

## شالوده‌ی مدل سازی سه‌بعدی داده‌های مکانی

سپیده سعیدی<sup>۱\*</sup>

[Email:S.Saeidi@ymail.com](mailto:S.Saeidi@ymail.com)

مرجان محمدزاده<sup>۲</sup>

### چکیده

فناوری‌های بصری‌سازی می‌توانند ابزار قدرت‌مندی برای تبادل داده‌های علمی مدل‌های آمایش محیط‌زیستی بین پژوهش‌گران و استفاده‌کنندگان عام باشند. عدم یکپارچگی و غیرجذاب بودن نتایج فرآیندهای آمایش سیمای سرزمین از مشکلات عمده‌ی این افراد است. افراد غیرخبره معمولاً بخاطر فشردگی نقشه‌های گرافیکی گیج و سر در گم می‌شوند و قادر نخواهند بود این اطلاعات را به صورت تصاویری از سیمای سرزمین در ذهن خود ترجمه کنند. یکی از راه‌حل‌ها برای حل این مشکل استفاده از پیشرفت فناوری در رابطه با ابزارهای تصویرسازی سه‌بعدی است. ادغام سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با فناوری تصویرسازی سه‌بعدی اخیراً در برنامه‌ریزی شهری و طراحی سیمای سرزمین مطرح شده‌است، بنابراین در این مقاله سعی شده است تا برخی از اصول و مفاهیم اولیه در این رابطه جمع‌آوری و ارائه گردد. این مقاله به طور کلی در دو بخش اصلی تنظیم شده است، بخش اول به بیان اهمیت سه‌بعدی سازی داده‌های مکانی و بررسی تفاوت قابلیت‌های سه‌بعدی سازی در محیط نرم‌افزارهای CAD و GIS می‌پردازد و هم‌چنین به برخی از مشکلات و راه‌حل‌های مربوط به توسعه نرم‌افزارهای 3D GIS اشاره می‌کند. در بخش دوم برخی از سیستم‌های موجود سه‌بعدی سازی معرفی و توضیح داده می‌شوند. مقاله‌ی حاضر در پی آشکارسازی قدرت 3D GIS، در تعامل بین برنامه‌ریزان، مدیران و مخاطبان عام است.

کلمات کلیدی: 3D GIS، CAD، آمایش محیط زیست.

۱- دانشجوی دکتری ارزیابی و آمایش محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان\* (مسئول مکاتبات).

۲- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

## مقدمه

در ژئوماتیک یا ژئوآفورماتیک فرض بر این است که پدیده‌های جهان واقعی به صورت سه‌بعدی وجود دارند، بنابراین مطلوب به نظر می‌رسد که سیستمی داشته باشیم که قادر به نگهداری، کنترل، دست کاری و تحلیل اشیاء (پدیده‌ها) در یک محیط سه‌بعدی باشد. در حال حاضر نرم‌افزار<sup>۱</sup> GIS، داده‌ها را در محیط دو بعدی یا ۲/۵ بعدی مدیریت، دست کاری و تحلیل می‌نماید، بنابراین استفاده از این سیستم برای دست کاری داده‌های کاملاً سه‌بعدی (دارای مختصات Z) و اطلاعات مربوط به پدیده‌های جهان واقعی ممکن است، مناسب نباشد. بنابراین لازم است که 2D GIS (یا ۲/۵ بعدی) به 3D GIS گسترش یابد. توسعه این نگرش خاص سیستم اطلاعات جغرافیایی، با توجه به کمبود مدل‌های مناسب داده‌های فضایی، ساختار داده‌ها و فقدان یک نظریه جامع از روابط اشیای و ایجاد پایگاه داده برای محیط سه‌بعدی نسبتاً آهسته پیش می‌رود. در این رابطه تلاش‌هایی توسط لی و همکاران (۱۹۹۶)، پیلوک (۱۹۹۶)، و قینگکوان لی و درن لی (۱۹۹۶) در خصوص گسترش 3D GIS صورت گرفته است (۱، ۲ و ۳). لی، از نگرش ساختار داده‌های ۴گانه در فضای سه‌بعدی برای مدل سازی سه‌بعدی زمین‌شناختی استفاده کرده است. پیلوک، از رهیافت 3D TIN برای پدیده‌های منظم سطح زمین استفاده کرد، در حالیکه ترکیبی از اکثری<sup>۲</sup> و تتراهدرن<sup>۳</sup> توسط برادران لی پیشنهاد شد. دیگران از رهیافت‌های CGS<sup>۴</sup> و نمایش مرز (B-rep)<sup>۵</sup> استفاده کردند (۴، ۵، ۶، ۷). تمامی این کارها بر مبنای پدیده‌هایی با شکل منظم، انسان ساخت و نسبی هستند. با این وجود، تحقیقات منتشر شده‌ی بسیار کمی در خصوص مدل سازی پدیده‌های سه‌بعدی شامل پدیده‌های طبیعی مانند جنگل‌ها، گیاهان، عوارض آبی و سایر پدیده‌های

طبیعی زیرسطحی با استفاده از رهیافت شی پایه<sup>۶</sup> (OO) وجود دارد.

دانشمندان و مهندسين رشته‌های مختلف مدت طولانی است که به دنبال بیان گرافیکی درک خود درباره‌ی خصوصیات مکانی سه‌بعدی حقایق، در قالب طرح‌ها و نقشه‌ها هستند. توصیف سه‌بعدی محیط واقعی با تغییر موقعیت دید تغییر می‌کند بنابراین ایجاد و نمایش آن‌ها بسیار سخت و ملالت‌آور خواهد بود. نقشه‌های سنتی با استفاده از سیستم تصویر عمودی<sup>۸</sup> تا حدی بر این مشکل غلبه کرده‌اند. این طرح‌ها و نقشه‌های سنتی، توصیف مکانی اشیای سه‌بعدی را به دو بعد کاهش می‌دهند. با استفاده از فناوری‌های محاسباتی، می‌توان محیط واقعی را از طریق فرآیندی به نام مدل سازی سه‌بعدی به یک مدل دیجیتال سه‌بعدی تبدیل کرد. توصیف سه‌بعدی پدیده‌های سرزمینی مستقل از موقعیت دید است. پوشش مناسب تمام جنبه‌های واقعی تحت بررسی، نیازمند شناخت نقاط دید بسیار مختلف است. رشته‌های زمین‌شناسی (۸، ۹، ۱۰، ۱۱)، مهندسی عمران (۱۲)، هیدرولوژی (۱۳)، مهندسی محیط زیست (۱۴)، معماری منظر (۱۵)، باستان‌شناسی، هواشناسی (۱۶)، معدن‌شناسی و معدن‌کاوی (۱۷)، طراحی شهری (۱۸ و ۱۹)، اقیانوس‌شناسی، و سیستم ناوبری اتوماتیک (۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳)، همگی برای تکمیل کارآمد پژوهش‌های خود از مدل سازی سه‌بعدی استفاده کرده‌اند. مدل‌های سه‌بعدی خروجی با ارزشی از یک پژوهش هستند، بنابراین استفاده از مدل سازی دیجیتال سه‌بعدی می‌تواند به افزایش کیفیت و هم‌چنین درک نقشه‌های دو بعدی کمک کند و به عبارت دیگر این قابلیت را دارد تا برخی از مرزهای روانی را شکسته و امکان درک بهتر نقاط دید را فراهم آورد (۲۰).

