مقایسه‌ی رویکردهای استخراج روابط توپولوژی سه‌بعدی در نسل‌های مختلف سیستم اطلاعات مکانی

سید محسن موسوی [1]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۳/۰۵

****

چکیده

نسل جدیدی از سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، نسل GIS فراگستر است که در این نسل قابلیت سرویس‌دهی به هر کاربر در هر مکان و زمانی داده می‌شود. با پیشرفت فناوری‌های جدید در اخذ اطلاعات سه‌بعدی از محیط تحولی در نسل‌های قدیم سیستم اطلاعات مکانی ایجاد شده است. یکی از موارد حائز اهمیت در نسل‌های مختلف سیستم اطلاعات مکانی، استخراج روابط مکانی است. استخراج روابط توپولوژی سه‌بعدی که بیشتر در سیستم اطلاعات مکانی موردتوجه قرارگرفته است، مبتنی بر مدل داده‌های استفاده‌شده در نسل‌های مختلف GIS صورت می‌گیرد. مدل داده‌های مورداستفاده در نسل‌های قدیم GIS دارای محدودیت‌هایی همچون عدم تعامل‌پذیری بالا بین کاربر و محیط، عدم نمایش سه‌بعدی اشیاء به‌دست‌آمده از محیط و هم‌چنین ناسازگاری اشیاء با پیش‌فرض‌های استفاده‌شده هستند، درحالی‌که در نسل GIS فراگستر با استفاده از حسگرها و زیرساخت‌های مختلف در محیط، محدودیت‌های بیان‌شده برای سرویس‌دهی برطرف می‌گردد. هدف این مقاله مقایسه‌ی رویکردهای مورداستفاده در نسل‌های مختلف سیستم اطلاعات مکانی برای استخراج روابط توپولوژی مبتنی بر مدل داده‌های ارائه‌شده در این نسل‌ها است. در این مقاله استخراج روابط توپولوژی در نسل‌های سنتی سیستم اطلاعات مکانی، با استفاده از روش مدل‌سازی شئ گرا و شبیه‌سازی اشیاء هرم و کره صورت می‌گیرد. این در حالی است که در نسل GIS فراگستر از داده‌های به‌دست‌آمده توسط کینکت به‌عنوان یک حسگر انتخابی مبتنی بر مدل داده‌ی ارائه‌شده، روابط استخراج می‌گردد. نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه‌ی رویکردهای استخراج روابط توپولوژی سه‌بعدی در این دو نسل، بیانگر افزایش تعامل کاربر با محیط پیرامون مبتنی بر ابزارهای موجود در نسل‌های فراگستر برای استخراج روابط توپولوژی است.

واژه‌های کلیدی: نسل‌های مختلف GIS، GIS فراگستر، مدل‌سازی شئ گرا، روابط توپولوژی سه‌بعدی، کینکت

****

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری(ژئوماتیک)، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی Sm_kh13@yahoo.com

۱- مقدمه

امروزه با ظهور رایانش فراگستر[1]، فناوری‌های جدیدی در راستای تولید اطلاعات در محیط‌های گوناگون ایجادشده است، که امکان استخراج روابط مکانی بین عوارض مختلف در محیط را به کاربر می‌دهد. این رویکردها با به‌کارگیری ابزارهای هوشمند سعی در افزایش ویژگی‌های تعامل‌پذیری بیشتر کاربر با محیط را دارند. در مدل داده‌های مورداستفاده در نسل‌های قدیم GIS[2] قابلیت استفاده از چنین امکاناتی برای استخراج روابط مکانی در نظر گرفته نشده است. این کمبودها تا حدودی ناشی از عدم توانایی در اخذ اطلاعات سه‌بعدی از محیط و همچنین عدم افزایش تعامل کاربر با محیط پیرامون است.

با پیشرفت فنّاوری‌های جدید در اخذ اطلاعات سه‌بعدی از محیط، تحولی در صنعت رایانش فراگستر ایجادشده است که قابلیت‌های آن را دوچندان می‌کند. یکی از این فنّاوری‌ها استفاده از کینکت[3] است که قابلیت اخذ اطلاعات سه‌بعدی را در هر مکان و هر زمان به کاربر می‌دهد. یکی از ملزومات موردنظر در نسل‌های جدید سیستم اطلاعات مکانی تحت عنوان نسل GIS فراگستر، بهره‌برداری از قابلیت‌های رایانش فراگستر در استخراج روابط توپولوژی برای مدیریت داده‌های مکانی در راستای اجرای کاربردهای مربوط به این حوزه است.

روابط توپولوژی سه‌بعدی ازجمله فرضیات لازم برای انجام آنالیزهای مکانی و پردازش‌های جستار مبنا[4] به‌حساب می‌آید که مبتنی بر مدل داده‌های مورد استفاده در نسل‌های مختلف GIS صورت می‌گیرد.

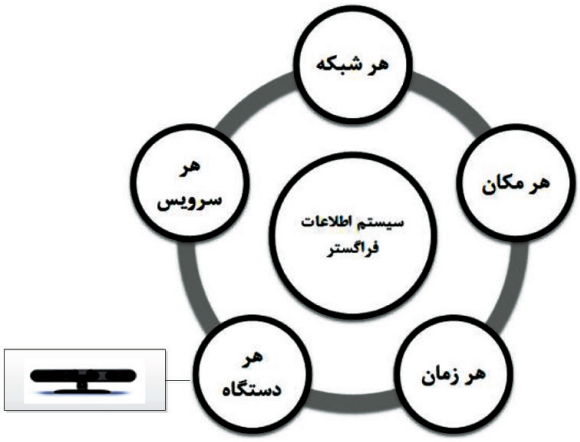
مدل داده‌های مورداستفاده در نسل‌های قدیم GIS دارای محدودیت‌هایی هم چون عدم تعامل‌پذیری بالا بین کاربر و محیط، عدم نمایش سه‌بعدی اشیاء به‌دست‌آمده از محیط و همچنین ناسازگاری اشیاء با پیش‌فرض‌های استفاده‌شده هستند. در این مقاله روابط توپولوژی از حسگر کینکت به‌عنوان یک حسگر مورداستفاده در رایانش فراگستر برای افزایش تعامل‌پذیری کاربر با محیط و اخذ اطلاعات سه‌بعدی موردبررسی قرار خواهد گرفت.

کینکت درواقع مجموعه‌ای از چندین حسگر و پردازنده است، ازاین‌رو بهتر است آن را یک حسگر هوشمند نامید. یک دوربین سه رنگ RGB، آرایه‌ای از میکروفن‌ها و یک اسکنر سه‌بعدی به روش مثلث‌بندی، حسگرهای این وسیله را تشکیل می‌دهند. بدون استفاده از این ابزار، ساخت تصویر سه‌بعدی نیازمند صرف هزینه‌ی بسیار گزافی می‌باشد، اما اکنون این کار با کیفیت بسیار قابل قبولی نسبت به روش‌های دیگر امکان‌پذیر است. حاصل پردازش داده‌های حسگر توسط این پردازشگر، یک تصویر ٦٤٠ در ٤٨٠ در ۳۰ فریم بر ثانیه است؛ که هر پیکسل آن با توجه به فاصله‌اش از کینکت، رنگی مشخص دارد.

