نشریه علمی علوم و فنون نقشه برداری، دوره یازدهم، شماره ۴، خرداد ماه ۱۴۰۱ – مقاله پژوهشی

حدنگاری انواع مرزهای ثبتی ایران در سه بعد با استفاده از غنی سازی مدلسازی اطلاعات ساختمانی

محمد عینعلی*[۱]، علی‌اصغر آل‌شیخ[۲]، بهنام عطازاده[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
m.einali@email.kntu.ac.ir

[۲] استاد دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
alesheikh@kntu.ac.ir

[۳]پژوهشگر فوق دکتری سیستم‌های اطلاعات مکانی - مرکز تحقیقات زیرساخت اطلاعات مکانی و مدیریت زمین - دانشگاه ملبورن
behnam.atazadeh@unimelb.edu.au

(تاریخ دریافت بهمن ۱۴۰۰، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۴۰۱)

چکیده

در سال‌های اخیر جمعیت شهرنشین در ایران رو به افزایش بوده است. این افزایش جمعیت در شهرهای بزرگ باعث افزایش تقاضا برای زمین می‌شود. افزایش تقاضا به‌نوبه خود موجب بلندمرتبه‌سازی و افزایش تراکم و ایجاد نقشه‌های ثبتی پرتعداد و پیچیده در این ساختمان‌ها شده است. در حال حاضر، روش فعلی برای ثبت و ذخیره‌سازی انواع مرزهای حقوقی در ایران، استفاده از خطوط و نقشه‌های دوبعدی است. این روش دارای محدودیت‌هایی برای نمایش مرزهای ثبتی مختلف که فضاهای مالکیتی را مشخص می‌کنند، است. به همین دلیل ایجاد یک سازوکار جهت ثبت مالکیت‌های موجود در ساختمان‌ها به شکلی دقیق و کارا بیش‌ازپیش موردنیاز است. با پیشرفت درزمینهٔ مدل‌های سه‌بعدی مخصوصاً مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی[۱]، تحقیقات زیادی جهت ثبت سه‌بعدی مرزهای حقوقی با استفاده از این مدل‌ها در کشورهای مختلف در حال انجام است. در این مقاله برای اولین بار از مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی جهت ثبت سه‌بعدی انواع مرزهای حقوقی در حوزه قضایی ایران استفاده شد. برای این کار ابتدا انواع مختلف مرزهای ثبتی در ایران طبق مقررات اداره ثبت‌اسناد و املاک کشور و دستورالعمل تفکیکی ساختمان‌ها در ایران مشخص شدند. سپس جهت ثبت این مرزها، استاندارد کلاس‌های بنیاد صنعت[۲] توسعه یافت و بر روی یک نمونه اولیه که ساختمانی در تهران است پیاده‌سازی شد. در مرحله ارزیابی، مرزهای ثبتی در دو روش پیشنهادی و روش فعلی با استفاده از روش پرسشنامه مقایسه شدند. نتایج این ارزیابی در معیارهای مختلف، قابلیت بالای روش پیشنهادی در ثبت و نمایش مرزهای حقوقی مصوب سازمان ثبت‌اسناد و املاک کشور را نشان داد، به‌طوری‌که بیش از ۸۰ درصد از جامعه نخبگان شرکت‌کننده در پرسشنامه این روش را نسبت به روش فعلی مناسب‌تر دانستند.

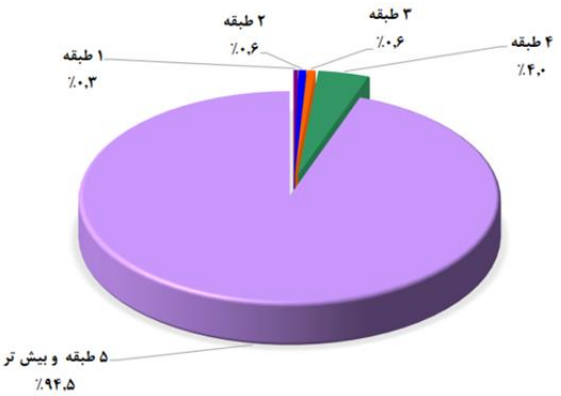
واژگان کلیدی: ثبت املاک، کاداستر سه‌بعدی، مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی، IFC، مدل داده سه‌بعدی

* نویسنده رابط

۱ Building Information Modeling (BIM)
۲ Industry Foundation Classes (IFC)

۱- مقدمه

بر اساس اطلاعات مرکز آمار ایران جمعیت قابل‌توجهی در شهرهای بزرگ زندگی می‌کنند که سال‌به‌سال بر این جمعیت افزوده می‌شود[۱]. این افزایش جمعیت و وجود مناطق و منابع محدود جهت اسکان باعث افزایش ساخت‌وساز ساختمان‌های چندین طبقه و بلندمرتبه می شود، به‌طوری‌که طبق اطلاعات مرکز آمار در سال ۹۸ بیش از ۹۴ درصد پروانه‌های صادرشده توسط شهرداری تهران به ساختمان‌هایی با ۵ طبقه یا بیش از آن اختصاص دارند [۱]. این روند نشانگر ان است که در مناطق شهری نیاز به ساخت بیشتر ساختمان‌های بلندمرتبه، شبکه‌های تأسیساتی و زیرساخت‌های پیچیده رو به افزایش است. شکل ۱ درصد پروانه‌های صادرشده در تهران برحسب تعداد طبقات در سال ۹۸ را نشان می‌دهد.



شکل ۱- درصد پروانه‌های صادرشده برای احداث ساختمان برحسب تعداد طبقات- شهر تهران: ۱۳۹۸

ضرورت ثبت سه‌بعدی از آنجا مشخص می‌شود که استفاده از این نقشه‌های دوبعدی برای ساختمان‌های بلندمرتبه موجب سردرگمی کاربران می‌شود. به‌طور مختصر چالش‌ها و مشکلات سیستم کاداستر دوبعدی عبارت‌اند از [۲-۴]:

- نقشه‌های دوبعدی چه کاغذی و چه رقومی در نشان دادن حقوق، محدودیت‌ها و مسئولیت‌های[۱] مرتبط با املاک و ساختارهای شهری پیچیده مؤثر و کافی نمی باشند.
- دسترسی به اطلاعات ملک و زمین در سازه‌های با ساختار پیچیده و بصری سازی این اطلاعات در پلان‌های دوبعدی زمان‌بر بوده و موجب اتلاف وقت می‌گردد.
- درک و فهم پلان‌های دوبعدی فقط برای افراد متخصص در حوزه ملک و زمین ممکن بوده و سایر افراد درگیر در توسعه ساختمان‌ها نمی‌توانند با این پلان‌های دوبعدی ارتباط برقرار کنند.
- استفاده از پلان‌های تفکیک دوبعدی برای نمایش ملکی که قسمت‌های مختلف آن در طبقات متفاوتی است، کار بسیار سخت و دشواری است.

مشکلات مطرح‌شده ضرورت ثبت مرزها و مالکیت‌ها، به‌صورت سه‌بعدی رقومی را نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر در تحقیقات زیادی از انواع مدل داده‌های سه‌بعدی حقوقی مانند مدل دامنه مدیریت زمین[۲]، مدل داده‌های فیزیکی مانند CityGML و تلفیقی از آن‌ها برای رفع مشکلات ذکرشده در بالا، استفاده‌شده است که هرکدام نواقص و مشکلاتی دارند [۵]. بخش دیگری از تحقیقات مرتبط با کاداستر سه‌بعدی، به استفاده از نقشه‌های دوبعدی و مقطع‌های عرضی ساختمان پرداخته‌اند و با استفاده از روش‌هایی مانند استفاده از تصاویر هوایی بزرگ‌مقیاس اقدام به ایجاد مدل سه‌بعدی ساختمان‌ها کرده‌اند که آن‌ها نیز با مشکلات زیادی روبرو شده‌اند[۲] , [۶]. پس‌نیاز به استفاده از مدل داده‌ٔ سه‌بعدی جدید برای رفع مشکلات مدل داده‌های دوبعدی قدیمی است.

