

دانشگاه پیام نور

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)
در
 برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای

تألیف، ترجمه و گردآوری:

دکتر شاهبختی رستمی

استادیار دانشگاه پیام نور – مرکز اسلام‌آباد غرب

فهرست مطالب

بیشگفتار ۱

- فصل اول: کلیات، شاهبختی رسمی — ۳
تعریفی از GIS •
دیدگاههای راجع به GIS •
تاریخچه GIS •
منابع اطلاعاتی GIS •
راهنمای مطالعه •
تمرینات •
منابع و مأخذ •

فصل دوم: سیستم‌های تصویر نقشه، مختصات جغرافیایی، مقیاس نقشه و GIS، شاهبختی رسمی — ۴۰

- نقشه و اطلاعات توصیفی •
مقیاس و سیستم تصویر نقشه •
سیستم مختصات جغرافیایی •
اطلاعات جغرافیایی •
راهنمای مطالعه •
تمرینات •
منابع و مأخذ •

فصل سوم: کارکردهای سامانه اطلاعات جغرافیایی، یاچک مالجفسکی، ترجمه دکتر اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلاندی — ۶۳

فصل چهارم: ساختار مدل‌های مکانی در محیط GIS، دکتر علی اکبر رسولی — ۱۴۰

فصل پنجم: کارتوگرافی و نمایش داده‌های جغرافیایی، دکتر سیدرضا حسینزاده و مهندس علیرضا بیدخوری — ۱۵۷

فصل ششم: راهنمای ۶ تمرین عملی و کار در آزمایشگاه GIS، شاهبختی رسمی — ۱۸۵

به نام خدا

پیشگفتار

جزوه حاضر به عنوان منبع درس دو واحدی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای دوره کارشناسی ارشد گرایش جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه پیامنور تهیه شده است. واقعیت امر این است که قرار بود این جزو در قالب کتابی با همین عنوان و با شکل و محتوایی کاملاً متفاوت تهیه شود اما مواردی همچون کمبود وقت، فراهم نشدن منابع خارجی موردنیاز، و مشکل دریافت برخی داده‌ها جهت تمرینات عملی از خارج از کشور مانع از تحقق این کار شدند.

با اینحال، با توجه به نیاز دانشجویان محترم، جزو حاضر با استفاده از منابع مذکور در ذیل تهیه و در دسترس قرار گرفته است. امید است در اولین فرصت با برطرف شدن موانع، تألیف کتاب اصلی به انجام برسد و کتابی منطبق با عناوین و سرفصل‌های مصوب تهیه و در دسترس عزیزان قرار گیرد.

این جزو شامل شش فصل است: فصول اول و دوم براساس منابع خارجی، داخلی و مقالات گردآورنده‌ی این جزو تهیه شده است. فصل اول به کلیات GIS، و فصل دوم به سیستم‌های تصویر و مختصات و مقیاس نقشه‌ها اختصاص دارند. فصل سوم کی بخشی از فصل دوم کتابی با عنوان سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری نوشته یاچک مالچفسکی، ترجمه دکتر اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده، انتشارات سمت، سال 1385 از صفحه 30 تا 107 است که به کارکردهای سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌پردازد. در فصل چهارم، ساختار مدل‌های مکانی در محیط GIS با اشاره به مدل داده‌های برداری و شبکه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. این فصل برگرفته از صفحات 89 تا 105 کتاب تحلیلی بر فناوری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تألیف دکتر علی اکبر رسولی، انتشارات دانشگاه تبریز، سال 1384 می‌باشد. فصل پنجم نیز با عنوان کارتوگرافی و نمایش داده‌های جغرافیایی برگرفته از صفحات 261 تا 282 کتاب سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS، نوشته دکتر سیدرضا حسینزاده و مهندس علیرضا بیدخوری، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، سال 1387 است. بالاخره، فصل ششم یک راهنمای ساده و قدم به قدم برای شش تمرین عملی مورد استفاده در دروس مرتبط با برنامه‌ریزی شهری است که براساس جزوهای استاندارد مؤسسه ESRI تهیه، ترجمه و در برخی موارد با داده‌های محلی جایگزین شده است.

ضمناً یک لوح فشرده حاوی داده‌های مورد استفاده برای انجام تمرینات عملی فصل ششم ضمیمه‌ی این جزو می‌باشد. این داده‌ها عموماً سازگار با محیط نرم‌افزار ArcGIS می‌باشند.... و حرف آخر اینکه نظرات و پیشنهادات شما می‌تواند یاریگر ما در ویرایش‌های بعدی باشد. آدرس پست الکترونیکی: shahrostami2001@yahoo.com

فصل اول: کلیات، شاهدختی رسمی

- تعاریفی از GIS
- دیدگاههای راجع به GIS
- تاریخچه GIS
- منابع اطلاعاتی GIS
- راهنمای مطالعه
- تمرینات
- منابع و مأخذ

سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) چیست؟

هر رشته علمی معمولاً با تعاریف مشخص شروع می شود، اما در مورد سیستم های اطلاعات جغرافیایی تعاریف چندان هم واضح نیست. بنابراین در طول سالیان، تعاریف مختلفی بنا به ضرورت ارائه شده اند. البته جای تعجب هم ندارد که GIS بتواند به طرق مختلف تعریف شود. زیرا هر تعریف بستگی به نوع به کارگیری GIS در حوزه ای مشخص دارد. ولی به هر حال نکته مشترک در تمام تعاریف این است که نوع داده ها (یعنی داده های فضایی) داده هایی منحصر به فرد محسوب می شوند و می توانند به یک نقشه جغرافیایی وصل (link) گردند (شکل ۱-۱).

جداول مربوطه	
نوع جرم	مختصات
بازار	جهانی
آتشسوز	جهانی
لنجون	جهانی
پل	جهانی
آتشسوز	جهانی
لنجون	جهانی
بازار	جهانی

قطعات خودرو	
نوع قطعه	تعداد
شماره قطعه	۱۰۰
کامپیو	۵۰
لینک	۳۵
لنجون	۲۰
پل	۱۵
آتشسوز	۱۰
بازار	۷

شکل ۱-۱: دو جدول یا بانک اطلاعاتی، هر جدول شامل تعدادی ستون (برای ویژگی ها) و ردیف (برای رکوردها) است. لیست مربوط به قطعات خودرو حاوی اطلاعات فضایی (spatial) نیست. اما لیست جرائم شامل اطلاعات فضایی است زیرا یکی از ویژگی ها، آدرس محلی است که جرم در آنجا واقع شده و می تواند بر روی نقشه به تصویر درآید. لیست اخیر می تواند در GIS مورد استفاده قرار گیرد.

وقتی صحبت از اطلاعات "فضایی" می شود منظور "واقعیت هایی است که مربوط به فضای اطراف ماست و در میان آنها زندگی و فعالیت می کنیم". پس تعریفی که در اینجا می تواند مورد نظر باشد مرتبط با توصیفی ساده از سه قسمت یک سیستم اطلاعات جغرافیایی خواهد بود که عبارتند از (۱) بانک اطلاعاتی، (۲) اطلاعات فضایی یا نقشه ای، و (۳) راههایی برای ارتباط دادن موارد (۱) و (۲). اجزاء ضروری عبارتند از کامپیوتر، نرم افزارها، و اشخاصی که از سیستم استفاده می کنند. همچنین ما به کار یا مسئله ای بنیادی که GIS را برای انجام یا حل آن مورد استفاده قرار دهیم نیاز داریم، مثلاً انتخاب یک جایگاه مناسب برای دفن زباله شهری، مسیریابی آمبولانس های یک بیمارستان در مناطق اطراف، ایجاد مرکز اطلاع رسانی به شهروندان در نقاط مختلف شهر و یا ایجاد یک مرکز جدید دانشگاهی. پس در اینجا به فهم و تجربه سیستم و مسئله هر دو نیاز داریم، و همانطوریکه در طول مطالب بعدی متوجه خواهیم شد این دو از مهمترین و مشکل ترین موارد کار با GIS محسوب می شوند.

GIS و نقش ابزاری آن

یک سیستم اطلاعات جغرافیایی می تواند به عنوان جعبه ابزاری برای تحلیل داده های فضایی انگاشته شود. این ابزار البته ابزارهای کامپیوتری هستند و GIS می تواند به عنوان مجموعه ای نرم افزاری در نظر گرفته شود که شامل عناصر ضروری برای کار با داده های فضایی است. اگر ما بخواهیم کتابی بنویسیم ممکن است به مفازه خدمات کامپیوتری رفته و بسته پردازشگر Word را به عنوان ابزاری برای تایپ کتابمان خریداری کنیم. به همین قیاس، اگر ما به دنبال کار با داده های فضایی باشیم یک تعریف از GIS می تواند این باشد که GIS جعبه ای نرم افزاری است که به ما قابلیت های لازم را برای تحلیل جغرافیایی ارائه می دهد.

پیتر بارو در کتاب پیشگام خود سیستم های اطلاعات جغرافیایی را "مجموعه ای قدرتمند از ابزارها برای ذخیره سازی و بازیابی داده ها می داند که از طریق آن داده های فضایی برگرفته از دنیای واقعی را برای اهداف خاص تغییر داده و نمایش می دهد" (Burrough, 1986, p.6). کلمه کلیدی در این تعریف کلمه "قدرتمند" است و بارو نشان می دهد که GIS ابزاری در خدمت تحلیل های جغرافیایی است. این گونه تعریف غالباً "تعریف جعبه ابزاری" از GIS نامیده می شود زیرا تأکید آن بر روی مجموعه ای از ابزارهای طراحی شده برای حل مسائل خاص است.

اگر GIS را یک جعبه ابزار بدانیم یک سؤال منطقی این خواهد بود که این جعبه شامل چه نوع ابزاری است؟ نویسندهان چندی تلاش کرده اند تا GIS را در قالب آنچه که انجام می دهد تعریف کنند تا "تعریفی عملی" از

ارائه داده باشند. بیشتر این نویسنده‌گان بر سر این نکته توافق دارند که عملکردها قابل مقوله بندی هستند و هر مقوله نیز شامل زیر مجموعه‌ای از وظایفی است که به صورت زنجیره‌ای شکل می‌گیرند. این شکل گیری منوط به جابه جایی و حرکت داده‌ها و اطلاعات از منبع خود به سمت استفاده کنندگان و تصمیم گیران است. تعریفی دیگر هم از GIS می‌گوید که سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی "سیستم‌های خودکار برای به دست آوردن، ذخیره سازی، بازیابی، تجزیه و تحلیل، و نمایش داده‌های فضایی هستند" (Clarke, 1995, p.13). این تعریف را "تعریف فرآیندی" می‌نامند زیرا ما کار را با ابتدایی ترین وظایف مربوط به جمع آوری داده‌ها شروع کرده و آنرا با کارهای پیچیده‌تر مربوط به تجزیه و تحلیل و تفسیر اطلاعات به پایان می‌بریم.

GIS به عنوان یک سیستم اطلاعاتی

جک استس و جفری استار GIS را چنین تعریف می‌کنند: "GIS یک سیستم اطلاعاتی طراحی شده برای کار با داده‌هایی است که مرجع آنها موقعیت فضایی خاص یا مختصات جغرافیایی ویژه‌ای است. به عبارت دیگر، GIS هم سیستم بانک اطلاعاتی با قابلیت‌های خاص جهت داده‌های فضا-مرجع است و هم مجموعه‌ای از توابع کار با داده‌ها" (Star and Estes, 1990, p.2).

تأکید این تعریف بر خصلت پاسخگویی GIS به سوالات و پرس و جوهاست که می‌توان آن را نوعی "تعریف سیستم اطلاعاتی" نامید. این بدان معناست که GIS کار گردآوری، جداسازی، دسته بندی، انتخاب و بازسازی داده‌ها را برای یافتن اطلاعات درست و دقیق جهت پاسخ گفتن به سوالات مشخص به عهده دارد. ارجاع دادن به مختصات جغرافیایی بخش مهمی از این وظیفه است زیرا مختصات به صورت جدی برای آن مورد استفاده اند تا ما بتوانیم داده‌ها را با نقشه مرتبط (link) کنیم.

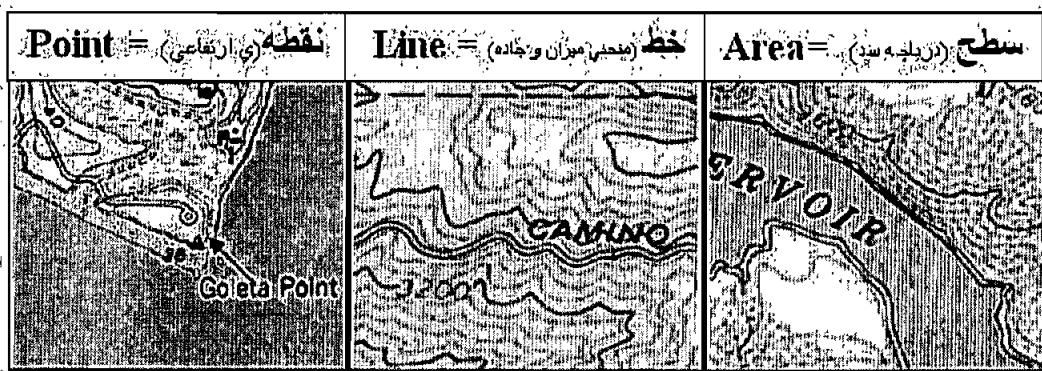
یکی دیگر از تعاریف "سیستم اطلاعاتی" GIS تعریفی است که از پس محک زمان به خوبی برآمده و ارزش آن را دارد که با تفصیل بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. در سال 1979 یعنی وقتی که GIS دوران طفولیت خود را می‌گذراند شخصی به نام کن دوکر (Ken Dueker) GIS را اینگونه تعریف کرد: "GIS موردنی خاص از سیستم‌های اطلاعاتی است که بانک اطلاعاتی آن شامل مشاهدات مربوط به پراکندگی فضایی عوارض، فعالیت‌ها، و وقایعی است که در قالب نقطه، خط، و سطح قابل تعریف‌اند. یک سیستم اطلاعات جغرافیایی داده‌های مربوط به این نقاط، خطوط، و سطوح را به درستی به کار می‌گیرد تا آنها را برای پرس و جوها و تحلیل‌های خاص و مورد نظر بازیابی کند" (Dueker, 1979, p.106).

عبارت "موردي خاص از سیستم های اطلاعاتی" در تعریف فوق اشاره به این دارد که GIS هم میراث خوار و هم میراث گذار فناوری سیستم های اطلاعاتی است. GIS ابداع کننده مدیریت بانک اطلاعاتی نیست، بلکه این علوم کامپیوتری هستند که سابقه ای 50 ساله در این خصوص دارند. از برنامه های صفحه گسترده (spreadsheet) (object-oriented) اولیه گرفته تا مدیریت بانک های اطلاعاتی ارتباطی و تا مدیریت بانک های اطلاعاتی شیء گرای (object-oriented) امروزین همه جزو مواردی هستند که با سوابق علوم کامپیوتری مرتبط می باشند. سیستم های اطلاعاتی به صورتی گسترده در علوم کتابداری، بازرگانی و نیز شبکه جهانی اینترنت مورد استفاده هستند.

در تعریفی که دوکر از GIS ارائه می دهد، بانک اطلاعاتی به خودی خود شامل مجموعه ای از مشاهدات است که موجب نوعی نگرش علمی برای اندازه گیری است. دست بر قضا کار محققان نیز اندازه گیری است و مشاهدات را در قالب نوعی سیستم ثبت می کنند تا برای تحلیل داده ها از آنها کمک بگیرند. مشاهدات از لحاظ فضایی پراکنده اند و به این خاطر است که در زمان های مختلف در یک فضا و یا در مکانهای مختلف در یک زمان اتفاق می افتد.

مشاهدات می توانند در سه دسته عوارض، فعالیت ها، و وقایع گروه بندی شوند. عارضه و ازه ای است که در کارتوگرافی به کار رفته و به معنای آیتم یا موردي است که بر روی نقشه جای می گیرد. عارض نقطه ای مثل یک نقطه ارتفاعی (شکل ۱-۲) تنها دارای یک موقعیت هستند. عوارض خطی دارای چندین موقعیت اند که در طول یک خط یا خطوط کشیده شده اند مانند نجاده ها و رودخانه ها. عوارض سطح شامل یک یا چندین خط هستند که حلقه ی بسته ای را تشکیل می دهند مانند خطوط ساحلی یک سد یا دریاچه. به طور سنتی، نقشه به عنوان منبع اطلاعات جغرافیایی محسوب می شود و اطلاعات مندرج بر روی یک نقشه شامل مجموعه ای از نمادهای ترسیمی نظیر رنگ ها، خطوط، الگوها و سایه هاست.

فعالیت ها اشاره به علوم و اقدامات اجتماعی و انسانی دارند. ایجاد الگوهای جغرافیایی و نحوه پراکنده گی آنها ناشی از فعالیت های انسانی است که به شکل نقشه های جمعیتی، نقشه های سرشماری، پراکنده گی حوادث و بلایا، مکان یابی زیرساخت ها و تمام آنچه که مربوط به زندگی روزمره مردم است ترسیم می گردند. مبحث وقایع در GIS اشاره به این نکته دارد که داده های جغرافیایی نه صرفاً از لحاظ مکانی بلکه از لحاظ زمانی هم دارای اهمیت هستند. زمان به منزله بعد چهارم بخشی وجودی از داده هاست زیرا وقایع در زمان به وقوع می پیوندند و عوارض طی زمان به وجود می آیند، مثلًا نقشه های امروزی ممکن است دریاچه سدی را در یک محل نشان دهند که صد سال پیش اصلاً وجود خارجی نداشته و طبیعاً نمی توانسته در نقشه های آن زمان هم ظاهر شود.



شکل 1-2: مدل عوارض. مثال هایی از عارضه نقطه ای (38 فوت ارتفاع)، عارضه خطی (جاده، خطوط منحنی میزان) و عارضه سطح (سد، پوشش گیاهی). مأخذ: Clarke, 2003.

تعریف دوکر از GIS فرض را بر این می گذارد که واقعیت نیز در قالب نقاط، خطوط و سطوح در پنهان فضا و نقشه پدیدار می گردند. محل تصادف یک خودرو می تواند مثالی از واقعه نقطه ای، جریان برق در طول خطوط سیم های انتقال مثالی از واقعه خطی، و یخ بستن سطح یک دریاچه در فصل زمستان مثالی از واقعه سطحی باشد. عنصر اطلاعات برای استفاده کننده از GIS عنصری مؤثر است و از لحاظ کارتوگرافیکی هر نوع اطلاعات به مثابه واقعیتی است که به صورت یک عارضه بر روی نقشه پدیدار می شود.

ما از نقشه GIS دقیقاً همان استفاده ای را می کیم که از یک سیستم اطلاعاتی، یعنی آن را برای حل مسائل، انجام پرس و جو، یافتن جواب یا تلاش برای یافتن راه حل های ممکن به کار می گیریم. پس مداده ها را به درستی، و البته نه به صورت دستی بلکه به شکل رقومی آن مورد استفاده قرار می دهیم. ما از داده های مربوط به وقایع یا فعالیت ها از طریق عوارض مندرج در نقشه رقومی که به منزله "دستگیره" هستند بهره می بریم. به عبارت دیگر نقاط، خطوط و سطوح در بانک اطلاعاتی نقشه رقومی برای مدیریت داده ها مورد استفاده قرار می گیرند. بخش مهم دیگری از تعریف دوکر آن است که پرس و جوها باید برای مورد خاصی که در دست است یا بررسی های موقعیتی ویژه اعمال شوند. ما به هنگام ایجاد یک سیستم GIS نباید از قبل بدانیم که دقیقاً آن را برای چه نوع استفاده ای نیاز داریم. این بدان معناست که GIS یک ابزار عمومی برای حل مسئله است و نه چیزی که تنها برای انجام پروژه یا تکلیفی مقطعي متأثر مربوط به این هفته یا ترم آينده باشد. ارزش GIS به آن است که قادر به استفاده از متدهای عمومی جغرافیا در مناطق خاص جغرافیایی است.

بالاخره در تعریف دوکر، GIS می تواند کار تجزیه و تحلیل انجام دهد. معمولاً هدف از داشتن داده ها در قالب GIS آن است که یک تحلیل گر بتواند آنچه را که برای انجام پیش بینی ها و توجیه پدیده های جغرافیایی ضروری است استخراج کند. تمرکز صرف بر فناوری GIS باعث نادیده گرفتن این واقعیت می شود که هدف نهایی یک

سیستم به کارگیری آن برای حل مسائل است. علوم اطلاعات جغرافیایی توصیف صرف نیستند بلکه شامل تحلیل، مدل سازی، و پیش بینی نیز می شوند. پس تعریف "سیستم اطلاعاتی" از GIS به آن نقشی بر می گردد که این صنعت در حل مسائل دارد. حال سوالی که مطرح است اینکه: آیا GIS هم تنها یک روش علمی دیگر در کنار سایر روش هاست یا به عنوان نگرش علمی جدیدی تلقی می شود؟

GIS به عنوان نگرشی علمی

چه به عنوان یک جعبه ابزار و چه به عنوان یک سیستم اطلاعاتی، فناوری GIS تمامی چارچوب تحلیل فضایی داده ها را تغییر داده است. در حال حاضر GIS نه با یکی بلکه با چندین تغییر انقلابی همزمان در روش مدیریت داده ها قابل مقایسه است. همگرایی GIS با فناوری هایی نظیر نقشه برداری، سنجش از دور، عکس های هوایی، سیستم موقعیت یابی جهانی (GPS)، و ارتباطات و محاسبات مربوط به پدیده های متحرک باعث رشد قابل توجه این فناوری ها شده است.

در نتیجه، روش انجام فعالیت (یعنی استاندارد اجرایی مدیریت داده های فضایی و جغرافیایی) سریعاً به بازسازی خود پرداخته است. یعنی اولاً فناوری GIS بسیار ساده تر شده، در نقاط بیشتری توزیع گردیده، ارزانتر شده و مرزهای جدیدی را به داخل رشته هایی نظیر انسان شناسی، اپیدمولوژی، مدیریت خدمات، جنگل داری، زمین شناسی و تجارت باز کرده است. دوم، حاصل این دگرگونی و مراودات گلچینی از دانش بوده که جغرافیا نام گرفته و GIS در میان این حوزه های موازی به عنوان یک نگرش جدید علمی مورد استفاده است. گودچایلد این نگرش جدید را "علوم اطلاعات جغرافیایی" نامیده است (Goodchild, 1992). گودچایلد علوم اطلاعات جغرافیایی را به صورت "موضوعاتی عمومی تعریف میکند که بر گرد استفاده از GIS حلقه زده و آن را در محاصره خود گرفته اند". او همچنین متذکر شده که این وضعیت شامل هم تحقیق "بر روی" GIS و هم تحقیق "با" GIS است. ویژگی هایی نظیر منحصر به فرد بودن داده های جغرافیایی، سؤالات تحقیقی خاصی که تنها قالب مناسب برای مطرح شدن آنها قالب جغرافیایی است، عمومیت و افزایش یافتن ملاقات ها و نشت های مربوط به GIS، و انتشار کتب و نشریات مربوطه از جمله مواردی هستند که به تقویت این رشته علمی منجر شده اند. در مقابل، گودچایلد مسئله دیگری را هم یادآور شده است. او می گوید که میزان پیشرفت های هر رشته با میزان ابتکارات به کارگرفته شده در آن رابطه متقابل دارد. اما از آنجا که علوم اطلاعات جغرافیایی به نوعی یک علم چندرشته ای (که چیزی جدای از بین رشته ای است) محسوب می شود لذا ایجاد ابتکار و نوآوری در آن کاری مشکل است، بخصوص

که در هسته مرکزی علم جغرافیا به عنوان یکی از شاخه های علوم اجتماعی تا حدودی هم سنت ناسازگاری با نگرش های تکنولوژیکی وجود دارد.

GIS و تجارت

طبق برآورد گروههای ناظر بر حوزه فعالیت های GIS، کل ارزش سخت افزاری، نرم افزاری و خدمات ارائه شده به وسیله بخش های خصوصی، دولتی، آموزشی و ... که با داده های فضایی سروکار دارند بالغ بر میلیاردها دلار در سال است. به علاوه طی سال های پایانی قرن بیستم و آغازین قرن بیست و یکم نرخ رشد سود سالانه این صنعت یک نرخ دو رقمی بوده است. تمام کسانی که در کنفرانس های ملی یا بین المللی GIS شرکت کرده اند می توانند رشد سریع و قاطع، ظرفات ها، و تغییرات محضی که به وسیله GIS ایجاد شده را حس کنند.

به صورتی کلی آنچه باعث ایجاد چنین وضعی شده کاهش عمده هزینه های این فناوری از بعد از سال 1982 است، زمانی که کامپیوترها از پشت شیشه پنجره مقاومت های بخصوص و از دسترس انحصاری کت و شلوار سفید ها خارج شد. این کاهش هزینه به همراه موفقیت ترمینال های کامپیوتری (workstations) (به عنوان ابزار مجموعه های مهندسی به رشد سریع آن چیزی منجر شد که معمولاً "مبناي محكم" GIS نامیده شده است. امروزه تقریباً در تمامی محافل دانشگاهی آمریکا و بسیاری از کشورهای دیگر حداقل یک کلاس برای آموزش GIS دایر است. همچنین در این کشورها غالب دواير محلی، ایالتی و فدرال، شرکتها، برنامه ریزان، معماران، جنگلداران، زمین شناسان، باستان شناسان و غیره از GIS استفاده می کنند. افزایش تعداد استفاده کنندگان به همراه افزایش ظرفات سیستم ها عواملی هستند که باعث تجارت بزرگ GIS شده اند.

با این حال موارد دیگری نیز در رشد و شکوفایی صنعت GIS اهمیت خاص داشته اند از جمله: اول، صنعت بر اساس منابع بسیار زیادی از داده های ارزان قیمت دولت فدرال آمریکا از جمله اداره سرشماری (U.S. Census Bureau) و سازمان زمین شناسی (U.S.G.S) (این کشور شکل گرفت. دوم، جامعه به طرز موفقیت آمیزی پشتیبانی خود را از این حوزه اعلام داشته و زیر ساخت های مربوط به تأمین مالی، گروههای استفاده کننده؛ شبکه های کنفرانس و نظایر آن را فراهم آورده است. سوم، رواج شیوه های تصویری مواجهه کاربر با کامپیو تر (Graphical User Interface) و استفاده از سیستم های عامل Windows و اضافه شدن ویزگی های فوق العاده سودمندی نظری صفحات کمک (Help screens) و مراحل نصب اتوماتیک نقشی اساسی ایفا کرده اند. چهارم، GIS به صورتی موفقیت آمیز و به موازات فناوری هایی دیگر ظهور یافت و از ضریب فزاینده حاصله بهره مند گردیده است.

رشد GIS پدیده‌ای تعجب آور چه از لحاظ گستره و چه از لحاظ عمق در بازار بوده و این حالت تا سال‌های سال نیز ادامه خواهد داشت. به طور مشخص، GIS با زندگی روزمره ما چنان ادغام شده و می‌شود که به زودی تصویر یک زندگی بدون GIS برای ما غیر ممکن بوده و باور نخواهیم کرد که قبل ابدون GIS چگونه کارهای علمی مان را انجام می‌دادیم.

GIS و رسالت اجتماعی آن

بسیاری از محققین GIS استدلال کرده‌اند که تعریف دقیق GIS چه به عنوان یک فناوری، چه نرم افزار و چه به عنوان یک رشته علمی باعث نادیده گرفتن نقشی می‌شود که GIS در تغییر شیوه زندگی و کار مردم ایفا کرده است. GIS نه تنها نحوه فعالیت روزانه ما را شدیداً تغییر داده بلکه چگونگی عملکردمان در میان سازمان‌های انسانی را نیز تحت تأثیر قرار داده است. نیک کریسمن GIS را به عنوان "فعالیتی سازمان یافته تعریف می‌کند که با آن مردم به سنجش و نمایش پدیده‌های جغرافیایی و سپس انتقال این تصاویر به اشكال دیگر می‌پردازند، ضمن اینکه با ساختارهای اجتماعی رابطه متقابل دارند".

این تعریف حاصل آن دسته تحقیقات GIS-محور است که به بررسی چگونگی متناسب شدن این فناوری با کل جامعه و از جمله مؤسسات و سازمان‌ها پرداخته و چگونگی استفاده از GIS در تصمیم‌گیری‌ها را مخصوصاً در یک مجموعه عمومی نظیر جوامع شهری یا گروههای اجتماعی مد نظر قرار می‌دهد. کمتر کسی در این نکته شک دارد که استفاده هرچه بیشتر سازمان‌های برنامه‌ریزی از GIS در کارهایشان باعث تغییرات فراوانی در وظایف کاری، انواع مشاغل، مسؤولیت‌ها و حتی روابط قدرت درون سازمانی آنها شده است. مثلاً وقتی که از GIS برای اولین بار در یک محیط کاری استفاده می‌شود، وجود یک نفر "قهeman" در میان گروه که از GIS حمایت کند بسیار مهم است. بسیاری از افراد به هنگام مطالعه GIS بیشتر بر روی توصیف و تحلیل چنین اثراتی تأکید کرده‌اند تا نکات فنی یا کاربرد خود GIS. این حوزه تاکنون برای خود صاحب تاریخچه (Foresman, 1997) و نشست‌ها و کنفرانس‌های روزافزون شده است. کتاب‌های چندی هم در این زمینه نگاشته شده‌اند از جمله کتاب Ground Truth به وسیلهٔ Pickles (1995)، که تا حدودی ابعاد انسانی تر و اجتماعی‌تر تحقیقات GIS را نشان داده است.

تعریف نیک کریسمن از GIS تمامی فرآیندهای اجتماعی کاربرد GIS را در بر می‌گیرد. مثلاً ممکن است برای ذخیره سازی داده‌های مربوط به مالکیت قطعات زمین مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، هدف و استفاده از

داده ها و انتشار آنها بر اساس فلسفه و سنت های جامعه ای که از داده ها استفاده می کند متفاوت خواهد بود. مثلاً در یک جامعه رشدیافته ممکن است GIS به صورت ساز و کاری برای سرعت بخشیدن به صدور جواز ساختمنی و افزایش تعداد معاملات زمین مدنظر باشد. در یک جامعه کم رشد، GIS ممکن است به عنوان وسیله ای برای بالا بردن آگاهی عمومی در باره موضوعات محیطی، برنامه ریزی اجتماعی و یا برای مطالعه کنترل میزان آلودگی به کار گرفته شود. اگر چه ممکن است در دو مجموعه‌ی متعلق به یک جامعه امکانات نرم افزاری، سخت افزاری و داده های یکسان باشند، ولی کارکنان، وظایف کاری آنها و نحوه مدیریت می تواند متفاوت باشد. در اینجا عوامل انسانی بیشتر از توانمندی های فنی تعیین کننده‌ی جایگاه و استفاده از GIS هستند.

اهمیت مبنای اندازه گیری عنصر دیگری است که در تعریف کریسمن قابل تشخیص است. به طور مغض GIS پشتیبان اندازه گیری های مربوط به زمین است، اندازه گیری هایی که از نظر قابلیت اعتماد و دقت بسیار متفاوت از همدیگرند. در بیشتر موارد GIS مبتنی بر "بهترین داده های قابل دسترس" است، اما عملأً بسیاری از داده ها ناقص، کهنه یا ناکارآمدند. چگونگی کنارآمدن با این مسئله برای کاربران GIS در استفاده مؤثر از توانمندی های این فناوری به همان اندازه اهمیت دارد که مجموعه نرم افزار و سخت افزار و فرآیندهای مربوطه. می توان گفت که GIS همانند نقشه در بردارنده‌ی مجموعه ای از خطاهاست که مورد توافق عمومی قرار گرفته اند. این تعریف نشان می دهد که GIS نه فقط خطاهای مورد توافق بلکه توافق بر سر داده هایی که ماحصل کار جامعه است را نیز در بر می گیرد. پس باید آن را به عنوان پدیده ای اجتماعی در نظر گرفت که می تواند در تعیین روابط اجتماعی میان گروهها و سازمان ها مؤثر باشد.

GIS روشهای تحقیق

GIS چیزی فراتر از تنها یک نوع نرم افزار نقشه کشی است. هنگامی که استراتژی مشخصی داشته باشیم ، GIS می تواند به عنوان یک فناوری به ما کمک کند تا در یک چارچوب علمی به طرح مسئله پرداخته و آن را به عنوان ابزار و روشهای تحقیقی به کار گیریم. اساساً GIS برای پاسخ به سوالات و تصمیم گیری مورد استفاده قرار می گیرد. برای استفاده مناسب از GIS؛ دانستن اینچه که می خواهیم بپرسیم و دنبال کردن یک فرایند منظم برای گرفتن جواب از اهمیت به سزا برخوردار است:

- تعیین چارچوب سوالات: تجزیه و تحلیل مبتنی بر GIS را با تعیین نوع اطلاعات مورد نیاز آغاز می کنند.

غالباً "این مرحله با طرح سوالاتی همراه است مانند:

• - بیشترین سرقت‌های ماه گذشته در کجاها اتفاق افتاده است؟

• - چه میزان اراضی جنگلی در هر حوزه آبخیز وجود دارد؟

• - چه تعداد ساختمان مسکونی در فاصله 500 متری یک سوپرمارکت یا داروخانه واقع اند؟

سوالات باید تا جاییکه امکان دارند دقیق و تخصصی باشند. این کار به ما کمک می‌کند که برای چگونگی روش

تحلیل تصمیم درست تری بگیریم، متدهای استفاده را مشخص کنیم و طریقه ارائه نتایج را تعیین کنیم.

- انتخاب داده‌ها: نوع داده‌ها و عوارضی که با آنها کار می‌کنیم به ما کمک می‌کند تا روش مناسب را برای

تجزیه و تحلیل برگزینیم. برای یافتن پاسخ سوالات از طریق روشهایی مخصوص احتمالاً نیاز به اطلاعاتی اضافی

خواهیم داشت. داده‌های مورد نیاز می‌توانند از منابع گوناگونی نظریه‌بانک‌های اطلاعاتی مربوط به هر سازمان،

تماس با مدیران، فایل‌های رقومی، اینترنت، بخش خصوصی و سازمانهای دولتی و ... تهیه شوند. نوع داده‌ها

انتخاب شده و منبع تهیه آنها به نیاز ما و میزان بودجه‌ای که داریم بستگی دارد. مهمترین اصل در مورد داده‌ها

کیفیت و دقت بالای آنهاست.

- انتخاب روش مناسب تجزیه و تحلیل: اینکه چه روشی باید برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گیرد بستگی

به نحوه استفاده از نتایج تجزیه و تحلیل دارد. مثلاً اگر یک کار مطالعاتی سریع در مورد سرقت‌های اتفاق افتاده در

یک شهر به منظور یافتن الگوهای مربوطه انجام می‌دهیم، ممکن است تنها به ترسیم توزیع فضایی تک تک جرائم

پردازیم. با اینحال، اگر برای این کار بخواهیم از شواهد مطرح شده در دادگاه و سایر مستندات استفاده کنیم،

احتمالاً به سنجش دقیق‌تر مکان‌ها و تعداد جرائم اتفاق افتاده در یک دوره زمانی معین نیاز خواهیم داشت و

بنابراین ما از یک روش دوره‌ای (دوره زمان مشخص) برای تجزیه و تحلیل استفاده می‌کنیم.

- پردازش داده‌ها: پس از انتخاب متدهای تجزیه و تحلیل، نیاز به پردازش داده‌ها به روشی معنی دار برای دستیابی به

اهداف موردنظرمان خواهیم داشت. پس اگر در پی تهیه نقشه پراکندگی عوارض (یا حوادث و وقایع) هستیم،

قطعاً نیاز به تعیین مختصات جغرافیایی نظری طول و عرض یا آدرس برای داده‌ها و تعیین مقادیر برای ویژگی‌های

مختلف خواهیم داشت (نک، فصل دوم). اگر در پی تهیه نقشه کمیت‌ها هستیم (مانند تعداد انواع گیاهان در یک

پارک شهری)، احتمالاً نیاز به انتخاب طرح طبقه‌بندی و تصمیم‌گیری بر سر تعداد طبقاتی که نمایانده داده

های ما هستند خواهیم داشت. و اگر در پی یافتن آن چیزی هستیم که در درون منطقه‌ای خاص اتفاق می‌افتد

نیاز به بررسی و سنجش آن ناحیه یا ترکیب لایه‌های مختلف اطلاعاتی خواهیم داشت.

- بررسی نتایج: مرحله نهایی، بررسی نتایج و تجزیه و تحلیل ها و اقدام بر اساس آن نتایج است. نتایج یک پروژه تحقیقی مبتنی بر GIS می‌تواند به صورت یک نقشه رقومی (دیجیتال)، یک نقشه چاپ شده بر روی کاغذ، ترکیبی از جداول و نمودارها و یا به روش‌های مشابه نمایش داده شود. اگرچه در GIS تأکید فراوان بر تهیه نقشه است، اما نرم افزارهای مربوطه به آن اندازه انعطاف پذیر هستند تا نتایج را به اشکالی که با نیازهای ما منطبق ترند نمایش دهند.

دیدگاههای راجع به GIS

GIS یک فناوری مبتنی بر کامپیوتر است که از اطلاعات جغرافیایی به عنوان چارچوبی برای مدیریت و ترکیب داده ها، حل مسائل و یا فهم موقعیت های گذشته، حال و آینده استفاده می‌کند، امروزه جغرافیا در بسیاری از نقاط جهان به عنوان رشتۀ ای کاربردی که با استفاده از آن میلیاردها دلار سرمایه گذاری برای بخش‌های تجاری و دولتی صورت می‌گیرد، مطرح است. مواردی نظیر انتخاب مکانها، هدف قرار دادن بازارها، برنامه ریزی شبکه‌های توزیع، پاسخگویی موارد اضطراری و تعیین مرزهای تقسیمات کشوری هر کدام به نحوی دارای سوالات جغرافیایی در بطن خود هستند. با استفاده از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان اطلاعات (ویژگی‌ها) را به مکان داده ها ارتباط داد، مانند ایجاد ارتباط بین مردم و آدرس‌های آنها، ساختمانها و محله‌های مختلف، یا خیابانهای یک شبکه ارتباطی. بعداً می‌توان هر کدام از این اطلاعات را به شکل لایه‌ای در آورد و آنها را با هم نمایش داد. این کار نشان می‌دهد که چگونه لایه‌های مختلف اطلاعاتی می‌توانند با هم مرتبط و ترکیب شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. پس کاربر GIS می‌تواند لایه‌هایی را که باید با هم‌دیگر ترکیب شوند انتخاب کرده و آنگاه چگونگی و مبانی ترکیب آنها را نیز بر اساس نوع سؤالاتی که برایش مطرح است مشخص کند. در بیشتر این مراحل نقش جغرافیا نقشی پایه‌ای است.

