

Review of Applications of 3D Geospatial Information Systems and Building Information Modeling in the Mandatory Formal Registration Law

Hadi Bayat ^{*}, MahmoudReza Delavar ^{**}, Wrya Barghi ^{***}

Abstract:

This paper examines the role of Geospatial Information Systems (GIS) and Building Information Modeling (BIM), in improving the official land registration system in Iran. Official land registration, as a fundamental pillar of the legal and urban management system, faces a number of challenges such as imprecise property boundaries, lengthy processes, and the inability to represent buildings in three dimensions. GIS and BIM sciences and technologies, with their capabilities in accurate mapping, integration of spatial and attribute data, and intelligent three-dimensional (3D) modeling, can address these issues and enhance the accuracy, speed, and transparency of land registration. In particular, the integration of GIS and BIM in a 3D cadastral system enables more comprehensive management and precise representation of multi-unit and complex property ownership. However, significant barriers-including the lack of alignment between current registration laws and 3D data, absence of common data exchange standards between GIS and BIM, legal challenges in accepting 3D digital documents, shortage of skilled professionals, and organizational resistance-have limited the implementation of these sciences and technologies. This research, through a systematic review of scientific and legal sources, expert interviews, and analysis of international experiences, seeks to provide practical solutions for overcoming these barriers. Recommendations include amending registration laws to legally define 3D digital documents, developing national IranGeoBIM standards, delivering specialized training for experts, advancing Information Technology (IT) infrastructure, and leveraging new technologies such as blockchain for ownership storage and transfer. The results show that integrating GIS and BIM not only improves property registration but also offers significant applications in urban planning, contributing to sustainable urban development. The proposed roadmap includes short- to long-term steps for achieving a 3D GIS and BIM-based digital transformation in Iran's cadaster and land registration system, which can increase efficiency, transparency, and legal security in this field.

Key words: Geospatial Information Systems, Building Information Modeling, 3D Geospatial Information Systems, 3D Cadaster

* Master's degree, Department of Spatial Information Systems, Faculty of Surveying and Spatial Information Engineering, Faculty of Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.

** Professor, Department of Surveying Engineering in Natural Disaster Response, Faculty of Surveying and Information Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, **Corresponding author:** mdelavar@ut.ac.ir

*** PhD Student, Department of Spatial Information Systems, Faculty of Surveying and Spatial Information Engineering, Faculty of Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.



بررسی کاربردهای سیستم‌های اطلاعات مکانی سه‌بعدی و مدل اطلاعات ساختمانی در قانون الزام به ثبت رسمی

هادی بیات*، محمودرضا دلاور**، وریا برقی***

چکیده

مقاله حاضر به بررسی نقش علوم و فناوری‌های نوین سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) و مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی (BIM) در بهبود نظام ثبت رسمی املاک در ایران می‌پردازد. ثبت رسمی اراضی و املاک، به‌عنوان رکن اساسی نظام حقوقی و مدیریت شهری، با چالش‌هایی مانند عدم دقت در تعیین حدود املاک، زمان‌بر بودن فرایندها و ناتوانی در نمایش سه‌بعدی ساختمان‌ها مواجهه است. علوم و فناوری‌های GIS و BIM با قابلیت‌های دقیق نقشه‌برداری، یکپارچه‌سازی داده‌های مکانی و توصیفی، و مدل‌سازی هوشمند سه‌بعدی، می‌توانند این مشکلات را برطرف کنند و موجب افزایش دقت، سرعت و شفافیت در ثبت املاک شوند. به‌ویژه، تلفیق GIS و BIM در یک سیستم کاداستر سه‌بعدی امکان مدیریت جامع‌تر و نمایش دقیق‌تر مالکیت‌های طبقاتی و مجتمع‌های ساختمانی را فراهم می‌آورد. با این حال، موانع مهمی از جمله عدم انطباق قوانین ثبت موجود با داده‌های سه‌بعدی، فقدان استانداردهای مشترک تبادل داده بین GIS و BIM، چالش‌های حقوقی در پذیرش اسناد رقمی سه‌بعدی، کمبود نیروی متخصص و مقاومت سازمانی، به‌کارگیری این علوم و فناوری‌ها را محدود کرده‌اند. این پژوهش با مرور سیستماتیک منابع علمی و حقوقی، مصاحبه با خبرگان و تحلیل تجربیات

* کارشناسی ارشد، گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی،

دانشکده‌گان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

** استاد، گروه مهندسی نقشه برداری در مقابله با سوانح طبیعی، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات،

mdelavar@ut.ac.ir

دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

*** دانشجوی دکتری، گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی،

دانشکده‌گان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

بین‌المللی، به دنبال ارائه راهکارهای عملی برای رفع این موانع است. پیشنهادهای این پژوهش شامل اصلاح قوانین ثبت با تعریف حقوقی اسناد رقوم سه‌بعدی، تدوین استانداردهای ملی IranGeoBIM، آموزش تخصصی کارشناسان، توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند بلاک‌چین برای ذخیره و انتقال مالکیت است. نتایج نشان می‌دهد که ادغام GIS و BIM علاوه بر بهبود ثبت مالکیت، کاربردهای مهمی در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری دارد و می‌تواند به توسعه پایدار شهری کمک کند. نقشه راه پیشنهادی شامل مراحل کوتاه‌مدت تا بلندمدت برای تحقق تحول رقوم بر مبنای سیستم‌های اطلاعات مکانی و مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی سه‌بعدی در نظام کاداستر و ثبت املاک ایران بر مبنای قانون الزام به ثبت رسمی معاملات اموال غیرمنقول است که می‌تواند موجب افزایش کارایی، شفافیت و امنیت حقوقی در این حوزه شود.

واژگان کلیدی: سیستم‌های اطلاعات مکانی، مدل اطلاعات ساختمانی، قانون الزام به ثبت رسمی، سیستم‌های اطلاعات مکانی سه‌بعدی، کاداستر سه‌بعدی.

