



ORIGINAL RESEARCH PAPER

A Study and Investigation on the Implementation of Service-Oriented Architecture for Spatial Data Infrastructure in Urban Management

H. Bazalipour, Gh. Fallahi*

Department of Geoinformation and Geomatics Engineering, Faculty of Civil, Water, and Environment Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 20 April 2025
 Reviewed: 07 June 2025
 Revised: 22 July 2025
 Accepted: 29 October 2025

KEYWORDS:

Service-Oriented Architecture (SOA)
 Spatial Data Infrastructure (SDI)
 Open Geospatial Consortium (OGC)
 Standards
 Geospatial Web Services
 Spatial Data Processing
 Scalability

* Corresponding author

✉ g_fallahi@sbu.ac.ir

☎ (+98912) 3906013

Background and Objectives: Spatial data, as one of the fundamental components of urban information systems, plays a crucial role in analysis, planning, decision-making, and policy evaluation processes. In recent decades, the rapid growth of urbanization, the emergence of smart cities, and the expansion of sensor networks and the Internet of Things (IoT) have led to an exponential increase in the volume and diversity of spatial data. These data are collected from multiple sources such as Geographic Information Systems (GIS), satellite imagery, remote sensing, intelligent transportation systems, and citizen-generated data. Consequently, the effective management of these datasets has become one of the major challenges in contemporary urban management. The absence of standardized and integrated infrastructures often leads to inconsistency among executive organizations, data redundancy, and reduced accuracy in data-driven decision-making.

Methods: To address these challenges, this study proposes a novel framework based on Service-Oriented Architecture (SOA) for establishing an integrated spatial data infrastructure in urban management. SOA, with its core principles of service independence, reusability, composability, and interoperability, provides a flexible and scalable foundation for developing distributed spatial systems. Additionally, the research utilizes international OGC standards, including Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), and Web Processing Service (WPS), to establish a unified technical framework for the exchange, processing, and visualization of spatial data across heterogeneous environments. The use of these standards enables various urban subsystems to interact dynamically and seamlessly without dependency on specific technologies or programming languages.

Findings: The findings indicate that the proposed framework consists of three main layers: the spatial data service layer for storing, managing, and accessing distributed datasets; the processing service layer for analyzing, integrating, and extracting spatial patterns at different decision-making levels; and the interaction management layer for service orchestration, data flow control, and quality assurance in heterogeneous environments. This three-layered structure was designed to enhance scalability, minimize inter-component dependencies, and improve interoperability among diverse urban systems. A case study was implemented in a real urban management environment to empirically evaluate the performance, stability, and reliability of the proposed framework in terms of response time, processing volume, and coordination among services.

Conclusion: The results demonstrated that implementing the integrated SOA-OGC framework led to an average 30% reduction in response time, improved scalability in handling large spatial datasets, and simplified service maintenance and expansion. Moreover, interoperability among urban systems in various domains—such as transportation, environment, and public services—was significantly enhanced. However, challenges including data security assurance, user access control, system stability under high network load, and Quality of Service (QoS) remain critical issues requiring further investigation. In summary, the study concludes that adopting a service-oriented approach in conjunction with OGC standards provides an effective foundation for developing spatial data infrastructures in urban management. This framework not only strengthens data-driven decision-making but also paves the way toward smart city realization, sustainable

resource management, and improved quality of urban life. Future research is recommended to integrate Cloud GIS, Big Spatial Data processing, and Artificial Intelligence (AI)-based spatial analytics within this architecture to further enhance the performance, scalability, and security of urban spatial systems.



NUMBER OF REFERENCES
31



NUMBER OF FIGURES
4



NUMBER OF TABLES
3

مقاله پژوهشی

مطالعه و بررسی پیاده سازی معماری سرویس گرا برای زیر ساخت داده های مکانی در مدیریت شهری

حسین بازعلي پور، غلامرضا فلاحي*

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

چکیده

پیشینه و اهداف: داده های مکانی به عنوان یکی از ارکان اساسی نظام های اطلاعاتی شهری، نقشی تعیین کننده در فرآیندهای تحلیل، برنامه ریزی، تصمیم سازی و ارزیابی سیاست های شهری ایفا می کنند. در دهه های اخیر، با رشد شتابان شهرنشینی، ظهور شهرهای هوشمند و گسترش سامانه های حسگر و اینترنت اشیا، حجم و تنوع داده های مکانی به صورت تصاعدی افزایش یافته است. این داده ها از منابع متعددی نظیر سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تصاویر ماهواره ای، داده های سنجش از دور، سامانه های حمل و نقل هوشمند، و داده های تولید شده توسط شهروندان جمع آوری می شوند. در نتیجه، مدیریت مؤثر این داده ها به یکی از چالش های اساسی مدیریت شهری معاصر تبدیل شده است. نبود زیرساخت های استاندارد و یکپارچه موجب ناهمگنی میان نهادهای اجرایی، تکرار داده ها، و کاهش دقت تصمیم گیری های مبتنی بر داده می شود.

روش ها: در پاسخ به این نیاز، این پژوهش چارچوبی نوین مبتنی بر معماری سرویس گرا (Service-Oriented Architecture - SOA) را برای ایجاد زیرساخت داده های مکانی شهری پیشنهاد می کند. معماری سرویس گرا با اصولی همچون استقلال سرویس ها، استفاده مجدد، ترکیب پذیری و تعامل پذیری، بستر مناسبی برای توسعه سامانه های توزیع شده و انعطاف پذیر فراهم می آورد. این پژوهش همچنین با بهره گیری از استانداردهای بین المللی OGC شامل WFS، WMS و WPS، چارچوبی فنی برای تبادل، پردازش و نمایش داده های مکانی در محیط های ناهمگون ایجاد کرده است. استفاده از این استانداردها موجب می شود تا سامانه های مختلف شهری، بدون وابستگی به فناوری یا زبان برنامه نویسی خاص، بتوانند به صورت هماهنگ و پویا با یکدیگر تعامل داشته باشند.

یافته ها: یافته های پژوهش نشان می دهد که چارچوب پیشنهادی شامل سه لایه اصلی است: لایه سرویس های داده مکانی برای ذخیره، مدیریت و دسترسی به داده های توزیع شده؛ لایه سرویس های پردازشی برای تحلیل، تلفیق و استخراج الگوهای مکانی در سطوح مختلف تصمیم گیری؛ و لایه مدیریت تعامل برای یکپارچه سازی سرویس ها، کنترل جریان داده و تضمین کیفیت خدمات در محیط های ناهمگون. این ساختار سه لایه با هدف افزایش مقیاس پذیری، کاهش وابستگی میان مؤلفه ها و بهبود تعامل میان سامانه های شهری طراحی شده است. در این پژوهش، یک نمونه موردی (Case Study) در محیط واقعی مدیریت شهری پیاده سازی گردید تا کارایی، پایداری و قابلیت اطمینان چارچوب پیشنهادی از منظر زمان پاسخ گویی، حجم پردازش و هماهنگی میان سرویس ها به صورت تجربی ارزیابی شود.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد که پیاده سازی چارچوب تلفیقی SOA-OGC سبب کاهش میانگین زمان پاسخ دهی تا ۳۰٪، افزایش مقیاس پذیری سامانه در مواجهه با داده های حجیم، و تسهیل نگهداری و توسعه سرویس ها شده است. همچنین، سطح تعامل پذیری میان سامانه های شهری در حوزه های مختلف نظیر حمل و نقل، محیط زیست و خدمات عمومی به طور معناداری افزایش یافته است. از سوی دیگر، چالش هایی همچون تضمین امنیت داده های حساس، مدیریت سطح دسترسی کاربران، حفظ پایداری سامانه در شرایط بار سنگین شبکه، و تضمین کیفیت سرویس ها (QoS) از جمله موضوعات کلیدی هستند که نیازمند بررسی های بیشتر می باشند.

تاریخ دریافت: ۳۱ فروردین ۱۴۰۴
تاریخ داوری: ۱۷ خرداد ۱۴۰۴
تاریخ اصلاح: ۳۱ تیر ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۰۷ آبان ۱۴۰۴

واژگان کلیدی:
معماری سرویس گرا
زیرساخت داده های مکانی
استانداردهای OGC
سرویس های وب مکانی
پردازش داده های مکانی
مقیاس پذیری

