سیستم‌های اطلاعات مکانی سه‌بعدی با محتویات کاربرتولید

سمیه عباسی*[۱]، محمدرضا ملک[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
somaye.abbasi25@gmail.com

[۲] استادیار گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
mrmalek@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت آذر ۱۳۹۲، تاریخ تصویب بهمن ۱۳۹۲)

چکیده

در سالهای اخیر اصطلاحاتی از جمله محیط اطلاعات با محتوای کاربرتولید[۱]، جمع‌سپاری[۲] و اطلاعات مکانی مردم‌گستر[۳]، پدیده جدیدی را در تولید مشارکتی داده‌های مکانی تعریف کرده و نوع جدیدی از منبع داده‌های مکانی به وجود آورده است. ویژگی اصلی اینگونه منابع، وجود کاربران گسترده‌ای است که تعدادشان به طور مداوم در حال افزایش بوده و داده‌های مکانی را به صورت داوطلبانه یا مشارکتی جمع‌آوری می‌کنند. در ابتدا این محیط‌های اطلاعاتی مشارکتی، فقط داده‌های مکانی دوبعدی را در برداشت، ولی امروزه به تدریج امکان جمع‌آوری داده‌های سه‌بعدی توسط کاربران بیشتر شده است. اضافه کردن اطلاعات سه‌بعدی به پروژه‌های مشارکتی گامی مهم است، نه تنها به خاطر این حقیقت که ما در یک جهان سه بعدی زندگی می‌کنیم، بلکه همچنین به این علت که اطلاعات سه بعدی بستر توسعه و پدیداری تحلیل‌های مکانی سودمندتری را در کاربردهای مختلف می‌دهد. در این تحقیق ساختار داده‌ها و روش‌های موجود برای تولید مدل‌های تعاملی سه‌بعدی شهری، بر مبنای داده‌های مکانی کاربرتولید بررسی شده است. از آنجاییکه داده‌های کاربرتولید با مشارکت عمومی و از طریق پایگاههای مبتنی بر وب۲ جمع‌آوری می‌شوند، لازم است برای اشتراک این داده‌ها نیز از استانداردهای مبتنی بر وبِ مکانی استفاده شود. برای تبادل داده‌های سه بعدی و افزایش تعامل‌پذیری با کاربر، پیش‌نویس‌ها و استانداردهایی ارائه شده است، در این تحقیق برخی از آنها که به ویژه با سیستم‌های اطلاعات مکانی سه‌بعدی مرتبط هستند، بیان می‌شود. یکی از ویژگی‌های اساسی داده‌های کاربرتولید، رشد سریع و فراگیر بودن کاربران آن است و مسئله دقت و کامل‌بودن این داده‌ها به عنوان یک بحث جانبی مطرح است، از طرفی اظهار نظر کلی درباره دقت و کامل بودن داده‌های مشارکتی، دشوار است. در این تحقیق دقت و کفایت داده‌های کاربرتولید به عنوان جایگزین داده‌های حرفه‌ای نیز مورد بحث قرار گرفته است.

واژگان کلیدی : اطلاعات مکانی کاربرتولید، اطلاعات مکانی مردم‌گستر، مدلهای سه‌بعدی شهری، بصری‌سازی سه‌بعدی، وب‌سرویس سه‌بعدی

---

* نویسنده رابط

۱ User Generated Geographic Content (UGGC)
۲ Crowdsourcing
۳ Volunteered Geographic Information (VGI)

۱- مقدمه

شمار زیادی از کاربرانِ داده‌های مکانی، افراد غیرکارشناس و عموم مردم هستند، بنابراین مسئله‌ی کارآمدبودن نقشه برای این کاربران، سبب شده تا تولید نقشه‌های متنوع و متفاوت برای شرایط و افراد مختلف مورد توجه قرار گیرد. امروزه سرویس‌هایی مثل گوگل و بینگ‌مپ[۱] امکان استفاده از نقشه‌های برخط[۲] را فراهم کرده‌اند. سرویس‌های نامبرده‌ی قبلی بر مبنای داده‌های جمع‌آوری شده توسط تولیدکننده‌های تجاری از قبیل تله اطلس[۳] یا ناوتک[۴] هستند. از طرفی در طی سال‌های اخیر، پیشرفت ابزارهای سنجش، شبکه و وب۲[۵] سبب به وجود آمدن نوع جدیدی از منبع داده‌های مکانی شده است. اصطلاحاتی مثل جمع‌سپاری، اطلاعات مکانی کاربرتولید و اطلاعات مکانی مردم‌گستر پدیده‌ی کاملاً جدیدی را در تولید مشارکتی داده‌های مکانی تعریف می‌کنند. ویژگی اصلی اینگونه منابع، داشتن کاربران گسترده‌ای است که تعدادشان به طور مداوم در حال افزایش بوده و هر نوع داده مکانی را در یک حالت داوطلبانه و مشارکتی جمع‌آوری می‌کنند. انگیزه اصلی از این کار تهیه یک سرویس نقشه‌ی برخط[۶] مشابه نقشه‌های تجاری است، با این تفاوت که داده‌ها کاملاً مبتنی بر داده‌های مشارکتی و رایگان باشد[۲و۱]. در چنین محیطهای اطلاعاتی، کاربران مختلف با سطح مهارت‌های متفاوت، داده‌های مکانی را تهیه می‌نمایند. برای این منظور، ابزارهای سیستم تعیین موقعیت جهانی[۷] در تلفن‌های همراه شخصی یا ترسیم عوارض روی تصاویر هوایی عمومی مثل تصاویر هوایی بینگ مپ، به کار می‌رود. کاربران با رقمی سازی اورتوفوتوها و داده‌های ماهواره‌ای، اطلاعات دو بعدی هندسی را فراهم کرده و از دانش شخصی خود به منظور افزودن اطلاعات توصیفی استفاده می‌کنند. سپس این داده‌ها در یک پایگاه مبتنی بر وب ۲ بارگذاری[۸] و با سایر کابران اشتراک گذاشته می‌شود تا داده‌های موجود را اصلاح کنند، اطلاعات بیشتری به آن بیفزاید و یا فقط از داده‌های موجود استفاده کنند. فرایند جمع‌آوری جزئیات در صورت استفاده از ترسیمات پایه نقشه‌برداری بسیار پرهزینه و زمان‌بر است. داده‌های کابرتولید، کمک زیادی در حفظ هزینه و زمان می‌کند[۳و۲و۱].

در این تحقیق تولید مدل‌های تعاملی سه‌بعدی شهری را بر مبنای داده‌های مکانی رایگان بررسی می‌کنیم. در ابتدا پایگاه‌های مشارکتی، فقط داده‌های مکانی دوبعدی را در برداشت اما از سال ۲۰۰۸ امکان جمع‌آوری اطلاعات ارتفاعی توسط کاربران بیشترشد و با جمع‌آوری داده‌هایی از جمله ارتفاع ساختمان‌ها، پایگاه‌های مشارکتی از نقشه‌های دوبعدی و عکسی به منبع داده‌های سه‌بعدی تبدیل شدند.

به کارگیری بعد سوم سبب افزایش بازده در برنامه‌ریزی شهری و سریع‌تر شدن تصمیم‌گیری‌ها می‌شود. تحلیل‌های علمی نیز با داده‌های سه بعدی به نتایج دقیق‌تری می‌رسند و در زمینه‌هایی از قبیل مدیریت بحران، شبیه‌سازی محیط زیست، ارتباطات شبکه مخابرات بی‌سیم، کاداستر سه بعدی، گردشگری و ناوبری کاربردهای مفیدی دارد.

