

یک روش نوین برای مدیریت حقوق مالکیت در ساختمان‌های بلندمرتبه، مبتنی بر قابلیت‌های مدیریت فرایند در استاندارد IFC

سیدفاضل شاهچراغ^۱، جمشید مالکی^{۲*}، سعید نادى^۳، داود شجاعی^۴

۱- دانشجوی دکتری سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان

۲- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان

۳- محقق، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه کارلتون، اتاوا، کانادا

۴- مدرس ارشد، گروه مهندسی زیرساخت اطلاعات مکانی، دانشگاه ملبورن، ملبورن، استرالیا

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۹/۱۵

چکیده

با توجه به رشد سریع جمعیت شهری و محدودیت‌های موجود در دسترسی به زمین‌های قابل ساخت در کلان‌شهرها، توسعه عمودی به عنوان راه‌حلی برای پاسخ به نیازهای مسکن در این مناطق به شدت گسترش یافته است. در کنار مزایای فراوان این رویکرد، چالش‌هایی نیز از جمله ابهام در مرزها و فضاهای مالکیت، حقوق مالکانه و مسئولیت‌های مربوط به این فضاها ایجاد می‌شود که می‌تواند منجر به تعارضات و مسائل حقوقی و اجتماعی گردد. به منظور حل این مسائل، کاداستر سه‌بعدی به عنوان ابزاری کارآمد مطرح می‌شود. در این میان، BIM (مدل‌سازی اطلاعات ساختمان) که در صنعت ساخت تحولاتی گسترده ایجاد کرده است، به‌ویژه در زمینه کاداستر سه‌بعدی توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. اگرچه روش‌های مبتنی بر BIM در ثبت و بازنمایی مرزها و فضاهای مالکیت سه‌بعدی موفق بوده‌اند، اما وابستگی این روش‌ها به حوزه‌های قضایی محلی و عدم پشتیبانی از جنبه‌های زمانی در فرآیند کاداستر از محدودیت‌های آن‌ها به شمار می‌رود. در این مقاله، یک روش مبتنی بر توسعه استاندارد IFC (ISO-16739) برای مدیریت حقوق مالکیت در ساختمان‌های بلندمرتبه در ایران معرفی می‌شود. این روش، نحوه مدیریت فرایندهای مکانی-زمانی مورد نیاز برای کاداستر چهار بعدی را در کنار ثبت عرصه و اطلاعات پلاک‌های مجاور، مدل‌سازی و ثبت قطعات تفکیکی در هر طبقه و همچنین ثبت مرزها و فضاهای مالکیت خصوصی، مشاعی و ارتفاقی، تشریح می‌کند. به منظور ارزیابی و نمایش عملکرد این روش، فرایند تفکیک آپارتمان بر روی یک ساختمان دوازده طبقه پیاده‌سازی شد. نتایج تحقیق نشان داد که روش پیشنهادی و کلاس‌های IFC معرفی شده به‌خوبی قادر به مدیریت، ثبت و بازیابی جنبه‌های مکانی-زمانی برای استفاده در فرایندهای مدیریت زمین شهری است.

کلیدواژه‌ها: فرایند، تفکیک آپارتمان، کاداستر بر مبنای IFC-BIM، مدیریت زمین شهری.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشکده مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

۱- مقدمه

رشد جمعیت در شهرها، و فشار ناشی از تقاضای مردم بر زمین، احداث ساختمان‌های بلندمرتبه را به عنوان راه حلی مناسب برای اسکان مردم، در شهرهای پر جمعیت، توجیه پذیر نموده است [۱ و ۲]. در کنار مزایایی مانند صرفه جویی در زمین، افزایش امنیت و خدمات، مشکلاتی مانند مصرف انرژی بالا، مسائل اجتماعی و به‌ویژه تعارض در حقوق مالکیت نیز مطرح است. در ساختمان‌های بلند، حقوق مالکیت به صورت فضایی و چندبعدی تعریف می‌شود و مالکین، فضاهایی با کاربری و حقوق متفاوت را در یک حجم سه‌بعدی در اختیار دارند [۳]. ابزارهای سنتی کاداستر دوبعدی که همچنان در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند در توصیف چنین ساختارهایی ناکارآمد و ناقص هستند [۴].

با افزایش ضرورت نیاز به ثبت دقیق حقوق فضایی در ساختمان‌های چندطبقه، مدل‌های سه‌بعدی به‌ویژه در قالب کاداستر سه‌بعدی مورد توجه قرار گرفته‌اند [۳ و ۵]. این مدل‌ها با نمایش بهتر فضاهای مالکیت، از تعارض منافع جلوگیری کرده و موجب افزایش شفافیت می‌شوند [۶، ۷، ۸، ۹]. از همین رو مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به دلیل دارا بودن ساختار داده‌ای هندسی-توصیفی جامع، برای ایجاد کاداستر سه‌بعدی مورد توجه محققین قرار گرفت. در آغاز BIM به منظور ایجاد یک زیرساخت اطلاعات رقومی هوشمند، برای مدیریت ساختمان در طول چرخه عمر ساختمان با هدف رفع محدودیت نقشه‌های دوبعدی، تسهیل و ارتقای قابلیت همکاری [۱۰] بین رشته‌های معماری، مهندسی و ساخت‌وساز (AEC) که در فرآیند توسعه ساختمان شرکت دارند، ایجاد شد [۱۱]. به مرور زمان و با آشکار شدن توانمندی‌های

بالقوه این مدل اطلاعاتی، BIM در سایر موضوعات مربوط به ساختمان، مانند مدیریت انرژی [۱۲ و ۱۳]، ساختمان هوشمند [۱۴ و ۱۵]، و مدیریت زمین شهری و کاداستر سه بعدی [۱۶] نیز، مورد توجه قرار گرفت.

هرچند بسیاری از مدل‌های مبتنی بر BIM در زمینه ثبت و نمایش مرزهای مالکیت سه بعدی توسعه یافته‌اند [۱۷-۲۴]، اما اغلب فاقد دو ویژگی کلیدی هستند: (۱) بعد زمان، به‌عنوان عنصر ضروری در مدیریت حقوق مالکیت [۲۵] (به‌ویژه در مواردی مانند اجاره، رهن، انتقال مالکیت) در نظر گرفته نشده است، و (۲) تطابق با الزامات حقوقی محلی مانند قوانین ایران ندارند.

در این مقاله با توجه به قابلیت‌های مدیریت فرایند در استاندارد کلاس‌های پایه صنعت (IFC) یک رویکرد چهاربعدی (3D+زمان) برای ثبت حقوق، مسئولیت‌ها^۵ و محدودیت‌ها^۶ (RRR) متناسب با نظام حقوقی ایران ارائه می‌شود.

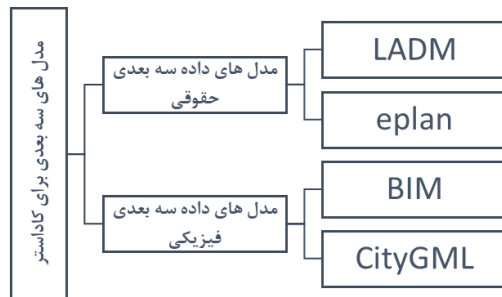
در ادامه ساختار مقاله بدین صورت تنظیم شده است: بخش (۲) مروری بر مطالعات مرتبط دارد. بخش (۳) مفاهیم پایه را ارائه می‌دهد. در بخش (۴) روش پیشنهادی معرفی و در بخش (۵) بر روی یک نمونه واقعی پیاده‌سازی می‌شود. نتایج در بخش (۶) و نتیجه‌گیری در بخش (۷) آورده شده و در پایان پیشنهاداتی برای پژوهش‌های آینده ارائه می‌شود.

۲- پیشینه و تحقیقات مرتبط

تعاریف گوناگونی از کاداستر سه‌بعدی وجود دارد که ناشی از تنوع قوانین محلی و حوزه‌های قضایی است [۲۶-۲۹]. با این وجود، توافق عمومی بر این است که کاداستر سه‌بعدی سیستمی است برای ثبت، مدیریت و بازنمایی حقوق، مسئولیت‌ها و محدودیت‌های فضایی در سه‌بعد، که در ساختمان‌ها،

⁵ Industry Foundation Classes⁶ Right⁷ Restriction⁸ Responsibility¹ Building Information Modeling² Architecture³ Engineering⁴ Construction

رویکردهای تحقیقاتی را می‌شود به دو دسته کلی تقسیم‌بندی کرد.



شکل ۱: دسته‌بندی مدل‌های داده سه بعدی برای کاداستر سه بعدی

عطازاده و همکاران (۲۰۱۷) یک روش مبتنی بر BIM برای مدیریت فضاهای حقوقی و بازایی مرزهای سه بعدی در ساختمان‌های بلندمرتبه معرفی کردند و نحوه ثبت و بازنمایی مرزهای قانونی سه بعدی را مبتنی بر حوزه قضایی ایالت ویکتوریا در استرالیا نمایش دادند [۳۷، ۱۷، ۳۸]. رویکردهای دیگری به تعامل با اطلاعات کاداستری در محیط BIM پرداخته‌اند. برای مثال برزگر و همکاران (۲۰۲۰) انجام پرس‌وجوهای حقوقی-مکانی در مدل‌های BIM را مورد بررسی قرار دادند [۳۶]. اولدفیلد و همکاران (۲۰۱۷) بر ضرورت پیش‌بینی الزامات کاداستر در فاز طراحی BIM تاکید کرده‌اند [۱۸].

در ایران نیز چندین مطالعه با موضوع کاداستر سه بعدی انجام شده‌است. رحمتی زاده و دلاور (۱۳۸۳) مفاهیم پایه مدیریت زمین سه بعدی را از نظر ضرورت و اهمیت، قابلیت‌های مختلف سیستم‌های سه بعدی مدیریت زمین و کاربردهای آنها مورد بررسی قرار داده‌اند [۴۳]. صادقیان و قاسمی (۱۳۹۵) روش‌های جمع‌آوری داده برای تهیه نقشه‌های کاداستر سه بعدی را با استفاده از داده‌های لایدار^۴ و تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک بالا بررسی کرده‌اند. آنها، استفاده از تصاویر

تاسیسات زیرزمینی و اشیاء بالای سطح زمین کاربرد دارد [۳۰]. نخستین تلاش‌های رسمی برای توسعه کاداستر سه بعدی از کارگاه‌های فدراسیون بین‌المللی نقشه‌برداری (FIG) در سال ۲۰۰۱ آغاز شد [۳]. مدل‌های اولیه اغلب بر جنبه‌های مفهومی و حقوقی متمرکز بودند، مانند مدل دامنه مدیریت زمین^۱ (LADM) که به عنوان یک استاندارد بین‌المللی (ISO19152) چارچوبی مفهومی برای تعریف روابط میان اشخاص، حقوق، محدودیت‌ها و واحدهای فضایی ارائه می‌دهد، و مدل ePlan، که با هدف دیجیتالی‌سازی نقشه‌های ثبتی و استانداردسازی داده‌های کاداستری در قالب‌های ساختاریافته توسعه یافته‌است؛ اما این مدل‌ها در مراحل اولیه فاقد ابعاد فنی و جزئیات اجرایی برای پیاده‌سازی کامل در سامانه‌های عملیاتی بودند [۳۱ و ۳]. در ادامه، تمرکز مطالعات به سوی استفاده از مدل‌های داده فیزیکی مانند BIM و CityGML معطوف شد [۳۲ و ۳۹-۱۷]. از میان این‌ها، BIM به دلیل توانایی بالا در نگاشت اطلاعات ساختمانی و حقوقی، توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. تحقیقات اولیه به ایجاد مدل‌های مفهومی برای پیوند اطلاعات کاداستر با BIM پرداخته‌اند [۳۳ و ۳۴]. این مطالعات عمدتاً بر روی استاندارد IFC و قابلیت‌های آن برای مدیریت اطلاعات کاداستر در سطح مدل داده متمرکز شده‌اند. مطالعات جدیدتر نمونه اولیه BIM برای مدیریت اطلاعات کاداستر سه بعدی را اجرا کرده‌اند [۴۰ و ۱۷، ۴۱]. به عنوان مثال العطاس و همکاران (۲۰۲۱) با توسعه IFC روشی برای ثبت سه بعدی و بازنمایی فضاهای مالکیت سه بعدی در ساختمان‌های چندطبقه در حوزه قضایی عربستان ارائه دادند. ایشان همچنین یک روش برای نگاشت از BIM/IFC به LADM معرفی کردند [۴۲]. همان‌گونه که در شکل (۱) نمایش داده شده، این

^۳ Oldfield

^۴ LIDAR

^۱ Land Administration Domain Model

^۲ Alattas

در قالب کاداستر چهاربعدی پرداختند [۵۰ و ۵۱]. آلبردی^۲ و اربا^۳ (۲۰۲۰) مدل مفهومی برای مرزهای ساحلی در آرژانتین ارائه دادند [۵۱]. در پژوهشی دیگر، سیژکا^۴ و همکاران (۲۰۱۰) از ترکیب ثبت دوبعدی و اطلاعات زمانی برای گذار به کاداستر چهاربعدی استفاده کردند [۵۲].