۱. مقدمه

ثبت رسمی اراضی و املاک به‌عنوان یکی از ارکان اساسی نظام حقوقی و مدیریت شهری، نقش تعیین‌کننده‌ای در ایجاد امنیت حقوقی، شفافیت اقتصادی و توسعه پایدار دارد. در ایران، قانون ثبت اسناد و املاک مصوب ۱۳۱۰ و اصلاحات بعدی آن، پایه‌های حقوقی نظام ثبت را تشکیل می‌دهد که این قانون با تعیین تشکیلات اداری ثبت، نحوه ثبت املاک و اجرای آن چارچوبی کامل برای ثبت رسمی املاک فراهم کرده است (قانون ثبت اسناد و املاک مصوب ۱۳۱۰). علاوه بر آن قانون الزام به ثبت رسمی معاملات اموال غیرمنقول نیز به‌منظور ثبت و بایگانی کلیه نقل و انتقالات اموال غیرمنقول مانند زمین و آپارتمان تصویب شده است که با تدوین این قانون، گام اثرگذاری در راستای اهداف این نظام حقوقی برداشته شده است. با این وجود روش‌های سنتی ثبت املاک با چالش‌های متعددی روبه‌رو هستند که کارایی این نظام را تحت تأثیر قرار داده‌اند. براساس مطالعات جهانی انجام شده که به برخی از آن‌ها در این پژوهش اشاره خواهد شد، با توجه به محتوای این پژوهش از مهم‌ترین مشکلات نظام ثبت سنتی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم دقت کافی در تعیین حدود املاک به دلیل استفاده از روش‌های دستی و نقشه‌های دوبعدی موجود.
- زمان‌بر بودن فرایندهای ثبتی که منجر به تأخیر در صدور اسناد مالکیت می‌شود.
- عدم امکان نمایش روابط سه‌بعدی به ویژه در ساختمان‌های چندطبقه و مجتمع‌های بزرگ در نقشه‌های دوبعدی موجود.
- اختلافات حقوقی ناشی از ابهام در مرزها که سالانه حجم زیادی از پرونده‌های قضائی را تشکیل می‌دهند.
- در خصوص ضرورت استفاده از فناوری‌های نوین در قانون الزام به ثبت رسمی اموال غیرمنقول، در دو دهه اخیر، پیشرفت‌های چشمگیری در سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)^۱ و مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی (BIM)^۲ رخ داده است. GIS و BIM به‌عنوان دو علم و فناوری مکمل می‌توانند بسیاری از مشکلات نظام ثبت سنتی را مرتفع سازند. درحالی که این دو علم و فناوری به‌صورت مجزا استفاده می‌شوند، تحقیقات نشان می‌دهد ادغام قابلیت‌های GIS با سایر سیستم‌های اطلاعاتی مانند BIM، کارایی و جامعیت سیستم‌ها را افزایش می‌دهد (بیات و همکاران، ۱۳۹۸). برخی قابلیت‌ها و مزایای GIS و BIM به شرح زیر است:

قابلیت‌های GIS در ثبت رسمی

سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) نقش مهمی در بهبود فرایند ثبت رسمی اسناد (مانند اسناد آرای

1. Geo-spatial Information Systems
2. Building Information Modeling

و املاک) ایفا می‌کند. مهم‌ترین قابلیت‌های GIS در این حوزه عبارتند از (رجبی فرد، ۱۳۹۳؛ Longley, 2015؛ Davis, 2001):

ورود و تبدیل اطلاعات مکانی: امکان ورود اطلاعات مکانی (نقشه‌ها، مختصات جغرافیایی، تصاویر هوایی و ماهواره‌ای، داده‌های GPS و غیره) و تبدیل آن‌ها به قالب رقومی استاندارد را فراهم می‌کند. این داده‌ها پایه و اساس ثبت دقیق اسناد ملکی هستند.

یکپارچه‌سازی و استانداردسازی داده‌ها: اطلاعات مکانی و توصیفی از منابع مختلف (مانند نقشه‌های قدیمی، دفترچه‌های ثبتی و ...) می‌توانند در محیط GIS به یک استاندارد واحد تبدیل و یکپارچه شوند تا از تداخل و اشتباه جلوگیری شود. بدین ترتیب مدیریت جامع و بهنگام اطلاعات ملکی تسهیل می‌گردد (Sun et al., 2019).

نمایش گرافیکی و تصویری اسناد GIS: اسناد و اطلاعات مربوط به املاک و اراضی را به صورت لایه‌های مجزا و قابل مشاهده روی نقشه نمایش می‌دهد. این امر شفافیت و سهولت بررسی و صحت‌سنجی اسناد را افزایش می‌دهد (Davis, 2001).

تحلیل و همپوشانی اطلاعات: با قابلیت هم‌پوشانی لایه‌های مختلف (مثلاً لایه املاک، کاربری اراضی، معابر و ...) می‌توان تعارضات ملکی، تداخل مالکیت‌ها یا مغایرت‌های ثبتی را شناسایی و حل کرد تا امکان انجام و سهولت تحلیل‌های فضایی مانند بررسی تداخلات ملکی و کاربری اراضی که به بهبود تصمیم‌گیری‌های شهری و برنامه‌ریزی کاربری زمین کمک می‌کند فراهم گردد (Andrianesi, 2020).

پشتیبانی از تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی GIS: با تحلیل داده‌های مکانی و توصیفی، بستر مناسبی برای تصمیم‌گیری‌های حقوقی و مدیریتی در حوزه ثبت اسناد فراهم می‌کند. این تحلیل‌ها به بهبود دقت، کاهش خطا و افزایش سرعت فرایندهای ثبتی منجر می‌شود (رجبی فرد، ۱۳۹۳).

ذخیره‌سازی و بازیابی سریع اطلاعات: اطلاعات اسناد ثبت شده در GIS به راحتی قابل ذخیره‌سازی، جستجو و بازیابی است که این موضوع در مراجعات حقوقی و استعلامات ثبتی اهمیت بالایی دارد (Longley, 2015).

ارائه گزارش‌ها و نقشه‌های موضوعی GIS: امکان تهیه و ارائه انواع گزارش‌ها، جداول، نمودارها و نقشه‌های موضوعی مرتبط با اسناد و املاک را فراهم می‌سازد که برای مراجع قانونی و ذی‌نفعان بسیار کاربردی است (رجبی فرد، ۱۳۹۳؛ Longley, 2015).

در مجموع، استفاده از GIS در ثبت رسمی اسناد باعث افزایش دقت، شفافیت، سرعت و امنیت اطلاعات ملکی و ثبتی می‌شود و امکان مدیریت بهتر دارایی‌های غیرمنقول را فراهم می‌کند.

قابلیت‌های GIS در ثبت سه‌بعدی

مالکیت زمین از ابتدا مفهومی سه‌بعدی داشته است، چرا که مالک یک قطعه زمین مالکیت یک فضای سه‌بعدی محدود شده به آن فضا را دارد. سیستم‌های کاداستر سنتی به صورت نقشه‌های کاغذی یا رقمی دو بعدی کاربرد داشته‌اند و کاداستر سه بعدی در جهت رفع این موضوع است؛ چرا که پلان‌های دو بعدی برای ساختمان‌های با تعداد طبقات کم و ساختار ساده مناسب‌اند ولی برای استفاده و مدیریت بهینه اطلاعات ملکی بخصوص ساختمان‌های مرتفع و دارای پیچیدگی ساخت چه به صورت منفرد و چه به صورت ارتباط با سایر ساختمان‌ها و عوارض شهری با اطلاعات مکانی دو بعدی معمولاً دچار مشکلات عدیده‌ای می‌شوند و معمولاً این پلان‌های دو بعدی فقط برای متخصصان قابل درک است (رجبی فرد ۱۳۹۳ و Jazayeri et al., 2012). برای رفع مشکلات مربوط استفاده از اطلاعات مکانی سه‌بعدی ساختمان‌ها برای اهداف ذیل اجتناب‌ناپذیر است (Jazayeri et al., 2014):

اطلاعات حقوقی: این اطلاعات شامل مالکیت، مرزهای ملک، مشاعات، حقوق، مسئولیت‌ها و محدودیت‌های ملک و مالکین و... است.