نسل جدیدی از سیستم اطلاعات مکانی، نسل GIS فراگستر است که در این نسل قابلیت سرویس‌دهی به هر کاربر، در هر زمان و مکانی با استفاده از هر حسگری فراهم می‌شود. در این نسل با استفاده از فناوری‌های مختلف در قالب حسگرهای گوناگون قابلیت تعامل‌پذیری کاربر با محیط پیرامون افزایش پیدا می‌کند. اجزای مورداستفاده در این نسل در «نگاره‌ی ۱» نمایش داده‌شده است. ازآنجایی‌که برای استخراج روابط توپولوژی در این مقاله از حسگر کینکت استفاده‌شده است، به‌جای قابلیت «هر دستگاه» از حسگر کینکت به‌عنوان یک حسگر انتخابی برای اخذ اطلاعات سه‌بعدی استفاده‌شده است.

از آن جایی که هدف نسل GIS فراگستر ایجاد بستری برای سرویس‌دهی به هر کاربر، در هر زمان و مکان می‌باشد، نیاز است تا ملزومات لازم برای هوشمند کردن اشیاء و محیط که در این نسل مورد توجه هستند، در نظر گرفته شود. از جمله این ملزومات پویایی و زمینه آگاهی[5] محیط به حساب می‌آید.

1- Ubiquitous computing
2- Geographical Information System
3- Kinect
4- Query-based processing
5- Context awareness



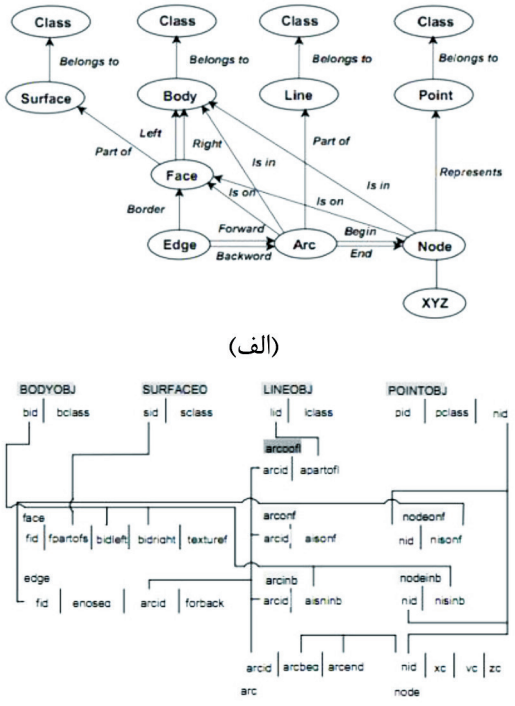
نگاره ۱: اجزای به‌کاررفته در GIS فراگستر

متناسب با معماری مطرح شده برای رایانش فراگستر توسط استفن پوسلاد *(Poslad,2011)* استفاده از سه الگوی اساسی برای رسیدن به پویایی و زمینه آگاهی محیط نیاز است؛ که عبارتند از: ابزار هوشمند، محیط هوشمند و تعامل هوشمند. واژه‌ی هوشمند به معنای قابلیت ارسال و فهم اطلاعات متناسب با درک مکانی اشیاء موجود در محیط است. از طرف دیگر اشیاء موجود در محیط قابلیت ایجاد تعامل با کاربر و اشیاء دیگر و همچنین با محیط‌های مجازی و حقیقی را داشته باشند. به بیان دیگر نیاز است تا از اشیاء هوشمند در محیط‌های فراگستر استفاده کرد.

هدف این مقاله مقایسه‌ی رویکردهای مورد استفاده در نسل‌های مختلف سیستم اطلاعات مکانی برای استخراج روابط توپولوژی مبتنی بر مدل داده‌های ارائه‌شده در این نسل‌ها است. استفاده از یک مدل داده‌ی فراگستر نسبت به مدل داده‌های سنتی مورد استفاده در سیستم اطلاعات مکانی نسل‌های قبلی امکان استخراج روابط توپولوژی را به راحتی برقرار می‌سازد. در قسمت پیشینه‌ی تحقیق، مدل داده‌های مختلف مورد استفاده در نسل‌های قبلی و نسل‌های اخیر سیستم اطلاعات مکانی مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در بخش بعدی به بیان روش ارائه شده در این مقاله برای استخراج روابط توپولوژی در نسل GIS فراگستر و نسل قدیم آن پرداخته شده است.

در بخش پیاده‌سازی این مقاله روش بیان شده در بخش سوم با بهره‌گیری از رویکردهای مورد استفاده در کتابخانه‌ی بصری سازی بر روی داده‌های شبیه‌سازی شده و همچنین داده‌های به دست آمده از کینکت پیاده‌سازی شده‌اند. نتایج مربوط به استخراج روابط توپولوژی در دوشاخه‌ی توپولوژی جبری[1] و مجموعه نقاط[2] در قالب تصاویر و جداول نمایش داده شده است.

درنهایت در بخش نتیجه‌گیری به بررسی نتایج به دست آمده از این مقاله پرداخته شده است.



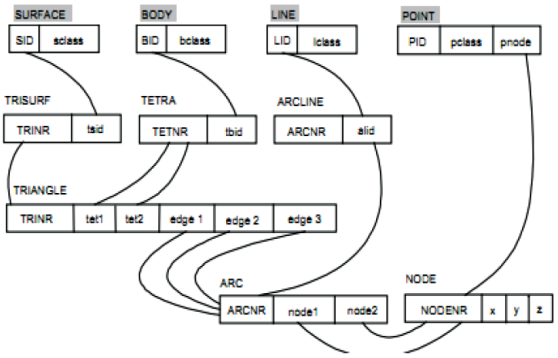
نگاره ۲: (الف) مدل داده‌ی FDS، (ب) ساختار رابطه‌ای مدل داده‌ی FDS.

۲-پیشینه‌ی تحقیق

در توپولوژی ریاضی[3] دو شاخه‌ی مرتبط با فعالیت‌های سه‌بعدی در GIS، به دو گروه توپولوژی جبری *(Alexandroff,2012)* و مجموعه نقاط *(Vretanos,2005)* تقسیم‌بندی

1- Algebraic topology
2- Point-set topology
3- Mathematical topology

می‌گردد. برای انجام تحلیل‌های مکانی، اطلاعات به دست آمده از روش‌های توپولوژی جبری و توپولوژی مجموعه نقاط در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند.



