

بررسی نرم افزارهای تجاری GIS و شناسایی نرم افزار نظامی مناسب به روش AHP

رضا آقاپاھر^۱، سعید رشیدی^۲، محمد فلاح ززولی^۳، محسن جعفری^۴

- ۱- کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه تهران
- ۲- کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۳- کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
- ۴- کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده:

سیستم اطلاعات مکانی (GIS) از گذشته در حوزه های مختلف امور نظامی کاربرد دارد. امروزه تکنولوژی GIS از کاربرد قدیمی خود در مسائل نظامی فاصله گرفته است و تبدیل به موضوعی حیاتی در این زمینه شده است. این بیان از آنجا ناشی می شود که عملیات نظامی، در همه انواع خود، وابسته به شناخت ناهمواری های سطح زمین و تجزیه و تحلیل بر روی توپوگرافی زمین می باشد. در اینجا به دنبال یافتن محیط نرم افزاری مناسب و رتبه بندی نرم افزارهای تجاری GIS هستیم، بگونه ای که قابلیت مدیریت اطلاعات نظامی را دارا باشد و بتواند نیازهای تجزیه و تحلیل های تخصصی نظامی را برآورده کند. ابتدا قابلیت هایی که نرم افزار GIS بایستی داشته باشد تا بتواند نیازهای کاربردهای نظامی را برآورده کند مورد ارزیابی قرار می گیرند. پس از آن نرم افزارهای تجاری GIS که در حوزه های مختلف مطرح می باشند از نظر قابلیت ها و امکانات توسعه بررسی می شوند. این نرم افزارها شامل ArcGIS، Global Mapper، GeoMedia، GenaMap، CadCorp، TerraBuilder و SmallWorld می باشند. در نهایت با تقسیم بندی پارمترهای مورد توجه به پنج دسته معیار شامل قابلیت های عمومی، قابلیت توسعه، قابلیت های پیشرفته، نمایش و آنالیز سه بعدی و کاربردهای نظامی و بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به انتخاب مناسب ترین نرم افزار تجاری موجود در بازار می پردازد. نتایج نشان می دهد که نرم افزارهای ArcGIS، GeoMedia و TerraBuilder به ترتیب رتبه های اول تا سوم رو در این رتبه بندی کسب کردند.

واژه های کلیدی: نرم افزار تجاری، سیستم اطلاعات مکانی، کاربرد نظامی، تحلیل سلسله مراتبی



۱- مقدمه

سیستم اطلاعات مکانی (GIS^۱) را می‌توان به صورت مجموعه‌ای ساختاریافته از سخت‌افزار، نرم‌افزار، نیروهای متخصص، داده‌های مکانی و مدل‌ها در نظر گرفت. داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های مکانی و داده‌های توصیفی می‌باشند که توسط GIS به هم مرتبط می‌شوند. نیروهای متخصص، توسعه‌دهندگان و کاربران سیستم اطلاعات مکانی می‌باشند که در زمینه ایجاد و استفاده از GIS و انجام پردازش‌ها و تجزیه و تحلیل‌ها بر روی اطلاعات ذخیره شده در پایگاه داده فعالیت می‌کنند. منظور از جزء سخت‌افزاری، پلت‌فرم رایانه‌ای مورد استفاده به همراه کلیه تجهیزات جانبی می‌باشد که برای ورود و پردازش اطلاعات و همچنین ارائه خروجی مناسب بکار می‌رود. از جزء نرم‌افزاری نیز به منظور ورود و بازیابی اطلاعات، مدل‌سازی و انجام تجزیه و تحلیل بر روی داده‌ها استفاده می‌شود. نرم‌افزار علاوه بر این که باید قادر به انجام تمامی آنالیزهای مورد نیاز باشد، بلکه بایستی بتواند به راحتی با کاربر ارتباط برقرار کند [۱].

سیستم اطلاعات مکانی از گذشته در حوزه‌های مختلف امور نظامی کاربرد داشت. اما امروزه تکنولوژی GIS از کاربرد قدیمی خود در مسائل نظامی فاصله گرفته است و تبدیل به موضوعی حیاتی در این زمینه شده است. این بیان از آنجا ناشی می‌شود که عملیات نظامی، در همه انواع خود، وابسته به شناخت ناهمواری‌های سطح زمین و تجزیه و تحلیل بر روی توپوگرافی زمین می‌باشد. در اینجا به دنبال یافتن محیط نرم‌افزاری مناسب و رتبه‌بندی نرم‌افزارهای تجاری GIS هستیم، بگونه‌ای که قابلیت مدیریت اطلاعات نظامی را دارا باشد و بتواند نیازهای تجزیه و تحلیل‌های تخصصی نظامی را برآورده کند [۲].

ابتدا قابلیت‌هایی که نرم‌افزار GIS بایستی داشته باشد تا بتواند نیازهای کاربردهای نظامی را برآورده کند، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. پس از آن نرم‌افزارهای تجاری GIS که در حوزه‌های مختلف مطرح می‌باشند از نظر قابلیت‌ها و امکانات توسعه بررسی می‌شوند. در نهایت با تقسیم‌بندی پارمترهای مورد توجه به پنج دسته معیار شامل قابلیت‌های عمومی، قابلیت توسعه، قابلیت‌های پیشرفته، نمایش و آنالیز سه بعدی و کاربردهای نظامی و بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP^۲) به انتخاب مناسب‌ترین نرم‌افزار تجاری موجود در بازار می‌پردازد.

۲- قابلیت‌های مورد نیاز در کاربردهای نظامی

با بررسی نیازمندی‌های کاربران نظامی، لیستی از قابلیت‌های مورد نیاز برای نرم‌افزار GIS تهیه گردید. این قابلیت‌ها در پنج گروه کلی دسته‌بندی شدند که به صورت زیر می‌باشند:

قابلیت‌های عمومی [۳]:

- پشتیبانی از داده‌های برداری
- پشتیبانی از داده‌های رستری
- امکان اتصال به پایگاه‌های داده
- انطباق و پشتیبانی از استاندارد OGC
- نقشه‌سازی شماتیک: شامل نمودار میله‌ای، نمادگذاری، طبقه‌بندی، نمودارها، برچسب‌گذاری، چگالی نقاط^۳ و ... می‌باشد.

^۱ Geospatial Information System

^۲ Analytic Hierarchy Process

^۳ Dot Density



- امکانات چاپ و خروجی گرفتن
- تولید و ویرایش داده: گرافیک دوبعدی مانند ابزارهای ایجاد نقاط، خطوط و چندضلعی‌ها و... را در برمی‌گیرد.
- مختصات، تبدیلات هندسی، سیستم تصویر

قابلیت توسعه [۴]:

- امکانات توسعه نرم‌افزار
- قابلیت کدنویسی

قابلیت‌های پیشرفته [۵]:

- پشتیبانی از GPS
- ایجاد توپولوژی
- تولید و ویرایش پیشرفته: تولید آفست، خلاصه‌سازی، برش، تقاطع و ... از جمله آن می‌باشد.
- نقشه‌سازی شماتیک پیشرفته: آنالیز پلیگون thissen، آنالیزهای رستری، تولید منحنی میزان و ... را شامل می‌شود.

قابلیت‌های نمایش و آنالیز سه‌بعدی [۶]:

- امکان نمایش سه‌بعدی و تولید terrain: شامل شبکه نامنظم مثلثی^۴، مدل رقومی زمین^۵، سایه‌زنی^۶، جاری شدن آب در سطح^۷ و ... هستند.
- آنالیز دید^۸ و آنالیز terrain: از جمله این آنالیزها می‌توان خط دید، شیب، جهت شیب و ... را نام برد.

کاربرد در زمینه‌های نظامی:

- افزونه‌های تخصصی قابل نصب بر روی نرم‌افزار
- کاربرد در زمینه نظامی

۳- بررسی نرم‌افزارهای تجاری GIS

۳-۱- نرم‌افزار ArcGIS

نرم‌افزار ArcGIS محصول شرکت ESRI، زیرساخت تکنولوژی اطلاعات تجاری می‌باشد. بدین صورت که تکنولوژی تولیدی از تکنولوژی‌های GIS مورد استفاده در گذشته بسیار متفاوت است. این موضوع را با مفهوم عملیات شبکه محور^۹ بهتر می‌توان توضیح داد. عملیات شبکه محور به مفهوم استفاده از شبکه برای ارتباط تصمیم‌گیرندگان در سرتاسر حوزه‌های نظامی و حتی فراتر از آن می‌باشد. ماهیت اصلی عملیات شبکه محور، حرکت به سوی معماری

^۴ Triangular Irregular Network (TIN)

^۵ Digital Terrain Model (DTM)

^۶ shading

^۷ surface draping

^۸ viewshed

^۹ Network Centric Operations (NCO)



مدرن و خدمات گرا می باشد که سازگاری آشکاری بین حوزه های مختلف برقرار می کند. قسمت کلیدی در این رابطه، زیرساخت مربوط به امور دفاعی، اطلاعاتی و ابزارهای مکانی یا همان GIS تجاری می باشد. ArcGIS نقش اساسی در هر کدام از سه مفهوم مرتبط با عملیات شبکه محور ایفا می کند [۷]:

اطلاعات، نظارت و شناسایی: ادغام تمامی سنجنده ها در میدان نبرد با پایگاه های داده مکانی در سرتاسر شبکه ها فرماندهی و کنترل، ارتباطات، کامپیوترها، اطلاعات: پلت فرم GIS حوزه های مختلف C4I را در زمان کمتر با تصمیمات مناسب، با استفاده از ابزارهای مختلف آنالیز، ارزیابی و فعالیت های برنامه ریزی شده پشتیبانی می کند. تعامل دقیق: شامل هماهنگی تجهیزات از کارافتاده با توجه به زمان و مکان به منظور دستیابی به شرایط مورد نظر می باشد [۷].