کاربری ملک: که در ساختمان‌های با چندید واحد ملکی ممکن است یکسان نباشد.

اطلاعات متکی به زمان: این اطلاعات مانند نوسازی و بازسازی، تغییر مالکیت، تغییر کاربری و... بیان کننده تغییرات هر واحد ملکی در گذر زمان است.

اطلاعات هندسی: نمایش دهنده شکل هندسی ملک شامل کلیه اطلاعات پلان، ارتفاع، ابعاد و موقعیت مکانی قطعات ملکی است.

اطلاعات مفهومی: مشخصه‌های فیزیکی مانند نما، سقف و ...

مزایای BIM در ثبت سه‌بعدی

عمده‌ترین مزیت مدل‌های اطلاعات ساختمانی، در قابلیت آن‌ها برای مدیریت اطلاعات در طول چرخه حیات سازه است که فازهای طراحی، ساخت و نگهداری را شامل می‌شود (رجبی فرد، ۱۳۹۳). مزیت دیگر آن همان‌طور که ذکر شد، ارتقاء و تسهیل تعامل بین اعضای مختلف پروژه می‌باشد. در این رابطه، Singh و همکاران (۲۰۱۱) پیشنهاد استفاده از خادمان^۱ مدل‌های اطلاعات ساختمانی برای ایجاد ارتباط بین رشته‌ای بین افراد متخصص را مطرح نموده و پیش‌بینی‌های فنی لازم برای طراحی چهارچوب خادمان مدل‌های اطلاعات ساختمانی را بیان می‌کنند (Singh et al., 2011). تحقیقات بسیاری مزایایی مانند کنترل هزینه (Forbes and Ahmed, 2010)، کاهش زمان و افزایش کیفیت و بهره‌وری (Gilligan and Kunz, 2007) را برای استفاده‌کنندگان مدل‌های اطلاعات ساختمانی مطرح

نموده‌اند. مزایای هزینه شامل کنترل هزینه‌های کلی در طول طراحی و ساخت سازه، هزینه‌های کمتر برای ایجاد تغییرات در طراحی، برآورد هزینه پروژه و بازگشت بیشتر سرمایه‌گذاری‌ها می‌باشد. مزایای زمانی شامل شناسایی سریع مشکلات موجود در مدل، تصمیم‌گیری مؤثر و صحیح در فازهای اولیه طراحی، کاهش زمان محاسبه و تقریب هزینه‌ها، افزایش کارایی و سودمندی در فرایندهای ساخت سازه و ارزیابی سریع‌تر تغییرات در طراحی می‌باشد. مزایای کیفی شامل بهبود طراحی و کیفیت محصول (CRC-CI, 2007) و افزایش دقت تقریب هزینه‌ها و مزیت بهره‌وری نیروی کاری می‌باشد (Kaner et al., 2008). مدل‌سازی هوشمند ساختمان‌ها با جزئیات کامل معماری و سازه‌ای که نمایش دقیق سه‌بعدی ساختمان‌ها و واحدهای ملکی را فراهم می‌کند (Eastman et al., 2018). ثبت اطلاعات مالکیتی در سطح جزئیات طبقات و واحدها به صورت مجزا موجب شفافیت حقوقی و کاهش اختلافات می‌شود (Noardo et al., 2020; Rajabifard, 2019). کاهش قابل توجه خطاهای اندازه‌گیری و افزایش دقت نسبت به روش‌های سنتی به ویژه در پروژه‌های کاداستر سه‌بعدی و مجتمع‌های ساختمانی بزرگ و پیچیده (Gkeli, 2021) از دیگر مزیت‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی می‌باشد.

چالش‌های ادغام GIS و BIM در ثبت سه‌بعدی:

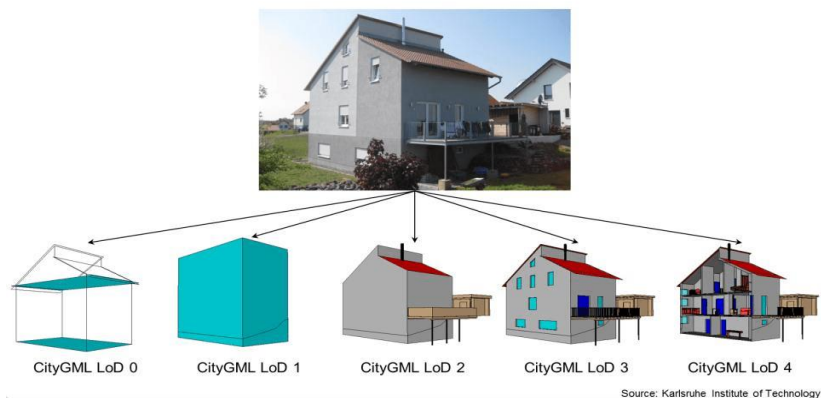
با وجود مزایای متعدد سیستم‌های اطلاعات مکانی سه‌بعدی (3D GIS) و مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی (BIM) در بهبود دقت، سرعت و شفافیت نظام ثبت رسمی املاک، موانع و چالش‌های قابل توجهی در مسیر پیاده‌سازی این علوم و فناوری‌ها وجود دارد که باید به صورت جامع مورد بررسی و رفع قرار گیرند. از جمله این موانع می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

عدم انطباق قوانین ثبت موجود با ماهیت داده‌های سه‌بعدی: قوانین ثبت اسناد و املاک در بسیاری از کشورها، از جمله ایران، عمدتاً بر مبنای داده‌ها و نقشه‌های دوبعدی طراحی شده‌اند و هنوز چهارچوب قانونی مشخص و جامعی برای پذیرش و اعتبارسنجی داده‌های سه‌بعدی وجود ندارد. این موضوع باعث ایجاد ابهام در ارزش اثباتی اسناد رقومی سه‌بعدی و نحوه استناد حقوقی آن‌ها می‌شود و مانعی جدی در بهره‌برداری کامل از فناوری‌های نوین به شمار می‌رود (گل‌فشان، ۱۴۰۰).

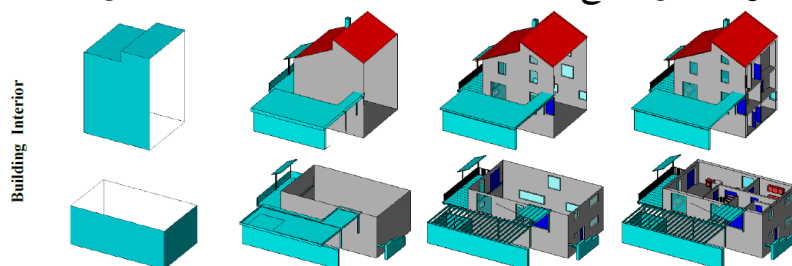
نیاز به استانداردسازی فرمت‌های تبادل داده بین GIS و BIM: هر کدام استانداردها و فرمت‌های خاص خود را دارند که از نظر ساختار و نحوه نمایش داده‌ها متفاوت است. به عنوان مثال، BIM معمولاً از فرمت IFC^۱ استفاده می‌کند که مبتنی بر مدل‌سازی جامد است (یعنی تمام اجزای آن با جزئیات کامل و اطلاعات مرتبطشان، به صورت یک مدل سه‌بعدی و جامد در قالب IFC ذخیره و مبادله می‌شوند)، در حالی که GIS بیشتر از استاندارد CityGML با نمایش سطحی بهره می‌برد (شکل‌های ۱ تا ۳).