نگاره ۳: مدل داده‌ی TEN

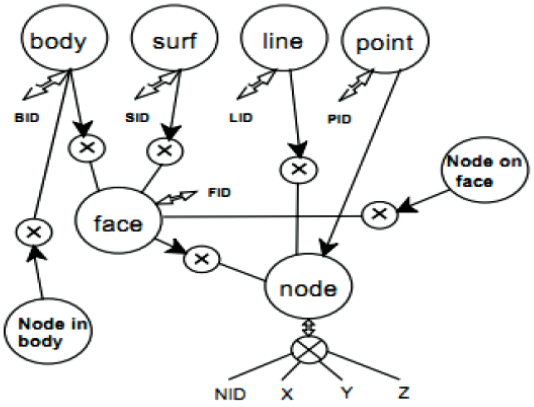
در راستای پیاده‌سازی روش‌های جبری و مجموعه نقاط نیاز است تا از روش‌های مدل‌سازی مبتنی بر مدل داده‌ها استفاده گردد.

مدل داده‌های سنتی با در نظر گرفتن تعدادی کلاس و بیان قوانینی بین این کلاس‌ها امکان استخراج روابط توپولوژی را فراهم می‌سازند که برای بیان بیشتر در این زمینه در ادامه به بررسی جزئیات آن پرداخته شده است.

در ارتباط با مدل داده‌های فراگستر علاوه بر مطالب بیان‌شده برای مدل داده‌های سنتی قابلیت‌هایی نظیر استفاده از حسگرهای هوشمند برای ارتقای تعامل بین اشیاء در راستای استخراج روابط مکانی در نظر گرفته می‌شود. بستر کلی استفاده از حسگرهای هوشمند در قالب سرویس‌دهی زمینه آگاهی در بخش مربوطه در پیشینه‌ی تحقیق مورد بررسی و مطالعه قرار خواهد گرفت.

۲-۱- مدل داده‌های سنتی

برای بیان مدل سه‌بعدی اشیاء موجود در فضای مورد مطالعه از مدل‌سازی هندسی استفاده می‌گردد؛ که از سه دیدگاه قابل بررسی است: موقعیت و توجیه، شکل و اندازه و توپولوژی. در ارتباط با شکل و اندازه از مدل داده‌ی شئ گرا استفاده می‌شود و در ارتباط با توپولوژی از مدل داده‌های توپولوژی گرا استفاده می‌گردد. در گروه اول مدل داده‌ها، هدف استخراج روابط بین اشیاء مدل‌سازی است درحالی‌که در گروه دوم تأکید بر بصری سازی روابط یافت شده است.



نگاره ٤: مدل مکانی ساده‌شده

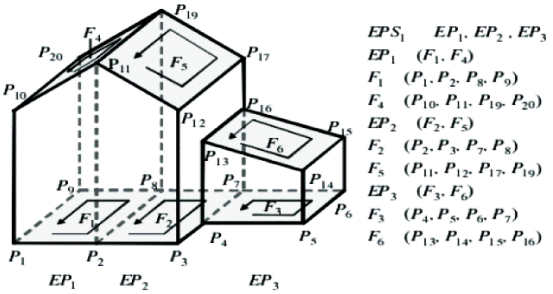
اولین مدل داده‌ی شئ گرا برای استخراج روابط مکانی در سال ۱۹۹۰ توسط Molenaar با عنوان ساختار داده‌ی رسمی[1] ارائه شد. مدل مفهومی این ساختار داده با در نظر گرفتن دوازده قانون برای ارتباط بین اشیاء مورد نظر، مطرح شد (نگاره ۲-الف)(*Molenaar,1990*).

در سال ۱۹۹۳ Rikkers ساختار داده‌ی رسمی ارائه شده توسط Molenaar را به ساختار رابطه‌ای[2] تبدیل کرد (نگاره ۲-ب)(*Rikkers et al,1993*). همان طوری که در «نگاره ۲-الف» نشان داده شده است، ساختار داده‌ی رسمی حاوی سه لایه‌ی اصلی است که عبارتنداز: عارضه (کلاس موردنظر)، چهار المان اصلی با عنوان‌های نقطه، خط، سطح و حجم و درنهایت چهار پیش‌فرض[3] مانند: گره، آرک[4]، وجه[5] و لبه.

روابط بین این المان‌ها متناسب با استانداردهای تعریف شده متفاوت می‌باشند. برای مثال برای نمایش نقاط منفرد و

1- Formal Data Structure
2- Relational
3- Primitive
4- Arc
5- Face

تقاطع از گره استفاده شود و یا اینکه بین دو گره بیش از یک لبه تعریف نمی‌شود؛ و از طرف دیگر برای نمایش ارتباط بین دو المان متفاوت مانند رابطه‌ی وجه-آرک[1] که بیانگر مرز وجه مورد نظر است از لبه استفاده می‌شود.



نگاره ۵: مدل داده‌ی منشوری

از جمله کاربردهای مورد نظر این ساختار داده می‌توان به بصری سازی مدل‌های سه‌بعدی شهر توسط Shibasaki و Shaobo در سال ۱۹۹۲ اشاره کرد *(Shibasaki & Shaobo,1992)*. در سال ۱۹۹۳ Hoop از ماتریس ۹-اشتراکی برای استخراج روابط موجود در این ساختار داده استفاده کرد *(Hoop et al,1993)*؛ و از طرفی در سال ۱۹۹۸ Gruen و Wang با لحاظ کردن اطلاعاتی نظیر بافت در این مدل داده به ذخیره‌سازی اشیاء بازسازی‌شده پرداختند *(Gruen & Wang,1998)*.

یکی دیگر از مدل داده‌های مورد استفاده در این زمینه که تا حدودی بر مشکلات مدل ساختار داده‌ی رسمی غلبه می‌کند مدل معروف TEN[2] می‌باشد *(Pilouk,1996)*. این مدل بر مبنای سیمپلکس‌ها که به‌عنوان پیش‌فرض در مدل‌سازی استفاده می‌شوند، تعریف می‌گردد. از این رو پیش‌فرض‌ها در این نوع مدل‌سازی بر مبنای گره، آرک، مثلث و چهارضلعی[3] بنا شده است.

در راستای بیان ارتباط بین المان‌های موردنظر از جداول مرتبط در پیاده‌سازی رابطه‌ای مدل استفاده می‌شود. برای نمونه جدول مثلثی شامل ارتباط بین چهارضلعی، مثلث و لبه است *(Pilouk,1996)* (نگاره ۳).