در جدول (۱) مقایسه روش پیشنهادی در این مقاله و مطالعات پیشین، جنبه های نوآورانه روش پیشنهادی در این مقاله را متمایز میکند. با توجه به مقالاتی که در این بخش مرور شد و همچنین جدول (۱) می توان به روشنی مشاهده کرد که بُعد زمانی در اغلب توسعه هایی که بر بستر BIM/IFC انجام شده، یا به طور کامل نادیده گرفته شده، یا صرفاً در حد اشاره ای مفهومی مطرح شده است. عمده مطالعات تمرکز بر مدل سازی حقوقی و تلفیق آن با مدل های فیزیکی داشتند، هیچ یک از آنها به ثبت تغییرات زمانی در مالکیت و وضعیت واحدها پرداخته اند.

اگرچه محققانی چون گورسو سورمنلی^۵ و همکاران (۲۰۲۲) و سولیستیاواتی^۶ و همکاران (۲۰۱۸) به مقوله زمان توجه کرده اند، اما به جای استفاده از IFC، از مدل های CityGML یا LADM بهره برده اند که با جریان اصلی BIM سازگاری عملیاتی ندارد. از میان پژوهش های ایرانی نیز، کار عینعلی گامی مهم در بومی سازی مدل سازی حقوقی در کاداستر سه بعدی ایران بود، اما همچنان فاقد پشتیبانی زمانی و تطابق کامل با نیازهای تفکیک آپارتمان در نظام حقوقی ایران است.

ماهوره ای در ایران را به دلیل سهولت دسترسی، و ارزان بودن، گزینه ای مناسب برای مدیریت زمین سه بعدی در ایران معرفی کردند [۴۴]. خوش برش و صادقیان (۱۳۹۷) مدلی برای کاداستر سه بعدی در تهران با استفاده از تصاویر هوایی ۱:۳۰۰۰ ارائه دادند. یافته اصلی این مقاله معرفی قابلیت های تصاویر هوایی برای تولید مدل سه بعدی برای کاداستر شهری، با رویکردی اجرایی است [۴۵]. امامقلیان و همکاران (۱۳۹۷) ثبت اطلاعات مکانی و توصیفی آپارتمان ها را در یک پایگاه داده مکانی برای مدلسازی و نمایش سه بعدی آپارتمان ها نشان دادند. ایشان برای مدل سازی و نمایش حقوق ارتفاقی در آپارتمانها در نرم افزار ESRI ArcScene یک روش، معرفی کردند [۴۶]. دبیری و همکاران (۱۳۹۸) به تعریف یک هستی شناسی مکانی مبتنی بر BIM به منظور پرس و جوی معنایی اطلاعات مالکیت سه بعدی پرداختند. یافته تحقیق آنها نشان می دهد مرزها و فضاها ی مالکیت توسط پرس و جوی معنایی در مدت زمان کمتری بازیابی می شود [۴۷]. عینعلی و آل شیخ (۱۴۰۱) بر مبنای BIM یک مدل برای ثبت سه بعدی انواع مرزهای سه بعدی در حوزه قضایی ایران معرفی کردند. ایشان برای ثبت این مرزها، استاندارد IFC را توسعه داده و بر روی یک ساختمان در تهران پیاده سازی نمودند [۴۸]. یافته اصلی ایشان، نمایش برتری قابلیت های ثبت سه بعدی برای آپارتمان، نسبت به ثبت دوبعدی است.

یکی از شکاف های اصلی که در اغلب مطالعات داخلی و بین المللی دیده می شود، نادیده گرفتن بُعد زمان در مدل سازی اطلاعات کاداستر است. کاداستر چهاربعدی که زمان را به عنوان مؤلفه ای کلیدی در کنار سه بُعد مکانی در نظر می گیرد، به تدریج در حال توسعه است. پژوهشگران متعددی به اهمیت بعد زمانی در مدیریت مالکیت اشاره کرده اند [۴۹]. به عنوان نمونه، دونر^۱ و همکاران (۲۰۱۰) به ثبت شبکه های تاسیسات زیربنایی

^۲ Alberdi^۳ Erba^۴ Siejka^۵ Gürsoy Sürmeneli^۶ Sulistyawati^۱ Döner

جدول ۱: مقایسه پژوهش‌های پیشین با رویکرد پیشنهادی در این مقاله

مطالعه / محقق	استفاده از IFC	غنای سازی حقوقی	پشتبانی از بُعد زمانی	تطبیق با نظام حقوقی ایران	ویژگی متمایز
شجاعی و همکاران (۲۰۱۵)	بله	بله	خیر	خیر	مدل سازی مرزهای مالکیتی در IFC
اولدفیلد و همکاران (۲۰۱۷)	بله	بله	خیر	خیر	تعریف فرآیند IDM برای استخراج فضاهای حقوقی
عطازاده و همکاران (۲۰۱۷)	بله	بله	خیر	خیر	پرس و جوی حقوقی از مدل BIM
برزگر و همکاران (۲۰۲۰)	بله	بله	خیر	خیر	استفاده از روابط توپولوژیکی برای تحلیل فضایی
العطاس و همکاران (۲۰۲۱)	بله	بله (بر اساس سیستم حقوقی عربستان)	خیر	خیر	نگاشت BIM/IFC به LADM
عینعلی و همکاران (۲۰۲۲)	بله	بله	خیر	بله	ثبت سه بعدی مالکیت در ایران بدون پشتیبانی زمانی
گورسو سورمنلی و همکاران (۲۰۲۲)	خیر (CityGML)	بله	بله	خیر	توسعه مدل 4D بر اساس CityGML و LADM
سولستیواتی و همکاران (۲۰۱۸)	خیر (LADM)	بله	بله	خیر	مدل سازی تغییرات 3D در طول زمان با VersionedObject
روش پیشنهادی در این مقاله	بله	بله (بر اساس سیستم حقوقی ایران)	بله	بله	طراحی مدل زمانی و پیاده سازی واقعی در ایران

۳- مبانی تحقیق

در این بخش، مبانی نظری و مفاهیم کلیدی ارائه می شود. ابتدا BIM معرفی می گردد که به عنوان یک تحول مهم در صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز، امکان مدیریت یکپارچه داده های ساختمانی در کل چرخه حیات ساختمان را فراهم می کند. در ادامه استانداردها و چارچوب های مرتبط برای توسعه BIM مانند IFC و زبان مدل سازی گرافیکی آن معرفی می شود.

۳-۱- مدل اطلاعات ساختمان (BIM)

BIM یکی از مهم ترین تحولات اخیر در صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز (AEC) است که یک مدل مجازی (دو قلو ی رقومی) از ساختمان به صورت رقومی ارائه می دهد [۵۳]. اصطلاح BIM به دو مفهوم

مدل سازی اطلاعات ساختمان^۱ و مدل اطلاعات ساختمان^۲ اشاره دارد. BIM در مفهوم اول نگاه فرآیندی و مشارکتی برای مدیریت ساختمان در کل چرخه حیات آن، یعنی پیش از ساخت، حین ساخت و تا زمان تخریب، دارد [۱۱]. BIM در مفهوم دوم یک مدل رقومی است که حاوی اطلاعات متنوعی از ساختمان مانند، هندسه، روابط فضایی، اطلاعات جغرافیایی، کمیت ها و اطلاعات توصیفی عناصر ساختمان، برآورد هزینه، موجودی مواد و برنامه زمان بندی پروژه است [۵۴].

^۱ Building Information Modeling

^۲ Building Information Model

۳-۲- کلاس‌های پایه صنعت^۱ (IFC)

IFC یک استاندارد سازمان بین‌المللی استانداردسازی^۲ (ISO) است، که در سال ۲۰۱۳ به عنوان استاندارد ISO16739 ثبت شد. این استاندارد امکان نگهداری و تبادل داده‌های BIM بین برنامه‌های مختلف نرم‌افزاری را ممکن می‌سازد [۱۷]. IFC به جز تبادل BIM بین نرم‌افزارها، برای کدگذاری مواردی مثل هویت و معنانشناسی (نام، شناسه یکتا، نوع شی یا تابع)، ویژگی‌ها (مانند مواد، رنگ)، روابط (مانند ارتباطات و مالکیت)، اشیاء (مانند ستون یا دال)، مفاهیم انتزاعی (مانند عملکرد، هزینه)، فرایندها (مانند نصب، عملیات ساخت و تخریب) و افراد (مانند صاحبان، طراحان، پیمانکاران، مالکان) نیز استفاده می‌شود [۵۵]. توسط IFC می‌توان اجزای فیزیکی ساختمان‌ها، سیستم‌های مکانیکی یا الکتریکی، مدل‌های تجزیه و تحلیل انرژی، هزینه‌ها، برنامه‌های کاری، و فرایندها را تعریف کرد [۵۵]. IFC از چهار لایه مفهومی تشکیل شده است [۵۶].

الف) لایه منبع^۳: شامل موجودیت‌های مستقل و اصلی مانند واحدهای اندازه‌گیری و اجزای توپولوژی قرار دارد که در لایه‌های دیگر ارجاع داده می‌شود. ب) لایه اصلی^۴: از زیرکلاس *ifcKernel* و سه زیرکلاس الحاقی اصلی فرآیندها^۵ کنترل^۶ و محصول^۷ تشکیل شده است. ج) لایه تعامل‌پذیری^۸: طرح‌واره‌های فرعی را مشخص می‌کند که شامل موجودیت‌هایی از IFC است که در چندین دامنه AEC به اشتراک گذاشته می‌شوند. این لایه تبادل با مدل‌های کاربردی را تسهیل می‌کند که از نظر توپولوژیکی با IFC متفاوت هستند [۵۷]. د) لایه

دامنه^۹: این لایه طرح‌های فرعی را برای دامنه ساخت‌وساز، معماری و مهندسی تعریف می‌کند. *ifcRoot* کلاس ریشه در سلسله مراتب درختی IFC، نسبت به سایر کلاس‌ها است. *ifcRoot* دارای سه زیرکلاس است. این سه زیرکلاس که در فرایند توسعه IFC برای پشتیبانی از کاداستر نقش اساسی دارند، عبارتند از:

- ۱) زیرکلاس تعریف شیء (*IfcObjectDefinition*): این موجودیت ابرکلاس انتزاعی برای تعریف موجودیت‌هایی است که انواع مختلفی از اشیاء مانند محصولات (*IfcProduct*)، فرایندها (*IfcProcess*) و کنترل (*IfcControl*) را شامل می‌شود.
- ۲) زیرکلاس روابط (*IfcRelationship*): این موجودیت برای تعریف روابط بین اشیاء در IFC است. در استاندارد IFC بین کلاس‌ها شش نوع رابطه شامل: ترکیب^{۱۰}، انتساب^{۱۱}، اتصال^{۱۲}، اتحاد^{۱۳}، ارجاع^{۱۴} و تعریف^{۱۵} وجود دارد.

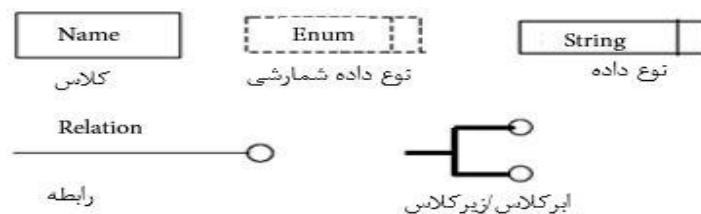
- ۳) زیرکلاس تعریف ویژگی (*IfcPropertyDefinition*): این کلاس اطلاعات توصیفی و ویژگی‌ها را تعریف می‌کند. در این زیرکلاس، ویژگی به یک خصیصه تعریف شده توسط کاربر اشاره دارد که می‌تواند از طریق روابط به اشیاء منتسب شود.

۳-۳- زبان مدل‌سازی گرافیکی IFC

IFC از منظر قالب داده یک فایل متنی براساس استاندارد ISO10303 به نام *Step* است [۵۸]. برای مدل‌سازی IFC از دو زبان مدل‌سازی متنی (*EXPRESS*) و زبان گرافیکی (*EXPRESS-G*) استفاده می‌شود [۵۹]. در این مقاله به منظور نمایش بهتر روابط

⁹ Domain layer¹⁰ Composition¹¹ Assignment¹² Connectivity¹³ Association¹⁴ Declaration¹⁵ Definition¹⁶ Standard for the Exchange of Product Model Data¹ Industry Foundation Classes² International Organization for Standardization³ Resource layer⁴ Core layer⁵ Process⁶ Control⁷ Product⁸ Interoperability layer

توسعه مدل به کار رفته است، در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲: علائم زبان مدلسازی EXPRESS-G

سندهای مستقل به همراه منضمت و محدوده‌های مشاع به واحدهای آپارتمانی می‌شود [۶۰]. به عبارت دیگر تفکیک آپارتمان منجر به تعیین مرزها، و حقوق فضاها و عوارض، موجود در ساختمان (کاداستر) می‌شود. در شیوه‌نامه تفکیک آپارتمان ایران، ابتدا موقعیت عرصه (قطعه زمینی که ساختمان در آن بنا شده است)، و پلاک‌های ثبتی مجاور آن برداشت می‌شود، سپس در قسمت اعیانی (اعیان به زیربنا یا مساحت ساخته شده، اطلاق می‌شود)، قطعات تفکیکی در هر طبقه نقشه‌برداری و شماره‌گذاری می‌شود. پس از آن پارکینگ، انباری و فضاهای مشاعی مانند راهرو و راه‌پله نقشه‌برداری و ثبت می‌شوند و حق ارتفاق در فضاهای مربوطه مانند پارکینگ‌های مزاحم بر روی نقشه‌های تفکیکی مشخص می‌شود. از منظر نوع مالکیت، طبق قانون تملک آپارتمان‌ها مصوب سال ۱۳۴۳ دو نوع مالکیت وجود دارد [۶۱]، مالکیت خصوصی که شامل قطعات تفکیکی، انباری، و پارکینگ می‌باشد، و مالکیت مشاعی، که فضاهایی مانند راهروها و راه‌پله را شامل می‌شود.