یک سیستم اطلاعات جغرافیایی غالباً "با تهیه نقشه سروکار دارد. با این حال، نقشه تنها یکی از راههای کار کردن با داده‌ها در GIS و تنها یکی از محصولات آن است. علاوه بر تهیه نقشه GIS دارای توانایی‌های خاصی در فرآیند حل مسائل است. بنا براین GIS می‌تواند با یکی از سه دیدگاه زیر مورد بررسی قرار گیرد:

۱- دیدگاه مبتنی بر بانک اطلاعاتی (Database)، ۲- دیدگاه مبتنی بر تهیه نقشه و ۳- دیدگاه مبتنی بر مدل که در اینجا به توضیح مختصر آنها می‌پردازیم.

- دیدگاه مبتنی بر بانک اطلاعاتی (*Database*): در این دیدگاه GIS یک نوع بانک اطلاعاتی منحصر بفرد از دنیای پیرامون ما یعنی یک بانک اطلاعاتی جغرافیایی (*Geodatabase*) است. در این دیدگاه GIS یک سیستم اطلاعاتی برای جغرافیا (مکانها) است که قادر به ذخیره سازی و نگهداری حجم بسیار زیادی از داده هاست که روش های سنتی به هیچ عنوان توان رقابت با آن را ندارند. اساساً در اینجا GIS مبتنی است بر یک بانک اطلاعاتی سازمان یافته که جهان را در قالب جغرافیا تشریح می کند.

- دیدگاه مبتنی بر تهیه نقشه: GIS مجموعه ای از نقشه های هوشمند است که عوارض جغرافیایی و روابط میان این عوارض را ببروی زمین نشان می دهد. نقشه ها پنجه هایی به بانک های اطلاعاتی هستند. یعنی برخلاف نقشه های سنتی معمول تنها به نمایش عوارض مکانی نمی پردازند بلکه به عنوان مجموعه هایی هوشمند می توانند برای پرس و جوهای فضایی و کشف روابط جغرافیایی میان چیزهای، طرح سوال، تجزیه و تحلیل، ویرایش داده ها و بسیاری قابلیت های دیگر مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، می توان نقشه های متنوعی هم با استفاده از آن ترسیم کرد، از جمله:

نقشه عوارض: مردم از نقشه استفاده می کنند تا ببینند چه عارضه ای در کجا قرار گرفته است، سپس با نگاه کردن به توزیع عوارض ببروی نقشه به جای یافتن فقط یک عارضه، می توان الگوهای استقرار و پراکندگی آنها را دریافت. نقشه پراکندگی عوارض به ما این اجازه را می دهدند تا مکان قرار گیری آنها را مورد توجه قرار دهیم، الگوهای غالب آنها را پیدا کنیم و سپس نتیجه بگیریم که چه عملی را در کجا انجام دهیم. مثلًا با ثبت وقوع زمین لرزه در پهنه ای جغرافیایی کشور می توان به جمع آوری اطلاعات مربوط به این عارضه دست زد. سپس با استفاده از این اطلاعات و ترسیم نقشه پراکنگی آن می توان الگوهای زلزله خیزی مناطق را مشخص کرد. با این کار می توان تصمیمات درست و علمی در رابطه با تخصیص برنامه ها و بودجه های مقابله با زلزله و مقاوم سازی ساختمان ها اتخاذ کرد.

نقشه کمیت ها: مردم کمیت ها را در قالب نقشه نمایش می دهند، تا محل بیشترین ها و کمترین ها را پیدا کنند، مکانهایی که منطبق با معیار آنها برای عمل هستند انتخاب کنند و روابط میان مکان ها را ببینند. این کار باعث ارائه سطح بالاتری از اطلاعات شده و فراتر از ترسیم نقشه عوارض است.

نقشه تراکم ها: در حالی که می توان تمرکز ها را با ترسیم نقشه ساده عوارض دنبال کرد، در نواحی دارای عوارض متعدد ممکن است پیدا کردن نواحی با تمرکز های بیشتر نسبت به بقیه کاری مشکل باشد. بنابراین، نقشه تراکم به ما اجازه می دهد تا تعداد عوارض را با استفاده از یک واحد همسان ناحیه ای (مثل هکتار، اکر، کیلو متر مربع) بسنجدیم و پراکندگی آنها را بهتر مشاهده کنیم. نقشه تراکم مخصوصاً زمانی مفید است که نواحی مورد نظر از

لحاظ اندازه متنوع و مختلف اند مانند نواحی سرشماری ، دهستانها ، محلات و نواحی شهری . نواحی بزرگ ممکن است تعداد جمعیت بیشتری داشته باشند ولی در عین حال ممکن است برخی نواحی کوچک دارای تراکم بالاتری باشند .

نقشه نواحی همچوar با یک پدیده : با استفاده از GIS می توان اتفاقاتی را که در فاصله ای مشخص از یک پدیده به وقوع پیوسته و یا ممکن است به وقوع بپیوندد به تصویر کشید. مثلاً می توان به آگاهسازی ساکنان مجاور با یک رودخانه در مورد احتمال وقوع سیل و دامنه گسترش آن در میان مناطق مسکونی پرداخت.

نقشه تغییرات : GIS به ترسیم نقشه‌ی تغییرات اتفاق افتاده در درون یک ناحیه به منظور پیش‌بینی وضعیت آینده کمک می‌کند. با این کار می‌توان تصمیم به عملی کردن برنامه‌ای گرفت و یا نتایج برنامه و سیاستی را ارزیابی کرد. با تهیه نقشه کجایی و چگونگی تغییر پدیده‌ها در یک دوره زمانی می‌توان به نحوه کارکرد و رفتار آنها پی‌برد و الگو سازی کرد. یعنی با ترسیم نقشه تغییرات می‌توان به پیش‌بینی نیازهای آینده پرداخت . مثلاً "اداره پلیس می‌تواند بررسی کند که چگونه الگوهای بزهکاری از یک ماه تا ماه دیگر تغییر می‌کند و با این بررسی می‌تواند اقدامات لازم را برای انجام پیشگیری‌های مربوطه به عمل آورد. همچنین با ترسیم نقشه شرایط قبل و بعد از انجام یک اقدام می‌توان به میزان تغییر یک واقعه پی‌برد . مثلاً" یک تحلیل گر خردهفروش می‌تواند نقشه تغییرات میزان فروش را قبل و بعد از یک آگهی تبلیغاتی منطقه‌ای بررسی کند تا به میزان اثر آگهی خود پی‌برد.

- دیدگاه مثبتی بر مدل: GIS مجموعه‌ای از ابزارهای انتقال اطلاعات است که داده‌های جغرافیایی جدید را از مجموعه داده‌های موجود استخراج می‌کنند. تجزیه و تحلیل‌های لازم را برروی انها انجام داده و نتایج حاصله را در قالب مجموعه جدیدی از داده‌ها عرضه می‌دارد . به عبارت دیگر با ترکیب داده‌ها و به کارگیری پاره‌ای تکنیک‌های تجزیه و تحلیل می‌توان مدلی ساخت که به پاسخ‌گویی سوالاتی که مطرح هستند کمک کند. بخش غالب فناوری کامپیوتر به منظور افزایش میزان دسترسی کاربران به داده‌های مرتبط طراحی شده است . با این حال، GIS فراتر از کند و کاو داده‌ها رفته و برای ما ابزاری را فراهم می‌کند تا آن داده‌ها را تفسیر کرده و روابط ، الگوها و گرایش‌هایی را که امکان دیدن آنها با روش‌های سنتی وجود ندارد، پیدا کنیم.

علاوه بر این، GIS به استفاده کنندگان خود اجازه می‌دهد که به مدلسازی سناریو‌هایی برای آزمودن فرضیات مختلف بپردازند و برآیند بصری آنها را به منظور یافتن نتایجی که نیازهای شان را برآورده می‌کند ببینند. مثلاً "یک مدیر خردهفروشی که به دنبال ساختن یک فردشگاه جدید است می‌تواند با استفاده از GIS به تحلیل ویژگی‌های جغرافیایی مشتریان و مکان‌های جدید و سایر رقبای احتمالی در آن مکان‌ها بپردازد . GIS به این مدیر اجازه می‌دهد تا مکان‌ها بالقوه را برروی نقشه مشخص کرده، زمان دسترسی به آنها را محاسبه کند، نگرانی‌های

زیست محیطی را مد نظر قرار دهد، و هر گونه عامل و شاخصی را که سنجش آن به وسیله روش های سنتی بسیار بر هزینه و زمان بر است، برآورد و محاسبه نماید. بدین ترتیب او می تواند مطلوب ترین مکان نسبت به سایر مکان ها را انتخاب کند. بنابراین می توان گفت که کاربردهای GIS نامحدود است. از GIS برای حل مسایل مختلف (از یافتن محل نصب ماشین های سکه پرداز گرفته تا نحوه اداره همه شهر در یک سیستم اطلاعاتی و ...) استفاده شده است. GIS می تواند اطلاعاتی سودمند و قوی برای ما فراهم کند، این اطلاعات نه فقط به ما می گویند که هر عارضه ای چیست و کجاست، بلکه مشخص می کنند که این عوارض در آینده نیز (بنا بر تغییراتی که در آنها ایجاد می کنیم) چگونه خواهد بود. بنا براین می توان گفت که GIS علمی است درباره مدلسازی و ترسیم نقشه جهان برای اتخاذ تصمیمات بهتر و صحیح تر.

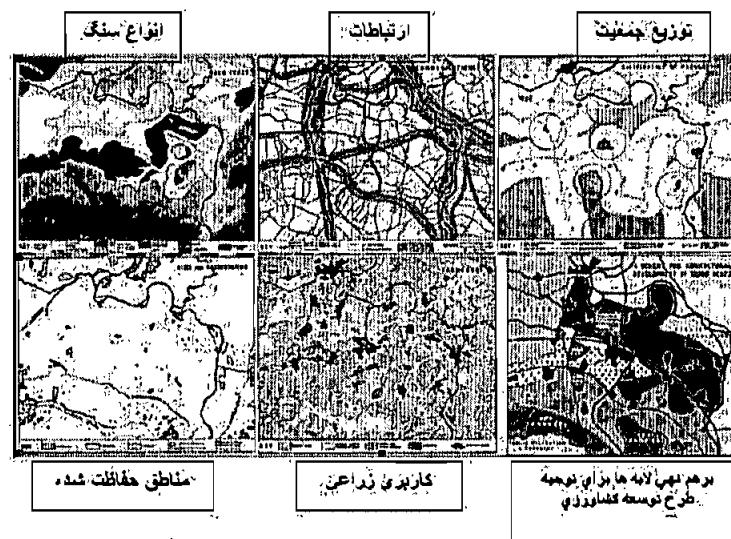
روی هم رفته، این سه دیدگاه قسمت های حیاتی یک GIS هوشمند تلقی شده و دارای استفاده های فراوان در تمام سطوح کاربردی هستند.

تاریخچه GIS

سابقه بسیاری از اصول علوم جدید اطلاعات جغرافیایی به زمان های دور بر می گردد. نقشه های چند منظوره از قرن ها پیش وجود داشته و معمولاً تأکید آنها بر روی توپوگرافی، شکل زمین، عوارض مربوط به حمل و نقل نظیر جاده ها و رودخانه هاست. در قرن گذشته نیز نقشه های موضوعی پدید آمدند. نقشه های موضوعی شامل اطلاعاتی در باره پدیده یا موضوعی مشخص نظیر زمین شناسی، کاربری زمین، خاک، واحدهای سیاسی و مناطق سرشماری ها هستند. اگرچه هر دو گونه نقشه های مذکور در GIS مورد استفاده اند اما این نقشه های موضوعی بودند که کارتوگرافی را به سمت GIS هدایت کردند. بعضی از موضوعات نقشه ها به طور مشخص با هم مرتبطند. مثلاً موضوع نقشه پراکندگی گیاهی با نقشه پراکندگی خاک کاملاً ارتباط دارد.

حوزه برنامه ریزی اولین حوزه ای بود که از نقشه های موضوعی به طریق استخراج داده ها از یک نقشه و قراردادن آنها بر روی دیگری بهره گرفت. نقشه های ترافیک و کاربری اراضی شهرهایی چون دوسلدورف آلمان در سال 1912 و دنکاستر انگلیس در سال 1922 و برخی شهرهای آمریکایی از جمله ماساچوستس و بیلریکا به همین شیوه تهیی شده بودند. همچنین در سال 1929 یک سازمان برنامه ریزی در شهر نیویورک به روشنی ارزش تکنیک برهمنهی نقشه ها (Overlaying) را در تجزیه و تحلیل های مربوط به بررسی های جمعیتی و تعیین ارزش زمین ها نشان داد.

در سال 1950 کتابی به نام "کتاب برنامه ریزی شهر و روستا" در بریتانیا منتشر شد که در بر دارنده یک فصل ممتاز به اسم "ارزیابی برنامه ریزی" به وسیله جکولین تیرویت بود (Steinitz et al., 1976). در این فصل نقشه‌ای به نام "ویژگی‌های زمین" چاپ شده بود که داده‌های گوناگونی را راجع به ارتفاع، زمین‌شناسی، ارتباطات، توزیع جمعیت، اراضی زراعی و غیره یکجا با هم ترکیب کرده بود (شکل ۱-۳). نویسنده توضیح داده بود که برای اینکه بتوان نقشه‌ها را به صورتی دقیق بر روی هم قرار داد همه آنها را در یک مقیاس مشابه رسم کرده و عوارض مربوط به هر موضوع را بر روی نقشه‌ای جدا کرده بود.



شکل ۱-۳: نبر هم نهی (Overlay) نقشه که در "کتاب برنامه ریزی شهر و روستا" به وسیله جکولین تیرویت ارائه شد. نقشه واقع در قسمت پایین سمت راست ترکیب نهایی حاصل از برهم نهی هفت نقشه دیگر است که در برنامه ریزی زراعی مورد استفاده بود. مأخذ: Clarke, 2003

دقیقاً همان طوری که افراد زیادی به "کشف" آمریکا نایل آمده بودند اما این نام کریستف کلمب بود که به عنوان کاشف این قاره ثبت شد (زیرا اولین کسی بود که در باره آن نوشت و تصادفاً نقشه اش را هم ترسیم کردا)، امتیاز تکنیک بر هم گذاری لایه‌های اطلاعاتی نیز در سال 1950 به حساب جکولین تیرویت گذارده شده است، اگرچه احتمالاً قبل از او هم کسان دیگری این تکنیک را به کار بردند بوده اند. در سال‌های 1950 نقشه‌ها را مرتباً به صورت شفاف (transparent) در آورده و با برهم گذاری، آنها را برای نمایش و تحلیل های عوارض زمین به کار می بردند. بیست سال بعد هم یان مک هارگ در کتاب سال 1969 خود به نام "طراحی با طبیعت" از تکنیک بر هم نهی لایه‌های ترانسپارنت برای یک پروژه مکانیابی در نیویورک استفاده کرد.

در اوایل سال 1962 دو برنامه ریز در مؤسسه تکنولوژی شهر ماساچوستس ایده وزن دهی را به تکنیک بر هم نهی لایه ها افزودند. آنها این کار را بر اساس اهمیت هر لایه نسبت به سایر لایه ها انجام دادند. طرح آنها شامل 26 نقشه بود که میزان مطلوبیت بزرگراهها را نشان می داد. نقشه ها در یک قالب "درختواره ای" منظم شده بودند و از طریق مرتب سازی دوباره ی لایه های نقشه، ترکیب های مختلف دیگری به وجود می آوردند.

طی سال های 1960 انواع جدیدی از نقشه های موضوعی با مقیاس های استاندارد در دسترس عموم قرار گرفت، از جمله نقشه های توپو گرافیک و پوشش زمین که توسط سازمان زمین شناسی و خدمات حفظ منابع طبیعی آمریکا تهیه شده بودند. این کار کمک بزرگی بود تا با آن نقشه های مناسب را انتخاب، لایه ها را استخراج، یا به صورت تصویری عارضه خاصی را از روی نقشه "جدا" کرد و سپس لایه ها را به طور خودکار با هم ترکیب نمود.

اکنون صحنه برای آمدن کامپیوتر آماده شده بود. در سال 1959 والدو توبلر مقاله ای در نشریه نقد جغرافیایی (Tobler, 1959) منتشر و مدلی ساده برای کاربرد کامپیوتر در کارتوگرافی ارائه داد، (Geographical Review) مدل او که به سیستم Map in-Map out یا MIMO مشهور است دارای سه مرحله بود: ورودی نقشه، "کنترل و دستکاری" نقشه، و خروجی نقشه. این سه قدم ساده مبانی اولیه آن چیزی شد که امروزه به اسم گردآوری و زمین-مرجع کردن داده ها (Geocoding)، تحلیل و مدیریت داده ها و واحدهای نمایش داده ها معروفند و بخشی ذاتی از هر بسته GIS هستند.

طی تنها چند سال، افراد فراوانی به کار نوشتمن برنامه های کامپیوتری با استفاده از زبان های برنامه نویسی نظریer FORTRAN پرداختند تا با استفاده از چاپگرهای دستگاهی رسام اولیه به ترسیم نقشه بپردازنند. تقاضاهای جدید برای کار با کامپیوتر منجر به ظهور رقومی گرهای اولیه (digitizer) توسط گروه New Haven شد که برای استفاده در سرشماری سال 1960 آمریکا طراحی شده بود. با پذیدار شدن قابلیت های جدید برای نقشه کشی، اولین روش های کاملاً جدید نظری اینیمیشن و سایر تکنیک های اتوماتیک شکل گرفتند. با این همه، هیچکدام از این سیستم های اولیه نمی توانند نام GIS به خود بگیرند. در سال های اولیه گسترش نقشه کشی کامپیوتری منتج به وابستگی هرچه کمتر به برنامه های منفرد کامپیوتری و وابستگی هرچه بیشتر به بسته های نرم افزاری و مجموعه برنامه های کامپیوتری وابسته به هم که دارای ساختار و فایل و فرمت مشترک بودند شد. وقتی که در دهه 1960 زبان های برنامه نویسی کامپیوتری بخشی به بازار آمدند فرآیند نوشتمن نرم افزارهای ترکیبی آسان تر شد. از بسته های نقشه کشی کامپیوتری اولیه می توان SURFACE II، CALFORM، IMGRID و CAM SYMAP را نام برد.

بیشتر این برنامه ها مجموعه واحدهایی برای تحلیل و استفاده از داده ها و تهیه نقشه کروپلت و خطوط همتراز بودند. با این بسته ها برهم نهی مجموعه داده ها امکانپذیر شد و استفاده از ترانسپارنسی رو به کاهش نهاد. ظهور اولین بانک های اطلاعاتی منظم نقشه ها در ارتباط تنگاتنگ با نرم افزارهای نقشه کشی بود. اولین مورد را می توان از بانک داده های جهانی سازمان سیا CIA آمریکا مثال آورد که نقشه ای جهانی از سواحل، رودخانه ها و مرزهای سیاسی هر کشور بود که با استفاده از نرم افزار CAM در قالب نقشه هایی با مقیاس های مختلف به نمایش در می آمد و امروزه نیز هنوز ادامه داشته و مورد استفاده است.

پس از آزمایش چندین سیستم اولیه، سیستم رمزگذاری DIME (Dual Independent Map Encoding) توسط اداره سرشماری آمریکا به عنوان تجربه ای جدید در نقشه کشی رقومی و بکارگیری داده ها ابداع شد. سیستم GBF (Geographic Base File) و فایل های ایجاد شده توسط این سیستم، که به فایل های پایه جغرافیایی DIME مشهورند پیروزی بزرگی در تاریخ نمایش اطلاعات جغرافیایی بود. سیستم GBF/DIME نشان داد که اطلاعات توصیفی (یا کلیه اطلاعاتی که از طریق سرشماری گردآوری شده بود) و نقشه های کامپیوتري مربوطه می توانند با همديگر ادغام شوند. این ادغام نه فقط در زمینه نقشه کشی بلکه برای جستجوی پراکندگی ها و الگوهای جغرافیایی نیز کاربرد داشت. تعدادی از اولین سیستم های دوران ساز عبارتند از سیستم اطلاعات جغرافیایی کانادا (Canada Geographic Information System, CGIS) در سال 1964، سیستم مدیریت اراضی مینه سوتا (Minnesota Land Management System, MLMS) در سال 1969، و سیستم کاربری اراضی و فهرست منابع طبیعی نیویورک (Land Use and Natural Resources Inventory System in New York, NY) در سال 1967. دو سیستم LUNR و MLMS بزرگفته از سیستم GRID بودند که جانشین SYMAP در دانشگاه هاروارد گردید.

طی اواسط و اواخر دهه ۱۹۶۰ گروهی از دانشجویان در دانشگاه هاروارد موفق به پیشرفت هایی تئوریکی در زمینه گرافیک کامپیوتري و تحلیل های فضایی شده و چندین سیستم جدید را ابداع کرده و به کار گرفتند. برنامه GIS اودیسه (Odyssey) که نام آن برگرفته از اودیسه نوشته هومر داستانسرای نامی یونانی بود، از مؤثرترین برنامه های این دوره بود. این برنامه که مجموعه ای از ساختارهای داده ها را ابداع و پس از انتشار آن در سال ۱۹۷۵ (Peucker and Chrisman, 1975) عمومیت چشمگیر یافت به ساختار داده ای کمان/گره یا برداری (Vector) معروف شد. روش کامپیوتري که حلقه ها و خطوط رقومی شده را ذخیره کرده و چند ضلعی (پلیگون) ها را از لحاظ توپولوژيکی به همديگر متصل می کرد گرداب (Whirlpool) نامیده می شد. اودیسه از مؤثرترین

برنامه های GIS مبتنی بر کمان/گره (Arc/Node) بود و بیشتر نرم افزارهای بعد از خود را نیز تحت تأثیر قرار داد.

آنچه که ساختار داده ای برداری را از دیگر ساختارها متفاوت کرد این بود که یک گره ابتدایی (نقطه شروع) و یک گره انتهایی (نقطه پایان) وجود داشت که به وسیله ی خطی (Arc) در بین آنها به هم دیگر وصل می شدند. خط ها (arcs) می توانستند با هم ترکیب شده و پلیگونی را درست کنند زیرا این نوع ساختار، اطلاعاتی درباره هم جواری و پیوستگی بین عوارض را نیز شامل بود. بسیاری از بسته های GIS از جمله Arc/Info بر اساس این مدل ساده ی عوارض جغرافیایی عرضه شده اند.

در سال 1974 اتحادیه بین المللی جغرافیایی (International Geographical Union, IGU) به ارزیابی نرم افزارهای مورد استفاده در علوم نقشه کشی پرداخت و به اندازه کافی نرم افزار GIS را شناسایی و سپس لیست آنها را تحت عنوان " تمامی سیستم های اطلاعات جغرافیایی " منتشر ساخت. اگرچه ابتدا اصطلاحات متفاوتی برای توصیف GIS مورد استفاده بود، اما این گزارش آغاز نوعی همگرایی برای استفاده از واژه GIS به عنوان اصطلاحی عمومی و مناسب با این برنامه کاربردی جدید و حوزه تحقیقی آن بود. بر اساس گزارش حاصل از ارزیابی IGU، کارت براسل عنوان کرد که " ما می دانیم که اهداف عمده سیستم نقشه کشی نمایش و ترسیم داده هاست، ولی این کار باعث آن نمی شود که پاره ای نیازهای غیر گرافیکی دیگر هم برآورده نشود. یک سیستم اطلاعات جغرافیایی برای کاربردهایی وسیع تر طراحی شده است، اگرچه وظیفه نقشه کشی هم می تواند یکی از زیر مجموعه های مهم آن باشد (Brassel, 1977). نقشه کشی کامپیوتری و GIS هر دو همواره دارای همپوششی هایی مهم و سازنده بوده اند.

GIS طی دهه 1980 نیز با غلبه کامپیوتر ها و برنامه نویسی FORTRAN به پیشرفت خود ادامه داد. در سال 1982، شرکت IBM کامپیوترهای شخصی (Personal Computer, PC) خود را به دنبال ریز کامپیوترهای Apple II که از چند سال پیش عرضه کرده بود وارد بازار نمود. تأثیر همین یک عامل آنقدر زیاد بود که نمی توان از کنار آن به راحتی گذشت. برخی از بسته های بزرگ GIS نظیر Arc/Info تا چندین سال مشکل انتقال به کامپیوترهای کوچک را داشتند. برخی دیگر نظیر IDRISI [پایه گذاری خود را مدیون هزینه پایین و کارآمدی بالای اولین نسل کامپیوترهای شخصی می دانند. بسته هایی دیگر نیز به سمت ترمینال های کامپیوتری رفتند که ناشی از گسترش ریز پردازنده ها و شبکه (Networking) بودند. بسته هایی نظیر GRASS حاصل این انتقال محسوب می شوند.

در دهه‌ی ۱۹۸۰ و اوایل ۱۹۹۰ فناوری GIS به دوران بلوغ خود رسید. بسیاری از بسته‌های قدیمی که قادر به انطباق خود با زبان‌های برنامه نویسی جدید نبودند از دور خارج گشته و وسیله سیستم‌های جدیدتری که می‌توانستند از توانمندیهای تجهیزات بسیار قدرتمند بهره برند جایگزین شوند. هزینه‌های نگهداری به طرز چشمگیری کاهش یافت، قدرت کامپیوتر چند برابر شد، و اولین نسل واسطه‌های گرافیکی (Graphical User Interface، GUI) از جمله Windows، مایکروسافت X-Windows و اپل مکینتاش (Apple Macintosh) نرم افزارهایی ساختند که استفاده از آنها به مراتب آسانتر بود و ویژگی‌هایی نظیر منوها، راهنمایان آنلاین (online) و سایر کمک‌های صفحه‌ای (Onscreen Help) را داشتند. طی دهه ۱۹۸۰، اینترنت از میان مجموعه‌ای از شبکه‌های اولیه نظیر Arpanet و NSFNet که سرآغاز مرتبط ساختن دانشمندان با یکدیگر و عنصر مهم و جدیدی از کارهای کامپیوتری بودند، سر برون آورد.

پایه‌گذاری زیرساخت‌های GIS یعنی انتشار کتاب‌ها، نشریات و جورنال‌ها، کنفرانس‌ها و سایر منابعی که در زمینه GIS اهمیت فراوان دارند، نیز به دهه ۱۹۸۰ بر می‌گردد. در دهه ۱۹۹۰ GIS حتی به پیشرفت‌های قابل ملاحظه تری نایل شد و عوامل جدیدی پدیدار گشتند. ابتدا، GIS بسیار از محدوده‌های اولیه خود یعنی علوم نقشه‌کشی فراتر رفت و حوزه‌های جدیدی از جمله زمین‌شناسی، باستان‌شناسی، اپیدمیولوژی و بزهکاری‌های اجتماعی را در نور دید. همچنین قیمت Desktop GIS بعد از عرضه محصولات GIS این تغییرات فوق العاده کاهش یافت. عرضه هرچه بیشتر کامپیوترهای شخصی و لپ‌تاپ‌ها و کمکی‌های قابل حمل دیجیتالی در بازار باعث ورود GIS به بسیاری از محیط‌های کاری جدید شد. رویکرد برنامه نویسی شی‌گرا (Object-Oriented) باعث پیشرفت‌های سریع در مهندسی نرم افزار شد امکان قابلیت حمل برنامه‌ها در میان پلتفرم‌های متعدد کامپیوتری را فراهم آورد و البته که نرم افزارهای GIS هم از آن بی نصیب نماندند.

به علاوه، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی کاملاً با سیستم‌های موقعیت یاب جهانی (GPS) که باعث افزایش توان گردآوری داده‌ها شده بودند، ادغام گردید. تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک زیاد به پایه و مرجع عمومی داده‌های GIS تبدیل شدند. بالاخره، ظهور اینترنت و تجارت الکترونیکی (e-commerce) باعث قرارگیری GIS بر روی شبکه جهانی (World Wide Web) در قالب Web-GIS شد. اکنون بسیاری صحبت از دوره جدید تجارت جغرافیایی (g-commerce) می‌کنند که بر مبنای قابلیت جستجوی شبکه‌ای است که به صورت جغرافیایی فعال شده و چیزی فراتر از نمایش یک نقشه ساده است.

... و سپس به زمان حال می‌رسیم. اگرچه تاریخ GIS به نحوی به قدمت عمر کارتوگرافی است و اگرچه بر هم نهی نقشه‌ها به قرن نوزدهم بر می‌گردد، اما آنچه امروزه به اسم GIS می‌شناسیم حاصل مجموعه‌ای از وقایع مرتبط

با هم و ارتباطات متقابل انسانی در دهه ۱۹۶۰ و رشد خارق العاده میکرو کامپیوترها و پایانه ها و اینترنت است.

در واقع این تاریخچه بسیار مختصر است و هنوز جای آن دارد که ادامه یابد.

منابع اطلاعات مربوط به GIS

از لحاظ تاریخی، GIS حوزه‌ای است تقریباً قطعه قطعه و بیشتر کتاب‌ها، نشریات و منابع و داده‌های اینترنتی آن قدمتی کمتر از چند ده ساله دارند. البته امروزه اوضاع فرقه کرده و منابع اطلاعاتی بسیار جالبی درباره GIS وجود دارد. در این کتاب این منابع در قالب مقولاتی نظیر نشریات و مجلات، کتاب‌ها، انجمن‌های حرفه‌ای، اینترنت و شبکه جهانی WWW، کنفرانس‌های GIS محور و دانشگاهها و سازمان‌های آموزشی طبقه‌بندی شده‌اند.

حجم اطلاعات موجود درباره GIS بسیار زیاد است. اولین مکان برای جستجو کتابخانه‌ها و شاید هم اتصال به اینترنت و استفاده از ابزارهای جستجوگر شبکه جهانی اینترنت است. همانطور که قبل از ذکر شد، منابع اطلاعاتی مربوط به GIS می‌توانند در دو مقوله بزرگ کار "با" GIS و کار "بر روی" GIS تقسیم شود. به افراد مبتدی توصیه می‌شود که به جای رفتن به سراغ مطالب راجع به جدیدترین مرزهای دانش GIS، ابتدا به سمت مطالب پایه‌ای و مبانی بروند، بعدها به مراحل بالاتر نیز خواهند رسید. با این همه، منابع نوشتاری هنوز هم می‌توانند بهترین منبع برای فهم GIS و کار با این تکنولوژی جدید باشد.

نشریات و مجلات

امروزه نشریات و مجلات فراوانی به طور منظم اقدام به انتشار مقالات درباره GIS و تعداد بیشتری هم در قالب گاهنامه به چاپ مقاله یا موضوعات ویژه مبادرت می‌ورزند. نشریاتی که منحصرآ مقالات مربوط به GIS را منتشر می‌کنند آنها بی‌هستند که تحقیقات آکادمیک را در بر می‌گیرند از جمله نشریه بین‌المللی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (International Journal of Geographical Information Systems) سیستم‌های جغرافیایی (Geographical Information Systems)، مباحثات در GIS (Transactions in GIS)، علاوه بر تحقیقات آکادمیک پاره‌ای نشریات دوره‌ای اقدام به انتشار اخبار و بیان کاربردهای GIS می‌کنند که از آن جمله اند: *GeoWorld* و *Geoinformatics*, *Geospatial Solutions*

برخی نشریات نیز تخصصی هستند همانند "جغرافیای تجارت" در زمینه تجارت جهانی (که البته انتشار این نشریه در سال 2001 متوقف شد)، "حقوق GIS" (GIS Law) مخصوص متخصصین حقوق، و GrassClippings

مختص استفاده کنندگان از بسته نرم افزاری GRASS GIS. همچنین نشریاتی منطقه‌ای هم نظیر 'GIS' و GeoEurope Asia/Pacific چاپ می‌شوند. قطعاً نشریات غیرانگلیسی فراوانی هم در اقصی نقاط دنیا منتشر می‌گردند.

از میان نشریات علمی که کارهای آکادمیک درمورد GIS و کاربردهای آن منتشر می‌کنند می‌توان به این موارد اشاره کرد: سالنامه انجمن جغرافیدانان آمریکا (Annals of the Association of American Geographers), کامپیوتر، کارتوگرافی (Cartography and GIS), کامپیوتر، محیط و سیستم‌های شهری (Computer, Environment, and Urban Systems), مباحثات IEEE در گرافیک و کاربردهای کامپیوتر (IEEE Transactions on Computer Systems), نشریه پوریسا (The URISA Journal), نشریه یوریسا (Urban and Regional Graphics and Applications) (Photogrammetric, Engineering and Remote Sensing) و مهندسی فتوگرامتری و سنجش از دور (Information Systems Associations). نشریه اخیر سالانه یک شماره را به طور کامل به GIS اختصاص می‌دهد.

پاره‌ای نشریات هم به طور اتفاقی به چاپ مقالات GIS مبادرت می‌ورزند از جمله: دورنماهای کارتوگرافیک (Journal of Cartographic Perspectives), نشریه کارتografیک (Cartographica), نشریه کارتografی (Cartographic Perspectives), IEEE Geocarto International (Geocarto International), علوم زمین (Cartography and the International Journal of Remote Sensing), نشریه بین‌المللی سنجش از دور (Geoscience), نقد سنجش از دور (Landscape Ecology) و (Remote Sensing Review). Infoworld همچنین GIS به طور گهگاهی در خبرهای ملی، یا در مقالات روزنامه‌ها و مجلات هفتگی مطرح مورد اشاره قرار می‌گیرد.

کتاب‌ها

طی چند سال گذشته کتاب‌های فراوانی در زمینه GIS نگاشته شده است. اولین نسل کتاب‌های GIS بیشتر متخصصین یا کاربران پیشرفته تر این فن را که مشتاق دانستن هرچه بیشتر در باره مسیر و مقصد تحقیقات تخصصی بودند هدف خود قرار داده بود. کتاب‌های ماربل و همکارانش (Marble et al., 1984), ریپل (Rhipple, 1987, 1989) و ورال (Worrall, 1991a) در زمرة اولین منابع اطلاعاتی GIS طبقه‌بندی می‌شوند.

زمانی بیشتر دانشگاهها برای آموزش GIS از بازتولید مطالب منتشر شده در نشریات کلاسیک استفاده می کردند،
بنا براین کتاب هایی که حاوی مجموعه های برگزیده بودند نقشی مهم ایفا کردند. اولین کتاب جامع در GIS را می
توان کتاب پیتر بارو با عنوان "اصول سیستم های اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی منابع زمینی (Principles of
Geographical Information Systems for Land Resources Assessment) دانست. این کتاب توسط دکتر حسن طاهر کیا به فارسی
ترجمه و با عنوان "سیستم اطلاعات جغرافیایی" توسط انتشارات سمت در سال 1376 به چاپ رسیده و در سال 1384 نیز تجدید چاپ گردیده است. این کتاب تا اواخر دهه 1980 و 1990
که کتابهای درسی جدیدتری به بازار آمد متن منحصر به فرد در زمینه آموزش GIS بود. بعد از آن کتاب های
دیگری وارد عرصه شدند که مهمترین آنها عبارتند از کتاب های .Tomlin (1990), Star and Estes (1990)
.Chrismann (1997), Huxhold (1991), Aronoff (1989), Laurini and Thompson (1992)
.Burrough and McDonnell (1998), ویرایش دوم کتاب پیتر بارو به کمک مک دونل (DeMers (1997)
.Clarke (2003), Lo (2002) و Longley et al., (2001)

در مورد کتب درسی GIS باید به این نکته واقف بود که آنها را اصولاً برای دانشجویان و افراد آکادمیک در کلاس
های دانشگاهها نوشته اند. بازار حرفه ای GIS شامل افراد بسیار زیادی در بخش های اداری و برنامه ریزی و غیره
است که آنها نیز به اطلاعات و آموزش نیاز دارند. این افراد نیز به اندازه کافی از طریق بازار حرفه ای کتاب چه به
شکل کتاب های خودآموز و چه کتاب های مرجع ارضاء شده اند.

براساس تخصص استفاده کنندگان، کتابهای GIS رشته های متعددی را پوشش داده اند از جمله بهداشت
(Onsrud and Cook, 1990), تجارت (Grimshaw, 1994), نقشه برداری (DeLepper et al., 1995)
(Ball and Babbage, 1989), دفاع (Aronoff, 1989; Obermeyer and Pinto, 1994)
زمین شناسی (Bonham-Carter, 1994), تئوری اجتماعی (Pickles, 1995), باستان شناسی (Allen et
Cromley and McLafferty, 1991), برنامه ریزی شهری (Huxhold, 1991), بهداشت عمومی
(Knowles, 2002), تاریخ (Clarke, 2002) و چشم انداز محیط زیست (Haines-Young et al., 1993)

از دیدگاه حرفه ای اگرچه به سختی اما می توان چندین کتاب را به عنوان راهنمای جامع صنعت و فناوری GIS بر
شمرد که از آن جمله اند: کتاب مرجع AGI (AGI, 1995), Berry (1993), Korte (1991), Antenucci (1991)
(Montgomery and Schuch 1993), و (1994). بخش هایی دیگر از کتب به منظور آموزش تخصصی بخش یا
بخش هایی از بسته های نرم افزاری GIS نوشته شده اند، مانند (ESRI (1995)

نگاه برخی از کتاب‌ها به بخش مشخصی از جدیدترین تحقیقات GIS است که از جمله آنها می‌توان به اهمیت دادن به زمان به عنوان داده (Langran, 1992)، تصویرگری سه بعدی (Raper, 1989)، دقت داده‌ها (Samet, 1990) و کارتوگرافی تحلیلی (Clarke, 1995) اشاره کرد. Goodchild, 1989) دست آخر اینکه، یکی از منابع تلاش کرده تا معرفی جامع بر تمام حوزه GIS شامل نوشته‌های کاربردی، نظری و جدیدترین تحقیقات مربوط داشته باشد. این کتاب نسبتاً طولانی و گران قیمت مجموعه‌ای چند جلدی از Longley et al., (1999) است که اکنون به ویرایش دوم خود رسیده و خواندن آن به عنوان یک منبع دارای اطلاعات بسیار دقیق و جزئی به همه محققان توصیه می‌شود. راهنمای باسلر نیز از دیگر کتاب‌های جامع مرجع است (Bassler, 2002).