1- Face-Arc
2- Tetrahedral Network
3- Tetrahedron

یکی دیگر از مدل‌های مورد استفاده در زمینه‌ی پوشش دادن جستارهای بصری تحت وب در سال ۲۰۰۰ توسط Zlatanova با عنوان مدل مکانی ساده شده[4] بیان شد *(Zlatanova,2000)*. پیش‌فرض‌های مورد استفاده در این روش مدل‌سازی از چهار نوع به دو نوع، گره و وجه تقلیل یافته است. علت حذف آرک در این مدل‌سازی حفظ یکتایی رابطه‌ی وجه- آرک است. به بیان دیگر رابطه‌ی بین وجه و آرک باید به صورت یک به چند باشد نه به صورت چند به چند. همان طوری که در (نگاره ٤) دیده می‌شود از پیش‌فرض آرک در مدل داده استفاده نشده است.

مدل منشوری[5] یکی دیگر از روش‌های مدل‌سازی سه‌بعدی مکانی می‌باشد که علاوه بر مدل‌های مثلثی از مدل‌های پلی‌گونی نیز استفاده می‌کند (نگاره ۵) *(Kim et al,2009)*. در این روش مدل‌سازی از تکنیک انبساط[6] برای نمایش سه‌بعدی اشیاء از داده‌های دوبعدی استفاده می‌شود؛ که دارای سه حالت مختلف برای انبساط نقاط، منحنی‌ها و سطوح است. طراحی مدل هندسی منشوری بر مبنای مدل SFG[7] که از استاندارد OGC[8] تبعیت می‌کند تعریف می‌شود.

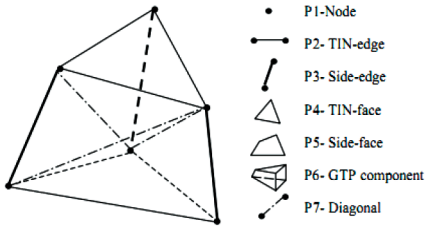
حالت توسعه‌یافته‌ی مدل منشوری مدلGTP[9] است که همان طوری که در (نگاره ٦) نشان داده‌شده است از پیش‌فرض‌های مختلفی برای مدل‌سازی استفاده می‌کند. غالباً از این مدل در کاربردهای مدل‌سازی علوم زمینی استفاده می‌شود *(Wu,2004)*.

۲-۲ مدل داده‌های مورداستفاده در محیط‌های 3D GIS فراگستر

مارک وایزر، نامرئی بودن رایانه‌ها و ابزار محاسباتی را در فضاهای فراگستر مطرح می‌نماید. به گفته‌ی او "عمیق‌ترین فناوری‌ها پنهان‌ترین آن‌ها هستند". این فناوری‌ها امروزه

4- Simplified Spatial Model(SSM)
5- Prism
6- Extrusion
7- Specification for Geographic information
8- Open Geospatial Consortium
9- Generalized Tri-Prism

تا اندازه‌ای با تار و پود محیط زندگی روزمره‌ی بشر گره خورده‌اند که تمایز آن‌ها از یکدیگر ممکن نیست. در این‌گونه محیط‌های فراگستر که مملو از حسگرهای هوشمند مختلف می‌باشند می‌توان با استفاده از هوش محاسباتی[1] در ارتباط با کاربران و اشیاء موجود در محیط، فراتر ازاین‌گونه قابلیت‌ها در سخت‌افزارها روابط مورد نظر را استخراج نمود *(Weiser,1991)*.



نگاره ٦: مدل داده‌ی توسعه‌یافته‌ی GTP

ازاین‌رو برای بهره‌گیری از ابزارهای هوشمند در این‌گونه محیط‌های فراگستر نیاز به لحاظ کردن معماری‌های موافق با محیط‌های مورد استفاده است، به بیان دیگر نیاز است معماری‌های مورد استفاده در گذشته متناسب با قابلیت‌های رایانش فراگستر تغییر نمایند که توانایی‌هایی از قبیل برقراری ارتباط، استنتاج، درک و انجام فعالیت مورد نظر در محیط‌های فراگستر را داشته باشند.

این معماری‌های جدید در فضاهای رایانش فراگستر تحت عنوان "فضاهای هوشمند" مطرح می‌گردند.

طبق نظر Ma *(Ma & et al,2005)* فضاهای هوشمند فضاهایی هستند که چندین مرتبه از ادراک، شناخت، آنالیز و استنتاج از حضور کاربر و اشیاء پیرامون را پوشش دهند. از آنجایی که هدف ما در این قسمت بررسی مدل داده‌های فراگستر برای پشتیبانی از قابلیت‌های فراگستر است، نیاز است تا به ملزومات مورد نظر در این زمینه بپردازیم.

از جمله ملزومات اساسی در رایانش فراگستر برای رسیدن به یک مدل داده‌ی ایده‌آل توانایی درک کجایی کاربران و اشیاء پیرامون و چیستی شئ‌های موجود در محیط و همچنین تنوع سرویس‌های مورد نظر است *(Ma et al,2005)*. این قابلیت‌ها تحت عنوان زمینه آگاهی[2] در فنّاوری‌های فراگستر مطرح می‌شوند *(Schilit et al,1994)*؛ که زمینه‌ی مورد مطالعه را از جنبه‌های مختلف مانند ملاحظات زمانی، مکانی، محاسباتی و کاربری بررسی می‌کند.

یکی از مدل داده‌های فراگستر در راستای استخراج روابط توپولوژی از اجزای ساختمان تحت عنوان مدل USIM[3] است *(Choi et al,2008)*. معماری مورد استفاده در این سیستم مبتنی بر ملزومات لازم با لایه‌های مرتبط با زمینه آگاهی ایجاد شده است. هدف اصلی این مدل داده‌ی فراگستر سازگاری این مدل با مدل داده‌های معروف مانند BIM[4] است. ازاین‌رو امکان اشتراک‌گذاری و به روز کردن مدل داده‌ی مورد نظر متناسب با استانداردهای IFC[5] در این مدل لحاظ شده است.

مدل داده‌ی فراگستر ارائه شده در این مقاله (نگاره‌ی ۷) مبتنی بر اجزای به کاررفته در GIS فراگستر، به دنبال استخراج روابط مکانی سه‌بعدی با استفاده از حسگرهای مختلف است.