۳-۱-۱- راه حل های دفاعی ArcGIS

تحلیل گران اطلاعات مکانی و برنامه ریزان نظامی راه حل های دفاعی این نرم افزار را برای ایجاد جریان های کاری فرآیندها و نمادگذاری استفاده می کنند که امکان اجرای دقیق و سریع تصمیم گیری ها را فراهم می کند. راه کارهای دفاعی ArcGIS جزء کلیدی از بخش های کاربردی زیر می باشد [۸]:

۱. فرماندهی و کنترل
۲. برنامه ریزی اتفاقات و پاسخگویی مناسب
۳. مدیریت میدان نبرد
۴. جستجو و امنیت
۵. جمع آوری اطلاعات برنامه ریزی ماموریت ها
۶. مدل سازی و شبیه سازی
۷. تجزیه و تحلیل های مکانی دفاعی و اطلاعاتی

افزونه آنالیز نظامی ArcGIS^{۱۰}: این افزونه شامل مجموعه ابزارهایی می باشد که نیازهای خاص کاربران دفاعی را برطرف می سازد. این ابزارها به صورت قابل ملاحظه ای کارایی GIS را برای برنامه ریزان نظامی و تحلیل گران اطلاعاتی بهبود می بخشد. این افزونه استفاده از مجموعه محصولات استاندارد دفاعی را پیشینه می کند. این افزونه همچنین تنظیمات کاملی در اختیار کاربر می گذارد. این امر از طریق واسطه های کاربری به زبان COM، تبدیل سریع داده های رستری و برداری به یکدیگر و مجموعه ای از ابزارها صورت می گیرد. ابزارهای نمایشی و آنالیزی امکان به اشتراک گذاری محیط های دفاعی را برای سیستم ها به صورت شبکه ای با قابلیت استفاده مجدد و مقیاس پذیر برآورده می کند. با استفاده از این افزونه، کاربرها می توانند تولید، پرسش و پاسخ، تجزیه و تحلیل و نمایش داده های مکانی را به فرمت های مختلف انجام دهند [۸، ۹].

منبع واحدی برای بصری سازی، مدیریت و تجزیه و تحلیل داده های دفاعی و اطلاعاتی فراهم می کند. این برنامه استفاده از تولیدات داده های مکانی دفاعی را با خواندن و رندرینگ مستقیم محصولات رستری و برداری به بالاترین سطح می رساند. به عنوان افزونه ای برای نرم افزار ArcGIS می تواند از مزیت های ویرایشی، بصری سازی و چارچوب های آنالیز مکانی ArcGIS بهره بگیرد. علاوه بر این، برنامه های کاربردی سفارشی را نیز می تواند با استفاده از ArcGIS Engine و Arc Objects تولید نمود. این افزونه از طریق واسطه های کاربری سازگار، امکانات و تنظیمات کاملی ارائه می دهد که در هجوم داده های برداری و رستری با مجموعه ای از ابزارهای نمایشی و آنالیزی این امر را ممکن می سازد [۸، ۹].

ابزارهای نمایشی، محصولات نقشه ای نظامی در مقیاس ها و فرمت های متنوع تولید می شوند. با وجود پلت فرم های قدرتمند GIS، به منظور استفاده موثر از این محصولات، ابزارهای مدیریت داده این برنامه، به برنامه ریزان نظامی امکان

¹⁰ ArcGIS military Analyst Extension



بصری سازی انواع داده های دفاعی را می دهد. ابزارهای آنالیز نیز شامل مجموعه ای از ابزارها می باشد که مخصوص حل مسائل نظامی و دفاعی طراحی شده است. دامنه این ابزارها از آنالیزهای ناهمواری های سطح زمین تا مباحث ژئودزی می باشد [۹،۸].

ابزار مختصات: نمایش مختصاتی و تبدیلات داده را در سیستم مرجع شبکه منظم نظامی^{۱۱} پشتیبانی می کند.

ابزار تبدیل: امکان تبدیل گروهی مختصات، آماده سازی داده ها و بارگذاری جریان های کاری را فراهم می کند.

ابزار ناهمواری های سطح زمین: برای آنالیزهایی مانند خط دید، آنالیز دید، آنالیز تهدید، خط دید شعاعی و خطی، محاسبه بالاترین و پایین ترین نقطه و نقشه سایه روشن^{۱۲} استفاده می شود.

ابزار پردازش مکانی: فایل ها با فرمت های مختلف را به کلاس عوارض تبدیل می کند. از فایل های متنی، صفحه گسترده یا داده های جدولی می توان برای تولید پلی لاین های فضایی، بیضوی مبنا و پلی گون ها استفاده شوند.

ابزارهای ژئودزی: به کاربران این امکان را می دهد که به صورت تعاملی دواپر عظیمه و خطوط کشتیرانی با دقت مناسب ایجاد کنند. به کمک محاسبه گر ژئودزی، کاربران می توانند دو نقطه مختصات دار مشخص کنند و مسیر دایره عظیمه و خط کشتیرانی یا مسیر خط ژئودزیک را ایجاد کنند. محاسبه گر ژئودزی همچنین می تواند ژیزمان، آزمون، فاصله و مختصات نقطه پایانی را محاسبه کند. ابزار ایجاد حلقه دامنه^{۱۳} به کاربران امکان تولید بیضوی های صحیح متحدالمرکز ژئودتیکی در محدوده های تعریف شده توسط کاربر را می دهد.



شکل ۱: جزئیات دستورها و ابزارهای مربوط به افزونه MA در محیط ArcMap [۹]

افزونه^{۱۴} MOLE: مجموعه ای از اجزاء COM می باشد که برنامه نویسان از آن ها برای ایجاد برنامه های کاربردی مختلف استفاده می کنند. این برنامه ها از استانداردها و خصوصیات بخش دفاعی^{۱۵}، MIL-STD-2525B و NTO's APP-6A پیروی می کنند. افزونه این امکان را فراهم می کند که به راحتی بتوان تولید، نمایش و اصلاح نمادگذاری های نظامی را در نقشه ها انجام داد. این برنامه، کارایی برنامه های کاربردی فرماندهی، کنترل و ماموریت را از طریق ترکیب با آنالیزهای مکانی ArcGIS و نمادگذاری های یکسان نظامی بهبود می بخشد. با استفاده از افزونه MOLE کاربر می تواند [۹،۸]:

¹¹ Military Grid Reference System (MGRS)

¹² hillshade

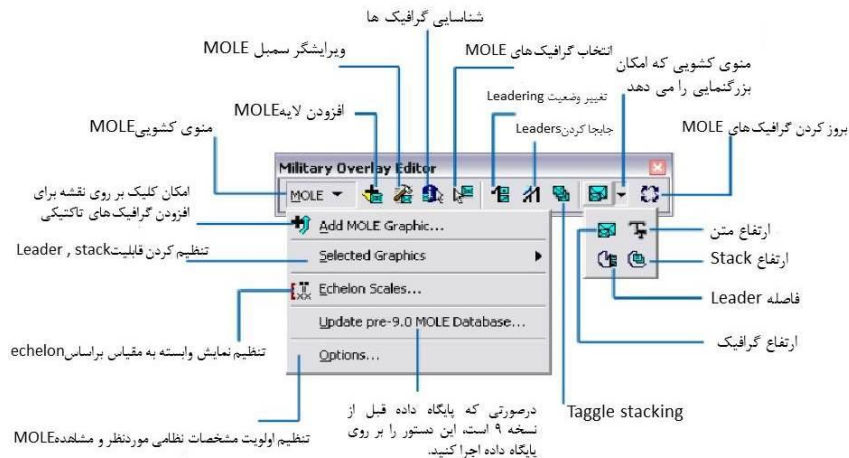
¹³ range ring

¹⁴ Military Overlay Editor

¹⁵ Department of Defense (DoD)

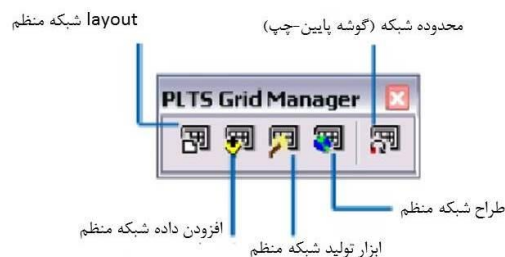


- داده‌های جغرافیایی به فرمت‌های مختلف را بیافزاید و نمادهای استاندارد را بر روی آن‌ها تعیین موقعیت کند.
- افزودن خطوط راهنما به صورت خودکار یا دستی به نمادهای چندگانه که در موقعیت واحد اتفاق می‌افتد.
- دسته‌بندی نمادهای مربوط به واحدهای مشابه که در موقعیت اتفاق می‌افتند.
- نسخه‌های پیش‌نویس نقشه را از طریق وسایل خروجی استاندارد چاپ کند.
- از نقشه گرافیکی تولیدی توسط MOLE بر روی سیستم‌های ArcGIS مبتنی بر ویندوز استفاده کند.



شکل ۲: جزئیات دستورها و ابزارهای مربوط به افزونه MOLE در محیط ArcMap [۹]

افزونه مدیر شبکه منظم^{۱۶}: شامل مجموعه‌ای از ابزارها می‌باشد که امکان تولید شبکه‌های منظم چندگانه، شبکه مدارات و نصف‌النهارات و خروجی گرفتن برای انواع نقشه‌ها را می‌دهد. این مجموعه ابزار شامل ابزار ایجاد شبکه منظم^{۱۷}، مجموعه تولید شبکه منظم، ابزارهای افزودن داده‌های شبکه منظم^{۱۸} و نمایش خروجی شبکه منظم^{۱۹} می‌باشد. شبکه‌های منظم تولید شده شامل موقعیت جغرافیایی، مقیاس‌ها، سیستم‌های مختصات و واحدها می‌باشند [۹، ۸].



شکل ۳: جزئیات افزونه مدیر شبکه منظم [۹]

ابزارهای برنامه نویسی: می‌توان از طریق زبان برنامه‌نویسی VBA از این امکان استفاده کرد، که در نرم‌افزار ArcGIS نیز مدنظر قرار گرفته است. اما به طور کلی این برنامه می‌تواند با هر زبان دیگری نیز سازگار شود. این قابلیت به کاربر

¹⁶ Grid Manager

¹⁷ Grid Creation Wizard

¹⁸ add grid data

¹⁹ grid layout view



اجازه ساخت برنامه‌های کاربردی جدید را می‌دهد که در نتیجه آن تولید راه‌کارهای نظامی پیشرفته ممکن می‌شود. به ویژه زمانی که برنامه‌ها با افزونه‌های آنالیز مکانی^{۲۰} و آنالیز سه‌بعدی^{۲۱} همراه می‌شوند [۸].

۳-۲- نرم‌افزار Global Mapper

برنامه کاربردی قوی و ارزان برای سیستم اطلاعات مکانی می‌باشد. مجموعه‌ای جامع از ابزارهای پردازش داده‌های مکانی می‌باشد که امکان دسترسی به انواع مختلف فرمت‌های داده را فراهم می‌کند. نرم‌افزاری همه‌کاره که به عنوان ابزار مدیریت داده‌های GIS و مکملی برای ایجاد زیرساخت GIS می‌باشد. سازگاری کامل و پشتیبانی از انواع مختلف داده، نصب و راه‌اندازی آسان، ایجاد تعادل مناسب برای پردازش داده‌های قدرتمند و سهولت استفاده، پشتیبانی فنی رایگان و نامحدود و قیمت‌گذاری مقرون به صرفه از جمله ویژگی‌های آن می‌باشد [۱۰].