۴-۲- مدل سازی فرایندهای حقوقی با توجه به

طرحواره IFC

رویکرد پیشنهادی در این مقاله، برای مدیریت بعد زمان، ثبت و مدیریت اطلاعات زمانمند در قالب فرایند حقوقی است، که منجر به ایجاد و یا تغییر در مرزها،

و مدل پیشنهادی، از زبان مدل‌سازی EXPRESS-G استفاده می‌شود، که نسخه گرافیکی EXPRESS است. علائم و نشانه‌های قراردادی EXPRESS-G که در

۴- روش‌شناسی

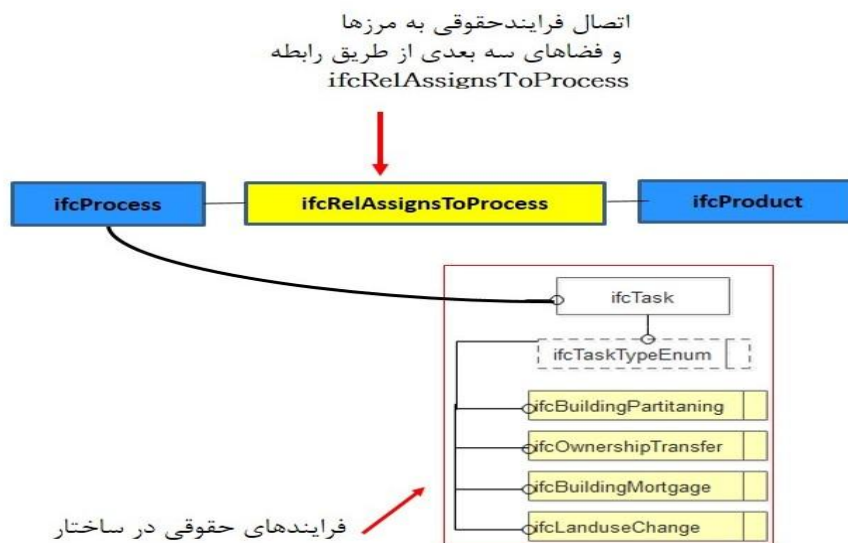
در این مقاله، روش پیشنهادی متمرکز بر توسعه IFC برای پشتیبانی از فرایند تفکیک آپارتمان به عنوان مرحله اساسی کاداستر آپارتمان است. دامنه کاربرد این روش برای سایر فرایندها در مدیریت زمین شهری قابل تعمیم است. در گام اول، شیوه‌نامه تفکیک آپارتمان بررسی می‌شود و نحوه ثبت و برداشت اطلاعات فضاهای خصوصی، اشتراکی، مرزهای مالکیت و RRR مشخص می‌شود. در گام دوم، بر مبنای اطلاعات به دست آمده از مرحله قبل، قابلیت‌های IFC برای مدیریت فرایند زمانی-مکانی مدیریت زمین شهری بررسی می‌شود. در گام سوم نحوه ذخیره اطلاعات عرصه و پلاک‌های ثبتی مجاور، با توجه به قابلیت‌های IFC تشریح می‌شود. در گام چهارم مدلسازی و ثبت اطلاعات قطعه‌تفکیکی در هر طبقه با توجه به مجوزهای طرحواره IFC بیان می‌شود. در گام‌های پنج و شش نحوه مدلسازی فضاهای خصوصی و مشاعی بیان می‌شود. در گام هفتم نحوه مدیریت حقوق و فضاهای ارتفافی اشاره خواهد شد و در گام هشتم نحوه مدلسازی مرزها توضیح داده می‌شود. در ادامه جزییات هر یک از مراحل یاد شده در بخش‌های ۴-۱ تا ۴-۸ بیان می‌شود.

۴-۱- بررسی شیوه‌نامه تفکیک آپارتمان ایران

تفکیک آپارتمان، فرایندی است که منجر به تخصیص

مانند خرید یا ساخت، استفاده می‌شود [۶۳]. این موجودیت دارای سه زیر کلاس *ifcEvent*، *ifcTask* و *ifcProcedure* است، که زیر کلاس *ifcTask* برای مدل سازی فرایندهای حقوقی با توجه به بررسی‌های صورت گرفته مناسب تشخیص داده شد. *ifcTask* به منزله واحد کاری مشخص است که باید در یک پروژه ساختمانی انجام شود. این موجودیت برای توصیف و مدل سازی کارهایی مانند عملیات جابجایی و بهره‌برداری، ساخت یا نصب محصولات در ساختمان ایجاد شده است [۶۴]، اما فقط به این نوع از فرایندها محدود نمی‌شود. از طریق موجودیت *ifcTaskTypeEnum* قابلیت ساخت فرایندهای حقوقی که در طول زمان بر روی مرزها، فضاها و *RRR* تاثیر می‌گذارد وجود دارد.

فضاها و *3DRRR* می‌شود. منظور از فرایند حقوقی، فرایندهایی مانند تفکیک آپارتمان است که منجر به تعیین مرزها، فضاها و مالکیت و *RRR* می‌شود، و یا فرایند اجاره و رهن که ثبت زمان شروع و پایان در آن مهم است. فرایندهایی مانند تعمیر و بازسازی که منجر به تغییر در اشیا فیزیکی (مانند دیوارها)، فضاها، مرزها و *RRR* خواهد شد نیز در این دسته قرار می‌گیرد. نسخه ۴ طرحواره *IFC* شامل ۷۷۶ موجودیت است [۶۲]. با بررسی طرحواره *IFC*، موجودیت *ifcProcess* به عنوان موجودیت دارای پتانسیل، جهت مدل سازی فرایندهای حقوقی پیشنهاد می‌شود. این موجودیت به عنوان یک وظیفه یا رویداد منفرد تعریف می‌شود که دارای روابط توالی با سایر فرایندها است. *IfcProcess* می‌تواند یک وظیفه (*Task*) و یا یک رویداد (*Event*) نیز باشد که برای مدل سازی اهدافی



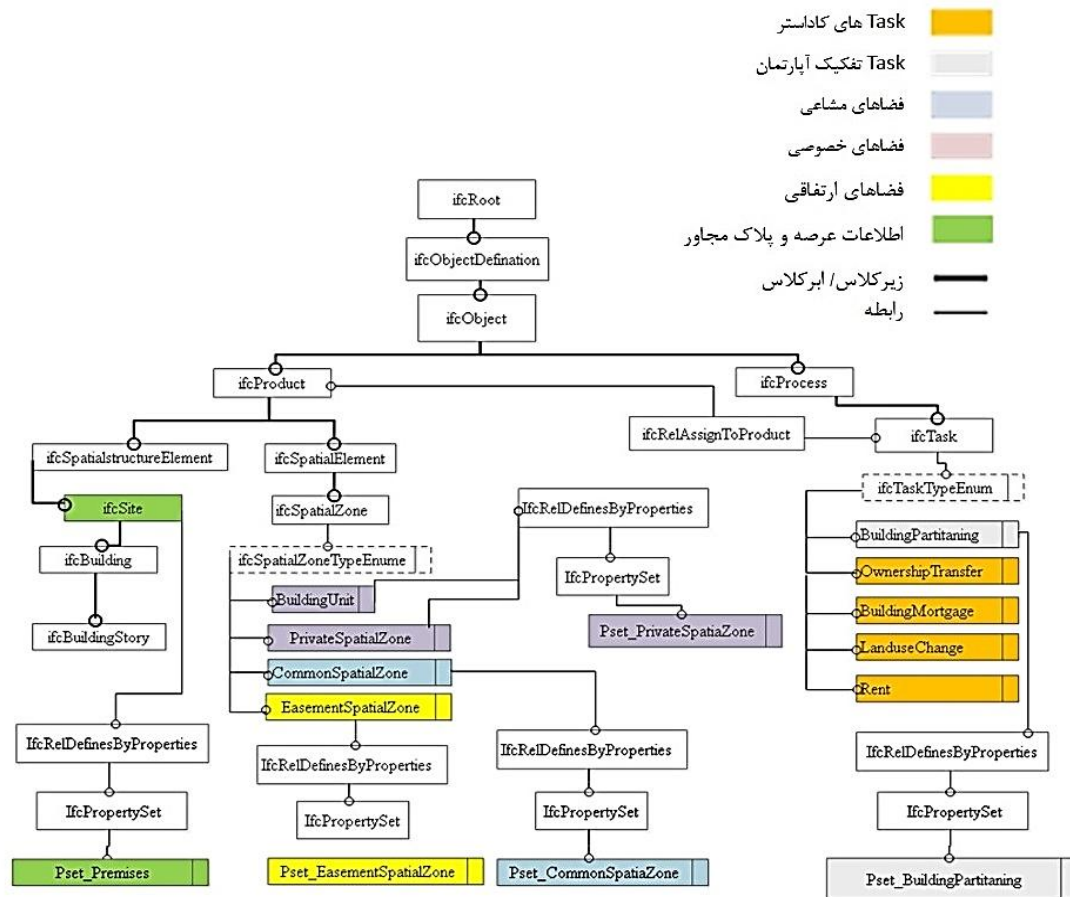
شکل ۳: روابط *ifcProcess* با سایر موجودیت‌ها و جایگاه فرایندهای حقوقی پیشنهادی در ساختار *IFC*

فرایندهای حقوقی، از طریق رابطه *ifcRelAssignsToProduct* به مرزها و فضاها و سه بعدی منتسب می‌شود. بدین طریق می‌توان ابعاد زمانی لازم برای مرزها و فضاها و مالکیت سه بعدی را ثبت و مدیریت کرد. مدل کلی برای ثبت فرایندهای

در شکل (۳) جایگاه پیشنهادی فرایندهای حقوقی در ساختار درختی *IFC* نشان داده شده است. همان طور که در این شکل دیده می‌شود، فرایندهای حقوقی زمانمند به عنوان یک زیر کلاس از موجودیت *ifcTask* ایجاد می‌شود.

مطابق شکل (۴) پیشنهاد می‌شود.

حقوقی زمانمند، عرصه، فضای مالکیت خصوصی، مشاعی و ارتفاقی، و ارتباطات آنها در ساختار IFC



شکل ۴: مدل پیشنهادی برای کاداستر چهار بعدی در بستر IFC

است [۶۵]، اما فقط به این نوع محدود نمی‌شود و انواع مختلف منطقه فضایی توسط کلاس *IfcSpatialZoneTypeEnum* قابل مدل‌سازی است. در این مقاله برای مدل‌سازی قطعه تفکیکی^۲، فضاهای مالکیت خصوصی^۳، مشاعی^۴ و ارتفاقی^۵ کلاس *IfcSpatialZone* پیشنهاد می‌شود. همانطور که در شکل (۴) نشان داده شده‌است، این فضاها از طریق

همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، یکی از کلاس‌های کلیدی که برای مدل‌سازی انواع فضاهای مالکیت پیشنهاد شده است موجودیت *IfcSpatialZone* می‌باشد. این کلاس برای مدل‌سازی فضاهای مالکیتی و *3DRRR* بسیار مناسب است [۱۷]. منطقه فضایی^۱ یک تجزیه غیر سلسله‌مراتبی با توجه به ویژگی‌های عملکردی اشیا ساختمان است. این کلاس برای کاربردهایی نظیر نمایش و مدل‌سازی منطقه حرارتی، منطقه ساخت‌وساز و منطقه روشنایی ایجاد شده

^۲ *BuildingUnit*

^۳ *PrivateSpatialZone*

^۴ *CommonSpatialZone*

^۵ *EasementSpatialZone*

^۱ *SpatialZone*

رابطه *ifcRelAssignsToProduct* به کلاس‌های حقوقی زمانمند منتسب می‌گردند.

۳-۴- ثبت اطلاعات عرصه و پلاک‌های مجاور

در شیوه نامه تفکیک آپارتمان ایران، مرحله اول کداستر آپارتمان، نقشه برداری و ثبت عرصه و ذخیره اطلاعات پلاک‌های مجاور است. در شکل (۴) کلاس *ifcSite* (کلاس‌های سبز رنگ) به منظور ذخیره اطلاعات

عرصه و پلاک‌های مجاور، پیشنهاد شده است. لازم به ذکر است، در صورت نبود پلاک ثبتی در مجاورت عرصه، اطلاعات گذرهای مشرف به عرصه ذخیره می‌شود. در شکل (۴) کلاس *Pset_Premises* موجودیت پیشنهادی برای ذخیره اطلاعات توصیفی عرصه و همسایگی عرصه مطابق با ردیف (۱) جدول (۲) می‌باشد.

