نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره چهارم، شماره ۴، اردیبهشت ماه ۱۳۹۴

طراحی و مدل‌سازی یک سیستم اطلاعات مکانی مردم‌گستر سه‌بعدی با توصیف تعامل‌پذیر المان‌های اساسی ساختمانی

سمیه عباسی*[۱]، محمدرضا ملک[۲]

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

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

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۳، تاریخ تصویب دی ۱۳۹۳)

چکیده

اغلب مسائل مکانی در جهان واقعی، چندبعدی بوده و برای بررسی جوانب مختلف آنها، به داده‌های کامل و به‌روز نیاز است. در دسترس بودن اطلاعات سه‌بعدی بسیار حائز اهمیت است. اطلاعات مکانی سه‌بعدی، با توصیف سه‌بعدی جهان، امکان مدلسازی واقعی‌تری را فراهم و به برنامه‌ریزان درک بهتری از مسائل مکانی می‌دهد. در سال‌های اخیر محیط‌های اطلاعاتی از قبیل محیط جمع‌سپاری[۱]، محیط اطلاعات با محتوای کاربرتولید[۲] و محیط اطلاعات مکانی مردم‌گستر[۳] پدیده‌ی جدیدی را در تولید مشارکتی داده‌های مکانی تعریف کرده و منبع داده جدیدی فراهم کرده‌اند. ویژگی اصلی این‌گونه منابع داده، داشتن کاربران گسترده‌ای است که تعدادشان در حال افزایش بوده و داوطلبانه، هر نوع داده مکانی را جمع‌آوری می‌کنند. هدف از این تحقیق ارائه راهکارهایی برای تهیه مشارکتی و داوطلبانه‌ی مدل‌های سه‌بعدی ساختمانی است. ما در این پژوهش، از بین دسته‌بندی‌های رایج در معماری، "دیوار"، "سقف"، "در" و "پنجره" را به عنوان المان‌های اساسی ساختمان، انتخاب کرده‌ایم. سپس با توسعه یک طبقه‌بندی سلسه‌مراتبی مبتنی بر هستی‌شناسی[۴]، روشی تعامل‌پذیر برای جمع‌آوری اطلاعات سه‌بعدی و مدلسازی ساختمان، ارائه داده‌ایم. این تحقیق، ضمن پذیرش دیدگاه‌های قبلی، دیدگاه جدیدی را دنبال می‌کند. در این دیدگاه، کاربران به صورت تعامل‌پذیر قادر به افزودن و اصلاح اطلاعات سه‌بعدی برای المان‌های اصلی ساختمان هستند. از طرفی راهکارهایی برای افزایش مشارکت مردمی دنبال می‌شود، به گونه‌ای که حتی افراد غیرمتخصص نیز بتوانند در تولید مدل‌های سه‌بعدی مشارکت داشته باشند. برای این منظور، در روش توسعه داده شده در این پژوهش، کاربران تصویری را برای بافتِ[۵] نمای ساختمان، بارگذاری می‌کنند. سپس با استفاده از روشی مشابه رقمی‌سازی تصاویر هوایی، به رقمی‌سازی تصاویر نمای ساختمان می‌پردازند. همچنین در سیستم پیاده‌سازی شده، مجموعه‌ای از مدل‌های آماده سقف، در، پنجره در اختیار کاربر قرار داده‌ایم. بدین ترتیب کابران می‌توانند با کنارهم‌گذاری این اجزا، مدل‌های ساختمانی مورد نظر را راحت‌تر بسازند.

واژگان کلیدی: محیط اطلاعات مکانی مردم‌گستر، جمع‌آوریِ تعامل‌پذیرِ اطلاعات، مدلسازی سه‌بعدی ساختمان‌ها، اطلاعات سه‌بعدی داوطلبانه

---

* نویسنده رابط

۱ Crowdsourcing
۲ User Generated Geographic Content (UGGC)
۳ Volunteered Geographic Information (VGI)
٤ Ontology
٥ Texture

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

استفاده از اطلاعات مکانی سه‌بعدی سبب افزایش بازده در برنامه‌ریزی شهری و سریع‌تر شدن تصمیم‌گیری‌ها می‌شود. در دسترس بودن اطلاعات سه‌بعدی در زمینه‌هایی از قبیل مدیریت بحران، شبیه‌سازی محیط زیست، ارتباطات شبکه مخابرات بی‌سیم، کاداستر سه‌بعدی، گردشگری و ناوبری بسیار حائز اهمیت است[۱]. در سال‌های اخیر اصطلاحاتی مثل جمع‌سپاری، محتوای کاربرتولید و اطلاعات مکانی مردم‌گستر پدیده کاملاً جدیدی را در تولید مشارکتی داده‌های مکانی تعریف کرده و منبع داده جدیدی فراهم شده است[۲]. ویژگی اصلی این‌گونه منابع 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. انگیزه اصلی از این کار تهیه یک سرویس نقشه‌ی برخط[۱]، مشابه نقشه‌های تجاری است، با این تفاوت که داده‌ها کاملاً مبتنی بر داده‌های مشارکتی و رایگان باشد[۳و۴و۵]. کاربران مختلف با سطح مهارتهای متفاوت، داده‌های مکانی را تهیه می‌نمایند. برای این منظور، ابزارهای سیستم تعیین موقعیت جهانی[۲] در تلفن‌های همراه شخصی یا ترسیم عوارض روی تصاویر هوایی عمومی مثل تصاویر هوایی Bing Maps، به کار می‌رود. بدین ترتیب کاربران اطلاعات دوبعدی هندسی را فراهم می‌کنند. همچنین کاربران از دانش شخصی خود به منظور افزودن اطلاعات توصیفی استفاده می‌کنند. سایر اطلاعات زمین‌مرجع[۳] نیز مثل تصاویر یا موقعیت‌های مکانی می‌تواند به عنوان داده‌های کاربرتولید، در نظر گرفته شود[۵]. پتانسیل عظیمی برای مشارکت میلیون‌ها نفر وجود دارد که همچون سنجنده‌های از راه دور[۴] عمل نموده و داده‌هایشان را با سایر اعضای گروه، بدون دریافت هزینه‌ای در میان می‌گذارند[۶]. اضافه کردن اطلاعات سه‌بعدی به پروژه‌های مشارکتی گامی مهم است و در دسترس بودن اطلاعات سه‌بعدی بستر توسعه و پدیداری تحلیلهای مکانی سودمندتری را در کاربردهای مختلف ارائه می‌دهد[۷].

به نظر می‌رسد تا کنون یک ساختار تعامل‌پذیر برای جمع‌آوری و اشتراک داده‌های سه‌بعدی در سیستم‌های مردم‌گستر وجود نداشته است. همچنین با توجه به اینکه تولید داده‌های سه‌بعدی همواره با مشکل روبه رو بوده است، محیط‌های مردم‌گستر پیشرفت چندانی در جمع‌آوری داده‌های سه‌بعدی نداشته‌اند. از جمله این مشکلات می‌توان به این نکته اشاره کرد که روشهای جمع‌آوری داده‌های سه‌بعدی در دسترس کاربران غیر متخصص نبوده یا یک رابط کاربری مناسب و قابل درک در پایگاه‌های مردم‌گستر برای جمع‌آوری این داده‌ها وجود نداشته است. در واقع کاربران با وارد شدن به یک سیستم مردم‌گستری که حتی در ظاهر نیز دوبعدی است، درک چندانی از چگونگی افزودن اطلاعات سه‌بعدی نخواهند داشت. در این تحقیق تولید مدلهای تعاملی سه‌بعدی شهری را بر مبنای این داده‌های مکانی رایگان بررسی می‌کنیم. تهیه این گونه مدل‌ها به جزئیات زیادی نیاز دارد و فرایند جمع‌آوری چنین اطلاعاتی بسیار زمان‌بر و پرهزینه خواهد بود. در نتیجه مشارکت کاربران در جمع‌آوری اطلاعات سه‌بعدی برای ساخت مدل‌های سه‌بعدی شهری بسیار سودمند است. در ابتدا پایگاه‌های مشارکتی، فقط داده‌های مکانی دوبعدی را در برداشت اما از سال ۲۰۰۸ امکان جمع‌آوری اطلاعات ارتفاعی توسط کاربران بیشتر شد. با جمع‌آوری داده‌هایی از جمله ارتفاع ساختمان‌ها و اشتراک‌گذاری این اطلاعات در قالب توصیفات، پایگاههای مشارکتی کاربرتولید در حین ارائه نقشه‌های دوبعدی و عکسی به منبع داده‌های سه‌بعدی نیز تبدیل شدند[۳].