این نرم‌افزار قادر به نمایش، تبدیل و تجزیه و تحلیل انواع مختلف داده‌های مکانی می‌باشد. این داده‌ها می‌توانند به صورت دوبعدی یا سه‌بعدی، محلی یا بر روی ابر، رستری یا برداری، فایل فلت یا پایگاه داده مکانی باشند. نرم‌افزار امکان تبدیل، ویرایش، انتشار، چاپ، ردیابی^{۲۲} GPS، موزاییک‌سازی را فراهم می‌کند. کاربران نیز می‌توانند تجزیه و تحلیل‌های مکانی در بالاترین سطح، شامل تشخیص تغییرات NDVI، آنالیز حوضه آبخیز^{۲۳}، آنالیز terrain، محاسبات حجم و بسیاری تحلیل‌های دیگر را انجام دهند [۱۰].

۳-۲-۱- مشخصات نرم‌افزار Global Mapper

پشتیبانی از افزونه‌ها: این امکان به کاربران و مشتریان داده شده است تا از طریق ایجاد درافزا^{۲۴} و افزودن قابلیت‌ها به نرم‌افزار از نوار ابزارهای تولیدی خود بهره‌مند شوند. این افزونه‌ها به تمامی داده‌های بارگذاری شده بر روی نرم‌افزار دسترسی دارند [۱۱].

داده‌های سه‌بعدی: به همان سهولتی که با داده‌های دوبعدی کار می‌کنیم، می‌توان با داده‌های سه‌بعدی نیز کار کرد. نرم‌افزار چندین فرمت سه‌بعدی مانند 3D PDF، Collada، Wavefront، 3Ds Max و ... را پشتیبانی می‌کند. این قابلیت همچنین شامل توانایی انتخاب و اندازه‌گیری عوارض در حالت نمایش سه‌بعدی نیز می‌شود [۱۱].

ورود و خروجی گرفتن داده: یکی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد نرم‌افزار، پشتیبانی فرمت‌های متنوع داده می‌باشد. دسترسی مستقیم به بیش از ۲۵۰ نوع داده رستری، برداری و داده‌های ارتفاعی، شامل فایل‌های 3D PDF را ممکن می‌سازد. نرم‌افزار تقریباً تمامی انواع داده‌های مکانی را بدون احتیاج به برافزا^{۲۵} پشتیبانی می‌کند [۱۱].

پشتیبانی از پایگاه داده مکانی: منظور از آن ورود و خروجی گرفتن داده از پایگاه داده‌های مکانی می‌باشد. نرم‌افزار پایگاه داده‌های مکانی مانند ArcSDE، پایگاه داده فایلی ESRI، پایگاه داده شخصی ESRI، SQL Server، My SQL Spatial، Oracle Spatial، Post GIS/ Postgre SQL و Spatial Lite/ SQLite را پشتیبانی می‌کند [۱۱].

ابراهیم نقطه لیدار: این ویژگی امکان نمایش و پردازش فایل‌های نقاط با بیش از میلیاردها نقطه را فراهم می‌سازد. افزایش چشم‌گیر در سرعت پردازش و نمایش فایل‌های لیدار، قبل از تولید مدل‌های سطحی با استفاده از شبکه‌های

²⁰ spatial analyst

²¹ 3D analyst

²² Global Positioning System

²³ watershed

²⁴ add-in

²⁵ add-on



منظم بسیار مفید می باشد. همچنین چند گزینه برای فیلتر کردن داده‌ها در حین ورود و رندرینگ ابرهای نقطه در اختیار گذاشته شده است [۱۱].

دسترسی به داده‌های آنلاین: امروزه سعی در توزیع داده از طریق سرویس‌های تحت وب می‌باشند. تابع داده آنلاین نرم-افزار، لینک‌های مستقیم به بسیاری از این سرویس‌های داده را شامل می‌شود. از جمله می‌توان تصاویر هوایی مربوط به ایالات متحده، داده‌های ارتفاعی کل دنیا، نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره لندست، داده پوشش گیاهی، کاتالوگ-های کامل GIS، نمودارهای حمل و نقل هوایی و داده‌های برداری Open Street Map را نام برد [۱۱].

پشتیبانی از نرم‌افزار Google Earth: نرم‌افزار طوری طراحی شده است که می‌تواند ورودی و خروجی‌هایی را با فرمت-های kml/kmz پشتیبانی کند. همچنین امکان خروجی گرفتن و انتشار نقشه‌های Google Web Map و kml/kmz را برای ایجاد واسط کاربری آنلاین دلخواه کاربر فراهم می‌کند [۱۱].

اصلاح تصویر: تابعی استاندارد امکان ورود تقریباً هر فایل عکسی را فراهم می‌کند تا از طریق آن بتوان یک لایه رستری مقیاس پذیر و تراشده ایجاد کرد. فرآیند اصلاح تصویر، ورود دستی نقاط عکسی و نقاط کنترل زمینی متناظر را پشتیبانی می‌کند. تنظیمات اضافی پیشرفته امکان انتخاب روش اصلاح تصویر، نمونه‌گیری مجدد و تغییر پارامترهای تبدیل را فراهم می‌سازد [۱۱].

ژئوکدسازی: ژئوکدسازی می‌تواند با استفاده از سرویس‌های آنلاین از قبل تعریف شده و شبکه راه‌های ورودی توسط کاربر برای تعیین دقیق نقاطی که موقعیت هر آدرس را ارائه می‌دهد، انجام شوند. این داده‌ها که شامل مقادیر مختصات می‌باشند، در صورت نیاز می‌تواند به صورت جدول بر روی نقشه خروجی گرفته شوند [۱۱].

مدیر گراف و چارت: به کاربر امکان تولید گراف و چارت را از داده‌های بارگذاری شده می‌دهد. انواع عملیات‌های تولید انواع نمودارها، هیستوگرام برای لایه‌های terrain، ذخیره‌سازی و اشتراک‌گذاری گراف در این گروه پشتیبانی می‌شوند [۱۱].

رقومی سازی: به منظور دسترسی به مجموعه داده‌های مکانی، ابزارهای رقومی سازی متنوعی برای تولید و ویرایش عوارض بر روی نقشه فراهم می‌کند. همچنین توابع تولید نقطه، خط و سطح و ابزارهایی برای تولید عوارض هندسی تخصصی مانند حلقه‌های دامنه، شبکه‌های منظم و مناطق بافر از دیگر ویژگی‌های آن می‌باشد [۱۱].

رندرینگ عوارض: این نرم‌افزار امکانات محدودی برای اختصاص مشخصات بصری خاص برای عوارض برداری بر روی نقشه پیشنهاد می‌دهد. سمبل‌های نصب شده یا سفارشی برای نقاط، استایل‌های خطوط چندگانه برای عوارض خطی و هچ‌های سالید و الگودار برای عوارض سطحی از جمله آن‌ها می‌باشد [۱۱].

برنامه‌نویسی: برای ورود داده، تبدیلات داده، انجام تبدیل سیستم مختصات، تجزیه و تحلیل‌ها، محاسبات اطلاعات توصیفی، جداسازی لایه‌ها، استفاده از کاربر به صورت تعاملی و همچنین خروجی گرفتن به تمامی فرمت‌های پشتیبانی-شده داده کاربرد دارد. اسکرپت‌های قدرتمند می‌توانند به گونه‌ای نوشته شوند که پردازش‌های شرطی مانند if/then/else را نیز شامل شوند [۱۱].

آنالیز Terrain: این ابزارها به کاربر امکان پردازش و مدل سازی داده‌های ارتفاعی را می‌دهد. این توابع به عنوان بخشی از نرم‌افزار استاندارد می‌باشد و نیاز به افزونه‌ها یا پلاگین‌های اضافی ندارد. این آنالیزها عبارتند از [۱۱]:



۱. پروفیل خطی/ خط دید ۲. محاسبات آنالیز دید ۳. محاسبه حوضه آبخیز ۴. تولید خطوط منحنی میزان

۵. محاسبه حجم عملیات خاکی ۶. اصلاح terrain/ تسطیح ۷. بالآمدگی سطح آب دریا

پردازش داده: نرم افزار توابع بسیاری را برای پردازش داده های ورودی بکار می برد. از جمله می توان انتخاب سیستم تصویر، مدیریت اطلاعات توصیفی، استخراج عوارض، محاسبات تراکم و پردازش گروهی را نام برد [۱۱].

ردیابی GPS: نرم افزار شامل منوی کامل برای مدیریت داده های GPS می باشد. با استفاده از یک گیرنده GPS سازگار که به کامپیوتر متصل می شود، کاربر می تواند موقعیت را به صورت آنی بر روی هر لایه اطلاعاتی یا نقشه موجود ردیابی کند [۱۱].

محاسبه گر رستری: محاسبه گر رستری را می توان در منوی آنالیز پیدا کرد. این ابزار می تواند برای انجام عملیات ریاضی بر روی تصاویر چندباندی یا استخراج انواع مختلف اطلاعات استفاده شود. کاربر می تواند فرمول های از قبل تعریف شده مانند NDVI و NDWI را به کار ببرد و یا فرمول های موردنظر خود را با استفاده از عملگرهای ریاضی متداول تولید کند [۱۱].

۳-۳- نرم افزار GeoMedia

این نرم افزار که محصولات شرکت اینترگراف است، مجموعه مدیریتی GIS قدرتمند می باشد که کاربران را برای درک کامل از منابع اطلاعات مکانی قادر می سازد. نرم افزار دسترسی هم زمان به تقریباً تمامی شکل های مختلف داده را فراهم می کند. تمامی این داده ها به صورت یکپارچه برای تولید نقشه واحد ترکیب می شوند تا پردازش، آنالیز، ارائه و به اشتراک گذاری موثر حاصل شود. عملکرد مستقیم و پویای نرم افزار باعث ایجاد توالی در فرآیندهای پردازشی می شود. بدین صورت که نتیجه یک عملیات، به صورت مستقیم برای عملیات بعدی استفاده می شود. ابزارهای پرسش و پاسخ قدرتمند، امکان بروزرسانی اتوماتیک نتایج را در پاسخ به تغییرات صورت گرفته بر روی داده ها فراهم می سازد.