*نویسنده مسئول
g_fallahi@sbu.ac.ir
۰۹۱۲-۳۹۰۶۰۱۳

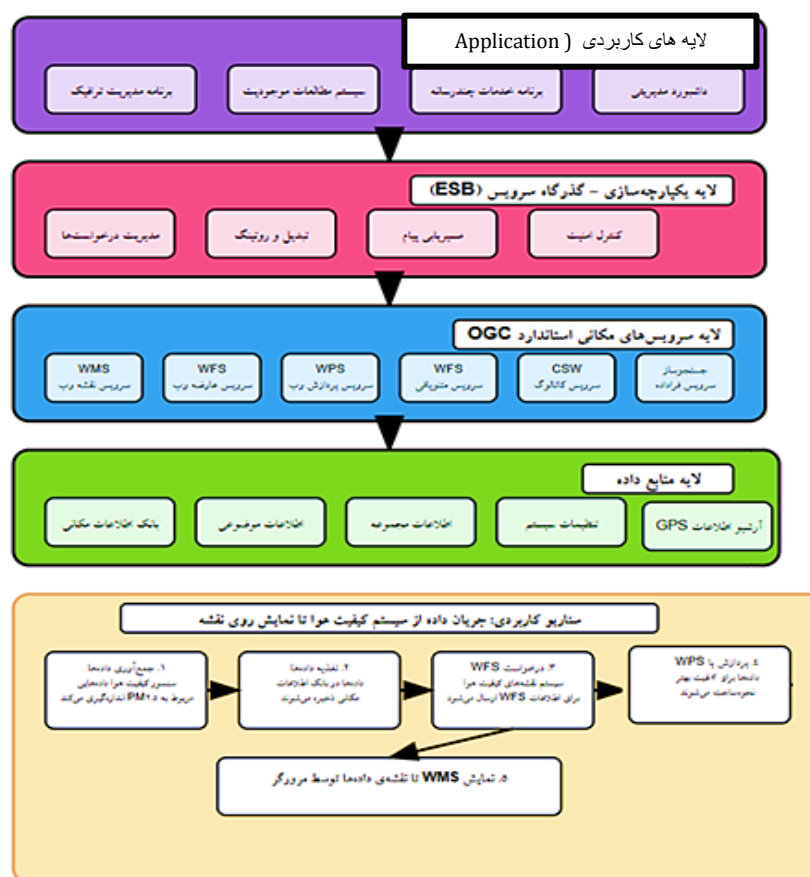
در جمع‌بندی، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بهره‌گیری از معماری سرویس‌گرا در کنار استانداردهای OGC می‌تواند زیربنایی مؤثر برای توسعه زیرساخت داده‌های مکانی در مدیریت شهری فراهم آورد. این چارچوب ضمن ارتقای تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر داده، مسیر را برای تحقق شهر هوشمند، مدیریت پایدار منابع و بهبود کیفیت زندگی شهروندان هموار می‌سازد. برای پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود که فناوری‌های ابری (Cloud GIS)، پردازش کلان‌داده‌های مکانی (Big Spatial Data) و هوش مصنوعی در تحلیل داده‌های مکانی در قالب این معماری ادغام شوند تا کارایی و امنیت سامانه‌های شهری به سطح بالاتری ارتقا یابد.

مقدمه

که امکان ارائه نقشه‌ها، داده‌های ویژگی و پردازش مکانی را به صورت استاندارد و قابل تعامل فراهم می‌آورند. استفاده از این استانداردها در معماری سرویس‌گرا، زمینه ایجاد سامانه‌های اطلاعات مکانی مدرن، مقیاس‌پذیر و قابل اعتماد را فراهم می‌سازد (Li, 2022). با این حال، ترکیب سرویس‌های مکانی با سرویس‌های وب مبتنی بر فناوری‌های مختلف و تضمین کارایی، امنیت، و مقیاس‌پذیری سیستم، چالش‌های مهمی است که باید مورد توجه قرار گیرد (Liakos, 2022). در محیط‌های شهری که داده‌ها و سرویس‌ها به صورت توزیع‌شده در اختیار سازمان‌ها و کاربران مختلف قرار دارند، مشکلاتی مانند ناسازگاری فناوری، پیچیدگی مدیریت سرویس‌ها، و نیاز به هماهنگی پویا و انعطاف‌پذیر به وجود می‌آید (Zulian, 2021). علاوه بر این، افزایش حجم داده‌ها و نیاز به پردازش در زمان واقعی یا نزدیک به زمان واقعی، فشار مضاعفی بر معماری زیرساخت وارد می‌کند که بدون طراحی اصولی معماری سرویس‌گرا، پاسخگو نخواهد بود (Wetzel, 2024). هدف این پژوهش، بررسی و ارائه چارچوبی نوین و کاربردی برای پیاده‌سازی معماری سرویس‌گرا در زیرساخت داده‌های مکانی در حوزه مدیریت شهری است که بتواند محدودیت‌های موجود در تعامل‌پذیری، ترکیب و کارایی سرویس‌ها را برطرف سازد. در این چارچوب، اصول و استانداردهای SOA و OGC به صورت تلفیقی به کار گرفته شده‌اند تا امکان ایجاد سرویس‌های مستقل، ترکیب‌پذیر و مقیاس‌پذیر فراهم گردد. این چارچوب با طراحی و پیاده‌سازی نمونه‌های کاربردی در محیط‌های واقعی مدیریت شهری، عملکرد و کارایی خود را اثبات می‌کند و راه را برای توسعه سامانه‌های جامع اطلاعات مکانی باز می‌کند.

در شکل ۱، چارچوب معماری سرویس‌گرا پیشنهادی بر اساس ساختار چهارلایه‌ای طراحی شده است. لایه کاربردی شامل برنامه‌های مدیریت شهری و رابط‌های کاربری است. لایه یکپارچه‌سازی یا گذرگاه سرویس وظیفه هماهنگی ارتباطات، مسیریابی پیام و کنترل امنیت را بر عهده دارد. لایه سرویس‌های مکانی استاندارد OGC قلب معماری را تشکیل می‌دهد که شامل سرویس‌های WFS، WMS، CSW و SOS می‌باشد. لایه منابع داده نیز شامل پایگاه‌های داده مکانی، داده‌های سنسوری، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های GPS است که زیربنای عملیات مکانی را فراهم می‌آورد. این ساختار لایه‌ای ضمن حفظ انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری سیستم، قابلیت توسعه و نگهداری آن را تسهیل می‌کند.

داده‌های مکانی به عنوان یکی از منابع حیاتی و بنیادی در حوزه مدیریت شهری مطرح هستند (Osani, 2024). این داده‌ها که شامل اطلاعات مربوط به موقعیت‌های جغرافیایی، ویژگی‌های فضایی، و روابط مکانی بین اشیاء و پدیده‌ها می‌شوند، پایه و اساس تحلیل‌های مکانی، برنامه‌ریزی شهری، مدیریت منابع، حمل‌ونقل، زیرساخت‌ها و خدمات شهری را تشکیل می‌دهند (Abdoli, 2024). افزایش روزافزون جمعیت شهری، توسعه سریع زیرساخت‌ها و نیاز به تصمیم‌گیری‌های به موقع و دقیق، مدیریت داده‌های مکانی را به یکی از چالش‌های اساسی مدیریت شهری تبدیل کرده است (Sargsyan, 2024). با پیشرفت فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی، حجم داده‌های مکانی با سرعت زیادی افزایش یافته است و انواع مختلفی از داده‌ها از منابع گوناگون شامل حسگرها، تصاویر ماهواره‌ای، سیستم‌های موقعیت‌یابی جهانی (GPS)، داده‌های سازمانی و اجتماعی تولید می‌شود (Fierens, 2025). این تنوع و حجم بالای داده، ضرورت وجود زیرساختی منعطف، پویا، مقیاس‌پذیر و قابل تعامل را برای مدیریت، ذخیره، پردازش و اشتراک‌گذاری داده‌ها بیش از پیش آشکار می‌کند (Chowdhury, 2022). در این راستا، ایجاد زیرساخت داده‌های مکانی (SDI) که بتواند داده‌های پراکنده و ناهمگون را به صورت یکپارچه ارائه دهد، یک ضرورت حیاتی است (Taylor, 2021). معماری سرویس‌گرا (SOA) به عنوان یک رویکرد نوین در طراحی سیستم‌های نرم‌افزاری، راهکاری مناسب برای پیاده‌سازی این زیرساخت محسوب می‌شود. SOA با تکیه بر اصولی چون استقلال سرویس‌ها، استفاده مجدد، ترکیب‌پذیری و اتصال سست، امکان ایجاد سیستم‌های توزیع شده، منعطف و قابل توسعه را فراهم می‌کند. این معماری اجازه می‌دهد تا سرویس‌های مختلف داده‌ای، پردازشی و تحلیلی به صورت مستقل توسعه یافته و سپس به صورت یکپارچه در چارچوبی هماهنگ ترکیب شوند (Li, 2024). بنا بر این، SOA می‌تواند پاسخگوی نیازهای متنوع و پیچیده مدیریت داده‌های مکانی در محیط‌های شهری باشد که در آن چندین سازمان و سیستم مختلف به تبادل داده و همکاری نیاز دارند (Zhao, 2025). از سوی دیگر، استانداردهای تعریف شده توسط سازمان (OGC) به عنوان چارچوبی فنی و بین‌المللی برای ارائه، تبادل و پردازش داده‌های مکانی در بستر وب مطرح هستند (Fang, 2023). این استانداردها شامل سرویس‌هایی مانند (WFS)، (WMS) و (WPS) هستند



شکل ۱: معماری سرویس گرا توسعه یافته برای زیرساخت داده های مکانی در مدیریت شهری (توسعه یافته از: (Santhanavanich et al., 2022)

Fig. 1: Extended Service-Oriented Architecture (SOA) for Spatial Data Infrastructure (SDI) in Urban Management (Adapted from Santhanavanich et al., 2022)

چالش ها و ضرورت پژوهش

پیاده سازی معماری سرویس گرا (SOA) برای داده های مکانی در مدیریت شهری با وجود مزایای قابل توجه، با چالش های متعددی همراه است. یکی از بزرگ ترین مشکلات، ناسازگاری فناوری ها است. در بسیاری از پروژه های داده های مکانی، سرویس ها و سیستم ها از فناوری ها و پلتفرم های مختلفی استفاده می کنند که ممکن است به طور طبیعی با یکدیگر تعامل نداشته باشند. این امر می تواند منجر به بروز مشکلات در هماهنگی و هم پوشانی داده ها و خدمات شود. (Masood, 2021)

به عنوان مثال، سرویس های ارائه داده های مکانی ممکن است از فرمت های مختلفی برای داده ها استفاده کنند که باعث پیچیدگی در تبادل و پردازش داده ها می شود. از طرف دیگر، نیاز به مدیریت کیفیت سرویس (QoS) در این نوع سیستم ها بسیار حائز اهمیت است، زیرا تضمین کارایی، قابلیت اعتماد، و امنیت داده ها در چنین سیستم های توزیع شده و مقیاس پذیر ضروری است. (Giao, 2022) یکی دیگر از چالش های عمده در پیاده سازی SOA برای داده های مکانی، مسائل امنیتی است. داده های مکانی معمولاً شامل اطلاعات حساس هستند که حفاظت از آن ها در برابر دسترسی غیرمجاز یا آسیب دیدگی امری حیاتی است. پیاده سازی یک معماری سرویس گرا می تواند چالش هایی را در زمینه مدیریت و تضمین امنیت داده ها در سطح سرویس ها، به ویژه زمانی که سرویس ها به صورت عمومی در دسترس قرار دارند، به وجود