هدف از این تحقیق بررسی روش‌های موجود و ارائه راهکارهایی برای تهیه مدل‌های سه‌بعدی ساختمانی به صورت داوطلبانه است. در این تحقیق، "دیوار"، "سقف"، "در" و "پنجره" به عنوان المان‌های اساسی ساختمانی، از بین دسته‌بندی‌های رایج در معماری انتخاب شده است. سپس با توسعه یک طبقه‌بندی سلسه‌مراتبی، ساختاری برای توصیف تعامل‌پذیر این المان‌ها پیشنهاد کرده‌ایم و روشی برای تهیه مشارکتی مدل‌های سه‌بعدی ساختمانی، ارائه داده‌ایم. این تحقیق، ضمن پذیرش دیدگاه‌های قبلی، دیدگاه جدیدی را برای تولید مدل‌های سه‌بعدی مشارکتی دنبال می‌کند. در این دیدگاه، تمایل بر این است که کاربران به صورت تعامل‌پذیر قادر تولید مدل‌های سه‌بعدی ساختمانی باشند. همچنین امکان افزودن و اصلاح اطلاعات

---

۱ Online
۲ Global Positioning System (GPS)
۳ Georeference
۴ Remote sensors

www.SID.ir
Archive of SID

برای اجزای اصلی ساختمان وجود داشته باشد. از طرفی راهکارهایی برای افزایش مشارکت مردمی دنبال می‌شود، به گونه‌ای که حتی افراد غیر متخصص نیز بتوانند در تولید مدلهای سه‌بعدی ساختمان‌ها مشارکت داشته باشند.

در ادامه مروری بر فعالیت‌های پیشین راجع به مدلهای سه‌بعدی شهری در محیط‌های اطلاعاتی مردم‌گستر خواهیم داشت. سپس در بخش ۳ استانداردها و فن‌آوری‌های مرتبط با نمایش و ذخیره‌سازی مدلهای سه‌بعدی شهری را بررسی می‌کنیم. پس ازآن در بخش ۴ ساختار پیشنهادی خود برای جمع‌آوری اطلاعات سه‌بعدی ساختمان‌ها را شرح می‌دهیم. در بخش ۵ مسائل مورد نظر در طراحی سیستم مطرح شده و در بخش ۶ پیاده‌سازی آزمایشی این روش در محیط وب ارائه می‌شود. در انتها جمع‌بندی و نتیجه‌گیری آورده شده است.

۲- مروری بر فعالیتهای پیشین

پروژه‌هایی از جمله OSM[1] با ارائه نقشه‌های کاربرتولید، امکان تولید و در دسترسی اطلاعات مکانی با جزئیات بسیاری را فراهم می‌کنند، به طوریکه قبلاً چنین جزئیاتی در داده‌های مکانی فراهم نبوده است. 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[۶،۸،۹،۱۰].

تکمیل اطلاعات ارتفاعی و سایر اطلاعات توصیفی زمان بیشتری می‌برد، زیرا این اطلاعات را نمی‌توان از اورتوفوتوها یا تصاویر ماهواره‌ای بدست‌آورد. چندضلعی‌های دوبعدی ساختمان‌ها که اصطلاحاً به آن ردپای ساختمان گفته می‌شود، از رقمی‌سازی تصاویر هوایی در دسترس است. بدیهی است که برای ساخت مدلهای سه‌بعدی ساختمانی ردپای ساختمان‌ها کافی نیست و اطلاعات اضافی نیز لازم است[۸،۱۰].

تهیه مدل‌های سه‌بعدی ساختمان‌ها به صورت داوطلبانه، 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[2] به اشتراک می‌گذارد که در بردارنده‌ی مدلهای سه‌بعدی کاربرتولید با جزئیات زیاد، از عوارض زمین‌مرجع، مثل کلیساها و ساختمان‌های معروف است. به منظور مشارکت داوطلبانه در این پروژه، کاربران باید مهارت مشخصی در زمینه‌ی مدلسازی سه‌بعدی داشته باشند. این پروژه در اصل الزامی به زمین‌مرجع بودن مدل‌های سه‌بعدی ندارد. نمونه دیگر نیز Google's Building Maker، 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. 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 آنجایی که Google در پشت این فرایند قرار دارد و قوانین مشارکت را تعریف می‌کند و ادعای مالکیت دارد، این روشها از مفهوم منبع باز[3] و داده‌ی باز[4] فاصله دارند[۱۰]. اغلب محتوای این پروژه‌ها حاوی مختصات زمین‌مرجع نیستند، اما می‌توان از آنها برای بهبود بصری‌سازی مدلهای مجازی شهری بهره برد. پیشرفته‌ترین کار در زمینه‌ی ساخت مدل‌های سه‌بعدی شهری از داده‌های کاربرتولید پروژه‌ی OSM-3D بوده است[۸]. در این پروژه برای تولید مدل‌های مجازی شهری از اطلاعات سه‌بعدی که در قالب توصیفات توسط کاربران به پایگاه دوبعدی OSM افزوده می‌شود، استفاده شده است. در پایگاه OSM چندضلعی‌های دو بعدی ساختمان‌ها را با ضمیمه کردن اطلاعات توصیفی تکمیل می‌کنند. مثلاً ارتفاع ساختمانها به عنوان قلم توصیفی به چندضلعی‌ها[5] ضمیمه شده است[۸،۳]. سپس از این توصیفات برای مدلسازی سه‌بعدی ساختمان‌ها استفاده می‌شود و نتایج در پایگاه دیگری تحت عنوان OSM-3D به نمایش در می‌آید[۱۱]. در واقع کاربران به صورت مستقیم داده‌های سه‌بعدی را به OSM-3D اضافه نمی‌کنند[۱۲].

تاکنون اساساً دو دیدگاه برای مدلسازی سه‌بعدی ساختمان‌ها وجود داشته است. از یک طرف مدل‌های سه‌بعدی پارامتری برای ساختمان‌ها وجود دارند. برای تهیه این گونه مدل‌ها ابتدا چندضلعی دوبعدی ساختمان‌ها روی

۱ www.openstreetmap.org
۲ Repository

۳ Open source
٤ Open data
٥ Polygon

Archive of SID
www.SID.ir

تصاویر ماهواره‌ای ترسیم شده است، سپس کاربران توصیفاتی به این چندضلعی‌ها ضمیمه کرده‌اند. مدل‌های پارامتری از حجم دادن به چندضلعی‌های دوبعدی بر اساس قلم توصیفی ارتفاع، ساخته 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 نقشه‌ها قرار گیرند. برای این منظور لازم است این مدل‌ها زمین‌مرجع شوند و مقیاس درستی برای آنها تعریف شود. از طرفی ساختمان‌های پیچیده را نمی‌توان تنها با توصیفات مدلسازی کرد. برای رفع این مشکل لازم دانسته شده است که یک مخزن برای مدل‌های باز ساختمانی طراحی شود و با پایگاه داده‌ی OSM ارتباط داشته باشد. درنتیجه افرادی که در زمینه‌ی مدلسازی سه‌بعدی مهارت دارند، برای تکمیل مدل‌های سه‌بعدی شهری مشارکت می‌کنند. پروژه OpenBuildingModels به صورت آزمایشی گامی در این جهت برداشته است[۱۰،۱۳].

تحول چندضلعی‌های دوبعدی ساختمان‌ها به سمت مدلسازی سه‌بعدی گامی بزرگ است و هنوز بسیاری از مسائل آن حل نشده است. در نتیجه تحقیقات در زمینه‌ی ساختار داده‌ی مناسب و روش‌های مدلسازی و نمایش مدل-های سه‌بعدی کاربرتولید مسئله‌ی مهمی است. همچنین تا کنون یک ساختار تعامل‌پذیر برای جمع‌آوری و اشتراک داده‌های سه‌بعدی در سیستم‌های مردم‌گستر وجود نداشته است.