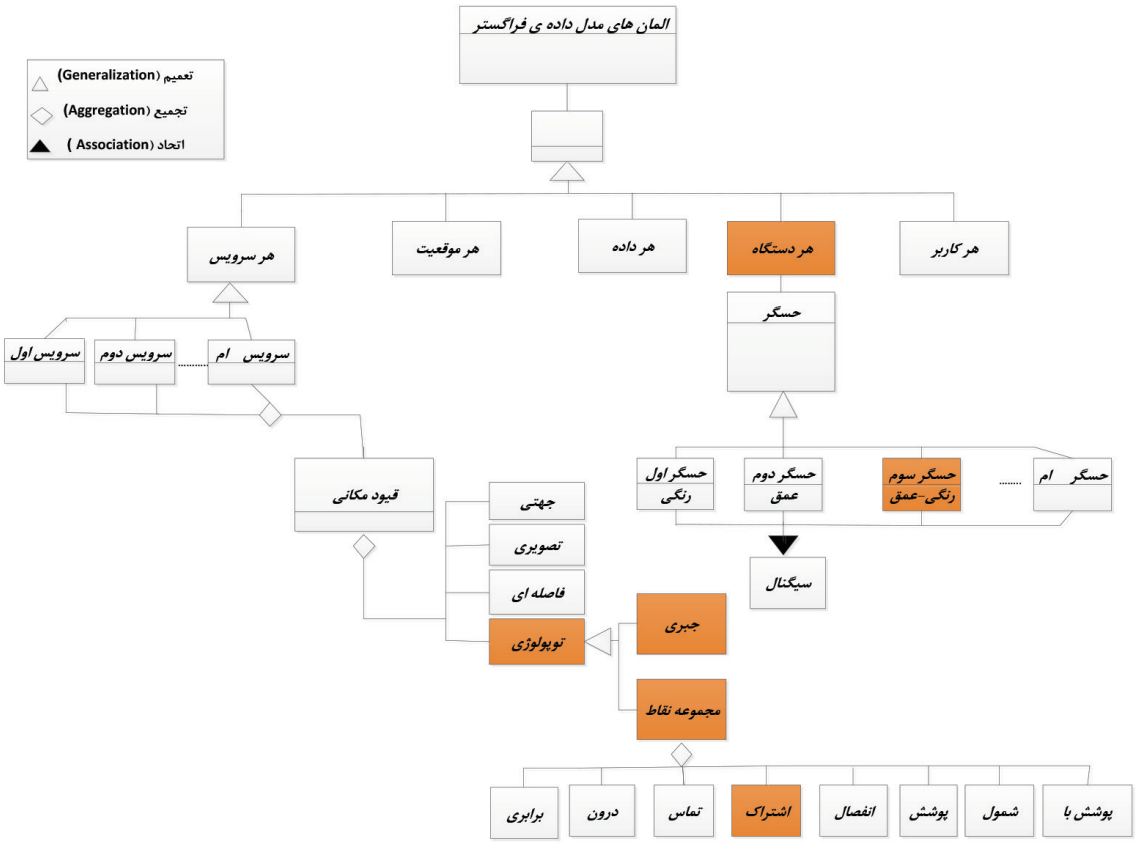
روابط مکانی در ٤ گروه روابط جهتی[6]، فاصله‌ای[7]، تصویری[8] و توپولوژی تقسیم‌بندی می‌گردند که در این مقاله به بررسی رویکردهای مورد استفاده در راستای استخراج روابط توپولوژی پرداخته شده است.

قابلیت استفاده از حسگرهای رنگی–عمق مانند کینکت بستری برای اخذ اطلاعات سه‌بعدی از محیط را فراهم می‌سازد. از این رو در مقاله حاضر از این حسگر به‌عنوان یک حسگر نمونه برای اخذ اطلاعات سه‌بعدی از محیط استفاده شده است.

روابط توپولوژی که در دو شاخه‌ی توپولوژی جبری و مجموعه نقاط مورد بررسی قرار می‌گیرند، با استفاده از

1- Computational Intelligence

2- Context Awareness
3- Ubiquitous Space Information Model
4- Building Information Model
5- Industry Foundation Classes
6- Directional relations
7- Distance
8- Projection



نگاره‌ی ۷: مدل داده‌ی ارائه‌شده برای استخراج روابط توپولوژی در نسل GIS فراگستر

روش‌های پردازشی سیگنال‌های به دست آمده از حسگرها، امکان استخراج روابط توپولوژی را فراهم می‌سازند. در این مقاله رابطه‌ی اشتراک به صورت نمونه از این مدل داده و مدل داده‌های سنتی مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-روش ارائه شده در این پژوهش

همان طوری که بیان شد، برای استخراج روابط توپولوژی نیاز است تا روش‌های مدل‌سازی اشیاء موجود در داده‌های مورد نظر، بررسی گردند.

روش مدل‌سازی شیٔای که رویکرد غالب اکثر سیستم‌های نرم‌افزاری است یکی از رویکردهای شئ گرا به حساب می‌آید. در این پژوهش با بهره‌گیری از روش‌های مدل‌سازی شئ ای در قالب کتابخانه‌ی بصری سازی[1] برای استخراج روابط توپولوژی استفاده شده است.

از آنجایی که هدف این مقاله مقایسه‌ی رویکردهای استخراج روابط توپولوژی در نسل‌های مختلف سیستم اطلاعات مکانی است، ابتدا با بررسی روش‌های مدل‌سازی مختلف شئ گرا، روشی مبتنی بر کتابخانه‌ی بصری سازی برای استخراج روابط توپولوژی انتخاب گردیده است و پس از آن با تهیه‌ی نمونه داده‌های مختلف ازجمله کره و هرم و داده‌های به دست آمده از کینکت روابط توپولوژی جبری و مجموعه نقاط برای این داده‌ها مطابق الگوریتم‌های برنامه‌نویسی شده به زبان c++ استخراج گردیده است.

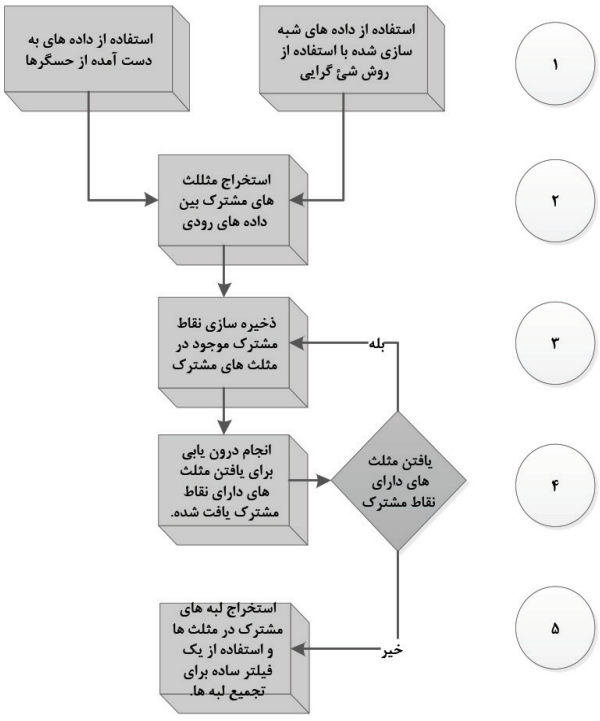
برای آشنایی بیشتر با نحوه‌ی پیاده‌سازی انجام‌شده در این مقاله به (نگاره ۸) مراجعه شود. در این نگاره نحوه‌ی محاسبه‌ی ناحیه‌ی اشتراکی بین دو جسم موردنظر به‌عنوان رابطه‌ی توپولوژی نمونه بر اساس اطلاعات توپولوژی جبری هرکدام از اجسام صورت گرفته است.

