



ضوابط رقومی سازی و نمایش سه‌بعدی ساختمان‌ها

لازم است لینک ثبت عوارض مکانی سه‌بعدی در ژئوپرتال در انتهای
این ضوابط اضافه شود.

اداره کل سامانه‌های ملی و
زیرساخت‌های اطلاعات مکانی

آبان ۱۴۰۳

فهرست مطالب

- ۱- پیش گفتار ۱
- ۲- مقدمه ۳
- ۳- ضوابط رقومی سازی و نمایش سه بعدی ساختمان ها ۵
- ۴- چرا سه بعدی سازی ساختمان ها؟ ۵
- ۵- تعاریف، اصطلاحات و مفاهیم ۷
- ۶- کاربردهای داده ها و سرویس های سه بعدی ۱۶
- ۷- چرا OGC؟ ۱۶
- ۸- معرفی فرمت های مرتبط با مراحل سه بعدی سازی ۱۹
- ۹- معرفی نرم افزارهای مرتبط با مراحل سه بعدی سازی ۲۰
- ۱۰- مراحل کلی فرآیند سه بعدی سازی ساختمان ۲۲

۱- پیش گفتار

در زمینه ساخت و توسعه شهری، رقومی سازی سه بعدی ساختمان ها به عنوان یکی از راهکارهای کلیدی برای تدوین داده های مکانی در راستای مدیریت محیط شهری شناخته می شود. استفاده از روش ها و استانداردهای مختلف برای رقومی سازی سه بعدی ساختمان ها، می توانند به تولید این اطلاعات کمک کنند. به منظور اشتراک گذاری تمامی محصولات رقومی تولید شده در کشور در یک بستر یکسان و استفاده یکپارچه از آن ها، ضروری است که استانداردها و دستورالعمل های مربوط به رقومی سازی سه بعدی ساختمان ها در کشور تدوین شده و تولیدکنندگان محصولات رقومی سه بعدی به رعایت الزامات آن ها پایبند باشند.

سازمان نقشه برداری کشور، به عنوان یکی از بخش های ملی پیشرو در خصوص تولید و بکارگیری داده های مکانی، همواره همگام با آخرین تحولات دنیای ژئوماتیک و در راستای یکی از رسالت های خویش مبنی بر کاربردی سازی فناوری های مکانی روز، اقدام به تحقیق و توسعه در خصوص شناسایی فناوری های نوین حوزه مدیریت اطلاعات مکانی با افق گذاری و چشم انداز پیاده سازی همسان رقمی کرده است و در این مسیر اقدام به تدوین استانداردها، دستورالعمل ها، و شیوه نامه های مرتبط نموده است.

اساساً چرخه تولید و بهره برداری سه بعدی عوارض مکانی و جغرافیایی را می توان به سه بخش کلی تقسیم نمود که ضمن هماهنگی و سازگاری با یکدیگر، از ماهیت های متفاوتی برخوردار می باشند و مناسب است برای هر بخش یک دستورالعمل ویژه تدوین شده باشد. بخش اول را می توان "جمع آوری داده ها" منظور نمود. در این بخش به اینکه اطلاعات مکانی سه بعدی با چه روش هایی و به چه دقت هایی می توانند جمع آوری و رقومی سازی گردند پرداخته می شود و نشان داده می شود چگونه داده های مورد نیاز بصری سازی و تحلیل های سه بعدی تامین خواهند شد. بخش دوم که این دستورالعمل نیز ویژه این بخش می باشد شامل "ساخت مدل های سه بعدی" عوارض مکانی و استانداردها و تعاریفی می باشد که در ساخت سطوح مختلف جزئیات سه بعدی عوارض ساختمانی باید رعایت شوند تا بتوانند منابع سه بعدی را برای ایجاد SDI^۱ های کامل و قابل اعتماد تامین نمایند. بخش سوم مربوط به "ساخت سرویس تحت وب از مدل های سه بعدی عوارض مکانی" می باشد. در بخش سوم به استانداردها و روش های ایجاد سرویس های مکانی تحت وب از عوارض مکانی سه بعدی پرداخته می شود. در واقع به نوعی می توان گفت نتایج حاصل از تمامی هزینه ها و تلاش های صورت گرفته مرتبط با جمع آوری سه بعدی داده ها، و ساخت مدل های سه بعدی عوارض، در بخش سوم، ارائه و قابل بازبینی و بهره برداری می گردند. در نهایت، این دستورالعمل ها، راه دسترسی کاربران و استفاده کنندگان داده های سه بعدی ساختمان ها با کیفیت و دقت مناسب را به مستندات راهنما برای کاربردهای مختلف در زمینه مدیریت، برنامه ریزی و تحلیل شهری تسهیل می نمایند.

^۱ - Digital Twin

^۲ - Spatial Data Infrastructure

یکی از اهداف دستورالعمل "رقومی سازی و نمایش سه بعدی ساختمان ها"، لحاظ نمودن رقومی سازی سه بعدی ساختمان در شناسنامه های فنی و ملکی ساختمان (ذکر شده در مبحث شماره ۲ از مقررات ملی ساختمان ایران)، خصوصا ساختمان های گروه های "ج" و "د" موضوع ماده ۱۸-۱-۱ مبحث شماره ۲ از مقررات ملی ساختمان ایران می باشد. در دستورالعمل "ساخت سرویس تحت وب از مدل های سه بعدی عوارض مکانی" نشان داده می شود که چگونه تمام این عوارض رقومی سازی شده سه بعدی در فضای مجازی کره زمین در دسترس کاربران وب قرار داده می شوند.

سال ها است اینگونه اقدامات در کشورهای پیشرو در زمینه مدیریت اطلاعات مکانی در حال انجام می باشند و از خدمات ارزشمند آنها استفاده می شود. برای نمونه می توان از سنگاپور، فنلاند، انگلیس، ایالات متحده، چین، و فرانسه به عنوان پیشتازان این عرصه از بکارگیری فناوری در مدیریت های شهری و پشتیبانی تصمیم گیری ها نام برد. مثلا گزارش ها حاکی از این می باشند که سنگاپور از سال ۲۰۱۴ بطور رسمی رقومی سازی سه بعدی عوارض ساختمانی را در دستور کار خود قرار داد و از سال ۲۰۱۵ ارائه فایل رقومی سه بعدی ساختمان را برای بناهای بزرگتر از ۵۰۰۰ مترمربع الزامی نمود که در طول یک سال بیش از ۹۲٪ از ساخت و سازهای جدید را شامل شد.

هرچند این اقدام در کشور ما با تأخیر زیادی همراه است و هنوز مراحل ابتدایی آن در حال تعریف و تصویب هستند، اما از این مزیت برخورداریم که کمتر از کشورهای پیشرو نیازمند آزمون و خطا هستیم و می توانیم از تجربیات موفق و ناموفق آنها استفاده کرده و روندهای مربوطه را تسریع ببخشیم. برنامه راهبردی ما برای توسعه مدل های سه بعدی شهری، ایجاد یک تصویر واقعی از مناظر شهری با استفاده از مش های سه بعدی و بافت های مربوطه است که به تدریج مدل های BIM ایجاد شده توسط مالکین ساختمان ها، بر روی آن اضافه می شوند.

باتوجه به سرعت تغییرات و پیشرفت تکنولوژی، مطالب این ضوابط نیاز به بازبینی متناوب خواهد داشت. امید است مجموعه حاضر که نتیجه تلاش و تحقیق چندین ساله کارشناسان این سازمان است جهت راهنمایی کاربران و متولیان داده های سه بعدی شهری و روستایی در تولید و کاربردی سازی آنها نقش بسزایی ایفا نموده و در تامین بستری یکپارچه از فضا و عوارض سه بعدی برای مدیریت بهینه و تصمیم گیری های شهری مفید واقع شود.

۲- مقدمه

همانطور که اشاره شد، عنوان این متن، «ضوابط رقومی سازی و نمایش سه بعدی ساختمان‌ها» است و واژه «ضابطه» ممکن است برای خواننده جای سوال باشد. این واژه می‌تواند مترادف با عباراتی چون چهارچوب، محدوده، معیار، رویه، قاعده و شاخص در نظر گرفته شود. اساساً وقتی صحبت از ضابطه به میان می‌آید، یعنی ایجاد وحدت رویه در میان متعاملین به منظور استانداردسازی جریان کاری و نتایج کار. در این متن، هدف، ارائه ضوابطی به منظور سه بعدی سازی (ترسیم سه بعدی) ساختمان‌ها، زمین مرجع کردن ترسیمات و تبدیل آن‌ها به فرمتی استاندارد و عمومی در سطح جهانی می‌باشد، بطوریکه ترسیمات مزبور، به سهولت قابل اشتراک گذاری میان کاربران و متولیان و همچنین بطور بالقوه قابل انتشار در بستر وب باشند. البته نمی‌توان ادعا نمود ضوابط مذکور بهترین و کاملترین راهنما و چهارچوب را در اختیار می‌گذارند، اما سعی شده طبق روال رایج و عامه پسند دنیای امروز، مراحل ترسیم سه بعدی ساختمان‌ها و تبدیل کردن این ترسیمات به فرمت‌های استاندارد متن باز تشریح شوند. این امر منطبق با دستورالعمل ایجاد زیرساخت داده‌های مکانی-کلیات ضابطه شماره: ۱۲-۱۱۹ ابلاغیه شماره ۴۴۰۰۹۷-۴۴۰۲ مورخ ۱۴۰۲/۸/۲۰ می‌باشد.

