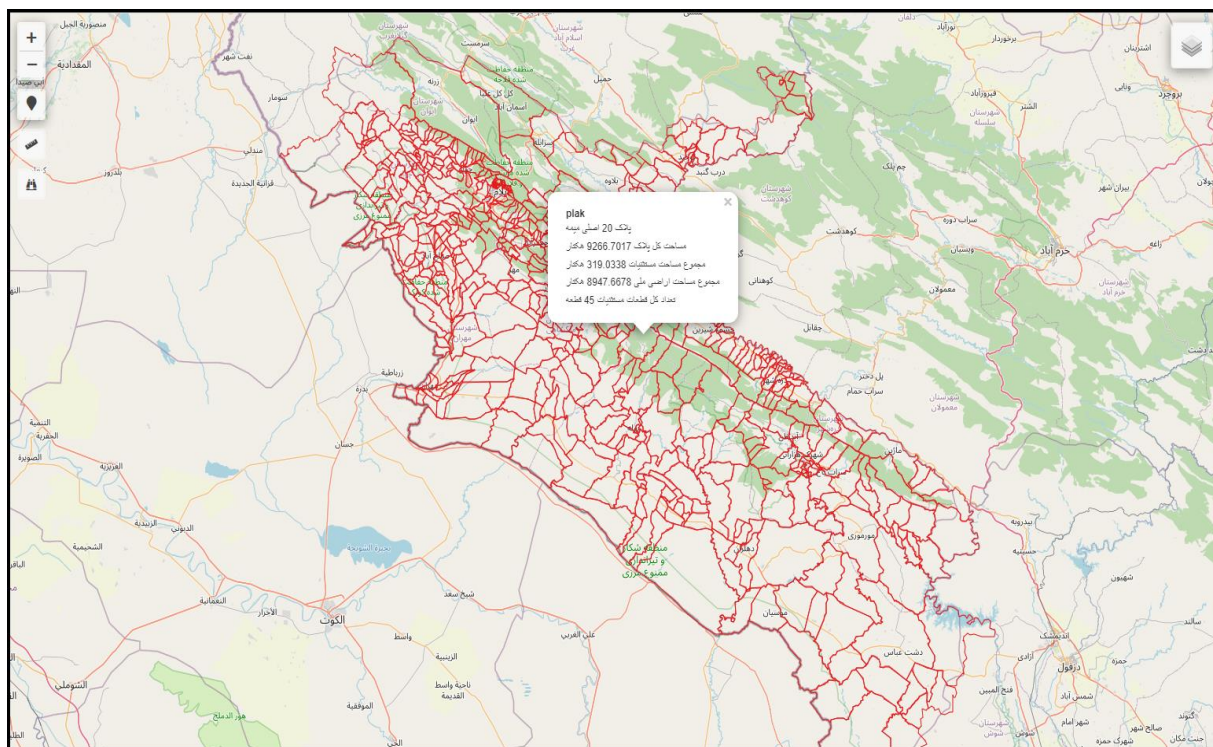
کاربران پیاده‌سازی شده است. در این پژوهش از سرورهای واسط نظیر Apache و انتشار اطلاعات براساس استانداردهای OGC^۱ و ارائه توکن‌های امنیتی به هر کاربر بر بستر JWT و API Key و از همه مهم‌تر قابلیت ارائه این اطلاعات بر بستر شبکه اینترنت برای حفظ امنیت داده‌ها استفاده شده است.

نتایج

همان‌طور که در بخش‌های پیشین نیز گفته شد زیرساخت داده‌های مکانی یک ابزار کلیدی در مدیریت پایدار منابع طبیعی به حساب می‌آید. با پیاده‌سازی مناسب و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، می‌توان به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری و افزایش کارایی در مدیریت منابع طبیعی کمک کرد (Feeney et al., 2001). در این پژوهش پس از ساخت مدل‌های مفهومی، منطقی و فیزیکی و در نهایت پیاده‌سازی اطلاعات سازمان‌دهی شده، اطلاعات بر روی سرور قرار گرفته و با دامنه مشخص در دسترس کاربران قرار گرفت که نمونه‌ای از آن در شکل زیر نشان داده شده است (شکل ۳).

۵- هزینه‌های پیاده‌سازی، نگهداری و به‌روزرسانی پیاده‌سازی سیستم مدیریت داده‌های مکانی شامل هزینه‌های سخت‌افزاری: خرید و استقرار سرورها و سیستم‌های ذخیره‌سازی، تجهیزات شبکه و امنیت داده‌ها، ابزارهای جمع‌آوری داده مانند گیرنده‌های GNSS، پهپادها و دوربین‌های نقشه‌برداری. هزینه‌های نرم‌افزاری: سیستم‌های مدیریت پایگاه داده (PostgreSQL + PostGIS)، نرم‌افزارهای تحلیل مکانی و پردازش تصاویر (QGIS, SNAP). هزینه‌های نگهداری و به‌روزرسانی: به‌روزرسانی سخت‌افزار و نرم‌افزار برای حفظ عملکرد سیستم. مدیریت امنیت داده‌ها و پشتیبان‌گیری منظم: آموزش کاربران و متخصصان برای بهره‌برداری مؤثر. در این پژوهش با توجه به رویکرد متن‌باز، هزینه‌های نرم‌افزاری بسیار محدود بوده و با توجه به طراحی سمت سرور مدل، هزینه‌های سخت‌افزاری نیز بسیار کاهش می‌یابد.