مشخصات بارز نرم افزار را می توان در موارد زیر خلاصه کرد:

ساده، سراسر، دسترسی آسان و مدیریت داده: نرم افزار می تواند به صورت مستقیم به پایگاه های داده مکانی مانند Oracle، SQL Server، PostgreSQL متصل شود. علاوه بر این، می تواند به بسیاری از فرمت های متداول فایل های مکانی دسترسی داشته باشد. نرم افزار همچنین کاوشگر جدید کاتالوگ به نام ERDAS APOLLO را برای داده های تصویری بدون ساختار ارائه می دهد که برای نمایش در فضای نقشه بطور مستقیم استفاده می شود [۸].

یکپارچگی داده، کیفیت و حفاظت: گزینه های بسیاری برای اطمینان از کیفیت داده ها پیشنهاد می دهد و اینکه در مدت زمان استفاده از این داده ها نیز کیفیت خود را حفظ می کنند. نرم افزار افزودن حجم زیادی از داده ها را به محیط پایگاه داده ساده و این فرآیند را بهبود بخشیده است. علاوه بر این، نرم افزار قبل از پذیرش داده، یکپارچگی پایگاه داده را با بررسی کیفیت هندسی، محتوا و کامل بودن آن ها تضمین می کند [۱۲].

تجزیه و تحلیل های پیچیده و پویای داده ها: نرم افزار به کاربر قدرت انجام تجزیه و تحلیل های پیچیده برای استخراج اطلاعات از داده ها را به صورت یکباره می دهد. این داده ها در پایگاه های داده چندگانه، بر روی پلت فرم های مختلف و به فرمت های مختلف می توانند ذخیره شده باشند. همچنین شرایط ایجاد پرسش و پاسخ با جزئیات مختلف را فراهم می کند. ایجاد و اتصال پرسش و پاسخ ها به یکدیگر و استفاده از نتایج آن ها برای پرسش و پاسخ های دیگر از امکانات دیگر نرم افزار می باشد [۱۲].



جمع‌آوری، ویرایش، به اشتراک‌گذاری و چاپ اطلاعات: بهره‌وری و دقت جنبه‌هایی اساسی در جمع‌آوری و ویرایش عوارض برداری در پایگاه‌های داده مکانی می‌باشند. کاربران به سرعت و سهولت می‌توانند از یک روش ایجاد هندسه عوارض به روش دیگر تغییر وضعیت بدهند. همچنین قابلیت بالایی برای تولید، ویرایش و نگهداری اطلاعات پارسل‌ها و محدوده‌ها دارد [۱۲].

طراحی کاربر-محور: واسط کاربری گرافیکی ساده نرم‌افزار، بگونه‌ای سازماندهی شده است که کمترین میزان جابجایی موس و تعداد کلیک لازم باشد، تا بالاترین کارایی حاصل شود. دستورات به صورت منطقی گروه‌بندی و در قسمت ریبون آورده شده‌اند. نرم‌افزار به کاربر امکان ویرایش و تنظیم قسمت‌های مختلف واسط کاربری را می‌دهد، تا متناسب با جریان‌های کاری خاص سازمان بتواند آن‌ها را تنظیم کند [۱۲].

متناسب‌سازی با احتیاجات کاربر: کاربر می‌تواند به قابلیت‌های موردنیاز خود دست یابد؛ بدون اینکه بخواهد برای خصوصیتی که در جریان کاری نیاز ندارد، هزینه‌ای را متحمل شود [۱۲].

۳-۳-۱- افزونه نرم‌افزار GeoMedia

افزونه مدیریت حمل و نقل: ابزارهایی برای کمک به متخصصان مربوط به شهرداری‌ها، فرودگاه‌ها، بنادر دریایی، حمل و نقل، شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی، آژانس‌های خطوط آبی و عملیات‌های خطوط لوله تولید می‌کند، تا به صورت موثری برای آنالیز زیرساخت‌های حمل و نقل بکار رود.

مدیر نقشه‌سازی GeoMedia^{۲۶}: قابلیت‌های کارتوگرافی و اتوماسیون نقشه‌برداری مرتبط با GIS را برای تولید محصولات نقشه‌ای بهبود می‌بخشد و محصولات نقشه‌ای دقیقی از نظر کارتوگرافی تولید می‌کند.

مدیر پایگاه داده: قابلیت‌های مدیریت داده‌های مربوط به عوارض و راهکار مبتنی بر پایگاه داده برای اطلاعات و نگهداری داده‌های مکانی ارائه می‌کند.

افزونه سه‌بعدی نرم‌افزار GeoMedia: بصری‌سازی سه‌بعدی را در محیط نرم‌افزار ممکن می‌سازد. این پنجره امکان بصری‌سازی، جابجایی، آنالیز و تعامل با داده‌های سه‌بعدی را ممکن می‌سازد [۱۲].

۳-۴- نرم‌افزار GenaMap

سیستم اطلاعات مکانی جامع می‌باشد که معماری خادم/مخدوم پیشرفته را با دسترسی آسان به مجموعه‌ای گسترده از قابلیت‌ها فراهم می‌کند. نرم‌افزار قدرت آنالیز و نمایش داده‌های رستری و برداری را در محیطی واحد، سازگار و یکپارچه ترکیب می‌کند. گزینه‌های توانمندی برای مدیریت اطلاعات مکانی به کاربر ارائه می‌دهد. برای فشرده‌سازی قابلیت‌ها و استفاده آسان از آن‌ها، محیطی توسعه یافته را فراهم می‌کند. واسط کاربری گرافیکی با استفاده از روش‌های نقطه و کلیک^{۲۷} تولید شده است و به اسکرپت‌هایی که با زبان استاندارد نوشته شده متصل می‌شود. واسط کاربری، نمایشی متمرکز از اطلاعات مکانی ارائه می‌دهد و سطح جزئیات نمایش یافته را بهینه‌سازی می‌کند [۱۳].

کنترل کاملی بر روی فرآیند ساختاردهی و بررسی توپولوژی صحیح، تولید داده برای انجام پرسش‌وپاسخ و آنالیزهای مکانی دارد. توابع پاکسازی برای چسباندن داده‌های مکانی و میج‌کردن لبه‌ها برای مجموعه داده‌ها در دسترس هستند. توپولوژی پیوسته بر روی مجموعه منابع داده مجزا حفظ می‌شود و پشتیبانی گسترده‌ای برای تبدیل سیستم تصویر، بیضوی‌ها و دیتوم‌ها پیش‌بینی شده است [۱۳].

²⁶ GeoMedia Mapping Manager

²⁷ point-and-click



ویژگی‌های بارز نرم‌افزار را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

آنالیزهای برداری: عملیات‌های پرسش‌وپاسخ و تجزیه‌وتحلیل بر روی داده‌های برداری شامل انتخاب، هم‌پوشانی، بافر زدن، نزدیکی، طبقه‌بندی، ترسیم چندضلعی‌های Thiessen، ادغام عوارض، یافتن نقطه در چندضلعی، تقسیم‌بندی و ترسیم پویا را دربرمی‌گیرد. روش‌های صحیح نمایش مکانی، آنالیزهای برداری پیچیده را ساده می‌کند و زبان برنامه‌نویسی امکان انجام خودکار آنالیزها را طبق دستورات تعریف شده توسط کاربر فراهم می‌سازد [۱۳].

آنالیزهای رستری: توابع پرسش‌وپاسخ و آنالیزهای رستری در نرم‌افزار، به طور کامل با توابع برداری ادغام شده است. به عنوان مثال عملیات پرسش‌وپاسخ می‌تواند به هر دو نوع داده‌های رستری و برداری در یک عملیات واحد دسترسی داشته باشد. عملیات‌های آنالیز رستری شامل درون‌یابی (به روش‌های حداقل انحناء، kriging، شبکه منظم grid، quintic spline)، رستری‌سازی داده‌های برداری، نمونه‌برداری مجدد، کلاسه‌بندی مجدد، طبقه‌بندی، ادغام، استخراج عوارض، تقسیم‌بندی، فیلترهای نه‌تایی، شناسایی لبه‌ها، عملیات‌های ریاضی بر روی داده‌های رستری، آنالیز مجاورت، زون‌بندی، آنالیز شیب، نقشه سایه‌روشن، جهت شیب، اسکن کردن، نرم‌سازی و آنالیز دید و... می‌باشد [۱۳].

آنالیز شبکه: نرم‌افزار مجموعه‌ای گسترده از توابع شبکه را پشتیبانی می‌کند. این توابع شامل کوتاه‌ترین مسیر، تخصیص منابع در یک منطقه، آنالیز فروشنده دوره‌گرد و ترسیم شبکه می‌باشد. توابع مدل‌سازی مبداء-مقصد^{۲۸}، جاذبه و دسترسی می‌تواند برای آنالیز مناطق جمعیتی به کار رود. این توابع به منظور تعیین بهترین مکان‌ها برای جانمایی مراکز خدماتی استفاده می‌شود [۱۳].

ابزار genius: ابزار واسطی می‌باشد که ساخت و اجرای برنامه‌های کاربردی گرافیکی را به آسانی اشاره و کلیک کردن ممکن می‌سازد. این ابزار مجموعه ابزارک OSF/Motif 1.2 را به طور کامل پشتیبانی می‌کند و شامل مجموعه قوی از دستورات مدیریت در زمان اجرا در رابطه با واسط کاربری می‌باشد [۱۳].

نمایش مکانی: نمایش داده‌های تولیدی در نتیجه عملیات‌های پرسش‌وپاسخ و آنالیز را گویند. نمایش‌های مکانی از طریق مجموعه داده‌های مجازی صورت می‌گیرد [۱۳].

اطلاعات توصیفی خارجی: سرورهای پایگاه داده خادم/مخدوم نرم‌افزار ارتباط موثر و انعطاف‌پذیری به چندین پایگاه داده به صورت همزمان ایجاد می‌کند. سرورهای بیشتر شرکت‌های اصلی شامل Oracle، Informix، Ingres، Sybase و... را پشتیبانی می‌شوند [۱۳].

