

کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در... مهندسی منابع آب



مترجم: بهزاد سرهادی

**Geographic Information Systems in...
Water Resources Engineering**

Lynn E. Johnson *Editor*

کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

در مهندسی منابع آب

Lynn E. Johnson

Geographic Information Systems in Water Resources Engineering

فهرست مطالب

پیشگفتار مترجم	۶
مقدمه	۷
تشکر و قدردانی	۹
نویسنده	۱۰
مخاطبان	۱۱
کلمات اختصاری مهم	۱۲
۱. معرفی	۲۰
۱.۱. نگاهی کلی	۲۰
۱.۲. منابع آب و سیستم اطلاعات جغرافیایی	۲۰
۱.۳. مهندسی منابع آب	۲۵
۱.۴. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مهندسی منابع آب	۲۹
۱.۵. مروری اجمالی بر کتاب	۳۱
منابع	۳۳
۲. آشنایی با سیستم های اطلاعات جغرافیایی	۳۵
۲.۱. نگاهی کلی	۳۵
۲.۲. مبانی سیستم اطلاعات جغرافیایی	۳۵
۲.۲.۱. تعاریف	۳۵
۲.۲.۲. داده و پایگاه داده سیستم اطلاعات جغرافیایی	۳۸
۲.۲.۳. تجزیه و تحلیل سیستم اطلاعات جغرافیایی	۴۱
۲.۲.۴. مدیریت در سیستم اطلاعات جغرافیایی	۴۳
۲.۳. نقشه ها و فاکتورهای داده نقشه	۴۳
۲.۳.۱. توابع نقشه	۴۳
۲.۳.۲. سیستم های مختصات و ژئوکدینگ	۴۵
۲.۳.۳. نمایش داده و مدل های داده	۴۶
۲.۴. رابط کاربر و حالت های متقابل	۴۸
۲.۵. برنامه ریزی و پیاده سازی سیستم اطلاعات جغرافیایی	۴۸
۲.۶. نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی	۴۹
۲.۶.۱. مالکیت انحصاری سیستم اطلاعات جغرافیایی	۴۹
۲.۶.۲. سیستم اطلاعات جغرافیایی متن باز	۵۱
منابع	۵۲
۳. داده و پایگاه داده در سیستم اطلاعات جغرافیایی	۵۴
۳.۱. نگاهی کلی	۵۴
۳.۲. توسعه و نگهداشت داده های سیستم اطلاعات جغرافیایی	۵۴
۳.۳. مدل های داده سیستم اطلاعات جغرافیایی	۶۱
۳.۳.۱. نگاهی کلی	۶۱
۳.۳.۲. بردارها و رسترها	۶۲
۳.۴. منابع داده های دیجیتال برای منابع آب	۶۶

۶۶	۳.۴.۱. مدل رقومی ارتفاع
۷۰	۳.۴.۲. نمودار خطوط دیجیتالی
۷۲	۳.۴.۳. مجموعه اطلاعات ملی هیدروگرافی
۷۵	۳.۴.۳.۱. اجزاء NHD
۷۵	۳.۴.۳.۲. NHD Reaches
۷۸	۳.۴.۴. داده های خاک
۸۰	۳.۴.۵. داده های کاربری زمین
۸۴	۳.۵. Geodatabase
۸۴	۳.۵.۱. نگاهی کلی
۸۴	۳.۵.۱.۱. ساختار سلسله مراتبی پایگاه داده
۸۵	۳.۵.۱.۲. ساختار شبکه پایگاه داده
۸۶	۳.۵.۱.۳. ساختار رابطه ای پایگاه داده
۸۶	۳.۵.۱.۴. مدل پایگاه داده Object-Oriented
۸۷	۳.۵.۲. مدل های داده Geodatabase
۹۱	۳.۵.۳. مدل داده ArcHydro
۹۸	۳.۵.۴. سیستم اطلاعات هیدرولوژیکی CUAHSI
۱۰۱	منابع
۱۰۴	۴. توابع و عملکردهای تجزیه و تحلیل سیستم اطلاعات جغرافیایی
۱۰۴	۴.۱. نگاهی کلی به توابع تجزیه و تحلیل
۱۰۵	۴.۲. ضبط و نگهداشت داده های مکانی
۱۰۶	۴.۳. مهندسی و اندازه گیری
۱۰۹	۴.۴. طبقه بندی، سوالات شرطی Spatial و Aspatial
۱۱۱	۴.۵. عملیات همسایگی
۱۱۴	۴.۶. آرایش مکانی و توابع اتصال
۱۱۶	۴.۷. عملیات سطحی
۱۱۹	۴.۸. همپوشانی و نقشه جبر
۱۲۲	منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ نقشه گراندکانیون از رودخانه کلرادو، نمایش مسیرهایی که توسط Powell ترسیم شده است (۱۸۷۵). ۲۲
- شکل ۲-۱ مدل رقومی ارتفاع (DEM) برای گراندکانیون، آریزونا. ۲۲
- شکل ۳-۱ حوضه رودخانه کلرادو-سازمان مدیریت آب: NWS نقاط پیش بینی، مناطقی که جریانات از آنها ایجاد می شوند (Source: NWS ۲۰۰۷). ۲۳
- شکل ۴-۱ عملیات مدل کامپیوتری برای کاستن از مخازن و انشعابات رودخانه کلرادو. ۲۵
- شکل ۵-۱ پروسه برنامه ریزی و طراحی منابع آب با جمع آوری داده از جهان واقعی آغاز می شود ۲۶
- شکل ۶-۱ چرخه آب در طبیعت. ۲۷
- شکل ۱-۲ هرم GIS را نشان می دهد که بیان می دارد، تجزیه و تحلیل ها و تجسمات، از پایگاه داده ای دریافت شده اند. ۳۶
- شکل ۲-۲ لایه های نقشه اشاره دارد به تم های چندگانه. ۳۹
- شکل ۳-۲ GIS یک زمینه سازمانی، شامل تبادل اطلاعات داخلی و خارجی است. (اقتباس شده از Aronoff ۱۹۹۱). ۴۲
- شکل ۴-۲ نمایش قسمت های طرح بهداشتی فاضلاب (الف) خطوط زمین (ب) خدمات پیوسته (Brown and Toomer ۲۰۰۳). ۴۴
- شکل ۵-۲ مختصات جغرافیایی به صورت درجه طول و عرض جغرافیایی، نشان دهنده درجه ی زاویه نسبت به مرکز زمین است. ۴۵
- شکل ۶-۲ رستر (grid) و ساختار داده های برداری، ابزار مکملی برای نمایش مکان ها و کاراکتر های اجزاء نقشه است. ۴۷
- شکل ۱-۳ به عنوان یک مثال این تصویر، صفحه برنامه COGO گروه حمل و نقل کلرادو را نمایش می دهد (CDOT ۲۰۰۲). ۵۶
- شکل ۲-۳ تصاویر ماهواره ای از AK, Fairbanks (با ابر). ۵۸
- شکل ۳-۳ سیستم مختصات مرجع با استفاده از سیستم های تصویری بوجود می آیند که می تواند روی سه شکل بر روی یک نقشه مسطح کشیده شوند. ۵۸
- شکل ۴-۳ ژئوکدینگ آدرس در جدول اجازه می دهد تا مکان خود را بر روی نقشه بیابند (از Ferreira ۲۰۰۷). ۶۱
- شکل ۵-۳ مدل داده های رستری توسط نقطه، خط و ناحیه هایی به عنوان مجموعه ای از سلول های با مقادیر معین نشان داده شده است. ۶۳
- شکل ۶-۳ توپولوژی وکتور. ۶۴
- شکل ۷-۳ DEM به عنوان: (الف) grid، و (ب) TIN. (از Close ۲۰۰۳). ۶۸
- شکل ۸-۳ بزرگ مقیاس (۷/۵ دقیقه) مرز DLG، هیدروگرافی و لایه حمل و نقل. اطلاعات هیدروگرافی DLG ۷۱
- شکل ۹-۳ حوضه NHD در یک روش سلسله مراتبی برای سطوح مختلفی از مقیاس، سازمان یافته است (منبع: NHD ۲۰۰۰). ۷۲
- شکل ۱۰-۳ مثال NHD برای کنتاکی ۷۳
- شکل ۱۱-۳ نشان دهنده روابط جهت جریان به فرم میانی، آغاز شبکه و پایان شبکه. ۷۷
- شکل ۱۲-۳ اختصاص مقادیر سطح (درجه) جریان در طول رودخانه میسیسیپی (منبع: NHD ۲۰۰۰). ۷۷
- شکل ۱۳-۳ سطح جزئیات مکانی داده های خاک در الف) STATSCO و (ب) مجموعه داده سطح ۳۰ متر بخشی. ۷۹
- شکل ۱۴-۳ داده های خاک برای داتلود در وب در دسترس می باشند (منبع: soils.usda.gov). ۷۹
- شکل ۱۵-۳ نقشه کاربری اراضی، پوشش زمین برای مونتانا ۸۱
- شکل ۱۶-۳ ساختار پایگاه داده. ۸۵
- شکل ۱۷-۳ ساختار Geodatabase با پشتیبانی از انواع اجزاء چندگانه، پایگاه داده و جعبه های ابزار با دسترسی به سخت افزارهای کاربری گوناگون. ۸۸
- شکل ۱۸-۳ چارچوب ArchHydro با سری های زمانی را نشان می دهد. ۹۲
- شکل ۱۹-۳ نتایج حاصل از پردازش عوارض زمین. ۹۵
- شکل ۲۰-۳ ردیابی مکانی بالادست یک نقطه در شبکه (Hattendorf ۲۰۰۴). ۹۶
- شکل ۲۱-۳ Cyberinfrastructure برای یک رصدخانه دیجیتال هیدرولوژیکی (Maidment, ۲۰۰۵). ۱۰۰
- شکل ۱-۴ مسأله نقطه در چندضلعی. ۱۰۷
- شکل ۲-۴ مقیاس های اندازه گیری برای تخصیص مقادیر به ویژگی های صفاتی نقشه برداری. ۱۰۷
- شکل ۳-۴ مقایسه روش طبقه بندی برای داده های نقشه های موضوعی. ۱۱۱
- شکل ۴-۴ مثالی در موضوع عملیات بافر برای تعریف مناطق جهت حفاظت دهانه چاه از آلودگی. ۱۱۳
- شکل ۵-۴ طرح جهات ۸D برای پردازش زمین. ۱۱۳
- شکل ۶-۴ شیب، جهت، و سایه روشن را می توان از یک لایه رستری ارتفاع مشتق کرد. ۱۱۴

- شکل ۷-۴ مسیرهای بهینه برای توزیع آب باز یافتی، مجمع احیا و مطالعات استفاده مجدد از آب جنوب کالیفرنیا (منبع: Lynch و همکاران ۱۹۹۸). ۱۱۵.....
- شکل ۸-۴ روال پردازش DEM که برای استخراج شبکه های جریان و حوضه ها استفاده می شود. ۱۱۷.....
- شکل ۹-۴ چشم اندازی از کوه سنت هلن. ۱۱۹.....
- شکل ۱۰-۴ مثالی از عملیات همپوشانی رستری و برداری دو لایه از داده های ورودی. ۱۱۹.....
- شکل ۱۱-۴ مدل مناسب برای زیستگاه prairie dog. ۱۲۰.....

پیشگفتار مترجم

با توجه به ساختار کهنه مدیریتی در کشور ما، بخصوص در زمینه منابع کمیاب آبی، که همواره حتی دغدغه خود مسئولان این حوزه، نبود طرحی جامع و ساختار و نگرش مدیریتی یکپارچه به موضوع بهره برداری و توسعه ذخایر بوده، توجه به تجربیات کشورهای موفق و البته بهره گیری از ابزارهای نوین در این عرصه برای جلوگیری از وقوع بحران های آتی الزامی به نظر می رسد. امید دارم تا با ترجمه این کتاب، قدمی کوچک جهت پر کردن گوشه ای از خلاء های موجود برداشته باشم. در این برگردان، بیشتر سعی شده تا حد امکان ترجمه ی جملات بی تصرف بوده و در عین حال تأکید بر انتقال مفاهیم نیز باشد؛ با این حال از خوانندگان صمیمانه تقاضا دارم تا با نظرات خود برای رفع نواقص، اینجانب را یاری فرمایند. لازم به ذکر است که ترجمه حاضر شامل قسمت اول (چهار فصل ابتدایی) از سه بخش کلی کتاب می باشد.

بهزاد سرهادی^۱

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب – دانشگاه بوعلی سینا – behzadsarhadi@gmail.com

مقدمه

سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS ها) به شکلی گسترده بر رشته های مهندسی منابع آب، علوم محیط زیستی و دیگر رشته های مرتبط تأثیر گذاشته اند. امروزه بهره گیری از ابزارهای موجود در GIS برای مدیریت داده های مکانی و تجزیه و تحلیل آنها، به نوعی یک هنر تلقی می شود، و این بهره گیری می تواند به بهبود تحلیل ها و طراحی ها منجر گردد. آشنایی با این فناوری رو به رشد، شرط لازم برای موفقیت در تلاش هایمان جهت ایجاد زیرساخت های قابل اعتماد و حفاظت از محیط زیست است.

GIS به سرعت در حال تغییر روش هایی است که برای برنامه ریزی مهندسی، طراحی، و مدیریت منابع آب استفاده می شوند. پیشرفت در فناوری های اکتساب داده-استفاده از میکرو پردازشگرها-داده های پایه-مجموعه عوامل سنجش از دور-راه های جدیدی را برای توصیف محیط آب و امکانات ساخته شده، بدست می دهند. پایگاه های داده اطلاعات مکانی شامل داده های توصیفی و تصاویر قابل اعتماد آرشیوی، استاندارد شده، پایدار و نیز توابع قابل بازیابی هستند؛ که حتی به کاربر امکان اشتراک این داده ها را در فضای اینترنت می دهند. همچنین باید ذکر کرد که امروزه توابع تجزیه و تحلیل GIS و مدل های ریاضی مرتبط، قابلیت های فراوانی برای بررسی برنامه ها و طرح های جایگزین ارائه کرده اند. در این فناوری نقشه های تصویری و رنگی، اشکال سه بعدی و فرمت های انیمیشن، جهت تحلیل و فهم طیف وسیعی از اطلاعات به مشترکان و ذی نفعان کمک فراوانی کرده است. علاوه بر این پایگاه های داده در GIS و قابلیت مدل سازی به مشترکان و استفاده کنندگان، قدرت مشارکت، جهت دست یافتن به تصمیمی یکپارچه و بهتر را می دهد. در واقع GIS، با استفاده از ابزارها و مفاهیم موجود، به عنوان یک واسطه قدرتمند، جهت یکپارچه سازی برنامه ریزی های منابع آب عمل می کند.

این کتاب نیز شامل پیش نیازهای مرتبط با GIS است که به درک برنامه های کاربردی و پیشرفته در رشته مهندسی منابع آب کمک شایانی می کند. این کتاب در مجموع از دو بخش اصلی تشکیل یافته است، در بخش ابتدایی که شامل فصول اول تا چهارم می شود، بیشتر تأکید مباحث بر مفاهیم و توسعه ماهیت GIS، شناخت اینکه چگونه GIS به منظور توسعه و تجزیه و تحلیل داده های جغرافیایی به کار برده می شود، شرح تفاوت و تمایزات بین انواع داده ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی، و در نهایت خلاصه ای از مفاهیم پایگاه داده و گسترش داده خواهد بود. ضمن آنکه مجموعه اولیه رشته داده ها و روش های تفسیر و تجزیه و تحلیل نیز معرفی شده است. بخش دوم کتاب، یعنی فصول پنجم تا دوازدهم به دامنه های فرعی و مختلف مهندسی منابع آب، داده های درگیر، ارتباط داده های GIS با مدل های تجزیه و تحلیل منابع آب و مدیریت برنامه های کاربردی، می پردازد. این برنامه های کاربردی عبارتند از مدل سازی حوضه آبریز و آب های زیرزمینی، آب و فاضلاب، پیش بینی تقاضا، مدل سازی شبکه لوله ها، منابع نامشخص آلودگی آب، طرح و ترسیم دشت های سیلابی، مدیریت امکانات، نظارت و پیش بینی منابع آب و تصمیمات مدیریتی و حمایتی از حوضه سیستم های رودخانه. بعلاوه، این برنامه های

کاربردی شامل شرح توسعه پایگاه داده، نظریه تجزیه و تحلیل، و یکپارچه سازی مدل با استفاده از GIS می باشند. عناوین فصول در این کتاب به شرح ذیل است:

۱. معرفی
۲. مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی
۳. داده ها و پایگاه های داده در GIS
۴. توابع و عملکردهای تجزیه و تحلیل GIS
۵. GIS برای هیدرولوژی آب های سطحی
۶. GIS برای هیدرولوژی آبهای زیرزمینی
۷. GIS برای تأمین آب و سیستم های آبیاری
۸. GIS برای سیستم های فاضلاب و سیلاب ها
۹. GIS برای مدیریت دشت های سیلابی
۱۰. GIS برای کیفیت آب
۱۱. GIS برای نظارت و پیش بینی بر منابع آبی
۱۲. GIS برای برنامه ریزی و مدیریت حوضه رودخانه

در پایان هر فصل یک لیست از منابع مربوط به موضوع خاص پوشش داده شده در آن فصل وجود دارد. مفاهیم و اصطلاحات GIS به سرعت در حال رشد و گسترش است و آثار مربوطه در منابع گوناگون یافت می شوند؛ برای مثال در مجلات داوری مهندسی عمران، منابع آب، و برنامه ریزی، می توان این را به عینه مشاهده کرد. آثار دیگر توسعه GIS را نیز می توان در وب سایت های انتشارات سازمان های دولتی و برنامه های آکادمیک دید. در این کتاب اگرچه برای مطالب آورده شده همواره منبعی نیز ذکر گردیده است و این برای بسیاری از خوانندگان کافی به نظر می رسد، اما قطعاً این مجموعه مطالب، یک مرجع کامل از فناوری GIS نیست و کسانی که مایل به دست یافتن به مباحث گسترده تری هستند، این نوشتار برای آنها تنها یک آغاز راه خواهد بود.

تشکر و قدردانی

در تهیه و تدوین این کتاب تعدادی از افراد چه به شکل مستقیم و چه به شکل غیر مستقیم به من یاری رسانده اند؛ که لازم می دانم به این طریق از تعدادی از آنها قدردانی کرده باشم. در چند سال گذشته، آقای D. P. Loucks در دانشگاه کرنل^۱ فرصتی را برای من ایجاد کرد تا با کار بر روی پروژه ای که در دست داشت، تعاملات گرافیکی کامپیوتر با برنامه ریزی منابع آب را بررسی کنم؛ این کار یک گام اساسی را برای ادامه گسترش استفاده از GIS در مدیریت داده ها و مدل سازی فراهم کرده است. John Labadie در دانشگاه ایالتی کلرادو^۲، سخاوتمندانه مطالبی مشخص شده را برای گنجاندن در این کتاب فراهم کرد که در بررسی ها بسیار مفید واقع شد. گفتنی است که در این زمینه، نرم افزار David Maidment در مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه تگزاس، در گسترش تلاش برای بکارگیری GIS منابع آب و انتشارات در دسترس آن مثال زدنی است. بدیهی است، که از بسیاری از نویسندگان، سازمان ها، و رسانه های انتشاراتی که آنها نیز سهمی در تهیه این کتاب دارند، باید تشکر کرد. با وجود تلاش فراوانی که در مرجع دهی مطالب در این کتاب کرده ام، ممکن است تعدادی نیز از قلم افتاده باشند که از این بابت صمیمانه عذر خواهی می کنم؛ و همچنین درخواست دارم تا از طریق ایمیل، اصلاحات مد نظر خود را به من یادآوری بنمایند:

Lynn.E.Johnson@ucdenver.edu

^۱ Cornell University

^۲ Colorado State University

لین جانسون^۱ علاقه مند به کار در زمینه علوم مرتبط با رودخانه ها و آب است. او کار خود را با اندازه گیری جریان های رودخانه ای برای سازمان زمین شناسی ایالات متحده^۲ آغاز کرد. عملکرد حرفه ای و تحقیق او بر روی سیستم های منابع آب از زمانی بود که جانسون تلاشی را برای استفاده گسترده از انواع نقشه های مختلف، بعدها نسخه های کامپیوتری از آنها و پس از آن بهره گیری از GIS را آغاز کرد. پس از دریافت درجه کارشناسی در رشته زمین شناسی و مهندسی عمران در SUNY Buffalo و مدرک کارشناسی ارشد مدیریت منابع آب در دانشگاه ویسکانسین در مدیسون، او تحقیقاتی را برای مشتریان مختلفی، در آژانس های دولتی و خصوصی به انجام رساند. جانسون مدرک دکترای خود را در دانشگاه کرنل در زمینه سیستم های منابع آب و توسعه برنامه های تعاملی اولیه GIS برای مدل سازی حوضه رودخانه کسب کرد. او فعالیت های تحقیقاتی را برای بنیاد ملی علوم، سازمان ملی اقیانوسی و جوی، خدمات ملی هواشناسی^۳، آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده^۴، سازمان مهندسی ارتش ایالات متحده^۵، آژانس توسعه بین المللی ایالات متحده^۶، و انواع دیگر سازمان های مدیریت آب، با موفقیت تأمین مالی انجام داده است. جانسون در حال حاضر استاد مهندسی عمران (منابع آب و سیستم های اطلاعات جغرافیایی) در دانشگاه کلرادو دنور است و به تدریس دوره های تحصیلات تکمیلی و کارشناسی سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سیستم مدل سازی و برنامه ریزی منابع آب، هیدرولوژی، و مهندسی محیط زیست، مشغول است. او همچنین آموزنده استفاده از تکنیک های خطی در مقطع کارشناسی ارشد برای برنامه مهندسی GIS در CU Denver می باشد. لین جانسون معتقد است، فرصتی که برای تعامل با دانشجویان با سوابق انضباطی مختلف از طریق استفاده از GIS بدست می دهد همواره به صورت یک منبع لذت و رضایت برای او می باشد.

^۱ Lynn Johnson

^۲ U.S. Geological Survey

^۳ National Weather Service

^۴ U.S. Environmental Protection Agency

^۵ U.S. Army Corps of Engineers

^۶ U.S. Agency for International Development

مخاطبان

این کتاب برای مهندسين منابع آب و محيط زيست^۱، دانشمندان، و هيدرولوژيست ها^۲ و علاقه مندان به برنامه هاي کاربردي GIS، مرتبط با آب و مدل سازي سيستم هاي منابع آب، مديريت امكانات شهري، و تصميم گيري هاي حمايتي حوضه رودخانه، مي باشد. با توجه به خصلت ميان رشته اي GIS، اين كتاب مي تواند مورد توجه مهندسين عمران، زمين شناسان و جغرافيدانان، برنامه ريزان مصرف آب، محيط زيست و مقامات کارهاي عمومي نيز باشد. همچنين اين كتاب مي تواند به عنوان يك متن در سطح کارشناسي ارشد در برنامه هاي مهندسي و علوم زيست محيطي، و همچنين به عنوان يك مرجع براي مهندسين، کارشناسان محيط زيست، و مديراني که به دنبال راهي جهت افزايش ارتباط بين مجموعه داده هاي GIS و مدل سيستم هاي منابع آب هستند، باشد.

^۱ Water Resources And Environmental Engineers

^۲ Hydrologists

کلمات اختصاری مهم

مفهوم فارسی	مفهوم انگلیسی	اختصار
متوسط بارش حوضه	Average Basin Rainfall	ABR
مرکز پیش بینی رودخانه آرکانزاس (NWS)	Arkansas-Red River Forecast Center (NWS)	ABRFC
متوسط تقاضای روزانه	Average Day Demand	AD
متوسط ناحیه حوضه بارش موثر	Areal Mean Basin Effective Rainfall	AMBER
Auto-NowCast	Auto-NowCast	ANC
شبکه های عصبی مصنوعی	Artificial Neural Networks	ANN
سیستم خودکار پردازش داده ها (USGS)	Automated Data Processing System (USGS)	APAPS
رابط برنامه کاربردی	Application Program Interface	API
ارزیاب خودکار محلی در زمان واقعی	Automated Local Evaluation in Real Time	ALERT
زبان آرک-ماکرو	Arc Macro Language	AML
اسکنر پیشرفته پرتو میکروویو	Advanced Microwave Scanning Radiometer	AMSR
طرح عملیاتی سالانه	Annual Operating Plan	AOP
انجمن مهندسان عمران آمریکا	American Society of Civil Engineers	ASCE
کد استاندارد آمریکایی برای تبادل اطلاعات	American Standard Code for Information Interchange	ASCII
انجمن امور آب آمریکا	American Water Works Association	AWWA
منابع متمرکز و نا متمرکز بهبود ارزیابی یکپارچه سازی علوم	Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources	BASINS
اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز	Biochemical Oxygen Demand	BOD
بهترین تمرین مدیریت	Best Management Practice	BMP
نرخ انباشت حوضه	Basin Rate of Accumulation	BRA
مدل رود بزرگ	Big River Model	BRM
طراحی به کمک کامپیوتر	Computer-Aided Design	CAD
مرکز پیشرفته پشتیبانی تصمیم گیری برای سیستم های آبی و محیطی	Center for Advanced Decision Support for Water and Environmental Systems	CADSWES
طرح موقعیت شاخص ارتفاع ثابت	Constant Altitude Plan Position Indicator	CAPPI
مهندسی نرم افزار به کمک کامپیوتر	Computer-Aided Software Engineering	CASE
دوربین مدار بسته تلویزیون	Closed-Circuit Television	CCTV
سیستم پشتیبانی تصمیم کلرادو	Colorado Decision-Support System	CDSS
آزمایشگاه تحقیقاتی مهندسی ساخت و ساز	Construction Engineering Research Lab (U.S. Army Corps of Engineers)	CERL
سیستم پیش بینی آب و هوا	Climate Forecast System	CFS
مهندسی سیستم اطلاعات	Customer Information System	CIS

CMI	Crop Moisture Index	شاخص رطوبت محصول
COM	Component Object Model	مدل ترکیب اجزاء
CPC	Climate Prediction Center (NOAA)	مرکز پیش گوئی آب و هوا (NOAA)
CRPAB	Colorado River Policy Advisory Board	هیئت مشاوران سیاست های رودخانه کلرادو
CRSM	Colorado River Simulation Model	مدل شبیه سازی رودخانه کلرادو
CRSS	Colorado River Simulation System	سیستم شبیه سازی رودخانه کلرادو
CRWCD	Colorado River Water Conservation District	منطقه حفاظت شده رودخانه کلرادو
CRWR	Center for Research in Water Resources (Univ. Texas, Austin)	مرکز پژوهش های منابع آب (Univ. Texas, Austin)
CU	Consumptive Use	کاهش کارایی
CUAHSI	Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science	کنسرسیوم دانشگاهی توسعه علم هیدرولوژی
CWCB	Colorado Water Conservation Board	انجمن حفاظت آب کلرادو
CWNS	Clean Watersheds Needs Survey	حوزه نیاز سنجی حوضه های پاک
DBMS	Data Base Management System	پایگاه داده سیستم مدیریت
DCIA	Directly Connected Impervious Area	اتصال مستقیم منطقه غیر قابل نفوذ
DCP	Data Collection Platform	مجموعه پلتفرم داده
DCS	Data Capture Standards (FEMA)	استاندارد های اخذ داده (FEMA)
DEM	Digital Elevation Model	مدل رقومی ارتفاع
DFIRM	Digital Flood Insurance Rate Map	نقشه دیجیتالی نرخ بیمه سیل
DLG	Digital Line Graph	نمودار خط دیجیتالی
DMI	Data Management Interface	رابط مدیریت داده
DMS	Document Management System	سیستم مدیریت اسناد
DNR	Department of Natural Resources (State of Colorado)	گروه منابع طبیعی (ایالت کلرادو)
DO	Dissolved Oxygen	اکسیژن محلول
DOQQ	Digital Orthoimagery Quarter Quadrangles	Digital Orthoimagery Quarter Quadrangles
DPA	Digital Precipitation Array	آرایه دیجیتالی بارش
DSS	Decision Support System	سیستم پشتیبان تصمیم گیری
DTM	Digital Terrain Model	مدل دیجیتالی عوارض زمین
DWR	Department of Water Resources (State of Colorado)	گروه منابع آب (ایالت کلرادو)
EDNA	Elevation Derivatives for National Applications	ارتفاعات مأخوذه برای برنامه های ملی
EM	Enviro Mapper	نگارگر محیطی
EOS	Earth Observation Satellite	ماهواره رصد گر زمین
EPA	Environmental Protection Agency	آژانس حفاظت از محیط زیست
ESRI	Environmental Systems Research Institute, Inc.	شرکت تحقیقات سیستم های زیست محیطی
ET	Evapo-Transpiration	تعرق

ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus	نقشه بردار موضوعی پیشرفته
F2D	Flood ۲-Dimensional Rainfall-Runoff Model	مدل دو بعدی سیل بارش-رواناب
FDA	Flood Damage Analysis	تحلیل آسیب های سیل
FEMA	Federal Emergency Management Agency	سازمان مدیریت اضطراری فدرال
FFG	Flash Flood Guidance	راهنمای فلش سیل
FIRM	Flood Insurance Rate Map	نقشه نرخ بیمه سیل
FIS	Flood Insurance Studies	مطالعات بیمه سیل
FWPP	Flood Warning and Preparedness Program	برنامه آمادگی و هشدار سیل
Geo-MODSIM	GIS-based MODSIM (Modular Simulation program)	برنامه شبیه سازی مدولار GIS-based MODSIM
GeoRAS	Geospatial River Analysis System	تجزیه و تحلیل مکانی سیستم رودخانه
GIS	Geographical Information System	سیستم اطلاعات جغرافیایی
GLEAMS	Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems	بارکنش اثرات سیستم مدیریت کشاورزی بر آب زیرزمینی
GMS	Groundwater Modeling System	مدل سازی سیستم آب زیرزمینی
GMIS	Groundwater Modeling Interface System	رابط مدل سازی سیستم آب زیرزمینی
GNIS	Geographic Names Information System	نام های سیستم اطلاعات جغرافیایی
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite	عملیات پایدار زیست محیطی ماهواره
GPS	Global Positioning System	سیستم تعیین موقعیت جهانی
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System	سیستم پشتیبانی تحلیل منابع جغرافیایی
GUI	Graphical User Interface	واسط گرافیکی کاربر
HAS	Hydrologic Analysis and Support	تحلیل و پشتیبانی هیدرولوژیکی
HEC	Hydrologic Engineering Center (U.S. Army Corps of Engineers)	مرکز مهندسی هیدرولوژی (U.S. Army Corps of Engineers)
HEC-RAS	HEC River Analysis System	مدل تجزیه و تحلیل سیستم رودخانه
HIS	Hydrologic Information System	سیستم اطلاعات هیدرولوژیکی
HL-RMS	Hydrology Lab-Research Modeling System (NWS)	آزمایشگاه تحقیقاتی مدل سازی سیستم هیدرولوژی (NWS)
HMS	Hydrologic Modeling System (HEC)	مدل سازی سیستم هیدرولوژیکی (HEC)
HMT	Hydro Meteorological Testbed (NOAA)	(NOAA) هواشناسی آب آزمایشی
HRAP	Hydrologic Rainfall Analysis Project	پروژه هیدرولوژیکی تحلیل بارش
HTML	Hypertext Markup Language	زبان نشانه گذاری Hypertext
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	پروتکل انتقال Hypertext
HUC	Hydrologic Unit Code	واحد کد هیدرولوژیکی
I/I	Infiltration/Inflow	جریان/نفوذ
ICPA	Interstate Compact Policy Analysis	سیاست های پیوسته تحلیل بین ایالتی
IDF	Intensity-Duration-Frequency	شدت-مدت-فراوانی

IID	Imperial Irrigation District	منطقه بزرگ آبیاری
IMAP	Information Management Annual Plan	برنامه سالانه مدیریت اطلاعات
IMC	Information Management Committee	کمیته مدیریت اطلاعات
IMS	Infrastructure Management System	سیستم مدیریت زیرساخت
IPET	Interagency Performance Evaluation Task Force Team (New Orleans)	تیم ارزیابی عملکرد (New Orleans)
IR	InfraRed	مادون قرمز
IS	Impervious Surface	سطح غیر قابل نفوذ
LAI	Leaf Area Index	شاخص سطح برگ
LAPS	Local Area Prediction System (NOAA)	سیستم منطقه ای پیش بینی (NOAA)
LCR	Lower Colorado River	پایین دست رودخانه کلرادو
LFWS	Local Flood Warning System	سیستم منطقه ای هشدار سیل
LIDAR	Light-Detection And Ranging	تشخیص دهنده و ناحیه بند نور
LP	Linear Programming	برنامه نویسی خطی
LPG	Linear Programming Gradient	گرادیان برنامه نویسی خطی
LSM	Land Surface Model	مدل سطحی زمین
LULC	Land Use—Land Cover	کاربری زمین-پوشش زمین
MAF	Million Acre Feet	میلیون فوت مربع
MAP	Mean Areal Precipitation	مساحت متوسط بارش
MCE	Multiple Criteria Evaluation	ارزیابی معیارهای چندگانه
MD	Maximum Day demand	بیشینه تقاضای روزانه
MH	Maximum Hour demand	حداکثر تقاضای ساعتی
MMS	Materials Management System	سیستم مدیریت مواد
MODFLOW	Modular Finite-Difference Groundwater Flow Model	مدل جریان تفاضل-محدود آب زیرزمینی
MODSIM	Modular Simulation program	برنامه شبیه ساز مدولار
MPE	Multisensor Precipitation Estimator	برآورد بارش چندسنجه
MRLC	Multi-Resolution Land Characteristics Consortium	کنسرسیوم وضوح چندگانه کاراکترهای زمین
MSS	Multispectral Scanner	اسکنر چند طیفی
NAD	National Assessment Database	پایگاه ملی ارزیابی
NAIP	National Agricultural Imagery Program	برنامه ملی تصاویر کشاورزی
NASA	National Aeronautics and Space Administration (U.S.)	سازمان ملی هوانوردی و فضا (U.S.)
NASIS	National Soil Information System	سیستم اطلاعات ملی خاک
NCAR	National Center of Atmospheric Research	مرکز ملی تحقیقات جوی
NCWCD	Northern Colorado Water Conservancy District	منطقه محافظت شده شمال کلرادو
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	شاخص تفاوت نرمال پوشش گیاهی
NED	National Elevation Dataset	مجموعه اطلاعات ملی ارتفاعات

NFIP	National Flood Insurance Program	برنامه ملی بیمه سیل
NLP	Non-Linear Programming	برنامه نویسی غیر خطی
NESDIS	National Environmental Satellite Data Information Service	اطلاعات ماهواره ای خدمات ملی محیط زیست
NEXRAD	Next Generation Weather Radar	نسل آینده رادار آب و هوا
NHD	National Hydrography Dataset	مجموع اطلاعات ملی هیدروگرافی
NLCD	National Land Cover Dataset	اطلاعات ملی زمین پوشش
NLDAS	North American Land Data Assimilation System	سیستم اطلاعات یکپارچه داده های زمینی آمریکای شمالی
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	مدیریت ملی اقیانوسی و جوی
NOHRSC	National Operational Hydrologic Remote Sensing Center	مرکز ملی سنجش از دور هیدرولوژیکی
NPDES	National Pollutant Discharge Elimination System	سیستم ملی کاهش آلودگی
NRCS	Natural Resources Conservation Service	خدمات حفاظت از منابع طبیعی
NRC	National Research Council	شورای ملی تحقیقات
NSA	National Snow Analyses	تجزیه و تحلیل برف
NWS	National Weather Service	خدمات هواشناسی ملی
NWIS	National Water Information System (USGS)	سیستم ملی اطلاعات آب
O-O	Object-Oriented (database)	Object-Oriented (پایگاه داده)
OGC	Open Geospatial Consortium	کنسرسیوم آزاد زمین-مکانی
OHP	One-Hour Precipitation	بارش یک ساعته
OSD	Official Soil Series Description	مشخصات رسمی سری های خاک
PDSI	Palmer Drought Severity Index	شاخص دوره ای شدت خشکی
PMF	Probable Maximum Flood	حداکثر سیل محتمل
PPS	Precipitation Processing System (radar)	سیستم پردازش بارش (radar)
PRISM	Parameter-elevation Regressions on Slope Model	رگرسیون پارامتر-ارتفاع در مدل شیب
PVA	Property Valuation Administration	مدیریت ارزش گذاری املاک
QPE	Quantitative Precipitation Estimate	برآورد کمی بارش
QPF	Quantitative Precipitation Forecast	پیش بینی کمی بارش
RAD	Reach Address Database	دسترسی به آدرس پایگاه داده
RDBMS	Relational Data Base Management System	سیستم رابطه ای مدیریت پایگاه داده
REMF	Real Estate Master File	فایل اسناد املاک و مستغلات
ResSim	Reservoir Simulation model (HEC)	مدل شبیه سازی مخزن (HEC)
RF	Representative Fraction	نمایشگر کسر
RFC	River Forecast Center (NWS)	مرکز پیش بینی رودخانه (NWS)
RGDSS	Rio Grande Decision Support System	سیستم پشتیبانی تصمیم گیری
RIT	Reach Indexing Tools	ابزارهای نمایه سازی
RT	Regression Tree	رگرسیون درختی

SAC-SMA	Sacramento Soil-Moisture Accounting	رطوبت خاک ساکرامنتو
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	نظارت بر کنترل و اکتساب داده ها
SDCWA	San Diego County Water Authority	اختیارات بخش آب سانتیاگو
SDF	Stream Depletion Factor	فاکتور تخلیه جریان
SDMS	Spatial Data Management System	سیستم مدیریت اطلاعات مکانی
SDSS	Spatial Decision Support Systems	سیستم پشتیبانی تصمیم گیری مکانی
SEO	State Engineer's Office	دفتر ایالتی مهندسين
SFHA	Special Flood Hazard Area	منطقه ویژه خطر سيل
SLAR	Side-Looking Airborne Radar	رادار جانبی دنبال کننده هوابرد
SMA	Soil Moisture Accounting	محاسبه رطوبت خاک
SQL	Structured Query Language	زبان شرطی ساخت یافته
SSM/I	Special Sensor Microwave/Imager	تصویر ساز/سنسور ویژه مایکروویو
SSURGO	Soil Survey Geographical (database)	بررسی جغرافیایی خاک ها (پایگاه داده)
STATSCO	State Soil Geographic (database)	پایگاه داده جغرافیایی خاک های ایالتی
STORET	STORage and RETrieval	ذخیره سازی و بازیابی
STP	Storm Total Precipitation	مجموع بارش طوفان
SVG	Scalable Vector Graphics	بردار گرافیکی مقیاس پذیر
SWBMS	Soil Water Balancing Model System	سیستم مدل موازنه آب و خاک
SWE	Sensory Web Enablement	توانمندی سنسور وب
SWMM	Storm Water Management Model	مدل مدیریت طوفان های آبی
TAC	Technical Advisory Committee	کمیته مشورتی فنی
TAZ	Traffic Analysis Zone	ابزار تحلیل ترافیک منطقه
TDH	Total Dynamic Head	مجموع هد دینامیکی
THP	Three-Hour Precipitation	بارش سه ساعته
TIGER	Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing	رمزگذاری و ارجاع جغرافیایی توپولوژیکی یکپارچه سازی شده
TIN	Triangulated Irregular Network	شبکه نامنظم مثلثی
TITAN	Thunderstorm Identification, Tracking and Analysis system (NCAR)	سیستم شناسایی، ردیابی و تجزیه و تحلیل باران (NCAR)
TM	Thematic Mapper	نگارگر شماتیک
TMDL	Total Maximum Daily Load	مجموع فشار حداکثر روزانه
TOPAZ	Topographic Parameterization model	مدل پارامتریک توپوگرافی
TSS	Total Suspended Solids	مجموع مواد جامد معلق
UDFCD	Urban Drainage and Flood Control District (Denver, CO)	منطقه کنترل سيل و زهکشی شهری (Denver, CO)
UGA	Urban Growth Area	ناحیه رشد شهری
UH	Unit Hydrograph	هیدروگراف واحد
UML	Universal Modeling Language	زبان مدل سازی جهانی

USBR	United States Bureau of Reclamation	دفتر احیا ایالات متحده
USDA	U.S. Department of Agriculture	گروه کشاورزی ایالات متحده
USGS	United States Geologic Survey	گروه زمین شناسی آمریکا
UZFWM	Upper-Zone Free Water Maximum	حد اکثر آب آزاد منطقه بالادست
VAA	Value-Added Attribute	ارزش افزوده
VDB	Visual Data Browser	مرورگر بصری اطلاعات
VOC	Volatile Organic Compound	ترکیب آلی ناپایدار
WADISO	Water Distribution System Analysis and Optimization	سیستم بهینه سازی و تجزیه و تحلیل توزیع آب
WADSOP	Water Distribution System Optimization	سیستم بهینه سازی توزیع آب
WAM	Watershed Assessment Model	مدل ارزیابی حوضه
WASP	Water quality Analysis Simulation Program	برنامه شبیه سازی تحلیل کیفیت آب
WATERS	Watershed Assessment, Tracking and Environmental Results	ارزیابی، پیگیری و نتایج زیست محیطی حوضه
WBD	Watershed Boundary Dataset	مجموعه اطلاعات مرزی حوضه
WDAD	Watershed Monitoring and Analysis Database	پایگاه تحلیل و مانیتورینگ حوضه
WEAP	Water Evaluation And Planning System	سیستم برنامه ریزی و ارزیابی آب
WMS	Work Management System	سیستم مدیریت کار
WPCA	Water Pollution Control Act	قانون کنترل آلودگی آب
WQDM	Water Quality Data Model	مدل داده کیفیت آب
WQM	Water Quality Model	مدل کیفی آب
WQSDB	Water Quality Standards Database	مجموعه اطلاعات استاندارد کیفی آب
XML	Extensible Markup Language	زبان نشانه گذاری توسعه پذیر

فصل اول

۱. معرفی

۱.۱. نگاهی کلی

مفاهیم و تکنولوژی GIS به شکلی گسترده در برنامه ریزی ها و طراحی های مهندسی منابع آب مورد استفاده واقع می شود؛ به گونه ای که سیستم اطلاعات جغرافیایی، روند تغییرات این فعالیت ها را هدایت کرده است. ما در دوره ای زندگی می کنیم که منابع طبیعی کاهش شدیدی پیدا کرده و فعالیت های انسان به شکلی گسترده بر این منابع تأثیر گذاشته اند؛ در این وضعیت، ما باید از بهترین ابزارهایی که در اختیار داریم، جهت شناسایی محیط، پیش بینی های دقیق و توسعه برنامه ها برای کمینه کردن این اثرات بر منابع و همچنین افزایش پایداری استفاده نماییم. فناوری، ابزارها و رویه های GIS، فواید قابل توجهی برای موجودی منابع، مدل سازی و انتخاب راه های ارتباطی با شهروندان و آژانس های درگیر دارد.

مطالب موجود در این فصل بیشتر به معرفی چگونگی کاربرد GIS در سیستم های منابع آبی می پردازد. و همچنین نگاهی کلی به این خواهد داشت که چگونه می توان با استفاده از نقشه های قدیمی به توسعه منابع آب پرداخت. سیستم های منابع آبی با جزئیات بیشتری شرح داده خواهند شد، سپس از کاربردهای برنامه GIS گفته می شود و در نهایت با نگاهی کلی به آنچه که در طول این کتاب آمده، این فصل به پایان خواهد رسید.

۱.۲. منابع آب و سیستم اطلاعات جغرافیایی

داده ها و اطلاعات موجود در علوم منابع آب، ذاتاً از نوع جغرافیایی می باشند. هنگامی که یک نقشه بردار به نام John Wesley Powell رودخانه کلرادو و گراندکانیون^۱ را در سال ۱۸۶۹ بررسی کرد، بخشی از فعالیت او ایجاد یک نقشه از منطقه بود (شکل ۱-۱). در عمل، او یک پایه تجربی از کارتوگرافی^۲ را برای دیگران پایه گذاری کرد که برای فهم منطقه و فرموله کردن طرح ها جهت اکتشاف و توسعه های بعدی مفید واقع شد. بعدها پاول تلاش هایی را برای ارزیابی منابع آب و شناسایی محدودیت های طبیعی زمین آغاز کرد. پاول همچنین در سال ۱۸۸۹ در طول رودخانه ریو گراند^۳ در نیومکزیکو یک ایستگاه رودخانه سنجی تاسیس کرد که در انواع خود جزء اولین ها به شمار می رفت، این اقدام او از اولین گام های تنظیم مقررات برنامه موجودی منابع آب در غرب ایالات متحده محسوب می شود. او و همکارانش با بکارگیری ضوابط رواناب و هکتار-فوت به عنوان بخشی از این تلاش های اولیه به روند بررسی و چگونگی محاسبه موجودی منابع آب در دسترس اعتبار بخشیدند. وی با ایجاد آبیخزرداری مدون، مقابل گسترش برنامه ریزی های ضعیف و بی پایه در غرب، که محدودیت منابع آبی در آن مورد اقرار نبود، را گرفت. او معتقد

^۱ Grand Canyon

^۲ Cartographic

^۳ Rio Grande

بود که این وظیفه دولت است تا با استخدام و آموزش آنچه که می تواند به غرب در موجودی منابع آبی کمک کند، پردازد؛ و نیز راه اندازی قوانین و چارچوبی که در آن حل و فصل مسائل به شکلی پایدار صورت پذیرد. میراث John Wesley Powell، تاسیس مرکز حسابداری منابع و پردازش برنامه ای می باشد که تا قرن حاضر استفاده شده است.

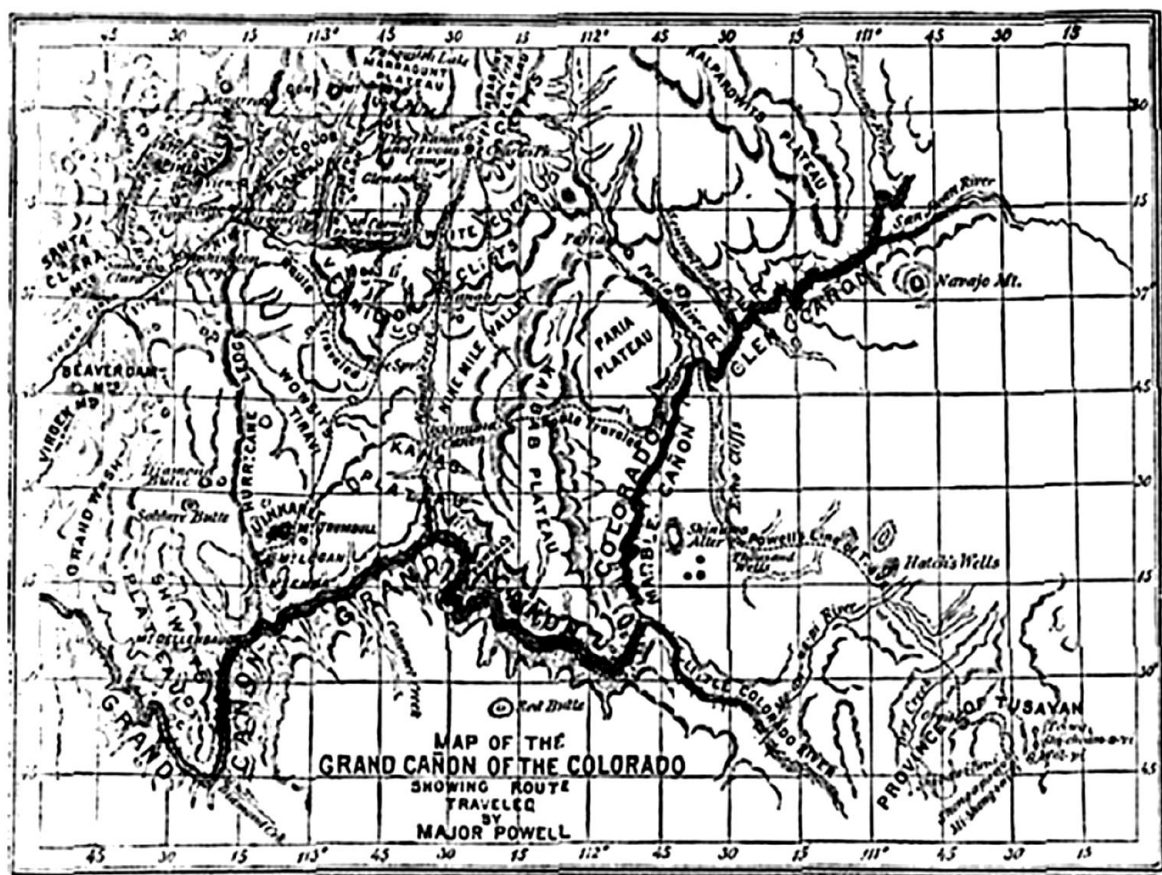
نقشه ها چه بر روی کاغذ باشند و چه به صورت دیجیتال، همچنان به عنوان وسیله ای جهت بیان برنامه ها و طراحی های مهندسی استفاده می شوند. ما با پراکنش مکانی و کاراکتری از زمین و آب های آن سر و کار خواهیم داشت. الگوهای آب و هوا، بارش باران و بارش های دیگر، و رواناب حاصل از آنها، نیروهای محرک اصلی برای تکامل زمین، منابع آب، و اثرات زیست محیطی و آلودگی می باشد. سیستم های منابع آب شامل سدها و مخازن، زمین های آبیاری و کانال ها، سیستم های جمع آوری و توزیع آب، فاضلاب و سیستم های فاضلاب های سطحی، و دشت های سیلابی است. این سیستم ها در پاسخ به یک ترکیب پیچیده ای از توپوگرافی و الگوهای زهکشی، جمعیت و کاربری زمین، منابع آب، و عوامل زیست محیطی مرتبط طراحی شده اند.

برنامه ریزی ها و فرآیندهای طراحی های مهندسی مورد استفاده در توسعه و مدیریت منابع آب، درگیر سطوح مختلفی از داده های انتزاعی هستند. به عبارتی می توان گفت، داده های جمع آوری شده و مورد استفاده جهت توصیف محیط زیست در سطوح مختلفی از جزئیات، و یا مقیاس ها قرار دارند. در تلاش برای تصمیم گیری در مورد برنامه ها و طرح ها، داده ها باید برای توصیف منابع جمع آوری گردند، و روش ها یا مدل ها باید برای پیش بینی تغییرات حاصله، توسعه یابند. این داده ها و مدل ها به درک دنیای واقعی کمک می کنند، و این درک راهنمای تصمیم گیری های ما خواهد شد. شکل ۱-۲ یک نمونه از تکنولوژی نقشه برداری تصاویر ماهواره ای، که از آن می توان نقشه های دقیق ایجاد کرد، در مقابل یک مدل که گروه Powell ایجاد کرده است را نشان می دهد. به دنبال تلاش های اکتشافی Powell در نقشه برداری از رودخانه کلرادو، در حال حاضر تصاویر دیجیتال گسترده و پیچیده ای از حوضه رودخانه ها وجود دارد که پایه و اساس مدیریت مدرن آب و پشتیبانی از تصمیم گیری ها گشته اند. به عنوان مثال می توان از مراکز مهمی چون، خدمات ملی آب و هوایی ایالات متحده (NWS)^۱، سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS)^۲، اداره احیای آمریکا (USBR)^۳، و دیگر سازمان های فدرالی و ایالتی، در این زمینه نام برد که تعداد زیادی از سنجه های نظارتی برای جمع آوری اطلاعات جریان رودخانه، بارش باران و آب و هوا را در سراسر حوضه های مربوطه مستقر کرده اند (شکل ۱-۳).

