

ارائه‌ی یک مدل داده‌ی فراگستر به منظور استخراج روابط مکانی

سید محسن موسوی^{۱*}، ابوالقاسم صادقی نیارکی^۲، علی حسینی نوه احمدآبادیان^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه خواجه

نصیرالدین طوسی

sm_kh13@yahoo.com

^۲ استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

{a.sadeghi, hosseininaveh}@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت فروردین ۱۳۹۶، تاریخ تصویب آذر ۱۳۹۶)

چکیده

قابلیت استفاده از اطلاعات مکانی در زمان‌ها و مکان‌های مختلف بر اساس استفاده از تکنولوژی فناوری اطلاعات (IT) و زیرساخت‌های مختلف مانند شبکه‌ی حسگرها، اینترنت و ارتباطات مورد نیاز در سیستم، نیازمند بهره‌گیری از مدل داده‌ی مکانی فراگستر در این زمینه است که قابلیت‌های سرویس دهی در هر مکان، با هر دستگاه، برای هر کاربر، توسط هر داده را فراهم سازد. لازم به ذکر است که به منظور ایجاد یک مدل داده‌ی فراگستر مبتنی بر GIS فراگستر نیاز به استفاده از استانداردهای نرم افزاری و سخت افزاری مناسب در این زمینه خواهد بود. استفاده از این استانداردها نقش مهمی در تبادل مناسب اطلاعات بین بخش‌های مختلف سیستم‌های مورد استفاده در GIS فراگستر را خواهند داشت. هدف این مقاله ارائه‌ی یک مدل داده‌ی فراگستر به منظور استخراج روابط مکانی مبتنی بر استانداردهای مناسب در راستای پوشش دادن سرویس‌های GIS فراگستر در حوزه‌ی استخراج روابط مکانی است. روش‌های مورد استفاده در ارتباط با انواع روابط مکانی از قبیل روابط جهتی، تصویری، فاصله‌ای و توپولوژی در این مقاله بیان خواهد شد. از آنجایی که نمی‌توان با استفاده از یک روش معین، روابط مکانی مختلف را از اشیاء به دست آمده توسط حسگرها استخراج کرد، از روش bounding box در مدل داده‌ی ارائه شده به عنوان یک روش مبتنی بر اطلاعات سه بعدی به دست آمده از حسگر کینکت، به عنوان یک حسگر نمونه جهت استخراج روابط توپولوژی استفاده شده است. توسعه‌ی یک زبان مکانی تحت عنوان Ubi-OCL برای بیان المان‌های مورد استفاده در مدل داده‌ی ارائه شده بستری برای تعامل پذیری بالاتر بین کاربر و این مدل داده ایجاد می‌سازد. در این زبان امکان انتخاب نوع حسگر و نوع رابطه‌ی مکانی به کاربر داده می‌شود از این رو متناسب با شرایط انتخاب شده روابط مکانی استخراج می‌گردد. در ارتباط با ارزیابی نتایج به دست آمده از عملکرد این زبان به نمایش رابطه‌ی مکانی توپولوژی از داده‌ی فراهم شده در این زمینه پرداخته خواهد شد. نتایج به دست آمده از این مقاله بیانگر قابلیت‌های مدل داده‌ی فراگستر ارائه شده برای استخراج روابط مکانی در GIS فراگستر است.

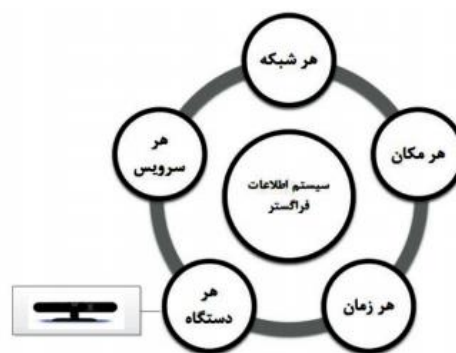
واژگان کلیدی: مدل داده‌ی فراگستر، استخراج روابط مکانی، GIS فراگستر، زبان مکانی Ubi-OCL

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

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 تکنولوژی‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات (IT)^۱ و زیرساخت‌های مختلف مانند شبکه‌ی حسگرها و اینترنت قابلیت تعامل پذیری کاربر با محیط افزایش پیدا می‌کند. اجزای مورد استفاده در سیستم اطلاعات فراگستر در (شکل ۱) نمایش داده شده است.

GIS فراگستر مجموعه‌ای از مفاهیم، عملکردها و استانداردهایی است که سیستم اطلاعات مکانی را مجهز به استفاده از قابلیت‌های رایانش فراگستر^۲ در کاربردهای مختلف می‌سازد. استفاده‌ی هر کاربر از هر سرویس GIS فراگستر، در هر زمان و مکان توسط هر حسگر در قالب هر شبکه اشاره به این موضوع دارد. در راستای بهره‌برداری از سرویس‌های فراگستر نیازمند استفاده از یک مدل داده‌ی فراگستر در این زمینه است که قابلیت‌های سرویس‌دهی در هر مکان و هر زمان با هر دستگاه برای هر کاربر توسط هر داده را فراهم سازد.



شکل ۱- اجزای به کار رفته در GIS فراگستر

بهره‌گیری از یک مدل داده‌ی مکانی، متناسب با قابلیت‌های رایانش فراگستر، امکان استخراج روابط مکانی در هر زمان و هر مکان را در قالب هر سرویس فراهم می‌سازد. برای بیان روابط مکانی، روش‌های گوناگونی مورد بررسی قرار می‌گیرند که هر کدام از آن‌ها به جنبه‌ای خاص از فضای محیط مرتبط می‌شوند. یک رابطه‌ی

مکانی متناسب با شرایط مورد نظر می‌تواند در یکی از قالب‌های چهارگانه‌ی روابط جهت^۳، فاصله مبنای^۴، تصویری^۵ و توپولوژی قرار بگیرد.

توپولوژی از جمله ویژگی‌های اساسی فضا به شمار می‌رود که بیشتر از سایر روابط مورد توجه قرار گرفته است. مدل داده‌ی ارائه شده در این مقاله تحت عنوان "مدل داده‌ی مکانی فراگستر UGDM"^۶، روابط مکانی مختلف از جمله روابط جهتی، فاصله مبنای، تصویری و توپولوژی را پوشش می‌دهد. و از طرف دیگر امکان استخراج این روابط را متناسب با الگوهای مدل سازی فراهم می‌سازد.

لازم به ذکر است که به منظور ایجاد یک مدل داده‌ی فراگستر مبتنی بر GIS فراگستر نیاز به استفاده از استانداردهای نرم افزاری و سخت افزاری مناسب در این زمینه خواهد بود. استفاده از این استانداردها نقش مهمی در تبادل مناسب اطلاعات بین بخش‌های مختلف سیستم‌های مورد استفاده در GIS فراگستر را خواهند داشت. از این رو در این مقاله به استانداردهای مورد استفاده در GIS فراگستر و همچنین مدل داده‌ی ارائه شده پرداخته شده است.

هدف این مقاله ارائه‌ی یک مدل داده‌ی فراگستر (UGDM) به منظور استخراج روابط مکانی مبتنی بر استانداردهای مناسب در راستای پوشش دادن سرویس‌های GIS فراگستر در حوزه‌ی استخراج روابط مکانی است. استفاده از یک مدل داده‌ی فراگستر نسبت به مدل داده‌های سنتی مورد استفاده در سیستم اطلاعات مکانی نسل‌های قبلی، امکان استخراج روابط مکانی را در هر زمان و مکان با استفاده از هر وسیله در قالب سرویس‌های مختلف را فراهم می‌سازد.

در بخش پیشینه‌ی تحقیق روابط مکانی مختلف و همچنین استانداردهای مورد نیاز برای مدل سازی روابط مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در بخش سوم به بیان مدل داده‌ی ارائه شده در این مقاله برای استخراج روابط مکانی پرداخته شده است. در بخش چهارم به الگوی مدل سازی روابط مکانی در مدل داده پرداخته شده است. در بخش

^۳ directional

^۴ Distance-based

^۵ projection

^۶ Ubiquitous Geospatial Data Model

^۱ Information Technology

^۲ Ubiquitous computing

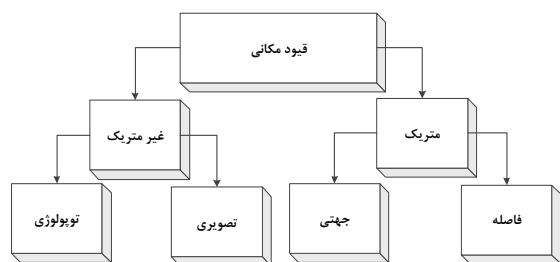
پنجم یک زبان مکانی برای ارتقای تعامل پذیری کاربر با مدل داده‌ی مکانی توسعه داده شده است. و در نهایت نتایج به دست آمده از استخراج رابطه‌ی توپولوژی اشتراک به صورت نمونه از مدل داده، نمایش داده شده است.