جدول ۲: ویژگی‌های (*Pset_*)

ردیف	مجموعه ویژگی (<i>Pset</i>)	نام ویژگی‌ها
۱	<i>Pset_Premises</i>	شناسه (<i>ID</i>)، پلاک ثبتی عرصه، آدرس ملک، معبر شمالی، معبر جنوبی، معبر شرقی، معبر غربی
۲	<i>Pset_BuildingPartitioning</i>	شناسه (<i>ID</i>)، نام نقشه‌بردار، شماره نظام‌مهندسی، مرسوم نقشه، نام مالک، زمان تفکیک، زمان درخواست، زمان ثبت، سری دفتر، شماره دفتر، شماره صفحه
۳	<i>Pset_BuildingUnit</i>	شناسه (<i>ID</i>)، شماره قطعه، کاربری، مساحت، حجم
۴	<i>Pset_PrivateSpatialZone</i>	شناسه (<i>ID</i>)، نام مالک، سهم مالک، شماره قطعه، شماره انباری، شماره پارکینگ، کاربری، شماره طبقه، مساحت کل، توضیحات
۵	<i>Pset_CommonSpatialZone</i>	شناسه (<i>ID</i>)، نام فضای مشاعی، کاربری فضای مشاعی، مالکان، توضیحات
۶	<i>Pset_EasementSpatialZone</i>	شناسه (<i>ID</i>)، نام فضای ارتفاقی، مالکان درگیر، نوع کاربرد، توضیحات

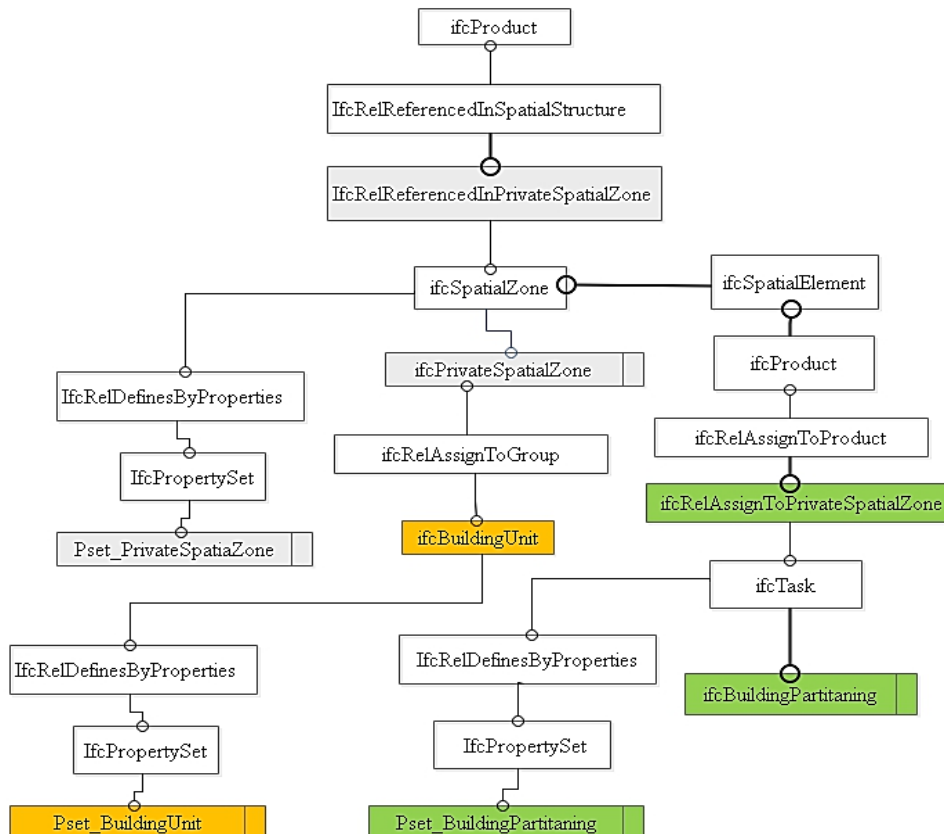
۴-۴- ثبت اطلاعات قطعه تفکیکی

پس از برداشت عرصه، قطعات تفکیکی در هر طبقه مشخص می‌شود. منظور از قطعه تفکیکی قسمت‌های اختصاصی به غیر از انباری و پارکینگ، یعنی واحدهای آپارتمان، با هر نوع کاربری می‌باشد [۶۶]. پس از نقشه‌برداری قطعات تفکیکی، منضعات قطعات تفکیکی مانند انباری و پارکینگ برداشت می‌شود. برای مدل‌سازی قطعه تفکیکی در ساختار *IFC* یک زیر کلاس به اسم *BuildingUnit* از نوع *ifcSpatialZone* (کلاس‌های بنفش رنگ در شکل (۴)) پیشنهاد می‌شود. همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، اطلاعات توصیفی قطعه تفکیکی توسط موجودیت *Pset_BuildingUnit* مطابق ردیف (۳) جدول (۲) ثبت می‌شود.

در مدل پیشنهادی در شکل (۴)، فرایند تفکیک آپارتمان (کلاس‌های طوسی رنگ) توسط *BuildingPartitaning* در *ifcTask* ایجاد می‌شود. زمان تفکیک و اطلاعات حقوقی مورد نیاز که هنگام عملیات تفکیک آپارتمان باید ثبت شود، توسط موجودیت *Pset_BuildingPartitaning* مطابق ردیف (۲) جدول (۲) ثبت می‌شود. همان‌طور که در جدول (۲) دیده می‌شود برای فرایند تفکیک آپارتمان، زمان مربوط به برداشت، زمان درخواست و زمان ثبت در پایگاه داده در نظر گرفته شده است. اطلاعات زمانی و سایر اطلاعات تفکیک از طریق رابطه *ifcRelAssignToSite* به عرصه و پلاک‌های ثبتی مجاور منتسب می‌شود.

۴-۵- ثبت اطلاعات مالکیت خصوصی

مالکیت خصوصی طبق قانون تملک آپارتمان، شامل قطعه تفکیکی به همراه منضمت مانند پارکینگ و انباری می باشد. برای مدل سازی پارکینگ و انباری به ترتیب کلاس های *ifcSpace* و *ifcSpatialZone* پیشنهاد می شود. قطعه تفکیکی به همراه منضمت که تحت مالکیت خصوصی قرار می گیرند از طریق رابطه *ifcRelReferencedInPrivateSpatialZone* به کلاس منطقه اختصاصی یعنی *PrivateSpatialZone* منتسب می شوند. برای ثبت اطلاعات توصیفی منطقه مالکیت خصوصی موجودیت *pset_PrivateSpatialZone* مطابق



شکل ۵: مدل پیشنهادی برای فضای مالکیت خصوصی (کلاس های سبز رنگ مربوط به فرایند حقوقی تفکیک آپارتمان می باشند و کلاس های نارنجی مربوط به فضاهای مالکیت خصوصی می باشند)

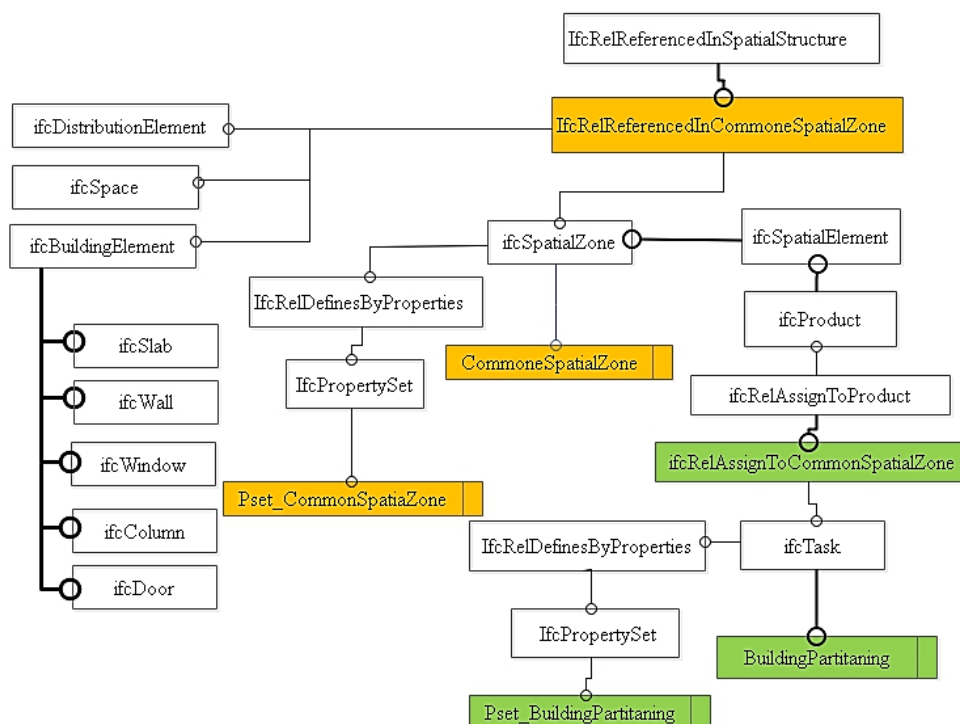
۴-۶- ثبت اطلاعات مشاعات

در شیوه نامه تفکیک آپارتمان ایران، مشاعات به دودسته تقسیم می شوند، دسته اول شامل فضاهای

اشتراکی هستند که شامل فاصله بین پارکینگ ها، فضاهای ارتباطی مانند راهروها، لابی ها، راه پله ها، آسانسورها، نورگیرها، داکت ها، راهروهای اشتراکی،

Pset_CommonSpatialZone مطابق ردیف (۵) جدول (۲) پیشنهاد می‌شود. در شکل (۶) نشان داده شده‌است که چگونه فرایند حقوقی تفکیک آپارتمان از طریق رابطه *ifcRelAssignToCommonZone* به محدوده مشاعی *ifcCommonSpatialZone* منتسب می‌شود.

انبارهای مشاعی، حیاط مشاعی و پشت‌بام مشاعی می‌باشد، که پیشنهاد می‌شود توسط *ifcSpace* اطلاعات آنها ثبت شوند. دسته دوم از مشاعات تأسیسات اشتراکی هستند که پیشنهاد می‌شود با *ifcBuildingElementProxy* مدل شوند. ثبت اطلاعات توصیفی مربوط به مشاعات توسط موجودیت

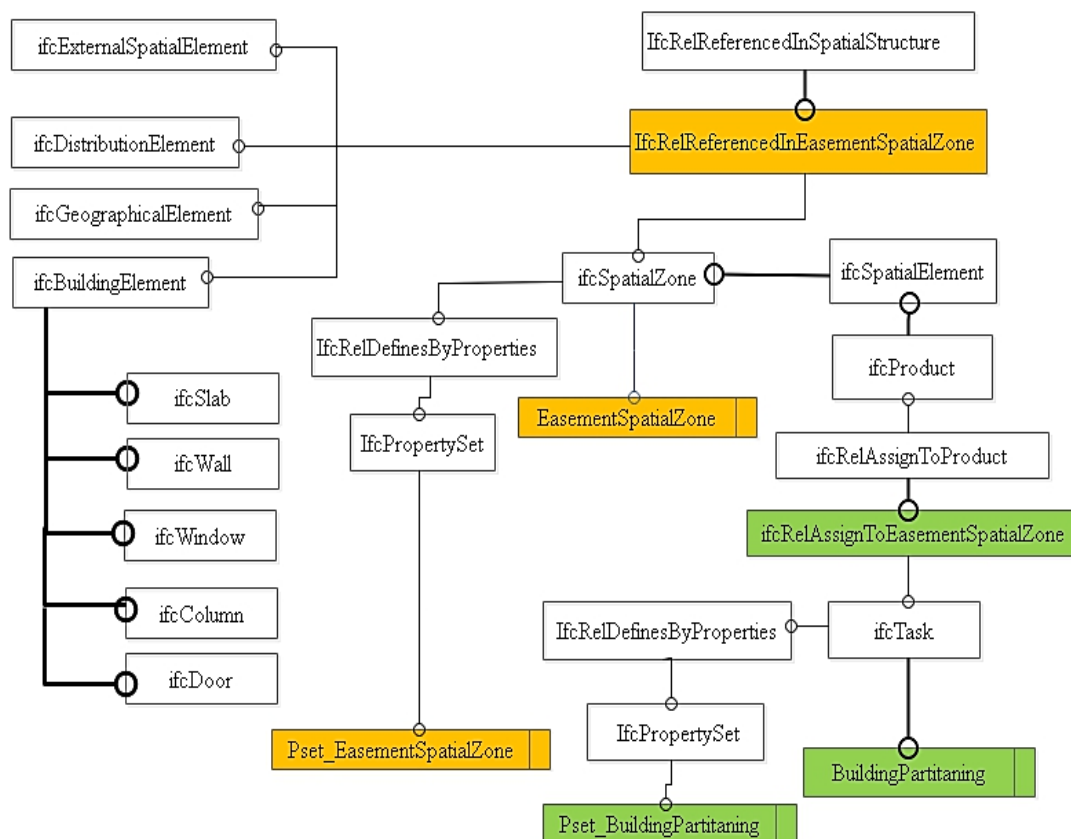


شکل ۶: مدل پیشنهادی برای ثبت مشاعات (کلاس‌های سبز رنگ مربوط به فرایند حقوقی تفکیک آپارتمان می‌باشند و کلاس‌های نارنجی مربوط به مشاعات می‌باشند)

واحدهای دیگر متصل نمایند. مثال دیگر می‌تواند برای پارکینگ‌های مزاحم باشد که باید حق عبور پارکینگ عقب از پارکینگ جلو در نقشه‌های تفکیکی ثبت شود. ثبت اطلاعات توصیفی مربوط به فضاهای ارتفاقی توسط موجودیت *Pset_EasementSpatialZone* مطابق ردیف (۶) جدول (۲) پیشنهاد می‌شود.