در ادامه ضرورت سه‌بعدی سازی داده‌های مکانی و بررسی تفاوت قابلیت‌های سه‌بعدی سازی در محیط نرم‌افزارهای CAD و GIS به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت و

- 1- Geographic Information System
- 2- Octree
- 3- Tetrahedron
- 4- Constructive Solid Geometry
- 5- Boundary Representation
- 6- Relational data basing

- 7- Object Oriented
- 8- Orthogonal Projection

هم‌چنین به برخی از مشکلات و راه‌حل‌های مربوط به توسعه نرم‌افزارهای GIS 3D اشاره خواهد شد. در بخش انتهایی نیز برخی از سیستم‌های موجود سه‌بعدی سازی معرفی و توضیح داده می‌شوند.

**۱. ضرورت سه‌بعدی سازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی**

در استفاده از فناوری‌های محاسباتی دیجیتال برای مدیریت سرزمین، جلوگیری و کاهش مخاطرات طبیعی و غیرطبیعی، در ابتدا ایجاد یک مدل دیجیتالی از منطقه مورد مطالعه ضروری است. چنین مدلی جهت توصیف ساده‌ی حقایق پیچیده می‌تواند شامل حفظ، نگه‌داری، مدیریت، تجزیه و تحلیل، توضیح و انتقال داده شود. یک مدل دیجیتالی شامل جنبه‌های مکانی و غیرمکانی یک پدیده است. این مدل به عنوان مبنایی برای عمل و ارتباط بین بخش‌های مختلف ایفای نقش می‌کند. مدل، اشیاء را از یک شی یا مجموعه‌ای از اشیای تشخیص می‌دهد و اجزای پدیده تحت بررسی را در برمی‌گیرد. جنبه‌های مکانی مدل مربوط به شکل، اندازه و مکان هستند که به ویژگی‌های ژئومتریک وابسته است. جنبه‌های غیرمکانی شامل اسم، رنگ، عمل‌کرد، قیمت، مالکیت و مواردی از این قبیل هستند که اغلب به ویژگی‌های موضوعی<sup>۱</sup> باز می‌گردند. جنبه‌های مکانی یک پدیده به خوبی می‌تواند در قالب اشکال نشان داده شوند، در حالی که جنبه‌های غیرمکانی در بسیاری از موارد، در قالب متن بهتر می‌توانند ارائه شوند. نمایش گرافیکی (خصوصاً به صورت سه‌بعدی) درک سریع موقعیت در واقعیت و توصیف روابط همسایگی را فراهم می‌نماید، درحالی که ارائه متنی بیش‌تر برای جنبه‌هایی که نمی‌توانند به صورت گرافیکی نمایش داده شوند، مفید هستند. یک مدل دیجیتالی کارآمد باید قادر به برقراری ارتباط بین این دو نحوه خروجی باشد (۲۴). ایجاد یک چنین مدلی به عنوان ساختار مصنوعی از یک حقیقت زمینی در یک محیط محاسباتی نیازمند مجموعه‌ای از ابزارهایی است که از هر دو فناوری گرافیک کامپیوتری (CG<sup>۲</sup>)

کند. سامانه اطلاعات جغرافیایی و طراحی به کمک کامپیوتر<sup>۴</sup> (CAD)، مثال‌هایی از این ابزارها هستند. تفاوت اصلی GIS و CAD، کنترل جنبه‌های مکانی نسبت به جنبه‌های غیرمکانی است. این ابزارها توسط بسیاری از متخصصان مربوط به ژئو مانند نقشه‌برداران، کارتوگرافان، فتوگرامتریست‌ها، مهندسی عمران، برنامه‌ریزان فیزیکی (شهری و روستایی) و زمین‌شناسان مورد استفاده قرار گرفته است. آن‌ها از این ابزار برای تحلیل، تفسیر، نمایش جهان واقعی و درک رفتار پدیده‌های مکانی در حوزه‌های مورد مطالعه خود استفاده می‌کنند. تقریباً تمامی سیستم‌های مورد استفاده توسط جوامع مرتبط با علوم زمینی بر مبنای داده‌های مکانی دوبعدی (2D) یا دو و نیم بعدی (2.5D) هستند. به بیان دیگر انسان ممکن است در پردازش داده‌های مکانی بزرگ‌تر از دو بعد سیستم‌های موجود با مشکل مواجه شوند که در نتیجه اطلاعات نادقیق و یا شدیداً ناقص خواهند بود. علاوه بر این، دست‌کاری و نمایش اشیای جهان واقعی در GIS 2D با پایگاه داده‌های مرتبط مدتی است که به خاطر تقاضا برای برنامه‌های کاربردی جدیدتر دیگر کافی نیستند و این به طور قابل توجهی به داده‌های مکانی پیچیده‌تر مربوط می‌شود که قبلاً توسط مدل‌های رابطه‌ای (نسبتی) پشتیبانی می‌شدند (۲۴). در ادبیات تحقیق پیشنهاد شده است که بخش کوچکی از داده‌های مکانی پیچیده می‌توانند به طور موثری در پایگاه داده موجودیت‌گرا (شیء پایه) نسبت به پایگاه داده‌ی رابطه‌ای (نسبتی) وارد شوند (۲۷). محدودیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی دو بعدی موجود (2D GISs) در تحقیقات صورت گرفته توسط (۸، ۱۱، ۲۱ و ۲۲). بیان شده است. محدودیت‌های اشاره شده مربوط به ابعاد و ساختار داده‌ها هستند که در ادامه بیش‌تر توضیح داده می‌شوند:

سه بعدی سازی در اغلب موارد به طور هم زمان مورد توجه قرار نگرفته‌اند (۲۴).

## ۲. قابلیت سه بعدی سازی CAD

CAD، یک ابزار گرافیکی کامپیوتری برای مدل سازی سه بعدی مورد استفاده در خودروها، ماشین‌آلات، هواپیماها، سفینه‌های فضایی، صنعت ساخت و ساز و معماری است. CAD روی جنبه‌ی هندسی مدل و تصویرسازی سه بعدی آن تمرکز می‌کند. سوالی که مطرح می‌شود این است که آیا CAD می‌تواند تمام کارهای مورد نیاز در رشته‌های مذکور را پشتیبانی کند؟ تلاش‌هایی در خصوص استفاده از CAD برای مدل سازی سه بعدی پژوهش‌های مربوط به علوم زمینی صورت گرفته است. گرچه به دلایل زیر نمی‌توان فرض کرد که CAD برای این کارها حتماً مناسب است:

✓ CAD برای کمک به حل مشکلات مربوط به طراحی اشیای انسان‌ساخت با اشکال، اندازه‌ها، روابط فضایی و ویژگی‌های موضوعی یا از پیش تعریف شده، بوجود آمده است و ابزاری برای داده ساختن یا برخورد با مواردی مانند اشکال تعریف نشده، اندازه‌ها، روابط مکانی و ویژگی‌های مکانی نیست. CAD تنها توانایی تحلیل روابط فضایی را ندارد بلکه توانایی رویارویی با مجموعه داده‌های مختلف و عدم قطعیتی را که به طور خاص در GIS با آن روبرو هستیم را ندارد. برای مثال CAD، قوانین همسایگی بین اجزا که در تحلیل‌های زمینی بسیار مهم هستند را در نظر نمی‌گیرد.