1. Industry Foundation Classes

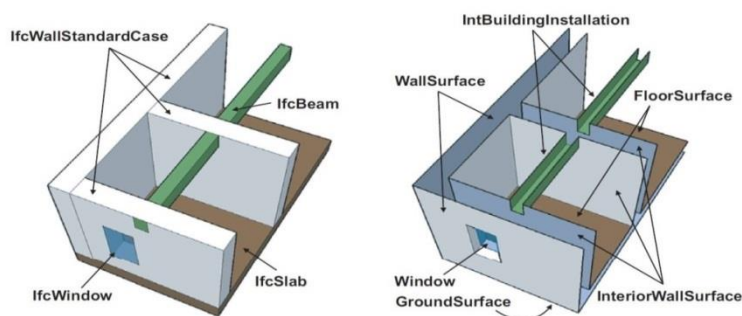
این تفاوت‌ها باعث بروز مشکلات فنی در تبدیل و تبادل داده‌ها شده و منجر به از دست رفتن اطلاعات یا باعث ایجاد خطاهای هندسی می‌شود. بنابراین، توسعه استانداردهای مشترک و روش‌های تبدیل دقیق داده‌ها برای ایجاد قابلیت همکاری بین این دو سیستم ضروری است (بیات و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۱. نمایشی از سطح جزئیات در ساختار CityGML (Löner et al., 2013؛ رضایی، ۱۳۹۴)



شکل ۲. نمایشی از سطوح توسعه در استاندارد IFC (Zhu et al., 2018)



شکل ۳. نمایشی از تعریف المان‌های ساختمان در IFC و CityGML (Rajabifard, 2019)

چالش‌های حقوقی: در خصوص ارزش اثباتی اسناد رقومی با ورود داده‌های رقومی و مدل‌های سه‌بعدی

به فرایند ثبت رسمی، پرسش‌هایی درباره اعتبار حقوقی این اسناد، نحوه پذیرش آن‌ها در مراجع قضائی و تضمین امنیت و صحت داده‌ها مطرح می‌شود. فقدان قوانین و مقررات مشخص در این زمینه، باعث تردید در استفاده گسترده از این فناوری‌ها شده است. (سالاری، ۱۳۹۱؛ گل‌فشان، ۱۴۰۰)

علاوه بر موارد فوق، چالش‌های دیگری مانند کمبود نیروی متخصص آشنا به فناوری‌های نوین، هزینه‌های بالای پیاده‌سازی، مقاومت سازمانی در برابر تغییر، و فقدان زیرساخت‌های فناوری اطلاعات مناسب نیز از موانع مهم به شمار می‌روند.

مسئله تحقیق: این پژوهش با هدف بررسی جامع این چالش‌ها، تحلیل و بررسی موانع فنی، حقوقی و نهادی و ارائه راهکارهای عملی و کاربردی، درصدد ترسیم نقشه راهی برای بهره‌گیری بهینه از پتانسیل‌های ادغام GIS و BIM در نظام ثبت رسمی ایران است. این نقشه راه می‌تواند شامل پیشنهاد اصلاح قوانین ثبت، تدوین استانداردهای تبادل داده، آموزش نیروی انسانی، و توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات باشد تا زمینه لازم برای تحول رقومی در ثبت املاک فراهم گردد.

۲. روش تحقیق

رویکرد کلی پژوهش

مطالعه حاضر از نوع مرور سیستماتیک است که با تمرکز بر تحلیل محتوای منابع معتبر علمی و حقوقی انجام شده است. روش‌شناسی تحقیق به‌گونه‌ای طراحی شده که بتواند به سه پرسش کلیدی زیر پاسخ دهد:

۱. چگونه علوم و فناوری‌های GIS و BIM می‌توانند چالش‌های نظام ثبت سنتی را مرتفع سازند؟
۲. چه الزامات حقوقی و فنی برای پیاده‌سازی این علوم و فناوری‌ها در ایران لازم است؟
۳. تجربیات موفق بین‌المللی در زمینه سیستم‌های اطلاعات مکانی و مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی چه درس‌هایی برای بهبود ثبت رسمی اسناد غیرمنقول در ایران دارد؟

در این پژوهش از مستندات حقوقی شامل قوانین ثبت ایران (۱۳۱۰ تا ۱۴۰۳)، مقررات بین‌المللی مانند مدل داده اداره زمین (LADM) و دستورالعمل INSPIRE، و همچنین مقالات علمی با کلیدواژه‌هایی نظیر کاداستر سه‌بعدی، مدل اطلاعات ساختمانی، سیستم‌های اطلاعات مکانی سه‌بعدی، GeoBIM و مطالعات موردی چند پروژه موفق در کشورهای پیشرو استفاده شده است.

ابزارهای گردآوری داده

الف) ابزارهای کتابخانه‌ای (این ابزارها شامل پایگاه‌های علمی مانند ScienceDirect, IEEE Xplore، قوانین و گزارشات فنی موجود)

ب) روش‌های میدانی (مصاحبه با خبرگان، حقوق‌دانان، متخصصان GIS و متخصصان BIM)

محدودیت‌های تحقیق

- کمبود داده‌های متن‌باز (Open Source) مرتبط با پروژه‌های داخلی
- نوپا بودن موضوع کاداستر سه‌بعدی در ایران و محدودیت منابع پژوهشی در این زمینه

۳. یافته‌ها

کارکردهای مهم GIS در ثبت سه‌بعدی:

دقت اندازه‌گیری بهبودیافته: سیستم‌های GIS مدرن با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته علوم ژئوماتیک توانسته‌اند دقت اندازه‌گیری حدود املاک را از حدود ± 50 سانتی متر در روش‌های سنتی به ± 2 سانتی متر ارتقا دهند (خوش‌برش، ۱۳۹۷؛ رجب‌زاده، ۱۳۹۵).

بسترهای یکپارچه مدیریت داده: پیاده‌سازی سامانه‌های اطلاعات مکانی تحت وب (WebGIS) امکان دسترسی برخط ذی‌نفعان به اطلاعات ملکی را فراهم کرده است (سدیدی، ۱۴۰۰).