آورد. علاوه بر این، در مدیریت شهری که چندین ذینفع و سازمان ممکن است به سیستم دسترسی داشته باشند، حفظ امنیت و صحت داده ها از اهمیت بالایی برخوردار است. (Fang, 2023) در نهایت، تضمین یکپارچگی داده ها و هماهنگی بین سرویس های مستقل از دیگر چالش های اساسی است که کمتر به آن پرداخته شده است. در معماری سرویس گرا، سرویس ها به صورت مستقل عمل می کنند، اما برای اینکه داده های مکانی به درستی مدیریت شوند، باید این سرویس ها به صورت هماهنگ و یکپارچه با یکدیگر کار کنند. (Masó, 2022; Pal, 2025) تضمین این یکپارچگی و تبادل داده های بدون مشکل، به ویژه در سیستم های پیچیده و توزیع شده مدیریت شهری، نیازمند توجه ویژه به طراحی پروتکل های ارتباطی، استانداردهای داده و فرآیندهای هماهنگی است. پژوهش حاضر با هدف پر کردن این خلا و ارائه چارچوبی که ضمن پوشش این چالش ها، به بهبود کارایی و انعطاف پذیری سیستم های داده مکانی مدیریت شهری بپردازد، این نیاز را مورد توجه قرار می دهد. این چارچوب بر اساس اصول SOA و استانداردهای OGC طراحی شده است و می تواند زمینه ساز پیشرفت های قابل توجهی در این حوزه باشد.

پیشینه مطالعات مرتبط

اکثر تحقیقات پیشین در حوزه داده های مکانی عمدتاً به بررسی و پیاده سازی مستقل هر یک از سرویس های اصلی استانداردهای OGC

استقلال سرویس‌ها باعث می‌شود تا هر بخش بتواند به صورت جداگانه توسعه، نگهداری و به‌روزرسانی شود، بدون اینکه تأثیر منفی روی کل سیستم داشته باشد (Fantinato, 2021). واسطه‌های استاندارد و پروتکل‌های مشخص به عنوان رابط‌های ارتباطی بین سرویس‌ها عمل می‌کنند و ارتباطات را به صورت قابل پیش‌بینی و امن تسهیل می‌نمایند (Bohloul, 2021). اصول کلیدی SOA شامل مواردی همچون استفاده مجدد از سرویس‌ها، ترکیب‌پذیری، اتصال سست و قابلیت مقیاس‌پذیری است. استفاده مجدد به معنای طراحی سرویس‌ها به گونه‌ای است که بتوانند در سناریوهای مختلف و سیستم‌های متعدد به کار گرفته شوند، که این امر باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت توسعه می‌شود (Banerjee, 2025). ترکیب‌پذیری به امکان ایجاد سیستم‌های پیچیده‌تر از طریق اتصال و ترکیب چندین سرویس مستقل اشاره دارد. اتصال سست نیز به کاهش وابستگی‌های مستقیم میان سرویس‌ها دلالت دارد که انعطاف‌پذیری و تغییرات آتی را تسهیل می‌کند. در نهایت، قابلیت مقیاس‌پذیری باعث می‌شود سیستم بتواند با افزایش حجم کاربران یا داده‌ها به خوبی پاسخگو باشد (Giao, 2022). یکی از مهم‌ترین مزایای معماری سرویس‌گرا، تسهیل توسعه سیستم‌های توزیع‌شده است. در این معماری، سرویس‌ها می‌توانند روی سرورهای مختلف و در محیط‌های ناهمگون مستقر شوند و از طریق شبکه با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. این ویژگی برای سازمان‌های بزرگ و سیستم‌های پیچیده که نیازمند همکاری میان بخش‌های مختلف هستند، بسیار حیاتی است. همچنین، SOA با کاهش پیچیدگی ساختار کلی سیستم، به تیم‌های توسعه این امکان را می‌دهد که به صورت مستقل روی سرویس‌های مختلف کار کنند و در نتیجه سرعت توسعه و پاسخگویی به نیازهای جدید افزایش یابد (Masood, 2021). در حوزه داده‌های مکانی که به دلیل ماهیت پراکنده، ناهمگون و حجیم بودن داده‌ها، مدیریت و اشتراک‌گذاری آن‌ها با چالش‌های زیادی همراه است، SOA می‌تواند زیرساخت مناسبی فراهم کند. با به کارگیری این معماری، امکان ترکیب سرویس‌های مختلف مکانی مانند ارائه نقشه، پردازش داده‌ها، و تحلیل فضایی به صورت مستقل و در عین حال هماهنگ فراهم می‌شود. این رویکرد نه تنها پیچیدگی‌های فنی را کاهش می‌دهد بلکه باعث افزایش انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری سیستم‌های داده مکانی می‌شود و امکان توسعه پایدار زیرساخت داده‌های مکانی در حوزه‌های مختلف از جمله مدیریت شهری را میسر می‌سازد (Pal, 2025).

استانداردهای OGC

سازمان OGC یکی از نهادهای بین‌المللی معتبر و پیشرو در زمینه استانداردسازی داده‌ها و سرویس‌های مکانی است که هدف اصلی آن تسهیل تعامل‌پذیری میان سیستم‌ها و نرم‌افزارهای مختلف جغرافیایی و مکانی می‌باشد (Bai, 2021). این سازمان استانداردهای متعددی را تعریف کرده است که به صورت گسترده در سامانه‌های اطلاعات مکانی به کار گرفته می‌شوند و امکان تبادل، اشتراک‌گذاری و پردازش داده‌های مکانی را به شکلی هماهنگ و بدون وابستگی به فناوری‌های خاص فراهم

مانند WFS، WMS و WPS پرداخته‌اند. این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که هر یک از این سرویس‌ها نقش ویژه و کاربردی در ارائه نقشه‌ها، مدیریت داده‌های ویژگی و اجرای پردازش‌های مکانی دارند. به عنوان مثال، WMS به عنوان یک سرویس ارائه تصویر نقشه، امکان نمایش لایه‌های متنوع را فراهم می‌کند، در حالی که WFS امکان دسترسی و ویرایش مستقیم داده‌های مکانی ساختاریافته را ارائه می‌دهد. همچنین، WPS به عنوان سرویس پردازش مکانی، قابلیت اجرای الگوریتم‌های پیچیده را به صورت توزیع‌شده فراهم می‌آورد (Granell, 2004). با این وجود، یکی از محدودیت‌های اصلی این مطالعات، تمرکز بر کاربردهای تکی و جزیره‌ای این سرویس‌ها بوده است. به دلیل تنوع فناوری‌ها و استانداردهای موجود، ترکیب یکپارچه و هماهنگ این سرویس‌ها در قالب یک چارچوب کلی و عملی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این مسئله باعث شده تا در عمل، زیرساخت‌های داده مکانی از انسجام و یکپارچگی لازم برخوردار نباشند و فرصت‌های بالقوه بهره‌گیری از ترکیب سرویس‌ها برای بهبود کارایی و تعامل‌پذیری سیستم‌ها به خوبی محقق نشود (Amirian, 2010). مطالعات متمرکز بر معماری سرویس‌گرا (SOA) در حوزه سیستم‌های اطلاعات مکانی عمدتاً بر بررسی مزایا و قابلیت‌های کلی این معماری از جمله افزایش انعطاف‌پذیری، مقیاس‌پذیری و قابلیت استفاده مجدد تمرکز داشته‌اند. این تحقیقات بیشتر جنبه‌های نظری و مفهومی SOA را شرح داده‌اند و کمتر به صورت عملی چارچوب‌های جامع ترکیب سرویس‌های مکانی با وب سرویس‌های عمومی و متداول را توسعه و پیاده‌سازی کرده‌اند. به عبارت دیگر، تا کنون خلا قابل توجهی در پیاده‌سازی عملی و ارزیابی عملکرد چارچوب‌های تلفیقی مبتنی بر SOA مشاهده می‌شود که بتواند پاسخگوی نیازهای پیچیده و متنوع مدیریت شهری باشد (Koo, 2021). این خلا تحقیقاتی باعث شده که ارائه یک چارچوب کاربردی، استاندارد و قابل اجرا برای پیاده‌سازی زیرساخت داده‌های مکانی مبتنی بر معماری سرویس‌گرا به یکی از نیازهای اساسی حوزه سیستم‌های اطلاعات مکانی تبدیل شود. چنین چارچوبی می‌تواند زمینه را برای پوشش خدمات متنوع مکانی، افزایش تعامل‌پذیری میان سازمان‌ها و بهبود بهره‌وری در مدیریت شهری فراهم آورد. پژوهش حاضر با هدف پاسخ به این نیازها و پر کردن این خلأ، چارچوبی تلفیقی مبتنی بر استانداردهای OGC و اصول SOA ارائه می‌دهد و نمونه‌کاوی عملی آن را در محیط مدیریت شهری پیاده‌سازی می‌کند (Santhanavanich, 2023).