۳- استانداردها و فن‌آوری‌های مرتبط

در سال‌های اخیر اکثر مدل‌های سه‌بعدی شهری مدل‌های کاملاً هندسی بوده و به جنبه‌های توپولوژیکی و مفهومی مدل توجهی نداشتند. 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 در زمینه‌ی کاربردهای متنوع بوجود آمد[۱۵]. زبان نشانه‌گذاری جغرافیای شهر، موسوم به CityGML[۱] یک مدل اطلاعات هوشمند برای نمایش، ذخیره‌سازی و تبادل مدل‌های مجازی سه‌بعدی شهری است[۱۶]. این استاندارد که در سال ۲۰۰۶ به ائتلاف اطلاعات مکانی باز یعنی OGC[۲] پیشنهاد شده، یک مدل داده‌ی باز است و اطلاعات سه‌بعدی هندسی و اطلاعات مفهومی را در یک مدل داده واحد با هم ترکیب می‌کند[۱۷،۱۸،۱۹]. نحوه بصری‌سازی CityGML مسئله مهمی است. T.H.Kolbe نویسنده اصلی CityGML بیان می‌کند که این فرمت برای نمایش، بهینه‌سازی نشده است و ایده مناسبی نیست که نماهای سه‌بعدی را مستقیماً از فایل‌های CityGML به نمایش درآورد[۲۰]. CityGML برای بصری‌سازی نیازمند حجم حافظه بیشتری است. فرمت‌های متعددی از جمله X3D[۳]، VRML[۴] و KML[۵] برای نمایش هندسی CityGML فراهم هستند[۲۱]. از طرفی برای نمایش مدل‌های سه‌بعدی در وب استفاده از افزونه‌ها[۶] روش عمده بوده است. اگر بخواهیم مدل‌های CityGML را در مرورگر وب به صورت مستقیم و بدون نصب هیچ افزونه‌ای نمایش دهیم، تنها روش موجود این است که تصاویری از این مدل‌ها برای کاربر نمایش داده شود[۱۵،۲۲]. این تصاویر نماهای ثابتی از مدل را ارائه می‌دهند که روشی غیر تعاملی بوده و اجازه ناوبری در مدل را نمی‌دهند. اما این روش نیز بسته به نیاز کاربر می‌تواند مفید باشد. جدول ۱ مقایسه‌ای از فرمت‌های سه‌بعدی مختلف را نشان می‌دهد. برای هر کاربردی، این مسئله باید بررسی شود که فرمت انتخابی باید از چه نوع عوارضی پشتیبانی کند. با توجه به اینکه CityGML مبتنی بر XML است، می‌توان آن به سایر استانداردهای نمایشی سه‌بعدی تبدیل نمود[۱۵]. به نظر می‌رسد باتوجه به قابلیت‌های CityGML و مشکلات مربوط به نمایش آن در وب، فرمت‌های X3D و VRML نزدیک‌ترین فرمت‌ها برای جایگزینی باشند[۱۴].

۱ City Geography Markup Language (CityGML)

۲ Open Geospatial Consortium (OGC)
۳ EXtensible 3D Graphics(X3D)
۴ Virtual Reality Modeling Language(VRML)
۵ Keyhole Markup Language
۶ Plugin

Archive of SID
www.SID.ir

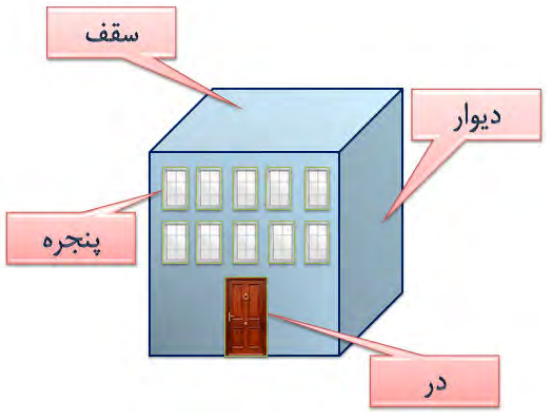
جدول ۱- بررسی قابلیت‌های فرمت‌های سه‌بعدی موجود [۱۴]

	DXF	SHP	VRML	X3D	KML	Collada	IFC	CityGML	3D PDF
هندسه	++	+	++	++	+	++	++	+	++
توپولوژی	-	-	0	0	-	+	+	+	-
قابلیت استفاده از بافت[1]	-	0	++	++	0	++	-	+	+
پشتیبانی از چندین سطح جزئیات	-	-	+	+	-	-	-	+	-
Objects	0	+	+	+	-	-	+	+	+
مدل معنایی	+	+	0	0	0	0	++	++	+
ذخیره اطلاعات توصیفی	-	+	0	0	0	-	+	+	+
مبتنی بر ایکس.ام.ال	-	-	-	+	-	-	+	+	-
قابلیت نمایش در وب	-	-	+	++	++	+	-	+	0
زمین مرجع	+	+	-	+	+	-	-	+	+
استاندارد تصویب شده	++	++	++	0	++	+	0	+	++

- پشتیبانی نشده، 0 پشتیبانی ابتدایی، +پشتیبانی شده، ++پشتیبانی توسعه یافته

۴- ساختار پیشنهادی برای جمع‌آوری اطلاعات سه‌بعدی ساختمان‌ها

در این تحقیق برای توصیف تعامل‌پذیر المان‌های اساسی ساختمان‌ها در محیط مردم‌گستر مواردی را مورد توجه قرار داده‌ایم که در ادامه شرح داده می‌شوند. نخست اینکه با توجه به مردم‌گستر بودنِ محیطِ اطلاعات، همواره باید توجه شود که غالب کاربران غیرمتخصص بوده و دانش کارشناسی و ابزارهای سنجش پیشرفته در اختیار ندارند. در نتیجه با بررسی المان‌های اساسی معماری ساختمان، آن اجزایی را در نظر گرفتیم که توسط عموم مردم قابل شناسایی و اطلاعات آن اجزا برای کاربران غیرمتخصص نیز قابل جمع‌آوری باشد. در نتیجه از میان المان‌های اساسی ساختمانی که در متن‌های اصلی معماری[۲۳] اشاره می‌شوند عناصر "در"، "پنجره"، "سقف" و "دیوار" را وارد سیستم کرده‌ایم که در شکل ۱ نیز نمایش داده شده‌اند .