✓ طراحی یک پدیده مانند یک ساختمان یک موضوعی ذهنی است. تمام جنبه‌های اشیای و روابط آن‌ها باید توسط یک فرد طراح تصمیم‌گیری شود و تنها بخش کوچکی ممکن است به صورت خودکار توسط CAD انجام شود. تمامی برنامه‌های کاربردی مرتبط با علوم سرزمینی در تلاش برای مدل کردن اشیای موجود با اشکال، اندازه‌ها و روابط درونی خارج از کنترل انسان

داده‌های تک ارزشی مانند یک نقطه با مختصات (X,Y) که نشان‌دهنده‌ی ارتفاع است در سیستم‌های دو بعدی با مشکلی روبرو نیستند در حالی که برای داده‌هایی که دارای ارزش Z یا بعد سوم هستند، در سیستم‌های دو بعدی با مشکل مواجه هستند. مانع اساسی برای ایجاد GIS 3D مربوط به ساختارهای نادرست داده‌های مکانی است که توسط کارلسون (۱۹۸۷) و پالاسکه و فورستر (۱۹۹۳) گزارش شده است (۸) و (۲۲). این دو نویسنده ساختار داده‌های سه بعدی مکعبی را به عنوان راه حلی برای مشکل ساختار داده‌ها پیشنهاد دادند، اما هیچ سیستم عمل کرد واقعی بر اساس این ساختار ایجاد نشده است.

ابزارهای تصویرسازی مانند سیستم‌های تصویر سازی پیشرفته (AVS)<sup>۱</sup>، تحلیل‌گر سه بعدی اینترگراف (VAI)<sup>۲</sup> و دیگر مدل‌های دیجیتالی ناهمواری‌های سطح زمین (DTM)<sup>۳</sup> به تنهایی قادر نخواهند بود که به طور صحیح چنین داده‌هایی را مدیریت کنند. برای مثال گونه<sup>۴</sup> (۲۸)، مدل سازی سه بعدی ساختمان‌ها را با استفاده از اتوکد به عنوان یک ابزار سه بعدی سازی در محیط پایگاه داده‌ی رابطه‌ای مورد آزمایش قرار داد. در تحقیقات مختلف بیان شده است که سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی موجود، اغلب قادرند داده‌های دو بعدی را مدیریت کنند، اما با سه بعدی کردن داده‌ها و فراتر از آن مشکل خواهند داشت؛ بنابراین یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی توسط پژوهش‌گران GIS ای، ایجاد یک برنامه الحاقی<sup>۵</sup> برای ایجاد بعد سوم و سه بعدی سازی است. سایر تحقیقات نیز نشان می‌دهد که هیچ یک از امور مربوط به GIS 3D با فن‌آوری پایه ادغام نشده است.

باتوجه به این که ضعف‌های متداول GIS دوبعدی و دو و نیم بعدی زمانی آشکار می‌شوند که موجودیت‌های سه بعدی جهان واقعی مورد توجه قرار گیرند، بنابراین شاید شی گرایبی و

- 1- Advance Visualization System
- 2- Voxel Analyst of Intergraph
- 3- Digital Terrain Model
- 4- Gue
- 5- Extension

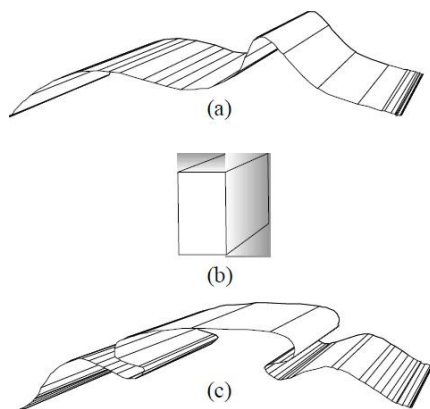
این، VR یک تعامل بالا بین مفهوم "رنالیزم کاربردی" فراهم می‌کند که به کاربر اجازه دست‌کاری و تعامل با اشیای مجازی نگهداری شده در پایگاه داده کامپیوتری را به‌عنوان یک واقعیت می‌دهد. تحولات صورت گرفته در این زمینه کاملاً مستقل از GIS هستند (۲۴).

### ۳. قابلیت سه‌بعدی‌سازی GIS

یک ابزار مناسب‌تر برای برنامه‌های کاربردی مرتبط با علوم سرزمینی، GIS با قابلیت مدل‌سازی سه‌بعدی خواهد بود که به آن 3D GIS گویند. اغلب مدل‌کردن بعد سوم، می‌تواند به نمایش ناهمواری‌های عوارض زمینی<sup>۲</sup> و مدل‌های دیجیتال عوارض زمینی (DTM<sup>۳</sup>) منتج شود.

#### ۳-۱: DTM

DTM، می‌تواند تحلیل‌های فضایی مربوط به ناهمواری‌ها شامل شیب، جهت، ارتفاع، قابلیت دید، حجم خاک برداری و تصویرسازی سه‌بعدی از یک سطح در یک دید پرسپکتیو (سه‌بعدی) را تسهیل نماید. اگرچه مبنای DTM یک سطح مداوم (ادامه‌دار) با یک ارزش ارتفاعی خاص برای هر مکان مسطح است (شکل ۱-۱). DTM، توانایی تطبیق یک شی سه‌بعدی یا یک سطح با ارزش‌های ارتفاعی متفاوت در یک مکان مسطحاتی (پلانیمتریک) خاص را ندارد (شکل‌های ۱-۱b و ۱-۱c).



شکل (۱): (a) سطح تک ارزشی، (b) اشیاء سه‌بعدی (c)

سطوح چند ارزشی (۲۳)

هستند. در این جا اتوماسیون و خودکار بودن مطلوب است چون شمار زیادی از پدیده‌ها در آن مشارکت دارند. برخی از روابط مهم برای تحلیل‌های مکانی باید به طور خودکار ایجاد شوند. CAD معمولاً تابعی برای این نوع اتوماسیون فراهم نمی‌کند.

✓ CAD تعریف اشیای را از سه بعد (3D) شروع

می‌کند، وقتی که اشیای به اجزای دو بعدی شکسته می‌شوند، روابط بین آن‌ها شناخته می‌شود. برنامه‌های کاربردی مرتبط با علوم سرزمینی معمولاً اجزای واقعیت زمینی را به صورت دو بعدی مدل می‌کنند. اجزا باید با هم ترکیب شوند و روابط درونی آن‌ها در مرحله بعد کشف شود و این فرآیند توسط CAD بسیار دشوار است. CAD معمولاً ابزار کافی برای استنتاج روابط بین اجزای جداگانه را فراهم نمی‌کند.

