اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on
Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

تولید اتوماتیک مدلهای CityGML در سطح ۲/۵ جزئیات از ساختمانها بر اساس اطلاعات داوطلبانه پایگاه داده OSM

سیمین سادات میروهابی[۱*] ، رحیم علی‌عباسپور[۲]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد GIS ـ دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی ـ پردیس دانشکده‌های فنی ـ دانشگاه تهران
۲- استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی ـ پردیس دانشکده‌های فنی ـ دانشگاه تهران

چکیده :

در سالهای اخیر، استفاده از اطلاعات مکانی داوطلبانه برای انجام تحلیل‌های مکانی و مدل‌سازی سه‌بعدی به علت صرفه‌جویی در هزینه برداشت داده‌های مکانی، از اهمیت بالایی برخوردار شده است. پایگاه‌های اطلاعات مکانی داوطلبانه یکی از منابع مهم و پر کاربرد برای استخراج اطلاعات سه‌بعدی به شمار می‌روند. یکی از پر طرفدارترین این پروژه‌ها، پروژه OSM می‌باشد. در آغاز بخش عظیمی از اطلاعات OSM را داده‌های دوبعدی تشکیل می‌دادند، ولی به تدریج با گذشت زمان و مشارکت مردم در امر جمع آوری داده‌های سه‌بعدی، روز به روز بر حجم اطلاعات سه بعدی به اشتراک گذاشته شده افزوده می‌شود. تحقیق پیش رو سعی در ارائه الگوریتمی پویا برای استخراج مدل سه بعدی ساختار یافته از داده‌های OSM در فرمت رایج و پر کاربرد CityGML دارد. این الگوریتم به صورت ابزاری به زبان برنامه‌نویسی جاوا و در محیط برنامه‌نویسی NetBeans نوشته شده و قابلیت سازگاری با مدل داده OSM را دارد. خروجی این الگوریتم و ابزار مدل سه‌بعدی ساختارمند در سطح ۲/۵ جزئیات می‌باشد که قابل استفاده توسط سایر کاربردها و تحلیل‌های مکانی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : اطلاعات مکانی داوطلبانه، سطح جزئیات، OSM، CityGML.

نویسنده مکاتبه کننده : سیمین سادات میروهابی
آدرس پستی : تهران، خیابان کارگر شمالی (امیر آباد شمالی)، بعد از تقاطع بزرگراه آل احمد، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی
تلفن : 09121394636
آدرس پست الکترونیک : mirvahabi.s@ut.ac.ir

۱- مقدمه

با ظهور نئوجغرافی در سال ۲۰۰۶، نوعی الگوی جدید در تولید داده‌های مکانی بر اساس اطلاعات داوطلبانه مردمی (VGI[1]) شکل گرفت. Goodchild در سال ۲۰۰۷ میلادی از مفهومی جدید به عنوان «شهروندان به عنوان حسگرها» سخن به میان آورد. این مفهوم به استفاده از پتانسیل عمومی افراد جامعه در ایجاد منبع جدید برای تامین اطلاعات مکانی اشاره دارد. کاربران به صورت کاملا داوطلبانه در جمع‌آوری، ایجاد، ویرایش و انتشار داده‌های مکانی در بستر وب مشارکت می‌کنند. استفاده از منابع داده داوطلبانه ضمن تقویت مشارکت عمومی، هزینه مربوط به جمع‌آوری داده مکانی به صورت سنتی/تجاری را کاهش می‌دهد[۱و۲] و برای مردم عادی این امکان وجود دارد که به کمک ابزارهایی از قبیل سیستم مکان‌یابی جهانی (GPS[2])، تلفن همراه یا در بستر وب به کمک محاسبه مکان فردی از طریق Google Earth[3] یا پروژه‌های مشابه موقعیت جغرافیایی خود را محاسبه کنند [۳].