در این مقاله به بررسی و امکان‌سنجی استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی جهت ثبت انواع مرزهای حقوقی ساختمان‌ها و پیاده‌سازی آن بر اساس چهارچوب و قوانین ثبت ساختمانی در ایران پرداخته می‌شود. ازآنجایی که تعیین مرزهای حقوقی بین انواع فضاهای حقوقی مختلف مانند مفروز یا مشاع، به دلیل تفاوت در قوانین و مقررات ثبتی کشورها از حوزه قضایی به حوزه دیگر متفاوت است، مطالعات کنونی در حوزه BIM نمی‌تواند به‌طور کامل پیش نیازها و قوانین مدیریت زمین شهری در ایران را برآورد نماید. همچنین قابلیت اجرای یک مدیریت زمین شهری سه‌بعدی مبتنی بر BIM جهت ثبت دقیق مرزهای حقوقی در سه بعد در ایران تابه‌حال بررسی نشده است؛ بنابراین، این مطالعه باهدف بررسی چگونگی

۱ Rights, Restrictions and Responsibilities (RRR)

۲ Land Administration Domain Model (LADM)

استفاده از BIM برای مدیریت رقمی مرزهای سه‌بعدی مالکیت‌های ساختمان‌ها با در نظر گرفتن داده‌ها و مقررات پیش‌نیاز در چارچوب حوزه قضایی ایران صورت گرفت.

این مقاله در شش بخش به شکل زیر ارائه گردیده است:

بخش دوم بعد از مقدمه، به تشریح BIM، کارهای پیشین درزمینهٔ کاداستر سه‌بعدی و ثبت انواع مرزها در ایران می‌پردازد. در بخش سوم نحوه توسعه مدل داده IFC جهت نگاشت انواع مرز ثبتی در ایران بررسی می‌شود. پیاده‌سازی مدل داده توسعه‌یافته پیشنهادی روی ساختمان نمونه اولیه در بخش چهارم آورده شده است. بخش پنجم به بررسی و ارزیابی مدل پیشنهادی می پردازد. درنهایت، در بخش آخر نتیجه‌گیری بیان می‌شود.

۲- ادبیات تحقیق

مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی به مدل‌های ساختمانی سه‌بعدی و مجازی حاوی اطلاعات مکانی و رقومی سه‌بعدی و همچنین اطلاعات معنایی یک ساختمان جهت کمک به تصمیم‌گیری در چرخه حیات آن اشاره دارد [7]. BIM یک فرم رقومی سازی شده از ساختمان و مدیریت دارایی است. مدل‌های اطلاعات ساختمانی از منظر اطلاعات معنایی، هندسی و توپولوژیکی غنی می‌باشند. سازمان BuildingSMART استانداردهای باز مختلفی را برای ذخیره‌سازی و تبادل جنبه‌های مختلف اطلاعات ساختمانی توسعه داده است [۷].

استاندارد IFC به‌عنوان مدل داده‌ای برای تسهیل در تعامل‌پذیری در بین بسترهای مختلف BIM توسعه داده‌شده است [۸]. استاندارد IFC یک مدل داده باز و شی ءگرا از مدل‌های اطلاعات ساختمانی (BIM) است که شامل هستنده‌های فیزیکی، مکانی و معنایی برای توصیف کل چرخهٔ حیات ساختمان‌ها است. استاندارد IFC در نسخه ۴ خود یعنی IFC4 شامل ۷۷۶ هستنده است. این استاندارد شامل ۴ لایه مفهومی بانام‌های لایه منبع[۱]، هسته[۲]، قابلیت همکاری[۳] و حوزه[۴] است.

۲-۱- تحقیقات پیشین در زمینه BIM و کاداستر سه‌بعدی

به‌طورکلی مدیریت داده‌های مربوط به حقوق، مسئولیت‌ها و محدودیت‌های سه‌بعدی در مدیریت زمین، دو بعد اساسی به نام داده‌های قانونی و داده‌های فیزیکی دارند[۲ و ۳]. داده‌های فیزیکی هر دو جنبه مکانی و معنایی عناصر ساختمان را دربرمی گیرند. ازجمله مدل داده‌های فیزیکی می‌توان به BIM و CityGML اشاره نمود. مدل داده‌های قانونی هم انواع مختلفی دارند که مهم‌ترین آن‌ها مدل دامنه مدیریت زمین (LADM) است.

یکی از اولین تحقیقات توسط Dsilva و همکارانشان در سال ۲۰۰۹ انجام شد که در آن یک افزونه ساده CityGML از مدل یک ساختمان همراه با اطلاعات قانونی و کاداستری حوزه قضایی هلند ارائه شد. این افزونه از دو بخش اصلی تشکیل می‌شد. بخش اول شامل خصوصیات حقوقی مانند اطلاعات مالکیتی ساختمان، شماره ثبت و نوع ساختمان می‌شد. بخش دوم برای مدیریت اطلاعات حقوقی مرتبط با هر آپارتمان مانند حق مالکیت، اطلاعات مالکیتی آپارتمان، نوع مالکیت و تعداد ساکنین در آپارتمان می‌شد. تحقیقات Dsilva برای مشخص کردن قطعات زمین به‌صورت معنایی کارآمد نبود[۹]. بنابراین Çağdaş در سال ۲۰۱۳ یک افزونه جامع‌تر از CityGML توسعه داد که شامل هستنده‌هایی برای مدل‌سازی قطعات کاداستری و مجتمع آپارتمانی در حوزه ثبتی کشور ترکیه می‌شد[۱۰].

Aien و همکاران در سال ۲۰۱۳ مدل داده کاداستر سه‌بعدی[۵] (3DCDM) را ارائه کردند که یک مدل مفهومی برای نمایش سه‌بعدی اطلاعات فیزیکی و حقوقی کاداستر بود. این مدل یک مدل داده باز است که بر اساس زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر[۶] (XML) می‌توانست به ذخیره‌سازی و تبادل اطلاعات فیزیکی و قانونی بپردازد[۱۱]. Rönsdorff و همکاران در سال ۲۰۱۴ مدل مفهومی LADM و به‌طور خاص فضاهای قانونی را بر اساس CityGML ADE[۷] طراحی نمودند. CityGML ADE یک فرمت تبادل داده را پیاده‌سازی می‌کند.

۱ Resource
۲ Core
۳ Interoperability
۴ Domain

۵ 3D Cadastral Data Model
۶ Extensible Markup Language
۷ Application Domain Extension (ADE)

LADMنیز یک مدل مفهومی برای ارائه اشیا در سیستم مدیریت زمین و روابط بین آن‌ها است[۱۲].

Clemen و Gründig در سال ۲۰۰۶ متوجه شدند که استاندارد IFC می‌تواند برای مدیریت اطلاعات کاداستری در محیط‌های داخلی استفاده شود. در این پژوهش محققان تنها فهرستی از هستنده‌های IFC که برای کاداستر داخلی موردتوجه‌اند مانند واحدهای اندازه‌گیری را تهیه کردند ولی آن‌ها درباره اینکه چطور داده‌های کاداستر داخلی می‌توانند با مدل داده مکانی IFC سازگار شوند را بررسی ننمودند[۱۳].