۳-۵- نرم افزار CadCorp SIS

نرم‌افزار GIS برداری می‌باشد و داده‌های رستری را در سطح نمایش می‌پذیرد. این نرم‌افزار دارای ساختار پایگاه داده رابطه‌ای-شی‌گرا^{۲۹} می‌باشد که در واقع تلفیقی از ساختارهای پایگاه داده شی‌گرا^{۳۰} و رابطه‌ای^{۳۱} است. پایگاه داده‌ای که نرم‌افزار به صورت پیش‌فرض استفاده می‌کند، پایگاه داده Access است. ولی نرم‌افزار می‌تواند با پایگاه‌های داده

²⁸ origin-destination

²⁹ Object-Relational

³⁰ Object Oriented

³¹ Relational



مختلفی از قبیل Oracle 8i, Oracle, FoxPro, SQL Server, Excel, Paradox بطور مستقیم یا از طریق ODBC ارتباط برقرار کند. نرم‌افزار دارای چهار ماژول اصلی است [۱۴]:

CadCorp Map Viewer: این ماژول قابلیت نمایش و چاپ اطلاعات موجود با فرمت‌های مختلف را دارد و می‌توان از آن برای تولید نقشه‌های موضوعی استفاده کرد.

CadCorp Map Manager: این ماژول قابلیت نمایش اطلاعات، افزودن داده و چاپ محدوده وسیعی از داده‌های رستری و برداری را دارا است. همچنین می‌توان داده‌ها را به آسانی تعریف کرده و نمایش داد. این ماژول، ابزار ویرایش داده و قابلیت انجام پرسش و پاسخ از پایگاه داده‌ها را در اختیار کاربر قرار می‌دهد و امکان تعریف سیستم تصویرهای مختلف با بیضوی‌های مرجع متنوع را فراهم می‌نماید.

CadCorp Map Editor: این ماژول دارای قابلیت مدیریت و چاپ نقشه‌های رستری و برداری می‌باشد و امکان تعریف ساختار توپولوژی بر روی داده‌ها در آن پیش‌بینی شده است. این ماژول علاوه بر قابلیت‌های فوق، دربرگیرنده کلیه توانایی‌های Cadcorp Map Manager نیز می‌باشد.

CadCorp Map Modeller: این ماژول دربرگیرنده کلیه قابلیت‌های نرم‌افزار می‌باشد. امکان پذیرش داده‌های سه‌بعدی، قابلیت تولید TIN و DEM، برقراری دید سه‌بعدی، تجزیه و تحلیل شبکه و یافتن مسیر بهینه، قابلیت مجموعه‌داده اندکس^{۳۲} از خصوصیات این ماژول می‌باشد.

۳-۵-۱- قابلیت‌های عمومی نرم افزار

قابلیت‌های عمومی نرم‌افزار را می‌توان به صورت خلاصه در موارد زیر دسته‌بندی کرد [۱۴]:

- مجموعه داده اندکس: اشاره‌گری می‌باشد که داده را در خود ذخیره نمی‌کند و برای تولید آسان پایگاه‌های داده استفاده می‌شود.
- تولید TIN و Grid (تبدیل عارضه یا یک منطقه به شبکه‌های منظم و ایجاد بعد سوم در سلول‌های شبکه)
- انطباق داده‌های رستری یا برداری روی داده‌های سه‌بعدی DTM و TIN در فضای سه‌بعدی
- تجزیه و تحلیل شبکه‌ای
- نمونه برداری مجدد داده‌های رستری
- انجام عملیات منطقی به کمک جبر بولین روی عوارض سطحی
- ایجاد ساختار توپولوژیک
- تصحیح اعوجاج تصاویر
- عملیات ایجاد چندضلعی‌های Thiessen
- عملیات تجزیه و تحلیل منطقه حائل
- ارائه سیستم با قابلیت CAD
- قابلیت‌های بالا در چاپ نقشه
- قابلیت نمایش چندمقیاسی عوارض
- قابلیت پرسش و پاسخ روی اطلاعات توصیفی

³² Index Dataset



- قابلیت پرسش و پاسخ روی اطلاعات مکانی
- پردازش های کارتوگرافی
- ترسیم نمودارها و گراف های آماری
- فشرده سازی داده های رستری
- تبدیل تصاویر رنگی به سیاه و سفید
- پردازش داده های گرافیکی برای ورود به محیط GIS
- ایجاد کتابخانه های مورد نظر کاربر برای کاربرهای مختلف
- قابلیت تبدیل سیستم تصویرهای مختلف به یکدیگر
- باز کردن اطلاعات فایل هایی با فرمت های متفاوت در یک لایه
- ایجاد منحنی میزان روی TIN
- امکان توسعه برای اضافه کردن فونت های جدید به نرم افزار

در رابطه با قابلیت توسعه سیستم و ایجاد برنامه های کاربردی، نرم افزار دارای ماژولی به نام CadCorp SIS SDK می باشد. ماژول مذکور کلیه توابع نرم افزار را در اختیار کاربران قرار داده و امکان توسعه برنامه های کاربردی را با استفاده از زبان های برنامه نویسی Visual C++، Visual Basic، Delphi و ... فراهم می سازد [۱۴].

۳-۶- نرم افزار Smallworld GIS

این نرم افزار محصول شرکت GENS^{۳۳} است. نرم افزار Smallworld در ابتدای دهه ۹۰ برای کاربردهای خدمات شهری از جمله برق شهری طراحی و ارائه گردید. این محصول از مدل داده شی گرا استفاده می کند. ساختار سیستم های باز را قبول می کند و کلیه استانداردهای قابل قبول کامپیوتری را می پذیرد. بنابراین می تواند روی سکوی کامپیوتری مختلف تحت سیستم های عامل NT و یا Unix اجرا شود و به داده های ذخیره شده در پایگاه داده های مختلف دسترسی داشته باشد [۱۵].

در پایگاه داده نرم افزار، یک پایگاه داده شی گرا در سکوی کامپیوتری مختلف اجرا می گردد. در اجرای این پایگاه داده، با استفاده از فناوری پایگاه داده رابطه ای، از ترکیب یک زبان برنامه نویسی محاوره ای به نام Smallworld Magik و یک واسطه سطح پایین^{۳۴} شی گرا بین دنیای رابطه ای و شی گرا استفاده می گردد. در این ارتباط "رکورد" به یک "شی" و "فیلد" به "داده توصیفی" تصویر می شود. سیستم داده برداری است و تنها می تواند داده های برداری و توصیفی را با هم در یک سیستم ذخیره کند و یک اتصال خارجی نیز به پایگاه داده دیگر فراهم می کند. نرم افزار دارای زبان برنامه نویسی محاوره ای تحت عنوان Magik می باشد که یک محیط یکپارچه را برای توسعه سیستم فراهم می کند. برنامه ریزی سیستم، توسعه کاربردی، یکپارچگی سیستم و اختصاصی سازی نرم افزار، همگی با همان زبان انجام می شود [۱۵].

۳-۶-۱- مشخصات اصلی نرم افزار

از جمله مشخصات اصلی نرم افزار می توان موارد زیر را نام برد [۱۵]:

- پایگاه داده مجازی که داده های برداری و توصیفی را با هم یکپارچه می کند.

³³ GE Network Solution

³⁴ Low-Level Interface



- هر عارضه جغرافیایی را به صورت یک شی قابل مدیریت تعریف می کند که شامل هندسه ساختار یافته توپولوژیکی با کلاسه بندی کننده های مفهومی می باشد.
- ایجاد مدل داده های کاربر به صورت اشیاء را حمایت می کند و به این اشیاء اجازه می دهد که روش هایی در داخل خود داشته باشند.
- دارای توابع تجزیه و تحلیلی شبکه برداری، هم جواری، تولید نواحی حائل، هم پوشی چندضلعی ها و ... می باشد.
- محیط پرسش و پاسخ منحصر به فردی برای یک سری از پایگاه های داده موجود فراهم می کند.
- نقشه های پایه یکپارچه برای مکانیزم های شاخص گذاری مکانی ارائه می نماید.
- مدیریت نسخه ها را برای مدیریت نگارشی داده ها و حفظ نسخه های مختلف در حین اعمال تغییرات را دارا می باشد.
- برای توسعه کاربردی و اختصاصی سازی سیستم از زبان برنامه نویسی استفاده می کند.
- محیط شی گرا، یک کتابخانه وسیع از کلاس های اشیاء و روش ها را فراهم می کند.

۳-۶-۲- ویژگی های فنی هسته نرم افزار

معماری سرویس دهنده به ایستگاه های کاری: این ساختار امکان اتصال کاربران متعدد را به پایگاه داده فراهم می آورد. کلیه پردازش ها بر روی ایستگاه کاری کاربر انجام می شود و سرویس دهنده فقط وظیفه توزیع داده را به عهده دارد. بنابراین با زیاد شدن تعداد کاربران بازده سیستم ثابت می ماند [۱۵].

مدیریت نسخه های متعدد پایگاه داده: هر کاربر می تواند نسخه خاص خود را از پایگاه داده داشته باشد. داده مشترک بین کاربران کپی نمی شود و توسط سرویس دهنده بین همه توزیع می گردد. تغییرات اعمال شده در نسخه خاص هر کاربر ایجاد می گردد و ابزار انتقال تغییرات و مقایسه متناقض در سیستم تعبیه شده است [۱۵].

پشتیبانی از داده های برداری و رستری: در عین حال که نرم افزار دارای محیط بسیار قوی برداری است، توانایی خواندن، نمایش و پردازش داده های رستری را نیز داراست. نقشه های اسکن شده، تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی مکان-مرجع مستقیماً در پایگاه داده قابل بارگذاری هستند و به سرعت کمبود اطلاعات بصری را در سیستم جبران می کند [۱۵].

دنیای داخلی و هندسه متعدد برای شی جغرافیایی: به عنوان مثال یک شی جغرافیایی پیچیده را در نظر بگیرید. علاوه بر هندسه بیرونی شی، ممکن است شی از اجزای جزئی تری نیز تشکیل شده باشد. بنابراین شی می تواند شامل یک دنیای داخلی نیز باشد. هر کدام از این اجزا داخلی، یک شی جغرافیایی با کلیه خصوصیات هندسی و توصیفی است و حتی هر یک می توانند دنیای داخلی دیگری برای خود داشته باشند [۱۵].

پایگاه داده توزیع یافته: مدل های جغرافیایی بسیار تخصصی می باشند به نحوی که عملاً برای کاربردهای مختلف می-بایست پایگاه های داده تخصصی توسط موسسات و کاربران دارای آن تخصص و صلاحیت تهیه گردند. مشخصاً اطلاعات تهیه شده در حیطه هر تخصصی می بایست توسط مسئولین مربوطه و در محل آن ها نگهداری و مدیریت گردد. ولی در یک GIS، کاربر به اطلاعات جامع نیاز دارد که غالباً در تملک دیگران است. یک Smallworld GIS می تواند پایگاه های داده توزیع یافته در محل های مختلف را خوانده و همه را به صورت یکپارچه و جامع در ایستگاه کاری کاربر جمع آوری و بازیابی نماید [۱۵].