فناوری‌های مورد استفاده: با توسعه علوم و فناوری‌های جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و نمایش اطلاعات به‌صورت سه‌بعدی (نقشه‌برداری)، امکان تهیه مدل سه‌بعدی ساختمان‌ها برای اهداف فوق امکان‌پذیر شده است (رجبی‌فرد، ۱۳۹۳). از روش‌های جمع‌آوری اطلاعات هندسی سه‌بعدی جهت نیل به اهداف فوق می‌توان به روش‌های نقشه‌برداری کلاسیک با تجهیزات سنتی، نقشه‌برداری نوین با تجهیزات دقیق، فتوگرامتری هوایی، فتوگرامتری برد کوتاه، سنجش از دور، پهپاد، پوششگرهای لیزری سه‌بعدی دستی، پوششگرهای لیزری سه‌بعدی هوایی، پوششگرهای لیزری سه‌بعدی زمینی اشاره نمود که در جدول ۱ کارایی هر کدام در تهیه اطلاعات مفهومی سه‌بعدی از ساختمان مقایسه شده است (Jazayeri et al., 2014)؛ علامت مثبت به معنای کارآمدی روش و علامت منفی به معنای ناکارآمدی روش است.

| گروه | روش | فضای داخلی | نما | سقف |
|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| روش‌های نقشه‌برداری | ابزارهای ساده سنتی | + جزئیات کم، دقت کم | + دارای محدودیت | + دارای محدودیت |
| | نقشه‌برداری دقیق | + جزئیات کم، دقت بالا | + دارای محدودیت | + دارای محدودیت |
| روش‌های بر مبنای تصویربرداری | تصاویر ماهواره‌ای | - | - | + دارای محدودیت |
| | فتوگرامتری هوایی | - | + دارای محدودیت | + دارای محدودیت |

| سقف | نما | فضای داخلی | روش | گروه |
|--------------------|---------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| - عدم دید | + جزئیات زیاد | + جزئیات زیاد | فتوگرامتری برد کوتاه | |
| + | + | + | پهپاد | |
| + | + دارای محدودیت | - | پویشگر لیزری هوایی | روش‌های بر مبنای اندازه‌گیری فاصله |
| + مشکل در تلفیق | + محدودیت در ارتفاع | + دقت زیاد | پویشگر لیزری زمینی | |
| + | + | + | پویشگر لیزری دستی | |

جدول ۱. مقایسه کارایی روش‌های مختلف در تهیه اطلاعات مفهومی سه‌بعدی از ساختمان

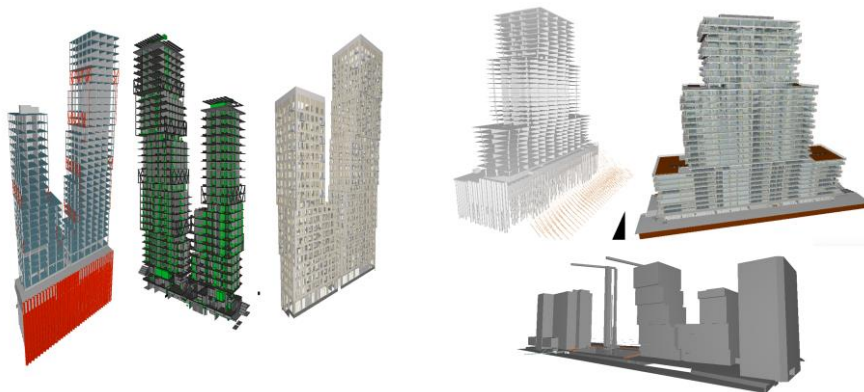
(Jazayeri et al., 2014)

همان‌طور که در توضیحات جدول ۱ مشخص است روش‌های مختلفی در تهیه مدل سه‌بعدی ساختمان می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. با در نظر گرفتن شاخص‌هایی مانند دقت، برداشت جزئیات، سرعت، هزینه، قابلیت استفاده در شرایط مختلف، کارایی برای سطوح مختلف و ... نمی‌توان یک روش خاص را به‌عنوان راهکار کلی برای تهیه مدل اطلاعات ساختمانی پیشنهاد داد ولی با ترکیب روش‌های فوق می‌توان یک مدل سه‌بعدی کامل از یک ساختمان که کلیه سطوح و فضاهای یک ساختمان را شامل شود تهیه نمود (Jazayeri et al., 2014).

مزایای استفاده از BIM در ثبت سه‌بعدی:

مدل‌های مالکیت طبقاتی: استفاده از استاندارد کلاس‌های بنیاد صنعت^۱ (IFC) در پروژه‌های شهری امکان تفکیک دقیق حقوق مالکیت در سطح واحدهای آپارتمانی و فضاهای مشاع را فراهم کرده است (شکل ۴). این مدل‌سازی سه‌بعدی موجب افزایش شفافیت در مالکیت فضاهای زیربنایی و کاهش اختلافات شده است (Noardo et al., 2020).

1. Industry Foundation Classes



شکل ۴. مدل اطلاعات ساختمانی با رعایت استاندارد IFC (Noardo et al., 2020)

کاهش هزینه‌های حقوقی: ادغام داده‌های BIM با سیستم‌های ثبت مالکیت، هزینه‌های مرتبط با حل اختلافات ملکی را به شدت کاهش داده است. بهبود دقت ثبت حقوق مالکیت: استفاده از BIM توانسته است دقت ثبت حقوق مالکیت در ساختمان‌های پیچیده را بهبود بخشد و چالش‌های مربوط به ثبت املاک طبقاتی را به طور قابل توجهی کاهش دهد (Rajabifard, 2019).

یافته‌هایی از ادغام BIM و GIS:

مطالعات و تحقیقات بین‌المللی نشان داده است که ادغام این دو علم و فناوری می‌تواند منجر به ایجاد کاداستر سه‌بعدی پایدار و افزایش دقت ثبت اطلاعات گردد و به بهبود مدیریت مالکیت و تسهیل تبادل داده میان سازمان‌ها و نهادهای مرتبط منجر شود. همچنین این علوم و فناوری‌ها امکان نمایش و مدیریت حقوقی، محدودیت‌ها و مسئولیت‌های مالکیت را در محیط‌های پیچیده شهری فراهم می‌آورند و نقش مهمی در توسعه پایدار شهری ایفا می‌کنند. چند نمونه از بهبود مدیریت ثبت و مالکیت در ساختمان‌ها به شرح زیر است:

کاهش زمان فرایندهای ثبت و صدور اسناد مالکیت: در کشورهای پیشرفته، رقومی‌شدن فرایندهای ثبت و استفاده از سامانه‌های برخط ثبت معاملات املاک، زمان صدور اسناد مالکیت را به طور قابل توجهی کاهش داده است. با به‌کارگیری سیستم‌های کاداستر رقومی، فرایند ثبت می‌تواند از چند ماه به چند هفته یا حتی چند روز کاهش یابد.