UrbanIT نام پروژه دیگری است که هدف آن توسعه و پیاده‌سازی یک مدل اطلاعات شهری یکپارچه با استفاده از تلفیق اطلاعات مکانی داخلی به‌دست‌آمده از BIM با اطلاعات مکانی خارجی به‌دست‌آمده از GIS است[۱۴]. هسته اصلی این پروژه افزونه‌ای از استاندارد IFC است[۱۵]. در این افزونه از هستنده‌های IfcSpace و IfcZone برای مدل‌سازی فضاهای کاداستری استفاده شد. مدل‌سازی مرزهای حقوقی در این پروژه با افزودن اطلاعات توصیفی به هستنده IfcSite انجام گشت. اگرچه این افزونه در امر مدل‌سازی فضاهای کاداستری موفق بود اما در مدل‌سازی مرزهای ثبتی این فضاها موفق عمل نکرد.

آقای El-Mekawy و همکاران مطالعه‌هایی را در سوئد بر روی ظرفیت استانداردهای CityGML و BIM برای توسعه مدیریت زمین در سه بعد انجام دادند. آن‌ها توسعه افزونه مدل ساختمانی یکپارچه (UBM[۱]) در چهار نوع مرز قانونی موجود در حوزه قضایی سوئد را پیشنهاد کردند که فضاهای حقوقی روی زمین و زیرزمین را نشان می‌داد[۱۶ و ۱۷].

در یک تحقیق دیگر، آقای El-Mekawy و همکاران در سال ۲۰۱۴ راه‌حل‌های بالقوه و همچنین موانع مربوط به استفاده از BIM در مدیریت زمین‌های شهری را شناسایی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که BIM ممکن است روندهای ایجاد، ثبت و ارائه فضاهای مالکیت مشخص‌شده تحت قانون سوئد را بهبود بخشد[۱۸]. علاوه بر این، آن‌ها در سال ۲۰۱۵ استانداردهای IFC ، CityGML و LADM را برای مدل‌سازی اشکال مختلف فضاهای مالکیت متصل به ساختمان‌های چندطبقه در سوئد را بررسی کردند[۱۹].

آن‌ها کشف نمودند که استانداردهای IFC و CityGML در اشکال فعلی خود عناصر داده مالکیتی مانند اطلاعات حقوق، محدودیت‌ها و مسئولیت‌ها را فراهم نمی‌کند.

در سال ۲۰۱۷ Oldfield و همکاران در پژوهشی هستندهٔ مربوط به فضاها در مدل داده IFC یعنی Ifcspace را به‌عنوان پایه و اساس مدل‌های BIM برای مدیریت سه‌بعدی زمین در هلند انتخاب کردند. در این تحقیق پیشنهاد شد تا از هستنده Ifczone برای گروه‌بندی فضاهای حقوقی در یک منطقه[۲] استفاده شود؛ بنابراین، BIM به‌عنوان یک منبع قابل‌توجه از داده‌های رقومی سه‌بعدی برای تسهیل مدیریت زمین سه‌بعدی در هلند در نظر گرفته‌شد[۲۰]. به‌طور خاص، دو مورد در دنیای واقعی برای نشان دادن روش‌های ثبت مبتنی بر BIMبرای ساختمان‌های چند مالکیتی مورد ارزیابی قرار گرفت[۲۱]. اولین سازه، ایستگاه مترو دلفت[۳] بود که ازنظر ساختاری با ساختمان شهرداری یکی شده است. مورد دوم، یک مجتمع چندمنظوره در شمال آمستردام بود، که شامل یک هتل، یک ساختمان مسکونی، و یک پارکینگ زیرزمینی بود .

در استرالیا نیز تحقیقات متعددی برای غنی کردن مدل‌های BIM با اطلاعات مالکیتی برای مدیریت زمین‌های شهری سه‌بعدی انجام‌شده است. تحقیقات قبلی روش‌های توسعه مناسب برای استاندارد IFC را کشف کرده‌اند تا انواع مختلف فضاهای مالکیت و مرزها را مدل‌سازی کنند[۲۲].

۲-۲- ثبت ساختمان‌ها و تحقیقات کاداستر سه‌بعدی در ایران

به‌طورکلی عملیات ثبت زمین در ایران در دو بخش عرصه و اعیان (ساختمان) انجام می‌شود. در بخش ثبت ساختمان و پس از پایان مرحله ساخت، اطلاعات هندسی ساختمان توسط کارشناس نقشه‌برداری با مترکشی طول‌های مختلف از فضاهایی مانند مفروزات، مشاعات، ضخامت دیوارها و طبق دستورالعمل تفکیک ساختمان‌ها در ایران برداشت می‌شود و نقشه فضاهای حقوقی هر طبقه به‌صورت دوبعدی در محیط Computer-Aided

[۱] Unified Building Models

[۲] Zone
[۳] Delft

Design (CAD) ثبت می‌گردد. اطلاعات توصیفی ملک مانند حقوق ارتفاقی و درز انقطاع به‌صورت متنی ثبت می شود. تمام اطلاعات مرتبط با عرصه و اعیان از طریق نرم‌افزار واسط کاداستر بین مهندسین نقشه‌برداری و بانک اطلاعات اداره ثبت مبادله می‌شود. لازم به تذکر است که جنبه قانونی توسعه سیستم کاداستر در ایران تنها به موقعیت مسطحاتی قطعه زمین‌ها توجه داشته و برای تعیین حق مالکیت سازه‌های زیرزمینی و یا بالای سطح زمین راهکاری اندیشیده نشده است.

پژوهش‌های بسیار اندکی درزمینهٔ کاداستر سه‌بعدی در ایران انجام‌شده است و تمرکز بیشتر این تحقیقات به پیاده‌سازی مدل سه‌بعدی فیزیکی ساختمانی است و کمتر به بخش‌های دیگر مانند مدل داده مناسب جهت ذخیره‌سازی و مدیریت داده‌های کاداستر سه‌بعدی و همچنین بصری سازی دقیق و کارای مرزها و فضاهای حقوقی و مدیریت اطلاعات کاداستری پرداخته‌شده است.

اولین تلاش در راستای نیل به سمت سیستم کاداستر سه‌بعدی در ایران توسط رحمتی زاده و دلاور انجام شد. در این پژوهش یک برگ نقشه کاداستر به مقیاس ۱:۵۰۰ از نقشه پوششی شهر قم به همراه یک پرونده[۱] شامل توصیفات مربوط به خطوط چندضلعی‌ها دریافت شد. پس از طی مراحل ثبتی، برای تبدیل از دو بعد به سه بعد سه رویه دنبال گشت. روش اول استفاده از نرم‌افزار MicroStation در حالت سه‌بعدی است: بدین‌صورت که ابتدا نقشه سه‌بعدی منطقه بدون در نظر گرفتن ارتفاع ساختمان‌ها ایجاد می‌شود. سپس ارتفاع هر ساختمان با روش منشوری وارد سیستم می‌گردد. در روش دوم از نقشه‌های معماری برای معرفی عوارض سطح زمین یاد می شود. مبنای روش سوم بر تهیه DTM[۲] منطقه و بعدازآن ایجاد DSM[۳] آن با در نظر گرفتن ارتفاع ساختمان‌ها است که البته در این روش، مدل‌سازی ب مناسبی انجام نمی شود و برای مناطق شهری که ارتفاع ساختمان‌ها بسیار متفاوت بوده و دارای لبه‌های تیز می‌باشند مناسب به نظر نمی‌رسد[۲۳].