پروژه OpenStreetMap (OSM[4]) یکی از پروژه‌هایی است که به عموم مردم بدون نیاز به دسترسی خاصی امکان ثبت، ویرایش و انتشار داده‌های مکانی شخصی خود را می‌دهد. در آغاز بخش عظیمی اطلاعات به اشتراک گذاشته شده را داده‌های دوبعدی تشکیل می‌دادند، ولی به تدریج با گذشت زمان و مشارکت مردم در امر جمع آوری داده‌های سه-بعدی، روز به روز بر حجم اطلاعات سه بعدی به اشتراک گذاشته شده افزوده می‌شود [۱و۴]. استخراج اطلاعات سه-بعدی از داده‌های پایگاه داده OSM و ایجاد مدل سه‌بعدی از این داده‌ها از مسائل مطرح در جوامع علمی می‌باشد. از این مدل‌های سه‌بعدی می‌توان برای ایجاد مدل‌های شهری مجازی و ایجاد مدل رقومی سطح (DSM) شهری استفاده کرد. مدل شهری سه‌بعدی مبتنی بر VGI در زمینه‌های مختلفی اعم از برنامه ریزی شهری، مدیریت بحران، مدیریت ترافیک شهری، سیستم‌های ناوبری و ایجاد DSM شهری برای مقاصد مختلف مانند جذب توریسم و ایجاد تورهای مجازی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴و۵]. ارزش بالای داده‌ها در بعد سوم و کاربرد بسیار مدل‌های سه‌بعدی کاربران OSM را به سمت ایجاد محیط‌هایی برای نمایش این اطلاعات سه‌بعدی داوطلبانه سوق داده است.

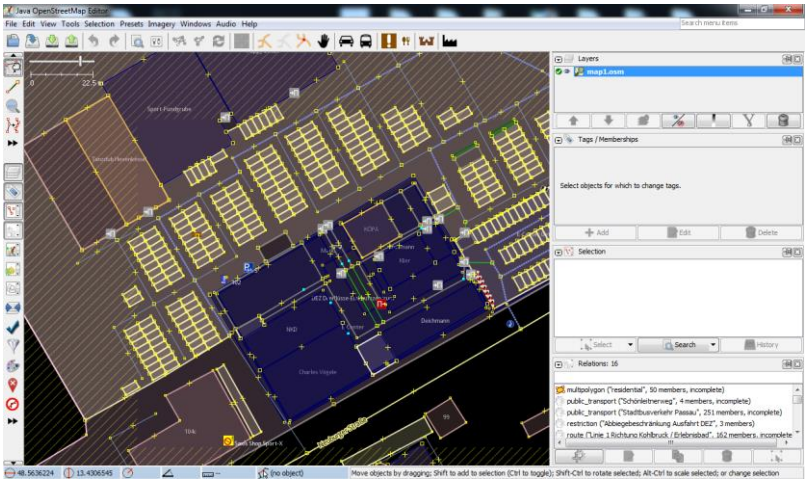
هدف از این تحقیق ارائه روش خودکار برای ایجاد ساختار CityGML در سطح ۲/۵ جزئیات برای ساختمان‌های موجود، بر اساس داده‌های داوطلبانه موجود در پایگاه داده OSM می‌باشد. خروجی فعالیت پیش رو، مدل دو و نیم-بعدی از ساختمان‌های موجود در ایران در فرمت داده CityGML است که به علت وجود پتانسیل بالا در این فرمت داده قابلیت استفاده در کاربردهای مکانی به عنوان ورودی تحلیل را دارد. در ادامه ضمن معرفی پایگاه داده OSM، نحوه وارد کردن اطلاعات هندسی و معنایی در این پایگاه داده بیان می‌شود. سپس مختصری در مورد فرمت‌های سه بعدی رایج و معرفی CityGML و مزیت این فرمت داده پرداخته می‌شود. الگوریتم پیشنهادی ارائه و پیاده سازی از آن به نمایش گذاشته می‌شود. در بخش آخر تحقیق نتیجه گیری و جمع بندی موجود می‌باشد.

۲- پایگاه داده OSM

پایگاه داده OSM با هدف ایجاد یک نقشه رایگان و آنلاین با پوشش سراسری و قابل ویرایش برای عموم مردم ایجاد شده‌است. OSM در سال ۲۰۰۴ شروع به کار کرد و به سرعت گسترش یافت، به صورتی که تا سال ۲۰۱۴ بیش از ۱،۸۵۰،۰۰۰ کاربر ثبت شده را به خود اختصاص داد [۶و۷] . پس از وقوع زلزله هائیتی در سال ۲۰۱۰ و استفاده از اطلاعات پایگاه داده OSM در عملیات نجات، اهمیت استفاده از داده‌های داوطلبانه بالاخص داده‌های OSM بیش از پیش آشکار گردید [۸].