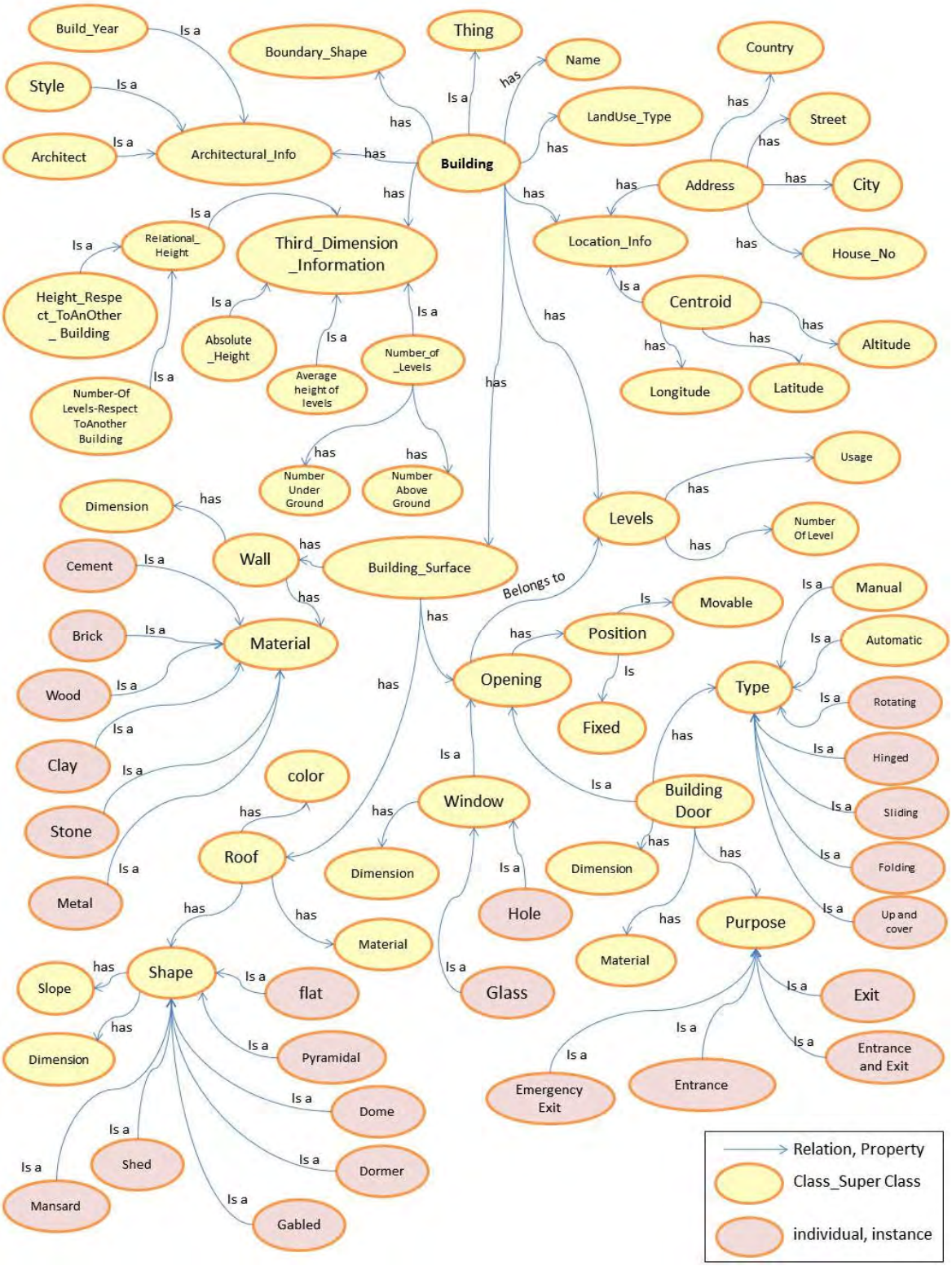
شکل ۱- نمایش المانهای اصلی ساختمان

برای جمع‌آوری اطلاعات سه‌بعدی این المان‌ها ، گراف شکل ۲ را با تکیه بر نگرش هستی‌شناسی، توسعه داده‌ایم. تولید این‌گونه دسته‌بندی‌ها بر مبنای هستی‌شناسی اغلب خطادار است و وابسته به نگرش و دانش فرد توسعه‌دهنده است. هر هستی‌شناسی به مرور و با نظر کارشناسان مختلف اصلاح می شود و بهبود می‌یابد. برای این منظور نوع اشیا و روابط بین اشیا با بیان سلسله مراتب، شباهت‌ها و تفاوت‌ها بیان می‌شود[۲۴،۲۵،۲۶،۲۷]. روش توسعه داده شده در این پژوهش را 3DVIBS[1] نامگذاری کردیم. در این قسمت به دلیل محدودیت در ارائه حجم مطالب، تنها به شرح قسمت-های اصلی شکل۲ می‌پردازیم. در این دسته‌بندی فرض کرده‌ایم که طبقات دارای ارتفاع یکسان هستند، چندضلعی مشخص‌کننده محدوده ساختمان یکپارچه است و همچنین تمام وجوه ساختمان ارتفاع یکسان دارند. دراینجا به طور کلی ساختمان یک شی لحاظ شده است که برای توصیف آن ۸ دسته اطلاعاتی را به عنوان کلاس‌های مجزا در نظر گرفته‌ایم. ساختمان دارای سطح خارجی است که برای توصیف آن کلاس Building_Surface را در نظر می‌گیریم.

کلاس Location_Info توصیف‌گر اطلاعات مکانی ساختمان خواهد بود. این اطلاعات شامل مختصات رئوس چندضلعی ساختمان برای محاسبه مختصات مرکزگون[2] [۲۸] ساختمان خواهد بود و از آن برای زمین‌مرجع کردن مدل ساختمانی استفاده خواهد شد.

۱ 3D Volunteered Interoperable Building System
۲ Centroid

Archive of SID
www.SID.ir

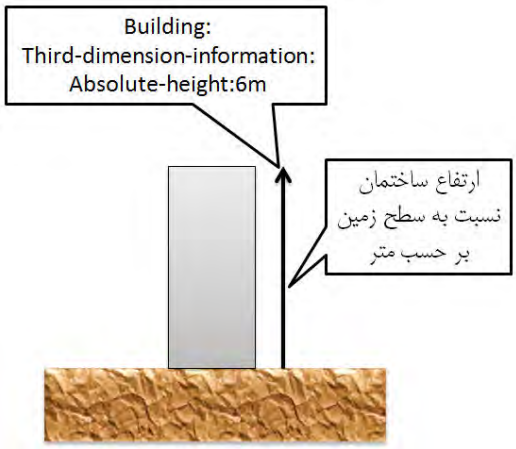


شکل۲- ساختار پیشنهادی برای جمع‌آوری داده‌های سه‌بعدی ساختمانی، با دسته‌بندی المان‌های اساسی ساختمان

اطلاعات مربوط به ارتفاع ساختمان تحت کلاس Third_Dimension_Information جمع‌آوری می‌شود. از آنجایی‌که محیط اطلاعات مردم‌گستر می‌باشد، کاربران ابزارهای سنجش مناسب در اختیار ندارند و اندازه‌گیری مستقیم ارتفاع ساختمان یک روش غیرعملی به نظر می‌رسد. به همین دلیل در این پژوهش سه روش برای افزودن ارتفاع ساختمان در نظر گرفته‌ایم و ارتفاع ساختمان با سه زیر کلاس قابل توصیف است. در روش

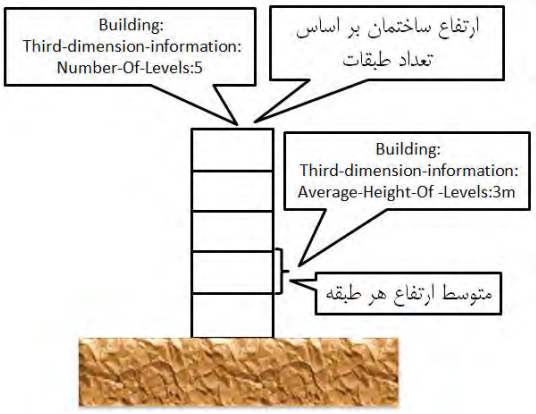
www.SID.ir

نخست تحت زیرکلاس Absolute_Height کاربر می‌تواند ارتفاع تقریبی آخرین طبقه از ساختمان را نسبت به سطح زمین بر حسب متر بیان کند. این روش در شکل ۳ نشان داده شده است.

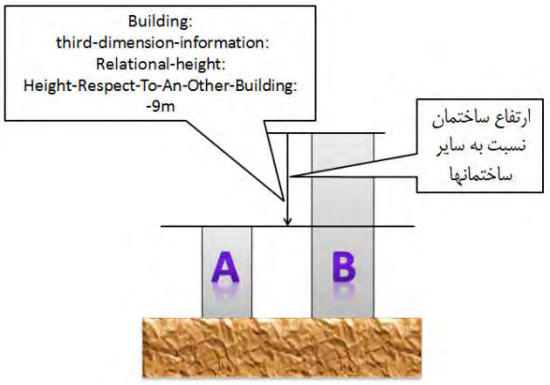


شکل۳- افزودن ارتفاع ساختمان در روش Absolute_Height

در روش دوم کاربر می‌تواند ارتفاع ساختمان را بر حسب تعداد طبقات و متوسط ارتفاع هر طبقه بیان کند. منظور از این روش در شکل ۴ نشان داده شده است. در روش سوم تحت زیرکلاس Relational_Height کاربر می‌تواند ارتفاع ساختمان را نسبت به سایر ساختمان‌ها بیان نماید. این روش نیز در شکل ۵ نشان داده شده است. هر ساختمان حداقل یک طبقه دارد و مقدار پیش‌فرض برای ارتفاع هر طبقه ۳ متر است.



شکل۴- روش افزودن ارتفاع ساختمان بر حسب تعداد طبقات و متوسط ارتفاع هر طبقه



شکل۵- روش افزودن ارتفاع ساختمان نسبت به یک ساختمان دیگر در روش Relative_Height

چندضلعی مشخص‌کننده محدوده ساختمان تحت عنوان Boundary_Shape معرفی می‌شود. حتما و تنها یک چندضلعی دوبعدی برای مشخص شدن مرز بیرونی ساختمان باید توصیف شود. این چندضلعی باید حداقل از ۴ نقطه تشکیل شده باشد به نحوی که نقطه اول و آخر بر هم منطبق باشند. در نتیجه اطمینان حاصل می‌شود که چندضلعی ساختمان بسته است و حداقل سه ضلع دارد. هر ساختمان از طبقاتی تشکیل شده است که اطلاعات طبقات در کلاس Levels قرار خواهد گرفت. ممکن است هر طبقه از ساختمان کاربری متفاوتی داشته باشد. اگر فرض یکسانی کاربری کل ساختمان نادرست باشد باید کاربری هر طبقه را جداگانه مشخص نمود. اطلاعات معماری ساختمان شامل مواردی چون سال ساخت و نوع معماری بنا به صورت قلم توصیفی درنظر گرفته شده است.