اکنون که با این مقدمه منظور از سیستم‌های اطلاعات مکانی کاربرتولید و نیز اهمیت اطلاعات مکانی سه‌بعدی مشخص شد، در بخش ۲ برخی از نمونه‌های پایگاه‌های مشارکتی موجود را مرور می‌کنیم. سپس در بخش ۳، ساختار داده‌ها و روش‌های مورد استفاده و برخی مزایا و معایب آنها را بررسی خواهیم کرد. در بخش ۴، برخی پیش‌نویس‌ها و استانداردهای باز، برای افزایش تعامل‌پذیری و تبادل داده‌های سه بعدی در وب بیان می‌شود. مسئله دقت و کامل بودن داده‌های مشارکتی به عنوان یک بحث جانبی در بخش ۵ بحث می‌شود. در انتهای این تحقیق جمع‌بندی و پیشنهادات ارائه خواهد شد.

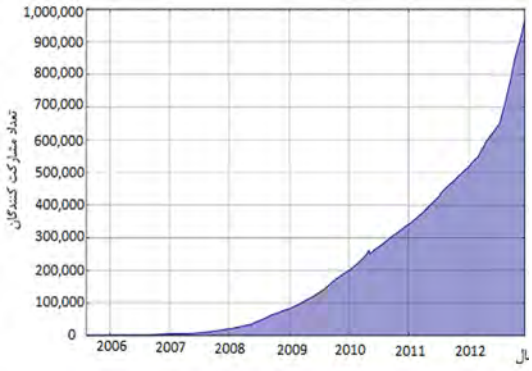
۲- مروری بر نمونه‌های موجود

عملی‌ترین سیستم اطلاعات مکانی سه‌بعدی با محتوای مشارکتی که در حال حاضر موجود است، داده‌های رایگان یک پایگاه اطلاعات مکانی دو بعدی کاربرتولید را به عنوان پایه‌ی ساخت یک سیستم اطلاعات مکانی سه‌بعدی به کاربرده است[۳و۱]. بنابراین نخست به معرفی تعدادی از پایگاه‌های دوبعدی می‌پردازیم. برخی

---

۱ BING maps
۲ Online
۳ Teleatlas
۴ Navteq
۵ Web2
۶ Online
۷ Global Positioning System (GPS)
۸ Upload

پایگاه‌های اطلاعات مکانی دوبعدی کاربر تولید Wikimapia، OSM، Google MapMaker و همچنین پایگاه Flickr برای افزودن تصاویرِ زمین مرجع، هستند[۲]. از این میان در تحقیقات انجام شده پروژه‌ی OSM به عنوان مشهورترین و کامل‌ترین پایگاه کاربرتولید مطرح شده است. توسعه پروژه OSM از سال ۲۰۰۴ شروع شد. کیفیت داده‌های این پایگاه تقریباً سه برابر در مقایسه با داده‌های سال قبلش بهتر می‌شود[۳و۱]. روند رو به رشد مشارکت‌کنندگان پروژه OSM از سال ۲۰۰۴ تا کنون در شکل ۱ نشان داده شده است. در حال حاضر این پروژه حدود یک میلیون نفر مشارکت‌کننده‌ی ثبت نام شده دارد.



شکل ۱- روند رو به رشد مشارکت‌کنندگان پروژه OSM [۴]

نمونه‌ای از سیستم‌های کاربرتولید برای فضای داخلی ساختمان‌ها، پروژه‌های indoorOSM و indoor google map هستند. در این پایگاه‌های مشارکتی، کاربران پلان دوبعدی هر طبقه از ساختمان را تکمیل می‌کنند، ولی این پایگاه‌ها نمایش سه‌بعدی از فضای داخلی ساختمان‌ها ارائه نمی‌دهد. نمونه‌ی کوچکی از توسعه‌ی مسیریابی سه‌بعدی در فضای داخلی وجود دارد که بر مبنای داده‌های کاربر تولید پروژه‌ی indoorOSM برای مدل سه‌بعدی یک ساختمان ارائه شده است[۵].

پروژه F4 map[۱] با استفاده از داده‌های کاربرتولید دوبعدی OSM، نقشه‌ای با عوارض سه‌بعدی ارائه داده است. این پروژه در سطوح بزرگنمایی کوچک، نمایشی ازیک نقشه جهانی دوبعدی را ارائه می‌دهد، سپس در سطوح بزگنمایی بالاتر، ساختمان‌ها به صورت سه‌بعدی نمایش داده می‌شود و امکان دوران حول سه محور وجود دارد، همچنین درختان با مدل‌های سه‌بعدی نمایش داده شده‌اند و روش‌های متحرک‌سازی تصاویر در نمایش مسیرهای آبی به همراه کشتی‌ها به کار رفته است که سبب واقعی‌تر شدن این مدلسازی شده است. اما مدل ارتفاعی رقمی زمین در این پروژه به صورت سه‌بعدی نمایش داده نشده است. همچنین کارتوگرافی خاصی برای نمایش مدل‌های سه‌بعدی ساختمان‌ها به کار نرفته است.

از این میان پروژه OSM-3D[۲] مشهورترین و کامل‌ترین پروژه‌ی سیستم‌های اطلاعات مکانی سه‌بعدی با محتوای کاربر تولید بوده که یک کره‌ی مجازی برای نمایش داده‌های مشارکتی و داوطلبانه‌ی OSM در قالب مدل‌های سه‌بعدی فراهم کرده است. عوارض سه‌بعدی در پایگاه OSM-3D مستقیماً توسط کاربران ویرایش نمی‌شود، بلکه ابتدا داده‌ها به صورت دو بعدی در پایگاه OSM ویرایش شده و اطلاعات ارتفاعی در قالب اقلام توصیفی افزوده می شود. سپس با استفاده از این داده ها، مدلهای مجازی شهری ساخته شده و در پایگاه OSM-3D نمایش داده می شود. نمایی از این پایگاه در شکل ۲ نشان داده شده است. این پروژه در کوچکترین سطح جزئیات یک کره مجازی ارائه می‌دهد. همچنین امکان انتخاب لایه‌های مورد نظر توسط کاربر وجود دارد. در سطوح جزئیات بیشتر، این پروژه چشم‌اندازهای سه‌بعدی شهری را در قالب مدلهای وی.آر.ام.ال[۳] نمایش می‌دهد. از قابلیت‌های این پروژه این است که کاربر امکان ناوبری آزادانه در تمام مجموعه داده‌ها[۴] و دستیابی به سرویسهایی از قبیل مسیریابی را دارد[۶]. در شکل ۳ مدل‌های سه‌بعدی ساختمان‌ها و همچنین مدل سه‌بعدی سطح زمین به همراه سایر عوارض و شبکه خیابان‌ها در پایگاه OSM-3D نشان‌داده شده است.

۳- ساختار داده‌ها و مبانی روش‌ها

در سال‌های اخیر گروه‌های کاربران مختلف با اهداف متنوع، برای جمع‌آوری داده‌های مشارکتی پدیدار شده‌اند. کاربران قادرند از طریق افزودن نقاط زمین‌مرجع[۵] به پایگاه داده، داده‌هایشان را در اختیار سایر کاربران قرار

۱ www.map.f4-group.com

۲ www.osm-3d.org

۳ Virtual Reality Modeling Language (VRML)

۴ dataset

۵ Georefrence

دهند. در تحقیقات انجام شده ساختار داده و روش‌ها به وضوح توضیح داده نشده بود. در نتیجه آنچه در این بخش ارائه می‌شود مربوط به ساختار داده‌های مهم‌ترین پایگاه کاربرتولید یعنی OSM است.