روش ارائه شده در این مقاله شامل الگوریتم اشتراک یابی

1- Visualization Tool Kit(VTK)

به‌عنوان یک الگوریتم نمونه در استخراج روابط توپولوژی است. این الگوریتم دارای ۵ مرحله‌ی متفاوت است (نگاره ۸). در این الگوریتم با استفاده از یک بستر برنامه‌نویسی مبتنی بر کتابخانه‌ی بصری‌سازی، امکان استفاده از الگوریتم اشتراک یابی برای استخراج روابط توپولوژی جبری و مجموعه نقاط برای نمونه داده‌های کره و هرم و همچنین داده‌های به دست آمده از حسگر کینکت در قالب ابر نقاط ایجاد می‌شود.

اطلاعات به دست آمده از حسگر کینکت با استفاده از کتابخانه‌ی ابر نقاط[1] قطعه‌بندی می‌شوند؛ و در انتها رابطه‌ی اشتراکی بین آن‌ها مطابق الگوریتم ارائه شده در نگاره ۸ نمایش داده می‌شود.



نگاره ۸: الگوریتم ارائه‌شده برای استخراج رابطه‌ی اشتراک

در ارتباط با الگوریتم اشتراک یابی ارائه شده در «نگاره ۸» که در ۵ مرحله صورت می‌گیرد، امکان استخراج روابط توپولوژی جبری و مجموعه نقاط برای داده‌های شبیه‌سازی شده و داده‌های به دست آمده از حسگر کینکت فراهم می‌گردد. در مرحله‌ی اول با استفاده از کتابخانه‌ی بصری سازی امکان خواندن اطلاعات ورودی شامل داده‌های شبیه‌سازی شده و ابر نقاط به دست آمده از کینکت فراهم می‌شود.

در مرحله‌ی دوم پس از خواندن اطلاعات مربوط به داده‌های تهیه‌شده، در قالب مثلث‌های مش بندی شده امکان استخراج مثلث‌های مشترک بین اطلاعات ورودی ایجاد می‌گردد.

مرحله‌ی سوم به ذخیره‌سازی نقاط مشترک موجود در مثلث‌های مشترک می‌پردازد. در مرحله‌ی چهارم با انجام یک درون‌یابی، مثلث‌های شامل نقاط مشترک را جست‌وجو می‌کند و درنهایت در مرحله‌ی پنجم با استفاده از یک فیلتر ساده، لبه‌های به دست آمده از نقاط مشترک را به عنوان مرز اشتراکی دو عارضه نمایش می‌دهد.

٤- پیاده‌سازی

روش ارائه شده در «نگاره‌ی ۸» با استفاده از کتابخانه‌ی بصری‌سازی که به زبان c++ نوشته‌شده است صورت می‌گیرد. یکی از موارد حائز اهمیت در این کتابخانه استفاده از پیش‌فرض‌های سه‌بعدی به جای پیش‌فرض‌های دوبعدی است. از پیش‌فرض‌های دوبعدی در مدل داده‌هایی مانند ساختار داده‌ی رسمی و مدل مکانی ساده‌شده استفاده شده است. این مزیت امکان شناسایی و ذخیره‌ی اجسام سه‌بعدی را برای مدل‌سازی فراهم می‌سازد.

ساختار این کتابخانه از سه جزء اصلی تشکیل می‌گردد، در قسمت اول امکان خواندن مدل‌های مختلف سه‌بعدی در فرمت‌های گوناگون به کاربر داده می‌شود، در قسمت بعدی که مربوط به پردازش داده‌ها است، امکان برنامه‌نویسی و استفاده از الگوریتم‌های موردنیاز برای استخراج روابط مکانی و انجام تحلیل‌های مختلف فراهم می‌شود؛ و درنهایت با بهره‌گیری از توپولوژی جبری مورد استفاده در این کتابخانه که تحت عنوان نگاشت[2] بیان می‌گردد،

1- Point Cloud Library (PCL)

2- Mapper

امکان مدل‌سازی داده‌ی موردنظر فراهم می‌شود. از جمله پیش‌فرض‌های مورد استفاده در این کتابخانه می‌توان به موارد نشان داده‌شده در (جدول ۱) نیز اشاره کرد.

جدول ۱: پیش‌فرض‌های مورد استفاده در VTK

۳ بعدی	۲ بعدی	۱بعدی
چهاروجهی[1]	مثلث	گره
شش وجهی[2]	نوار مثلثی[3]	چند گره[4]
و کسل[5]	چهارضلعی[6]	خط
	پلی‌گون	چند خط[7]

پس از تولید داده‌های شبیه‌سازی شده و استخراج روابط اشتراکی بین هرم و کره، به بررسی داده‌های به دست آمده از حسگر کینکت پرداخته می‌شود. در راستای تولید داده‌های قطعه‌بندی شده‌ی مناسب، جهت اعمال الگوریتم اشتراک یابی، از روش قطعه‌بندی اقلیدسی متناسب با کتابخانه‌ی ابر نقاط استفاده شده است؛ که اساس این روش قطعه‌بندی بر مبنای تعریف آستانه‌ی فاصله برای قطعه‌بندی ابر نقاط است. پس از تعیین این آستانه با بهره‌گیری از یک روش جست‌وجو مبنا، نقاط موجود در فاصله‌ی بیان‌شده به‌عنوان یک خوشه در نظر گرفته می‌شوند و این روند تا تکمیل خوشه‌ها و قطعه‌بندی تمامی نقاط موجود در ابر نقاط ادامه می‌یابد.

٤-١- تهیه‌ی داده‌های نمونه

همان‌طوری که در قسمت‌های قبلی اشاره شد، داده‌های نمونه مورد استفاده در این مقاله کره و هرم می‌باشند که فرآیند ایجاد این داده‌ها مبتنی بر رویکرد شئ گرای مورد استفاده در کتابخانه‌ی بصری سازی صورت می‌گیرد. روش مدل‌سازی این اشکال با استفاده از روش‌های موجود در کلاس vtkSmartPointer در قسمت مربوط به داده‌ی شئ‌ای انجام می‌شود. این کلاس قابلیت ایجاد داده‌های موردنظر را متناسب با پیش‌فرض‌های پشتیبانی شده به کاربر می‌دهد. به این صورت که کاربر قادر خواهد بود نوع شکل هندسی موردنظر خود را انتخاب نماید و پس از آن ویژگی‌های مورد نظر برای شکل انتخاب شده را با استفاده از روش‌های مورد نظر در این کلاس انجام دهد. از جمله‌ی این روش‌ها در مورد داده‌ی کره می‌توان به توابع تعیین شعاع[8] و تعیین مرکز[9] اشاره کرد.