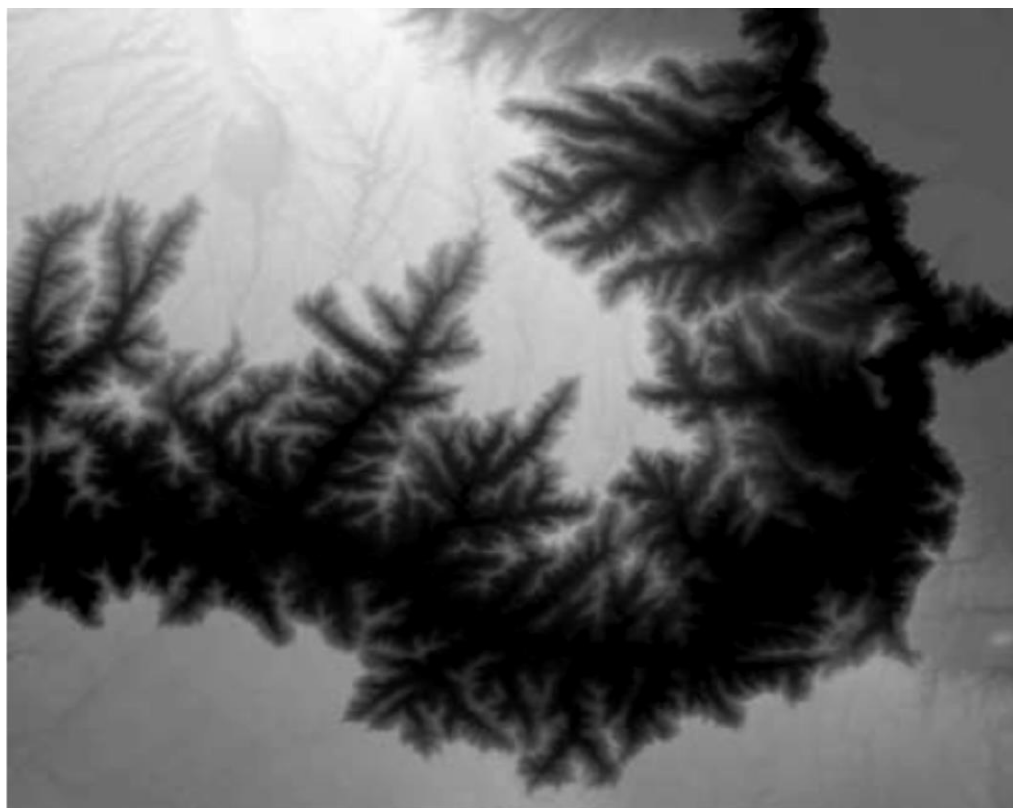
^۱ National Weather Service (NWS)

^۲ the U.S. Geological Survey (USGS)

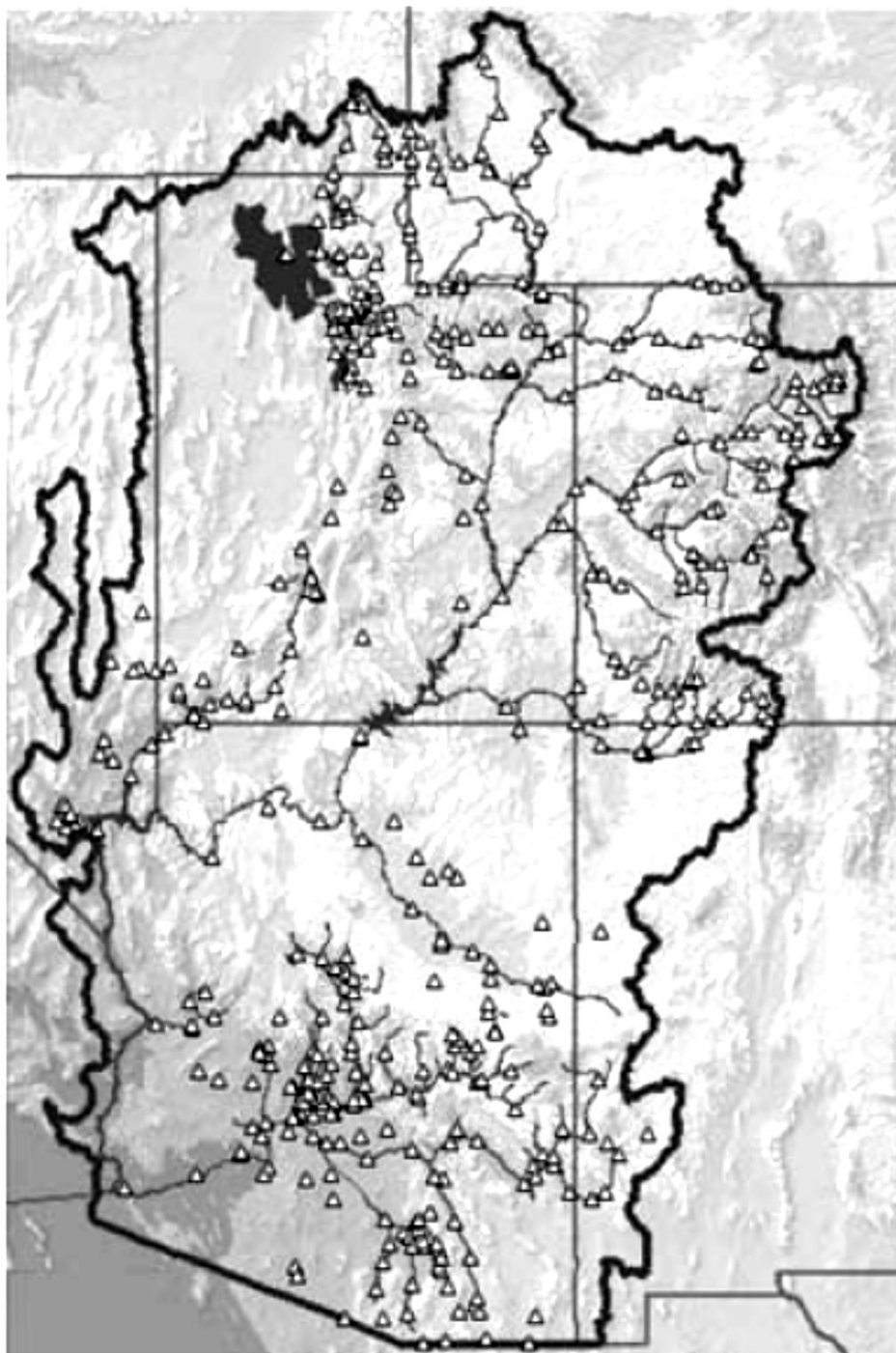
^۳ the U.S. Bureau of Reclamation (USBR)



شکل ۱-۱ نقشه گراندکانیون از رودخانه کلرادو، نمایش مسیرهایی که توسط Powell ترسیم شده است (۱۸۷۵).



شکل ۲-۱ مدل رقومی ارتفاع (DEM) برای گراندکانیون، آریزونا.



شکل ۳-۱ حوضه رودخانه کلرادو-سازمان مدیریت آب: NWS نقاط پیش بینی، مناطقی که جریانات از آنها ایجاد می شوند (Source: NWS ۲۰۰۷).

USBR مختصات سیستم های بهره برداری و انشعابات را در حوضه رودخانه کلرادو اداره می کند. مدل های کامپیوتری سیستم شبیه سازی ذوب برف و باران-رواناب به خوبی سراسر شبکه رودخانه را اداره می کنند؛ این مدل ها به پایگاه داده ذوب برف GIS برای فعالیت های مرتبطی چون پروسه های هیدرولوژیک، مصارف دامی آب و فعالیت های صنعتی و کشاورزی اتصال داده شده است. شکل ۴-۱ مدل کامپیوتری حوضه رودخانه ریوروار^۱، مخازن، تغییرات، و فرآیندهای مرتبط را به عنوان یک مجموعه

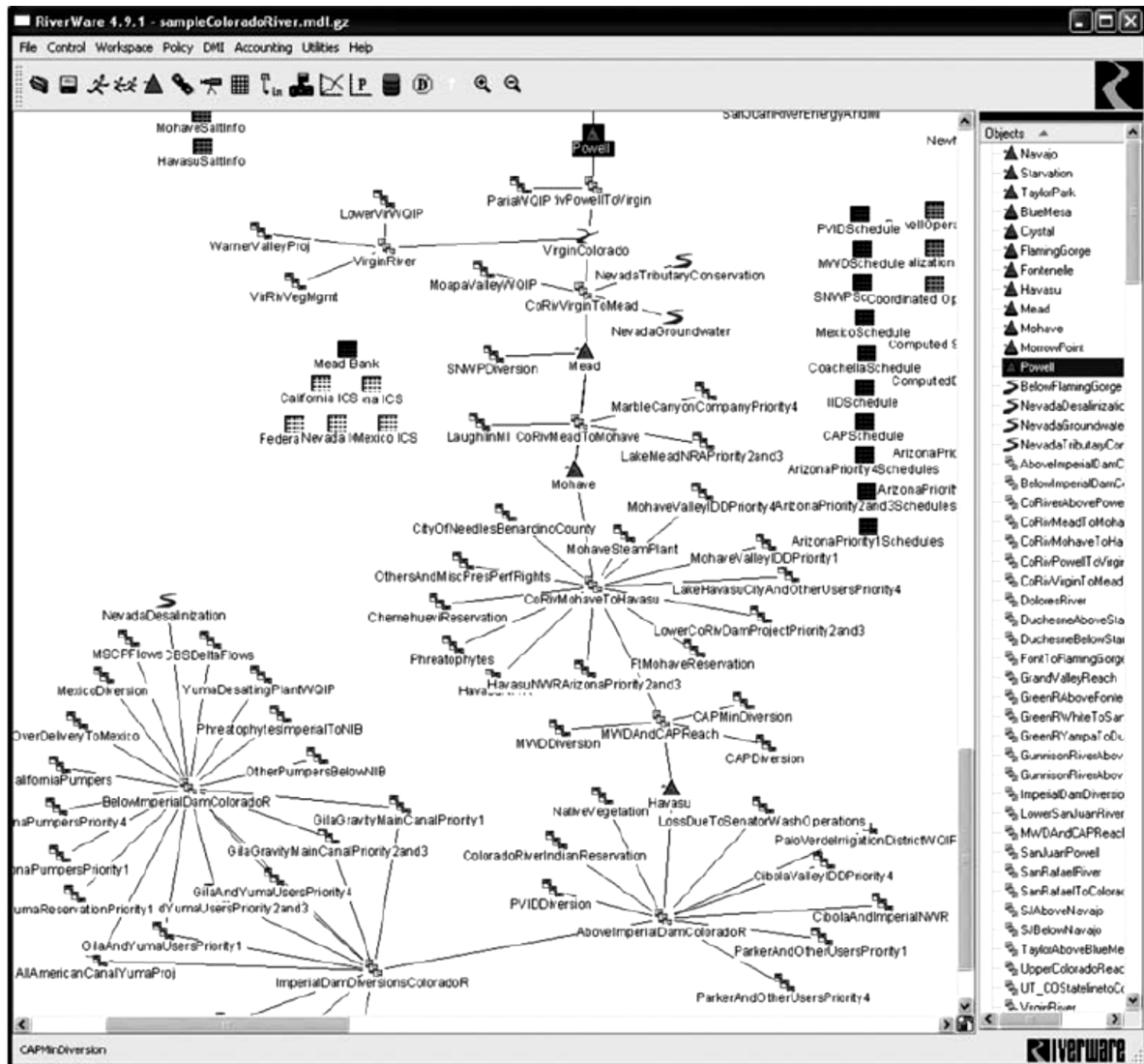
^۱ RiverWare

یکپارچه هوشمند از "مقاصد" نشان می دهد؛ این مدل با جزئیات بیشتری در ادامه شرح داده شده است. نقشه اصلی Powell در حال حاضر به یک تصویر دیجیتال کامل از زمین و آب و زیرساخت های مدیریت آب، تکامل یافته است.

GIS اطلاعات را در فرم های نقشه و نمادهای ویژه نشان می دهد، و آن را به همراه پایگاه های داده حاوی اطلاعات توصیفی مربوطه کامل می کند. با نگاهی به نقشه، فهمی از اجزاء مکانی دریافت می کنیم که به ما می گوید آنها چه هستند؟ و یا برای چه منظوری وجود دارند؟ همچنین در یک خروجی GIS می توانید یک گزارش جدولی از آن نقشه را نیز داشته باشید؛ برای مثال ایجاد یک لیست از تمامی اجزایی که در یک شبکه وجود دارند، جهت کمک به شبیه سازی جریان آب، بررسی روند رخدادها در بازه های زمانی، و یا انتشار آلاینده ها، از مزایای این امکان محسوب می گردد. GIS یک سیستم اطلاعاتی مبتنی بر کامپیوتر است که از امکان دریافت، مدل سازی، اصلاح، بازیابی، تجزیه و تحلیل، و ارائه داده های مکانی پشتیبانی می کند. این یک تعریف استاندارد از سیستم اطلاعات جغرافیایی است که تاکید ندارد بر استفاده از این نرم افزار به عنوان عامل عملیات مدیریت داده ها و پشتیبان تصمیم سازی ها در یک سازمان؛ بلکه در واقع در یک دیدگاه گسترده تر بیان می دارد: هدف استفاده از GIS ارائه یک چارچوب برای پشتیبانی از تصمیم سازی ها جهت استفاده هوشمند از منابع زمین و مدیریت محیط های ساخته شده و طبیعی می باشد. اهداف و مفاهیم GIS رمز کلیدی برای درک و کاربرد موفقیت آمیز این فناوری هستند که در این کتاب با جزئیات بیشتر در فصل ۲ (مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی) بحث شده است.

۳.۱. مهندسی منابع آب

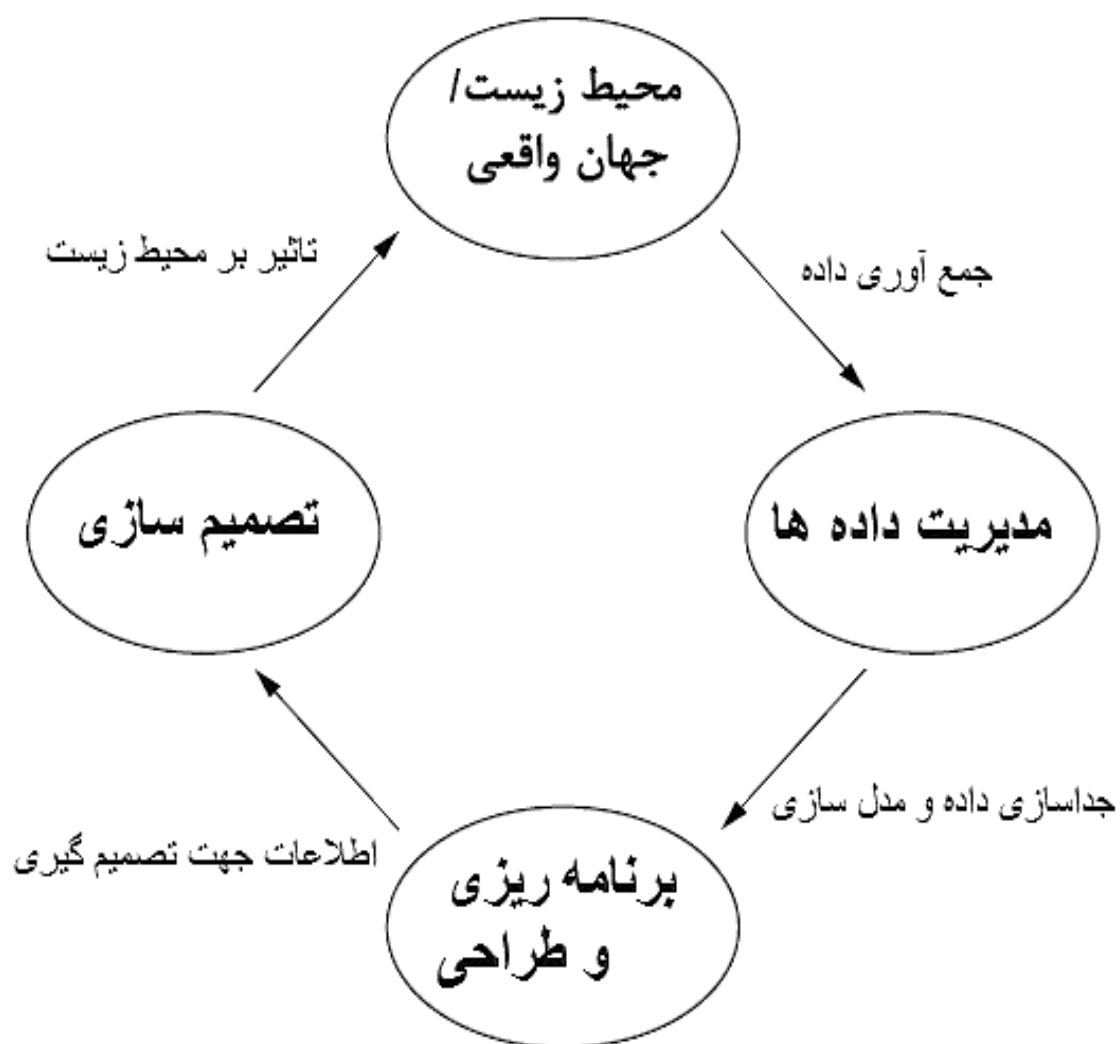
مهندسی منابع آب با تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم های مربوط به مدیریت کمیت، کیفیت، زمان بندی، و توزیع آب برای رفع نیازهای جوامع انسانی و محیط طبیعی مرتبط است.



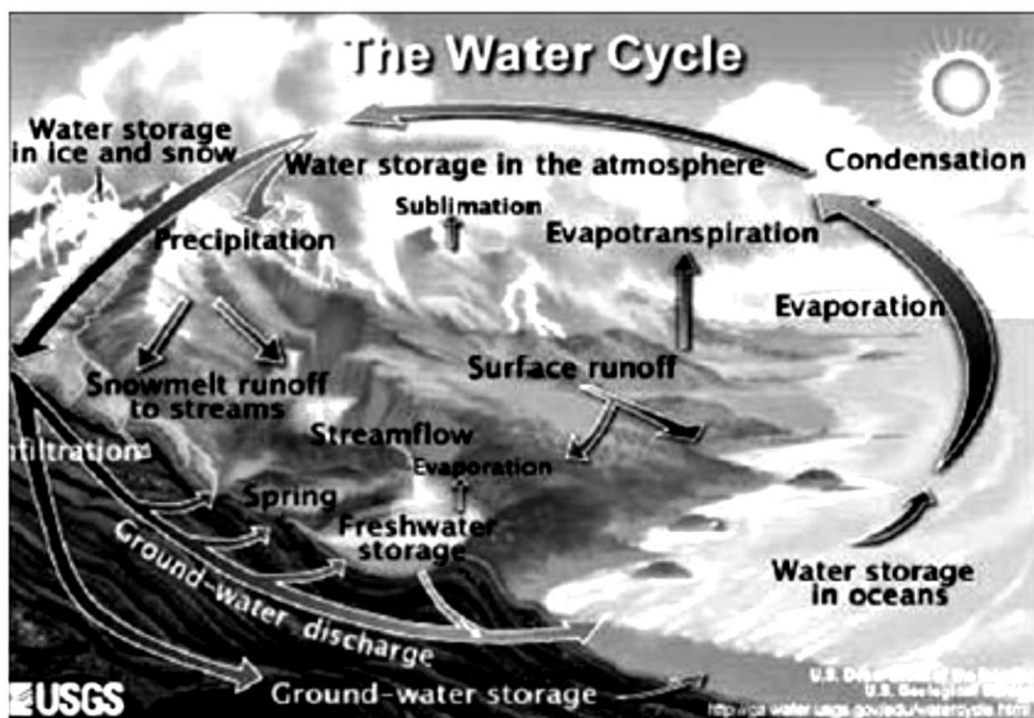
شکل ۴-۱ عملیات مدل کامپیوتری برای کاستن از مخازن و انشعابات رودخانه کلرادو.

منابع آب از اهمیت حیاتی برای جامعه برخوردار است؛ چرا که این سیستم معیشت و اکوسیستمی که ما به آن وابسته هستیم را حفظ می کند. ممکن است آب در یک مکان بسیار اندک و در جایی دیگر بسیار فراوان باشد، و یا در جایی قرار داشته باشد که ما نیازی به آن نداریم. آب ممکن است بسیار آلوده و حتی بسیار گران قیمت به دست ما برسد. در حال حاضر بحران آب در سراسر جهان در حال رشد است؛ که به احتمال زیاد در نتیجه ی رشد تصاعدی جمعیت، تغییرات نوع استفاده از زمین (کاربری)، شهرنشینی و مهاجرت از مناطق روستایی به مناطق شهری، و تغییرات جهانی آب و هوا، گسترش بیشتری نیز داشته باشد. تمام این فاکتورها تاکید می کند که ما به توسعه ای عاقلانه و مدیریت منابع آب

نیازمندیم. ایجاد امکانات برای تأمین آب سالم و دفع فاضلاب، جمع آوری و کنترل رواناب سیل، و نگهداری از زیستگاه ها، نمونه هایی از برنامه های کاربردی مربوط به مهندسی منابع آب می باشد. در این کتاب، تاکید مباحث به آب و محیط مربوط به آب است. جمع آوری و ایجاد آرشیو از اطلاعات اساسی در جریان های آب، زمین، خاک، و منابع زیست محیطی مربوطه، برای استفاده منطقی و حفاظت از این منابع ضروری است. در سیستم های آب، فراتر از ویژگی های فیزیکی آن، ابعاد اقتصادی، اجتماعی و سیاسی می باشد؛ چنانکه در طول تاریخ وجود و گسترش تمدن ها تا حد زیادی وابسته به منابع آبی بوده و توسط این مهم کنترل شده اند. و از آنجا که این یک گرایش مجزا و متفاوت با طراحی امکانات فیزیکی در مهندسی منابع آب است، طبیعتاً برای شناسایی بهتر و گسترده تر، با تعاریف علمی تری از منابع بهم می آمیزد.



شکل ۵-۱ پروسه برنامه ریزی و طراحی منابع آب با جمع آوری داده از جهان واقعی آغاز می شود و سپس با گذر از پروسه مدیریت و مدل سازی داده برای ایجاد اطلاعات، جهت تصمیم سازی و برنامه و طرح پشتیبانی ادامه می یابد.



شکل ۶-۱ چرخه آب در طبیعت.

توسعه زیرساخت های منابع آب یک فرایند طولانی می باشد که شامل جمع آوری و تفسیر اطلاعات، توسعه طرح، تصمیم گیری و تأمین منابع مالی، ساخت و ساز، و عملیات می گردد. تلاش Powell فقط اولین گام در این فرآیند برای رودخانه ی کلرادو بود. برنامه ریزی مهندسی و فرآیندهای طراحی شامل انواع روش های جمع آوری و مدیریت داده ها، پایش داده ها و مدل سازی سیستم، و توسعه اطلاعات برای تصمیم گیری است. مهندسی برنامه و پروسه طراحی با یک سری از روش های کسب داده و مدیریت، جداسازی داده ها و سیستم مدل سازی، و توسعه اطلاعات برای تصمیم سازی درگیر است. نمودار شکل ۵-۱ فرآیند تنظیم اهداف جمع آوری و جداسازی داده ها، طراحی و ساخت، جمع آوری اطلاعات برای تصمیم سازی و همچنین اقدامات عملی را شرح می دهد. این پروسه با جهان واقعی شروع و خاتمه پیدا می کند، جهانی که ذاتاً مکانی است.

مهندسی منابع آب بر اساس علم هیدرولوژی بنا شده است؛ که به ایجاد، توزیع، حرکت، و خواص آب بر روی سطح زمین و زیر آن می پردازد.

مجموعه ای از کاربردهای برنامه GIS برای بکارگیری در مهندسی منابع آب به شرح زیر است (شکل ۱-۶):

۱. هیدرولوژی آبهای سطحی
۲. هیدرولوژی آبهای زیرزمینی
۳. تأمین آب برای شهرداری ها و آبیاری
۴. فاضلاب و فاضلاب های سطحی
۵. دشت های سیلابی

۶. کیفیت آب
۷. نظارت و هشدار
۸. حوضه رودخانه

گرچه ممکن است دامنه تفاوت این عناوین تا حدی خودسرانه و دلخواه به نظر برسد، اما مفاهیم هیدرولوژی در هر یک موجود است. با این حال ممکن است، روش‌ها برای تجزیه و تحلیل و طراحی منابع آب درون هر حوضه از سوی برخی مشترکات جغرافیایی و نیز رویه‌ها توسط نهادهای مسئول حاکمیتی، برای ایجاد انگیزه و بر اساس موارد نیاز، متمایز باشند. خروجی طراحی‌ها و تجزیه و تحلیل‌ها ممکن است شامل بهره‌برداری و ساخت و ساز امکاناتی برای (الف) ترمیم زمانی و مکانی توزیع آب‌های سطحی ناشی از بارش‌ها (ب) استفاده از سیستم‌های آبی طراحی شده برای تأمین آب و جمع‌آوری فاضلاب‌ها (ج) ترمیم سیستم زیست محیطی جهت بهبود عملکرد محیط زیست، باشد. محصول تجزیه و تحلیل‌ها نیز ممکن است به اطلاعاتی منجر شود که راهنمای پاسخ برای رخدادهای خطرناک آب و هوایی و یا برای عملیات چند منظوره مخازن باشد.

پایداری^۱، مبحث نو ظهوری در مهندسی منابع آب است، که به انجام فعالیت‌های ما، با در نظر گرفتن نسبت اثرات طولانی مدت، اثرات جانبی، و ارزیابی ریسک و عدم قطعیت اشاره دارد. اثرات دراز مدت در سیستم‌های منابع آب، ناشی از تغییراتی اساسی می‌باشد که خودمان در سیستم‌های طبیعی ایجاد کرده‌ایم. اثرات جانبی یا اثرات همسایگی هنگامی رخ می‌دهند که تأثیرات پیش‌بینی نشده‌ای که در مراحل برنامه‌ریزی و طراحی امکانات ساخته شده وجود دارد، در نظر گرفته نشده باشند. این اثرات معمولاً قابل جبران نیست و ممکن است در توزیع نابرابر هزینه‌ها برای گروه‌های فراموش شده، از جمله نسل‌های آینده معلوم گردد. ریسک و عدم قطعیت ناشی از عدم توانایی ما برای درک و محاسبه طیف وسیعی از نتایج ممکن در تعاملات ما با محیط زیست، در ذات تمام سیستم‌های پیچیده وجود دارد. به عنوان مثال، تغییرات آب و هوایی جهانی، ممکن است به تغییرات اساسی برای چرخه آب و توزیع مکانی و زمانی جریان‌های آب منجر شود. در مهندسی منابع آب، این تأکید بر پایداری بر اساس یک فهم دانش محور است که بیان می‌دارد، حجم آب شیرین بر روی زمین عملاً ثابت است، و ما در استفاده از منابع آب در بسیاری از مناطق به حداکثر ظرفیت خود در بهره‌برداری رسیده‌ایم، و افزایش فعالیت‌های انسانی به طور فزاینده سبب آلودگی محیط زیست ما گشته است. در حالی که دقیقاً مشخص نیست فعالیت‌های ما در چه مرحله‌ای غیر قابل تحمل شده است، اما به هر حال به اندازه کافی سیگنال‌هایی از این که رشد جمعیت و افزایش تقاضا، مسائلی جدی می‌باشد و باید به آنها رسیدگی شود وجود دارد.

۴.۱. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مهندسی منابع آب

GIS، محیط یکپارچه سازی داده ها و مدل سازی را برای انجام این فعالیت ها فراهم می کند. در واقع GIS محیط ابزار گونه ای را برای جمع آوری و آرشیو داده ها فراهم می کند. اندازه گیری از محل، از راه دور و نیز اندازه گیری جریان با دستگاه های مختلف به طور معمول در فرمت های دیجیتال به کار گرفته و به سرعت در یک پایگاه داده مکانی یکپارچه سازی می شوند. پردازش داده ها، جداسازی، و فعالیت های مدل سازی بر روی این داده ها می تواند با استفاده از GIS رسم و نتایج تجزیه و تحلیل ها نیز بخوبی بایگانی گردند. پایگاه داده GIS مکانی و توصیفی را می توان برای تولید گزارش ها و نقشه های تعاملی، جهت پشتیبانی از تصمیم سازی در بهترین گزینه های طراحی و اثرات ناشی از آن استفاده کرد. علاوه بر این، نقشه یک رسانه ارتباطی قدرتمند است؛ در نتیجه این اطلاعات را می توان در انجمن های عمومی ارائه داد؛ به طوری که شهروندان در رابطه با انتخاب برنامه ریزی ها و طراحی ها، حضور بیشتر و درک بهتری داشته باشند.

برنامه ریزی و طراحی در مهندسی منابع آب به طور معمول شامل استفاده از نقشه ها در مقیاس های مختلف و توسعه اسناد در فرمت های گوناگون نقشه می شود. به عنوان مثال، در مطالعه حوضه یک رودخانه، مقیاس نقشه اغلب بخشی از یک کشور را پوشش می دهد و همچنین شامل چندین شهرستان و دیگر قلمروها می شود. زهکش های رودخانه ی یک جغرافیای خاص، دارای کاراکترهای توپوگرافی، زمین شناسی (انواع خاک)، گیاه شناسی، و هیدرولوژی است. شهرستان ها و سازه های ایجاد شده به دست انسان ها، در امتداد رودخانه و در سراسر حوضه قرار گرفته اند، و شبکه های حمل و نقل و خطوط لوله، پیوند بین آنها را با یکدیگر برقرار می کنند. همه این مجموعه داده ها باید در یک چارچوب زمین مرجع مشترک ایجاد شوند؛ به این صورت پوشش جامعی از تم ها ایجاد خواهد شد که اجزاء تصادفی را می توان در فاز برنامه ریزی و طراحی شناسایی کرد.

GIS برای مدیریت تمام این داده ها استفاده شده است. این برنامه یک ابزار جامع برای اصلاح داده ها است که هرگز به صورت دستی نمی توان آن اصلاحات را انجام داد. تعداد زیادی از داده های درگیر در پروسه های جغرافیایی، نیازمند GIS می باشند، و ممکن است بسیاری از هزاران اشکال موجود، دارای مکان، صفات مرتبط، و ارتباط هایی با دیگر اشکالی که وجود دارند، باشند. GIS ابزاری را برای فیلم برداری و آرشیو این داده ها نیز فراهم می کند، و نیز ابزاری برای مرور و بررسی داده ها در فرمت های نقشه رنگی؛ بعلاوه اینکه قابلیت بررسی داده از کنترل کیفیت هم پشتیبانی می کند، که سبب می شود خطاها را با سهولت بیشتری بتوان شناخت. از طریق تجسم، کاربر می تواند به درک بهتری از الگوها و روندها در داده ها برسد که به دست آوردن آن اگر داده ها فقط در قالب جدولی بود امکان نداشت. آنچه روشن است اینکه GIS توانایی تجزیه و تحلیل بهتری را فراهم می کند. با استفاده از نرم افزار های کامپیوتری می توان به پایگاه داده دست یافت و به عنوان یک ورودی در روش های مختلف مدل سازی که به تولید محصولات منتج می شود، از آنها بهره گرفت.

از کاربردهای GIS در حوضه یک رودخانه به عنوان مثال می توان اشاره کرد به:

- با تعریف حوضه و کاراکترهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی آن، به واسطه ی مدل بارش-رواناب می توان به بررسی اثرات ناشی از تغییرات کاربری زمین پرداخت.
 - نقشه کاربری زمین و نیز مربوط به جمعیت می توانند از روش های برآورد تقاضای آب و فاضلاب پشتیبانی کنند.
 - میان یابی غلظت آلاینده های آب های زیرزمینی با استفاده از داده چاه های مشاهده ای در سرتاسر حوضه، و یا برآورد مقدار برف در نقاط اندازه گیری نشده با استفاده از داده سنجه های موجود و توسط فاکتور ارتفاع.
 - مدیریت زیرساخت های عمومی، مانند برنامه ریزی اصلاح و نگهداری در سیستم جمع آوری فاضلاب، آگاه ساختن ساکنان مناطق بازسازی آبکار^۱ و یا محیط های بحرانی با فشار بالقوه کم، در برنامه ریزی سناریوهای آتش-پاسخ^۲.
 - پیدا کردن فاکتورهای تصادفی؛ مانند ترکیبی خاص از نوعی خاک، پوشش زمین و شیب، در شناسایی مناطق مستعد فرسایش.
 - نظارت بر وقوع و شدت رعد و برق های شدید و یا ارائه ابزارهایی جهت هشدار نسبت به تهدید شرایط قریب الوقوع سیل های خطرناک.
 - ارائه ساختار شبکه منطقی برای هماهنگی شبیه سازی و بهینه سازی مدل هایی که برنامه ای برای بیان اثرات متقابل بین حوضه منابع آب، مخازن، تغییرات، و خواسته ها می باشند.
- علاوه بر دامنه ی فیزیکی مهندسی برنامه ریزی و فعالیت های طراحی، بافت سازمانی که در GIS وجود دارد مهم است. این که آیا آن یک سازمان بزرگ فدرال در تلاش جهت ایجاد منابع آب برای یک منطقه است یا شهرداری های کوچک برای همگام شدن با توسعه های سریع؟ این روشن می کند که GIS مستلزم استقرار پروسه ها و استانداردها می باشد. اغلب GIS به دنبال تغییر در راهکارهای انجام شده است. پیشرفت در فناوری جمع آوری داده ها و اندازه گیری های مهندسی، تغییر در فرمت های داده ها و قابلیت های تولید گزارش، و الزامات مورد نیاز برای به اشتراک گذاری داده در سراسر محدوده ها، می تواند متفاوت از اقدامات سنتی انجام شده باشد و به بهبود عملکرد منجر شود؛ اما نباید فراموش کرد که این امر همچنین می تواند باعث تولید تنش در آموزش ها و تغییرها نیز بشود.

^۱ Water-Pipe

^۲ Fire-Response

۵.۱. مروری اجمالی بر کتاب

در این کتاب، من سعی کرده ام تا خلاصه ای از هنر استفاده از GIS در مهندسی منابع آب را به دست خوانندگان بدهم. برای تحقق این امر، آدرس مطالبی در سه فصل بیان شده است که شرحی بر مفاهیم بنیادی GIS در آنها وجود دارد:

- فصل ۲ (مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی): در این فصل یک نمای کلی از اصطلاحات و مفاهیم GIS ارائه گشته است.
- فصل ۳ (داده ها و پایگاه های داده در GIS): در این فصل بررسی (الف) روش ها و اصول های گردآوری و تبدیل داده های نقشه ای و (ب) مدل های پایگاه داده توصیفی و مکانی مختلف و ابزارهای آنها برای مدیریت داده های جغرافیایی بیان گردیده است.
- فصل ۴ (توابع و عملکردهای تجزیه و تحلیل GIS): در این فصل دامنه گسترده ای از انواع تجزیه و تحلیل هایی که می تواند با GIS انجام شود وجود دارد.
- پس از این مواد مقدماتی، فصل هایی برای مفاهیم GIS و برنامه های کاربردی آن در حوزه های مختلف مهندسی منابع آب وجود دارد:
- فصل ۵ (GIS برای هیدرولوژی آب های سطحی): در این فصل بررسی (الف) کاراکترهای مدل سازی داده آب های سطحی و پارامتره کردن آن. (ب) روش هایی برای توسعه این مجموعه داده ها با استفاده از GIS، و (ج) روش هایی برای مدل سازی بارش-رواناب ارائه گردیده است.
- فصل ۶ (GIS برای هیدرولوژی آبهای زیرزمینی): این فصل مطالبی مرتبط با حوضه آب های زیرزمینی است؛ که در مجموع به (الف) سیستم های آب های زیرزمینی و هنر مدل سازی برای سیستم های کمیت و کیفیت و (ب) استفاده از تکنیک های GIS برای پشتیبانی از مدل سازی و ارزیابی های آب زیرزمینی اشاره دارد.
- فصل ۷ (GIS برای تأمین آب و سیستم های آبیاری): این فصل مربوط می باشد به حوضه تأمین آب برای خدمات شهری و سرویس های آبیاری، از جمله (الف) داده های ذخیره آب و مفاهیم طراحی سیستم و (ب) روش ها و برنامه های کاربردی GIS برای انجام این طرح ها.
- فصل ۸ (GIS برای سیستم فاضلاب و فاضلاب های سطحی): این فصل مروری است بر (الف) فاضلاب شهری و مدل داده های فاضلاب های سطحی و (ب) روش GIS برای طراحی و مدیریت این سیستم ها.
- فصل ۹ (GIS برای مدیریت دشت های سیلابی): در این بخش اشاره خواهد شد به (الف) داده ها و مدل های مورد استفاده برای مدل سازی و مدیریت دشت های سیلابی و (ب) روش های GIS برای مدیریت داده ها و مدل سازی دشت های سیلابی.

- فصل ۱۰ (GIS برای کیفیت آب): در این فصل به (الف) مفاهیم و روشهای ارزیابی کیفیت آب در انواع آب های سطحی و (ب) روش GIS برای مدیریت داده ها و مدل سازی این سیستم ها پرداخته خواهد شد.
- فصل ۱۱ (GIS برای پیش بینی و نظارت بر منابع آب): این فصل مروری است بر (الف) نظارت بر زمان واقعی، پیش بینی، و هشدار جمع آوری داده و سیستم های مدل سازی و (ب) روش های بکار رفته در GIS برای فعال کردن این سیستم ها.
- فصل ۱۲ (GIS برای برنامه ریزی و مدیریت حوضه رودخانه): این بخش اشاره دارد به مدل های مدیریت و برنامه ریزی حوضه رودخانه و یکپارچه سازی آنها با بهره گیری از GIS، شامل سیستم کاملاً یکپارچه برای پشتیبانی از تصمیم سازی ها.

- Center for Advanced Decision Support for Water and Environmental Systems (CADSWES). ۲۰۰۷.
<http://cadswes.colorado.edu/>.
- Chin, D. A. ۲۰۰۶. Water resources engineering. New York: Pearson Prentice Hall.
- DeBuys, W., ed. ۲۰۰۱. Seeing things whole: The essential John Wesley Powell. Washington, D.C.: Island Press.
- National Public Radio (NPR). ۲۰۰۲. The true legacy of John Wesley Powell: The explorer sounded early warnings
About water in the West. <http://www.npr.org/programs/atc/features/۲۰۰۲/sept/powell/>.
- National Weather Service (NWS). ۲۰۰۷. Colorado Basin River Forecast Center.
<http://www.cbrfc.noaa.gov/>.
- U.S. Geological Survey (USGS). ۲۰۰۷. National Elevation Dataset (NED) ۱/۳ arc-second DEM.
<http://ned.usgs.gov/>.
- U.S. Geological Survey (USGS). ۲۰۰۸. The water cycle. <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>.

فصل دوم

۲. آشنایی با سیستم های اطلاعات جغرافیایی

۲.۱. نگاهی کلی

سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) امروزه به شکلی فزاینده به ابزاری مهم برای درک و برخورد با مشکلات عاجل آب و مدیریت منابع مرتبط، در جهان ما تبدیل شده است. مفاهیم و فناوری GIS به ما در جمع آوری و سازماندهی داده ها در مورد این گونه مسائل و درک روابط مکانی آنها کمک خواهد کرد. قابلیت های تجزیه و تحلیل در سیستم اطلاعات جغرافیایی، راهکارهایی را برای مدل سازی و جداسازی داده ها ارائه کرده است، که به تصمیم گیری های حمایتی برای مدیریت منابع در طیف گسترده ای از مقیاس ها، از محلی گرفته تا جهانی کمک خواهد کرد. GIS دارای ابزاری برای تجسم خصوصیات منابع است، که در نتیجه سبب افزایش درک در پشتیبانی از تصمیم سازی ها خواهد شد.

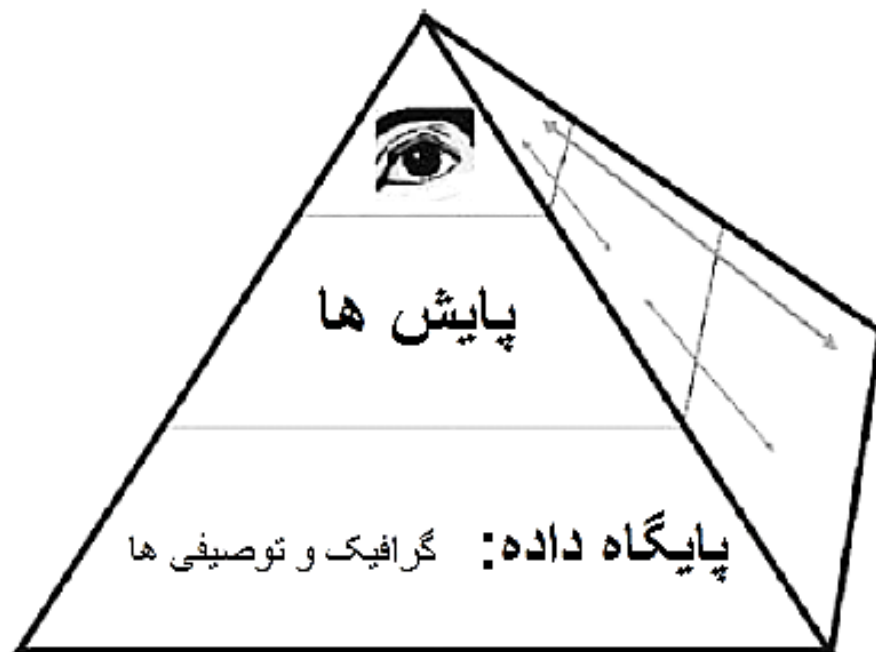
در این فصل یک نمای کلی و چند تعریف از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای معرفی مفاهیم و فناوری های موجود در GIS ارائه خواهد شد. این دید کلی از GIS شامل تکنولوژی های کسب و تبدیل داده ها، مدیریت داده ها و تجزیه و تحلیل آنها می باشد. همچنین در اینجا ما نیازمند شرح بیشتری از ابعاد مدیریت در GIS هستیم، که بیان می دارد، پیاده سازی GIS می تواند مستلزم تغییراتی اساسی در مسیر برنامه ریزی و طراحی مهندسی باشد. این فصل با بازبینی مختصری حول نرم افزار محبوب GIS به اتمام میرسد.

۲.۲. مبانی سیستم اطلاعات جغرافیایی

۲.۲.۱. تعاریف

تعاریف مختلفی که برای سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه شده، سبب تقویت ابعاد گسترده این نرم افزار گشته است؛ که در زیر به شرح تعدادی از این تعاریف خواهیم پرداخت. عناصر GIS، تکنولوژی داده و اطلاعات را برای پشتیبانی از آن شامل می شود (به عنوان مثال، کامپیوتر، نرم افزار و شبکه). لازم به ذکر است که، داده های مکانی به معنی داده هایی است که دارای یک مختصات مشخص جغرافیایی باشند. جعبه ابزار موجود در GIS بر روی اجزاء سخت افزاری و نرم افزاری تمرکز دارد. در مجموع، به یک GIS می توان به عنوان یک سیستم مدیریت اطلاعات که امکان دسترسی و دستکاری (اصلاح) داده های مکانی و تجسم بصری از این داده ها و همچنین امکان تجزیه و تحلیل نتایج حاصل شده را فراهم کرده، نگاه کرد. نباید فراموش کرد که در اینجا همچنین جنبه های انسانی و سازمانی نیز وجود دارند؛ برای مثال باید بر روی استانداردهای یکپارچه سازی و اشتراک داده بین سازمان ها توافقاتی وجود داشته باشد. در نهایت، تنظیمات سازمانی موجود، اعم از فنی، سیاسی، مالی و محیطی هایی بر اساس تعامل بین ذی-نفعان که در هر کدام از آنها به گونه ای از GIS استفاده می شود، به این ترتیب به وجود آمده است.

- GIS یک سیستم کامپیوتری است که برای ضبط، ذخیره، بازیابی، تجزیه و تحلیل و نمایش داده های مکانی استفاده می گردد (Clarke ۱۹۹۵).
- GIS "یک سیستم اطلاعاتی است که برای کار با داده های شناسه ۱ شده توسط مختصات مکانی و یا جغرافیایی طراحی شده است" (Star and Estes ۱۹۹۰).
- GIS "برنامه ای برای ایجاد تغییرات در داده های نقطه ای، خطوط، و مناطق، جهت بازیابی داده ها برای نمایش موقعیت و تجزیه و تحلیل است" (Duecker ۱۹۸۷).
- GIS شامل پنج عنصر اصلی می باشد: "داده ها، سخت افزار، نرم افزار، روش ها و افراد" (Dangermond ۱۹۸۸).



شکل ۱-۲ هرم GIS را نشان می دهد که بیان می دارد، تجزیه و تحلیل ها و تجسمات، از پایگاه داده ای دریافت شده اند، که پایه و اساس آن را تشکیل می دهند. تجزیه و تحلیل به طور مستقیم به پایگاه داده پیوند خورده است، و فعل و انفعالات بصری می تواند در بین بیننده و پایگاه داده.

- GIS "شامل چهار عنصر اساسی است که در چارچوب نهادی عمل می کنند: سخت افزار، نرم افزار، داده ها و زیست افزار" (Maguire ۱۹۹۱).
 - GIS "یک نهاد سازمانی، منعکس کننده ساختار سازمانی است که با یک پایگاه داده، توسط تخصص و البته با ادامه حمایت های مالی در طول زمان، با تکنولوژی ادغام گردیده است" (Carter ۱۹۸۹).
- هرم GIS (شکل ۱-۲) نشان می دهد که GIS بر روی پایه و اساس اطلاعات مکانی و توصیفی ساخته شده است. و کاربران می توانند به پایگاه داده برای اداره کردن تجزیه و تحلیل ها و تولید تجسمات تصویری از داده ها دسترسی داشته باشند. در عمل، حجم هرم اختصاص داده شده به پایگاه داده، زمان و تلاش مورد نیاز برای ساخت یک GIS موفق را نشان می دهد.

مفاهیم و فناوری های GIS از طیف گسترده ای از رشته ها بوجود می آیند. GIS به یک اصطلاح عمومی تبدیل شده، که این اصطلاح به مجموع سیستم های خودکاری که عمدتاً جهت مدیریت نقشه ها و اطلاعات جغرافیایی استفاده می شوند، اشاره می کند.

- نقشه برداری خودکار و مدیریت امکانات (AM/FM): توسط سازمان های دولتی و خصوصی برای مدیریت اطلاعات در مورد امکانات (به عنوان مثال، آب، فاضلاب، مخابرات، توزیع برق) استفاده می شود؛ که دسترسی سریع به فهرستی از امکانات و نقشه های ساخته شده را برای استفاده و یا ایجاد مجموعه ای از نقشه ها ممکن می سازد.
- تهیه پیش نویس به کمک کامپیوتر/طراحی (CAD): CAD برای طراحی، توسعه و بهینه سازی محصولات استفاده می شود؛ که توسط سازمان مهندسی برای به تصویر کشیدن برنامه ها و مشخصات کارهای ساخته شده در: معماری، مهندسی، و ساخت و ساز (AEC)، مکانیکی و الکتریکی استفاده می گردد.
- نقشه برداری به کمک کامپیوتر و یا به وسیله ی کامپیوتر (CAM): سیستم های گرافیکی تعاملی برای ژئوکد کردن پایگاه داده؛ مرتبط با نقشه برداران، فتوگرامتری هوایی، هوابرد و ماهواره سنجش از دور.
- سیستم های مدیریت پایگاه داده مکانی (DBMS): نرم افزاری برای مدیریت داده های توصیفی امکانات موجود در نقشه ها؛ بر اساس تکنولوژی های مرتبط DBMS که دارای امکانات تسهیل کننده، برای اقدامات مهم مدیریت داده های سازمانی بنا نهاده شده؛ که به کاربران زیادی اجازه می دهد تا داده ها را به اشتراک گذاشته و به پردازش منابع بپردازند درحالی که از امنیت و سلامت آن اطمینان دارند.
- سیستم اطلاعات زمین (LIS): توسط ارزیابان و سازمان های مدیریت زمین برای اطلاعات مالکیت زمین در حیطه ی مقدار، ارزش، و مالکیت قطعه زمین، مورد استفاده واقع می شود.
- ثبت املاک چند منظوره: اشاره به یک LIS یکپارچه شامل مباحث حقوقی (به عنوان مثال، مالکیت و یا کاداستر)، فیزیکی (به عنوان مثال، توپوگرافی، امکانات انسان ساختی)، و فرهنگی (به عنوان مثال، کاربری زمین، جمعیت شناسی) که اطلاعات در یک چارچوب مرجع مشترک و دقیق جمع آوری می گردند.

باید ذکر کرد که توسعه GIS بر روی نوآوری های ایجاد شده در بسیاری از رشته ها متکی بوده است؛ همچون: جغرافیا، مهندسی عمران، فتوگرامتری، سنجش از دور، نقشه برداری، ژئودزی، آمار، علوم کامپیوتر، تحقیق در عملیات، جمعیت شناسی، و بسیاری از شاخه های دیگر مهندسی و علوم طبیعی و اجتماعی. در واقع، یک ویژگی برجسته در GIS ماهیت بین رشته ای آن است که توسعه آن بر مجموعه ای از ابزارها و همچنین طیف گسترده ای از برنامه های کاربردی بنا نهاده شده است. مفاهیم وابسته به

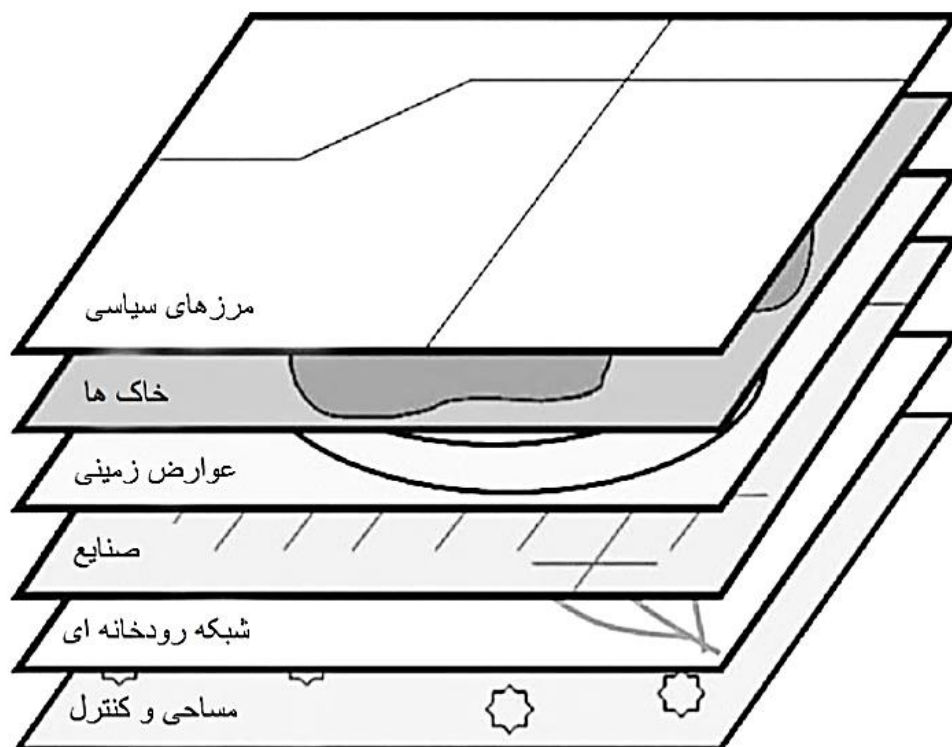
نقشه کشی GIS، با نقشه های ایجاد شده توسط کاشفان اولیه بوجود آمده، و توسط جغرافیدانان مدرن برای به تصویر کشیدن مکان و اجزاء زمین تا به امروز ادامه یافته است. نظریه های اندازه گیری مهندسی و شیوه های نقشه برداران و متخصصان علم ژئودزیک (مسطاحی)، با ابزارهایی برای توصیف مرزهای مالکیت و استقرار امکانات بر روی زمین، به شکلی دقیق ارائه شده است. مهندسان عمران برای طرح های توسعه زمین به فرمت های دیجیتال اقدامات گسترده ای انجام داده اند، برای نمونه از سرحدات قطعات و عناصر لوله های آب و فاضلاب، جاده ها و خیابان ها و سایر زیرساخت ها می توان نام برد. ماهواره ها و فناوری های سنجش از دور موجود در هوا برای تبدیل شدن به یک منبع داده اصلی، جهت نقشه برداری با وضوح بالا از امکانات زمین، امروزه مسیر خود را پیش برده اند؛ و این موضوع برای اساس نقشه برداری، در زمان واقعی، و برای ارزیابی تغییرات در طول زمان اهمیت فراوان دارد.

GIS گاهی اوقات از دیگر سیستم های مبتنی بر کامپیوتر که از اطلاعات جغرافیایی استفاده می کنند متمایز می شود. اما چه چیزی GIS را متفاوت می سازد؟ در واقع در سیستم اطلاعات جغرافیایی، وجود یک محیط جامع برای یکپارچه سازی داده ها و تجزیه و تحلیل، سبب این امر است. در حالی که سیستم های دیگر می توانند نقشه های ذخیره شده در کامپیوتر را تولید کنند، و شاید می توانند پایگاه داده را بازیابی نمایند؛ GIS داده ها را برای تم های متعدد ادغام می کند، و ابزاری را برای تجزیه و تحلیل در سراسر تم (به عنوان مثال، عمل پوشش) فراهم می کند، و نیز می تواند با دیگر روال های تجزیه و تحلیل برای به دست آوردن مدل سازی و سیستم پشتیبانی تصمیم، ادغام گردد. راه دیگر این است که اغلب GIS از فناوری های همراه که تاکنون نقش مهمی به عنوان یک فناوری تلفیقی داشته اند، قابل تفکیک است. نکته مهم آنکه فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی در ازای کاملاً جدید بودن، از طریق ایجاد ارتباط با تعدادی از فناوری های جداگانه، آنها را به یک سیستم اطلاعات هماهنگ واحد و تکامل یافته تبدیل کرده است. با این حال، تفاوت بین انواع مختلفی از GIS ها ممکن است تا حدودی خودسرانه به نظر رسد. سیستم های AM/FM کاربرد گسترده ای در زمینه خدمات شهری پیدا کرده اند، که در آن اهمیت پایگاه های بزرگ قابل دسترس در سراسر سازمان مشهود است. روشن است که خدمات عمومی نقش مهمی برای منابع آب بازی می کنند، هر جا که در آن آب و فاضلاب (بهداشتی و طوفان) موضوع اصلی باشد، برای شهرداری خدمات مدیریت آب و برق در اولویت است.

۲.۲.۲. داده و پایگاه داده سیستم اطلاعات جغرافیایی

معمولاً نگاه به پایگاه داده های GIS به عنوان یک سری از لایه های نقشه، که از لحاظ جغرافیایی مرجع شده و ثبت شده می باشند، به یک تصویر رایج تبدیل گشته است. بیشترین داده های سازماندهی شده ی GIS به شکل لایه ها وجود دارند، که هر کدام شامل یک تم از اطلاعات نقشه است که به شکلی منطقی به محل خود مرتبط شده است (شکل ۲-۲). هر یک از این نقشه های مجزای موضوعی، به عنوان یک لایه، پوشش، یا سطح نامیده می شود. و هر لایه دقیقاً بر روی لایه های دیگری خواهد افتاد؛ به طوری که هر محل و مکان های مربوط به آن در تمام نقشه های دیگر همسان است. در اینجا است که

باید گفته شود لایه پایینی این نمودار کاملاً مهم است، چراکه در واقع آن نشان دهنده سیستم مکان مرجعی است که در تمام نقشه های دیگر، به دقت ثبت شده است.



شکل ۲-۲ لایه های نقشه اشاره دارد به تم های چندگانه.

جدول ۱-۲ مجموعه داده های شهری GIS.

مجموعه داده های شهری GIS	
اطلاعات گروه	مثال لایه نقشه
داده های پایه ای نقشه	نقاط کنترل خطوط کنترل ^۱ رد پای ساختمان مراجع مکانی اصلی
داده های منطقه ای	مناطق "کاربری اراضی" مناطق دموگرافیک ^۲ مناطق نرخ مالیاتی مناطق خدمات اورژانس
داده های زیست محیطی	نقشه های خاک جریان ها و آب نقشه دشت های سیلابی پوشش زمین
شبکه داده امکانات	سیستم آب سیستم فاضلاب

^۱ Contour lines

^۲ Demographic

ارتباطات شبکه برق	
خطوط میانی جاده تقاطع های جاده خطوط راه آهن	داده های شبکه حمل و نقل
پارسل مرزهای زمین Easements و حق تقدم ها	داده های ثبت شده زمین

ایده لایه مرکزی به مفهوم کاداستر چند منظوره، به عنوان بخشی از یک GIS جامع شهری معرفی شده است. جدول ۱-۲ لیستی از شش دسته داده های بزرگ و انواع داده های موضوعی مرتبط با آنها است (ESRI ۱۹۸۶). هنگامی که این نقشه ها در درون یک سیستم مرجع استاندارد ثبت شده باشند، اطلاعات نمایش داده شده بر روی لایه های مختلف را می توان مقایسه و به صورت ترکیبی قرار داد. هدف از طرح کاداستر چند منظوره، دست یافتن به یک پایگاه داده کاملاً یکپارچه، برای حمایت از وظایف اداری و تصمیم گیری ها در تمام سطوح شهرداری است. به عنوان مثال، طرح پروژه ساخت و ساز را می توان به آسانی به منظور تسهیل پردازش صدور پروانه ها در برابر نقشه ی دشت های سیلابی مورد بررسی قرار داد. علاوه بر این، اطلاعات دو یا چند لایه می تواند ترکیب شده و سپس به یک لایه جدید برای استفاده در تجزیه و تحلیل تبدیل گردد. این فرایند ترکیب و تبدیل اطلاعات از لایه های مختلف که گاهی اوقات "نقشه جبر"^۱ نامیده می شود می تواند باعث اضافه و یا کم شدن بعضی از مقادیر در جداول توصیفی نقشه ها شود. برای مثال، اگر ما بخواهیم اثرات توسعه در نزدیکی آبراهه را بررسی کنیم، برای این منظور می توانیم منطقه ساحلی آن آبراهه را بافر^۲ کرده و یک نقشه جدید ایجاد نماییم، و سپس با روی هم اندازی این نقشه جدید بر لایه های نشان دهنده کاربری اراضی، بخش های مستعد را شناسایی کنیم. همچنین، اگرچه مفهوم کاداستر چند منظوره در زمینه شهرداری ارائه شده است، اما به آسانی به مناطق بزرگتر مانند یک ایالت، یک کشور، و حتی به سطح جهانی می تواند توسعه یابد.

ورودی یا جذب داده ها از منابع گوناگون صورت می گیرد. داده ها ممکن است از کاغذهای موجود (یا Mylar) برنامه ها و رکوردها، و همچنین داده های ساکن در پایگاه داده های دیجیتال (به عنوان مثال، ثبت اموال) استخراج شده باشد. این داده ها ممکن است به وسیله تابلت های دیجیتالی و یا اسکن کردن، به عکس تبدیل شوند. در طول چند دهه گذشته، همگرایی GIS با فناوری مهندسی اندازه گیری گسترش زیادی داشته است؛ به این طریق که داده ها در فرمت های دیجیتال ثبت شده و می توانند به طور مستقیم به یک پایگاه داده مکانی GIS منتقل شوند (به عنوان مثال، ایستگاه مرکزی نقشه برداری، سیستم موقعیت یابی جهانی [GPS]). فناوری های ذخیره سازی اطلاعات عبارتند از: سنجش از دور و همچنین ماهواره ها و سیستم عامل های موجود در هوا (فتوگرامتری). تصاویر ماهواره ای در طول موج های مختلف دریافت می شوند؛ به طوری که مشخصه های خاصی از سطح زمین را می توان از طریق

^۱ Map Algebra

^۲ Buffer

پردازش این تصاویر مشخص کرد. تصاویر بدست آمده از پرواز هواپیما اغلب از نوع عکاسی، به ویژه برای توسعه نقشه های توپوگرافی با وضوح بالا از مناطق شهری و شناسایی اجزاء شهری، مانند رد پای ساختمان ها، خطوط خیابان، درب و دریچه های آب می باشد. همچنین امروزه، به طور فزاینده ای، تشخیص نور و رنجینگ^۱ (LIDAR) برای ارائه تصاویر نقشه برداری توپوگرافی با وضوح بالا برای مکان دقیق برنامه ریزی و مطالعات هیدرولیکی دشت های سیلابی مورد نیاز است. صرف نظر از منبع، داده مکانی برای شناسایی در بعضی از سیستم های مختصات جغرافیایی یک نیاز محسوب می شود.

پایگاه داده های GIS ترکیبی از دو شاخه مجزا می باشد، یکی پایگاه داده مکانی و دیگری پایگاه داده توصیفات همراه. بسیاری از بسته های نرم افزاری GIS این تمایز را حفظ می کنند. داده های مکانی با داشتن یک ساختار "برداری" وسیله ای برای نمایش خصوصیات نقشه به شکل نقاط، خطوط و چند ضلعی می باشند. دیگر دسته داده های مکانی GIS به عنوان تصاویر و یا رستر شناخته می شوند، داشتن ساختار ردیف-ستون یک ویژگی ساده در آنها می باشد. داده توصیفی در نرم افزار رابطه ای پایگاه داده، متشکل از رکوردها و فیلدها، و توان مدل رابطه ای، برای این داده ها به کار گرفته شده است. این داده های طرحی، به پایگاه داده مکانی برای تسهیل بازیابی داده های جدولی، برچسب شده اند. جزئیات پایگاه داده های GIS در فصل ۳ بیشتر معرفی می شوند.

ساختار هرمی (شکل ۱-۲) نیز نشان می دهد که چگونه یک GIS ساخته شده است. از آنجا که همه چیز بستگی به پایگاه داده دارد، باید آن را در ابتدای امر توسعه داد، و یا حداقل بخش عمده ای از آن باید توسعه یابد، به طوری که تجزیه و تحلیل و نمایش مورد نظر را بتوان انجام داد. این، به نوبه خود نشان می دهد که رویکرد برای ساخت یک GIS باید با طراحی پایگاه داده و توسعه آن آغاز شود. روش، در ایجاد یک GIS بسیار مهم است، که زمان و تلاش، و هزینه های مربوطه، باید پیش از تولید محصولات سرمایه گذاری گردد. این نشان می دهد که یک GIS باید از صرف ابزار بودن به ابزار تجزیه و تحلیل و مدیریت، تحول پیدا کند؛ این دیدگاه برخی از سلسله مراتب پذیرش تصمیم سازی های سازمانی را نشان می دهد.

۲.۲.۳. تجزیه و تحلیل سیستم اطلاعات جغرافیایی

قابلیت های تجزیه و تحلیل GIS به طور خاص برای حوزه مکانی کوچک شده است. یک تابع تجزیه و تحلیل منحصر به فرد برای GIS، عملیات پوشش^۲ است، که به موجب آن می توان تم های داده های متعدد را، روی هم اندازی کرده و نیز تقاطع خط و چند ضلعی ها می توانند از آن مشتق شوند. این روش گرافیکی و منطقی در بسیاری مواقع برای شناسایی رابطه بین لایه ی داده های مختلف مورد استفاده واقع می شود. سایر توابع GIS شامل، شبکه ها و عملیات اتصال، تجزیه و تحلیل زمین، درون یابی آماری،

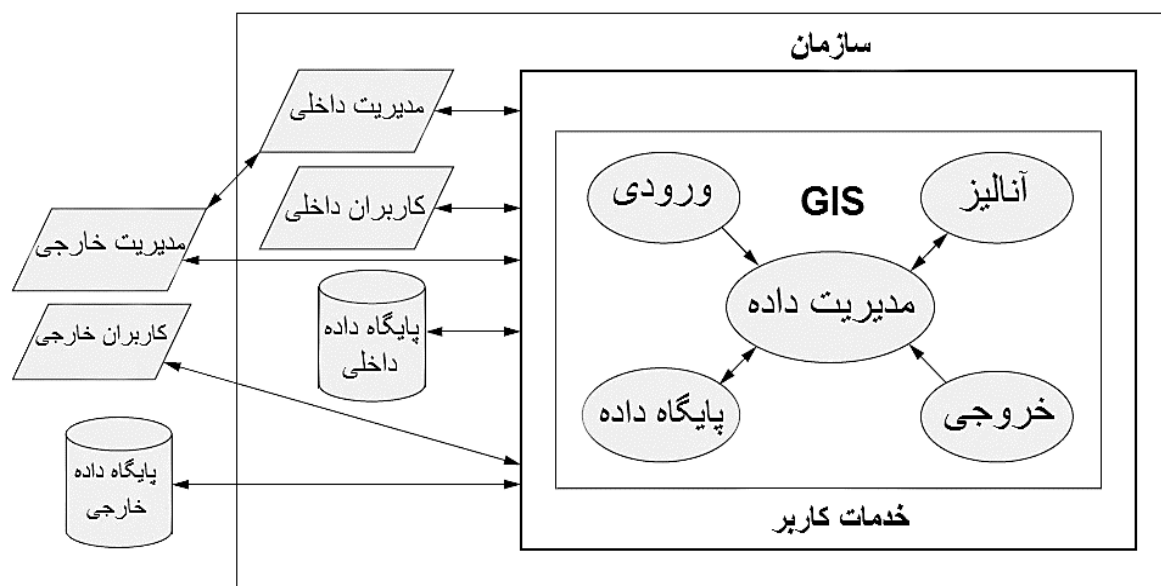
^۱ ranging

^۲ Overlay Operation

و دیگر روش های همسایگی، و همچنین توابعی برای توسعه پایگاه داده مکانی و اصلاح و نگهداری می شود.

یکی از کاربردهای رایج GIS تجزیه و تحلیل مناسب در آن است. یک نمونه اولیه از این گونه تجزیه و تحلیل های مناسب، مربوط می شود به (۱۹۶۹) Ian McHarg در یک کار بدوی تحت عنوان طراحی با طبیعت. تجزیه و تحلیل مناسب در عملیات طبقه بندی یا کلاسه بندی، در یک فرایند امتیازدهی و روی هم اندازی، برای استخراج خصوصیات زمین به جهت برخی از اهداف، مورد استفاده واقع می گردد. به عنوان مثال، GIS می تواند پوشش های خاک، پوشش گیاهی و یا شیب را طبقه بندی کرده، ارزش دهی کند و به یک روش، آنها را برای ارزیابی پتانسیل زمین جهت فرسایش، و یا برای شناسایی زمین های حساس که مناسب توسعه نیستند، ترکیب نماید. در فرآیند طبقه بندی، قضاوت برای تعیین میزان "خوبی" بر اساس عوامل فنی و تجویزی رتبه بندی شده است. نتایج آن نیز برای هدایت مقامات مدیریتی در تصمیم گیری تخصیص کاربری زمین بسیار استفاده می شود.

مثال کاربری زمین تنها جنبه دیگری از تعاریف GIS را باز می کند؛ که آن مصور سازی و پشتیبانی از تصمیم گیری می باشد. در اینجا، این ظرفیت GIS در تهیه نقشه های مشتق شده است که اطلاعات تصمیم گیری مربوطه را در فرمت های رنگی کد شده به تصویر می کشد؛ و اجازه ارتباط با منابع پیچیده مدیریت را به مدیران و شهروندان علاقه مند می دهد. همان گونه که می دانیم، نقشه ها دارای ارزش ارتباطاتی بالایی هستند، بسیاری از افراد می توانند آن چه نقشه نمایش می دهد، اگر به درستی تهیه شده و شامل یک راهنما باشد را درک کنند. دیدگاه یک برنامه ریز می تواند این باشد که هدف اصلی GIS کمک به تصمیم گیرندگان یک تصمیم گیری منطقی در مدیریت منابع است.



شکل ۳-۲ GIS یک زمینه سازمانی، شامل تبادل اطلاعات داخلی و خارجی است. (اقتباس شده از Aronoff ۱۹۹۱).

۴.۲.۲. مدیریت در سیستم اطلاعات جغرافیایی

پیاده سازی و مدیریت یک GIS با توجه به این که چیزی بیش از مسائل فنی درگیر در آن است، مشکل تر می باشد. کلمه کلیدی اطلاعات است، که اغلب محصول اساسی یک سازمان است؛ که در بنگاه ها و عوامل سازمانی به دست می آید. و یک GIS اطلاعاتی را تولید می کند که در تصمیم سازی های بافت سازمانی بسیار مفید واقع می شوند (شکل ۲-۳). اطلاعات مهم هستند و به همین دلیل می توانند حساس باشند. همانطور که توسط (Aronoff ۱۹۹۱) شرح داده شد، GIS توسط کارکنانی که گزارش ها را به مدیریت می دهند اداره می شود. و این مدیریت دارای یک دستور برای شرح طریق استفاده GIS جهت ارائه یکسری از خدمات به کاربران اجتماعی، در داخل و یا خارج سازمان، و یا هر دو، می باشد. در نهایت هدف و توجیه بکارگیری GIS کمک رساندن به کارکنان در راستای تحقق اهداف سازمان مربوطه می باشد.

۴.۲.۳. نقشه ها و فاکتورهای داده نقشه

۴.۲.۳.۱. توابع نقشه

از نقشه ها در طول تاریخ برای به تصویر کشیدن سطح زمین، اجزاء و مکان ها، و روابط بین اجزاء استفاده شده است. در فرم سنتی، نقشه ها منحصر یا با دست کشیده می شدند و یا با بهره گیری از اسناد پیش نویس آماده می گشتند. می توان گفت عمل نقشه برداری برابر است با اکتشاف جهان به وسیله طرح تاسیس شده ی محل مرجع ناوبری، طبقه بندی اجزاء، برچسب زدن، و دیگر حاشیه نویسی ها. بسیاری از نمادهای توسعه یافته همچنان در نقشه های مدرن بدون تغییر مانده اند، مانند: خطوط آبی برای آبراهه ها، نماد دو خط برای جاده ها، و خطوط کنتور برای توپولوژی.

همانطور که در فصل ۱ اشاره شد، در بسیاری از کارهای مشارکتی John Wesley Powell در اکتشافات او از غرب ایالات متحده، بدست آوردن یک نقشه از مناطق ناشناخته رودخانه کلرادو شاید بیشترین ثمر را داشته است. این نقشه پرده از رازهای گرانددکانیون بر میدارد، آنها نشان می دهند که جریانها در این ساختارها از کجا آغاز و به کجا ختم می شوند، و همچنین ارتفاع نسبی را در طول مسیر نمایش می دهند. این اطلاعات ارائه شده در پی و امتداد کشفیات، مهندسی ها، و توسعه های زمین به وسیله داشتن یک چشم انداز منطقی، اینکه چگونه از اینجا به آنجا می توان رسید، و همچنین حصول امتداد های قابل حدس سطح زمین می باشد. شاید بتوان گفت که این آغاز نقشه کشی سیستماتیک در غرب بود که ما را به سمت توسعه پروژه مسیرهای حمل و نقل، شهرک های مهاجر نشین و آبیاری و مخزن هدایت کرد.

یک نقشه می تواند بسیاری کارها را در بسیاری از جهات به انجام رساند. هنگامی که یک نقشه را می خوانید، شما اشکال و موقعیت امکاناتی در آن، توضیحاتی درباره این اشکال و رابطه مکانی بین آنها را مشاهده می کنید (Zeiler ۱۹۹۹). برخی از کارهایی که نقشه ها قادر به انجام آنها می باشند عبارتند از:

- شناسایی آنچه که در یک محل وجود دارد، از طریق قرار دادن یک نماد در یک چارچوب مرجع.
- به تصویر کشیدن رابطه بین ویژگی های اتصال، مجاورت، مندرج در، تقاطع، در نزدیکی و یا بالاتر/پایین تر.
- نمایش اجزاء متعدد از یک منطقه.
- امکان توصیف کردن و تشخیص دادن توزیع ها، روابط ها، و روندها.
- نمایش طبقه بندی شده از اجزاء و تصاویر و توصیفات گرافیکی، به عنوان نقشه های موضوعی.
- قابلیت رمزگذاری بصری ویژگی های متنی، مقادیر، و یا شناسه ها.
- تشخیص تغییرات در طول زمان با استفاده از نقشه های تهیه شده در زمان های مختلف.
- ادغام داده های منابع گوناگون در یک مرجع مشترک جغرافیایی، که در نتیجه امکان مقایسه را می دهد.



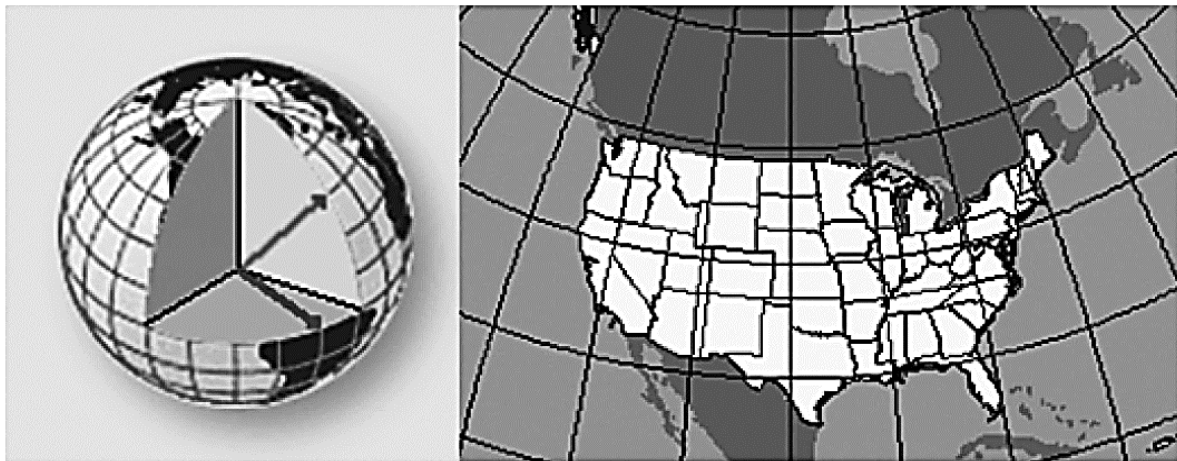
شکل ۲-۴ نمایش قسمت های طرح بهداشتی فاضلاب (الف) خطوط زمین (ب) خدمات پیوسته (Brown and Toomer ۲۰۰۳).

در مهندسی محیط زیست و منابع آب، نقشه ها و برنامه ها، اساس طراحی می باشند. طرح های زیرساخت در قالب نقشه به تصویر کشیده می شوند؛ تا با ماهیت دقیق این پروژه از لحاظ مکان های خاص و روابط فرا منطقه ای آنها، ارتباط برقرار کنند. به عنوان مثال، سیستم بهداشتی فاضلابی که در شکل ۲-۴ نشان داده شده را از این نمونه می توان نام برد؛ لایه ها، محل و مسیر جریان فاضلاب را نشان می دهند و خطوط توپوگرافی، کلیات زمین را توصیف می کنند. مقادیر شیب می توانند در ورودی محاسبات برای قطر لوله و چیدمان آنها موثر باشند. ضمن آنکه مسیر لوله کشی جریانات از ویژگی ها و ساختار خاص خیابان ها در این طرح مشتق شده است.

۲.۳.۱. سیستم های مختصات و ژئوکدینگ^۱

اگر اجزاء یک نقشه قابل مقایسه با دیگر اجزاء باشند، باید دارای مختصاتی مشخص نیز باشند. داده های مکانی وارد شده از منابع مختلف باید در یک چارچوب مرجع مونتاژ شوند. تمام نقاط روی سطح زمین می توانند با یک مختصات جغرافیایی به عنوان طول و عرض جغرافیایی و همچنین یک ارتفاع نسبت به سطح دریا تعریف بگردند. عمل تصویر کردن یک تحول ریاضی است که در آن هر طول و عرض جغرافیایی بر روی سطح منحنی شکل زمین به یک فرم متناظر (x,y) و یا مثلاً (شرقی، شمالی) در یک نقشه جغرافیایی تخت با یک چارچوب مرجع، تصویر می شود (Snyder, ۱۹۸۷). شکل ۲-۵ مفهوم تصویر کردن را برای مورد خاص استوانه ایی نمایش می دهد. اگر داده در یک سیستم تصویر نقشه موجود باشد و بخواهیم به سیستم تصویر دیگری آن را تبدیل کنیم، نرم افزار تخصصی GIS می تواند به چارچوب مرجع جدید آن را تغییر دهد.

آگاهی از مقیاس برای درک درست از دقت یک نقشه مورد نیاز است. مقیاس نقشه، بیان کننده رابطه بین اندازه اجزاء آن در مقابل اندازه واقعی آن اجزاء در طبیعت است. در واقع این موضوع نسبت فاصله خطی بر روی نقشه را نسبت به اندازه های زمینی هر کدام بیان می کند. نقشه های بزرگ مقیاس (۱:۱۰۰۰) مناطق کوچکی را تحت پوشش قرار می دهند؛ اما قادر به نمایش جزئیات دقیقتری از محیط می باشند. نقشه های بزرگ مقیاس اغلب در طرح های شهرداری ها مورد استفاده دارد. و این نقشه ها باید با استفاده از تکنیک های فتوگرامتری توسعه یابند.



شکل ۲-۵ مختصات جغرافیایی به صورت درجه طول و عرض جغرافیایی، نشان دهنده درجه ی زاویه نسبت به مرکز زمین است.

نقشه های کوچک مقیاس (۱:۲۵۰,۰۰۰)، مناطق وسیعتری را تحت پوشش قرار می دهند و البته با نمایش جزئیات کمتری. برای مثال U.S. Geological Survey Digital Line Graph (DLG)، این موضوع را در سه دسته بیان داشته: (الف) DLGs بزرگ مقیاس (۷/۵ دقیقه از طول و عرض جغرافیایی) که برابر است با مقیاس ۱:۲۰,۰۰۰ و ۱:۲۴,۰۰۰ و ۱:۲۵,۰۰۰ مربع نقشه ها در USGS (ب) DLGs متوسط مقیاس (۱:۱۰۰,۰۰۰)؛ و (ج) DLGs کوچک مقیاس (۱:۱,۰۰۰,۰۰۰) برای اطلس های بین

^۱ Geocoding

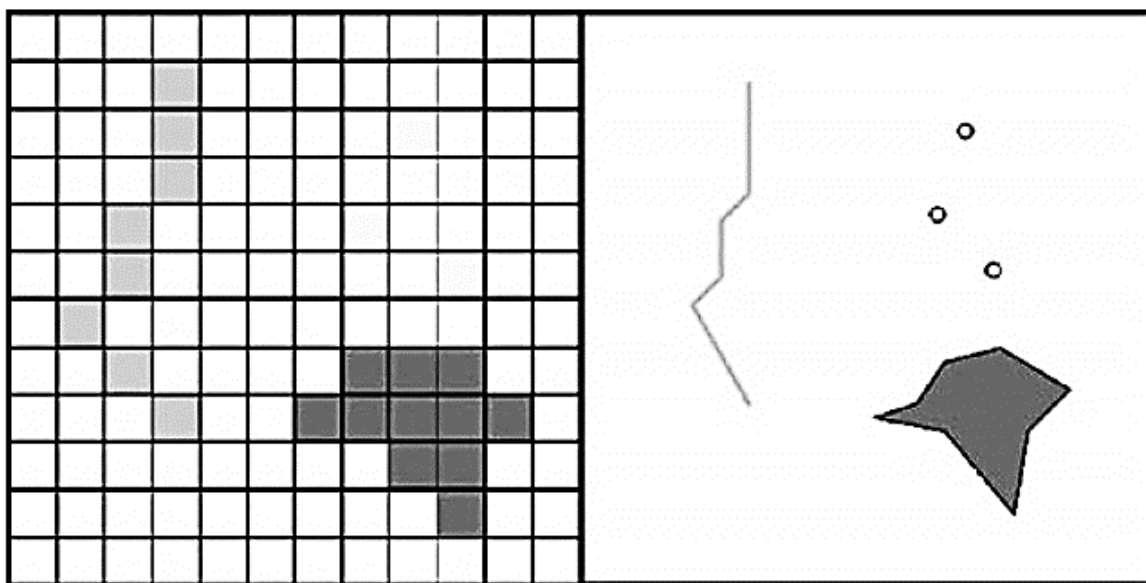
المللی. البته مقیاسی که بیشترین استفاده را در مطالعات حوضه ها دارد، ۱:۲۴,۰۰۰ می باشد. و از مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ نیز معمولاً برای شبکه ملی آبراهه های ایالات متحده به شکل گسترده استفاده می شود.

محصولات USGS بر اساس استانداردهای دقت ملی در نقشه ها می باشد (USGS ۱۹۹۹). همانند دقت ۷/۵ دقیقه از طول و عرض جغرافیایی؛ استاندارد دقت افقی مستلزم آن است که باید موقعیت ۹۰٪ از تمام نقاط مورد آزمایش با دقت ۱/۵ اینچ (۰/۰۵ سانتیمتر) روی نقشه قرار داشته باشند. در مقیاس ۱:۲۴,۰۰۰ دقت ۱/۵ اینچ (۰/۰۵ سانتیمتر) به معنی ۴۰ فوت (۱۲/۲ متر) در دنیای واقعی است. استاندارد دقت عمودی مستلزم آن است که باید ارتفاع ۹۰٪ از تمام نقاط مورد آزمایش در نیمی از فاصله خطوط کنتور قرار داشته باشند. در یک نقشه با فاصله خطوط کنتور ۱۰ فوت، نقشه باید دقیقاً ۹۰٪ از تمام نقاط مورد آزمایش را در ۵ فوت (۱/۵ متر) از ارتفاع واقعی نشان دهد.

۲.۳.۱. نمایش داده و مدل های داده

ماهیت نمایش داده، تأثیر گسترده ای بر تجزیه و تحلیل هایی که می توانند استفاده شوند، دارد. داده های مکانی در GIS معمولاً در ساختار داده های رستری و برداری می باشند (شکل ۲-۶). در ساختار برداری، اشکال جغرافیایی و اجزاء به وسیله نقاط، خطوط، و سطوح که در یک فضای پیوسته وجود دارند، نمایش داده می شوند، شبیه به نقشه های سنتی چاپی که نشانه ها، ساختمان ها، جاده ها، آبراهه ها، مناطق آبی و دیگر اشکال به واسطه نقطه ها و خطوط و سایه-روشن شناسایی می شوند. علاوه بر این هر جزء از اشکال در ساختار برداری دارای اطلاعات توپولوژی هستند که رابطه مکانی آنها را با اشیاء همسایه، بخصوص درباره مجاورت ها و اتصالات نشان می دهد. این تعریف صریح و بی ابهام رابطه بین اشیاء، ساختار برداری را جذاب ساخته و خود اجازه تجزیه و تحلیل خودکار و تفسیر داده های مکانی را در محیط GIS فراهم می کند (Meijerink و همکاران ۱۹۹۴).

از طرف دیگر، سطح، و یا رستر (از فناوری نمایش)، ساختمان داده فضا را به دو بعد (D-۲) از شبکه ای از سلول ها تقسیم می کند، که در آن هر سلول حاوی مقداری به نمایندگی از مشخصه نقشه برداری است. یک رستر x,y ماتریسی منظم از اعداد مکانی است. هر سلول، شبکه ای است که توسط تعدادی سطر و ستون مشخص شده که با مرزی از شبکه grid برای دریافت مختصات های جغرافیایی در فضا ثبت می شود. ساختارهای رستری از منابع تصویری مانند ماهواره ها به وجود می آیند و فرض می کنند که فضای جغرافیایی می تواند به عنوان یک سطح صاف دکارتی محسوب شود (Burrough ۱۹۸۶). یک نقطه توسط یک پیکسل نمایش داده می شود، یک خط با استفاده از مجموعه ای از سلول های شبکه grid و یک منطقه با استفاده از مجموعه ای از پیکسل های مجاور. هنگامی که صفات مختلفی، همچون خاک، کاربری زمین، و... مد نظر باشند، توسط لایه های رستری دیگر نمایش داده می شوند.



شکل ۶-۲ رستر (grid) و ساختار داده های برداری، ابزار مکملی برای نمایش مکان ها و کاراکتر های اجزاء نقشه است.

عملیات بر لایه های مختلف شامل بازیابی و پردازش داده ها از موقعیت مربوطه در سلول لایه های دیگر است. این مفهوم پوشش، مانند انباشتگی لایه ها بر روی هم است (شبکه ۲-D)، که بعد از آن تجزیه و تحلیل هر سلول ممکن می شود (Meijerink و همکاران ۱۹۹۴). سادگی در پردازش داده های رستری به محبوبیت آنها کمک شایانی کرده، که البته GIS مدرن می تواند هر دو ساختار را پردازش کند؛ و حتی هر ساختار را به دیگری تبدیل کرده و نیز ساختارهای مختلط را نیز تجزیه و تحلیل نماید. اطلاعات تکمیلی درباره ساختار داده های GIS در فصل سوم آمده است.

از مطالب اصلی و جالب برای منابع آب، به خصوص برنامه های کاربردی هیدرولوژی آب های سطحی، برنامه های بازنمایی توپوگرافی می باشد. مدل رقومی ارتفاع (DEM) اصطلاحی عمومی است که برای مدل های داده های توپوگرافی به کار می رود. DEM ها عموماً در یکی از این ساختار ها وجود دارند: (الف) رستر یا ساختار grid، (ب) ساختار شبکه نامنظم مثلثی (TIN) (ج) ساختارهای مبتنی بر خطوط کنتور. ساختار grid از یک شبکه ماتریس مربعی ایجاد می شود، به همراه ارتفاع هر مربع grid که در گره ماتریس ذخیره شده (تحت عنوان پیکسل). محل استقرار دارای یک تعریف ضمنی نسبت به سطر و ستون ماتریس با توجه به مختصات مرز شناخته شده، می باشد. در ساختار TIN یک سطح پیوسته، به دنبال اتصال رئوس دارای ارتفاع مشخص از مثلث ها پدید می آید. برای هر مثلث دیگر، محل (x,y) و ارتفاع (z) رئوس ذخیره گردیده، و همچنین اطلاعات توپولوژی به وسیله مثلث های مجاور تعریف می شود. این مثلث ها از لحاظ اندازه، بسیار متفاوت می باشند، به این طریق که مثلث های کوچک در تغییرات شدید توپوگرافی و مثلث های بزرگ در قسمتی که تغییرات توپوگرافی کم و سطح صاف است واقع می شوند. ساختار مبتنی بر خطوط کنتور متشکل از مختصات های جفت شده x,y با ارتفاع های معین می باشند. منابع داده DEM نیز در فصل سوم شرح داده شده است.

۴.۲. رابط کاربر و حالت های متقابل

یکی از جاذبه های اصلی GIS مدرن، کاربر دوستی آن در سیستم های رابط کامپیوتری که توسط فروشندگان مختلف ارائه شده، می باشد. بازیابی داده نه تنها به داده های ساخت یافته در پایگاه داده و همچنین سرعت بازیابی، که به طراحی خوب رابط ها و زبان شرطی نیز وابسته است. رابط انسان-کامپیوتر محیطی را برای تعامل بیشتر انسان با GIS فراهم می کند. این امر دسترسی کاربر به داده و آنالیز نتایج، و نمایش آنها در قالب های قابل فهم را ساده می کند. اکثر سیستم های اطلاعاتی سنتی، فقط فرمت هایی محدود، نظیر متن، جدول و نمودار را ارائه می دهند. گرچه این فرمت ها هنوز نیز رایج هستند، اما کاراکترهای مکانی ژئودیتا^۱ به ما امکان می دهد تا با کمترین هزینه فرمت های گوناگون نقشه و تکنیک های تصویرسازی را داشته باشیم.

GIS با گذر از صرف استفاده از خط فرمان، امکان بهره گیری از منوی گرافیکی کاربر پسند را فراهم کرده است (GUI ها) (Martin و همکاران ۲۰۰۵). GUI کاربر را به تعامل با سیستم های کامپیوتری با اشاره به نمونه های تصویری (آیکون ها) و لیستی از آیتم های منو بر روی صفحه نمایش، تنها با استفاده از ماوس، قادر می سازد. استفاده از آیکون ها قابلیت انتخاب داده ها، ارائه داده، و دستکاری و اصلاح داده ها را تسهیل کرده است.

تجسم در واقع گسترش اطلاعات سنتی-بازیابی شده و نمایش مفاهیم است. این امر شامل تکنیک هایی است که به تجسم مجموعه داده های مکانی کمک شایانی می کند. یک GIS معمولاً با تجزیه و تحلیل و تفاسیر سر و کار دارد، و پایه گرافیک طبیعی در آن، امکان درک الگوهای مکانی و اجزاء موجود در آن، استخراج پارامترها، و تمیز کلاسه بندی اشیاء را ممکن می سازد (Worboys ۲۰۰۴).

۵.۲. برنامه ریزی و پیاده سازی سیستم اطلاعات جغرافیایی

بررسی عوامل سازمانی در مدیریت و اجرای یک GIS موفق مهم است؛ زیرا که اطلاعات نقش حیاتی در توابع سازمانی بازی می کنند. در اغلب موارد، طراحی و پیاده سازی یک سیستم اطلاعات جغرافیایی یک تلاش طولانی مدت است. تجربه، اهمیت مسائل فنی اعم از نرم افزار، سخت افزار، و طراحی پایگاه داده را نشان داده است. مشکل مردم در دسترسی به اطلاعات و استفاده از آن است که تعیین می کند آیا یک GIS با شکست مواجه خواهد شد یا خیر (Aronoff ۱۹۹۱).

در طول یک برنامه ریزی بزرگ برای دستیابی و یا توسعه GIS، به نظر برخی از ویژگی های سازمانی که رویکردی انتخابی دارند، نیز تأثیر گذارند. این ویژگی ها، به طور کلی به ارزیابی نیازها اشاره دارد، و باید در وسیعترین مفهوم ممکن بررسی گردد. در این روش، اهداف، تجهیزات، هزینه ها، و غیره، که از تمام قسمت ها نهفته مانده، در پیاده سازی برنامه ریزی، مد نظر گرفته خواهد شد. تنها پس از یک

بررسی دقیق از این ویژگی ها، می توان بهترین پیاده سازی یک استراتژی ممکن را انتخاب کرد. در زیر به برخی از ویژگی هایی که باید در نظر گرفته شود اشاره شده:

- مجموع اهداف و عملکرد سازمانی.
- منابع داده در دسترس به عنوان ورودی به سیستم GIS.
- سخت افزار GIS / نرم افزار / پایگاه داده ها و محصولاتی که در حال حاضر در برنامه ریزی استفاده می شوند.
- روش های مدیریتی که قبلا برنامه GIS را هدایت کرده اند.
- هزینه های پیاده سازی، هم در گذشته و هم برنامه ریزی شده برای آتی.
- مزایای پیاده سازی، محسوس و نامحسوس.
- روشی که در ارزیابی و مقایسه هزینه ها و منافع استفاده شده است.
- ایجاد دستور العمل بررسی روش های داخلی، خارجی، جریان و پتانسیل.
- تضمین کیفیت / روش های کنترل کیفیت (QA/QC) و هر گونه استاندارد داده برنامه های کاربردی.
- تعامل با کاربر نهایی / آموزش اینکه چگونه یک گروه GIS با "مشتریان" خود ارتباط برقرار خواهد کرد.
- ارزیابی / روش های ارزشیابی که برای بررسی روند پیاده سازی GIS مورد استفاده قرار می گیرند.
- مسائل حقوقی مربوط به توزیع داده ها و مالکیت.

هر چند تعیین کمیت بسیاری از صفات مشکل است، اما این می تواند یک تمرین مفید باشد که حداقل همه چیز را برآورد می کند. برای مثال بسیاری از سازمان ها در تجزیه و تحلیل هزینه / سود رسمی به اطلاعات زیادی متکی هستند، که ممکن است این برای اندازه گیری "خوبی" مزایای نامحسوس در مقیاسی نسبی باشد. بعلاوه، بحث حول این نوع از مسائل سازمانی در طول برنامه ریزی، باعث پدیدار شدن یک تصویر گسترده تر و واقعی تر از نتیجه پیاده سازی GIS می شود.

۲.۶. نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی

بسیاری از گزینه های نرم افزار GIS به عنوان نسخه متن-باز^۲ و یا محصولات تجاری قابل دسترس است. به همین سبب برخی از آنها در بسته GIS محبوب تر و شناخته شده تر هستند.

۲.۶.۱. مالکیت انحصاری سیستم اطلاعات جغرافیایی

- ArcGIS: ArcGIS نام یک مجموعه از خطوط تولید نرم افزار GIS می باشد که توسط ESRI تولید شده است. GIS در سطح دسکتاپ می تواند شامل: ArcGIS که قادر است تا به نمایش و

^۱ Goodness

^۲ Open-Source

جستجوی شرطی در میان نقشه های تولید شده توسط دیگر محصولات ESRI پردازد. ArcView که امکان مشاهده داده های مکانی، تجزیه و تحلیل های اساسی مکانی و ایجاد نقشه را می دهد. ArcEditor که شامل اضافه شدن قابلیت هایی برای دستکاری داده ها، ویرایش و تجزیه و تحلیل، همچنین امکاناتی مبتنی بر سرور و محصولات نرم افزار ArcGIS برای دستیاران شخصی دیجیتال (PDA ها) است. ضمن آنکه افزونه هایی برای افزایش توانایی و امکانات GIS را می توان به شکل جداگانه خریداری کرد.

- AutoCAD: نرم افزار محبوب طراحی مهندسی است که توسط Autodesk تولید گردیده. نرم افزار AutoCAD نقشه 3D، یک پلتفرم پیشرفته مهندسی است که می توان آنرا پلی مابین CAD و GIS دانست. هنگامی که این نرم افزار با تکنولوژی Autodesk MapGuide ترکیب می گردد، راهی را برای انتشار اطلاعات در فضای وب و یا اینترنت فراهم می کند.

- Cadcorp: توسعه یافته نرم افزار GIS و استاندارد OpenGIS است (به عنوان مثال، خواندن / نوشتن متن باز پایگاه داده PostGIS). محصولات آن شامل یک سیستم اطلاعات مکانی (SIS) است، که در محیط ویندوز و دسکتاپ اجرا می شود و شامل ماژول های GIS می باشد، ActiveX- و کیت های توسعه مبتنی بر COM، نرم افزار GIS مبتنی بر وب (GeognoSIS)، و یک mobile data-capture solution (MSIS).

- ERDAS IMAGINE: یک ویرایشگر رستر گرافیکی و سنجش از دور، طراحی شده توسط ERDAS است این ویرایشگر در درجه اول پردازشگر داده های رقومی رستری geospatial است؛ که به کاربر امکان نمایش و تقویت تصاویر را می دهد. این نرم افزار جعبه ابزاری است که به کاربر امکان می دهد تا عملیات گوناگونی را بر روی یک تصویر انجام دهد و یا پاسخ سوالات جغرافیایی خاصی را بدست آورد.

- IDRIS: سیستم اطلاعات جغرافیایی توسعه یافته توسط آزمایشگاه Clark در دانشگاه Clark ماساچوست است. IDRISI Andes یک سیستم اطلاعات جغرافیایی یکپارچه و نرم افزار پردازشگر تصویر می باشد که بیش از ۲۵۰ ماژول را برای تجزیه و تحلیل و نمایش های مکانی ارائه می دهد. IDRIS تحت مدیریت سازمان ملل توسعه یافته و به شکلی گسترده در سرتاسر جهان استفاده می شود.

- Intergraph: فراهم کننده نرم افزار و خدماتی برای مدیریت زیرساخت های الکتریکی، گاز، آب، خط لوله، ابزار، و صنایع ارتباطاتی می باشد. محصولات آن عبارتند از: GeoMedia, GeoMedia WebMap Professional, و افزودنی هایی برای محصولات بخش صنعت، و همچنین برای فتوگرامتری.

- MapInfo: محصولات نرم افزاری GIS شامل نرم افزار GIS دسکتاپ، MapInfo حرفه ای، MapXtreme سال ۲۰۰۵، و MapXtreme جاوا برای نقشه برداری کلاینت Webbased و دسکتاپ، و همچنین به عنوان ابزار توسعه مانند MapBasic است.
- MicroStation: مجموعه ای از محصولات نرم افزاری CAD/GIS برای طراحی و تهیه پیش نویس ۲D و ۳D، توسعه یافته و فروخته شده توسط سیستم های Bentley است. این نرم افزار توسط مهندسين طراحی حمل و نقل و تاسیسات مهندسی آب و فاضلاب استفاده می شود. Bentley نیز نرم افزار مدل سازی منابع برای آب، فاضلاب و سیستم های فاضلاب های سطحی مبتنی بر GIS را ارائه می دهد (StormCAD, WaterCAD, SewerCAD).

۲.۶.۲. سیستم اطلاعات جغرافیایی متن باز

- GRASS: (منابع تجزیه و تحلیل سیستم پشتیبانی جغرافیایی) حوزه عمومی رستر منبع باز GIS است که به عنوان یک مدل سازی و بسته تجزیه و تحلیل همه منظوره مکانی توسعه یافته است (Neteler و Mitasova). GRASS یک GIS رستر/بردار، سیستم پردازش تصویر، سیستم تولید گرافیک می باشد. GRASS شامل بیش از ۳۵۰ برنامه و ابزار برای ارائه نقشه ها و تصاویر بر روی مانیتور و کاغذ، دستکاری رستر، بردار، و سایت های داده است. و همچنین پردازش داده های تصویری چند طیفی؛ و ایجاد، مدیریت و ذخیره داده های مکانی. در GRASS برای سهولت عملیات از هر دو امکان رابط بصری ویندوز و خط فرمان استفاده می شود.

- Aronoff, S. ۱۹۹۱. GIS: A management perspective. Ottawa: WDL Publications.
- Brown, C., and K. Toomer. ۲۰۰۳. GIS in public works: Atlanta—save our sewers initiative. In Proc. ESRI Annual Users Conference. San Diego, Calif. <http://gis.esri.com/library/userconf/proc۰۳/abstracts/a۰۴۶۴.pdf>.
- Burrough, P. A. ۱۹۸۶. Principles of geographical information systems for land resources assessment. New York: Oxford Univ. Press.
- Clarke, K. C. ۱۹۹۵. Analytical and computer cartography. ۲nd ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Dangermond, J. ۱۹۸۸. Introduction and overview of GIS. Paper presented at Geographic Information Systems Seminar: Data sharing—Myth or reality. Ontario: Ministry of Natural Resources.
- Duecker, K. J. ۱۹۸۷. Geographic information systems and computer-aided mapping. J. Am. Plann. Assoc. ۵۳: ۳۸۳–۳۹۰.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). ۱۹۸۶. San Diego Regional Urban Information System Conceptual Design Study: System concept and implementation program, vol. ۱. Redlands, Calif.: ESRI Press.
- Maguire, D. J. ۱۹۹۱. An overview and definition of GIS. In Geographical information systems principles and Applications, ed. D. J. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. Rhind, ۹–۲۰. New York: Longman Scientific And Technical, John Wiley and Sons.
- Martin, P. H., E. J. LeBoeuf, J. P. Dobbins, E. B. Daniel, and M. D. Abkowitz. ۲۰۰۵. Interfacing GIS with water Resource models: A state-of-the-art review. JAWRA ۴۱ (۶): ۱۴۷۱.
- McHarg, J. L. ۱۹۶۹. Design with nature. Garden City, N.J.: Doubleday.
- Meijerink, A. M. J., H. A. M. Brouwer, C. M. Mannaerts, and C. R. Valenzuela. ۱۹۹۴. Introduction to the Use of geographic information systems for practical hydrology. UNESCO International Hydrological Programme, Publication No. ۲۳. Venice: UNESCO.
- Neteler, M., and H. Mitasova. ۲۰۰۸. Open source GIS: A GRASS GIS approach. ۳rd ed. Vol. ۷۷۳ of The International Series in Engineering and Computer Science. New York: Springer. <http://grass.itc.it/>.
- Snyder, J. P. ۱۹۸۷. Map projections: A working manual. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. ۱۳۹۵. Washington, D.C.: USGS.
- Star, J., and J. Estes. ۱۹۹۰. Geographic information systems: An introduction. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- USGS. ۱۹۹۹. Map accuracy standards fact sheet FS-۱۷۱-۹۹. <http://nationalmap.gov/gio/standards/>.
- Worboys, M. F., and M. Duckham. ۲۰۰۴. GIS: A computing perspective. ۲nd ed. Boca Raton, Fla.: CRC Press.
- Zeiler, M. ۱۹۹۹. Modeling our world: The ESRI guide to geodatabase design. Redlands, Calif.: ESRI Press.

فصل سوم

۳. داده و پایگاه داده در سیستم اطلاعات جغرافیایی

۳.۱. نگاهی کلی

داده ها و پایگاه های داده، پایه و اساس توسعه و مدیریت GIS منابع آب هستند. بدون یک پایگاه داده مناسب با ورودی های دقیق و کامل، هیچ مدل سازی و گزارشی برای پشتیبانی از تصمیم گیری های مختلف، وجود ندارد. منابع داده های مکانی بی شمار هستند؛ و شامل تبدیل اطلاعات موجود از پرونده های آرشیوی و برنامه ها (نقشه) و ایجاد داده های جدید از اندازه گیری های میدانی می باشد. فناوری های اندازه گیری میدانی همچنان در فرم های زمینی، هوایی، و بررسی های ماهواره ای رو به گسترش است. باید توجه داشت که دقت ذاتی داده در هر استفاده در نظر گرفته شود. با توجه به وجود داده ها در فرمت دیجیتال، الزام به بایگانی و مدیریت آن داده ها برای اهداف مشخص شده باید مد نظر باشد. این امر مستلزم دقت در برنامه ریزی و طراحی پایگاه داده های مکانی، که پایه و اساس یک GIS موفق است، می باشد.

در این فصل به بررسی (الف) اصول و روش هایی برای توسعه و اصلاح و نگهداری داده GIS، (ب) منابع برای داده های GIS مرتبط با حوزه منابع آب، و (ج) ویژگی های مختلف و مدل های پایگاه داده مکانی و نیز ابزارهای آنها برای مدیریت داده جغرافیایی پرداخته خواهد شد.

۳.۲. توسعه و نگهداشت داده های سیستم اطلاعات جغرافیایی

توابع GIS برای ضبط داده های مکانی، شامل فناوری ها و همچنین راه های بسیاری برای تبدیل منبع داده ها به فرمت های سازگار با GIS است. این توابع عبارتند از:

- تبلت های دیجیتالی کردن
- اسکن
- تبدیل فرمت
- نقشه برداری و COGO (مختصات هندسی)
- GPS (سیستم موقعیت یابی جهانی)
- توسعه داده فتوگرامتری
- پردازش تصویر
- تغییرات و تبدیلات هندسی
- تبدیل های سیستم تصویر
- ورود و ویرایش داده های توصیفی
- فراداده^۱

مقدار زیادی از نقشه های فعلی و قدیمی از انواع مقاله، Mylar، و دیگر رسانه های مسطح، بایگانی شده اند. تابلت های رقومی گر یکی از توابع اساسی در تبدیل داده ها می باشند که دارای هزینه ای اندک و روشی نسبتاً ساده هستند. بیشتر GIS ها شامل رابطی برای تابلت دیجیتالی کننده می باشند؛ و حتی برخی از بسته ها بر این قابلیت به عنوان یک ویژگی اساسی محصول تاکید دارند. شرایط کنترل کیفیت اعمال شده بر داده های دیجیتالی، شامل یکپارچگی توپولوژیک (گره ها و لینک ها)، ثبت سیستم تصویر و تخصیص های اجزاء می باشد. نسخه های داده های اساسی، برای شناسایی کلاس اجزاء در فرم های دیجیتالی شده، "scrubbed" گشته اند. گزینه های دیجیتالی سازی محدوده ای گسترده را از پروژه های کوچک خانگی تا قراردادهای حرفه ای برای کارهای بزرگ را شامل می شود.

فناوری اسکن به حدی گسترده گشته که تصاویر قدیمی موجود نیز می توانند با استفاده از روش پردازش تصویر، ضبط و پردازش شوند. اگر چه OCR (تشخیص کاراکتر نوری) و پردازش تصویر پیشرفته می توانند خصیصه های نقشه را شناسایی کنند، اما معمولاً گاهی لازم است که بررسی های دستی برای شناسایی این خصیصه های اجزاء نیز صورت گیرد. امروزه رقومی گر Heads-up برای تبدیل به فرم برداری، با تابلت های رقومی گر برای بسیاری از دست اندرکاران GIS که در آن نقشه های اسکن شده و یا دیگر اطلاعات تصویری در GIS در سیستم تصویر و سیستم مختصات صحیح نمایش داده شده، جایگزین شده است. خصیصه های مربوطه پس از آن که در روی صفحه نمایش^۱ به وسیله ماوس و یا قلم رقومی گردند، می توانند با دیگر خصیصه هایی رقومی شده به شکل خودکار با استفاده از سیستم تصویر و سیستم مختصات معین و ارجاع داده شوند. کیفیت و دقت نمایش مانیتورهای در دسترس کنونی، تا حد زیادی تسهیل کننده استفاده از رقومی گرهای "heads-up" است، که به اپراتورها اجازه می دهد به راحتی حاشیه نویسی و اطلاعات توصیفی را در طول فرایند دیجیتالی شدن وارد کنند.