شکل ۲- نمایی از پروژه‌ی OSM-3D [۷]

شکل ۳- مدلهای سه بعدی ساختمانها و مدل سه بعدی سطح زمین در پروژه OSM-3D [۱]

۳-۱- داده‌های مورد نیاز برای ایجاد یک مدل سه‌بعدی کاربرتولید

علاوه بر داده‌های دوبعدی، اطلاعات ارتفاعی نیز برای تولید مدل‌های مجازی سه بعدی لازم است. در سیستم‌های کاربرتولید، منبع داده‌های دوبعدی و نیز بعدسوم باید رایگان بوده و یا دارای دامنه عمومی[۱] و مجوز[۲] سازگار با داده‌های مشارکتی باشد[۳]. درحال حاضر مسئله اصلی نحوه جمع‌آوری داده‌های مربوط به بعدسوم است. این داده‌ها شامل داده‌های ارتفاعی ساختمان‌ها و سایر عوارض روی زمین، همچنین مدل رقمی ارتفاعی زمین است. کاربران نمی‌توانند اطلاعات ارتفاعی را از عکس‌های هوایی استخراج کنند. در نتیجه منبع داده‌های بعد سوم متفاوت خواهد بود. باید توجه داشت که برای تهیه مدل رقمی ارتفاعی زمین در محیط-های مردم‌گستر، مدلهای ارتفاعی تجاری[۳] را نمی‌توان با سایر داده‌ها که مشارکتی و رایگان هستند، ترکیب نمود. یکی از روشهای رفع این مشکل، استفاده از داده‌های ارتفاعی با دامنه عمومی مثل داده‌های توپوگرافی ماهواره شاتل[۴] است[۳]. این‌ماهواره مدل رقمی ارتفاعی سطح زمین به نام دی.اس.ام[۵] را در اختیار می‌گذارد. همان طور که می‌دانید اختلاف بین دی.اس.ام و دی.تی.ام[۶] این است که درختان، پوشش گیاهی، ساختمان‌ها و به طور کلی عوارض روی سطح زمین در دی.اس.ام از سطح واقعی زمین جدا نشده‌اند. به طوریکه در دی.اس.ام ارتفاع مناطق شهری و نواحی جنگلی بیشتر از ارتفاع واقعی سطح زمین است.

همچنین برای ساخت مدل‌های سه بعدی ساختمانی پلیگون دوبعدی ساختمان‌ها، که از رقمی‌سازی تصاویر هوایی حاصل شده اند، کافی نیست، و اطلاعات اضافی نیز لازم است. در حال حاضر اطلاعات سه بعدی مستقیماً توسط کاربران ترسیم نمی‌شود، اما اطلاعات ارتفاعی عوارض و ساختمان‌ها به صورت ضمنی روی عارضه متناظر دوبعدی، در قالب اطلاعات توصیفی، اضافه می-شوند. افزودن این اطلاعات ارتفاعی با اندازه‌گیری‌های ارتفاعی جی.پی.اس، ارتفاع تقریبی ساختمانها و یا تعداد طبقات صورت می‌گیرد. در نتیجه برخی پایگاههای کاربر تولید، اگر چه بصری سازی دو بعدی دارند، اما دارای اطلاعات ارتفاعی بسیاری هستند که در قالب اطلاعات توصیفی به عوارض دوبعدی ضمیمه شده‌اند.

۳-۲- ساختار داده در پایگاه‌های کاربرتولید

در تحقیقات، پایگاه کاربرتولید OSM به عنوان مهم‌ترین پروژه مشارکتی مطرح شده است. درون پایگاه داده OSM هر نقطه[۷]، یک موقعیت جغرافیایی مجزا، با

۱ Public domain
۲ license
۳ Proprietary DEM
۴ shuttle radar topography mission (SRTM)
۵ Digital Surface Model (DSM)
۶ Digital Terrain Surface (DTM)
۷ Node

مقادیر طول و عرض مشخص توصیف شده است. این نقاط می‌توانند به روشهایی ترکیب شوند و یک مسیر[۱] بسته یا یک مسیر باز را مدلسازی کنند. همچنین با تعریف مفهوم رابطه[۲]، قابلیت مدلسازی عوارضی با ویژگی‌های پیچیده‌ی هندسی مثل پلیگونهای حفره‌دار نیز وجود دارد[۸و۱]. یک رابطه، مجموعه‌ای از مسیرها، نقاط یا رابطه‌هاست، که به آنها اعضای یک رابطه گویند، و با هم به یک ناحیه خاص تعلق دارند. رابطه‌ها می‌توانند به صورت خاص برای مدلسازی هندسه‌ی پلیگونهای پیچیده به کار روند، به طوریکه یک المان خارجی دارای چندین المان داخلی باشد. پلیگونهای ساده‌ی ساختمانی با هندسه‌ی یک منحنی ساده‌ی بسته مدل می‌شود، که به آن یک مسیر بسته می‌گویند. این مسیر باید حداقل دارای ۴ نقطه باشد به طوریکه نقطه اول و آخر بر هم منطبق بوده و هیچ حفره‌ای هم نداشته باشد. برای ترسیم پلیگونهای پیچیده، کاربران باید از رابطه استفاده کنند. یک رابطه شامل یک یا چند عضو خارجی است، که توصیف‌گر فرم خارجی پلیگون هستند و همچنین شامل تعداد دلخواهی عضو داخلی است، که توصیف‌گر حفره‌های موجود در پلیگون ساختمان هستند. برای افزودن اطلاعات مفهومی مختلف به داده‌های هندسی، روش کلیدهای باز[۳] را به کار برده‌اند. این روش خیلی انعطاف‌پذیر است، زیرا هیچ محدودیتی برای کلیدها و مقادیر متناظرشان، وجود ندارد. در حقیقت کلیدهای پیشنهادی برای عوارض مختلف وجود دارد، اما کاربر قادر است کلیدها و مقادیر را هر طور که مایل است، نیز اضافه کند[۸و۱]. اطلاعات ارتفاعی در قالب همین اطلاعات توصیفی، به روش کلیدهای باز به عوارض دوبعدی ضمیمه می‌شوند.

۳-۳-تولید مدل‌های سه‌بعدی شهری از مدل‌های دوبعدی

مدل‌های سه بعدی شهریِ کامل، دارای یک مدل رقمی ارتفاعی از زمین بوده و نیز اطلاعات ارتفاعی تمام عوارض و ساختمانها را دارا می‌باشند. اما برخی از سیستمهای سه بعدی فقط مدل ارتفاعی رقمی زمین را به کار می‌برند که به آنها ۲٫۵بعدی گفته می‌شود. در مطالعات انجام شده، به منظور افزودن عوارضی از جمله ساختمان‌ها روی این مدل ۲٫۵ بعدی، سه روش کلی در تحقیقات وجود دارد[۹و۳]. در ادامه به توضیح این روش‌ها می‌پردازیم و برخی مزایا و معایب هر کدام را بیان می‌کنیم.