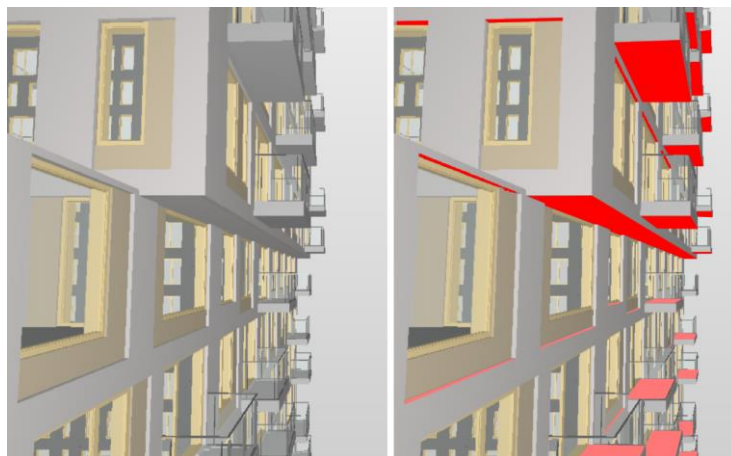
افزایش شفافیت حقوقی و کاهش اختلافات مالکیتی: تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از کاداستر رقومی و سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) باعث افزایش شفافیت در مالکیت اراضی و کاهش

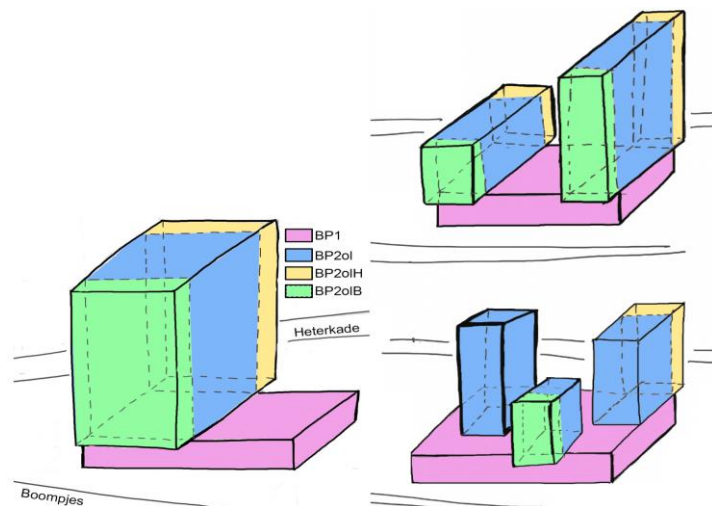
پرونده‌های قضائی مرتبط با ابهام در مرزهای مالکیت اراضی و املاک شده است. در این راستا، شناسه‌های ملی جغرافیایی املاک (مانند کد جام در ایران) به‌عنوان ابزاری برای تضمین اصالت اسناد و تطبیق موقعیت جغرافیایی ملک با سند رسمی به‌کار گرفته می‌شوند (سالاری، ۱۳۹۱).

بهبود مدیریت شهری و برنامه‌ریزی کاربری اراضی: مطالعاتی در شهرداری تهران نشان داده است که استفاده از سامانه‌های مدیریت و پردازش داده و سامانه‌های اطلاعاتی و GIS در مدیریت شهری موجب بهبود تصمیم‌گیری‌ها، شفافیت قیمت‌گذاری املاک و تسهیل در عملیات محاسبه قیمت و مدیریت کاربری اراضی شده است (عبداللهی، ۱۳۹۶).

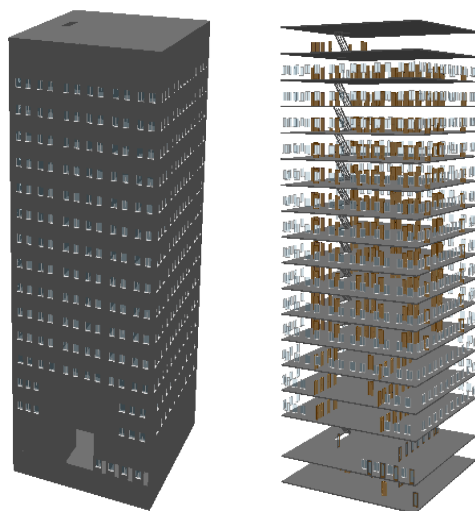
این نمونه‌ها نشان می‌دهد که به‌کارگیری فناوری‌های نوین رقومی و اطلاعات مکانی در نظام ثبت املاک، علاوه بر افزایش دقت و سرعت، موجب بهبود شفافیت حقوقی و کاهش اختلافات مالکیتی شده است. شکل ۵ نمایشی از وضعیت عوارض سه‌بعدی نسبت به یکدیگر و تشخیص خودکار عوارض توسط سیستم را نمایش می‌دهد. همچنین ادغام GIS و BIM در ثبت اسناد، نه تنها به مستندسازی دقیق و به‌روزرسانی اطلاعات کمک می‌کند، بلکه باعث بهبود مدیریت دارایی‌ها، تسریع در فرایندهای تأیید و ارتقای کیفیت و هماهنگی پروژه می‌شود.

در مطالعه‌ای درخصوص ساختمان پلاسکو (شکل ۶) که در سال ۱۳۹۵ دچار آتش‌سوزی و تخریب شد، مشخص شد با دراختیارداشتن مدل اطلاعات ساختمانی (BIM) و تلفیق با سیستم اطلاعات مکانی (GIS) عملیات امداد و نجات و نیز تخلیه اضطراری تا ۷۰٪ تسریع شد و به مدیران بحران امکان تصمیم‌گیری براساس مسیرهای امن‌تر داخلی ساختمان دچار حریق شده را داد (Bayat et al., 2020)، این امر بیانگر این است که ثبت سه‌بعدی اطلاعات ساختمان علاوه بر مزایای نامبرده شده قابلیت استفاده در مراکز دیگر مانند مدیریت بحران را نیز دارد.





شکل ۵. تشخیص روی هم افتادگی‌های سه‌بعدی و وضعیت عوارض نسبت به هم به صورت خودکار توسط سیستم (Noardo et al., 2020)



شکل ۶. کاربرد تلفیق سیستم اطلاعات مکانی سه‌بعدی و مدل اطلاعات ساختمان پلاسکو و لایه‌های درونی آن جهت مدیریت بحران (Bayat et al., 2020)

سایر یافته‌های حقوقی و میدانی:

چالش‌های حقوقی: ماده ۲۲ قانون مدنی ایران به صراحت به اعتبار اسناد سه‌بعدی اشاره نکرده است. در مقابل، استاندارد بین‌المللی مدل داده اداره زمین (LADM) ISO 19152 در بسیاری از کشورهای

اروپایی به‌عنوان مبنای حقوقی ثبت رقومی پذیرفته شده است. این عدم انطباق قانونی، یکی از موانع اصلی در پذیرش فناوری‌های نوین در نظام ثبت رسمی ایران محسوب می‌شود.

مقاومت دفاتر اسناد رسمی در برابر سیستم‌های رقومی و خودکار: براساس نظر ۸۷٪ از مصاحبه‌شوندگان، کارکنان دفاتر اسناد رسمی نسبت به رقومی‌شدن اسناد و خودکارسازی فرایندها مقاومت نشان داده‌اند. این مقاومت ممکن است ناشی از نگرانی‌های مرتبط با دشواری‌های تغییر از روش‌های سنتی به روش‌های رقومی یا ترس از کاهش مراجعات و درآمدهای مرتبط باشد.