[1] Volunteered Geographic Information
[2] Global Positioning System
[3] https://earth.google.com/
[4] https://openstreetmap.org/

وارد کردن اطلاعات در پایگاه داده OSM بر اساس میزان مهارت گرافیکی کاربران توسط سه ویرایشگر iD، Potlatch و JOSM (شکل ۱) انجام می‌گیرد. اطلاعات کاربران که براساس دانش شخصی و اندازه‌گیری های فردی آن‌ها می‌باشد با توجه به نوع ساختار در ۳ قالب node برای عوارض نقطه ای، way برای عوارض خطی و پلیگون‌ها و relation برای عوارض پیچیده متشکل از چندین نقطه و خط وارد پایگاه داده OSM می‌شود. برای کاهش میزان خطای زمین مرجع بودن داده‌ها در پس زمینه سایت OSM از عکس‌های هوایی bing با قدرت تفکیک مناسب برای مشخص شدن حدودی محل عوارض استفاده شده است [۱و۹و۱۰]. علاوه بر اطلاعات هندسی قابلیت وارد کردن اطلاعات معنایی در پایگاه داده OSM وجود دارد. حال آنکه بیشتر اطلاعات مورد نیاز برای ساخت مدل سه بعدی از اطلاعات داوطلبانه از این بخش از داده‌ها استخراج می‌شود. برای وارد کردن اطلاعات معنایی نیز از رویکرد دوتایی‌های کلید-ارزش[۵] استفاده می‌شود.



شکل ۱: نمایی از اطلاعات وارد شده در پایگاه داده OSM در ویرایشگر JOSM

بخش اعظم داده‌های موجود در OSM را داده‌های ساختمانی تشکیل می‌دهند. این داده‌ها شامل مختصات پای ساختمان‌ها به همراه اطلاعات معنایی از قبیل آدرس، نام ساختمان و کاربری را تشکیل می‌دهند. در اواخر سال ۲۰۱۱ IndoorOSM[۶] که یک دیدگاه برای ثبت اطلاعات محوطه داخلی ساختمان است، ایجاد گردید. این بدین معنی است که برای یک ساختمان امکان نمایش طبقات، اتاق‌ها، راهرو ها و عوارض داخلی دیده شده است [۱۱]. متدولوژی وارد کردن اطلاعات برای IndoorOSM همان متدولوژی رایج برای وارد کردن سایر اطلاعات هندسی در پایگاه داده OSM است. در کنار قابلیت های منحصر به فرد پروژه OSM می‌توان به امکان خروجی گرفتن از اطلاعات این پایگاه در فرمت XML[۷] مبنای osm.* اشاره کرد.

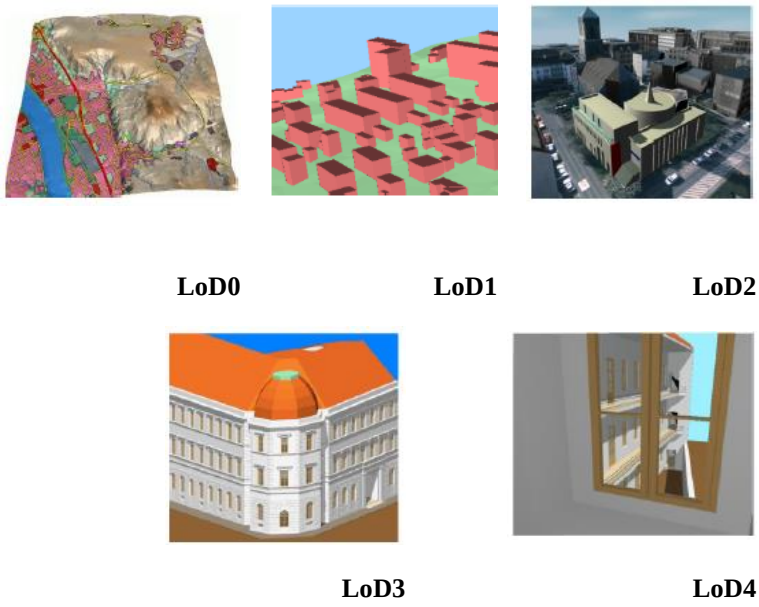
۳- فرمت‌های رایج سه بعدی سازی

یکی از مسائل مهم در سه‌بعدی سازی، انتخاب نوع فرمت داده سه‌بعدی می‌باشد. فرمت انتخابی باید سازگار با نیازهای مدل و دارای حجم مناسب پس از ذخیره‌سازی اطلاعات باشد. برای نمایش سه‌بعدی فرمت‌های رایجی از قبیل VRML[۸]، X3D[۹]، COLLADA[۱۰] و KML[۱۱] وجود دارند. تاکید بیشتر این فرمت‌ها بر جنبه نمایشی مدل سه بعدی