غالباً ثبت و ضبط جدیدترین ادبیات پویای GIS در مجموعه ثابتی همچون این کتاب غیرممکن است. چنانچه در یکی از موتورهای جستجوگر سایت‌های اینترنتی مثلاً گوگل (www.google.com) اصطلاح سیستمهای اطلاعات جغرافیایی Geographic Information System را تایپ و جستجو کنیم، با فهرستی بالغ بر میلیون ها منبع رو به رو خواهیم شد. کتابفروشی الکترونیکی آمازون (www.amazon.com) نیز دهها عنوان کتب GIS را در لیست خود نشان می‌دهد. دو آدرس اینترنتی (<http://liinwww.hra.uka.de/bibliography/Database/GIS/index.html>) و (<http://wwwsgi.ursus.maine.edu/biblio/>) حاوی اطلاعات بسیار جامع و جالبی در زمینه GIS هستند. در یک جمله می‌توان گفت که اگر هدفمان نقد و بررسی "ادبیات" GIS باشد این هدف، هدفی بسیار متحرک است و نشانه گیری آن بس مشکل.

انجمن‌های حرفه‌ای

اصلی‌ترین نشریات GIS به نحوی ارگان انجمن‌های حرفه‌ای این فناوری هستند که از میان آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: کنگره نقشه برداری و نقشه کشی آمریکا (American Congress of Surveying and Mapping) (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ASPRS) (Association of American Geographers) انجمن اطلاعات زمین - فضای فناوری (Geospatial Information and Technology) (Urban and Regional Information Association) و انجمن سیستم‌های اطلاعاتی شهری و منطقه‌ای (URIA).

یوریسا (URISA) از سازمان های بزرگ است که کار حرفه ای آن مربوط به بخش های برنامه ریزی، دولت، زیرساخت ها و تسهیلات است. این سازمان هر سال اقدام به برگزاری کنفرانس نموده و فعالیت های چندی از جمله تهیه لیست پست های خالی مشاغل، انتشار نشریه و توزیع خبرنام را به عهده دارد.

اینترنت و شبکه جهانی World Wide Web

حجم بسیار زیاد وغیر قابل تصوری از اطلاعات در باره GIS را می توان از طریق اینترنت و شبکه جهانی به دست آورد. از سؤال و جواب های گهگاهی گروههای خبری که به FAQ (Frequently Asked Questions) معروف است تا وب سایت هایی که عرضه کننده نرم افزارها هستند و تا تمام بسته های قابل دانلود GIS که یکی از آنهاست را می توان بر روی اینترنت به دست آورد.

GIS-L شبکه ای است شامل لیست بلند بالایی از منابع فنی و اطلاعاتی GIS. استفاده کنندگان سؤالات مختلف خود را در شبکه می پرسند و جواب های افراد مختلف را دریافت می کنند. کلیه جواب ها در شبکه با یگانی شده و هر از چندگاهی به لیست FAQ اضافه می گردند. این سایت اخیراً به وسیله URISA میزبانی شده و از طریق آدرس <http://www.hdm.com/urisa3.htm> قابل دسترس است. از دیگر سایت های مفید می توان <http://www.usgs.gov/research/gis/title.html> را نام برد. برخی سایت های نیز دارای اطلاعات قابل استفاده ای در باره اخبار و به روز شدن اطلاعات و نکات فنی مربوط به GIS هستند که از این میان می توان به www.giscafe.com ، www.spatialnews.com ، www.gismonitor.com و www.geoplace.com اشاره کرد. با پیوستن به لیست پست الکترونیکی برخی از این سات ها، می توان جدیدترین به هنگام شدن ها را حتی به صورت روزانه از طریق ایمیل دریافت کرد.

کنفرانس ها

زمانی که GIS به عنوان یک صنعت جدید رونق گرفت و هنوز بسیاری از نشریات معتبر و اصلی مرتبط با GIS منتشر نمی شدند، کنفرانس های تخصصی گوناگون بهترین منبع برای "ادبیات" GIS محسوب می شدند. در نتیجه بسیاری از مقالات کلیدی در زمینه نظریه و فناوری GIS برای اولین بار در قالب مجموعه مقالات کنفرانس ها (Proceedings) به چاپ رسیدند. متأسفانه پیدا کردن این مجموعه ها چندان کار آسانی نیست.

اکنون نیز هر سال چندین کنفرانس معتبر در سطوح ملی و بین المللی در کشورهای مختلف دنیا برگزار می شود که از مهمترین آنها می توان به کنفرانس URISA و ESRI اشاره کرد. کنفرانس سالانه ESRI که هر سال در شهر سان دیه گو ایالت کالیفرنیا آمریکا برگزار می شود از اعتباری جهانی برخوردار است و همه ساله بیش از ده هزار نفر در این کنفرانس حضور به هم می رسانند.

دانشگاهها و سازمان های آموزشی

بسیاری از دانشگاهها و دانشکده ها در کار آموزش GIS هستند. برخی دانشگاهها دارای رشته های مستقل در GIS و سنجش از دور بوده و بسیاری دیگر از زیرمجموعه های دانشگاهی و آموزشی به ارائه دوره های کوتاه مدت GIS از چند ساعت گرفته تا چند روز و حتی چند هفته اقدام می کنند.

آموزش GIS بیشتر در گروههای آموزشی جغرافیا صورت می گیرد. با این حال گروههای دیگری نیز از جمله زمین شناسی، علوم محیطی، جنگلداری، مهندسی عمران، علوم کامپیوتری و سایرین اقدام به گنجاندن آموزش GIS در برنامه های درسی خود کرده اند. در حال حاضر بر سر اینکه در هر دوره GIS چه موضوعات و مطالبی باید آموزش داده شود اجماع وجود ندارد و بیشتر محتوا و متون آموزشی بستگی به نیاز کاربرانی دارد که از آموزش GIS اهداف خاصی را دنبال می کنند. مجموعه ای از سه دانشگاه آمریکایی اقدام به راه اندازی و نگهداری مرکزی غیر انتفاعی برای آموزش GIS و مرتبط ساختن تحقیقات مربوط به GIS با محتوای برنامه های آموزشی کرده اند. تحقیقات این گروه در باره GIS متنوع بوده و طیف گسترده ای را در بر می گیرد. برای دستیابی به برخی مطالب و کارهای این گروه می توان از سایت آنها با آدرس <http://www.ncgia.ucsb.edu> استفاده کرد.

در هر صورت لزوم آموزش GIS در دانشگاهها امری بدینه است و باید به خاطر داشت که آموزش امری است پایان ناپذیر و یادگیری GIS نیز به بالا رفتن میزان کارآیی و مؤثر بودن افراد دانشگاهی کمک کرده و از آنها دانشمندانی می سازد که اطلاعات جغرافیایی را به درستی درک کرده و شانس خود را برای یافتن مشاغل کاربردی GIS افزایش خواهند داد.

GIS منبعی ارزشمند برای مطالعات Google Earth

یکی از پیشرفت های هیجان انگیز سال های اخیر در زمینه ای علوم جغرافیایی را می توان ابداع و ارائه ای نرم افزارهایی قدرتمند و رایگان برای تصویری کردن پدیده ها و ترسیم نقشه از سوی شرکت گوگل تلقی کرد. دو نرم

افزار Google Earth و Google Map امکان ایجاد ارتباط متقابل، پیچیده و پویا را با تصاویر ماهواره ای و نقشه های دقیق از کره زمین فراهم آورده است. Google Map به شکل دو بعدی بوده و با هر مرورگر شبکه ای کار می کند، در حالیکه Google-Earth سه بعدی است و با برنامه کاربردی جداگانه ای اجرا می شود. هر دو به راحتی بر روی سخت افزارهای موجود قابل اجرا بوده و ارائه ای آنها بدين معناست که تقریباً هر کسی به راحتی می تواند با صرف کمترین تلاش نقشه های حرفه ای تهیه کند. در این میان Google-Earth به خاطر قابلیت های سه بعدی خود از جذابیت بیشتری برخوردار است.

Google-Earth را می توان نرم افزار رایگان "کاوشگر زمین" نامید که تصاویر ماهواره ای، نقشه ها، و موتور جستجوی گوگل را به منظور بصری کردن زمین (Geo-visualization) با هم ترکیب می کند. Google-Earth تحت سیستم های عامل PC، Linux، Mac OS X و Windows می تواند به راحتی لایه های ویدیوئی سه بعدی است اجرا می شود. استفاده کنندگان از Google-Earth می توانند اطلاعاتی و تصویری مورد نظر خود را درست کرده و با هم نهی (Overlay) آنها به اهداف کاری خود برسند. بنا بر این می توان گفت که این افراد در عین اینکه از قدرت بصری کردن که از ویژگی های سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) است بهره می برند، لزوماً نیازی به غلبه بر پیچیدگی های ماهوی GIS ندارند.

برای برهم نهی (Overlay) لایه ها در Google-Earth از یک زبان XML به نام Keyhole Markup Language (KML) استفاده می شود و برنامه کاربردی Google-Earth می تواند آنها را نمایش داده یا پنهان سازد. فایل های KML تقریباً به راحتی قابل درست شدن بوده و تعداد بسیار زیادی از آنها را می توان از طریق اینترنت دانلود کرد. این فایل ها سیستم های مختصات یعنی طول و عرض جغرافیایی را پشتیبانی می کنند.

چنانچه ویژگی "مکانی" را وجه مشترک تمام تحقیقات و مطالعات جغرافیایی بدانیم از اینرو برای انجام کارهای آموزشی و پژوهشی مبتنی بر این ویژگی، بسیاری از افراد می توانند از طریق اینترنت و با استفاده از برنامه هایی نظیر Microsoft Virtual Earth ، Google Map یا Google Earth به یافته های جالبی برسند. موضوع مشترک تمام این برنامه ها، مکان و نقشه است و برای استفاده کنندگان خود یعنی آنها که این نرم افزارها را برای پشتیبانی از تصمیماتشان مورد استفاده قرار می دهند، داده ها را به ساده ترین شکل ممکن یعنی حالت تصویری ارائه و نمایش می دهند. پس می توان گفت که برای ترسیم هر پدیده و عارضه جغرافیایی می توان از یک بانک اطلاعاتی ساده استفاده کرده و Google-Earth را برای تحلیل و ترسیم هر نوع داده ای به کار گرفت.

Google-Earth از ابتدا برای دانشمندان و به منظور استفاده های علمی طراحی و عرضه نشده بود. موتور جستجوی گوگل مختص کره زمین که از صدھا هزار تصویر ماهواره ای و عکس هوایی تشکیل شده است ابتدا به خاطر سرگرمی آنانی که به دنیا مجازی خلبانی علاوه می بودند مشهور شد. کاربران اولیه این بخش از گوگل پی بردن که پرواز بر فراز شهر و خانه خود و اوج گرفتن در فضا سرگرمی جالبی است، و جالبتر اینکه طی چند ثانیه می توان به نقطه بسیار دورتری، حتی آن سوی کره زمین رفت و مکان ها و شهرهایی دیگر را جستجو و بازدید نمود. اما اکنون با فرآیند شدن این برنامه رایگان و بسیار مفید، جوامع علمی دنیا به این نکته پی بردند که این نرم افزار قابلیت هایی بسیار فراتر از سرگرمی و بازی داشته و می تواند برای مطالعات و تحقیقات جدی علمی مورد بهره برداری قرار گیرد.

سابقه و موارد استفاده از Google-Earth در مطالعات مختلف

برای موارد مختلفی از جمله تحلیل های توپوگرافی، زمین شناسی، جغرافیای دیرینه و باستان شناسی و جستجوی هتل و محل های اقامت در شهرهای بزرگ دنیا (www.booking.com) به کار گرفته شده است. Google-Earth را می توان به منزله نسخه "بازار آنبوه" سیستم هایی قدیمی تلقی کرد که برای بصری کردن زمین (Geo-visualization) مورد استفاده بودند. در حال حاضر سازمان های دولتی آمریکا در سطوح فدرال، ایالتی و محلی از نقشه های ثابت (Static) و پویا (Dynamic) برای مدلسازی ترافیک، بزهکاری، هواشناسی و حتی آنجه که در گذشته اتفاق افتاده استفاده می کنند تا بر اساس آنها به پیش بینی مسائل آینده و برنامه ریزی مقابله با آنها بپردازند.

اخیراً یک سازمان عمومی در کشور آمریکا با استفاده از نقشه های سه بعدی Google-Earth چگونگی روند تخریب میلیون ها هکتار از اراضی کوهستانی آپالاش را توسط شرکت هایمعدنی نشان داده است. در یک فرآیند معروف به "سر بریدن کوه" شرکت های استخراج ذغال سنگ قله های کوهها را به منظور دسترسی ارزانتر و سریعتر به ذغال با مواد منفجره تخریب می کنند. در نتیجه نواحی اطراف این کوهها انشاب شده از آلودگی و مواد زائد گردیده، جو بیمارهای منطقه خشک شده و دود و تیرگی هوای منطقه را پر کرده است. برای مقابله با این مسئله یک مؤسسه غیر انتفاعی به اسم Appalachian Voices با استفاده از Google-Earth دست به ایجاد یک "یادمان ملی" مجازی برای 470 کوه بی قله در منطقه زده است. نقشه برگرفته از Google-Earth برای این کار، وضعیت کوهها را قبل و بعد از تخریب نشان می دهد. با مقایسه و برهم نهی (Overlay) لایه ها، محدوده تخریب به راحتی قابل مشاهده است. گزارش ها و فیلم هایی هم از افراد و مکانهای آسیب دیده از این مسئله ضمیمه ای این لایه اطلاعاتی

شده است. با استفاده از Google-Earth بیش از 200 میلیون نفر می توانند روند تخریب قله ها را از هر زاویه دلخواه ببینند و دنبال کنند، کاری که در گذشته اصلاً امکان پذیر نبوده است. سازمان مذکور با این وسیله به دنبال فرآگیر کردن اعتراضات مردم نسبت به روند تخریب کوهستان ها است.

در سپتامبر سال 2005 یک شرکت چوب بری در نواحی کوهستانی سانتا کروز کالیفرنیا برنامه ای برای قطع وسیع درختان کاوش جو داشت. گروهی از فعالان محیط زیست و مراجع محلی برای ممانعت از این برنامه با استفاده از Google-Earth تعدادی عکس و اینیمیشن از وضعیت منطقه جنگلی (هم قبل و هم بعد از قطع درختان) تهیه کرده و نشان دادند که چگونه در صورت قطع درختان، مکانهای عمومی از جمله مدارس منطقه می توانند تحت تأثیر آلودگی هوا و آلودگی صوتی قرار گیرند. این کار باعث جلب توجه مقامات سیاسی و پارلمانی منطقه شده و با اعمال فشارهای لازم شرکت مزبور را وادار به پس گرفتن طرح خود کردند.

زیست شناسان، اپیدمیولوژیست ها و کارشناسان مقابله با حوادث و بلایا از Google-Earth به عنوان ابزاری قدرتمند در کارهایشان بهره می برند. موقفیت دنیای رقومی باعث افزایش علاقمندی به مدل های کامپیوتری نقشه کشی شده است. بسیاری از این دانشمندان به بررسی گونه های مختلف گیاهی و جانوری و سایر پدیده های طبیعی و انسانی در مناطق مختلف کره زمین، از مناطق قطبی گرفته تا استوایی می پردازند، در حالیکه ممکن است اصلأ نیازی به بیرون آمدن از اداره خود هم نداشته باشند، چرا که آنها از Google-Earth برای کشف و بررسی پدیده ها و عوارض مورد علاقه خود در مناطق مختلف کره زمین بهره می برند. مثلاً یک زیست شناس به اسم Erik Born در سال 2006 به برهم نهی نقشه های رنگی قطب شمال پرداخت. او با استفاده از تصاویر Google-Earth و داده های قابل دسترس از طریق اینترنت به تعیین مناطق دارای بیخ های ضخیم و نازک، جهت های حرکات آنها و بالاخره اثرات گرم شدن جهانی بر روی مناطق و بیخ های قطبی پرداخت و به نتایج جالب توجهی در زمینه ترسیم و پنهنه بندی بیخ های قطبی رسید.

در جریان طوفان کاترینا در تابستان سال 2005 در شهر نیواورلئان آمریکا نیز Google-Earth نقشی مفید و بسیار پر اهمیت بازی کرد. بلافاصله بعد از وقوع طوفان، سایت Google-Earth تعداد 8000 عکس جدید منطقه را که به وسیله ماهواره های آمریکایی آژانس ملی اقیانوسی و جوی (National Oceanic and Atmospheric Agency "NOAA") گرفته شده بود به تصاویر خود اضافه کرد. این تصاویر به افرادی که برای نجات آسیب دیدگان فعالیت می کردند اجازه داد تا کل منطقه را بر روی کامپیوتر جستجو کرده و راههای قابل عبور را (به عنوان مثال) پیدا کنند.

در پاره ای موارد نیز گروهها و سازمان ها از Google-Earth برای نشان دادن فجایع انسانی استفاده می کنند، مثلاً در آوریل سال 2007 یک مؤسسه آمریکایی پروره ای را به اسم "بحران دارفور" با استفاده از Google-Earth شروع کرد تا با استفاده از عکس های ماهواره ای وسعت خرابی ها را در سودان، جاییکه 1600 روستا بر اثر جنگ های داخلی آسیب دیده یا تخریب شده بودند نشان دهد. این لایه Google-Earth شامل اطلاعات مختلف و قابل مقایسه با یکدیگر از جمله عکس، داده هایی از سازمان های دولتی آمریکا و سازمان ملل متحد و گزارشهایی از شاهدان عینی از خود منطقه دارفور است. پروره "بحران دارفور" اولین لایه اطلاعاتی در زمینه ابتکار ترسیم نقشه جلوگیری از نسل کشی است که نشان دهنده ی همکاری گروههای مختلف در زمینه های بشردوستانه است.

مزایای نمایش گرافیکی داده های جغرافیایی

از دید برنامه ریزان شهری و سایر متخصصین یکی از جذاب ترین ویژگی های برنامه Google-Earth توان نمایش گرافیکی بسیاری از انواع مختلف داده ها بر روی کره رقومی زمین است. این کره رقومی در نهایت هر چیزی را دقیقاً در جایی نمایش می دهد که متعلق به آنجاست. در مورد اهمیت "موقعیت" هر پدیده در مطالعات GIS در فصل دوم بیشتر بحث خواهیم کرد. اکنون بیش از چند دهه است که از کامپیوتر برای پردازش داده های جغرافیایی استفاده می شود. برنامه های کامپیوتراً قدرتمندی وجود دارند که می توانند همه گونه نقشه های رنگی ترسیم کنند. این برنامه ها بر خلاف Google-Earth که تنها برای نمایش داده ها مورد استفاده است، از قدرت بالایی برای تجزیه و تحلیل و بصری کردن اطلاعات برخوردارند و عموماً تحت عنوان سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) طبقه بندی می شوند. اگرچه با استفاده از این برنامه ها می توان نقشه های بسیار زیادی را تهیه کرد اما شاید بزرگترین نقص این برنامه ها آن است که نمی توانند یک... لکسیک کامل از... را

تصویر کامل از کره زمین به دست دهنده عبارتی آنها نمی توانند کرده ای رقومی را مستقیماً در مقابل چشمان بیننده قرار دهند که در هر جهتی که بخواهند بچرخد، در صورتیکه Google-Earth می تواند این نقیصه را جبران کند.

عمومیت یافتن Google-Earth در میان استفاده کنندگان عادی حیات تازه ای به کل این صنعت بخشیده است. Google-Earth داده های قابل دسترس را در مقیاس جهانی به طرقی بسیار مستقیم و راحت ارائه می دهد، از اینرو بسیار مورد توجه محققانی است که با نرم افزارهای GIS کار می کنند. به طور خلاصه می توان مزایای استفاده از Google Earth را در قالب موارد ذیل برشمود:

- تهیه نقشه هایی تصویری با کیفیت بالا و بدون هزینه
- امکان استفاده همزمان برای تعداد بسیار زیادی از کاربران
- محیط دوستانه و مواجهه آشنا
- استفاده کنندگان با هر سطحی از دانش و تکنیک GIS می توانند از آن برای مقاصد پژوهشی و آموزشی خود استفاده کنند
- سهولت ترکیب با داده ها و فرآیندهای پیچیده تحلیل های فضایی
- سهولت استفاده از تصاویر و داده های Google-Earth در نرم افزارهای گوناگون GIS

۳-۷-۵-۱ زنده Google-Earth

برداشت های علمی از Google-Earth باعث ایجاد فکر های جدیدی از سوی برنامه سازان GIS شده است. شرکت ESRI در کالیفرنیا که رهبری بازار GIS را در دست دارد طرحی برای بازنگری نسخه های جدید نرم افزارهای ArcGIS ارائه داده است که می تواند از طریق اینترنت به کره مجازی زمین دسترسی داشته باشد. این ابتکار به کاربران اجازه خواهد داد که به هر نقطه دلخواه همانند آنچه در Google-Earth اتفاق می افتد پرواز کنند. Google-Earth همچنین ثابت کرده که وسیله ای بسیار مفید برای مخاطبین فراوان با سلیقه ها و نیازهای مختلف می باشد و در همین رابطه اخیراً با ابتکار جدیدی به ترکیب صدای و صفات حیات وحش باکلایه های اطلاعاتی و نقشه ها پرداخته است. مثلاً صدای میمون ها در جنگل های آمازون بر روی نقشه های سه بعدی این منطقه ترکیب شده است و استفاده کنندگان می توانند به هنگام بازدید و گشت و گذار در اطراف نواحی آمازون بر روی Google-Earth حسی طبیعی از محیط آنجا داشته باشند.

یک شرکت آمریکایی دیگر به اسم Skyline مدل جدیدی از سیاره زمین ساخته که قابلیت پردازش تصاویر متحرک را دارد. این مدل که Skylineglobe نام دارد تقریباً تصاویر ویدیویی زنده را در نمایهای گسترده خود در فضا جا داده و تجربه ای افسانه ای برای مسافران مجازی خود فراهم می آورد. مثلاً "چنانچه کسی بر فراز یک استادیوم فوتبال پرواز کند نمایی هوایی بر روی مسابقه ای که در همان ساعت در حال جریان است باز می شود. یک دوربین نصب شده بر روی سقف استادیوم نیز تصاویر را منتقل می کند و برنامه به صورت خودکار با زاویه دوربین هماهنگ می شود و بیننده می تواند به صورت زنده مسابقه فوتبال را از دریچه دوربین مربوطه پیگیری کند.... پس بتدریج زندگی بر روی این کره رقومی ظاهر می شود و بینندگان

Google-Earth این اجازه را خواهند یافت تا سیاره‌ی خود را با جزئیات کاملتر (نظیر آنچه که امروزه از طریق دوربین‌های کنترل ترافیک در کلان شهرها مشاهده می‌کنند) ببینند.

۱-۶ راهنمای مطالعه

۱-۶-۱ خلاصه

فصل اول: GIS چیست؟

شروع (۱-۱)

- GIS بر پایه‌های دانش جغرافیا، کارتوگرافی، علوم کامپیوتری و ریاضیات استوار گردیده است.
- علوم اطلاعات جغرافیایی یک حوزه بین رشته‌ای است که نتیجه‌ی کاربرد و نظریه GIS است.
- حوزه‌ها و رشته‌های مختلف تعاریف متفاوتی از GIS ارائه می‌دهند.
- همه تعاریف ارائه شده از GIS نشان می‌دهند که داده‌های فضایی داده‌هایی منحصر به فرد هستند که به نقشه‌ها وصل (Link) می‌شوند.

تعاریف GIS (۲-۱)

- هر سیستم GIS حداقل شامل یک بانک اطلاعاتی و نقشه‌ای است که یک رابطه‌ی مبتنی بر کامپیوتر آنها را به هم مرتبط می‌سازد.
- یک تعریف، GIS را جعبه‌ای ابزاری برای تحلیل داده‌های فضایی می‌داند.
- GIS همچنین به عنوان یک سیستم اطلاعاتی برای استفاده از داده‌های فضایی تعریف شده است.
- تعریف GIS به عنوان یک سیستم اطلاعاتی از دوکر یکی از مانندگارترین تعاریف از سال ۱۹۷۹ تاکنون می‌باشد.
- تعریف دوکر مبتنی بر مدل عوارض فضای جغرافیایی است. مدل استاندارد عوارض، عوارض موجود در نقشه‌ی یک چشم انداز را در قالب نقطه، خط، و سطح نمایش می‌دهد.
- استفاده از GIS مستلزم نخیره کردن توزیع فضایی عوارض از طریق اندازه‌گیری در دنیای واقعی یا بر روی نقشه‌هاست.
- ویژگی غالب فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی، پراکندگی فضایی آنهاست، پس درودی هایی مناسب برای GIS هستند.
- در GIS از عوارض نقشه‌برای مدیریت داده‌ها استفاده می‌شود.
- GIS به اندازه کافی قابلیت استفاده در تحلیل‌ها و تحقیقات خاص را دارد.
- با GIS می‌توان تحلیل، مدل سازی، و پیش‌بینی کرد.
- GIS نوعی نگرش علمی است که چندین فناوری را با هم پیوند می‌دهد.
- علوم اطلاعات جغرافیایی در برگرفته از تحقیقات "با" GIS و تحقیقات "بر روی" GIS است.
- GIS یک حرفه چند میلیارد دلاری است.

- کریسمن GIS را مرتبط با مردم و مؤسساتی می داند که بر اساس سنجش های جغرافیایی و تبادل داده ها تصمیم گیری می کنند.

- GIS خود را با پسیاری از جنبه های زندگی مدنی ادغام کرده است.
- GIS می تواند به عنوان یک متداولوژی در انجام تحقیقات به کار رود و با آن به طرح سؤال، انتخاب داده ها، پردازش آنها، تجزیه و تحلیل و بررسی نتایج پرداخت.

جغرافیا و GIS (۳-۱)

- امروزه جغرافیا در بسیاری از نقاط جهان به عنوان رشته ای کاربردی که با استفاده از آن میلیاردها دلار سرمایه گذاری برای بخش های تجاری و دولتی صورت می گیرد، مطرح است.
- سه طرز تلقی متدائل از GIS عبارتند از: ۱- دیدگاه مبتنی بر بانک اطلاعاتی (Database)، ۲- دیدگاه مبتنی بر تهیه نقشه و ۳- دیدگاه مبتنی بر مدل.

تاریخچه GIS (۴-۱)

- منشا GIS به کارتوگرافی موضوعی برمی گردد.
- بسیاری از برنامه ریزان با استفاده از تکنیک های دستی به برهم نهی نقشه ها اقدام کرده اند.
- روش دستی برهم گذاری نقشه ها برای اولین بار به صورت جامع توسط جکولین تیروپیت در یک کتاب برنامه ریزی در سال ۱۹۵۰ تشریح شد.
- مک هاگ در کتاب "طراحی با طبیعت" از روش تاریک کردن ترانسپارنت ها در مکانیابی استفاده کرد.
- دهه ۱۹۶۰ شاهد اشکال جدیدی از داده های جغرافیایی و نرم افزار های نقشه کشی بود.
- اولین مقاومت پایه ای GIS در کارتوگرافی کامپیوتري اوخر دهه ی ۱۹۵۰ و دهه ی ۱۹۶۰ شکل گرفت.

- سیستم های GIS بیشتر و امداد مدل نرم افزار های مرتبط اند تا منفرد.
- مجموعه داده های اثربدار اولیه مربوط به بانک داده ی جهانی (سازمان سیا آمریکا) و فایل های GBF/DIME بودند.

- سیستم های اولیه GIS عبارت بودند از CGIS، MLMIS، GRID و LUNR.
- اثربداری سیستم اولیسه دانشگاه هاروارد به سبب ساختار داده های آن بعضی ساختار توبولوژیکی کمان/گره یا برداری (Vector) بود.
- کامپیوترا های شخصی و پایانه های کامپیوترا (Workstation) از عوامل مؤثر در نگرگونی GIS بودند.

- طی دهه ی ۱۹۸۰ نرم افزار های جدید GIS از ساخت افزار های پیشرفته تری بهره برند.
- پیشرفت های حاصله در زمینه ی واسطه های کاربر و کامپیوترا منجر به استفاده وسیع از GIS طی دهه ی ۱۹۹۰ شد.

منابع اطلاعاتی GIS (۵-۱)

- حجم اطلاعات موجود در باره GIS غیرقابل تصور است.

- منابع اطلاعاتی GIS عبارتند از نشریات و مجلات، کتاب‌ها، انجمن‌های تخصصی، شبکه جهانی اینترنت، و کنفرانس‌ها.
- GIS امروزه دارای سایت‌های مختلف، کنفرانس‌ها، سازمان‌های حرفه‌ای و گروه کاربران است.
- اکنون بیشتر دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی دارای کلاس‌های GIS در گروههای آموزشی جغرافیای خود هستند.
- Google-Earth را می‌توان نرم افزار رایگان "کاوشگر زمین" نامید که تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ها، و موتور جستجوی گوگل را به منظور بصری کردن زمین (Geo-visualization) با هم ترکیب می‌کند.
- طی سالهای اخیر از Google-Earth در مطالعات مختلفی از جمله زمین‌شناسی، باستان‌شناسی، جستجوی مکان‌های مخصوص، روند تخریب محیط‌زیست و بحران‌های انسانی استفاده شده است.
- استفاده کنندگان با هر سطحی از دانش و تکنیک GIS می‌توانند از Google-Earth برای مقاصد پژوهشی و آموزشی خود استفاده کنند.
- استفاده از تصاویر و داده‌های Google-Earth در نرم افزارهای گوناگون GIS به سهولت امکان پذیر است.
- نسخه‌های جدید نرم افزار ArcGIS در پی استفاده از Google-Earth برای نمایش تمام کره زمین و لایه‌های اطلاعاتی مربوطه هستند.

۲-۶-۱ سوالات

تعريف GIS

تعریف مختلف از آن شده در این فصل را خلاصه کنید. منابع و مأخذ تعاریف را پیدا کنید. زیر اصطلاحاتی که در تمام تعاریف مشترک هستند خط بکشید. چرا تعاریف بر اساس نیازهای مختلف استفاده کنندگان و انتظارات آنها از آن چه که GIS نام دارد و آن چه که می‌تواند انجام دهد تنظیم شده اند؟ شما بر اساس جدیدترین منابع چگونه این تعاریف را گسترش خواهید داد؟

GIS و جغرافیا

دیدگاه‌های غالب در مورد GIS را بنویسید و فکر کنید که آیا می‌توان این دیدگاهها را گسترش داد؟

تاریخچه GIS

در آدرس اینترنتی <http://www.casa.ucl.ac.uk/gistimeline> نگاهی به پروژه GIS-timeline بیاندازید، سپس نموداری که نشان دهنده تاریخ گسترش GIS باشد را رسم کنید. چه مواردی از سوی رشته‌های مختلفی همچون جغرافیا، کارتوگرافی، علوم کامپیوتری، علوم محیطی و برنامه‌ریزی بر میراث GIS افزوده شده است؟ دو مثال برای نقش GIS در به کارگیری دانش برای حل مسئله‌های مذکور پیدا کنید.

منابع اطلاعاتی GIS

لیستی از منابع کلیدی GIS تهیه کرده و سعی کنید آنها را در کتابخانه های مورد دسترس خود بجویید. در صورت دسترسی به اینترنت سعی کنید منابع هرچه بیشتری درباره GIS پیدا کنید. نزدیک ترین کنفرانسی که در زمینه GIS در هر کدام از سطوح محلی، منطقه ای یا ملی برگزار می شود را پیدا کنید.

آیا می توانید به لیست پست های الکترونیکی بپیوندید؟ چه اطلاعاتی از ارائه واحدهای درسی مربوط به GIS در دانشگاههایی که می شناسید دارید؟ درباره ی واحدهای مختلفی که تحت عنوان GIS تدریس می شوند اطلاعات کافی کسب کنید. یک "راهنمای GIS" دو صفحه ای برای فردی که کاملاً از GIS بی اطلاع است تهیه کنید. با استفاده از موتور جستجوی Google سعی کنید چند نمونه از کاربرد Google-Earth در مطالعات مختلف پیدا کرده و روش های به کار رفته در این مطالعات را به همراه نتایج و یافته های آنها خلاصه کرده و گزارشی تهیه نمایید.

۱-۷ تمرینات

- ۱- با استفاده از اینترنت اطلاعاتی درباره فوائد GIS و نیز نقشه یا داده های رقومی مربوط به شهر یا روستایی که در آن به سر می برد پیدا کنید. آیا هیچ ویژگی هایی توصیفی همراه نقشه های رقومی هست؟ یا باید آنها را از سالنماها و فرهنگ های جغرافیایی و کتاب های اطلاع رسانی پیدا کنید؟
- ۲- با تکرار جستجوی اینترنتی، فهرستی از داده هایی که موفق به گردآوری آنها شده اید را تهیه کنید. ستونی جدید به این فهرست افزوده و مشخص کنید چه سازمان ها یا مؤسساتی این داده ها را تهیه کرده اند و این اطلاعات تا چه حد جدید است؟
- ۳- با استفاده از جستجوی اینترنتی شواهدی کاربردی برای سه دیدگاه مربوط به GIS پیدا کنید.
- ۴- با استفاده از مطالب این فصل تا جاییکه امکان دارد به جمع آوری اطلاعات درباره نوع نرم افزار GIS مورد استفاده خود بپردازید. بسته نرم افزاری مورد نظر چه زمانی ساخته شده است؟ تاریخچه آن چیست؟ چه کس یا کسانی برنامه نرم افزار مربوطه را نوشتند؟ آیا راهنمای، مقاله تحقیقی، یا منابع دیگری درباره نرم افزاری که شما از آن بی اطلاع هستید وجود دارد؟
- ۵- لیست های Frequently Asked Questions, FAQ (چندین سایت مرتبط با GIS را بررسی کرده و درباره امکان ارسال یک سوال برای لیست های مذکور فکر کنید.
- ۶- سیستم عامل کامپیوتری که با آن کار GIS می کنید را بررسی کنید. خواه این سیستم Unix باشد یا Windows، یا DOS، یا Linux، یا هر چیز دیگر، چه عملیاتی برای ایجاد و حذف فایل ها، دایرکتوری ها، کپی و جابه جایی فایل ها، ویرایش محتوای یک فایل ASCII با American Standard Code for Information Interchange (ASCII)، و استفاده از سیستگاههای جانبی نظیر CD-ROM و پلتز و رقومی گر لازم است؟ سعی کنید با راهنمایی سیستم عامل یا امکانات کمکی آنلاین آشنا شوید.
- ۷- به سایت اینترنتی <http://www.casa.ucl.ac.uk/gistimeline> وارد شوید و سپس بگویید از نظر شما شش واقعه مهمتر تاریخ GIS کدام ها بوده اند؟

۱-۱- به سایت www.google.com را بر روی کامپیوتر خود نصب کنید. آنگاه به جستجو و یافتن شهر یا روستای محل زندگی خود بپردازید.

۱-۸- منابع و مأخذ فصل اول

بارو، پی. ام (۱۳۸۴)؛ سیستم اطلاعات جغرافیایی، ترجمه طاهر کیا، حسن، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب

علوم انسانی دانشگاهها (سمت).

رسولی، علی اکبر (۱۳۸۴)؛ تحلیلی بر فناوری سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، تبریز: دانشگاه تبریز.

- Abler, R. F. (1988) "Awards, rewards and excellence: keeping geography alive and well," *Professional Geographer*, vol. 40, pp. 135-40.
- AGI (1995) *The AGI Source Book for Geographic Information Systems*. London: Association for Geographic Information.
- Allen, K. M. S., Green, S. W., and Zubrow, E. B. W. (eds.) (1990) *Interpreting Space: GIS and Archaeology*. London: Taylor & Francis.
- Antenucci, J. C. (1991) *Geographic Information System: A Guide to the Technology*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Aronoff, S. (1989) *Geographic Information System: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publications.
- Ball, D. and Babbage, R. (eds.) (1989) *Geographic Information Systems: Defense Applications*. Rushchutters Bay, Australia: Brasses Australia.
- Berry, J. K. (1993) *Beyond Mapping: Concepts, Algorithms and Issues in GIS*. Fort Collins, CO: GIS World.
- Bonham-Carter, G. (1994) *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Tarrytown, NY: Pergamon Press.
- Bossler, J. D. (ed.) (2002) *Manual of Geospatial Science and Technology*. New York: Taylor and Francis.
- Brassel, K. E. (1997) "A survey of cartographic display software," *International Yearbook of Cartography*, vol. 17, pp. 60-76.
- Burrough, P. A. (1986) *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford: Clarendon Press.
- Burrough, P. A. and McDonnell, R. A. (1998) *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Castle, G. H. (1993) *Profiting from a Geographic Information System*. Fort Collins, CO: GIS World.
- Chrisman, N. (1997) *Exploring Geographic Information Systems*. New York: Wiley.
- Chrisman, N. R. (1999) "What does 'GIS' mean?" *Transactions in GIS*, Vol. 3, no. 2, pp. 175-186.
- Clarke, K. C. (1995) *Analytical and Computer Cartography*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

- Clarke, K. C. (2003) *Getting Started with Geographic Information Systems*. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Clarke, K. C., Parks, B. O., and Crane, M. P. (eds.) (2002) *Geographic Information Systems and Environmental Modeling*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Cromley, E. K. and McLafferty, S. L. (2002) *GIS and Public Health*. New York: Guilford.
- De Lepper, M. J. C., Scholten, H. J., and Stern R. M. (eds.) (1995) *The Added Value of Geographical Information Systems in Public and Environmental Health*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- DeMers, M. N. (1997) *Fundamentals of Geographic Information Systems*. New York: Wiley.
- Dueker, K. J. (1979) "Land resource information systems: a review of fifteen years' experience," *Geo-Processing*, vol. 1, no. 2, pp. 105-128.
- Dutton, G. (ed.) (1979) *Harvard Papers on Geographic Information Systems*. First International Advanced Study Symposium on Topological Data Structure for Geographic Information Systems. Reading, MA: Addison-Wesley.
- ESRI (1995) *Understanding GIS: The Arc/Info Method*. New York: Wiley.
- ESRI (1997) *Getting to Know ArcView GIS*. Cambridge, UK: Geoinformation International/Prentice Hall.
- Fischer, M. F. and Nijkamp, P. (eds.) (1993) *Geographic Information Systems, Spatial Modeling and Policy Evaluation*. New York: Springer-Verlag.
- Foresman, T. W. (ed.) (1997) *The History of Geographic Information Systems: Perspectives from the Pioneers*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Fotheringham, S. and Rogerson, P. (1994) *Spatial Analysis and GIS*. Bristol, PA: Taylor & Francis.
- Garson, G. D. and Biggs, R. S. (1992) *Analytic Mapping and Geographic Databases*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- GIS World. (1989, 1990) *The GIS Sourcebook*. Fort Collins, CO: GIS World.
- GIS World. *International GIS Sourcebook*. (1991/92, 1994) Fort Collins, CO: GIS World.
- GIS World. (1995) *GIS World Sourcebook*. Fort Collins, CO: GIS World.
- Goodchild, M. F. (ed.) (1989) *Accuracy of Spatial Databases*. London: Taylor and Francis.
- Goodchild, M. F. (1992) "Geographical Information Science," *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 6, no. 1, Jan-Feb 1992.
- Goodchild, M. F., Parks, B. O., and Steyaert, L. T. (eds.) (1993) *Environmental Modeling with GIS*. New York: Oxford University Press.
- Grimshaw, D. J. (1994) *Bringing Geographical Information Systems into Business*. Harlow, Essex, UK: Longman Scientific & Technical; New York: Wiley.
- Haines-Young, R., Green, D. R., and Cousins, S. (1993) *Landscape Ecology and Geographic Information Systems*. Bristol, PA: Taylor & Francis.
- Hearnshaw, H. W. and Unwin, D. J. (1994) *Visualizations in Geographical Information Systems*. New York: Wiley.