این یافته‌ها نشان‌دهنده پیشرفت‌های فنی و چالش‌های حقوقی و نهادی در مسیر تحول رقومی نظام ثبت رسمی املاک است و بر ضرورت تدوین چهارچوب‌های قانونی و فرهنگی مناسب برای بهره‌برداری کامل از علوم و فناوری‌های GIS و BIM تأکید دارد.

۴. پیشنهادها

پیشنهاد‌های سیاست‌گذاری و حقوقی

الف) اصلاحات قانونی:

- تدوین لایحه "ثبت سه‌بعدی املاک": این لایحه شامل تعریف حقوقی سند رقومی سه‌بعدی در قانون ثبت، اعتباربخشیدن به امضای الکترونیک در معاملات ملکی (مطابق قانون تجارت الکترونیک)، الزام کد QR جغرافیایی بر کلیه اسناد مالکیت است.

- ایجاد دادگاه‌های تخصصی GIS به‌منظور راه‌اندازی سامانه قضاوت برخط اختلافات مرزی با قابلیت نمایش اطلاعات سه‌بعدی. این سامانه صرفاً با هدف کاهش بار پرونده‌های محاکم قضایی می‌باشد که برخی از مراجعان از همین مرحله اختلافات خود را حل نمایند و نیازی به مراجعه حضوری نباشد.

ب) استانداردهای فنی:

تهیه استاندارد ملی IranGeoBIM (با پروتکل امنیتی سطح ۴^۱ برای داده‌های حساس، سازوکار به‌روزرسانی خودکار نقشه‌های کاداستر و استانداردهای CityGML و IFC)

پیشنهاد‌هایی اجرایی

انجام پروژه‌های نمونه (به‌عنوان مثال: ایجاد و راه‌اندازی سامانه‌های هوشمند ثبت کاداستر سه‌بعدی برج‌های کلانشهرها)

لحاظ نمودن سازوکارهای مالی مانند: طرح‌های تشویقی (تخفیف مالیاتی برای املاک ثبت‌شده به روش سه‌بعدی)

۱. مجموعه‌ای از استانداردها و روش‌ها جهت ایمن‌سازی ارتباط بین سطوح خادم و مخدوم پایگاه داده که در لایه انتقال استفاده می‌شود.

پیشنهادهای آموزشی و فرهنگ‌سازی

برنامه‌های آموزشی: طرح جامع توانمندسازی (برگزاری دوره‌های تخصصی GIS/BIM برای کارشناسان ثبتی، کارگاه‌های عملی با نرم‌افزارهای ArcGIS Pro برای تحلیل‌های سه‌بعدی کاداستری و نرم افزار Revit برای مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی)

آگاه‌سازی عمومی (پویس ملی، تولید محتوای واقعیت افزوده (AR))

پیشنهادهای فناوریانه

توسعه سامانه‌های هوشمند کاداستر:

بستری با قابلیت‌های تبدیل خودکار نقشه‌های دوبعدی به سه‌بعدی با الگوریتم‌های آموزش عمیق (Deep Learning) و اتصال به سامانه‌های مالیاتی و شهرداری و مدیریتی)
 زنجیره بلوکی^۱ ثبتی: ثبت و ذخیره توزیع شده و غیرمتمرکز اطلاعات مالکیت، قراردادهای هوشمند (smart contract) برای انتقال خودکار مالکیت بین مردم با ثبت جزئیات سه‌بعدی املاک.

توسعه زیرساخت‌های حیاتی:

شبکه ملی نقاط مبنایی ژئودتیک: افزایش تراکم ایستگاه‌های تعیین موقعیت پویا (DGPS) و راه‌اندازی سرویس تعیین موقعیت برخط (RTK) رایگان

نقشه راه پیاده‌سازی به شرح زیر است:

۱. کوتاه‌مدت (۲-۱ سال): انجام اصلاحات قانونی و پروژه‌های آزمایشی.
۲. میان‌مدت (۵-۳ سال): یکپارچه‌سازی GIS/BIM در مقیاس کامل و تدوین برنامه‌های آموزشی.
۳. بلندمدت (۵+ سال): پذیرش زنجیره بلوکی و کاداستر سه‌بعدی در سراسر کشور

نتیجه‌گیری

قوانین ثبت اسناد و املاک و قانون الزام به ثبت رسمی معاملات اموال غیرمنقول، پایه‌های اساسی نظام حقوقی ثبت در ایران هستند که با هدف ایجاد امنیت حقوقی، شفافیت اقتصادی و کاهش اختلافات ملکی تدوین شده‌اند. با این حال، روش‌های سنتی ثبت که مبتنی بر نقشه‌های دوبعدی و فرایندهای دستی است، با چالش‌هایی مانند عدم دقت در تعیین حدود املاک، طولانی‌بودن زمان صدور اسناد و ناتوانی در نمایش روابط سه‌بعدی ساختمان‌ها مواجه‌اند.

علوم و فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) و مدل‌سازی اطلاعات

1. Blockchain

ساختمانی (BIM) قابلیت‌های قابل توجهی برای رفع این مشکلات دارند. GIS امکان ورود، یکپارچه‌سازی، تحلیل و نمایش دقیق داده‌های مکانی را فراهم می‌کند و BIM با مدل‌سازی سه‌بعدی ساختمان‌ها، مدیریت دقیق مالکیت طبقاتی و کاهش اختلافات حقوقی را تسهیل می‌نماید. ادغام این دو علم و فناوری می‌تواند به ایجاد کاداستر سه‌بعدی پایدار، افزایش سرعت و دقت ثبت، بهبود مدیریت مالکیت و تسهیل تبادل داده‌ها بین نهادهای مرتبط کمک کند.

با این وجود، چالش‌های مهمی از جمله عدم انطباق قوانین موجود با داده‌های سه‌بعدی، نیاز به استانداردسازی فرمت‌های تبادل داده بین GIS و BIM، مسائل حقوقی مربوط به اعتبار اسناد رقمی و مقاومت افراد در برابر تغییر وجود دارد که باید به‌طور جامع مورد بررسی و رفع قرار گیرند.

پیشنهاد‌های ارائه‌شده شامل اصلاح قوانین ثبت با تعریف حقوقی سند رقمی سه‌بعدی، تدوین استانداردهای فنی مشترک، اجرای پروژه‌های نمونه، آموزش نیروی انسانی متخصص، توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند Blockchain است که می‌تواند نقشه راهی برای تحول رقمی نظام ثبت رسمی در ایران باشد.

در پایان، باتوجه به اهمیت ثبت رسمی املاک در تضمین امنیت حقوقی، توسعه اقتصادی و مدیریت شهری پایدار، لازم است اصلاحات قانونی، فنی و نهادی به‌صورت هماهنگ و مستمر پیگیری شود تا بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌های فناوری‌های نوین فراهم گردد و نظام ثبت رسمی املاک در ایران به سطح استانداردهای جهانی ارتقاء یابد.