۶- امنیت داده‌های مکانی و حریم خصوصی با توجه به حساسیت داده‌های مکانی و ضرورت حفاظت از اطلاعات، مجموعه‌ای از مکانیزم‌های امنیتی برای مدیریت دسترسی، رمزنگاری داده‌ها، و احراز هویت

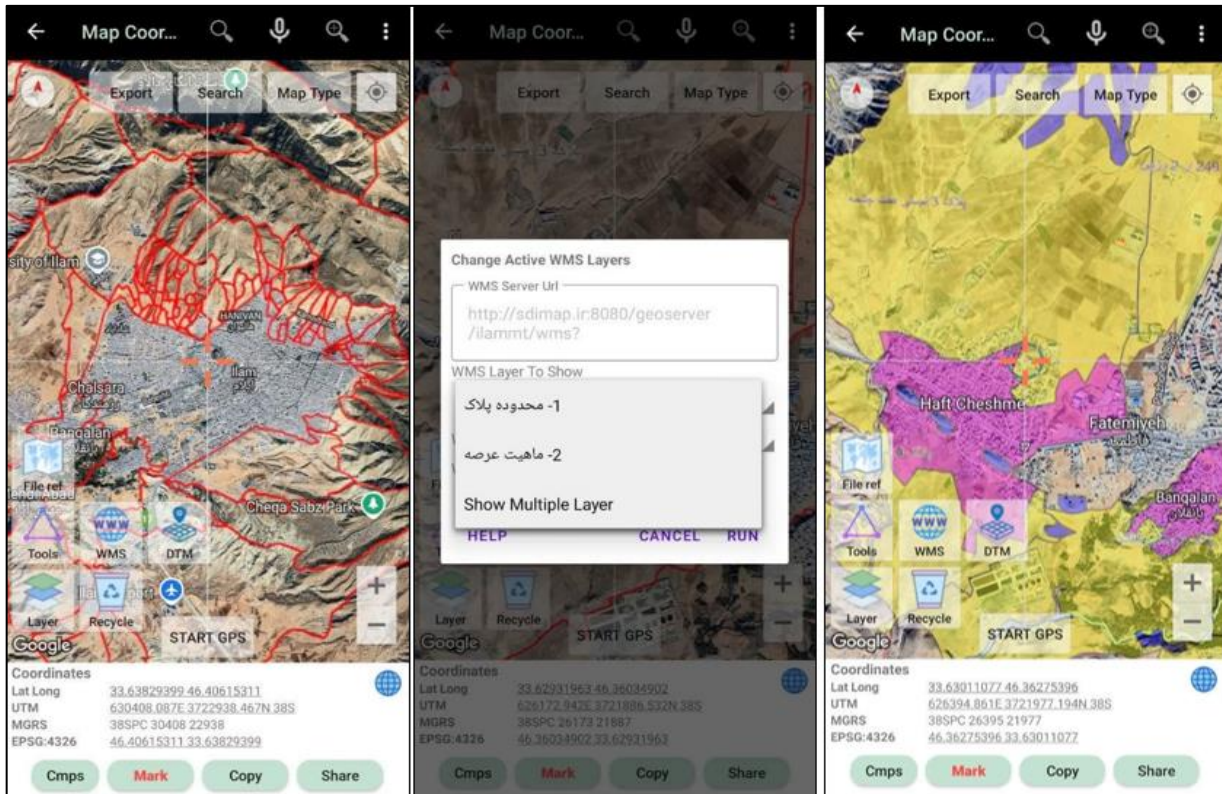


شکل ۳- اطلاعات بارگذاری شده مربوط به معاونت حفاظت بر بستر زیرساخت داده مکانی تحت وب
 Figure 3- The uploaded information related to the Protection unit on the web-based SDI