استفاده منفصل از پایگاه داده: تکنولوژی ذخیره موقت پایگاه داده بر روی خادم یا ایستگاه کاری منفصل از شبکه کاربر را قادر می‌سازد تا بدون اتصال به شبکه به پردازش، ویرایش و یا جمع‌آوری داده در پایگاه داده بپردازد. در فرصت بعدی که تماس با شبکه برقرار می‌گردد محیط ذخیره موقت تغییرات را با پایگاه داده اصلی تبادل خواهد کرد [۱۵].

مدیریت داد و ستد کاربران^{۳۵}: یک سیستم اطلاعات مکانی عموماً دارای چندین کاربر می‌باشد. این کاربران دارای نیازهای مختلف از نظر بازایی، ورود داده یا تغییر داده هستند. نرم‌افزار می‌تواند اجازه کار با چندین کاربر را به طور همزمان بدهد. همچنین سطح دسترسی و عمق دستیابی به پایگاه داده را طبق باید و نبایدهای سیستم کنترل نماید. همچنین کاربر می‌تواند در هر مرحله از کار، پایگاه داده را به آخرین وضعیت قبلی برگرداند [۱۵].

پایگاه داده چندمقیاسه: امکان بهره‌گیری از داده‌های جغرافیایی با مقیاس‌ها و قدرت تفکیک متفاوت در یک پایگاه داده باعث می‌گردد تا کاربر مجموعه پیوسته‌ای از داده‌ها را در مقیاس‌های مختلف در پایگاه داده داشته باشد. داده‌ها در مقیاس‌های مختلف به تناسب بزرگنمایی صفحه نمایش، به صورت خودکار انتخاب می‌گردند [۱۵].

پایگاه داده جغرافیایی پیوسته^{۳۶}: هر شی جغرافیایی به صورت یکپارچه^{۳۷} در پایگاه داده ذخیره می‌شود. به این ترتیب مرزی بین داده‌های جغرافیایی وجود ندارد. در سایر نرم‌افزارهای GIS که مبتنی بر شیت نقشه هستند، در محل اتصال نقشه‌ها، عوارض جغرافیایی به چند بخش تقسیم می‌شوند، این خود مشکلات بسیار زیادی در پردازش داده بوجود می‌آورد [۱۵].

۳-۷- نرم‌افزار TerraBuilder

نرم‌افزار SkylineGlobe مجموعه‌ای از برنامه‌های کاربردی تعاملی می‌باشد. دامنه گسترده محصولات آن به کاربر امکان طراحی و پیاده‌سازی‌های اختصاصی برای برطرف کردن نیازهای کاربر را می‌دهد. گزینه‌های توسعه نرم‌افزار شامل قابلیت کار در مدهای شبکه‌ای و آفلاین می‌باشد. این شرایط امکان به اشتراک‌گذاری برای عموم یا محدود کردن دسترسی‌های تحت شبکه را فراهم می‌سازد. نرم‌افزار امکان تولید واسط‌های کاربری سفارشی را فراهم می‌سازد که برای پشتیبانی از نیازهای کاربران مختلف طراحی شده است. نرم‌افزار TerraBuilder جزئی از مجموعه نرم‌افزاری SkylineGlobe می‌باشد که عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های ارتفاعی رقومی با اندازه‌ها و کیفیت‌های مختلف را ادغام می‌کند تا به پایگاه داده terrain با دقت مکانی بالا دست یابد. این پایگاه داده terrain سه‌بعدی می‌تواند به عنوان terrain پایه در ماژول TerraExplorer استفاده شود [۱۶].

برای تولید پایگاه داده terrain، فایل‌های رستری به فایل پروژه اضافه می‌شوند و سپس برای دستیابی به پایگاه داده سه‌بعدی مورد نظر ویرایش می‌شوند. قابلیت‌های ویرایش نرم‌افزار شامل برش، تعدیل و سرشکنی، تبدیلات مکانی و تغییرات درجات خاکستری و ارتفاع می‌باشند. فایل پروژه می‌تواند به طور کامل پردازش شود و به فرمت MPT^{۳۸} در بیاید و سپس به صورت مستقیم در محیط ماژول TerraExplorer بارگذاری شود. همچنین می‌تواند از راه دور و با استفاده از سرویس terrain مربوط به ماژول TerraGate بر روی TerraExplorer پابلیش شود. پایگاه‌های داده terrain

³⁵ Transaction Authorization

³⁶ seamless Geo DataBase

³⁷ Entity wise

³⁸ single stream-optimized file(MPT)



شامل MPT^{۳۹} و TBP^{۳۹} می‌توانند به مخدوم WMS/WMTS نیز خدمت بدهند. با استفاده از سرویس‌های SFS و WMS/WMTS موجود در ماژول TerraGate این امر اتفاق می‌افتد [۱۶].

کاربران به آسانی می‌توانند فعالیت‌هایی مانند اشتراک‌گذاری، ارسال، دریافت و بارگذاری داده‌های جغرافیایی را بر روی نرم‌افزار انجام دهند. این فعالیت‌ها با اتصال به پایگاه‌داده کاتالوگ پیش‌بینی شده در این مجموعه به نام TerraCatalog عملی می‌شوند. این ماژول امکان ذخیره‌سازی، سازماندهی و مدیریت اتصال به تصاویر و منابع ارتفاعی را ممکن می‌سازد [۱۶].

برنامه کاربردی CityBuilder این نرم‌افزار، مدل‌های مش سه‌بعدی تولیدی و لایه‌های اختصاصی مدل‌های شهری را با هم ادغام می‌کند. این لایه‌ها با اطلاعات طبقه‌بندی شده مش ترکیب می‌شوند و پایگاه‌داده مش سه‌بعدی^{۴۰} را تولید می‌کنند. پایگاه‌داده حاصل پرسش و پاسخ‌های مکانی و توصیفی را پشتیبانی می‌کند. با استفاده از آنالیزها و قابلیت‌های موجود، امکان اندازه‌گیری، تجزیه و تحلیل مکانی نیز فراهم می‌شود [۱۶].

برنامه کاربردی PhotoMesh نرم‌افزار نیز مدل‌های مش سه‌بعدی با کیفیت بالا تولید می‌کند. از ویژگی‌های بارز این سیستم در مقایسه با روش‌های مدل‌سازی سنتی، پردازش کاملاً خودکار می‌باشد که سبب کاهش در هزینه و زمان می‌شود. پردازش‌های چند هسته‌ای و چند کامپیوتری می‌تواند تولید و پابلیش پایگاه‌های داده حجیم را سرعت بخشد [۱۶].

۳-۷-۱- مشخصات اصلی نرم‌افزار

پایگاه‌داده terrain: فایل MPT، فایل فشرده چند رزولوشنی و با سرعت انتشار بهینه می‌باشد که شامل تمامی اطلاعات و ویرایش‌های صورت گرفته می‌شود. این پایگاه‌داده به صورت محلی بکار می‌روند یا از طریق ماژول TerraGate بر روی اینترنت پابلیش می‌شوند. همچنین ماژول Direct Connect، به کاربر امکان پرواز مستقیم بر روی فایل TBP را می‌دهد. همچنین باعث صرفه‌جویی در زمان و منابع موردنیاز برای تولید MPT می‌شود [۱۷].

لایه‌های رستری: کاربر می‌تواند داده‌های رستری را برای تولید terrain سه‌بعدی بارگذاری کند. این داده‌ها می‌توانند دارای فرمت‌ها، سیستم‌های تصویر و رزولوشن‌های مکانی مختلف باشند. تلفیق‌کننده‌های نرم‌افزار تمامی منابع تصویری را به صورت موزاییک در می‌آورند و آن‌ها را بر روی مدل ارتفاعی مربوطه می‌اندازند. کاربر می‌تواند لایه‌های ورودی در پروژه را ویرایش کند. این ویرایش‌ها شامل بردن، تغییر اندازه، جابجایی و تغییر درجات خاکستری، اصلاح ابعاد و رزولوشن لایه می‌باشد. نتیجه این عملیات‌ها تولید پایگاه‌های داده واقع‌گرایانه و با اطلاعات دقیق جغرافیایی می‌باشد [۱۷].

ابزارها: مهمترین این ابزارها به صورت زیر می‌باشد [۱۷]:

- تبدیل فایل ASCII ارتفاعی: این ابزار، فایل ASCII ارتفاعی را به فایل با فرمت GRW^{۴۱} تبدیل می‌کند تا به عنوان منبع داده ارتفاعی در پروژه استفاده شود.
- شبکه ارتفاعی نامنظم مثلثی: این ابزار، فایل‌های XYZ، DXF و سایر فرمت‌های برداری را به فایل‌های با فرمت TRI (مثلثی) تبدیل می‌کند تا به عنوان منبع داده ارتفاعی در پروژه استفاده شوند.