- Heit, M. and Shortreed, A. (eds.) (1991) *GIS Applications in Natural Resources*. Fort Collins, CO: GIS World.
- Huxhold, W. E. (1991) *An Introduction to Urban Geographic Information Systems*. New York: Oxford University Press.
- Johnson, A. I., Pettersson, C. B., and Fulton, J. L. (eds.) (1992) *Geographic Information Systems (GIS) and Mapping: Practices and Standards*. Philadelphia: ASTM.
- Kennedy, M. (1996) *The Global Positioning System and GIS: An Introduction*. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Press.
- Knowles, A. K. (ed.) (2002) *Past Time, Past Place: GIS for History*. Redlands, CA: ESRI Press.
- Korte, G. (1994) *The GIS Book: A Practitioner's Handbook*. 3rd ed. Santa Fe, NM: OnWord Press.
- Langran, G. (1992) *Time in Geographic Information Systems*. Bristol, PA: Taylor and Francis.
- Laurini, R. and Thompson, D. (1992) *Fundamentals of Spatial Information Systems*. London: Academic Press.
- Lo, C. P. and Yeung, A. K. W. (2002) *Concepts and Techniques in Geographic Information Systems*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., and Maguire, D. J. (1999) *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management*. 2nd ed. New York: Wiley.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. and Lobeley, J. (2001) *Geographic Information Systems and Science*. New York: Wiley.
- Maguire, D. J., Goodchild, M. F., and Rhind, D. W. (1991) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. Harlow, Essex, UK: Longman Scientific & Technical; New York: Wiley.
- Marble, D. F., Calkins, H. W., and Peuquet, D. J. (1984) *Basic readings in Geographic Information Systems*. Williamsville, NY: SPAD Systems.
- Masser, I. and Blakemore, M. (eds.) (1991) *Handling Geographical Information: Methodology and Potential Applications*. Harlow, Essex, UK: Longman Scientific & Technical; New York: Wiley.
- McHarg, I. L. (1969) *Design with Nature*. New York: Wiley.
- Montgomery, G. E. and Schuch, H. C. (1993) *GIS Data Conversion Handbook*. Fort Collins, CO: GIS World.
- Morgan, J. M., III (1990) *Directory of Colleges and Universities Offering Geographic Information Courses*, Prepared by J. M. Morgan III and G. R. Bennett; edited by J. H. Treadwell. Bethesda, MD: ASPRS; ACSM; Washington, DC: AAG.
- Obermeyer, N. J., and Pinto, J. K. (1994) *Managing Geographic Information Systems*. New York: Guilford Press.

- Onsrud, H. J., and Cook, D. W. (eds.) (1990) *Geographic and Land Information Systems for Practicing Surveyors: A Compendium*. Bethesda, MD: American Congress on Surveying and Mapping.
- Peucker, T. K., and Chrisman, N (1975) "Cartographic Data Structures," *American Cartographer*, vol.2, no. 1, pp. 55-69.
- Peuquet, D. J., and Marble, D. F. (1990) *Introductory Readings in Geographic Information Systems*. Bristol, PA: Taylor and Francis.
- Pickles, J. (1995) *Ground Truth: The Social Implications of Geographic Information Systems*. New York: Guilford Press.
- Raper, J. (ed.) (1989) *Three-Dimensional Applications in Geographic Information Systems*. London: Taylor and Francis.
- Ripple, W. J. (ed.) (1987) *Geographic Information Systems for Resource Management: A Compendium*. Falls Church, VA: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Samet, H. (1990) *Design and Analysis of Spatial Data Structures*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Star, J. and Estes, J. E. (1990) *Geographic Information Systems: An Introduction*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Steinitz, C., Parker, P., and Jordan, L. (1976) "Hand-Drawn overlays: their history and perspective uses," *Landscape Architecture*, vol. 66, no. 5, pp. 444-455.
- Tobler, W. R. (1959) "Automation and cartography," *Geographical Review*, vol. 49, pp. 526-534.
- Tomlin, D. (1990) *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Worall, L. (ed.) (1991a) *Geographic Information Systems: Developments and Applications*. New York: Routledge.
- Worall, L. (ed.) (1991b) *Spatial Analysis and Spatial Policy Using Geographic Information Systems*. New York: Belhaven Press.
- Zweig White & Associates (1999) *Geographic Information System (GIS) Trends for A/E/P & Environmental Consulting Firms*. Zweig White & Associates, Inc.; ISBN: 1885002890.

فصل دوم

سیستم های تصویر نقشه، سیستمهای مختصات جغرافیایی، مقیاس نقشه و GIS

-
- ۱-۲ نقشه و اطلاعات توصیفی
 - ۲-۲ مقیاس و سیستم تصویر نقشه
 - ۳-۲ سیستم مختصات جغرافیایی
 - ۴-۲ اطلاعات جغرافیایی
 - ۵-۲ راهنمای مطالعات
 - ۶-۲ تمرینات
 - ۷-۲ منابع و مأخذ
-

۱-۲ نقشه و اطلاعات توصیفی

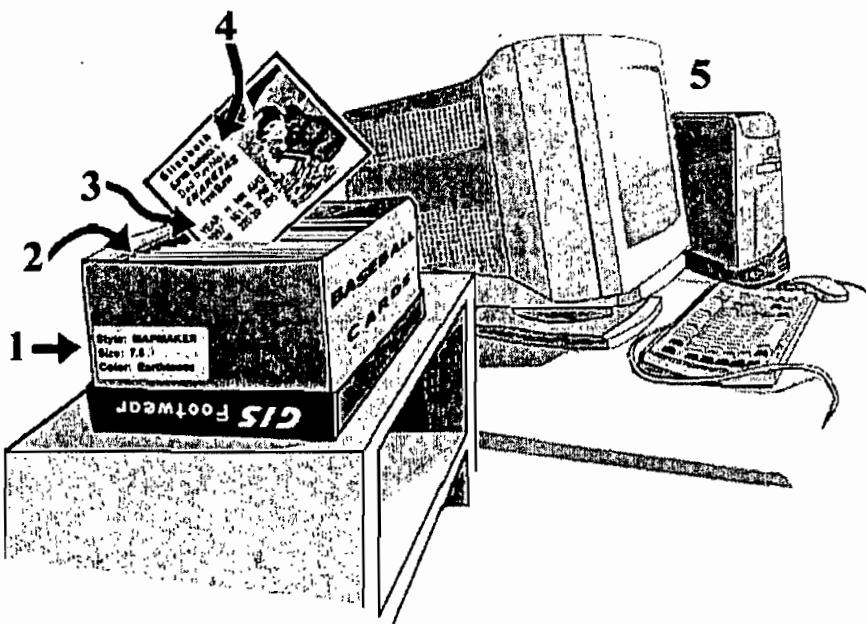
اطلاعات همه جای دنیاگی ما را به تسخیر خود در آورده است، اما خوشبختانه می‌توان آنها را در قالب‌هایی ملموس گنجاند و دسته بندی کرد. حجم زیادی از اطلاعات چنانچه از قبل مرتب نشوند در زندگی روزمره‌ی مردم قابل استفاده نخواهند بود. روش‌های عادی سازمان‌دهی اطلاعات از جمله کتاب‌های اول، راهنمایی‌تلفن و کتاب‌های اطلاعات جامع شهرها از جمله‌ی روش‌های تنظیم اطلاعات را بیشتر در قالب فهرست‌ها، ارقام، جداول، متن‌ها، تصاویر، نقشه‌ها و یا شاخص‌ها مرتب می‌کنند. گروه اطلاعات همسان که هم شامل متن و هم رقم هستند را داده می‌نامند. وقتی که داده‌های را به کامپیوتر وارد می‌کنیم آنها را تحت عنوان فایل نگهداری کرده و مجموعه آنها را بانک اطلاعاتی می‌نامیم. به زبان بانک اطلاعاتی، اقلام یا آیتم‌هایی که اطلاعات در باره آنها گردآوری می‌شود را ویژگی (attribute) و هر ردیف داده‌های جدایگانه را رکورد (record) می‌نامند. مثلاً ممکن است ما جعبه‌ای داشته باشیم که حاوی کارت‌هایی است که مشخصات دانشجویان رشته جغرافیای مراکز دانشگاهی پیام نور بر روی آنها درج است. بر روی هر کارت (رکورد) در بانک اطلاعاتی یا Database (که همان جعبه‌باشد) تصویری از دانشجو و اعداد یا نوشه‌هایی به عنوان مقدار یا ارزش (value) برای هر ویژگی داریم. ویژگی می‌تواند شامل نام دانشجو، گرایش تحصیلی، تعداد ترم‌های گذرانده، سال ورود به دانشگاه و نام مرکز دانشگاهی او باشد (شکل ۱-۲).

یک تفاوت اساسی بین این نوع اطلاعات و آنهایی که برای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی جمع‌آوری می‌شوند این است که اطلاعات مناسب GIS به نحوی یک ویژگی پایه‌ای به نام "جغرافیا" یا "مکانی بر روی زمین" را در بطن خود دارند. این بدان معناست که تصاویر و نقشه‌ها هم می‌توانند بانک‌های اطلاعاتی تلقی شوند. ارتباط با نقطه‌ای از زمین باید به شکلی در بانک اطلاعاتی GIS گنجانده شود که بتوانیم با استفاده از آن مکان به داده‌های مربوطه، و به وسیله‌ی داده‌های نیز به آن نقطه مشخص ارجاع دهیم. این کار به آن معناست که ما می‌توانیم داده‌های را هم بر اساس جغرافیا (مکان) و هم ویژگی‌ها (اطلاعات غیر مکانی) و یا هر دو مدیریت کنیم.

این کار را می‌توانیم در مورد جعبه‌ی حاوی کارت‌های دانشجویان جغرافیا انجام دهیم. بر روی هر کارت نام گروه جغرافیا و شهری که مرکز دانشگاهی محل تحصیل فرد در آن قرار دارد ثبت شده است. حال اگر با استفاده از یک نقشه‌ی موجود بتوانیم طول و عرض جغرافیایی شهرهای مورد نظر را هم پیدا کنیم انگار کارت‌های زمین - مرجع یا Geocoding کرده‌ایم. سپس اگر با مداد طول و عرض هارا بر روی کارت‌ها بنویسیم نوعی سیستم اطلاعات جغرافیایی درست کرده‌ایم. حال برای داشتن یک GIS واقعی باید این داده‌ها را وارد کامپیوتر کنیم. با این کار داده‌ها بیشتر قابل استفاده می‌شوند زیرا اگر بخواهیم با استفاده از سیستم GIS به ترسیم نقشه‌ای در این مورد اقدام کنیم، اطلاعات موجود بر روی هر کارت را به راحتی بر روی نقشه نمایش و جا خواهیم داد. در مطالب آتی خواهیم دید که قابلیت‌های زمین - مرجع کردن اطلاعات در GIS نه فقط همین مورد بلکه بسیار بیشتر از اینهاست. اما برای حال تها این نکته را به خاطر داشته باشیم که موقعیت (location) یعنی همه چیز.

نقشه قوت GIS در آن است که اجازه اتصال (link) ویژگی‌های غیرمکانی با اطلاعات جغرافیایی یا نقشه‌ای را به خوبی فراهم می‌آورد. مثلاً ما می‌توانیم داده‌های را هم بر اساس ویژگی‌ها (دانشجویانی که سال آخر

دانشگاه را می گذرانند) و هم بر اساس نقشه (دانشجویانی که مرکز محل تحصیل آنها در شهرستانی غیر از مرکز استان واقع است) جستجو کنیم. ظاهرًا وقتی که دو نوع اطلاعات با هم وصل (link) شوند، می توان از هر کدام آنها برای جستجوی دیگری بهره برد و یا اصلا هردو را همزمان مورد استفاده قرار داد. به عنوان مثال می توانیم از GIS مربوطه بخواهیم تا تمام دانشجویانی که در هیچ واحدی مردود نشده و معدل بالای ۱۶ داشته و محل تحصیل شان نیز در فاصله ی ۱۰۰ کیلومتری مرکز استان است را انتخاب کند. علاوه بر این، چون که ما اطلاعات مکان ها را نیز در دست داریم پس می توانیم برای جواب سوالاتمان به جای لیست از نقشه استفاده کنیم.



شکل ۱-۲ : عناصر یک سیستم GIS. (۱) بانک اطلاعاتی (جعبه)، (۲) رکوردها (کارت های دانشجویان)، (۳) ویژگی ها (خصوصیات فردی)، (۴) اطلاعات جغرافیایی (طول و عرض شهر محل تحصیل)، (۵) وسیله ای برای به کارگیری داده ها و اطلاعات (کامپیوتر). مأخذ: Clarke, 2003

نکته ی مهم در اینجا یافتن روشنی برای اتصال داده های توصیفی به نقشه است. چون ما برای این کار از کامپیوتر استفاده می کنیم پس قاعده‌تاً باید این اتصال در قالب ارقام باشد. به هنگام وارد کردن اطلاعات مربوط به اشخاص و مکانها، معمولاً به جای ارقام از آدرس خیابان ها استفاده می شود. بر قصول آتی بادآور خواهیم شد که GIS می تواند این قدرت را به ما بدهد که با استفاده از ارقام هر کدام از این ویژگی ها را به دلخواه انتخاب کنیم. با این حال، فعلا برای توصیف یک موقعیت تنها به یک رقم ساده نیاز داریم. برای این کار ما در مثال خود از طول و عرض جغرافیایی استفاده کردیم. این کار از آن روی لازم است که استفاده از سیستم های مختصات در بسیاری از بسته های GIS برای افزایش ضریب دقت و اطمینان لازم است.

در اینجا لازم است به اهمیت این ارقام جغرافیایی (طول و عرض) و اینکه چگونه با مکان های مشخص هم بر روی زمین و هم بر روی نقشه منطبق می شوند اشاره ای بکنیم. این بدان معنی است که ما برای فهم سیستم های مختصات تا حدودی نیازمند فهم کارتوگرافی هستیم، یعنی علمی که با ساختن، استفاده کردن و اصول

مربوط به نقشه ها سروکار دارد. پس اشاراتی به طول و عرض جغرافیایی که یادگار بطمیوس دانشمند یونان باستان است خواهیم کرد و نحوه تعریف سیستم تصویر (Map Projection) را بیان می کنیم.

۲-۲ مقیاس و سیستم تصویر نقشه

در نظر بگیرید که نقشه ی مالکیت زمین یک ناحیه دارای مقیاسی متفاوت از نقشه ی خاک همان ناحیه باشد. این دو نقشه چنانچه هم مقیاس نشوند نمی توانند کمک چندانی به ما کنند. به عبارت دیگر، برای کار در GIS اطلاعات باید طوری تنظیم شوند که داده های گردآوری شده از منابع نقشه ای مختلف با هم ثبت (register) و جفت و جور شوند. قبل از انجام هر تحلیلی با داده های رقومی باید آنها را برای ترکیب و کار در GIS دستکاری و کنترل کرد. این دستکاری و کنترل از طریق تعیین سیستم تصویر، همسان سازی مقیاس نقشه و تعیین مختصات جغرافیایی اعمال می شود. انجام این عملیات برای تحلیل های دقیق با GIS از ضروریات احتساب ناپذیر است.

به عبارتی، تعیین سیستم تصویر یکی از ارکان اصلی در تهیه نقشه است. این کار روشی ریاضی است برای تبدیل اطلاعات مربوط به زمین کروی سه بعدی به یک نقشه ی سطح دو بعدی. برای تهیه هر نوع خاصی از نقشه از یک سیستم تصویر خاص استفاده می شود، زیرا هر سیستم تصویر مورد استفاده ی خاصی دارد. مثلا سیستم تصویری که شکل قاره ها را به درستی نشان می دهد نمی تواند اندازه و مساحت آنها را هم با همان دقت نشان دهد.

از آنجا که بیشتر اطلاعات مورد استفاده در GIS از نقشه های موجود، که احتمالاً دارای مقیاس، مختصات و سیستمهای تصویر متفاوت هستند اقتباس می شود، لذا GIS با استفاده از قدرت پردازش کامپیوتر اطلاعات رقومی که از منابع مختلف و با سیستم های تصویر متفاوت تهیه شده اند را به یک سیستم همسان تبدیل می کند. پس قبل از استفاده از GIS برای تبدیل سیستمهای تصویر، مختصات و مقیاس نقشه ها لازم است نظری به مبانی نظری و کارتوگرافیکی آن بیاندازیم.

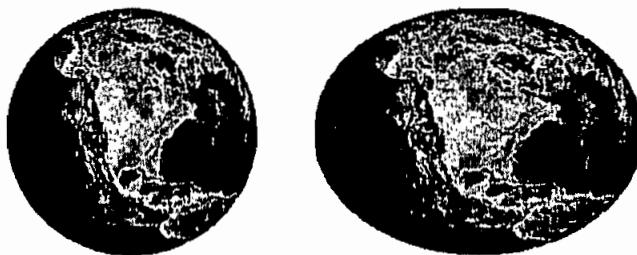
۱-۲-۲ شکل زمین

وقتی که از پنجه ی یک هوایی در حال پرواز خط کشی را در مقابل دیدگان خود گرفته و به افق نگاه کنیم ملاحظه خواهیم کرد که خط افق خطی راست نیست. این مثال به همراه مثال قدیمی دور شدن یک کشتی بر روی اقیانوس و ناپدید شدن تدریجی آن شواهدی برای کروی بودن زمین هستند. حال در بحث ترسیم نقشه ی تمام یا قسمت هایی از سطح زمین و وارد کردن آن در GIS دو سوال مطرح می شود. یکی اینکه اندازه زمین چقدر است؟ و دوم چگونه یک نقشه صاف می تواند برای توصیف مکان هایی بر روی سطح منحنی زمین مورد استفاده باشد؟

ابتدا به اندازه زمین بپردازیم. اگرچه بسیاری از برنامه های کاربردی نقشه کشی زمین را یک کره کامل در نظر می گیرند، اما اختلافی کوچک منتها با اهمیت میان فاصله ی قطب تا قطب آن ($39^{\circ} 9' 53''$ متر) در مقابل فاصله دور تا دور آن در منطقه استوا (4527 متر) وجود دارد. این بدان خاطر است که

زمین تا حدودی بیضوی شکل (ellipsoid) است، به عبارت دیگر می‌توان زمین را به صورت یک بیضوی سه بعدی در نظر گرفت که حول محور کوتاهتر خود می‌چرخد (شکل ۱-۲).

تلash های زیادی برای محاسبه شکل و اندازه حالت بیضوی (ellipsoid) زمین به عمل آمده است. هر یک از این بیضوی ها برای مناطقی که در آنجا پنهان وسیعی از بیضوی با سطح زمین منطبق می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد (عیوضی، ۱۳۷۷). در سال ۱۸۶۶ تهیه نقشه آمریکا بر مبنای بیضوی صورت گرفت که سر الکساندر رز کلارک اندازه گرفته و مسبوق به سوابقی در اروپا، روسیه، هندوستان، آفریقای جنوبی و پرو بود. بیضوی سال ۱۸۶۶ کلارک دارای شعاع استوایی $6,378,206/4$ متر و شعاع قطبی $6,356,538/8$ متر بود. در سال ۱۹۲۴ مقایسه که شعاع بلندتر آن با مقداری افزایش $\frac{378,288}{378,488}$ متر بود به عنوان یک استاندارد جهانی پذیرفته شد. چون در آن زمان در ایالات متحده آمریکا کار نقشه برداری از قبل شروع شده بود لذا آنها از همان مقادیر قدیمی استفاده کرده و آن را NAD27 که مخفف North American Datum 1927 بود نام نهادند. امروزه احتمالاً کسانی که با استفاده از برنامه های کاربردی ArcToolbox و ArcGIS نرم افزار ArcCatalog نرم افزار برای تعریف سیستم تصویر (Map Projection) نقشه ها به دنبال داده های مناسب می‌گردند بسیار با واژه NAD27 و نیز علام اختصاری مشابه برخورد کرده اند.

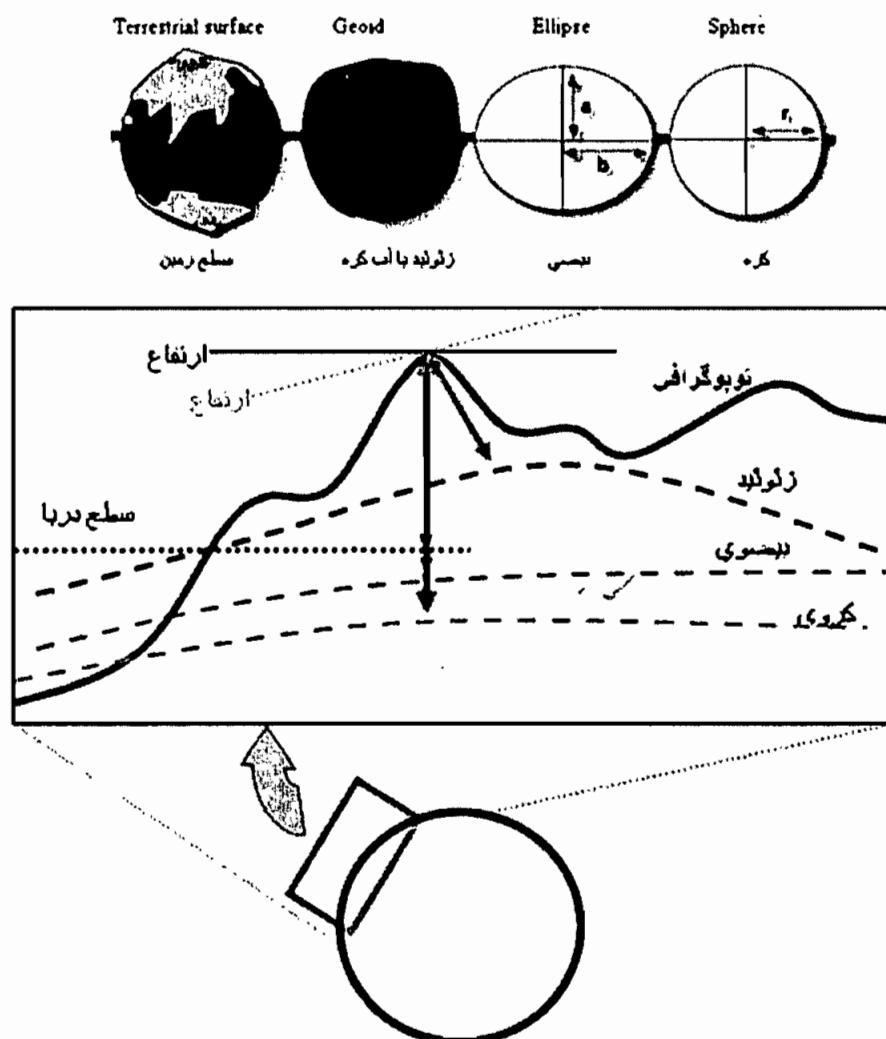


شکل ۱-۲: حالات بیضوی و کروی زمین

عصر ماهواره ها به همراه خود وسائل دقیق تری را برای اندازه گیری آورده است، که از آن جمله می‌توان به سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) اشاره کرد؛ با تخمین الیسوید می‌توان GPS را به کمک گرفت و ارتفاع هر نقطه را بر روی زمین محاسبه کرد و این کار غالباً Datum یا تعیین سطح مبنای سنجه ارتفاع (بعد سوم) نامیده می‌شود. تعیین این سطح مبنای به الیسوید، مدل زمین، و سطح دریا بستگی دارد. در سالهای اخیر مبنای این محاسبه را مرکز زمین می‌گیرند که متفاوت از موارد قبلی است که نقطه ای را بر روی سطح زمین مبنای می‌گرفتند. در سال ۱۹۸۳ در ایالات متحده سطح مبنای جدیدی به نام North American Datum of 1983 (NAD83) به کار گرفته شد که بر مبنای محاسبات سال ۱۹۸۰ بود و به عنوان یک سیستم مرجع ژئودزی در سطح بین المللی پذیرفته گردید. علامت اختصاری آن GRS80 برگرفته از عبارت Geodetic Reference System سال ۱۹۸۰ می‌باشد.

ارتش آمریکا نیز الیسوید GRS80 را پذیرفته متنها مقادیر آن را به صورت جزیی تغییر داده تا سیستم ژئودتیک جهانی (WGS84) را ابداع کند. نکته مهم در اینجا این است که اگر

بخواهیم از نقشه هایی با الیسوید و سطح مبنای مشخص استفاده کنیم ممکن است به هنگام بزرگ کردن مقیاس تفاوت های عمدی ای رخ بنماید، این امر مخصوصاً در مورد ارتفاع بسیار صادق است (شکل ۲-۲). نکته آخر اینکه، علم ژئودزی که کار محاسبه دقیق اندازه، شکل و حوزه های جاذبه زمین را به عهده دارد با کnar گذاشتن تمام تفاوت های محلی الیسویدی درست کرده که آن را ژئونید (geoid) می نامند. یعنی اگر به طور فرضی سطح اقیانوس ها در زیر خشکی های نیز ادامه یافته و آن را قطع کند شکلی حاصل خواهد شد که ژئونید نام دارد و سطح مقایسه برای اندازه گیری ارتفاع می باشد (عیوضی، ۱۳۷۷). تنها تحت شرایط بسیار خاص در GIS از ژئونید استفاده می شود. در واقع مرجع پذیرفته شده همانا شکل کروی زمین است. استفاده از الیسوید نیز زمانی ضروری می شود که با نقشه های دقیق تر و دارای جزئیات بیشتر یا نقشه های بزرگ مقیاس سروکار داشته باشیم و یا در مواردی که عدم استفاده از الیسوید باعث ایجاد تفاوت هایی معنی دار در مقیاس هایی کوچکتر از حدود ۱:۱۰۰،۰۰۰ شود. همچنین هرگاه بنخاهم یاده های گردآوری شده میدانی از GPS را با GIS مرتبط کنیم، سطح مبنای (یعنی نوع datum) حتماً باید مشخص شده باشد.



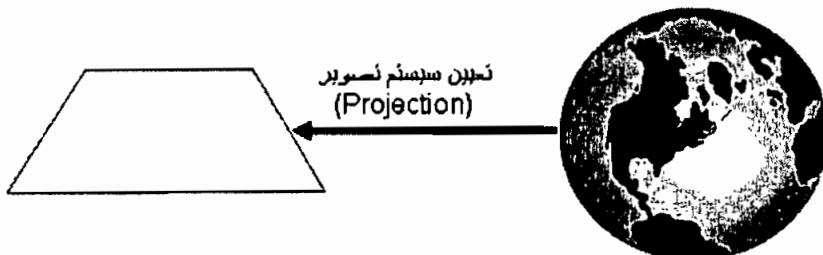
شکل ۲-۳: تعیین ارتفاع بر مبنای حالت های کروی، بیضوی، ژئونید و یا سطح دریا نتایج متفاوتی خواهد داشت. حتی طول و عرض های جغرافیایی نیز تا حدودی تغییر می کنند.

۲-۲-۲ مقیاس نقشه

تمام نقشه ها خواه بر روی کاغذ و خواه در درون کامپیوتر، صورت های کوچک شده زمین هستند. نقشه ای با مقیاس یک به یک عملای غیر قابل استفاده است و به ندرت و بازحمت بتوان آن را باز کرد. مقیاس کسری است که نسبت فواصل بر روی نقشه را به همان فواصل بر روی زمین نشان می دهد. یک مدل هواپیما یا قطار معمولاً دارای مقیاسی حدود ۱:۴۰ می باشد. این بدان معنی است که هر فاصله ای بر روی مدل به اندازه یک چهلم اندازه واقعی آن در جهان خارج است. اما زمین به ~~نهایت~~ ^{حد} بزرگ است که ما برای نمایش تصویری آن بر روی نقشه تنها باید از مقیاس های بسیار کوچک استفاده کنیم.

نکته قابل اهمیت این است که GIS عموماً "فاقد مقیاس" است. داده ها می توانند چند برابر بزرگ یا کوچک شوند. با این حال هرگاه نقشه را بزرگ کنیم به معنای آن نخواهد بود که جزئیات بیشتری هم قابل رویت خواهد بود. مثلاً یک خط ساخته ساده با بزرگتر کردن نقشه همچنان به همان حالت خود و حتی شاید غیر دقیق تر ظاهر می شود. از سوی دیگر، چنانچه مقیاس نقشه را در GIS بدون ~~حذف~~ ^{برخی} جزئیات کوچک کنیم، نقشه چنان شلوغ می شود که دیگر درختان اجازه دیدن منظره جنگل را به مانخواهند داد. پس نمایش مناسب اطلاعات در یک مقیاس مشخص یکی از مهمترین اهداف طراحی کارتوگرافی است.

نکته آخر اینکه مقیاس تنها بر روی کره ثابت است و هرچه نقشه را از حالت کروی یا بیضوی خود به حالت صاف و مسطح چه بر روی کاغذ و چه بر روی صفحه کامپیوتر درآوریم به ناچار نقشه تغییر شکل می دهد. بخشی از کارتوگرافی که به این مساله پرداخته و در باره قرار دادن زمین کروی بر روی نقشه مسطح بحث می کند سیستم های تصویر یا Map Projection نامیده می شود (شکل ۴-۲).

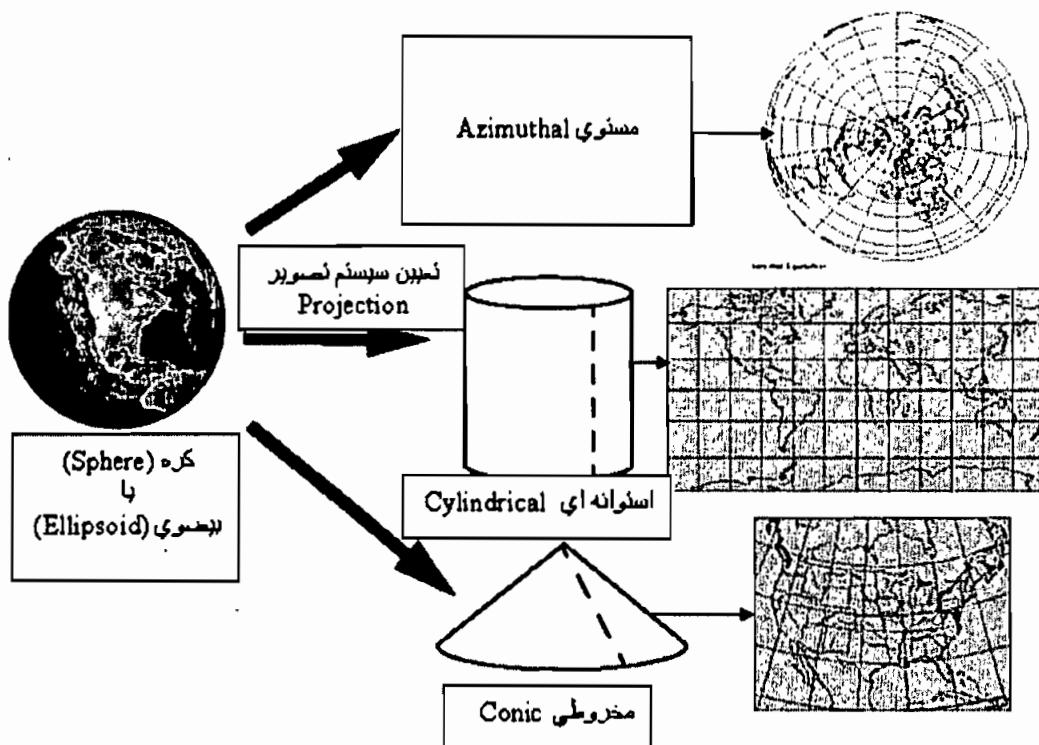


شکل ۴-۲: چگونگی تبدیل یک کره سه بعدی به نقشه دو بعدی را سیستم تصویر یا Projection می نامند.

۳-۲-۲ سیستم های تصویر

با توجه به شکل کره یا بیضی زمین، چگونه می توان داده های طول و عرض جغرافیایی را به روی نقشه ای صاف با محور های x و y منتقل داد؟ ساده ترین راه، نادیده انگاشتن این ~~واقعیت~~ ^{حقیقت} است که طول و عرض ها به جای اینکه زوایایی در مرکز زمین باشند صرفاً مقادیر فرض شده ای از x و y هستند. مقادیر x و y از ۹۰° تا ۱۸۰°، +۹۰° تا +۱۸۰° در چهار جهت اصلی است. وقتی این مقادیر بر روی نقشه ای ظاهر شوند آن

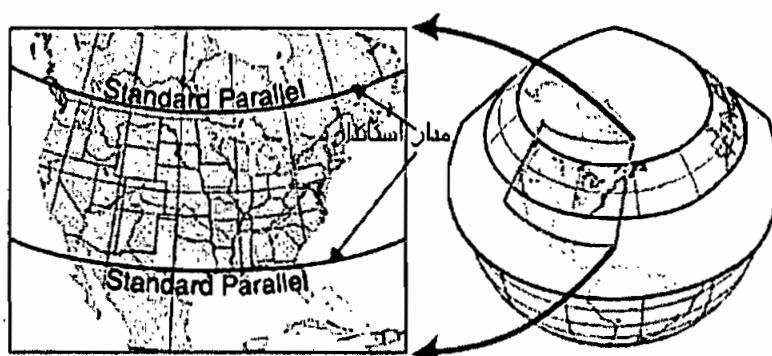
نقشه دارای سیستم تصویر است زیرا مختصات جغرافیایی زمین (طول و عرض ها) به قالب نقشه ای مسطح درآمده اند. این کار به روش های مختلف می تواند انجام گیرد. ما می توانیم سیستم تصویر کره (یا بیضی) سه بعدی را به سه شکل مسطح، استوانه ای و یا مخروطی تعریف کرده، سپس آن هارا به صورت نقشه دو بعدی باز کنیم. هر کدام از این سه سیستم تصویر به ترتیب مستوی (Azimuthal)، استوانه ای (Cylindrical) و مخروطی (Conic) نامیده می شوند (شکل ۵-۲).



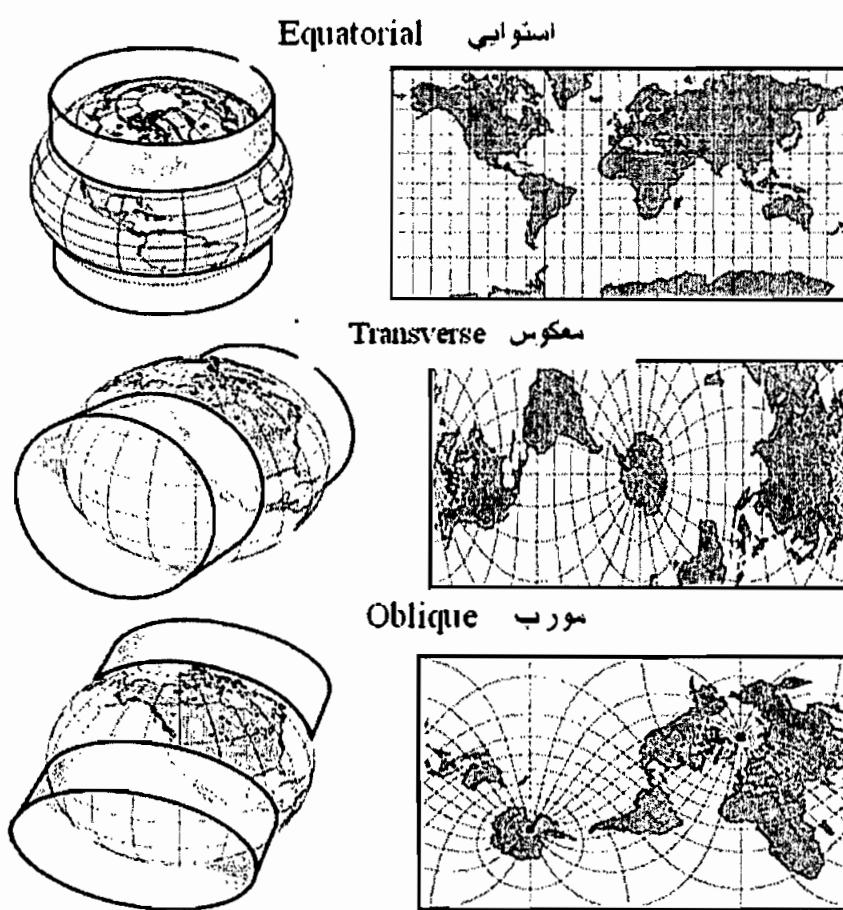
شکل ۵-۲: سیستم های تصویر نقشه بسیار زیاند، اما سه روش اساسی که می توانند بر روی یک نقشه مسطح باز شوند عبارتند از مسطح، استوانه ای و مخروطی.