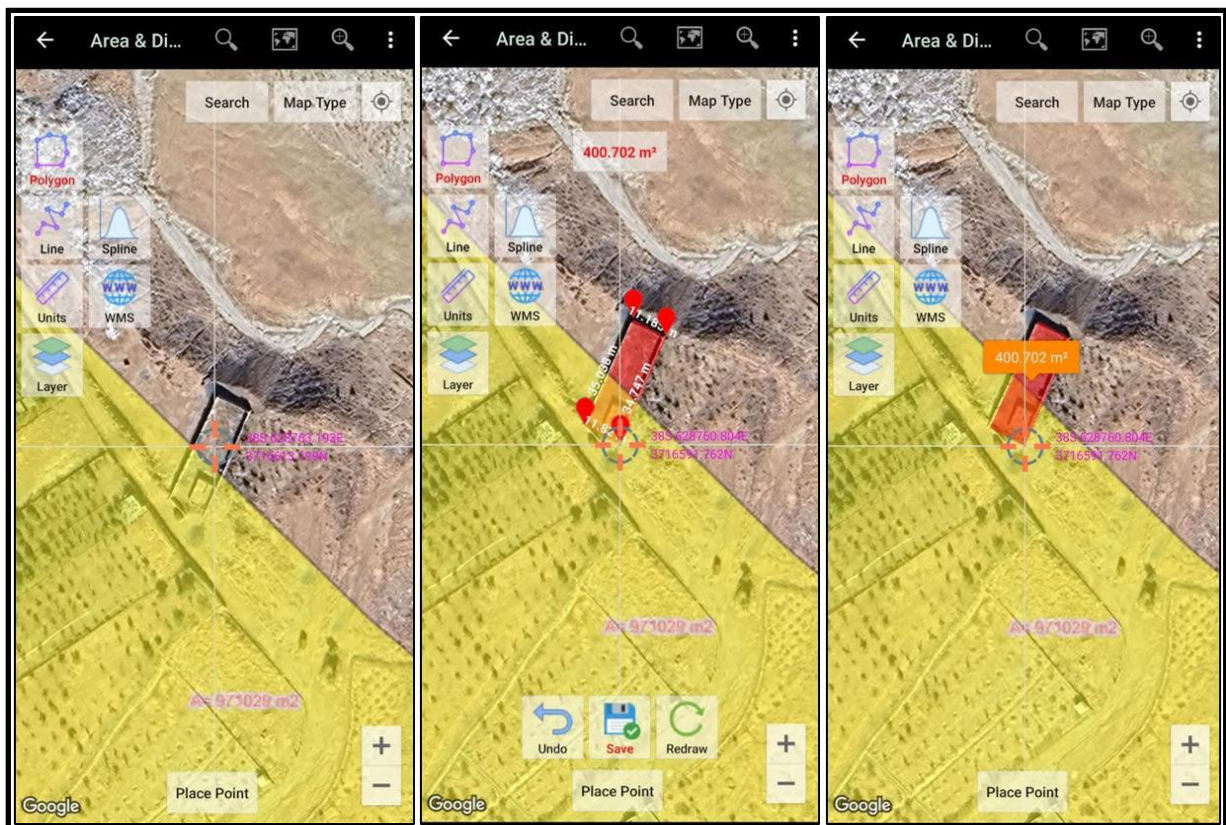
استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در Python و GDAL، زمان پردازش به چند ثانیه کاهش یافته است. همچنین زمان اجرای جستجوهای مکانی در پایگاه داده PostGIS از ۱۵ ثانیه در روش‌های مبتنی بر دسکتاپ به ۳ ثانیه کاهش یافته که این مهم موجب بهبود کارایی سامانه شده است.

یکی از نقاط قوت این سیستم استفاده از قابلیت Tile Caching در سمت سرور بوده که پس از بارگذاری لایه‌ها و مرور داده‌ها، این اطلاعات یک‌بار بر روی سرور ذخیره شده و در زمان‌های دیگر ذخیره نمی‌شوند که این قابلیت مانع از ایجاد حجم فزاینده داده در طول زمان می‌شود. این مورد در خصوص داده‌های ماهواره‌ای نیز صادق بوده و پس از بارگذاری داده‌های ماهواره‌ای جدید داده‌های قبلی حذف خواهند شد که این امر باعث پایداری این سیستم بدون تغییر در زیرساخت سخت‌افزاری در طول زمان خواهد شد. از سوی دیگر استفاده از بستر منبع‌باز برای طراحی این مدل باعث شده این سیستم مشکلی با به‌روزرسانی‌های آینده نداشته باشد.

براساس مطالب گفته شده یکی از اهداف این پژوهش سهولت دسترسی به اطلاعات در کاربردهای اجرایی منابع طبیعی در بخش‌های مختلف بود (به‌عنوان مثال استفاده کارکنان یگان حفاظت و واحد حقوقی و همچنین کارشناسان واحد ممیزی در زمان وقوع تخلفات و بازدیدهای میدانی). بدین منظور سرویس مذکور به صورت پرتابل و قابل اتصال با تلفن‌های همراه برای کارکنان فعال شد. این سرویس قابلیت فراخوانی اطلاعات با سطوح دسترسی مشخص روی تمامی نرم‌افزارهای تلفن همراه را داشته و کاربران توانایی استفاده از اطلاعات را با حداقل سخت‌افزار خواهند داشت (شکل ۴). یکی از نقاط قوت این مدل سرعت بالای آن در پردازش داده‌های مکانی است. در این مدل به علت استفاده از معماری سمت سرور و استفاده از قابلیت‌های پردازش ابری سرعت تحلیل اطلاعات نسبت به روش‌های سنتی و رایانه‌های خانگی به طرز چشمگیری افزایش یافته است. به عنوان مثال پردازش تصاویر ماهواره‌ای در روش‌های سنتی معمولاً چندین دقیقه برای هر فریم طول می‌کشید، درحالی‌که با



شکل ۴- لایه‌های بارگذاری شده واحد ممیزی بر بستر تلفن همراه
 Figure 4 - Loaded Layers of the Audit Unit on Mobile Platform



شکل ۵- قابلیت تهیه نقشه در عرصه و مشاهده ماهیت اراضی به صورت آنلاین
 Figure 5 - The capability to survey in the field and view the organized maps online

۴- امکان تغییر شفافیت لایه‌ها جهت مشاهده داده‌های پس‌زمینه.