[5] Key-value pairs
[6] https://indoorosm.uni-hd.de
[7] Extensible Markup Language
[8] Virtual Reality Modeling Language
[9] Extensible 3D
[10] Collaborative Design Activity
[11] Keyhole Markup Language

است و دارای ساختار سه‌بعدی سازمان یافته برای ذخیره‌سازی اطلاعات توصیفی و معنای در بعد سوم نمی‌باشند. همچنین به علت نبود ساختار سه‌بعدی امکان حفظ توپولوژی عوارض در آن‌ها نیز وجود ندارد. GML3[۱۲] و CityGML[۱۳] دو فرمت رایج و پر کاربرد برای نمایش سه‌بعدی با توانایی حفظ توپولوژی و پشتیبانی از اطلاعات معنایی هستند [۱۲و۱۳].

CityGML استاندارد و مدل داده‌ای باز مبتنی بر XML برای نمایش، ذخیره‌سازی و تبادل مدل‌های سه‌بعدی شهری است. این استاندارد از دو بخشی مدل مرکزی هندسی و مدل‌های موضوعی تشکیل شده است که مدل‌های موضوعی شامل مدل نمایشی، ساختمان‌ها، توپوگرافی، پوشش گیاهی، عوارض شهری، کاربری زمین و ... می‌باشد [۱۳]. در بخش ساختمانی مدل برای تفکیک بهتر سطح نمایش داده‌ها از سطوح مختلف جزئیات استفاده شده است. این سطوح شامل ۵ سطح اصلی و ۳ سطح فرعی بر اساس میزان نمایش جزئیات تقسیم بندی می‌شوند (شکل۲) [۱۴].



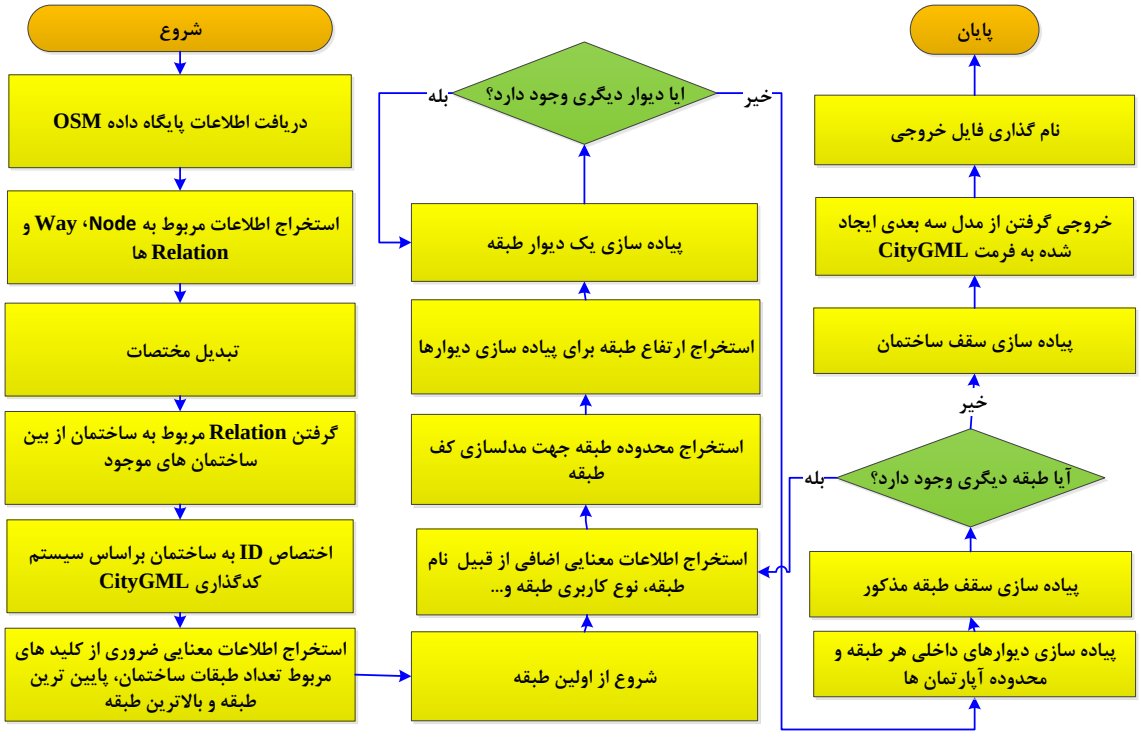
شکل ۲: ۵ سطح اصلی جزئیات [۱۳]