بخش بعدی، به ضوابط رقومی سازی و نمایش سه بعدی ساختمان‌ها پرداخته شده که بدنه اصلی این متن را تشکیل می‌دهد. در این فصل، ابتدا تعاریف و اصطلاحات تخصصی که کاربران احتمالاً با آن‌ها مواجه خواهند شد، ارائه می‌شوند. البته لزوماً همه آن تعاریف در متن این دستورالعمل آورده نشده‌اند ولی از آنجا که مستمراً در این عرصه مطرح می‌شوند مناسب بنظر رسید که تشریح شوند. سپس توضیحاتی در مورد مراحل اصلی فرآیند سه بعدی سازی شامل: ترسیم سه بعدی ساختمان، زمین مرجع کردن آن، تبدیل فرمت ترسیم مزبور به منظور نمایش سه بعدی آن در بستر وب ارائه خواهد شد. در ادامه آن بخش، به ذکر و ارائه توضیح مختصری راجع به نرم افزارهای تخصصی که کاربران در مراحل مختلف کار می‌توانند از آن‌ها استفاده نمایند، پرداخته خواهد شد و در نهایت، به کاربردهای داده‌ها و سرویس‌های سه بعدی ساختمان‌ها بطور اجمالی اشاره می‌شود.

این متن مشتمل بر پنج ضمیمه (پیوست) می‌باشد که جهت درک بهتر بعضی از مطالب مطرح شده در بخش ۳، مفید خواهند بود. در ضمیمه (الف)، یک مثال عملی، آورده شده که نحوه ترسیم یک ساختمان سه بعدی در نرم افزار تخصصی Revit را به تفصیل شرح می‌دهد. دقت شود که کاربران می‌توانند از هر نرم افزار دیگری به غیر از Revit برای ترسیم سه بعدی بهره گیرند (مثل Archicad)، و صرفاً جهت نمونه به نرم افزار Revit پرداخته شده است. در مستندات سنگاپور به هر دو نرم افزار Revit و Archicad اشاره شده است و می‌تواند به عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرد. در ضمیمه (ب)، روش زمین مرجع کردن^۳ ترسیم مزبور در Revit آموزش داده می‌شود و در ضمیمه (ج)، تبدیل فرمت این ترسیم به فرمت

^۳ Georeferencing

استاندارد CityGML بیان می‌گردد. ضمیمه (د) توضیحات نسبتاً جامعی راجع به استاندارد CityGML که یکی از استانداردهای پرکاربرد در شبیه‌سازی‌های سه‌بعدی است و از الزامات این دستورالعمل است، ارائه می‌دهد و ضمیمه (ه) نیز، به نحوه نصب نرم‌افزار FME که قابلیت قابل توجهی در تبدیل فرمت‌های مختلف به یکدیگر دارد، می‌پردازد.

۳- ضوابط رقومی سازی و نمایش سه بعدی ساختمان‌ها

۴- چرا سه بعدی سازی ساختمان‌ها؟

طبق گزارش سازمان ملل، تا سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان به ۹/۷ میلیارد نفر خواهد رسید. لذا صنعت ساخت و ساز به دنبال راه‌های هوشمندتر و کارآمدتر در جهت طراحی، ساخت و نگهداری از ساختمان‌ها خواهد بود تا به ایجاد فضاهایی که هوشمندتر و انعطاف‌پذیرتر هستند، کمک نماید.

مدل سازی اطلاعات ساختمان یا BIM، پایه و اساس گذار به دنیای رقومی نزدیک به واقعیت در مهندسی معماری، عمران و شهرسازی است. مدل رقومی BIM، یک فرآیند جامع به منظور ایجاد و مدیریت اطلاعات مربوط به یک ساختمان است، بطوریکه داده‌های ساختاریافته از جنبه‌های مختلف ساختمان، اعم از داده‌های معماری، سازه‌ای، تاسیساتی، الکتریکی و ... ادغام شده و خروجی کار، به صورت یک نمایش رقومی سه بعدی از یک موجودیت دنیای فیزیکی (مانند یک ساختمان) می‌باشد که استفاده از آن می‌تواند از مرحله طراحی ساختمان شروع شده و به مرحله ساخت و ساز و در نهایت، به فاز بهره‌برداری از ساختمان (در راستای عملیات و فعالیت‌های تعمیر و نگهداری) منتهی شود. استفاده از BIM دید بهتر و دقیق‌تر؛ محیطی برای تصمیم‌گیری بهینه‌تر؛ و امکان صرفه‌جویی در هزینه پروژه‌ها را در اختیار قرار می‌دهد. به عبارت دقیق‌تر، ابزارهای رقومی که BIM در اختیار گروه‌های مختلف شاغل در یک پروژه ساختمانی می‌گذارد، امکان این امر را فراهم می‌آورد که این گروه‌ها، همکاری و تعامل بهتری داشته باشند و اقدامات اجرایی جزیره‌ای انجام نگیرد؛ اطلاعاتشان را به اشتراک بگذارند؛ در زمان صرفه جویی کنند؛ خطاها را به حداقل برسانند؛ نظارت دقیقی بر هزینه‌های پروژه داشته باشند؛ و بطور کل، پروژه به گونه‌ای آسان‌تر و ساده‌تر مدیریت شود و خروجی بهینه حاصل شود.

همچنین از دید کلان‌تر، چنانچه مدیران شهری، BIM ساختمان‌های یک شهر را در اختیار داشته باشند، می‌توانند یک سیستم یکپارچه و کارآمد جهت مدیریت و نگهداری فضای شهری که شامل طیف وسیعی از داده‌های مربوط به ساختمان‌ها و زیرساخت‌های مربوط است، ایجاد کنند و در نتیجه، فرآیند طراحی، برنامه‌ریزی شهری، نگهداری، بازرسی و نوسازی که جزء وظایف شهرداری است، تسهیل می‌گردد، چراکه تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر و دقیق‌تر در مدیریت شهری اتخاذ می‌شود. اما چگونه شهرداری‌ها به این هدف دست یابند؟

^۴ Building Information Modelling

در جواب باید گفت مدیران شهری اغلب با گروه‌های متعددی مانند معماران، مهندسان، پیمانکاران و مشاوران کار می‌کنند و الزام آنها به ارائه مدل سه بعدی ساختمان‌ها در قالب یک فرمت واحد و استاندارد، امکان همکاری و هماهنگی بی‌وقفه بین این مجموعه‌های مختلف را فراهم می‌سازد و امکان اشتراک‌گذاری داده‌های BIM دقیق را در بین برنامه‌های نرم‌افزاری مختلف فراهم می‌آورد. این امر، به ساده‌سازی ارتباطات و تسریع تبادل داده کمک می‌کند و می‌توان اطمینان حاصل نمود که همگی با ساختار اطلاعات یکسانی کار می‌کنند.



علاوه بر کاربردهای فوق‌الذکر در مراکز جمعیتی، BIM در زمینه کاداستر سه‌بعدی و مدیریت کاراتر زمین و املاک نیز نقش مهمی دارد. مزایای ادغام BIM در کاداستر سه‌بعدی را می‌توان به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود:

✓ دید و تجسم بهتر: ساختمان‌های سه‌بعدی امکان نمایش واقعی‌تر محیط‌های پیچیده شهری و درک بهتر روابط مکانی سه‌بعدی میان آنها را فراهم می‌کنند.

✓ تحلیل مکانی سه‌بعدی: مدل‌های سه‌بعدی با ارائه اطلاعات در بعد سوم، امکان تحلیل مکانی سه‌بعدی و پیچیده‌تر را فراهم می‌آورند که در مواردی مانند تجزیه و تحلیل قرار گرفتن در معرض نور خورشید؛ استخراج میدان دید سه‌بعدی و نقاط کور؛ یا بررسی سایه بر روی املاک همسایه، بسیار حائز اهمیت است.

✓ تشخیص تعارضها و تجاوزها: با نمایش‌های سه‌بعدی، شناسایی تعارض‌های احتمالی بین املاک، مانند تجاوزات یا محدودیت‌های مکانی در بعد ارتفاعی آسان‌تر می‌شود.

✓ مالکیت در بعد ارتفاعی: مدل‌های سه‌بعدی، نمایش ساختارهای مالکیت در بعد سوم (ارتفاع) را امکان‌پذیر می‌سازند، جایی که مانند آپارتمان‌ها، بخش‌های مختلف از طبقات یک ساختمان متعلق به اشخاص مختلف می‌باشند.

✓ غنی‌تر شدن داده‌ها: BIM حاوی اطلاعات دقیق در مورد جنبه‌های مختلف ساختمان، از جمله معماری، سازه و تاسیسات ساختمان است. ادغام این اطلاعات در کاداستر، اطلاعات مربوط به املاک را کامل‌تر و دقیق‌تر می‌کند.