مبانی نظری

معماری سرویس‌گرا (SOA)

معماری سرویس‌گرا (SOA) یک چارچوب طراحی نرم‌افزاری است که در آن سیستم‌ها به مجموعه‌ای از سرویس‌های مستقل تقسیم می‌شوند (Mendoza-Pitti, 2021). هر سرویس به عنوان یک واحد مستقل از عملکرد با تعریف مشخص عمل می‌کند و می‌تواند بدون نیاز به اطلاع کامل از ساختار داخلی سایر سرویس‌ها، با آن‌ها ارتباط برقرار کند. این

می‌شود هر سرویس به طور مستقل از سایر سرویس‌ها توسعه یابد، بدون اینکه وابستگی زیادی به ساختار و کدهای داخلی سایر سرویس‌ها داشته باشد. این استقلال سرویس‌ها باعث افزایش انعطاف‌پذیری سیستم می‌شود و به این ترتیب، سیستم‌ها می‌توانند به سرعت خود را با نیازهای جدید تطبیق دهند (Giao, 2022). علاوه بر این، هر سرویس می‌تواند در فرآیندهای کاری پیچیده و چندگانه به صورت سلسله‌مراتبی و قابل ترکیب مورد استفاده قرار گیرد، که این ویژگی به مدیریت پروژه‌های پیچیده شهری و تحلیل‌های فضایی کمک شایانی می‌کند (Bohloul, 2021). مزایای اصلی این رویکرد شامل افزایش قابلیت استفاده مجدد از سرویس‌ها در پروژه‌های مختلف، کاهش پیچیدگی در نگهداری و به‌روزرسانی سیستم‌ها، و امکان توسعه تدریجی و مقیاس‌پذیر سامانه‌ها است. وقتی که سرویس‌ها به صورت مستقل و ماژولار توسعه می‌یابند، هر یک از بخش‌ها به راحتی قابل تغییر یا ارتقاء است، بدون آنکه بر عملکرد سایر بخش‌ها تأثیر بگذارد (Fantinato 2021; Pal, 2025). این ویژگی به ویژه برای سیستم‌های مدیریت شهری که نیاز به به‌روزرسانی‌های مداوم و افزودن قابلیت‌های جدید دارند، بسیار مفید است. (Masood, 2021) علاوه بر این، استفاده از زبان‌های استاندارد توصیف سرویس‌ها مانند WSDL و پروتکل‌های پیام‌رسانی مانند SOAP امکان ارتباط نرم‌افزاری میان سیستم‌های ناهمگون را فراهم می‌آورد. این استانداردها به سرویس‌ها این امکان را می‌دهند که به راحتی با یکدیگر تعامل داشته باشند، حتی اگر هر کدام از آن‌ها بر روی پلتفرم یا فناوری مختلفی اجرا شوند. این امر به ویژه در مدیریت داده‌های مکانی که اغلب از منابع و سیستم‌های مختلف می‌آیند، بسیار ضروری است، زیرا این سرویس‌ها باید به صورت یکپارچه عمل کرده و داده‌ها را بدون هیچگونه مشکلی تبادل کنند.

در شکل ۲، مدل مفهومی تعامل سرویس‌های مکانی OGC با وب سرویس‌ها در زیرساخت داده‌های مکانی مدیریت شهری بر اساس ساختار چهارلایه‌ای طراحی شده است. لایه کاربردی شامل برنامه‌های مدیریت شهری و رابط‌های کاربری است. لایه یکپارچه‌سازی یا گذرگاه سرویس مرکزی وظیفه هماهنگی ارتباطات، مسیریابی پیام و کنترل امنیت را بر عهده دارد. لایه سرویس‌های مکانی استاندارد OGC قلب معماری را تشکیل می‌دهد که شامل سرویس‌های WFS، WMS، WPS، CSW و SOS می‌باشد. لایه منابع داده نیز شامل پایگاه‌های داده مکانی، داده‌های سنسوری، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های GPS است که زیربنای عملیات مکانی را فراهم می‌آورد. این ساختار لایه‌ای ضمن حفظ انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری سیستم، قابلیت تعامل‌پذیری، کارایی و توسعه‌پذیری را بهبود می‌بخشد.

تمایز کار حاضر با مطالعات پیشین

چارچوب ارائه شده در این پژوهش، بر اساس توسعه و تطبیق کار پایه Santhanavanich و همکاران (۲۰۲۲) برای نیازهای خاص مدیریت شهری طراحی شده است. در حالی که کار آنها چارچوب مفهومی کلی

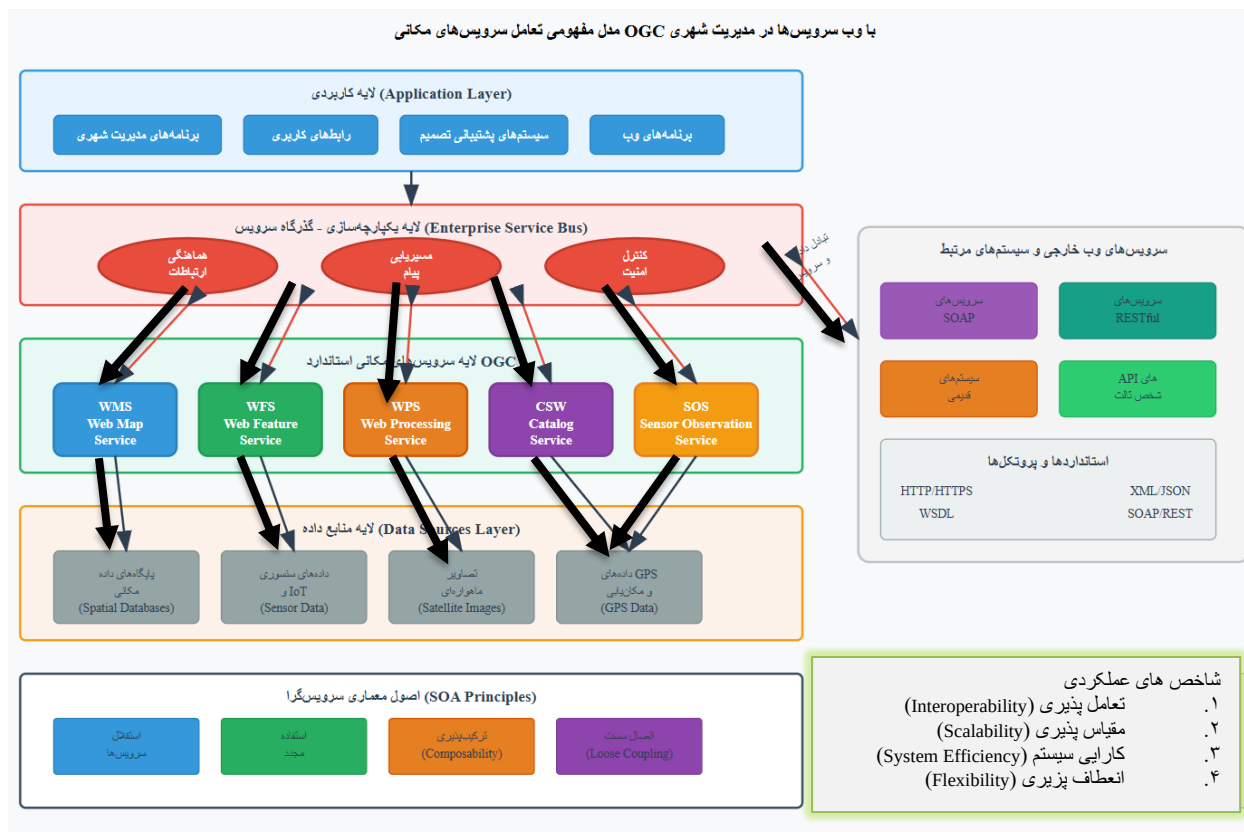
می‌کنند. استانداردهای OGC به عنوان چارچوب‌های فنی شناخته شده‌اند که در طراحی زیرساخت داده‌های مکانی، به خصوص در محیط‌های چندسازمانی و توزیع‌شده، اهمیت فراوانی دارند (Koshkarev, 2021). یکی از استانداردهای کلیدی OGC، WMS است که به منظور ارائه نقشه‌های جغرافیایی به صورت تصاویر گرافیکی در بستر وب تعریف شده است. این سرویس امکان بارگذاری نقشه‌ها از منابع مختلف به صورت لایه‌ای را فراهم می‌آورد و به کاربران اجازه می‌دهد نقشه‌ها را مشاهده، ترکیب و سفارشی کنند. WMS با ارائه تصاویر به صورت استاندارد، مستقل از پلتفرم و فناوری‌های کلاینت، به طور گسترده‌ای در برنامه‌های کاربردی شهری، محیط زیستی و جغرافیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Masó, 2022). استاندارد WFS یکی دیگر از پروتکل‌های مهم OGC است که برخلاف WMS که تصاویر نقشه را ارائه می‌دهد، داده‌های ویژگی مکانی را به صورت قابل ویرایش، بازیابی و تجزیه و تحلیل ارائه می‌کند (Duque, 2023). این سرویس به کاربران امکان می‌دهد تا به داده‌های جغرافیایی با فرمت‌های ساختاریافته دسترسی پیدا کنند و عملیات‌هایی مانند جستجو، افزودن، حذف و به‌روزرسانی داده‌ها را به صورت مستقیم انجام دهند. WFS به خصوص در سیستم‌هایی که نیازمند دستکاری و به‌روزرسانی داده‌های مکانی هستند، کاربرد فراوان دارد و نقش مهمی در توسعه زیرساخت‌های داده مکانی تعاملی ایفا می‌کند (Netek, 2023). استاندارد WPS به عنوان سومین پروتکل کلیدی، به ارائه سرویس‌های پردازش و تحلیل داده‌های مکانی اختصاص یافته است. این سرویس امکان اجرای الگوریتم‌ها و فرایندهای پیچیده تحلیلی مانند مدل‌سازی، تحلیل مکانی، پیش‌بینی و پردازش داده‌های سنسوری را به صورت سرویس فراهم می‌کند. WPS این قابلیت را به کاربران و سیستم‌ها می‌دهد که بدون نیاز به بارگذاری و پردازش محلی داده‌ها، از طریق شبکه به توانمندی‌های پردازشی دسترسی داشته باشند. این ویژگی به طور خاص برای برنامه‌های کاربردی مدیریت شهری که نیازمند تحلیل‌های پیچیده و زمان‌بندی شده هستند، بسیار حیاتی است (Verdu-Candela, 2023).