همچنین می توان نقشه را در ارتباط با وضعیت تماس سطح، مخروط یا استوانه فرضی با کره تهیه کرد. یعنی می توان شکلی داشت که در آن کره به وسیله یکی از این سه "قطع" شده باشد، که سیستم تصویر حاصله را سیستم "قاطع" یا Secant گویند. بنا بر این اگر مثلاً یک مخروط کره را قطع کند ما یک سیستم مخروطی قاطع خواهیم داشت. خط یا خطوطی که بر اثر سیستم تصویر قاطع با کره مماس می گردند بسیار مهم است زیرا در طول این خطوط (خطوط) نقشه و کره دقیقاً با هم جفت و جور بوده و تصاویر حاصله از کمترین میزان تغییر شکل برخوردار خواهد بود. اگر این خط قطع کننده منطبق با یکی از مدارات گردد آن را مدار استاندارد یا Standard Parallel گویند. شکل ۶-۲ یک سیستم مخروطی قاطع با دو مدار استاندارد را نشان می دهد. بر روی این خطوط یا در نزدیکی آنها نقشه دارای بیشترین میزان دقیقت و صحبت است. سیستم های استوانه و مستوی هم می توانند قاطع باشند. اگر سیستم استوانه را ۹۰ درجه بچرخانیم تصویر حاصله را معکوس

(Transverse) و اگر هر کدام از سه سیستم را در هرجای دیگری از سطح کره قرار دهیم آن را سیستم تصویر مورب (Oblique) می نامند (شکل ۷-۲).



شکل ۶-۲ : سیستم تصویر مخروطی قاطع با دو مدار استاندارد. سیستم مخروطی کره را قطع کرده و در قسمت های قطع شده نقشه دارای بیشترین میزان دقیق و صحیح است. اگر کره تنها در طول یک خط قطع شود سیستم دارای تنها یک مدار استاندارد است .(Clarke, 2003)



شکل ۷-۲ : سیستم تصویر استوانه ای (مرکاتور) قاطع در سه شکل استوایی، معکوس و مورب (مأخذ: Clarke, 2003)

کارتوگراف ها تاکنون هزاران سیستم تصویر مختلف ابداع کرده اند، که خوشبختانه می توان آنها را در مجموعه هایی مشخص دسته بندی کرد و به آسانی فهمید. ساده ترین برای ارزیابی یک سیستم تصویر آن است که بدانیم به هنگام انتقال از حالت کروی یا بیضوی به یک نقشه مسطح چه تغییراتی حاصل می شود. برخی از سیستم های تصویر شکل ها را حفظ می کنند که به سیستم های تصویر مشابه (Conformal) معروفند. خطوط طول و عرض جغرافیایی در این سیستم تصویر شبکه ای با زوایای قائمه هستند. سیستم های مشابه غالباً برای نقشه هایی به کار می روند که برای اندازه گیری جهت ها مورد استفاده اند، زیرا این سیستم جهت ها را با دقت حفظ می کند. سیستم مرکاتور و سیستم مخروطی مشابه لمبرت دو نمونه از این سیستمها محسوب می شوند.

در آن سوی طیف، سیستم های تصویری وجود دارند که مساحت ها را حفظ می کنند. بسیاری از بسته های GIS مساحت را در انواع مختلف تحلیل ها محاسبه کرده و مورد استفاده قرار می دهند، پس در چنین وضعیتی باید مساحت به صورت یکسان برای تمام قسمت های نقشه محاسبه شود. این سیستم هارا معادل گویند و تمام قسمتهای مورد نظر زمین با مساحت های دقیق بر روی نقشه ظاهر می شوند. سیستم های تصویری آلبز (Albers) و سینوسویدال (Sinusoidal) مثالهای در این زمینه اند.

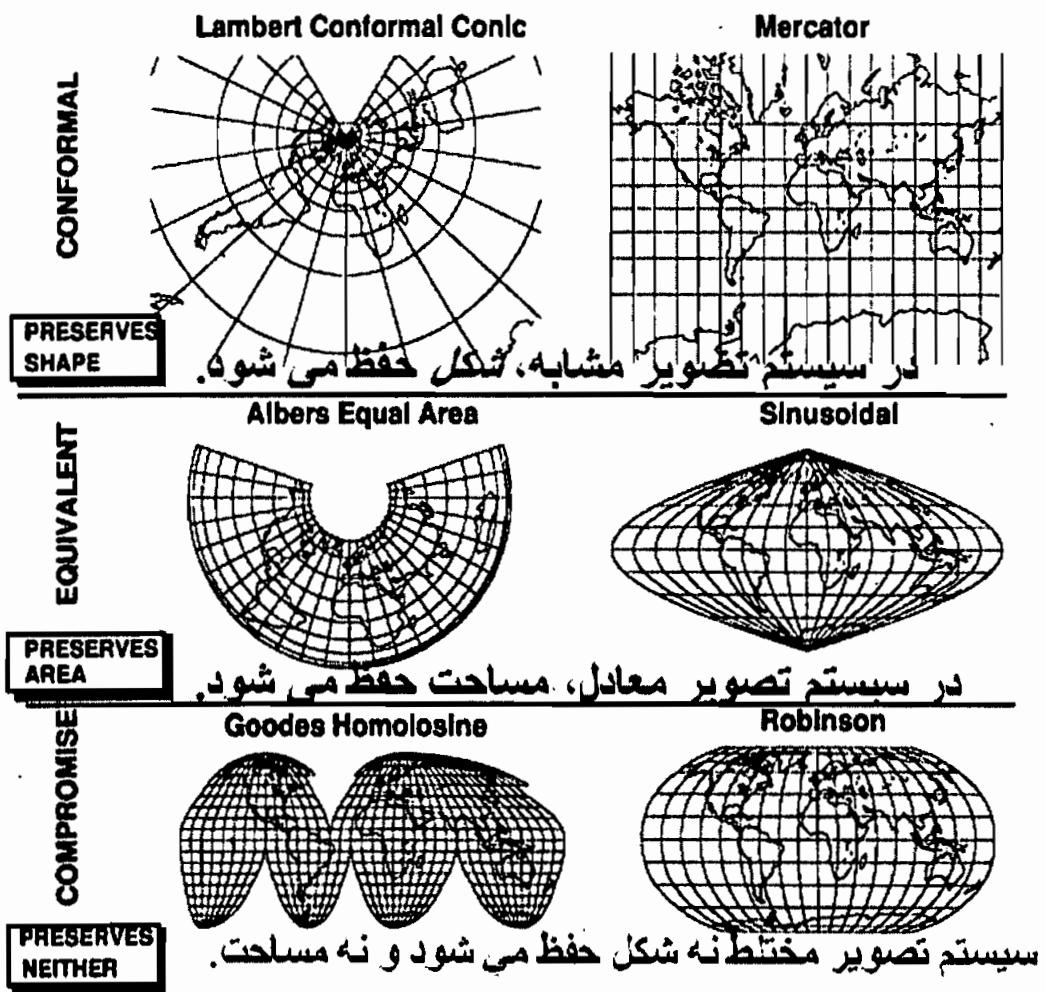
سومین دسته سیستم های تصویر آنهایی هستند که فواصل را در طول یک یا چند خط بر روی نقشه حفظ می کنند. سیستم ساده مخروطی و سیستم هم فاصله آریموال دو نمونه از این سیستم ها هستند. دسته آخر هم سیستم های تصویر مختلط نام دارند که در واقع نه معادل اند و نه مشابه. در این دسته، سیستم های تصویر گاه معدلی از دو یا چند سیستم همسان می باشند (شکل ۸-۲).

مهمترین مفاهیم سیستم های تصویر مورد استفاده در GIS را می توان چنین خلاصه کرد. ابتدا، هرچه منطقه مورد نظر بزرگتر باشد اشتباہات نقشه کشی ناشی از سیستم تصویر فاحش تر خواهد شد. اگرچه در مقیاس ۱:۲۴۰۰۰ هم خطاهای توافقنامه باشند اما در مقیاس های کوچکتر نظریه یک میلیونیم خطاهای توافقنامه باشند. دوم، سیستم تصویر مورد استفاده باید مناسب با برنامه کاربردی GIS باشد. اگر بنا به هر دلیلی جهت ها در نقشه مهم باشند پس لازم است یک سیستم تصویر مشابه برای GIS تعریف شود، و اگر تحلیل های مبتنی بر GIS در پی مقایسه یا محاسبه مساحت ها باشد، مثلاً محاسبه تراکم ها، پس یک سیستم معادل ضرورت پیدا خواهد کرد. بالاخره اینکه برای برهم نهی (Overlay) نقشه های با هم چسباندن دو نقشه باید هردو دارای سیستم تصویر یکسان باشند.

بسیاری از بسته های GIS قابلیت تبدیل مختصات جغرافیایی به سیستم های گوناگون تصویر را دارند. ظاهراً این قابلیت دارای اهمیت خاصی است زیرا معمولاً نقشه های GIS از منابع مختلف و احتمالاً با سیستم های مختصات مختلف گرفته می شوند.

نهایتاً، کشورهایی مشخص و خصوصاً انواعی خاص از سیستم های مختصات کاملاً منطبق با یک سیستم تصویر مشخص با یک الپسoid خاص یا یک سطح مبنای (Datum) ویژه هستند. مثلاً در ایالات متحده آمریکا در تپیه سری نقشه های ۱:۲۴۰۰۰ توپوگرافی سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) از سیستم تصویر چند مخروطی، الپسoid ۱۸۶۶ کلارک و سطح مبنای NAD27 استفاده شده است. تغییرات اخیر در زمینه NAD27 به NAD83 و الپسoid مربوطه یعنی GRS80 عوارض را به اندازه ۳۰۰ متر بر روی زمین یا ۱۲/۵ میلی متر بر روی نقشه ۱:۲۴۰۰۰ جابجا نشان می دهد. پس اگر کاربر GIS در مقایسه

یا مونتاژ نقشه هایی با سیستم های تصویر و الپسودها و Datum هایی متفاوت دچار اشتباه شود قطعاً منجر به اشتباهات و خطاهای خلیلی پیچیده خواهد شد. اهمیت این مورد مخصوصاً زمانی بیشتر می شود که بخواهیم داده های یک نقشه را وارد کامپیوتر کنیم ~~که اگر فکر نداشتم بخواهیم داده های یک نقشه را وارد کامپیوتر کنیم~~.



شکل ۸-۲: مثال هایی از سیستم های تصویر بر اساس تغییراتی که به وجود می آورند. هیچ سیستم تصویری نمی تواند هم معادل باشد و هم مشابه (مأخذ: Clarke, 2003).

۳-۲ سیستم های مختصات

وقتی که می خواهیم توضیح دهیم که کجا هستیم معمولاً موقعیت خود را با ارجاع به نقطه ای دیگر بیان می کنیم. مثلاً برای دادن یک آدرس می گوییم پایین تر از چهار راه به سمت راست پیچید و بعد از خیابان دوم به رستوران می رسید. یا ممکن است برای بیان نشانی یک خانه یا اداره از آدرس خیابان و پلاک خانه استفاده کنیم مثلًا خیابان ۴۵۶ در خیابان پارک. این گونه ارجاع دادن ها را در جغرافیا موقعیت نسبی گویند زیرا موقعیت یک مکان نسبت به مکانی دیگر بیان می شود. GIS توان استفاده از موقعیت های نسبی را مخصوصاً هنگام زمین مرتع کردن آدرس های خیابان ها داراست. البته GIS این کار را زمانی که موقعیت ها نسبت به کل زمین ثابت باشند انجام می دهد. در این حالت موقعیت را موقعیت مطلق گویند زیرا با توجه به یک مبدأ یا

"نقطه صفر" سنجیده می شود. برای عرض و طول جغرافیایی ما از خط استوا و نصف النهار گرینویچ استفاده می کنیم.

برای تبدیل نقشه به رقم (رقومی کردن) لازم است که روشنی استاندارد برای کدگذاری موقعیت ها بر روی زمین انتخاب شود. نقشه ها را چه به صورت دستی و چه با استفاده از کامپیوتر بر روی سطوح صاف (کاغذ) چاپ می کنند. موقعیت ها را می توان بر اساس میلی متر یا سانتی متر بر روی نقشه تعیین کرد و نقطه شروع البته که گوشه سمت چپ پایین است. دستگاه پلاتر یا چاپگر کامپیوتر نیز این ابعاد را می شناسد و معمولاً لازم است که موقعیت ها در فرمت x و y باشند یعنی فواصل بر اساس غربی-شرقی (Easting) و پس از آن جنوبی- شمالی (Northing) تعیین گردد. این جفت ارقام را معمولاً "مختصات" می نامند. روش های استاندارد ثبت مختصات را "سیستم های مختصات" گویند. نقشه هایی که از سیستم های مختصات مشترک استفاده می کنند بطور اتوماتیک در کنار یکدیگر جفت و جور می شوند.

یک مسأله مهم در ارتباط با مختصات آن است که اگرچه ابعاد نقشه ساده اند و محور های x و y در زوایای درست نسبت به هم قرار می گیرند، اما موقعیت های واقع بر سطح زمین به سادگی قبل افتابس نیستند. زیرا اولین مشکل آن است که یک نقشه صاف از تمام یا بخشی از سطح زمین قطعاً دارای یک سیستم تصویر است که باعث تغییراتی در مقیاس، شکل، مساحت یا جهت ها شده است. ما می خواهیم همه انحنای های زمین را به هنگام ترسیم یک نقشه صاف از بین ببریم. چگونگی حذف این انحنایها به عواملی همچون سیستم های مختصات مورد استفاده، بزرگی منطقه مورد نظر و نوع سیستم تصویر به کار گرفته شده بستگی دارد.

اگرچه هیچکدام از سیستم های گوناگون مختصات به طور کامل برای نقشه کشی کامپیوتری ایده آل نیستند، با این حال و با توجه به پیچیدگی شکل زمین برخی از سیستم ها به صورتی مناسب برای کار با GIS جوابگو هستند. در اینجا به توضیح سه مورد از آنها یعنی سیستم مختصات جغرافیایی، سیستم UTM و سیستم شبکه نظامی (Military Grid System) می پردازیم.

۲-۳-۱ مختصات جغرافیایی (Geographic Coordinates)

بسیاری از سیستم های GIS مکان ها را بر اساس ارقامی که از طول و عرض ها یا مختصات جغرافیایی گرفته شده ذخیره می کنند. این سیستم به وسیله "کنفرانس بین المللی نصف النهار" که در سال ۱۸۸۴ در شهر واشنگتن آمریکا برگزار شد به عنوان استاندارد پذیرفته شد. در این کنفرانس بر سر قبول نصف النهار گرینویچ لندن به عنوان نصف النهار مبنای توافق به عمل آمد. در GIS به دو روش طول و عرض ها را برای زمین-مرجع (geocode) کردن داده ها یا به هنگام وارد کردن نقشه به کامپیوتر به کار می گیرند. یکی به صورت درجه (Degrees)، دقیقه (Minutes)، و ثانیه (Seconds) یا DMS و دیگری به صورت درجات اعشاری یا Decimal Degrees (DD). در هر دو مورد عرض های جغرافیایی تا ۹۰ درجه شمالی (+۹۰) و ۹۰ درجه جنوبی (-۹۰) گسترده اند. زمین-مرجع یا geocode کردن داده ها در GIS با استفاده از علامت + و - و سپس DD.MM.SS.XX صورت می گیرد، جایی که DD درجه، MM دقیقه، SS.XX هم ثانیه ها و کسر ثانیه ها و در آن یکی سیستم به صورت DD.XXXX یا درجات اعشاری است. هر درجه ۶۰ دقیقه و هر دقیقه ۶۰ ثانیه است. طول های جغرافیایی نیز به همین سان هستند با این تفاوت که درجات آنها از ۱۸۰ تا

+۱۸۰ است. بر روی خط استوا یک درجه حدود ۱۱۱/۱۱ کیلومتر (حاصل تقسیم محیط زمین که حدود ۴۰۰۰ کیلومتر است بر 36° درجه دور دایره) یا هر $100^{\circ}/0$ درجه ۱۱۱ متر است.

مزیت استفاده از سیستم مختصات جغرافیایی در GIS آن است که تمام نقشه ها می توانند به یک سیستم تصویر یکسان منتقل شوند. با این حال، اگر GIS نتواند کار انتقال سیستم های تصویر میان نقشه های با سیستم های تصاویر مختلف را انجام دهد آن وقت می توان از سیستم های مختصات دیگر از جمله UTM بهره گرفت، مخصوصاً زمانی که بخواهیم از تکنیک برهم نهی (Overlay) لایه ها نیز استفاده کنیم.

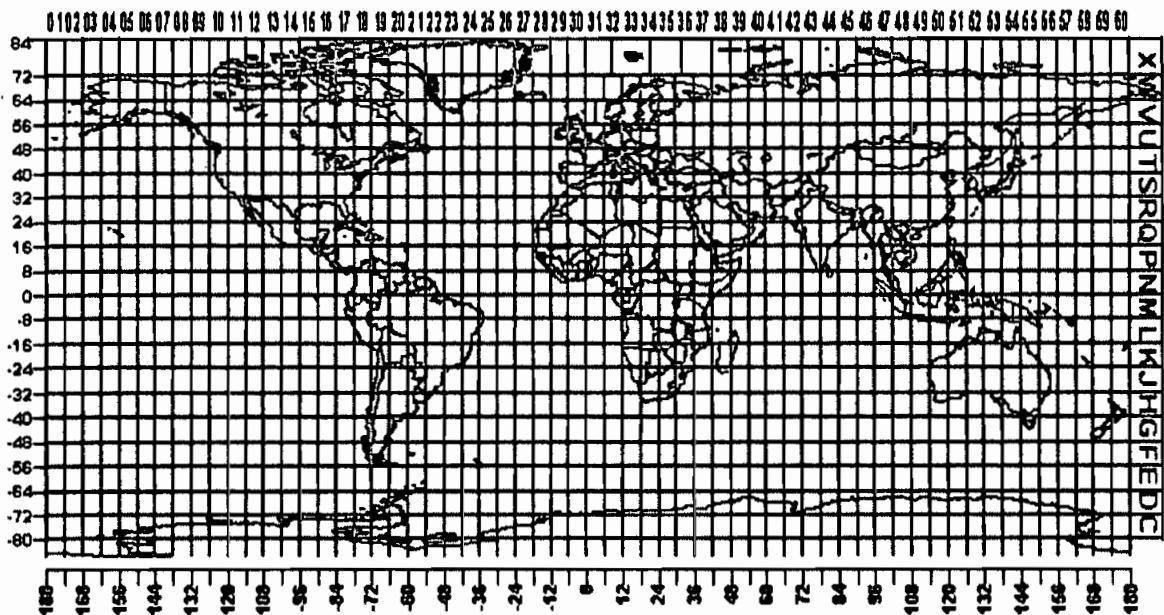
۲-۳-۲ سیستم مختصات UTM (The Universal Transverse Mercator Coordinate System)

از آنجا که از اواخر دهه ۱۹۵۰ سازمان ~~ژئو~~ شناسی آمریکا (USGS) در تهیه نقشه های توپوگرافی از سیستم UTM استفاده کرده لذا این سیستم به صورتی فراگیر در GIS مورد استفاده قرار می گیرد. سیستم مرکاتور معکوس احتمالاً رایج ترین سیستم تصویر برای نقشه های با دقت بالاست. داستان استفاده از این سیستم از آنجا شروع می شود که معلوم گشت سیستم تصویر مرکاتور اگرچه در قطب ها تغییر شکل و انحراف بیش از حد درست می کرد ولی در ~~الکساندریا~~ ^{استوا} ~~الکساندریا~~ انحراف در کمترین حد خود بود. پس جان هنریش لمبرت در سال ۱۷۷۲ سیستم مرکاتور را به حالت معکوس به کار گرفت تا به جای این که استوانه با خط استوا مماس گردد با دو نصف النهار در امتداد هم مماس شود. نتیجه این کار کمترین میزان کجی و تغییر شکل در نواری از قطب شمال تا قطب جنوب بود. جان کارل فریدریش گوس در سال ۱۸۲۲ به تجزیه و تحلیل بیشتر ~~کیم این~~ سیستم پرداخت، و لویس کروگر نیز در سال های ۱۹۱۲ و ۱۹۱۹ اصلاحاتی بر روی آن انجام داد. در نتیجه این سیستم تصویر، سیستم مشابه گوس یا سیستم گوس-کروگر نامیده شد و امروزه به سیستم مرکاتور معکوس معروف است. با این حال از این سیستم تا بعد از جنگ جهانی دوم به ندرت استفاده می شد.

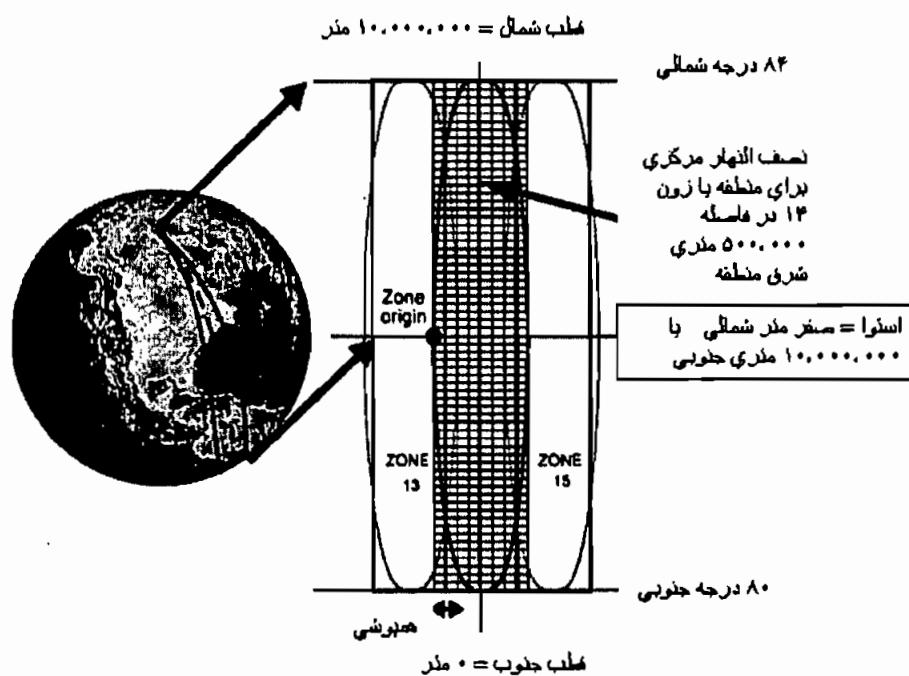
سیستم تصویر مرکاتور معکوس به انحصار مختلف در سیستم های UTM، شبکه نظامی و برخی سیستم های دیگر هم حضور دارد. این سیستم برای تهیه نقشه قسمت اعظم ایالات متحده آمریکا، بسیاری از کشورهای دیگر جهان و حتی سیاره مریخ مورد استفاده قرار گرفته است. سیستم UTM از همان میزان دقیقی بهره می برد که سیستم مرکاتور معکوس. این سیستم زمین را به 60° قاقچ یا منطقه (Zone) که هر کدام شامل 6° درجه طول جغرافیایی و از قطب شمال تا قطب جنوب کشیده شده تقسیم میکند. منطقه اول از طول 180° درجه غربی از خط بین المللی زمان شروع و به سمت شرق یعنی از 180° تا 174° درجه غربی ادامه دارد. آخرین منطقه یعنی منطقه 60° هم از 174° درجه شرقی شروع و از آن سوی به خط بین المللی زمان می پیوندد. بنا بر این شماره مناطق از غرب به شرق اضافه می شود.

در درون هر منطقه (Zone) خطی که برای سیستم تصویر مرکاتور معکوس در نظر گرفته شده خطی است که از مرکز آن منطقه از شمال به جنوب می گذرد. بنا بر این برای منطقه ۱ که شامل طول های 174° تا 180° غربی است، نصف النهار مرکزی برای سیستم UTM نصف النهار 177° درجه غربی می باشد. از آنجا که نصف النهار مرکزی هر منطقه خط استوار را به صورت قائم الزاویه قطع می کند لذا استفاده از نصف النهار مرکزی هر منطقه برای درست کردن شبکه قابل توجیه است (شکل ۲-۹ و شکل ۲-۱۰).

برای درست کردن مبنا برای سیستم مختصات هر منطقه (Zone)، دو نیمکره را باید به طور جداگانه در نظر گرفت. برای نیمکره جنوبی نقطه صفر را "قطب جنوب" می‌گیرند و محاسبه "جهت شمال" یا "Northing" را بر اساس متر از این نقطه مرجع آغاز می‌کنند. از آنجا که محیط زمین حدود ۴۰ میلیون متر است لذا ۱ میلیون متر فاصله از نقطه صفر مبدأ را در برابر می‌گیرد.



شکل ۹-۲: منطقه بندی جهان بر سیستم UTM



شکل ۱۰-۲: یک منطقه یا Zone نمونه از سیستم مختصات UTM (مأخذ: Clarke, 2003).

محاسبه جهت شمال یا Northing مجدداً از خط استوا به عنوان نقطه صفر برای نیمکره شمالی آغاز می شود که آن هم در نقطه قطب شمال به ۱۰ میلیون متر می رسد. هر چه به قطب ها نزدیک تر شویم میزان کشیدگی و تغییر شکل شبکه طول و عرض UTM بیشتر و بیشتر می شود. برای مناطق قطبی هم از سیستم مختصات جهانی از ۸۴ درجه شمالی و ۸۰ درجه جنوبی استفاده نمی شود. برای مناطق قطبی هم از سیستم مختصات جهانی استرنوگرافیک قطبی استفاده می کنند (عیوضی، ۱۳۷۷).

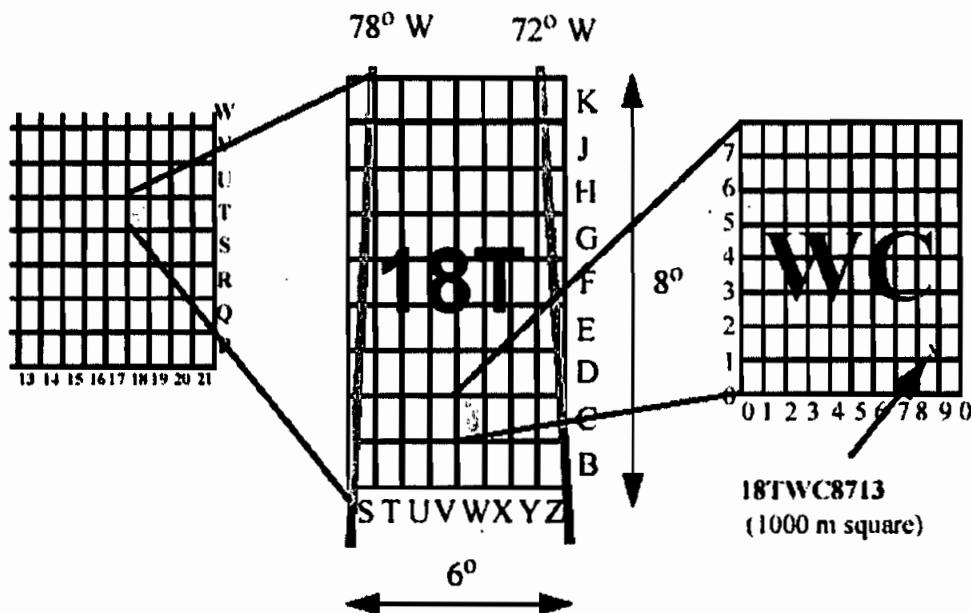
برای محاسبه جهت غربی-شرقی (Easting) یک مبدأ ساختگی در حد غربی هر منطقه (Zone) در نظر گرفته شده است. فاصله واقعی این مبدأ حدود نیم درجه است اما برای سهولت کار از ارقام استفاده می شود یعنی محور قائم اصلی این شبکه در ۵۰۰ کیلومتری غرب نصف النهار مرکزی هر زون است. این کار می تواند دو مزیت داشته باشد؛ هم امکان همپوشی میان مناطق (Zones) را برای اهداف مختلف نقشه کشی فراهم آورد و هم از مختصات منفی اجتناب گردد. بدینوسیله می توانیم بگوییم که در کدام سمت (شرق یا غرب) نصف النهار مرکزی قرار داریم و رابطه شمال حقيقی با شمال شبکه نیز در هر نقطه معلوم است. مثلاً كالج هانتر (Hunter College) شهر نیویورک طبق مختصات UTM در ۴۱۰، ۴۱۳، ۵۱۲ در ۳۱۰، ۵۸۷ متری شرقی منطقه ۱۸ در نیمکره شمالی واقع شده است. این بدان معنی است که این نقطه در فاصله ای حدود ۴۰ درصد از استوا به سمت قطب شمال، و در شرق نصف النهار مرکزی منطقه ۱۸ که در ۷۵ درجه غربی گرینویچ واقع است، قرار دارد. پس اگر محل مورد نظر را بر روی نقشه ای با شبکه UTM نشان دهیم در سمت شرق شمال حقيقی ظاهر می شود.

در استوا میزان نوسان از مقیاس حقيقی یک در هزار است. پس سیستم مرکاتور سیستمی مشابه است و شکل عوارضی مانند رودخانه ها و خطوط ساحلی را حفظ می کند. مزیت دیگر آن این است که میزان دقت آن بالا و در موارد کاربردی از قابلیت پذیرش بالایی برخوردار است. در موارد مختلف، مخصوصاً برای تهیه نقشه های کوچک مقیاس می توان رقم آخر را از سیسم شماره گذاری UTM حذف کرده و قدرت تقسیک را به ده متر تقلیل داد. این کار معمولاً در مقیاس های ۱:۲۵۰،۰۰۰ و کوچکتر صورت می گیرد. به همین سان قدرت تقسیک تقسیمات کوچکتر از متر را هم می توان به سادگی و با اضافه کردن ارقام اعشاری بالا برد. اگرچه جز در موارد محدودی نظیر نقشه برداری و ژئودزی کمتر نیاز به دقچهای کوچکتر از یک متر هست اما جهت اجتناب از خطای گردکردن ارقام در کامپیوتر لازم است در ذخیره سازی این گونه داده ها در GIS دقت کافی مبذول و حتی دقت های کمتر از متر نیز ممکن نظر قرار گیرند.

۳-۳-۲ سیستم مختصات شبکه نظامی (The Military Grid Coordinate System)

نوع دوم سیستم مختصات UTM، شبکه نظامی نام دارد که از سال ۱۹۴۷ توسط ارتش آمریکا و بسیاری از کشورها و سازمان های دیگر نیز مورد استفاده می باشد. شبکه نظامی برای مشخص کردن موقعیت ها از سیستم حروف استفاده می کند. در اینجا هم مناطق (Zones) از غرب به شرق و از ۱ تا ۶۰ شماره گذاری شده اند. اما مناطق در درون خود به نوار های عرضی ۸ درجه ای تقسیم شده اند که با حروف C (۷۲ تا ۸۰)، A (۷۰ تا ۷۲)، B (۶۴ تا ۷۰)، X (۲۲ تا ۶۴ درجه شمالی، استثنایاً این نوار آخری پهن تر از دیگران است). حروف A و Z و Y به سیستم جهانی استرنوگرافیک قطبی اختصاص داده شده اند. یک چهار ضلعی ۶ درجه ای

عموماً حدود یک هزار کیلومتر مربع بر روی زمین را می پوشاند. این چهار ضلعی ها با رقم و حرف مشخص می گردند، مثلاً شهر نیویورک در کادر 18T و تهران در کادر 39S قرار می گیرند (شکل ۹-۲). هر چهار ضلعی سپس به موارد فرعی تر یعنی چهار ضلعی های ۱۰۰،۰۰۰ ۱۰۰ متر مربعی تقسیم می شود. پس برای شناسایی هر چهار ضلعی دو حرف دیگر به آن اضافه می گردد (شکل ۱۱-۲). سیستم حروف برای چهار ضلعی های ۱۰۰،۰۰۰ ۱۰۰ متر مربعی در جهت شرقی-غربی (x) بوده و از A شروع و تا Z ادامه می یابد، سپس این حالت دوباره تکرار می شود تا دور زمین کامل گردد. البته در این سیستم حروف گذاری از دو حرف I و O به خاطر احتمال اشتباه با اعداد ۱ و ۰ صفر استفاده نمی شود. اولین ستون با عرض ۱۰۰،۰۰۰ متر از نقطه ۱۸۰ درجه غربی شروع می شود. حروف القابا حدوداً بعد از هر ۱۸ درجه از نو شروع می شوند و پنهانی حدود شش ستون کامل در هر منطقه UTM را در بر می گیرد. با اینحال، در برخی قسمت ها همپوشانی ستون ها و در مناطق قطبی گستگی آنها مشهود است.



شکل ۱۱-۲: حروف چهار ضلعی های سیستم شبکه نظامی (مأخذ: Clarke, 2003).

برای جهت شمال-جنوب (y) نیز حروف A تا V (مجدداً با حذف I و O) مورد استفاده اند. نقطه شروع در اینجا خط استوا و جهت حرکت به سمت شمال می باشد. هر جا هم لازم شد مجدداً حروف از سر گرفته می شوند. برای نیمکره جنوبی اما وضعیت متفاوت است. در اینجا زنجیره ای معکوس که از حرف V شروع و به سمت حرف A عقب می رود و پس از اتمام، دوباره با V شروع و به سمت A ادامه می یابد مورد استفاده است. بنابراین، یک چهار ضلعی ۱۰۰،۰۰۰ ۱۰۰ متر مربعی می تواند به صورت 18TWC از ۱۸۰ مشخص گردد. در درون این محدوده موقعیت های دقیق تری را می توان با استفاده از اضافه کردن ارقام x و y به دست آورد. مثلاً 18TWC81 یک محدوده ۱۰۰،۰۰۰ ۱۰۰ متر مربعی، 18TWC8713 یک محدوده ۱۰۰۰ ۱۰۰۰ متر مربعی و 18TWC873134 یک محدوده ۱۰۰ ۱۰۰ متر مربعی را نشان می دهد. بنابراین در شبکه نظامی UTM می توان با استفاده از دو حرف و شش رقم هر موقعیت ۱۰۰ متر مربعی را مشخص کرد. بالاخره اینکه در مناطق قطبی

از سیستم تصویر کاملاً متفاوتی استفاده می شود که علاقمندان می توانند جهت آگاهی بیشتر به کتاب نقشه و نقشه خوانی در جغرافیا تألیف دکتر جمشید جباری عیوضی (۱۳۷۷) مراجعه کنند.

علاوه بر موارد نامبرده، سیستم های مختصات دیگری هم هستند که برخی از آنها استاندارد و پاره ای دیگر غیراستانداردند. بعضی از کشورها سیستم مختصات خاص خود را دارند و در عین حال بسیاری از کشورهای دنیا از UTM یا شبکه نظامی آن استفاده می کنند. هنگامی که از سیستم های مختصات برای زمین مرجع کردن در GIS استفاده می کنیم باید یک سیستم مشخص را انتخاب کرده و رابطه آن را با طول و عرض های جغرافیایی یا سایر سیستم های شناخته شده در نظر بگیریم. دو نکته یعنی همدیف و هشتمال بودن نقشه های یک محدوده فضایی از اهمیت خاص برخوردارند، در صورتی که به کارگیری سیستم های تصویر مختلف مانع از این کار خواهد بود. همچنین ما باید از دقت اندازه گیری ها در GIS که بر اساس سیستم های تصویر مختلف می تواند متفاوت باشد اطمینان حاصل کنیم.

نکته آخر اینکه، اگر چه سیستم های مختصات روشی برای ثبت اطلاعات مکانی در GIS هستند، اما "موقعیت" تنها یکی از اجزاء داده های متنوع جغرافیایی است، و هنوز اجزاء دیگری هستند که باید مورد توجه قرار گیرند. بسیاری از این اجزاء اطلاعاتی جغرافیایی از آن روی اهمیت دارند که فهم و تجربه GIS بدون آنها کاری اگرنه محال اما بسیار مشکل خواهد بود.

۴-۲ اطلاعات جغرافیایی

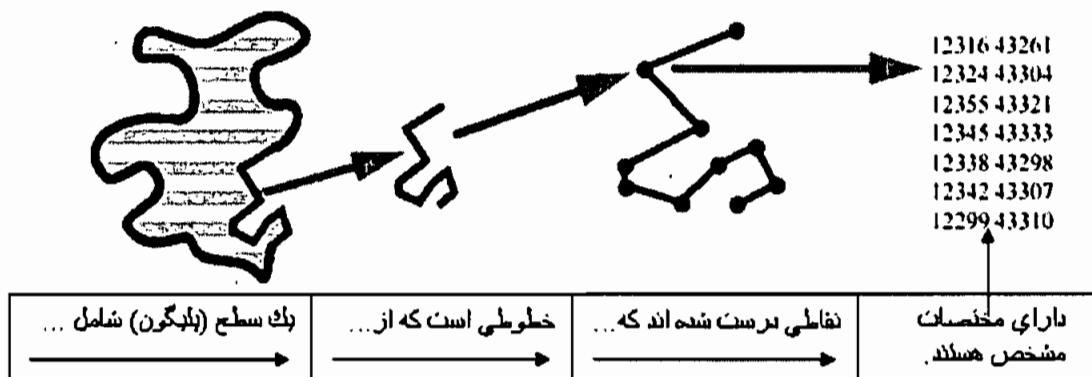
هدف زمین مرجع کردن داده ها، کدگذاری ویژگی های بنیادی اطلاعات جغرافیایی در یک قالب رقومی است تا برای GIS قابل تشخیص باشد. ظاهراً بنیادی ترین ویژگی جغرافیایی همانا "موقعیت" است. در سیستم GIS، موقعیت را به وسیله مختصات و در قالب ارقام و گاه با حروف توصیف می کنند. همانطوری که هر نقشه شامل عوارض فراوانی است، یک نقشه درون GIS نیز باید شامل توصیف کامل رقومی همه آن عوارض به شکل مختصات باشد. این بدان معناست که بانک اطلاعاتی رایج GIS، مخصوصاً قسمت نقشه آن، بسیار بزرگ است، به ویژه اگر منطقه مورد پوشش منطقه ای بزرگ و دارای جزئیات فراوان باشد. خوشبختانه هزینه ذخیره سازی و نگهداری داده ها در GIS به صورتی چشمگیر کاهش یافته است. حتی کامپیوتر های کوچک نیز با استفاده از روش های موجود و تنها در کمتر از یک دهه ظرفیت حافظه خود را از کیلو بایت به گیگابایت تغییر داده اند. رشد سریع GIS در ارتباط تنگاتنگ با سیستم های حافظه کامپیوتر هایی بوده که روز به روز اضافه شده اند.