۳-۳-۱- تصویراندایی[۴]

در این روش با ترکیب لایه‌های رستری و برداری یک عکس واحد حاصل می‌شود، سپس مدل رقمی ارتفاعی زمین، با این عکس پوشش داده می‌شود. در دیدگاه ایستایک که توسط هیبرلینگ[۵] ارائه شده است، پس از اینکه لایه‌های مختلف با هم ترکیب شدند یک ساختار[۶] واحد را تشکیل می‌دهد که روی زمین تصویر می‌شود. روش‌های تسریع سخت‌افزاری از جمله ساخت هرم تصویر نیز برای بهینه‌سازی سرعت نمایش و کاهش حجم حافظه مورد نیاز به کار می‌رود. یک روش دینامیک نیز توسط کرستینگ[۷] و دالر[۸] در ۲۰۰۲ ارائه شده است. آنها مفهوم هرم تصویر را گسترش داده‌اند و هرم تصویر بر اساس تقاضا را معرفی کرده‌اند. در نتیجه هرم تصویر در مرحله‌ی پیش‌پردازشی آماده نمی‌شود، بلکه بر حسب نیاز منتقل[۹] می‌شود[۹]. این روش با مرورگرهای استاندارد وب پشتیبانی نمی‌شود، زیرا با استانداردهای کنونی اُ.جی.سی سازگار نیست[۹]. به طور کلی فایده‌ی روش تصویراندایی این است که محاسبات مثلث بندی مدل رقمی زمین، فقط یک بار انجام می‌شود[۳]. اما حجم زیادی از حافظه‌ی سیستم برای تبادل فایلهای رستری حجیم به کار گرفته می‌شود، که از معایب این روش است. همچنین شکستگی و ناپیوستگی‌های تصویری در نمای نزدیک اتفاق می‌افتد.

۱ Way
۲ Relation
۳ Open key value

۴ Texture wrapping
۵ Haeberling
۶ Texture
۷ Kresting
۸ Doller
۹ Render

شکل ۵-جانهادن مدلهای سه‌بعدی ساختمانی کامل در OSM-3D. در شکل سمت راست یک مدل ساختمانی کامل به صورت دستی در جای خود قرار گرفته و با مدلهای پارامتریک در یک نمایش یکپارچه شده است.[۱۱]

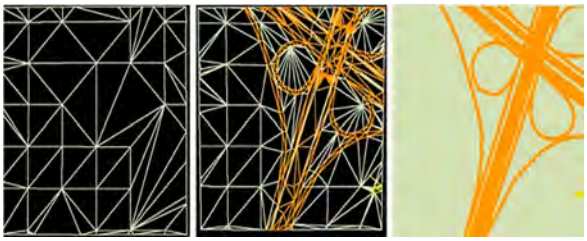
۳-۳-۲- برهم نهی برداری[۱]

روشهایی برای برهم‌نهی داده‌های برداری روی مدل رقمی زمین، به عنوان یک لایه مجزا معرفی شده است[۹]. این روشها در مقایسه با تصویرانداییی، بهبود یافته است، زیرا نیازمندی‌های سخت‌افزاری سمت کاربر را کم می‌کند و در نمای نزدیک ناپیوستگی تصویر را کاهش می‌دهد. در روش برهم‌نهی برداری، نواحی مختلف زمین در لایه‌های مجزا قرار می‌گیرند. برای هر لایه هندسه مجزا تعریف می‌شود و هر لایه به صورت مجزا مثلث‌بندی می‌شود. سپس بسته به هندسه‌ی هر لایه می‌توان ویژگی‌های کارتوگرافی متفاوتی برای هر لایه در نظر گرفت. در نهایت این لایه‌های برداری برهم‌نهی می‌شوند. از معایب این روش، افزایش پردازش‌های مورد نیاز به ویژه برای پلیگون‌های بزرگ است[۹و۳]. زیرا یک مجموعه مثلث‌بندی برای مدل رقمی زمین و یک مجموعه مثلث‌بندی دیگر نیز برای عوارض پلیگونی روی زمین تهیه می‌شود.

۳-۳- ۳- مدل رقمی یکپارچه‌ی زمین[۲]

به منظور خودداری از مشکلات روشهای قبلی، مدل رقمی یکپارچه‌ی زمین پیشنهاد شده است[۳].

یکی از اهداف اصلی این روش کاهش حجم فایلهای نقشه‌های سه بعدی تا حد ممکن بوده است، زیرا لازم است امکان فرستادن این فایلها به کاربر از طریق شبکه‌ای با پهنای باند کم، وجود داشته باشد. نکته‌ی اصلی در این روش این است که ابتدا با استفاده از روش برهم‌نهی برداری، مختصات پلیگونهای دوبعدی استخراج شده و به عنوان نقاط جدید در مثلث بندی به حساب آورده می‌شود. اضلاع مثلث بندی روی مرزهای این پلیگون‌ها قرار می‌گیرند، این به عنوان یک قید وارد مسئله می‌شود تا از خراب شدن شکل ناحیه به علت عملیات یکپارچه‌سازی با مدل زمین جلوگیری نماید. از ویژگی‌های مفید این روش، این است که توصیفات عوارض اولیه نیز به مثلث‌های جدیدی که از پلیگون‌ها حاصل شده است، وارد می‌شود. در نتیجه اگرچه عوارض با مدل رقمی زمین یکپارچه شده‌اند، اما می‌توان آنها را با تکیه بر توصیفاتشان بصری‌سازی نمود[۱۰و۹]. شکل ۴ دیدگاه مورد استفاده در این مدلسازی را نمایش می‌دهد.



شکل۴- روش مدل رقمی یکپارچه ی زمین [۳]

با بررسی عملکرد روش‌های تصویرانداییی و یکپارچه‌سازی، مشخص شده است که خروجی نهایی این دو روش در مقیاس‌های کوچک به لحاظ حجم فایل تولید شده تفاوت چندانی ندارند، اما بصری سازی مدل رقمی یکپارچه زمین در نمای نزدیک بهتر است و مشکل شکستگی و ناپیوستگی که در روش تصویرانداییی رستری وجود داشت، مرتفع می‌شود. همچنین حجم فایل برداری،

---

۱ Vector overlay

۲ Integrated DEM

برای سطوح بزرگنمایی بالاتر، کمتر بوده و در عین حال قدرت تفکیک بالاتری نسبت به روش تصویراندائی را ارائه می‌دهد. از آنجاییکه بصری‌سازی مدل‌های شهری معمولاً با قدرت تفکیک بالا و بزرگ مقیاس انجام می‌شود، مدل یکپارچه روش مناسب‌تری خواهد بود. همچنین مزیت این یکپارچه سازی در مقایسه با برهم نهی برداری این است که مثلث‌بندی جداگانه برای پلیگونهای دوبعدی و سطح زمین اتفاق نمی‌افتد. این امر موجب کاهش حجم حافظه مورد نیاز به نصف می‌شود. اما بر خلاف تصویراندایی یا برهم‌نهی برداری، در روش مدل رقمی یکپارچه، باید پس از هر بار تغییر در پایگاه داده‌های دو بعدی، مثلث بندی مجدداً پردازش و به روز شود [۹]. این روش می‌تواند کیفیت بصری‌سازی را افزایش دهد، ولی نیازمند عملیات پیش پردازشیِ زمان‌بری است.