۴-۷- ثبت اطلاعات فضاهای دارای حقوق ارتفاقی

ثبت اطلاعات فضاهایی که تحت مالکیت خصوصی هستند و سایر مالکان در شرایط خاص نسبت به آن دارای حقوقی هستند (حقوق ارتفاقی)، مطابق شکل (۷) پیشنهاد می‌شود. به‌عنوان مثال کانال‌هایی که از داخل دیوار واحدها عبور کرده‌اند تا شبکه‌های انرژی را به



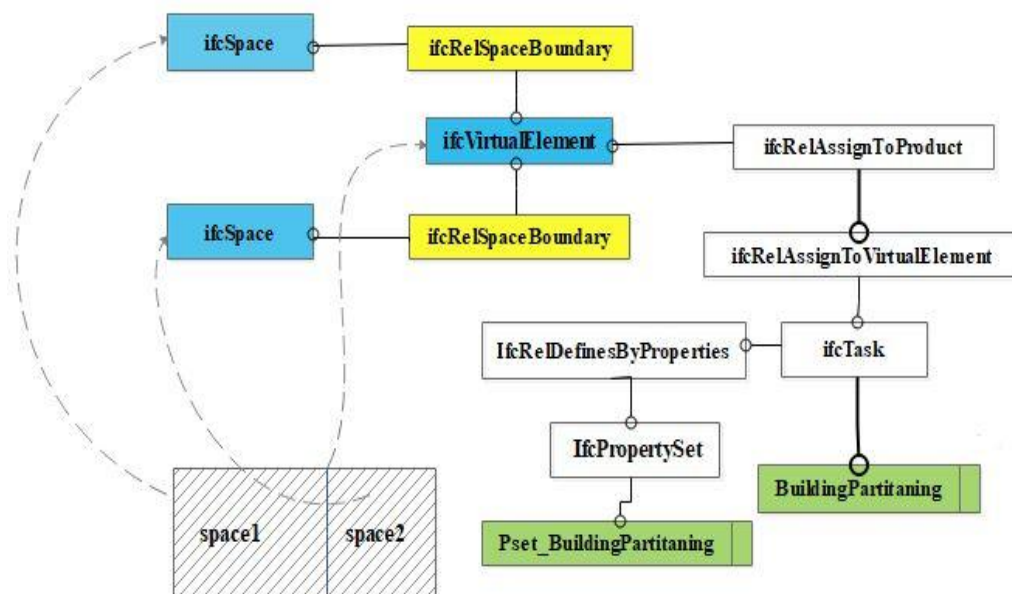
شکل ۷: مدل پیشنهادی برای فضاهای ارتفاقی (کلاس‌های سبز رنگ مربوط به فرایند حقوقی و کلاس‌های نارنجی مربوط به فضاهای ارتفاقی می‌باشند)

مرز مجازی بین دو پارکینگ که به هیچ عنصر فیزیکی در ساختمان اشاره نمی‌کند. برای مدل‌سازی هر دو مرز فیزیکی و مجازی موجودیت *ifcRelSpaceBoundry* پیشنهاد می‌شود، شکل (۸) نحوه مدل‌سازی و ثبت مرز مجازی بین دو فضا را توسط کلاس *ifcVirtualElementk* نمایش می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۸) نمایش داده شده است، مرزهای مجازی توسط موجودیت *ifcRelAssignToVirtualElement* به فرایند حقوقی و اطلاعات مربوط به زمان ایجاد مرز مرتبط می‌شود.

همان‌طور که در شکل (۷) نشان داده شده است کلاس حقوقی تفکیک آپارتمان از طریق رابطه *ifcRelAssignToEasementZone* به منطقه فضایی ارتفاقی *ifcEasementSpatialZone* منتسب می‌گردد. بدین ترتیب زمان ثبت و تعریف فضای ارتفاقی که در واقع همان زمان تفکیک است، به همراه سایر اطلاعات حقوقی تفکیک آپارتمان برای محدوده ارتفاقی قابل احصا می‌باشد.

۴-۸- مدل‌سازی و ثبت مرزهای مجازی و واقعی

در شیوه نامه تفکیک آپارتمان دو نوع مرز داریم. نوع اول مرزهایی که با ارجاع به عناصر فیزیکی ساختمان مانند دیوارها، سقف، کف و سایر عناصر ساختمان تعیین می‌شوند. نوع دوم مرزهای مجازی هستند؛ مانند



شکل ۸: مدل پیشنهادی برای ثبت مرزهای مجازی توسط کلاس‌های استاندارد IFC

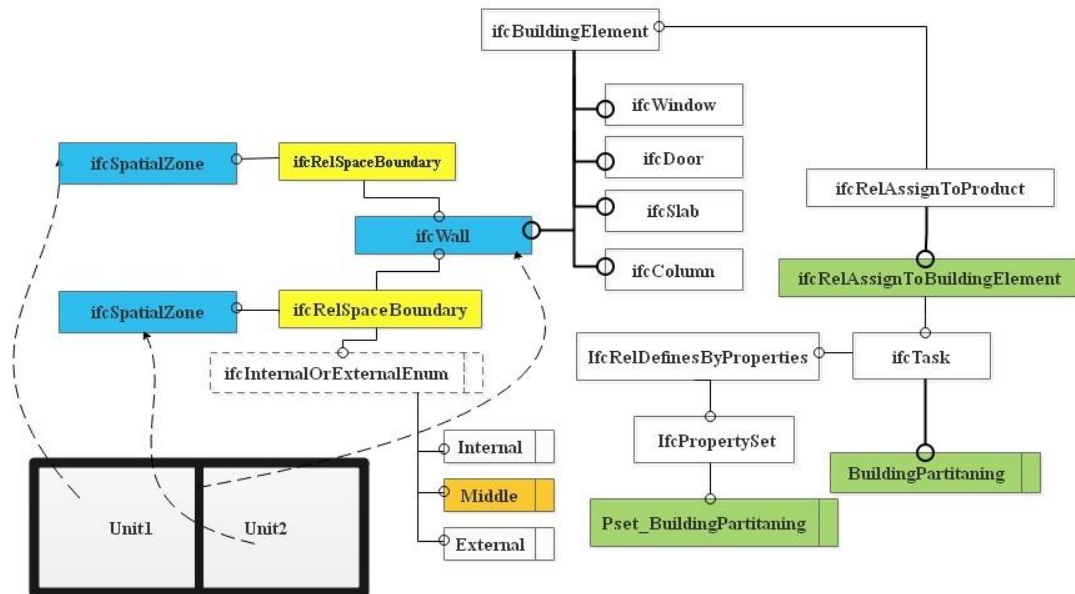
آپارتمان مرز خارجی^۳ می‌باشد. این نوع مرز، زمانی که عنصر فیزیکی بین فضای خارجی ساختمان و فضای مالکیت خصوصی یا مشاعی قرار گرفت است، استفاده می‌شود. شکل (۹) نحوه مدل‌سازی و احصا مرزهای فیزیکی داخلی، میانه و خارجی را نمایش می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۹) نشان داده شده است اطلاعات فرایند حقوقی و اطلاعات زمان ایجاد، برداشت و ثبت مرز فیزیکی توسط *ifcRelAssignToBuildingElement* به مرزهای فیزیکی مرتبط می‌شود. بدین صورت اطلاعات حقوقی و زمانی برای مرزها از فرایند تفکیک آپارتمان قابل احصا است.

در شیوه‌نامه تفکیک آپارتمان ایران سه نوع مرز فیزیکی (داخلی، میانه، خارجی) تعریف شده است، که با ارجاع به عناصر فیزیکی ساختمان تعیین می‌شوند. طبق ماده (۶) دستورالعمل تفکیک آپارتمان، دیوار فاصل بنا مفروض با مشاعات جز بنای مفروز حساب می‌شود برای مواردی مانند برداشت فضاهای مشاعی محصور شده بین دو فضای خصوصی مانند راهروها از مرز داخلی^۱ استفاده می‌شود و اصطلاحاً به صورت گچ به گچ یا داخل به داخل ثبت می‌شوند. مرز بین دو فضای خصوصی که با یک عنصر فیزیکی مانند یک دیوار مشترک تقسیم شده است وسط عنصر فیزیکی می‌باشد. به عنوان مثال مرز بین دو واحد آپارتمان مجاور که با یک دیوار از هم جدا شده‌اند وسط دیوار مشترک می‌باشد. برای مدل‌سازی این نوع مرزها، مرز وسط^۲ پیشنهاد می‌شود. نوع سوم مرزها در شیوه‌نامه تفکیک

³ External

¹ internal

² Middle

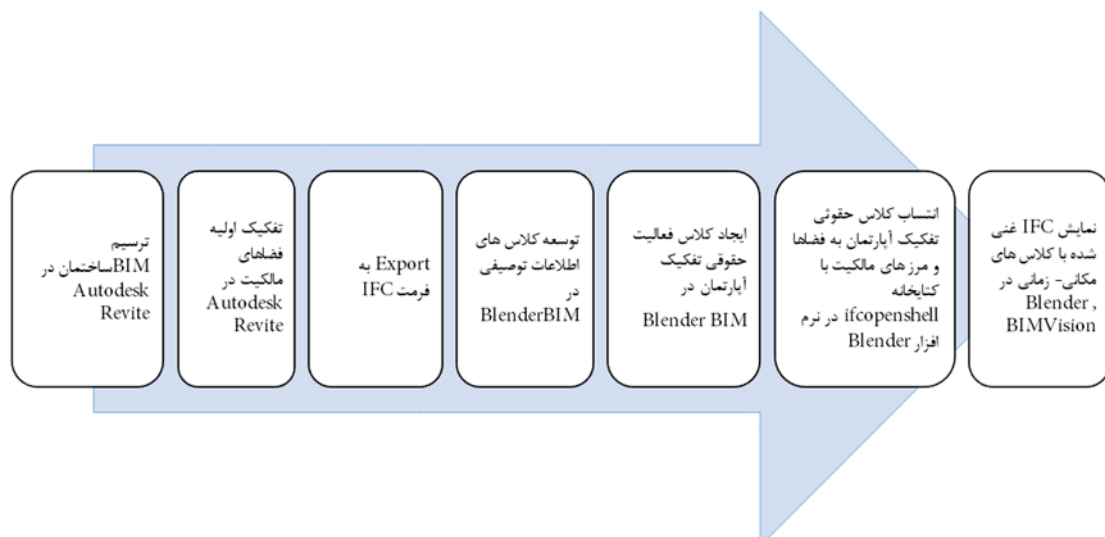


شکل ۹: مدل پیشنهادی برای مرزهای داخلی، میانه و خارجی که با ارجاع به عناصر فیزیکی ساختمان تعریف می شوند.

۵- پیاده سازی

برای نمایش کارایی و امکان پذیری عملیاتی مدل پیشنهادی، یک مطالعه موردی بر روی ساختمان دوازده طبقه در ایران انجام شد. هدف از این پیاده سازی، نمایش عملی نحوه توسعه ساختار IFC

جهت ثبت اطلاعات حقوقی و فضایی، با در نظر گرفتن فرایند تفکیک آپارتمان، مرزهای سه بعدی و زمان بندی حقوقی در یک محیط BIM است. فرایند پیاده سازی در هفت گام انجام شد که هر گام مبتنی بر یک فعالیت هدفمند و یک ابزار نرم افزاری مشخص می باشد.



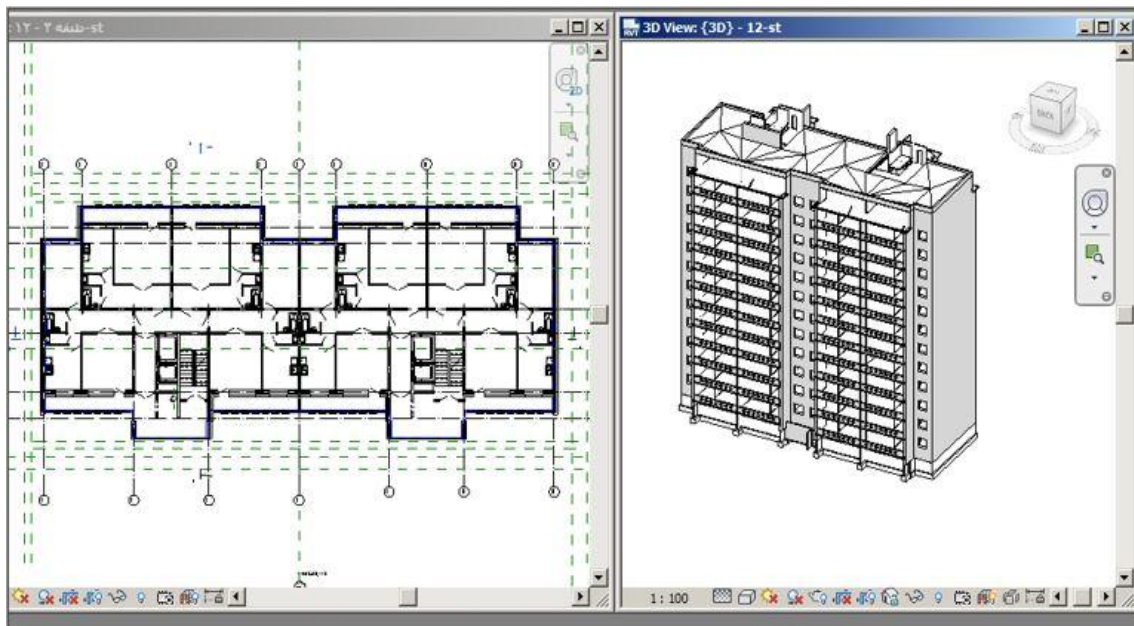
شکل ۱۰: مراحل پیاده سازی

۵-۱- مدل سازی سه بعدی وضع موجود ساختمان

در Revit

در گام نخست، نقشه سه بعدی وضعیت فعلی ساختمان مطابق پلان و مدارک موجود در نرم افزار Autodesk Revit ترسیم شد. این مدل پایه شامل طبقات، واحدها،

پارکینگ‌ها، دیوارها و سایر عناصر فیزیکی ساختمان است. مطابق شکل (۱۱) هدف این مرحله ایجاد نقشه سه بعدی قابل تبدیل به IFC برای توسعه های بعدی مانند ایجاد فرایندهای حقوقی (تفکیک آپارتمان) می-باشد.