✓ CAD، یک شی پیچیده را از طریق ترکیب اجزای

مختلف درگیر ایجاد می‌کند. اشیای با هندسه‌ی ساده مانند یک مکعب، استوانه و گوی با اجرای توابع انتقال، یک پارچه‌سازی (ادغام) و روی هم‌گذاری به آسانی می‌توانند برای چنین ابزاری به کار گرفته شوند تا اشیای پیچیده حاصل شوند. برنامه‌های کاربردی مرتبط با علوم سرزمینی در مجموع با اشیای پیچیده‌ای سر و کار دارند. بنابراین رهیافت مدل‌سازی با استفاده از CAD ممکن است هیچ وقت برای علوم زمینی مناسب نباشد (۲۴).

### ۲-۱. CAD و VR

در رابطه با بهره‌برداری از مدل‌های سه‌بعدی، پیشرفت‌های قابل توجهی در دو رشته فناوری گرافیک کامپیوتری که CAD نامیده می‌شود و واقعیت مجازی (VR)<sup>۱</sup> صورت گرفته است. CAD و VR امکان تجسم یک پدیده را فراهم می‌کنند که به آن نمایش پرسپکتیو با خطوط پنهان و حذف سطح، سایه، سطح نور، ردیابی اشعه و نقشه‌سازی بافت می‌گویند. علاوه بر

2- Terrain relief  
3- Digital Terrain Model

1- Virtual Reality

### ۴. راه کارهای مربوط به گسترش مدلسازی فضایی 3D

#### GIS

گسترش 3D GIS برای این که یک پارچگی اجزای لازم و انواع مختلف پدیده‌ها را به حساب آورد نیازمند راه کارهای زیر در خصوص مدل‌های فضایی واقعیت‌گرا است:

#### ۴-۱. طراحی یک مدل فضایی

طراحی یک مدل یا الگوی مدیریت یک پارچه که قابلیت حفظ تمام ویژگی‌های ژئومتریک پدیده‌های جهان واقعی را فراهم آورد.

#### ۴-۲. ساختن یک مدل فضایی

- ایجاد ابزار و روش مناسب برای دست یابی به داده‌های سه‌بعدی
- تبدیل مختصات به یک مختصات زمینی یکسان
- توسعه روش مناسبی برای ساختارسازی داده‌ها به منظور حفظ داده‌های مربوط به ورودی‌های مختلف از منابع چندگانه را در یک پایگاه داده یک پارچه.
- ایجاد طبقات موضوعی جهت نمایش پدیده‌های جهان واقعی با جنبه‌های مشترک.
- حل عدم قطعیت برخاسته از ناهم خوانی مجموعه داده‌های مختلف در حین فرآیند ادغام و تبدیل عدم قطعیت به مفهوم "کیفیت داده".

#### ۵. کاربردهای مدل فضایی سه‌بعدی

- استفاده از اجزای موجود مانند داده‌های دو بعدی و DTM (سازگاری بازخوردی) و آماده کردن آن اجزا برای تعاملات آینده در یک مدل فرا بعدی (سازگاری پیش رو) برای جلوگیری از صرف هزینه‌های جمع‌آوری داده‌ها.
- توسعه و ایجاد سایر عملکردها و توابع - تحلیلی فضایی.

اگرچه سیستم‌های رستر پایه که به نوعی تحت عنوان سیستم‌های GIS سه‌بعدی به شمار روند در دسترس هستند، ولی قادر نخواهند بود که اطلاعات مربوط به واقعیت موجود در مجموع داده‌های اصلی یک پدیده را حفظ کنند. این اطلاعات ممکن است به علت مشکلات موجود در توان تفکیک از بین بروند. بنابراین به عنوان یک راه چاره، مجموعه داده‌های اولیه یا خام باید به صورت جداگانه‌ای از مدل نگهداری شوند برای مثال:

- ✓ اجرای مجدد مدل، اگر ثابت شود که نتایج به خاطر تعاریف ریاضی نامناسب رضایت بخش نیستند.
- ✓ ادغام با داده‌های دیگر برای ایجاد یک مدل جدید.
- ✓ ایجاد یک مدل دیگر با توان تفکیک متفاوت.
- ✓ ذخیره‌سازی به عنوان یک منبع یا شاهدی از مدل.

چنین فعالیت‌هایی نیاز به نگهداری داده‌های خام در یک ساختار مناسب آماده برای استفاده‌های آینده را بیان می‌کنند. اطلاعات لازم در خصوص داده‌ها باید برای هر جزو بدست آید. برای مثال در DTM، اطلاعات یک خط، مینی بر این که آن خط، خط شکسته است باید حفظ شود چون روی درون‌یابی تاثیر خواهد داشت.

DTM، بسیاری از تحلیل‌های GIS و تصویرسازی‌هایی که بعد سوم را در نظر می‌گیرند، تسهیل می‌نماید. داده‌های فضایی نگهداری شده در DTM، تنها از طریق مختصات جغرافیایی می‌توانند به هم مرتبط شوند. به عبارت دیگر، روابط بین اجزای مختلف ممکن است بخاطر محاسبات متریک به جای محاسبات توپولوژی به خوبی نشان داده نشود. برای غلبه بر این مشکل، اطلاعات به دست آمده از DTM باید در نرم‌افزارهای GIS قابل خواندن باشد. بنابراین مدل سازی یک پارچه به طور کاملاً واضحی برای 3D GIS لازم است.

اشاره کرده‌اند (۵، ۶، ۱۱ و ۲۲). بنابراین بررسی برخی جنبه‌های فراتر از این موارد خصوصاً در مورد مدل‌سازی داده‌های مکانی با استفاده از روش‌های نسبتی و شی‌پایه ضروری به نظر می‌رسد.

#### ۷. سیستم‌های تجاری 3D GIS موجود

سیستم‌های کمی در بازار هستند که می‌توانند به عنوان سامانه‌ای جهت نمایش و تحلیل سه‌بعدی شناخته شوند. علی‌رغم آن ۴ مورد از این سیستم‌ها برای توضیح بیشتر در این مقاله انتخاب شدند. این ۴ سیستم، سهم بزرگی از بازار GIS را تشکیل داده‌اند و برخی از توابع پردازشی داده‌های سه‌بعدی را فراهم می‌کنند. این سیستم‌ها شامل 3D Analyst از نرم‌افزار Arc View (از موسسه تحقیقات سیستم محیط زیستی<sup>۱</sup> یا ESRI Inc)، Imagine Virtual GIS از (GeoMedia Terrain، Inc) و Intergraph و PAMAP GIS Topographer هستند (۲۴).

#### ۷-۱. 3D Analyst

یکی از دستوره‌های قابل دسترس در Arc View است. در Arc View این دستورها تحت عنوان برنامه الحاقی شناخته می‌شوند. برنامه‌های الحاقی سیستم و تابع اصلی GIS که خود Arc View است در شکل ۲ نشان داده شده است.

- ایجاد تصویرسازی گرافیکی قابل مانور که امکان دید نقاط برجسته را فراهم می‌کند و نمایش مناسب و کافی جزئیات ناشناخته پدیده‌های موجود در پایگاه داده.