✓ کاهش زمان: فرصت های پیش ساخته را به حداکثر می‌رساند. توالی ساخت و ساز را بهینه می‌کند. توالی فعالیت را بهینه می‌کند

✓ کاهش هزینه: بهینه سازی طراحی و مهندسی ارزش. مهندسی ارزش به تکنیک‌هایی اشاره می‌کند که هدف آن‌ها افزایش ارزش یک پروژه یا محصول با حفظ کیفیت و عملکرد مناسب است، عموماً از طریق کاهش هزینه‌ها یا حذف اجزای غیرضروری. از بین بردن دوباره کاری های ناقص. دقت در مقادیر سفارش تدارکات

✓ کاهش نیروی انسانی: به دنبال فرصت هایی که برای اجرای پیش ساخته بوجود می‌آیند. امکان حذف گزینه های موجود در سایت که مورد نیاز نخواهند بود. فعالیت های دقیق کار ساخت و ساز را بهینه می‌کند

با توجه به تشدید رویکرد به شبیه‌سازی دنیای واقعی در فضای مجازی، محیط‌های نرم‌افزاری بیشماری برای تولید ۳ بعدی عوارض ساختمانی و ایجاد مدل‌های BIM بوجود آمده‌اند و عموماً دارای ویژگی‌های گوناگونی می‌باشند که هر کدام برای استفاده در موارد خاصی مناسب‌تر است. ضمن آنکه این تنوع محیط‌های تولید، فرصت خوبی را برای انتخاب مناسب‌ترین‌ها فراهم می‌آورد ولی از دید مدیریت یکپارچه داده‌ها و بنا نهادن زیرساخت‌های اطلاعاتی ملی و جهانی، ضروری است محصولات نهایی همگی از یک چهارچوب، استاندارد، و ضوابط یکسان تبعیت نمایند.

۵- تعاریف، اصطلاحات و مفاهیم

هنگامی که صحبت از سه‌بعدی‌سازی عوارض ساختمانی و ارائه آن‌ها در بستر وب به صورت سرویس‌های متن‌باز نقشه‌ای سه‌بعدی می‌شود، مخصوصاً سرویس‌های OGC^۵ ممکن است واژه‌ها و اصطلاحات تخصصی مطرح شوند که خواننده با آن‌ها آشنایی نداشته باشد، لذا در این بخش، به معرفی تعدادی از این اصطلاحات پرداخته شده است. این تعاریف محدود به مواردی نیستند که در داخل متن مورد استفاده قرار گرفته‌اند بلکه شامل اغلب واژه‌هایی می‌باشد که عموماً در این حوزه از رقوم‌سازی دنیای واقعی با آنها مواجه می‌توان شد. از آنجا که تعداد زیادی از تعاریف ذکر نگردیده‌اند، برای چیدمان آن‌ها از ترتیب دهی الفبایی استفاده نشده است و عمدتاً از ترتیب دهی موضوعی تبعیت شده است.

Digital: معادل فارسی این کلمه در استفاده عمومی کلمه "رقومی" می‌باشد. از طرفی آکادمی زبان و بعضی از دانشگاهیان از کلمه "رقمی" به عنوان معادل فارسی آن استفاده می‌نمایند که ظاهراً صحیح‌تر هم می‌باشد. از آنجا که این تعریف آکادمی زبان و دانشگاهیان بسیار دیرتر از همگانی شدن و متعارف شدن کلمه "رقومی" در جامعه ارائه شده است

^۵Open Geospatial Consortium

و برای عموم مردم کلمه "رقمی" ناشناس و نامانوس می‌باشد لذا در این نسخه از دستورالعمل، بصورت پراکنده از هر دو کلمه استفاده شده است. احتمالاً در ویرایش‌های بعدی صرفاً از کلمه "رقمی" استفاده خواهد شد.

Digital model: مدل رقومی، یک نماینده دیجیتالی از یک شیء فیزیکی، سامانه، و یا فرایند می‌باشد. می‌تواند گونه‌های مختلفی از قبیل مدل‌های ۳ بعدی، فایل‌های کامپیوتری نقشه‌ای ساختمانی و صنعتی، شبیه‌سازی‌ها، و یا الگوریتم‌های ریاضی باشند. مدل‌های دیجیتال امکان تجسم، تحلیل و دستکاری اشیاء یا سیستم‌ها را در یک محیط دیجیتال فراهم می‌کنند و در طراحی، بهینه‌سازی و آزمایش آنها کمک می‌کنند. به عنوان مثال، یک شرکت معماری ممکن است از یک مدل دیجیتال برای ایجاد یک گردش مجازی در طراحی یک ساختمان استفاده کند، که به مشتریان این امکان را می‌دهد تا چیدمان و زیبایی‌شناسی را قبل از آغاز هر گونه ساخت و ساز تجسم و تغییر دهند. این مدل هنگامی که واقعیت تغییر می‌کند، خود بخود تغییر نمی‌کند.

متن باز: مترادف با واژه انگلیسی open source است. وقتی صحبت از متن باز می‌شود یعنی چیزی که به دلیل ساختارش، قابل دسترس عموم مردم است و آن‌ها می‌توانند آن را تغییر داده و یا اشتراک بگذارند. این اصطلاح در توسعه نرم‌افزار بکار می‌رود و منظور از نرم‌افزار متن باز یا منبع باز، نرم‌افزاری می‌باشد که کد منبع (source code) آن توسط هر کسی قابل بازبینی، بررسی، ویرایش و توسعه است. یعنی برنامه‌نویسان رایانه می‌توانند با دستکاری و ایجاد تغییر در بخشی از نرم‌افزار یا برنامه عملکرد آن را تغییر دهند. و به این ترتیب، اشکالات آن را رفع و یا ویژگی‌های جدیدی نیز به آن اضافه نمایند تا عملکردی بهتری داشته باشد.

OGC: این واژه مخفف Open Geospatial Consortium است و به معنی کنسرسیوم مکانی باز می‌باشد که یک سازمان بین‌المللی است که استانداردهای باز برای داده‌ها و فناوری‌های مکانی را توسعه و ترویج می‌کند. این سازمان متشکل از شرکت‌ها، سازمان‌های دولتی، دانشگاه‌ها و افراد مختلف است که با هم همکاری دارند. استانداردهای OGC تعریف می‌کنند که چگونه داده‌ها و سرویس‌های مکانی باید در پلتفرم‌ها، برنامه‌های مختلف ساختار بندی شوند، مورد دسترسی واقع شوند و به اشتراک گذاشته شوند. این استانداردها حوزه‌هایی مانند GIS، نقشه‌برداری، سنجش از دور، SDI و LBS را پوشش می‌دهند. در واقع، این استانداردها تبادل داده‌ها را تسهیل می‌کنند، قابلیت همکاری بین نرم‌افزارها و سیستم‌های مختلف را امکان‌پذیر می‌سازند و امکان توسعه برنامه‌های کاربردی مکانی را فراهم می‌سازند بطوریکه به طور موثر با هم کار کنند.

نمونه‌ای از استانداردهای شناخته شده OGC شامل WMS برای ارائه نقشه‌ها از طریق اینترنت و KML برای نمایش متون و ظاهر عوارض مکانی است.

BIM: مخفف Building Information Modeling است. فرآیندی است که شامل ایجاد و مدیریت نمایش رقومی از مشخصه‌های فیزیکی و عملکردی یک ساختمان یا سازه است. این یک رویکرد تشریک مساعی است که جنبه‌های مختلف

از مرحله طراحی گرفته تا ساخت و نگهداری سازه را در طول چرخه عمر یک پروژه ترکیب و یکپارچه می‌کند. به بیان دیگر، BIM یک مدل رقومی ایجاد می‌کند که حاوی اطلاعات دقیق در مورد هندسه، روابط مکانی، متریکال، کمیت‌ها و سایر مشخصه‌های مرتبط با ساختمان است و فراتر از نقشه‌های دوبعدی سنتی است. به این ترتیب، به مانند یک منبع دانش مشترک برای معماران، مهندسان، متخصصان ساخت و ساز و سایر ذینفعان درگیر در پروژه عمل می‌کند.

Texture یا بافت: یک پوشش یا تصویر دو بعدی است که بر روی سطوح یک مدل سه بعدی قرار می‌گیرد. برای ساخت این Texture ها معمولاً از تصاویر دیجیتالی یا طراحی با کامپیوتر استفاده می‌شوند و می‌توانند ظاهری واقعی به مدل‌های سه بعدی اضافه کنند. مدل‌های سه بعدی بدون Texture به شکل اشیائی بی رنگ و ساده نمایش داده می‌شوند. با اضافه کردن Texture، می‌توان بافت‌های مختلف برای مدل‌ها، مانند بافت‌های سنگی، شیشه‌ای، قالب‌های طبیعی و متنوع دیگر ایجاد کرد. این امر به مدل سه بعدی امکان می‌دهد تا ظاهری بسیار واقعی به نمایش بگذارد، که برای اپلیکیشن‌های مختلف بسیار مهم است، به خصوص در بازی‌های ویدئویی، انیمیشن، طراحی معماری و سایر رندهای دیجیتالی.

Point Cloud یا ابرنقطه: مجموعه‌ای از نقاط داده در فضای سه بعدی است که هر نقطه نشان دهنده مکان خاصی در سطح یک شی یا محیط است. این نقاط معمولاً با استفاده از اسکنرهای سه بعدی یا تکنیک‌های فتوگرامتری به دست می‌آیند که می‌تواند تعداد زیادی اندازه‌گیری را از دنیای واقعی گرفته و پردازش کند تا یک نمایش دیجیتالی از یک شی یا فضای فیزیکی ایجاد کنند. ابر نقاط اغلب در کاربردهای مختلفی مانند مدل سازی سه بعدی، مهندسی معکوس، واقعیت مجازی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده می‌شوند. به عنوان مثال، در زمینه مدل سازی سه بعدی، ابر نقاط می‌توانند به عنوان نقطه شروعی برای ایجاد مدل‌های سه بعدی دقیق و پرجزئیات از ساختمان‌ها، عوارض یا اشیاء دیگر استفاده شوند. این مدل‌ها سپس می‌توانند برای تجسم، تحلیل‌های مکانی یا پردازش بیشتر، مانند افزودن بافت‌ها یا ادغام آن‌ها در محیط‌های دیجیتال بزرگ‌تر استفاده شوند.

زمین مرجع کردن یا Georeferencing: فرآیندی که شامل اختصاص مختصات مکانی صحیح دنیای واقعی به یک تصویر رقومی، نقشه یا مجموعه داده یا عوارض مکانی است. به این ترتیب، داده‌های مکانی مزبور قادر می‌شوند تا با سایر مجموعه داده‌های مکانی ادغام شوند و مورد استفاده قرار گیرند.

GML: مخفف عبارت Geographic Markup Language و یک زبان نشانه‌گذاری مکانی است که مبتنی بر XML است که توسط کنسرسیوم مکانی باز (OGC) برای نشان دادن و توضیح عوارض مکانی (با استفاده از syntax مربوط به XML)، روابط مکانی میان این عوارض و توصیفات آن‌ها توسعه یافته است. این زبان، یک فرمت استاندارد است که به منظور به اشتراک‌گذاری و تبادل داده‌های مکانی در سامانه‌ها و پلت‌فرم‌های مختلف کامپیوتری استفاده می‌شود. این فرمت استاندارد اغلب در ارتباط تنگاتنگ با سایر استانداردهای مکانی، مانند WFS، برای توانمندسازی اشتراک‌گذاری پرس و جو، پردازش و نمایش داده‌های مکانی به صورت تحت وب، از طریق برنامه‌هایی نظیر سرویس‌دهنده‌های نقشه‌های تحت وب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

CityGML: یک مدل داده استاندارد باز و فرمت تبادل است که مبتنی بر GML بوده و به طور اخص برای نمایش و تبادل مدل‌های سه‌بعدی شهری طراحی شده است و جزء استانداردهای OGC است. کاربرد گسترده‌ای در برنامه‌ریزی شهری، معماری و GIS دارد. این فرمت داده، روشی استاندارد برای نمایش هندسه، و روابط توپولوژیکی و معنا و ماهیت عوارض مختلف شهری، از جمله ساختمان‌ها، جاده‌ها، پوشش گیاهی، زمین، پهنه‌های آبی و دیگر عناصر شهر ارائه می‌کند. این فرمت داده استاندارد از ۵ سطح از جزئیات (LoD یا Level of Details) پشتیبانی می‌کند و در واقع، عوارض شهری را در ۵ سطح از رزولوشن نمایش می‌دهد. قابلیت تعامل‌پذیری داده‌ها در زمینه خدمات وب مکانی و زیرساخت‌های داده‌های مکانی با بکارگیری CityGML بسیار ساده خواهد شد.

۳۰۰۰۰۰۰۰: می‌توان گفت که استاندارد CityGML، نوعی استاندارد ذخیره‌سازی و تبادل داده مکانی محسوب می‌گردد، و مناسب است به منظور بصری سازی به استانداردهای مناسب دیگری تبدیل شود. استاندارد ۳۰۰۰۰۰۰۰ که جزء استانداردهای OGC است برای ارائه و نمایش داده‌های مکانی سه‌بعدی حجیم (از قبیل ساختمان سه‌بعدی ۳۰۰۰۰۰۰۰ (BIM/CAD, Building)، ابر نقاط، فتوگرامتری و ...)، در بستر شبکه طراحی شده است. این استاندارد، یک ساختار درختی (hierarchical) و مجموعه‌ای از فرمت‌های تایل را تعریف می‌کند و داده‌های سه بعدی را در قالب چند سطح با درجه جزئیات مختلف ذخیره می‌کند. نمایش ۳۰۰۰۰۰۰۰ را می‌توان در ابزارها و پلتفرم‌های نرم‌افزاری مختلفی مانند سیستم‌های کره زمین مجازی، GIS و Viewerهای نقشه مبتنی بر وب دید که برای کاربردهای مکانی مختلف استفاده می‌شوند، انجام داد.

: Indexed 3D Scene Layers (I3S)

مجموعه داده I3S، که تحت عنوان Scene Layer نیز شناخته می‌شود، ارائه و ذخیره حجم زیادی از داده‌های مکانی سه‌بعدی را در بستر شبکه امکان‌پذیر می‌کند و با پهنای باندهای مختلف سازگاری دارد از جمله موبایل‌ها. اگرچه تبدیل CityGML به ۳۰۰۰۰۰۰۰۰ می‌تواند مزایایی در جهت بصری‌سازی تحت وب را ارائه دهد اما بعد معنایی داده‌ها حذف می‌گردند. برای حفظ بعد معنایی عوارض همزمان با فرایند ایجاد ساختار درختی هندسه عوارض باید از استاندارد I3S استفاده شود. این امکان از نسخه CityGML3 به بعد میسر است.

CityJSON: این استاندارد نیز مانند CityGML، یک مدل داده باز و یک فرمت تبادل است که جزء استانداردهای OGC است. به بیان دیگر، CityJSON، یک انکودینگ (زبان) مبتنی بر JSON برای ذخیره مدل‌های سه‌بعدی شهری است. این فرمت در واقع یک زیرمجموعه از مدل داده CityGML است. هدف از ایجاد CityJSON، خلق یک فرمت فشرده و مورد پسند توسعه‌دهندگان است به طوریکه فایل‌های تحت این فرمت به راحتی ویژوالیزه، دستکاری و ویرایش شوند. این زبان، توسط توسعه‌دهندگان به گونه‌ای طراحی و ایجاد شده است که ابزارها و برنامه‌هایی که قابلیت پشتیبانی آن را دارند، می‌توانند به سرعت ساخته شوند.

هرچند این استاندارد شباهت زیادی از نظر کاربرد با استاندارد CityGML دارد، اما می‌توان مزایای زیر را نیز برای CityJSON در مقایسه با CityGML بیان داشت:

- ۱- می‌توان به راحتی فایل‌های CityGML را به فایل‌های CityJSON تبدیل نمود و برعکس.
- ۲- فایل‌های CityJSON در مقایسه با CityGML، خلاصه‌تر و فشرده‌تر می‌باشند.
- ۳- می‌توان به راحتی، فایل CityJSON مورد نظر را در web-viewerهای مختلف مشاهده کرد.
- ۴- می‌توان به راحتی با فایل‌های CityJSON را دستکاری نمود، مثلاً فایل‌ها را مرج کرد، عوارض را فیلتر کرد یا حذف کرد، سیستم مختصات را تغییر داد، texture را مدیریت کرد و ...

FME: FME، یک نرم‌افزار تجاری است و نام آن مخفف عبارت Feature Manipulation Engine است. تمام تبدیل‌ها و دستکاری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار FME که توسط شرکت کانادایی Safe تولید شده، قابل انجام است و از این منظر، بسیار قدرتمند است.

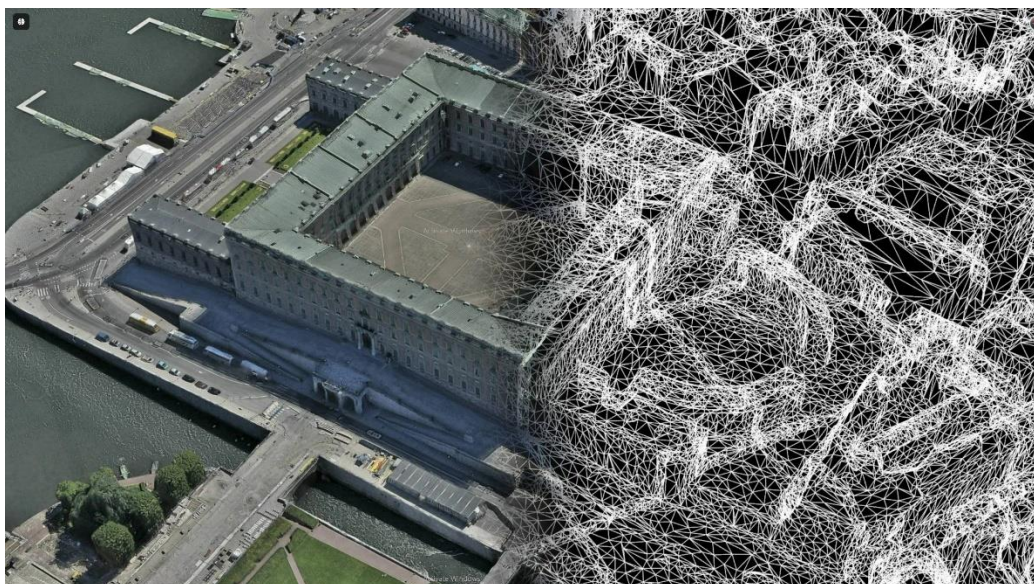
اساساً FME، یک ابزار برای تبدیل داده از یک فرمت به فرمت دیگر است که بدون کدنویسی انجام می‌شود. ضمناً FME، یک پلت‌فرم یکپارچه‌سازی یا ترکیب داده‌ها^۶ (حتی از منابع مختلف در بستر وب) است که از تمامی داده‌های مکانی پشتیبانی می‌کند.

TIN^۷: در گرافیک کامپیوتری، نمایشی از یک سطح پیوسته است که تماماً از سطوح مثلثی تشکیل شده است و عمدتاً در تدوین شبکه جهانی پوسته زمین برای مدل‌سازی‌های سه بعدی استفاده می‌شود. معمولاً برای ساخت این مدل، از موقعیت مکانی تعدادی نقاط که ارتفاع آنها مشخص است استفاده می‌گردد و سطحی تعریف می‌شود که ناشی از موقعیت‌های ارتفاعی آن نقاط می‌باشد. معمولاً این مدل اجازه وجود شیب‌های ۹۰ درجه را نمی‌دهد و به همین خاطر استفاده از این مدل برای نمایش عوارض ساختمانی مناسب نمی‌باشد.

۳D Mesh Model: مدل مش سه بعدی به نوعی مشابه با مدل تین می‌باشد و از سطوح بهم پیوسته مثلثی تشکیل می‌گردد ولی با دقت و جزئیات زیاده‌تر بوده و معمولاً برای نمایش سه بعدی مناظر دنیای واقعی استفاده می‌شود. لذا در این مدل می‌توان شیب ۹۰ درجه نیز تعریف نمود و عوارض ساختمانی قابل مشاهده می‌باشند. عموماً از ابرنقطه و با تعداد بسیار زیاد نقاط ارتفاع دار تولید می‌شوند. عموماً تصاویر منطقه نیز بر روی این مدل قرار داده شده و یک Texture مناسب و کم حجم (نسبت به ابر نقطه) بوجود می‌آید که به خوبی مناظر دنیای واقعی را شبیه‌سازی می‌کند. در این مدل، عوارض مکانی بصورت مستقل و مجرد در دسترس قرار نمی‌گیرند و فقط بصورت بصری می‌توان آن‌ها را متمایز از یکدیگر تشخیص داد. شکل زیر نمایی از یک mesh model را نمایش می‌دهد.

۶- data integration

۷- Triangulated Irregular Network



۳۰ **ظاهری شبیه به** **۳۰** **دارد ولی عوارض مکانی به صورت** **Object** **و مستقل تعریف شده و در**
محل جغرافیایی خود قرار می گیرند. **بر روی این مدل امکان انجام تحلیل های مکانی میسر می باشد و بستری برای استقرار**
همسان رقمی می باشد عوارض ساختمانی در این مدل می توانند در ۵ سطح جزئیاتی از LOD^۴ تا LOD4 تعریف شوند
که در "ضمیمه د" توضیح داده شده اند. **اگر از این مدل برای عوارض شهر استفاده شود اصطلاحا به آن ۳۰**
نیز گفته می شود. **نمونه ای از ۳۰ در شکل زیر نمایش داده شده است.**

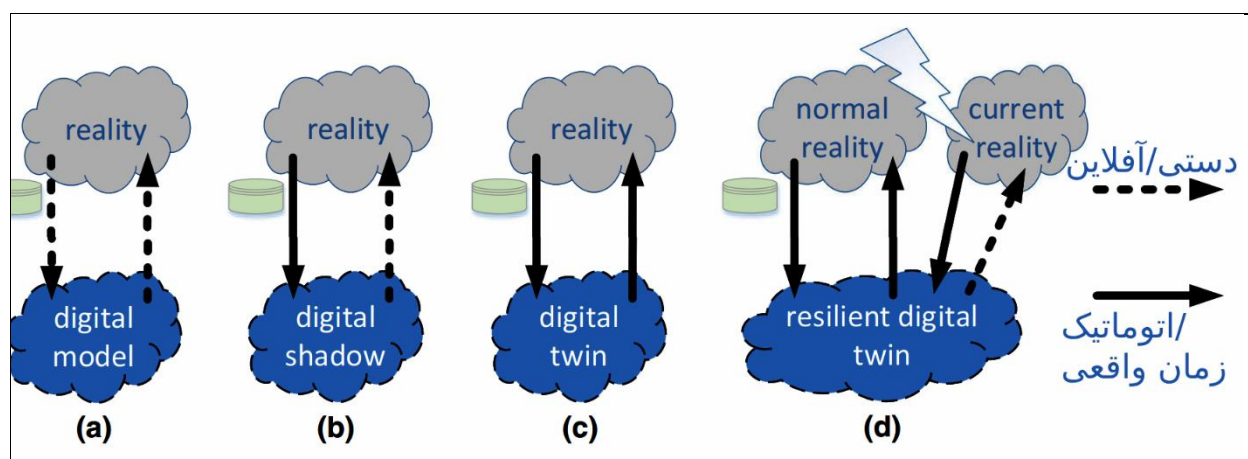


و به روز است. به اندازه کافی جزئیات منبع نشان داده می شود تا فهم خوبی از آن حاصل شود. به طور کلی، سایه های دیجیتال مدل های ریاضی هستند، اما می توانند نمایش های سه بعدی نیز باشند و اغلب بر جنبه های خاصی مانند معیارهای عملکرد، شرایط عملیاتی یا عوامل محیطی تمرکز می کنند. این سایه های دیجیتالی از دنیای واقعی، امکان نظارت، شناسایی گلوگاه ها، پیش بینی اختلال ها، و تصمیم گیری در مواقع غیر مترقبه را فراهم می کنند.

Digital Twin: همسان رقمی یک مدل سه بعدی دیجیتالی از محیط واقعی یا فیزیکی است بطوریکه یک جریان داده دو طرفه از دنیای واقعی به مدل رقمی و برعکس وجود داشته باشد و در نتیجه، مدل رقمی بطور همزمان با دنیای واقعی همگام و بروز شود. فناوری های جدید گوناگونی در تحقق همسان رقمی بکار گرفته می شوند، مانند اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی و ... از مزایای پیاده سازی همسان رقمی می توان به کاهش هزینه های کلی نظارت مستمر بر فعالیت های جاری و شناسایی مشکلات هنگام بروز و یا حتی قبل از بروز ذکر کرد. بطور کلی اثرات مستقیمی در افزایش ایمنی، افزایش بهره وری، و بهبود سطح زندگی دارد. آن ها امکان ایجاد حلقه های بازخورد زنده را فراهم کرده و به بینش هایی برای بهبود عملکرد، کارایی و قابلیت اطمینان منجر می شوند. به عبارت دیگر، تعامل دوطرفه ای بین محیط های فیزیکی و دیجیتال وجود دارد که در آن نسخه دیجیتال قادر است نحوه عملکرد موجودیت فیزیکی را تغییر دهد.

Resilient Digital Twins: همسان های رقمی انعطاف پذیر، نوعی همسان رقمی هستند که در موقعیت های کاملاً جدید تصمیم گیری را به هوش انسانی واگذار می کنند. همسان های رقمی باید به تصمیم گیری ها کمک کنند، چه به صورت دستی و چه به طور کاملاً خودکار. با این حال، همسان های رقمی انعطاف پذیر باید در مواجهه با موقعیت های کاملاً جدید، شروع به اتخاذ تصمیمات نادرست نکنند. بنابراین، هوش انسانی باید بخشی از چنین همسان های رقمی باشد. پاسخ ها به تحلیل های «چه می شود اگر» باید مقایسه و تفسیر شوند.

شکل زیر نمایشی از نحوه تعامل مدل های مختلف دیجیتالی با دنیای فیزیکی را نمایش می دهد.



Metaverse: دنیایی که در آن، مرزهای بین محیط فیزیکی و رقومی تقریباً محو شده‌اند. می‌توان متاورس را مترادف با فضای مجازی که کاربران در آن غوطه‌ور شده‌اند در نظر گرفت. این غوطه‌وری با ابزارهای مختلفی مانند عینک‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده محقق می‌شوند. قابل ذکر است که Cesium به‌عنوان یک پلت‌فرم مکانی و بواسطه قابلیت‌هایش در نمایش و تجسم سه بعدی و خدمات مکان-مبنا، می‌تواند در ایجاد یک متاورس نقش اساسی داشته باشد که آن را برای ساختن فضاهای مجازی و تجربه‌های غوطه‌ور شدن در درون متاورس مفید می‌کند. علاوه بر این، معماری باز و قابلیت تعامل‌پذیری Cesium آن را با سایر فناوری‌ها و استانداردها سازگار می‌کند و پتانسیل آن را برای ادغام با متاورس‌های گسترده‌تر افزایش می‌دهد.

Revit: نرم افزار یکی از نرم‌افزارهای تجاری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) است که توسط Autodesk توسعه یافته است. به طور گسترده‌ای توسط مهندسان معماری، عمران، برق، مکانیک و تاسیسات به منظور طراحی و بصری‌سازی پروژه‌های ساختمانی استفاده می‌شود به آنها اجازه می‌دهد تا بر روی یک مدل BIM مشترک در پروژه کار کنند و با همدیگر همکاری بهینه داشته باشند. با Revit، کاربران می‌توانند مدل‌های سه‌بعدی ساختمان‌ها و سازه‌ها را با اجزای مختلف مانند دیوارها، کف، سقف، درها، پنجره‌ها و سیستم‌های الکتریکی و مکانی آنها ایجاد کنند. علاوه بر این، Revit از قابلیت همکاری با سایر نرم‌افزارهای طراحی و تجزیه و تحلیل پشتیبانی می‌کند و امکان تبادل یکپارچه داده‌ها را بین رشته‌های مختلف فراهم می‌کند. نرم افزارهای متن‌بازی مثل FreeCAD و Blender به عنوان معادل برای Revit وجود دارند ولی به طور کلی برای ایجاد BIM به طور کامل مناسب نیستند و امکاناتی که Revit دارد را ندارند. در حال حاضر اگر هدف، ایجاد یک BIM کامل و تمام پیچیده باشد، Revit یکی از گزینه‌های مناسب و حرفه‌ای خواهد بود.

Cesium: یک پلت‌فرم یا نرم‌افزار باز، امن، قدرتمند، و دارای مقیاس متغیر برای داده‌های مکانی سه‌بعدی است. می‌توان با استفاده از آن، داده‌های مکانی حجیم را آپلود کرد، بهینه‌سازی نمود، و در یک مرورگر وب به کاربران ارائه کرد. داده‌های ورودی به Cesium می‌توانند تحت فرمت‌های CityGML، KML، OBJ، KOLLADA، laz، las، و I3D باشند. البته معمولاً سعی بر این است که داده‌های سه‌بعدی به فرمت ۳D و یا I3S در Cesium آپلود شوند تا نمایش و ارائه آن‌ها به کاربران به صورت بهینه و با سرعت مناسب انجام گیرد. Cesium می‌تواند داده‌های I3S جدید را به طور مستقیم بدون نیاز به فرآیندهای اضافی ۳D بپذیرد. این قابلیت امکانات جدیدی را برای تجسم باز می‌کند و آن را به ابزاری بی‌نظیر برای کاوش و تحلیل مدل‌های D3D شهری در زمینه‌های مختلف تبدیل می‌کند.

نسخه آنلاین این نرم‌افزار تحت عنوان Cesium ion است که می‌تواند داده‌ها را در یک فضای ابری هاست کند و نسخه آفلاین آن نیز موسوم به CesiumJS می‌باشد که به راحتی در دسترس است. CesiumJS یک کتابخانه یا یک موتور اجرایی^۹

جاوا اسکریپتی متن باز است که برای مشاهده (ویژوالیزاسیون) و تحلیل داده‌های دوبعدی و سه‌بعدی در یک مرورگر وب بکار می‌رود. آدرس وب سایت برای تحقیق بیشتر در مورد استانداردهای OGC در زیر آورده شده است:

<https://www.ogc.org/docs/is>

۶- کاربردهای داده‌ها و سرویس‌های سه‌بعدی

برای آشنایی با تعدادی از کاربردهای معمول سرویس‌های سه بعدی، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- نمایش و ویژوالیزه کردن: می‌توان داده‌های مکانی و نقشه‌ها را به صورت سه‌بعدی نمایش داد و روی آن‌ها جستجو انجام داد، به ویژه در بستر وب.

۲- تحلیل‌های مکانی سه‌بعدی به ویژه در طراحی و برنامه‌ریزی شهری: می‌توان با استفاده از مدل‌های رقومی سه‌بعدی شهری، طراحی و برنامه‌ریزی فرآیندهای مختلف مانند پایش و مدیریت آلودگی، ترافیک، طراحی زیرساخت و ارزیابی زیبایی بصری را با بکارگیری تحلیل‌های سه‌بعدی مکانی انجام داد.

۳- خدمات ناوبری و مکان-مبنا: می‌توان برای بهبود سیستم‌های ناوبری، حمل و نقل و خدمات مکان-مبنا با به خدمت گرفتن نمایش‌های سه بعدی دقیق از فضاهای شهری، امکان برنامه‌ریزی مسیر و ناوبری را حتی در محیط‌های مسقف بهبود بخشید.

۷- چرا OGC؟

در این متن، تاکید بر استفاده از استانداردهای جهانی OGC می‌باشد و علت این امر، مزایای غیر قابل انکار آن‌ها است. از مزایای استانداردهای متن باز OGC در مقایسه با دیگر استانداردها می‌توان موارد زیر را برشمرد:

۱- قابلیت تعامل‌پذیری: استانداردهای OGC قابلیت تعامل بین سیستم‌ها، ابزارها و مجموعه داده‌های مختلف مکانی را ارتقا می‌دهند. این قابلیت، امکان یکپارچه‌سازی و تبادل داده‌های مکانی در پلت‌فرم‌ها و برنامه‌های مختلف را فراهم می‌کند.

۲- بی‌طرفی: استانداردهای OGC به طور مشترک توسط طیف وسیعی از کارشناسان دنیا توسعه می‌یابند و این امر، رویکرد بی‌طرفانه را بیشتر تضمین می‌کند. این بدان معنی است که توسعه‌دهنده‌های نرم‌افزارها می‌توانند استانداردهای مشابه

متن‌باز را در محصولات خود پیاده‌سازی و پشتیبانی کنند و امکانات و گزینه‌های بیشتری را در اختیار کاربران قرار دهند و از انحصار تولیدکنندگان دیگر جلوگیری کنند. این خصوصیت، در مورد خنثی نمودن تحریم‌های اقتصادی مصداق می‌یابد.

۳- مشارکت همگانی جامعه توسعه‌دهندگان و کاربران: استانداردهای OGC توسط جامعه‌ای پر جنب و جوش از سازمان‌ها، توسعه‌دهندگان و کاربران در حال حرکت و پیشرفت می‌باشد. این مجموعه به طور فعال در فرآیند استانداردسازی شرکت می‌کنند و به توسعه، بهبود و تکامل استانداردها در طول زمان بر اساس نیازها و تجربیات دنیای واقعی کمک می‌کنند.

۴- سازگاری و ثبات: استانداردهای OGC به گونه‌ای طراحی شده‌اند که سازگار، دارای مستندات و متون استاندارد پرجزئیات، کامل، واضح و ساختاریافته و نیز پایدار می‌باشند که این خصوصیات، سازگاری طولانی مدت و پیاده‌سازی مطمئن و قابل اعتماد آن‌ها را ارتقا می‌دهد که خود منجر به تضمین این امر می‌شود که برنامه‌ها و سیستم‌های ساخته شده بر اساس استانداردهای OGC به عملکرد مؤثر خود با تکامل فناوری ادامه می‌دهند.

۵- دسترسی به منابع داده‌های متنوع: استانداردهای OGC دسترسی به طیف گسترده‌ای از منابع داده‌های مکانی، از جمله تصاویر سنجش از راه دور، نقشه‌ها، داده‌های آب و هوا و موارد دیگر را امکان‌پذیر می‌سازد. این امر ترکیب داده‌ها، تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری را در حوزه‌های مختلف، مانند نظارت بر محیط زیست، برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران تسهیل می‌کند.

به طور کلی، استانداردهای OGC همکاری، نوآوری و کارایی بیشتر در صنعت ژئوماتیک را تقویت می‌کنند و توانایی کار با داده‌های مکانی را به طور مؤثر افزایش می‌دهند. همچنین مزایا و کاربردهای نرم‌افزارهای متن‌باز از جمله نرم‌افزارهای مبتنی بر استاندارد OGC را می‌توان به صورت زیر فهرست نمود:

- دسترسی آسان
- پشتیبانی گسترده به دلیل مستندسازی‌های کامل و پرجزئیات
- عدم استفاده از قفل‌شکن و Crack
- پایداری بالاتر و قابل اطمینان
- عدم اعمال تحریم‌های سیاسی
- محفوظ بودن حق توسعه‌دهنده کد اولیه
- قابلیت بومی‌سازی و بین‌المللی‌سازی
- امکان تهیه رایگان مستقیم یا غیرمستقیم قریب به اتفاق نرم‌افزارهای متن‌باز
- گسترده بودن جامعه اغلب نرم‌افزارهای متن‌باز که در قالب مستندسازی، فروم‌ها، لیست‌های پستی و روشهای دیگر به ارائه خدمات مناسب و رایگان پشتیبانی می‌پردازند