۳-۴- پردازش ساختمان‌ها

در مناطق شهری، توجه کاربران از ترسیم شبکه راهها به سمت ترسیم ساختمانها و سایر عوارض شهری از جمله پارکها و مبلمان شهری رفته است، گرچه این حرکتِ جدید شدیداً به داده‌های دوبعدی محدود بوده است[۱۱]. پلیگونهای دوبعدی ساختمانها که اصطلاحاً به آن ردپای ساختمان گفته می‌شود، از رقمی‌سازی تصاویر هوایی در دسترس است. بدیهی است که برای ساخت مدلهای سه بعدی ساختمانی ردپای ساختمان‌ها کافی نیست و اطلاعات اضافی نیز لازم است. پلیگون‌های موجود را می‌توان با اطلاعات هندسی و مفهومی غنی کرد. یکی از مهم‌ترین توصیفات یک ساختمان ارتفاع آن است، بدین ترتیب به سادگی، با بیرون کشیدن[۱] پلیگون یک ساختمان به اندازه ارتفاعش، می‌توان مدل سه بعدی ساده‌ای از ساختمان تهیه کرد[۱]. در حال حاضر اطلاعاتی ازجمله شکل بام، ارتفاع شیروانی و جهت سقف، به صورت آزمایشی به عنوان قلم توصیفی توسط کاربران در پایگاه داده‌های مکانی نظیر OSM اضافه می‌شود. برای این منظور از روش کلیدهای باز استفاده می‌شود.

۱ Extrude

۳-۵- مدل‌های باز ساختمانی

اگرچه تهیه مدل‌های سه‌بعدی ساختمان‌ها به صورت کاربرتولید، در مراحل اولیه قرار دارد، ولی اساساً مدلسازی سه‌بعدی ساختمانها مسئله‌ی جدیدی نیست. از مثالهای این کار Google's 3D Warehouse است. این پروژه یک مخزن[۲] به اشتراک می‌گذارد که در بردارنده‌ی مدلهای سه‌بعدی کاربر تولید، از عوارض زمین‌مرجع موجود در جهان واقعی، مثل کلیساها، استادیوم‌ها و ساختمان‌های معروف، با جزئیات زیاد است. به منظور مشارکت داوطلبانه در این پروژه، کاربران باید مهارت مشخصی در زمینه‌ی مدلسازی سه‌بعدی داشته باشند. این پروژه در اصل توجهی به نحوه‌ی ترکیب کردن[۳] این مدلهای سه‌بعدی نداشته است و الزامی به زمین مرجع بودن مدل‌های سه‌بعدی ندارد. گوگل همچنین Building Maker را توسعه داده است که ابزاری برای مدلسازی ساختمان‌هاست. این ابزار اطلاعات سه‌بعدی ساختمان‌ها را از تصاویر هوایی به دست می‌آورد. برای این کار تصاویرِ مایلِ یک عارضه از نماهای مختلف لازم است. بر خلاف 3D Warehouse، این ابزار ویژه‌ی مدلسازی سه‌بعدی ساختمانهای زمین‌مرجع ایجاد شده است. این ابزار می‌تواند جایگزینی برای نرم‌افزارهای تخصصی مدلسازی باشد، مخصوصاً افرادی که دانش کافی برای مدلسازی سه‌بعدی ندارند، اما مایل به مشارکت در پروژه‌های مدلسازی سه‌بعدی ساختمان‌ها هستند، می‌توانند از این ابزار استفاده کنند. گرچه هر دو روش ذکر شده مبتنی بر داده‌های مشارکتی هستند، اما از آنجایی‌که گوگول در پشت این فرایند قرار دارد و قوانین مشارکت را تعریف می‌کند و ادعای مالکیت دارد، این روش‌ها از مفهوم منبع باز[۴] و داده‌ی باز[۵] فاصله دارند. مخازن سه‌بعدی دیگری نیز وجود دارند که استفاده از آنها رایگان است. از جمله پروژه‌های OpenSceneryX و Archive3D و Shapeways هستند. اغلب محتوای این پروژه‌ها فاقد اتصال به جهان واقعی هستند، اما می‌توان از آنها برای بهبود بصری‌سازی مدلهای مجازی سه‌بعدی بهره برد.

۲ Repository
۳ Assemble
۴ Open source
۵ Open data

پیشرفته‌ترین کار در زمینه‌ی ساخت مدل‌های سه بعدی شهری از داده‌های کاربرتولید همان پروژه‌ی OSM-3D بوده است[۱۱]. در این پروژه اطلاعات سه‌بعدی در قالب توصیفات توسط کاربران افزوده می‌شود، و از توصیفاتی نظیر ارتفاع ساختمان و توجیه جهت سقف‌های شیروانی برای مدلسازی سه‌بعدی ساختمان‌ها استفاده می‌شود. پس اساساً دو دیدگاه برای مدلسازی سه‌بعدی ساختمان‌ها وجود دارد. از یک طرف مدل‌های سه‌بعدی پارامتریک برای ساختمان‌ها هستند. این مدلها بر اساس پلیگون‌های دوبعدی حاصل از رقمی‌سازی تصاویر ماهواره‌ای به دست آمده‌اند و با توصیفاتی که کاربران به این پلیگون‌ها ضمیمه کرده‌اند، سه‌بعدی شده‌اند. از طرف دیگر مدل‌های سه‌بعدی کاملی از ساختمان‌ها وجود دارند که کاربران به صورت داوطلبانه آنها را با نرم‌افزارهای مدلسازی ساخته‌اند و لازم است در موقعیت درست خود در نقشه‌های سه بعدی قرار گیرند. برای این منظور لازم است این مدلها زمین‌مرجع شوند و مقیاس درستی برای آنها تعریف شود. در پروژه OSM-3D نمایش دهنده‌ی سه‌بعدی XNavigator قابلیت یکپارچه‌سازی مدلهای سه‌بعدی پارامتریک ساختمانها با مدلهای سه‌بعدی کامل ساختمانی وجود دارد.

ولی این کار نیازمند گامهای دشواری است که باید دستی انجام شود. نمونه‌ای از جانهادن مدل‌های سه‌بعدی ساختمانی کامل در شکل ۵ نشان داده شده است. مشکل دیگر فقدان رابطه[۱] بین این مدل‌های سه‌بعدی کامل و پایگاه داده‌های OSM است. ساختمان‌های پیچیده را نمی‌توان تنها با توصیفات مدلسازی کرد. لازم است یک مخزن برای مدل‌های باز ساختمانی طراحی شود که با پایگاه داده‌ی کاربرتولید OSM ارتباط داشته باشد. بدین ترتیب افرادی که در زمینه‌ی مدلسازی سه‌بعدی مهارت دارند، برای تکمیل مدل‌های سه‌بعدی شهری مشارکت می‌کنند. در نتیجه مدل‌های سه‌بعدی ساختمان‌ها به صورت کامل توسط داوطلبان ساخته شده و در موقعیت مکانی درست قرار می‌گیرند. پروژه Open Building Models به صورت آزمایشی گامی در این جهت برداشته است[۱۱].