- طراحی و ارایه نقشه‌های گرافیکی سه‌بعدی از اطلاعات مختلف شامل نام‌گذاری، نماد گذاری، تعمیم و غیره.

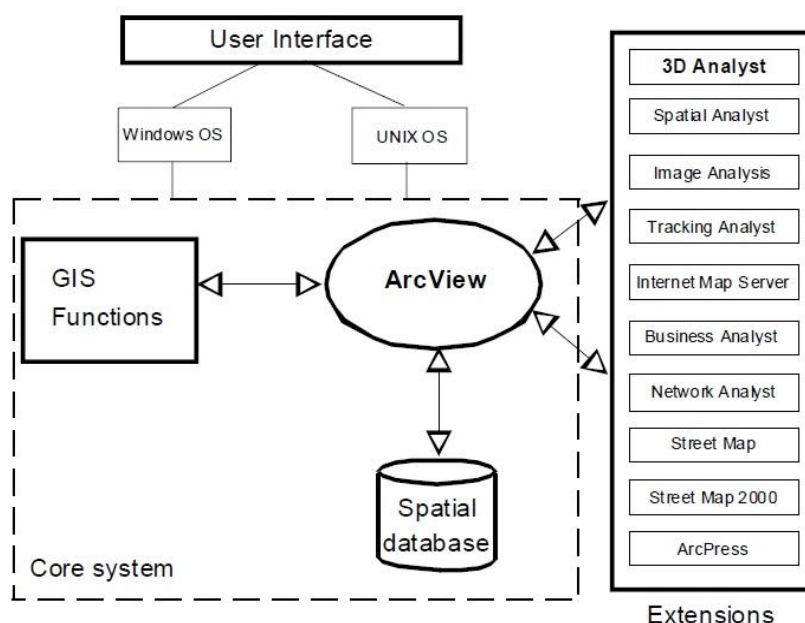
- طراحی یک رابط کاربر و زبان پرس و جو که به کاربر اجازه دسترسی به پایگاه داده یک پارچه را می‌دهد.

- توسعه ساختار نمایه ساز فضایی که به بازیابی داده‌ها و فرآیند نگهداری پایگاه داده یک پارچه، سرعت می‌بخشد؛

- توسعه ابزار جست و جو در میان مدل‌های مختلف ذخیره شده در پایگاه داده سیستم عامل‌های محاسباتی.

#### ۶. مشکلات توسعه نرم‌افزارهای 3D GIS

در این بخش برخی مشکلات و مسایل مربوط به توسعه نرم‌افزار 3D GIS بررسی و مورد بحث قرار گرفته است. 3D GIS باید قادر به مدل‌سازی، ارایه، مدیریت، دست‌کاری، تحلیل و پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌ها بر مبنای اطلاعات مرتبط با پدیده‌های سه‌بعدی باشد (۲۷). اضافه کردن بعد سوم روی 2D GIS نیازمند یک تحقیق گسترده در خصوص جنبه‌های مختلف GIS است. یک بسته GIS ای که قادر به استفاده و دست‌کاری داده‌های دو بعدی و DTM است نمی‌تواند تحت عنوان یک سیستم 3D GIS مطرح شود چون داده‌های DTM، داده‌های سه‌بعدی واقعی نیستند. بعد سوم داده‌های DTM (اغلب پس از درون‌یابی) تنها یک ویژگی سطحی برای پدیده‌هایی است که مختصات آن‌ها شامل اطلاعات پلانیمتریک یا مختصات X و Y است. نرم‌افزارهای GIS ای که به صورت واقعی داده‌های مکانی سه‌بعدی را به کار ببرند به ندرت پیدا می‌شوند. تحقیقات گذشته نیز در موارد متعددی به این مشکل



شکل ۲- 3D Analyst در سیستم Arc View (۲۳)

Arc View تا حد خیلی زیادی یک سیستم GIS ای دو بعدی است، اما 3DA امکان تصویرسازی سه بعدی را فراهم می کند (یعنی داده هایی با مختصات X, Y و Z). به کمک این سیستم، تحلیل های سه بعدی GIS ای بدست نیامده است و این بی ارزش است، اگرچه 3DA از ساختار داده شبکه نا منظم مثلثی (TIN) حمایت می کند.

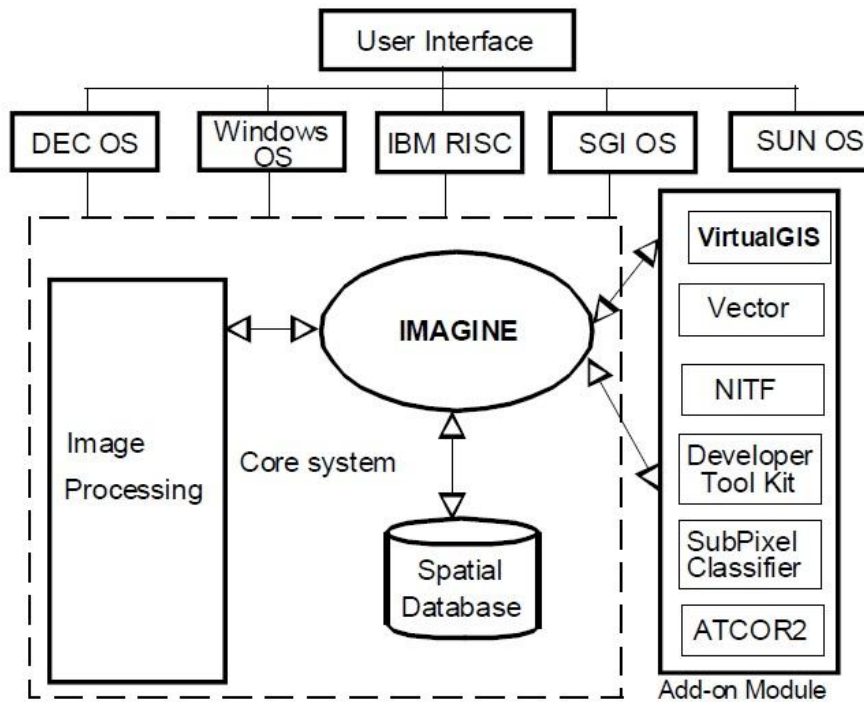
#### ۲-۷- Imagine Virtual GIS

Imagine system از ابتدا برای سنجش از دور و عملیات های مربوط به پردازش تصویر ایجاد شده بود. اخیراً این سیستم دستور جدیدی برای GIS فراهم کرده است. Imagine System یکی از راه حل های GIS ای است که از طریق کمپانی ERDAS ایجاد شده است. دستور GIS آن Virtual GIS نامیده می شود. این دستور یک ابزار تحلیلی سه بعدی را فراهم می کند. این سیستم تحت سیستم های کامپیوتری مختلف و سیستم عامل های ویندوز ۹۸، ۲۰۰۰، و ویندوز NT و بسیاری از سیستم های UNIX اجرا می شود. این سیستم روی بصری سازی دینامیک تاکید می کند و محیط را به صورت سه بعدی در زمان واقعی نشان می دهد، در کنار تصویرسازی های