از دیگر ویژگی های اساسی داده های جغرافیایی "بعد" آنهاست. به طور سنتی، کارتوگرافی داده هارا به صورت نقاط، خطوط و سطوح تقسیم بندی می کند. نکته مهم در فهم چگونگی ساختار اطلاعات در GIS آن است که عوارض پیچیده نقشه بر مبنای عوارض ساده تر درست می شوند. مثلاً یک خط از مجموعه ای از نقاط متصل به هم ساخته شده است. یک محدوده یا سطح نیز می تواند از چند خط متصل به هم درست شود

(شکل ۱۲-۲).

"ویژگی های توصیفی" همراه با یک پدیده جغرافیایی نیز اطلاعات مهمی هستند که می توانند براساس سطح اندازه گیری طبقه بندی شوند. سطوح اندازه گیری به مواردی چون اسمی، ترتیبی، فاصله ای و نسبت تقسیم

می شوند. داده های اسمی آنهایی هستند که به سادگی کلاس یا برچسبی را به یک عارضه اختصاص می دهند مانند نام یک روستا یا خیابان. عوارض ترتیبی در قالب نوعی طبقه بندی مرتب می شوند، مثلًا برای نشان دادن انواع راهها بر روی یک نقشه آنها را در قالب بزرگ راه، آسفالت، شوسه، خاکی و مالرو مرتب می کنند. مقادیر فاصله ای آنهایی هستند که بر مبنای یک مقیاس نسبی سنجدیده می شوند، مانند نقاط ارتفاعی. نسبت ها هم مقادیر محاسبه شده بر اساس یک مقیاس مطلق اند مانند محاسبه مختصات بر مبنای یک سیستم استاندارد یا محاسبه میزان بارندگی بر اساس رقم کل آن. این تقسیم بندی به ما اجازه می دهد تا عوارض جغرافیایی را در طبقات مختلف مانند نقطه ای-اسمی (Point-Nominal) (Area-Ratio_ يا نسبت سطح_ Nominal) گروه بندی کنیم.



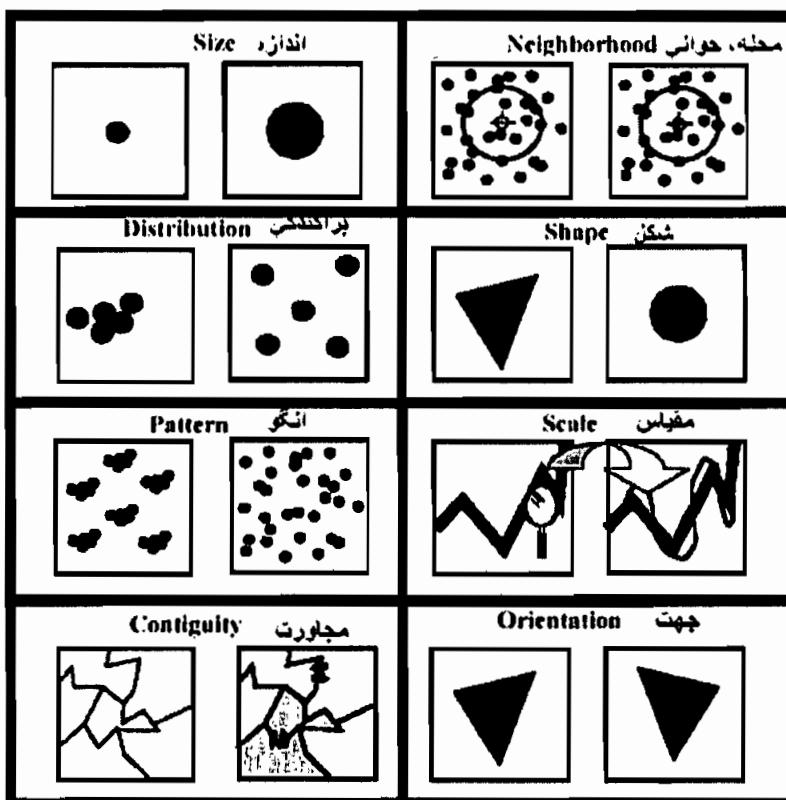
شکل ۱۲-۲: داده های جغرافیایی دارای بعد هستند. محدوده ها یا پلیگون ها سطوح دو بعدی هستند که از خطوط یک بعدی درست شده و خطوط نیز از نقاطی که فاقد بعد بوده و به وسیله سیستم مختصات نشان داده می شوند.

یک دیگر از ویژگی های اطلاعات جغرافیایی "پیوستگی" یا "تسلسل" است. برخی انواع نقشه ها نظیر نقشه های توپوگرافی نشان دهنده توزیع پیوسته یا متوالی پدیده ها هستند که فاقد بعد بوده و به وسیله سیستم مختصات نشان داده می شوند. یعنی هر جا قدم بگذاریم آن نقطه دارای ارتفاع است و نقطه فاقد ارتفاع وجود ندارد.

اما پیوستگی همواره برای توزیع های آماری کاربرد ندارد. مثلًا نرخ های مالیات را می توان نوعی متغیر جغرافیایی ناپیوسته قلمداد کرد. ممکن است شخصی که در محدوده قانونی یک شهر ساکن است مجبور به پرداخت مالیات باشد در صورتی که شخص دیگری که تنها به فاصله چند متر آن طرف تر محدوده قانونی شهر زندگی می کند معاف از پرداخت باشد. در GIS پوشش باید کاملاً پیوسته باشد یعنی نباید محدوده های خالی یا طبقه بندی نشده را شامل گردد. متغیر هایی ممتد که غالباً متغیر های میدانی نیز نامیده می شوند در GIS با سیستم های سلول شبکه ای (Raster) تجزیه و تحلیل می گردند.

به محض اینکه نقاط، خطوط و سطوح عوارض جغرافیایی را به تصویر درآورند آنگاه سنجش اندازه، پراکندگی، الگو، جهت، نزدیکی، محله، شکل و مقیاس آنها می توان صفات جمعی شان را استخراج کرد (شکل ۱۳-۲). هر کدام از این موارد نشان دهنده ویژگی خاصی از عوارض جغرافیایی است که معمولاً به وسیله ابزارهای پیش بینی شده در GIS اندازه گیری، مورد استفاده و تجزیه و تحلیل می شوند. معمولاً به خاطر این گونه توصیفات سطح عالی است که استفاده از GIS ضرورت می یابد. مثلًا مامی توائم مساحت قطعات زمین را محاسبه، یا جهت بزرگراهها را تعیین و یا پراکندگی گونه های گیاهی و حیوانی منطقه ای را

مشخص کنیم. اگرچه GIS مستقیماً تنها مختصات و برخی اطلاعات دیگر مثل همکاری را نگهداری می‌کند، اما در تجزیه و تحلیل های پیشرفته تر اطلاعات راجع به هرکدام از این موارد از طریق بکارگیری ابزارهای طراحی شده در GIS قابل دسترس خواهد بود. بخشی از وظیفه کاربر GIS استخراج نتایج و توصیف این ویژگی ها از داده های موجود است. اینکه تا چه اندازه کسی بتواند این کار را خوب انجام دهد به مهارت های او به عنوان یک کاربر هوشمند GIS بستگی دارد.



شکل ۱۳-۲: ویژگی های اساسی عوارض جغرافیایی (مأخذ: Clarke, 2003).

در یک جمع بندی مختصر می‌توان گفت که با توجه به مطالب مذکور فرایندهای تا حدی به اهمیت کارتوگرافی، سیستم های تصویر و مختصات جغرافیایی به عنوان ارکانی اساسی در تجزیه و تحلیل های مبتنی بر GIS پی برده‌اند، اکنون آمده می‌شوند که مفاهیم تخصصی تر GIS پردازیم. قدم اول این است که پلانیم چگونه ساختار یک نقشه در قالب مجموعه‌ای از رئوس در داخل گامپیوتر هاکل می‌کنند. قدم بعدی هم بررسی نحوه گرفتن داده‌های از نقشه و ولاده کردن آن به کامپیوترا است. این مطالبدار فصل بعد مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۵-۲ راهنمای مطالعه

۱-۵-۲ خلاصه

فصل دوم: سیستم های تصویر نقشه، مختصات جغرافیایی، مقاس نقشه و GIS

نقشه و اطلاعات توصیفی (۱-۲)

- اطلاعات را می توان در قالب ایست، ارقام، جداول، متن ها، تصاویر، نقشه ها یا شاخص ها سازماندهی کرد.
- مجموعه ای از اطلاعات که داره نامیده می شوند می توانند با همدیگر به صورت یک بانک اطلاعاتی (database) ذخیره گردند.
- بانک اطلاعاتی به صورت فایل در کامپیوتر نگهداری می شود.
- در یک بانک اطلاعاتی ویژگی ها را به عنوان سر تیتر ستونها و رکوردها را به صورت ردیف ها در نظر می گیرند.
- مندرجات اختصاص یافته به ویژگی هر رکورد را مقدار (Value) گویند. مقدار می تواند عدد یا متن باشد.
- داده های GIS باید دارای یک مرجع جغرافیابی مانند طول و عرض باشند.
- در GIS داده های توصیفی و داده های نقشه به همدیگر ارجاع (cross-reference) داده می شوند، به عبارتی با همدیگر مرتبط (link) هستند.
- برای فهم این نکته که چرا باید نقشه های مورد استفاده در GIS را کدگذاری کرد به دانش کارتوگرافی نیاز داریم.
- کارتوگرافی علمی است که با ساختن، استفاده کردن و اصول مربوط به نقشه ها سروکار دارد.

مقیاس نقشه و سیستم های تصویر (۲-۲)

- زمین می تواند به یکی از اشکال کروی، بیضوی و ژئونید مدلسازی شود.
- محیط کره زمین حدود ۴۰ میلیون متر است.
- در کارتوگرافی الپسویدهای مختلفی محاسبه شده اند و هر کدام اساس ترسیم نوع خاصی از نقشه ها بوده اند، از جمله GRS80 و WGS83.
- الپسوید مبنایی برای تعیین ارتفاع فراهم می آورد که Datum نام دارد مانند NAD27 و NAD83.
- مقیاس نقشه نسبت کوچک شدن فواصل واقعی بر روی نقشه است.
- بیشتر نقشه ها در برآساس دارای مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰ تا ۱:۱۰۰ هستند.
- برآساس را می توان سیستم بدون مقیاس دانست زیرا نقشه ها می توانند بزرگ و کوچک شده و به هر مقیاس دلخواهی درآیند.
- برای مقایسه دو نقشه یا چسباندن آنها به همدیگر در GIS باید هردو هم اندازه و هم مقیاس باشند.
- سیستم متریک جهت استفاده در برآساس بسیار آسانتر از سایر سیستم هاست.
- به سیستم طول و عرض زمین مختصات جغرافیابی گویند که عرض های آن تا ۹۰ درجه شمالی و جنوبی و طول های آن تا ۱۸۰ درجه شرقی و غربی است.

خطی که با عرض ثابت جغرافیایی از شرق به غرب کشیده شده مدار نام دارد. استوا مدار مبدأ یا صفر درجه است.

خطی که با طول ثابت جغرافیایی از قطب شمال به قطب جنوب کشیده شده نصف النهار نام دارد. نصف النهار مبدأ یا صفر درجه از گرینویچ لندن می‌گذرد.

خطوط منظمی که مدارات و نصف النهارات را بر روی نقشه نشان می‌دهد شبکه جغرافیایی نام دارد.

انتقال حالت کروی یا بیضوی زمین بر روی نقشه مسطح را سیستم تصویر (Projection) گویند.

سیستم تصویر می‌تواند بر اساس محورهای موازی با محور گردش زمین (استواهی)، یا زاویه ۹۰ درجه ای آن (معکوس) و یا هر زاویه دیگر (مورب) تعریف گردد.

سیستم تصویری را که شکل عوارض روی نقشه را حفظ می‌کند سیستم مشابه و آنهایی را که مساحت‌ها را حفظ می‌کنند سیستم‌های معادل گویند.

برای مقایسه دو نقشه یا چسباندن آنها به همیگر در GIS باید هردو دارای سیستم تصویر یکسان باشند.

سیستم‌های مختصات (۳-۲)

سیستم مختصات روشی استاندارد برای اختصاص دادن کدهایی به موقعیت هاست، یعنی موقعیت ها را تنها با استفاده از کدهایشان می‌توان پیدا کرد.

سیستم‌های مختصات استاندارد از موقعیت‌های مطلق استفاده می‌کنند.

در سیستم مختصات بد محور غربی-شرقی (Easting) و بد محور جنوبی- شمالی (Northing) است و اغلب سیستم‌ها هر دو را به صورت اعداد مثبت می‌گیرند.

همانند موارد قبل برای مقایسه یا چسباندن دو نقشه در GIS باید هر دو از سیستم مختصات یکسان برخوردار باشند.

یک پسته GIS باید قابلیت جابجایی در مکان سیستم‌های تصویر نقشه، سیستم‌های مختصات، داده‌ها و الیسویدها را داشته باشد.

اطلاعات جغرافیایی (۴-۲)

حجم، بعد و پیوستگی از ویژگی‌های اطلاعات جغرافیایی هستند.

عوارض ساده جغرافیایی می‌توانند برای ساختن عوارض پیچیده تر مورد استفاده قرار گیرند. محدوده‌ها از خطوط ساخته شده اند و خطوط هم حاصل نقاط متصل به همی هستند که هر کدام مختصات خاص خود را دارند.

صفات مشترک عوارض جغرافیایی، ویژگی‌هایی نظیر اندازه، الگو، پراکندگی، مجاورت، محله، شکل، مقیاس و جهت است.

بیشتر توصیفات و تحلیل‌های GIS شامل بررسی ای دسته از ویژگی‌های جغرافیایی و تعیین روابط بین آنهاست.

نقشه و اطلاعات توصیفی

اصطلاحات زیر را تعریف کنید: داده، ویژگی های داده ها، رکورد، مقدار و بانک اطلاعاتی. با استفاده از کتاب راهنمای تلفن شهر خود، چگونگی ایجاد یک بانک اطلاعاتی را مورد بررسی قرار دهید. کدام ویژگی(های) مورد اشاره در کتاب راهنمای جغرافیایی اند؟

مقیاس نقشه و سیستم های تصویر

با استفاده از یک اطلس لیستی از سیستم های تصویر بکار گرفته شده در نقشه ها را تهیه کنید. آیا نقشه ای هستکه به سیستم تصویر آن اشاره ای نشده باشد؟ لیستی از ویژگی های هر کدام از سیستم ها به علاوه هرگونه اطلاعات دیگر از جمله اینکه آیا سیستم تصویر قاطع است یا معکوس؟ مشابه است یا معادل؟ و عیره تهیه کنید. سپس مشخص کنید چه عوارضی و در چه جهاتی بر روی نقشه دچار تغییر شکل شده اند؟

با مراجعه به متون مختلف درباره نقشه کشی و نقشه خوانی، تلاش کنید تا در مورد الیسویدهای مختلف و اندازه های آنها اطلاعات لازم جمع آوری کنید. سیستم های تصویر بکار رفته در تهیه نقشه های ایران را بررسی کرده و توضیح دهید چرا یک سیستم تصویر می تواند بهتر از دیگری باشد؟

اندازه های قانونی یک زمین فوتبال را پیدا کنید و سپس نقشه هایی از آن در مقیاس های ۱:۱۰۰۰، ۱:۲۴،۰۰۰، ۱:۱۰۰،۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰،۰۰۰ ترسیم کنید. با چه مشکلات احتمالی مواجه می شوید؟ اثرات ترسیم نقشه پدیده هایی نامنظم نظیر یک رویخانه پیچان یا یک قسمت جنگلی درهم در مقیاس های مذکور چگونه خواهد بود؟

سیستم های مختصات

تحقیق کنید سیستم مختصات نقشه های مختلف ایران کدامند؟

مختصات دقیق نقطه محل زندگی خود را پیدا کنید.

اطلاعات جغرافیایی

لیستی از سطوح اندازه گیری مورد اشاره در این فصل را تهیه کرده و سپس داده های مربوط به حدود سی مورد عوارض مختلف جغرافیایی را برای این سطوح مشخص کنید.

دریاچه یا هر عارضه دیگری را به عنوان نمونه انتخاب کرده و سپس با استفاده از تصویر آخر این فصل ویژگی هایی نظیر اندازه، شکل، جهت و... را توصیف کنید.

۶-۲ تمرینات

- ۱- با استفاده از کتاب راهنمای همراه بسته نرم افزار *GIS* خود بینید نرم افزار شما چه سیستم های تصویری را می تواند پشتیبانی کند و آیا می تواند سیستم های تصویر و مختصات جغرافیایی مختلف را به همیگر تبدیل کند؟ یک نقشه رقومی کوچک مقیاس (مثلا ۱:۱۰۰،۰۰۰) را در دو سیستم تصویر مختلف قرار دهید سپس میزان خطأ یا انحراف را بررسی کنید؟
- ۲- با استفاده از بانک اطلاعاتی نرم افزار *GIS* خود و آنهایی که به صورت آموزشی به همراه این کتاب در دست دارید لیستی از تمام ویژگی های یک یا چند رکورد تهیه کنید. کدام ویژگی ها عددی اند؟ دامنه مقادیر چند است؟ و آیا نرم افزار به شما اجازه تغییر مقادیر را می دهد؟

۷-۲ منابع و مأخذ

- جباری عیوضی، جمشید (۱۳۷۷) نقشه و نقشه خوانی در جغرافیا. تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.
- Campbell, J. (1993) *Map Use and Analysis*. 2nd ed. Dubuque, IA: William C. Brown.
- Clarke, K. C. (1995) *Analytical and Computer Cartography*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Clarke, K. C. (2003) *Getting Started with Geographic Information Systems*. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Department of the Army (1973) *Universal Transverse Mercator Grid*, TM 5-241-8, Headquarters, Department if the Army. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Snyder, J. P. (1987) *Map Projections – A Working Manual*. U.S. Geological Survey Professional Paper 1396. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

یا هک مالحقسلى
- ترجمه دکتر ابراهیم کار و عطاء غفاری لیلله
- سمت

فصل سوم: کارکرد هارسمانه اطلاعات جغرافیایی

مقدمه ای بر سامانه اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

این فصل دیباچه‌ای برای ورود به عرصه سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است، که در آن ضمن ارائه تعریفی از GIS، برخی از کارکردهای اصلی چنین سامانه‌ای مورد اشاره قرار می‌گیرد. این کارکردها را می‌توان در قالب ورود و خروج داده، ذخیره‌سازی و مدیریت داده و نیز پردازش و تحلیل داده طبقه‌بندی کرد. در این فصل بیشتر بر روی آن دسته از عملیات و مفاهیم GIS تأکید خواهیم کرد که درباره تحلیل تصمیم چندمعیاری مطرح است. بنابراین بخش عمده‌ای از این فصل به کارکردهای GIS در پردازش و تحلیل داده‌ها اختصاص یافته است. این بخش از توابع و پردازه‌ها را می‌توان به دو طبقه کلی که در سطوح پایه‌ای و پیشرفته مطرح می‌شوند تقسیم کرد. پردازه‌هایی که عموماً در سامانه‌های مبتنی بر GIS قابل دسترسی‌اند و در طیف گسترده‌ای از موضوعات کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرند و تحت عنوان کارکردهای پایه‌ای شناخته می‌شوند. پردازه‌ها یا کارکردهای پایه‌ای به چهار طبقه تقسیم می‌شوند: عملیات اندازه‌گیری، (باز) طبقه‌بندی، اسکالر و همپوشی، و بالاخره عملیات مبتنی بر همسایگی و پیوند. این پردازه‌ها را می‌توان به منزله بلوکهای ساخت یک تحلیل فضایی پیشرفته تلقی کرد. کارکردهای پیشرفته GIS نیز مشتمل بر مدل‌سازی آماری و ریاضی است. در حالی که سامانه‌های مبتنی بر GIS نوعاً از بسیاری کارکردها و توابع پایه‌ای مورد بحث در این فصل (اگر نگوییم همه آنها) پشتیبانی می‌کنند ولی برای توابع یا کارکردهای

پیشرفت، اغلب سامانه‌های خاصی مورد نظر قرار می‌گیرند. هدف نهایی GIS ایجاد پشتیبانی برای تصمیم‌گیری است. قابلیت‌های GIS در پشتیبانی تصمیمات فضایی در سه مرحله اصلی از فرایند تصمیم‌گیری تحلیل می‌شود: آگاهی، طراحی و انتخاب. در هر یک از این مراحل انواع متفاوتی از اطلاعات مورد نیاز است. ما فرایندی را که در آن سامانه‌های مبتنی بر GIS از اطلاعات مورد نیاز در هر مرحله از فرایند تصمیم‌گیری پشتیبانی می‌کنند، به صورت تفصیلی‌تری مورد بحث قرار می‌دهیم.

۲-۱ تعریف سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

بسیاری کوشیده‌اند GIS را تعریف کنند (Marble et al., 1984; Cowen, 1987; Goodchild, 1987; Grimshaw, 1994). با بررسی دقیق این تعاریف می‌توان دریافت که بیشتر آنها بیشتر بر دو جنبه از سامانه تأکید دارند که در قالب رویکرد مبتنی بر فناوری و رویکرد مبتنی بر حل مسئله مطرح می‌شود. در رویکرد مبتنی بر فناوری، GIS مجموعه‌ای از ابزارها تعریف می‌شود که برای ورود، ذخیره‌سازی، بازیابی، پردازش و تحلیل داده‌های فضایی و در نهایت خروجی گرفتن از این داده‌ها به کار گرفته می‌شود (Marble et al., 1984). در این رویکرد جنبه مبتنی بر حل مسئله نادیده گرفته می‌شود ولی در عین حال، بر این نکته اتفاق نظر وجود دارد که می‌تواند به لحاظ کارکردی نقشی تعیین‌کننده در فرایند تصمیم‌گیری جامع^۱ بازی کند. فوت و لینچ (1996 a)، سه وجهه از ملاحظات اساسی را در ارتباط با عاملیت سامانه‌های مبتنی بر GIS، مطرح کردند. بدین ترتیب که در وجهه اول GIS را می‌توان به منزله یک پایگاه دیجیتالی با اهداف خاص^۲ در نظر گرفت که در آن سامانه، مختصات فضایی مشترک به عنوان ابزار اولیه ذخیره‌سازی و دستیابی به داده‌ها و اطلاعات تلقی می‌شود. سامانه‌های GIS می‌توانند با استفاده از داده‌های فضایی و توصیفی ذخیره شده در خود وظایف عدیده‌ای را به انجام برسانند. این

1. comprehensive decision-making process
2. special-purpose digital database

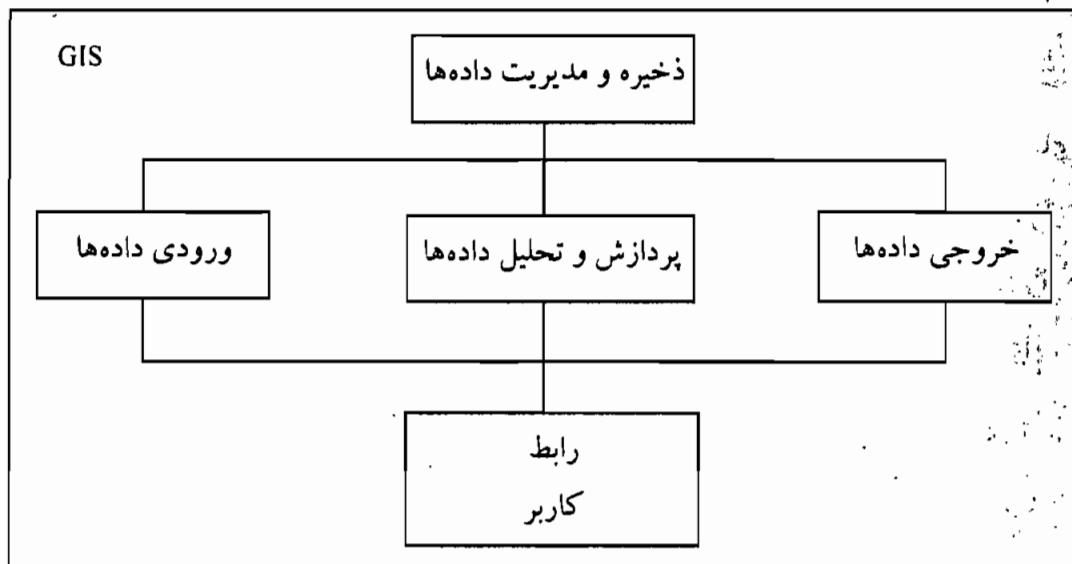
قابلیتها GIS را از دیگر سامانه‌های اطلاعات مدیریتی^۱ متمایز می‌کند. از طرف دیگر، GIS یک فناوری یکپارچه و جامع^۲ است. این ویژگی باعث می‌شود که سامانه‌های GIS، به صورت هماهنگ و توأم با سایر سامانه‌های جغرافیایی نظیر دورسنجدی^۳، سامانه تعیین موقعیت جهانی^۴، نقشه‌کشی خودکار و مدیریت تسهیلات^۵ و طراحیهای رایانه‌ای^۶ به کار گرفته شود. فناوریهای جغرافیایی نیز به نوبه خود می‌توانند در ادغام با فنون تحلیلی و تصمیم‌گیری به کار بردند. در وجهه سوم نیز بحث بر سر این است که هدف نهایی GIS ایجاد سامانه پشتیبان برای تصمیم‌گیریهای این سامانه در هنگام حل مسئله، دربر گیرنده مجموعه‌ای یکپارچه و هماهنگ از داده‌هایی است که در ابعاد فضایی مطرح می‌شوند. روشی که در آن داده‌ها در یک منحصراً GIS وارد، ذخیره و تحلیل می‌شوند، باید با روندی که در آن داده‌ها در رابطه با یک وظیفه ویژه و یا یک وظیفه مترتب بر تصمیم‌گیری^۷ مورد استفاده قرار خواهند گرفت، منطبق باشد. بهتر است به جای آنکه GIS را صرفاً یک نرم‌افزار یا سخت‌افزار در نظر بگیریم آن را فرایندی بدانیم که شامل مجموعه‌ای از روشها و دستورهایی است که به واسطه آنها و در راستای پشتیبانی از فعالیتهای مبتنی بر تصمیم‌گیری می‌توان هم در داده‌های فضایی و هم در داده‌های توصیفی، تسهیلاتی را در روند ورود، ذخیره، پردازش و تحلیل، و در نهایت خروجی گرفتن از داده‌ها ایجاد کرد.

۲-۲ کارکردهای سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

با توجه به تعریف سامانه GIS، عاملیت آن را می‌توان به چهار بخش یا زیرسامانه

1. management information systems
2. integrated technology
3. remote sensing
4. global positioning system
5. automated mapping and facilities management
6. computer-aided design
7. decision-making task
8. GIS functions

اصلی تقسیم کرد: ورود، ذخیره و مدیریت، پردازش و تحلیل و بالاخره خروجی گرفتن از داده‌ها (شکل ۲-۱). هر بخش را می‌توان بر حسب کارکردهای آن تشریح کرد. هدف این کتاب ارائه گزارشی تفصیلی از کارکردهای GIS نیست و در این رابطه می‌توان به منابع زیادی مراجعه کرد (Aronoff, 1989; Maguire et al., 1991; Laurini and Thompson, 1992; DeMers, 1997) بنابراین آنچه در ادامه می‌آید در واقع مروی کلی بر کارکردها، فنون و مفاهیم عمده مبتنی بر GIS است. این موارد در سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند: ورود و خروج، ذخیره‌سازی و مدیریت و بالاخره پردازش و تحلیل داده.



شکل ۲-۱ ساختار GIS

۲-۲-۱ ورود و خروج داده‌ها

وارد کردن داده‌ها به فرایندی گفته می‌شود که شامل شناسایی و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز درباره یک هدف خاص است. این فرایند اکتساب، قالب‌بندی مجدد، تعیین مختصات جغرافیایی، یکپارچه‌سازی و مستندسازی داده‌ها را دربر می‌گیرد. زیرسamanه مربوط به ورود داده‌ها، داده‌ها را از شکل خام به شکلی تبدیل

می‌کند که برای یک سامانه GIS قابل استفاده باشد. داده‌های مورد نیاز در یک پروژه خاص معمولاً در اشکال مختلف در دسترس‌اند که از آن میان می‌توان به این موارد اشاره کرد: نقشه‌های آنالوگ، جدولها، نمودارها، مجموعه‌های داده‌ای رقومی (دیجیتالی) شده، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های حاصل از پیمایش و منابع دیگری که در قالب‌های رقومی تهیه شده‌اند. یکی از مزیتهای به کارگیری GIS را می‌توان در کارایی آن در یکپارچه‌سازی و گنجاندن دامنه وسیعی از داده‌ها و منابع اطلاعاتی در یک قالب سازگار، عنوان کرد. GIS، علاوه بر آنکه در ایجاد خودکار نقشه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، توانایی منحصر به فردی نیز در یکپارچه‌سازی و تحلیل فضایی مجموعه‌ای از داده‌هایی را دارد که از منابع چندگانه به دست آمده‌اند، که از آن جمله می‌توان به داده‌های مربوط به جمعیت، تopoگرافی، هیدرولوژی، اقلیم، پوشش گیاهی، شبکه حمل و نقل و زیرساخت‌های عمومی اشاره کرد. در سامانه GIS نوعاً امکان به کارگیری گزینه‌های مختلفی برای وارد کردن داده‌ها فراهم است که از آن جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد: وارد کردن داده‌های توصیفی غیرفضایی و داده‌های مکانی اتفاقی¹ با صفحه کلید، ابزارهای ثبت مکانی دستی (مانند رقومی‌سازها و موشی رایانه)²، ابزارهای ثبت مکانی خودکار (مانند اسکنر) و یا وارد کردن فایلهای موجود از داده‌ها (تبدیل مستقیم از دیگر داده‌های رقومی).

رقومی‌سازی. فرایند رقومی‌سازی شامل کدگذاری داده‌های آنالوگ (نقشه‌های معمولی یا تصاویر گرافیکی) به داده‌های رقومی (دیجیتالی) است. در این روش برای ترسیم و ثبت نقاط، خطوط و چند ضلعیهای مورد نیاز در یک مجموعه از داده‌های خاص، از یک صفحه رقومی‌ساز و یک موشی رایانه مجهز به مکان‌نما استفاده می‌شود. در موقعي که تنها تحصیل و ثبت تعداد اندکی از نقشه‌ها با حداقل

1. occasionally locational data
2. digitizers and computer mouse

داده‌های جغرافیایی مورد نیاز باشد، رقومی‌سازی روشی مؤثر و کارآمد به حساب می‌آید. مشکلی که در به کارگیری این روش وجود دارد این است که برای نمایش داده‌ها و اطلاعات برای کاربر، نقشه‌های زیادی تولید شده و مکان فضایی پدیده‌ها با دقت نشان داده نمی‌شوند. بسیاری از خطاهای رقومی‌سازی داده‌ها، ممکن است ناشی از نقص نقشه‌های پایه و دقت پایین مقیاس نقشه باشد. از دیگر علل رخ دادن خطاهای زمینه، می‌توان به خطاهای انسانی اشاره کرد، بدین صورت که تعدد عواملی که در دوره‌های زمانی بلندمدت در ترسیم خطوط بر روی یک پایه واحد و ثابت تأثیرگذارند، می‌تواند خطاهای قابل توجهی را به دنبال داشته باشد. بنابراین دقت و درستی هر پایگاه داده‌ها در ارتباط مستقیم با کیفیت فرایند رقومی کردن داده‌ها قرار دارد (Aronoff, 1989; Environmental Systems Research Institute 1995).

اسکن کردن. اسکنر، اعم از مسطح یا استوانه‌ای، یک سند اولیه آنالوگ را به یک شکل شبکه‌ای رقومی تبدیل کرده و در وارد کردن اطلاعات نقشه‌ای و تصویری در محیط GIS مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pazner et al., 1993). بر خلاف فرایند رقومی کردن، در فرایند اسکن کردن، کاربر در انتخاب نوع داده‌ها کنترل کمی دارد. هنگامی که وارد کردن و ثبت مقادیر زیادی داده مورد نظر باشد، اغلب از روش اسکن کردن استفاده می‌شود. برای مثال در وارد کردن نقشه‌ای با هزاران چند ضلعی و اشکال نامنظم، بهتر است از روش اسکن کردن استفاده شود. خطاهایی که ممکن است به هنگام اسکن کردن داده‌ها به وجود آیند با میزان تفکیک یا بزرگنمایی پیکسلها، مستندسازی منابع و تفسیر اشکال جغرافیایی ارتباط دارند (Aronoff, 1989; DeMers, 1997). میزان تفکیک یا بزرگنمایی، موضوعی حساس در فرایند اسکن کردن به حساب می‌آید. اگرچه توان تفکیک بالا موجب می‌شود که جزئیات بیشتری ثبت شود، ولی انتخاب و ثبت غیرضروری و ناخواسته مواد مربوط به سطح کاغذ نظری رشته‌ها (فیبرها) و دانه‌های ریز عکسها را به دنبال خواهد داشت. در مقابل، توان تفکیک پایین به حذف و عدم ثبت الگوهای جوهری ناهمسان در سطوح اسکن شده، منجر می‌شود. در کل می‌توان گفت که در توان

تفکیک پایین امکان ثبت جزئیات مورد نیاز از سند وجود ندارد. از سوی دیگر توان تفکیک بالا موجب افزایش اندازه فایلها می‌شود در حالی که در توان تفکیک پایین، فایل در اندازه کوچکی نگه داشته می‌شود.

دورسنجی دورسنجی یکی از منابع اصلی داده‌ها در GIS به حساب می‌آید. دورسنجی را می‌توان در قالب فرایند جمع‌آوری داده‌های مربوط به سطح زمین و محیط از فاصله دور که معمولاً به وسیله هوایپیماها یا سنجنده‌های فضایی صورت می‌پذیرد، تعریف کرد (Jensen, 1996). سامانه ماهواره‌ای لندست و اسپات (ماهواره مشاهده زمین)^۱ عمده‌ترین منابع تهیه داده‌های دورسنجی مورد نیاز در امور مربوط به مدیریت زمین، مدیریت و نظارت بر محیط و برنامه‌ریزی شهری به حساب می‌آیند. مجموعه ماهواره‌های لندست در اصل به سازمان ملی فضانوردی ایالات متحده آمریکا (ناسا) متعلق است که در حال حاضر توسط «شرکت ماهواره‌ای رصد زمین»^۲ که یک شرکت خصوصی است اداره می‌شود. حسگرهای لندست تصاویر را در نوارهای مختلفی از طیف الکترومغناطیس ثبت می‌کنند. این نوارها در واحدهای میکرومتری از طیف الکترومغناطیس مشخص شده و به هر قسمت مختلف طیف، نامی تعلق می‌گیرد. به عنوان مثال نوار نور مرئی آبی در فاصله میان ۰/۴ تا ۰/۶ میکرومتر و امواج مادون قرمز نیز در فاصله میان ۰/۷ تا ۱/۳ میکرومتر از طیف الکترومغناطیس قرار می‌گیرند. مشخصات مربوط به نوارهای حسگرهای لندست‌های مختلف را می‌توان به آسانی از کتاب جنسن در رابطه با دورسنجی (Jensen, 1996)، یا از «شرکت ماهواره‌ای رصد زمین» به دست آورد. در لندست‌های مختلف از سه حسگر متفاوت استفاده شده است: RBV (دوربین ویدیکون باریکه برگشتی)^۳ (در لندست‌های ۱، ۲ و ۳)، حسگر چند طیفی^۴ (در لندست‌های ۱ تا ۵) و نقشه‌برداری موضوعی^۵ (در لندست‌های ۴ و ۵). لندست‌های ۴ و ۵ مجهز به ابزار دقیقی‌اند که

-
1. Satellite pour l'Observation de la Terre
 2. Earth Observation Satellite Company (EOSAT)
 3. Return Beam Vidicon camera
 4. Multispectral Scanner
 5. Themtric Mapper

تصویری چندطیفی (رنگی) از زمین منعکس می‌کنند که در آن پدیده‌هایی با پهنه‌ای تقریبی ۳۰ متر، قابل تفکیک است. «شرکت ماهواره‌ای رصد زمین» داده‌های لندست را به قیمت‌های معینی برای فروش به استفاده کنندگان از این داده‌ها در بخش‌های حکومتی، آموزشی و صنعتی عرضه می‌کند. مجموعه ماهواره‌های اسپات فرانسه، از دیگر تهیه کنندگان عمدۀ تصاویر ماهواره‌ای به حساب می‌آیند. اسپات ۱ کار خود را از سال ۱۹۸۶ شروع کرد. ماهواره اسپات ۳ نیز در سال ۱۹۹۳ به فضای پرتاب شد. اسپات ۳ تصاویر تمام رنگی الکتروپاتیکال را با توان تفکیک ۱۰ متر تولید می‌کند. اسپات ایماز^۱ (شرکتی که اسپات را اداره می‌کند) علاوه بر تصاویر مذکور، محصولات دارای ارزش افزوده نظیر نقشه‌های دقیق جغرافیایی، نقشه‌ها و نمودارهای مربوط به پوشش گیاهی و سایر منابع تصویری را نیز تولید می‌کند.