شکل ۱۱: ترسیم وضع موجود ساختمان در Revit

۵-۲- مدل سازی فضاهای حقوقی مالکیتی

تفکیک فضاهای حقوقی از جمله فضاهای خصوصی، مشاعی، پارکینگ، انباری، داکت و فضاهای ارتفاقی، مطابق ضوابط تفکیک آپارتمان در ایران، در محیط Revit ترسیم گردید. این گام به صورت دستی و با تفسیر نقشه های کاداستری و مستندات ثبتی انجام شد. در این مرحله تفکیک مالکیتی فضاها بر اساس اصول ثبت تفکیکی رسمی ایران در محیط BIM انجام شد.

۵-۳- گرفتن خروجی از مدل با فرمت IFC

در این گام، مدل ایجاد شده در Revit به فرمت IFC خروجی گرفته شد تا کلاس های حقوقی در محیط نرم افزارهای متن باز مانند Blender، با استفاده از کتابخانه ifcOpenShell به BIM ساختمان اضافه شود.

۵-۴- توسعه کلاس های تفکیک آپارتمان،

اطلاعات حقوقی و توصیفی در IFC

در این بخش مراحل (۴) تا (۶) فرایند اجرایی در شکل (۱۰) انجام شد. مدل IFC در نرم افزار Blender بارگذاری شد و با استفاده از کتابخانه ifcOpenShell کلاس های تعریف شده مانند Pset_BuildingPartitining، Pset_PrivateSpatialZone، Pset_EasementSpatialZone و Pset_Premises ایجاد و به فضاهای مربوطه تخصیص داده شد. این مرحله شامل نگاشت خودکار اطلاعات حقوقی به مرزهای سه بعدی (اعم از دیوارها و پارکینگ) و فضاهای مالکیتی بود.

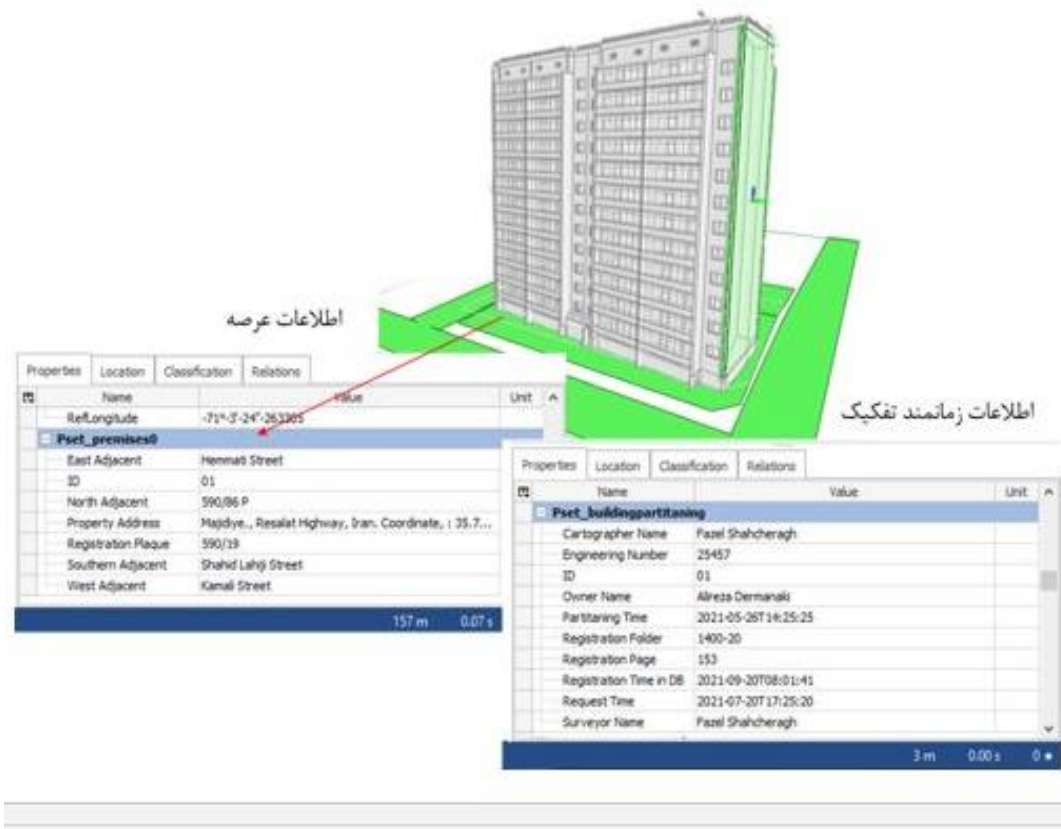
۵-۵- نمایش و بازیابی داده ها در BIMvision

برای اعتبارسنجی عملکرد مدل، فایل IFC غنی شده در

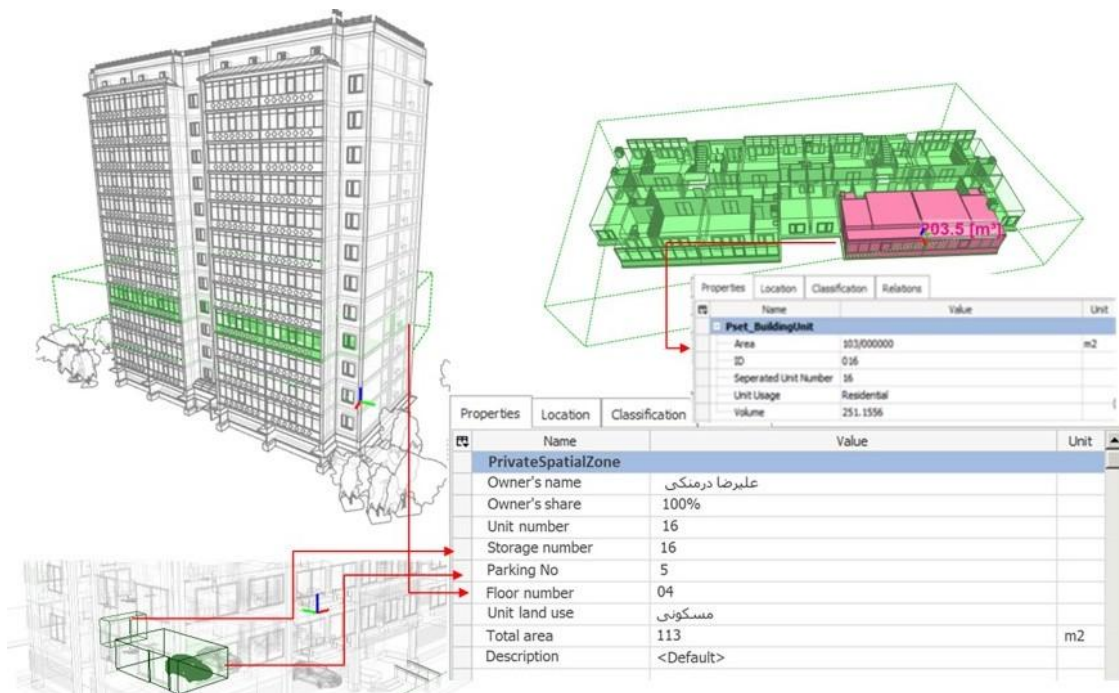
مجازی مطابق شکل (۱۵) می‌باشد. در شکل (۱۶) نیز اسکرپت‌های توسعه‌یافته در محیط Blender به نمایش گذاشته شده است.

ویژگی کلیدی مدل پیشنهادی در قابلیت نگهداری اطلاعات زمانی و ثبتي مربوط به مرزها و فضاها از طریق کلاس *BuildingPartitining* تامین می‌شود، که امکان ثبت و بازیابی تاریخ تفکیک، سری و شماره دفتر ثبت، و زمان درخواست فراهم می‌شود. این اطلاعات در مدیریت تغییرات حقوقی املاک، اطلاعات مهمی تلقی می‌شود.

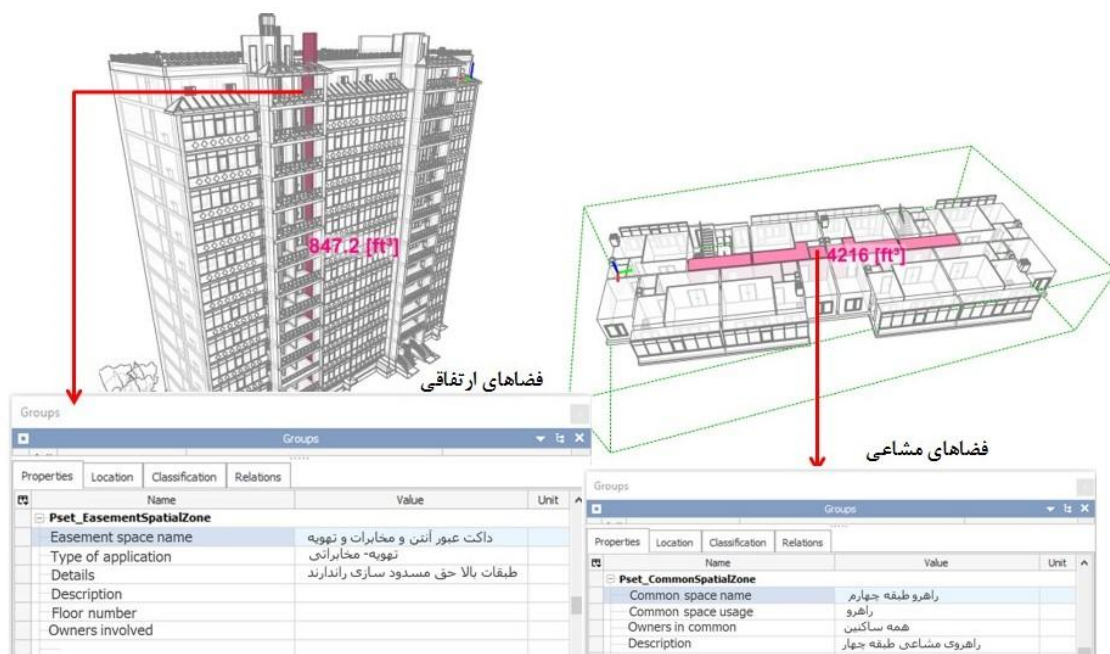
نرم‌افزار *BIMvision* بارگذاری شد. این نرم‌افزار امکان نمایش و بررسی دقیق اطلاعات توصیفی و حقوقی به تفکیک فضا را بر روی *BIM* فراهم می‌سازد. نحوه عملکرد روش پیشنهادی بر روی نمونه مطالعاتی در بازنمایی و نمایش اطلاعات عرصه، معابر مجاور و اطلاعات ثبتی مطابق شکل (۱۲) می‌باشد. بازنمایی و نمایش اطلاعات قطعه‌های تفکیکی و منضعات در شکل (۱۳) نشان داده شده است. در شکل (۱۴) بازیابی و نمایش فضاهای ارتفاعی و مشاعی در نرم‌افزار *BIMVision* به نمایش گذاشته شده است. نحوه عملکرد مدل در بازیابی و نمایش مرزهای فیزیکی و



شکل ۱۲: نمایش اطلاعات توصیفی فرایند تفکیک آپارتمان، عرصه و اطلاعات پلاک های مجاور در *BIMvision*



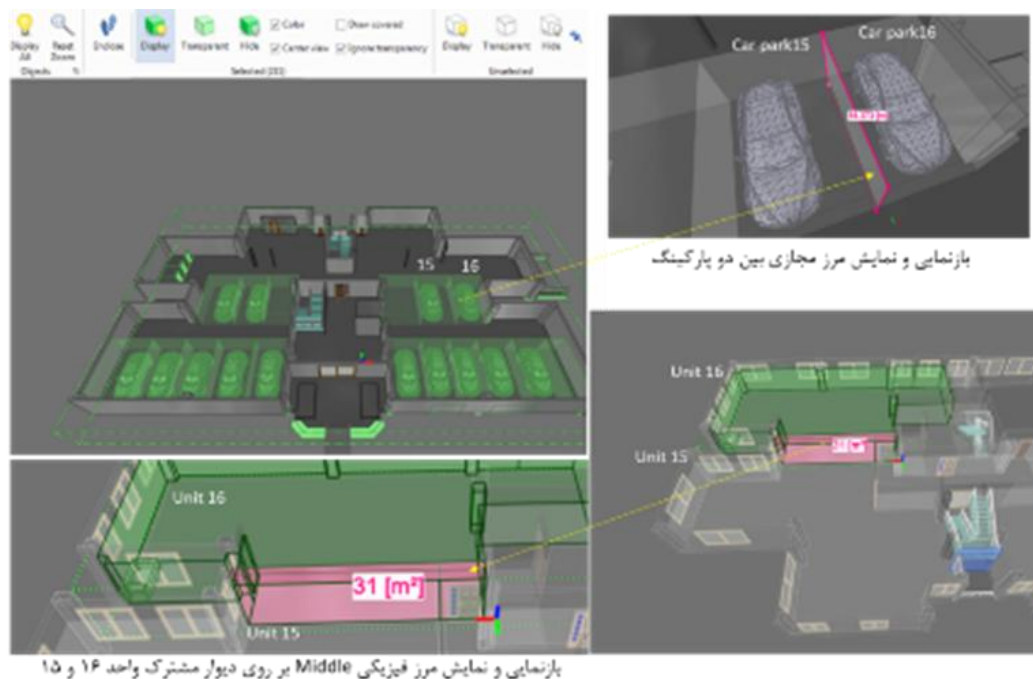
شکل ۱۳: نمایش قطعه تفکیلی و فضای مالکیت خصوصی در BIMvision