۱ Link

۴- استانداردهای مرتبط

ارزش داده‌های مکانی در ذات خود داده‌ها نیست، بلکه این ارزش توسط سرویس‌هایی حاصل می‌شود که داده‌ها را انتخاب می‌کنند و متناسب تقاضای کاربر نمایش می‌دهند[۳]. بنابراین به منظور ایجاد سازگاری و تعامل پذیری میان این سرویس‌ها استانداردهایی ایجاد شده‌اند. هدف اصلی یافتن بهترین روش‌ها برای تبادل داده‌های سه بعدی، آماده‌سازی داده‌ها، زنجیره سازی سرویس‌ها و افزایش تعامل پذیری با کاربر است[۱۲]. این استانداردها در دو دسته‌ی کلی قرار دارند. دسته‌ای از استانداردها به تعریف فرمت‌های مشخص برای ذخیره‌سازی و تبادل داده‌ها مربوط می‌شوند که به آنها استاندارد رمزگذاری[۲] می‌گویند. دسته دوم استانداردهایی هستند که برای ایجاد وب سرویسهای تعاملی باید از آنها استفاده کرد. این دسته به استانداردهای واسط[۳] معروفند، به این معنا که توسعه دهنده‌ی یک وب سرویس به واسطه‌ی توابع مشخصی، سرویس موردنظرش را می‌نویسد. در ادامه به توضیح برخی از این استانداردها می‌پردازیم که به خصوص در سیستم‌های اطلاعات مکانی سه بعدی اهمیت دارند.

۴-۱- استاندارد وب‌سرویس سه‌بعدی[۴]

درسال‌های اخیر تلاش‌های بسیاری برای استانداردسازی سیستم‌های اطلاعات مکانی سه‌بعدی و مناسب نمودن آن برای محیط تعاملی وب انجام شده است. ائتلاف اطلاعات مکانی باز، اُ.جی.سی[۵] نقش مهمی در فرایند استانداردسازی ایفا نموده و مجموعه‌ای از استانداردها را برای وب‌سرویس‌های مکانی ارائه داده است [۱۳و۹و۳]. ابتدا استانداردی برای نمایش صحنه‌های سه بعدی مدل رقمی زمین، پذیرفته شد که وب‌سرویسِ زمین[۶] نام دارد[۱۴]. این سرویس که در نسخه‌های بعدی به عنوان وب سرویس نمای پرسپکتیو[۷] ارائه شد، مبتنی بر عکس است، در نتیجه به خوبی قادر به پشتیبانی از

۲ Encoding standards
۳ Interface standards
۴ Web 3D Service (W3DS)
۵ Open Geospatial Consortium (OGC)
۶ Web Terrain Service(WTS)
۷ Web Perspective View Service(WPVS)

کاربردهای تعاملی نخواهد بود. پایه و اساس سیستم‌های اطلاعات مکانی سه بعدی تعاملی، در سال ۲۰۰۵ با ارائه پیش‌نویسی برای استانداردسازی وب سرویسِ سه بعدی گذاشته شد. وب سرویسِ سه بعدی برای نمایش تعامل‌پذیر و تبادل اجزای نقشه سه بعدی استفاده می‌شود[۹]. وب‌سرویسی که بر مبنای این استاندارد توسعه داده شود، باید از فرمت وی.آر.ام.ال[۱] پشتیبانی کند. زیرا مرورگرهای متداول، نمایش صحنه‌های سه‌بعدی با فرمت وی.آر.ام.ال را پشتیبانی می‌کنند[۱۵]. در این حالت کاربر قادر به مشاهده و حرکت در صحنه‌های سه‌بعدی تعاملی است[۱۵و۹].

۴-۲- استاندارد سیتی. جی. اِم. ال[۲]

در سال‌های اخیر اکثر مدل‌های سه بعدی شهری مدل‌های کاملاً هندسی بوده که از جنبه‌های توپولوژیکی و مفهومی صرف نظر کرده‌اند. در نتیجه این مدل‌ها فقط می‌توانند برای اهداف نمایشی استفاده شوند، اما برای پرسش و پاسخ‌های موضوعی، کارهای تحلیلی و داده‌کاوی فضایی مناسب نیستند. به علت همین محدودیت‌ها یک دیدگاه کلی‌تر برای پاسخگویی به اطلاعات مورد نیاز در زمینه‌ی کاربردهای متنوع بوجود آمد. سیتی.جی.اِم.ال یک مدل اطلاعات هوشمند برای نمایش، ذخیره‌سازی و تبادل مدل‌های مجازی سه‌بعدی شهری است[۱۶و۳]. این استاندارد که در سال ۲۰۰۶ به اُ.جی.سی پیشنهاد شده، یک مدل داده‌ی باز است و یک فرمت متنی مبتنی بر ایکس.ام.ال دارد[۹]. در این استاندارد برای نمایش مدلهای سه بعدی، پنج سطح جزئیات[۳] از ۰ تا ۴ ارائه شده است، همچنین دقت مورد نیاز در سطوح جزئیات مختلف برای مدلهای مجازی شهری تعیین شده است. در شکل ۶ دیدگاه تعریف سطوح جزئیات مختلف نشان داده شده است[۱۶و۳]. هدف از ارائه این استاندارد، حل مشکلات تعامل‌پذیری در تبادل داده‌ها بین سیستم‌های مختلف است[۹].

۴-۳- توسعه‌ی استاندارد توصیف‌گر کارتوگرافی لایه به حالت سه‌بعدی

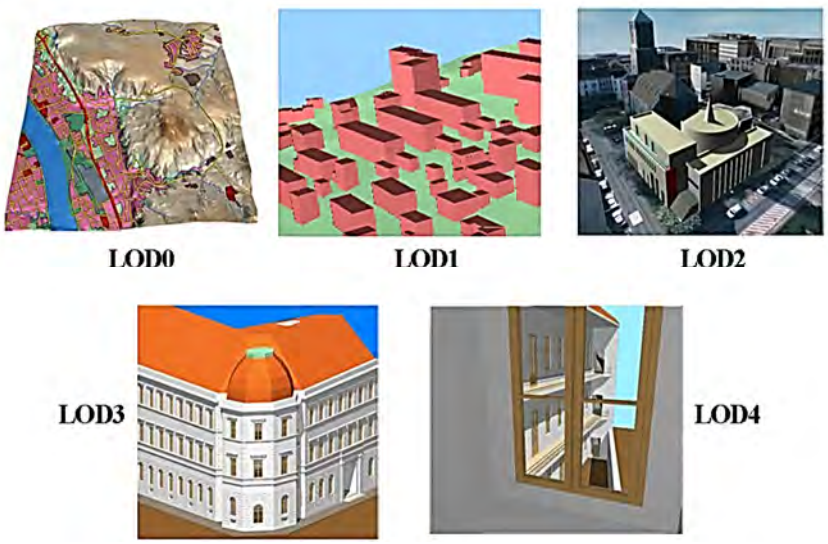
در حال حاضر زیرساخت داده‌های مکانی در سطوح ملی، محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی وجود دارند، بنابراین سازماندهی غیرمتمرکز داده‌های مکانی و استفاده چندمنظوره از سرویس‌های توزیع یافته را ممکن می‌سازند. با استفاده از زبان خاص توصیفگر کارتوگرافی لایه، یعنی اس.ال.دی[۴] می‌توان داده‌های دوبعدی را از منابع مختلف جمع‌آوری کرده و سپس آنها را با ویژگی‌های بصری یکسان نمایش داد. این زبان، استانداردی برای تنظیم کارتوگرافی داده‌های مکانی دوبعدی است[۱۳و۸]. مدل‌های سه بعدی شهری را می‌توان از طریق وب‌سرویس‌های استاندارد سه بعدی به صورت تعاملی روی وب نمایش داد، اما اگر صحنه‌های سه بعدی از سرورهای مختلف جمع‌آوری شود، این وب سرویس‌های استاندارد نمی‌توانند آنها را با ویژگی‌های بصری همگن در سمت کاربر نمایش دهند. به منظور ایجاد این امکان برای داده‌های سه بعدی، پیشنهاد شده است که استاندارد اس.ال.دی از حالت دوبعدی به بعد سوم توسعه داده شود[۱]. به این ترتیب امکان تعریف ویژگی‌های بصری برای صحنه‌های سه‌بعدی مدلهای شهری نیز فراهم می‌شود[۱۳]. این استاندارد بصری-سازی می‌تواند با توابعی از جمله مسیریابی نیز جفت شود. مثلاً تصور کنید شهرهای الف و ب هر کدام دارای وب سرویس سه-بعدی شهر خود باشند و هر کدام شبکه ی راه‌های شهری خود را با رنگ، ضخامت و ویژگی‌های بصری متفاوتی نمایش دهند. اگر یک کاربر بخواهد برای رفتن از الف به ب اطلاعات ناوبری بگیرد، با استفاده از اس.ال.دی سه‌بعدی، مسیر از الف به ب طبق استاندارد-های بصری یکسان برای کاربر نمایش داده می‌شود[۶].