داده‌های شبیه‌سازی شده‌ی کره و هرم از لحاظ حد تفکیک با یکدیگر متفاوت می‌باشند، نتیجه‌ی این تفاوت قائل شده در مدل‌سازی، در استخراج روابط توپولوژی مشخص می‌گردد. در ارتباط با داده‌های با حد تفکیک بالا روابط توپولوژی استخراج‌شده نیز دقیق‌تر می‌باشند.

نگاره ۹: داده‌های شبیه‌سازی شده؛ الف، ب- کره در حد تفکیک‌های مختلف؛ ج، د- هرم در حد تفکیک‌های مختلف

تفاوت دو کره‌ی نمایش داده‌شده در روند مدل‌سازی به این صورت است که کره‌ی با حد تفکیک کمتر (نگاره ۹-الف) شامل ۸۲ نقطه و ۱٦۰ سطح مثلثی است، در حالی که کره‌ی با حد تفکیک بالاتر (نگاره ۹-ب) شامل ۲٤۰۲ نقطه و ٤۸۰۰ سطح مثلثی است.

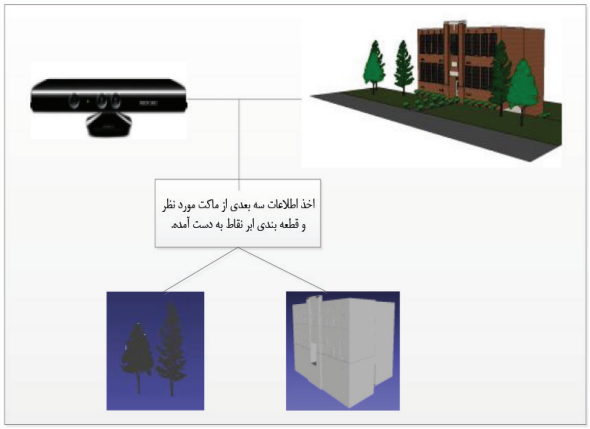
در ارتباط با ایجاد اشکال هرم نیز روش استفاده متناسب با رویکرد فرآیندی[10] صورت می‌گیرد که در این رویکرد با فراخواندن اشیاء مورد نظر از قسمت مرجع[11] کتابخانه و اعمال توابعی نظیر تعیین مرکز و ارتفاع، شئ مورد نظر ایجاد می‌گردد.

تفاوت ساختاری دو هرم ایجاد شده به این صورت می‌باشند که هرم با حد تفکیک کمتر (نگاره ۹-ج) دارای ٦

1- Tetrahedron
2- Hexahedron
3- Triangle-strip
4- Poly-vertex
5- Voxel
6- Quadrilateral
7- Poly-line
8- SetRadius
9- SetCenter
10- Procedural approach
11- Source

نقطه و ٦ سطح است، در حالی که هرم با حد تفکیک بالاتر (نگاره ۹-د) از ٤١ نقطه و تعدادی سطح ایجاد شده است.

از آنجایی که نیاز است در نسل GIS فراگستر با بهره‌گیری از فنّاوری رایانش فراگستر امکاناتی برای انجام تحلیل‌های مکانی برقرار گردد، در این قسمت از داده‌های به دست آمده از حسگر کینکت به عنوان یک ابزار مورد استفاده در رایانش فراگستر جهت اخذ اطلاعات از یک ماکت ساختمانی، استفاده شده است.

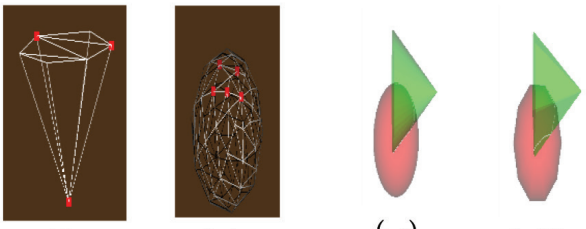


نگاره ۱۰: تهیه‌ی نمونه داده‌ی ساختمان با استفاده از فنّاوری رایانش فراگستر

نتایج به دست آمده پس از پیاده‌سازی الگوریتم مورد نظر «نگاره ۸» برای مجموعه داده‌های کره- هرم در راستای بررسی توپولوژی جبری و مجموعه نقاط در «نگاره ۱۱» نمایش داده شده است.

همان‌طوری که در این نگاره دیده می‌شود تفاوت حد تفکیک‌های کم و زیاد در مدل‌سازی اشیاء کره و هرم در خروجی به دست آمده از استخراج روابط توپولوژی به وضوح مشخص است. از طرف دیگر نتایج به دست آمده پس از انجام جستارهای مورد نظر برای تکمیل اطلاعات مرتبط با توپولوژی جبری در ارتباط با یافتن نقاط موجود در همسایگی با یک گره‌ی مشخص در «نگاره ۱۱-ج، د» ارائه شده است.

در «نگاره ۱۱-ج» نتیجه‌ی جستار توپولوژی جبری برای نقاط موجود در همسایگی گره با ID برابر ۵ در داده‌ی شبیه‌سازی شده برای کره نمایش داده شده است. در ارتباط با شئ هرم نیز می‌توان همین رویکرد را تکرار کرد. نتایج به دست آمده برای گره‌های همسایه با گره با ID=5 در مخروط مورد نظر در «نگاره ۱۱- د» نمایش داده شده است.


(الف) (ب) (ج) (د)

نگاره ۱۱: نتایج استخراج روابط توپولوژی مجموعه نقاط و جبری برای داده‌های شبیه‌سازی شده؛ الف- رابطه‌ی اشتراک با رزولوشن کمتر؛ ب- رابطه‌ی اشتراک با رزولوشن بیشتر؛ ج، د- یافتن نقاط در همسایگی گره با id=5

جدول ۲: اطلاعات توپولوژی جبری گره با ID=5؛ الف- در مخروط با رزولوشن کم؛ ب- در ساختمان موردنظر

(الف)

نحوه‌ی اتصال گره‌ی ۵ با سایر گره‌ها	ID گره‌های موجود در سطح	ID سطوح شامل گره ۵
٤	٥ و ٤	٧
٣	٣ و ٥	٨
٦	٥ و ٦	١١
٤	٥ و ٤	٧

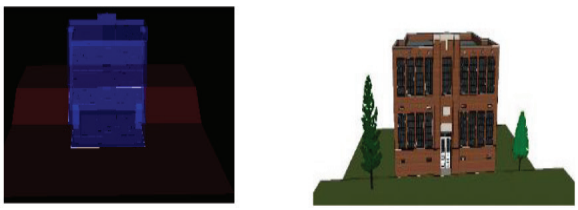
(ب)

نحوه‌ی اتصال گره‌ی ۵ با سایر گره‌ها	ID گره‌های موجود در سطح	ID سطوح شامل گره ۵
٤	٤ و ٥	٧
١	٥ و ١	٨
٦	٦ و ٥	١٣٥
٥٦	٥ و ٥٦	١٣٦

در (جدول ۲) اطلاعات توپولوژی مرتبط با گره‌های موجود در همسایگی گره با ID=5 برای داده‌ی مخروطی استخراج شده است.