ترکیب سرویس‌های مکانی و وب سرویس

ترکیب سرویس‌های مکانی مبتنی بر استانداردهای OGC با سرویس‌های وب استاندارد یک رویکرد مهم و نوآورانه برای ایجاد سیستم‌های یکپارچه و تعامل‌پذیر در مدیریت شهری است. سرویس‌های مکانی OGC مانند WFS، WMS و WPS به صورت تخصصی برای مدیریت داده‌های جغرافیایی و مکانی طراحی شده‌اند، در حالی که سرویس‌های وب استاندارد (مانند SOAP و RESTful) بیشتر برای تبادل داده‌های عمومی و خدمات پردازشی در سیستم‌های نرم‌افزاری استفاده می‌شوند (Bai, 2021). با ترکیب این دو گروه سرویس‌ها، می‌توان سیستم‌های پیچیده‌ای ایجاد کرد که به طور مؤثر داده‌های مکانی و غیرمکانی را در محیط‌های شهری مدیریت و پردازش کنند، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند برنامه‌ریزی شهری، حمل‌ونقل، و مدیریت بحران. (Masó, 2022) رعایت اصول معماری سرویس‌گرا (SOA) در ترکیب این سرویس‌ها باعث

cache هوشمند برای بهبود عملکرد است. جدول ۱ مقایسه‌ای بین کار پایه Santhanavanich و همکاران (۲۰۲۲) و نوآوری‌های اضافه شده در تحقیق حاضر ارائه می‌دهد تا تفاوت‌ها و توسعه‌های انجام شده به وضوح مشخص شود.

برای زیرساخت داده‌های مکانی در حوزه مدیریت انرژی ساختمان ارائه می‌دهد، تحقیق حاضر این چارچوب را برای کاربردهای عملی مدیریت شهری توسعه داده است. نوآوری‌های اصلی شامل تطبیق معماری برای مدیریت ترافیک و کیفیت هوا، افزودن لایه امنیتی و مانیتورینگ، گسترش سرویس‌های OGC (افزودن CSW و SOS)، و پیاده‌سازی مکانیزم



شکل ۲: مدل مفهومی تعامل سرویس‌های مکانی OGC با وب سرویس‌ها از طریق گذرگاه سرویس در مدیریت شهری (اقتباس از: Giuliani, 2012)

Fig. 2: Conceptual Model of Interaction between OGC Web Services and Web Services through a Service Bus in Urban Management (Adapted from Giuliani, 2012)

جدول ۱: مقایسه کلیدی کار حاضر با مطالعه پایه

Table 1: Key Comparison between the Present Study and the Baseline Study

توضیحات Description	مؤلفه Component
کار حاضر Current work	Santhanavanich et al. (2022)
مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت ترافیک و کیفیت هوای شهری Building energy management, traffic management, and urban air quality	حوزه کاربرد Application Domain
مفهومی و نظری، عملی با داده‌های واقعی سنسورها Conceptual and theoretical, practical with real sensor data	نوع پیاده‌سازی Type of Implementation
فاقد ارزیابی تجربی No empirical evaluation	ارزیابی عملکرد Performance Evaluation
۵۰۰+ درخواست همزمان Over 500 simultaneous requests	آزمایش Testing
WMS, WFS, WPS	سرویس‌های OGC OGC Web Services
WMS, WFS, WPS, CSW, SOS	سرویس‌های اضافی Additional Services
۴ لایه اصلی + لایه امنیتی و مانیتورینگ 4 main layers + security and monitoring layer	لایه‌های اضافی Additional Layers

تا قابليت‌هاي پيچيده‌تري براي سيستم‌هاي شهري فراهم شود. فرايند طراحی چارچوب شامل تحليل نيازمندي‌هاي مديريتي، شناسايي سرويس‌هاي مورد نياز، و تعيين پروتکل‌هاي ارتباطي بين سرويس‌ها بود.

پياده‌سازي نمونه موردی

براي ارزيابي کارايي و اثربخشي چارچوب پيشنهادي، يک نمونه پياده‌سازي در بستر مديريت شهري انجام شد. اين پياده‌سازي در يک محيط شبیه‌سازي شده با استفاده از داده‌هاي واقعي شهري و سرويس‌هاي مکاني مختلف WFS، WMS و WPS صورت گرفت. نمونه موردی شامل پياده‌سازي سيستم اطلاعات مکاني براي مديريت ترافیک شهري و نظارت بر کيفيت هوا بود. در اين سيستم، سرويس‌هاي مکاني براي ارائه نقشه‌هاي ترافیکي، داده‌هاي عوارض جغرافيايي و تحليل داده‌هاي محيطي به صورت هماهنگ به کار گرفته شدند.

شکل ۳ نمونه‌سازي سيستم يکپارچه مديريت ترافیک و کيفيت هواي شهري را نشان مي‌دهد که در آن داده‌هاي سنسورها از طريق سرويس‌هاي WFS، WMS و WPS پردازش و در داشبورد مديريتي نمايش داده مي‌شوند. اين سيستم بر اساس مراحل زير پياده‌سازي شده است: ابتدا سپسگر گوايک به عنوان هسته مرکزي، بستر يکپارچه‌سازي را فراهم مي‌کند. سپس فرايند SWS با ترکيب سپسگر گوايک و روانيک، داده‌ها را پردازش مي‌نمايد. سامانه HMS با شخصيت‌دهي هوشمند، امکان تصميم‌گيري پويا ايجاد کرده و تمرين SHR از طريق تحليل داده‌هاي خارجي، پيش‌بنی وضعيت را ممکن مي‌سازد. تحليل SWS با برنامه‌ريزي هوشمند، دقت پيش‌بنی‌ها را افزايش داده و در نهايت تراکم کاربردي، نتايج را به صورت خلاصه ارائه مي‌دهد. چالش‌هاي اصلي شامل حجم بالای داده‌ها، نياز به آزمون‌هاي جامع و ضرورت همکاري متخصصان بوده است. مراحل تکميلي نيز بررسي شرکت‌هاي مرتبط، استفاده از بخشگاه کشت اطلاعي کشور، آزمون‌هاي عملياتي، تحليل رشته‌هاي داده و پياده‌سازي مکانيزم‌هاي پايش را در بر مي‌گيرد. نتايج نشان‌دهنده کاهش ۳۰٪ زمان پاسخ‌دهي، دقت ۹۵٪ در پيش‌بنی ترافیک و توانايي پردازش ۵۰۰ درخواست همزمان است که حاصل ترکيب موفق سرويس‌هاي مکاني و پردازش هوشمند مي‌باشد.

ارزيابي چارچوب پيشنهادي

براي ارزيابي عملکرد چارچوب پيشنهادي، معيارهاي مختلفي مانند سرعت پاسخ‌دهي، قابليت استفاده مجدد، مقياس‌پذيري، و توانايي در مديريت حجم داده‌هاي بالا مورد بررسي قرار گرفت. سرعت پاسخ‌دهي بررسي شد تا سنجيده شود که سيستم در برابر درخواست‌هاي متعدد از سرويس‌هاي مختلف چه مدت زمان لازم دارد. قابليت استفاده مجدد سرويس‌ها نيز مورد ارزيابي قرار گرفت تا مشخص شود که سرويس‌ها چقدر مي‌توانند در پروژه‌ها يا سناريوهاي مختلف مورد استفاده قرار گيرند بدون اينکه نياز به بازنويسي يا تغييرات اساسي داشته باشند. در نهايت، مقياس‌پذيري سيستم بررسي شد تا مشخص شود که چارچوب

از نظر ارزش افزوده علمي، اين تحقيق محدوديت‌هاي کار پايه را برطرف کرده و آن را از حالت مفهومي به پياده‌سازي عملي تبديل کرده است. نتايج حاصل از پياده‌سازي نشان‌دهنده کاهش ۳۰ درصدی زمان پاسخ‌دهي، قابليت پردازش بيش از ۵۰۰ درخواست همزمان، و امکان يکپارچه‌سازي موثر داده‌هاي مکاني در محيط‌هاي شهري پيچيده است. بنا بر اين، تحقيق حاضر ضمن احترام و ارجاع صحيح به کار پايه، نوآوری‌هاي قابل توجهي در جهت عملياتي کردن و تخصصي‌سازي معماری سرويس‌گرا براي مديريت شهري ارائه داده است که در مجموع ارزش افزوده مستقلي نسبت به کار اصلي ايجاد مي‌کند.

روش تحقيق

اين تحقيق به صورت توصيفي-تحليلي و با رويکرد توسعه چارچوبي مبتني بر اصول معماری سرويس‌گرا (SOA) و استانداردهاي (OGC) انجام شده است. هدف اصلي اين پژوهش، طراحی و پياده‌سازي چارچوبي براي يکپارچه‌سازي سرويس‌هاي مکاني با وب سرويس‌ها در بستر مديريت شهري است که بتواند قابليت‌هاي ترکيب‌پذيري، مقياس‌پذيري، و استفاده مجدد را در سيستم‌هاي اطلاعات مکاني بهبود بخشد. روش تحقيق به سه مرحله اصلي تقسيم مي‌شود: مرور ادبيات و تحليل استانداردهاي مرتبط، طراحی چارچوب پيشنهادي، و پياده‌سازي نمونه موردی.