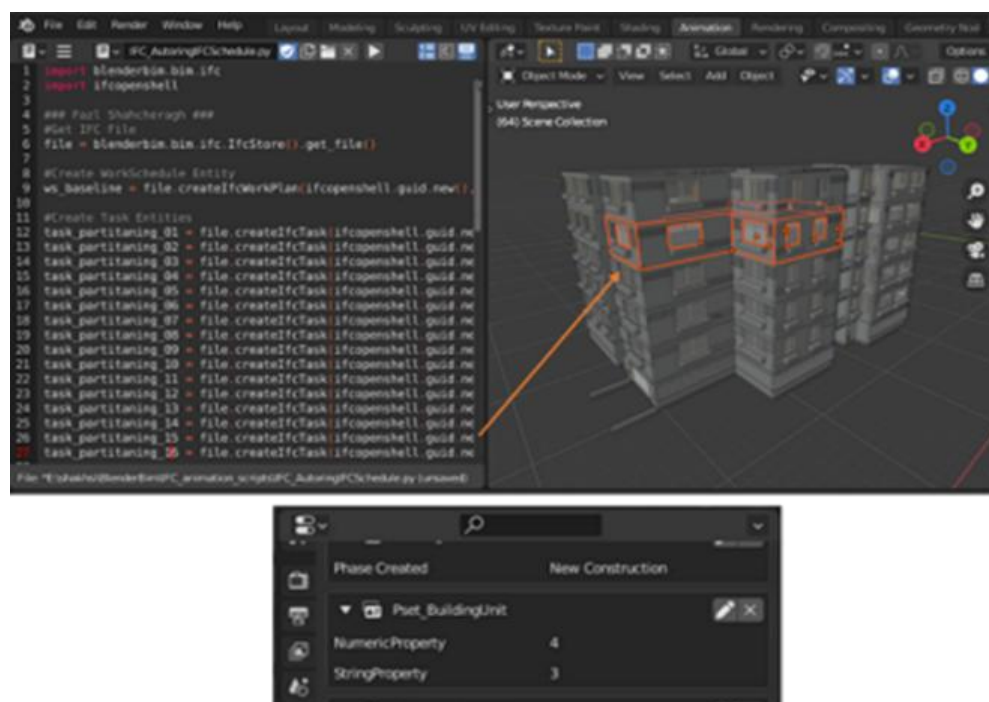
شکل ۱۴: نمایش مشاعات و فضاهای ارتفاقی در روش پیشنهادی در BIMVision

یک روش نوین برای مدیریت حقوق مالکیت در...

سید فاضل شاهچراغ و همکاران



شکل ۱۵: احصا مرزهای مجازی و میانه (Middle) در مدل پیشنهادی (نمایش در BIMvision)



شکل ۱۶: انتساب فرایند حقوقی تفکیک آپارتمان Buildingpartitining به فضاها و مرزهای مالکیت

۶- نتایج

در این مقاله یک روش برای مدل‌سازی و مدیریت فرایندهای حقوقی به منظور پشتیبانی از جنبه‌های زمانی- مکانی سه‌بعدی مرزها و فضاها مالکیت، مبتنی بر فرایند تفکیک آپارتمان، در بستر IFC-BIM معرفی شد. مدلسازی فرایند حقوقی و رویکرد ثبت اطلاعات زمانی در کنار اطلاعات سه‌بعدی به صورت یکپارچه، موجب افزایش کیفیت، کارایی و اعتبار سیستم مدیریت زمین شهری می‌شود. به‌عنوان مثال در پاسخ به چرایی ایجاد و تغییرات فضاها، مرزها و حقوق متناسب به آنها در طول زمان، این ویژگی خود را بیشتر نشان می‌دهد و توسط این رویکرد می‌توان فرایندهای زمانمند حقوقی را در کنار اطلاعات سه‌بعدی به صورت یکپارچه، ثبت، مدیریت و بازیابی کرد. علاوه بر معرفی و تعریف کلاس‌های جدید در ساختار IFC، مدل پیشنهادی در یک نمونه واقعی پیاده‌سازی و عملکرد آن از جنبه‌های مختلف تحلیل شده است. نتایج روش پیشنهادی در این مقاله عبارت است از:

۱- معرفی یک روش کار هشت مرحله‌ای برای توسعه IFC به منظور تفکیک آپارتمان و مدیریت زمین شهری باتوجه به الزامات حقوقی حوزه قضایی ایران.

۲- مدیریت اطلاعات زمانی- مکانی سه‌بعدی در قالب فرایندهای حقوقی تحت کلاس ifcTask توسعه یافته که می‌تواند نیازهای یک سیستم کاداستر چهار بعدی مبتنی بر BIM را پوشش دهد. این رویکرد یکپارچگی ثبت، مدیریت و بازیابی مولفه مکانی-زمانی مورد نیاز برای یک کاداستر چهار بعدی را به خوبی فراهم می‌آورد.

۳- معرفی کلاس ifcSite و قابلیت‌های این کلاس برای ثبت اطلاعات مکانی عرصه‌ساختمان و اطلاعات پلاک‌های مجاور عرصه.

۴- معرفی کلاس ifcSpatialZone برای ثبت اطلاعات قطعه‌تفکیکی.

۵- معرفی کلاس ifcSpatialZone برای ثبت اطلاعات فضاها سه‌بعدی مالکیت خصوصی، ارتفاقی و مشاعی.

۶- معرفی نحوه مدل‌سازی و ثبت مرزهای میانه با

قابلیت *userdefined* برای مرزهای از نوع *Middle*.

۷- معرفی کلاس *ifcVirtualElement* برای مدل‌سازی و ثبت مرزهای مجازی.

۸- معرفی کلاس *ifcBuildingElementProxy* برای مدل‌سازی و ثبت عوارض و اشیایی که در مالکیت مشاعی است.

۹- امکان به‌کارگیری BIM برای مدیریت زمین چهاربعدی برای ایران، به شرط فراهم کردن بسترهای فنی، آموزشی و نرم‌افزاری.

نتایج این مقاله نشان می‌دهد که معرفی کلاس‌های جدید و ساختارهای سفارشی‌شده در بستر IFC نه تنها به‌عنوان نتیجه قابل قبول در مطالعات فنی-مهندسی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) محسوب می‌شود، بلکه زمینه‌ساز تحقق کاداستر چهاربعدی مبتنی بر BIM در ایران خواهد بود. این مدل، با امکان پیاده‌سازی در پروژه‌های واقعی، چارچوبی عملیاتی برای ثبت و مدیریت حقوق مالکیت در مقیاس ملی ارائه می‌دهد.

۷- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، یک چارچوب مفهومی و عملیاتی برای مدلسازی فرایند تفکیک آپارتمان بر بستر IFC-BIM با هدف مدیریت حقوق مالکیت سه‌بعدی و ثبت اطلاعات مکانی-زمانی پیشنهاد شد. مدل ارائه‌شده با توجه به الزامات خاص تفکیک آپارتمان در نظام حقوقی ایران طراحی گردید و توانست ارتباط یکپارچه‌ای بین داده‌های هندسی و فرایندهای حقوقی برقرار کند.

برخلاف روش‌های رایج که عمدتاً به نمایش هندسی فضاها و مرزهای سه‌بعدی بسنده می‌کنند، این مدل با تعریف کلاس‌ها و ویژگی‌های مرتبط با فرایندهای زمانی و ثبتی، امکان ثبت چرایی ایجاد یا تغییر فضاها و مرزها را فراهم آورده است. یکی از نکات برجسته مدل پیشنهادی، معرفی و استفاده هدفمند از کلاس *ifcTask* برای نگاشت اطلاعات زمانی و حقوقی است که امکان پیاده‌سازی کاداستر چهاربعدی را در محیط BIM

تحقیقات آتی به عنوان محور توسعه مطرح شوند. در نهایت، این مدل به عنوان گام اولیه برای پیاده سازی کاداستر چهاربعدی در ایران پیشنهاد می شود. لازم است در آینده، امکان سنجی اجرایی، تعامل با سازمان های ثبتي و توسعه ابزارهای رابط کاربری برای استفاده گسترده تر از این چارچوب مورد بررسی قرار گیرد.

۸- پیشنهادات

در این مقاله تلاش شد، تا با توجه به مسئله تحقیق بهترین راه حل مبتنی بر BIM و قابلیت های ذاتی کلاس های IFC برای مدلسازی فرایند حقوقی، تفکیک آپارتمان، ثبت و مدیریت مالکیت چهاربعدی منطبق بر قوانین حقوقی ایران ارائه شود. انجام بررسی و توسعه های بیشتر به کارآمدی این مدل کمک می نماید. از همین رو توسعه یک زبان پرس و جو چهار بعدی (مکانی-زمانی) و تعریف توپولوژی مکانی-زمانی بر روی این مدل، با توجه به نیازهای مدیریت زمین شهری، به عنوان مسیرهای تحقیقاتی آینده پیشنهاد می شود.

امکان پذیر می کند. همچنین، بهره گیری از ifcSpatialZone برای نگهداری اطلاعات فضاهای اختصاصی، ارتقای و مشاعی، مزیت فنی مهمی در تطبیق با ساختارهای حقوقی ایجاد می کند.

در بخش پیاده سازی، مدل پیشنهادی در یک نمونه واقعی ساختمان دوازده طبقه اجرا و بررسی شد. نتایج حاصل از پیاده سازی نشان داد که این چارچوب، قابلیت پوشش دقیق اطلاعات حقوقی، مکانی و زمانی را دارد و می تواند مبنای فنی مناسبی برای توسعه سیستم های مدیریت زمین شهری و ثبت مالکیت در ایران باشد. همچنین با به کارگیری و ترکیب چند نرم افزار متن باز از جمله Blender و BIMvision و کتابخانه ifcopenshell، امکان توسعه و تحلیل داده های پیچیده بدون نیاز به نرم افزارهای گران قیمت فراهم شد. با وجود مزایای ارائه شده، این پژوهش محدودیت هایی نیز دارد؛ از جمله عدم اتصال به پایگاه های داده رسمی ثبتی و فقدان تحلیل حقوقی عمیق در سطح قراردادهای رسمی مالکیت. این موارد می تواند در