- برای استفاده از نرم افزارهای متن باز نیازی به استفاده از انواع و اقسام قفل شکن ها و Crack ها نیست. بنا به گزارش های شرکت های امنیتی، قریب به اتفاق اینگونه Crack ها آلوده به انواع و اقسام بدافزارها یا Malware همچون Virus, Worm, Adware, Trojan Horse, Spyware و غیره هستند که توسط هکرها برای نفوذ به سیستم های قربانیان و انواع سوءاستفاده از آن ها نوشته شده اند!
 - این موضوع طی دهه های گذشته به خوبی اثبات شده است که در مجموع و به طور متوسط، نرم افزارهای متن باز از پایداری بالاتری نسبت به نرم افزارهای انحصاری برخوردارند. با استفاده از این نرم افزارها به تدریج قفل شدن های ناگهانی و ظاهراً بی دلیل سیستم، به هم ریختگی اطلاعات و موارد مشابه وجود ندارد
 - نرم افزارهای متن باز بنا به فلسفه مندرج در گواهی های متن باز^۱ محملی برای اعمال نظرات و تحریم های سیاسی نیستند، بنابراین مشکلاتی همچون تحریم کاربران (از جمله کاربران ایرانی) ندارند. در اغلب نرم افزارهای تجاری تولیدی در دنیای غرب در حالی که تنظیمات مربوط به برخی از کشورهای کوچک و کم اهمیت دنیا نیز وجود دارند، تنظیمات مربوط به ایران به عمد حذف شده اند.
 - به دلیل ماهیت متن باز، قریب به اتفاق نرم افزارهای متن باز امکان اجرا بر روی چند بستر مختلف را دارند (اصطلاحاً Multi-Platform هستند)
 - به دلیل ماهیت متن باز و اینکه سایر افراد متخصص و علاقمند، به کد منبع نرم افزار دسترسی دارند، غالباً اشکالات معمولی و امنیتی اینگونه نرم افزارها سریعتر شناسائی و رفع می شوند
 - برنامه نویسان و کاربران نقاط آسیب پذیر را آسان تر کشف می کنند و می توانند قبل از آنکه مورد سوء استفاده قرار گیرد، آنها را رفع کنند.
 - تمرکز بر امنیت به جای کاربر پسند بودن
- با توجه به موارد فوق الذکر، خالی از لطف نیست به سخنان تعدادی از مشاهیر حوزه تولیدکنندگان نرم افزار و سیستم عامل اشاره کنیم.
- وینسنت ریچمن، تولیدکننده الگوریتم های رمزنگاری ASE می گوید: "متن باز و لینوکس بطورطبیعی، رسانه ای برتر برای کشف حفره های امنیتی و برطرف کردن آنها به شمار می رود".
- الیس لوی، مدیر اسبق امنیت شرکت های خصوصی امریکا می گوید: "نرم افزارهای متن باز نسبت به نرم افزارهای متن بسته دارای امنیت بیشتری هستند و متن بسته بودن هیچ گارانتی امنیتی ندارد".
- ویتفیلد دیفی، مدیرکل اداره امنیت شرکت سان مایکروسیستم می گوید: "ادعای فروشندگان نرم افزارهای تجاری در مورد اینکه نرم افزارهایشان بدلیل محرمانه بودن نسبت به نرم افزارهای متن باز ایمن است ادعای بی منطقی است."

هرچند که استفاده از بعضی از نرم‌افزارهای تجاری از قبیل (Windows, Autocad, Dotnet, ArcGIS,) به صورت مختلف در کشور استفاده می‌شوند و عموماً کاربرد زیادی نیز دارند ولی به منظور پرهیز از موانع و مشکلات فوق‌الاشاره در خصوص استفاده از فناوری متن بسته در سطح ملی، ضروری است برای پیاده‌سازی‌ها و توسعه‌های نرم‌افزاری در سطوح ملی صرفاً از فناوری‌های متن باز استفاده شود. این موضوع خصوصاً در حوزه مدیریت اطلاعات مکانی در دستورالعمل همسان شماره ۱۱۹-۱۲ با عنوان "دستورالعمل ایجاد زیرساخت داده‌های مکانی" که طی مصوبه شماره ۱۴۰۲/۴۴۰۰۹۷ مورخ ۱۴۰۲/۸/۲۰ سازمان برنامه و بودجه به دستگاه‌های اجرایی کشور ابلاغ گردید قید شده است.

۸- معرفی فرمت‌های مرتبط با مراحل سه‌بعدی‌سازی

پس از اینکه ترسیم سه‌بعدی یا مدل سه‌بعدی ساختمان تکمیل شد، باید آن را به یک فرمت استاندارد تبدیل نمود تا مدل مزبور در پلت‌فرم‌های مختلف نرم‌افزاری و میان کاربران، قابل اشتراک‌گذاری باشد. به لحاظ سازگاری با سایر دستورالعمل‌های مرتبط با حوزه مدیریت اطلاعات مکانی و ایجاد SDI، و همچنین دستورالعمل "ساخت سرویس تحت وب از مدل‌های سه‌بعدی عوارض مکانی"، لازم است از فرمت استانداردهای جهانی متن باز OGC از قبیل CityGML و IndoorGML استفاده شود.

یکی از فرمت فایل‌های انحصاری و تجاری، فرمت DWG است که توسط AutoCAD و سایر نرم‌افزارهای CAD برای ترسیم‌های دو بعدی و سه بعدی در رشته‌های مختلف مهندسی استفاده می‌شود. فرمت IFC یک فرمت فایل باز ولی غیر OGC است که برای به اشتراک‌گذاری مدل‌های داده ساختمان در پلت‌فرم‌های مختلف نرم‌افزاری استفاده می‌شود. این فرمت به طور گسترده در صنعت معماری و مهندسی عمران پذیرفته شده است. به عنوان نمونه‌هایی از فرمت‌های استاندارد غیر OGC می‌توان از IFC, KML, COLLADA, OBJ, LAZ, LandXML نام برد.

همانطور که اشاره گردید، از دید این دستورالعمل ضروری است مدل‌های سه بعدی به فرمت‌های استاندارد OGC تبدیل شوند. نمونه‌هایی از فرمت‌های استاندارد شامل: CityGML, CityJSON, I3S, GeoJSON, IndoorGML می‌باشند که برای تبادل داده‌های مکانی و نمایش آن‌ها در بستر وب بکار می‌روند.

در این متن، هدف این نیست که صرفاً استاندارد یا فرمت خاصی برای کاربران الزام شود و یا ادعا شود که آن استاندارد یا فرمت، بهترین است، بلکه در ابتدا منظور، تشویق کاربران به استفاده از استاندارد و خصوصاً استانداردهای متن باز می‌باشد و در انتها ضرورت تبعیت از یک استاندارد یکسان در پروژه‌ها است تا اشتراک‌گذاری تسهیل شده و مسیر پیاده‌سازی SDI، همسان رقمی و متاورس هموار شود.

همانطور که اشاره شد به منظور مدل کردن عوارض شهری، یکی از استانداردهای مهم و متن باز، CityGML است که علت توصیه به استفاده از این استاندارد، مزایای غیر قابل انکار آن است که در زیر آورده شده‌اند. برای پرهیز از اطاله کلام، سخنی از مزایای عمومی استاندارد OGC که قابل تعمیم به همه استانداردهای OGC می‌باشد، به میان نیامده است و فقط به جنبه‌های ویژه و خاص این استاندارد اشاره شده است.

۱- نمایش جامع چند وجهی از عوارض شهری: CityGML امکان نمایش نه تنها اطلاعات هندسی پایه، بلکه جزئیات معنایی و موضوعی عوارض شهری را ارائه می‌کند و مدل جامع‌تر و دقیق‌تری از شهر در اختیار می‌گذارد.

۲- انعطاف‌پذیری: CityGML از سطوح مختلف جزئیات پشتیبانی می‌کند و به عبارت دیگر، می‌تواند جنرالیزه عوارض شهری را در چند سطح انجام دهد و به کاربران این امکان را بدهد که بسته به نیازهای خود، عوارض شهری را با سطوح مختلف پیچیدگی نشان دهند.

۳- تطابق با نیازهای آینده: CityGML استاندارد است که به طور وسیعی پذیرفته شده و در جامعه اطلاعات مکانی پشتیبانی می‌شود و تضمین می‌کند که مدل‌های شهری شما در آینده قابل استفاده باقی می‌مانند.

در قسمت ضمیمه‌های این متن، مثال‌هایی برای آشنایی کاربران با نحوه تولید داده‌های مکانی و نقشه‌ای سه بعدی ساختمان‌ها، نحوه تبدیل آن‌ها به فرمت‌های استاندارد IFC و CityGML کاربرد آن‌ها در تبادل و ارائه به سایر ذینفعان آورده شده‌اند.

۹- معرفی نرم‌افزارهای مرتبط با مراحل سه‌بعدی‌سازی

در انتخاب نرم‌افزارهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، گزینه‌های متعددی وجود دارد. در ادامه به برخی از گزینه‌های محبوب اشاره می‌شود. هر نرم‌افزار نقاط قوت و ضعف خود را دارد، بنابراین ارزیابی آنها بر اساس نیازهای خاص، بودجه و سطح مورد نیاز یکپارچگی BIM بسیار مهم است. همچنین می‌توان از چندین راه‌حل نرم‌افزاری در کنار هم برای مراحل مختلف طراحی یا وظایف خاص استفاده نمود. همانطور که اشاره شد، از دیدگاه این دستورالعمل، الزامی است محصول نهایی برای ارسال به ژئوپرتال ملی در قالب استانداردهای OGC از قبیل CityGML و IndoorGML و غیره باشند.