۲- پیشینه‌ی تحقیق

لحاظ کردن قیود مکانی به عنوان یک موضوع اصلی، کمک به درک درستی از روابط مکانی در محیط می‌کند. در سال ۲۰۰۰ شخصی به نام Waller در ارتباط با مطالعه‌ی یادگیری کجایی افراد روابط مکانی را به دو گروه، متریک و غیر متریک طبقه بندی کرد [۱]. هدف اصلی او از این کار استخراج روابط مشترک بین این دو گروه بود. در روابط متریک که بر پایه‌ی فاصله و زاویه استوار بودند استخراج روابط مکانی وابسته به اطلاعاتی از قبیل مختصات دو شیء و هو چنین زاویه‌ی بین آن‌ها محدود می‌شد. در حالی که در روابط غیر متریک بیشتر به اطلاعاتی از قبیل همسایگی‌های و جهت‌های بیان شده در گروه توپولوژی و گروه جهتی محدود می‌گردید. نتایج به دست آمده از این تقسیم بندی حاکی از اهمیت روش‌های غیر متریک برای درک کجایی کاربر در مکان‌های مختلف بود، از این رو در سال‌های بعد بر روی روابط غیر متریک بیشتر تمرکز شد.

در سال ۲۰۰۴ شخصی به نام Cockroft قیود مکانی را به دو گروه قیود ثابت و قیود پویا تقسیم بندی کرد [۲]. قیود ثابت به قیودی تعلق می‌گرفت که به مرور زمان تغییر نکرده و ثابت بودند مانند اینکه نمی‌شود بیان کرد صندلی در هوا معلق است. در حالی که قیود پویا امکان تغییر کردن از نقطه نظر مکانی را دارند. برای نمونه روابط مکانی مرتبط با فاصله برای دو شیء مختلف در مکان‌های متفاوت ثابت نمی‌باشد. با توجه به قیود ثابت این شخص تمایزی بین قیود توپولوژی، معنایی و قوانین تعریف شده توسط کاربر ارائه کرده است. در این حالت قیود توپولوژی مرتبط با ویژگی‌های هندسی تعریف می‌شوند برای نمونه اینکه پلی گون باید بسته باشد. در ارتباط با قیود معنایی متناسب با معنا مفهوم بیان می‌شود برای نمونه اینکه جاده نمی‌تواند داخل دریاچه قرار بگیرد. و در مورد قوانین تعریف شده توسط کاربر نیز امکان بررسی قیود مکانی موجود می‌باشد.

Louwsma در سال ۲۰۰۶ با اضافه کردن تعدادی معیار به قیود بیان شده توسط Cockroft تقسیم بندی قیود مکانی را کامل تر و جامع تر نمود [۳]. از جمله معیارهای مورد استفاده توسط او، بیان تعداد اشیاء، کلاس‌ها و یا صفات مورد مقایسه برای استخراج روابط مکانی می‌باشد. معیار دیگر نوع رابطه‌ی مکانی مورد بررسی برای استخراج روابط است. برای نمونه می‌توان به رابطه‌ی توپولوژی و یا رابطه‌ی فاصله اشاره کرد. از طرف دیگر ابعاد مورد نظر را نیز به این معیارها اضافه کرد. در حالت کلی می‌توان قیود مکانی مورد استفاده در فضاهای سه بعدی را می‌توان به صورت (شکل ۲) تقسیم بندی نمود. بر مبنای شکل نمایش داده شده، طرح کلی روش‌های پیاده سازی شده برای استخراج روابط مکانی در فضای سه بعدی نمایش داده شده است. از جمله ملزومات دیگر برای لحاظ کردن در قیود مکانی نمایش داده شده، می‌توان به تعداد هستنده‌های مورد بررسی و یا تنوع کلاس‌ها و صفات آن‌ها نیز توجه داشت که در فرآیند مدل سازی مکانی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در قسمت بعدی با بررسی دقیق تر جزئیات مرتبط به هر قید مکانی نمایش داده شده در (شکل ۲) که شامل مدل‌های توپولوژی، تصویری، جهتی و فاصله‌ای می‌باشند به فعالیت‌های پرداخته شده در این زمینه اشاره خواهد شد.

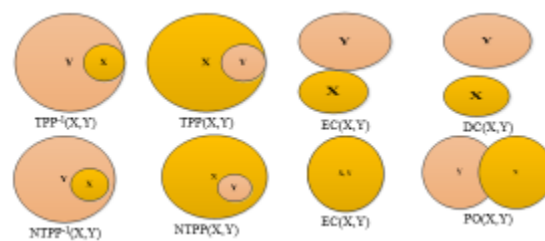


شکل ۲- چارچوب‌های قیود مکانی مورد استفاده در فضاهای سه بعدی

۲-۱- چارچوب‌های مدل سازی روابط توپولوژی

از آن جایی که توپولوژی یکی از ویژگی‌های مهم فضای مکانی به شمار می‌رود، روابط مورد نظر نیز در این فضا استخراج می‌شوند. روابط توپولوژی در طی تغییرات توپولوژیکی همچون دوران، تغییر مقیاس و یا جابجایی بدون تغییر باقی می‌مانند و روابط خود را حفظ می‌کنند.

دو رویکرد اساسی برای مدل سازی روابط توپولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به محاسبه‌ی منطقه‌ی ارتباطی^۱ توسط Randell در سال ۱۹۹۲ [۴] و همچنین روش استفاده از مدل ۹- اشتراکی توسط Egenhofer در سال ۱۹۹۱ [۵] اشاره کرد. بر مبنای سطوح مختلف ارتباطی بین دو منطقه‌ی مورد نظر، مدل RCC با تعریف هشت رابطه‌ی پوشش دهنده که عبارت اند از: "عدم اتصال"^۲، "اتصال از خارج"^۳، "اشتراک جزئی"^۴، "مماس بودن"^۵، "مماس بودن معکوس"^۶، "عدم مماس بودن"^۷، "عدم مماس بودن معکوس"^۸ و در نهایت رابطه‌ی "برابری"^۹ که هشت مدل تعریف شده توسط مدل RCC-8 را تشکیل می‌دهند (شکل ۳)، روابط مکانی را استخراج می‌کند.

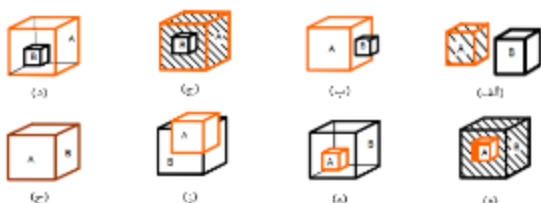


شکل ۳- هشت رابطه‌ی بیان شده در مدل RCC-8

متعاقباً برای مدل سازی روابط توپولوژی، Egenhofer با ارائه‌ی یک ماتریس ۳*۳ که مبتنی بر پوشش دادن ۹ حالت مختلف اشتراکی بین مناطق مورد نظر می‌باشد، مدل ۹- اشتراکی را مطرح کرد. در این مدل مناطق داخلی (°)، مناطق خارجی (—) و مناطق مرزی (∂) مدل سازی شده و ارتباط اشتراکی این مناطق با استفاده از حالت باینری صفر و یک در ماتریس مورد نظر قرار داده می‌شوند. از این رو با مدل سازی مناطق داخلی، خارجی و مرزی امکان استخراج روابط مختلف بین دو شیء مورد نظر فراهم می‌گردد. روابط بیان شده عبارتند از: "انفصال"^{۱۰}، "تماس"^{۱۱}، "اشتراک"^{۱۲}، "درون"^{۱۳}، "پوشش"^{۱۴}،

"شمول"^{۱۵}، "پوشش"^{۱۶} و "برابری"^{۱۷} که متناسب با مدل سازی RCC-8 صورت می‌گیرد.

از جمله کاربردهای اخیر این مدل توسط Zlatanova در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۴، بررسی تعداد روابط توپولوژیکی میان چهار نوع داده‌ی مختلف از قبیل: نقطه، خط، سطح و حجم در فضای سه بعدی، مورد استفاده قرار گرفته است [۶ و ۷]. به عنوان نتیجه ۶۹ رابطه‌ی مکانی که امکان وجود دارند بین این نوع داده‌ها استخراج گردیده شد. در حقیقت بین دو شیء در فضای سه بعدی ۸ رابطه امکان وقوع دارد.



شکل ۴- استفاده از مدل ۹- اشتراکی برای روابط ممکن بین دو شیء سه بعدی؛ الف- رابطه‌ی انفصال؛ ب- رابطه‌ی تماس؛ ج- رابطه‌ی شمول؛ د- رابطه‌ی پوشش؛ ه- رابطه‌ی درونی؛ و- رابطه‌ی پوشش با؛ ز- رابطه‌ی اشتراک؛ ح- رابطه‌ی برابری

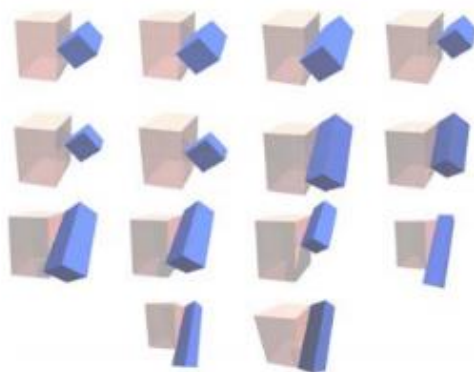
در سال ۲۰۰۲ آقای Li برای استخراج روابط مکانی، الگوریتمی منطبق بر جبر مکانی ورونی مینا^{۱۸} ارائه کرد [۸]. در این الگوریتم با بهره‌گیری از عملگرهای مناسب همسایگی‌های موجود بین اشیاء مکانی مورد بررسی قرار می‌گیرند. از سه مقدار به عنوان نتایج به دست آمده از عملگر مورد استفاده جهت استخراج روابط استفاده می‌شود که عبارتند از: محتوا، ابعاد و تعداد اجزاء متصل. استفاده از منطقه‌ی ورونی مرتبط با اشیاء، تعامل شیء با همسایگی آن را ارتقاء می‌بخشد.