۵- امکان فراخوانی لایه‌های مکانی آفلاین با فرمت‌های مختلف از قبیل Kml, GeoJson, Shp, DXF.

۶- امکان تهیه نقشه به صورت لایه‌های نقطه‌ای، خطی و پلی‌گونی به دو صورت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و گیرنده تعیین موقعیت ماهواره‌ای.

۷- ارائه خروجی از نقشه‌های تهیه شده در فرمت‌های Kml, GeoJson, Shp, DXF.

۸- قابلیت جستجو به دو صورت مکانی و مختصاتی. در شکل ۵ تصرف و تعرض به اراضی ملی مشاهده می‌شود به‌نحوی که بخش زردرنگ مستثنیات پلاک و خارج از آن جز اراضی ملی پلاک می‌باشد. براساس این شکل، کاربر می‌تواند در هر لحظه اقدام به بررسی اراضی نموده و تصرفات انجام شده به اراضی ملی را رصد نماید. با قابلیت‌های پیاده شده در این سامانه می‌توان بدون نیاز به صرف هزینه و زمان و همچنین استفاده از تجهیزات مختلف، به صورت هم‌زمان پس از شناسایی تصرفات اقدام به اندازه‌گیری میزان آن نموده و خروجی‌های لازم را در لحظه گزارش و مستندسازی نمود.

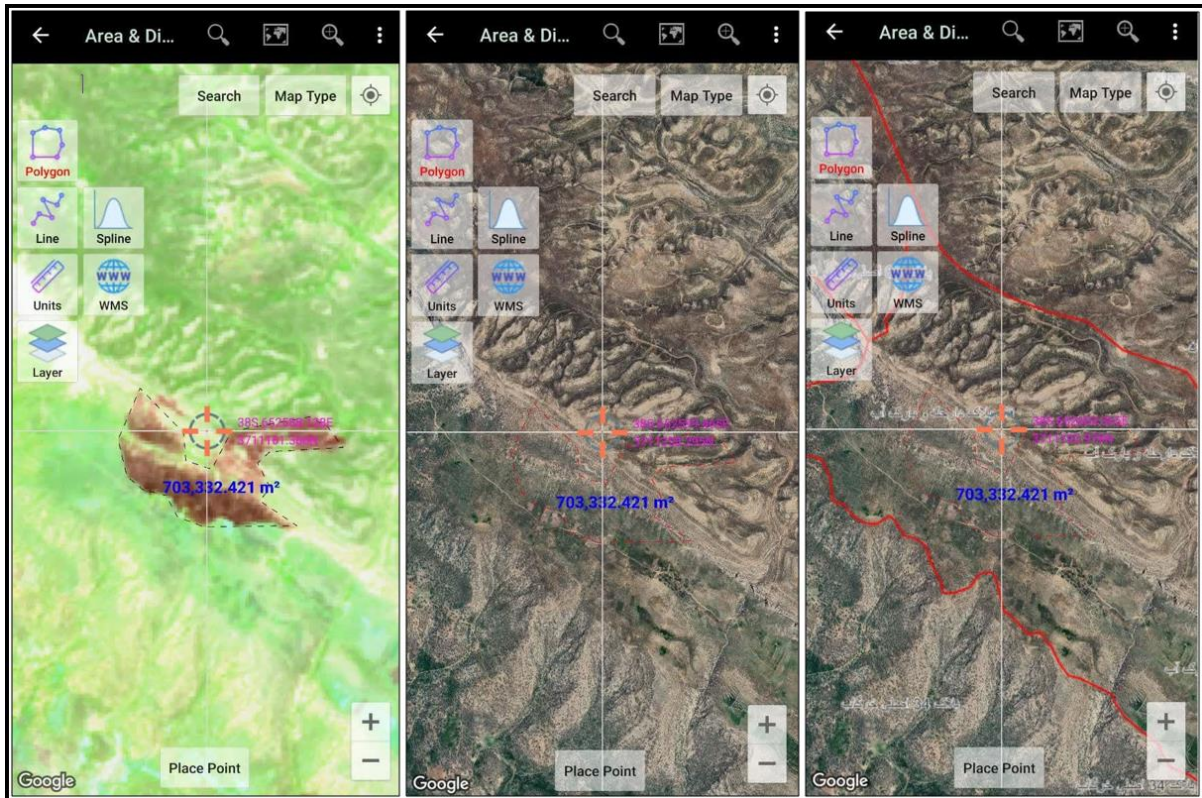
در ارتباط با بحث پایش اراضی و کمک به بهره‌وری بیشتر مدیریت منابع طبیعی برای واحدهایی از قبیل جنگل، مرتع، بیابان و آبخیز بنا به اهداف کاربری آن‌ها از پردازش تصاویر ماهواره‌ای به صورت پویا و تحت این سامانه استفاده نمود. به‌عنوان نمونه شناسایی محدوده‌های آتش‌سوزی، مناطق مستند آتش‌سوزی، وضعیت پوشش گیاهی در مراتع، پایش اراضی جنگلی و همچنین کشف تصرفات به اراضی ملی به کمک پردازش تصاویر ماهواره‌ای (استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی از قبیل NDVI، SAVI، EVI و شاخص‌های تشخیص رطوبت و تنش خشکی از قبیل NDWI جهت کنترل آتش‌سوزی و شاخص‌های مشاهده تغییرات عرصه مانند FCC^۱ و ICC^۲) از قابلیت‌های این سامانه هستند که نتایج شناسایی و محاسبه سطح یک آتش‌سوزی (تاریخ ۱۴۰۳/۰۴/۲۱) با استفاده از این سامانه در شکل ۶ نشان داده شده است.