مقدار زیادی از اطلاعاتی که از ماهواره‌های در حال چرخش در مدار زمین به دست می‌آید باید قبل از ادغام در سامانه GIS (از طریق تلخیص یا ساده‌سازی) پردازش شوند. این فرایند شامل سه مرحله اصلی است: پردازش مقدماتی تصویر، واضح‌سازی تصویر^۲، و طبقه‌بندی تصویر (Jensen, 1996). یک تصویر حاصل از دورسنجی در قالب شبکه است. این تصویر از خانه‌هایی تشکیل شده است که حسگرها ارزش هر یک از آنها را ثبت می‌کنند (برای ساختار داده‌های شبکه‌ای به قسمت بعدی مراجعه کنید). از آنجا که تصاویر خام حاصل از دورسنجی خطاهای رادیومتریک و هندسی دارند، باید آنها را برای رفع اختلالات و خطاهای رادیومتریک پردازش کرد. فنون متنوعی برای تصحیح هندسی و رادیومتریک داده‌های حاصل از دورسنجی وجود دارد (برای مرور کلی این فنون می‌توان به این منابع مراجعه کرد: Jensen, 1992; Novak, 1996). مرحله بعدی شامل ارتقای داده‌ها برای بهبود کیفیت تصویر در تحلیل بصری یا تحلیل ماشینی بعدی است. فرایند واضح‌سازی شامل عملیات گوناگون واضح‌سازی نقطه‌ای و محلی تصویر

1. SPOT Image
2. image enhancement

است. در روند واضح سازی نقطه‌ای، ارزش درخشندگی هر پیکسل موجود در تصویر به صورت مستقل تعدیل می‌شود، در حالی که در عملیات واضح سازی محلی، ارزش هر پیکسل با توجه به ارزش درخشندگی محیط پیرامونی آن تغییر می‌باید (Jensen, 1996).

داده‌های دورسنجی قبل از وارد شدن به یک GIS باید طبقه‌بندی شوند. طبقه‌بندی معمولاً یک روند خود کار است که طی آن به کمک فنون آماری یک پیکسل یا گروهی از پیکسلها در هر طول موج آزمایش می‌شود. این روند ناشی از آن است که پدیده‌های مختلف مربوط به سطح زمین (نظیر سطوح ساخته شده، کشتزارها، جنگل یا آب)، امواج رسیده را در الگوهای متفاوت طیفی، منعکس می‌کنند و از همین رو بر پایه انعکاس طیفی و ویژگی‌های پخش در آنها، ترکیب‌های متفاوتی از ارقام دیجیتالی حاصل می‌شود. بنابراین از طبقه‌بندی خود کار تحت عنوان بازشناسی الگوی نوری نیز نام برده می‌شود. دو روش در طبقه‌بندی خود کار مطرح است: هدایت شده و هدایت نشده. در طبقه‌بندی هدایت نشده¹ پیکسلها در قالب خوشه‌های طیفی که هویت و مشخصات آنها توسط تحلیل گر تعیین می‌شوند گروه‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی هدایت شده² شامل آموزش رایانه در حوزه‌های تمرینی و کارآموزی از نمونه‌های شناخته شده مربوط به پوشش سطح است که می‌تواند در طبقه‌بندی³ کل تصویر به کار گرفته شود. تحلیل طبقه‌بندی به تهیه نقشه‌هایی منجر می‌شود که در آن فضاهایی که صفات مشابه یا یکسان دارند با رنگ یا الگوی یکسان نشان داده می‌شوند. طبقه‌بندی شباهت بیشینه⁴ یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی داده‌های حاصل از دورسنجی است (Foody et al., 1992). در این روش توابع تراکم احتمالی برای هر طبقه یا پیکسل محاسبه می‌شود. هر پیکسل به یک طبقه که اعضای آن بیشترین شباهت را به هم دارند (تابع تراکم احتمال بیشینه

-
1. unsupervised classification
 2. supervised classification
 3. maximum-likelihood classification

است) اختصاص داده می‌شود. زمانی که یک پیکسل به یک طبقه تخصیص می‌یابد اطلاعات زیادی در رابطه با عضویت پیکسل در طبقات دیگر از دست می‌رود؛ این اطلاعات اضافی می‌تواند باعث بالا رفتن دقت طبقه‌بندی بشود (به عنوان مثال هنگام استفاده در طبقه‌بندی‌های بعدی). به منظور ارتقای میزان دقت طبقه‌بندی می‌توان از نظریه مجموعه فازی استفاده کرد. با این روش می‌توان عدم قطعیت را در فرایند طبقه‌بندی به کار گرفت (Kent and Mardia, 1988; Wang, 1990; Eastman, 1997).

باید توجه داشت که امروزه دورسنجی به جای آنکه صرفاً منبع مهمی از داده‌های مورد نیاز در GIS تلقی شود بیشتر به عنوان عنصری از یک محیط یکپارچه GIS به حساب می‌آید (Star et al., 1997). از سوی دیگر در تفسیر عکس و تصاویر نیز می‌توان فنون تحلیلی GIS را به عنوان یک ابزار کمکی به کار گرفت. GIS کامل شامل یک پودمان^۱ (مدول) برای تبدیل تصاویر خام حاصل از دورسنجی به نقشه است. قابلیت مذکور در تحلیل محیطی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است زیرا به واسطه آن مقادیر قابل توجهی از داده‌های محیطی مورد نیاز در مدیریت محیط و تصمیم‌گیری را می‌توان به صورت کارامدی در یک محیط مبتنی بر GIS، در کنار هم قرار داد. IDRISI، یک سامانه GIS که در دانشگاه کلارک تولید شده است، مثال خوبی از نقش GIS در فراهم کردن تسهیلات گسترده در فنون پردازش تصاویر دورسنجی به حساب می‌آید و در عین حال قابلیتهای تحلیل و تصمیم‌گیری فضایی را نیز دارد (Eastman, 1993, 1997).

سامانه مکان‌یابی جهانی. سامانه مکان‌یابی جهانی (GPS)، نوع دیگری از فناوری اطلاعات جغرافیایی است که در ورود داده‌ها جایگاه با اهمیتی دارد (DeMers, 1997). سامانه مکان‌یابی جهانی، در تعیین مختصات دقیق مکانها از مجموعه ماهواره‌هایی که در مدار زمین و در ارتفاع بالا قرار گرفته‌اند استفاده می‌کند. این سامانه ابتدا در وزارت دفاع امریکا در امور ناوبری به کار گرفته شد، اما در دهه‌های اخیر دامنه کاربرد آن از امور نظامی بسیار فراتر رفت. امروزه از فناوری GPS می‌توان در

نقشه‌برداری از نقاط کنترل ژئودزی^۱، رقومی‌سازی در محل^۲ و مکانیابی پدیده‌ها استفاده کرد. اساس فناوری GPS، ساده است. هر ماهواره جریان ثابتی از اطلاعات زمانبندی شده توسط ساعتهاي دقیق اتمی را در قالب سیگنالهای ذره‌ای و با دقت بالا منتشر می‌کند. ماهواره‌ها علائم رمزداری را مخابره می‌کنند و این علائم می‌تواند برای گیرنده‌هایی که به صورت ویژه به منظور تعیین موقعیتها با دقت‌های متغیر، طراحی شده‌اند قابل خواندن و رمز‌گشایی باشد. دستگاه گیرنده GPS، زمان رسیدن سیگنالها و داده‌های مربوط به مسافت طی شده توسط سیگنالها را اندازه گرفته و آن را تبدیل به داده‌های ناویری و موقعیت می‌کند. در واقع دستگاه‌های گیرنده، اطلاعات زمانی مخابره شده توسط ماهواره‌های مورد استفاده GPS را می‌خوانند و با مقایسه این علائم توسط ساعت موجود در هر گیرنده، میزان فاصله از هر ماهواره را محاسبه می‌کنند. دستگاه‌های گیرنده در محاسبه مکان از مثلث‌بندی استفاده می‌کنند و در نتیجه برای تعیین دقیق یک موقعیت مکانی حداقل سه ماهواره به طور هم‌زمان مورد نیاز است. از ماهواره چهارم نیز برای فراهم کردن امکان تعیین ارتفاع استفاده می‌شود. با توجه به ثبت هم‌زمان موقعیت ماهواره‌های چندگانه، توسط حسگرهای چندگانه می‌توان گفت که طی محاسبات صورت گرفته، امکان کسب اطلاعات مکانی بسیار دقیق (با دقت یک سانتی‌متری) برای هر گیرنده، فراهم می‌شود (Dodson and Haines-Young, 1993). با استقرار یا جابه‌جایی گیرنده‌ها در سطح یک محدوده می‌توان شبکه‌ای از مختصات جغرافیایی را در پشتیبانی از ژئودزی، نقشه‌برداری و فتوگرامتری ایجاد کرد.

انتظار می‌رود که داده‌های حاصل از GPS به همراه پایگاه داده‌های موجود به طور فزاینده‌ای در به روزرسانی اطلاعات و طیف گسترده‌ای از تجهیزات در تصمیم‌گیری فضایی استفاده شود. داتسون و هاینس - یونگ در تهیه نقشه‌های بریتانیا، روشی را که امکان یکپارچه‌سازی داده‌های موقعیتی حاصل از GPS را در چهارچوب اصول حاکم بر نقشه‌برداری و برداشت‌های میدانی فراهم می‌کرد، ارائه

1. geodetic control surveying
2. on-site digitizing

دادند. نمونه‌هایی از یکپارچگی داده‌های GIS/GPS در تصمیم‌گیری فضایی عبارت‌اند از تعیین مسیر حرکت وسایل نقلیه، ناوبری و زراعت دقیق.^۱ تعیین مسیر حرکت وسایل نقلیه و ناوبری فرایندی است که در آن موقعیت، سرعت، جهت حرکت و ویژگی‌های مختلف یک وسیله نقلیه به وسیله علامت رمزداری که معمولاً در زمانهای واقعی شکل می‌گیرد کنترل می‌شوند. فناوری‌های مسیریابی وسایل نقلیه و ناوبری در چندین سال گذشته در اشکال مختلف در دسترس بوده‌اند اما فقط در سالهای اخیر توانسته‌اند در زمان واقعی و به صورت کارآمد موقعیتها را پیدا کنند. مکانیابی هوشمند وسایل نقلیه و سامانه‌های ناوبری در پرهیز از ایجاد بزرگراه‌های فشرده و متراکم و پیداکردن مسیرهایی با حداقل زمان یا فاصله در میان دو نقطه به کار گرفته می‌شوند. استفاده از فناوری‌های اطلاعات جغرافیایی به کشاورزان امکان می‌دهد که از قابلیتهای داده‌های دورسنجی، داده‌های میدانی، پایگاه داده‌های مربوط به خاک، GIS و GPS در به حداقل رساندن تولید، نهایت استفاده را ببرند و آنها را در زمینهایشان به صورت مؤثر به کار گیرند. روش‌های مبتنی بر GIS/GPS در کشاورزی دقیق در تعیین داده‌های حاصل از نمونه‌برداری اولیه از مزرعه، تولید نقشه‌ها و سپس استفاده از این نقشه‌ها استفاده می‌شود، همچنین GPS در تعیین میزان متغیر استفاده از کود، آفت‌کش و آب، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اینترنت. تا این اواخر از اینترنت، فقط در برقراری ارتباطات و پشتیبانی منابع در GIS حرفه‌ای استفاده می‌شد. ولی در حال حاضر این وضعیت تغییر کرده و اینترنت به سرعت به منبع مهمی از داده‌ها در تحقیقات و پژوهش‌های مبتنی بر GIS تبدیل می‌شود. افراد، دانشگاهها و سازمانهایی نظیر سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده امریکا^۲، اداره سرشماری ایالات متحده امریکا^۳ و ناسا داده‌های فضایی عامه‌پسند و الگوریتمها/ برنامه‌های GIS را در اختیار جامعه قرار می‌دهند. تعدادی از پایگاه‌های اینترنتی فهرستی از منابع داده‌های جغرافیایی را ارائه می‌دهند. یک منبع جستجوی

1. precision farming
2. U.S.Geological Survey
3. U.S. Bureau of the Census

مفید در رابطه با GIS و تصمیم‌گیری فضایی در صفحه آغازه Geographer's Craft به نشانی <http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/sources/sources.html> قرار دارد (مراجعه شود به: Foote and Lynch, 1996b).

اشتراک و مبادله داده‌ها. یکی از روشهای فرار از تنگناهای دسترسی به داده‌های ورودی مورد نیاز، استفاده از داده‌هایی است که قبل آنها را اشخاص دیگری نظیر عاملان و نمایندگیهای فدرال و ایالتی تهیه کرده‌اند. اشتراک داده‌ها در حال تبدیل شدن به روندی مرسوم در دنیای GIS است. همچین در پی ایجاد عصر جدیدی از استاندارد کردن داده‌ها و ایجاد فراداده^۱ (داده در رابطه با داده) برای تبیین و تشریح سطوح و ریشه‌های لایه‌های GIS و دقت برآورد شده آن است. اشتراک داده‌ها یا اطلاعات جغرافیایی را می‌توان بر مبنای مشخصه‌های ذیل طبقه‌بندی کرد:

- ۱) محیط‌های سازمانی و نهادی (مانند اشتراک داده‌ها در حوزه فعالیت حکومتهاي محلی و شهرداریها، در میان نمایندگیها و عاملان فدرال، و در میان یک نمایندگی فدرال و بخش خصوصی)، ۲) نوع داده‌های مورد اشتراک (مانند پایگاه داده‌ها) و ۳) نوع مسائلی که تصمیم‌گیران سعی در هدایت و حل آن دارند (مانند اشتراک داده‌ها در حوزه‌بندی مدارس و نیز مدیریت و پایش محیط زیست) (Onsrud and Rushton, 1995).

مبادله داده‌ها فرایندی است که طی آن، داده‌های رقومی موجود به ساختار داده‌ها و قالب پروندهای مورد استفاده در محیط GIS تبدیل می‌شوند. چند استاندارد و قالب مبادله داده‌ها در سطوح ملی و بین‌المللی وجود دارد (برای مرور کلی این استانداردها می‌توان به منابع ذیل مراجعه کرد: Guptill, 1991; Moellering 1991; Cassettari, 1993). قالب مبادله رقومی^۲ (DXF) (قالب پروندهای اتوکد و برخی از محصولات اسکن شده)، احتمالاً رایج‌ترین وسیله مبادله داده‌های جغرافیایی در میان سامانه‌های کد^۳، سامانه‌های نقشه‌کشی رومیزی^۴ و سامانه‌های پیشرفته GIS است. این

-
1. metadata
 2. Digital Exchange Format
 3. CAD systems
 4. desktop mapping systems

قالب به عنوان وسیله کدگذاری عناصر گرافیکی کارایی بسیار بالایی دارد، اما قابلیتهای بسیار محدودی در کارکردن با توپولوژی، ویژگیهای توصیفی و ساختارهای پیچیده‌تر از داده‌ها دارد. مبادله هر فایل DXF باید با اطلاعات تکمیلی در رابطه با مختصات مرجع^۱، تبدیل لایه‌بندی^۲ و قواعد به کارگیری علائم و نشانه‌های رمزی^۳، همراه باشد. این گونه فراداده‌ها ماهیتاً در DXF قابل دسترس نیستند.

استانداردهای مبادله رقومی اطلاعات جغرافیایی^۴ (DIGEST)، که کارگروه اطلاعات جغرافیایی رقومی^۵ آن را تولید کرده است نمونه‌ای از استانداردهای انتقال بین‌المللی است که چندین مدل مشخص داده‌ها (نظیر مدل‌های برداری و شبکه‌ای)، اطلاعاتی درباره سازمان داده‌ها و ساختار داده‌ها و نیز استانداردهای کیفیت داده‌ها دارد. مزیت دیگر این استانداردها، در حالت کلی، ارائه روش قابل قبولی در کدگذاری پدیده‌ها و صفات است (Cassettari, 1993).

چندین قالب انتقال ملی توسط عاملها و نماینده‌گیهای حکومتی به عنوان مجرای ارائه داده‌های جغرافیایی رقومی به بخش عمومی، دیگر عاملهای فدرال و استفاده کنندگان تجاری طراحی و معرفی شده است. از قالبهای انتقال ملی می‌توان به گراف خطی رقومی^۶، سامانه یکپارچه رمزگذاری و ارجاع دهی جغرافیایی در ابعاد توپولوژیک^۷ و استانداردهای انتقال داده‌های فضایی^۸ در ایالات متحده، قالب انتقال ملی^۹ در انگلستان و سازه‌بندی اسناد جغرافیایی^{۱۰} در کانادا اشاره کرد. این گونه قالبها فراتر از استانداردهایی نظیر DXF عمل می‌کنند. به عبارت بهتر،

1. coordinate references
2. layering conversion
3. symbology rules
4. Digital Geographic Information Exchange Standard
5. Digital Geographic Information Working Group
6. Digital Line Graph (DLG)
7. Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing System (TIGER)
8. Spatial Data Transfer Standard (SDTS)
9. National Transfer Format (NTF)
10. Geographical Document Architecture (GDA)

آنها برای به کارگیری تپولوژی خط و چندضلعی، طبقه‌بندی لایه‌ای داده‌های مشترک، و سامانه‌های مختصات واقعی جهانی (در مقابل استاندارد گرافیکی)، استفاده می‌شوند. به عنوان مثال SDTS برای ارائه یک ابزار جامع در تعریف و مدل‌سازی پدیده‌های جغرافیایی به سبک سلسله‌مراتبی طراحی شده است. مبادله داده‌ها تنها شامل مؤلفه‌های جغرافیایی خام نمی‌شود، بلکه در کنار آن تعریف قواعد مترب بر عناصر هندسی، توصیفی و تپولوژیک و نیز هر فراداده دیگری را که در تعریف تکمیلی اطلاعات مورد استفاده قرار گیرد، شامل می‌شود (Guptill, 1991). عاملان فدرال نظیر سازمان نقشه‌برداری و اداره سرشماری ایالات متحده در حال حاضر نیاز به عرضه داده فضایی در یک قالب SDTS دارند.

کیفیت داده‌ها. کیفیت داده‌ها در ایجاد یک پایگاه داده‌های GIS جایگاه با اهمیتی دارد (Goodchild and Gopal, 1989; Goodchild, 1991). کیفیت داده‌ها تابعی از صحت^۱، دقت^۲ و عدم قطعیت^۳ است. صحت واژه خاص و دقیق‌تری برای کیفیت است و بر حسب نزدیکی به واقعیت تعریف می‌شود. هرچه میزان خطا کمتر باشد میزان صحت داده‌ها بیشتر خواهد بود. خطا میان انحراف داده‌ها از ارزش‌هایی است که درست تلقی می‌شوند. دقت زمانی وجود دارد که بتوان با تکرار اندازه‌گیری در دفعات مکرر، جوابهای مشابهی در رابطه با یک موضوع به دست آورد. کیفیت اندازه‌گیری در ارتباط با فرایند اندازه‌گیری و ابزارهای اندازه‌گیری مورد توجه قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری دقیق لزوماً نمی‌تواند متضمن صحت داده‌ها باشد و بالعکس. عدم قطعیت را نیز می‌توان به صورت نامعین بودن طبقه‌بندیهای فضایی/زمانی یا توصیفی تعریف کرد.

اگرچه حذف تمامی خطاهای مربوط به داده‌های فضایی در واقعیت امر امکان‌پذیر نیست اما باید، خطاهای را شناسایی کرد و اقدام مناسبی در جهت ارتقای

-
1. accuracy
 2. precision
 3. uncertainty

کیفیت داده‌ها به عمل آورد. این امر مشتمل بر سنجش کیفیت داده‌ها یا فرایند بررسی صحت موقعیتی، توصیفی و زمانی و همچنین بررسی درستی، تمامیت، یکپارچگی داده‌های فضایی است (Chrisman, 1991). صحت موقعیتی مبین نسبت انطباق اندازه واقعی یک پدیده بر روی سطح زمین با قالب متناظر با همان پدیده در یک لایه از داده‌های GIS است که با عنوان عارضه یا شیء و به صورت مجموعه‌ای از مختصات رقومی ذخیره شده است. به همین صورت، صحت داده‌های توصیفی نیز از انتصاف ارزش‌های توصیفی اختصاص یافته به یک عارضه در محیط GIS را با نسبت ارزش‌های واقعی پدیده متناظر با همان عارضه در سطح زمین نشان می‌دهد. صحت زمانی نیز، در یک دوره زمانی معین، بیانگر نسبت تفاوت ارزش‌های توصیفی اختصاص یافته به یک عارضه در محیط GIS با ارزش‌های توصیفی پدیده متناظر بر همان عارضه در دنیای واقعی است. درستی داده‌های فضایی بیانگر میزان انطباق عارضه‌های رقومی شده^۱ در محیط GIS با پدیده‌های متناظر با همان عارضه‌ها بر روی سطح زمین است. به عنوان مثال، آیا جاده‌ای که به صورت رقومی نشان داده شده است واقعاً جاده است یا اینکه یک جریان آب را نشان می‌دهد؟ در مبحث تمامیت^۲، به سنجش اندازه اشکال فضایی موجود (درجه تمامیت اشکال فضایی) در یک مجموعه از داده‌های رقومی که در نتیجه ورود و تبدیل داده‌ها حاصل آمده است، پرداخته می‌شود. یکپارچگی^۳ نیز در رابطه با تمامیت روابط در میان عناصر، جزئیات داده‌ها و اطلاعات مطرح می‌شود.

روند بازبینی دستی مشتمل بر ایجاد نقشه کنترل (خروجی اولیه از نقشه، جهت ویژایش) و کنترل میدان (فیلد چک) و اندازه گیری است. در نقشه‌های کنترل، ترسیم داده‌های رقومی تبدیلی در همان مقیاسی صورت می‌گیرد که در نقشه پایه و در تبدیل داده فضایی آنالوگ به داده فضایی رقومی صورت پذیرفته است. یک

1. digital object
2. completeness
3. integrity

نقشه پایه شامل آن دسته از اشکال و محدوده‌های فضایی است که به دقت نمایش داده شده و بر مبنای یک سامانه مختصات ویژه بر روی نقشه چاپ شده بر روی کاغذ مشخص می‌شود. اگرچه اکثر بازبینیهای صورت گرفته در قالب یک روش کار، نیاز به تأیید و اعتبارسنجی دستی از پایگاه داده‌های فضایی دارد، اما نرم‌افزاری نیز وجود دارد که به صورت خودکار میزان یکپارچگی در یک پایگاه داده‌های GIS را بررسی و معین می‌کند (Montgomery and Schuch, 1993). GPS را نیز می‌توان در تعیین دقیق مکان و موقعیت قرار گیری پدیده‌ها به کاربرد. در کیفیتسنجی خودکار داده‌ها به دنبال ناهمانگیهای منطقی یا ارزش‌های عجیب و غریب یا ازبین‌رفته می‌گردیم. به عنوان مثال این ارزشها باید مقادیر قابل قبول یا پیش‌فرض داشته باشند. درستی عملکرد GIS تا اندازه زیادی به مقیاس و توان تفکیک نقشه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و سایر منابع داده‌ها و فنونی وابسته است که در تهیه مجموعه‌ای از داده‌های مورد نیاز در محیط GIS استفاده می‌شوند. مقیاس یعنی نسبت میان یک فاصله مشخص بر روی سطح زمین با واحد اندازه‌گیری مورد استفاده در یک نقشه یا تصویر که برای نشان دادن همان فاصله مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارت بهتر، مقیاس نقشه بیانگر نسبت فاصله بر روی نقشه با همان فاصله در جهان واقعی است. اگر مقیاس نقشه‌ای برابر با ۱:۱۰۰۰۰ باشد، در آن صورت می‌توان گفت که فاصله یک سانتی‌متری بر روی نقشه برابر با صد هزار سانتی‌متر یا یک کیلومتر بر روی سطح زمین است. استفاده از عبارات بزرگ‌مقیاس و کوچک‌مقیاس تا حدی گمراه‌کننده است و لذا بهتر است کمی در این باره توضیح دهیم. نقشه‌های بزرگ‌مقیاس جزئیات زیادی را نشان می‌دهند و پدیده‌های کوچک را دربر می‌گیرند. مقیاس متعارف در نقشه‌های بزرگ‌مقیاس نیز بزرگ است (مانند ۱:۱۰۰۰). در یک نقشه کوچک‌مقیاس تنها پدیده‌های بزرگ نشان داده شده و مقیاس متعارف در چنین نقشه‌هایی نیز کوچک است (مانند ۱:۱۰۰۰۰۰). مقیاس نقشه علاوه بر تعیین چگونگی نمایش پدیده‌ها بر روی نقشه نوع پدیده‌هایی را نیز که می‌توان نشان داد، مشخص می‌کنند. به عنوان مثال در نقشه‌ای با مقیاس ۱:۲۵۰۰، می‌توان خانه‌های

منفرد، تیرهای چراغ و ایستگاههای اتوبوس و نظایر آن را نشان داد. در حالی که در یک نقشه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ انجام این کار امکان‌پذیر نیست. به طور کلی میزان دقیق هر GIS با توجه به خواسته‌های تعیین می‌شود که در یک کاربرد خاص مورد نظر است. به عنوان مثال دقیق مکانی مورد نیاز در کاربردهای مهندسی نظری طراحی جاده بیشتر از دقیق است که در کنترل جریان ترافیک در جاده‌ها لازم است.

توان تفکیک با مفهوم مقیاس رابطه نزدیکی دارد و بیانگر سطح تفصیل حاصل از هر قسمت از داده‌های است. توان تفکیک همچنین به کوچک‌ترین واحد تهیه نقشه یا اندازه پیکسل نیز اطلاق می‌شود. توان تفکیک در واقع تعیین کننده مقیاس نقشه است. یک نقشه با توان تفکیک پایین با یک سطح تفصیل کم از داده‌ها همراه است. به عنوان مثال یک عنصر تفکیکی (پیکسل) در تصاویر تهیه شده در ماهواره AVHRR برابر با ۱/۱ کیلومتر است. در حالی که نقشه‌های با توان تفکیک بالا جزئیات زیادی را دربر می‌گیرند؛ به عنوان مثال در چنین نقشه‌هایی یک واحد تفکیک برابر با ۵ متر است (میزان مطرح در ماهواره اسپات ۴).

خر裘جی داده‌ها

مؤلفه‌های مورد استفاده در خروجی گرفتن و نمایش داده‌ها مجهز به ابزارها و تمهیداتی‌اند که به واسطه آنها می‌توان داده‌ها یا اطلاعات را در قالب نقشه، جدول، نمودار و نظایر آن مشاهده کرد. زیرسامانه خروجی داده‌ها، نتایج پردازش و تحلیل داده‌های حاصل از GIS را برای کاربران به نمایش می‌گذارد. این نتایج ممکن است به صورت کاغذی یا رایانه‌ای یا قالبهای الکترونیکی ایجاد شده باشند (Aronoff, 1989; Pazner et al., 1993; DeMers, 1997). نقشه‌ها رایج‌ترین قالب خروجی به حساب می‌آیند اما اغلب با نمایش جدولی همراه‌اند. از ابزارهای متنوعی نیز رای خروجی گرفتن از داده‌ها استفاده می‌شود که شامل انواع نمایشگر، رسامهای قلمی، رسامهای الکترواستاتیک، چاپگرهای لیزری، چاپگرهای خطی، چاپگرهای سوزنی و پلاترها می‌شوند. در جریان عملیات ترکیب و ساخت کارت‌توگرافیکی

نقشه، نتایج (به خصوص نتایجی که در قالب نقشه باشند) تعدیل یا تکمیل شده و عناصری نظیر راهنمای اختصارات، عنوانین، جهت‌نما (پیکان شمال‌نما)، مقیاس خطی، تغییر و تعدیل رنگها و تنظیم نمادها و علائم به نقشه اضافه می‌گردند. عملکردهای مبتنی بر خروجی گرفتن از داده‌ها بر اساس نیازهای کاربر تعیین می‌شود و بنابراین توجه به خواسته‌های کاربر در تعیین وجوده مورد نیاز در خروجی گرفتن از داده‌ها جایگاه با اهمیتی دارد. اغلب سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی از ابزار مختلفی نظیر رسام، چاپگر، ابزارهای نمایش سه بعدی، و همچنین ابزار خروجی چندرسانه‌ای پشتیبانی می‌کنند (Cassettari, 1993). به عنوان مثال IDRISI تحت ویندوز 2.0 یک ناظر رسانه‌ای دارد که امکان نمایش متحرک تصاویر مربوط به سریهای زمانی و پخش فایلهای صوتی را بر روی نوارهای ویدئویی و سامانه‌های نرم‌افزاری ارتقا یافته صوتی فراهم می‌آورد (Eastman, 1997).

به طور کلی خروجیها را می‌توان در چهار طبقه جای داد:

۱. خروجیهای متنی: شامل جدولها، فهرستها، ارقام یا متن ارائه شده در پاسخ به پرس‌وجو هستند. در این رابطه ارائه نتایج ممکن است به صورت فهرستی یا جدولی و به همراه ویژگیهای توصیفی مترتب بر آنها صورت پذیرد. نتایج پاسخ به پرس‌وجوها ممکن است به صورت عددی باشد (مانند مجموع کل، فاصله‌ها، مساحتها و شمارش تعداد).

۲. خروجیهای گرافیکی: شامل نقشه‌ها، نمایش بر روی صفحه نمایشگر، نمودارها، گرافها، نقشه‌های سه بعدی و نظایر آن. ابزارهای گرافیکی تعاملی به کاربران امکان می‌دهد که به عارضه‌ها اشاره کنند و آنها را در زمینه فضایی درست خود تشخیص دهند.

۳. داده‌های رقومی: که در قالب دیسک یا نوارهایی ذخیره شده یا از طریق شبکه انتقال می‌یابند.

۴. روش‌های دیگر: که هنوز استفاده از آنها معمول نیست (مانند صدا یا تصویرهای رایانه‌ساز).

علاوه بر این، دو قالب دیگر از خروجی داده‌های حاصل از GIS را می‌توان از هم تفکیک کرد: روش نمایشی و روش انتقالی (Martin, 1991). در روش نمایشی ارائه اطلاعات به کاربر در برخی از قالبها (مانند نقشه‌ها و جدولها) صورت می‌پذیرد. در روش انتقالی اطلاعات به منظور پردازش و تحلیل بیشتر به سامانه رایانه‌ای دیگری فرستاده می‌شود. از داده‌های رقومی می‌توان مستقیماً در قالب دیسکها، نوارها و شبکه خروجی گرفته و سپس آن را در سامانه رایانه‌ای دیگری وارد ساخت. انتقال داده‌ها، اهمیت بالایی را در یکپارچگی GIS با نرم‌افزارهای تحلیل تصمیم چندمعیاری دارد. همان‌گونه که بعداً نیز خواهیم دید، خروجی حاصل از پردازش و تحلیل داده‌ها در GIS را می‌توان به منزله ورودی تحلیل تصمیم چندمعیاری فضایی تلقی کرد (← فصلهای چهارم و نهم).

۲-۲-۲ ذخیره و مدیریت داده‌ها

مؤلفه‌های مربوط به مدیریت و ذخیره‌سازی داده‌ها در GIS شامل توابع مورد نیاز در ذخیره و بازیافت داده‌ها در پایگاه داده‌ها هستند. روش‌هایی که برای به اجرا در آوردن این توابع مورد استفاده قرار می‌گیرند، بر میزان کارایی سامانه در انجام عملیات مرتبط با داده‌ها تأثیر می‌گذارد (Aronoff, 1989; Antennucci et al., 1991). بسیاری از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی بر مبنای پایگاه داده‌ها تنظیم و جهت‌گیری می‌شوند. پایگاه داده‌ها را می‌توان به منزله مجموعه‌ای از داده‌های غیرتکراری تلقی کرد که در رایانه به گونه‌ای سازمان می‌یابند که امکان بسط، به روزرسانی، بازیابی و اشتراک در آن برای کاربران مختلف فراهم باشد. با وجود این، باید به این موضوع توجه داشت که پایگاه داده‌ها در GIS بیش از یک محیط ساده برای ذخیره داده‌ها و اطلاعات است. پایگاه داده‌ها را می‌توان بازنمایی یا مدلی از سامانه‌های جغرافیایی مربوط به جهان واقعی تلقی کرد. در همین راستا تفکیک قائل شدن بین پدیده‌های^۱

1. entities

جغرافیایی و عارضه‌های^۱ جغرافیایی می‌تواند مفید و سودمند باشد. پدیده جغرافیایی، واژه‌ای است که برای عنصری از یک نظام مطرح در دنیای واقعی استفاده می‌شود. به عنوان مثال پدیده‌های جغرافیایی نظیر شهرها، بزرگراهها و ایالتها را می‌توان در پایگاه داده‌های GIS در قالب عارضه‌های نقطه‌ای، خطی و چندضلعی بازنمایی کرد. عارضه‌ها به وسیله داده‌های مکانی یا فضایی (که در آنها مکان مربوط به یک عارضه یا شیء معین، نقطه، خط، یا چندضلعی، ثبت می‌گردد) و داده‌های توصیفی و غیرمکانی (که ویژگیهای یک عارضه یا شیء را توصیف می‌کنند) مشخص می‌شوند. در تحلیل تصمیم مبتنی بر GIS باید سامانه‌های واقعی مطرح در جهان واقعی را در یک قالب رقومی بازنمایی کرد. حال مسئله‌ای که پیش می‌آید این است که سامانه‌های جغرافیایی در جهان واقعی حتی برای پیشرفته‌ترین سامانه‌های اطلاعاتی نیز پیچیده‌اند و از همین‌رو باید آنها را ساده کرد. به این ساده‌سازی واقعیت «مدل داده‌ای»^۲ گفته می‌شود. یک پایگاه GIS شامل مجموعه‌ای از داده‌های فضایی است که به صورت مدلی از واقعیت عمل می‌کنند. محتوای یک پایگاه داده‌های GIS چشم‌اندازی ویژه از واقعیت را به نمایش می‌گذارد.

مقدمه بر داده‌های فضایی

در داده فضایی که به صورت فیزیکی نمایش داده شده‌اند، در دو قالب شبکه‌ای^۳ و برداری^۴ سازماندهی و آرایش می‌باشد. داده‌های شبکه‌ای در یک ماتریس دو بعدی از شبکه سلولی یکنواخت (که اغلب در قالب مربعی و در موارد اندکی به صورت مستطیلی از شبکه منظم‌اند) ذخیره می‌شوند. هر سلول همگن در نظر گرفته شده و بر همین اساس در هر نقشه نمی‌توان اطلاعات را در سطح تفکیک ریزتر از سلول منفرد

-
1. objects
 2. data model
 3. raster
 4. vector

اطلاعاتی عرضه کرد. سطوح و پهنه‌ها از پیکسلهای به هم پیوسته‌ای تشکیل شده و ارزش‌های مطرح در داخل هر پیکسل به صورت یکسان در نظر گرفته می‌شود (شکل ۲-۲). خطوط از اتصال سلول‌ها در ضخامت یک پیکسلی ایجاد می‌شوند. نقاط نیز در قالب یک سلول واحد نشان داده شده و بیانگر آن‌اند که تمام محدوده‌ای که به وسیله سلول نشان داده شده است برای پدیده‌های فضایی دیگر صدق نمی‌کند. تمام پدیده‌های فضایی با توجه به ماهیت محل قرارگیری آنها در شبکه، اطلاعات فضایی دارند. نقشه‌ها نیز به طور کامل بیانگر یک ارزش واحد (کاربری زمین، ارتفاع، واحدهای سیاسی) برای هر سلول‌اند. اندازه شبکه می‌تواند متغیر باشد و از همین رو قدرت تفکیک فضایی داده‌ها با توجه به اندازه شبکه تعیین می‌شود. بدین معنی که با قدرت تفکیک بالا، جزئیات بیشتری را می‌توان بر روی یک تصویر تشخیص داد. قدرت تفکیک داده‌های شبکه‌ای می‌تواند از تقسیمات فرعی‌تر از واحد متری تا واحدهای چندین کیلومتری متغیر باشد. قدرت تفکیک فضایی تصاویر حاصل از سامانه‌های حسگر ماهواره‌ای معمولاً بر اساس واحدهای متری مشخص می‌شوند. به عنوان مثال، توان تفکیک برخی از تصاویر حاصل از لندست ۳۰ متر است. بدین معنی که دو عارضه بر روی تصاویر که پدیده‌های متناظر با آنها در جهان واقعی با پهنا یا طول ۳۰ متر در کنار هم قرار گرفته‌اند از هم‌دیگر قابل تفکیک‌اند.

داده‌های برداری معرف پدیده‌هایی‌اند که به صورت رشته‌هایی از مختصات نشان داده می‌شوند. یک نقطه بیانگر یک مختصه است و از همین رو نقاط واقع بر روی نقشه بر اساس مختصات دقیق خود (بر اساس دقت نقشه پایه و ظرفیت ذخیره رایانه) ذخیره می‌شوند. نقاط را می‌توان برای ایجاد خطوط (به صورت مستقیم یا در قالب توابع پارامتری^۱) یا رشته‌هایی از خطوط، در پیوند با هم‌دیگر قرار داد. بنابراین خط به صورت مجموعه‌ای از مختصات نشان داده می‌شود که به موازات یک واحد طولی قرار می‌گیرند. رشته‌های مربوط به خطوط ممکن است در بازگشت به نقطه شروع چند ضلعهای بسته یا سطوح را تشکیل دهند. یک چندضلعی با مجموعه‌ای از

مختصات واقع در گوشه‌های آن نشان داده می‌شود (شکل ۲-۲). به عنوان مثال، نقطه‌ای که معرف یک روستا یا شهر است، ممکن است یک ورودی پایگاه داده‌ها، بر اساس نام، اندازه، خدمات و نظایر آن داشته باشد و خطی که بیانگر یک جاده است می‌تواند یک ورودی پایگاه داده‌ها در رابطه با شماره‌های مسیر، حجم ترافیک، مسیرهای اضطراری و نظایر آن داشته باشد. به همین ترتیب یک چندضلعی نیز که بیانگر یک واحد اداری است می‌تواند یک ورودی پایگاه داده‌ها بر مبنای ویژگیهای مختلف اقتصادی، اجتماعی، محیطی و جمعیتی داشته باشد. هر یک از این پدیده‌های فضایی ممکن است دارای شناسه‌هایی نیز باشد. این شناسه‌ها کلید اتصال به پایگاه داده‌هایی اند که مشتمل بر مشخصه‌های توصیفی (داده‌های جدولی) پدیده‌ها هستند.