رویکرد دیگری که توسط Shi و Guo در همین سال مطرح شد [۹] بر مبنای مدل سازی نامعین روابط توپولوژیکی به استخراج روابط مورد نظر می‌پردازد. در این روش ابتدا پس از مروری بر تعاریف مرتبط در مورد اشیاء نامعین در فضا، به بیان یک ساختار یکپارچه برای نمایش اشیاء مکانی معین و نامعین پرداخته می‌شود. در مرحله‌ی دوم با بیان یک چارچوب به نمایش روابط توپولوژیکی بین اشیاء نامشخص می‌پردازد و در نهایت الگوریتمی برای مشخص کردن این روابط توپولوژی ارائه می‌کند.

^{۱۴} Covered by
^{۱۵} contain
^{۱۶} cover
^{۱۷} equal
^{۱۸} Voronoi-based spatial algebra

^۱ Region Connection Calculus (RCC)
^۲ Disconnected(DC)
^۳ externally connected(EC)
^۴ partially overlap(PO)
^۵ tangential proper part(TPP)
^۶ tangential proper part inverse(TPP-1)
^۷ None- tangential proper part (NTPP)
^۸ None- tangential proper part inverse (NTPP-1)
^۹ Equal (EC)
^{۱۰} disjoint
^{۱۱} meet
^{۱۲} overlap
^{۱۳} inside

بعدی با تمام المان های بعدی شیء دیگر مقایسه می شود. ابتدا تمام شیء اول به عنوان یک المان دو بعدی با تمام المان های صفر، یک و دوبعدی شیء دوم استخراج می گردد و سپس المان یک بعدی شیء اول با تمام المان های شیء دوم ادامه پیدا می کند. رابطه های مکانی که امکان استخراج آن ها توسط مدل ابعادی برای اشیاء سه بعدی صورت می پذیرد در (شکل ۵) نمایش داده شده اند.



شکل ۵- ارتباط های ممکن که با استفاده از مدل ابعادی از دو شیء سه بعدی استخراج می شود

۲-۲- مدل سازی تصویری

روابط تصویری نیز مانند روابط توپولوژی در تغییرات تصویری، ناورداء^۶ می باشند. یکی از مثال های مورد استفاده برای ناوردا بودن روابط تصویری قرار گرفتن بر روی یک خط راست^۷ به عنوان مثال مطرح می شود. فرض کنید سه نقطه ی A، B و C که روی یک خط قرار دارند بعد از اعمال تغییرات تصویری روی همان خط باقی می مانند و فقط بر روی خط جا به جا می شوند.

بر مبنای نظریه ی قرار گرفتن روی یک خط، مدل ۵- اشتراکی به منظور استخراج روابط پنجگانه بین نقطه ی A و دو نقطه ی B و C برقرار می گردد [۱۲]. این روابط پنجگانه استخراج شده بین این نقاط عبارتند از: "قبل"^۸، "بعد"^۹، "بین"^{۱۰}، "چپ"^{۱۱} و "راست"^{۱۲}. در شکل (۶) روابط استخراج شده با استفاده از مدل سازی تصویری نشان داده شده است.

پیشرفت های بعدی در این زمینه منجر به توسعه ی روابط توپولوژیکی در سیستم اطلاعات مکانی^۱ توسط Liu و Shi در سال ۲۰۰۳ شد [۱۰]. در ابتدا با مشخص کردن یک تعریف جدید در ارتباط با روابط بین دو شیء به استخراج روابط توپولوژی مختلفی پرداخته شد. از جمله ویژگی های توپولوژی برای استخراج این روابط شامل میزان فشردگی، همسایگی، توپولوژی شبه فضایی^۲ و همچنین گروه اول اساسی^۳ و غیره می باشند.

بر مبنای الگوریتم توسعه ای ارائه شده امکان یافتن تعداد روابط توپولوژی برای هر تعداد شیء امکان پذیر می گردد. که با استفاده از رشته ای از ماتریس ها این تعداد رابطه تخمین زده می شود. در ادامه با بهره گیری از این روابط توسعه یافته امکان استخراج روابط توپولوژی بین دو مجموعه ی محدب با بهره گیری از ویژگی های توپولوژی و رشته ای از ماتریس های ۴*۴ فراهم شده است.

یکی دیگر از روش های مورد استفاده برای استخراج روابط توپولوژی بهره گیری از مدل ابعادی^۴ بر مبنای فضای افاین^۵ و شکل های محدب صورت می گیرد. تعریف این مدل توسط Billen در سال ۲۰۰۲ مطرح شده است [۱۱].

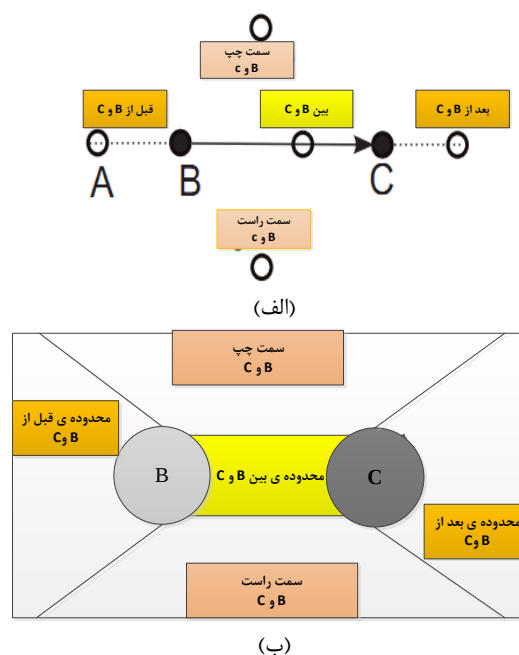
در این قسمت به نمونه ای از این روش پرداخته می شود. با در نظر گرفتن یک مثلث در فضای دو بعدی، نقاط تشکیل دهنده ی این مثلث به عنوان رئوس دارای بعد صفر در نظر گرفته می شوند، از طرف دیگر نقاط قرار گرفته بر روی لبه های مثلث دارای مرتبه ی یک می باشند و نقاطی که دارای مرتبه ی دو هستند در داخل مثلث قرار می گیرند.

با استفاده از این فرمالیزه کردن اطلاعات، اشیاء مکانی تعریف و روابط بین آن ها استخراج می گردد. در ارتباط با فضای اقلیدسی سه بعدی، از چهار المان بعدی که شامل ابعاد صفر، یک، دو و سه بعدی می باشد استفاده می گردد. برای نمونه یک پلی گون دارای المان های دو بعدی، یک بعدی و صفر بعدی است.

برای استخراج روابط بین دو شیء مختلف نیز می توان با استفاده از این فرمول روابط را استخراج کرد. برای این منظور ارتباط ابعادی بین یک شیء به صورت المان دو

^۶ invariant
^۷ collinearity
^۸ before
^۹ after
^{۱۰} between
^{۱۱} Left side
^{۱۲} Right side

^۱ Geographic Information System(GIS)
^۲ Subspace topology
^۳ first fundamental group
^۴ Dimensional model(DM)
^۵ Affine space



شکل ۶- مدل سازی تصویری؛ الف- روابط پنجگانه به صورت خطی؛ ب- استخراج روابط تصویری در حالت ناحیه‌ای

با بررسی نمونه های مختلف در این راستا می توان بیان کرد که فاصله ی مطلق قابل توصیف به صورت کیفی و کمی می باشد. نمایش کمی و عددی فاصله مبتنی بر محاسبه ی ساده ی فاصله مکانی اشیاء از یکدیگر صورت می گیرد. در حالی که بیان کیفی فاصله ی عددی به دست آمده از اشیاء با استفاده از تقسیم بندی فضا به نواحی مختلف با اندازه های گوناگون انجام می شود، به این صورت که فواصل محاسبه شده نسبت به یکدیگر سنجیده می شوند. به بیان دیگر، بیان کیفی فواصل منطبق با فواصل نسبی برای سنجش فاصله نسبت به اشیاء دیگر استفاده می شود.

در سال ۱۹۹۵ Hernandez مراتب مختلفی برای استخراج روابط فاصله ای بین اشیاء قرار داد [۱۴]. یکی از مرتبه های طبقه بندی فواصل شامل مواردی نظیر: "نزدیک"، "دور" و "متوسط" بیان گردیده شده است. و یا در حالت های دیگر از عباراتی نظیر "خیلی نزدیک" و "خیلی دور" نیز استفاده شده است.

۲-۴- مدل های جهتی

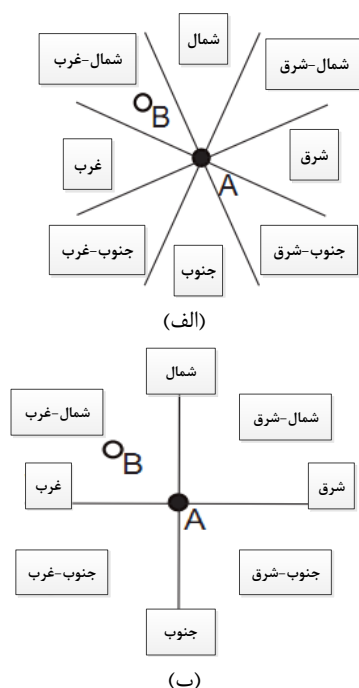
بر خلاف روابط توپولوژی و تصویری که غیر متریک می باشند، استفاده از روابط جهتی هم چون رابطه ی فاصله ای از جمله قیود مکانی متریک به حساب می آید. به بیان دیگر در این روش های متریک به جنبه ای از فضای مورد نظر توجه می شود که وابسته به ویژگی مختصاتی آن باشد.