با استفاده از قابلیت موبایل‌محور این سامانه، کاربران بدون نیاز به استفاده از نرم‌افزارهای سنگین و گاهاً پیچیده دسکتاپ می‌توانند با حداقل امکانات به سرعت به داده‌های موردنظر خود دسترسی داشته و از آن‌ها استفاده کنند. در ارتباط با قابلیت‌های این سامانه جهت کاربردهای میدانی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- امکان دسترسی به لایه‌های هر واحد با سطوح دسترسی مشخص در قالب استانداردهای OGC.

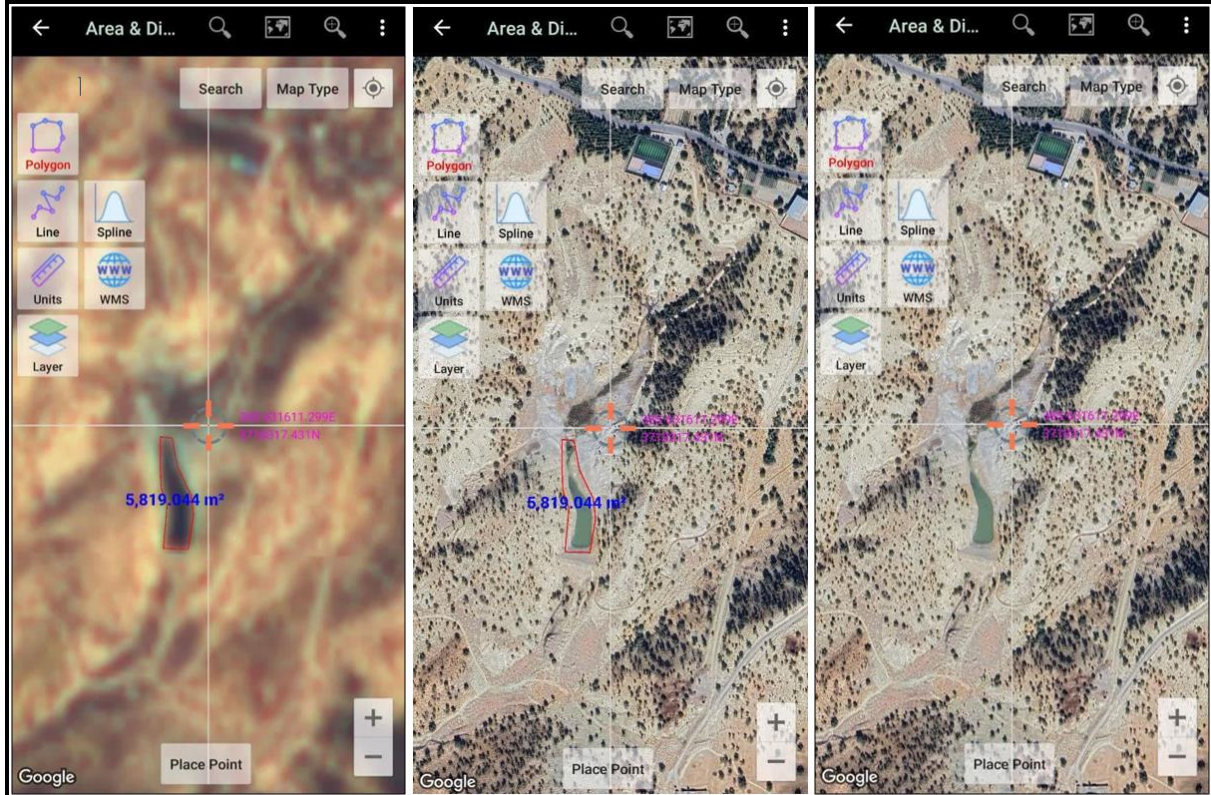
۲- امکان پردازش آنلاین تصاویر ماهواره‌ای و ارائه خروجی‌های متناسب با نیاز کاربر.

۳- امکان نمایش هم‌زمان چندلایه بر روی هم.