در طبقه‌بندی نشان داده شده در شکل۲ برای توصیف ظاهر ساختمان، کلاسی به نام سطح ساختمان[۱] در نظر گرفته‌ایم. سطح ساختمان زیر کلاسی تحت عنوان Opening دارد، که ارتباط بین فضای داخلی و خارجی ساختمان به وسیله‌ی آن المان امکان‌پذیر می‌شود. المان‌های "در" و "پنجره" زیر کلاس‌هایی از Opening هستند. "در" و "پنجره" برای هر طبقه مشخص خواهند شد. همچنین برای "در" و "پنجره" دو وضعیت ثابت و متحرک لحاظ شده است. المانِ "در" دارای ویژگی‌هایی از جمله ابعاد، جنس، شکل ظاهری است. همچنین "در" برای اهداف مشخصی مثل ورودی یا خروجی، ورود و خروج یا خروج اضطراری ساخته می‌شود. همچنین نحوه باز و بسته شدن "در" به دو دسته اتوماتیک و دستی تقسیم می‌شود.

۱ Building surface

Archive of SID
www.SID.ir

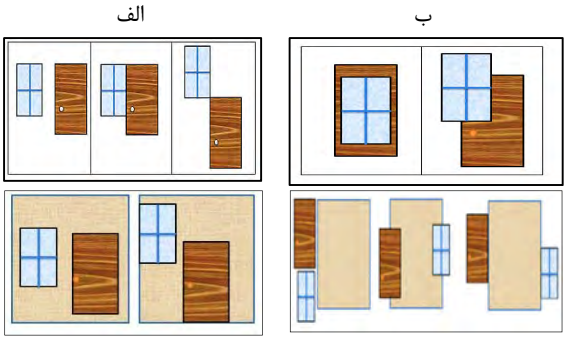
زیر کلاس دیگری از المان‌های سطح خارجی ساختمان، دیوار است که جنس و ابعاد آن باید تعیین شود. بام ساختمان نیز با رنگ، جنس، شکل و شیب باید تعیین شود. به عنوان مثال در این تحقیق مجموعه‌ای از انواع بام [۲۹] برای مدلسازی منظور و در شکل ۶ نشان داده شده است.

شکل۶- برخی از انواع متداول بام
(a)Gabled- (b)hipped roof- (c)pyramidal- (d)shed- (e)round- (f)mansard-(g)dome- (h)gambrel - (i)A frame-(j)conical - (k) Crow-stepped gable- (l)onion-(m)flat

۵- طراحی سیستم جمع‌آوری اطلاعات سه‌بعدی ساختمان

محیط‌های مردم‌گستر معمولاً یک لایه نقشه اولیه در اختیار کاربران قرار می‌دهند، سپس کاربران در آن محیط به تکمیل و تصحیح اطلاعات موجود می‌پردازند[۳۰]. ما از نقشه‌های دو بعدی OSM به عنوان اطلاعات اولیه استفاده کرده‌ایم.

اعتمادپذیری به داده‌های مردم‌گستر بسته به اهمیت و دقت مورد نیاز در هر کاربردی متفاوت است. به هرحال با توجه به غیرمتخصص بودن کاربران، در محیط‌های مردم‌گستر خطا و کم‌دقتی وجود دارد. به ویژه در محیط-های مردم‌گستر سه‌بعدی و ترسیم المان‌های سه‌بعدی، برای اجتناب از بروز اشتباه در ترسیم‌ها، بهتر است نظارت وجود داشته باشد. آنچه در این طراحی مد نظر است، امکان افزودن و اصلاح مستقیم اطلاعات سه‌بعدی توسط کاربران است. به همین دلیل در روش توسعه داده شده در این تحقیق یک سری قوانین توپولوژی مجاز و غیرمجاز مشخص شده است تا در حد امکان از بروز اشتباهات و ناسازگاری‌های منطقی جلوگیری شود. از جمله اینکه یک سری روابط توپولوژی مجاز و غیرمجاز برای در و پنجره و نیز در و پنجره با دیوار تعریف شده است. مثلا در و پنجره نباید روی هم قرار بگیرند، در و پنجره باید کاملا داخل سطح دیوار قرار بگیرند. نمونه‌ای از اینگونه روابط در شکل۷ نمایش داده شده است.



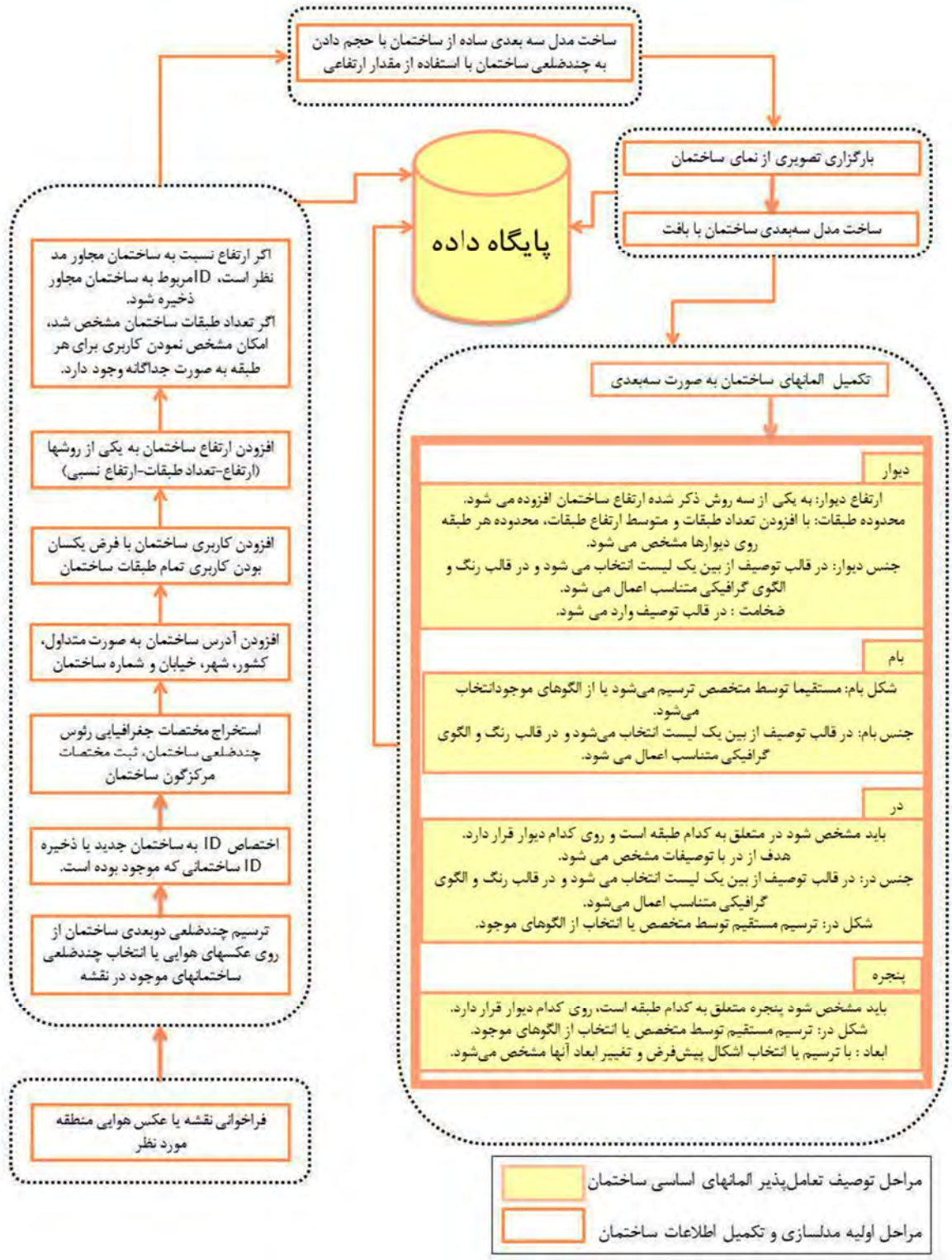
شکل۷-دسته‌ی الف روابط توپولوژی مجاز برای در و پنجره در بالا و روابط توپولوژی مجاز برای در و پنجره با دیوار در پایین - دسته ب روابط توپولوژی غیر مجاز