از آن جایی که استفاده ی مرتبط با بیان های کیفی بیشتر در تعاملات رواج دارد، در مورد مدل سازی جهتی نیز به چنین بیانی از روابط پرداخته شده است. مدل های جهتی مورد استفاده متناسب با ابعاد فضای موجود که به صورت ۲ بعدی یا ۳ بعدی در نظر گرفته می شوند، متفاوت می باشند. هدف مورد نظر در مدل سازی جهتی پوشش دادن روابط مکانی بین اشیاء موجود در فضای مورد نظر است. برای نمونه در فضاهای دو بعدی از هستنده های نقطه ای و یا منطقه ای استفاده می شود در حالی که در فضاهای ۳ بعدی به ارتباط بین هستنده های حجمی پرداخته می شود و این روابط به مراتب بیشتر و پیچیده تر می گردد. برای هر مدل بیان شده در این راستا ابتدا به بیان ویژگی های مرتبط با فضای ۲ بعدی آن پرداخته می شود و سپس به موارد مورد نیاز در فضاهای سه بعدی آن پرداخته می شود.

مدل سازی تصویری مبتنی بر نقطه، قابل توسعه به مدل سازی های تصویری مبتنی بر مناطق و نواحی حجمی در فضاهای سه بعدی می باشد، که توسط Billen و Clementini نیز مطرح شده است [۱۲].

۲-۳- مدل های فاصله مبنا

فاصله از جمله قیود مکانی متریک به حساب می آید که با استفاده از دو رویکرد فاصله ی مطلق و فاصله ی نسبی مدل سازی می شود [۱۳]. در ارتباط با مدل سازی مبتنی بر فاصله ی مطلق، با در نظر گرفتن مختصات اشیاء مورد نظر قابلیت محاسبه ی فاصله ی آن ها از یکدیگر ایجاد می شود. برای نمونه اینکه شیء A در ۱۰ متری شیء B قرار دارد و یا به عبارت دیگر شیء A از شیء B دورتر است. در ارتباط با محاسبه ی فواصل اشیاء از یکدیگر نیاز است تا از یک نقطه ی مرجع، به عنوان نماینده ی تمام نقاط شیء استفاده شود و سپس فاصله ی این نقطه ی مرجع از سایر نقاط شیء دیگر محاسبه گردد. غالباً از مرکز ثقل اشیاء به عنوان این نقطه ی نماینده استفاده می شود. در ارتباط با فاصله ی نسبی، فاصله ی مورد نظر از یک شیء تا شیء دیگر با در نظر گرفتن شیء سوم سنجیده می شود. برای نمونه شیء A نسبت به شیء B به C نزدیک تر است.



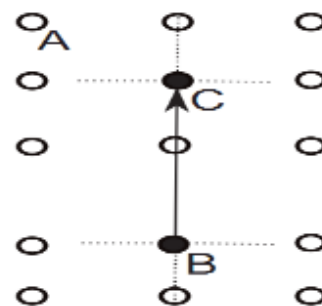
شکل ۸- استفاده از مدل cardinal direction؛ الف- مدل مخروطی؛ ب- مدل تصویری

در سال ۲۰۰۱ با استفاده از یک ماتریس رابطه‌ی جهت^۱ توسط Goyal و Egenhofer ارتباطات جهت‌ی بین مناطق نمایش داده شده در (شکل ۶) مورد بررسی قرار گرفته شده است [۱۸]. یکی دیگر از موارد تقسیم بندی فضا، به نواحی مختلف در استخراج روابط جهت‌ی در مدل cardinal استفاده از منطقه‌ی خنثی^۲ است. که در این حالت شبیه به مدل تصویری تقسیم بندی صورت می گیرد با این تفاوت که به جای ۴ ناحیه، منطق به ۹ ناحیه تقسیم بندی می گردد. از این رو برای به دست آوردن ارتباطات جهت‌ی بین این ۹ منطقه از یک ماتریس 3×3 استفاده می شود که امکان محاسبه‌ی اشتراک بین منطقه‌ی اولیه را با ۸ ناحیه‌ی دیگر فراهم می سازد. الگوریتمی توسط Skiadopoulos در سال ۲۰۰۵ برای مناطق بردار مبنا تعریف شده است که می توان با بهره گیری از ماتریس های مختلف به بررسی اشتراک بین این نواحی پرداخت [۱۹].

با توجه به استخراج روابط جهت‌ی در فضاهای سه بعدی در این زمینه در سال ۲۰۰۷ مدل cardinal direction به یک مدل سه بعدی تحت عنوان مدل 3D cardinal (TCD)

اولین مدل در این قسمت توسط Freksa در سال ۱۹۹۲ تحت عنوان مدل double cross به استخراج روابط جهت‌ی با در نظر گرفتن یک بردار تشکیل شده از دو نقطه، صورت گرفت [۱۵].

با تعریف بردار مورد نظر می توان جهت های مختلف را برای نقاط دیگر به دست آورد. با در نظر گرفتن دو خط عمود به بردار تشکیل شده قابلیت استخراج ۱۵ مکان نسبی برای نقاط مورد نظر مبتنی بر بردار تشکیل شده ایجاد می گردد (شکل ۷). استفاده از مدل double cross نسبت به روابط تصویری بیان شده کامل تر و جامع تر می باشند و حتی روابط ۵- اشتراکی مرتبط با آن ها را نیز پوشش می دهند. در سال ۲۰۰۲ این مدل توسط Pacheco توسعه پیدا کرده و قابلیت استخراج ۷۵ رابطه‌ی جهت‌ی در فضای سه بعدی را ایجاد کرده است [۱۶].



شکل ۷- استخراج ۱۵ رابطه‌ی جهت‌ی برای نقطه‌ی دلخواه A با استفاده از مدل سازی جهت‌ی

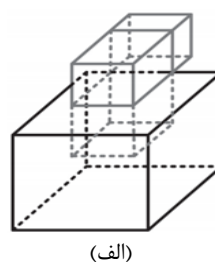
یکی دیگر از مدل های مورد استفاده در این زمینه مدل cardinal directional است. در این مدل جهت مورد نظر بین دو نقطه تعریف می گردد، نقطه‌ی اولیه B و نقطه‌ی مرجع A در فضای ۲ بعدی، نقاط تشکیل دهنده‌ی این بردار جهت‌ی می باشند. این مدل توسط Frank در سال ۱۹۹۲ ارائه گردید [۱۷]. در این مدل با فرض کردن وجود یک سیستم مرجع مانند قطب های مغناطیسی (شمال و جنوب) و یا مشخص کردن توجیهات جغرافیایی (بالا و پایین) در یک شیء، امکان استخراج جهت های مختلف ایجاد می گردد. استفاده از سیستم های مرجعی مانند موارد بیان شده امکان تقسیم بندی فضا حول نقطه‌ی مرجع A به چند ناحیه را فراهم می سازد. در (شکل ۸- الف) این نواحی به هشت منطقه‌ی مخروطی شکل تقسیم بندی شده اند در حالی که در (شکل ۸- ب) این نواحی به صورت ۴ بخش نمایش داده شده است.

^۱ direction-relation matrix

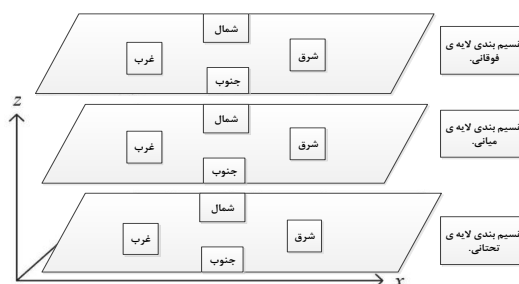
^۲ neutral zone

direction تبدیل شد [۲۰]. در این مدل به جای استفاده از نقطه‌ی مرجع A از شیء مرجع^۱ استفاده می‌گردد. در این مدل شیء مرجع با استفاده از تکنیک bounding box به سه لایه‌ی بالایی، وسطی و پایینی تقسیم می‌شود. با استفاده از این امکان تقسیم بندی فضایی، قابلیت استخراج ۲۷ رابطه‌ی جهت‌ی ایجاد شده است.

یکی از مشکلات مدل TCD عدم لحاظ کردن شکل اشیاء مورد نظر است و برای هر شکل به یک روش و سبکی برخورد می‌کند، در بعضی از شرایط این مشکل باعث ایجاد نتایج اشتباهی به عنوان روابط جهت‌ی استخراج شده می‌گردد. در تعدادی از رویکردها سعی شده است تا روابط جهت‌ی بین اشیاء پیچیده را مدل سازی کنند [۲۱] و یا به محاسبه‌ی اشتراک بین ماتریس‌های مکعب شکل پرداخته شود [۲۲]. اما از طرفی استفاده از این رویکردها از نقطه نظر محاسباتی بسیار پیچیده می‌باشند زیرا نیاز به تقسیم بندی اشیاء و فضای پیرامون آن به سلول‌های مکعبی می‌باشد.



(الف)



(ب)

شکل ۹- استخراج روابط جهت‌ی در فضای ۳ بعدی؛ الف- استفاده از bounding box در امتداد هر محور برای شیء مرجع؛ ب- استخراج روابط جهت‌ی مورد نظر در سه جهت طول، عرض و ارتفاع

۲-۵- استانداردسازی مدل داده‌های مکانی

ISO/TC 211 سازمان بین المللی برای استانداردسازی موارد مرتبط با استانداردهای حوزه‌ی ژئوماتیک است. در

این ارتباط بسیاری از استانداردهای بین المللی منتشر شده اند که می‌توان به OGC^۲، W3C^۳، ISO/TC 204^۴، IEEE^۵ و غیره اشاره کرد. این استانداردهای بین المللی در حوزه‌ی ژئوماتیک موضوع‌های مختلف از جمله نمایش‌های زمانی و مکانی، طرح‌واره‌ی کاربردی، دیکشنری داده‌ها، بیان و ارزیابی کیفیت داده‌ها، فرا داده^۵، سرویس‌های مرتبط با داده‌های جغرافیایی و غیره را پوشش می‌دهند. بخش‌های مختلف مرتبط با استانداردهای ISO/TC 211 در (جدول ۱) نمایش داده شده است [۲۳].

جدول ۱- بخش‌های مختلف مرتبط با استانداردهای ISO/TC 211

نام استاندارد	کاربرد استاندارد
ISO 19103	ایجاد یک زبان مناسب برای اطلاعات مکانی.
ISO 19107	قواعد مرتبط با ایجاد یک طرح‌واره برای اطلاعات مکانی.
ISO 19108	قواعد مرتبط با ایجاد یک طرح‌واره برای اطلاعات زمانمند.
ISO 19109	قواعد مرتبط برای ایجاد یک طرح‌واره برای کاربردها.
ISO 19115	بحث در ارتباط با فراداده‌ها.
ISO 19130	حسگر و مدل اطلاعاتی برای اطلاعات شبکه‌ای و تصویری.
ISO 19139	اندازه‌گیری کیفیت اطلاعات.

در میان استانداردهای بیان شده در (جدول ۱) استاندارد ISO 19107 به بیان قیود مکانی مورد نظر می‌پردازد. در این استاندارد با ارائه‌ی یک طرح‌واره مکانی، روابط مکانی مورد بررسی قرار می‌گیرند. برای نمونه در این استاندارد با بهره‌گیری از الگوی اشتراک در قالب یک ماتریس ۹ تایی رابطه‌ی مکانی مورد نظر استخراج می‌گردد. ارتباط مکانی استخراج شده همان طوری که در (شکل ۴) نمایش داده شده است با استفاده از الگوی اشتراک استخراج می‌گردد.

در راستای ارائه‌ی یک مدل داده‌ی فراگستر نیاز به استفاده از استانداردهای نرم افزاری و سخت افزاری مناسب خواهد بود. استفاده از استانداردهای مناسب نرم افزاری نقش مهمی در کمک به تبادل مناسب اطلاعات بین بخش‌های مختلف سیستم‌های مورد استفاده در

^۲ Open Geospatial Consortium

^۳ World Wide Web Consortium

^۴ Institute of Electronical and Electronics Engineer

^۵ Meta data

^۱ Reference object

حسگر نمونه برای اخذ اطلاعات سه بعدی از محیط استفاده شده است.

روابط توپولوژی که در دو شاخه‌ی توپولوژی جبری و مجموعه نقاط مورد بررسی قرار می‌گیرند، با استفاده از روش‌های پردازشی بر روی سیگنال‌های به دست آمده از حسگرها، امکان استخراج روابط توپولوژی فراهم می‌گردد. در این مقاله رابطه‌ی اشتراک به صورت نمونه از این مدل داده پیاده سازی شده است.

داده های به دست آمده با استفاده از حسگر کینکت از در قالب ابر نقاط از محیط اخذ شده است. پس از اخذ اطلاعات سه بعدی از این حسگر، اشیاء مورد نظر با استفاده از روش‌های مناسب قطعه بندی، به شیء‌های مورد نظر تقسیم بندی می‌گردد. پس از آن با استفاده از روش‌های پردازشی روابط مکانی مورد نظر استخراج می‌شود.

در حالت کلی، دو رویکرد برای استخراج روابط مکانی از این مدل داده مطرح شده است. رویکرد اول استفاده از اطلاعات مکانی به دست آمده از پردازش سیگنال های حسگرهای موجود در مدل مبتنی بر مختصات مرکز ثقل هستند. های مکانی برای انجام تحلیل های متریک مانند استخراج روابط فاصله مبنا مورد استفاده قرار گرفته است. رویکرد دوم با بهره گیری از الگوریتم bounding box محدوده ی هر شی را در سه بعد طول، ارتفاع و عمق محاسبه می کند. این فعالیت امکان استخراج روابط مکانی نظیر توپولوژی را فراهم می سازد. در این مقاله از این روش برای استخراج روابط توپولوژی استفاده شده است.

فرآیند استخراج روابط توپولوژی با استفاده از حسگر کینکت مبتنی بر مدل داده ی UGDM در (شکل ۱۱) نمایش داده شده است. همان طوری که در این شکل دیده می‌شود، در ابتدا حسگر کینکت اطلاعات محیط را در قالب ابر نقاط سه بعدی برداشت می‌کند. پس از آن با استفاده از الگوهای از پیش تعریف شده در قالب روش‌های قطعه بندی در کتابخانه‌ی ابر نقاط^۲، اشیاء مورد نظر از نقاط قطعه بندی می‌گردد. قابلیت نمایش این اشیاء به کاربر داده می‌شود تا در صورت صحیح بودن نتیجه‌ی روش قطعه بندی، پردازش های لازم برای استخراج روابط توپولوژی مبتنی بر الگوریتم bounding box صورت می‌گیرد.

GIS فراگستر خواهد داشت. در این ارتباط استانداردها در بخش های مختلفی در چنین مدل داده ای مورد استفاده قرار خواهند گرفت. در ارتباط با حوزه های مختلف از استانداردهای مورد نظر استفاده می‌شود.

در ارتباط با حوزه ی روابط مکانی و تبادل اطلاعات مکانی، اینترنت و ارتباطات مورد نیاز در سیستم، شبکه ی حسگرها و غیره نیاز است تا استانداردهای مورد نیاز لحاظ گردد. باید توجه داشت زمانی می‌توان از کاربرد اطلاعات مکانی در هر زمان و هر مکان با استفاده از هر حسگر و در هر شبکه از فناوری های IT و زیرساخت های آن استفاده کرد که از استانداردهای مختلف در این راستا استفاده شود. این استانداردها در بخش های مختلفی استفاده می‌شوند که قابلیت مدیریت سیستم، شناسایی، مقیاس پذیری، اعتبارسنجی، سرویس دهی در حالت پویا و تبادل اطلاعات مکانی را شامل می‌شود.

در این راستا نیاز است تا از استانداردهای مناسب که پشتیبانی کننده ی موارد مورد نظر باشد، استفاده گردد. برای دست یابی به این اهداف OGC، به پایه گذاری ویژه سازی برای حسگرها بر اساس استاندارد SWE^۱ که گروه مرتبط با استانداردهای حسگرها به حساب می‌آید پرداخته است. نمونه ای از کاربرد این استاندارد در مقاله ی [۲۴] مورد استفاده قرار گرفته شده است. با استفاده از استاندارد ISO/TC211 امکان ارتباط بین شبکه ی حسگرها و کاربرها در حوزه ی مورد نظر فراهم می‌شود.

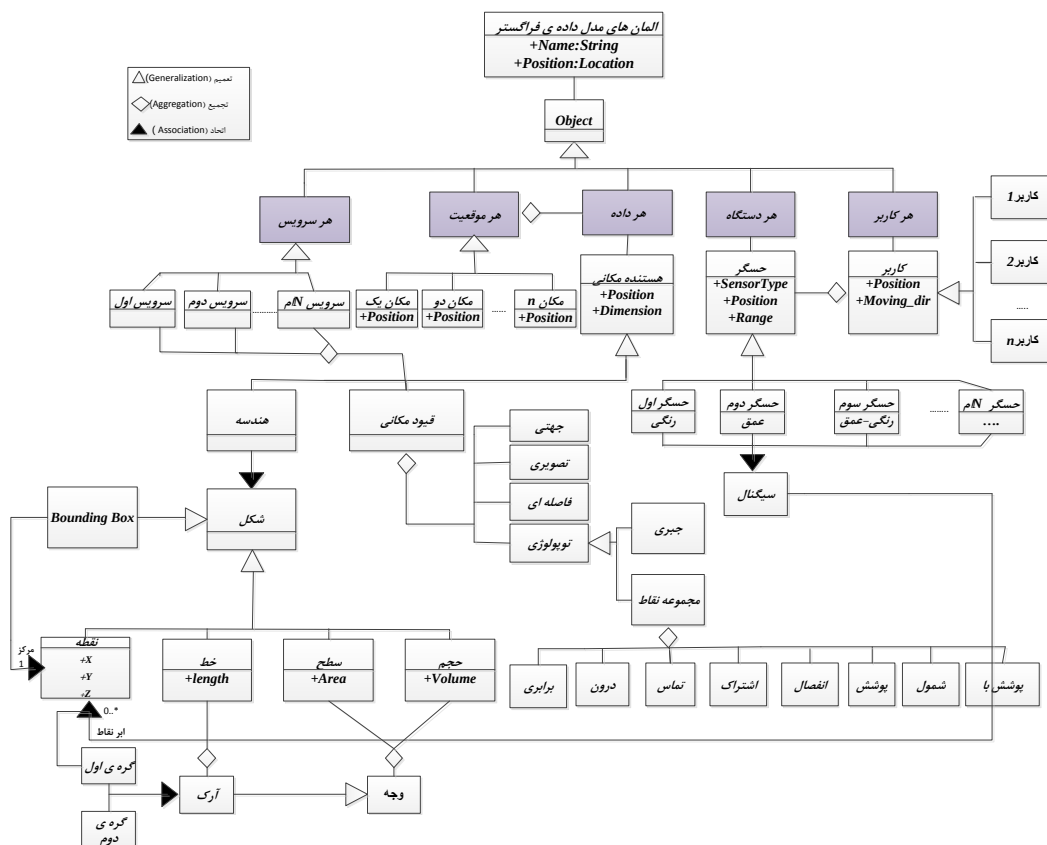
۳- مدل داده ی ارائه شده در این مقاله

مدل داده‌ی فراگستر ارائه شده در این مقاله (شکل ۱۰) مبتنی بر اجزای به کاررفته در GIS فراگستر، به دنبال استخراج روابط مکانی سه بعدی با استفاده از حسگرهای مختلف است. روابط مکانی در ۴ گروه روابط جهتی، فاصله‌ای، تصویری و توپولوژی تقسیم بندی می‌گردند که در این مقاله به بررسی رویکردهای مورد استفاده در راستای استخراج روابط توپولوژی پرداخته شده است.

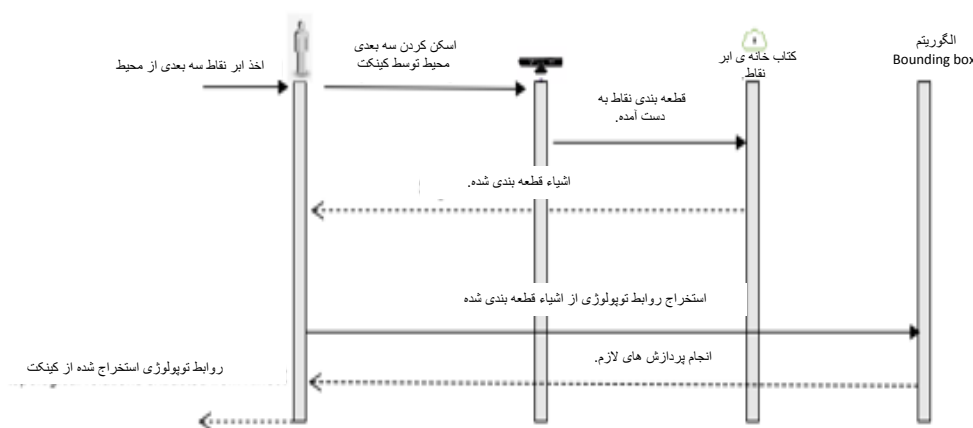
قابلیت استفاده از حسگرهای رنگی-عمق مانند کینکت بستری برای اخذ اطلاعات سه بعدی از محیط را فراهم می‌سازد. از این رو در این مقاله از این حسگر به عنوان یک

^۲ Point cloud library (PCL)

^۱ Sensor Web Enablement



شکل ۱۰- مدل داده‌ی فراگستر برای استخراج روابط مکانی



شکل ۱۱- دیاگرام سلسله مراتبی برای استخراج روابط توپولوژی

۴- پیاده سازی استخراج روابط مکانی در مدل داده‌ی ارائه شده

هر شیء را مشخص می‌سازد. از این رو قابلیت استخراج روابط مکانی مختلف ایجاد می‌شود.

مقایسه‌ی محدوده‌ی هر شیء در سه بعد مختلف طول، عرض و ارتفاع امکان استخراج روابط مختلف را فراهم می‌سازد. استفاده از یک بردار سه تایی برای نمایش اشتراک در این سه محدوده نمونه‌ای از یک عملگر مورد استفاده در این زمینه است.

از جمله مزیت‌های دیگر استفاده از bounding box تسهیل کردن محاسبات لازم مرتبط با شیء و تسریع در

در این قسمت از داده‌های به دست آمده از حسگر کینکت به عنوان یک ابزار مورد استفاده در رایانش فراگستر جهت اخذ اطلاعات، استفاده شده است. استفاده از الگوریتم bounding box برای اشیاء قطعه بندی شده از داده‌های به دست آمده از حسگر، محدوده‌ی

۵- توسعه‌ی زبان مکانی Ubi-OCL برای مدل داده‌ی ارائه شده

در بخش‌های قبلی به چهار نوع روابط مکانی از قبیل روابط جهتی، تصویری، فاصله مبنا و توپولوژی اشاره گردید. در این بخش از مقاله در راستای نمایش دادن روابط مکانی مورد نظر در فضای فراگستر، به ارائه ی یک زبان مکانی تحت عنوان زبان Ubi-OCL پرداخته شده است. در ادامه به بیان نحوه ی نمایش رابطه ی مکانی توپولوژی توسط این زبان با ارائه ی یک مثال پرداخته خواهد شد.

نخستین زبان توسعه داده شده برای بیان روابط مکانی، زبان ساختار یافته ی جستاری (SQL)^۳ است. SQL مکانی نمونه ای از این زبان برای توسعه ی بیان روابط مکانی توسط آگن هوفر در سال ۱۹۹۴ بیان شده است [۲۵]. با بهره گیری از SQL مکانی قابلیت جست و جوی روابط مکانی از جمله روابط توپولوژی بین اشیاء مختلف به کاربر داده می شود. از طرف دیگر قابلیت نحوه ی نمایش نتایج به دست آمده از جست و جوی انجام شده نیز فراهم می گردد. Borrmann و Rank در سال ۲۰۰۹ در ارتباط با روابط مکانی جهتی زبان SQL مکانی را توسعه داده اند [۲۶].

خانواده‌ی مهمی از زبان‌های مرتبط با روابط مکانی تحت عنوان زبان مقید اشیاء (OCL)^۴ که بخشی از زبان مدل سازی UML است، در ارتباط با بیان ارتباط بین کلاس‌های بیان شده در ساختار مدل داده ی UML بین المان‌های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد [۲۷]. نتایج به دست آمده از زبان مکانی مبتنی بر OCL منجر به یک مقدار و یا یک شیء داخل سیستم می شود. از جمله توانایی‌های OCL، پشتیبانی کردن از قیود مختلف مرتبط با عملگرها، صفات و ویژگی‌های مختلف مدل مکانی مورد نظر است.

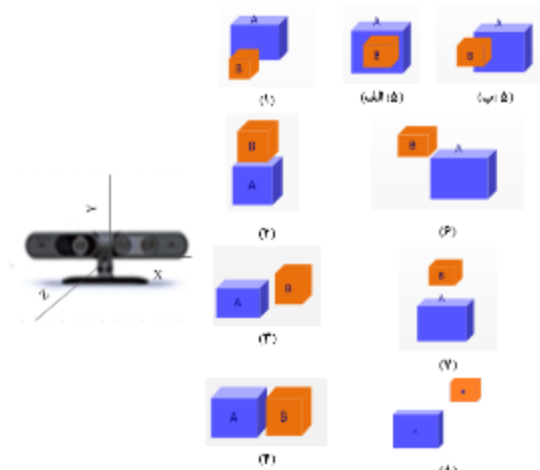
پژوهش‌های متعددی در ارتباط با توسعه ی زبان OCL برای بیان قیود مختلف در مدل داده ی UML مورد بررسی قرار گرفته است. در مرحله ی اول، در راستای پوشش دادن قیود زمانی Soden و Eicher در سال ۲۰۰۹

استخراج روابط توپولوژی است. در (رابطه‌ی ۱) اشتراک قسمت مربوط به ارتفاع هر شیء به صورت $Z_1 \cap Z_2$ ، اشتراک قسمت مربوط به طول به صورت $X_1 \cap X_2$ و اشتراک محدوده‌ی عرض به صورت $Y_1 \cap Y_2$ نمایش داده شده است.

$$[Z_1 \cap Z_2 \quad X_1 \cap X_2 \quad Y_1 \cap Y_2] \quad (۱)$$

روابط توپولوژی نمایش داده شده در (شکل ۱۲) دارای پوشش کامل از نقطه نظر روابط انفصالی، اشتراکی و شمول در جهات مختلف می باشند؛ و از این رو بر مدل‌های ۹- اشتراکی برتری دارد.

اما از طرف دیگر نقص این عملگرها در عدم توانایی در پوشش دادن روابط اتصال^۱ و رابطه‌ی پوششی^۲ است. علت آن نیز عدم وجود دقت کافی به دلیل نویزی بودن اطلاعات به دست آمده از کینکت است. (جدول ۲) بردارهای سه تایی متناسب با روابط توپولوژی نشان داده شده در (شکل ۱۲) را نمایش می دهد.



شکل ۱۲- روابط توپولوژی پوشش داده شده با استفاده از کینکت.

جدول ۲- بردارهای سه تایی متناسب با روابط مکانی پوشش داده شده توسط کینکت

[0, 1, 1] (۱)	[1, 1, 1] (۵)
[1, 1, 0] (۲)	[1, 0, 0] (۶)
[0, 0, 1] (۳)	[0, 1, 0] (۷)
[1, 0, 1] (۴)	[0, 0, 0] (۸)

^۳ Structured Query Language
^۴ Object Constraint Language

^۱ meet
^۲ cover

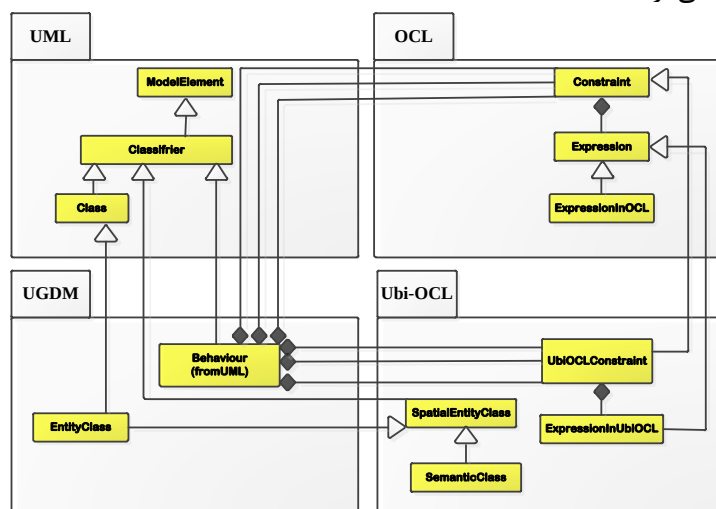
این زبان را توسعه داده اند [۲۸]. با این توسعه زبان OCL قادر به پشتیبانی از ویژگی‌های پویای مرتبط با المان‌های مدل داده است. در مرحله دوم، در ارتباط با پوشش دادن قیود مکانی مرتبط با المان‌های به کار رفته در مدل داده، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که بیانگر توانایی این زبان در حوزه‌ی مکانی برای بیان ارتباط‌های مکانی بین المان‌ها است [۲۹].

چندین نمونه از توسعه‌ی زبان OCL در حوزه‌ی مکانی ارائه شده است. در این رویکردها شبیه به روش شیء گرا، OCL مکانی ابتدا با استفاده از UML، مدل سازی داده‌های مکانی را انجام می‌دهد و سپس با بهره‌گیری از OCL قیود مکانی مورد نظر در GIS را تعریف می‌کند [۳۰]. OCL مکانی محدود به قیود توپولوژی می‌گردد که هشت رابطه‌ی مختلف توپولوژی را پشتیبانی می‌کند. عملگرهای مورد استفاده در این زبان منطبق بر مدل ۹- اشتراکی اگن هوفر روابط مکانی توپولوژی را بیان می‌سازد. GeoOCL که توسط Werder در سال ۲۰۰۹ توسعه داده شده است، مرتبط با کلاس هندسی مدل داده‌ی UML فعالیت می‌کند [۳۱]. این کلاس در مدل داده‌ی UML دارای صفات مختلف هندسی می‌باشد. علاوه بر ویژگی‌های کلاس هندسی، قیود توپولوژی بین المان‌ها توسط زبان GeoOCL بیان می‌گردد.

در ارتباط با استفاده از زبان Ubi-OCL برای نمایش روابط توپولوژی از عملگرهای مختلف در این زمینه استفاده می‌گردد که بیان‌کننده‌ی تعداد اشیاء مورد نظر، حسگر مورد استفاده و شرایط مرتبط دیگر می‌باشد که در هر حالت نتایج به دست آمده با یکدیگر متفاوت است، و این ناشی از تفاوت دقت‌های حسگرهای مختلف برای استخراج روابط مکانی است.

(شکل ۱۳) بیانگر نمایش کلی از فرا مدل به کار رفته در زبان Ubi-OCL است. این فرا مدل با بهره‌گیری از فرا مدل‌های به کار رفته در ساختارهای OCL، UML و مدل داده‌ی ارائه شده‌ی UGDM بیان گردیده شده است. بهره‌گیری از لینک‌های ارتباطی بین این ساختارها، امکان پیاده‌سازی روابط مورد نظر برای کاربر را فراهم می‌سازد.

فرا مدل به کار رفته در OCL به عنوان بخشی از فرا مدل UML تعریف می‌گردد که به واسطه‌ی لینک‌های ارتباطی قابلیت تعامل بین این ساختارها فراهم می‌شود. از طرف دیگر زبان Ubi-OCL نیز به عنوان یک زبان نمونه از زبان OCL بیان شده است و از این طریق امکانات موجود در این ساختارها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

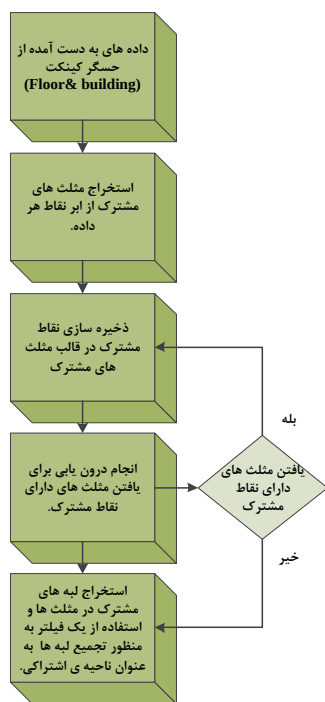


شکل ۱۳- ارتباط بین Ubi-OCL با UGDM، UML و OCL

ای، تصویری و توپولوژی می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای نمونه اشیاء قطعه بندی شده از کینکت در این کلاس قرار می‌گیرند، و پس از آن پردازش‌های لازم برای استخراج روابط مکانی مورد نظر روی آن‌ها انجام می‌شود.

پارامترهای اصلی به کار رفته در فرا مدل Ubi-OCL (شکل ۱۳) را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- SpatialEntityClass: این کلاس به منظور نمایش هستنده‌های به کار رفته در قیود مکانی مطرح شده در UGDM که شامل روابط جهتی، فاصله



شکل ۱۴- الگوریتم ارائه شده برای استخراج رابطه ی اشتراک

در ارتباط با استخراج روابط مکانی مورد نظر از مدل داده ی ارائه شده، قابلیت هایی در زبان Ubi-OCL جهت ارتقای تعامل کاربر با مدل داده ی ارائه شده ایجاد شده است. برای مثال قابلیت انتخاب نوع حسگر و همچنین نوع رابطه ی مکانی به کاربر داده می شود. در ارتباط با استخراج روابط مکانی از نوع روابط توپولوژی با استفاده از حسگر کینکت بین دو عارضه ی ساختمان و زمین از عبارت بیان شده در (رابطه ی ۲) استفاده می شود.

$$\text{Building.Topology(overlap)(Floor,kinect)} \quad (2)$$

عبارات Building و Floor به عنوان کلاس های مختلف در قالب اشیاء جدا با ویژگی های مورد نظر در فرمت UML ذخیره سازی شده اند. با اجرا کردن عبارت بیان شده در قالب (رابطه ی ۲) اطلاعات مورد نظر برای استخراج رابطه ی توپولوژی از نوع اشتراک، فراخوانی شده و در نهایت خروجی مورد نظر به صورت بصری به کاربر نمایش داده می شود (شکل ۱۵).

لازم به ذکر است برای داده های مرتبط با building و floor از روش bounding box برای استخراج رابطه ی اشتراک در این قسمت از مقاله استفاده نشده است. روش پیاده سازی در این قسمت پس از خواندن ابر نقاط کینکت و انتخاب یک روش مناسب قطعه بندی برای تقسیم بندی هر عارضه به کلاس مشخص، مبتنی بر استخراج مثلث های

- UbiOCLConstraint: از آن جایی که برای استخراج روابط مکانی مورد نظر بین هستنده های به کار رفته در کلاس SpatialEntity نیازمند الگوهای مدل سازی برای هر یک از قیود مکانی تعریف شده در UGDM هستیم، از این رو از کلاس Behaviour برای به کار گیری روش های مدل سازی مکانی مورد نظر برای هر یک از قیود جهتی، فاصله ای، تصویری یا توپولوژی استفاده می گردد. در این مقاله روش bounding box نمونه ای از کلاس Behaviour است که برای استخراج روابط توپولوژی مورد استفاده قرار گرفته است.
- ExpressionUbiOCL: از آن جایی که برای تعریف هر قید مکانی نیازمند استفاده از یک عبارت^۱ است، ارتباطی بین قیود UbiOCL و ExpressionUbiOCL ایجاد شده است. نمونه ای از این عبارت در (رابطه ی ۲) برای استخراج رابطه ی اشتراک نمایش داده شده است.
- SemanticClass: از جمله ویژگی های هستنده های مکانی به کار رفته در کلاس SpatialEntity ویژگی های معنایی مرتبط با آن ها می باشد، که در این فرا مدل به آن اشاره شده است. ویژگی هایی نظیر مرکز ثقل، مساحت و حجم شیء، بافت، رنگ و غیره. که قابلیت بررسی این ویژگی ها با استفاده از کلاس حسگر در مدل داده ی UGDM لحاظ شده است. فعالیت های بیشتر در این زمینه از جمله اهداف آتی این مقاله به شمار می رود.
- Behaviour: در راستای استخراج روابط مکانی بین هستنده های مورد نظر نیاز است تا از روش های مدل سازی قیود مکانی جهتی، تصویری، فاصله ای و توپولوژی که در این مقاله به آن ها اشاره شد استفاده کرد. این کلاس شامل رویکردها و برنامه های نوشته شده برای استخراج روابط مورد نظر است. (شکل ۱۴) فلوچارت پیاده سازی شده برای استخراج رابطه ی اشتراک بین داده های floor و building در (رابطه ی ۲) را نشان می دهد.

^۱ Expression

مشترک در داده‌های به دست آمده از ابر نقاط مربوط به هر کدام از عوارض صورت می‌گیرد که نحوه‌ی پیاده‌سازی آن در این مقاله آورده نشده است.



(ب)



(الف)

شکل ۱۵- الف- مدل سه بعدی به دست آمده از کینکت در قالب ابر نقاط؛ ب- نتیجه‌ی پیاده‌سازی رابطه‌ی ۲ بر روی داده‌های ورودی

۶- نتیجه‌گیری

بهره‌گیری از مدل داده‌های موجود برای استخراج روابط مکانی در حوزه‌ی GIS فراگستر، قابلیت پوشش دادن امکانات رایانش فراگستر را ندارند، از این رو نیاز است متناسب با قابلیت‌های نسل GIS فراگستر، مدل داده‌ی مناسبی ارائه گردد تا تعامل پذیری کاربر با محیط را ارتقاء ببخشد.

به عنوان نتیجه از این مقاله می‌توان دریافت که در راستای توسعه‌ی مدل داده‌های موجود به یک مدل داده-ی فراگستر به منظور استخراج روابط مکانی نیاز است با در نظر گرفتن امکاناتی از قبیل ابزارهای موجود در فناوری اطلاعات، بستری برای انجام تحلیل‌های مکانی مبتنی بر GIS فراگستر ارائه کرد.

مدل داده‌ی مکانی فراگستر UGDM ارائه شده در این مقاله با بهره‌گیری از المان‌های به کار رفته در حوزه‌ی GIS فراگستر قابلیت سرویس دهی به منظور استخراج روابط مکانی را فراهم می‌سازد. از آن جایی که روابط مکانی به چهار گروه روابط جهت‌ی، فاصله‌ای، تصویری و

توپولوژی تقسیم بندی می‌شوند، در این مدل داده این روابط در قالب قیود مکانی قرار می‌گیرند.

از طرف دیگر برای استخراج روابط مکانی نیاز است تا هر کدام از آن‌ها با استفاده از روش‌های معینی مدل سازی شوند تا امکان تحلیل‌های مکانی مورد نظر به کاربر داده شود. از آن جایی که نمی‌توان از یک روش پیاده سازی برای استخراج روابط مکانی بین اشیاء به دست آمده از حسگرهای مورد نظر استفاده کرد، لازم است تا متناسب با حسگر انتخاب شده روش مورد نظر انتخاب گردد.

در این مقاله از حسگر کینکت به عنوان یک حسگر رنگی-عمق برای اخذ اطلاعات محیط در قالب ابر نقاط استفاده شده است. از این رو برای استخراج روابط توپولوژی از روش bounding box برای استخراج محدوده‌ی هر شیء در سه بعد طول، عرض و ارتفاع استفاده شده است.

قابلیت استفاده از حسگرهای مختلف در مدل UGDM بستری برای استخراج روابط معنایی علی رغم روابط مکانی فراهم کرده است. به این صورت که با استفاده از حسگرهای مختلف اطلاعات توصیفی اشیاء مکانی استخراج می‌گردد و در صورت نیاز مورد بررسی قرار می‌گیرند.

توسعه‌ی زبان Ubi-OCL برای مدل داده‌ی ارائه شده، متناسب با فرامدل‌های به کار رفته در ساختارهای مختلف، امکان تعیین حسگر و نوع رابطه‌ی مکانی را به کاربر می‌دهد و از این طریق رابطه‌ی مکانی مورد نظر استخراج می‌شود. در این مقاله از داده‌های به دست آمده توسط کینکت از یک ماکت ساختمانی در ارتباط با استخراج رابطه‌ی اشتراک استفاده شده است.

مدل سازی روابط مکانی دیگر اعم از روابط توپولوژی و توسعه‌ی زبان Ubi-OCL متناسب با استانداردهای لازم از جمله برنامه‌های آتی این مقاله به حساب می‌آید.

مراجع

- [1] Waller, D., Loomis, J. M., Golledge, R. G., & Beall, A. C. (2000). Place learning in humans: The role of distance and direction information. *Spatial Cognition and Computation*, 2(4), 333-354.
- [2] Cockcroft, S. (2004). The design and implementation of a repository for the management of spatial data integrity constraints. *GeoInformatica*, 8(1), 49-69.
- [3] Louwsma, J., Zlatanov, S., van Lammeren, R., & van Oosterom, P. (2006). Specifying and implementing constraints in GIS—with examples from a geo-virtual reality system. *GeoInformatica*, 10(4), 531-550.
- [4] Randell, D. A., Cui, Z., & Cohn, A. G. (1992). A spatial logic based on regions and connection. *KR*, 92, 165-176.
- [5] Egenhofer, M. J., & Franzosa, R. D. (2006). Point-Set Topological Spatial Relations. *Classics from IJGIS: Twenty years of the International Journal of Geographical Information Science and Systems*, 5(2), 141.
- [6] Zlatanov, S. (2000). On 3D topological relationships. In *Database and Expert Systems Applications*, 2000. Proceedings. 11th International Workshop On (pp. 913-919). IEEE.

- [7] Zlatanova, S., Rahman, A. A., & Shi, W. (2004). Topological models and frameworks for 3D spatial objects. *Computers & Geosciences*, 30(4), 419-428.
- [8] Li, Z., Zhao, R., & Chen, J. (2002). A Voronoi-based spatial algebra for spatial relations. *Progress in Natural Science*, 12(7), 528-536.
- [9] Shi, W. Z., & Guo, W. (2002). Topological relationships between spatial objects with uncertainty. *Spatial Data Quality*. Taylor and Francis, London, 50-61.
- [10] Shi, W., Yang, B., & Li, Q. (2003). An object-oriented data model for complex objects in three-dimensional geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Science*, 17(5), 411-430.
- [11] Billen, R., Zlatanova, S., Mathonet, P., & Boniver, F. (2002). The Dimensional Model: a framework to distinguish spatial relationships. In *Advances in Spatial Data Handling* (pp. 285-298). Springer Berlin Heidelberg.
- [12] Clementini, E., & Billen, R. (2006). Modeling and computing ternary projective relations between regions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 18(6), 799-814.
- [13] Hazarika, S. M. (2005). Qualitative spatial change: space-time histories and continuity (Doctoral dissertation, The University of Leeds).
- [14] Hernández, D., Clementini, E., & Di Felice, P. (1995). Qualitative distances. *Spatial information theory a theoretical basis for GIS*, 45-57.
- [15] Freksa, C. (1992). Using orientation information for qualitative spatial reasoning (pp. 162-178). Springer Berlin Heidelberg.
- [16] Pacheco, J., Escrig, M. T., & Toledo, F. (2002). Qualitative spatial reasoning on three-dimensional orientation point objects. In *Proceedings of the QR2002. 16th International WorkShop on Qualitative Reasoning*. Editors: Nuria Agell and.
- [17] Frank, A. U. (1992). Qualitative spatial reasoning about distances and directions in geographic space. *Journal of Visual Languages & Computing*, 3(4), 343-371.
- [18] Goyal, R. K., & Egenhofer, M. J. (2001, July). Similarity of cardinal directions. In *International Symposium on Spatial and Temporal Databases* (pp. 36-55). Springer Berlin Heidelberg.
- [19] Skiadopoulos, S., Giannoukos, C., Sarkas, N., Vassiliadis, P., Sellis, T., & Koubarakis, M. (2005). Computing and managing cardinal direction relations. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 17(12), 1610-1623.
- [20] Chen, J., Liu, D., Jia, H., & Zhang, C. (2007, November). Cardinal direction relations in 3D space. In *International Conference on Knowledge Science, Engineering and Management* (pp. 623-629). Springer Berlin Heidelberg.
- [21] Borrmann, A., & Rank, E. (2008). Topological operators in a 3D spatial query language for building information models. In *Proc. of the 12th Int. Conf. on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE)*.
- [22] Chen, T., & Schneider, M. (2010, March). Modeling cardinal directions in the 3D space with the objects interaction cube matrix. In *Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing* (pp. 906-910). ACM.
- [23] Brodeur, J., Bédard, Y., & Proulx, M. J. (2000, November). Modelling geospatial application databases using UML-based repositories aligned with international standards in geomatics. In *Proceedings of the 8th ACM international symposium on Advances in geographic information systems* (pp. 39-46). ACM.
- [24] Song, X., Wang, C., Kagawa, M., & Raghavan, V. (2010, June). Real-time monitoring portal for urban environment using sensor web technology. In *Geoinformatics, 2010 18th International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- [25] Egenhofer, M. J. (1994). Spatial SQL: A query and presentation language. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 6(1), 86-95.
- [26] Borrmann, A., & Rank, E. (2008). Topological operators in a 3D spatial query language for building information models. In *Proc. of the 12th Int. Conf. on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE)*.
- [27] Warmer, J. B., & Kleppe, A. G. (2003). *The object constraint language: getting your models ready for MDA*. Addison-Wesley Professional.
- [28] Soden, M., & Eichler, H. (2009, June). Temporal extensions of OCL revisited. In *European Conference on Model Driven Architecture-Foundations and Applications* (pp. 190-205). Springer Berlin Heidelberg.
- [29] Casanova, M., Wallet, T., & D'Hondt, M. (2000, October). Ensuring quality of geographic data with UML and OCL. In *International Conference on the Unified Modeling Language* (pp. 225-239). Springer Berlin Heidelberg.
- [30] Pinet, F., Duboisset, M., & Soullignac, V. (2007). Using UML and OCL to maintain the consistency of spatial data in environmental information systems. *Environmental modelling & software*, 22(8), 1217-1220.
- [31] Werder, S. (2009). Formalization of spatial constraints. In *12th AGILE International Conference on Geographic Information Science* (p. 13).