سطح صفر جزئیات نمایش توپوگرافی محیط و پای ساختمان‌ها را در برمی‌گیرد. سطح ۱ جزئیات به نمایش پای ساختمان به انضمام یک چندوجهی ساده از نمای ساختمان می‌پردازد. سطح ۲ نمایش ساختمان اطلاعات سطح ۱ به همراه نمایش سقف ساختمان را شامل می‌شود. در سطح ۳ جزئیات علاوه بر موارد فوق در و پنجره ساختمان، سقف-های پیچیده و نمای ساختمان پوشش داده می‌شود. سطح ۴ نیز به نمایش محوطه داخلی ساختمان به همراه پارتیشن داخلی ساختمان پرداخته می‌شود [۱۴]. سطوح مبانی نیز از ترکیب سطوح اصلی با یکدیگر حاصل می‌شود. سطح ۱.۵ نمایش سطح ۱ به همراه نمایش طبقات ساختمان (محدوده طبقات) و سطح ۲/۵ جزئیات نمایش سطح ۲ به همراه تقسیمات نواحی هر طبقه (محدوده آپارتمان‌ها) می‌باشد. سطح ۳/۵ جزئیات نیز به نمایش سطح ۳ به همراه محدوده آپارتمان‌ها و درب‌ها و پنجره‌های داخلی پرداخته است [۱۵]. در الگوریتم ارائه شده در بخش بعد هدف تحقیق استخراج مدل سه‌بعدی در سطح ۲/۵ جزئیات می‌باشد.

[12] Geography Markup Language
[13] City Geography Markup Language

۴- الگوریتم پیشنهادی برای مدلسازی سه‌بعدی و پیاده سازی

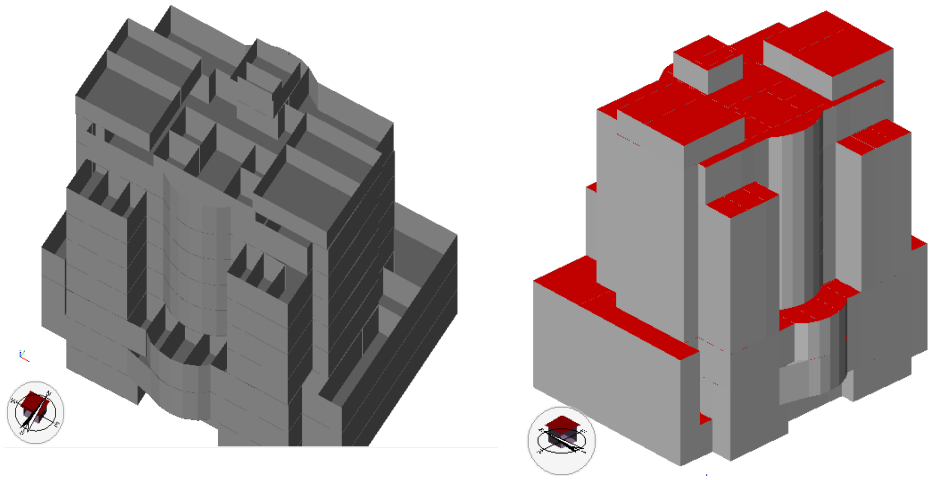
برای پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی، ابتدا لازم است در هنگام ورود اطلاعات در پایگاه داده OSM تعدادی دوتایی کلید مقدار همراه اطلاعات هندسی تعریف شود. تعداد این کلیدها کم است، ولی وجود آن‌ها برای ایجاد مدل سه بعدی ضروری می‌باشد. نخست اینکه برای هر بلوک ساختمانی باید تعداد طبقات و پایین‌ترین و بالاترین طبقه تحت کلیدهای buildingLevels، minLevel و maxLevel وارد شود. همچنین ارتفاع هر طبقه نیز باید با کلید height و به متر وارد شود. اگر ارتفاع تمام طبقات با هم یکسان باشد امکان ورود ارتفاع کل ساختمان و انتساب ارتفاع لازم بر اساس تعداد طبقات به هر طبقه وجود دارد. علاوه بر کلیدهای اجباری فوق، سایر کلیدهای معنایی همچون نوع کاربری، نام ساختمان، سال ساخت، عنوان و نوع کاربری طبقات نیز در این الگوریتم قابل پشتیبانی است. در این روش ابتدا محدوده مورد نظر از پایگاه داده OSM استخراج و بر اساس الگوریتم به‌عنوان ورودی به برنامه وارد می‌گردد. الگوریتم مذکور به زبان جاوا نوشته شده و سازگاری کامل با داده‌های OSM را دارد. شکل ۳ مراحل روش پیشنهادی را نمایش می‌دهد (در این شکل از پرداختن به تمام جزئیات مراحل ساخت مدل سه‌بعدی صرف نظر شده است).