همچنین در روش توسعه داده شده در این تحقیق راهکاری در نظر گرفته شده است تا کاربران خودشان بتوانند درباره تناسب داده‌های افزوده شده قضاوت کنند. در این شیوه هر کاربر خودش پس از تکمیل اطلاعات سه‌بعدی ساختمان، میزان نزدیکی به واقعیت را به درصد بیان می‌دارد. همچنین سایر کاربران می‌توانند درباره مدلهای ساختمانی تهیه شده توسط سایر کاربران اظهار نظر نموده و به تصحیح و تکمیل آنها بپردازند. علاوه بر این یک روش مراقبت نیز در نظر گرفته شده است. کاربر امکان افزودن تصویری از ظاهر ساختمان را نیز دارد. با استفاده از تصویر امکان ارزیابی بیشتر فراهم می‌شود. همچنین در صورتی که تصویری از نمای ساختمان موجود باشد، از این تصویر به عنوان پوشش مدل سه‌بعدی استفاده خواهد شد.

ما به طور کلی یک روند برای تولید داوطلبانه‌ی مدل-های سه‌بعدی ساختمان در نظر گرفته‌ایم که در شکل۸ این روند مختصرا نمایش داده شده است و در اینجا از نمایش جزئیات مراحل صرف نظر کرده‌ایم.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۸-روند پیشنهادی برای تولید داوطلبانه مدلهای سه بعدی ساختمانی به روش 3DVIBS

ابتدا لازم است یک لایه اطلاعاتی اولیه به صورت نقشه‌های زمین‌مرجع یا عکسهای هوایی زمین‌مرجع در اختیار داشته باشیم. بدین ترتیب می‌توان به مختصات چندضلعی ساختمان دست پیدا کرد. با ذخیره‌سازی این مختصات، مدل سه‌بعدی ساختمان، یک مدل زمین‌مرجع بوده و مقیاس درستی خواهد داشت. همچنین به منظور افزودن ارتفاع ساختمان به یکی از سه روش بیان شده، یک سری فرایند باید طی شود. حداقل اطلاعات مورد نیاز برای مدلسازی سه‌بعدی ساختمان، چندضلعی دوبعدی ساختمان و ارتفاع آن است.

www.SID.ir

در ادامه‌ی این روند، مراحلی برای تکمیل مدل سه‌بعدی ساختمان و واقعی‌تر شدن مدل سه‌بعدی باید طی شود. این فرایند شامل افزودن تصویری از نمای ساختمان و نیز افزودن اطلاعات سایر المان‌ها شامل سقف، در و پنجره می‌باشد. کاربرانی که در زمینه ترسیم سه‌بعدی تخصصی ندارند می‌توانند با بارگذاری تصویر نمای ساختمان در این مسئله مشارکت کنند. بدین ترتیب از تصاویر برای بافت نمای ساختمان استفاده می‌شود و مدل واقعی‌تری از ساختمان تهیه می‌شود. علاوه بر این می‌توان با توجه به تصویر نمای ساختمان، جای در و پنجره‌ها را راحت‌تر تشخیص داد و به روشی مشابه رقمی‌سازی تصاویر ماهواره‌ای نمای ساختمان را رقمی‌سازی نمود. همچنین یک مجموعه آماده از انواع در و پنجره و سقف نیز در نظر گرفته شده است. مثلا کاربر می‌تواند با مشاهده مدل‌های آماده سقف، مدلی که به سقف ساختمان مورد نظرش شبیه‌تر است، انتخاب کرده و به راحتی از آن استفاده کند. این روش همانند قرار دادن قطعات پازل در مکان مناسب است.

۶- پیاده‌سازی

به منظور پیاده‌سازی مدلسازی سه‌بعدی ساختمان‌ها در محیط اطلاعاتی مردم‌گستر، به روش 3DVIBS که در بالا تشریح شد، از برنامه‌نویسی Asp.net استفاده کرده‌ایم. محیط برنامه در بستر وب پیاده‌سازی شده و یک وب‌سایت آزمایشی در نظر گرفته‌ایم. تکمیل مدل سه‌بعدی ساختمانی به صورت گام به گام انجام می‌شود. ابتدا نقشه‌ی منطقه مورد نظر با استفاده از ابزار جستجوی مکانی از OSM فراخوانی می‌شود، مثلا اسم یک شهر و خیابان مربوطه جستجو می‌شود. سپس چندضلعی دوبعدی ساختمان روی تصویر هوایی یا نقشه ترسیم می‌شود. این نقشه‌ها زمین‌مرجع هستند. بدین ترتیب مختصات چندضلعی ساختمان قابل ذخیره‌سازی است. با استفاده از مختصات رئوس این چندضلعی، مختصات مرکزگون ساختمان محاسبه می‌شود. مرکزگون یا مرکز هندسی یک شکل دوبعدی عبارت است از میانگین حسابی موقعیت تمام نقاط شکل، که به طور کلی با روابط ۱ و ۲ مشخص می‌شود[۲۸]. مولفه افقی مرکزگون با c_x و مولفه عمودی با c_y بیان شده است.

$$c_x = \frac{1}{6A}\sum_{i=0}^{n-1}(x_i+x_{i+1})(x_iy_{i+1}-x_{i+1}y_i) \qquad (۱)$$

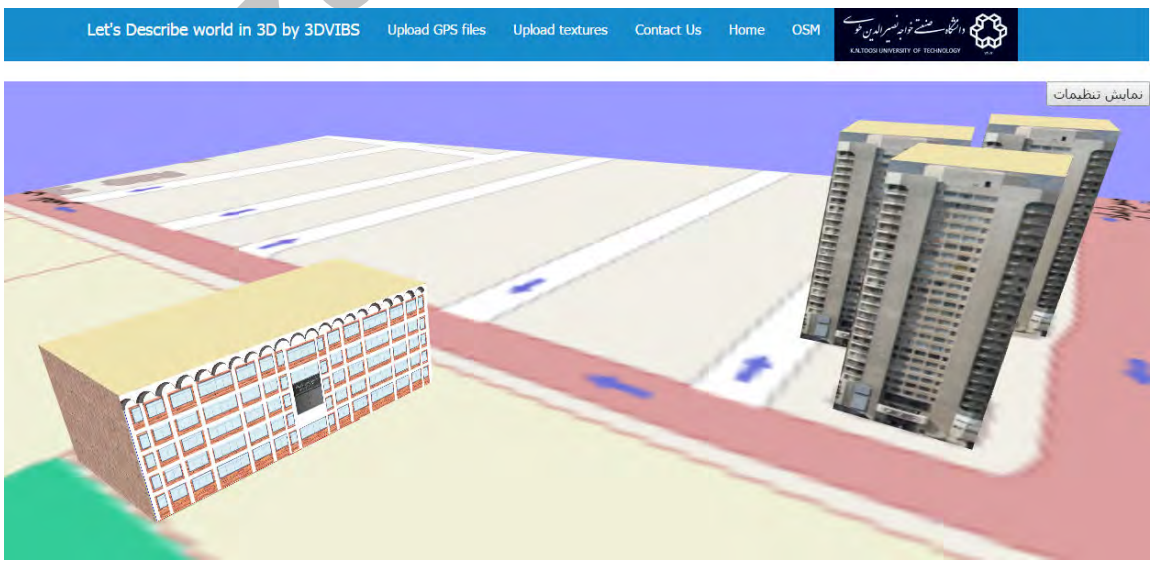
$$c_y = \frac{1}{6A}\sum_{i=0}^{n-1}(y_i+y_{i+1})(x_iy_{i+1}-x_{i+1}y_i) \qquad (۲)$$

که در آن A از رابطه ۳ بدست می‌آید:

$$A = \frac{1}{2}\sum_{i=0}^{n-1}(x_iy_{i+1}-x_{i+1}y_i) \qquad (۳)$$

کاربر حتما باید ارتفاع ساختمان را وارد کند تا بتواند یک مدل ساده‌ی سه‌بعدی از ساختمان را مشاهده کند.