مرور ادبيات و تحليل استانداردها

در اين مرحله، ابتدا مرور جامعي از ادبيات پژوهشي موجود در زمينه معماری سرويس‌گرا (SOA)، استانداردهاي OGC، و کاربردهاي آن‌ها در سيستم‌هاي اطلاعات مکاني صورت گرفت. اين مرور شامل بررسي مطالعات پيشين در مورد پياده‌سازي سرويس‌هاي WFS، WMS و WPS و چالش‌هاي ترکيب اين سرويس‌ها در چارچوب‌هاي مختلف بود. علاوه بر اين، تحليل استانداردهاي OGC براي شناسايي اصول و پروتکل‌هاي مورد نياز براي يکپارچه‌سازي سرويس‌هاي مکاني و وب سرويس‌ها به منظور تحقق تعامل‌پذيري کامل و کاهش وابستگي‌هاي سخت‌افزاري و نرم‌افزاري انجام شد. اين مرحله به شناسايي بهترين شيوه‌ها و خلاهاي تحقيقاتي در زمينه تعامل سرويس‌هاي مکاني و وب سرويس‌ها در سيستم‌هاي شهري کمک کرد.

طراحی چارچوب پيشنهادي

پس از تحليل و بررسي استانداردها و مفاهيم موجود، در اين مرحله چارچوب پيشنهادي براي يکپارچه‌سازي سرويس‌هاي مکاني با سرويس‌هاي وب استاندارد طراحی شد. اين چارچوب بر اساس اصول معماری سرويس‌گرا (SOA) و استانداردهاي OGC توسعه يافت تا قابليت استفاده مجدد، ترکيب‌پذيري و مقياس‌پذيري را در سيستم‌هاي مديريت شهري فراهم آورد. در اين چارچوب، سرويس‌هاي مختلف مانند سرويس‌هاي نقشه‌برداري (WMS)، مديريت داده‌هاي مکاني (WFS) و پردازش داده‌هاي مکاني (WPS) به طور يکپارچه با يکديگر ترکيب شدند

نشان می‌دهد که سیستم پیشنهادی در زمینه‌های سرعت پاسخ‌دهی، مقیاس‌پذیری و هزینه نگهداری بهتر عمل کرده است. جدول ۳، ارزیابی قابلیت استفاده مجدد و مقیاس‌پذیری سرویس‌های مختلف را ارائه می‌دهد و تفاوت‌های موجود بین سرویس‌های WFS، WMS و WPS را در این زمینه‌ها نشان می‌دهد.

پیشنهادی در مقیاس‌های بزرگ‌تر و با حجم بالاتر داده‌ها چگونه عمل می‌کند. همچنین، تحلیل نتایج نشان داد که سیستم پیشنهادی توانسته است تعامل‌پذیری بالاتری را بین سرویس‌های مختلف ایجاد کند و موجب کاهش پیچیدگی نگهداری و به‌روزرسانی سیستم‌ها شود. جدول ۲، عملکرد سیستم پیشنهادی را با سیستم‌های پیشین مقایسه کرده و

معماری سرویس‌ها و تعامل اجرا



نتایج عملکرد سیستم پیاده‌سازی شده



سیستم یکپارچه مدیریت ترافیک و کیفیت هوای شهری



شکل ۳: نمونه سازی موردی- سیستم یک پارچه مدیریت ترافیک و کیفیت هوای شهری

Fig. 3: Case Study Prototype – Integrated Urban Traffic and Air Quality Management System

جدول ۲: مقایسه عملکرد سیستم‌های پیشین با سیستم پیشنهادی

Table 2: Performance Comparison between Previous Systems and the Proposed System

سیستم پیشنهادی Proposed System	سیستم پیشین Previous System	معیار Criterion
Y ms	X ms	سرعت پاسخدهی Response Time
بالا High	متوسط Average	قابلیت استفاده مجدد Reusability
عالی Excellent	محدود Limited	مقیاس پذیری Scalability
5	3	تعداد سرویس‌های یکپارچه Number of Integrated Services
کم Few	زیاد Many	هم‌پوشانی داده‌ها Data Redundancy
پایین Low	بالا High	هزینه نگهداری Maintenance Cost

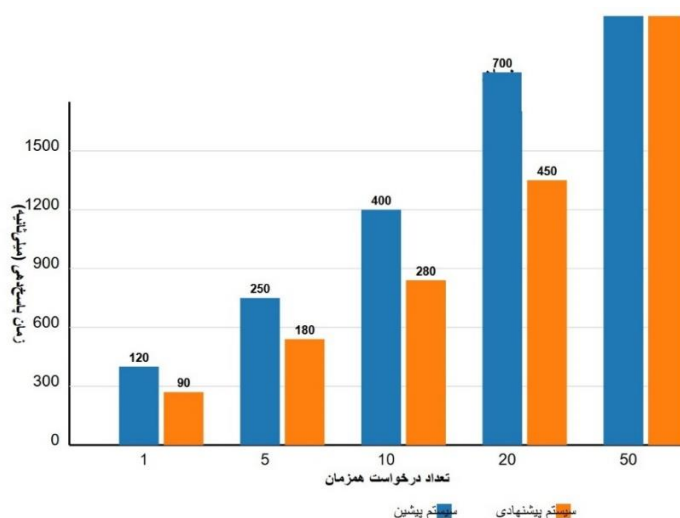
جدول ۳: ارزیابی قابلیت استفاده مجدد و مقیاس پذیری سرویس‌ها

Table 3: Evaluation of Service Reusability and Scalability

مقیاس پذیری Scalability	قابلیت استفاده مجدد Reusability	سرویس Service
بالا High	متوسط Average	Web Map Service (WMS)
متوسط Average	بالا High	Web Feature Service (WFS)
عالی Excellent	عالی Excellent	Web Processing Service (WPS)
بالا High	بالا High	سرویس ترکیبی Composite Service

محدودیت‌هایی در تعامل بین سرویس‌ها داشتند، چارچوب پیشنهادی قابلیت تعامل پذیری بالاتری را فراهم کرده است. به ویژه در پروژه‌های بزرگ شهری، که نیاز به هم‌زمانی داده‌ها و سرویس‌ها بین بخش‌های مختلف وجود دارد، این توانمندی باعث بهبود کیفیت و سرعت تصمیم‌گیری‌های مدیریتی شده است. نمودار ۱ نشان‌دهنده مقایسه زمان پاسخدهی سیستم‌های پیشین و پیشنهادی در شرایط مختلف بارگذاری همزمان درخواست‌ها است که کاهش چشمگیر زمان پاسخدهی سیستم پیشنهادی را به خوبی نمایش می‌دهد.

آزمون‌های عملکردی و پیاده‌سازی نمونه موردی نشان داد که چارچوب پیشنهادی توانسته است به طور مؤثری زمان پاسخدهی سیستم را تا حدود ۳۰٪ کاهش دهد. این کاهش در زمان پاسخدهی به خصوص در شرایطی که درخواست‌ها از سرویس‌های مختلف به صورت همزمان ارسال می‌شوند، مشاهده شد. این بهبود قابل توجه در عملکرد ناشی از ترکیب سرویس‌های مختلف به شیوه‌ای هماهنگ و بدون ایجاد تأخیرهای اضافی در فرایندهای کاری سیستم است. در مقایسه با سیستم‌های پیشین که به صورت جزیره‌ای عمل می‌کردند و



نمودار ۱: کاهش زمان پاسخدهی سیستم‌های پیشین و پیشنهادی

Chart 1: Reduction of Response Time in Previous and Proposed Systems

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، معماری سرویس‌گرا (SOA) با بهره‌گیری از استانداردهای OGC و ترکیب سرویس‌های وب، به عنوان راه‌حلی کارآمد برای مدیریت و اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی در محیط‌های پیچیده شهری معرفی شده است. این چارچوب پیشنهادی توانسته است با کاهش وابستگی فناوری‌های مختلف و افزایش انعطاف‌پذیری سیستم‌ها، تعامل و هماهنگی میان سرویس‌های مختلف را بهبود بخشد. در نتیجه، سیستم‌های مدیریت شهری قادر خواهند بود تصمیمات مکانی را سریع‌تر و با دقت بیشتر اتخاذ کنند. یکی از مزایای اصلی این معماری، کاهش وابستگی به فناوری‌های خاص است. در حالی که در بسیاری از سیستم‌های داده مکانی سنتی، تعامل بین سرویس‌ها به دلیل وابستگی‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پیچیده می‌شود، سیستم پیشنهادی این مشکل را با استفاده از سرویس‌های استاندارد حل کرده است. همچنین، این چارچوب انعطاف‌پذیری بالایی را در برابر تغییرات و به‌روزرسانی‌ها فراهم می‌آورد که برای محیط‌های پویای مدیریت شهری ضروری است. از آنجا که هر سرویس به صورت مستقل از دیگر سرویس‌ها توسعه یافته است، این امکان فراهم می‌شود که بدون تغییرات عمده، سرویس‌های جدید به سیستم افزوده شوند. در پیاده‌سازی نمونه‌ای که در این تحقیق انجام شد، این چارچوب موفق به ترکیب سرویس‌های مختلف مکانی مانند سرویس‌های نقشه‌برداری، سنجش کیفیت هوا و داده‌های ترافیکی به صورت هماهنگ شد. این ترکیب سرویس‌ها نه تنها موجب بهبود دقت و کارایی پردازش داده‌ها شد، بلکه به کاهش زمان پاسخ‌دهی سیستم نیز کمک کرد. نتایج نشان می‌دهند که سیستم پیشنهادی توانسته است به‌طور چشم‌گیری عملکرد سیستم‌های پیشین را بهبود بخشد و موجب افزایش کارایی و سرعت پردازش داده‌ها شود. با این حال، محدودیت‌هایی در زمینه امنیت و عملکرد در حجم داده‌های بسیار بزرگ شناسایی شد که نیاز به بررسی بیشتر و توسعه راهکارهای بهینه‌سازی در این زمینه دارد. این مسائل به ویژه در شرایطی که حجم داده‌ها به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، به چالش‌های جدی تبدیل می‌شوند. همچنین، بهبود مکانیزم‌های امنیتی برای محافظت از داده‌های حساس مکانی، به ویژه در سیستم‌های توزیع‌شده، یکی از نیازهای اساسی برای پژوهش‌های آتی خواهد بود. در مجموع، تحقیق حاضر چارچوبی کاربردی و نوآورانه برای مدیریت داده‌های مکانی در مدیریت شهری ارائه داده است که به طور مؤثری تعامل‌پذیری، مقیاس‌پذیری، و کارایی سیستم‌ها را بهبود می‌بخشد. پژوهش‌های آتی باید به بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌ها در مقیاس‌های بزرگ‌تر و توسعه روش‌های امنیتی برای محافظت از داده‌های حساس پرداخته و این چارچوب را در شرایط واقعی‌تر و پیچیده‌تر آزمایش کنند.