شکل ۶- قابلیت شناسایی محدوده آتش‌سوزی و محاسبه سطح تخریب

Figure 6 - The capability to identify fire-affected areas and measure the extent of destruction



شکل ۷- قابلیت پایش و اندازه‌گیری سطح ذخایر آبی

Figure 7 - The capability to monitor and measure the level of water bodies

بحث

نتایج این پژوهش که به صورت کاملاً عملیاتی و اجرایی در بستر ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری پیاده‌سازی شده است، نشان‌دهنده تحولی چشمگیر در مدیریت داده‌های مکانی منابع طبیعی است. برخلاف بسیاری از مطالعات نظری در این حوزه، سیستم طراحی شده در این تحقیق می‌تواند به صورت فعال به کاربران واقعی سرویس‌دهی کند و این ویژگی اجرایی، آن را از سایر پژوهش‌های صرفاً نظری متمایز می‌سازد. مزیت اصلی این سیستم در رویکرد یکپارچه‌سازی داده‌ها و ارائه سرویس‌های کاربردی به صورت عملیاتی است. نتایج نشان داد که پیاده‌سازی این زیرساخت می‌تواند موجب کاهش زمان تصمیم‌گیری‌های مدیریتی شود. در بخش پایش و کنترل تخلفات، سیستم توانسته زمان تشخیص تصرفات اراضی ملی را تا ۶۰ درصد کاهش دهد که این امر به لطف نمایش هم‌زمان لایه‌های مالکیت و کاربری و امکان اندازه‌گیری آنلاین مساحت تخلفات محقق شده است. همچنین در مدیریت بحران، سیستم با شناسایی آتش‌سوزی ۷۰ هکتاری در شهرستان ایلام و محاسبه خودکار سطح آسیب‌دیده، زمان واکنش جهت برآورد خسارت‌ها را تا ۵۰ درصد کاهش داد. نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعه انجام شده توسط Dwivedi (۲۰۲۴) که استفاده از فناوری‌های مکانی را به عنوان یک عنصر اصلی در بحث مدیریت منابع طبیعی معرفی نموده کاملاً منطبق است به طوری که در این پژوهش استفاده از فناوری‌های مختلف از قبیل سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، وب، پردازش تحت سرور و انتشار داده‌ها به روش امن و تلفیق آن‌ها با هم در بحث مدیریت حوزه‌های مختلف منابع طبیعی بسیار کارا و مؤثر بوده است. این موارد نیز نتایج پژوهش‌های Hasnat و همکاران (۲۰۲۴) که سنجش‌ازدور و پایش مستمر اراضی را کلید موفقیت در مدیریت پایدار منابع طبیعی مطرح نموده تأیید می‌کند.

نتایج این پژوهش طراحی زیرساخت داده مکانی و استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و همچنین فناوری

در شکل ۶ پهنه یکی از عرصه‌های آتش‌سوزی واقع در شهرستان ایلام در محدوده پلاک دارحله با مختصات ارائه شده در تصویر، شناسایی و اندازه‌گیری شده است. این بخش از سامانه براساس پردازش سریع تصاویر ماهواره‌ای Sentinel 2B با استفاده از الگوریتم بارزسازی در محدوده امواج مادون‌قرمز میانی SWIRFCC128A4 اقدام به شناسایی و تفکیک عرصه‌های آتش‌سوزی می‌کند. براساس گزارش‌گیری از سیستم پردازشی سامانه، این آتش‌سوزی در تاریخ ۱۴۰۳/۰۴/۲۱ رخ داده و پس از مهار شدن سطحی معادل ۷۰ هکتار را تحت تأثیر قرار داده است. در ارتباط با پایش آبخیزها با توجه به استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به‌روز (۵ روزه) این سامانه قابلیت پایش و نظارت بر منابع ذخیره‌شده در سازه‌های آبی به صورت آنلاین را داشته و کاربران بدون مراجعه به عرصه، توانایی پایش و تصمیم‌گیری‌های لازم را خواهند داشت. به‌عنوان مثال سازه‌های آبخیزداری احداثی توسط اداره منابع طبیعی علاوه بر نقش خود در کنترل سیلاب و فرسایش خاک، قابلیت ذخیره آب نیز خواهند داشت که این مورد در شکل ۷ نشان داده شده است.

در شکل ۷ آخرین وضعیت (بازه‌های ۵ روزه) میزان آب ذخیره شده در پشت یکی از سازه‌های آبخیزداری در ضلع شمالی فرودگاه شهدای شهر ایلام با مختصات ارائه شده در تصویر نشان داده شده است. این بخش از سامانه بر اساس پردازش سریع تصاویر ماهواره‌ای Sentinel 2B با استفاده از محاسبه شاخص تشخیص پهنه‌های آبی MNDWI اقدام به شناسایی پهنه‌های آبی سطحی می‌کند. در این تصویر آخرین وضعیت ذخیره آب پشت این سازه معادل ۵۸۲۰ مترمربع بوده که با دانستن مشخصات سازه و میزان رسوب آن می‌توان حجم آن را نیز به صورت خودکار برآورد نمود؛ این در حالی است که بر اساس آخرین تصاویر ماهواره‌ای از سرویس‌هایی نظیر GoogleEarth (خردادماه ۱۴۰۳) میزان ذخیره آب در این سازه نصف مقدار اندازه‌گیری شده می‌باشد.