خوش‌برش و همکاران توانستند با استفاده از تصاویر هوایی ۱:۳۰۰، نقشه‌های پایه کاداستر با مقیاس ۱:۲۰۰۰، داده‌های Global Positioning System (GPS) و نقشه شبکه انتقال آب در بستر نرم‌افزار ArcGIS اقدام به ارائه الگویی جهت پیاده‌سازی کاداستر سه‌بعدی و چهاربعدی در منطقه‌ای در شرق تهران کنند که دقت مؤلفه‌های X، Y و Z به ترتیب 1/474، 1/453 و 2/625 متر به دست آمد. ازجمله نواقص این پژوهش می‌توان به عدم دسترسی به طبقات و دقت پایین مسطحاتی و ارتفاعی آن برای اهداف کاداستر شهری اشاره کرد[۲۴].

قاسمی و صادقیان طی پژوهشی به بررسی اهمیت کاداستر ۳، ۴ و ۵ بعدی در ایران پرداختند و با ارزیابی دو روش لیدار و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای باقدرت تفکیک بالا برای تهیه نقشه‌های سه‌بعدی کاداستر، به علت نبود داده‌های لیدار در ایران، روش لیدار را نامناسب و به علت در دسترس بودن تصاویر ماهواره‌ای از ایران و ارزان بودن آن، این روش را مناسبتر معرفی کردند[۲۵].

۳- طراحی و توسعه مدل داده

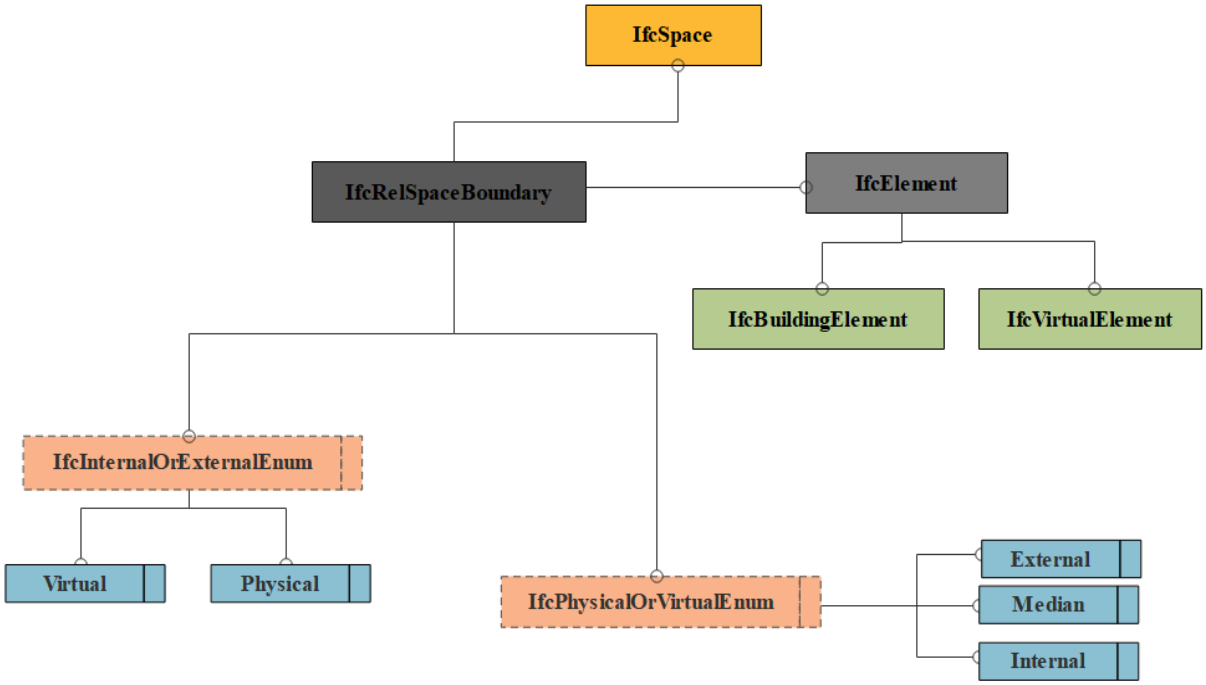
در ساختار IFC هر فضای حقوقی با هستنده IfcSpace تعریف می‌شود. در دستورالعمل ثبت و تفکیک آپارتمان‌ها در ایران برخی از فضاهایی که در داخل فضای آپارتمان قرار دارند اگرچه جزوی از فضای مالکیتی آپارتمان به‌حساب می‌آیند اما باید به‌صورت جداگانه مشخص شوند (مانند منضمات، کنسول‌ها، بالکن‌ها، راه‌پله‌های اختصاصی و داخلی). از طرفی فضاهایی مانند فضای پارکینگ و انباری نیز به همراه واحد آپارتمان نظیر آن در یک سند مالکیتی قرار می‌گیرند.

به‌طورکلی مرزهای حقوقی در ایران را می‌توان به دو دسته کلی فیزیکی و مجازی تقسیم‌بندی نمود. مرزهای فیزیکی به مرزهایی گفته می‌شود که با عناصر ساختمان تعیین می‌شوند. به‌طور مثال درب و دیوار بین دو واحد مسکونی یک مرز فیزیکی است. مرزهای فیزیکی خود به سه زیرشاخه خارجی، داخلی و میانی تقسیم می‌شوند. به مرزهایی مانند مرز بین فضای دو پارکینگ که نمی‌توان بر اساس عناصر ساختمان مشخص کرد مرز مجازی گفته می شود بدین‌صورت که کارشناس نظام‌مهندسی با حضور در محل و بر اساس فاصله از عناصر ساختمانی مجاور این نوع مرزها، آنرا بر روی نقشه ترسیم می‌کند.

---

۱ File
۲ Digital Terrain Model
۳ Digital Surface Model

عناصر ساختمانی و عناصر مجازی به ترتیب با هستنده‌های IfcBuildingElement و IfcVirtualElement تناظریابی می‌شوند. در این تحقیق جهت تعیین حدود و مرز این فضاها از هستنده IfcRelSpaceBoundary استفاده شد. درواقع به‌وسیله این هستنده، فضای حقوقی و عناصر ساختمانی و مجازی به هم مرتبط شدند و نهایتاً به‌وسیله آن‌ها مرزها تعیین گشتند. تعیین نوع هرکدام از چهار مرز داخلی، خارجی، میانی و مجازی به‌وسیله دو خصوصیت از هستنده IfcRelSpaceBoundary به نام‌های IfcInternalOrExternalEnum و IfcPhysicalOrVirtualEnum معین شد (شکل ۲).



شکل2 - شمای هستنده‌های مربوط به انواع مرزهای حقوقی در شمای IFC

۴- پیاده‌سازی

برای ایجاد یک مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی غنی شده با اطلاعات هندسی کاداستری نیاز به داده‌های مربوط به جزییات ساختار عناصر مختلف تشکیل‌دهنده ساختمان از قبیل نوع، اندازه و محل قرارگیری است. برای دستیابی به این اطلاعات در این پژوهش از نقشه‌های معماری ساختمان استفاده‌شده است. همچنین برای دستیابی به اطلاعات کاداستری مربوط به آپارتمان‌های تفکیک‌شده یک ساختمان از دستورالعمل تفکیک آپارتمان مورد تصویب سازمان ثبت اسناد و املاک کشور، پرونده اطلاعات عرصه و صورت‌مجلس تفکیکی ساختمان که شامل اطلاعات متنی کاداستری ساختمان و واحدهای آپارتمانی تفکیک شده است استفاده شد. برای ساخت و ویرایش مدل BIM نرم‌افزار Autodesk Revit به‌کاربرده شد. این نرم‌افزار توانایی اضافه کردن اطلاعات به ساختمان‌های موجود و یا ساخت ساختمان‌های غنی‌شده با فضاهای قانونی و همچنین گرفتن خروجی IFC را دارد. ازآنجایی‌که این نرم‌افزار امکان نمایش سه‌بعدی فضاهای قانونی در مدل فیزیکی ساختمان را ندارد برای بصری سازی از نرم‌افزار Solibri Model Viewer (SMV) استفاده شد.