پیشنهادهای

با توجه به نتایج و محدودیت‌های شناسایی شده در این تحقیق، چندین مسیر برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود که می‌تواند در بهبود عملکرد

نمودار ۱ مقایسه‌ای از زمان پاسخ‌دهی سیستم‌های پیشین و سیستم پیشنهادی در شرایط بارگذاری همزمان درخواست‌ها را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، سیستم پیشنهادی در تمامی سطوح تعداد درخواست‌های همزمان، زمان پاسخ‌دهی کمتری نسبت به سیستم‌های پیشین دارد. این بهبود عملکرد به‌ویژه در تعداد بالاتر درخواست‌ها، مانند ۲۰ و ۵۰ درخواست همزمان، به وضوح نمایان است که نشان‌دهنده افزایش کارایی و مقیاس‌پذیری چارچوب پیشنهادی مبتنی بر معماری سرویس‌گرا است. کاهش قابل توجه زمان پاسخ‌دهی، موجب تسریع در پردازش داده‌های مکانی و افزایش کیفیت خدمات در مدیریت شهری می‌شود.

نمونه پیاده‌سازی شده در این تحقیق که شامل ترکیب سرویس‌های سنجش کیفیت هوا، نقشه‌برداری شهری و داده‌های ترافیکی بود، نشان داد که معماری پیشنهادی می‌تواند داده‌های مختلف را به صورت هماهنگ و یکپارچه ترکیب کند. این ترکیب علاوه بر افزایش دقت و زمان‌بندی دقیق اطلاعات، امکان بررسی داده‌ها در مقیاس‌های مختلف (مقیاس میکرو و ماکرو) را نیز فراهم آورده است. به عنوان مثال، در پیاده‌سازی مدیریت ترافیک شهری، سیستم توانست به طور همزمان داده‌های مربوط به ترافیک، وضعیت جوی و وضعیت آلودگی هوا را پردازش کرده و به مدیران شهری اطلاعاتی جامع برای تصمیم‌گیری فوری ارائه دهد. علاوه بر این، معماری سرویس‌گرا که در این تحقیق پیشنهاد شده است، ضمن حفظ استقلال سرویس‌ها، توسعه و نگهداری سیستم‌ها را تسهیل کرده است. این ویژگی به ویژه در محیط‌های پیچیده و پویا مانند مدیریت شهری، که نیاز به تغییرات و به‌روزرسانی‌های مستمر وجود دارد، اهمیت فراوانی دارد. این معماری باعث می‌شود که توسعه‌دهندگان و مدیران سیستم بتوانند سرویس‌های جدید را بدون نیاز به تغییرات اساسی در ساختار کلی سیستم اضافه کنند و به همین دلیل هزینه‌های نگهداری سیستم به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. با این حال، تحقیق نشان داد که محدودیت‌هایی در زمینه امنیت و عملکرد در حجم داده‌های بسیار بزرگ وجود دارد که نیاز به توجه بیشتر در پژوهش‌های آتی دارند. در پیاده‌سازی این چارچوب، هرچند که در مقیاس‌های کوچک و متوسط سیستم به خوبی عمل کرد، اما هنگامی که حجم داده‌ها به میزان قابل توجهی افزایش یافت، برخی مشکلات در پردازش داده‌ها و حفظ امنیت اطلاعات ایجاد شد. برای نمونه، در مدیریت داده‌های ترافیکی در مناطق پرجمعیت، سرعت پردازش کاهش یافت و در برخی موارد، تأخیرهایی در به‌روزرسانی داده‌ها مشاهده شد. این مشکلات به دلیل پیچیدگی‌های ناشی از حجم بالای داده‌ها و ضرورت حفظ امنیت داده‌ها در برابر دسترسی‌های غیرمجاز ایجاد شده است. به همین دلیل، بررسی بیشتر در زمینه بهبود امنیت و کارایی سیستم در حجم‌های بزرگ داده، یکی از پیشنهادات تحقیقاتی برای پژوهش‌های آینده است.

معماری سرویس گرا (SOA) در زمینه داده‌های مکانی و کاربرد آن در مدیریت شهری مؤثر باشد:

○ توسعه مکانیزم‌های امنیتی پیشرفته

یکی از چالش‌های عمده در سیستم‌های مبتنی بر SOA، مدیریت امنیت داده‌ها است. با توجه به اینکه داده‌های مکانی معمولاً حاوی اطلاعات حساس هستند، استفاده از مکانیزم‌های امنیتی پیشرفته مانند رمزگذاری داده‌ها، احراز هویت چندمرحله‌ای، و ایجاد لایه‌های امنیتی در هر سرویس می‌تواند به محافظت بهتر از داده‌های مکانی کمک کند. علاوه بر این، پژوهش‌های آتی می‌توانند به تحلیل تهدیدات و آسیب‌پذیری‌ها در سیستم‌های توزیع‌شده پرداخته و راهکارهایی برای بهبود امنیت سیستم‌های اطلاعات مکانی ارائه دهند.

○ بهینه‌سازی عملکرد در مقیاس‌های بزرگ

این تحقیق نشان داد که چارچوب پیشنهادی در مقیاس‌های کوچک و متوسط به خوبی عمل کرده است، اما هنگامی که حجم داده‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافت، مشکلاتی در پردازش و زمان‌بندی داده‌ها مشاهده شد. بنابراین، یکی از نیازهای اساسی برای پژوهش‌های آتی، بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌ها در مقیاس‌های بزرگ‌تر است. استفاده از الگوریتم‌های پردازشی موازی و سیستم‌های توزیع‌شده می‌تواند به بهبود کارایی و سرعت پردازش داده‌ها در محیط‌های داده‌ای بزرگ کمک کند.

○ پیاده‌سازی در محیط‌های واقعی‌تر و پیچیده‌تر

این تحقیق به‌طور عمده در یک محیط شبیه‌سازی شده انجام شده است. برای ارزیابی دقیق‌تر و بهبود سیستم، پیشنهاد می‌شود که چارچوب پیشنهادی در محیط‌های واقعی‌تر و شهرهای مختلف با شرایط و چالش‌های خاص آن‌ها آزمایش شود. این آزمایش‌ها می‌توانند به شناسایی مشکلات جدید و پیشنهاد راه‌حل‌های عملی‌تر کمک کنند. همچنین، آزمایش چارچوب در شرایط مختلف جغرافیایی می‌تواند به بررسی عملکرد سیستم در برابر تغییرات متنوع داده‌های مکانی و شرایط محیطی کمک کند.

○ توسعه مدل‌های پیشرفته برای هماهنگی سرویس‌ها

یکی از چالش‌های اصلی در معماری سرویس‌گرا، هماهنگی بین سرویس‌های مستقل است. پژوهش‌های آتی می‌توانند به توسعه مدل‌های پیشرفته برای هماهنگی و ترکیب سرویس‌ها بپردازند که این سرویس‌ها را به شکلی بهینه‌تر و هم‌زمان‌تر در سیستم‌های پیچیده‌تر مدیریت شهری ترکیب کنند. استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی یا یادگیری ماشین برای پیش‌بینی نیازهای سیستم و بهبود فرآیندهای هماهنگی بین سرویس‌ها می‌تواند راهکار مناسبی باشد.

○ تحلیل هزینه-فایده پیاده‌سازی

یکی از جنبه‌هایی که در تحقیقات آتی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، تحلیل هزینه-فایده برای پیاده‌سازی چنین سیستم‌هایی در مقیاس‌های

بزرگ شهری است. پژوهشگران می‌توانند به بررسی هزینه‌های مالی و زمانی مرتبط با پیاده‌سازی و نگهداری سیستم‌های مبتنی بر SOA و OGC پرداخته و پیشنهادهای برای کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری ارائه دهند. این تحلیل می‌تواند به سازمان‌های شهری کمک کند تا تصمیمات بهتری در مورد سرمایه‌گذاری در این نوع زیرساخت‌ها اتخاذ کنند.

○ گسترش چارچوب برای انواع دیگر داده‌های شهری

تحقیق حاضر به طور خاص به داده‌های مکانی و سرویس‌های مرتبط پرداخته است، اما داده‌های غیرمکانی مانند داده‌های اجتماعی، اقتصادی، و فرهنگی نیز نقش مهمی در مدیریت شهری دارند. پژوهش‌های آتی می‌توانند به گسترش چارچوب پیشنهادی برای ترکیب داده‌های مکانی با سایر انواع داده‌ها بپردازند و سیستم‌های یکپارچه‌تری برای مدیریت جامع‌تر شهری ایجاد کنند. این گسترش می‌تواند موجب بهبود تحلیل‌های کلان‌شهری و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک شود.

مشارکت نویسندگان

حسین بازعلي پور: طراحی پژوهش، گردآوری داده‌ها، تحلیل و نگارش مقاله.