نمی‌گیرند. لازم به ذکر است این مقاله به عنوان یک مدل پیشنهادی برای یکی از ادارات متولی مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی ارائه شده و در صورت توسعه بسته به اطلاعات بارگذاری شده بر روی سامانه، مالکیت معنوی آن در اختیار سازمان مربوطه خواهد بود.

درخصوص ریسک‌های احتمالی ناشی از خرابی سخت‌افزار یا حملات سایبری باید گفت که با توجه به استفاده از بستر منبع باز سامانه و قابلیت هماهنگی با نرم‌افزارهای اداری و همچنین امکان پیاده‌سازی بر بستر شبکه اینترنت، سطح امنیتی آن کاملاً منطبق بر زیرساخت امنیتی سازمان مربوطه می‌باشد و با توجه به اهمیت اطلاعات درون سازمانی و امنیت بالای آن ریسک خرابی و حملات سایبری آن بسیار کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق به وضوح نشان می‌دهد که پیاده‌سازی زیرساخت داده‌های مکانی می‌تواند تحولی اساسی در مدیریت منابع طبیعی ایجاد کند. پیشنهاد می‌شود این سیستم به سایر استان‌ها و حتی وزارتخانه‌های دیگر نیز تعمیم داده شود. برای توسعه آینده این پروژه، می‌توان به مواردی مانند ادغام هوش مصنوعی برای تحلیل پیش‌بینانه، توسعه رابط‌های برنامه‌نویسی (API) برای یکپارچه‌سازی با سایر سیستم‌ها و افزایش پوشش داده‌های ماهواره‌ای اشاره کرد. در نهایت، این پژوهش ثابت کرده است که با وجود تمام محدودیت‌ها، ایجاد یک سیستم یکپارچه داده‌های مکانی در کشور نه تنها ممکن است، بلکه می‌تواند به بهبود قابل‌توجهی در فرآیندهای مدیریت منابع طبیعی منجر شود. تجربیات عملی به دست آمده از این پروژه می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای ارزشمند برای سایر سازمان‌ها و نهادهایی باشد که قصد پیاده‌سازی چنین سیستم‌هایی را دارند.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از کار رساله دکتری در گروه علوم جنگل، دانشگاه ایلام می‌باشد.

رایانش ابری و پردازش تحت‌وب را به عنوان نقطه عطفی در بحث پایش اراضی و مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی معرفی می‌کند و استفاده از این سیستم بجای روش‌های سنتی می‌تواند به عنوان گامی اساسی در راستای دستیابی به اهداف مدیریت پایدار منابع طبیعی معرفی گردد.

ویژگی منحصربه‌فرد این پژوهش، تطبیق فناوری‌های پیشرفته با شرایط بومی و واقعی کشور است. سیستم طراحی شده نه تنها از نظر نظری کارآمد است، بلکه توانسته با چالش‌های عملیاتی مانند محدودیت‌های زیرساختی، موانع سازمانی و نیازهای واقعی کاربران کنار بیاید. توسعه سرویس موبایل با قابلیت‌های بارگذاری آفلاین داده‌ها و ابزارهای نقشه‌برداری میدانی، پاسخگوی نیاز کارشناسان در مناطق دورافتاده بوده و نیاز به سخت‌افزارهای تخصصی را تا ۷۵ درصد کاهش می‌دهد. در مقایسه با سیستم‌های سنتی، این زیرساخت جدید مزایای قابل‌توجهی دارد: زمان به‌روزرسانی داده‌ها از ۶-۳ ماه به ۵ روز کاهش یافته، دقت مکانی از ۳۰ الی ۱۰۰ متر به ۱۰ متر بهبود پیدا کرده و هزینه اجرا نیز نسبت به روش‌های مشابه به علت استفاده از قابلیت پردازش ابری و انتشار نقشه‌ها تحت‌وب بسیار کمتر شده است. این ارقام نشان‌دهنده کارایی بالای سیستم در شرایط واقعی است. سیستم پیشنهادی تمرکز اصلی بر استفاده از داده‌های مکانی توسط کاربران در عرصه و تلفیق و تحلیل داده‌های مختلف به صورت همراه داشته و بیشتر بر جنبه کاربردی داده‌ها تمرکز دارد که این مورد وجه تمایز سیستم پیشنهادی با سیستم‌های فعلی می‌باشد.

با وجود موفقیت‌های به دست آمده، این پژوهش محدودیت‌هایی نیز داشته است. ماهیت اجرایی و بومی پروژه باعث شده که مقایسه مستقیم آن با مطالعات نظری یا سیستم‌های پیاده‌سازی شده در دیگر کشورها به سادگی میسر نباشد. چالش‌هایی مانند ناهماهنگی بین‌سازمانی، مقاومت در برابر تغییر و محدودیت‌های سخت‌افزاری، تجربیات ارزشمندی بودند که در مطالعات آزمایشگاهی و نظری معمولاً مورد توجه قرار