این اطلاعات شامل ID سطوحی که شامل این گره‌ها و نیز نحوه‌ی اتصال بین گره‌ها است، نمایش داده شده است. ID سطوحی که شامل گره با ID=5 می‌باشند برابر با ۷،۸ و ۱۱ است.

با اطلاعات موجود در «جدول ۲» می‌توان دریافت که ID گره‌های متصل به گره با ID=5 برابر ۳،٤ و ٦ می‌باشند. با تعمیم دادن الگوریتم مورد نظر برای داده‌های اخذ شده توسط حسگر هوشمند کینکت، تحلیل‌های توپولوژی مرتبط با عارضه‌ی ساختمان نیز صورت گرفته است. ازجمله آن‌ها می‌توان به کسب اطلاعات مرتبط با توپولوژی جبری مانند تعداد گره‌ها، لبه‌ها و سطوح به‌کاررفته در مدل اخذشده توسط کینکت اشاره کرد و از طرف دیگر اطلاعات لازم برای مشخص شدن مرز ساختمان و همچنین تعداد طبقه‌های به‌کاررفته در آن، اطلاعاتی را به دست آورد.



(الف) (ب)

نگاره ۱۲: الف- عارضه‌های مورداستفاده در تحلیل توپولوژی مجموعه نقاط؛ ب- استخراج ناحیه‌ی اشتراکی بین ساختمان و زمین

در نهایت با پیاده‌سازی الگوریتم بیان شده در «نگاره ۸» قابلیت استخراج منطقه‌ی اشتراکی بین زمین و ساختمان به دست آمده است (نگاره ۱۲).

٦- نتیجه‌گیری

استفاده از رویکردهای شئ گرا برای مدل‌سازی اشیاء مختلف با در نظر گرفتن ویژگی‌های هندسی از قبیل موقعیت و توجیه، شکل و اندازه و همچنین توپولوژی مورد استفاده امکان استخراج روابط مکانی را با استفاده از الگوریتم‌های مورد نظر فراهم می‌سازد.

از آنجایی که این الگوریتم‌ها مبتنی بر روش‌های هندسی مدل‌سازی شده‌اند، امکان بررسی روابط توپولوژی را در دو قالب بصری‌سازی و انجام جستارهای مکانی فراهم می‌سازند.

در حالت بصری‌سازی برای توپولوژی مجموعه نقاط، رابطه‌ی اشتراک بین عوارض شبیه‌سازی شده و استخراج شده از کینکت فراهم گردید شده است.

در حالت توپولوژی جبری از رویکرد جستار مبنا برای یافتن نقاط و لبه‌های مشترک که در پایگاه داده برای شئ ذخیره شده بود، بررسی گردید.

به عنوان نتیجه از این مقاله می‌توان دریافت که در راستای توسعه‌ی مدل داده‌های سنتی به مدل داده‌های فراگستر با در نظر گرفتن امکانات از قبیل ابزارهای موجود در رایانش فراگستر می‌توان بستری برای انجام تحلیل‌های مکانی در این نوع مدل داده‌ها ایجاد کرد.

از این رو در مقاله حاضر با استفاده از حسگر کینکت به عنوان یک ابزار ارزان قیمت مورد استفاده در رایانش فراگستر روابط توپولوژی مجموعه نقاط و توپولوژی جبری از ماکت ساختمانی مورد نظر استخراج گردید.

بهره‌گیری از این حسگر می‌تواند قابلیت مدل داده‌های فراگستر برای استخراج روابط توپولوژی را افزایش دهد. بهره‌گیری از مدل داده‌های فراگستر نسبت به مدل داده‌های سنتی قابلیت تعامل با محیط پیرامون را افزایش می‌دهد و از طرف دیگر امکان انجام تحلیل‌های مکانی توسط حسگرهای مختلف را به کاربر می‌دهد. ارائه‌ی یک زبان برای مدل داده ارائه‌شده در این مقاله ازجمله اهداف آتی مقاله به شمار می‌رود.

منابع و مآخذ

1- Alexandroff, P. (2012). Elementary concepts of topology. Courier Corporation.

2- Choi, J. W., Kim, S. A., Lertlakkhanakul, J., & Yeom, J. H. (2008, September). Developing ubiquitous space information model for indoor gis service in ubicomp environment. In Networked Computing and Advanced Information Management, 2008. NCM'08. Fourth International Conference on (Vol. 2, pp. 381-388). IEEE.

3- De Hoop, S., van der Mey, L., & Molenaar, M. (1993). Topological relationships in 3D vector maps.

4- Gruen, A., & Wang, X. (1998). CC-Modeler: a topology generator for 3-D city models. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 53(5), 286-295.

5- Kim, J. S., Kang, H. Y., Lee, T. H., & Li, K. J. (2009, May). Topology of the prism model for 3D indoor spatial objects. In 2009 Tenth International Conference on Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware (pp. 698-703). IEEE.

6- Ma, J., Yang, L. T., Apduhan, B. O., Huang, R., Barolli, L., & Takizawa, M. (2005). Towards a smart world and ubiquitous intelligence: a walkthrough from smart things to smart hyperspaces and UbicKids. International Journal of Pervasive Computing and Communications, 1(1), 53-68.

7- Molenaar, M. (1990). A formal data structure for three-dimensional vector maps.

8-11 Pilouk, M. (1996). Integrated modelling for 3D GIS.

9- Poslad, S. (2011). Ubiquitous computing: smart devices, environments and interactions. John Wiley & Sons.

10-Rikkers, R., Molenaar, M., & Stuiver, J. (1993). A query oriented implementation of a 3D topologic datastructure.

11- Schilit, B., Adams, N., & Want, R. (1994, December). Context-aware computing applications. In Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on (pp. 85-90). IEEE.

12-Shibasaki, R., & Shaobo, H. A. (1992). Digital Urban Space Model-A Three Dimensional Modeling technique of Urban Space in a GIS Environment, ISPRS XVIIth Congress, Washington DC, USA, Vol. XXIX, Part B, 4, 257-264.

13-Vretanos, P. A. (2005). OpenGIS (R) Filter Encoding Implementation Specification.

14-Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. Scientific american, 265(3), 94-104.

15-Wu, L. (2004). Topological relations embodied in a generalized tri-prism (GTP) model for a 3D geoscience modeling system. Computers & Geosciences, 30(4), 40

16-Zlatanova, S. (2000). 3D GIS for urban development. International Inst. for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC).