ساختار داده‌های توپولوژیکی معماری GIS سه بعدی 3D

نویسنده: Mattias Pfund
برگردان: خسروخواجه

اگر چه جهان ما و اشیای در آن همگی سه بعدی(3D) هستند، مع الوصف GIS تجاری معمولاً داده‌های فضایی(مکانی) را به شاطر داده‌های گوناگون به دوبعدی 2D کاهش می‌دهد. چنانچه تمامی ظیف وگستره کاربردی معلوم از2D GIS در یک 3D GIS در دسترس قرار بگیرد، ساختارهای اطلاعاتی توپولوژیکی و هندسی مناسب ضرورت پیدامی‌کند.

نگارنده این مقاله مشکلات کنونی دستیابی 3D GIS را موردبررسی قرارمی‌دهد و پاسخهایی را ارائه می‌کنند که از تلاشهای تحقیقاتی‌اش نتیجه گرفته است .

Mattias Pfund

دانشکده ژئودزی و فتوگرامتری دانشگاه زوریخ سوئیس

یکی از دلایل عمده برای فقدان بعد سوم در GIS تجاری رابباید دشواری و پیچیدگی اجرا و پیاده‌سازی آن دانست . در این مورد، بیش از همه باید اذعان نمود که نیاز به یک مدل اطلاعاتی هندسی مناسب با یک ساختمان شبنی درخور و توپولوژی گسترش یافته به قوت خودباقی می‌ماند.به‌علاوه، روشهای نوینی برای جمع‌آوری و مدیریت اطلاعات و نیز الگوریتم‌هایی برای پردازش و تحلیل اطلاعات فضایی 3D باید توسعه یابد.

در نتیجه مسائل فنی و ادراکی، تحقق یک 3D GIS و حقیقی به‌خاطر پیچیدگی و نیز به‌دلیل هزینه توسعه اقتصادی برای پیاده‌سازی بسیاردشوار می‌باشد.

پیشرفتهای نوین

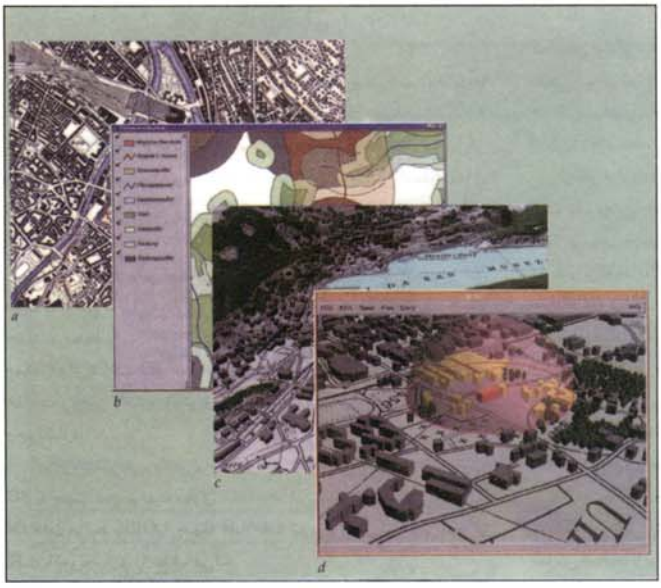
در طی چند سال اخیر تلاش‌های گوناگونی در جهت تحقق و پیاده‌سازی 3D GIS به عمل آمده است . در این راستا، با توجه و اتکای زمان حرکت اولیه، راهبردها و معماریهای سیستم گوناگونی مورداستفاده گرفتند بنابراین، براساس و مبنای گزینش روش جمع‌آوری اطلاعات، می‌توان سه رویکرد را مشخص نمود:

فتوگرامتری، CAD و GIS . به منظور ارزیابی این سه روش باید چهار وظیفه اصلی یک GIS را همواره در مدنظر داشت : جمع‌آوری، مدیریت، تحلیل و خروجی داده‌ها.

از نقطه‌نظر GIS، نرم افزار باید توانایی اجرای همه این وظایف را داشته باشد. چنانچه یکی از این توانایی‌های چهارگانه در نرم‌افزار GIS وجود نداشته باشد یا حتی در صورت وجود کامل نباشد، قابلیت استفاده سیستم به عنوان یک GIS به طورچشمگیری کاهش می‌یابد.

جمع‌آوری داده‌ها و مدیریت

رویکرد فتوگرامتری از دانش جامعه فتوگرامتری که دست‌اندرکار جمع‌آوری داده‌های سه‌بعدی است، استفاده می‌کند. هدف عمده در رویکرد فتوگرامتری تولید و تجسم مدلهای شهری از یک ناحیه محدود می‌باشد. فنون فتوگرامتری کاملاً سریع و دقیق هستند. با این وجود، این فنون صرفاً اطلاعات موضوعی اولیه برای اشیایی نظیر منزل و درخت فراهم می‌آورند.

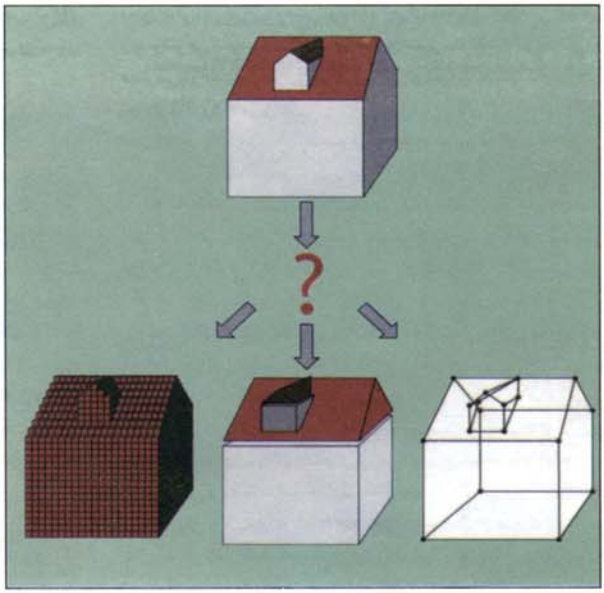


نگاره(۱) : مراحل تکاملی یک 3D GIS حقیقی را نشان می‌دهد: a) نقشه‌های کارتوگرافی آنالوگ و دیجیتالی b) 2D GIS ,c تجسم 3D داده‌های 2D ,d) 3D GIS کامل با مدیریت و قابلیت عملکردی پرس‌وجویی را به نمایش درآورده‌اند.

از این گذشته، مفهوم مشخص و آشکاری از نظر مدیریت اطلاعات وجودندارد. نظریه غالب و فراگیر در این تکنیک را باید چنین بیان داشت:

اطلاعات یکبار جمع‌آوری کنید و دیگر هرگز به آنها دست نزنید! از سوی دیگر، سیستم‌های CAD تعداد وسیعی از توانایی‌های ویرایش برای اطلاعات 3D فراهم می‌آورند. اطلاعات را می‌توان با دقت بالایی و با جزئیات زیادی جمع‌آوری نمود. به خاطر فقدان و نبود توانایی‌های مناسب‌برای جمع‌آوری در ناحیه وسیعی، از سیستم CADمعمولاً برای پالایش اطلاعات 3D موجود استفاده می‌گردد.

نگاره(۲) : مفاهیم پایه‌ای مدل‌سازی هندسی را برای 3D GIS با شمارش فضایی، نمایش وCSG نشان می‌دهد.



ساختارهای اطلاعاتی وفقی

روش GIS از رویکرد متفاوتی پیروی می‌کند. این روش با کمیت‌های عظیمی از اطلاعات موجود2D آغاز می‌گردد، آنگاه اشیای 3D با استفاده از ساختارهای اطلاعاتی وفقی محاسبه می‌شوند. به منظور دستیابی‌به ارتفاع، اطلاعات 2D GIS با یک DTM ترکیب می‌شوند و هرباری هم که این اطلاعات دوبعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً با ساختار پیوند داده می‌شود.

در حالی که این روش برای اشیای ساده که در 2D ذخیره شده‌اند و بنابر درخواست برای آن یک سمبل و علامت 3D به کار گرفته می‌شود، مناسب است لذا امکانات این روش برای جابه‌جایی اشیایی که از شکلهای منحصربه‌فرد بیشتری برخوردارند، محدود می‌سازد.

تحلیل اطلاعات خروجی

تجسم 3D هم‌اکنون یک برنامه کاربردی است که بیشتر سیستم‌ها به آن دست یافته‌اند. چنین راه‌حلهایی دامنه‌ای از دیدهای 3D نسبتاً استاتیک به کاربردهای VRML و تا برنامه کاربردی سروری گیرنده مثل تحلیل‌گر فضایی ERRI دارد. این گونه سیستم‌ها به‌طور عادی اصلاً از عملکردهای تحلیلی پشتیبانی نمی‌کنند و درصورت پشتیبانی هم تعدادشان بسیار اندک است.

بنابراین همواره این امکان وجوددارد که در روی یک خروجی 3D دست به برخی تحلیل دیداری، نظیر برآورد تأثیر احداث یک ساختمان جدید بر محیط زیست اجرا نمود اما در بیشتر مواقع امکانات دیگر از جمله عملکردهای ساخت3D، عملیات روی هم قراردادن لایه‌های اطلاعاتی، عملیات ریاضی مانند میانگیری و محاسبات نواحی حجمی و سطحی وجودندارد.

امروز، بیشترکاربردهای و ساختارهای اطلاعاتی برای داده‌های زمینی 3D به جهت تجسم بهینه سازی شده‌اند اما این چنین کاربردهایی معمولاً اطلاعات مرتبط باGIS، ازجمله اطلاعات توپولوژی و توصیفی غیر از بافت یا نمونه‌سازی را حذف می‌کند.

دلیل این امر هم عمدتاً به خاطر بهبود عملکرد و نیز محدودکردن دشواری سیستم می‌باشد. درنتیجه، قابلیت کارکردی موجود محدود به تجسم محض و جمع‌آوری می‌گردد، درحالی که امکانات برای مدیریت و تحلیل اطلاعات تاحد وسیعی وجودندارد. با تمام این وصف، اگر قرار باشد که تمامی طیف و گستره قابلیت کارکردی 2D GIS در یک 3D GISدسترس قرارگیرد، ما مطمئناً به یک ساختار اطلاعاتی هندسی و سیستم مدیریت اطلاعات نیاز خواهیم داشت.

ساختارداده‌های برداری وتوپولوژی

آنچه که تاکنون در سطور بالا مطرح گردیده است، نیازهای پایه‌ای را برای یک ساختار داده‌ای 3D GIS فراهم می‌آورد. امروزه، بیشتر 2D GIS مبتنی بر یک ساختار داده‌ای برداری می‌باشند. ازاینرو، گزینش رویکرد برداری ما را مطمئن می‌سازد که اطلاعات زمینی 2D را که از قبل تا حدوسیعی از قابلیت دسترسی برخوردار است، می‌توان بدون تغییرزیادی نسبت به 3D GIS جدید به‌کاربرده شوند.

دومین نیاز را باید ساختار اطلاعاتی توپولوژیکی عنوان نمود. مدیریت توپولوژی پاسخگویی مستقیم را برای انواع پرس‌وجوها را امکان‌پذیر می‌سازد. وانگهی، مدیریت توپولوژی افزونی داده‌ها را به‌طورچشمگیری کاهش می‌دهد و درنتیجه انسجام داده‌ها را در درازمدت اطمینان می‌بخشد.

نمایش مرزی

مدلهای نمایش مرزی از سطوح پلیگون 3D برای تعیین مرزهای یک شیئی استفاده می‌کند. آنها نوعی از مدل‌سازی 3D را به نمایش درمی‌آورند که ضمن سادگی، به طورجامعی پذیرفته شده است. این مدلها توصیف دقیقی را برای انواع بسیاری از اشیای هندسی ارائه می‌کنند و در موارد دیگر هم تقریب خوبی رابه دست می‌دهند. جزئیات را می‌توان با دستیابی تقریب از طریق چند سطح کوچکتر(نگاره(۲)) قابل روءیت ساخت.

از نظر قراردادی، مدل نمایش مرزی (B-Rep) شامل سه نوع شیئی است: گره‌ها، لبه‌ها و سطوح. مدل‌سازی اشیای 3D به یک نوع شیئی چهارمی یعنی جامد – شکل هندسی که طول و عرض و عمق دارند آن امتداد دارند و برنامه‌ها به گونه‌ای با آن برخورد می‌کنند که گویی هم سطح دارد و هم ماده درونی.

جامدات با سطوح، سطوح با لبه‌ها، لبه با گره‌ها تعیین و مشخص می‌شود و دست آخر هم گره‌ها متشکل از سه مختصات است. برای مثال، از آنجایی که سطوح یک شیئی جامد، اشیای مستقلی هستند لذا برای هریک از آنها می‌توان مختصه جداگانه‌ای را به کاربرد.

نمایش مرزی هر دو نیازی راکه در بالا به آنها اشاره شده است، برآورده می‌سازد. زیرا این امر ادامه منطقی ساختار داده‌های گره‌ای – لبه‌ای است و درنتیجه با بیشتر داده‌های 2D GIS همخوانی دارد و همچنین این ساختار نمایش صحیح توپولوژیکی اشیاء را امکان‌پذیر می‌سازد.

نمونه سازی

درحال حاضر، گروه پژوهشی نگارنده نمونه‌سازی یک GIS برداری 3D بنام SOMAS(سیستم مدیریت شیئی جامد) را در دست بررسی دارند. محوراصلی این طرح پژوهشی توسعه و اجرای یک مدل اطلاعاتی هندسی و موضوعی مناسب برای بهینه‌سازی مدیریت اطلاعات (ذخیره و دسترسی) و دستیابی ابزاری برای بررسی و تحقیق بیشتر کارکردهای تحلیلی 3D و 4D می‌باشد.

به‌خاطر دلایل متعددی تصمیم گرفته شدکه هر دو اطلاعات هندسی و موضوعی در یک بانک اطلاعات ذخیره گردد.

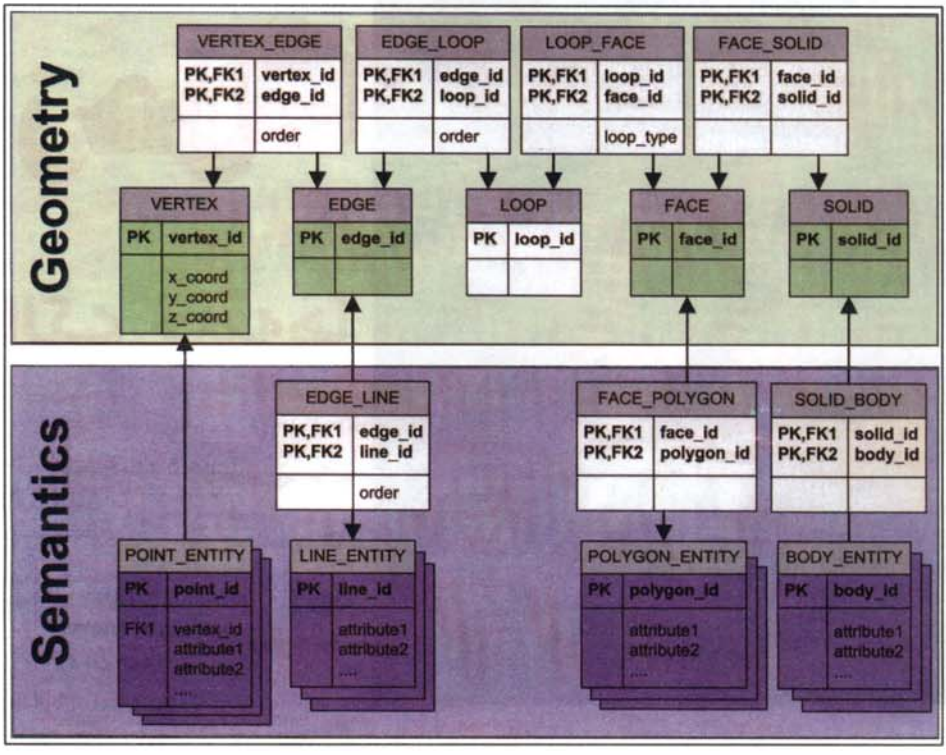
B-Rep(نمایش مرزی) را می‌توان در روی یک مدل اطلاعات رابطه‌ای بدون مشکلات عمده‌ای انطباق داد و گذشته از این، بانک‌های اطلاعاتی ابزارهای گوناگونی ارائه می‌کنند که انسجام و تأمین اطلاعات، دسترسی اطلاعات و بهینه‌سازی حافظه (نگاره (۳)) را اطمینان می‌بخشند.

قابلیت کارکردی و عملکرد یک GIS به شدت بستگی به ساختار اطلاعات هندسی کارآمد دارد.

بنابراین مدل هندسی باید با دقت بسیار زیادی مدل‌سازی گردد. مدل رابطه‌ای از یک طرف، افزونی داده‌ها را تقلیل می‌دهد و یا حتی از این افزونی داده‌ها اجتناب می‌کند و از طرف دیگر، ذخیره‌سازی اطلاعات توپولوژیکی و متریک را در جداول جداگانه‌ای فراهم می‌آورد. اطلاعات توپولوژیکی را می‌توان به تنها یا اطلاعات توپولوژیکی و متریک را با هم برای نمایش کامل اشیاء دسترسی یافت. کاهش در افزونی، برای مثال، به این مفهوم است که تعداد محدود و اندکی از رابطه‌های توپولوژیکی

ضرورت پیدامی‌کند ذخیره شوند. سایر رابطه‌ها خواه با رابطه‌ها و دیگر محدودیت اجرا گردد یا می‌توان آنها را با راحتی تمام محاسبه نمود.

در مدل اطلاعاتی موردبحث ما فقط جدول "ورتکس" دارای اطلاعات متریکی است و تمامی دیگر جداول مربوطه هندسی دارای اطلاعات توپولوژیکی هستند.



نگاره(۳) : مدل اطلاعات رابطه‌ای یک ساختار اطلاعاتی توپولوژیکی برای یک3D GIS رانشان می‌دهد. دراین مدل چهار موجودیت کلاس ویژگی با ژئومتری نشان پیوند دارند. یک موجودیت ویژگی شامل یک یا چند اشیای هندسی(مانند خطوط با چندین تقسیمات خطی) است . یک شیئی هندسی را می‌توان با چندین موجودیت پیوند داد. مشخصه "ترتیب" برای مثال، برای جابجایی ترتیب ورتکس‌های یک بعد استفاده می‌شود. هر وجه(یک طرف شیئی جامد، مثلاً یک مکعب) شامل دقیقاً یک لوپ بیرونی و از صفر تا چندین لوپ درونی دارد.