برای اینکه مدل واقعی‌تری از ساختمان ساخته شود، کاربر می‌تواند به صورت اختیاری تصویری از نمای ساختمان را بارگذاری نماید تا تصویر ساختمان به عنوان بافت (تکسچر) روی ساختمان قرار گیرد. در شکل ۹ نمایی از سیستم پیاده‌سازی شده را مشاهده می‌کنید که در آن ساختمان‌هایی به همین شیوه مدل‌سازی شده‌اند.

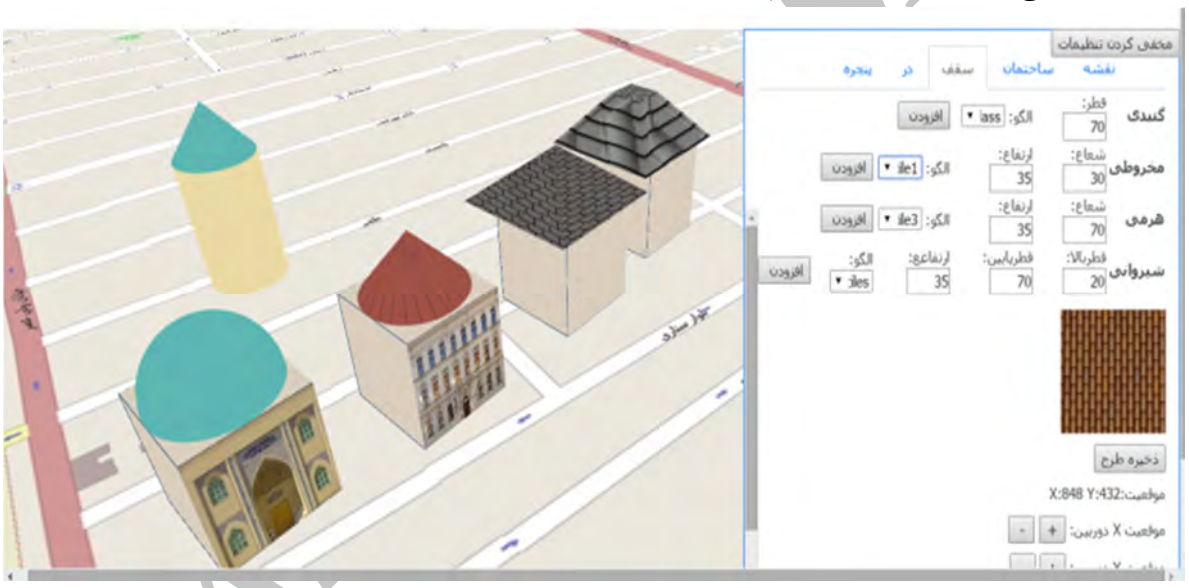


شکل۹- نمایی از سیستم پیاده‌سازی شده در محیط وب- در این تصویر مدل سه‌بعدی ساختمان‌های دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی و برج‌های اسکان از طریق بارگذاری تصویر نمای ساختمان، تهیه شده‌اند.

www.SID.ir
Archive of SID

کاربر نمونه‌های از پیش آماده‌ای از سقف‌ها را مشاهده نموده و از بین آنها آنچه به مدل سقف ساختمان شبیه‌تر است را انتخاب می‌کند. نحوه‌ی تنظیم شدن بام روی چارچوب ساختمان به این صورت است که مختصات گوشه‌های بام با گوشه‌های چندضلعی دو بعدی ساختمان مطابقت داشته باشد و یا تا حد امکان به آن نزدیک باشد و یا مرکزگون بام با مرکز گون چندضلعی ساختمان منطبق شود. کاربر قادر خواهد بود ابعاد این مدل‌های آماده‌ی سقف و جنس سقف را نیز تغییر دهد و یا سقف را حول محور عمودی دوران دهد. در شکل۱۰ نمونه‌هایی از سقفهای هرمی، گنبدی، مخروطی و شیروانی را مشاهده می‌کنید که در این سیستم مدلسازی شده‌اند.

کاربر می‌تواند نمونه‌های از پیش‌آماده‌ای از درها را مشاهده نموده و از بین آنها آنچه به مدل درِ ساختمان شبیه‌تر باشد، انتخاب کرده و روی محل در، روی دیوار نصب کند، کاربر می‌تواند ابعاد در را نیز تنظیم نماید و آن را دوران دهد. برای پنجره نیز به همین صورت عمل می‌شود (شکل۱۱). جنس دیوارهای ساختمان از بین یک لیست به همراه الگوی گرافیکی انتخاب می‌شود و به صورت خودکار دیوارهای ساختمان پوشش متناسب با آن جنس را می‌گیرند. کاربر برای ترسیم و توصیف هر یک از المانهای اساسی ساختمان از دسته‌ی مربوطه استفاده خواهد کرد، برای مثال برای توصیف بام وارد قسمت oofr می‌شود و به افزودن سقف می‌پردازد. برای این کار، کاربر بنا بر تخصص خود می‌تواند به شخصه المان سقف را ترسیم کند یا از الگوهای از پیش تعریف شده استفاده نماید. کاربران می‌توانند با استفاده از الگوهای موجود به آسانی سقف و سایر المان‌های ساختمانی را سر جای خود قرار داده و مدل سه‌بعدی ساختمان را بسازند. نمونه‌هایی از مدل‌های سه‌بعدی ساختمانی که در سیستم پیاده‌سازی شده تهیه شده‌اند، در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل۱۰- نحوه افزودن انواع سقف در سیستم پیاده‌سازی شده

شکل۱۱- نحوه افزودن در و پنجره در سیستم پیاده‌سازی شده

www.SID.ir

شکل۱۲- نمونه‌ای از مدل‌های سه‌بعدی ساختمانی که در سیستم پیاده‌سازی شده 3DVIBS تهیه شده‌اند.

۷- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

برای تهیه مدل‌های سه‌بعدی شهری به اطلاعات و جزئیات زیادی نیاز است. تهیه این جزئیات نیازمند صرف وقت و هزینه بسیار زیادی است. به همین دلیل استفاده از محیط‌های مردم‌گستر برای دست‌یابی به این جزئیات می‌تواند سودمند باشد. داده‌های مورد نیاز برای تهیه یک سیستم اطلاعات مکانی سه‌بعدی در محیط‌های اطلاعاتی مردم‌گستر را نمی‌توان تنها از عکس‌های هوایی دوبعدی کسب کرد. برای این منظور اطلاعات اضافی لازم است. کاربران اغلب اطلاعات پیرامون خود را جمع‌آوری و به اشتراک می‌گذارند. به ویژه اطلاعات سه‌بعدی اغلب از طریق افرادی قابل کسب است که در آن محیط حضور داشته‌اند. در واقع افرادی می‌توانند جزئیات مدل سه‌بعدی یک ساختمان را اشتراک بگذارند که ساختمان را دیده باشند. بنابراین بسیار مهم است که تعداد مشارکت‌کنندگان از تمام نواحی باشد. بدین‌ترتیب استفاده از دانش عمومی کاربران غیرمتخصص مسئله‌ی مهمی است.

تحقیقات در زمینه‌ی ساختار داده‌ی مناسب و روشهای مدلسازی و نمایش مدل‌های سه‌بعدی کاربرتولید مسئله‌ی مهمی است و هنوز بسیاری از مسائل آن حل نشده است. تا کنون دو دیدگاه برای تهیه مدل‌های سه‌بعدی شهری وجود داشته است، که یکی تهیه مدل‌های ساختمانی پارامتری و دیگری بر مبنای استفاده از مدل‌های سه‌بعدی کامل، بوده است. روش‌های قبلی از یک ساختار مناسب برای جمع‌آوری اطلاعات سه‌بعدی ساختمان‌ها استفاده نکرده بودند، همچنین تعامل‌پذیری کمتری با کاربران داشتند. این روش‌ها به مشارکت کاربران غیرمتخصص توجهی نداشته است. تا کنون پایگاه اطلاعات مکانی مردم‌گستری که به صورت مستقیم به کاربران اجازه افزودن و اصلاح اطلاعات سه‌بعدی ساختمان‌ها را بدهد، وجود نداشته است. همچنین عدم وجود یک ساختار تعامل‌پذیر برای جمع‌آوری و اشتراک داده‌های سه‌بعدی در سیستم‌های مردم‌گستر یکی از معضلات وضعیت موجود است. به نظر می‌رسد یک رابط کاربری مناسب و قابل درک در پایگاه‌های مردم‌گستر برای جمع‌آوری داده‌های سه‌بعدی در اختیار کاربران قرار نگرفته است. در واقع کاربران با وارد شدن به یک سیستم مردم‌گستری که حتی در ظاهر نیز دوبعدی است، درک چندانی از چگونگی افزودن اطلاعات سه‌بعدی نخواهند داشت.