شکل ۳: نمایش مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی ساخت مدل سه‌بعدی از اطلاعات OSM

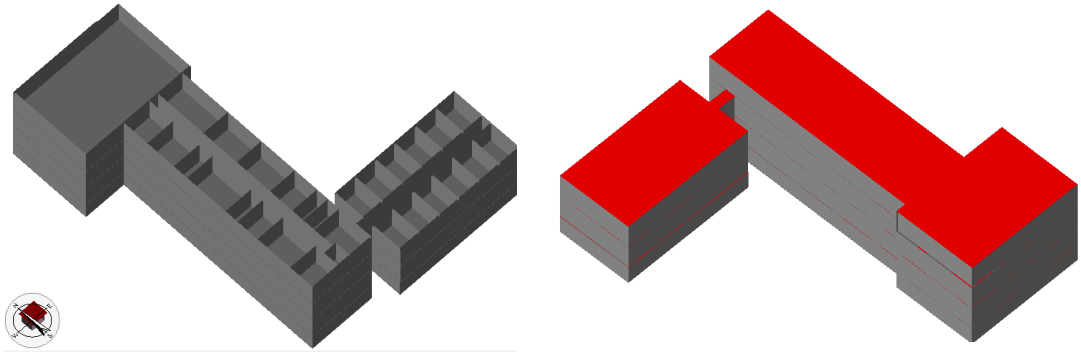
برای پیاده سازی الگوریتم ساخت مدل سه‌بعدی، از دو دسته داده ساختمانی استفاده شده است. داده‌های دسته‌ی اول مربوط به ساختمان جدید دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تهران و دسته دوم داده‌ها مربوط به ساختمان گروه GIScience دانشگاه هیدلبرگ[14] آلمان می‌باشد. نمای داخلی و خارجی این دو ساختمان که خروجی الگوریتم پیشنهادی هستند، در شکل ۴ به نمایش گذاشته شده است.

[14] http://giscience.uni-hd.de



نمای بیرونی ساختمان　　پارتیشن داخلی مربوط به ساختمان

شکل ۴: مدل سه‌بعدی ساختمان دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تهران حاصل از الگوریتم



نمای بیرونی ساختمان　　پارتیشن داخلی مربوط به ساختمان

شکل ۵: مدل سه‌بعدی ساختمان دانشگاه هیدلبرگ آلمان حاصل از الگوریتم

۵- جمع بندی و نتیجه‌گیری

استفاده از اطلاعات مکانی داوطلبانه برای انجام تحلیل‌های مکانی و مدل‌سازی سه‌بعدی به علت صرفه جویی در هزینه برداشت داده‌های مکانی، از اهمیت بالایی برخوردار است. پایگاه‌های اطلاعات مکانی داوطلبانه یکی از منابع مهم و پر کاربرد برای استخراج اطلاعات سه‌بعدی به شمار می‌روند. یکی از پر کاربر ترین این پروژه ها پروژه OSM می‌باشد. در این پایگاه افراد عادی با هر سطح تحصیلات و بدون نیاز به آموزشی خاصی، قادر به ثبت دانش فردی و اندازه‌گیری‌های شخصی خود، ویرایش اطلاعات موجود و انتشار داده‌های مکانی هستند. بنابراین استفاده از پتانسیل بالای این پایگاه‌ها برای ساخت مدل سه‌بعدی شهری از مسائل مورد بحث در جوامع کنونی می‌باشد. پروژه‌های بسیاری بر روی استخراج مدل سه‌بعدی از اطلاعات مکانی داوطلبانه پایگاه داده OSM تمرکز کرده‌اند ولی اکثریت غالب این پروژه‌ها به جنبه نمایشی مدل اکتفا کرده و از جنبه معنایی و ساختاری آن غافل مانده‌اند.