Arc View برای غیر وابسته سازی و یک پارچه سازی گسترده داده های مکانی با استفاده از ( Client-Server Network Connectivity) طراحی شده است (۲۹). 3D A می تواند برای پردازش داده های سه بعدی مانند ایجاد سطوح سه بعدی، محاسبات حجم، پوشش دیگر تصاویر رستری مانند (Landsat TM, SPOT, GEO SPOT)، عکس های هوایی و یا نقشه های اسکن شده) و دیگر توابع تحلیلی سطحی سه بعدی مانند قابلیت دید یک نقطه نسبت به نقطه دیگر کاربرد داشته باشد (۲۳). این سیستم روی کامپیوترهای شخصی اجرا می شود و چندین سیستم عامل مانند ویندوز 95/98/2000 و ویندوز NT 4.0 در کنار گستره وسیعی از سیستم های UNIX آن را می پذیرند. این سیستم اساساً با داده های وکتوری کار می کند. اگرچه فایل های رستری هم می توانند در 3D A گنجانده شوند و این تنها برای بهبود نمایش داده های وکتوری است (برای مثال پوشش داده های وکتوری با تصاویر عکس های هوایی). به طور خلاصه 3DA می تواند برای پردازش داده های سه بعدی و خصوصاً اهداف مربوط به بصری سازی مورد استفاده قرار بگیرد. بنابراین



سه بعدی گسترده و گوناگون این سیستم قابلیت دید پرواز را نیز فراهم می کند. شکل ۳ خلاصه ای از نرم افزار Virtual GIS را به صورت گرافیکی نشان می دهد.



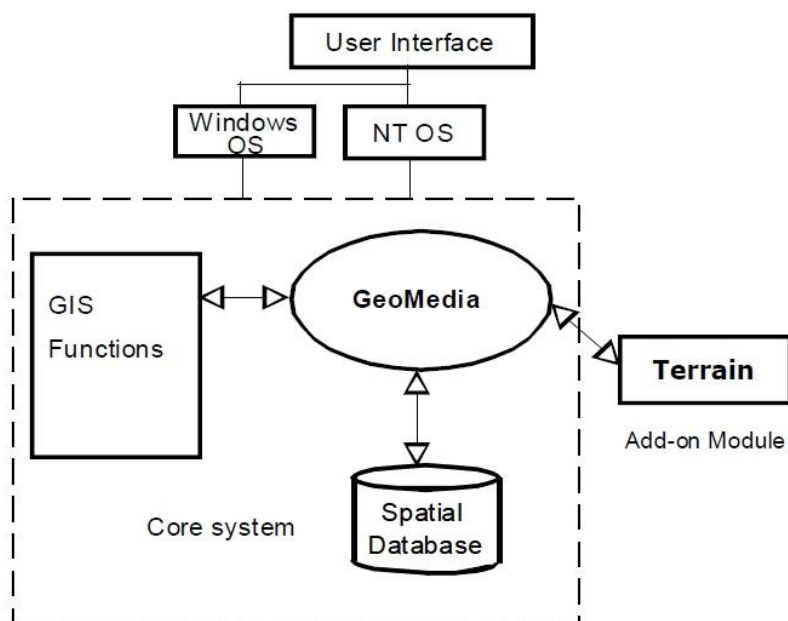
شکل ۳- اجزای Virtual GIS (۲۳)

Terrain System سه وظیفه اصلی شامل نام گذاری، تحلیل پستی بلندی ها، ایجاد مدل از عوارض زمینی و پرواز بر روی این سطوح را فراهم می کند (۳۰). به طور عام Terrain تحت دستور DTM در Geo Media GIS با دیگر سیستم هایی که در بخش های قبل اشاره شد کار می کند. لازم به ذکر است قابلیت های 3D GIS به ندرت توسط فروشندگان و ارایه دهندگان این نرم افزار پیشنهاد می شود. شکل ۴ زیر سیستم های Terrain را با سیستم مرکزی Geo Media نشان می دهد.

در مقایسه با 3D A این سیستم روی تصویرسازی سه بعدی با توابع صحیح 3D GIS تمرکز می کند که کم تر در دسترس هستند.

### ۳-۷ Geo Media Terrain

Geo Media Terrain جزء زیرمجموعه سیستم هایی است که تحت Geo Media GIS که توسط کمپانی Intergraph ارایه شده است کار می کند. این نرم افزار تحت سیستم عامل های ویندوز عمل می کند.

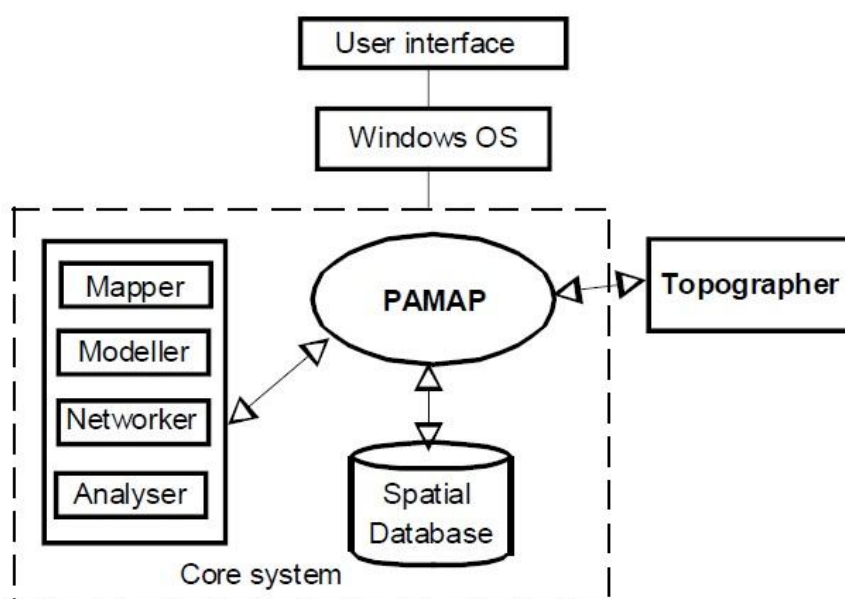


شکل ۴- اجزای terrain در Geo Media System (۲۳)

#### ۴-۷. PAMAP GIS Topographer

این سیستم GIS یکی از محصولات PCI کمپانی Geomatic است که تحت ویندوز ۹۸ و ۹۵ و سیستم عامل‌های NT کار می‌کند. PAMAP GIS یک سیستم وکتوری و رستری است. در کنار توابع دو بعدی

این سیستم دست یابی به داده‌های سه بعدی را فراهم می‌کند که Topographer یا نقشه‌بردار نام دارد (شکل ۵).