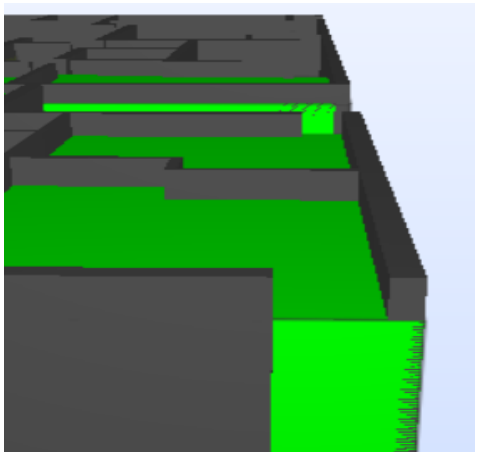
جهت نمایش و ارزیابی مدل پیشنهادی، ساختمانی در محله شهرآرا (منطقه ۲) تهران به‌عنوان نمونه اولیه انتخاب گردید. این نمونه اولیه ساختمانی ۷ طبقه است که شامل دوطبقه پارکینگ و ۵ طبقه مسکونی است که در هر طبقه ۴ واحد مسکونی (مجموعاً ۲۰ واحد مسکونی) قرار دارد. مراحل پیاده‌سازی مدل توسعه‌یافته پیشنهادی در مرحله کلی مدل‌سازی عناصر فیزیکی و مدل‌سازی مرزهای حقوقی اجرا شد.

۴-۱- مدل‌سازی عناصر فیزیکی

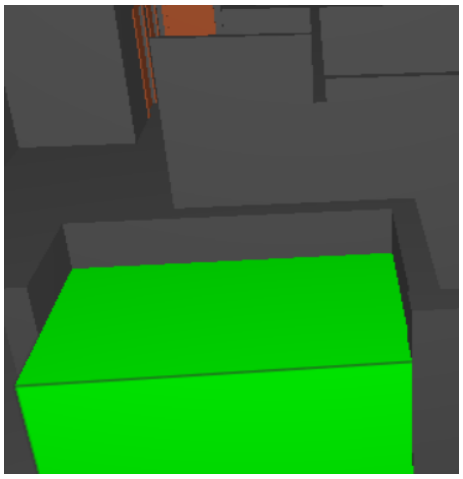
برای ایجاد مدل سه‌بعدی پیشنهادی، اولین گام ساخت عناصر فیزیکی ساختمان از قبیل دیوارها، ستون‌ها، درب‌ها و پنجره‌ها است که شاکلهٔ اصلی مدل‌های اطلاعات ساختمانی می‌باشند. در تمام مراحل ساخت مدل فیزیکی اطلاعات ساختمان برای انتخاب نوع، اندازه و محل قرارگیری مصالح و عناصر تشکیل‌دهنده ساختمان از نقشه‌های دوبعدی معماری نمونه اولیه که در داخل نرم‌افزار AutoCAD طراحی‌شده‌اند، استفاده شد؛ بنابراین مطابق با نقشه‌های معماری ساختمان نمونه اولیه، عناصر مدل فیزیکی ساختمان ساخته شد.

۴-۲- مدل‌سازی مرزهای ثبتی

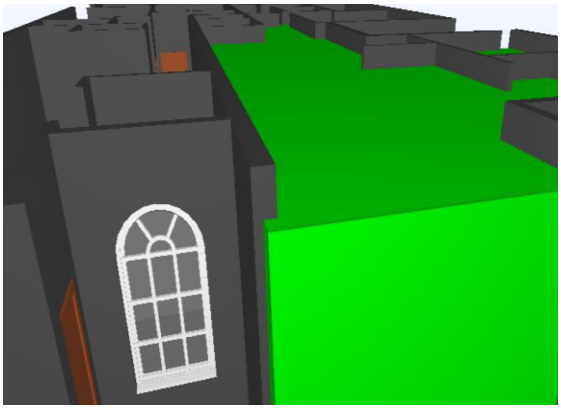
پس از ایجاد مدل سه‌بعدی فیزیکی نوبت به توسعه این مدل معماری جهت تعیین مرزهای حقوقی طبق قوانین و مقررات سازمان ثبت اسناد و املاک می‌رسد. طبق مقررات مرزهای حقوقی در ساختمان زمانی که دیواری بین یک مفروز و مشاع مشترک است وجه خارجی دیوار از سمت مفروز (وجه داخلی دیوار از سمت فضای مشاعی) به‌عنوان مرز حقوقی تعیین می‌شود و مرز حقوقی برای دیوارهای مشترک بین دو مفروز، قسمت میانی دیوار است. لازم به ذکر است که تعیین مرز برخی فضاهای حقوقی مانند پارکینگ بر اساس عناصر فیزیکی ساختمان (مانند درب‌ها و دیوارها) امکان‌پذیر نیست. این نوع مرزها باید به‌صورت مجازی تعیین شوند؛ بنابراین باید مرزهای حقوقی توسط مهندس نقشه‌بردار نظام‌مهندسی در مدل سه‌بعدی معماری مشخص شوند. شکل ۳، سه نوع مرز ثبتی موجود در بخشی از ساختمان نمونه اولیه را نشان می‌دهد. در شکل ۴ نیز فضای حقوقی محدود به مرزهای حقوقی یک واحد مسکونی از ساختمان نمونه اولیه در دو روش سنتی و پیشنهادی را نشان می‌دهد.