تحقیق پیش رو سعی در ارائه الگوریتمی پویا برای استخراج مدل سه بعدی ساختار یافته از داده‌های OSM در فرمت رایج و پر کاربرد CityGML دارد. این الگوریتم به صورت ابزاری به زبان برنامه‌نویسی جاوا و در محیط برنامه‌نویسی NetBeans نوشته شده و قابلیت سازگاری با مدل داده OSM را دارد. خروجی این الگوریتم و ابزار مدل سه‌بعدی

ساختارمند در سطح ۲/۵ جزئیات می‌باشد. یکی از نکات بارز این روش خروجی مبسوط آن می‌باشد؛ به صورتی که از مدل سه‌بعدی ساخته شده می‌توان خروجی گرفت و از فایل خروجی برای تحلیل‌های ثانویه استفاده کرد. اگرچه معترف هستیم که تا یک مدل سه‌بعدی کامل و جامع فاصله زیادی وجود دارد، ولی تحقیق حاصل را می‌توان به عنوانی گامی به سوی این مهم در نظر گرفت.

مراجع

[1] Goetz, M., and Zipf, A. The Evolution of Geo-Crowdsourcing: Bringing Volunteered Geographic Information to the Third Dimension. In Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice (pp. 139-159). Springer Netherlands, 2013.

[2] Goodchild, M. F. Citizens as sensors: The world of volunteered geography. GeoJournal, 69(4), 211-221, 2007.

[3] Turner, A. Introduction to neogeography. O'Reilly Media, Inc, 2006.

[4] Goetz, M., and Zipf, A. OpenStreetMap in 3D–detailed insights on the current situation in Germany. *Proceedings of the AGILE 2012 International Conference on Geographic Information Science*, (pp. 24-27). Avignon, 2012.

[5] Walenciak, G., Stollberg, B., Neubauer, S., and Zipf, A. Geoprocessing Functionality 3D Simulations in Disaster Management and environmental Research Extending Spatial Data Infrastructures 3D by. *The International Conference on Advanced Geographic Information Systems & Web Services*, (pp. 40-44). EOWS, 2009.

[6] Mirvahabi, S. S. and Abbaspour, R. A.: AUTOMATIC EXTRACTION OF IndoorGML CORE MODEL FROM OpenStreetMap, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XL-1-W5, 459-462, doi: 10.5194/ISPRS archives-XL-1-W5-459-2015, 2015.

[7] Arsanjani, J. J., Zipf, A., Mooney, P., and Helbich, M. *OpenStreetMap in GIScience: Experiences, Research, and Applications.* Springer, 2015.

[8] Turner, J. A. OpenStreatMap Haiti. Message posted to http://opensource.com/life/10/1/openstreetmap-haiti, retrvied at 12/28/2015, 2010.

[9] Schilling, A., Over, M., Neubauer, S., Neis, P., Walenciak, G., and Zipf, A. Interoperable Location Based Services for 3D cities on the Web using user generated content from OpenStreetMap. In *Urban and Regional Data Management : Udms Annual* (pp. 75-84). CRC Press, 2009.

[10] Goetz, M. Towards generating highly detailed 3D CityGML models from OpenStreetMap. *International Journal of Geographical Information Science, 27*(5), 845-865, 2013.

[11] Goetz, M., and Zipf, A. Mapping the Indoor World: Towards Crowdsourcing Geographic Information About Indoor Spaces. *GIM international* 26.3, pp. 30- 34, 2012.

[12] Prieto, I., Izkara, J. L., and del Hoyo, F. J. D. Efficient visualization of the geometric information of CityGML: application for the documentation of built heritage. In *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2012 (pp. 529-544)*. Springer Berlin Heidelberg, 2012.

[13] Gröger, G., Kolbe, T. H., Nagel, C., and Häfele, K. H. Open Geospatial Consortium OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, 2012.

[14] Kemec, S., Zlatanova, S. and Duzgun, S. A new LoD definition hierarchy for 3D city models used for natural disaster risk communication tool. In *Proceedings of the 4th International Conference on Cartography & GIS, Volume 2, Albena, June 2012, pp. 17-28*. International Cartographic Association, 2012.

[15] Mortari,F. Automatic extraction of improved geometric network model from citygml for indoor navigation. M.S. thesis. TU Delft, Delft, Netherlands, 2013.