References

- Baktash, P. (2012). *National report of geomatics in Islamic Republic of Iran*. United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and the Pacific.
- Bandibas, J., & Takarada, S. (2019). Geoinformation Sharing System for East and Southeast Asia Using SDI, OGC Web Services and FOSS. *International Journal of Geosciences*, 10(2), 209-224. <https://doi.org/10.4236/ijg.2019.102013>
- Dwivedi, R. S. (Ed.). (2024). *Advances in geospatial technologies for natural resource management*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003035404>
- Ehrlenspiel, G., & Kleinn, C. (1992). *Implementing a forest information system: A case study in Cyprus* (Mitteilungen der Abteilung für Forstliche Biometrie, No. 1992-1, pp. 1–35). Freiburg, Germany: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- Fairbairn, D., & Al Haidan, K. (2009). *Implementation factors for successful spatial data infrastructures in a small, centralised nation state*. International Cartographic Conference, Santiago, Chile.
- Faraji, O., Gharaghozlou, A., Aghamohammadi Zanjirabad, H., Azizi, Z., & Vafaeinejad, A. (2023). Proposed road map for the integration of Digital Twin and NSDI in order to advance the spatial needs of land-use planning and sustainable development in Iran - Case study: NSDI of Iran. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 32 (125), 121-141. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2023.553585.2876> (In Persian)
- Feeney, M.-E., Rajabifard, A., & Williamson, I. P. (2001, September). *Spatial data infrastructure frameworks to support decision-making for sustainable development*. In Proceedings of the 5th Global Spatial Data Infrastructure Conference (pp. 1–14). Cartagena, Colombia.
- Fegghi, J. (1997). *Informations- und Metainformationsbedarf für die forstliche Planung im Hinblick auf ein Wald-Informationssystem* (Doctoral dissertation, ETH Zurich, No. 12501). *Beihefte zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen*, 85, 191 p. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-001891937>
- Fisher, B., & Reed, C. (2005). *Server architecture models for the national spatial data infrastructures (NSDI)*. Open Geospatial Consortium (OGC). <https://doi.org/10.2760/806776>
- Garg, R. K. (2002). *Forest information systems in the state of Uttar Pradesh, India*. The International Journal of Forest Information Systems Forestry Review, 4(3), 206-213. <https://doi.org/10.1505/IFOR.4.3.206.17402>
- Goharian, E., & Azizipour, M. (2020). *Integrated water resources management in Iran*. In Integrated water resource management (pp. 101–114). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16565-9_9
- Hollywood, J. S., & Winkelman, Z. (2015). *Improving information-sharing across law enforcement: Why can't we know?* RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR645>
- Hasnat, M., Bano, R., & Khatoon, F. (2024, March). *Exploring Spatial Technology for In-Depth Natural Resource Management: A Comprehensive Study*. In International Conference on Advances in Environmental Sustainability, Energy and Earth Science (pp. 201-217). https://doi.org/10.1007/978-3-031-73820-3_15
- Kalantari Oskouei, A., Modiri, M., Alesheikh, A., Hosnavi, R., & Nekooie, M. A. (2018). An analysis of the national spatial data infrastructure of Iran. *Survey Review*, 51(366), 225–237. <https://doi.org/10.1080/00396265.2017.1420586>
- Kornejady, A., Shadfar, S., Ahmadi, A., Shabani, S., Zavar, S., & Maleki, S. (2022). The necessity to produce, develop and integrate spatial data infrastructure with game engines for data dissemination and extension of agriculture and natural resources. *Watershed Management Extension and Development Journal (WMJI)*, 10(38), 33–46

- Mahdavi, A., Peltz, D., & Spiel, G. (2008). IFMIS, Iranian Forest Management Information System. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(4), 609-625. <https://doi.org/10.22034/ijf.2024.396505.1926> (In Persian)
- Manso, M. Á., Wachowicz, M., & Bernabé, M. Á. (2009). Towards an integrated model of interoperability for spatial data infrastructures. *Transactions in GIS*, 13(1), 43-67. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2009.01143.x>
- Mansourian, A., & Valadan Zoej, M. J. (2009). *Iran SDI initiative: Study phase of NSDI. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)*.
- Mohamadzadeh, P., Pourmoradian, S., Feizizadeh, B., Sharifi, A., & Vogdrup-Schmidt, M. (2020). A GIS-based approach for spatially-explicit sustainable development assessments in East Azerbaijan Province, Iran. *Sustainability*, 12(24), 10413. <https://doi.org/10.3390/su122410413>
- Nourian Tel Zali, G., & Gholami, A. (2015). *The relationship between organizational structure and employee productivity in the Natural Resources and Watershed Management Department of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province*. Proceedings of the 2nd International Conference on Modern Research in Management, Economics, and Humanities. Civilica. Retrieved from Civilica. (In Persian)
- Li, S., Dragicevic, S., Castro, F. A., Sester, M., Winter, S., Coltekin, A., Pettit, C., Jiang, B., Haworth, J., Stein, A., & Cheng, T. (2015). Geospatial big data handling theory and methods: A review and research challenges. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115, 119-133. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.012>
- Sun, L., He, D., & Zhao, P. (2015). A research of publishing map technique based on GeoServer. *Asian Journal of Applied Sciences*, 8(3), 185-195. <https://doi.org/10.3923/ajaps.2015.185.195>
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2021). *Exploring space technologies for sustainable development*. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-001891937>