مراجع

- [1] F. Döner et al., "4D cadastres: First analysis of legal, organizational, and technical impact—With a case study on utility networks," *Land use policy*, vol. 27, no. 4, pp. 1068-1081, 2010.
- [2] R. Abbas, A. Behnam, and K. Mohsen, *BIM and Urban Land Administration: The History of Signal Processing and How We Communicate*. CRC Press, 2019.
- [3] A. Rajabifard, B. Atazadeh, and M. Kalantari, *BIM and urban land administration*. CRC Press, 2019.
- [4] M. Gkeli, C. Potsiou, S. Soile, G. Vathiotis, and M.-E. Cravariti, "A BIM-IFC Technical Solution for 3D Crowdsourced Cadastral Surveys Based on LADM," *Earth*, vol. 2, no. 3, pp. 605-621, 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2673-4834/2/3/35>.
- [5] D. Guler and T. Yomralioglu, "A reformative framework for processes from building permit issuing to property ownership in Turkey," *Land Use Policy*, vol. 101, p. 105115, 2021.
- [6] J. E. Stoter, "3D Cadastre," 2004.
- [7] J. E. Stoter and P. van Oosterom, *3D cadastre in an international context: legal, organizational, and technological aspects*. Crc Press, 2006.
- [8] J. Stoter and M. Salzmann, "Towards a 3D cadastre: where do cadastral needs and technical possibilities meet?," *Computers, environment and urban systems*, vol. 27, no. 4, pp. 395-410, 2003.
- [9] J. Shin, A. Rajabifard, M. Kalantari, and B. Atazadeh, "Applying BIM to support dispute avoidance in managing multi-owned buildings," *Journal of Computational Design and Engineering*, vol. 7, no. 6, pp. 788-802, 2020.
- [10] U. Isikdag, G. Aouad, J. Underwood, and S. Wu, "Building information models: a review on storage and exchange mechanisms," *Bringing ITC knowledge to work*, 2007.
- [11] 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.
- [12] I. Giannetti, C. Tolù, G. Scimia, G. Bovesecchi, P. Valentini, and C. Cornaro, "Building Information Modeling (BIM) and Building Energy Modeling (BEM): Interoperability and Interactive Data Representation for the Energy Management of the Existing Buildings," 2025.
- [13] P. Tsikas, A. Chassiakos, V. Papadimitropoulos, and A. Papamanolis, "BIM-Based Machine Learning Application for Parametric Assessment of Building Energy Performance," *Energies*, vol. 18, no. 1, p. 201, 2025.
- [14] S. Metvaei, K. Aghajamali, Q. Chen, and Z. Lei, "Developing a BIM-enabled robotic manufacturing framework to facilitate mass customization of prefabricated buildings," *Computers in Industry*, vol. 164, p. 10420, 2025.
- [15] T. Al-Rimawi and M. Nadler, "Leveraging Smart City Technologies for Enhanced Real Estate Development: An Integrative Review," *Smart Cities*, vol. 8, no. 1, p. 10, 2025.
- [16] M. Broekhuizen, E. Kalogianni, and P. van Oosterom, "BIM/IFC as input for registering apartment rights in a 3D Land Administration Systems—A prototype webservice," *Land Use Policy*, vol. 148, p. 107368, 2025.
- [17] B. Atazadeh, M. Kalantari, A. Rajabifard, S. Ho, and T. Champion, "Extending a BIM-based data model to support 3D digital management of complex ownership spaces," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 31, no. 3, pp. 499-522, 2017.
- [18] J. Oldfield, P. Van Oosterom, J. Beetz, and T. F. Krijnen, "Working with Open BIM Standards to Source Legal Spaces for a 3D Cadastre," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 6, no. 11, p. 351, 2017. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2220-9964/6/11/351>.
- [19] B. Atazadeh, A. Rajabifard, Y. Zhang, and M. Barzegar, "Querying 3D cadastral information from BIM models," *ISPRS International Journal of Geo-information*, vol. 8, no. 8, p. 329, 2019.
- [20] H. Olfat, B. Atazadeh, D. Shojaei, and A. Rajabifard, "The Feasibility of a BIM-Driven Approach to Support Building Subdivision Workflows—Case Study of Victoria, Australia," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 8, no. 11, p. 499, 2019.
- [21] M. Barzegar, A. Rajabifard, M. Kalantari, and B. Atazadeh, "An IFC-based database schema for mapping BIM data into a 3D spatially enabled land administration database," *International Journal of Digital Earth*, vol. 14, no. 6, pp. 736-765, 2021.
- [22] S. Ho and A. Rajabifard, "Towards 3D-enabled urban land administration: Strategic lessons from the BIM initiative in Singapore," *Land Use Policy*, vol. 57, pp. 1-10, 2016.
- [23] M. Barzegar, A. Rajabifard, M. Kalantari, and B. Atazadeh, "Identification of Property Boundaries Using an IFC-Based Cadastral Database," *Land*, vol. 10, no. 3, p. 300, 2021.
- [24] M. Petronijević, N. Višnjevac, N. Prašević, and B. Bajat, "The Extension of IFC For Supporting 3D Cadastre LADM Geometry," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 10, no. 5, p. 297, 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2220-9964/10/5/297>.
- [25] P. Van Oosterom, H. Ploeger, J. Stoter, R. Thompson, and C. Lemmen, "Aspects of a 4D cadastre: a first exploration," in *FIG 2006: Proceedings of the conference: Shaping the change, XXXIII FIG congress, Munich, Germany, 8-13 October 2006. Frederiksberg: International Federation of Surveyors (FIG), 2006. ISBN 87-90907-52-3. 23 p., 2006: International Federation of Surveyors (FIG)*.
- [26] J. Jarroush and G. Even-Tzur, "Constructive solid geometry as the basis of 3D future cadastre," *FIG working Week, Athens, Greece, 2004*.
- [27] E. Dimopoulou, I. Gavanas, and P. Zentelis, "3D Registrations in the Hellenic Cadastre," in *TS 14-3D and 4D Cadastres, Shaping the Change XXIII FIG Congress, 2006, pp. 8-13*.
- [28] P. van Oosterom, "Research and development in 3D cadastres," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 40, pp. 1-6, 2013.
- [29] M. Papaefthymiou, T. Labropoulos, and P. Zentelis, "3-D Cadastre in Greece—Legal,

- Physical and Practical Issues Application on Santorini Island," in FIG Working Week, 2004, pp. 1-16 .
- [30] A. Aien, A. Rajabifard ,M. Kalantari, and I. Williamson, "Aspects of 3D cadastre: a case study in Victoria," 2011.
- [31] E. Kalogianni, P. van Oosterom, E. Dimopoulou, and C. Lemmen, "3D land administration: A review and a future vision in the context of the spatial development lifecycle," *ISPRS international journal of geo-information*, vol. 9, no. 2, p. 107, 2020.
- [32] U. Isikdag, M. Horhammer, S. Zlatanova, R. Kathmann, and P. Van Oosterom, "Utilizing 3D building and 3D cadastre geometries for better valuation of existing real estate," *Proceedings FIG Working Week 2015'From the wisdom of the ages to the challenges of modern world'*, Sofia, Bulgaria, 17-21 May 2015, 2015.
- [33] 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 .
- [34] C. Clemen and L. Gründig, "The Industry Foundation Classes (IFC)-ready for indoor cadastre," in *XXIII FIG Congress*, 2006, pp. 1-9 .
- [35] M. El-Mekawy and A. Östman, "Feasibility of building information models for 3D cadastre in unified city models," *International Journal of E-Planning Research (IJEPR)*, vol. 1, no. 4, pp. 35-58, 2012.
- [36] M. Barzegar, A. Rajabifard, M. Kalantari, and B. Atazadeh, "3D BIM-enabled spatial query for retrieving property boundaries: a case study in Victoria, Australia," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 34, no. 2, pp. 251-271, 2020/02/01 2020, doi: 10.1080/13658816.20.19.1658877
- [37] B. Atazadeh, M. Kalantari, A. Rajabifard, S. Ho, and T. Ngo, "Building information modelling for high- rise land administration," *Transactions in GIS*, vol. 21, no. 1, pp. 91-113, 2017.
- [38] B. Atazadeh, M. Kalantari, A. Rajabifard, and S .Ho, "Modelling building ownership boundaries within BIM environment: A case study in Victoria, Australia," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 61, pp. 24-38, 2017.
- [39] K. Janečka and S. Karki, "3D data management—Overview report," in *Proceedings of the 5th International FIG 3D Cadastre Workshop*. Athens, Greece: International Federation of Surveyors (FIG), 2016, pp. 215-260 .
- [40] 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, p. 158, 2017.
- [41] J. Oldfield, R. Bergs, P. van OOSTEROM, T. Krijnen, and M. Galano, "3D cadastral lifecycle: An information delivery manual ISO 29481 for 3D data extraction from the building permit application process," in *Proceedings of the 7th International FIG Workshop on the Land Administration Domain Model*, Zagreb, Croatia, 2018, pp. 12-13 .
- [42] A. Alattas, E. Kalogianni, T. Alzahrani, S. Zlatanova, and P. van Oosterom, "Mapping private, common, and exclusive common spaces in buildings from BIM/IFC to LADM. A case study from Saudi Arabia," *Land Use Policy*, vol. 104, p. 105355, 2021.
- [43] S. Rahmatizadeh, & Delavar, M, "Investigation of basic concepts, design and implementation of a three-dimensional cadastral system.," presented at the *Geomatics 2004*, Tehran, Iran, 2004.
- [44] S. Sadeghian, & Ghasemi, N, "Create 4, 3 and 5 dimensional cadastres using LIDAR and satellite images with high resolution," presented at the *Geomatics Conference*, Tehran, Iran, 2018.
- [45] M. KhoshboreshMasouleh and S. Sadeghian, "The implementation of 3D urban cadastre based on aerial imagery by the real estate management ability in Tehran Metropolis," *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, vol. 27, no. 107, pp. 25-40, 2018, doi: 10.22131/sepehr.2018.33549.
- [46] S. Emamgholian, M. Taleai, and D. Shojaei, "A Novel Approach for 3D Modeling and Geovisualization of Easement Rights in Apartments," (in eng), *Journal of Geospatial Information Technology, Research* vol. 6, no. 3, pp. 163-175, 2018, doi: 10.29252/jgit.6.3.173.

- [47] S. S. Dabiri, A. A. Alesheikh, B. Atazadeh, and A. Baeimi, "Developing a BIM-based Spatial Ontology for Semantic Querying of 3D Property Information," (in eng), *Journal of Geomatics Science and Technology, Research* vol. 9, no. 1, pp. 131-144, 2019. [Online]. Available: <http://jgst.issge.ir/article-1-835-fa.html>.
- [48] M. Einali, A. A. Alesheikh, and B. Atazadeh, "Mapping registration boundaries in 3D using Building Information Modeling in the context of Iranian jurisdiction," (in eng), *Journal of Geomatics Science and Technology, Research* vol. 11, no. 4, pp. 119-130, 2022. [Online]. Available: <http://jgst.issge.ir/article-1-1076-fa.html>.
- [49] J. M. Paasch and J. Paulsson, "New Trends in 3D Cadastre Research-a Literature Survey," 2021.
- [50] F. Döner et al., "Solutions for 4D cadastre-with a case study on utility networks," *International journal of geographical information science*, vol. 25, no. 7, pp. 1173-1189, 2011.
- [51] R. Alberdi and D. A. Erba, "Modeling Legal Land Object for waterbodies in the context of 4D cadastre," *Land Use Policy*, vol. 98, p. 104417, 2020.
- [52] M. Siejka, M. Ślusarski, and M. Zygmunt, "3D+time Cadastre, possibility of implementation in Poland," *Survey Review*, vol. 46, no. 335, pp. 79-89, 2014/03/01 2014, doi: 10.1179/1752270613Y.0000000067.
- [53] S. Azhar, "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry," *Leadership and management in engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 241-252, 2011.
- [54] V. Bazjanac, "Virtual building environments (VBE)-applying information modeling to buildings," *August*, vol. 29, p. 2009, 2006.
- [55] buildingSMARTInternational, "Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction," 2020. [Online]. Available: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>.
- [56] buildingSMARTInternational, "The specification of the IFC standard," 2022. [Online]. Available: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/link/introduction.htm.
- [57] V. Bazjanac and D. B. Crawley, "The implementation of industry foundation classes in simulation tools for the building industry," 1997.
- [58] M. J. Pratt, "Introduction to ISO 10303—the STEP standard for product data exchange," *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 102-103, 2001.
- [59] I. Bajwa and N. Sarwar, "AUTOMATED GENERATION OF EXPRESS-G MODELS USING NLP," *Sindh University Research Journal-SURJ (Science Series)*, vol. 48, no. 1, 2016.
- [60] (2003) Iran's Apartment Partitioning Instructions .
- [61] (1343) Iran's Apartment Ownership Law .
- [62] buildingSMARTInternational, "alphabeticalorder-entities," 2020 [Online]. Available: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/link/alphabeticalorder-entities.htm.
- [63] buildingSMARTInternational, "IfcProcess," 2020.
- [64] buildingSMARTInternational, "IfcTask," 2020.
- [65] buildingSMARTInternational, "IfcSpatialZone," 2020.
- [66] IranianRealEstateRegistry, "Iran apartment partitaning instructions," 2003.



Introducing a new method for managing property rights in apartments, based on process management capabilities in the IFC standard

Seyed Fazel Shahcheragh ¹, Jamshid Maleki ^{2*}, Saeed Nadi ³, Davoud Shojaei ⁴

1- PhD Candidate in Geographic Information Systems (GIS), Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran

3 - Researcher, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Carleton University, Ottawa, Canada

4- Senior Lecturer, Department of Spatial Information Infrastructure, University of Melbourne, Melbourne, Australia

Abstract

In recent years, due to the rapid growth of the urban population, land scarcity and high costs particularly in metropolitan areas and limitations in horizontal city expansion, vertical development and high-rise construction have significantly increased. Despite the numerous advantages of the vertical urban expansion, several criticisms exist, including a lack of transparency in ownership boundaries and spaces, ambiguities regarding rights, restrictions, and responsibilities associated with these spaces, which lead to conflicts of interest among owners and generate various legal and social issues. In response to this challenge, 3D cadastre has been introduced as an effective tool to address the mentioned issues. Building Information Modeling (BIM), which has recently brought significant advancements to the construction industry, has become a focal point for the researchers working on 3D cadastre. The existing BIM-based methods for 3D cadastre have been highly successful in registering and visualizing the 3D ownership boundaries and spaces. However, their dependency on the local jurisdictional frameworks and lack of support for temporal aspects of cadastre are among the challenges in operationalizing these methods. This paper introduces a method based on the extension of the Industry Foundation Classes (IFC) (ISO 16739: International Organization for Standardization, Open Standard No. 16739) for managing 4D property rights in multi-story buildings, in accordance with Iran's apartment cadastre regulations. The proposed approach details how to manage the temporal aspects required for 4D cadastre, along with registering land parcels and the adjacent plot information, modeling and registering the subdivided units on each floor, and defining and recording the boundaries of private, shared, and servitude ownership spaces. To evaluate and demonstrate the effectiveness of the proposed method, the division of the apartments of a 12 storey building in Iran was implemented and visualized. The results of this study indicate that the proposed method and the newly introduced IFC classes are well-suited for managing, registering, and retrieving the spatial 3D and temporal aspects of ownership for the urban land management applications.

Key words : Iranian 4D cadastre, 4D Apartment cadastre, IFC-based cadastre, BIM-based cadastre.