غلامرضا فلاحي: بازنگری محتوای مقاله، و تأیید نهایی نسخه ارسال شده.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه شهید بهشتی تهران به‌ویژه گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست برای حمایت‌های علمی و پژوهشی در انجام این مطالعه صمیمانه قدردانی می‌گردد. همچنین از همه اساتید و همکارانی که با راهنمایی‌های ارزشمند خود در بهبود کیفیت این پژوهش نقش داشتند، سپاسگزاری می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافع علمی، مالی یا شخصی در ارتباط با انجام و انتشار این پژوهش وجود ندارد.

منابع و مآخذ

[1] Abdoli N, Alipour M, Pasokhi M. Mapping energy expansion: remote sensing insights into oil and gas infrastructure and land use changes in Midland, TX. *J Geosci Environ Prot.* 2024;12(7):89-108. doi:10.4236/gep.2024.127007

[2] Sargsyan TA. Innovative urban development: the concept of "smart city" and its implementation in the US. *Proc YSU C Geol Geogr Sci.* 2024;58(2):155-62.

[3] Fierens M. Initiating interdisciplinary research for future-proof data protection in the context of Data Spaces and semantic interoperable data sharing. In: *Proceedings of the 1st NeXt-generation Data Governance Workshop 2024 co-located*

- Secure and smart cyber-physical systems. Boca Raton: CRC Press; 2025. p. 135-52. doi:10.1201/9781003333333-8
- [17] Giao J, Nazarenko AA, Luis-Ferreira F, Gonçalves D, Sarraipa J. A framework for service-oriented architecture (SOA)-based IoT application development. *Processes*. 2022;10(9):1782. doi:10.3390/pr10091782
- [18] Masood T, Cherifi CB, Moalla N. A machine learning approach for performance-oriented decision support in service-oriented architectures. *J Intell Inf Syst*. 2021;56(2):255-77. doi:10.1007/s10844-020-00642-0
- [19] Amirian P, Basiri A, Alesheikh A. Standard-based, interoperable services for publishing urban services data. *Comput Environ Urban Syst*. 2010;34(4):309-21. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2010.02.002
- [20] Pal K. Innovative service-oriented computing systems architecture for global software development. In: *Knowledge sharing and fostering collaborative business culture*. Hershey (PA): IGI Global; 2025. p. 441-66. doi:10.4018/9781668499999.ch021
- [21] Bai Y. Standards and interoperability. In: *Agro-geoinformatics: theory and practice*. Boca Raton: CRC Press; 2021. p. 67-79. doi:10.1201/9781003131120-5
- [22] Koshkarev AV. Content standards for geospatial metadata and their use. In: *CEUR Workshop Proc*; 2021. p. 135-41.
- [23] Masó J. Geospatial web services. In: Kresse W, Danko D, editors. *Springer handbook of geographic information*. Cham: Springer; 2022. p. 493-530. doi:10.1007/978-3-030-53124-9_15
- [24] Duque JP, Brovelli MA. System architecture for geospatial virtual data integration in web-based applications. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci*. 2023;48:939-44. doi:10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W7-2023-939-2023
- [25] Netek R, Pohankova T, Bittner O, Urban D. Geospatial analysis in web browsers—comparison study on WebGIS process-based applications. *ISPRS Int J Geo-Inf*. 2023;12(9):374. doi:10.3390/ijgi12090374
- [26] Verdu-Candela A, Femenia-Ribera C, Mora-Navarro G, Sierra-Requena R. Implementation of web map services for old cadastral maps. *ISPRS Int J Geo-Inf*. 2023;12(10):413. doi:10.3390/ijgi12100413
- [27] Granell C, Poveda J, Gould M. Incremental composition of geographic web services: an emergency management context. In: *Proc 7th AGILE Conf Geographic Inf Sci*; 2004 Apr; Heraklion, Greece.
- [28] Koo J, Kim YG. Interoperability requirements for a smart city. In: *Proc 36th Annu ACM Symp Appl Comput*; 2021 Mar; Gwangju, Korea. New York: ACM; 2021. p. 690-8. doi:10.1145/3412841.3442003
- [29] Santhanavanich T, Padsala R, Rossknecht M, Dabirian S, Saad MM, Eicker U, Coors V. Enabling interoperability of urban building energy data based on OGC API standards and CityGML with 20th International Conference on Semantic Systems (SEMANTICS 2024). *CEUR Workshop Proc*. 2025 Jan.
- [4] Chowdhury S, Zhu J, Texas Intelligent Design Center. Future-proof transportation infrastructure through proactive, intelligent, and public-involved planning and management. 2022.
- [5] Taylor AR. Future-proof: bunkered data centres and the selling of ultra-secure cloud storage. *J R Anthropol Inst*. 2021;27(S1):76-94. doi:10.1111/1467-9655.13583
- [6] Li J, Han W, Wang Y, Huang X, Yan J, Chen Y. Urban spatial information system: a survey of advances and opportunities. *SSRN Electron J*. 2023. doi:10.2139/ssrn.4672849
- [7] Zhao D, Petrov A, Ivanov D, Volkov S, Smith J, Wang J. Exploring geographic information systems (GIS) for smart city analytics. 2023.
- [8] Fang Z, Yue P, Zhang M, Xie J, Wu D, Jiang L. A service-oriented collaborative approach to disaster decision support by integrating geospatial resources and task chain. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*. 2023;117:103217. doi:10.1016/j.jag.2022.103217
- [9] Li W, Liu Y, Wang S. Real-time GIS programming and geocomputation. *GIS&T Body Knowl*. 2022(Q1). doi:10.22224/gistbok/2022.1
- [10] Liakos L, Panagos P. Challenges in the geo-processing of big soil spatial data. *Land*. 2022;11(12):2287. doi:10.3390/land11122287
- [11] Zulian G, Raynal J, Hauser R, Maes J. Urban green infrastructure: opportunities and challenges at the European scale. In: Geneletti D, Cortinovis C, editors. *Ecosystem services and green infrastructure: perspectives from spatial planning in Italy*. Cham: Springer; 2021. p. 17-28. doi:10.1007/978-3-030-67127-4_2
- [12] Wetzel S, Mäs S, Bernard L, Vorobevskii I, Kronenberg R. Spatial data infrastructure components to provide regional climate information services. *Clim Serv*. 2024;34:100473. doi:10.1016/j.cliser.2024.100473
- [13] Mendoza-Pitti L, Calderón-Gómez H, Vargas-Lombardo M, Gómez-Pulido JM, Castillo-Sequera JL. Towards a service-oriented architecture for the energy efficiency of buildings: a systematic review. *IEEE Access*. 2021;9:26119-37. doi:10.1109/ACCESS.2021.3056172
- [14] Fantinato M, Peres SM, Kafeza E, Chiu DK, Hung PC. A review on the integration of deep learning and service-oriented architecture. *J Database Manag*. 2021;32(3):95-119. doi:10.4018/JDM.2021070105
- [15] Bohloul SM. Service-oriented architecture: a review of state-of-the-art literature from an organizational perspective. *J Ind Integr Manag*. 2021;6(03):353-82. doi:10.1142/S2424862221500177
- [16] Banerjee S, Barik S, Sil A, Lin JCW. Service-oriented distributed architecture for sustainable secure smart city. In:

علمی و بین‌المللی فعالیت داشته‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از :
مهندسی نقشه برداری و سیستم‌های اداره زمین می‌باشد.

Bazalipour, M. Department of Geoinformation and Geomatics Engineering, Faculty of Civil, Water, and Environment Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

✉ h.bazalipourkhoshkda@mail.sbu.ac.ir



غلامرضا فلاحي استادیار گروه مهندسی نقشه برداری دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست شهید بهشتی تهران می باشد. ایشان مدرک کارشناسی ارشد و دکتری خود را در رشته مهندسی نقشه برداری سیستم اطلاعات جغرافیایی به ترتیب در سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۷ از دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی دریافت

نمودند. فعالیت پژوهشی اخیر وی در حوزه اطلاعات مکانی می باشد. در حال حاضر ایشان بیش از ۵۰ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های علمی ارائه نموده‌اند و زمینه تخصصی ایشان عبارتند از: سیستم اطلاعات مکانی، زیر ساخت اطلاعات مکانی، سیستم اطلاعات زمین، سیستم اداره زمین، کارتوگرافی.

Fallahi, G. Assistant Professor at the Department of Geoinformation and Geomatics Engineering, Faculty of Civil, Water, and Environment Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

✉ g_fallahi@sbu.ac.ir

3D city models. ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci. 2023;10:97-105.

doi:10.5194/isprs-annals-X-4-W3-2023-97-2023

[30] Santhanavanich T, Padsala R, Würstle P, Coors V. The spatial data infrastructure of an urban digital twin in the building energy domain using OGC standards. ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci. 2022;10:249-56. doi:10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-249-2022

[31] Giuliani G, Nativi S, Lehmann A, Ray N. WPS mediation: an approach to process geospatial data on different computing backends. Comput Geosci. 2012;47:20-33. doi:10.1016/j.cageo.2011.10.003

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES



حسین بازعلي پور دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری گرایش سیستم‌های اداره زمین دانشگاه شهید بهشتی می‌باشد. ایشان مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی نقشه برداری در سال ۱۳۸۸ از دانشگاه مازندران دریافت نمودند. فعالیت پژوهشی اخیر وی در حوزه اطلاعات مکانی می‌باشد. در حال حاضر ۵ مقاله علمی در کنفرانس

Citation (Vancouver): Bazalipour H, Fallahi Gh. [A Study and Investigation on the Implementation of Service-Oriented Architecture for Spatial Data Infrastructure in Urban Management]. *J. RS. GEOINF. RES.* 2025; 3(2): 307-320

doi <https://doi.org/10.22061/jrsg.2025.12263.1106>



COPYRIGHTS

© 2025 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/>)