الف

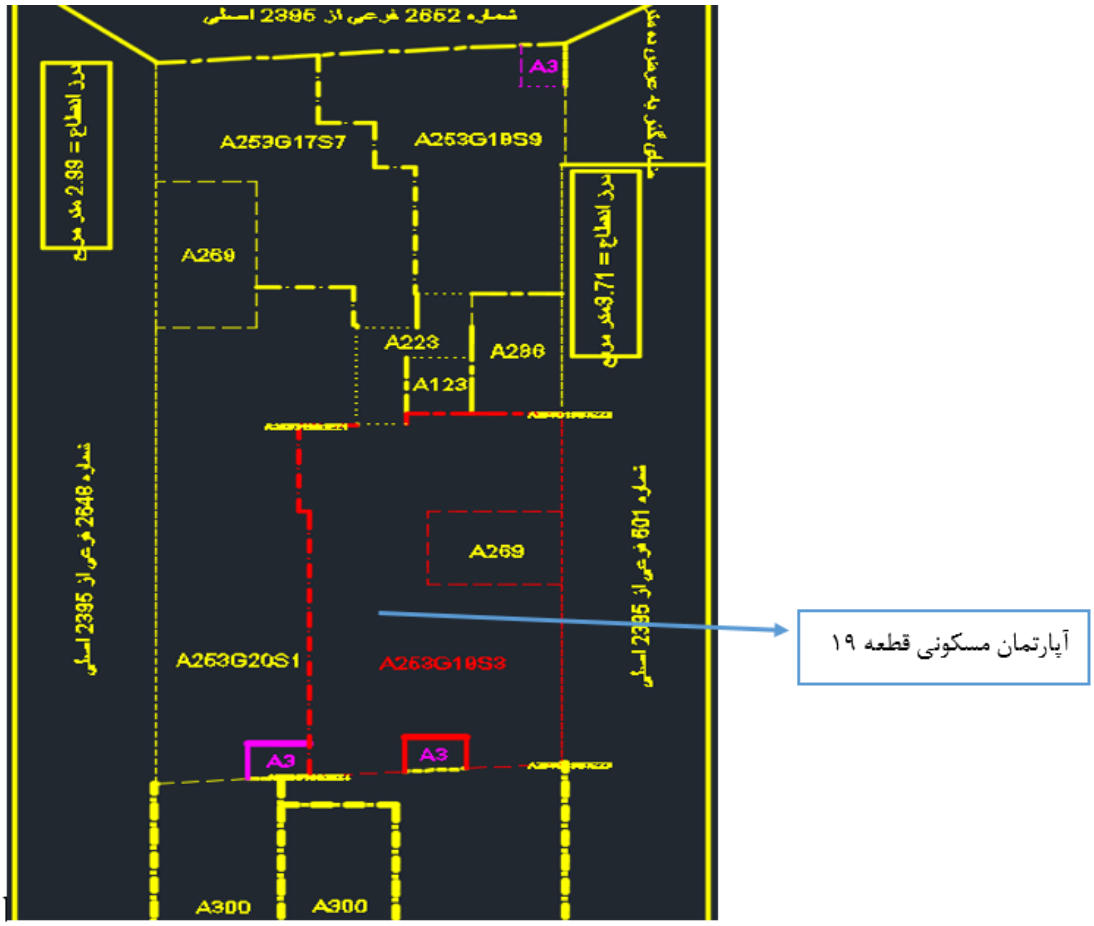


ب

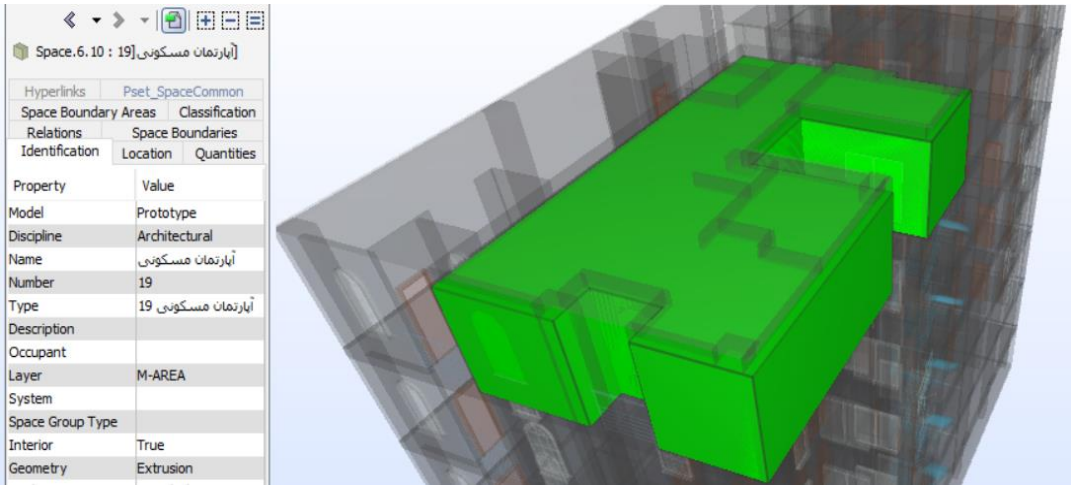


پ

شکل ۳- نمایش انواع مرزهای حقوقی الف) مرز خارجی ب) مرز داخلی پ) مرز میانی



الف)



ب)

شکل ۳ - نمایش یک فضای حقوقی الف) در نقشه تفکیکی ب) با استفاده از مدل پیشنهادی در محیط نرم‌افزار SMV

۵- ارزیابی

با توجه به ماهیت پژوهش که ماهیتی انتزاعی[۱] دارد برای ارزیابی مدل ارائه‌شده از روش پرسشنامه استفاده‌شده است. بدین منظور این ارزیابی با ارائه مدل و راهکار پیشنهادی و در اختیار قرار دادن پرسش‌های از پیش طراحی‌شده به متخصصان درزمینهٔ کاداستر انجام شد. این پرسشنامه‌ها در اختیار ۳۰ نفر متخصص در زمینه کاداستر و تفکیک ساختمانی شامل اساتید دانشگاهی، کارشناسان اداره ثبت اسناد و املاک کشور و مهندسین

[۱] Subjective

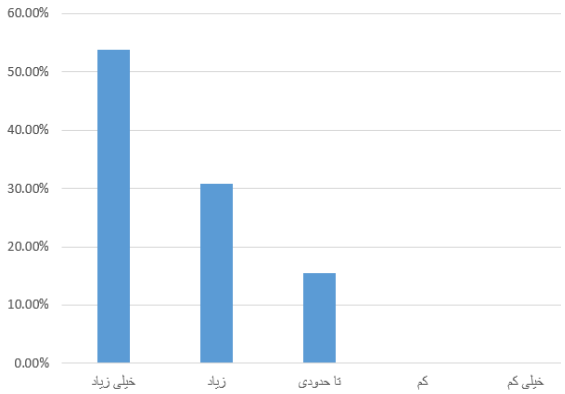
نقشه‌بردار نظام‌مهندسی که در حال حاضر وظیفه تفکیک آپارتمان‌ها در ساختمان‌های چندطبقه در تهران را بر عهده دارند قرار داده شد که در ادامه نتایج آن بررسی می شود. با توجه به همزمانی شیوع ویروس کووید ۱۹ با انجام این پژوهش، ارائه مدل و انجام پرسشنامه با مشکلاتی روبرو بود و زمینه برای ارائه پرسشنامه به افراد بیشتر فراهم نبود.

در پرسش اول از مصاحبه شوندگان سؤال شد که آیا انواع مرزهای حقوقی در مدل اطلاعات ساختمانی توسعه‌یافته به‌طور کامل مدلسازی شده‌اند. تمام شرکت‌کنندگان در این ارزیابی تأیید نمودند که تمام مرزهای بین فضاهای حقوقی که در یک ساختمان موردنیاز است در مدل وجود دارد. در سؤال بعدی از مصاحبه شوندگانی که به پرسش دوم پاسخ منفی داده بودند خواسته شد تا خصوصیاتی که مشخص نشده‌اند را نام ببرند که تمام افراد به کامل بودن مرزهای ارائه‌شده در مدل اذعان کردند.

در پرسش سوم از مصاحبه شوندگان جامعیت و کارایی مدل ارائه‌شده در مدل‌سازی انواع فضاهای حقوقی مختلف ساختمان شامل انواع مشاعات و مفروزات که درحال حاضر برداشت، ثبت و ذخیره‌سازی می‌شود مورد سوال قرار گرفت. تمام شرکت‌کنندگان در پاسخ به این سؤال مدل ارائه‌شده را برای ثبت و ذخیره‌سازی تمام فضاهای حقوقی مناسب دیدند. در پرسش چهارم نیز از شرکت‌کنندگان خواسته شده بود که اگر به پرسش قبل پاسخ منفی دادند دلایل خود را بیان نمایند.