ما در چارچوب فعالیت حاضر به بررسی راهکارهایی برای افزایش مشارکت کاربران در تولید مدل‌های سه‌بعدی ساختمانی پرداختیم. برای جمع‌آوری اطلاعات سه‌بعدی ساختمانی یک دسته‌بندی سلسله‌مراتبی توسعه دادیم و ارتباط بین اجزای مختلف ساختمان را مشخص نمودیم. همچنین در روش پیشنهاد شده، با استفاده از تصاویر نمای ساختمان برای بافت، می توان مدلسازی واقعی تری انجام داد، همچنین کاربران به کمک آن تصویر می‌توانند راحت‌تر به تکمیل مدل سه‌بعدی ساختمان بپردازند. از طرفی برای افزایش مشارکت کاربرانی که تخصص کافی در ترسیم مدل‌های سه‌بعدی ساختمانی ندارند، این امکان را فراهم کردیم تا با استفاده از یک مجموعه‌ی از پیش‌ترسیم شده‌ی اجزای ساختمانی(بام، در، پنجره) با کنار هم قرار دادن این اجزا به صورت قطعات یک پازل، به ساخت این مدل‌های ساختمانی بپردازند. همچنین کاربران متخصص نیز می‌توانند به تکمیل این جزئیات بپردازند و آنها را اصلاح کنند. به نظر می‌رسد این تحقیق با ارائه روش

www.SID.ir
Archive of SID

3DVIBS و طراحی یک وب‌سایت آزمایشی، تا حدودی توانسته ضمن ایجاد تعامل‌پذیری بیشتر با کاربر، به عنوان راه‌حلی برای افزایش تعداد مشارکت‌کنندگان مورد توجه قرار گیرد. گرچه معترف هستیم که تا یک سیستم مردم‌گستر سه‌بعدی فاصله زیادی وجود دارد ولی فعالیت حاضر را می‌توان از نخستین قدم‌ها در این زمینه دانست.

مراجع

[1] Walenciak.G, Stollberg.B, Neubauer.S, Zipf.A, (2009), Extending Spatial Data Infrastructures 3D by Geoprocessing Functionality 3D Simulations in Disaster Management and environmental Research, The International Conference on Advanced Geographic Information.

[2] Lin.W, (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.

[3] Goetz.M, zipf.A, (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.

[4] Feick.R, Roche.S, (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.

[5] Castelein.W, Grus.L, Crompvoets. J, Bregt.A, (2010), A characterization of Volunteered Geographic Information, 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science ,Guimarães, Portugal.

[6] Goodchild.M. F, (2007), Citizens as sensors: the world of volunteered geography, GeoJournal, volume: 69, pp: 211 ,۲۲۱–DOI: 10.1007/s10708-007-9111-y.

[7] Walenciak.G, Stollberg.B, Neubauer.S, Zipf.A, (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, Page(s): 40- 44 .DOI: 10.1109/GEOWS.

[8] Over.M, Schilling.A, Neubauer. S, Zipf. A, (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.

[9] http://www.openstreetmap.org.Retrieved September 09, 2014.

[10] Uden.M, Zipf.A, (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.

[11] Schilling.A, Over.M, Neubauer.S, Neis.P, Walenciak.G, Zipf. A, (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.

[12] Schilling.A .OpenStreetMap Globe. Retrieved June 17, 2014 ,from www.osm-3d.org/map.htm.

[13] OpenBuildingModels Beta. Retrieved December 20, 2014, from www.openbuildingmodels.uni-hd.de.

[14] Izkara.J. L, Delgado del Hoyo. F.J,(2012),Efficient Visualization of the Geometric Information of CityGML: Application for the Documentation of Built Heritageاñaki Prieto1, ICCSA, Part I, LNCS 7333, pp:529-544, Springer.

[15] 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.

[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.

Archive of SID
www.SID.ir

[17] Moa.B,(2010), Visualization and generalization of 3d city models, Doctoral thesis, Geoinformatics division, department of urban planning and environment, royal instituue of technology(KTH), SE-100 44 STOCKHOLM, Sweden, ISBN 978-91-7415-715-4.

[18] Kumke.H, Hoegner.L, Meng. L, Stilla. U, (2007), Visualization of Building Models and Factual Data integrated by CityGML. In: International Conference on Communications.

[19] Métrala.C, Falqueta.G ,Cutting-Decelleb,A.F,(2009),TOWARDS SEMANTICALLY ENRICHED 3D CITY MODELS : an ontology based approach, In proc. of the GeoWeb conf., Vancouver, Canada ., International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

[20] Kolbe.T.H, (2008), Representing and exchanging 3D city models with CityGML. In: 3D Geo-Information Sciences. Springer, Berlin.

[21] Alizadehashrafi.B, Abdul-Rahman.A, (2011), Enhancing textures of 3D building façade. In:10th International Symposium & Exhibition on Geoinformation ,ISG 2011 & ISPRS Commission II/5 & II/7 Conference, pp. 181-190.

[22] Hagedorn.B,Döllner. J, (2008), Web Perspective View Service – Overview and Initiative.In:OGC TC Meeting, Potsdam.

[23] Farrelly.L , (2007), The fundamental of architecture, ISBN 2-940373-48-5 and 978-2-940373-48-2, AVA Publishing SA.

[24] Ontology. Retrieved Marchr 20, 2014, from semanticweb.org/wiki/Ontology.

[25] Gruber.T. R, (1995), Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing, International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 43, Issues 4-5, pp: 907-928 . doi:10.1006/ijhc.1995.1081.

[26] Corazzon.R,(2014), Ontology. Theory and History from a Philosophical Perspective ,http://www.ontology.co/, retervied 2014,july.

[27] Antoniou.G, van Harmelen.F, (2004), A sementic web primer, the MIT press, Cambridge, Massachusetts, London. England, ISBN: 0-262-01210-3.

[28] Bourke.p .Calculating the area and centroid of a polygon,http://paulbourke.net/geometry/polygonmesh.

[29] List of roof shapes. (2014) Retrieved Febrauryr14, 2014, from http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_roof_shapes.

[30] Glushko.S,Volunteered Geographic Information, Canadian internet policy and public intrest clinic (CIPPIC), https://www.cippic.ca/FAQ/vgi , retervied at 3/5/2014 .

[31] X3D,Retrieved January 23, 2014, from http://www.web3d.org/x3d/specifications/x3d./

[32] Abdul-Rahman.A, Pilouk.M,(2008),Spatial Data Modelling for 3D GIS, ISBN 978-3-540-74166-4, Springer Berlin Heidelberg New York, _c Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[33] Sui.D,Elwood. S, Goodchild. M, (2014),Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice,. Dordrecht, Netherlands and Heidelberg, Germany: Springer.Journal of Regional Science,Volume 54, Issue 4, pp 724 .۷۲۶–DOI: 10.1111/jors.12154.

[34] Neutens.T, De Maeyer.P,(2010), Developments in 3D Geo-Information Sciences, ISSN 1863-2246, DOI 10.1007/978-3-642-04791-6, Springer Heidelberg Dordrecht London New York,Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[35] Kolbe.T.H, Konig.G , Nagel.C,(2011), Advances in 3D Geo-Information Sciences, ISSN 1863-2246, DOI 10.1007/978-3-642-12670-3, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[36] Tom Gruber,(2009)Ontology,in the Encyclopedia of Database Systems, Ling Liu and M. Tamer Özsu (Eds.), Springer-Verlag,Retrieved May 10, 2014, from tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm.

[37] Zlatanova.S , Prosperi.D,(2006) , Large-scale 3D data integration, Challenges and Opportunities , ISBN 0-8493-9898-3 ,Springer, CRC Press ,Taylor & Francis Group.

Archive of SID
www.SID.ir