^{۳۹} Terra Builder Project(TBP)

^{۴۰} 3DML

^{۴۱} Binary Geo Raw



- جمع‌آوری فایل‌های تقسیم‌شده^{۴۲}: این ابزار چندین فایل را به تعداد دلخواه از فایل‌های با فرمت TLT^{۴۳} تبدیل می‌کند.
 - تقسیم و ادغام فایل‌های با فرمت MPU-MPT: این ابزار امکان تقسیم فایل‌های با فرمت MPU-MPT را که با استفاده از نسخه‌های قدیمی‌تر تولید شده‌اند را به صورت فرمت‌های بسیار موثر و کارآمد فراهم می‌سازد.
 - ایجاد پایگاه‌های داده terrain و سرورهای TerraGate امن: ابزار امنیت به کاربر امکان افزایش امنیت MPU-MPT و سرورهای محلی یا کنترل از راه دور TerraGate را با افزودن گذرواژه/کلمه عبور فراهم می‌سازد.
- کاربردها در زمینه‌های امور دفاعی و اطلاعاتی سه‌بعدی: توانایی ساخت، نمایش و آنالیز تصاویر عملیاتی در یک مرجع مکانی، امری حیاتی برای انجام عملیات‌های نظامی و اطلاعاتی موفقیت‌آمیز می‌باشد. مجموعه برنامه‌های کاربردی نرم-افزار، ابزارهای موردنیاز را برای سطوح مختلف سلسله‌مراتب نظامی ارائه می‌دهد. این ابزارها از بصری‌سازی آنی از میدان جنگ، تا قابلیت آنالیزهای تاکتیکی سریع و آسان موردنیاز برای رزمندگان را شامل می‌شود. قابلیت‌های نظامی نرم‌افزار عبارتند از [۱۷]:

۱. ادغام داده
 ۲. پشتیبانی انواع داده‌های مکانی
 ۳. بروزرسانی پویا
 ۴. ابزارهای همکاری
 ۵. سرعت در تولید مدل سه‌بعدی
 ۶. استانداردهای باز
 ۷. نمایش پویا
 ۸. شبکه یکپارچه
 ۹. پایگاه‌های داده با cache بهینه
 ۱۰. سرورهای قدرتمند
- مشخصات اصلی نرم‌افزار را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد [۱۷]:

- پشتیبانی موثر از پایگاه‌های داده حجیم، بدون محدودیت در اندازه
- توزیع حجم کار در شبکه‌های محلی به صورت چندپردازنده‌ای و چندکامپیوتری
- تولید صحنه‌های سه‌بعدی واقع‌گرایانه و با جزئیات
- فشرده‌سازی داده برای حداقل کردن فضای ذخیره‌سازی بر روی دیسک یا پهنای باند برای شبکه
- پشتیبانی اغلب فرمت‌های داده استاندارد
- پشتیبانی اضافی برای فرمت‌های منابع داده جدید از طریق پلاگین در واسط کاربری
- فراهم‌سازی دسترسی سریع به پایگاه داده با حجم بیش از ترابایت از طریق اشاره‌گرهای فایل‌های ۶۴ بیتی
- ادغام خودکار (موزاییک کردن) داده‌ها با رزولوشن‌های مختلف
- واسط‌های کاربری پیشرفته برای تنظیمات دستی و خودکار پایگاه داده
- گزینه‌ها و قابلیت‌های قدرتمند برای نمایش
- ابزارهای ویرایش متعدد برای توسعه لایه‌های تعریف‌شده توسط کاربر
- وارد کردن فایل‌های رستری مبتنی بر سرور
- واسط کاربری با ریبون ساده

⁴² Tiled Files

⁴³ Tile Text File

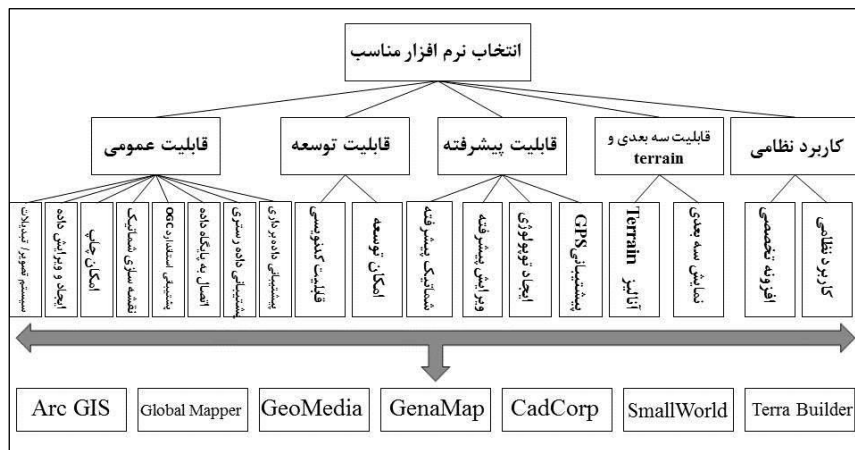


- ارتباط با TerraCatalog
- پشتیبانی کامل از محلی سازی^{۴۴}

۴- ارزیابی نرم افزارهای تجاری GIS به روش تحلیل سلسله مراتبی

بطور کلی فرآیند تصمیم گیری از لحاظ فضای تصمیم به دو گروه پیوسته و گسسته تقسیم می شود. تصمیم گیری در فضای گسسته که فضای مسئله مورد بررسی نیز می باشد، می تواند در حالت تک معیاره یا چندمعیاره بررسی شود. روش تحلیل سلسله مراتبی روشی است که امکان تصمیم گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی، کمی و ترکیبی (کمی و کیفی) را فراهم می کند. پیاده سازی روش AHP برای دستیابی به تصمیم نهایی در سه فاز انجام می شود [۱۸].

ایجاد ساختار سلسله مراتبی: عوامل موثر در تصمیم گیری در قالب درخت تصمیم گیری و در چهار سطح هدف، معیارها، زیرمعیارها و الترناتیوها بیان می شود. برای مسئله مورد بررسی هدف انتخاب نرم افزار مناسب، الترناتیوها هفت نرم افزار تجاری GIS مورد بررسی در بخش ۳ و معیارها و زیرمعیارها مطابق شکل ۴ می باشند [۱۸].



شکل ۴: ساختار سلسله مراتبی فرآیند تصمیم گیری به روش تحلیل سلسله مراتبی

در روش AHP برای هر کدام از معیارها و زیرمعیارها و در نهایت الترناتیوها امتیازی بدست می آید. الترناتیوها برحسب امتیازی که کسب کرده اند رتبه بندی می شوند. مسلماً گزینه ای که بیشترین امتیاز را کسب می کند، بهترین گزینه برای انتخاب خواهد بود. روشی که در AHP برای محاسبه امتیازها بکار می رود براساس مقایسات زوجی استوار است. با توجه به نیازهای کاربران نظامی، قابلیت ها و توانمندی های نرم افزارهای تجاری GIS مورد بررسی قرار گرفت. این قابلیت ها و میزان توانایی هر نرم افزار در جدول ۱ با ارزش های ۰ تا ۵ برای هر زیرمعیار مشخص شده است. با در نظر گرفتن وزن یکسان برای هر کدام از زیرمعیارها در گروه مربوطه، میزان میانگین قابلیت برای هر معیار نرم افزار محاسبه شدند. از این جدول در مقایسات زوجی معیارها استفاده شد [۱۸، ۱۹].

انجام مقایسات زوجی: عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه می شود و وزن آن ها محاسبه می گردد. سپس با تلفیق این وزن های نسبی، وزن نهایی هر الترناتیو مشخص می شود. در شکل ۵- راست نمونه ای از مقایسه الترناتیوها نسبت به معیار کاربرد نظامی نمایش یافته است [۱۸، ۱۹].

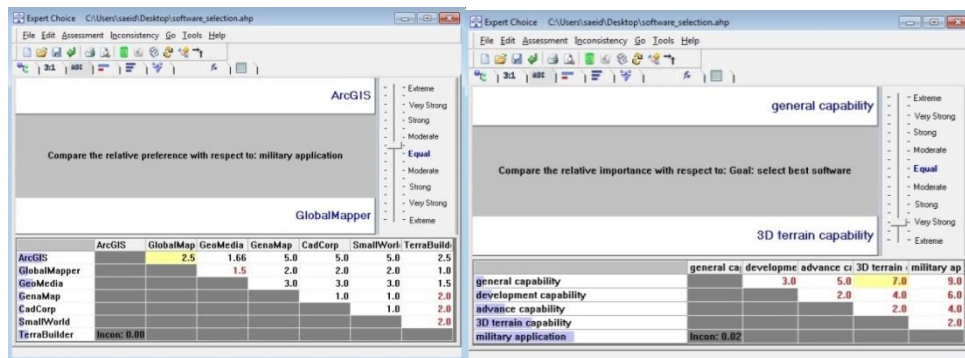
⁴⁴ localization



با توجه به اینکه در کاربردهای نظامی در صورت استفاده از نقشه‌ها و تحلیل‌های سه بعدی، کیفیت تصمیم‌گیری برای فرماندهان افزایش می‌یابد و امکان بروز اشتباهات متداول در نقشه‌های دوبعدی کاهش می‌یابد. وزندهی معیارها را به صورت شکل ۵-چپ انجام شد. شکل ۵-چپ مقایسه معیارهای مدنظر مسئله تعیین بهترین نرم‌افزار را نمایش می‌دهد.

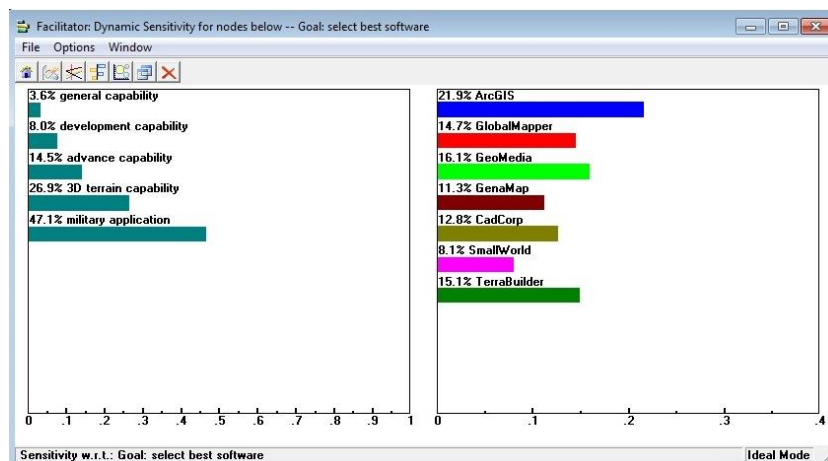
جدول ۱: بررسی قابلیت نرم‌افزارهای تجاری GIS

معیارها	قابلیت‌های نرم‌افزار	لیست نرم‌افزاری تجاری سیستم اطلاعات مکانی						
		ArcGIS	Global Mapper	Geo Media	Gena Map	CadCorp	Small World	Terra Builder
قابلیت‌های عمومی	پشتیبانی داده‌های برداری	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
	پشتیبانی داده‌های رستری	۵	۵	۵	۵	۱	۳	۵
	اتصال به پایگاه داده	۴	۵	۳	۴	۳	۴	۵
	OGC انطباق و پشتیبانی از استاندارد	۴	۲	۲	۳	۴	۴	۵
	نقشه‌سازی شماتیک	۵	۵	۴	۴	۵	۴	۳
	چاپ گرفتن	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
	تولید و ویرایش داده	۵	۵	۴	۴	۴	۵	۵
	مختصات/ تبدیلات هندسی/ سیستم تصویر	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴
	میانگین معیار قابلیت مقدماتی	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۵
قابلیت توسعه	امکان توسعه نرم‌افزار	۵	۳	۳	۴	۵	۴	۵
	قابلیت کدنویسی	۵	۵	۵	۴	۵	۵	۵
	میانگین معیار قابلیت توسعه	۵	۴	۴	۴	۵	۵	۵
قابلیت‌های پیشرفته	پشتیبانی از جی پی اس	۵	۵	۵	۱	۴	۴	۴
	ایجاد توپولوژی	۵	۳	۵	۴	۵	۵	۵
	تولید و ویرایش پیشرفته	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۳
	نقشه‌سازی شماتیک پیشرفته	۵	۴	۵	۵	۴	۳	۳
	میانگین معیار قابلیت پیشرفته	۵	۴	۵	۴	۴	۴	۴
نمایش و آنالیز سه بعدی	terrain تولید نمایش سه بعدی و	۵	۵	۴	۴	۵	۱	۵
	terrain و viewshed آنالیز	۵	۵	۴	۴	۵	۱	۵
	میانگین معیار قابلیت نمایش و آنالیز سه بعدی	۵	۵	۴	۴	۵	۱	۵
کاربرد نظامی	افزونه‌های تخصصی نظامی	۵	۱	۳	۱	۱	۱	۱
	کاربرد در زمینه نظامی	۵	۳	۳	۱	۱	۱	۳
	میانگین معیار کاربردهای نظامی	۵	۲	۳	۱	۱	۱	۲