شکل ۵- توپوگرافر (نقشه‌بردار) در سیستم PAMAP GIS (۲۳)

### بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی بصری‌سازی این قابلیت را دارد که قدرت تصمیم‌گیری افراد را بهبود بخشد و اشتیاق مدیران، برنامه‌ریزان، سهام‌داران و عموم افراد جامعه را برای تفکر در خصوص یک موضوع ویژه را تشدید کند. تصویرسازی سه‌بعدی سیمای سرزمین می‌تواند به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از زمینه‌های گسترده‌تر بصری‌سازی جغرافیایی، برای ایجاد ارتباط بین شرایط موجود، سناریوی‌های سیمای سرزمین جای‌گزین، گذشته و پیش‌بینی آتی مورد استفاده قرار گیرد (۳۱)؛ علاوه بر این، مجموعه داده‌های گسترده را به گونه‌ای ارائه می‌دهد که در آن افراد می‌توانند بخشی از یک فرآیند تصمیم‌گیری تعاملی بوده (۳۲) و نقشی مهم در ارتباط مجموعه‌ی مشارکت و تصمیم‌گیری داشته باشند (۳۳، ۳۴ و ۳۵). در این راستا تحقیقات صورت گرفته توسط (۲۲ و ۲۳) نشان داده است که مدل‌سازی سه‌بعدی داده‌های فضایی، ساختارسازی و ایجاد پایگاه داده به روش شی‌پایه منجر به تصویرسازی سه‌بعدی بهتری می‌شود. به نظر می‌رسد که این ادعا اساساً ناشی از پیچیدگی‌های فضایی داده‌های سه‌بعدی و نیز برخی پدیده‌های فیزیکی و فضایی جهان واقعی است که در طول زمان با توسعه نرم افزارها بتواند به شکل ملموس‌تری توصیف شود. بنابراین بررسی عملی بودن یک روش برای بهبود نحوه نمایش پدیده‌های طبیعی به صورت سه‌بعدی و مدیریت آن‌ها در GIS شیء پایه لازم و ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به مطالب ذکر شده در این مقاله، به‌طور کلی رایج‌ترین مشکلات باقی مانده در خصوص 3D GIS تحت مفاهیم زیر خلاصه می‌شود:

✓ رهیافت‌های سه‌بعدی موجود، پدیده‌های جهان واقعی که مرزهای آن مستقیماً قابل تشخیص نیستند را مدل‌سازی نمی‌کنند، بنابراین اکتشن‌های دیگری برای پوشش دادن این مساله لازم هستند.

در این سیستم ۴ دستور اصلی GIS پیشنهاد شده‌اند که عبارتند از: Mapper یا نقشه‌ساز، Modeller یا مدل‌ساز، شبکه‌ساز یا Networker و تحلیل‌گر یا Analyser. این ۴ ماژول، هسته‌ی سیستم را تشکیل می‌دهند. برای ایجاد اطلاعات دو بعدی، سیستم وظایف یا عمل‌کردهای GIS را مانند دیگر سیستم‌ها که در قبل اشاره شد، انجام می‌دهد. برای داده‌های سه‌بعدی اغلب توابع سه‌بعدی در Topographer تحت هر یک از بسته‌های DTM برای مثال ایجاد surface Terrain ها، تحلیل surface Terrain ها (مانند محاسبه مساحت و حجم) و تصویرسازی سه‌بعدی کار می‌کند. این سیستم نیز روی نمایش سه‌بعدی داده‌های مربوط به ناهمواری‌ها تمرکز می‌کند.

به‌طور خلاصه تمام سیستم‌های بحث شده در این مقاله نشان می‌دهند که تاکنون به صورت عملی استفاده کمی از 3D GIS شده است اگرچه اغلب آن‌ها قادر به ایجاد داده‌های سه‌بعدی کارآمد از نظر تصویرسازی سه‌بعدی هستند. بنابراین باید، راه حل کاملاً یک پارچه‌ی سه‌بعدی سازی برای تمامی استفاده‌کنندگان از GIS ارائه شود. نمونه‌های چندان زیادی از 3D GIS وجود ندارد. در عین حال از نمونه‌های موجود می‌توان به نمونه‌ی اولیه‌ی ارائه شده توسط موسسه آلمانی Fraunhofer اشاره کرد. این سیستم از یک مدلساز CAD استفاده می‌کند که می‌تواند مدل سه‌بعدی اشیاء سه‌بعدی (مانند ساختمان‌ها) را ایجاد کند (۲۴). یکی از این سیستم‌های اولیه‌ی ای که توسط استرالیایی‌ها و کمپانی Grintec ارائه شده است، با اشیاء و نیز مدل‌سازی عوارض شهری آزمون شده است. این سیستم که GO-3DM نامیده می‌شود نیز از CAD و DTM برای مدیریت داده‌های مرتبط به عوارض شهری خصوصاً ساختمان‌ها استفاده می‌کند (۲۴). به نظر می‌رسد علی‌رغم برخی از توسعه‌های قابل توجه در تصویرسازی سه‌بعدی و امکان کاربست آن‌ها در GIS، هنوز نیاز به تحقیقات و ارائه راه‌حل‌های پیش‌تری در خصوص 3D GIS است.

4. Cambray, B. de. (1993). Three-dimensional (3D) modelling in a geographical database. Proc. 11th International Symposium on Computer Assisted Cartography (AUTOCARTO 11). Minneapolis, pp. 338-347.
5. Cambray, de B, Yeh, T. S. (1994). A multidimensional (2D, 2.5D, and 3D) geographical data model. International Conference on Management of Data (COMAD'94). Bangalore, India, Tata Mc Graw-Hill, pp.317-336, [http://www.prism.uvsq.fr/public/beatrix/publi\\_en.html](http://www.prism.uvsq.fr/public/beatrix/publi_en.html).
6. Zeitouni, K, Cambray, B de. (1995). Topological modelling for 3D GIS. 4th. International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management. Melbourne, Australia, [http://www.prism.uvsq.fr/public/beatrix/publi\\_en.html](http://www.prism.uvsq.fr/public/beatrix/publi_en.html).
7. Jones, CB. (1989). Data structures for three-dimensional spatial information systems in geology, International Journal of Geographical Information Systems. Vol.3, No. 1, Taylor & Francis, London. pp. 15-31.
8. Carlson, E. (1987). Three dimensional conceptual modeling of subsurface structures. Technical Papers, Vol. 4, ASPRS-ACSM Annual Convention. Baltimore, Maryland, pp. 188-200.
9. Bak, P.R.G, Mill, A.J.B. (1989). Three dimensional representation in a geoscientific resource management system for minerals industry. In: Raper, J.(Ed.) Three dimensional applications in geographical information systems. Taylor & Francis, London, pp. 155-182.
- ✓ پیشرفت‌های صورت گرفته از طریق رهیافت‌های ادغامی تنها می‌تواند راه‌حلی برای پدیده‌های سطحی ارائه کند و از جنبه‌ی تئوریک مدل‌سازی فضایی حمایت کمی می‌کند.
- ✓ تلفیق 3D GIS در تصویر سازی سه‌بعدی و ساختار هندسی سه‌بعدی، چه به صورت دستی ( ویرایش گرافیکی سه‌بعدی تعاملی) یا اتوماتیک (3D Voronoi و شبکه‌های چهار وجهی) به تحقیقات پیش‌تری نیاز دارد.
- در نهایت از آن جایی که در حال حاضر نه CAD و نه سیستم‌های GIS ای نیازهای مربوط به دانش علوم زمینی را برآورده نمی‌کنند، تحقیقات پیش‌تر در این زمینه و فراهم کردن زمینه‌های ارتقای 3D GIS مناسب به نظر می‌رسد.