ادغام فناوری‌های GIS و BIM در نظام ثبت رسمی املاک، نه تنها باعث افزایش دقت و سرعت در فرایندهای ثبت می‌شود، بلکه با ارتقای شفافیت حقوقی و کاهش اختلافات مالکیتی، زمینه‌ساز توسعه پایدار شهری و بهبود مدیریت بحران خواهد بود و این امر مستلزم همکاری همه‌جانبه نهادهای حقوقی، فنی و اجرایی است.

منابع

فارسی

- بیات، هادی و دلاور، محمودرضا و حناچی، پیروز، ۱۳۹۸، بررسی تحلیلی تلفیق سیستم اطلاعات مکانی GIS و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM، ششمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری و پنجمین نمایشگاه تخصصی انبوه‌سازان مسکن و ساختمان استان تهران، تهران، ۲۳ خرداد ۱۳۹۸.
- سالاری، مصطفی. (۱۳۹۱). کاربرد حقوقی سامانه‌های داده‌های مکانی (GIS) و مدیریت زمین (LIS) در تملک اراضی توسط دولت، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی - سپهر ۲۱(۸۱)، 52-57 pp.
- عبدالهی، رستم و حسنی، علیرضا، ۱۳۹۶، ثبت املاک از شیوه کاداستر در نگاه کشورهای بین‌المللی، اولین همایش ملی علوم اجتماعی، علوم تربیتی، روان‌شناسی و امنیت اجتماعی، تهران. ۷ اردیبهشت ۱۳۹۶.
- خوش‌برش ماسوله، مهدی، صادقیان، سعید. (۱۳۹۷). 'پیاده‌سازی کاداستر سه‌بعدی شهری بر مبنای تصاویر هوایی با قابلیت مدیریت املاک در کلانشهر تهران'، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی "سپهر"، ۲۷(۱۰۷)، 25-40 pp.
- رجب‌زاده، علی و سعیدیان طیبی بجستانی، ماشاءالله، ۱۳۹۵، ارائه عوارض سه‌بعدی کاداستر به کمک ۳ D GIS، همایش بین‌المللی افق‌های نوین در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی و مدیریت فرهنگی شهرها، اسلامشهر. ۱۷ مهر ۱۳۹۵.
- سدیدی، جواد، معتمدی، صباح، و رضائیان، هانی. (۱۴۰۰). طراحی یک محیط مجازی مبتنی بر وب جهت کاداستر سه‌بعدی. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، ۲۱(۶۰)، ۳۷۹-۳۹۸.
- گل‌فشان، فهیمه، ۱۴۰۰، شناسایی موانع و چالش‌های پیاده‌سازی BIM در سازمان‌های پروژه‌محور مطالعه موردی شهرداری کلانشهر، قم، چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی اطلاعات ساخت (BIM). ۲۶ مهر ۱۴۰۰.
- رجبی فرد، عباس (۱۳۹۳). مباحث نوین در توانمندسازی جامعه با زیرساخت اطلاعات مکانی و مدیریت زمین، چاپ اول، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.
- قانون مدنی (مصوب ۱۳۰۷)
- قانون ثبت اسناد و املاک (مصوب ۱۳۱۰ با اصلاحات بعدی)
- قانون الزام به ثبت رسمی معاملات اموال غیر منقول (مصوب ۱۴۰۳)
- رضایی، ف. (۱۳۹۴) تعیین موقعیت در فضای بسته مدل‌سازی شده با CityGML"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

غیرفارسی

- Bayat, H., Delavar, M. R., Barghi, W., EslamiNezhad, S. A., Hanachi, P., and Zlatanova, S.: MODELING OF EMERGENCY EVACUATION IN BUILDING FIRE, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B4-2020, 321-327, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-321-2020>, 2020.

- Noardo, F., Wu, T., Arroyo Otori, K., Krijnen, T., Tezerdi, H., and Stoter, J.: GEOBIM FOR DIGITAL BUILDING PERMIT PROCESS: LEARNING FROM A CASE STUDY IN ROTTERDAM, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., VI-4/W1-2020, 151–158, <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-151-2020>, 2020.
- INSPIRE Directive (2021). European Commission Guidelines.
- ISO 19152 (LADM): Land Administration Domain Model
- CityGML 3.0 (2021). OGC Standard
- IFC 4.3 (2022). BuildingSMART International
- Eastman, C., et al. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. Wiley .
- Sun, J., Mi, S., Olsson, P.-o., Paulsson, J., & Harrie, L. (2019). Utilizing BIM and GIS for Representation and Visualization of 3D Cadastre. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(11), 503. <https://doi.org/10.3390/ijgi8110503>
- Andrianesi, D. E. and Dimopoulou, E.: AN INTEGRATED BIM-GIS PLATFORM FOR REPRESENTING AND VISUALIZING 3D CADASTRAL DATA, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., VI-4/W1-2020, 3–11, <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-3-2020>, 2020.
- Jazayeri I., Rajabifard A., Kalantari M., (2014). A geometric and semantic evaluation of 3D data sourcing methods for land and property information. Land Use Policy 36:219-230.
- Jazayeri I., Rajabifard A. et al. (2012), trends in 3D Land Information Collection and Management. A National Infrastructure for Managing Land Information Research Snapshot (Ch. 8), pp. 81-87
-
- Gkeli, M., Potsiou, C., & Ioannidis, C. (2021). BIM data as input to 3D crowdsourced cadastral surveying—Potential and perspectives. Proceedings of the FIG e-Working Week.
- Zhu, J., Wright, G., Wang, J., & Wang, X. (2018). A critical review of the integration of geographic information system and building information modeling at the data level. ISPRS International Journal of Geo-Information, 7(2), 66.
- Löwner, M.-O., Benner, J., Gröger, G., & Häfele, K.-H. (2013). New concepts for structuring 3D city models—an extended level of detail concept for CityGML buildings. Paper presented at the International Conference on Computational Science and Its Applications.
- Rajabifard, Abbas (2019). Atazadeh, Behnam. Kalantari, Mohsen. BIM and Urban Land Administration, CRC Press
- Longley, P.A., et al. (2015) Geographic Information Systems and Science. 4th Edition, John Wiley & Sons, Hoboken.

-
- Davis, B. E. (2001). *Gis a Visual Approach*. 2nd Edition, Delmar Thomson Learning.
 - Singh V., Gu N, Wang X. (2011) A theoretical framework of a BIM-based multidisciplinary collaboration platform. *Automation in Construction* 20:134-144.
 - Forbes L.H., Ahmed S.M. (2010) *Modern Construction: lean project delivery and integrated practices* CRC Press.
 - Gillian B., Kuzen J. (2007) VDC use in 2007: significant value, dramatic growth, and apparent business opportunity. *TR171:36*.
 - CRC-CI. (2007) *Adopting BIM for facilities management*, Cooperative Research Center for Construction Innovation Brisbane, Australia.
 - Kaner I, Sacks R., Kassian W., Quitt T., (2008) Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms. *Jornal of Information Tecnology in Construction* 13:303-323.