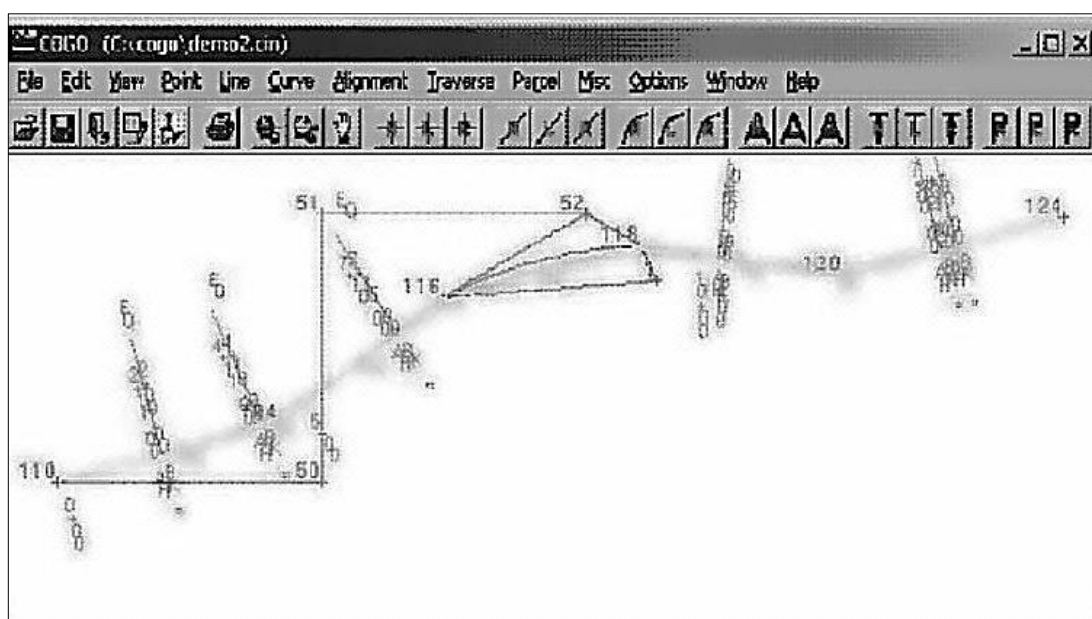
تبدیل فرمت از دیگر منابع داده های دیجیتالی می تواند بخش عمده ای از توسعه پایگاه داده GIS را تشکیل دهد. یکی از منابع اصلی تبدیل، تبدیل از فایل ها CAD (طراحی به کمک کامپیوتر) می باشد. اکثر سازمان های مهندسی نقشه برداری و برنامه ریزی، اسناد خود را با استفاده از اندازه گیری دیجیتال و فناوری های کامپیوتری انجام می دهند. برای تبدیل به GIS، این مهم است که نقشه های CAD با ساختاری منطقی ترسیم شده باشند بنابراین اجزاء می توانند مجزا باشند. علاوه بر این برای داده های نقشه های دیجیتال، منابع داده دیگری نیز وجود دارد، از جمله فایل های پایگاه داده، نقشه رستری و تصاویر، گزارش متنی، اشکال و یا کارت های خدمات، و ترسیمات مکانیکی.

COGO (مختصات هندسی) یک تکنیک برای وارد کردن اطلاعات مرزی به GIS با ورود فاصله ها، جهت ها، و محاسبات انحنای از بررسی های میدانی و همچنین عناوین از طریق صفحه کلید است. هنگامی که فاصله ها و جهت ها بر اساس شبکه مختصاتی، مانند آنچه در نقشه ایالتی وجود دارد

(SPCS) وارد شده باشند، GIS از این اطلاعات جهت نمایش گرافیکی خطوط استفاده می کند (شکل ۳-۱).

در نقشه برداری سنتی از ابزار اولیه نقشه برداری برای پروژه های مهندسی استفاده میشده. این که بررسی زمین به شکل کامل در فرمت دیجیتال انجام می شود یک امر غیر معمول نیست. اندازه گیری الکترونیکی از راه دور می تواند به طور مستقیم به کامپیوتر، قطعه سازنده پلات ها وارد شده و یا به GIS ارسال شود. امروزه دسترسی به تجهیزات اندازه گیری خودکار که داده ها را با دقت بررسی می کند، افزایش یافته است، اما در عین حال نسبت به آگاهی از اصول نقشه برداری برای هدایت مطالعات احساس نیاز بیشتری نیز می شود.

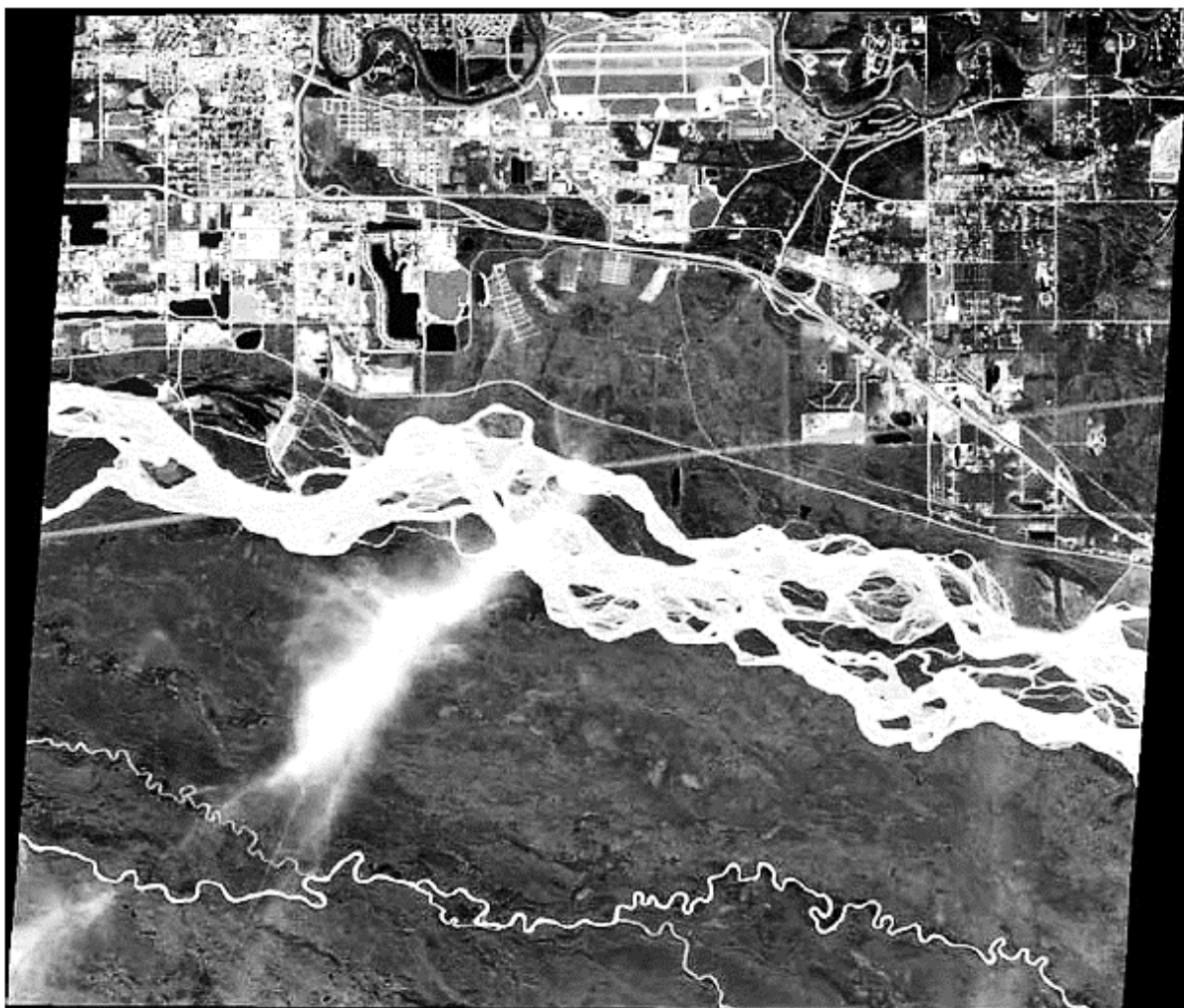
GPS (سیستم موقعیت یابی جهانی) انقلابی در مجموعه رشته ها به وجود آورده. GPS بر روی مجموعه ای از ماهواره ها قرار دارد، که هر کدام یک سیگنال منحصر به فرد را ارسال می کنند. با خواندن سیگنال های رادیویی پخش شده از سه ماهواره به طور همزمان، یک گیرنده بر روی زمین می تواند مختصات دقیق خود را بر روی زمین از طریق یک فرآیند به نام trilateration با دقت بدست آورد. ماهواره ها و گیرنده های زمینی به طور مشابه سیگنال های رادیویی کدگذاری شده را انتقال می دهند، به این گونه طبیعتاً تأخیری زمانی، بین انتشار و فاصله دریافت در بین ماهواره و گیرنده رخ می دهد. اگر سیگنال ها از سه یا تعداد بیشتری از ماهواره ها در دسترس باشند، آنگاه در طی یک فرآیند از روابط مثلثاتی برای محاسبه موقعیت و ارتفاع گیرنده استفاده خواهد شد. داده های GPS می توانند به طور مستقیم به نرم افزار GIS منتقل شده و اطلاعات محل و مسیرهای سفر را از میان مجموعه ای داده ارائه دهند. دقت GPS های دستی و معمولی حدود ۱۰ تا ۱۵ متر است که از طریق اصلاح با روش های که مجموعاً با عنوان "دیفرانسیل GPS" شناخته می شوند، می توان سطح دقت و صحت را به چند سانتیمتر برای دستگاه های پیچیده تر بهبود داد.



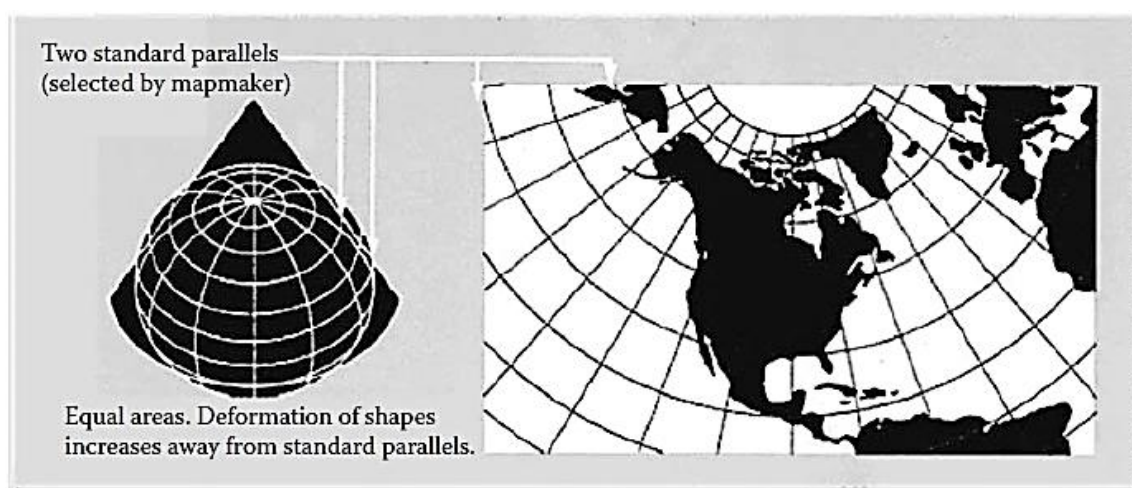
شکل ۳-۱ به عنوان یک مثال این تصویر، صفحه برنامه COGO گروه حمل و نقل کلرادو را نمایش می دهد (۲۰۰۲ CDOT).

توسعه داده های فتوگرامتری مفهوم پایه ای برای توسعه پایگاه داده های مکانی با وضوح بالا در مناطق شهری است. پروازهای هوایی با دوربین های با کیفیت بالا، داده های پایه ای برای پردازش فتوگرامتری را ارائه می دهند. با استفاده از تکنیک های stereographic، تحلیلگر، یک مدل فتوگرامتری را تعریف می کند که ارتفاعات نقاط، خطوط، و مشخصات تم-اجزاء و همچنین جدول بندی را توسعه می دهد. در مدل های فتوگرامتری، محل نقاط کنترل مطالعه را می توان شناسایی، و رابطه ای ریاضی بین نقاط کنترل و دیگر اجزاء قابل مشاهده در عکس را ایجاد کرد.

امروزه سنجش از دور ماهواره ای و پردازش تصاویر به طور فزاینده ای به فناوری هایی مهم تبدیل شده اند، به عنوان پلاتفورم مانند لندست ۷ ناسا، دیجیتال گلوب Quickbird و ۱-WorldView، GeoEye's IKONOS و OrbView، و سیستم های ماهواره ای SPOT فرانسه در حال ارائه مقدار زیادی از داده های با دقت بالا می باشند. شکل ۳-۲ نمونه ای از تصاویر با وضوح بالا را نشان می دهد. این سیستم عامل مداری، به جمع آوری و انتقال داده ها از مناطق مختلف با طیف های الکترومغناطیسی می پردازد که، وقتی با استفاده از نرم افزارهای تجزیه و تحلیل مدرن تصویر برداری پردازش می شوند، اطلاعات با ارزشی را برای مجموعه گسترده ای از برنامه های کاربردی در مهندسی منابع آب، به خصوص هنگامی که با اندازه گیری های هوابرد و زمین-واقع^۱ ترکیب شده باشد، ارائه می دهند. فتوگرامتری ماهواره ای تا حد زیادی تسهیل کننده نقشه برداری از مناطق انتخاب شده با کیفیت مکانی کمتر از ۱ متر، و با هزینه بسیار پایین تر نسبت به فتوگرامتری هوایی است. از مزایای تصویربرداری ماهواره ای نیز توان به توانایی هایی برای به دست آوردن تصاویر تکراری در فصول مختلف و تحت هر شرایط آب و هوایی اشاره کرد. روش های پردازش تصاویر در ادامه بیشتر توضیح داده شده است.



شکل ۳-۲ تصاویر ماهواره ای از AK, Fairbanks (با ابر).



شکل ۳-۳ سیستم مختصات مرجع در نقشه برداری هندسی زمین با استفاده از سیستم های تصویری بوجود می آیند که می تواند روی سه شکل بر روی یک نقشه مسطح کشیده شوند (از USGS ۱۹۹۹).

شناسایی و ویرایش اجزاء برای ایجاد و حفظ ویژگی های یک پایگاه داده GIS ضروری است. تمام GIS ها نیازمند قابلیتی برای تبدیل منبع داده ها به ساختار داده سیستمی و قابلیت ویرایش همزمان و یکباره این فایل ها می باشند.

تبدیل هندسی جهت ایجاد مختصات های زمینی برای یک نقشه استفاده می شود. این امر مستلزم آن است که ثبت اصلاح به تمام داده ها اختصاص داده شود، به طوری که پوشش برای کنترل مختصات و دیگر لایه های نقشه مطابقت داشته باشد. ثبت اصلاح ممکن است با یک سطح قابل قبول ضروری از طریق تجزیه و تحلیل حداقل مربعات محاسبه شده باشد. مجموعه های داده با ریشه های مختلف، واحدهای مختلف اندازه گیری، و یا جهت گیری های مختلف ممکن است با استفاده از تغییر و تحولات متناسب خطی ریاضی (به نام تحولات تکراری) مانند انتقال و مقیاس دهی، به یکدیگر برای ایجاد یک منشاء و چرخش مشترک تبدیل شده باشند. اغلب یک لایه نقشه، با استفاده از یک روش rubber-sheeting غیر خطی ثبت شده است. تطابق لبه هنگامی لازم می شود که با عبور اجزاء از دو یا چند نقشه، در لبه ها مطابقت دیده نشود. حل عدم تطابق بین اجزاء واقع در دو یا چند لایه داده ها نیاز به یک روش تلفیقی برای نزدیکتر کردن تفاوت ها دارد.

عمل تصویر کردن شامل راه های مختلفی است که شکل پهن شده در قطبین زمین را به یک سطح مسطح نگاشت می کنند (شکل ۳-۳). مکان بر روی زمین توسط یک سیستم طول و عرض جغرافیایی نگاشت می شود، که پس از آن به یک صفحه نقشه تصویر می گردد. سیستم تصویرهای فراوانی برای نگاشت سطح زمین بر روی یک سطح صاف وجود دارند. و برای مقایسه داده ها در عمل روی هم اندازی، تبدیل شدن سیستم تصویرها به یکدیگر، یک نیاز در سیستم اطلاعات جغرافیایی است. سیستم های مختصات مرجع همچنان به عنوان آثار پایه تاریخی با مختصات شناخته شده در شبکه های مرجع تاسیس شده با دقت بالا (HARN)، توسعه بخشیده می شوند.

برای سیستم تصویر یک نقشه داشتن یک دیتوم^۱ (مأخذ) زمین، یک روش تصویر کردن، و مجموعه ای از پارامترهای طرح ریزی ضروری است. اگر چه زمین معمولاً یک کره کامل فرض می شود، اما در حقیقت شکل واقعی آن شبیه به یک بیضی و یا کره پهن شده در قطبین است. تمام مختصات طول و عرض ها (جغرافیایی) در دیتوم زمینی مشخص شده است، که شامل یک بیضی مرجع چرخیده به حول یک محور چرخش تعریف شده است. در ایالات متحده، دو دیتوم افقی زمین که عموماً استفاده می شود عبارتند از:

North American Datum of ۱۹۲۷ (NAD ۲۷)

North American Datum of ۱۹۸۳ (NAD ۸۳)

در تبدیل از NAD ۲۷ به NAD ۸۳ یک نقطه منحصر به فرد در طول و عرض جغرافیایی بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر، بسته به موقعیت مکانی جا به جا می شود.

به شکل کلی سه روش برای تصویر کردن یک نقشه وجود دارد: استوانه ای، مخروطی و آزیموتی^۲ (Snyder and Voxland ۱۹۸۹). بهترین و معرفی شده ترین سیستم تصویر تحت عنوان ترانسفر

^۱ Datum

^۲ Azimuthal

مرکاتور^۱ شناخته می شود، که پایه و اساس ترانسفر مرکاتور جهانی (UTM) است. UTM در ایالات متحده به شکل گسترده ای، بخصوص برای ایالت هایی که جهت گیری شمال به جنوب دارند، از جمله کالیفرنیا، مورد استفاده دارد. بهترین و شناخته شده ترین سیستم تصویر مخروطی با نام لامبرت کانفورمال^۲ شناخته می شود، برای مناطقی که جهت گیری شرقی غربی دارند، از جمله منطقه آلبرز^۳ برای انتقال سطح زمین به نقشه مسطح، مورد استفاده دارد. در روش آزیموتال یک سطح صاف به نقشه کروی شکل زمین در یک نقطه مماس خواهد شد. این روش برای نقشه برداری هواشناسی و دید فضایی از زمین مناسب خواهد بود.

وجود چندین سیستم تصویر، به جهت مقاصد گوناگون بهره برداری از آنها می باشد. در ایالات متحده، مهم ترین آنها طرح سیستم مختصات ایالتی (SPCS) می باشد، که برای هر حالت یک مجموعه از یک یا چند زون (قاچ) پروجکشن^۴ و نقشه پروجکشن و نیز پارامترهایی برای هر منطقه را تعریف می کند (Snyder and Voxland ۱۹۸۹). از آنجا که SPCS طرح های ایالتی خود را از ۱۹۳۰ توسعه داده، سیستم تصویرهای آن بر پایه دیتوم ۲۷ NAD و با واحد مختصاتی فوت قرار گرفته است. بیشتر سیستم تصویرهای استاندارد و مدرن از دیتوم ۸۳ NAD و واحد مختصاتی متر بهره می گیرند.

صرف نظر از سیستم تصویر، هر نقشه باید در عمل از یکسری عناصر وابسته به قواعد نقشه کشی تبعیت کند. این عناصر عبارتند از چهارچوب، عنوان، کلید (راهنما)، مقیاس، برچسب ها و نماد جهت شمال. که این موارد عموماً حاشیه نویسی خوانده می شوند. علاوه بر این، تصویر گرافیکی، شبکه، رستری کردن، خطوط خارجی و جعبه مرکزی نیز به عنوان حاشیه نویسی استفاده می شود. حاشیه نویسی در مجموع، متن و عناصری گرافیکی است که به بیننده برای فهم و درک بیشتر اطلاعات ظاهر شده بر روی نقشه کمک بیشتری می کند.

ورود و ویرایش داده های صفاتی، شامل ضبط و مدیریت داده های غیر مکانی مرتبط با اشیاء مانند ویژگی های نقطه، خط و چند ضلعی است. این توصیفات از ویژگی های اشیاء می باشند. توابع GIS برای ضبط صفات داده ها شامل شکل ورودی اطلاعات است که به گونه ای محدود کننده و بررسی کننده نوشته های صفحه کلید برای دریافت فرمت و دامنه مناسب می باشد (به عنوان مثال، هیچ متنی برای زمینه های عدد نباید وارد گردد). دریافت سایر صفات داده ها از سایر فایل های دیجیتالی می تواند با فرمتی استاندارد صورت بپذیرد. پروسه اسکن مشخصه داده ها و OCR (تشخیص دهنده کاراکتر نوری) می تواند برای تبدیل اسناد ثبت شده به فرمت های دیجیتال مورد استفاده قرار گیرد. شماره، نوع، تاریخ، طراحی مهندسی، یا تصویر این مدارک می تواند در پایگاه داده مربوطه ایندکس شود. جدای از منبع، سیستم اطلاعات جغرافیایی باید بتواند مشخصه ها را به اشیاء گرافیکی برچسب کند. ژئوکدینگ^۵ فرایند

^۱ Transverse Mercator

^۲ Lambert Conformal Conic

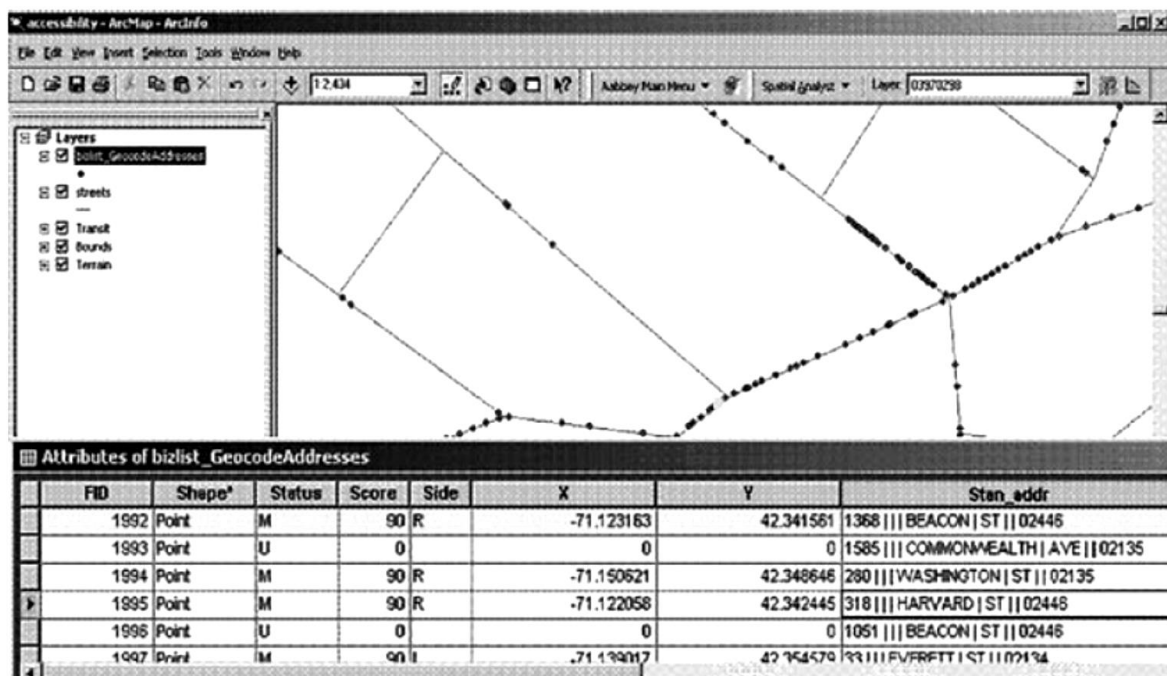
^۳ Albers

^۴ Projection Zones

^۵ Geocoding

برچسب زنی قطعات شناسه شده، به آدرس و سایر اطلاعات با ساختار جدولی در یک ویژگی است (شکل ۳،۴). در GIS برنامه‌هایی کاربردی را می‌توان ساخت که به کاربران امکان حصول یک تعامل را با یک شی گرافیکی (به عنوان مثال، پارسل^۱) و اصلاح یک رکورد پایگاه داده برای نمایش (به عنوان مثال، رکورد سوابق مصرف آب) را می‌دهد.

فراداده شامل اطلاعاتی در مورد محتوا، قالب، کیفیت، دقت، در دسترس بودن، و دیگر ویژگی‌های یک پایگاه داده GIS است. فراداده می‌تواند کمکی برای دستیابی به پاسخ سوالات کاربران حول پایگاه داده سیستم اطلاعات جغرافیایی باشد، که برای آنها جهت تصمیم‌گیری از این نظر که کدام منبع برای نیازهایشان بهتر است مفید خواهد بود. کمیته فدرال اطلاعات جغرافیایی (FGDC) یک استاندارد را برای ذخیره‌سازی فراداده، به نام استاندارد علمی برای فراداده زمین-مکانی را توسعه داده است. این استاندارد به تشریح مقوله‌های مهم و آیتم داده‌های خاص برای فراداده می‌پردازد.



شکل ۳-۴ ژئوکدینگ آدرس در جدول اجازه می‌دهد تا مکان خود را بر روی نقشه بیابند (از Ferreira ۲۰۰۷).

۳.۳. مدل‌های داده سیستم اطلاعات جغرافیایی

۳.۳.۱. نگاهی کلی

مدل داده به مجموعه‌ای از قوانین برای شناسایی و نمادگذاری ویژگی‌های جهان واقعی (اجزاء) و تبدیل آنها به اشیاء مکانی دیجیتالی و منطقی که شامل صفات و اشکال هندسی است، گفته می‌شود. توصیفات توسط سازه‌های موضوعی یا معنایی مشخص می‌شوند، در حالی که اشکال هندسی توسط ساختارهای هندسی-توپولوژیک، بیان می‌گردند.

دو نوع مختلف از داده ها وجود دارد: مکانی و صفاتی^۱. داده های مکانی شامل مفاهیم فاصله ای اجزاء، از جمله طول و عرض سدها، ایستگاه های اندازه گیری، و غیره است. داده های مکانی اغلب به عنوان اشیائی مانند نقاط، خطوط و چند ضلعی، که به نمایندگی از انواع مختلف اجزاء موجود در جهان واقعی استفاده می شود، ارائه می گردند. به عنوان مثال، یک مکان با یک نقطه، یک مسیر جریان با یک خط (یا بردار) و مرز حوضه با یک چند ضلعی بیان می شود. داده های مکانی نیز ممکن است به عنوان فیلدها و یا تصاویر نشان داده شوند، مثلاً مانند تصاویری که از ماهواره ممکن است به دست آمده باشد. توصیفات داده شامل دو نوع داده های عددی و نوع کاراکتری است که مشخص کننده منابع می باشند. داده های جغرافیایی توسط یک سری از توصیفات مقادیر وضعی مشخص می شوند که خود در انواع مکانی (فاصله ای)، گرافیکی، متنی، و ابعاد عددی تعریف می گردند (Worboys ۱۹۹۵). این موارد شامل شناسه، نام، ظرفیت های فیزیکی برای اجزاء سیستم منابع آب، مانند سدها و مخازن، خطوط لوله، حوضه زهکشی، پمپ و توربین است. داده های سری زمانی جریان رودخانه ها، مخازن آزاد شده، نرخ پمپاژ، و دیگر متغیرهای زمانی نیز در پایگاه داده توصیفات اداره می شوند.

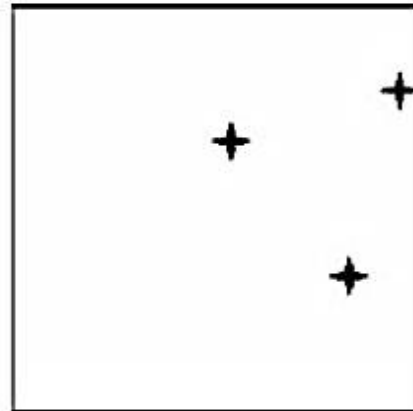
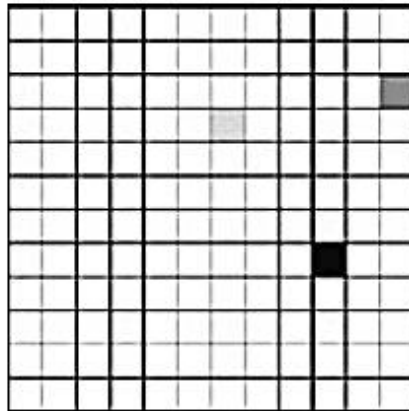
۳.۲.۳. بردارها و رسترها

دو نوع عمده از مدل های داده هندسی، رستر ها و بردار ها^۲ می باشند. همانگونه که در شکل ۳-۵ نشان داده شده است، این دسته بندی ها گاهی به چگونگی برداشت مردم نسبت به اشیاء (اجزاء) باز می گردد، که به چه صورت آنها جهان (فیلد) را مشاهده می کنند. اولین مدل شناخته شده داده ها، مدل رستر یا فیلد است. که اغلب با یک شبکه تعریف شده ی پیکسلی از (X, Y) مقادیر داده ها (به عنوان مثال، عناصر تصویر) مشخص می شود. یک شبکه منظم معمولاً تحت عنوان ساختار رستری داده شناخته می شود. مدل فیلد معمولاً برای نشان دادن متغیرهایی که به شکل پیوسته در بیش از یک منطقه وجود دارند، مانند دما، بارش و یا ارتفاع بکار می روند. در یک رستر، مختصات (i,j) و مقادیر توصیفی یک نقطه توسط یک نقطه مشخص دیگر حاصل می شود. همچنین یک خط توسط یک خط با یک سری از مختصات های و توصیفات معین و یک منطقه رستری توسط گروهی از مختصات ها و توصیفات دیگر بدست می آید.

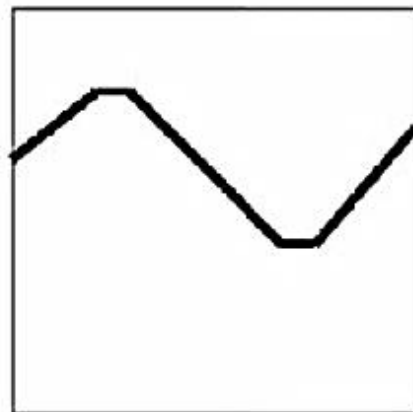
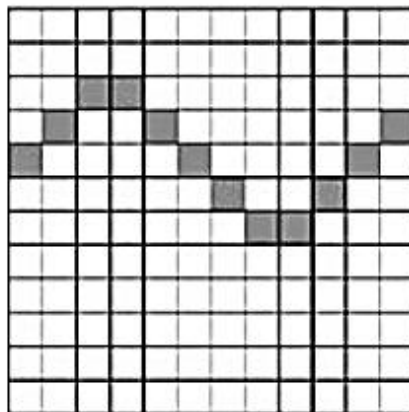
^۱ Spatial and Attribute

^۲ Raster and Vector

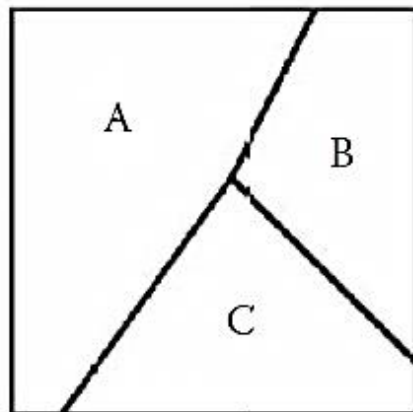
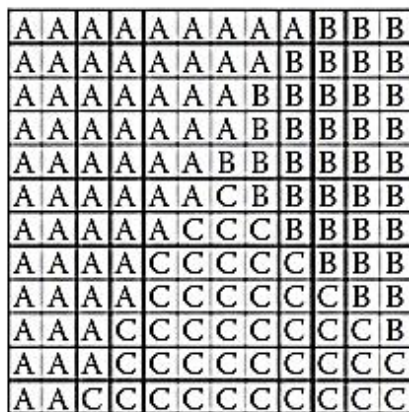
اجزاء
نقطه ای



اجزاء
خطی



اجزاء
ناحیه ای



رستر

بردار

شکل ۵-۳ مدل داده های رستری و برداری؛ مدل داده های رستری توسط نقطه، خط و ناحیه هایی به عنوان مجموعه ای از سلول های با مقادیر معین نشان داده شده است.

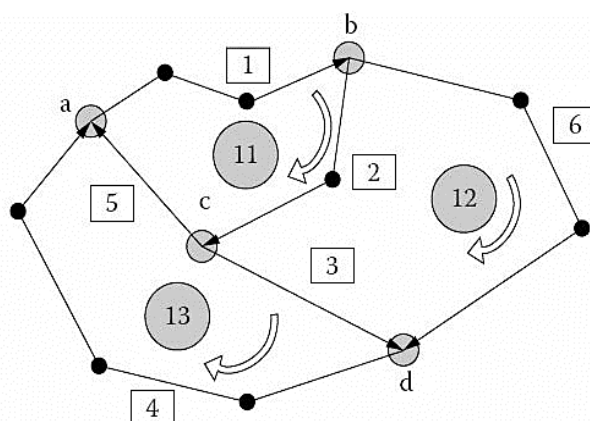
یک ساختار داده برداری ناحیه ها را به پلیگون ها^۱، خطوط را به پلی لاین ها^۲، و نقاط را به نقاط نگاشت می کند (شکل ۳-۶). مدل داده های برداری برای نشان دادن اجزاء مکانی موجود، مانند رود ها و شبکه امکانات و لوله ها (مانند شیرهای آتش نشانی) استفاده می شوند. که البته این اطلاعات اغلب از

^۱ Polygons

^۲ Polylines

نقشه برداری زمین و طراحی های CAD (طراحی کامپیوتری) و همچنین تبدیل داده های تصاویر از طریق پردازش گرفته شده است. یکی از ویژگی های کلیدی مدل داده های برداری این است که روابط توپولوژی بین اجزاء در آن ایجاد شده است. توپولوژی به روابط و یا ارتباطات بین اجزاء مکانی اشاره دارد. هندسه یک نقطه با دو بعد از مختصات آن (x,y) ایجاد می گردد، در حالی که خطوط، رشته ها، و ناحیه ها توسط یکسری از مختصات های نقطه ای بدست می آیند.

- گره^۱: تقاطع بیش از دو خط یا رشته، و یا نقطه شروع و پایان یک قوس با تعدادی گره.
- قوس^۲: یک خط یا یک رشته با یک عدد کمان، شروع و پایان تعدادی گره، یا همسایگی چپ و راست پلیگون ها.
- پلیگون: منطقه ای با تعدادی چند ضلعی، و یا مجموعه ای از کمان ها که یک منطقه را با یک جهت ایجاد کرده (به عنوان مثال، جهت مثبت حرکت عقربه های ساعت)



زنجیر هندسی

زنجیر	شروع	مختصات ها	پایان
1	(X_a, Y_a)	$(X_i, Y_i) \dots (X_j, Y_j)$	(X_b, Y_b)
⋮
6	(X_b, Y_b)	$(X_i, Y_i) \dots (X_j, Y_j)$	(X_d, Y_d)

توپولوژی پلیگون

پلیگون	زنجیر
11	1, 2, 5
12	6, -3, -2
13	4, -5, 3

توپولوژی گره

گره	زنجیرها
a	1, -5, -4
b	-1, 2, 6
c	-2, 3, 5
d	-3, 4, -6

توپولوژی زنجیر

زنجیر	از	به	پلیگون چپ	پلیگون راست
1	a	b	0	11
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	b	d	0	12

شکل ۳-۶ توپولوژی وکتور.

ساختار برداری در مقابل ساختار داده رستری		
مزايا	معايب	ساختار داده
ذخيره سازی فشرده توپولوژی واضح و قدرتمند نشان دهنده نهادها یکپارچگی و سازگاری با DBMS مختصات دهی ساده در دگرديسی ها گرافیک دقیق در تمام مقیاس ها	ساختار پیچیده مدل داده ها عملیات پیچیده همپوشانی و نیازمند یک پردازنده قدرتمند نیازمند توصیفات برای اجزاء نمایش و پلات وقت گیر دقت نمایش ممکن است گمراه کننده باشد	بردار
ساختار ساده داده ها دستکاری و اصلاح ساده مقادیر اجزاء وجود تعداد زیادی توابع تجزیه و تحلیل مدل سازی ساده ریاضی وجود تعداد زیادی فرم داده در دسترس فناوری مقرون به صرفه	حجم زیاد داده ها دقت محدود در وضوح سلول ها محدودیت نمایش توصیفات گرافیک بی کیفیت هنگام بزرگ نمایی تبدیل مختصات دشوار	رستر

یک پایگاه داده برداری باید پیش از استفاده مطمئن در جستارهای مکانی، و یا پشتیبانی از مدل سازی، توپولوژیک شوند. مدل داده های برداری معمولاً در پروژه های مدل سازی پیچیده به این دلیل که اشیاء را می توان به شیوه ای منطقی اصلاح کرد، ترجیح داده می شوند. برای مثال در یک شبکه رودخانه ای می توان جستجویی به سمت ابتدا و یا به سمت انتها کرد.

ساختار برداری و رستری هر دو دارای مزایا و معایبی هستند. هر رویکرد تمایل دارد در موقعیت هایی که در آن اطلاعات مکانی به شیوه ای به ساختار داده ها نزدیک می شود، بهترین کارکرد را داشته باشد. ساختار برداری معمولاً برای نشان دادن شبکه ها، اشیاء متصل، و اجزایی که توسط مرزهای مشخص تعریف شده است، بسیار مناسب می باشد. ساختار داده زمانی بهترین کاربرد را دارد که برای بیان خصیصه که در فضا به شکل پیوسته و یکنواخت پخش شده است استفاده گردد. در شبکه های grid ظریفتر، ویژگی های جغرافیایی در ماتریس داده ها وجود خواهد داشت. با این حال دقت مکانی برای اجزاء نقشه در مدل رستری به سبب وضوح سلول های آن محدود می گردد. به طور کلی، مزایای استفاده از ساختارهای برداری شامل یک نمایش خوب از نقطه، خط، و اجزاء چند ضلعی (جریان ها، دریاچه ها، تقسیم بندی های زهکشی، و غیره)؛ فشرده گی ذخیره سازی داده ها، گرافیک دقیق، باز نمود رابطه اشیاء و همچنین قابلیت به روز رسانی، اصلاح و تعمیم گرافیک و اجزاء است. و البته معایب آن نیز عبارتند از پیچیدگی ساختار داده ها، پردازش های مفصل برای همپوشانی و شبیه سازی، فناوری و داده های نسبتاً گران قیمت، و مشکل در نشان دادن اجزاء مختلف مکانی (Meijerink و همکاران ۱۹۹۴). مزایای

استفاده از ساختارهای رستری شامل سادگی ساختار داده ها، همپوشانی و تجزیه و تحلیل مکانی ساده، در دسترس بودن داده ها، و فناوری نسبتاً ارزان است. همچنین معایب آن عبارتند از استفاده ناکارآمد هنگام ذخیره سازی در کامپیوتر. عدم دقت در تعریف نقطه، خط و منطقه، مشکل در ایجاد شبکه و توپولوژی و تجسم غیر جذاب در رسترهای با کیفیت پایین (Meijerink و همکاران ۱۹۹۴). جدول ۳-۱ خلاصه ای از مزایا و معایب هر یک از این دو نوع ساختار داده ها را با نگاهی جامع تر بیان می کند.

تصمیم به استفاده از یک مدل فیلد-داده یا شیء در لزوم بکارگیری برنامه، در آنچه که عرف است و در منبع اصلی داده، یک اصل است. با این حال، پیشرفت در فناوری پایگاه داده GIS، تفاوت میان ساختار داده های برداری و رستری را کمتر متقاعد کننده می کند. ظرفیت ذخیره سازی داده ها همچنان افزایش می یابد، که این موضوع باعث می شود تا از حجم بحرانی ذخیره سازی فایل های رستری کاسته شود، گرچه هنوز هم حجم عظیمی از داده های تصویری حاصل از سنسور های مختلف، نیاز به تصمیم گیری های دشوار برای اولویت دهی در ذخیره سازی دارند. برای بسیاری از برنامه های کاربردی، افزایش وضوح سیستم های تصویرگری، دقت کافی برای نمایش خصیصه های زمین را فراهم می کند. و علاوه رشد طولانی مدت ظرفیت کامپیوترها به کاهش مشکلات مربوط به پردازش کمک می کند.

بازنمایی ویژگی متغیرهای مکانی حوضه ها، اغلب در یک سری از مجموعه داده های رستری، که ممکن است شامل اطلاعاتی از قبیل ارتفاع، نوع خاک، و کاربری زمین باشد، قرار دارد. با این حال، قدرت تفکیک مکانی داده های ارتفاعی ممکن است دقت تشخیص جریان های کوچکتر آبراهه ای و نیز سایر منابع آبی این چنینی را که تنها از داده های ارتفاعی استفاده می کنند، مشکل سازد. بهترین قدرت تفکیک مکانی که به شکلی عمده در دسترس قرار دارد در حدود ۱۰ متر است؛ در چنین شرایطی بسیاری از جریان های کوچک ممکن است شناسایی نشوند، و مرزهای زهکشی حتی ممکن است اشتباه تعیین گردند. در این حالت ساختار برداری شبکه آبراهه ها می تواند کمکی برای حل این مشکل باشد. منابع رستری و برداری داده ها برای مسیرهای آبراهه ای و جریانات سطح زمین، در زیر توضیح داده شده است.

۳.۴. منابع داده های دیجیتال برای منابع آب

در حال حاضر به شکلی فزاینده داده های گوناگونی در USGS، دیگر آژانس های فدرال و شرکت های مختلف، تولید شده است؛ در ادامه به شرح برخی از آنها خواهیم پرداخت.

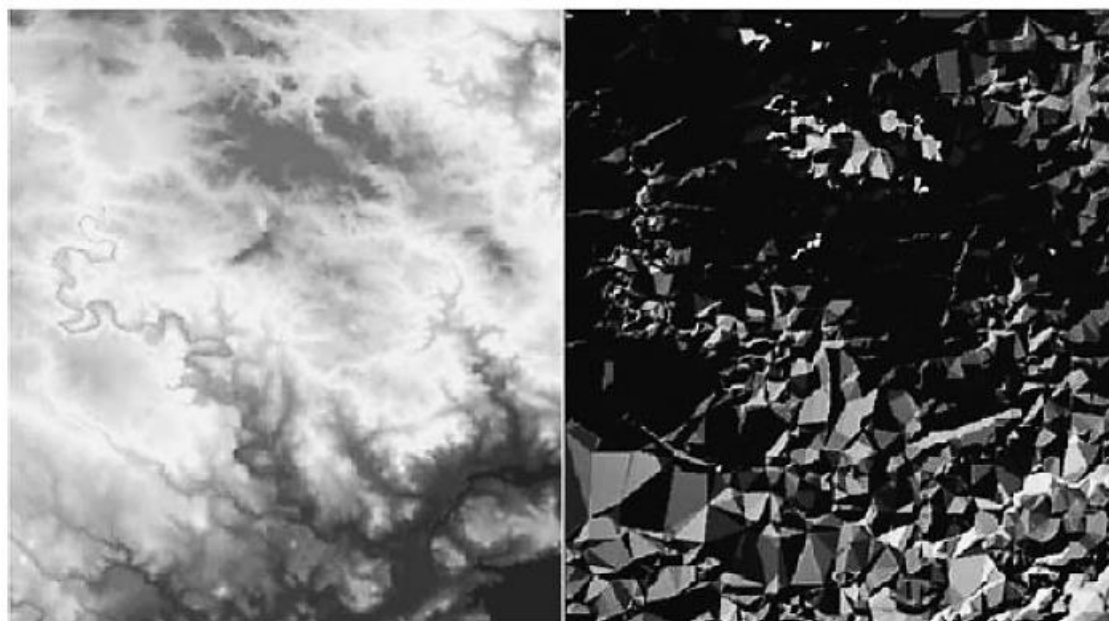
۳.۴.۱. مدل رقومی ارتفاع

سطوح سه بعدی، یک دسته بندی خاص از سطح می باشد که داده ها در آن بهترین امکان نمایش در فرم سه بعدی بر روی یک ناحیه را دارا می باشند. از متداولترین نمونه ها می توان به terrain ها به عنوان نمونه ای از DEM ها (مدل رقومی ارتفاع)، به شبکه های ارتفاعی به عنوان نمونه TIN ها (شبکه نامنظم مثلثی)، و یا خطوط کنتور در مدل برداری اشاره کرد. یک رستر ارتفاعی با یک مدل دیجیتالی

terrain (DTM) معادل گرفته می شود. داده ها در دیگر زمینه ها اغلب از ماهواره ها و دیگر روش های تصویربرداری به دست می آید. این منابع داده ها اکنون به طور فزاینده ای با تعدد و تنوع گسترده ای از سنسورهای تصاویر رشد می کنند. مدل ارتفاعی دیجیتالی به طور کلی با استفاده از روش فتوگرامتری از جفت تصاویر استریو، تصاویر ماهواره ای استریو، و یا با درونیابی داده های ارتفاعی دیجیتالی تولید می شود. تعداد فراوانی از تولیدات ساختار DEM به شکل شبکه grid مربعی و یا خطوط گرافیکی کنتور (DLG) می باشند.

DEM های به شکل شبکه grid شامل شبکه مربعی به همراه ارتفاع هر مربع در آن می باشند (شکل ۷-۳ الف). هر عنصر این شبکه تحت عنوان پیکسل شناخته می شود (برای عناصر تصویر). مکان در این تصاویر با سطر ها و ستون های این شبکه، و با توجه به اطلاعات مرزی این شبکه ها ایجاد می شوند.

برای ساختارهای TIN، سطح مستمری از مثلث های به هم پیوسته با مقادیر ارتفاع مشخص شده در رئوس این مثلث ها ایجاد می گردد (شکل ۷-۳ ب). برای هر یک از مثلث ها، مکان (x,y) و ارتفاع (z) از راس به همراه اطلاعات توپولوژیکی شناسایی شده از مثلث های مجاور ذخیره می شود. این مثلث ها در اندازه های متفاوتی قرار گرفته اند، از مثلث های کوچکتر در مناطق در حال تغییر سریع توپوگرافی تا مثلث بزرگتر در مناطق با توپوگرافی نسبتاً صاف. برای TIN ها، داده های ارتفاعی ممکن است در ابتدا با استفاده از روش فتوگرامتری برای نقاط ارتفاعی و خطوط شکست، مانند نهرها و برآمدگی ها توسعه یافته باشد. ساختار مبتنی بر کانتور از خطوط دیجیتالی توسط مجموعه ای از x,y های جفت شده و تعریف شده، برای مختصات خطوطی از ارتفاعات مشخص مشتق می شود. خطوط کنتور معمولاً توسط رقومی سازی کامپیوتری از خطوط موجود بر روی نقشه ها و یا با میان یابی از شبکه بندی های TIN به دست می آید.



الف

ب

شکل ۷-۳ DEM به عنوان: الف) grid، و ب) TIN. (از Close ۲۰۰۳).

برای هر یک از ساختارهای DEM می توان مزایا و معایبی را برشمرد (DeBerry - ۱۹۹۰ Moore و همکاران ۱۹۹۱). DEM های شبکه مربعی grid به علت سادگی، سهولت پردازش و کارایی محاسباتی به طور گسترده مورد استفاده واقع می شوند؛ و معایب آنها عبارتند از: وابستگی سائز شبکه grid به برخی از پارامترهای چشم انداز های محاسبه شده، و عدم توانایی تغییر سائز برای تغییر در کاراکترهای پیچیده چشم انداز. TIN ها برای توپوگرافی پیچیده، مانند اجزاء زهکشی شهری (به عنوان مثال، خطوط طوقه خیابان) ارجح هستند. با این حال محاسبات با استفاده از داده های TIN مشکل تر از داده DEM های شبکه مربعی-grid است. ساختار مبتنی بر خطوط کانتور توسط برخی برای ارائه تصویری بهتر از اجزاء سطوح نسبت به DEM های شبکه grid در نظر گرفته می شود. که در هر صورت خطوط کنتور تک بعدی می باشند و برای ارائه تصویر بهتری از چشم انداز به شکل کلی نیاز به داده های بیشتری نسبت به نمونه DEM های شبکه grid می باشد (Moore و همکاران ۱۹۹۱). باید بیان داشت که مزایا و معایب سازه های DEM نسبی است، به این معنا که آنچه به عنوان یک مزیت برای ذخیره سازی داده ها در نظر گرفته شده است، ممکن است یک نقطه ضعف برای پردازش داده ها هم باشد. بیشترین GIS ها دارای توابعی برای تبدیل بین سطح های مختلف، بسته به الزامات برنامه می باشند.

سه محصول DEM برای مرزهای مشترک ایالات متحده برای چندین سال از طریق مرکز داده EROS ارائه گردیده است:

۱. بزرگ مقیاس، DEM های ۷/۵ دقیقه (حدود مقیاس ۱:۲۴۰۰۰) در هر دو ۳۰ متر و ۱۰ متر

وضوح تصویر

۲. متوسط مقیاس، DEM های ۱۵ دقیقه (حدود مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰) در وضوح تصویر ۶۰ متر

۳. کوچک مقیاس، DEM های ۱ درجه (حدود مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰) در وضوح تصویر ۹۰ متر

از آنجا که این داده ها در بلوک هایی ارائه شده است، اغلب مشکلات در تطبیق لبه بلوک های مجاور داده های DEM بوجود می آیند، و قاچ ها و درزها را زمانی که بلوک هایی با هم ادغام شوند بروز خواهند کرد. برای غلبه بر این مشکلات، USGS پایگاه ارتفاع ملی (NED) را به عنوان یک موزایک بدون درز از بهترین داده های ارتفاعی موجود توسعه داده است. اگر چه داده های ارتفاعی ۷/۵ دقیقه برای مرز مشترک ایالات متحده منبع اطلاعات اولیه هستند، امروزه از روش های پردازش و فیلترینگ کارآمد برای ارائه یک دیتوم و سیستم تصویر سازگار، تطبیق گری لبه ها، پر کننده قاچ های از دست رفته داده ها در درزهای چهارگوش، و تبدیل همه مقادیر ارتفاع به متر دهنده استفاده گردیده است. هنگام نگارش این کتاب، وضوح داده ها در سطح ۱ arc-second (حدود وضوح ۳۰ متر) در سراسر کشور ایالات متحده، با پوشش حدود ۷۰٪ برای یک سوم arc-second (با وضوح تصویر ۱۰ متر) موجود می باشد.

برای نقشه برداری بسیار دقیق از عوارض زمین، از جمله، الزامات تعریف جزئیات دشت سیلابی است، که با استفاده از وسیله نوریاب (LIDAR) داده توسعه یافته است. این روش با لیزر aircraftmounted قادر به جمع آوری مقادیر داده های بدست آمده از اندازه گیری ارتفاع در نرخ ۲۰۰۰-۵۰۰۰ پالس در هر ثانیه و دقت عمودی ۱۵ سانتی متر (۶ اینچ) است. ابزار LIDAR تنها برای جمع آوری داده های ارتفاعی ساخته شده است. برای اینکه این داده ها مکانی و شناسه (مرتبط) شوند، موقعیت برداشت نقاط داده ها باید شناخته شود، که به همین سبب آنتن دقیق سیستم موقعیت یابی جهانی (GPS) بر روی بدنه بالای هواپیما نصب شده است. همانطور که سنسور LIDAR نقاط داده ها را جمع آوری می کند، محل داده ها به طور همزمان توسط سنسور GPS ثبت می شود. پس از پرواز، داده ها را دانلود و با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری که به طور ویژه برای این امر طراحی شده اند، پردازش می کنند. محصول نهایی، از لحاظ موقعیت جغرافیای ثبت شده، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، و ارتفاع (x,y,z) برای هر نقطه داده، بسیار دقیق است. این محصول نهایی (x,y,z) امکان ایجاد یک مدل رقومی ارتفاع (DEM) را از سطح زمین خواهد داد.

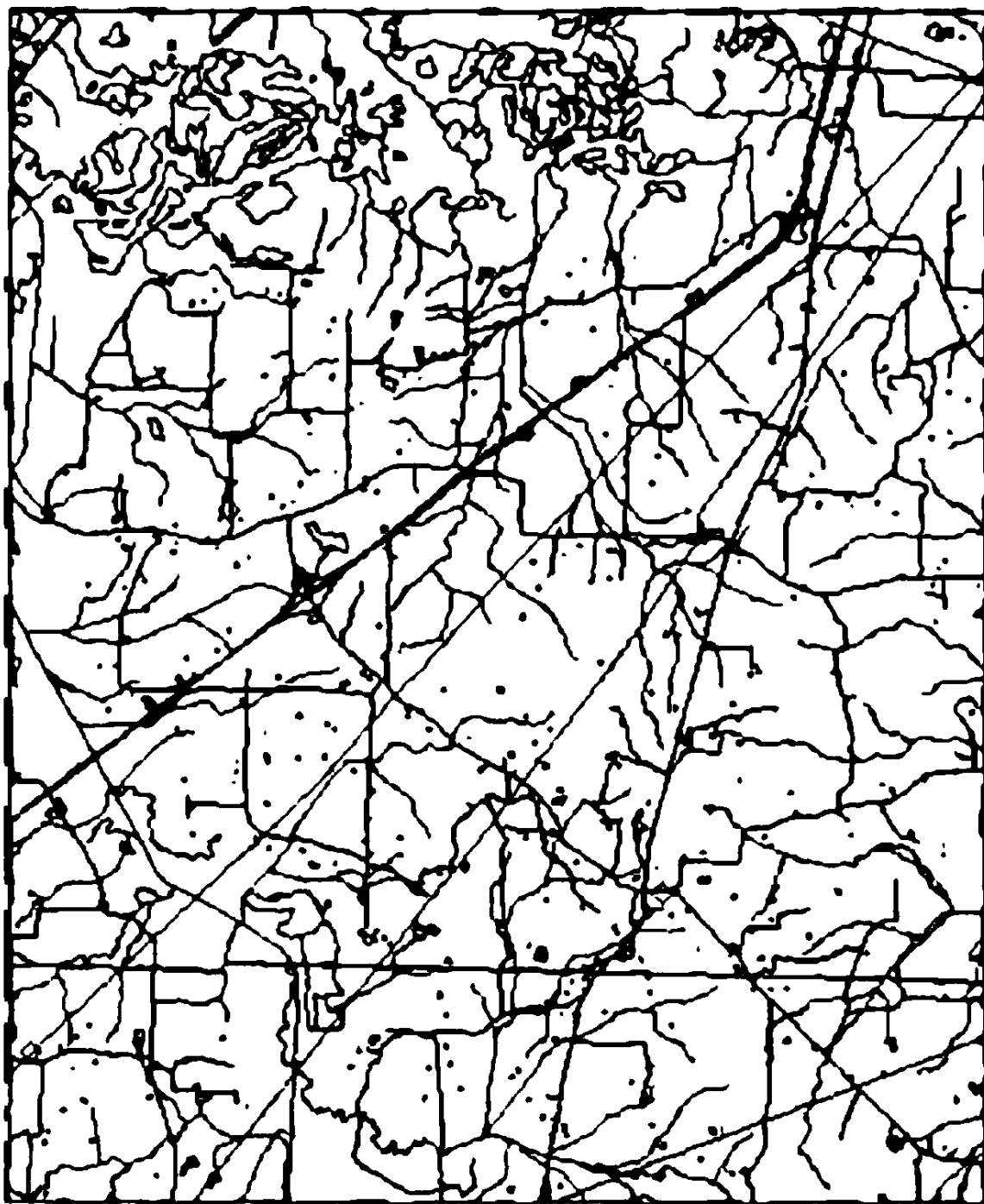
استفاده از LIDAR هزینه های عمده ای در بر خواهد داشت، به عنوان مثال در نقشه برداری دشت های سیلابی، حذف پوشش گیاهی، که شامل پس پردازش داده ها برای تولید اطلاعات دیجیتال لخت زمین است، از این نمونه می باشد. برای بدست آوردن این داده های ارتفاعی زمین-لخت^۱، که جهت از بین بردن نقاطی که اجزاء ارتفاعی در آنها خرد گشته از پس پردازش خودکار و دستی استفاده می شود؛ که این امر باعث بوجود آمدن حفره داده می شود، به طوری که مجموعه داده ها را با توجه به فاصله نقطه بر روی زمین نامنظم تر می سازد. پس پردازش خودکار شامل روش های کامپیوتری می شود، این روش ها تغییرات ارتفاعی را که غیر طبیعی به نظر می رسد، تشخیص می دهد. به عنوان مثال، بام ها با

سهولتی نسبی به دلیل تغییرات ناگهانی آبی که بین ارتفاع حیاط و بام وجود دارد شناسایی می شوند. با این حال، تشخیص پوشش های گیاهی چالش های سخت تری را برای روش های خودکار فراهم می کند. در مقابل، پس پردازش دستی، دقیق تر (و البته پرهزینه تر) است و به طور معمول شامل پوشش داده نقاطی در تصویر سازی دیجیتالی است؛ که امکان تحلیل برای دیدن جایی که نقاط لیزری به زمین برخورد کند را فراهم می کند.

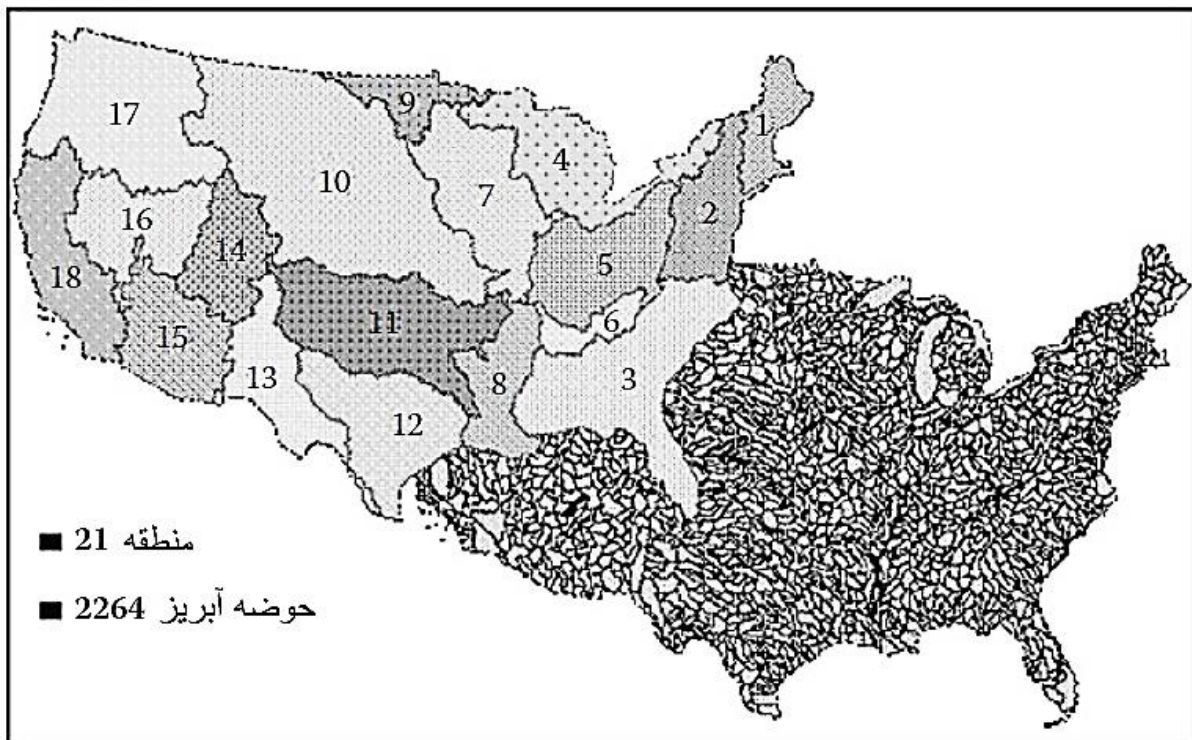
۳.۴.۲. نمودار خطوط دیجیتالی

داده های دیجیتالی شبکه آبراهه و کانال ها را می توان از سازمان زمین شناسی ایالات متحده (USGS) در قالب نمودار خطوط دیجیتالی (DLG ها) به دست آورد. DLG ها در چند دسته، از جمله مرزهای سیاسی، راه ها، و هیدروگرافی (شکل ۳-۸) موجود می باشند. داده های هیدروگرافی اطلاعاتی را در مورد آب های جاری (آبراهه ها و کانال ها)، آب های ایستا (دریاچه ها)، و تالاب ها را فراهم می کند. این اطلاعات در قالب بردارهای دیجیتالی است، که از نقشه ها و منابع مرتبط، تدوین و ارائه گردیده اند. اطلاعات هیدروگرافی را می توان برای نقشه های بزرگ مقیاس، متوسط مقیاس و کوچک مقیاس بدست آورد. نقشه های بزرگ مقیاس DRUG در مقیاس های ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۲۴۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ مربع توپوگرافیک، از سوی USGS بدست آمده است. متوسط مقیاس DRUG در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۳۰ × ۶۰ دقیقه مربع نقشه، از سوی USGS بدست آمده است. و کوچک مقیاس DRUG در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰۰ مقاطع نقشه اطلس بین المللی ایالات متحده، از سوی USGS بدست آمده است. اطلاعات هیدروگرافی شامل ارتباط کامل توپولوژیک در عناصر گره، خط، و منطقه است. بنابراین، اطلاعات اتصال چه در جهت بالادست و چه پایین دست کانال ها در دسترس خواهد بود.

زهکشی سطحی و پیکربندی شبکه کانال، از ویژگی های مهم چشم انداز مدل سازی هیدرولوژیکی در فرآیندهای رواناب است. هر دو این ویژگی ها را می توان از طریق بررسی های میدانی، تصویرهای استریو، و نقشه های دقیق توپوگرافی تعیین کرد. با این حال این رویکرد به ویژه برای حوضه های آبریز بزرگ، نیازمند صرف زمان و منابع زیادی است. به همین سبب یک روش مناسب تر خرید داده های دیجیتالی از پیش موجود کانال ها، و یا استخراج این داده ها از داده های سهل الوصول رقومی ارتفاع است.



شکل ۳-۸ بزرگ مقیاس (۷/۵ دقیقه) مرز DLG، هیدروگرافی و لایه حمل و نقل. اطلاعات هیدروگرافی DLG مسیر جریان، خندق و کانال ها، و دریاچه ها را به تصویر می کشد.

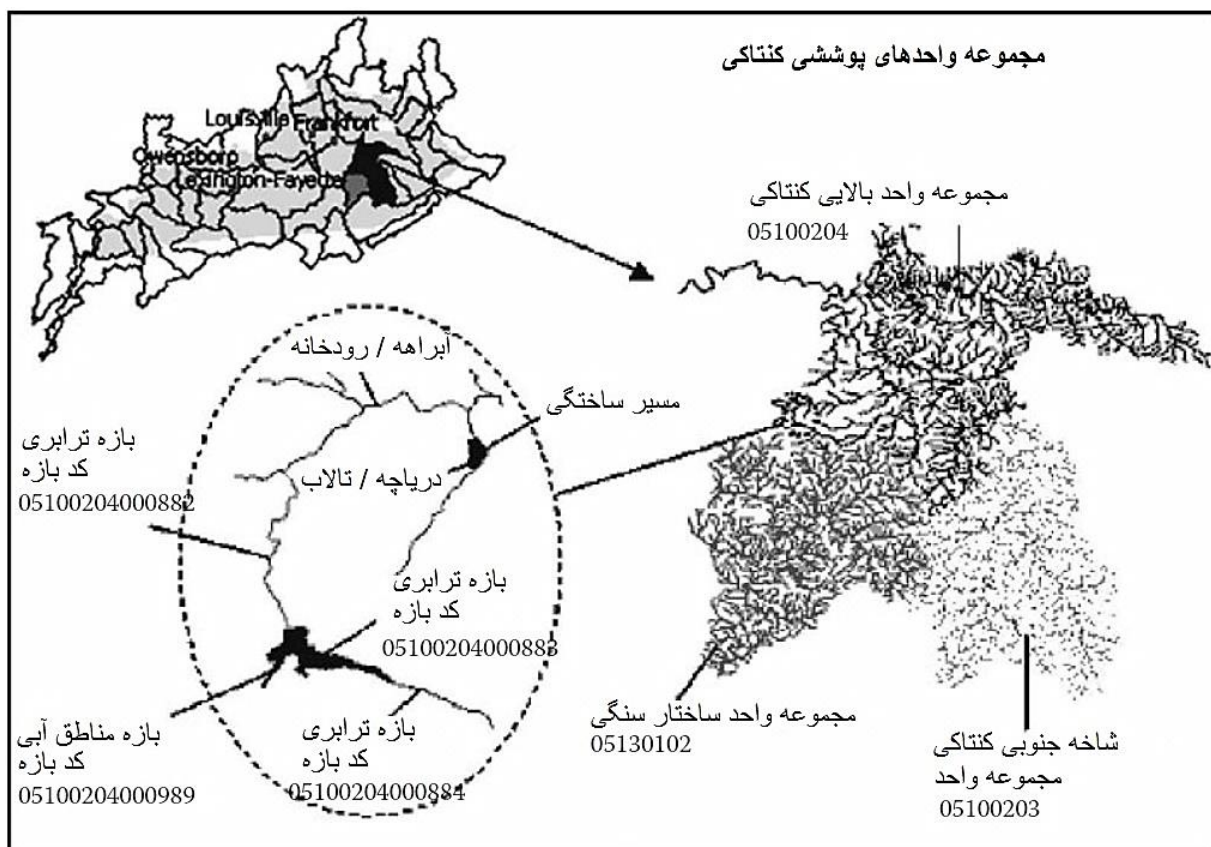


شکل ۳-۹ حوضه NHD در یک روش سلسله مراتبی برای سطوح مختلفی از مقیاس، سازمان یافته است (منبع: NHD ۲۰۰۰).

۳.۴.۳. مجموعه اطلاعات ملی هیدروگرافی

مجموعه اطلاعات ملی هیدروگرافی (NHD) تنها منبع پایگاه داده های geospatial از آب های سطحی ایالات متحده است. این یک پوشش کامل، یکپارچه و سراسری از تمام کشور است که در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در سال ۲۰۰۲ ارائه گردیده، و نیز همچنین یک مجموعه با وضوح بالا در مقیاس ۱:۲۴۰۰۰ در سال ۲۰۰۷ منتشر شده است (شکل ۳-۹). NHD حاوی اطلاعاتی در مورد اجزاء آب های سطحی، مانند دریاچه ها، استخرها، آبراهه ها، رودخانه ها، چشمه ها و چاه ها است. در NHD، اجزاء آب های سطحی برای ایجاد "reaches" با یکدیگر ترکیب می شوند، که این امر سبب ارائه یک چارچوب برای ایجاد ارتباط بین داده های مرتبط با آب و شبکه زهکشی آب های سطحی در NHD می گردد. این ارتباط، تجزیه و تحلیل و نمایش این داده های مرتبط با آب را در راستای بالادست و پایین دست فعال می کند. NHD بر پایه محتوای یکپارچه داده های هیدروگرافی نمودار خط دیجیتالی (DLG) USGS به همراه اطلاعات reaches مربوطه در فایل نسخه ۳ EPA (RF۳) قرار دارد. از RF۳، توالی هیدروگرافی NHD، جهت یابی بالادست و پایین دست برای برنامه های مدل سازی، و نیز کدهای reaches بدست می آید. کد های reaches راهکار هایی را برای ادغام داده های سازمان ها در تمام سطوح از طریق ایجاد ارتباط این داده ها با شبکه هیدروگرافی در سراسر کشور ممکن می سازد. نام این ویژگی از نام های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GNIS) گرفته شده است. بسیاری از اطلاعات ارائه شده در اینجا از وب سایت NHD در www.nhd.usgs.gov تهیه گردیده، که در آن کاربران علاقه مند می توانند اسناد و دیگر مدارک، ابزارها، مواد آموزشی و پشتیبانی های فنی را به دست آورند.

NHD برای ترکیب صحت های مکانی با جزئیات اجزاء، داده های توصیفی، و مقادیر، جهت ارائه اطلاعات در مسیرهای جریان، ID های دائمی reaches و ترتیب هیدرولوژیک برای استفاده در مدل سازی طراحی شده است (Perdue ۲۰۰۰). در حالی که در ابتدا مقیاس متوسط داده ها بر پایه ۱:۱۰۰۰۰۰ قرار داشت، مجموعه داده های پوشش سراسری بزرگ مقیاس ۱:۲۴۰۰۰ در سال ۲۰۰۷ با موفقیت تکمیل گردید. NHD در حال حاضر مجموعه ای با وضوح بالا از سیستم سراسری برای آدرس دهی جریان ها، مدل جهت یابی بالادست/پایین دست، و نگهداری از زیرساخت های هیدروگرافی را فراهم می کند. اگر چه NHD مجموعه "یکپارچه ای" از داده است، اما داده ها در حال حاضر در زیر حوضه ها نیز در دسترس هستند (به عنوان مثال، HUC هشت رقمی [کد واحد هیدرولوژیک] سطوح آبخیز. شکل ۱۰،۳). داده های NHD به عنوان ESRI shapefiles، personal-geodatabases، و یا پوشش های ArcInfo، یا به عنوان جایگزین SDTS های کمتر متناسب (داده های استاندارد انتقال مکانی) توزیع شده است. این داده ها همچنین با مدل و ابزار الحاقی ArcHydro در ArcMap از مجموعه نرم افزاری ArcGIS سازگار می باشد (در ادامه بیشتر توضیح داده می شود). نقشه های در دسترس و متناسب در آدرس (www.nhdgeo.usgs.gov/viewer.com) برای مکان یابی و دانلود مجموعه داده های هیدروگرافی در وضوح های مختلف وجود دارند.



شکل ۱۰-۳ مثال NHD برای کنتاکی، در سمت چپ و بالا "اشکال نامنظم و تصویرهای سایه دار اطراف، واحدهای فهرستی هیدرولوژیک در ایالت کنتاکی می باشند. در سمت راست نمایشی نزدیک تر با سطحی بالا از سه واحد فهرست وجود دارد.

در سمت چپ و بالا "اشکال نامنظم و تصویرهای سایه دار اطراف، واحدهای فهرستی هیدرولوژیک در ایالت کنتاکی می باشند. در سمت راست نمایشی نزدیک تر با سطحی بالا از سه واحد فهرست وجود دارد، که نشان دهنده ویژگی های هیدروگرافی و برچسب های همراه با نام و شماره ی واحد آنها می باشد. در شکل بیضی، یک منطقه کوچک برای نشان دادن نمونه هایی از ویژگی های منحصر به فرد با کدهای reach آنها بزرگ شده است. توجه داشته باشید که کدهای reach ترکیبی است از شماره ای هشت رقمی از واحدهای فهرستی هیدرولوژیک که واقعی نمی باشند" (USGS ۱۹۹۹)

ویژگی های NHD به شرح زیر است:

- یک مجموعه داده مبتنی بر اجزاء^۱ که اتصالات و شناسه های منحصر به فرد در آن، بخش های جریان و یا "reaches" سیستم زهکشی آب های سطحی کشور را تشکیل می دهند.
- کدهای منحصر به فرد reach (که در اصل توسط USEPA توسعه یافته) برای اجزاء شبکه ای و آب های ایزوله ارائه شده است.
- ساختار کد reach برای جایگزینی با داده های با رزولوشن بالاتر طراحی شده است.
- شناسه های منحصر به فرد متداول، همه ی رخدادهای اجزاء را تشخیص می دهند.
- داده ها در دیتوم ۱۹۸۳ آمریکای شمالی و به فرم درجه اعشاری می باشند.
- نام ها با شماره شناسایی GNIS شامل دریاچه ها، آب های دیگر، و بسیاری از جهات جریان ها است.
- توسط اجزاء آب های سطحی بازمودهای خطوط مرکزی و جهت جریان را فراهم می کند.
- این داده ها برنامه های کاربردی بسیاری را پشتیبانی می کنند، از جمله:

ساخت نقشه ها. داده های موضعی و توصیفی در NHD نقطه شروعی را برای ساخت بسیاری از انواع مختلف نقشه ها فراهم می کند.

مشاهدات/Geocoding. درست مانند آدرس های خیابان راهی را برای پیوند داده ها به شبکه جاده ها فراهم می نماید، NHD "کد reach" مفهوم متناسبی برای پیوند داده با اجزاء آب را فراهم می کند.

مدلسازی جریان آب در امتداد/براهه های کشور. اطلاعات در مورد جهت جریان، زمانی که با داده های دیگر ترکیب شود، می تواند به کاربران برای مدل سازی جابجایی مواد در شبکه های هیدروگرافی، در میان برنامه های کاربردی دیگر یاری رسان باشد.

حفظ و نگهداری داده ها. بسیاری از سازمان ها علاقه مند به، اشتراک گذاری هزینه های بهبود و بروز رسانی مجموعه داده های جغرافیایی خود هستند. شناسه منحصر به فرد و روش های دیگر کد گذاری در NHD برای حل مشکلات فنی شرکت های نگهداری داده ها کمک خواهد بود.

NHD در ArcInfo به عنوان یک مدل georelational متشکل از دو نوع اجزاء می شود: یکی آن دسته که شامل یک جزء مکانی است (تم نامیده می شود) و دیگر آنکه حاوی هیچ جزء مکانی نمی باشد (جدول نامیده می شود). تم مکانی NHD از مسیرها، مناطق، گره ها، و نقاطی از عناصر مکانی منتخب از پوشش NHD یا NHDPT، تشکیل یافته است. مسیرها و مناطق شناسه شده منحصر به فرد و گروه های مدیریت خطوط و چند ضلعی، به ترتیب، به عنوان نهادهای منفرد، تم مکانی مسیر، منطقه، و گره NHD زیر مجموعه ای از عناصر مکانی در پوشش NHD است. به عنوان مثال، مسیر DRAIN شامل جریان/رودخانه ها، راه های مصنوعی، و دیگر اجزاء خطی NHD در پوشش NHD شبکه زهکشی آب های سطحی می باشد.

۳.۴.۱. اجزاء NHD

یک جزء، یک نهاد تعریف شده است و در حقیقت بازنمایی آن است. در NHD، اجزاء به طور طبیعی شامل وقایع و بخش های ساخته شده از آب، راه هایی که از طریق آن جریان آب به وجود آمده، و نهادهای مرتبط می باشند. اجزاء بر اساس نوعی که دارند طبقه بندی شده اند، و نیز ممکن است با کاراکترهای اضافی شرح داده شوند، و یا با استفاده از روش های استاندارد، ترسیم گردیده باشند. اجزاء بر اساس نوعی که دارند طبقه بندی شده اند؛ از این نوع اجزاء می توان از جمله به جریان/رودخانه، کانال/خندق، و دریاچه/آبگیر، که شرح اولیه ای از اجزاء را ارائه می دهند اشاره کرد. هر نوع دارای یک نام و یک تعریف است. برای مثال، سه مورد از انواع اجزاء که بیشترین کاربرد را دارد و البته تعریف متناظر با آنها عبارتند از:

- آبراهه/رودخانه^۱: یک توده ی آبی روان.
- دریاچه/تالاب^۲: یک توده ایستای آب که با یک ساحل مشخص طبیعی از زمین احاطه شده است.
- کانال/خندق^۳: آبراهه باز مصنوعی ساخته شده برای جابجایی آب، جهت آبیاری و یا تخلیه زمین، برای اتصال دو یا چند توده از آب، و یا به عنوان یک راه آبی برای جوی ها.

۳.۴.۲. NHD Reaches

Reache یک تداوم، قطعات ناگسستنی و یا وسعتی از آب های سطحی است. در NHD، این ایده برای تعریف Reache به عنوان یک بخش قابل توجهی از آب های سطحی که دارای ویژگی های مشابه هیدرولوژیک هستند گسترش یافته است؛ مانند قطعه هایی از جریان/رودخانه بین دو تلاقی، و یا یک دریاچه/آبگیر. Reache ها همچنین برای اجزاء متصل نشده (جدا شده) از جمله دریاچه/آبگیر ایزوله، تعریف شده اند. هنگامی که Reache برای بخشی از آب تعریف و به آن یک کد اختصاص داده می شود،

۱ STREAM/RIVER

۲ LAKE/POND

۳ CANAL/DITCH

آن Reache به ندرت تغییر می کند. سه نوع Reaches کاربردی و شناخته شده عبارتند از: جابجایی^۱، خط ساحلی^۲، و توده آب^۳.

Reache های از نوع جابجایی نشان دهنده مسیری برای حرکت آب از طریق یک شبکه زهکشی می باشند. این Reache ها نیز برای کدگذاری جهتی که در آن جریان آب در امتداد Reache ها، هنگامی که جهت شناخته شده است استفاده می شوند. آنها یک پایه و اساس که در آن مکان مشاهدات را می توان geocoded و متصل به شبکه زهکشی کرد، ارائه می دهند. خطوط ترسیم Reache های جابجایی تنها شامل خطوطی که ترسیم انواع اجزاء کانال/خندق، خط/لوله، جریان/رودخانه، مسیر های مصنوعی، و ترسیمات اتصالات جابجایی هستند، می باشند. همچنین برای reache های جابجایی که جهت جریان شناخته شده است، خطوط مذکور در جهت جریان آب چرخیده است.

کد reaches یک کد عددی است که منحصر به یک reache اختصاص داده شده است. این کد ۱۴ رقمی دارای دو بخش است: هشت رقم اول کد واحد آب (HUC) برای زیر بستری که در آن reache وجود دارد. شش رقم آخر با ترتیب متوالی و خودسرانه بین reache ها اختصاص داده شده. هر کد دسترسی تنها یک بار در سراسر کشور اختصاص داده خواهد شد. کدهای reache می توانند برای یک ژئوکد، جهت مشاهده یک reache و یا یک موقعیت در طول reache ارائه بگردند.

روابط جریان میان reache های حمل و نقل و خط ساحلی، بین reache های اتصالات شبکه زهکشی را، جدای از ترسیمات خود آنها، رمزگذاری^۴ می کنند. روابط بین reach جابجایی، یک شبکه هیدروگرافی متصل را تعریف و جهت جریان آب در میان reache ها را رمزگذاری می کند. این اتصال، توالی هیدرولوژیکی reache ها را ممکن می سازد (چه بالادست و پایین دست نقطه داده شده در شبکه هیدروگرافی) و نیز پیمایش شبکه در جهت بالادست یا پایین دست را. شکل ۳-۱۰ این طرح شناسه ساختار شبکه را نشان می دهد.

سطح جریان یک کد عددی است که هر مسیر اصلی جریان آب را از طریق یک شبکه زهکشی مشخص می نماید. سطح جریان به وسیله پایانه شناسایی یک شبکه زهکشی اختصاص داده می شود. پایین ترین مقدار سطح جریان به یک reache جابجایی در پایان یک جریان اختصاص داده می شود و به همین شکل reache های جابجایی بالادست که مسیر اصلی جریان را به سمت سر جریان ردیابی می کنند، مقدار سطح جریان با یک واحد اضافه شدن به تمام reache های موجود تا پایان بازه اختصاص داده می شود (به عنوان مثال، تمام شاخه های فرعی به مسیر). و نیز تمام reache های جابجایی که مسیر اصلی جریان را در طول هر شاخه به سمت سر آن ردیابی کنند. و باز دوباره مقدار سطح جریان به reache های جابجایی که مسیر اصلی شاخه های فرعی را به سمت سر آنها دنبال می کنند، اضافه خواهد

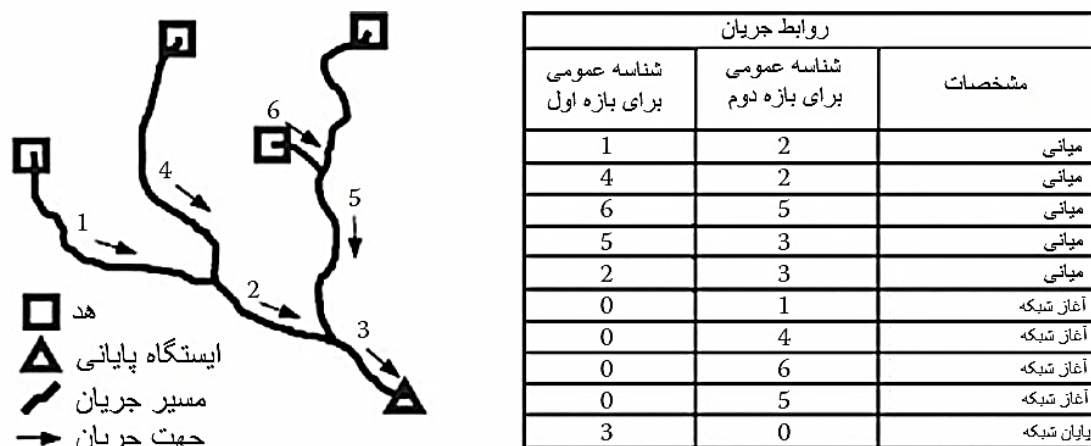
۱ Transport

۲ Coastline

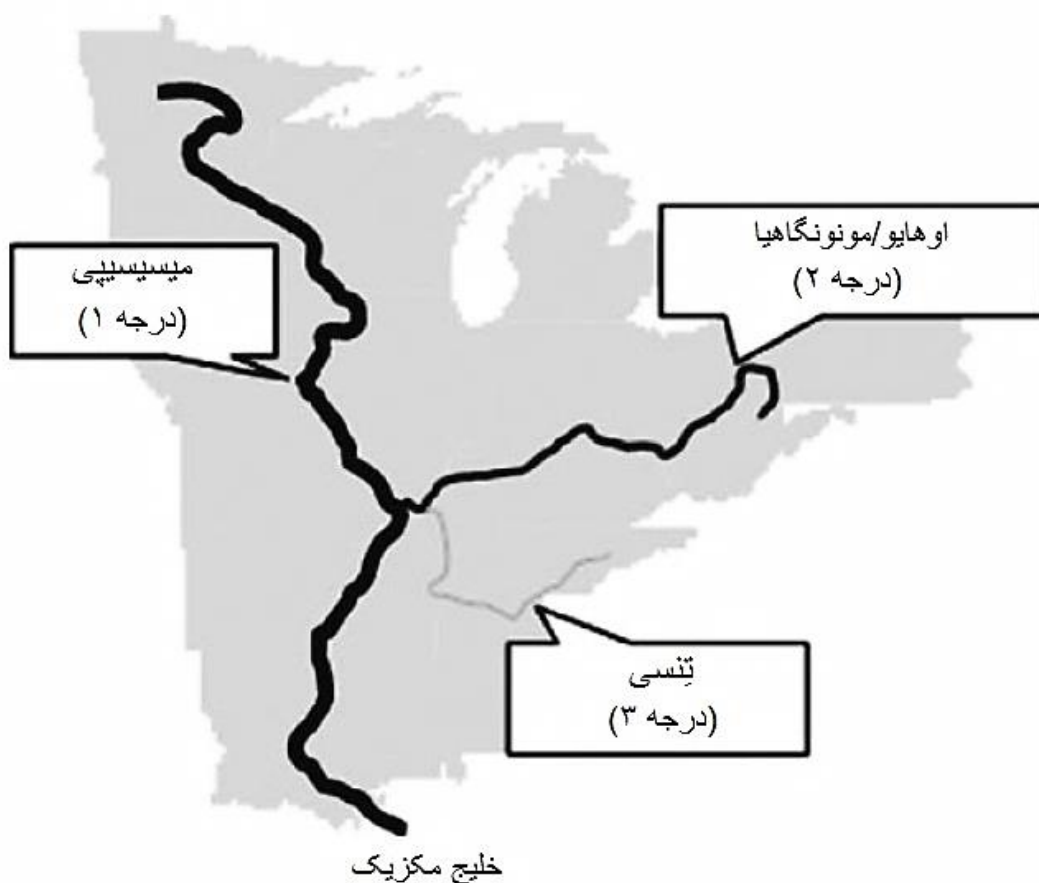
۳ Water Body

۴ Encode

شد. این فرایند تا زمانی که تمام reach های کد گذاری شده برای هر جریان دارای یک سطح جریان شوند، ادامه خواهد داشت. برای مثال (شکل ۳-۱۲)، رودخانه میسیسیپی^۱ در خلیج مکزیک پایان می یابد.



شکل ۳-۱۱ نشان دهنده روابط جهت جریان به فرم میانی، آغاز شبکه و پایان شبکه. مقدار شناسه "صفر" نشانگر یک ورودی تهی یا خالی است (منبع: NHD ۲۰۰۰).



شکل ۳-۱۲ اختصاص مقادیر سطح (درجه) جریان در طول رودخانه میسیسیپی (منبع: NHD ۲۰۰۰).

^۱ Mississippi River

NHDPlus تلاشی برای توسعه مجموعه ای یکپارچه از مجموعه داده های جغرافیایی است؛ که ترکیبی از بهترین اجزاء در مقیاس متوسط داده NHD (۱:۱۰۰,۰۰۰)، مجموعه داده ملی ارتفاع (NED)، مجموعه داده ملی زمین-پوشش (NLCD)، و مجموعه داده مرزهای حوضه (WBD) می باشد. NHDPlus توسط بهبود لایه های NHD، گنجانیدن ارتفاع حاصله حوضه، متوسط حجم جریان و برآورد سرعت سالانه برای هر خط جریان NHD در مرز مشترک ایالات متحده، بهبود نامگذاری های شبکه و ویژگی های صفاتی ارزش افزوده متعدد (VAAs)، متمایز گردیده است. VAAs شامل جهت جریان، بازیابی تمام خطوط جریان و حوضه بالادست یک خط جریان داده با استفاده از نمایش جستارها، مسیرهای سطح جریان مرتب شده با جهات هیدرولوژیکی برای نگاشت پروفیل-آبراهه، و ویژگی های انباشتی حوضه آبریز مانند مناطق زهکشی و توزیع پوشش زمین است.

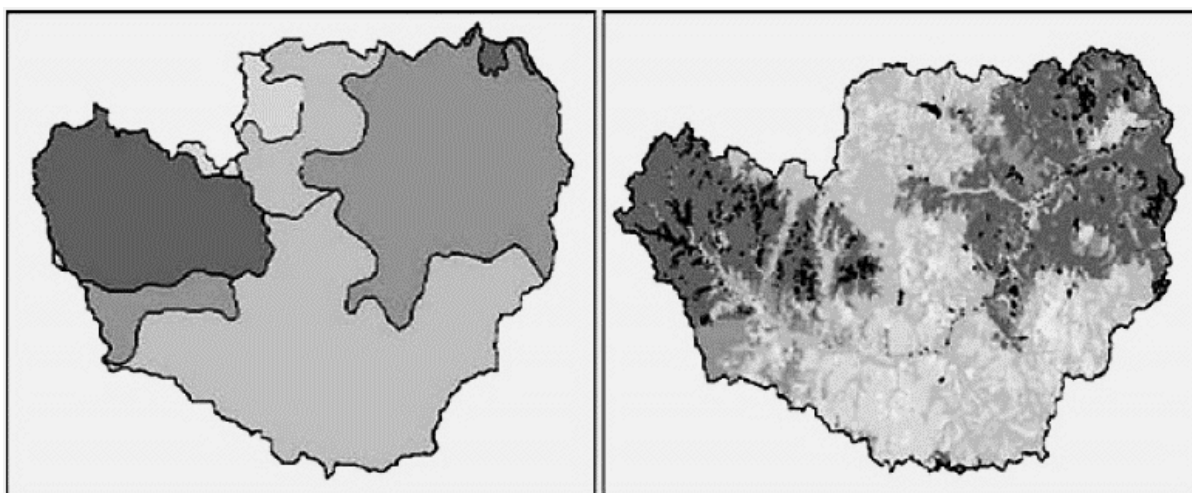
قابلیت های شبکه NHD مبنایی را برای آبراهه های ایالتی^۱ ارائه داده، که جهت همکاری های با USGS و موسسات و شرکت های تحقیقات زیست محیطی توسعه داده شده است (ESRI). StreamStats یک برنامه کاربردی GIS مبتنی بر وب، برای تولید آمار مهم جریان رودخانه و خصوصیات حوضه در ایستگاه های جمع آوری داده USGS و همچنین مکان های بدون سنجه است. آمار جریانات آبراهه ای مانند سیل ۱۰۰ ساله، متوسط جریان سالانه و ۱۰-yr ۷-d جریان کم (۷Q۱۰)، اطلاعات مهمی را برای سد، پل، و طراحی آبگذر، برنامه ریزی تأمین و مدیریت آب؛ تخصیص و اجازه بهره برداری از آب های جدید؛ تخلیه ها و فاضلاب های صنعتی، طراحی و مقررات تاسیسات برق آبی و حفاظت از زیستگاه ها برای گونه های در خطر انقراض، ارائه می دهد. StreamStats با بهره گیری از ابزار ArcHydro توسعه یافته است؛ که امکان هدایت و جهت یابی در شبکه های آبراهه ای برای تعیین مکان احداث سنجه های اندازه گیری جریان آب را می دهد. هدف نهایی ایجاد امکان دسترسی از راه دور، دیگر برنامه های کاربردی GIS و یا Web، به قابلیت های StreamStats با استفاده از خدمات وب است.

۳.۴.۴ داده های خاک

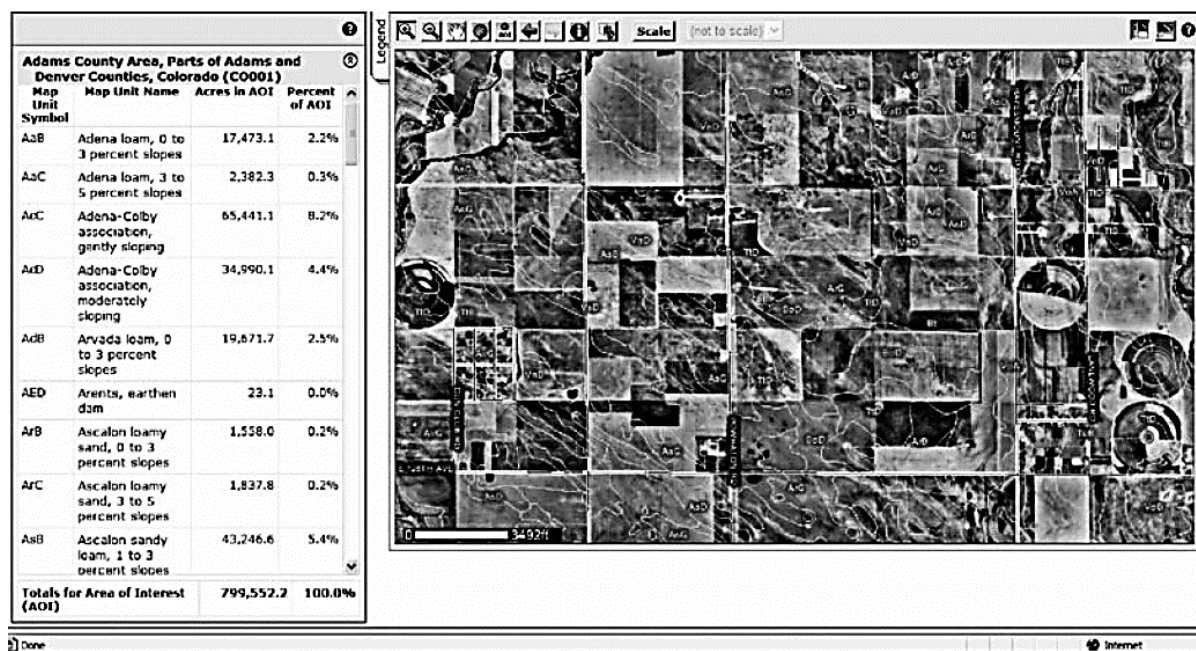
داده های خاک توسط سازمان های نقشه برداری خاک ها در دسترس قرار دارد، معمولاً کسانی که با بخش کشاورزی مراوده دارند. در ایالات متحده، داده های پیمایشی خاک در فرمت های دیجیتال توسط، خدمات حفاظت منابع طبیعی (NRCS) ارائه گردیده، که از جمله شامل داده های جغرافیایی خاک های ایالتی (STATSGO) و پیمایش جغرافیایی خاک ها (SSURGO) می باشد. تفاوت در سطح جزئیات این دو مجموعه ی داده های خاک در شکل ۳-۱۳ نشان داده شده است. مقیاس نقشه برای STATSGO، ۱:۲۵۰,۰۰۰ بوده و توسط گسترش تعمیم جزئیات نقشه های پژوهشی خاک، ایجاد گردیده. تکثیر کردن دیجیتالی نقشه های اصلی بررسی خاک های SSURGO، به پایگاه داده توصیفی سیستم اطلاعات ملی خاک (NASIS) متصل شده است. پایگاه داده توصیفی وسعت متناسبی از اجزاء خاک ها و جزئیات آنها را برای هر واحد دیگر نقشه بدست می دهند. نمونه اطلاعاتی که می تواند در این

^۱ StreamStats

پایگاه داده جستار کرد، ظرفیت آب، واکنش خاک، هدایت الکتریکی و جاری شدن سیل؛ ساخت مکان های توسعه و مهندسی بهره برداری؛ گندم زار، جنگل، مرتع، مراتع و حیات وحش و توسعه های تفریحی است. همچنین، هر دو مجموعه داده های موجود در نمودار خط دیجیتال USGS (۳-DLG) دارای توزیع اختیاری فرمت هستند، و هر دو نیز برای دانلود از وب سایت NRCS در دسترس می باشند. یکی از دغدغه های کار با داده های SSURGO این می باشد که ممکن است به علت تفاوت در تفسیر زمینه- نقشه برداری توسط دانشمندان، بررسی لبه های مجاور در آنها به شکل دقیق با یکدیگر مطابقت نداشته باشند.



شکل ۳-۱۳ سطح جزئیات مکانی داده های خاک در الف) STATSCO و ب) مجموعه داده سطح ۳۰ متر بخشی (Reed and Maidment) (SSURGO ۱۹۸۸).



شکل ۳-۱۴ داده های خاک برای دانلود در وب در دسترس می باشند (منبع: soils.usda.gov).

داده های خاک (شکل ۳-۱۴) را می توان از وب سایت بررسی خاک NRCS (soils.usda.gov) دریافت کرد. این سایت، داده ها و اطلاعات خاک را توسط شرکت تعاونی ملی بررسی خاک، تولید می

کند. سایت NRCS به صورت آنلاین نقشه های بیش از ۹۵٪ بخش های کشور را دارا می باشد و نیز پیش بینی می گردد به زودی این مقدار به ۱۰۰٪ افزایش پیدا کند. پایگاه های داده خاک شامل هر دو نوع داده گرافیکی و توصیفی می گردد. داده های گرافیکی شامل DLGs پلیگون های مرزی نوع-خاک است. داده های توصیفی شامل توضیحات رسمی سری خاک ها (OSD) است، که شامل سری خاک ها، طبقه بندی تاکسونومیک^۱، شرح مفصل پروفیل خاک، محدوده در کاراکتر ها، زهکشی و نفوذپذیری، و کاربری و پوشش گیاهی، به عنوان تنها چند نمونه می باشد.

۳.۴.۵. داده های کاربری زمین

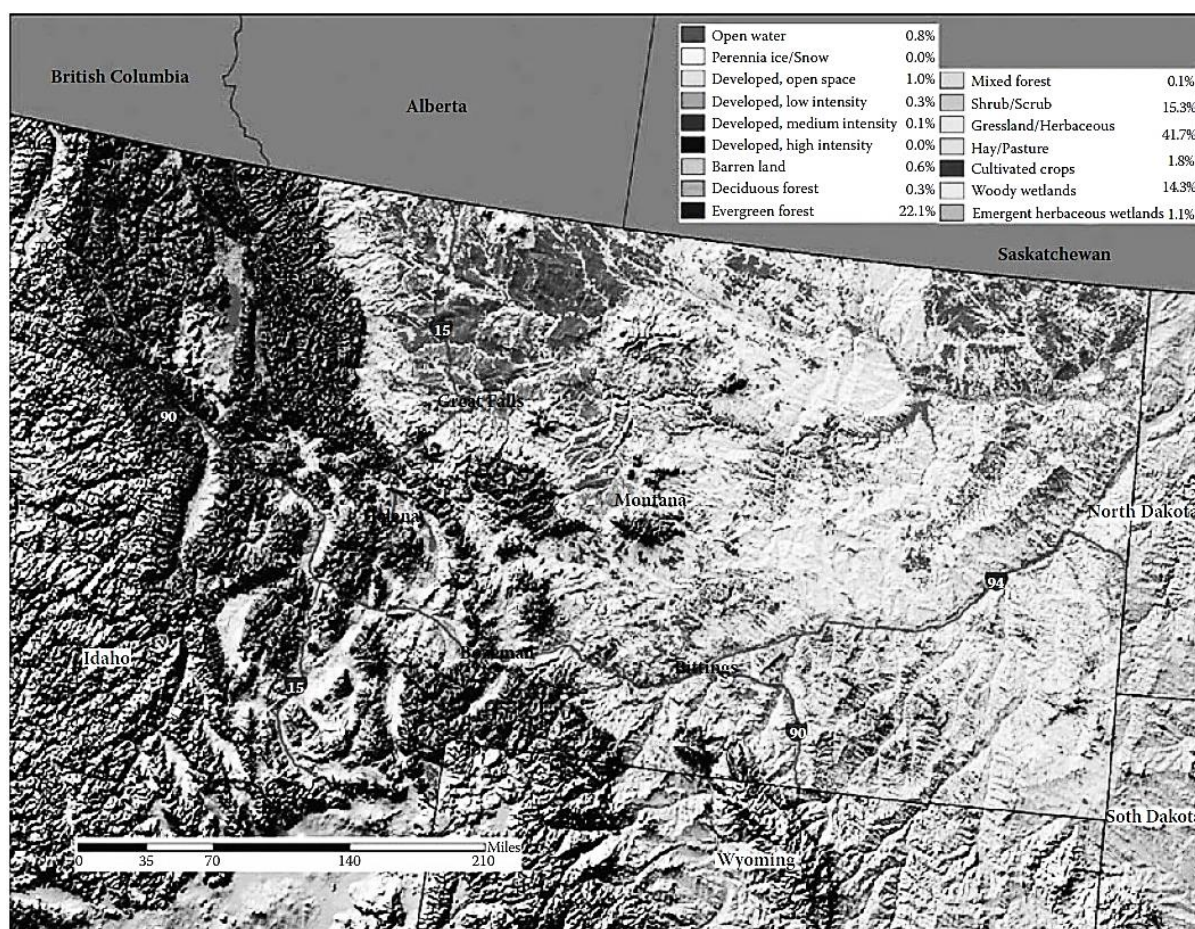
داده های دیجیتال کاربری زمین را می توان از شهرداری ها و نهادهای بخشی که از یک پایگاه داده دیجیتال پارسل نگهداری می کنند، به دست آورد. در بسیاری موارد در این گونه پایگاه های داده، یک طبقه بندی کاربری زمین به اطلاعات پارسل، ضمیمه گردیده است. این کد کاربری زمین از یک آژانس به آژانس دیگر تغییر خواهند کرد، اما همه آنها باید طبقه بندی متفاوتی از نوع مسکونی، تجاری، صنعتی، کشاورزی، و زمین های توسعه نیافته را نشان دهنده. این پایگاه داده های پارسل محلی هنگامی که در دسترس باشند، از آنجایی که معمولاً به صورت ثابت توسط دفاتر ارزیاب محلی ثبت می گردند، و دارای دقت موضعی، که با سطح بالای جزئیات در مقیاس های بزرگ داده ثبت گردیده اند، بهترین منابع اطلاعاتی کاربری زمین هستند. پایگاه های داده برنامه ریزی و منطقه بندی ممکن است توسط برخی از سازمان های محلی ارائه دهنده ی سناریوهای ممکن و آتی کاربری زمین که احتمالاً کاراکترهای هیدرولوژیکی یک منطقه را تحت تأثیر قرار می دهند، نگهداری شوند.

U.S. Geological Survey دارای یک پایگاه داده ملی پوشش زمین (NLCD) از پوشش های ثبت شده موضوعی در مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ نقشه های پایه و تعدادی محدود از نقشه های پایه با مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ است (Homer و همکاران ۲۰۰۷). شکل ۳-۱۵ یک محصول تاپیکال را نمایش می دهد. این داده ها برای مرز مشترک ایالات متحده و هاوایی در دسترس هستند، و با کد کاربری زمین که از یک طرح اصلاح شده اندرسون در سطح II به دست آمده است (Anderson و همکاران ۱۹۷۶). این داده ها در سیستم تصویر UTM قرار داشته و در فرمت پلیگون برداری و یا در قالب شبکه سلولی کامپوزیت (اندازه سلول ۴ هکتار [۱۰ جریب]) در دسترس هستند. کنسرسیوم کاراکترهای زمین چند وضوحه^۲ (MRLC) یک گروه از آژانس های فدرال می باشند که برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ برای خرید تصاویر ماهواره لندست ۵ در مرزهای مشترک ایالات متحده، جهت توسعه مجموعه داده های پوشش زمین که تحت عنوان مجموعه داده ملی پوشش زمین شناخته می شود، به یکدیگر پیوستند (NLCD ۱۹۹۲). در سال ۱۹۹۹ یک کنسرسیوم نسل دوم MRLC برای خرید سه مجموعه زمانی از تصاویر ماهواره لندست ۷ برای کل ایالات متحده و جهت مختصات دهی یک پایگاه داده جامع پوشش زمین برای کشور، تحت

^۱ Taxonomic

^۲ Multi-Resolution

عنوان پایگاه داده ملی پوشش زمین ایجاد گردید (۲۰۰۱ NLCD). مجموعه داده MRLC، توپوگرافی، سرشماری ها، کشاورزی، خاک و داده های تالاب و بعلاوه دیگر نقشه های پوشش زمین در وضوح تصویر ۳۰ متر را ارائه می دهد.



شکل ۳-۱۵ نقشه کاربری اراضی، پوشش زمین برای مونتانا یک مثال از محصولات تصاویر ماهواره لندست ۷ که برای تمام بخش ها در ایالات متحده توسعه یافته است (منبع: landcover.usgs.gov).

کاربری زمین و پوشش زمین در مجموع در نه دسته طبقه بندی می شوند: شهری و یا زمین های ساخته شده، زمین های کشاورزی، مراتع، جنگل، آب، تالاب، زمین بایر، دشت های بی درخت پوشیده از گلشن، نواحی قطبی و برف چند ساله و یا یخ. که هر کلاس اصلی خود از چندین کلاس کوچک (به عنوان مثال، زمین های جنگلی بیشتر به عنوان برگریز، همیشه سبز، و یا مخلوطی از هر دو طبقه بندی شده) تشکیل شده است. این سیستم طبقه بندی (Anderson و همکاران ۱۹۷۶) توسط کمیته ای از نمایندگان از USGS، ناسا، خدمات حفاظت خاک (SCS)، انجمن جغرافیدانان آمریکا، و اتحادیه بین المللی جغرافیایی، بررسی شده است. این سیستم طبقه بندی (جدول ۳-۲) طراحی شده بود تا به همراه اطلاعات به دست آمده از سنجش از دور در هواپیما و یا ماهواره مورد استفاده قرار گیرد.

سنجش از دور ماهواره ای می تواند منابع با ارزشی از داده ها برای شبکه های مشخص زهکشی و جریان آبراهه ای حوضه ها و همچنین موجودی توده ی آب های سطحی و ذخایر را فراهم کند. ماهواره ها می توانند با طیف های مرئی و نزدیک به مادون قرمز اطلاعات دقیقی از کاراکترهای زمین را ارائه

دهند؛ که حتی ماهواره SPOT می تواند اطلاعات توپوگرافی را نیز بدست دهد (Gugan and Dowman ۱۹۸۸). رادار جانبی دنبالگر هواپرد (SLAR) و رادار ماهواره ای ترکیبی دیافراگم (SARs) می توانند نقشه های بسیار دقیقی را از اجزاء حوضه، حتی در مناطق مستعد هوای ابری و یا دارای با پوشش سنگین گیاهی، تولید نمایند. ارتباطات تداخلی SAR همچنین می تواند اندازه گیری های کمی را از توپوگرافی ارائه کند.

جدول ۳-۲ دسته بندی کاربری زمین و پوشش زمین، استفاده شده توسط سازمان زمین شناسی ایالات متحده.

دسته بندی کاربری زمین و پوشش زمین، استفاده شده توسط سازمان زمین شناسی ایالات متحده	
۱۱ مسکونی ۱۲ تجاری ۱۳ صنعتی ۱۴ حمل و نقل، ارتباطات، آب و برق ۱۵ مجتمع صنعتی و تجاری ۱۶ زمین های شهری و یا ساخته شده ترکیبی ۱۷ دیگر زمین های شهری و یا ساخته شده	۱. زمین شهری و یا ساخته شده
۲۱ گندم زار و مرتع ۲۲ باغ، نخلستان، باغ های انگور، گلخانه، و مناطق باغبانی زینتی ۲۳ عملیات تغذیه محصور ۲۴ دیگر زمین های کشاورزی	۲. زمین کشاورزی
۳۱ مراتع علفی ۳۲ درختچه ها و مراتع براش ^۱ ۳۳ مراتع ترکیبی	۳. مراتع
۴۱ جنگل های برگریز ۴۲ جنگل های همیشه سبز ۴۳ زمین های جنگلی ترکیبی	۴. جنگل
۵۱ آبراهه ها و کانال ها ۵۲ دریاچه ۵۳ مخازن ۵۴ خلیج ها و مصب ها ^۲	۵. آب
۶۱ تالاب جنگلی ۶۲ تالاب غیر جنگلی	۶. تالاب
۷۱ نمک زار خشک ۷۲ سواحل ۷۳ مناطق شنی به غیر از سواحل ۷۴ سنگ های برهنه آزاد	۷. زمین بایر

^۱ Brush

^۲ Estuaries

۷۵ نوار معادن، معادن استخراج و چاله شن و ماسه ۷۶ مناطق انتقالی ۷۷ زمین های بایر ترکیبی	
۸۱ درختچه ها و تندرا براش ۸۲ تندرای علفی ۸۳ زمین برهنه تندرا ۸۴ تندرای مرطوب ۸۵ تندرا ترکیبی	۸. تندرا
۹۱ پهنه برف چند ساله ۹۲ یخچال های طبیعی	۹. گیاهان مخلوط برف و یخ

تفسیر اطلاعات کاربری زمین از تصاویر ماهواره ای یا عکس های هوایی وسیله دیگری برای به دست آوردن داده کاربری و یا پوشش زمین است. همچون تکنیک های طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده بر مجموعه عملکرد تصاویر ماهواره ای از کلاس های مختلف طیفی که به انواع مختلف کاربری زمین اختصاص داده شده است. روش هایی مشابه را نیز می توان با عکس های هوایی دیجیتالی و اسکن شده استفاده کرد.

تحقیقات انجام شده توسط Jackson و Ragan (۱۹۸۰) و Bondelid و همکاران (۱۹۸۲) نشان داده است که تعیین درجه کاربری زمین شهری و یا دسته بندی های مختلف از جنگل ها و یا کشاورزی را می توان با دقت زیادی از طریق سنجش از دور مشخص و به عنوان متغیر در مدل رواناب شهری یا شماره منحنی رواناب SCS استفاده کرد. بررسی ها نشان داده است (Jackson and Rawls ۱۹۸۱) که برای مطالعات برنامه ریزی، روش لندست هزینه ای موثر است. نویسندگان تخمین زده است که منافع به هزینه در دستور ۲/۵ به ۱ است و این می تواند به ۶ به ۱ به نفع رویکرد لندست افزایش یابد. این فواید برای حوضه های بزرگتر و یا برای حوزه های متعدد در همان منطقه عمومی هیدرولوژیک، بیشتر نیز افزایش می یابد. Mettel و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که محاسبه مجدد PMFs (حداکثر سیل محتمل) برای رودخانه سی بل^۱، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-۱ و اطلاعات به روز شده و دقیق کاربری زمین، استخراج شده از ماهواره لندست، منجر به کاهش هزینه تا ۹۰٪ در ارتقاء سدها و سرریزها در حوضه می شود.

شاخص های پوشش گیاهی مانند NDVI (شاخص تفاوت نرمال پوشش گیاهی) و LAI (شاخص سطح برگ) نشان داده اند که به ضریب تبخیر مانند یک ضریب محصول (تعریف شده به عنوان نسبت تبخیر واقعی به تبخیر محصول مرجع) و یک ضریب تعرق (تعریف شده به عنوان نسبت بی کشش^۲ تبخیر و تبخیر محصول مرجع) مرتبط می باشند (Tucker ۱۹۷۹).

^۱ Au Sable Rive

^۲ Unstressed

۵.۳. Geodatabase

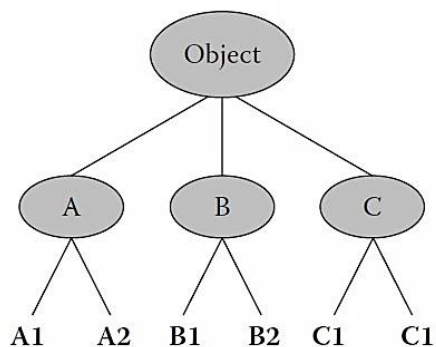
۵.۳.۱. نگاهی کلی

سیستم های مدیریت پایگاه داده (DBMS) برنامه های کامپیوتری برای ذخیره سازی و مدیریت مقدار زیادی از داده می باشد. توابع مورد نیاز یک DBMS عبارتند از: (الف) سازگاری با افزونگی کم و یا هیچ. (ب) اصلاح و نگهداری از داده های با کیفیت، از جمله بروز رسانی. (ج) خود توصیفی با ابرداده^۱. (د) یک زبان پایگاه داده برای جستار بازیابی و تولید گزارش، (ه) امنیتی، از جمله کنترل دسترسی. و (ج) قابلیت اشتراک گذاری در میان کاربران. بیشتر DBMS طراحی شده اند که مسئول ساماندهی به اجزاء داده ها باشند. یکی از ویژگی های خاص geodatabase پیوستن بین اطلاعات مکانی و توصیفی برای اجزاء سیستم منابع آب است.

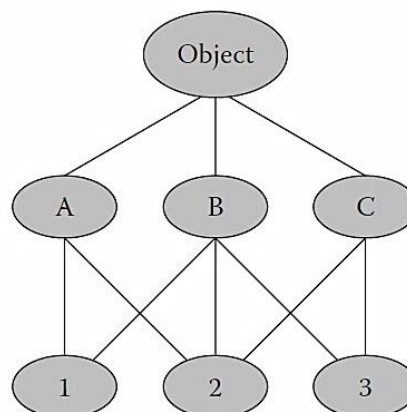
چهار راه اساسی برای سازماندهی اطلاعات وجود دارد که همچنین منعکس کننده مدل های منطقی استفاده شده در مدل اجزاء دنیای واقعی هستند. که عبارتند از: (۱) سلسله مراتبی، (۲) شبکه، (۳) رابطه ای، و (۴) object-oriented (شکل ۳-۱۶).

۵.۳.۱.۱. ساختار سلسله مراتبی پایگاه داده

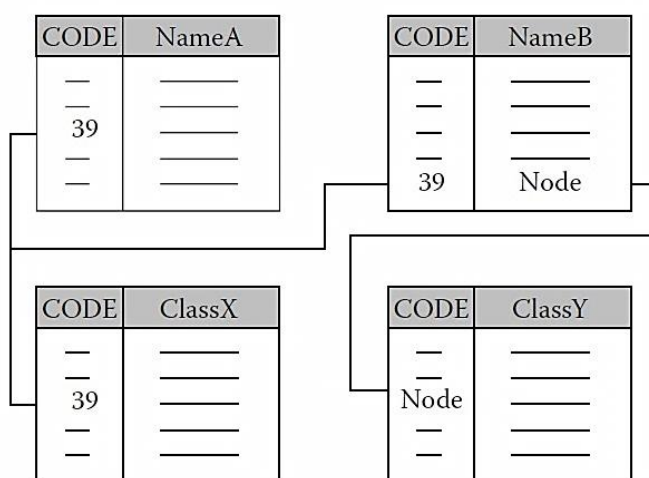
ساختار سلسله مراتبی پایگاه داده هنگامی که داده ها دارای رابطه منشاء-محصول یا یک-به-چندین داشته باشند، مانند سطوح مختلف مدیریتی، سری خاک ها درون یک خانواده خاک، و یا پیکسل هایی با یک پلیگون، استفاده می شوند. از مزایای استفاده از یک مدل سلسله مراتبی می توان به سادگی، سرعت بالا، و سهولت بروز رسانی آن اشاره کرد. اما در عین حال دارای معایبی نظیر اینکه رابطه در آنها تنها به صورت عمودی است و نه افقی و موربی، نیز می باشند. این بدان معنی است که هیچ رابطه ای بین درختان در همان سطح وجود ندارد، مگر اینکه منشاء آنها به اشتراک گذارده شوند. فرم گسترش یافته مدل سلسله مراتبی برای داده های تصویری quadtree، برای دسترسی به بخش کوچکی از یک ناحیه رستری یا تصویری در یک نقشه مورد استفاده واقع می شود. روش quadtree ابتدا یک منطقه از کل نقشه را به ۴، ۱۶، ۳۲، ... بخش و رکورد که ربع همگن است، تقسیم می نماید (به عنوان مثال، تمام سلول هایی که دارای مقدار توصیفی یکسانی باشند). اگر چنین باشد، سپس آن مقدار ربع ذخیره گشته، و تقسیم بندی فرعی بیشتری مورد نیاز نخواهد بود. اما برای ربع ناهمگن تقسیم، تا زمانی که همه ربع های غیر یکنواخت کاهش بیابند ادامه خواهد یافت. کوچکترین واحد یک پیکسل خواهد بود. در واقع quadtree یک روش برای کاهش حجم مجموعه داده های تصویری خواهد بود.



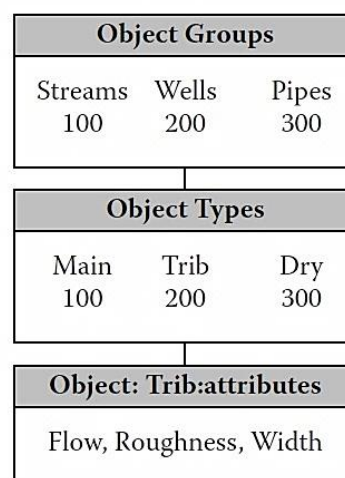
الف) سلسله مراتبی



ب) شبکه



ج) رابطه ای



Object-oriented (د)

شکل ۳-۱۶ ساختار پایگاه داده.

۳.۵.۱.۲ ساختار شبکه پایگاه داده

ساختار شبکه پایگاه داده با بهره گیری از ارتباط بین اجزاء که می تواند از قبل مشخص شده باشد ایجاد می گردد. ساختار شبکه از گره ها و لینک های اتصال (یا arc ها) تشکیل شده، و یک مدل داده حدوداً تخصصی برای نمایش شبکه های انتقال و رودخانه است. ظرفیت یک شبکه بر اساس تعداد گره ها و لینک های آن است؛ ظرفیت ۴ گره ای رایج ترین شبکه های خیابانی است، و ظرفیت ۳ گره ای در هیدرولوژی رایج است (برای مثال، از پیوستن دو شاخه آبراهه اصلی تشکیل می شود). ساختار شبکه برای حل کارآمد مسائل مسیر یابی و اختصاص منابع با پروسه های مختلف ریاضی توسعه یافته، دارای مزایای ذاتی است. در شبکه ها هر عنصر داده می تواند به طور صحیح با یک اشاره گر آن را به دیگر قطعات داده ای که به آن مرتبط می شود کدگذاری کند. شبکه در موارد خاص، مانند رودخانه و شبکه حمل و نقل، که در آن اجزاء با اجزاء مرتبط ارتباط برقرار کرده اند، اعمال می شود. با روش دیگر ساختار سلسله

مراتبی سنگینی فراهم می شود که برای دسترسی بسیار سریع است؛ با این حال، شبکه می تواند بسیار پیچیده و برای موقعیت های خاص انتخاب شود.

۳.۵.۱. ساختار رابطه ای پایگاه داده

ساختار پایگاه داده رابطه ای در طول چند دهه گذشته از طریق توسعه محصولات تجاری DBMS مانند Oracle، Informix، و امثال آنها به یک نَرم تبدیل شده است. پایگاه داده رابطه ای روابط مکانی پیچیده ای را بین اجزاء با استفاده از جداول شامل رکوردها به همراه مجموعه ای از اطلاعات توصیفی را ایجاد می نماید. هر جدول (که رابطه نامیده می شود) شامل رکوردها، و مجموعه ای از فیلدها است، که هر کدام شامل یک داده توصیفی می باشند. در ساختار رابطه ای، هر نهاد بر اساس ضوابط رکورد داده ها و روابط منطقی که می تواند بین صفات و مقادیر آنها ایجاد گردد، تعریف شده است. مهم ترین جنبه از پایگاه داده رابطه ای ایجاد یک مجموعه از کلیدهای توصیفی است که به عنوان یک شناسه منحصر به فرد تلقی می گردد. این امر امکان ایجاد پیوندی بین داده های توصیفی و همچنین اجتناب از، گم شدن اطلاعات در هنگام درج و یا حذف رکوردها را میسر می سازد.

۳.۵.۱.۴. مدل پایگاه داده Object-Oriented

مدل پایگاه داده Object-Oriented از توابعی برای مدل کردن روابط مکانی و غیر مکانی اجزاء جغرافیایی و داده های توصیفی آنها استفاده می کند. یک Object یک واحد محصور شده است که با داده های توصیفی، یک مجموعه از جهت گیری ها، و قوانین، مشخص می شود. در پایگاه داده O-O داده ها بر اساس ضوابط یکسری از Object های منحصر به فرد، که به گروه هایی از پدیده های مشابه سازمان یافته اند، تعریف می گردند. روابط بین اشیاء مختلف و طبقات مختلف از طریق لینک های مشخص ایجاد شده است. کاراکترهای یک شی ممکن است در پایگاه داده بر اساس ضوابط داده های توصیفی (چگونگی آن) و همچنین مجموعه ای از رویه هایی که رفتار آن را توصیف می کنند، شرح داده شده باشند. این داده ها در داخل یک Object که توسط یک شناسه منحصر به فرد در پایگاه داده تعریف شده، محصور شده اند.

در حال حاضر پیشرفت های مفهومی در ادغام داده های برداری و رستری با سیستم های تجاری مدیریت پایگاه داده رابطه ای (RDBMS) به وجود آمده. در ترکیب با داده های مکانی، تمایل به تبدیل به سیستم های مدیریت پایگاه داده مکانی (SDBMS) است. یک رابطه ترکیبی DBMS^۱ امکان بررسی جدایی گرافیک از ویژگی های توصیفی را داده است. برای نمونه از ساختارهای هیبریدی می توان به RDBMS، Arc-Node-RDBMS، رستر فشرده-RDBMS، Quadtree-RDBMS، و Object-RDBMS را نام برد (Shekhar and Chawla ۲۰۰۳). الگوی object-oriented امکان ذخیره سازی قوانین عملیاتی را برای مثلاً، یک مخزن که با object جاسازی شده است، می دهد. جذابیت های RDBMS تجاری جهت تحقق مزایای استفاده از این نرم افزار برای رسیدگی به معاملات متعدد و حفظ

^۱ Hybrid Relational DBMS

پایداری برای داده ها است. همچنین، فراتر از اطلاعات مکانی و توصیفی، RDBMS ها برای رسیدگی به فرم زمانی، بصری، و دیگر اشکال های چند رسانه ای داده ها توسعه یافته اند. این قابلیت قابل اعتماد زمانی به طور فزاینده مهم می شود که یک سازمان به سطح یک شرکت سرمایه گذاری پیش می رود، که در آن داده ها متمرکز هستند و به کاربران در بخش های مختلف ارائه می گردند.

۳.۵.۲. مدل های داده Geodatabase

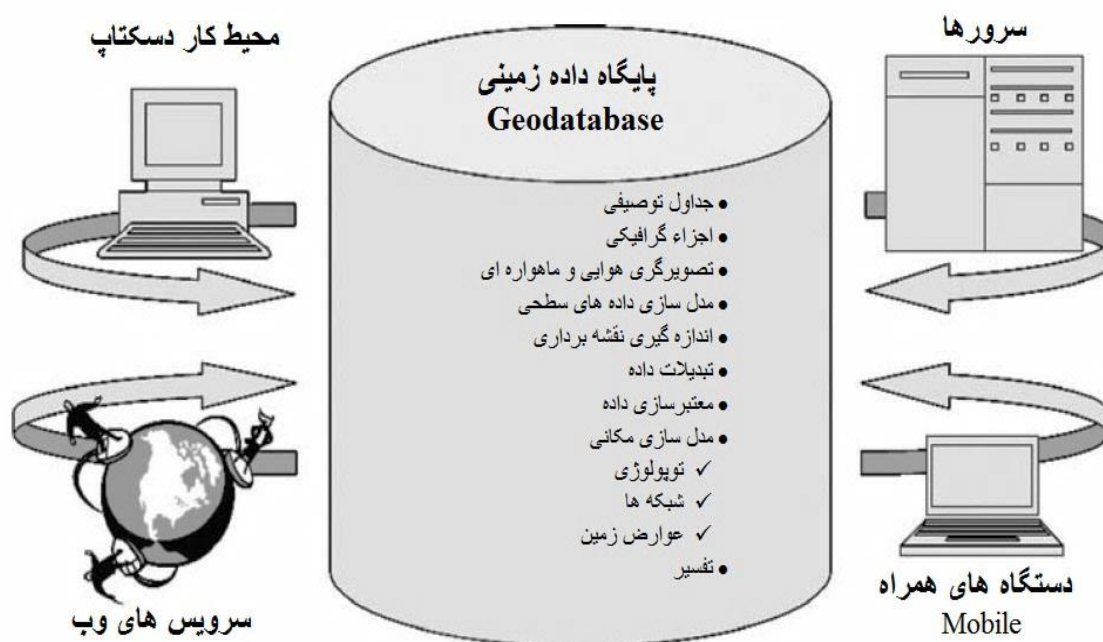
Geodatabase فرمت ذخیره سازی داده های مکانی برای نرم افزار ESRI ArcGIS است که چندین نوع متفاوت از shapefile و پوشش را در طراحی و عملکرد های آن ارائه می دهد. این یک پایگاه داده رابطه ای است و توانایی ذخیره اطلاعات مکانی و توصیفی و نیز روابطی که در میان آنها وجود داشته باشد را فراهم می کند. قوانین، روابط، و انجمن های توپولوژیک، چارچوبی که در آن geodatabase نهادها و وقایع را مدل کند فراهم می کنند. یک geodatabase نقطه، خط، و پلیگون های هندسی مکانی که کلاس های اشیاء نامیده می شوند را ذخیره می کند (شبیه به یک shapefile یا پوشش). که همین کلاس های اشیاء خود می توانند در مجموعه های داده گروه بندی گردند. حتی جداول را می توان بدون وجود فرم مکانی مرتبط با آن در یک geodatabase به خوبی ذخیره کرد که این در طراحی های یک سیستم مدیریت پایگاه داده رابطه ای رایج است.

یک "مدل داده" مفهومی است و برای هدایت ذخیره سازی داده های geospatial و سری های زمانی در یک چارچوب استاندارد استفاده می شود. مدل های داده ArcGIS فراوانی برای الحاقی ArcHydro وجود دارد (بخش ۳،۵،۳ را ببینید)، که تمرکز این مدل ها بر روی geospatial هیدرولوژیک و داده های سری زمانی است. سایر مدل های داده نرم افزار ArcGIS که برای کشاورزی می تواند مورد توجه باشد، Basemap، تنوع زیستی، امکانات تنظیمی محیط زیست، زمین شناسی، آب های زیرزمینی، قطعات زمین، بخشداری ها، خطوط لوله، رستر، حمل و نقل و جابجایی، و تاسیسات آبی (مانند، منابع آبی، فاضلاب، طوفان ها).

هنر سیستم های نرم افزاری GIS این است که از یک رویکرد object-oriented برای پیوند دهی بین پایگاه های داده توصیفی با یک پایگاه داده توپولوژیک سازگار بهره برداری می کند. به عنوان مثال، چارچوب geodatabase برای ذخیره سازی و مدیریت داده ها که در ArcGIS گنجانیده شده است یک ساختار ایده آل، برای نمایش و مدل سازی object های شبکه حوضه رودخانه در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی را فراهم می کند. ESRI Geodatabase از طیف گسترده ای از انواع داده ها که در یک سیستم پشتیبانی تصمیم سازی مکانی برای مدیریت حوضه مورد نیاز است، حمایت می کند (شکل ۳-۱۷). این انواع داده عبارتند از:

- جداول توصیفی از شبکه object ها، مانند جداول ارتفاعی مخزن ظرفیتی ناحیه و منحنی های راهنمای عملیاتی

- اجزاء جغرافیایی نشان دهنده مخازن، تقاضا ها، شبکه های رودخانه، کانال ها، خطوط لوله، چاه ها، و غیره
- تصاویر ماهواره ای و هوایی برای بازنمایی صحیح مکانی از اجزاء حوضه رودخانه
- داده های مدل سازی سطحی، مانند محاسبه عوارض زمین و شیب کانال، فاصله کانال، محاسبات زمان طی مسافت، و غیره
- بررسی های اندازه گیری دقیق برای زمین مرجع کردن تمام object های شبکه حوضه رودخانه



شکل ۳-۱۷ ساختار Geodatabase با پشتیبانی از انواع اجزاء چندگانه، پایگاه داده و جعبه های ابزار با دسترسی به سخت افزارهای کاربری گوناگون.

CASE (مهندسی نرم افزار به کمک کامپیوتر) به ابزارهای رایج برای استفاده در طراحی geodatabase ها تبدیل شده اند. آنها به کاربر امکان ایجاد نمودارها و طرح ها با استفاده از زبان یکپارچه مدل سازی (UML) را می دهند. نمودار ایجاد شده می تواند نشان داده شود و در نهایت اجزای واقعی geodatabase را ایجاد نماید در حالی که روابط بصری و اطلاعات مربوط به طراحی را نمایش می دهد. مدل نمودار UML در مدل سازی حمل و نقل GIS بسیار مفید است زیرا این فرآیند معمولاً شامل انتقال مقدار زیادی از اطلاعات از منابع مختلف با نیازهای متفاوت مرتبط با جزئیات فنی می شود. سازندگان مدل های داده نرم افزار ArcGIS یک مدل UML که می تواند تغییرات و دستکاری های متناسب با نیازهای سفارشی کاربر را بپذیرد، فراهم آورده اند.

طراحی و عملکرد Geodatabase به کاربر امکان می دهد تا رفتار داده ها را از طریق دامنه اطلاعات توصیفی، زیر گروه ها، و روابط آنها مدل کند. این قابلیت، نقش مهمی در طراحی ها و روش های موجود در مدل های داده ESRI بازی می کند. به طوری که یک درک قوی از این مفاهیم در فهم طراحی مدل

ESRI سودمند است. در ادامه مفاهیمی که می تواند در عملکردهای geodatabase استفاده شود آورده شده است:

- Domains: این ها مقادیر توصیفی معتبری برای یک فیلد انتخابی در یک feature-class یا جدول توصیفی غیر مکانی می باشند. دامنه ها در سطح بالایی از طراحی geodatabase تعریف شده اند؛ که در نتیجه می توانند به کلاس های متعددی از اجزاء، جداول، و فیلدها، درون یک geodatabase و یا تنها به یک کلاس اجزاء اختصاص داده شوند. دامنه ها برای جلوگیری از خطا در هنگام ورود اطلاعات، برای حفظ مقادیر معتبر، و برای اعتبار سنجی مقادیر توصیفی که قبلا وارد شده اند، بسیار ارزشمند می باشند. هنگامی که دامنه در geodatabase ایجاد گردد، می توان آن را به حوزه های واقع در هر فیلد، در داخل geodatabase اختصاص داد.
- Subtypes: رکوردها که نشان دهنده feature ها در داخل یک پایگاه داده ی جغرافیایی می باشند، برای یک کاربر به وسیله اختصاص داده های توصیفی، که یک feature معین را از یک feature دیگر متمایز می سازد، جهت شرح دقیق هر feature مجزایی، نوعی توانایی را فراهم می کنند. در بسیاری موارد، feature های درون یک feature-class می توانند به مقادیری که اغلب اوقات نمایانگر feature هایی، که مقادیر توصیفی مشابه ای را برای فیلد های خاصی دارا هستند، دسته بندی شوند. Subtypes یک توانایی به مجموعه این feature های مشابه برای ایجاد دسته هایی که می تواند حوزه های مختلف، مقادیر پیش فرض و قوانین ارتباطی داشته باشند، ارائه می دهند.
- Relationships: انجمن های تعریف شده ای بین اشیاء در geodatabase می باشند. یک Relationship را می توان بین دو جدول feature-class، یک جدول feature-class و یک جدول غیر مکانی، و یا دو جدول غیر مکانی تعریف کرد. Relationship دارای اهمیت بالایی است، زیرا بلافاصله پس از ذخیره، اطلاعات در یک جدول از طریق یک جدول دیگر و یا feature-class دیگر قابل دسترسی خواهد بود. قواعد Relationship در مدل سازی feature ها چنانچه به شکلی واقعی عمل کنند بسیار مفید خواهند بود. یک کلاس Relationship با تعریف یک ارتباط بین دو جدول، ذخیره شده است. این کلاس شامل خواصی مانند نام ارتباط، کاردینالیتی^۱، مبدأ، و جدول مقصد می باشد. کلاس های ارتباطی را می توان بر اساس وابستگی آنها به یکدیگر به عنوان عامل تصمیم گیری به شکلی ساده یا مرکب تعریف کرد. روابط ساده برای جداولی که به طور مستقل از یکدیگر وجود دارند، ایجاد می شوند. روابط کامپوزیت نیز برای اشیاء مقصد که نمی توانند بدون اشیاء مبدا وجود داشته باشند تنظیم می شوند.

^۱ Cardinality

■ Geometric networks: یک شبکه هندسی از خطوط و نقاط امکانات، که به عنوان لبه ها و اتصالات شناخته می شوند، ساخته شده است. شبکه ها به داده ها، نوعی "هوشمندی" را می دهند؛ زیرا داده ها برای نوع ارتباطات خود با یکدیگر دارای قواعدی می باشند. برای مثال، اگر یک لبه نشان دهنده یک خیابان و یک اتصال نشان دهنده یک تقاطع میان خیابان ها باشد، شبکه باید به طور خودکار خیابان های متصل را در صورت انتقال تقاطع، حرکت دهد. هم اتصالات و هم لبه ها می توانند ساده و یا پیچیده باشند. به لبه های ساده، اگر در میانه راه یک اتصال اضافه گردد، تقسیم می شوند. لبه های پیچیده همیشه به دو اتصال اجزاء در نقاط انتهایی خود پیوند خورده اند، اما توانایی اتصال به دیگر اجزاء در هر نقطه در طول خط بدون تقسیم feature را دارند. یکی دیگر از خواص مهم شبکه های هندسی که آنها را به منابع آب مرتبط می سازد، مفهومی می باشد که weights نامیده می شود. Weights را می توان برای آمیزش اطلاعات weight با هزینه جریان در طول شبکه امکانات، به یک شبکه اختصاص داد. معمولاً ارتباط weights با شبکه لوله ها ممکن است شامل طول لوله و زبری آنها باشد.

■ Linear referencing and route features: نسخه جدید نرم افزار ArcGIS توانایی ترکیب برای استفاده از سیستم ارجاع خطی و قابلیت های مسیر یابی در قالب geodatabase را دارا می باشد. کاربران GIS معمولاً از مختصات x و y جهت مرجع دهی امکانات به مکان اصلی آنها استفاده می کنند. با یک سیستم مرجع خطی، به کاربر توانایی مرجع دهی داده های توصیفی و یا رویدادها به داده های خطی با یک اندازه گیری بر روی داده ها، مانند طول از آغاز یک سگمنت، اضافه شده است. به عنوان مثال، کارکنان حوزه جمع آوری اطلاعات فاضلاب در شرایطی ممکن است محل object را برای گرفتن مختصات آن GPS کنند و یا از تصاویر لوله یا اطلاعات دیگر مربوطه برای رقومی سازی محل تقریبی آن استفاده نمایند. با مرجع دهی خطی، کلکتور^۱ داده ها باید محل دقیق نقطه را با اندازه گیری فاصله آن از محل اتصال (کوره^۲) و یا نقطه شروع یک لوله بشناسد. هنگام ورود داده های GIS، کاربر باید FeatureID را وارد کرده و اطلاعات را برای مرجع دهی اجزاء به مسیر را اندازه گیری نماید.

■ Dynamic segmentation: بسیار پیش می آید که داده های توصیفی امکانات خطی با سگمنت هایی که شامل یک رکورد حاوی داده توصیفی است، مطابقت نمی کنند. به عنوان مثال شرایط لوله را می توان نام برد. یک پایگاه داده فاضلاب ممکن است حاوی سگمنت های مختلفی از یک لوله باشد، اما شرایط اطلاعات توصیفی لوله (ضعیف، متوسط، و یا خوب) در واقع ممکن است از وسط یک سگمنت تا به وسط سگمنت دیگری گسترده شده باشد. این پدیده گاهی اوقات ممکن است با استفاده از شرایط متوسط یک لوله برای یک سگمنت، توزیع شده باشد. اگرچه اطلاعات

^۱ Collector

^۲ Manhole

با بهره گیری از کیفیت متوسط قابل استفاده می باشند، اما این امر سبب از دست رفتن صحت و دقت اطلاعات با محاسبه مقداری مخالف و تعمیم آن برای نمایش داده های توصیفی از شرایط یک مکان بخصوص می شود. تقسیم بندی پویا راه حلی را برای این موضوع توسط بهره گیری از منابع در جداول رویدادها برای نماد گذاری اجزاء بر روی نقشه، فراهم می کند. دنبال کردن امکانات مقادیر اندازه گیری شده در امتداد سگمنت های لوله، امکان انعطاف پذیری در شروع و پایان محل نقاط را به وجود می آورد.

۳.۵.۳ مدل داده ArcHydro

مدل داده ArcHydro توسعه مفهومی و نرم افزاری از پکیج ArcGIS وابسته به ESRI است. این مدل توسط مرکز تحقیقات منابع آب (CRWR) در دانشگاه تگزاس توسعه یافته، و در کتاب ArcHydro ثبت شده است: GIS برای منابع آب (Maidment ۲۰۰۲) و نیز در تعدادی از دیگر نشریات CRWR (برای نمونه ۲۰۰۴ Obenour and Maidment). اگر چه ArcHydro در یک محیط تجاری GIS اجرا شده، مدل داده ها و مجموعه ابزارهای آن در مالکیت عمومی قرار داشته و به شکل رایگان در دسترس می باشند (ESRI. www.esri.com/software/arcgis/geodatabase).

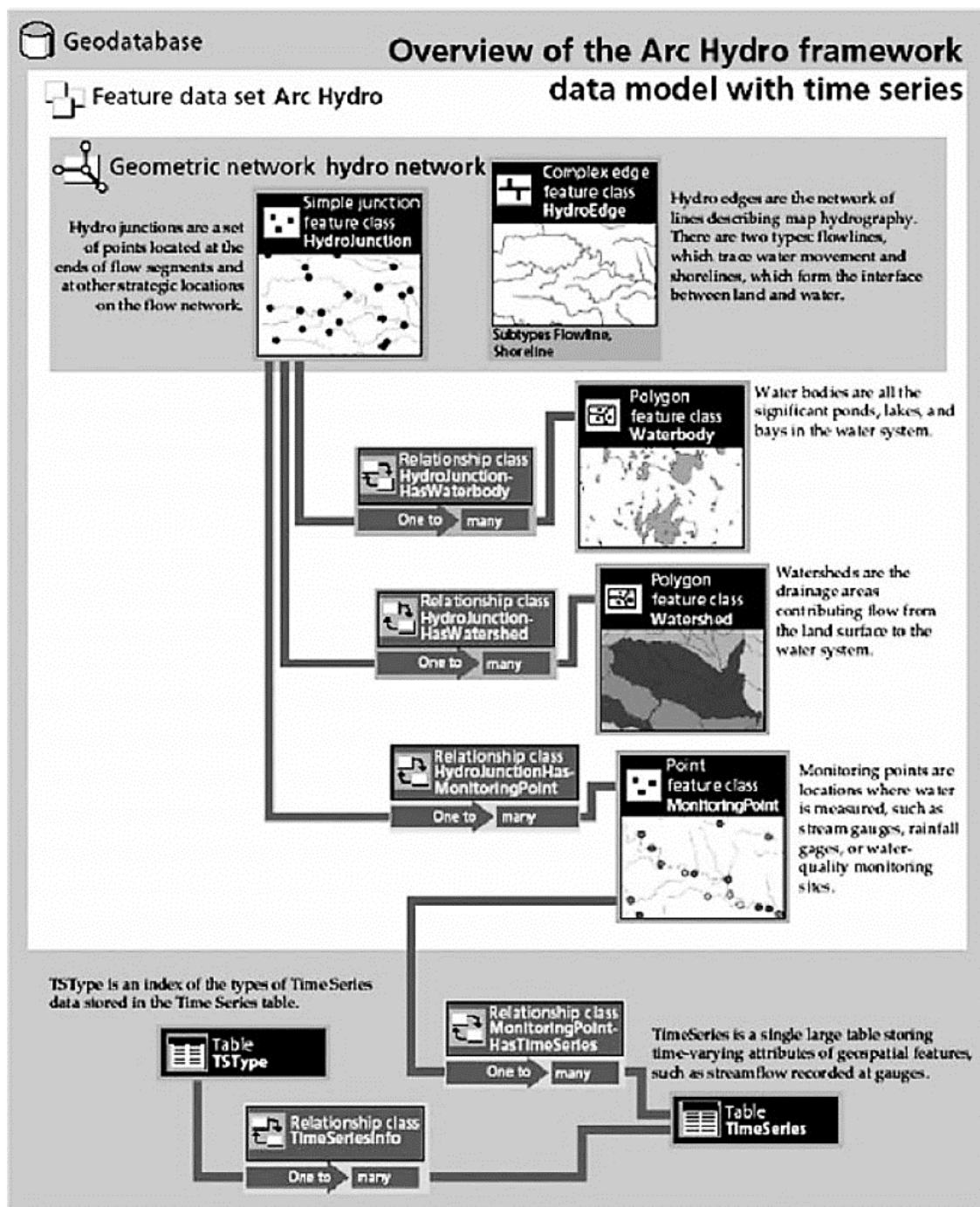
استانداردسازی از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا امکان به اشتراک گذاری داده ها و برنامه های کاربردی بین سازمان های متعدد آب را می دهد، و نیز چارچوبی را برای یکپارچه سازی با استفاده از انواع مختلفی از برنامه های محاسباتی آب را فراهم می کند. ابزارها در نرم افزار های مختلف، به منظور تسهیل جامعه ی پایگاه های داده به همراه اطلاعات مربوط به حوضه ها، شبکه های آبراهه، کانال ها، سازه ها، ایستگاه های سنج و اجزاء سطح زمین توسعه یافته اند. ویژگی های جغرافیایی را می توان به داده های سری زمانی (به عنوان مثال، رکوردهای جریان آبراهه ای) در پایگاه داده مرتبط کرد، که بنابراین پایه و اساسی را برای مدل شبیه سازی در حوضه های شهری و حوضه آبریز و همچنین سیستم آب های زیرزمینی ارائه می دهد. برنامه ArcHydro به همراه ادغام مدل های محاسباتی در دیگر فصول این کتاب، از جمله فصل ۵ (GIS برای هیدرولوژی آب های سطحی)، فصل ۶ (GIS برای هیدرولوژی آبهای زیرزمینی)، فصل ۹ (GIS برای مدیریت دشت های سیلابی)، فصل ۱۰ (GIS برای کیفیت آب)، و فصل ۱۲ (GIS برای برنامه ریزی و مدیریت حوضه رودخانه) بیشتر شرح داده شده است.

ArcHydro از سه بخش اصلی تشکیل گردیده است (Obenour and Maidment ۲۰۰۴):

- یک فرمت استاندارد برای ذخیره سازی جغرافیایی و سری زمانی داده های هیدرولوژیکی
- روابط منطقی داده ها در میان ویژگی های جغرافیایی (یا "objects")
- مجموعه ای از ابزارها برای ایجاد، اصلاح، و مشاهده ی داده های هیدرولوژیکی

استاندارد مدل داده ArcHydro با استفاده از زبان مدل سازی یکپارچه (UML)، برای ایجاد یک مجموعه از جداول به نمایندگی از تم های مختلف هیدرولوژیکی ساخته شده است. UML، مجموعه

ابزارهای گسترده گرافیکی و زبان تعمیم یافته برای توسعه نرم افزار object-oriented است. UML بیشتر برای نشان دادن نمادهای گرافیکی طراحی پروژه های نرم افزاری کاربرد دارد.



شکل ۳-۱۸ چارچوب ArcHydro با سری های زمانی را نشان می دهد.

جداول در مدل داده ArcHydro نشان دهنده نهادهای مکانی، مانند حوضه و مانیتورینگ نقاط است؛ که feature classes نامیده می شود. جدولی که نشان دهنده داده های غیر مکانی، مانند سری های زمانی هستند، object classes نامیده می شود. در داخل این جداول (یا "کلاس ها") نام فیلدها به شکل استاندارد مانند JunctionID، HydroCode، و FlowDir می باشد. در مواردی که این نام ها با

پسوند "ID" و یا "Code" باشند، جهت شناسایی object های هیدرولوژیک منحصر به فرد استفاده می شوند. در واقع پسوند ID فیلد عدد صحیح، و پسوند Code فیلد رشته متن را مشخص می کند. علاوه بر فیلد های شناسایی، همچنین فیلد هایی برای ذخیره مشخصات هیدرولوژیک، مانند FlowDir (برای ذخیره جهت جریان در یک خط جریان) و AreaSqKm (برای ذخیره مساحت یک حوضه) وجود دارد.

روابط داده ArcHydro نیز با استفاده از UML ایجاد گشته اند. این روابط جهت ایجاد پیوستگی بین نهادهای مرتبط هیدرولوژی استفاده می شوند. به عنوان مثال، حوضه ممکن است به نقطه خروجی (که زهکش حوضه باشد)، یک گِیج^۱ جریان ممکن است به یک نقطه در امتداد یک رودخانه، یا مجموعه ای از رکوردهای بارش ممکن است به یک ایستگاه باران سنجی مرتبط باشند. با برقراری این روابط، کاربر می تواند به راحتی به پرس و جوی شرطی اطلاعات مربوط به هیدرولوژی بپردازد.

سومین بخش از ArcHydro مجموعه ابزار ArcHydro است، که در محیط ArcMap اجرا می شود. این مجموعه ابزار می تواند برای تعدادی از روال های عادی پردازش هیدرولوژیکی، از جمله پردازش رستری و انتساب داده های توصیفی اجزاء استفاده شود. علاوه بر این، ArcHydro سبب بهره گیری از تعداد دیگری از toolset های نرم افزار ArcGIS، از جمله تحلیلگر مکانی ESRI و تحلیلگر شبکه، می شود.

ArcHydro ساختمان داده ی انعطاف پذیری است که شامل هر دو اطلاعات مکانی و زمانی می شود. از نظر مفهومی، ArcHydro جریان یک قطره آب که در یک حوضه آبریز به زمین میافتد را به سمت پایین دست ترین محل آن در سیستم آبراهه دنبال می کند. چارچوب ArcHydro یک نسخه اولیه از ArcHydro که در آن داده های آب به اجزای شبکه، زهکشی، کانال، هیدروگرافی، و سری زمانی تقسیم می شود است (Maidment ۲۰۰۲). Feature classe ها در ArcHydro با HydroID های منحصر به فردی که برای پیگیری هر جزء استفاده می شوند، اداره می گردد. چارچوب ArcHydro و نقش HydroID، NextDownIDs، و JunctionIDs به طور گسترده ای در کتاب ArcHydro مورد بحث قرار گرفته است: GIS برای منابع آب (Maidment ۲۰۰۲) و نیز در اسناد مدل داده ثبت شده است. HydroIDs برای اختصاص NextDownIDs و JunctionIDs استفاده می شود، به طوری که هر جزء جایگاه خود را در شبکه و نیز ارتباطی که با همسایگان خود دارد را بدون توپولوژی GIS می داند.

در چارچوب ArcHydro، نقاط، در مکان های کلیدی مورد نظر HydroJunctions نامیده می شوند (Olivera و همکاران ۲۰۰۲). HydroJunction ها بخشی از شبکه ایجاد شده اند و می توانند روابطی با نقاط مانیتورینگ مانند ایستگاه جریان سنجی، توده های آبی، داشته و در نتیجه به عنوان نقاط اتصال برای دیگر اجزاء ارائه گردند. HydroEdge ها خطوط توسعه یافته جریان شبکه از عوارض زمین و اجزاء حوضه هستند. به قسمتی که نقاط در آن با اضلاع برخورد می کنند Hydro_NetworkJunctions گفته می شود. ویژگی های ArcHydro می توانند به عنوان object

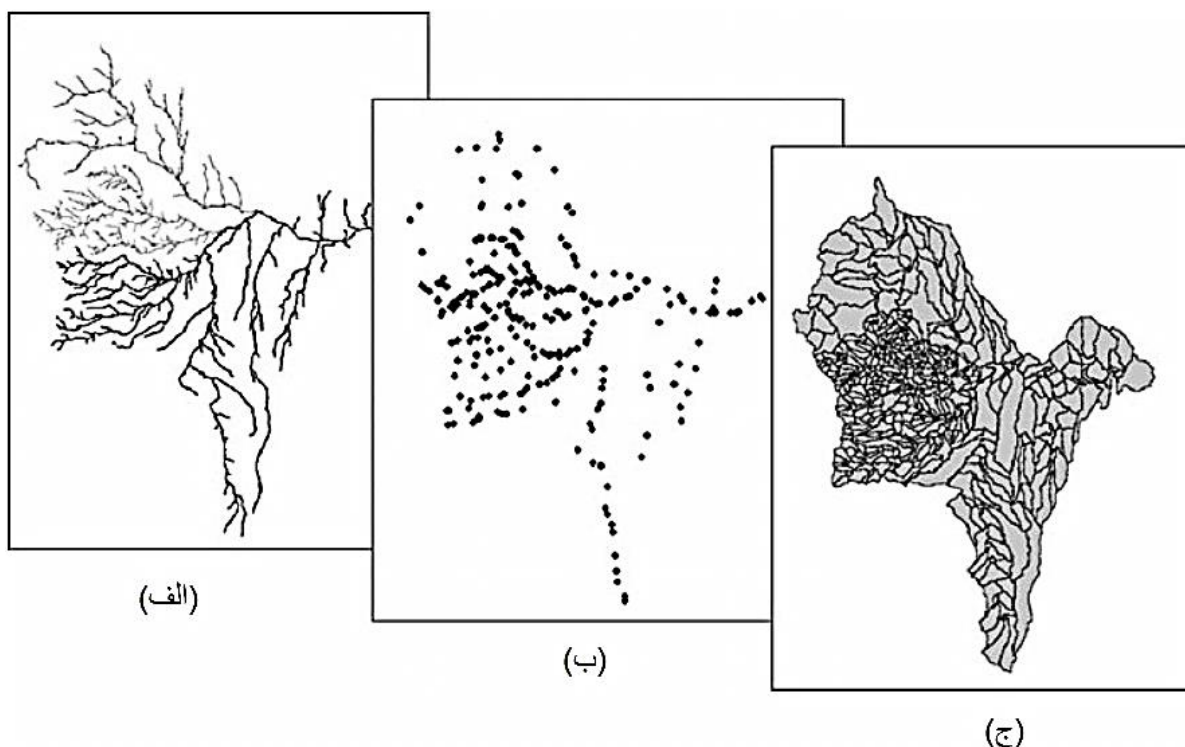
های ساده به همراه داده های توصیفی اما بدون داده های مکانی (سری های زمانی) سازماندهی شده باشند، اجزایی که دارای مختصات مکانی و داده های توصیفی هستند، و نیز به عنوان اجزاء شبکه می باشد.

اجزاء شبکه، ساختاری که هسته توابع ArcHydro می باشد را فرم می دهند. شبکه شامل اطلاعات اتصالی بین HydroEdges و HydroJunctions است، که هر دو از عوارض زمین و مجموعه داده های هیدروگرافی اولیه مشتق شده اند. ArcHydro از داده های ارتفاعی به منظور توسعه مناطق زهکشی در چشم انداز استفاده می کند (Maidment ۲۰۰۲). در یک GIS، پردازش داده های رستری می تواند تا حد زیادی به جز مواردی که در آن زمین نسبتاً مسطح است، به شکل خودکار باشد. نظم داده های رستری امکان می دهد تا روش های استاندارد شده برای نواحی اشتقاقی زهکشی، مجاز باشند. در نرم افزار ArcGIS، این روش به نام DA، و یا eight-direction pour-point شناخته می شود. این روش ساده ترین روش جهت جریان است.

ArcHydro نشان دهنده اشیاء مکانی و زمانی با جداسازی اشیاء مکانی موقت مربوط به همان لایه است. لایه های متعدد طول مراحل تشکیل الحاق زمانی داده های مکانی را نشان می دهند. گاهی اوقات مدل هایی که snapshot نامیده می شود، باز نمود ایستا از هر لایه در فواصل زمانی مختلف، احتمالاً ساده ترین روش به تصویر کشیدن داده های مکانی در طول زمان است. در حالی که این یک روش ابتدایی برای مدل سازی مکانی و زمانی است، بنظر استفاده از گروه بندی داده های سری زمانی و اشیاء مکانی مرتبط با آن، رویکرد بهتری در پایگاه داده می باشد.

داده های توسعه یافته برای ArcHydro شامل داده های هیدروگرافی در مسیر جریان و مرز حوضه می شود. دو مجموعه داده، ورودی های اولیه را فراهم می کنند: یکی مجموعه اطلاعات ملی هیدروگرافی (NHD) و دیگری مجموعه اطلاعات ملی ارتفاع (NED). NHD در مجموعه داده های هیدروگرافی ایالات متحده استاندارد شده است. NHD ترتیب دهی هیدرولوژیکی، جهت یابی، و شناسه های ویژگی منحصر به فرد در نظر گرفته شده برای اجزاء در مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰ با وضوح تصویر متوسط و با دقت ۵۰/۹ متر برای ۹۰٪ از داده ها را فراهم می کند. یکی دیگر از ویژگی های کلیدی، طرح مرکزی از طریق توده های آب است، یک توسعه که امکان اجرای ساده از مدل داده ArcHydro را می دهد. NED محصول رستری طراحی شده توسط USGS با ترکیب بیش از ۵۰،۰۰۰ مدل رقومی ارتفاع (DEM) در یک پوشش سراسری و یکپارچه از ارتفاع است. NED می تواند دائلود و به پلیگون حوضه های منفرد با استفاده از واحد هیدرولوژیکی (HU) کلیپ شود؛ این پروسه با استفاده از اسکریپت Avenue تحت عنوان Grid.ClipToPoly به شکلی موثر اجرا شده است. مجموعه داده NHD route.ch می تواند با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ واحدهای حوضه تلاقی پیدا کرده باشد.

پردازش عوارض زمین با استفاده از مجموعه داده های NED و NHD برای هر حوزه اجرا شده است. شکل ۳-۱۹ محصولات مختلف تولید شده را نشان می دهد. مدل داده ArcHydro، اجرا شده در ArcGIS، مراحل پیش پردازش عوارض زمین که در ادامه آمده است را به انجام می رساند:



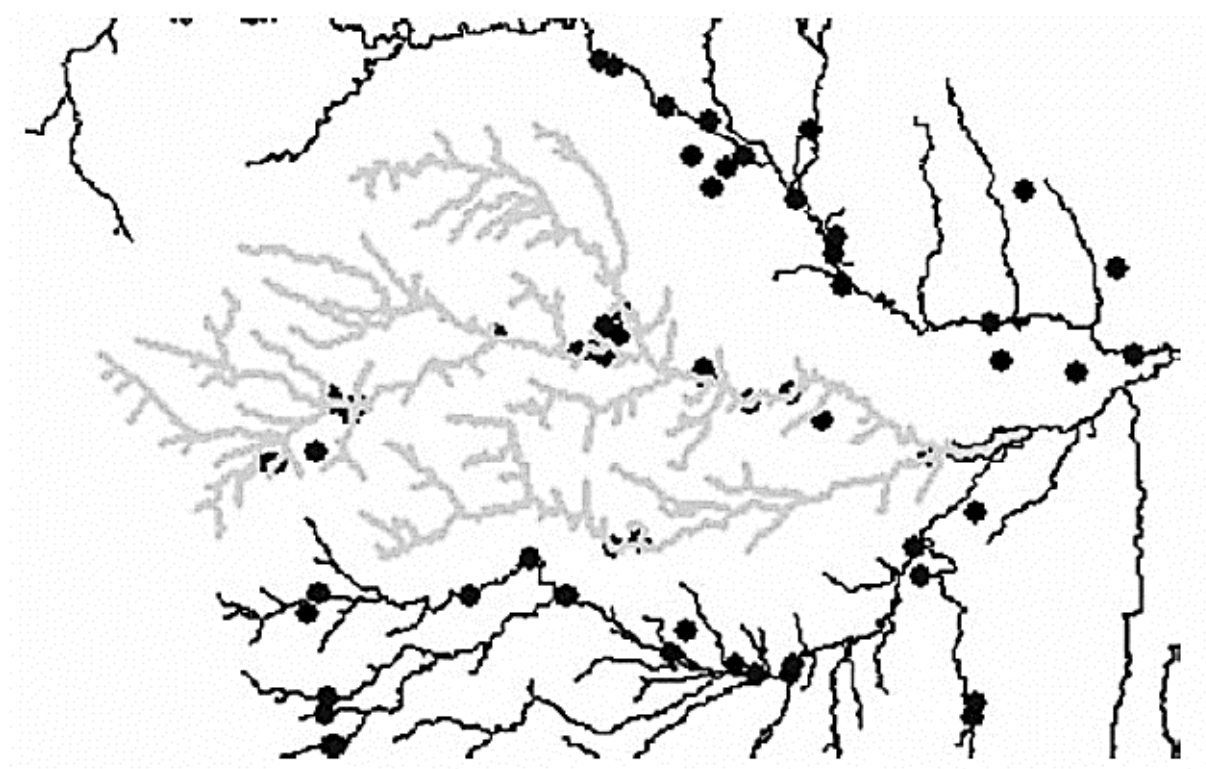
شکل ۳-۱۹ نتایج حاصل از پردازش عوارض زمین: خطوط زهکشی با یک کلاس از اجزاء منطقه ای با هم ادغام شده اند، (ب) کلاس اجزاء نقاط زهکشی منطقه ای، (ج) کلاس اجزاء حوضه آبریز در یک لایه منطقه ای با هم ادغام شده اند (Hattendorf, ۲۰۰۴).

- DEM reconditioning: اجزاء خطی را بر روی داده های ارتفاعی تحمیل می کند.
- Fill sinks: حصول اطمینان از اینکه آب زهکشی به یک خروجی می رسد.
- Flow direction: بالادست به پایین دست.
- Flow accumulation: تعداد انباشته شده از سلول های بالادست یک سلول داده شده.
- Stream definition: مسیر جریان از مجموعه منطقه ای در بالادست ایجاد می شود (به عنوان مثال، ۵۰۰۰ سلول).
- Stream segmentation: قطعات بین گره های اتصال.
- Catchment grid delineation: اختصاص سلول های شبکه به یک حوضه آبریز.
- Catchment polygon processing: تعریف مرز حوزه، اختصاص HydroIDs.
- Drainage line processing: توپولوژی NextDownID شبکه را برقرار می کند.
- پردازش الحاق حوضه های آبریز.
- Drainage point processing: شناسایی برای برقراری خطوط زهکشی.
- Slope: مقدار شیب.
- Aspect: جهت شیب.

تولید شبکه برای هر حوضه منفرد پس از پیش پردازش عوارض زمین اجرا می شود. منوی ابزارهای مدیریت داده ArcHydro امکان چندین انتخاب برای داده های ورودی را می دهد:

- HydroEdge: یکی از edge feature های پیچیده که نشان دهنده یک خط در شبکه هیدرو است.
- HeteroJunction: یک اتصال شبکه هیدرو.
- SchemaLink: یک خط در یک شبکه شماتیک و اتصال دهنده اجزاء هیدرو.
- SchemaNode: یک نقطه در یک شبکه شماتیک اتصال دهنده اجزاء آبی.

لینک های آبخیزداری به صورت ارتباط بین SchemaNode حوضه و تقاطع خروجی SchemaNode تعریف شده است. لینک های تقاطع، مشروط به SchemaNode های مرتبط است. در این مرحله، جهت جریان در مجموعه داده ها ذخیره می شود. با توجه به استقرار شبکه، بازیابی geodatabase می تواند انجام شود. به عنوان مثال، شبکه بالادست یک گره ی انتخاب شده را می توان بازیابی کرد (شکل ۳-۲۰). اجزاء و داده های توصیفی در شبکه ی انتخاب شده پس از آن می توانند گزارش شوند. ابزار داده های توصیفی در ArcHydro نیازمند به ارائه قابلیت های یک شبکه نیست، اما اختصاص داده های توصیفی به اجزاء شبکه لازم می باشد. این عبارت است از:



شکل ۳-۲۰ ردیابی مکانی بالادست یک نقطه در شبکه (Hattendorf ۲۰۰۴).

- اختصاص HydroIDs برای باقی مانده کلاس های اجزاء بدون HydroIDs.
- تولید از/به گره برای خطوط.

- محاسبه طول پایین دست برای لبه ها.
- محاسبه طول پایین دست برای اتصالات.
- یافتن محل اتصال پایین دست بعدی.
- ذخیره نواحی خروجی: اتصال مناطق به تقاطع ها.
- تثبیت داده های توصیفی: محاسبه مساحت حوضه مربوط به HydroJunction.
- انباشت داده های توصیفی.
- نمایش سری های زمانی.
- دریافت پارامتر ها.

ایجاد سری زمانی در geodatabase گام بعدی است. جدول کلاس اجزاء که TimeSeries نامیده می شود به وسیله ورود^۱ ایجاد می گردد، و یک ارتباط بین TSType و جدول TimeSeries ایجاد شده است. داده های سری زمانی جایی که در فرم پیشرفته تهیه شده باشند، با ستون هایی خاص در مجموعه داده ها حاضر می گردند. جدول TSType برای اولین بار در MS Access ویرایش شد که شامل متغیرهای Streamflow و یا هدایت الکتریکی (EC) بود. واحد متغیرها، نظم فاصله زمانی، نوع داده ها و مبدا ثبت شده است. جدول TimeSeries با TSTypeID به TSType مرتبط شده است. جدول TimeSeries شامل یک ستون FeatureID به عنوان یک ستون متنی است. FeatureID با HydroID اجزایی که سری های زمانی به آن پیوست شده است برابر می باشد. در ArcCatalog، از دستور بار گذاری داده برای آوردن داده های TimeSeries به geodatabases استفاده شده است. داده های نقاط نظارت مکانی پس از آن لود می شود. هر MonitoringPoint به HydroJunction با تنظیم JunctionID در MonitoringPoint برابر با HeteroJunction به یک HydroJunction متصل می شود. MonitoringPoint دارای رابطه سری های زمانی می باشند، بعد از آن است که در ArcCatalog به وسیله ایجاد یک رابطه جدید تنظیم می شوند. داده های مکانی و جداول سری زمانی پس از آن می توانند به ArcMap برای استفاده و دستکاری بیشتر وارد شوند. برای پرسش گیری شرطی برای یک سری زمانی انتخاب شده در یک مکان خاص یک الحاق بر اساس نقاط نظارتی دارای روابط سری های زمانی باید ایجاد شده باشد.

پرسش گیری های شرطی در جداول شرطی SelectByAttributes صورت می پذیرد. از آنجا که جدول داده های توصیفی پیوست شده است، یک SQL محدود (زبان پرس و جو ساخت یافته) می تواند مورد استفاده قرار گیرد. برای استخراج تمام اطلاعات در یک تاریخ خاص، پرس و جو به این صورت و فرمت می باشد:

```
"TimeSeries.TSDateTime = date '۷/۳۱/۲۰۰۲' AND "MonitoringPoint.OBJECTID" Is Not Null"
```

به منظور توسعه یک سری از مجموعه داده های زمان-برش، نتایج هر یک از پرس و جو ها را می توان در یک جدول جداگانه استخراج کرد. یک نقطه مشترک نظارتی و جدول پرس و جو سری زمانی دارای یک رابطه یک به چند است؛ به عنوان مثال، یک محل دارای تعداد زیادی از رکوردهای سری زمانی است.

۳.۵.۴. سیستم اطلاعات هیدرولوژیکی CUAHSI

سیستم اطلاعات هیدرولوژیکی (HIS) ترکیبی از داده ها، ابزارها، و مدل های شبیه سازی هیدرولوژیکی است که از علوم هیدرولوژیکی، آموزش نظری و عملی پشتیبانی می کند. کنسرسیوم دانشگاهی توسعه علوم هیدرولوژیکی (CUAHSI; www.cuahsi.org) HIS را به عنوان یک شبکه جغرافیایی توزیع منابع داده هیدرولوژیکی و توابعی که یکپارچه شده است نمونه سازی کرده است؛ به شکلی که به عنوان یک کل متصل، با استفاده از خدمات وب عمل کند (Maidment ۲۰۰۵). در آدرس HIS مشکل این است که داده های زیست محیطی آن توسط مراکز متعددی چون، فدرالی، ایالتی، و محلی و همچنین توسط دانشمندان دانشگاهی جمع آوری گشته است. اگر چه اینترنت دسترسی به این منابع داده نامتجانس را بهبود بخشیده است، اما گردآوری داده های مورد نیاز برای بسیاری از مطالعات هیدرولوژیکی همچنان نیازمند مراجعه به سایت های مختلف است؛ که هر کدام دارای پروتکل های دسترسی و فرمت های استخراج داده خاص خود می باشند. به طور مشابه، اینترنت، ابزاری را برای دانشمندان دیگر جهت انتشار داده های خود (به طور فزاینده ای به واسطه کمک های مالی سازمان های سرمایه ای) فراهم نموده است، با این حال بسیاری از همین دانشمندان تخصص ارائه تعامل پیچیده سایت های بازیابی داده را ندارند. برای پرداختن به این مشکلات، HIS CUAHSI به دنبال ارائه خدمات زیر است:

- Data discovery: یک نمایشگر مبتنی بر نقشه که داده های جمع آوری شده توسط سازمان های مختلف در یک محل، از جمله هر دوی اطلاعات جمع آوری شده توسط مراکز دولتی و دانشگاهی را به نمایش خواهد گذاشت.
- Data delivery: با استفاده از تماس های برنامه ریزی شده، کاربران قادر خواهند بود برای بازیابی داده ها به طور مستقیم به پایگاه های داده، صفحات گسترده، و بسته های تجزیه و تحلیل با استفاده از single syntax، صرف نظر از منبع داده مراجعه نمایند.
- Data publication: دانشمندان دانشگاهی قادر خواهند بود تا به راحتی داده هایی را که جمع آوری کرده اند منتشر نمایند، به طوری که آنها درون نمایشگر معمول داده به نظر برسند و به همان تماس های بازیابی داده به عنوان منابع دولتی پاسخ دهند.
- Data curation: مرکز داده HIS (HISDAC) یک مخزن را برای داده های بایگانی شده فراهم می کند. این داده ها می توانند با استفاده از مکانیسم های مشابه همانطور که در بالا شرح داده

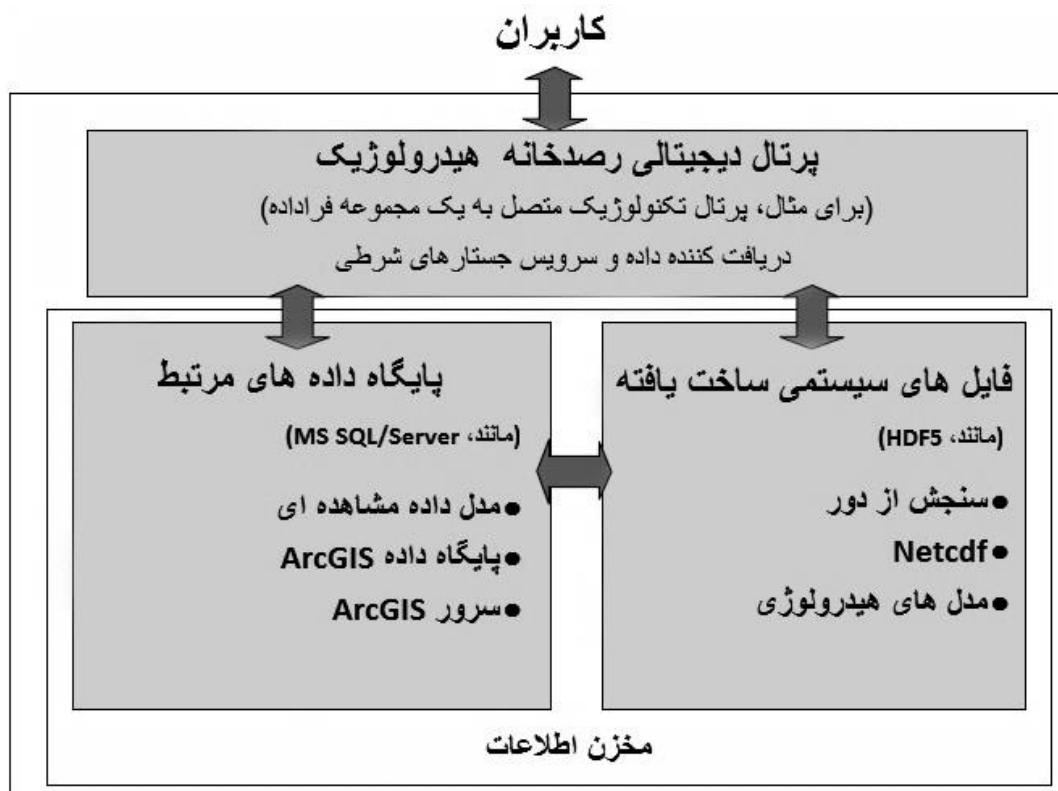
شده است مشاهده و تحویل گردند، به طوری که تحویل آنها به شکل یکپارچه به کاربر خواهد بود.

رصدخانه دیجیتال هیدرولوژیکی یک تصویر اطلاعاتی جامع از حوضه رودخانه است که محیط طبیعی آن، اندازه گیری هیدرولوژیکی، مدل های شبیه سازی فرآیندها و پدیده های آن، و چارچوبی مفهومی برای بررسی در مورد عملکرد هیدرولوژیکی را توصیف می کند. رصدخانه دیجیتال هیدرولوژیکی با استفاده از مدل اطلاعات هیدرولوژیکی برای یک منطقه هیدرولوژیکی که توسط یک حوضه رودخانه و یا مرزهای آبخوان تولید می شود، تعریف شده است.

Cyberinfrastructure ترکیبی است از ابزار کامپیوتر، ارتباط از راه دور، ساختارهای پایگاه داده، و شبکه های کامپیوتری توزیع شده؛ که در مجموع از توسعه در علوم و مهندسی از طریق دسترسی به اطلاعات یکپارچه و پردازش پشتیبانی می کند. Cyberinfrastructure برای یک رصدخانه دیجیتال هیدرولوژیکی در شکل ۳-۲۱ نشان داده شده است. کاربران این رصدخانه دیجیتال هیدرولوژیکی از طریق یک پورتال دیجیتال هیدرولوژیکی رصدخانه ورود پیدا می کنند، که یک رابط کامپیوتری مبتنی بر اینترنت است که کاربری محلی با دسترسی به منابع اطلاعاتی پراکنده در سراسر دامنه توزیعی بسیاری از کامپیوترهای از راه دور، منابع داده ها، فرمت ها، و ابزار نرم افزار را فراهم می کند. در قسمت پایین پورتال دیجیتال هیدرولوژیکی یک مخزن اطلاعات رصدخانه، که باید شامل ترکیبی از یک پایگاه داده رابطه ای حاوی نقاط داده های رصد و داده های GIS و یک فایل سیستم ساخت یافته ذخیره سازی سنجش از دور، netCDF و فایل مدل شبیه سازی هیدرولوژیکی باشد، وجود دارد.

ابزار HIS مجموعه ای از ابزارهای نرم افزاری و منابع توسعه یافته توسط شرکای CUAHSI برای رسیدگی به جنبه های مختلف تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی است. در حال حاضر، این ابزارها عبارتند از:

- HydroObjects: یک DLL .net. با کلاس های COM که از برنامه های کاربردی هیدرولوژی پشتیبانی می کند. به طور خاص، کتابخانه HydroObjects به برنامه ها بدون دسترسی مستقیم به خدمات وب برای دانلود داده ها از خدمات CUAHSI WaterOneFlow کمک می کند.
- نوار ابزار آب زیرزمینی ArcHydro (نوار ابزار نرم افزار ArcGIS): نوار ابزار ArcScene با ابزارهایی برای ایجاد اجزاء ۳-D مانند GeoVolumes، GeoSections، و BoreLines، که بخشی از مدل داده های زیرزمینی ArcHydro می باشد.



شکل ۳-۲۱ Cyberinfrastructure برای یک رصدخانه دیجیتال هیدرولوژیکی (Maidment, ۲۰۰۵).

- GeoLearn: یک برنامه کاربردی مستقل برای داده های سنجش از دور.
- مدل مرفولوژی کانال رودخانه (نوار ابزار نرم افزار ArcGIS): نوار ابزار نرم افزار ArcGIS برای ایجاد یک توصیف تحلیلی از کانال رودخانه در سه بعد.
- تحلیلگر سری زمانی: یک برنامه کاربردی مستقل وب از دانشگاه ایالت یوتا. طراحی شده برای کاربران جهت ارائه قابلیت های پلات و استخراج داده در هر جریان آبراهه ای U.S. Geological Survey (USGS) و یا ایستگاه نظارت بر کیفیت آب در ایالات متحده.
- آبخیزداری و شبکه جریان آبراهه ای (نوار ابزار نرم افزار ArcGIS): چگونگی استفاده از قابلیت های مهم موجود در ابزار ArcHydro را برای تجزیه و تحلیل رستری توضیح می دهد. ابزار ArcHydro جهت استخراج چندین مجموعه داده که در مجموع الگوهای زهکشی یک حوضه آبریز را توصیف می کند، استفاده می شود.
- HydroSeek: امکان کشف اطلاعات از منابع اطلاعاتی متعدد و ناهمگن را می دهد؛ که به فناوری های وب متعددی از قبیل AJAX و OWL متکی است. CUAHSI واژگان کنترل شده و چندین خدمات دیگر آنتولوژی شامل بخش مهمی از HydroSeek.

- Anderson, J. R., E. E. Hardy, J. T. Roach, and R. E. Witmer. ۱۹۷۶. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper ۹۶۴. Washington, D.C.: USGS.
- Bondelid, T. R., R. H. McCuen, and T. J. Jackson. ۱۹۸۲. Sensitivity of SCS models to curve number variation. Am. Water Resour. Assoc. Water Resour. Bull. ۱۸ (۱): ۱۱۱-۱۱۶.
- Burrough, P. A., and R. A. McDonnell. ۱۹۹۸. Principals of geographical information systems. Oxford: Oxford University Press.
- CDOT (Colorado Department of Transportation). ۲۰۰۲. COGO user guide and command reference. Denver: Colorado Department of Transportation. www.dot.state.co.us/ECSU/cogo/COGOManual.pdf.
- Close, C. ۲۰۰۳. Converting digital elevation models into grids and TINs for use in ArcView and ArcGIS. www.lib.uwaterloo.ca/locations/umhd/digital/DEM_Documentation.doc.
- DeBerry, P., ed. ۱۹۹۹. GIS modules and distributed models of the watershed: A report from the ASCE Task Committee. Reston, Va.: ASCE.
- Ferreira, J. ۲۰۰۷. Lecture ۹: Georeferencing, digitizing & advanced raster operations. ۱۱,۵۲۰: A workshop on Geographic information systems. Department of Urban Studies and Planning, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge. web.mit.edu/۱۱,۵۲۰/www/lectures/lecture۹.html.
- Gugan, D. J., and I. J. Dowman. ۱۹۸۸. Accuracy and completeness of topographic mapping from SPOT imagery. Photogrammetric Rec. ۱۲ (۷۲): ۷۸۷-۷۹۶.
- Hattendorf, M. J. ۲۰۰۴. Arc Hydro for the lower South Platte River basin: A regional application of Arc Hydro in support of water quality studies. Master of Engineering report, Dept. Civil Engineering, Univ. Colorado at Denver.
- Homer, C., J. Dewitz, J. Fry, M. Coan, N. Hossain, C. Larson, N. Herold, A. McKerrow, J. N. VanDriel, and J. Wickham. ۲۰۰۷. Completion of the ۲۰۰۱ National Land Cover Database for the conterminous United States. Photogrammetric Eng. Remote Sensing ۷۳ (۴): ۳۳۷-۳۴۱.
- Jackson, T. J., and W. J. Rawls. ۱۹۸۱. SCS urban curve numbers from a LandSat data base. J. Am. Water Resour. Assoc. ۱۷ (۵): ۸۵۷-۸۶۲.
- Jantzen, T. L., and D. R. Maidment. ۲۰۰۷. Implementation of a state hydrologic information system. CRWR online report ۰۷-۱. www.crwr.utexas.edu/online.shtml.
- Maidment, D. R., ed. ۲۰۰۲. Arc Hydro: GIS for water resources. Redlands, Calif.: ESRI Press.

Maidment, D. R., ed. 2005. Hydrologic information system: Status report. Report to the National Science Foundation (NSF) under Grant Nos. 93-26064, 94-12975, and 94-47287. Arlington, Va.: NSF.
www.cuahsi.org/docs/HISStatusSept15.pdf.

Meijerink, A. M. J., H. A. M. Brouwer, C. M. Mannaerts, and C. R. Valenzuela. 1994. Introduction to the use of geographic information systems for practical hydrology. UNESCO International Hydrological Programme, Publication No. 23. Venice: UNESCO.

Mettel, C., D. McGraw, and S. Strater. 1994. Money saving model. Civ. Eng. 64 (1): 54-56.

Moore, I. D., R. B. Grayson, and A. R. Ladson. 1991. Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. Hydrological Processes 5 (1): 3-30.

NHD (National Hydrography Dataset). 2000. The National Hydrography Dataset: Concepts and contents. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey. nhd.usgs.gov.

Obenour, D. R., and D. R. Maidment. 2004. Arc Hydro Developments for the lower Colorado River basin. CRWR online report 04-6. www.crwr.utexas.edu/online.shtml.

Perdue, D. 2000. National Hydrography Dataset: Concepts and contents. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey. nhd.usgs.gov/techref.html.

Ragan, R. M., and T. J. Jackson. 1980. Runoff synthesis using Landsat and the SCS model. J. Hydraulics Div. ASCE 106: 3-14.

Reed, S. M. 1998. Use of digital soil maps in a rainfall-runoff model. CRWR online report 98-8. www.crwr.utexas.edu/online.shtml.

Shekhar, S., and S. Chawla. 2002. Spatial databases: A tour. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Pearson Education.

Snyder, J. P., and P. M. Voxland. 1989. An album of map projections. Professional paper 1453. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey.

Tucker, C. J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing Environ. 8 (2): 127-150.

USGS. 1999a. Map projections. U.S. Geological Survey fact sheet 97-99. erg.usgs.gov/isb/pubs/factsheets/fs9799.html.

USGS. 1999b. The National Hydrography Dataset. Fact sheet 96-99. USGS; erg.usgs.gov/isb/pubs/factsheets/fs9699.html.

Worboys, M. F. 1995. GIS: A computing perspective. Bristol, Pa.: Taylor & Francis.

فصل چهارم

۴. توابع و عملکردهای تجزیه و تحلیل سیستم اطلاعات جغرافیایی

۴.۱. نگاهی کلی به توابع تجزیه و تحلیل

تفاوت اصلی بین GIS و انواع دیگر سیستم های اطلاعاتی، توابع تجزیه و تحلیل مکانی در یک GIS است. به خصوص در رشته مهندسی منابع آب، تاکید بر تجزیه و تحلیل های نقشه-گرا وجود دارد. با آغاز بازنمایی نقشه زمین، مهندسان به دنبال برنامه ریزی و طراحی امکانات مطابق با عوارض برجسته زمین می باشند. به عنوان مثال، عوارض زمین حاکم بر چیدمان خطوط لوله تأمین آب به گونه ای که گرانش بر شرایط جریان غالب گشته و بدین وسیله پمپاژ به حداقل برسد. قبل از GIS، محاسبات بر روی داده های نقشه هایی بود که با دست استخراج شده بودند. با داده های GIS در فرمت های دیجیتال، این محاسبات در حال حاضر می تواند به طور خودکار انجام شود.

به یک معنا، پایگاه داده GIS مکانی و غیرمکانی یک مدل انتزاعی از جهان ارائه می دهد. در واقع، قابلیت تجسم GIS می تواند برای به تصویر کشیدن تصاویری از جهان که قابل فهم برای اکثر مردم است مورد استفاده قرار گیرد. مفهوم "مدل" می تواند به عنوان این تجسم در نظر گرفته شود. GIS برای به تصویر کشیدن زمین به لحاظ فیزیکی و واقع بینانه می تواند مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین ما می توانیم به عوارض زمین، شیب و جهت شیب، و همچنین پوشش گیاهی "نگاه" کنیم. در انجام این کار، ما می توانیم بینشی درباره کاراکترهای زمین بدست آوریم؛ به شیوه ای بسیار شبیه به آنکه بر فراز زمین یا بر روی آن قدم بزنیم. گسترش مفهوم مدل برای این است که چگونه می توانیم در آینده GIS را برای تغییراتی که ممکن است رخ دهند مورد استفاده قرار دهیم. این قابلیت "پیش بینی آینده" دارای توجه و ارزش زیادی در برنامه ریزی و طراحی مهندسی است. به عنوان مثال، با استفاده از مدل یکپارچه ریاضی با پایگاه داده GIS، ما می توانیم عمق رواناب سیل، کاهش سطح آب به دلیل عملکرد چاه های پمپاژ، و یا توسعه پیشنهادی پیش بینی توزیع جمعیت را شبیه سازی نماییم.

GIS ها یک مجموعه غنی از توابع ذاتی می باشند که تجزیه و تحلیل را با استفاده از اجزاء داده های مکانی انجام می دهند. از بسیاری جهات، این توابع ذاتی ارائه دهنده قابلیت های بی سابقه ای (یعنی، بدون معادل راهنما های سنتی) هستند که اگر به صورت دستی انجام شوند بسیار مشکل و وقت گیر می باشند. پردازش عوارض زمین برای ترسیم حوضه یک نمونه است؛ اما یک تابع GIS می تواند آنرا بسیار بهتر و آسان تر از صورت دستی انجام دهد. همانطور که در فصل های بعد نشان داده خواهد شد، محدوده و پیچیدگی تجزیه و تحلیل مکانی اعمال شده در مسائل منابع آب بسیار گسترده است. علاوه بر این، روش های متداول تجزیه و تحلیل یکپارچه سازی منابع آب در حوزه GIS قلمرو GIS را به مدل سازی پیشرفته سطحی، شبیه سازی، بهینه سازی و توابع پیش فرضی که اغلب توسط کارکنان GIS رسماً شناخته شده نیست، گسترش داده است. همچنین، حوزه منابع آب در حال حاضر شامل طیف

گسترده ای از سیستم های پشتیبانی تصمیم برای برنامه ریزی و عملیات، که شامل ابعاد مکانی برجسته ای هستند، می باشد.

علم و هنر استفاده از GIS مستلزم ترکیب توابع تجزیه و تحلیل در دسترس با داده های مناسب برای تولید اطلاعات مورد نظر است. بنابراین عملکرد GIS نیاز به برخی از شمای های طراحی، برای اطمینان از اینکه تلاش بر روی پاسخ دادن به سوالات مناسب متمرکز شده است، می باشد. در اینجا، پایگاه داده GIS و ابزار مدل سازی و مصورسازی مرتبط، پیشرفت های روند سنتی طراحی مهندسی را فراهم می کند. سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری قدرتمند برای مدیریت داده ها، تجزیه و تحلیل رفتاری و پیامدهای ارتباط برنامه ریزی و طراحی به "مخاطبان" مختلف در رابطه با این نتایج ارائه می دهد. این جنبه از ارتباطات GIS به ویژه در مهندسی محیط زیست و مهندسی منابع آب مهم است، چرا که بسیاری از این اوامر مربوط به منابع عمومی با داشتن اثرات قابل توجهی در مناطق گسترده ای و در تعداد زیادی از گروه های ذینفع است.

جدول ۴-۱ لیست توابع موجود در هر یک از ۱۱ دسته کلی تجزیه و تحلیل:

۱. ضبط داده های مکانی و اصلاح و نگهداری
۲. مهندسی و اندازه گیری
۳. جستارهای Spatial و Aspatial؛ طبقه بندی
۴. عملیات همسایگی
۵. تنظیم و اتصال به توابع مکانی
۶. عملیات سطحی
۷. همپوشانی ها و نقشه جبر
۸. آمار مکانی
۹. پردازش تصویر
۱۰. نمایش، رابط، ادغام
۱۱. مدل های مدیریت

۴.۲. ضبط و نگهداشت داده های مکانی

توابع GIS برای ضبط داده های مکانی در فصل ۳ (داده و پایگاه داده در GIS) مورد بررسی قرار گرفته اند. این شامل توابعی برای دیجیتالی شدن، اسکن، نقشه برداری، پردازش تصویر ماهواره ای، و تصویر کردن می باشد. اگرچه گاهی اوقات به مانند توابع تجزیه و تحلیل قابل استدلال نمی باشند، با این حال این داده های ضبطی و توابع توسعه، ترکیب طیف گسترده ای از تکنیک های تجزیه و تحلیل مکانی که اساسی برای عملیات دقیق و کارآمد GIS است، می باشند. به عنوان مثال، ویرایش تعاملی داده های

مکانی که توسط عملیات "نقطه و کلیک"^۱ انجام می پذیرد؛ عمل به ظاهر ساده از اشاره مکان نما در یک شی گرافیکی بر روی صفحه نمایش، شامل محاسبات کاملاً پیچیده هندسی از نزدیکی، نقطه در چند ضلعی، و شناسایی شی است. آزمون اینکه "آیا یک نقطه در داخل یک چند ضلعی قرار دارد؟" یک عملیات اساسی در گرافیک کامپیوتری و GIS است.

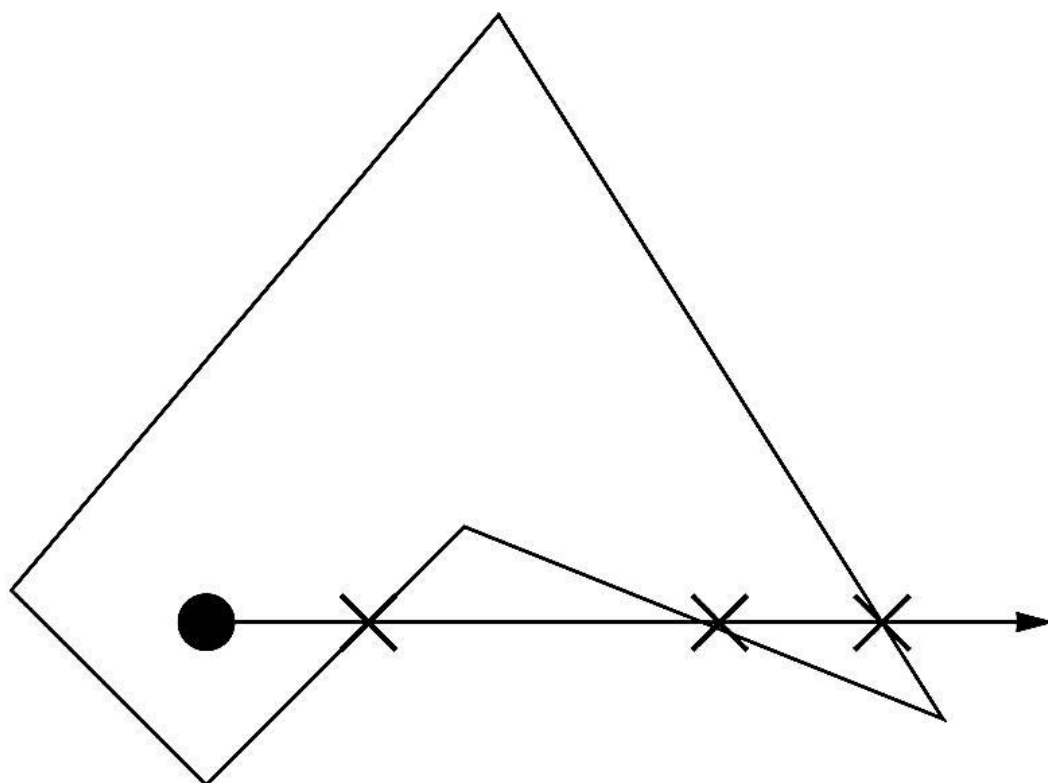
یک تعریف از اینکه آیا یک نقطه در داخل یک منطقه منحنی قرار دارد، قضیه جردن (Haines ۱۹۹۴) است. یک نقطه داخل پلیگون است اگر برای هر اشعه از این نقطه یک عدد فرد از تقاطع اشعه با اضلاع چند ضلعی ها وجود داشته باشد. که برای مثال در شکل ۴-۱، نشان می دهد که سه گذرگاه وجود دارد، به طوری که نقطه در داخل چند ضلعی قرار دارد.

۳.۴. مهندسی و اندازه گیری

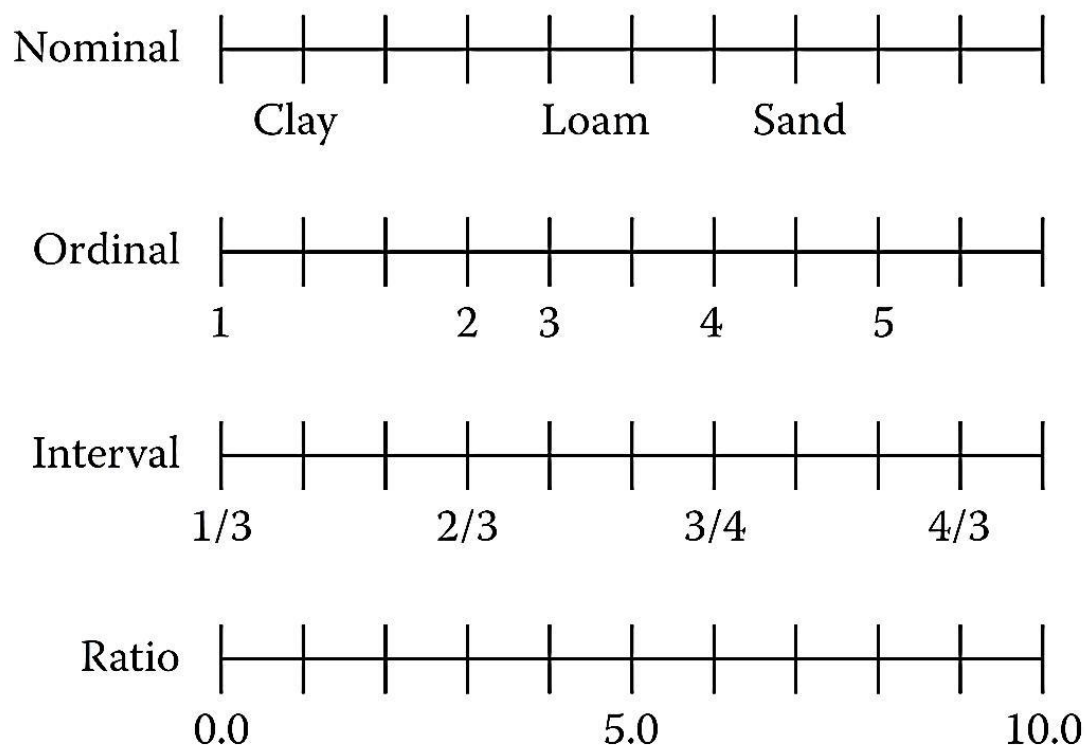
با توجه به اینکه داده های مکانی را با مختصات به سیستم تصویری معمول ارجاع داده اند؛ برای سیستم اطلاعات جغرافیایی امکان محاسبات مختلف هندسی و اندازه گیری ممکن شده است. محاسبه تقاطع خطوط و پیدا کردن اجزاء که از یک خط و یا چند ضلعی عبور کرده، از توابع رایج هندسی است. همچنین، اندازه گیری هایی مانند طول، محیط، و مساحت به طور معمول به عنوان اجزاء خط و چند ضلعی محاسبه می شود. اندازه گیری می تواند در یک نقطه ی داده شده در امتداد یکی از اجزاء خطی نشان دهنده فاصله، زمان، آدرس، و یا هر رویداد دیگر باشد. این همچنین می تواند معرف یک مقدار که یک مکان مجزا را در طول یک خط معرفی می کند، باشد. با این حال، این امکان وجود دارد، که اندازه گیری های مختلف را بتوان بسته به اینکه آیا از داده های رستری یا برداری استفاده می شود، بدست آورد. در GIS رستری، بیش از یک راه برای محاسبه فاصله بین دو نقطه وجود دارد. فاصله اقلیدسی معمول با استفاده از هندسه فیثاغورث برای یک مثلث قائم الزاویه محاسبه می شود. روش دیگر، "منهتن"^۲ و یا فاصله بلوک، می تواند در امتداد دو طرف سلول رستری این مقدار را محاسبه کند. برداری فاصله را به روش اقلیدسی یا با اضافه کردن طول پاره خط در امتداد یک خط محاسبه می کند. در هر صورت، فاصله تخمینی با توجه به ماهیت داده و بازنمایی های آن هستند. برای مسافت های کوچک در جهت اندازه سلول و یا سگمنت برداری خط، اندازه گیری فاصله می تواند خطاهای قابل توجهی داشته باشد. فواصل "وزنی" ممکن است به عنوان برخی از توابع مقادیر تم نقشه محاسبه شود. به عنوان مثال، در یک نقشه وزنی فاصله می تواند به عنوان تابع شیب عوارض زمین که در آن دامنه های شیب دار به اشکال بالاتر از عوارض مسطح اختصاص داده شده است، محاسبه گردد. و همچنین تم های چندگانه نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرد (به عنوان مثال، شیب و نوع خاک).

^۱ point and click

^۲ Manhattan



شکل ۱-۴ مسأله نقطه در چندضلعی.



شکل ۲-۴ مقیاس های اندازه گیری برای تخصیص مقادیر به ویژگی های صفاتی نقشه برداری.

اندازه گیری محیط در یک GIS رستری، به صورت ضرب تعدادی از سلول دو طرف مرز یک جزء در رزولوشن شناسه شده ای از شبکه رستری، محاسبه می شود. رستر منطقه GIS نیز به صورت تعدادی از سلول های یکی از اجزاء ضرب در منطقه شناسه شده ای از سلول محاسبه می گردد. GIS برداری، محیط را به صورت مجموع بخش های خطی مستقیم از مرز محاسبه می نماید. مساحت مناطق چند ضلعی برداری همچون مجموع مناطق ساده اشکال هندسی، که با تقسیم اجزاء مورد نظر فرم یافته صورت می پذیرد.

فاصله و مساحت محاسبه شده، اساساً توسط سیستم تصویر مورد استفاده، تحت تأثیر قرار دارد. همانطور که در فصل ۲ اشاره شد، انواع مختلفی از سیستم تصویر برای تبدیل مختصات جغرافیایی زمین بر روی یک سطح صاف وجود دارد. سه دسته سیستم تصویر اولیه، ساختاری^۱، معادل^۲، و سازشی^۳ می باشند. سیستم تصویر ساختاری از خاصیت شکل محلی محافظت می کند، به طوری که طرح کلی از یک منطقه کوچک مانند شهرستان یا دریاچه درست به همان صورت باقی می ماند. با سیستم تصویر های ساختاری نقشه، مانند لامبرت ساختاری مخروطی^۴ و سیستم تصویر مرکاتور^۵، خطوط طول و عرض جغرافیایی در زاویه نود درجه برخورد خواهند نمود و در نتیجه جهت در اطراف هر نقطه ی داده شده حفظ می شود. سیستم تصویر معادل یا برابر-منطقه از خواص منطقه محافظت می کند. به عنوان یک مثال ابتدایی، سیستم تصویر برابر منطقه آلبرز؛ که در آن تمام قسمت های سطح زمین با مساحت صحیح خود، نشان داده شده است. که انگار بر روی حوزه یا بیضی قرار دارد. سیستم تصویر سازشی فاصله را حفظ می کند، اما تنها در طول یک یا چند خط بین مکان ها بر روی نقشه. اشتباهات عمده در مقیاس ۱:۲۴۰۰۰ و در مقیاس های کوچکتر از ۱:۱۰۰۰۰۰۰ اشتباهات بزرگتر نیز است.

داده های نقشه اغلب با اطلاعات از طریق تخصیص مقادیر کوچک کد گذاری می شود. درک این که این چه هنگام آغاز می شود، و اذعان به تأثیر مقیاس بندی ممکن بر تجزیه و تحلیل ها، مهم است. داده ها ممکن است توسط چهار مقیاس اندازه گیری کلی نشان داده شوند: اسمی^۶، ترتیبی^۷، فاصله ای^۸، و نسبیتی^۹ (شکل ۴-۲). اسمی به سادگی یک شناسه است که توسط آن ما می توانیم هم ارزی (به عنوان مثال، نوع خاک) را شناسایی کنیم. ترتیبی پارتیشن بندی و رتبه بندی ایی از داده است، اما تعداد رتبه بندی تنها برابری و جهت برقرار می کند. مقیاس فاصله ای سعی بر قرار دادن مقادیر در مقیاس معنی دار دارد؛ به طوری که محاسبات را بتوان انجام داد. با این حال، ارزش پایه مقیاس ممکن است شناخته شده نباشد، بنابراین محاسبات ممکن است معتبر نباشد. به عنوان مثال، 20°C دو برابر 10°C گرم تر نیست،

۱ Conformal
۲ Equivalent
۳ Compromise
۴ Lambert Conformal Conic
۵ Mercator
۶ Nominal
۷ Ordinal
۸ Interval
۹ Ratio

زیرا 0°C یک صفر مطلق نیست. مقیاس نسبیتی دارای ارزش واقعی پایه (به عنوان مثال، $0,0$)، و عملیات ریاضی که شامل نسبت دو عدد معتبر هستند، می باشد. این مقیاسی است که هنگام اندازه گیری ظرفیت نفوذ خاک و یا محاسبه رواناب سیل با استفاده از اصول هیدرولوژیکی مبتنی بر شرایط فیزیکی استفاده می کنیم.

۴.۴. طبقه بندی، سوالات شرطی Spatial و Aspatial

اجرای پرس و جوهای شرطی در یک پایگاه داده Spatial و Aspatial برای بازیابی داده های تابع در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی ضروری است. Query های پایگاه داده GIS اغلب توجیه اولیه برای توسعه یک سیستم اطلاعات جغرافیایی می باشند که در تمام مراحل تجزیه و تحلیل سیستم اطلاعات جغرافیایی برای چک کردن خطاها و بررسی نتایج مفید هستند. جستجوهای شرطی بین آنچه که کاربر از اجزاء با استفاده از نشانگر موس انتخاب می کند و نیز داده های جداول سیستم اطلاعات جغرافیایی درباره آن اجزاء در تعامل متقابل است. "اشاره کردن" عملیات محاسبات هندسی پیچیده ای از تقرب به اجزایی از قبیل نقاط، خطوط، و یا چند ضلعی است. شناسایی چند ضلعی شامل محاسبات اساسی "نقطه در چند ضلعی" و نیز وابسته به یکپارچگی توپولوژیک پایگاه مکانی است. پنجره بندی مستلزم انتخاب همه اجزاء موجود در یک مستطیل یا چند ضلعی نامنظمی است که کاربر تعریف می کند. تابع شناسایی تعاملی، اغلب توسط بازخورد بصری با برجسته سازی اجزاء انتخاب شده همراه است.

Query های Aspatial مربوط به ویژگی های صفاتی، مانند نوع و اندازه یک لوله آب و یا تاریخ آخرین کار اصلاح و نگهداری می باشند. نمایش نتایج: از پرس و جو aspatial ممکن است به صورت گرافیکی نمایش داده شود. به عنوان مثال، در پرس و جو ممکن است برای پیدا کردن همه لوله های آب که در آن اصلاح و نگهداری در طول پنج سال گذشته انجام شد پرسید و نتایج بر روی نقشه نمایش داده میشود. دستورات مختلفی از جستجو و بازیابی استفاده می شود، از جمله "نمایش داده های صفاتی"، "نمایش سوابق"، "پیدا کردن"، "فهرست"، "تولید گزارش"، "چیدمان بر پایه ی"، "recode"، "محدود کردن" و "محاسبه" (Clarke ۲۰۰۲).

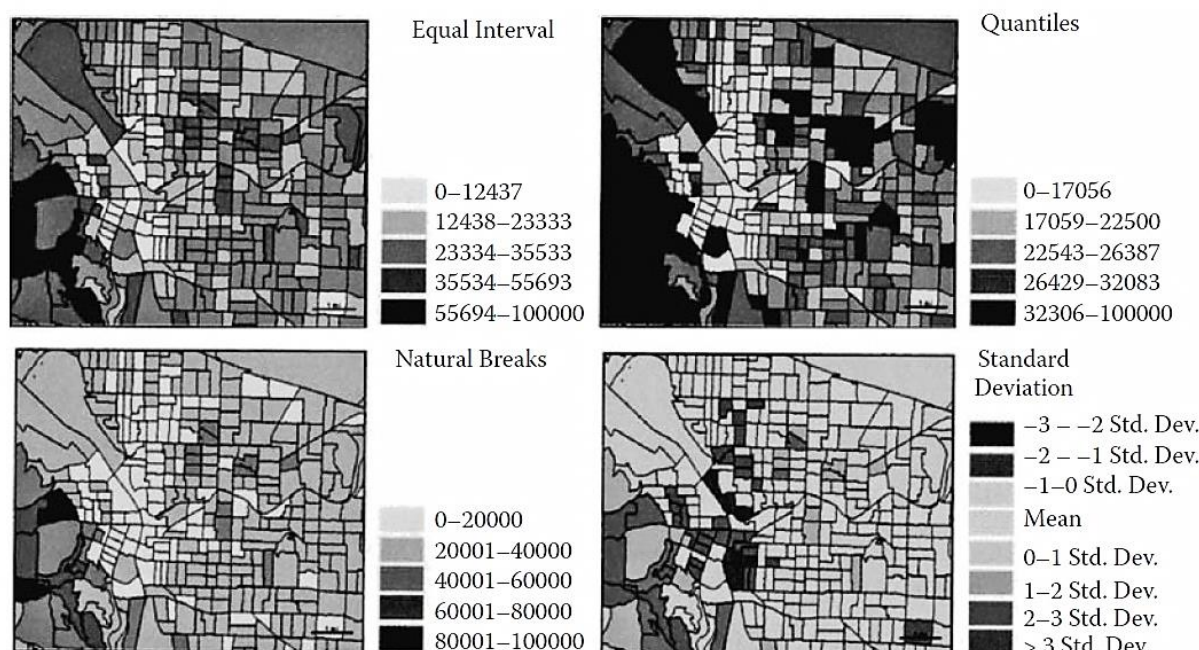
Query ها می توانند برای شناسایی نهادهای موجود در یک پایگاه داده که مطابق با دو یا چند معیار spatial و aspatial می باشند، ترکیب گردند. عملگرهای Boolean برای ترکیب پرسش ها، مانند AND، OR، NOT، و اپراتورهای XOR مورد استفاده واقع می شوند. عملیات Boolean، زمانی اعمال می شود که یک انتخاب دو طرفه و یک مورد خاص از تئوری مجموعه وجود دارد. انتخاب ممکن است بر پایه عدد صحیح، واقعی، و مقدار بازه باشد، و می تواند برای پیدا کردن آن جزء که با طیفی از مقادیر محدود شده تنظیم گردد.

این روابط هستند که پایه و اساس مدل پایگاه داده رابطه ای می باشند. در اینجا، پایگاه داده می تواند از چندین فایل مسطح و یا جدول تشکیل شده و هر یک می توانند شامل داده های صفاتی مختلف (و یا رشته) مرتبط با یک رکورد باشند. در پایگاه داده رابطه ای، کلیدهای پیوند فایل ها با داده های صفاتی مختلف، و رکوردهای با یک کلید مشترک مربوط به یکی از اجزاء GIS می باشند. وظیفه رابطه join شامل ترکیب دو یا چند جدول به صورت یک جدول واحد است که برای تجزیه و تحلیل داده ها و گزارش مفید می باشد. وظیفه join مکانی، خلاصه سازی داده های صفاتی از اجزاء مبتنی بر چند ضلعی ها در تم های دیگر است که در مجموعه قرار می گیرند، و سپس داده های خلاصه سازی شده را به این چند ضلعی ها می پیوندد به طوری که چند ضلعی ها بتواند نماد دهی و query ها مبتنی بر این داده ها قرار گیرند. SQL زبان پرس و جو (ساختار زبان پرس و جو) استاندارد برای query های مکانی در پایگاه داده رابطه ای است، و این رویکرد به دامنه مکانی نیز گسترش یافته است.

با استفاده از این مجموعه فرمان گرا، کاربر می تواند نمایش طبقه بندی و تعمیم عملیات را به عنوان برجسته سازی نقشه های موضوعی ویژگی های صفاتی مورد نظر، به انجام رساند. روش های طبقه بندی، ابزارهایی برای تبدیل داده های مکانی به الگوهای که ما می توانیم درک نماییم است. در برخی از GIS ها، روش ها به عنوان یک دستور reclass اجرا شده است. طبقه بندی های ساده اغلب برای نمایش خواص مختلف دائمی مانند ارتفاع، تراکم جمعیت، و غیره ساخته شده است. عمل تعمیم شامل ترکیبی از تعدادی از کلاس ها برای کاهش جزئیات به کلاس های عمومی تر می باشد. (Burrough, ۱۹۸۶). روش های طبقه بندی مختلف مورد بحث برای یک متغیر منفرد، از جمله Arbitrary, Exogenous, Ideographic, و serial class intervals است. طبقه بندی Exogenous از سطوح آستانه مرتبط در نظر گرفته شده و یا استاندارد استفاده می کند. روش Arbitrary نیز مشابه مورد Exogenous است، اما اجازه می دهد تا طبقه بندی غیر استاندارد مورد استفاده قرار گیرد. طبقه بندی Ideographic بر اساس "شکند های طبیعی"^۱ در داده ها است. serial class intervals می تواند بر اساس تجزیه و تحلیل آماری داده ها، و یا ممکن است بر اساس فواصل برابر فرکانس، محاسبات یکسان، و یا برخی نرمال سازی های دیگر ریاضی از داده باشد (شکل ۴-۳). (Burrough, ۱۹۸۶) اشاره می کند که یک تمایل در نقشه سازی به طبقه بندی داده ها بلافاصله پس از آنکه مشاهدات اولیه ساخته می شوند وجود دارد. این می تواند سبب اجتناب در از دست دادن داده ها با استفاده مناسب از GIS شود. او طرفدار ذخیره سازی داده های اصلی بوده و هشدار می دهد در مقابل آرشیو اطلاعات در فرم طبقه بندی شده، طبقه بندی می تواند شامل سو گیری های متفاوت تحلیلگران شود.

تجزیه و تحلیل اجزای-اصلی (PCA) یک تکنیک ریاضی برای بررسی روابط بین تعدادی از تم های نقشه، پوشش ها، و یا لایه ها است. داده های اصلی به مجموعه ای از خواص جدید به نام اجزای اصلی، که ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی و مشتق شده از ماتریس همبستگی می باشد، تبدیل شده است. به

طور معمول در پردازش تصاویر ماهواره ای برای تعیین محتوای اطلاعات در سراسر باند سنسور، اعمال می شود، تجزیه و تحلیل اجزای اصلی همچنین می تواند به هر مجموعه داده چند متغیره دیگر برای یک ناحیه به کار گرفته شود. (Burrough, ۱۹۸۶) پسوند PCA را می توان مانند یک تجزیه و تحلیل خوشه ای توصیف کرد.



شکل ۳-۴ مقایسه روش طبقه بندی برای داده های نقشه های موضوعی.

۵.۴. عملیات همسایگی

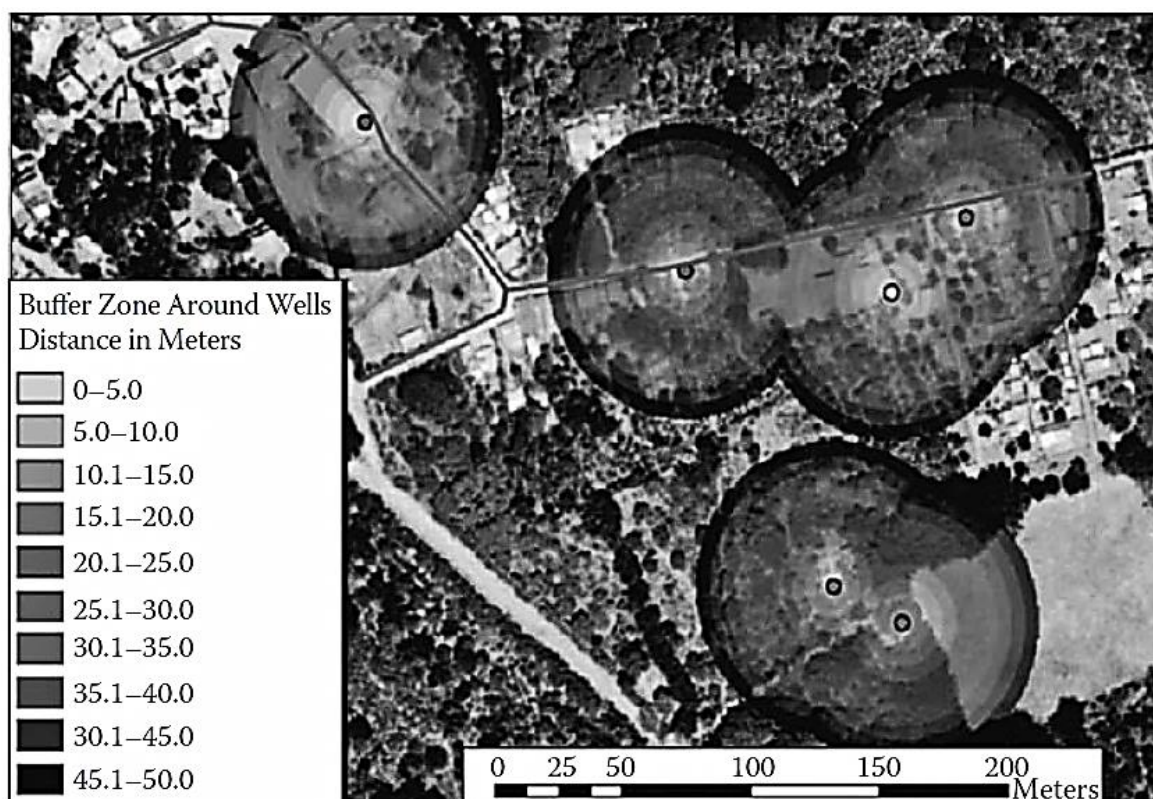
عملیات همسایگی که به یک نقطه اعمال شده است، شرایطی برای تجزیه و تحلیل مناطق اطراف آن محل مورد نظر می باشد. گاهی اوقات یک تابع "جستجو"، تمام نقاط یا سلول هایی که در آن همسایگی قرار می گیرند را، در محاسبات جهت استفاده فرا می خواند. نقشه جدید با مقادیر محاسبه شده توسط تعدادی از توابع یک محل هدف و همسایگی در اطراف آن هدف شکل گرفته است. از انواع آمار خلاصه مشخصات که می تواند برای یک منطقه محاسبه شود تعداد و علائم، حداقل، حداکثر، میانگین، میانه، جمع، دامنه، انحراف استاندارد، اکثریت، و انواع هستند. شکل همسایگی می تواند یک مستطیل، دایره، و یا دیگر پنجره جستجوی مشخص شده، مانند یک منطقه باشد.