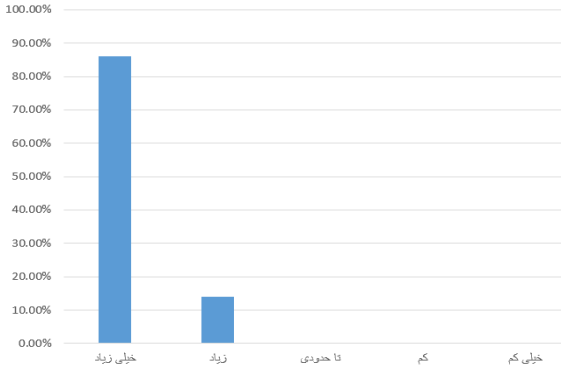
سؤال پنجم به مقایسه دو روش از منظر سادگی و گویایی در حدنگاری حدود فضاهایی مانند نیم‌طبقه و دوبلکس اختصاص دارد که تمام شرکت‌کنندگان روش پیشنهادی را انتخاب نمودند. ۷۴ درصد از شرکت‌کنندگان روش پیشنهادی را برای تعیین و نمایش این فضاها گویاتر می‌دانستند.

در سؤال شش از شرکت‌کنندگان میزان قابل‌فهم بودن مدل توسعه‌یافته BIM و اینکه استفاده از این روش تا چه میزان درک و فهم مرزهای حقوقی را ساده‌سازی می‌کند مورد پرسش قرار گرفت. نتایج این سؤال در شکل ۵ آمده است.



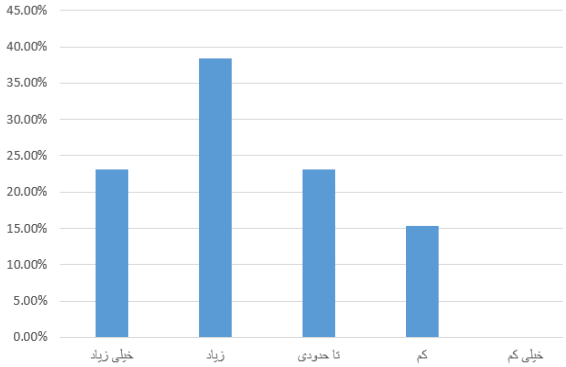
شکل ۴- نمودار پاسخ به سؤال شش پرسشنامه (توانایی مدل در تسهیل درک و فهم انواع منافع مالکیتی)

در سؤال هفت میزان دقت هندسی روش پیشنهادی در ثبت انواع مرزهای حقوقی از شرکت‌کنندگان سؤال شده است. شکل ۶ نمودار درصد پاسخگویی به گزینه‌های این سؤال را نشان می‌دهد.



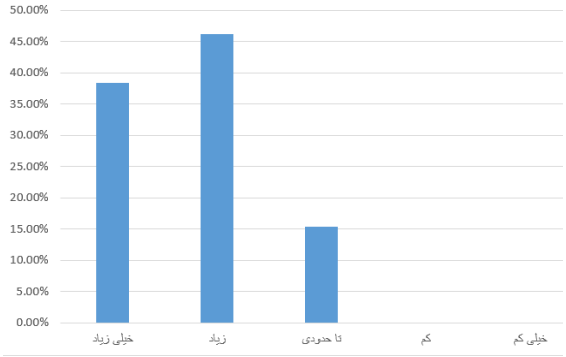
شکل ۵- نمودار پاسخ به سؤال هفت پرسشنامه (میزان دقت هندسی در ثبت مرزهای حقوقی)

امروزه از ابتدای مرحله طراحی تا ساخت و ثبت یک ساختمان چندطبقه در ایران افراد و سازمان‌های مختلفی دخیل هستند. هرکدام از این متولیان نقشه‌ها و سازوکار جدای از هم دارند که این امر موجب کاهش هماهنگی بین آن‌ها، اتلاف وقت و انرژی و افزونگی غیرضروری اطلاعات می‌شود. با به‌کارگیری از رویکرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی و به‌ویژه استاندارد IFC می‌توان چرخش اطلاعات بین افراد و سازمان‌ها را سهولت بخشید [۲۶]. در سؤال هشت از شرکت‌کنندگان دربارهٔ میزان تسهیل تعامل و اشتراک‌گذاری اطلاعات میان افراد و سازمان‌های مختلف مانند معماران، نقشه‌برداران، شهرداری و اداره ثبت با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی سؤال شد که نمودار پاسخ به این سؤال در شکل ۷ آمده است.



شکل ۶- نمودار پاسخ به سؤال هشت پرسشنامه (توانایی مدل جهت بهبود تعامل، همکاری و اشتراک‌گذاری اطلاعات میان افراد و سازمان‌ها)

در سؤال نهم از مصاحبه شوندگان خواسته شد تا یک ارزیابی کلی از راهکار و مدل توسعه‌یافته ارائه‌شده نسبت به روش مرسوم را داشته باشند و اعلام نمایند تا چه میزان روش ارائه‌شده را مناسب می‌بینند و پیشنهاد می‌دهند. نتایج این سؤال در شکل ۸ آمده است.



شکل ۷- نمودار پاسخ به سؤال نه پرسشنامه (توانایی کلی مدل جهت مدل‌سازی مرزها و فضاهای حقوقی)

به‌عنوان سؤال آخر نیز از شرکت‌کنندگان درخواست شد تا اگر انتقاد یا پیشنهادی در رابطه با روش پیشنهادی دارند آن را بیان نمایند. در پایان برای ارزیابی پایایی پرسشنامه از روش آلفای کرون باخ استفاده شد. این روش که بر مبنای هماهنگی و سازگاری سؤالات پرسشنامه استوار است، از طریق یافتن واریانس هر سؤال و واریانس مجموع سؤالات به دست می‌آید. اندازه‌های پایایی یک پرسشنامه از منفی بی‌نهایت تا یک مثبت می‌تواند باشد. این پرسشنامه با ده سؤال طراحی شده و در اختیار سی نفر کارشناس حوزه کاداستر قرار داده شد. به‌همین دلیل تعداد متغیرها در این تحلیل برابر ۱۰ و تعداد موارد برابر ۳۰ می‌باشد. طبق این تحلیل ضریب آلفای این ارزیابی عدد ۰٫۷۴۴ به دست آمد. با توجه به این‌که ضرایب بالای ۰٫۷ قابل‌قبول می‌باشند پایایی پرسشنامه تصدیق شد. گزارش این تحلیل در شکل ۹ آمده است.

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	30	100.0
	Excluded[a]	0	.0
	Total	30	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.744	10

شکل ۹- گزارش تحلیل آلفای کرون باخ پرسشنامه

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی یک مدل داده‌ٔ فیزیکی است که به‌طور خاص برای مقاصد معماری و مدیریت ساخت‌وساز ساختمان ایجادشده است. هدف از این تحقیق توسعه مدل اطلاعات ساختمانی برای ایجاد بستری جهت ثبت و نمایش سه‌بعدی مرزهای حقوقی در محیط شهری است. بنا بر دستورالعمل تفکیک آپارتمان‌ها و قوانین ثبت کاداستری برای ساختمان‌های چندطبقه در ایران، یکسری مفاهیم و نیازمندی‌ها تعریف و تأمین شدند که این نیازمندی‌ها عبارت‌اند از:

- مطالعه و بررسی دقیق سیستم ثبت کاداستر دوبعدی فعلی
- تعریف عناصری فیزیکی از ساختمان که از منظر کاداستر دارای اهمیت است: مانند درب و دیوارهای خارجی واحدهای آپارتمانی و فضای مربوط به تأسیساتی مانند داکت و کانال کولر.
- تعریف مرزهای حقوقی با استفاده از دستورالعمل تفکیک آپارتمانی که بسته به نوع مالکیت فضای حقوقی مجاور (مفروز یا مشاع)، مرز هندسی بین آن‌ها به‌طور دقیق تعریف شود.