- Autodesk Revit: نرم‌افزار پیشرو در زمینه BIM که به‌طور گسترده‌ای توسط معماران، مهندسان و حرفه‌ای‌های ساخت‌وساز مورد استفاده قرار می‌گیرد. Revit به کاربران این امکان را می‌دهد که پروژه‌های ساختمانی را طراحی، بصری‌سازی، و شبیه‌سازی کنند. دارای ویژگی‌های کلیدی از قبیل مدل‌سازی پارامتریک، زمان‌بندی خودکار و ابزارهای تحلیلی یکپارچه می‌باشد.
- Graphisoft Archicad: نرم‌افزار BIM قدرتمند که به‌خاطر رابط کاربری دوستانه و قابلیت‌های پیشرفته مدل‌سازی شناخته شده است. Archicad از تمام مراحل فرآیند طراحی، از قبیل طراحی مفهومی تا مستندات ساخت، پشتیبانی می‌کند. ویژگی‌های کلیدی شامل جریان کار یکپارچه، بصری‌سازی در زمان واقعی و ابزارهای کاربردی قوی است.
- Autodesk BIM 360: پلتفرم BIM مبتنی بر ابر که امکان بهره‌برداری مستمر، مدیریت داده‌ها و هماهنگی در طول چرخه عمر پروژه را فراهم می‌کند.

- Nemetschek Allplan: نرم افزار BIM معماری و مهندسی که به خاطر کیفیت و دقت آن شناخته شده است. این نرم افزار دارای قابلیت های پیشرفته مدلسازی ۳ بعدی، بصری سازی و امکانات کاربردی است.
- Vectorworks Architect: نرم افزار BIM چندمنظوره که مجموعه ای جامع از قابلیت های ترسیم ۲ بعدی، مدل سازی ۳ بعدی و رندرینگ برای معماران و طراحان ارائه می دهد.
- Bentley AECOsim Building Designer: راه حل جامعی برای نرم افزار BIM که برای تیم های چندرشته ای طراحی شده و ابزارهایی برای طراحی سیستم های معماری، سازه ای، مکانیکی و الکتریکی فراهم می کند.
- SketchUp Pro: نرم افزار محبوب مدل سازی ۳ بعدی که می تواند برای طراحی معماری و داخلی استفاده شود. هرچند که یک نرم افزار کامل BIM نیست، اما می توان آن را با افزونه هایی مثل SketchUp BIM Tools یا Profile Builder ترکیب کرد تا قابلیت های BIM اضافه گردند.
- Autodesk AutoCAD Architecture: نسخه ای ویژه از AutoCAD که برای معماران طراحی شده و ابزارهای مورد نیاز برای ترسیم ۲ بعدی و مدل سازی ۳ بعدی و همچنین قابلیت های BIM را فراهم می کند.
- Trimble Tekla Structures: نرم افزار BIM قدرتمند که به طور خاص برای مهندسی سازه طراحی شده و ابزارهای پیشرفته ای برای مدل سازی، جزئیات سازی و امکانات کاربردی ارائه می دهد.
- Dassault Systèmes CATIA: نرم افزار ۳ بعدی طراحی و مهندسی قدرتمند و چندمنظوره که قابلیت های BIM یکپارچه ای برای طراحی معماری و سازه ای دارد.
- EDIFICE: پلتفرمی مبتنی بر ابر که بهره برداری در زمان واقعی، مدل سازی ۳ بعدی و ابزارهای مدیریت داده برای معماران، مهندسان و حرفه ای های ساخت و ساز ارائه می دهد.

امکانات نرم افزاری Rhino و IFC Builder نیز کاربرد زیادی دارند ولی برای اهداف متفاوتی در فرایندهای ساخت BIM استفاده می شوند:

- Rhino: نرم افزار مدل سازی سه بعدی چندمنظوره ای است که در صنایع مختلفی از جمله معماری، طراحی صنعتی و طراحی محصول استفاده می شود. با اینکه به طور اصلی نرم افزار BIM محسوب نمی شود، می توان از آن در طراحی مفهومی و مدل سازی در مراحل اولیه یک پروژه BIM استفاده کرد. با کمک افزونه هایی مانند VisualARQ یا Rhino.Inside Revit، رینو می تواند با فرایندهای کاری BIM ادغام شود و به کاربران این امکان را می دهد تا هندسه های پیچیده را ایجاد و ویرایش کنند.
- IFC Builder: یک نرم افزار مستقل BIM نیست، بلکه یک افزونه برای محصولات اتودسک، مانند AutoCAD و Revit است. عملکرد اصلی آن کمک به کاربران برای ایجاد، مدیریت و اعتبارسنجی فایل های Industry Foundation Classes (IFC) است که برای جریان های کار BIM متن باز و تعامل بین پلتفرم های مختلف نرم افزارهای BIM ضروری می شود. IFC Builder اطمینان حاصل می کند که مدل ها و داده های تولید شده در

نرم افزارهای اتودسک مطابق با استانداردهای IFC است و می تواند به طور مؤثری با دیگر برنامه های BIM به اشتراک گذاشته شود.

به طور خلاصه، هرچند که رینو و IFC Builder می توانند به جریان های کار BIM کمک کنند، اما نسبت به دیگر راه حل های جامع نرم افزار BIM مانند Revit یا Archicad اهداف متفاوتی دارند. رینو یک ابزار مدل سازی سه بعدی چندمنظوره است که می تواند با فرآیندهای BIM ادغام شود، در حالی که IFC Builder یک افزونه است که سازگاری و انسجام داده های BIM را در میان پلتفرم های نرم افزاری مختلف تامین می کند.

۱۰- مراحل کلی فرآیند سه بعدی سازی ساختمان

گام اول: ترسیم ساختمان سه بعدی

اولین مرحله از فرآیند سه بعدی سازی ساختمان، ایجاد مدل سه بعدی ساختمان یا به عبارت دیگر، ترسیم سه بعدی آن است. در این مرحله می توان از نرم افزارهای تخصصی گوناگونی استفاده نمود. از معروفترین نرم افزارهای ترسیم سه بعدی می توان از AutoCAD و Revit نام برد. SketchUp، نمونه کاربرپسند دیگری برای مدل سازی سه بعدی و طراحی معماری است که نسخه پایه آن، رایگان است. از نرم افزارهای رایگان و متن باز که برای ترسیمات سه بعدی بکار گرفته می شوند، می توان به FreeCAD، Blender و Sweet Home اشاره کرد.

با توجه به کاربرد مد نظر، برای ترسیم سه بعدی ساختمان ها می توان دو رویکرد را انتخاب نمود: ۱- ترسیم تعداد محدودی ساختمان ۲- ترسیم تعداد بسیار زیادی از ساختمان ها (مثلاً در گستره شهر یا حداقل یک قسمت از شهر). برای ترسیم یک یا چند ساختمان معمولاً از نقشه های مصوب معماری ساختمان ها و یا نقشه ازبیلت آن ها استفاده می شود، ولی برای ترسیم تعداد زیادی از ساختمان ها، معمولاً روش های سریع تر دیگری انتخاب می شوند، مانند بهره گیری از DSM منطقه یا داده های ابر نقطه و پردازش آن ها به منظور ترسیم سه بعدی ساختمان ها.

در هر صورت لازم است نتایج ترسیم ساختمان های سه بعدی، در قالب فرمت های استاندارد مشخصی که در این دستورالعمل به آنها اشاره خواهد شد ذخیره سازی و قابل ارائه گردند. این الزام، ضمن ایجاد یکپارچگی در محصولات سه بعدی کشور، به منظور تسهیلات صدور آتی آن ها به بستر نمایش های سه بعدی تحت وب که مورد انتخاب این دستورالعمل قرار گرفته اند نیز می باشد. چنانچه به هر دلیلی امکان ترسیم ساختمان با فرمت های استاندارد اعلام شده در این دستورالعمل وجود نداشته باشد، لازم است پس از تولید و زمین مرجع سازی، مطابق توضیحات گام سوم، (تبدیل فرمت ساختمان)، اقدام به تبدیل فرمت شود.

گام دوم: زمین مرجع کردن ساختمان

بعد از ترسیم ساختمان، باید عمل زمین مرجع کردن انجام شود، چراکه مدل های ساختمانی یک شهر معمولاً در آخر کار، به صورت یکپارچه در یک پایگاه داده تجمیع می شوند، لذا لازم است که این داده ها، زمین مرجع باشند تا در موقعیت مکانی صحیح خود قرار بگیرند، چراکه برای به اشتراک گذاری داده های مکانی و نمایش آن ها در یک بستر مشترک، از ضروریات است. دقت زمین مرجع کردن ساختمان های سه بعدی، بستگی به ضوابط و نیازهای دستگاه متولی این داده ها دارد. باتوجه به اینکه نقشه های پایه شهری در کشور بر مبنای مقیاس ۱:۲۰۰۰ می باشد، لازم است اقدامات زمین مرجع سازی نیز از این دقت تبعیت نماید. در صورتیکه دستگاه مجری متولی/کارفرما، دقت بیشتری را در این مورد قید نماید، ملاک عمل، آن دقت خواهد بود.

گام سوم: تبدیل فرمت و ثبت در ژئوپرتال ملی

در این گام لازم است عوارض سه بعدی به منظور ثبت در ژئوپرتال ملی، تبدیل به فرمت های استاندارد فوق الذکر گردند. لازم است برای تسریع نمایش عوارض مزبور در ژئوپرتال ملی از فرمت استاندارد I3S بهره گرفته شود.

هدف آن است که فرمت نهایی محصولات سه بعدی در قالب استانداردهای IndoorGML، CityGML و I3S

که از استانداردهای OGC می باشد، در ژئوپرتال ثبت گردند.

ثبت داده های استاندارد مزبور متولیان داده سراسر کشور در ژئوپرتال ملی در بخش ... این سامانه قابل انجام است.