## منابع

1. Li, R, Chen, Y, Dong, F, Qian, L, Hughes, JD. (1996). 3D data structures and applications in geological subsurface modelling. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 31, Part B4, Commission 4, K. Kraus and P. Waldhausl (eds.), 31<sup>th</sup> International Congress of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna, pp. 508-513
2. Qingquan, L, Deren, L. (1996). Hybrid data structure based on octree and tetrahedron in 3-D GIS. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 31, Part B, Commission 4, K. Kraus and P. Waldhausl (eds.), International Congress of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna, pp. 503-507.
3. Bric, V. (1993). 3D vector data structures and modelling of simple objects in GIS. M. Sc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands, 107 p.

17. Shibasaki, R, Shimizu, E, Nakamura, H. (1990). Three dimensional (3D) digital map for an urban area. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 28, Part 4, Commission IV, Tsukuba, Japan, pp. 211-220.
18. Shibasaki, R, Shaobo, H. (1992). A digital urban space model - a three dimensional modelling technique of urban space in a GIS environment. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 24, Part B4, Commission IV, Washington, D.C., USA., pp. 257-264.
19. Konisranukul, W. & Tuaycharoen, N. (2013). Using 3D visualization to improve public participation in sustainable planning process: Experiences through the creation of Koh Mudsum plan, Thailand. Social and Behavioral Sciences. Vol.91, pp. 679-690.
20. Bonham-Carter, G. F. (1996). Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. Computer Methods in the Geosciences. Vol. 13, Pergamon Publications. 398 p.
21. Rongxing Li. (1994). Data structures and application issues in 3-D geographic informationsystems. Geomatica. Vol.48, No.3, pp. 209-224.
22. Förstner, W, Pallaske, R. (1993). Mustererkennung und 3D-Geoinformationssysteme. ZPF, 61. Jg., 5/1993, pp. 167-177.
23. Abdul-Rahman, A. & Pilouk. M. (2007). Spatial Data Modelling for 3D GIS. Springer, 290 pp.
24. Sutherland, IE. (1970). Computer displays. In: Beatty, JC, Booth, K, Raper, J, Kelk, B. (1991). Three-dimensional GIS, In: Geographical informationsystems: principles and applications. D J Maguire, M Goodchild and DW. Rhind (eds.) Longman Geo-information, pp. 299-317.
11. Petrie, G, Kennie, TJM. (1990). Terrain modelling in surveying and civil engineering. Whittles Publishing. Glasgow, 351 p
12. Turner, AK. (1989). The role of 3-D GIS in subsurface characterization for hydrogeological applications. In: Raper, JF (Ed.) Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems. Taylor & Francis. London, pp. 115-127.
13. Smith, DR, Paradis, AR. (1989). Three-dimensional GIS for the earth sciences. In: Raper, JF (ed.) Three dimensional applications in geographical informationsystems. Taylor & Francis, London. pp. 149-155.
14. Batten, L.G. (1989). National capital urban planning project: development of a 3-DGIS. Proc. of GIS/LIS '89. ACSM/ASPRS. Falls Church, pp. 781-786.
15. Slingerland, R, Keen, TR. (1990). A numerical study of storm driven circulation and 'event bed' genesis. Proc. of Symposium on Structures and Simulating Processes. Freiburger Geowissenschaftliche Beiträge, 2, pp. 97-99.
16. Sides, EJ. (1992). Modelling three-dimensional geological discontinuities for mineral evaluation. PhD Thesis. University of London, 281 pp.

30. Priestnall, G. & Hampson, D. (2008). Landscape visualization: science and art. In: Dodge, M., McDerby, M., Turner, M. (Eds.), *Geographic Visualization: Concepts, Tools and Applications*. Wiley, UK, pp. 241–258.
31. Stock, C., Bishop, I.D., O'Connor, A.N., Chen, T., Pettit, C.J. & Aurambout, J.P. (2008). SIEVE: collaborative decision-making in an immersive online environment. *Cartographic Geographic Information*. Vol,35, No. (2), pp. 133–144.
32. Drummond, W. J., French, S. P. F. (2008). The future of GIS in planning: converging technologies and diverging interests. *American Planning Association*. Vol. 74, No, 2, pp. 161-174
33. Wu, H., Zhengwei, H. & Gong, J. (2010). A virtual globe-based 3D visualization and interactive framework for public participation in urban planning processes. *Computers, Environment and Urban Systems*. Vol, 34, pp. 291–298.
34. Lange, E. & Hehl-Lange, S. (2010). Making visions visible for long-term landscape management., Vol,42, No, 7, pp. 693-699.
- (Eds.) IEEE Computer Society Press. Silver Spring, MD, pp. 4-20.
25. Watt, A. (1993). *3D computer graphics*. Addison-Wesley Publishing Company Inc., UK, 500 pp.
26. Worboys, MF, Hearnshaw, HM, Maguire, DJ (1990) Object-oriented data modelling for spatial databases. *International Journal of Geographical Information Systems*. Taylor & Francis Ltd., Vol. 4, No. 4, pp. 369-383.
27. Guo, W. (1996). Three-dimensional representation of spatial object and topological relationships. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. XXXI, Part B3, Commission 3, K. Kraus and P. Waldhausl (eds.), XXXI International Congress of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna, pp. 273-278.
28. Maguire, D.J., Goodchild, M.F., and Rhind, D.W., (Eds), (1991). *Geographical information systems: principles and applications*. Longman Scientific & Technical.
29. Intergraph. (1995). New OLE extensions for CAD/CAM/CAE and GIS adopted, Press Releases. Intergraph Corp., Huntsville, <http://www.intergraph.com/press95/dmpr.html>.

## Fundamental of Spatial Data Modelling for 3D GIS

Sepideh Saeidi<sup>\*1</sup>

[S.Saeidi@ymail.com](mailto:S.Saeidi@ymail.com)

Marjan Mohammadzadeh<sup>2</sup>

### **Abstract:**

Visualization technologies are powerful tools for communicating the scientific outcomes of environmental planning models between the researchers and public participants. A common problem of landscape and environmental planning is that projects are rarely presented in a coherent and stimulating manner. Laypersons are usually overwhelmed by abstract, graphically sparse mapping and are unable to translate this information into landscape images. One of the solutions of this problem is benefit from improvements of 3D visualization technologies. Recently Integration of GIS and three-dimensional visualization technology has been introduced in urban planning and landscape design, so this paper attempts to explain some of the principles and basic concepts in this regard. This paper is generally presented in two parts: the first part expresses the importance of 3D visualization of spatial data and compares different capabilities of 3D making in CAD and GIS softwares, and it has also been referred to some of the problems and solutions of developing 3D GIS softwares. In the second part, some of the three-dimensional systems are introduced and explained. This represented paper is trying to reveal the power of 3D GIS in creating interaction between planners, managers and the general audience.

**Key words:** 3D GIS, CAD, Landscape planning.

---

<sup>1</sup> Ph.D. Student of Environmental Sciences, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran.(Corresponding Author )

<sup>2</sup> Assistant professor of Environmental Sciences, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran.