۱ Virtual Reality Modeling Language (VRML)

۲ City Geography Markup Language (City GML)

۳ Level Of Detail (LOD)

۴ Styled Layer Descriptor (SLD)



شکل۶- نمایش سطوح جزئیات تعریف شده در سیتی جی.ام.ال[۱۶]

۵- دقت و کفایت داده‌های کاربرتولید برای تولید مدل‌های سه بعدی شهری

کنترل کیفیت نقشه‌های مشارکتی اساساً کاری متفاوت از نقشه‌های حرفه‌ای است. مقایسه‌ی مجموعه داده‌های تجاری و کاربرتولید ما را قادر می‌سازد تا بررسی کنیم داده‌های مشارکتی برای ساخت مدلهای مجازی شهر با چه دقتی می‌تواند استفاده شود[۳]. دقت داده های کاربرتولید، به علت روش‌های جمع‌آوری داده، خیلی محدود است. پلیگون‌های ساختمان‌ها معمولاً از رقمی‌سازی تصاویر ماهواره‌ای یا عکس‌های هوایی عمومی به دست می‌آید. در این حالت دقت رقمی‌سازی ردپای ساختمانها، وابسته به قدرت تفکیک این تصاویر است. به منظور برآورد دقت ردپای ساختمان‌های ترسیم شده، این داده‌ها با داده‌های سازمان کاداستر که دقتی کمتر از ۰٫۵ متر دارد، مقایسه می‌شود. در استاندارد مدلهای مجازی شهری، برای سطح جزئیات۱، دقت مطلق یک نقطه سه بعدی برای ردپای ساختمانها حداقل ۵ متر لازم دانسته شده‌است. تحقیقات نشان داده است که در حال حاضر این دقت نمی‌تواند از مجموعه داده‌های مشارکتی بدست آید. سطح جزئیات ۲ باید شامل شکل بام و ساختمانها باشد، اما اطلاعات بام ساختمان‌ها در قالب اطلاعات توصیفی وارد شود. با شروع از سطح جزئیات۳ تمام مدلها باید فرم دقیق ساختار ساختمان‌ها حتی نمای سردر و اجزای کوچک سقف مثل شیروانی، پنجره ها را نیز با دقت ۰/۲ تا ۰/۵ متر نشان دهد، که این مسئله به سختی امکان‌پذیر است، زیرا در حال حاضر این مدلسازی باید بر مبنای ردپای ساختمان‌ها و توصیفات انجام گیرد[۳]. به علت روش کلیدهای باز که برای افزودن اطلاعات توصیفی به کار رفته است، ساختمانهایی دیده می‌شود که چند کلید ارتفاع با مقادیر مختلف دارند. در اغلب موارد، این مقادیر ارتفاعی اختلافی بیش از ۵ متر و حتی اختلاف ۲۱ متر نیز داشته اند. همچنین استفاده از تعداد طبقات برای برآورد ارتفاع ساختمان‌ها روش قابل اعتمادی نیست مگر اینکه ارتفاع متوسط هر طبقه نیز ضمیمه شده اشد[۱].

اغلب کامل‌بودن پایگاه‌های کاربرتولید با فاصله از مرز شهر کاهش می‌یابد و به صورت چشم‌گیری در نواحی شهری کامل‌تر است. معمولاً ردیابی برای ثبت شبکه راه‌ها با جی.پی.اس انجام می‌شود که خودش دارای خطای ذاتی ۱۰ متر است. در نواحی شهری تغییرات شبکه راه‌ها در داده‌های OSM خیلی زودتر از نقشه‌های تجاری ظاهر می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که در پروژه‌هایی از جمله OSM در برخی نواحی شهری کیفیت شبکه خیابان‌ها بهتر از مجموعه داده‌های[۱] تجاری است. اما با این وجود، یکی از علت‌هایی که از این داده‌ها استفاده‌ی گسترده نمی‌شود، این است که، استانداردهای رایج برای کیفیت و دقت نقشه توسط داده‌های مشارکتی تامین نمی شود، همچنین خطا به صورت محلی متفاوت بوده و پایگاه داده تغییرات خیلی سریعی در بازه‌های زمانی کوتاه دارد.

۱ Dataset

به لحاظ پاسخگویی به نیازهای کاربردهای مختلف، داده‌های کاربرتولید به صورت محلی برای کاربردهایی مثل ناوبری، گردشگری، شبیه‌سازی پرواز و ارتباطات مخابراتی می‌تواند به کار رود[۳].

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این تحقیق تولید مدل‌های تعاملی سه‌بعدی شهری را بر مبنای داده‌های مکانی کاربرتولید بررسی کردیم. ویژگی اصلی این منبع داده، داشتن کاربران گسترده‌ای است که تعدادشان به طور مداوم در حال افزایش بوده و هر نوع داده مکانی را در یک حالت داوطلبانه و مشارکتی جمع‌آوری می‌کنند. اضافه کردن اطلاعات سه‌بعدی به پروژه‌های مشارکتی گامی مهم است. ارزش داده‌های مکانی در ذات خود داده‌ها نیست، بلکه این ارزش توسط سرویس‌هایی حاصل می‌شود که داده‌ها را انتخاب می‌کنند و متناسب تقاضای کاربر نمایش می‌دهند. بنابراین به منظور ایجاد سازگاری و تعامل‌پذیری میان این سرویس‌ها استانداردهایی ایجاد شده‌اند. هدف اصلی یافتن بهترین روش‌ها برای تبادل داده‌های سه‌بعدی، آماده‌سازی داده‌ها، زنجیره‌سازی سرویس‌ها و افزایش تعامل‌پذیری با کاربر است. اظهار نظر کلی درباره دقت و کامل بودن داده‌های مشارکتی، دشوار است. زیرا مقدارداده‌ها و دقتشان در نواحی مختلف متفاوت است. با مقایسه‌ی داده‌های تجاری و داده‌های کاربرتولید، مشخص شده است که در حال حاضر داده‌های مکانی کاربر تولید دقت و کفایت لازم را برای تمام کاربردها ندارند. به نظر می‌رسد با رشد روزافزون پایگاههای کاربرتولید در آینده این منبع داده مکانی در برخی کاربردها قابل رقابت با محصولات تجاری در حل مسائل مکان‌مبنا خواهد بود.