مجاورت اختصاص مناطق در یک نزدیکی به اجزاء موجود در تم فعال، و ایجاد یک تم شبکه به عنوان خروجی است. هر مکان سلول در تم شبکه به نزدیک ترین اجزاء بر اساس فاصله اقلیدسی مشخص اختصاص داده می شود. چند ضلعی تیسون از یک پوشش نقطه ای به عنوان مناطق نزدیک به هر نقطه تشکیل می شود.

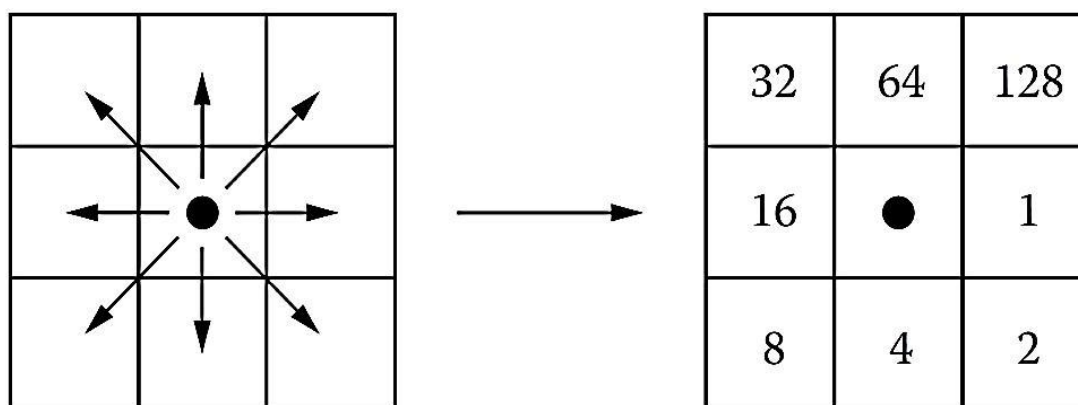
عملیات بافر^۱ پیدا کردن اجزایی در فاصله خاص از اجزاء دیگر است. اگر یک نقطه بافر شده باشد، یک منطقه دایره ای تشکیل می شود، در حالی که بافر خطوط و چند ضلعی مناطقی جدید را ایجاد می نماید (شکل ۴-۴). بافر مفهومی ساده است، اما می تواند در روش های گوناگون اعمال شود، برای مثال زمانی که با لایه های دیگر برای شناسایی روابط پیچیده بین تم ها ترکیب می گردد. به عنوان مثال، بافر در اطراف چاه و منابع تأمین آب می توان برای شناسایی حوضه هایی که باید از دفع زباله و منابع نا متمرکز آلودگی محافظت گردد استفاده می شود.

فیلترها معمولاً برای داده های ارتفاعی برای تعیین شیب، جهت، و سایر خصوصیات زمین استفاده می شود. داده های زمین ممکن است توسط DTM (مدل رقومی زمین) و یا TIN (شبکه نامنظم مثلثی)، بسته به مدل داده، بیان شوند. فیلترها برای تعیین شیب به داده شبکه سلولی اعمال می شوند (به عنوان مثال، نرخ تغییرات ارتفاع). شیب به صورت حداکثر گرادیان سلول های اطراف یک سلول داده شده، معمولاً با استفاده از یک فیلتر 3×3 و $D8$ (هشت جهت) که به ترتیب در طول نقشه منتقل شده محاسبه می شود (شکل ۴-۵).

جهت، جنبه حداکثر شیب افقی است (به عنوان مثال، جهت رو به). که ممکن است به صورت عدد واقعی آن جهت و یا به صورت یکی از ۹ جهت جغرافیایی بیان گردد. (به عنوان مثال، N، NE، E، SE، S، SW، W، NW، و مسطح). دیفرانسیل دوم تحدب (به عنوان مثال، نرخ تغییرات شیب) در ژئومرفولوژی مفید است. فیلترها نیز ممکن است برای صاف کردن تغییرات در یک تصویر رستری استفاده شوند. این تابع به طور معمول در پردازش تصویر ماهواره ای کاربردی است. محاسبات شیب و جهت شیب سطوح TIN بر اساس مثلثات سه بعدی ($D-3$) برای وجوه TIN است، که در آن X ، Y ، و مختصات Z برای هر راس از وجوه شناخته شده است. شکل ۴-۶ تعیین شیب از رستر ارتفاع و یا مدل رقومی ارتفاع (DEM) را نشان می دهد.



شکل ۴-۴ مثالی در موضوع عملیات بافر برای تعریف مناطق جهت حفاظت دهانه چاه از آلودگی.

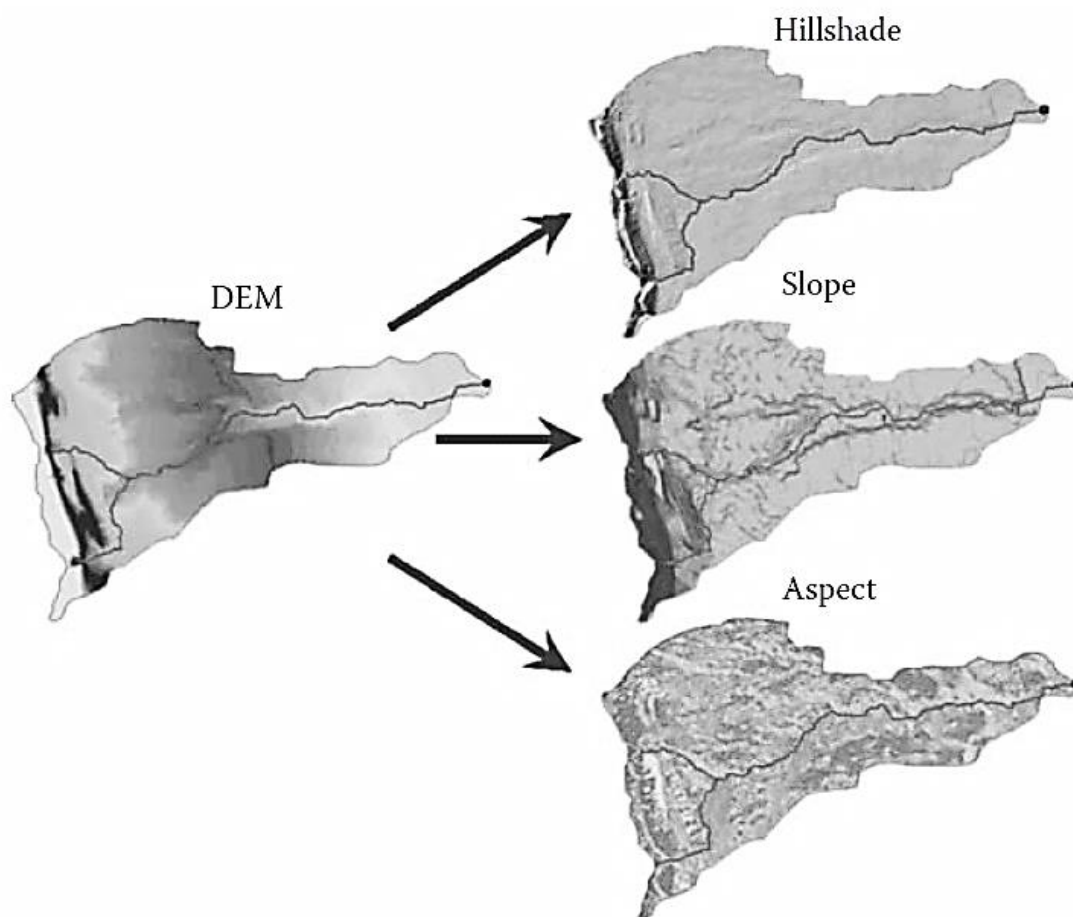


شکل ۴-۵ طرح جهات ۸D برای پردازش زمین.

نوع پیچیده تری از تابع فیلتر برای تفاوت های محدود و روش های عددی عناصر محدود استفاده می شود. اینها روش های ریاضی کاربردی برای داده های مکانی-پدیده ها هستند، که در آن عبارات کمی ریاضی اصول اساسی فیزیکی، مانند حفاظت از جرم و انرژی می باشند. به عنوان مثال، برنامه های کاربردی منابع آب شامل هیدرولیک سطحی و زیرزمینی. عبارات در هر مورد با توجه به اجزاء ویژه از مسائل که آدرس شده اند سازگار و ساده می گردند (به عنوان مثال، شرایط مرزی). در روش تفاضل محدود^۱، راه حل منطقه ای تصور یک گروه از نقاط شبکه است. معادلات دیفرانسیل حاکم توسط

^۱ Finite-Differences

معادلات تفاضل با توجه به مقدار تابع در نقاط شبکه جایگزین می شوند؛ و مشکل این است که پس از آن به ساختار جبری تبدیل می شوند. روش عناصر محدود^۱ در جایی که راه حل منطقه ای به صورت مجموعه ای از نواحی کاراکتری شده است، که همچنین به مجموعه ای از روابط جبری بین نواحی مجاور منجر می شود؛ استفاده دارد.



شکل ۴-۶ شیب، جهت، و سایه روشن را می توان از یک لایه رستری ارتفاع مشتق کرد.

۴.۶. آرایش مکانی و توابع اتصال

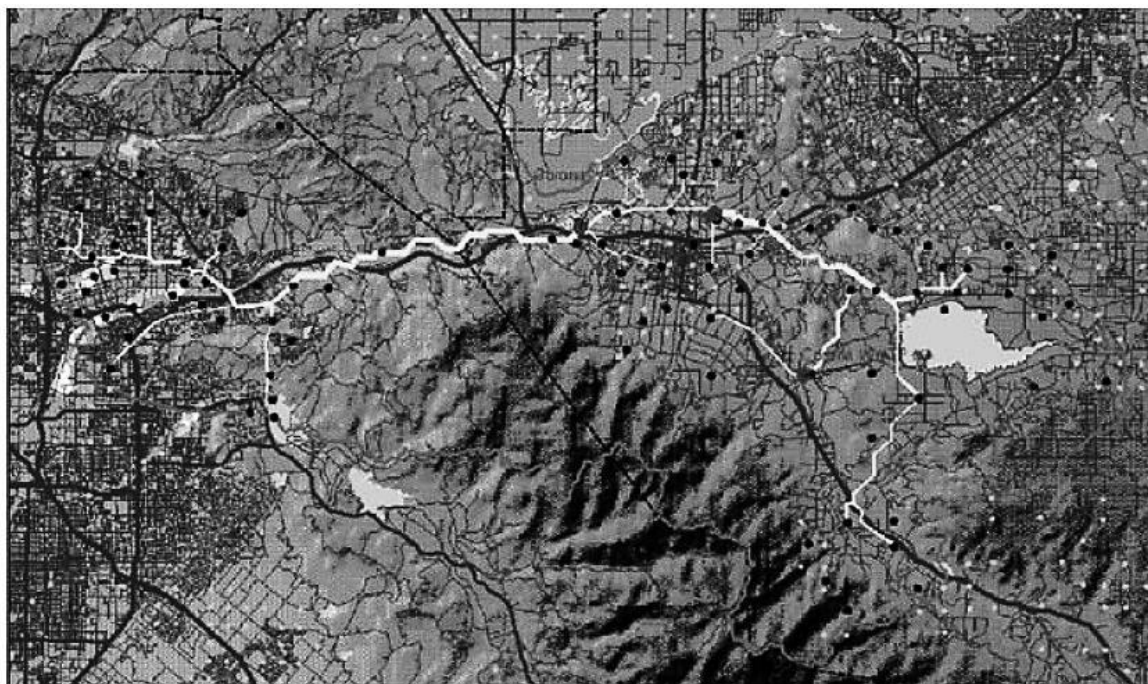
توپولوژی، یا ارتباط منطقی مجموعه ای از داده های برداری، باید ایجاد گردد؛ بنابراین اجزاء جدا از هم، اتصال، و آرایش مکانی را می توان ایجاد کرد. این تابع ضبط و اصلاح داده است و معمولاً در زمانی که فایل های CAD به یک پایگاه داده وارد و یا دیجیتالی کننده نقشه وسیله ای برای ضبط داده ها شده است، مورد نیاز می باشد. بسته به تلورانس، بردار ممکن است پرت و یا نرسیده به تقاطع ها باشند، و یا چند ضلعی به شکل کامل، بسته نشده باشد. یک بردار GIS به طور معمول روال هایی را برای "clean" مجموعه داده های وارد شده، جهت اتصال تقاطع های پرت شده یا نرسیده و همچنین چندضلعی های بسته نشده فراهم می کند. همچنین، مشکل "جزیره" ای بودن چند ضلعی مستلزم آن

^۱ Finite-element

است که چند ضلعی به طور کامل توسط چند ضلعی محصور دیگری شناخته شده باشد. بردار و چند ضلعی لاینحل و دارای اطناب را می توان شناسایی کرد به طوری که ابهامات را به صورت دستی حل و فصل نمود، شاید از طریق دیجیتالی کردن heads-up.

ایجاد توپولوژی صحیح چند ضلعی نیازمند به اطلاعاتی در مورد این است که نقاط و خطوط متصل چگونه یک مرز را تعریف کرده اند. در اینجا، به یک پوشش برداری از چند ضلعی ها (تقویت مسطح) که با هم همپوشانی ندارند، و همچنین همپوشانی از اجزاء ایجاد شده نقشه مورد نیاز است. توابع مجاورت اجزاء مناطقی که متصل هستند را تعیین می کنند. رابطه، بین اجزاء یک عامل مهم در پایگاه داده های برداری است. به عنوان مثال، داده های سرشماری ممکن است به شبکه خیابانی ارجاع داده شوند به طوری که پیمودن شبکه در یک جهت مشخص، امکان شناسایی بلوک های سرشماری در مناطق شمارش در سمت چپ و راست خیابان را بدهد.

شبکه یک ساختار داده متشکل از گره ها (اتصالات)، اتصال کمان (لبه)، و اطلاعات مربوط به روابط بین آنها است. داده ها در ظرفیت های Arc، زمان سفر، داده های صفاتی به اجزاء گره و Arc برچسب شده اند. کاربردهای رایج شامل مسیریابی و تخصیص مواد و یا جریان است (شکل ۴-۷). مدل های شبکه کاربرد گسترده ای در مدیریت منابع آب برای سیستم های لوله کشی و تأمین آب پیدا کرده اند. معادلات موازنه جرم و انرژی در میان توابع مدلسازی شبکه برنامه ریزی شده اند، و رویه های راه حل امکان استفاده از ساختار توپولوژیک ضمنی را در ساختار داده ها می دهند. جدای از شبیه سازی تنها، شبکه می تواند مسیر مطلوبی که زمان سفر و یا دیگر توابع هدف را حداقل می کند، شناسایی نماید. تجزیه و تحلیل شبکه را می توان با استفاده از مجموعه داده های رستر انجام، اما پیچیدگی بازنمودهای سیستم تا حدی با رویکرد شبکه سلولی محدود شده است.



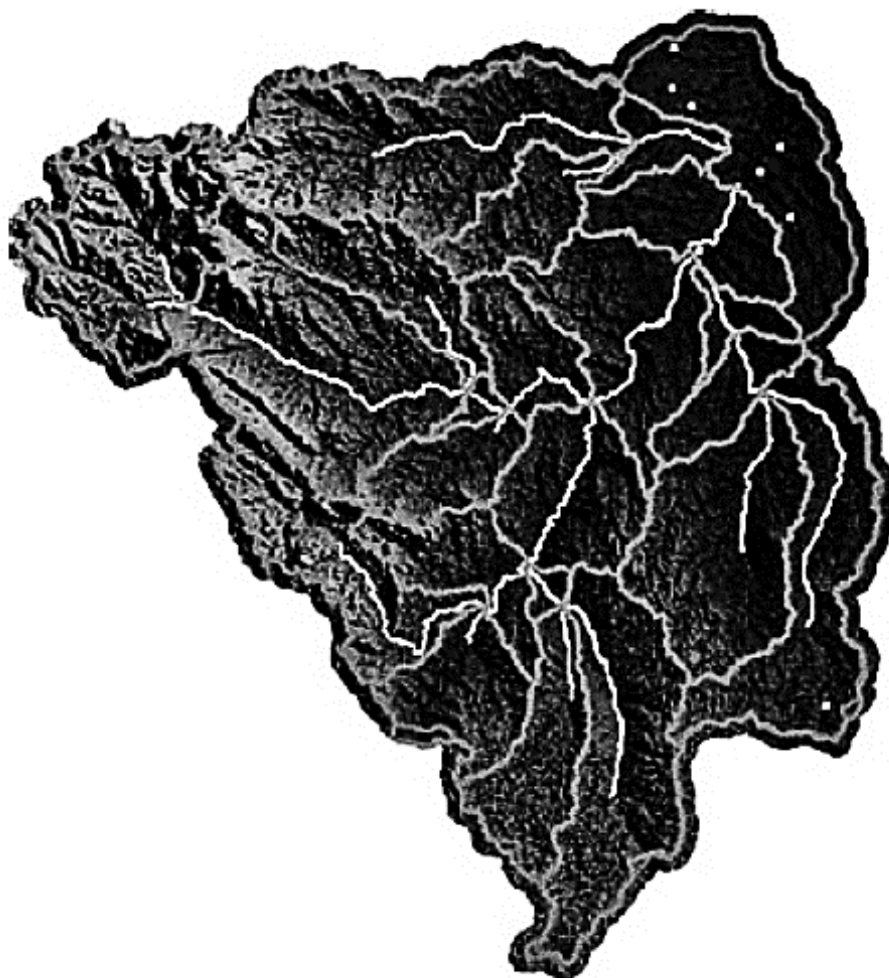
شکل ۷-۴ مسیرهای بهینه برای توزیع آب باز یافتی، مجمع احیا و مطالعات استفاده مجدد از آب جنوب کالیفرنیا (منبع: Lynch و همکاران ۱۹۹۸).

۴.۷. عملیات سطحی

عملیات سطحی شامل انواعی از توابع GIS است که به هر دو شبکه سلولی و برداری بازنمودهای از سطح را اعمال میکند. اغلب، سطوح بازنمودهایی از زمین با استفاده از مدل رقومی و یا TIN هستند، اما طرز العمل ها عمدتاً به سطوح ایجاد شده، برای متغیرهای دیگر اعمال شده است. شبکه سلولی یا مدل رقومی رستر گاهی موزاییک منظم و TIN نمایش موزاییک نامنظم از زمین نامیده می شود. گاهی اوقات، سطوح را می توان با استفاده از مدل های ۳-D ریاضی مانند چند جمله ای چند لایه درجه دوم، مکعب، و یا سری فوریه، بیان کرد. این سطوح به دلیل اطلاعات سطحی ساکن در پارامترهای مدل و نیز اینکه می توانند بر روی نوار دستور تولید شوند، بازنمودهای پارامتری نامیده می شوند. مدل های پارامتری دارای این مزیت می باشند که نیازمند داده های ذخیره سازی و محاسبات کم تر و ساده تر هستند، اما در عین حال جزئیات خاص از سطح ممکن است به دلیل عدم دقت مدل ریاضی از دست برود.

استخراج خودکار زیر حوضه ها و یا زهکش های سطحی، شبکه های کانال، تقسیمات زهکشی، و دیگر ویژگی های هیدروگرافی از DEM ها روال استاندارد پردازش سطحی در GIS مدرن است. روش هشت جهت، یا D۸، (شکل ۴-۵) رایج ترین روش برای شناسایی جهت جریان از یک سلول شبکه است. با استفاده از یک رویکرد تکراری شبیه به انتشار و جستجوی توابع، شبکه زهکشی D۸ از DEM های رستری بر اساس آنالوگ جریان زمینی تعریف می شود. روش steepest downslope مسیر جریان را بین هر سلول از DEM های رستری و هشت همسایگان خود شناسایی می کند، و این مسیر به عنوان تنها مسیر جریان سلول رستری تعریف می شود. این روش همچنین سطح حوضه آبریز downslope را همراه مسیرهای جریان اتصال دهنده سلول های مجاور تجمیع می کند. شبکه زهکشی با انتخاب سطوح آستانه حوضه آبریز در پایین یک کانال منشأ، و طبقه بندی همه سلول ها با یک منطقه بزرگتر حوضه آبریز به عنوان بخشی از یک شبکه زهکشی مشخص می شود. این یک رویکرد ساده شناسایی شبکه زهکشی است و به طور مستقیم شبکه های متصل را تولید می کند. شکل ۴-۸ یک مثال را نشان می دهد. توابع حوضه های آبریز با جزئیات بیشتر در فصل ۵ (GIS برای هیدرولوژی آب های سطحی) بحث شده است.

محاسبات Cut و fill اغلب برای زمین و توسعه بزرگراه ها به منظور برآورد حجم مواد مورد نیاز برای حفاری و یا خاک ریزی مورد نیاز است. دقت محاسبات برای برآورد هزینه های ساخت و ساز بسیار مهم است. مدل های سطحی شکل گرفته برای "قبل" و "بعد" شرایط، جهت به دست آوردن حجم Cut یا fill متفاوت می باشند.



شکل ۴-۸ روال پردازش DEM که برای استخراج شبکه های جریان و حوضه ها استفاده می شود.

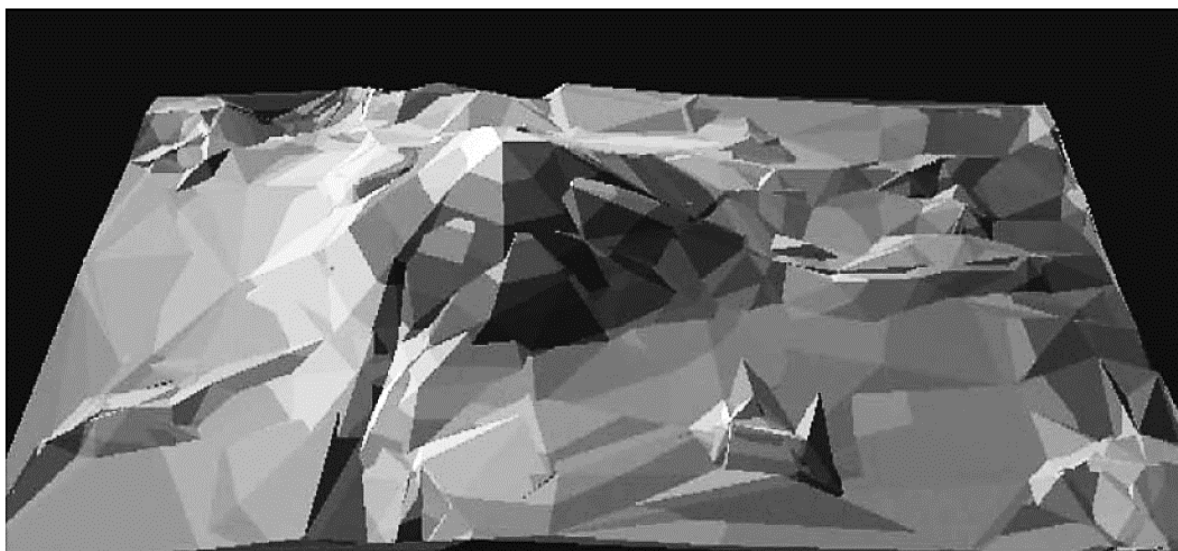
یک تابع گسترش، و یا کاهش فاصله، به یک سطح برای تعیین زمان سفر و یا هزینه اعمال می شود. سطح به طور معمول ساختاری شبکه سلولی است که در آن سلول های با مقادیری از زمان سفر، هزینه، و یا مقدار اصطکاک، شاید از شیب و یا دیگر متغیرهای مربوط به پدیده مورد نظر مشتق شده، کد گذاری گشته است. تابع گسترش شامل تعیین یک یا چند نقطه شروع است که از آن روال تکرار شونده حرکت از یک نقطه برای محاسبه هزینه نقل مکان به سلول مجاور استفاده می شود. این روش پس از آن شامل گام هایی است که خارج از سلول مجاور، و در مجموع تجمعی است از حداقل هزینه برای رسیدن به آن سلول برای هر سلول ثبت شده. تابع گسترش دارای این توانمندی است که موانع موجود را می تواند زیر پوشش شبکه قرار داده، و راه خود را در اطراف آن مانع طی کند. هنگامی که پوشش برای سلول های شبکه تکمیل شد، کوچکترین مسیر کاهش یافته، از هر نقطه به نقطه منبع، با حرکت از نقطه مقصد در طول حداقل مسیر کاهش یافته تعیین می شود. همین روند تابع جستجو و جریان نامیده می شود و برای تعیین حوضه استفاده می شود (بحث زیر را ببینید). این روش در واقع یک نوع از الگوریتم

دایکسترا^۱ می باشد، که به عبارتی یک پیاده سازی خاص از یک روش بهینه سازی کلی به نام برنامه نویسی پویا است (Hillier و Lieberman ۲۰۰۱). تابع فاصله مسیر به تابع کاهش فاصله گسترش یافته تا شامل عوامل افقی و عمودی در تعیین مسیرهای حداقل هزینه، و همچنین با توجه به فاصله واقعی بر روی سطوح سراسیب شود. به عنوان مثال، از عوامل افقی احتمالی، تأثیر سرعت و جهت باد در زمان انتقال گسترش آتش سوزی از نقاط احتراق را می توان نام برد (Davis و Miller ۲۰۰۴). و نیز از عوامل عمودی می توان به جهت شیب برای حرکت آبهای زیرزمینی اشاره کرد.

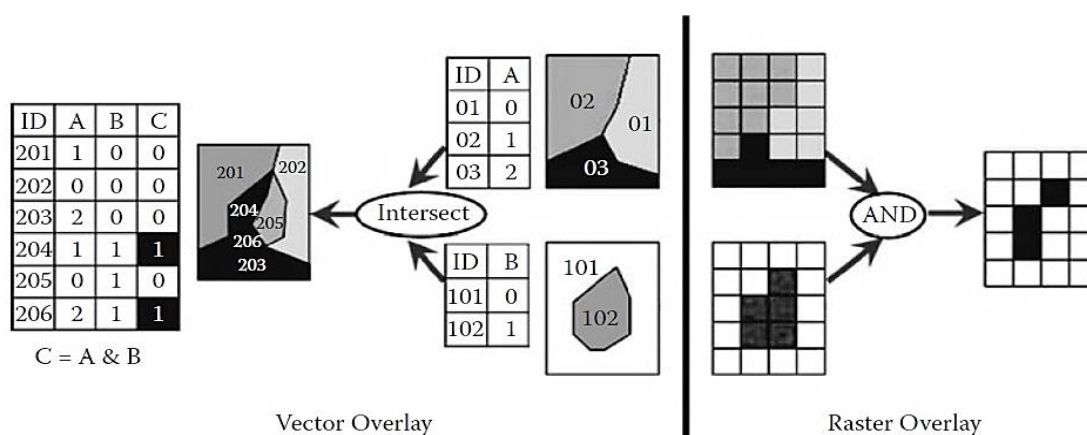
مدل عوارض زمین نیز یک ورودی اصلی برای دید میانی، یا خط های دید مستقیم و تجزیه و تحلیل آنها هستند. خط های دید مستقیم از DEM ها مشتق شده است (به عنوان DEM های شبکه و یا TIN) با استفاده از تکنیک اشعه ردیابی نشأت گرفته از نقطه منظر؛ که در کل مکان هایی که از نقطه منظر مشاهده می شوند یا مشاهده نمی شود شناسایی شده، و یک نقشه viewshed ایجاد گردیده است. تجزیه و تحلیل Intervisibility برای انواع برنامه های کاربردی، از جمله طرح بندی جاده (برای حفظ viewsheds منظره)، آنتن رادار انسداد پرتو، و مطالعات مکان مایکروویو-برج استفاده می شود. اغلب، اطلاعات کمکی در مورد پوشش گیاهی و ساختمان ارتفاعات به DEM برای تأثیر بر intervisibility اضافه می گردند.

توابع شبیه سازی نور اثر یک نور (یا خورشید) درخشان بر روی یک سطح ۳D است. که در آن فرمی از سطح، تحت تأثیر موقعیت منبع نور، عوارض سطحی زمین، و جهت گیری ها به خود می گیرد. این تصویر سایه دار یکی از خروجی های محبوب برای کاربران است زیرا به آنها یک نما از محل را نشان می دهد که بیانگر چهره زمین از داخل یک هواپیما پروازی می باشد. اغلب تصاویر سایه دار به همراه یک پوشش دیگر، برای مثال ارائه پوشش طبیعی زمین تولید می گردند (شکل ۴-۹). نمایش چشم انداز هنگامی به دست می آید که موقعیت مشاهده مایل تر از حالت عمودی است. روال تخصصی برای شبیه سازی حرکت سریع به وسیله flyovers می باشد که بسیار شباهت به شبیه سازهای بازی های کامپیوتری محبوب دارد.

^۱ Dykstra's algorithm



شکل ۹-۴ چشم اندازی از کوه سنت هلن.



شکل ۱۰-۴ مثالی از عملیات همپوشانی رستری و برداری دو لایه از داده های ورودی.

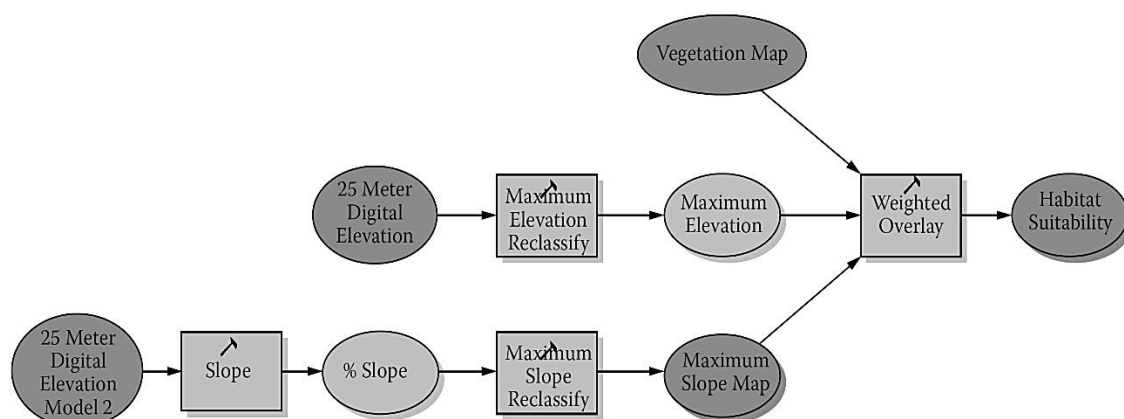
۸.۴. همپوشانی و نقشه جبر

عملیات همپوشانی یک دسته تابع تجزیه و تحلیل اولیه می باشد که سیستم اطلاعات جغرافیایی را از دیگر نرم افزار های مدیریت و تحلیل داده مجزا می سازد. همپوشانی یک رویه ادراکی است که توسط McHarg (۱۹۶۹) در برنامه ای برای مسیر یابی کاهش فشردگی بزرگراه ها با استفاده از نقشه های Mylar بکار گرفته شد. همپوشانی می تواند یک عملیات منطقی و یا ریاضی باشد که هم برای داده های پوشش مکانی رستری و همچنین برداری قابل استفاده است. همپوشانی منطقی شامل استعمال منطق Boolean برای مقادیر یک نقشه جهت استنتاج نقشه های دیگر که شامل همان مناطق و البته به همراه شرایط ویژه تنظیم شده دیگر است می گردد. برای داده های پوشش رستری، این امر با استفاده از برنامه های پیشرونده عملیات reclass برای تبدیل نقشه به فرمت باینری^۱ که در آن زیر مجموعه ای از شرایط

^۱ Binary

صادق است، انجام می شود، و پس از آن ترکیب مجموعه نقشه ها برای استنتاج نتیجه مورد نظر. Robinove (۱۹۷۷) مبانی شکل منطقی همپوشانی را خلاصه کرده است.

همپوشانی برداری شامل تعیین تقاطع چند ضلعی ورودی و یا نقشه خط-برداری با نقشه پوشش اجزاء چند ضلعی است. تقاطع، نقطه در چند ضلعی، و عملیات قیچی^۱ کلید این روش می باشند. پوشش برداری محاسباتی فشرده و در واقع چالشی برای بسیاری از توسعه دهندگان سیستم اطلاعات جغرافیایی است، که شامل ساختارهای پیچیده داده ها و عملیات می گردد. همانطور که در تقاطع، یا عملیات منطقی AND در شکل ۴-۱۰ بین دو لایه نقشه چند ضلعی نشان داده شده است، همپوشانی برداری به طور کلی در نسلی از اجزاء و ویژگی های صفاتی جدید در پایگاه داده مکانی نتیجه می گردد.



شکل ۴-۱۱ مدل مناسب برای زیستگاه prairie dog شامل مرحله بندی برنامه هایی کاربردی توابع تجزیه و تحلیل GIS بر اساس معیارهای علمی. مثال با استفاده مدل ساز ArcGIS® ایجاد شده است.

عملیات همپوشانی رستری (شکل ۴-۱۰) به طور معمول به نقشه جبر یا "mapematics"، که یک اصطلاح ابداع شده توسط Berry (۱۹۹۵) می باشد، اشاره دارد. لایه های نقشه یا پوشش معمولاً نشان دهنده یک تم واحد می باشند؛ و عملیات جبری ممکن است به یک پوشش، یا به چندین پوشش اعمال شده و به تولید یک پوشش جدید که در آن هر مقدار تابعی از مقدار نقشه اصلی است بیانجامد. ساختار داده های مبتنی بر شبکه ساده از یک نقشه رستری، امکان عملیات پیچیده تر ریاضی را که نسبت به همپوشانی برداری ممکن می باشند، می دهد. عملیات اعمال شده به یک پوشش منفرد، عملیات scalar نامیده می شود؛ که در آن مقادیر نقشه جدید بسیار شبیه به یک صفحه گسترده محاسبه می شوند. به عنوان مثال، در برآورد نفوذ بارش ممکن است نقشه اولیه داده شده ی هدایت هیدرولیکی خاک محاسبه شود. برای محاسبات چندگانه نقشه جبر، ممکن است دو نقشه توسط یکدیگر برای فرم دادن به نقشه مشتق شده چندین برابر شوند. محاسبات ممکن است در تناظر یک به یک سلول های بین دو نقشه باشد، و یا ممکن است بر اساس مقادیر مشتق شده از اجزاء دو نقشه بکار برود (به عنوان مثال، برخی از ویژگی صفاتی همسایگی اختصاص یافته به مقادیر سلول). علاوه بر چهار عمل اصلی جبری (جمع،

^۱ Clipping

تفریق، ضرب و تقسیم)، تعداد دیگری از عملیات جبری و آماری ممکن است با استفاده از روش همپوشانی (به عنوان مثال، مقدار متوسط، قدرت، رتبه، حداقل، حداکثر) نیز انجام شوند. هنگامی که عملیات ریاضی مانند تولیدات و نسبت ها محاسبه شدند، درک مقیاس های اندازه گیری برای داده های نقشه برداری در محاسبات که ممکن است نا معتبر باشند، بسیار مهم است؛ به عنوان مثال، داده های اسمی و ترتیبی از انجام محاسبات نسبتی پشتیبانی نمی کنند.

گسترش مفاهیم همپوشانی و نقشه جبر منجر به مدل سازی های کارتوگرافیک می شود (Tomlin ۱۹۹۰). استفاده پی در پی از توابع پایه GIS شیوه ای برای حل مسائل پیچیده مکانی است. به عنوان مثال، یک دنباله از توابع GIS ممکن است جهت شناسایی "بهترین" مسیر برای یک بزرگراه با در نظر گرفتن عوارض زمین، خاک، پوشش زمین، و عوامل دیگر اعمال شود. برای این تمرینات مدل های پیچیده، نشان دادن توالی عملیات با استفاده از نمودار جریان کمک بزرگی است (شکل ۴-۱۱).

مدل سازی مناسب شامل تعیین مناطق "مناسب" برای یک هدف داده شده است. این یک کلاس عمومی از مدل های کارتوگرافی است که در آن احکام فنی و خط مشی مربوطه در روشی جهت "وزن" همپوشانی در شیوه ای که شامل احکام است، گنجانیده شده است. مبانی تئوریک مدل سازی مناسب در متون ضوابط چندگانه تجزیه و تحلیل تصمیم گیری (MCDA) ایجاد گردیده است (به عنوان مثال، Malczewski ۱۹۹۹). مشکل MCDA شامل مجموعه ای از گزینه های است که بر اساس معیارهای اغلب متناقض و بی تناسب ارزیابی می شوند؛ در حالی که به دنبال حداکثر سازی برخی از هدف ها می باشد. جایی که در آن چند هدف درگیر هستند، به طور معمول، پس از آن مسأله چند هدفه پدیدار می شود، که در آن مقصد مشخص شدن روابط و تبادلات بین اهداف است. مدل سازی مناسب می تواند به عنوان یک امر پیشرو برای مدیریت مدل سازی ها در نظر گرفته شود، همانطور که در بخش ۴، ۱۲ توصیف شده است.

- Berry, J. K. ۱۹۹۵. Beyond mapping: Concepts, algorithms and issues in GIS. Fort Collins, Colo.: GIS World Books.
- Burrough, P. A. ۱۹۸۶. Principles of geographic information systems for land resource assessment. Monographs on soil and resources survey No. ۱۲. New York: Oxford Science Publications.
- Caballero, Y., P. Chevallier, A. Boone, and J. Noilhan. ۲۰۰۱. River flow modeling for a tropical high-altitude mountain: A case study of the Rio Zongo Valley in the Royal Cordillera, Bolivia. Paper presented at the ۶th scientific assembly of the International Association of Hydrological Sciences. Maastricht, Netherlands.
- Cai, Z. ۲۰۰۳. Use of GIS in analyzing environmental cancer risks as a function of geographic scale. Research report. Department of Mathematics, University of Arizona, Tucson.
- Clarke, K. C. ۲۰۰۲. Getting started with geographic information systems. ۴th ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Davis, B., and C. Miller. ۲۰۰۴. Modeling wildfire probability using a GIS. In Proc. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Annual Meeting of the ASPRS. Denver.
- Fleetwood, J. ۲۰۰۸. Development of a Geodatabase and Geoprocessing Tool for Environmental Data Management. Masters Report. Dept. Civil Engineering, Univ. of Colorado Denver. April.
- Haines, E. ۱۹۹۴. Point in polygon strategies. In Graphics gems. Vol. IV, ed. P. Heckbert, ۲۴–۴۶. New York: Academic Press.
- Hillier, F. S., and G. J. Lieberman. ۲۰۰۱. Introduction to operations research. New York: McGraw-Hill.
- Hopkins, L. D. ۱۹۷۷. Methods for generating land suitability maps: A comparative evaluation. J. Am. Inst. Planners ۴۳ (۴): ۳۸۶–۴۰۰.
- Hsu, C., and L. Johnson. ۲۰۰۷. Multi-criteria wetlands mapping using an integrated pixel-based and objectbased classification approach. In Proc. AWRA Annual Conference. Albuquerque, N.M.
- Jensen, J. R. ۱۹۹۶. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective. ۲nd ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Klipsch, J. D., and M. B. Hurst. ۲۰۰۷. HEC-ResSim, reservoir system simulation user's manual, version ۴,۰. Hydrologic Engineering Center (HEC), U.S. Army Corps of Engineers, Davis, Calif.
<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ressim/>.
- Labadie, J. ۲۰۰۴. Optimal operation of multi-reservoir systems: State-of-the-art review. J. Water Res. Plann. Manage. ASCE ۱۳۰ (۲): ۹۳–۱۱۱.
- Loucks, D. P., and J. R. da Costa, eds. ۱۹۹۱. Decision support systems: Water resources planning. NATO ASI Series. Berlin: Springer-Verlag.

Lynch, S., K. Martin, and D. Bramwell. 1998. Using GIS-based models to plan regional reclaimed water pipeline network. In Proc. 1998 Pipeline Division Conference, ed. J. Castronovo and J. Clark. Reston, Va.: ASCE.

Malczewski, J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. New York: John Wiley & Sons.

McHarg, I. L. 1969. Design with nature. New York: John Wiley & Sons.

Sage, A. 1991. Decision support systems engineering. New York: John Wiley & Sons.

Stein, S., C. Miller, S. Stout, and J. Webb. 2001. Big Sandy River basin STELLA reservoir regulation model. In Proc. World Water and Environmental Congress, ASCE. Orlando, Fla.

Tomlin, C. D. 1990. Geographic information systems and cartographic modelling. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2000. Projecting land-use change: A summary of models for assessing the effects of community growth and change on land-use patterns. EPA/600/R-00/098. EPA Office of Research and Development. Cincinnati, Ohio.

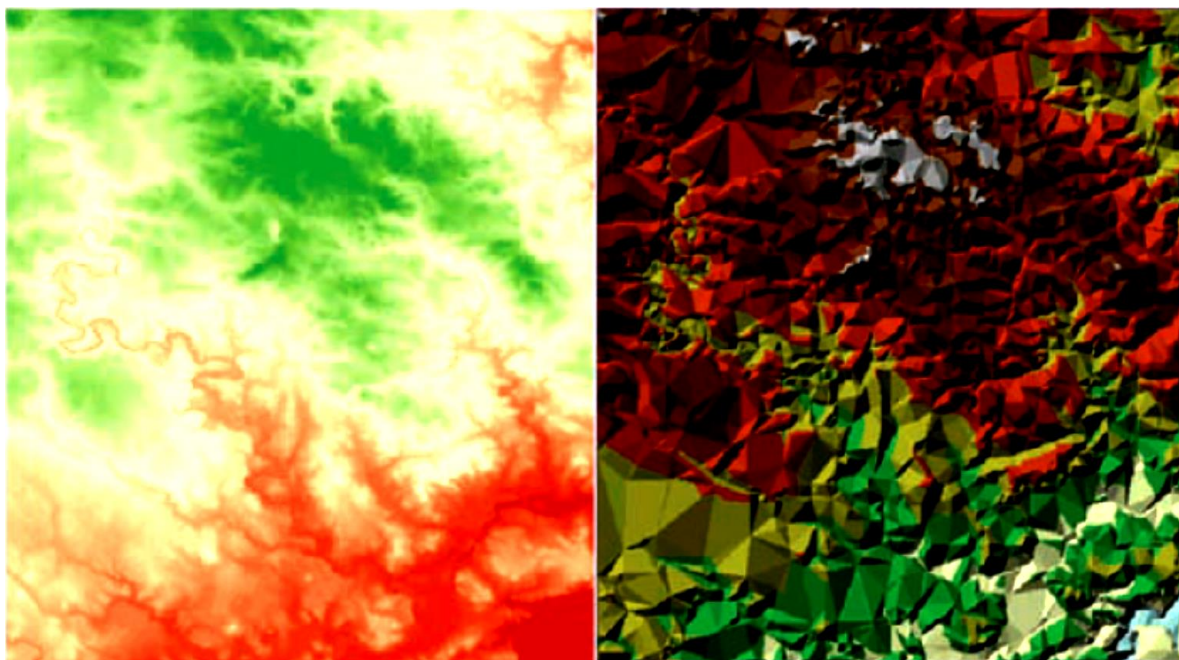
USGS (U.S. Geological Survey). 1999. Analyzing land use change in urban environments. USGS fact sheet, 188-99. <http://landcover.usgs.gov/urban/info/factsht.pdf>.

Varvel, K., and K. Lansey. 2002. Simulating surface water flow on the Upper Rio Grande using PowerSim 2001. SAHRA-NSF Science and Technology Center for Sustainability of Semi-Arid Hydrology and Riparian Areas, second annual meeting. University of Arizona, Tucson.

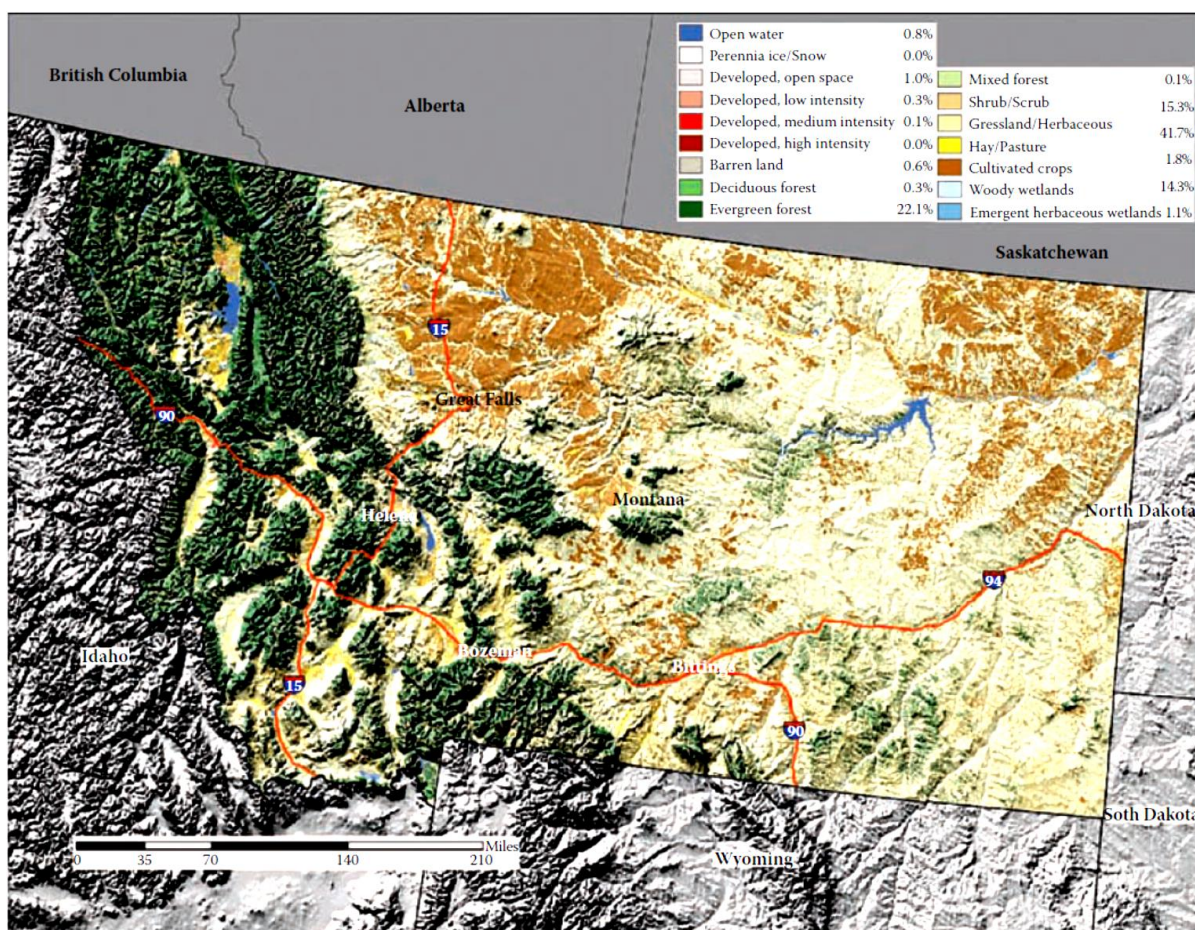
Walsh, M. R. 1992. Toward spatial decision support systems in water resources. J. Water Resour. Plann. Manage. 109 (2): 158-169.

Weiss, D. 2008. Geography 391: Quantitative methods in geography. Lecture 3 Notes. Department of Geography, University of North Carolina, Chapel Hill.

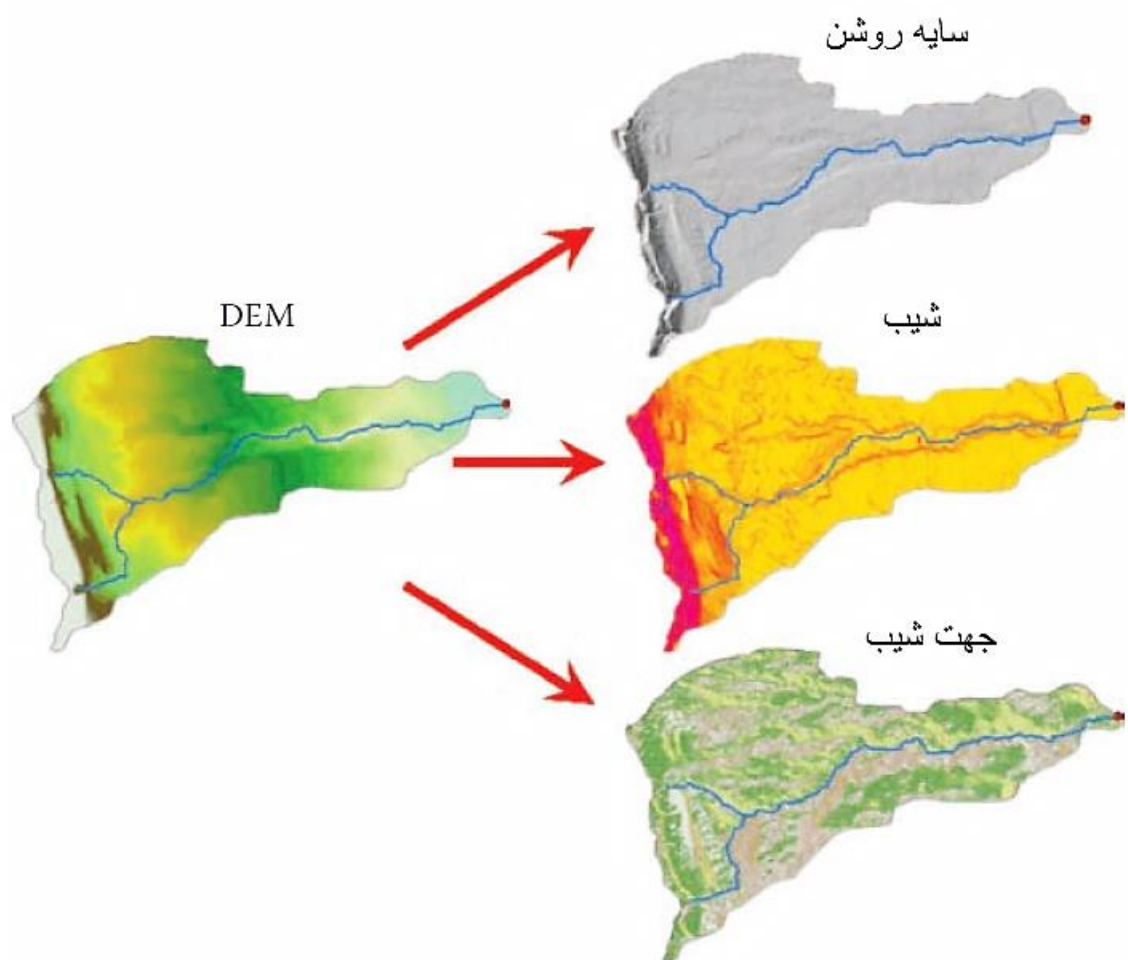
پیوست تصاویر رنگی



نمایش DEM به عنوان الف) شبکه - سمت راست، و ب) TIN - سمت چپ (۲۰۰۳ Close).



یک نمونه نقشه کاربری زمین - پوشش زمین از مونتانا برای نمایش محصولات توسعه یافته شبیه سازی لندست ۷ برای مجموع مناطق ایالات متحده.



نقشه های شیب، جهت شیب و سایه روشن، می توانند از لایه رستری ارتفاع حاصل شوند.