شکل ۵: مقایسه زوجی نرم افزارها برای معیار کاربرد نظامی (راست) مقایسه زوجی معیارهای انتخاب بهترین نرم افزار (چپ)

محاسبه وزن ها و تصمیم گیری: آخرین گام محاسبه ماتریس تصمیم می باشد. چون مسئله مورد بررسی مسئله مکانی نیست و هدف فقط دستیابی به بهترین نرم افزار با کاربرد نظامی می باشد، لذا از نرم افزار Expert Choice استفاده شد که وزن معیارها و آلترناتیوها را محاسبه، ماتریس تصمیم گیری را حل و سازگاری و ناسازگاری آن را بررسی می کند. شکل ۶ وزن های محاسبه شده برای معیارها و آلترناتیوها را نشان می دهد [۱۹، ۱۸].



شکل ۶: میزان مطلوبیت نرم افزارهای تجاری برای کاربردهای نظامی (راست) وزن موثر معیارها در تصمیم گیری (چپ)

۵- انتخاب نرم افزار مناسب با کاربرد نظامی

با محاسبه وزن معیارها و تعیین میزان کارایی هر کدام از نرم افزارها، نتایج به صورت شکل ۶ بدست می آیند. این نتایج در جداول ۲ و ۳ خلاصه سازی شده است. بدین ترتیب نرم افزار ArcGIS در بالاترین اولویت و نرم افزارهای GeoMedia و Global Mapper و TerraBuilder در اولویت های بعدی قرار می گیرند. اما نرم افزارهای SmallWorld، GenaMap و CadCorp از کیفیت لازم برای استفاده در کاربردهای نظامی برخوردار نیستند.

جدول ۲: وزن های موثر معیارهای مربوط به نرم افزارهای تجاری GIS بر حسب درصد

معیارها	وزن معیار
معیار قابلیت عمومی	۳.۶
معیار قابلیت توسعه	۸
معیار قابلیت پیشرفته	۱۴.۵
معیار قابلیت نمایش و آنالیز سه بعدی	۲۶.۹
معیار کاربردهای نظامی	۴۷.۱



جدول ۳: اولویت بندی نرم افزارها به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بر حسب درصد

وزن معیار	معیارها
۲۱.۹	Arc GIS
۱۶.۱	GeoMedia
۱۵.۱	TerraBuilder
۱۴.۷	Global Mapper
۱۲.۸	CadCorp
۱۱.۳	GenaMap
۸.۱	SmallWorld

۶- نتایج و پیشنهادها

ویژگی های بارز نرم افزارهای تجاری GIS متداول در حوزه های مختلف شامل ArcGIS، GeoMedia، GlobalMapper، TerraBuilder و SmallWorld، CadCorp، GenaMap مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. قابلیت ها در قالب پنج معیار اصلی شامل قابلیت عمومی، قابلیت توسعه، قابلیت پیشرفته، قابلیت نمایش و آنالیز terrain و کاربردهای نظامی دسته بندی شدند. از روش تحلیل سلسله مراتبی برای وزن دهی به معیارها استفاده شد. وزن های موثر معیارها با مقایسه زوجی آن ها به صورت جدول ۲ حاصل شد. میزان مطلوبیت نرم افزارها نیز که نتیجه اعمال روش AHP بر روی آلترناتیوهای مورد نظر می باشد مطابق با جدول ۳ بدست آمد. بدلیل اینکه مسئله مورد بررسی ماهیت مکانی نداشت از نرم افزار Expert Choice استفاده شد، که نرم افزار تخصصی روش AHP می باشد.

نتایج نشان می دهد که نرم افزار ArcGIS با توجه به تنوع افزونه ها، بویژه در زمینه نمایش و تحلیل های سه بعدی و افزونه های تخصصی نظامی با ۲۱.۹ درصد مطلوبیت، از بالاترین سطح مطلوبیت برخوردار است. پس از آن نیز نرم افزارهای GeoMedia و TerraBuilder به ترتیب با ۱۶.۱ و ۱۵.۱ درصد مطلوبیت در جایگاه های بعدی جای گرفتند. اما نرم افزارهایی مانند SmallWorld و GenaMap از مطلوبیت پایینی در زمینه نظامی برخوردار هستند. هرچند این نرم افزارها ممکن است در حوزه های غیرنظامی و کاربردهای دیگر مطلوبیت بالایی از خود نشان دهند.

نتایج براساس معیارهای مورنظر نویسنده و برای کاربردهای نظامی حاصل شده است و رتبه بندی کلی نرم افزارها در تمامی زمینه ها نمی باشد. همچنین فقط نرم افزارهای تجاری GIS بررسی شده اند، اما می دانیم که امروزه نرم افزارهای رایگان و منبع باز نیز با تنوع بالا در دسترس کاربران می باشد. بنابراین برای تحقیق های آتی می توان نگاه را به سمت نرم افزارهای منبع باز معطوف کرد.

مراجع:

- [۱] N.M.Shrikant, "An Introduction to Geographical Information Systems", IETE Technical Review, Vol.16, Nos.5&6, pp.419-424, 2015.
- [۲] A.Pincevicius, R.Bausys, P.Jankauskas, "Application of Geographical Information Systems in Modelling of Military Operations", Aviation, Vol 4, No.3, pp.36-42, 2010.
- [۳] A.Buckley, P.Hardy, "Cartographic Software Capabilities and Data Requirements: Current Status and a Look toward the Future", Cartography and Geographic Information Science, Vol.34, No.2, pp.155-157, 2013.
- [۴] B.Li & et al, "Expert Evaluation as Means of Promoting GIS Software Development", Geographic Information Sciences, Vol.9, No.1&2, 2009.



- [۵] S.Steiniger,E.Bocher,“An Overview on Current Free and Open Source Desktop GIS Developments”,
Int.J. of Geographical Information Science,Vol.23,No.10,pp.1345-1370,2009.
- [۶] C.M Ruzinoor & et al,“A Review on 3D Terrain Visualization of GIS Data:Techniques and
Software”,Geo-spatial Information Science,Vol.15,No.2,pp.105-115,2012.
- [۷] <http://www.esri.com/library/brochures/pdfs/gis-for-defense.pdf>
- [۸] <http://www.esri.com/library/brochures/pdfs/arcgis-defense-solutions.pdf>
- [۹] http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/.../install_and_get_started_defense.pdf
- [۱۰] <https://www.blumarblegeo.com/docs/brochures/GlobalMapper.pdf>
- [۱۱] <https://www.blumarblegeo.com/products/global-mapper-features.php>
- [۱۲] http://www.geospace.co.za/pdf/INTERGRAPH_GeoMedia_2014_Brochure.pdf
- [۱۳] <http://www.genasys.com>
- [۱۴] <http://www.cadcorp.com/products/desktop/>
- [۱۵] <http://www.mettenmeier.com/.../english/pdf/smallworld-product-catalogue.pdf>
- [۱۶] skylineglobe.com/SkylineGlobe/Corporate
- [۱۷] skylineglobe.com/skylineglobe/corporate/pdf/terrabuilder_datasheet.pdf
- [۱۸] A.Ishizaka,C.Pearman,Ph.Nemery,“AHP Sort: an AHP-based Method for Sorting Problems”,
International Journal of Production Research,Vol.50, No.17,pp.4767-4784,2012.
- [۱۹] R.Hruska,P.Prusa,D.Babic,“The Use of AHP Method for Selection of Supplier”,Transport,
Vol.29(2),pp.195-203,2014.



Evaluation of Commercial GIS Software and Identification of Appropriate Military Software with AHP Method

Reza Aghataher¹, Saeid Rashidi^{245*}, Mohammad Fallah Zazouli³, Mohsen Jafari⁴

- 1- master of science in geospatial information system department, Geodesy and Geomatic Engineering faculty, Tehran University
- 2- master of science in geospatial information system department, Geodesy and Geomatic Engineering faculty, K. N. Toosi University of Technology
- 3- master of science in GIS-RS department, Science and Research Branch of Islamic Azad University-Tehran
- 4- master of science in geospatial information system department, Geodesy and Geomatic Engineering faculty, K. N. Toosi University of Technology

Abstract:

Geospatial Information System (GIS) used in the past in various fields of military affairs. Today GIS technology applications in military issues goes far away of its old usage and has become a crucial issue in this field. This statement arises from the idea that military action, in all its forms, depends on the understanding of terrain and analysis on the topography of the Earth. We try to find the appropriate software environment and ranking GIS commercial software, such that it will be able to manage information system and can meet the needs of military technical analysis. First the GIS software capabilities are assessed in order to be able to meet the needs of military applications. Then the commercial GIS software, which is used in various areas, is studied in terms of its capabilities and possibilities of development. These softwares includes ArcGIS, GlobalMapper, GeoMedia, GenaMap, CadCorp, SmallWorld, TerraBuilder. The parameters considered are divided into five general criteria including general capability, expandability, advanced functionality, display and analysis of three-dimensional and military applications using Analytical Hierarchy Process (AHP) to select the most appropriate commercial software available on the market. The results show that the software ArcGIS, GeoMedia and TerraBuilder are the three highest in the respective ranking of their business.

Key words: Commercial Software, GIS, Military application, AHP

*No 1364- Geodesy and Geomatic Engineering Faculty - K. N. Toosi University of Technology - Mirdamad Intersection- vali-asr Street- Tehran

Email: saeed.rashidi@gmail.com

tel: 09126396255