برای رسیدن به هدف موردنظر تحقیق، ابتدا برای یک ساختمان مدل فیزیکی یعنی مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی طراحی شد. درنهایت این مدل با استفاده از فرایندهای توسعه‌ای موجود در شمای IFC گسترش داده شد و مرزهای قانونی مشخص گشت.

قوانین ثبتی کشورها با یکدیگر متفاوت است و بر طبق قوانین ثبتی تنظیم‌شده آن کشور نحوه برداشت، ثبت و مدیریت مرزهای حقوقی در هر حوزه ثبتی فرق دارند. در این تحقیق برای اولین بار با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی، حدنگاری انواع مرزهای حقوقی در سه بعد برای حوزه ثبتی ایران مدل‌سازی و پیاده‌سازی شد. نتایج ارزیابی با استفاده از پرسشنامه حاکی از برتری روش پیشنهادی نسبت به روش سنتی تفکیک و ثبت ساختمان‌های چندطبقه در بخش‌های مختلف است. نتایج این تحقیق توانایی مدل دادهٔ مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی را جهت مدل‌سازی، ثبت، مدیریت و بصری سازی اطلاعات هندسی ثبتی را برای ساختمان‌های چندطبقه نشان داد. در این پژوهش مشخص شد که مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی می‌تواند مشکلات ثبت دوبعدی ساختمان‌ها را تا حد زیادی رفع کند و مزایای متعددی نسبت به روش معمول داشته باشد.

ایجاد یک سیستم کاداستری سه‌بعدی کاملاً منسجم و یکپارچه با کارآمدی حداکثری در ایران امری ضروری و البته چالش آفرین است. به‌طور حتم اجرای یک سیستم کاملاً کاربردی، بی‌نقص و جامع نیازمند پژوهش‌های گوناگون و متعدد در این زمینه است. برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود به طراحی یک پایگاه داده منسجم و کارا جهت ذخیره‌سازی مدل‌های سه‌بعدی مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی پرداخته شود. همچنین پژوهش درزمینهٔ مدل داده‌های حقوقی مانند LADM و امکان تلفیق آن‌ها با مدل داده‌های فیزیکی مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی در ایران می‌تواند موردبررسی قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از تمامی اساتید، کارشناسان سازمان اسناد و املاک کشور و همچنین مهندسین نظام‌مهندسی که با صبر و بردباری در امر پاسخگویی به سؤالات و تکمیل پرسشنامه‌ها همت ورزیدند نهایت تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورند.

مراجع

[1] “Iran Statistical Yearbook,” 2019. [Online]. Available: https://www.amar.org.ir/.

[2] D. Shojaei, M. Kalantari, I. D. Bishop, A. Rajabifard, and A. Aien, “Visualization requirements for 3D cadastral systems,” Comput. Environ. Urban Syst., vol. 41, pp. 39–54, 2013.

[3] I. Jazayeri, A. Rajabifard, and M. Kalantari, “A geometric and semantic evaluation of 3D data sourcing methods for land and property information,” Land use policy, vol. 36, pp. 219–230, 2014.

[4] A. Rajabifard et al., “3D-cadastre, a multifaceted challenge,” 2014.

[5] B. Atazadeh, M. Kalantari, A. Rajabifard, T. Champion, and S. Ho, “Harnessing BIM for 3D digital management of stratified ownership rights in buildings.,” 2016.

[6] J. Pouliot, M. Vasseur, and A. Boubehrezh, “Spatial representation of condominium/co-ownership: comparison of Quebec and French cadastral system based on LADM specifications,” 2011.

[7] D. K. Smith and M. Tardif, Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers. John Wiley & Sons, 2009.

[8] I. S. O. Standard, “ISO 16739: 2013 Industry Foundation Classes (IFC) for Data Sharing in the Construction and Facility Management Industries,” Int. Stand., 2013.

[9] M. G. Dsilva, B. Speckmann, M. A. Westenberg, and K. M. van Hee, “A feasibility study on CityGML for cadastral purposes,” Eindhoven Univ. Technol. Eindhoven, Netherlands, 2009.

[10] V. Çağdaş, “An Application Domain Extension to CityGML for immovable property taxation: A Turkish case study,” Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf., vol. 21, pp. 545–555, 2013.

[11] A. Aien, M. Kalantari, A. Rajabifard, I. Williamson, and J. Wallace, “Towards integration of 3D legal and physical objects in cadastral data models,” Land use policy, vol. 35, pp. 140–154, 2013.

[12] C. Rönsdorff, D. Wilson, and J. E. Stoter, “Integration of land administration domain model with CityGML for 3D Cadastre,” 2014.

[13] C. Clemen and L. Gründig, “The Industry Foundation Classes (IFC)–ready for indoor cadastre,” in Proceedings of XXIII International FIG Congress, Munich, 2006, vol. 18.

[14] J. Plume and M. John, “An urban information framework to support planning, decision-making & urban design,” 2011.

[15] J. Barton, D. Marchant, J. Mitchell, J. Plume, and P. Rickwood, “A note on Cadastre: UrbanIT Research Project.” Sydney, 2010.

[16] M. El-Mekawy and A. Östman, “A Unified Building Model for a Real 3D Cadastral System,” in Emerging Issues, Challenges, and Opportunities in Urban E-Planning, C. N. Silva, Ed. IGI Global, 2015, p. 252.

[17] M. El-Mekawy and A. Östman, “Feasibility of building information models for 3D cadastre in unified city models,” Int. J. E-Planning Res., vol. 1, no. 4, pp. 35–58, 2012.

[18] M. El-Mekawy, J. M. Paasch, and J. Paulsson, “Integration of 3D cadastre, 3D property formation and BIM in Sweden,” in 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9-11 November 2014, Dubai, United Arab Emirates, 2014, pp. 17–34.

[19] M. El-Mekawy, J. M. Paasch, and J. Paulsson, “Integration of Legal Aspects in 3D Cadastral Systems,” Int. J. E-Planning Res., vol. 4, no. 3, pp. 47–71, 2015.

[20] J. Oldfield, P. van Oosterom, J. Beetz, and F. T. Krijnen, “Working with Open BIM Standards to Source Legal Spaces for a 3D Cadastre,” ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 6, no. 11. 2017, doi: 10.3390/ijgi6110351.

[21] J. Stoter et al., “Registration of Multi-Level Property Rights in 3D in The Netherlands: Two Cases and Next Steps in Further Implementation,” ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 6, no. 6. 2017, doi: 10.3390/ijgi6060158.

[22] B. Atazadeh, M. Kalantari, A. Rajabifard, S. Ho, and T. Ngo, “Building information modelling for high-rise land administration,” Trans. GIS, vol. 21, no. 1, pp. 91–113, 2017.

[23] S. Rahmatizadeh and M. Delavar, “Investigation of basic concepts, design and implementation of a three-dimensional cadastral system,” 2004.

[24] M. Khoshboresh and S. Sadeghian, “Implementation of three-dimensional urban cadastre based on aerial images with the capablity to manage property in the metropolis of Tehran,” Sci. – Res. Q. Geogr. Data, 2018.

[25] S. Sadeghian and N. Ghasemi, “Create 4, 3 and 5 dimensional cadastres using LIDAR and satellite images with high resolution.,” Geomatics Conf. 2018, Tehran, Iran, 2018.

[26] C. M. Eastman, C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons, 2011.