فرایند ساخت و نمایش سه‌بعدی که در تحقیقات بحث شده است بیشتر روی هندسه تاکید داشته‌اند. به نظر می‌رسد در مورد جنبه مفهومی مدل کارچندانی انجام نشده است. کاربردهای بسیاری در زمینه‌های مختلف از جمله برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران، نه تنها به مدلهای تماماً هندسی نیاز دارند، بلکه همچنین به اطلاعات مفهومی درباره عوارض مختلف نیازمندند. فراهم بودن چنین اطلاعات مفهومی، امکان کاربردهای پیچیده‌تر و خبره‌تری را می‌دهد.

به نظر می‌رسد روش کلیدهای باز که در OSM به کار رفته است، ایرادهایی دارد و در برخی موارد ناسازگاری‌هایی دیده می‌شود. مثلاً برای ارتفاع ساختمان‌ها چندین کلید با نامهای مختلف وجود دارد و مقادیر ارتفاعی این کلیدها در بعضی موارد اختلافی در حد ۲۰ متر را نیز داشته‌اند. قلم توصیفی ارتفاع در واحد پیش فرض متر قرار دارد، اما حتی واحد طول را نیز کاربر خودش می تواند وارد کند. به نظر می رسد باز بودن این روش، پردازشهای مدلسازی ساختمانها را با چالشهایی مواجه می‌کند. تحول پلیگون‌های دوبعدی ساختمان‌ها به سمت مدلسازی سه‌بعدی گامی بزرگ است و هنوز بسیاری از مسائل آن حل نشده است. در حال حاضر اطلاعات سه‌بعدی صریحاً به صورت هندسی توسط کاربران ترسیم نمی‌شود، اما به صورت ضمنی با کلیدهای باز روی عارضه‌ی متناظر نقشه ارائه می‌شوند. در تحقیقات انجام شده متوجه شدیم که پایگاه‌های کاربرتولید موجود از یک ساختار داده‌ی دوبعدی برای مدلسازی عوارض استفاده می‌کنند و به نظر می‌رسد در حال حاضر پایگاه داده‌های کاربرتولید در حقیقت از هندسه سه‌بعدی پشتیبانی نمی‌کند. در نتیجه تحقیقات در زمینه‌ی سختار داده‌ی مناسب و روش‌های مدلسازی و نمایش مدلهای سه بعدی کاربرتولید مسئله‌ی مهمی است.

مراجع

[1] M.Goetz, A.zipf, (2013), “the Evolution of Geo-crowdsoursing: bringing volunteered Geographic information to the third dimension, Springer, Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice”, chapter:9, pp:139-159, DOI: 10.1007/978-94-007-4587-2_9.

[2] Michael F. Goodchild, (2007), "Citizens as sensors: the world of volunteered geography", GeoJournal, volume: 69, pp: 211–221, DOI: 10.1007/s10708-007-9111-y.

[3] M.Over, A.Schilling, S.Neubauer, A.Zipf, (2010), “Generating web-based 3D City Models from OpenStreetMap: The current situation in Germany, Computers, Environment and Urban Systems”, volume: 34, pp:496–507, DOI:10.1016/j.compenvurbsys.2010.05.001.

[4] OpenStreetMap, from en.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap,Retrieved December 05, 2013.

[5] M.Goetz, A.Zipf,(2013), “Indoor Route Planning with Volunteered Geographic Information on a (Mobile) Web-Based Platform”, Springer, Progress in location based services, pp:211-231, DOI: 10.1007/978-3-642-34203-5.

[6] A.Schilling, M.Over, S.Neubauer, P.Neis, G.Walenciak, A.Zipf, (2009), ”Interoperable Location Based Services for 3D cities on the Web using user generated content from OpenStreetMap”, In: 27th urban data management symposium, Ljubljana, Slovenia.

[7] A. Schilling. OpenStreetMap Globe, from www.osm-3d.org/map.htm,Retrieved August 14, 2013.

[8] M.Goetz, J.Lauer, M.Auer,(2012) "An Algorithm Based Methodology for the Creation of a Regularly Updated Global Online Map Derived From Volunteered Geographic Information ", Chair of GIScience, Fourth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications and Services. GEOProcessing, Valencia, Spain.

[9] A. Schilling, J. Basanow, A. Zipf, (2007), “Vector Based Maping Of Polygons On Irregular Terrain Meshes for web 3D Map Services”, In: 3rd international conference on web information systems and technologies Barcelona, Spain. (WEBIST).

[10] A.Schilling, S.Lanig, P.Neis, A.Zipf, (2008), "Integrating Terrain Surface and Street Network for 3D Routing", University of Bonn, Germany, In: third international workshop on 3D geo-information, Seoul, South Korea.

[11] M.Uden, A.Zipf, (2013), “OpenBuildingModels - Towards a Platform for Crowdsourcing Virtual 3D Cities”, Chair of GIScience, Springer, Progress and New Trends in 3D Geoinformation Sciences, pp: 299-314, DOI: 10.1007/978-3-642-29793-9_17.

[12] G.Walenciak, B.Stollberg, S.Neubauer, A.Zipf, (2009), "Extending Spatial Data Infrastructures 3D by Geoprocessing Functionality 3D Simulations in Disaster Management and environmental Research", The International Conference on Advanced Geographic Information Systems & Web Services. GEOWS, Cancun, Mexico.

[13] S. Neubauer, A. Zipf, (2007), “Suggestions for Extending the OGC Styled Layer Descriptor (SLD) Specification into 3D: Towards Visualization Rules for 3D City Models”, In: Urban data management symposium, UDMS, Stuttgart, Germany.

[14] OGC Web Terrain Server (WTS).Open GIS Consortium Inc.Date: 2001-08-24, Reference number of this OpenGIS Project Document: OGC 01-061, Version: 0.3.2, Category: OpenGIS OGC Interoperability Program Report, Editor: Raj R. Singh.

[15] Web 3D Service, Open GIS Consortium Inc. Date: 2005-02-02, Reference number of this OGC document: OGC 05-019, Version: 0.3.0, Category: OGC Discussion Paper, Editors:Udo Quadt, Thomas H. Kolbe.

[16] OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Publication Date: 2012-04-04, External identifier of this OGC document: www.opengis.net/spec/citygml/2.0, Reference number of this OGC project document: OGC 12-019, Version: 2.0.0, Category: OpenGIS Encoding Standard, Editors: Gerhard Gröger, Thomas H. Kolbe, Claus Nagel, Karl-Heinz Häfele.

[17] S.Lanig, A. Zipf, (2010), “Proposal for a Web Processing Services (WPS) Application Profile for 3D Processing Analysis”, Second International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services.

[18] J.Basanow, P.Neis, S. Neubauer, A. Schilling, A.Zipf, (2008) ,”Towards 3D Spatial Data Infrastructures (3D-SDI) based on open standards – experiences, results and future issues”, Springer, Advances in 3D Geoinformation Systems, pp: 65-86, DOI: 10.1007/978-3-540-72135-2_4.

[19] R.Feick, S.Roche, (2013), “Understanding the value of VGI”, Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice, Springer, pp:15-29, DOI :10.1007/978-94-007-4587-2_2.

[20] W.Lin, (2013), “When Web 2.0 Meets Public Participation GIS (PPGIS): VGI and Spaces of Participatory Mapping in China”, Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice, springer, pp:83-103, DOI: 10.1007/978-94-007-4587-2_6.

[21] R.Gobel, A.Zipf, (2008), "How to Define 3D Geoprocessing Operations for the OGC Web Processing Service (WPS)? Towards a Classification of 3D Operations", Springer, Computational Science and Its Applications, Volume :5072, pp: 708-723, DOI: 10.1007/978-3-540-69839-5_52.