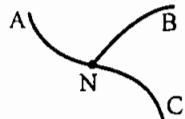
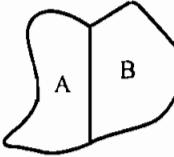
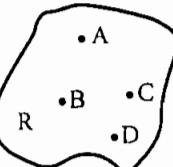
در نمایش برداری، پدیده‌های مختلف جغرافیایی روابط فضایی معینی دارند که تحت عنوان توپولوژی از آن یاد می‌شود. توپولوژی معرف روابط فضایی پدیده‌ها (نقاط، خطوط و چندضلعیها) است. توپولوژی امکان اجرای توابع تحلیل فضایی را برای GIS فراهم می‌آورد. عمدت‌ترین وجوه روابط فضایی عبارت اند از رابطه پیوند^۱

ساختار داده‌های فضایی	
	برداری شبکه‌ای
نقطه	• ◻
خط	— ◻◻◻◻
چندضلعی	◇ ◻◻◻◻◻◻◻◻◻

شکل ۲-۲ نمایش برداری و شبکه‌ای (سلولی) نقطه، خط و چندضلعی

1. connectivity

(خطوط در گرهها به هم متصل می‌شوند)، رابطه مجاورت^۱ (چندضلعیها اگر دارای مرز مشترکی باشند، همسایه محسوب می‌شوند) و رابطه شمول^۲ (یک چندضلعی می‌تواند واحدهای دیگر را به صورت جزیره‌ای در درون خود جای دهد). در شکل ۲-۳ نمونه‌هایی از روابط فضایی نشان داده شده است. توپولوژی را می‌توان در قالب نمایش نقشه‌ای (در جدول مربوط به پایگاه داده‌ها) ذخیره کرده یا بر مبنای مختصات هر پدیده ایجاد کرد. باید توجه داشت که در ساختار داده‌های شبکه‌ای، توپولوژی تنها به صورت مجاورت سلولی وجود دارد. این موضوع به صورت ضمنی و تلویحی در بازنمایی دیده می‌شود.

روابط فضایی	
پیوندی و اتصالی	 <p>گره N رشته‌های A, B, C را به هم متصل می‌کند</p>
مجاورتی	 <p>چندضلعی A در مجاورت چندضلعی B قرار دارد</p>
شمولي	 <p>چندضلعی R نقاط C, B, A, D را در بر می‌گیرد</p>

شکل ۲-۳ گزیده‌هایی از روابط فضایی

مقایسه مدل داده‌های شبکه‌ای با مدل داده‌های برداری. هر یک از این دو مدل مزایا و معایبی در نمایش داده‌ها دارند (Burrough, 1986; Martin, 1991; DeMers, 1997). یکی از مزایای اصلی مدل‌های شبکه‌ای امکان نمایش داده‌های متغیر به صورت

1. adjacency
2. containment

بر نظر مگوئیر (۱۹۹۴)، مدل داده‌های شبکه‌ای در کاربردهای محیطی مناسب ترند حال آنکه مدل داده‌های برداری در کاربردهای اقتصادی - اجتماعی کارایی بیشتری دارند؛ زیرا مدل شبکه‌ای به صورت سطح بنیاد^۱ عمل می‌کند (بدین معنی که در این مدل به محتویات ناحیه‌ای بیش از مرزهای بین مناطق اهمیت داده می‌شود). درحالی که مدل‌های برداری محدوده‌بنیاد و مرزبنیادند (بدین ترتیب که در این مدلها مرزها و محدوده‌های پدیده‌های فضایی مورد تأکید قرار می‌گیرد). بر همین اساس در مدل‌های شبکه‌ای عملیاتی نظیر عملیات بولی^۲، تحلیل مجاورتی^۳ و شیوه‌سازی با سهولت بیشتری قابل اجراست. در مقابل ماهیت مرزبنیاد مدل‌های برداری قالب مناسبی را برای برخی توابع GIS نظیر تحلیل شبکه، کاوشهای پیشرفته‌تر در پایگاه داده‌ها، تحلیل سطوح، اندازه‌گیریها و پردازش توپولوژیک فراهم می‌آورد.

باید توجه داشت که هر وضعیت یا موقعیت مربوط به جهان واقعی می‌تواند در هر دو سبک مذکور (اعم از الگوهای شبکه‌ای و برداری) به نمایش درآید و داده‌های مدل‌سازی شده در یک سیستم نیز می‌تواند به سیستم دیگر تبدیل شود. بدین صورت که داده‌های شبکه‌ای قابل تبدیل به داده‌های برداری‌اند و بالعکس. برخی از سامانه‌ها امکان همپوشانی داده‌های مدل‌سازی شده در قالب شبکه‌ای را با مدل‌های برداری و بالعکس فراهم می‌کنند. تبدیل بردارها (نقاط، خطوط و چندضلعیها) به یک نقشه شبکه‌ای یک عملکرد متعارف و معمول به حساب می‌آید که اغلب از آن تحت عنوان فرایند شبکه‌ای کردن نقشه‌های برداری یاد می‌شود. نمونه‌های معروفی از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی شبکه‌ای به حساب می‌آیند MapInfo (Environmental Systems Research Institute, 1995) ARC/INFO (Caliper Corporation, 1996) TransCAD و (MapInfo Corporation, 1995)

1. area oriented
2. Boolean operations
3. proximity analysis

در حالی که نمونه‌های متعارف از ساختار داده‌های برداری را به نمایش می‌گذارند. با وجود این، هر سامانه قابلیتهای تبدیل شبکه به بردار و بردار به شبکه را دارد.

مدیریت داده‌های توصیفی

همان‌گونه که قبلاً مطرح شد پدیده‌های جغرافیایی در قالب دو نوع از داده‌ها توصیف می‌شوند: داده‌های مکانی که به واسطه آن پدیده‌های واقع در فضای جغرافیایی به مکان قرار گیریشان متصف می‌گردند و داده‌های توصیفی که معرف دیگر ویژگیهای غیرمکانی پدیده‌ها هستند. در GIS نوعاً رویکردهای مبتنی بر سامانه مدیریت پایگاه داده‌ها (سمپاد) در جایه‌جایی و کاربر روی این دو گونه از داده‌ها به کار گرفته می‌شود. بسیاری از پایگاههای استاندارد داده‌ها بر اساس مدلی از نحوه نگرش کاربر به داده‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. مدل‌های متعدد و زیادی از داده‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مدل‌های ساختار داده‌های تخت^۱، سلسله‌مراتبی، شبکه‌ای، رابطه‌ای و شیء‌گرا^۲ اشاره کرد (Aronoff, 1989; Huxhold, 1991; DeMers, 1997). در این قسمت به دو نوع از متداول‌ترین مدل داده‌ها که مشتمل بر مدل داده‌های رابطه‌ای و مدل داده‌های تخت‌اند، توجه می‌کنیم. این نوع از فایل‌ها از اهمیت ویژه‌ای در تحلیل تصمیم چندمعیاری مبتنی بر GIS برخوردارند. مدل رابطه‌ای متداول‌ترین نوع پایگاه داده‌های است که در سازماندهی داده‌ها در محیط GIS^۳، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل داده‌های تخت، روش مناسب و راحتی در ذخیره‌سازی و پردازش داده‌ها در تصمیم گیری چندمعیاری به حساب می‌آید (Kirkwood, 1997). همچنین مدل داده‌های مبتنی بر GIS را می‌توان بر حسب معماری و ساختار مدیریت داده‌ها نیز طبقه‌بندی کرد. مگوئایر (1995) طبقه‌بندی مناسبی را از مدل داده‌های مبتنی بر GIS ارائه می‌دهد. بدین ترتیب که او، سه رده متمایز از هم را مطرح می‌کند که عبارت‌اند از: پرونده‌ای یا فایلی، پیوند چندگانه و سمپاد گسترش یافته یا یکپارچه‌شده.

-
1. flat data
 2. object-oriented

در مدل طراحی مبتنی بر پردازش پروندهای یا فایلی، تمام داده‌ها در پروندهای تخت که روش ساده‌ای برای ذخیره داده‌های ذخیره می‌شوند. از آنجا که در نرم‌افزارهای صفحه گسترده^۱ این نوع از پروندهای مورد استفاده قرار می‌گیرند از آنها تحت عنوان یک پایگاه داده‌های صفحه گسترده و مستطیلی نیز یاد می‌شود. این نوع از پایگاه داده‌ها صرفاً تجمع ساده‌ای از سابقه (رکورد) (که معرف پدیده‌ها هستند) بوده، به طوری که هر سابقه دارای اقلام تخت از داده‌ها (صفات) است که با آن در پیوندند. یک مقوله‌های داده‌ای فیلد گفته می‌شود. تعداد فیلد‌های تمام رکوردهای واقع در پایگاه داده‌ها یکسان است. هر رکورد داده‌های متفاوتی را در هر فیلد دارد که در این میان یک فیلد به منزله فیلد کلیدی برای تعیین مکان یک رکورد ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماتریس داده‌های جغرافیایی نمونه‌ای از مدل پروندهای تخت است (شکل ۱-۱). این شیوه در برخی از سامانه‌های GIS شبکه‌ای نظیر IDRISI، ERDAS و IMAGINE به کار گرفته می‌شود. مزیت این گونه از پروندهای داده‌ای را می‌توان سادگی، فهم آسان ساختار داده‌ها و بازیابی سریع داده‌ها به واسطه فیلد‌های کلیدی عنوان کرد. باید توجه داشت که داده‌های ورودی مورد نیاز در بسیاری از فنون MCDM را می‌توان به صورت مؤثری با استفاده از قالب مبتنی بر فایل تخت ذخیره کرد. همان‌گونه که در ادامه خواهیم دید ماتریس تصمیم‌گیری (فایل تخت) به عنوان روش اولیه سازماندهی داده‌ها در MCDM به حساب می‌آید (\leftarrow فصل چهارم). با وجود این، سطح پایین انعطاف‌پذیری و حساسیت در محیط GIS از مشخصه‌های چنین روشنی است. در مدل داده‌های تخت، پردازش ارزش‌های چندگانه یک فقره از داده‌ها مشکل است. بر همین اساس افزودن سوابقی از داده‌های جدید یا بسط آنها به منظور پوشش دادن فیلد‌های افزوده نیاز به برنامه‌سازی مجدد دارد، ضمن آنکه در فقدان علائم کلیدی یا رمز، دسترسی به رکوردها به کندی صورت می‌گیرد (Huxhold, 1991).

پیش‌فرضهایی که به عنوان مبنای تشکیل مدل داده‌های مبتنی بر پیوند

۱. spreadsheet software

چند گانه مطرح‌اند براین قرار است که سازوکارهای ذخیره داده‌ها در رابطه با داده‌های فضایی از قابلیت و کارایی برخوردارند، درحالی که در رابطه با داده‌های توصیفی ناکارامدند و بالعکس (Maguire, 1995). در نتیجه به منظور تسریع در وارد کردن و خروجی گرفتن از داده‌ها، داده‌های فضایی در مجموعه‌ای از فایل‌های سامانه عملگر با دسترسی مستقیم^۱ ذخیره می‌شوند درحالی که داده‌های توصیفی معمول در سامانه‌های استاندارد سپاد تجاری ذخیره می‌گردند. نرم‌افزار GIS در طول عملیات متفاوت پردازش نقشه، پیوند بین فایل‌های مبتنی بر داده‌های فضایی و سپاد را مدیریت می‌کند. اگرچه در ذخیره داده‌های فضایی از شیوه‌های متفاوت استفاده می‌شود، اما در اصل مکانیسم پیوند و ترکیب آنها با پایگاه داده‌ها به صورت یکسان عمل می‌کند. این روند مشتمل بر شناسه‌های واحدی است که در جدول پایگاه داده‌های مربوط به ویژگی‌های توصیفی ذخیره شده و امکان پیوند آنها را به عناصر تشکیل‌دهنده یک نقشه واحد فراهم می‌آورد. سامانه مدیریت پایگاه داده‌های رابطه‌ای^۲ (سپاد رابطه‌ای)، معمول‌ترین سامانه مدیریت پایگاه داده مورد استفاده در GIS به حساب می‌آید. در یک مدل رابطه‌ای، پایگاه داده‌ها بیانگر مجموعه‌ای از روابط است و جدول‌ها با استناد به این روابط شکل می‌گیرند. در ذخیره‌سازی داده‌ها از یک ماتریس جدولی استفاده می‌شود. هر جدول شامل یک فقره از داده‌ها (یا ستونی از داده‌ها) است که در حداقل حالت خود سطوح مشابه و همسان با جدول دیگری که دارای داده‌های اضافی است، دارد. به عبارت دیگر هر جدول شامل داده‌هایی است که در رابطه با یک عارضه یا شیء خاص مطرح‌اند و به واسطه ارزش مشترک، در پیوند با جدول‌های دیگر قرار می‌گیرد. به عنوان مثال می‌توان دو جدول داده‌های توصیفی را از طریق کدپستی در پیوند با یک جدول مربوط به داده‌های فضایی قرار داد. این بخش از داده مشترک، امکان برقراری روابط بین دو یا چند جدول را فراهم کرده و جدول‌های مختلف به واسطه نقطه اتصال مشترک بین

-
1. direct-access operating system files
 2. Relational DBMS

داده‌ها با یکدیگر پیوند می‌یابند، تا به همراه رکوردها، جدولها و یافته‌های جدیدی تشکیل دهند. به عنوان مثال پایگاه داده‌ای را در نظر بگیرید که از سه جدول مربوط به قطعات زمین، مالکیت و موقعیت جغرافیایی تشکیل شده است. این سه جدول می‌توانند بر اساس شماره قطعه و مالک قطعه در پیوند با هم قرار گیرند. مزایای مدل رابطه‌ای عبارت است از: دسترسی آسان و آموزش فنی حداقل برای کاربران؛ انعطاف‌پذیری در رابطه با خواسته‌های پیش‌بینی نشده؛ سهولت در تصحیح یا اضافه کردن روابط، رکوردها و داده‌های جدید؛ و امکان تغییر ذخیره فیزیکی داده‌ها بدون تأثیرگذاری بر روابط رکوردها. این گونه از پایگاه داده‌ها در سازگاری با SQL (زبان پرس‌وجوی ساختاری رایانه‌ای)^۱ قرار دارند. پرس‌وجوهای بر پایه روابطی قرار می‌گیرند که توسط کاربر، میان یک سابقه با سابقه دیگر تعیین می‌شود. با وجود این، روابط جدید مستلزم انجام پردازش‌های قابل ملاحظه‌ای‌اند و دسترسی تسلسی به کندهای صورت می‌پذیرد. علاوه بر این، در موقعی که روابط جدید در مجموعه‌های منفردی از واحدهای داده‌ای شکل گرفته باشند، درجه بالای انعطاف‌پذیری در سابقه‌های مورد بحث در جدولهای مختلف می‌تواند با خطای منطقی^۲ همراه باشد (Huxhold, 1991). آرک یا اینفو^۳، محیط GIS پودمانی^۴ (مدولی) و GIS اسماولرد^۵ نمونه‌هایی از مدل داده‌های ترکیبی را به نمایش می‌گذارند که سپاد رابطه‌ای را به کار می‌گیرند.

از شیوه مبتنی بر مدل داده‌های گسترش‌یافته^۶، نیز تحت عنوان رویکرد مبتنی سامانه مدیریت پایگاه داده‌های فضایی (سمپاد)، که به همراه GIS، به عنوان واحد پردازشگر کمکی در بازیابی داده‌ها^۷ که در رأس خود پایگاه داده‌ها قرار می‌گیرد، یاد می‌شود. بسیاری از عملیات اجرایی به روزرسانی از نوع برداری - توپولوژیک

-
1. structured query language
 2. logical mistakes
 3. ARC/INFO
 4. Modular GIS Environment
 5. Smallworld GIS
 6. extended data model approach
 7. query processor sitting

هستند که با جدولهای رابطه‌ای که حاوی داده‌های مبتنی بر مختصات نقشه‌ای برای واحدهای نقطه‌ای – گرهی و خطی‌اند در ارتباط‌اند. این عملیات در اجتماع با جدولهای دیگر که مشتمل بر داده‌های توپولوژیک هستند به انجام می‌رسند. ویژگیهای توصیفی ممکن است در جدولهای یکسان به صورت پایگاه داده مبتنی بر مشخصه نقشه‌ای^۱ یا در جدولهای متفاوتی که دسترسی به آنها از طریق پیوندهای رابطه‌ای صورت می‌گیرد، ذخیره شده باشند. سیستم^۲ (بر پایه سمپاد امپرس^۳) و ژئوویژن^۴ (بر پایه برنامه اوراکل) دو نمونه از سامانه‌های GIS هستند که طرح سمپاد گسترش یافته، را به کار می‌گیرند (Maguire, 1995).

عارضه‌ها در برابر فیلد‌ها

همان‌گونه که قبلاً مطرح شد، در پایگاه داده‌های مبتنی بر GIS، سعی می‌شود که یک مدل انتزاعی از واقعیت ارائه شود. هرچه این بازنمایی انتزاعی بیشتر به سمت مدل‌سازی ویژگیهای واقعی مربوط به سامانه‌های جغرافیایی جهان واقعی نزدیک شود، با توانمندیهای بیشتری در عرصه کاربردهای مبتنی بر GIS همراه خواهد بود. مباحث داغی درباره وجود مفهومی بازنمایی جهان واقعی، مطرح شده است که در کتابهای ذیل به آنها پرداخته شده است: (Peuquet, 1983, 1990; Burrough, 1992a; Couclelis, 1992; Goodchild, 1992; Frank, 1996) این مباحث را می‌توان بر مبنای دو رویکرد مفهومی و متمایز از هم سازماندهی کرد: مفهوم شیء یا عارضه مجزا^۵ و مفهوم فیلد یا حوزه پیوسته^۶. هر عارضه یا شیء دارای محدوده مترتب بر حلقه‌های مرتبط با نمونه اصلی^۷ است که در داخل این محدوده وضعیت همگن

-
1. map feature database
 2. System 9
 3. EMPRESS DBMS
 4. GEOVISION
 5. discrete object concept
 6. continuous field concept
 7. prototypical crisp boundary

فرض می‌شود. در مفهوم حوزه‌ای برای هر نقطه، وظیفه و نقشی وجود دارد که بر اساس آن، مکان قرارگیری یک پدیده و صفت مترتب بر آن تعریف می‌شود.

فرایند ذهنیت‌سازی از واقعیت و بازنمایی آن در پایگاه داده‌های مبتنی بر GIS، در چندین سطح انتزاعی قابل تشریح است:

۱. مدل مفهومی از جهان. دو وجهه نگرش متمایز از هم را می‌توان در رابطه با جهان مطرح کرد. بدین صورت که جهان واقعی (واقعیت) را می‌توان یا به منزله موجودیتی تلقی کرد که سرشار از پدیده‌های شناخته شده یا قابل شناخت است یا اینکه واقعیت را به صورت قالبی یکنواخت از تغییر فضایی پیوسته در نظر گرفت.

۲. مدل‌های داده‌ها از جهان. جهان متشکل از مجموعه‌هایی از اشیاء یا عارضه‌های مجزا از هم، ویژگیهای مترتب بر آنها و روابط بین این عارضه‌های است. اگر پدیده‌ها به طور کامل شناخته شده و قابل تعریف باشند (مانند قطعات زمین و جاده‌ها)، در آن صورت مسائل و مشکلات اندکی در نمایش واقعیت در قالب مدل مبتنی بر یک عارضه مجزا (مانند سطوح و خطوط) پیش می‌آید. این مدل را می‌توان در قالب مدل مبتنی بر داده‌های صریح (یا مدل مبتنی بر عارضه مجزا) عنوان کرد. با وجود این، اگر پدیده‌ها به صورت واحد کامل و دقیق نباشند یا نتوان آنها را به صورت کامل و با محدوده دقیق تعریف کرد (مانند انواع خاک، گونه‌های گیاهی، ارتفاعات و واحدهای زمین‌شناسی)، در آن صورت مدل داده‌های مربوط به جهان باید جهان را به صورت موجودیتی متشکل از پیوستارهای مرکب^۱ (مدل‌های حوزه‌ای) نشان دهد.

۳. مدل‌های مبتنی بر پایگاه داده‌ها. این مدلها را می‌توان تجمعی^۲ از مدل‌های داده‌ها تلقی کرد، به صورتی که در آنها داده‌های جغرافیایی را می‌توان ذخیره، پردازش و تحلیل کرد. پایگاه داده‌ها در ارتباط با مدل‌های مبتنی بر داده‌های صریح و

1. complex continua

2. encapsulation

معین، ضمن داشتن مجموعه‌ای از عارضه‌ها، صفات مترتب بر عارضه‌ها، و روابط بین عارضه‌ها، دارای مجموعه‌ای از قواعدی است که مبین چگونگی رفتار آنهاست. این گونه از مدل‌های مبتنی بر پایگاه داده‌ها بر مبنای عارضه‌های مجزایی نظریه نقاط، خطوط، سطوح و احجام مربوط به اشکال منظم یا نامنظم عمل می‌کنند. در طرف دیگر مدل مبتنی بر پیوستارهای مرکب قرار می‌گیرد که می‌توانند بر حسب سطوح مجزا شده^۱، توابع ریاضی یکنواخت پیوسته^۲، توابع ریاضی مشتق‌ناپذیر^۳ (مانند سطوح تصادفی) نمایش داده شوند. دامنه گسترده‌ای از روش‌های مطرح در به کار گیری این گونه اسلوبها و وجود مربوط به پایگاه داده‌ها وجود دارند که از آن جمله می‌توان به موزاییک‌بندی نامنظم^۴، شبکه نامنظم مثلثی^۵، متغیرهای منطقه‌ای شده^۶ و شبکه‌های مربعی و متوازی‌الاضلاعی اشاره کرد.

۴. مدل‌های گرافیکی. مدل‌های یاد شده، اعم از مدل‌های مبتنی بر عارضه‌های مجزا و مدل‌های حوزه‌ای را می‌توان به واسطه ساختارهای مبتنی بر داده‌های شبکه‌ای و برداری به اجرا در آورد. این گونه ساختارها را می‌توان به منزله دو شیوه متفاوت از بازنمایی جهان واقعی در نظر گرفت که بر حسب مدل‌های عارضه‌ای یا حوزه‌ای مطرح می‌شوند.

اگرچه تقسیم‌بندی دوگانه عارضه‌ای – حوزه‌ای^۷ در شفاف‌سازی بافت بازنمایی واقعیت در پایگاه داده‌های مبتنی بر GIS مفید است ولی باید این نکته را در نظر داشت که این دو مدل اغلب در تشریح تعاملات پیچیده عناصر در سامانه‌های جغرافیایی مربوط به جهان واقعی ناکافی‌اند. این گونه عناصر از واقعیت‌های جغرافیایی نظری خاک، پوشش گیاهی، ارتفاعات، درجه حرارت جوی و نظایر آن توسط

-
1. discretized surfaces
 2. continuous smooth mathematical functions
 3. nondifferentiable mathematical functions
 4. irregular tessellation
 5. triangular irregular network
 6. regionalized variables
 7. object-field dichotomy

تغییرات تدریجی آنها در سطح زمین مشخص می‌شوند. این عناصر به جای یک مرز خطی، یک مرز مدرج (گرادیان) دارند. این گونه از پدیده‌های جغرافیایی با در نظر گرفتن اینکه مفهوم اصلی عارضه یا شیء به خوبی قابل تعریف است، هر دو ویژگی عارضه‌ای و حوزه‌ای را دارند؛ بدین صورت که مفهوم اصلی عارضه به راحتی قابل تعریف است در حالی که محدوده‌های جغرافیایی عارضه‌ها و محدوده‌های صفات مترتب بر آنها در پیرامون آن را به طور دقیق نمی‌توان تعیین کرد (Burrough, 1996).

به عنوان مثال یک منطقه از یک شهر می‌تواند به طور دقیق دارای کانون مشخص و شناخته شده‌ای باشد اما مرزها و محدوده‌های این کانون پراکنده یا غیرصریح‌اند. این عدم وضوح یا عدم صرارت در تعیین محدوده را (که از مشخصه‌های بسیاری از پدیده‌ها و چشم‌اندازهای جغرافیایی است) می‌توان به کمک نظریه مجموعه‌های فازی، تصور کرد (Burrough and Frank, 1996).

مجموعه‌های فازی و عارضه‌های فازی

مجموعه‌های فازی به طبقه‌ای از عناصر و یا پدیده‌ها گفته می‌شود که محدوده مشخص و دقیقی که تعلق یا عدم تعلق پدیده‌ها را به طبقه نشان دهند، ندارند و در این وضعیت عارضه‌ها تا اندازه‌ای به مجموعه‌های چندگانه تعلق دارند. منطق فازی در تبیین وجوده ابهام‌آمیز و غیرشفاف پدیده‌ها در جهان واقعی مفید و سودمند است. بدین صورت که در آن تعلق به یک مجموعه در واقع امر به صورت درجه‌ای از تعلق آنها بیان می‌شود. در اصل با استفاده از منطق چندارزشی^۱ می‌توان ارزشهای واسطه‌ای را در میان ارزشیابیهای متعارف^۲ نظیر بله / خیر، درست / نادرست و سیاه / سفید، تعیین کرد. مفاهیمی نظیر گرم‌تر، کاملاً سرد، مسافت طولانی، مسافت کوتاه و دامنه شیب را می‌توان در قالب عبارات ریاضی فرمولبندی کرد. یک مجموعه فازی اغلب در چهارچوبی از مجموعه معمول و متعارف^۳ یا مجموعه قطعی (حلقه حلقه یا غیر

-
1. multivalued logic
 2. conventional evaluations
 3. ordinary set

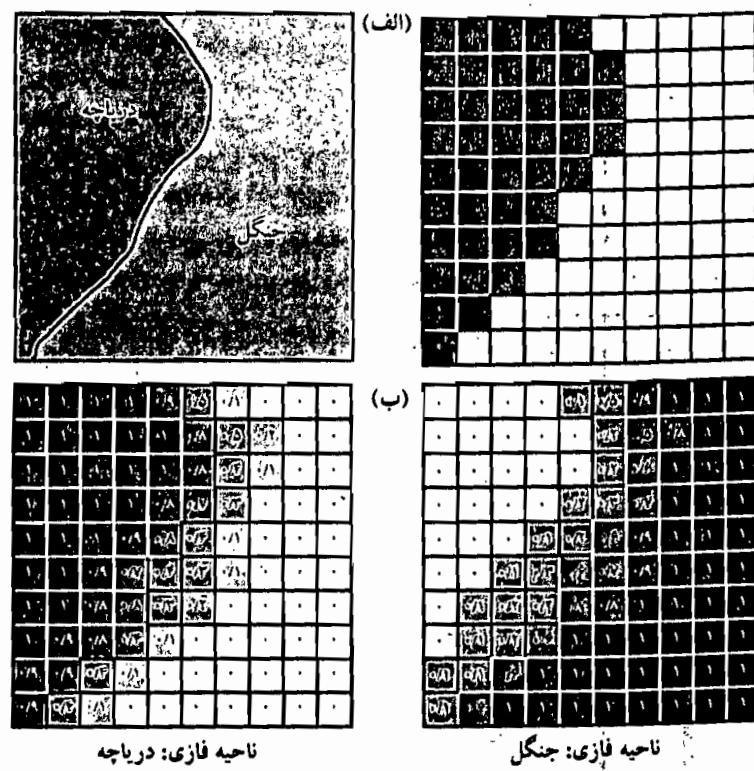
فازی)^۱ تعریف می‌شود که از آن با عنوان عالم مقال^۲ یاد می‌شود (Zadeh, 1965; Klir and Yuan, 1995) زیرمجموعه A از موضوع بحث X پرداخته می‌شود که در آن درجه عضویت به واسطه تابع عضویت $\mu_A(x)$ بیان می‌گردد. یک مجموعه فازی با یک تابع عضویت مشخص می‌شود: در این تابع درجه تعلق عناصر x از X به زیرمجموعه A نشان داده می‌شود؛ به عبارت دیگر معرف درجه عضویت x در A است. ارزش عضویت یک عارضه یا درجه تعلق آن به مجموعه را می‌توان با شماره‌ای که دامنه آن بین ۰ و ۱ قرار دارد تعیین کرد. اگر $\mu_A(x) = 1$ ، در آن صورت عنصر x مشخصاً به A تعلق دارد. به همین ترتیب اگر $\mu_A(x) = 0$ ، در آن صورت عنصر x مشخصاً به A تعلق ندارد. درجه بالای ارزش عضویت یک عنصر به معنای نسبت تعلق بیشتر آن به مجموعه است. مجموعه‌های معمولی و متعارف^۳ نمونه خاصی از مجموعه‌های فازی هستند که ارزش عضویت در آنها ۰ یا ۱ است. در توضیح این موضوع می‌توان فرض کرد که $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ و $A = \{0/4/x_1, 0/1/x_2, 0/6/x_3\}$ نمونه‌ای از زیرمجموعه فازی X است که در آن ارزش‌های عددی بیانگر ارزش عضویت عنصر x هستند. با استناد به این تفسیر می‌توان دریافت که در این عبارات عناصر x_1, x_2 و x_3 در زیرمجموعه فازی A به ترتیب دارای درجه عضویت $0/1, 0/4$ و $0/6$ هستند.

در پایگاه داده‌های مبتنی بر GIS مجموعه‌های فازی به عنوان ابزار نمایش و بازنمایی به حساب می‌آیند (Robinson, 1988; Burrough, 1996). از این مجموعه‌ها می‌توان در نمایش آن دسته از پدیده‌های جغرافیایی استفاده کرد که محدوده‌های آنها به صورت غیرصریح و در قالب عارضه‌های فازی^۴ یا ناحیه فازی^۵ تعریف شده

1. crisp set
2. universe of discourse
3. ordinary sets
4. fuzzy objects
5. fuzzy regions

است (Altman, 1994). یک ناحیه یا فضای فازی را می‌توان مجموعه‌ای از نقاط (سلولها)، تصور کرد. از همین‌رو در این مفهوم، تفسیر نقاط یا سلولها در سطح ناحیه فازی در کانون توجه قرار می‌گیرد. در این راستا دو تفسیر می‌تواند وجود داشته باشد: از یک سو می‌توان آن را به صورت درجه شمول یا عدم شمول آن نقطه در داخل پدیده‌ای که دارای محدوده فازی است، تفسیر کرد و از طرف دیگر این تفسیر می‌تواند بر حسب میزان تمرکز برخی صفات مترتب بر پدیده، در یک نقطه خاص انجام پذیرد. در شکل ۲-۴، مفاهیم مربوط به سطوح قطعی (غیر فازی) و سطوح (فضاهای) فازی نشان داده شده و وجه افتراق آنها مشخص گردیده است. در فضای غیر فازی، محدوده‌ها در چهارچوب مشخصی طراحی شده و فرض می‌شود که ویژگیهای مترتب بر عارضه‌ها همگن است و تمرکز صفات در هر سلول در قالب ارزش‌های ۱ و ۰ (وجود یا عدم وجود) است. یک صفت خاص، دارای غلظت و تراکم یکنواخت در سطح فضای غیر فازی است. در مقابل در سطح یک فضای فازی، تمرکز و تراکم یک صفت در هر نقطه به صورت درجه‌ای از عضویت بیان می‌شود. هر صفت دارای تراکم متغیری در فضای فازی است. میزان تمرکز در هسته فضای فازی ۱ یا ۰ است و در طول محدوده‌های مربوط به لبه‌ها دارای تراکم متغیری است که بر عدم صراحة یا عدم قطعیت در تعیین مرز دلالت می‌کند.

قابلیت مجموعه‌های فازی در تبیین تغییرات تدریجی از عضویت تا عدم عضویت فواید قابل توجهی دارد که علاوه بر نمایش پدیده‌های جغرافیایی دارای محدوده‌های غیرصریح، در عملیات و تحلیلهای مبتنی بر GIS نیز (مانند تحلیل تصمیم فضایی) می‌تواند استفاده شود. این روش نه تنها ما را قادر می‌سازد تا نمایش گویا و توانمندی را از یکی از مؤلفه‌های اساسی در فرایند تصمیم‌گیری فضایی (یعنی اندازه‌گیری عدم قطعیتها در داده‌های جغرافیایی و قواعد تصمیم‌گیری)، ارائه دهیم بلکه، امکان بازنمایی معنادار مفاهیم دارای محدوده غیرصریح را نیز (مانند مفاهیم ناحیه یا فضای دسترسی) فراهم می‌کند. IDRISI، یک نمونه از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی است که از عملیات فازی پشتیبانی می‌کند (Eastman, 1997).



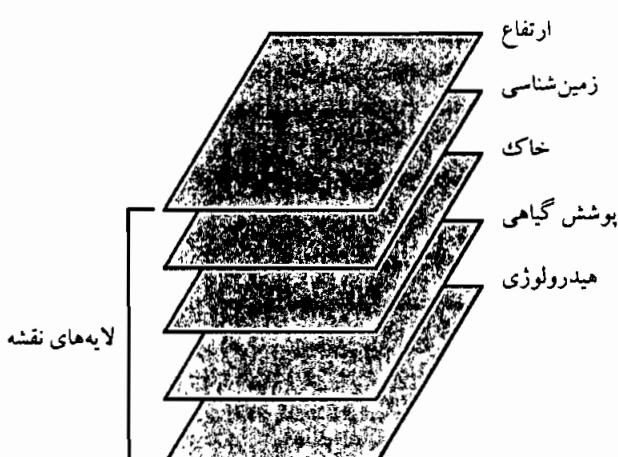
شکل ۲-۴ ناحیه‌های فازی و قطعی یا غیرفازی: (الف) بازنماییهای قطعی، (ب) بازنماییهای فازی

لایه‌های داده‌ها

ساختار داده‌های مبتنی بر GIS اغلب بر مبنای نقشه‌های موضوعی جداگانه یا مجموعه‌هایی از داده‌ها شکل می‌گیرد (شکل ۲-۵). از هر یک از این نقشه‌های موضوعی تحت عنوان یک لایه نقشه^۱، پوشش^۲ و یا سطح^۳ نام برده می‌شود. یک لایه نقشه شامل مجموعه‌ای از داده‌های است که ویژگی منفردی از هر مکان را در محدوده معینی از فضای جغرافیایی به نمایش می‌گذارد. برای هر مکان در سطح یک لایه منفرد تنها یک فقره از اطلاعات قابل دسترسی است. توالی لایه‌ها ماهیتاً بر مبنای یک شبکه مرجع^۴ (که برخی موقعیت به آن سطح ژئودزی مورد استفاده در

1. map layer
2. coverage
3. level
4. reference grid

نرم افزار گفته می‌شود) شکل گرفته و لایه‌های دیگر به عنوان لایه‌های منطبق بر آن اطلاعات کارکردی و ویژه‌ای را نشان می‌دهند (مانند کاربری زمین، طبقات خاک، آب‌شناسی، مدل ارتفاعی رقومی، توزیع فضایی جمعیت، مکان استقرار تسهیلات بهداشتی، و محدوده‌های مربوط به حوزه‌ها و نواحی بهداشتی). لایه‌ها اغلب به صورت برگه‌های شفاف و منفرد قرار گرفته بر روی هم در نظر گرفته می‌شوند که روی هم روابط فضایی بین لایه‌ها را به نمایش می‌گذارند. هر لایه نقشه شامل اطلاعاتی با طبیعت و ماهیت متفاوت است که می‌توان آن را به صورت یک متغیر در نظر گرفت. هر یک از این لایه‌ها متنضم نمایش تغییرات یک ویژگی توصیفی یا صفت در سطح زمین هستند. علاوه بر این، یک لایه واحد، ممکن است بیانگر یک پدیده واحد یا گروهی از پدیده‌ها باشد که به لحاظ مفهومی با هم در ارتباط‌اند. به عنوان مثال یک لایه نقشه ممکن است تنها یک بزرگراه یا شبکه کلی حمل و نقل را نشان بدهد که در آن مسیرهای فرعی، شبکه خیابان‌بندی، متروها و زیرگذرها و نظایر آن نیز نمایش داده شده باشد. برخی از پایگاه‌های داده‌های فضایی از ترکیب تمام پدیده‌ها در قالب یک لایه شکل گرفته‌اند. یک لایه نقشه را می‌توان به صورت منفرد یا در ترکیب با دیگر لایه‌های نقشه ذخیره شده در پایگاه داده‌های مبتنی بر GIS نمایش داده و پردازش و تحلیل کرد.



شکل ۲-۵ لایه‌های نقشه GIS

برای حصول اطمینان از اینکه تمام نقشه‌های موجود در پایگاه داده‌های GIS به درستی در همپوشی با یکدیگر قرار دارند مجموعه داده‌ها به یک سامانه مختصات زمینی مشترک ارجاع داده می‌شوند. بسیاری از کشورها معمولاً دستگاه تصویر جهانی مرکاتور معکوس (UTM)^۱ را در تعیین مختصات به کار گرفته در GIS مورد استفاده قرار می‌دهند. داده‌های زمین مرجع^۲ از طریق سامانه مختصات مشترک هر عارضه را به عارضه‌های واقع در لایه‌های دیگر نسبت می‌دهد. صحت ارجاع زمینی تأثیر قابل ملاحظه‌ای در میزان اعتبار تحلیل صورت گرفته در محیط GIS دارد. بعضی از بسته‌های نرم افزاری GIS، توان کدگذاری زمینی^۳ را دارند. به واسطه این عملیات داده‌های توصیفی واقع در یک پایگاه داده‌ها در انطباق با صفات توصیفی مشابهی در پایگاه داده‌های زمین مرجع^۴ قرار می‌گیرد که در نتیجه ارجاع زمینی خودکار^۵ در رابطه با پایگاه داده‌های اولیه حاصل می‌شود. در بسیاری از موارد به کار گیری GIS مختصات مربوط به جهان واقعی در قالب طول و عرض جغرافیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حالی که در موارد دیگر، از واحد گرافیکی اختیاری^۶ استفاده می‌شود. برخی از سامانه‌ها قابلیت‌های مدل‌سازی ارتفاع^۷ را دارند و در برخی دیگر از سامانه‌ها زمان را می‌توان به عنوان بعد چهارم، پیکربندی کرد.

منظر لایه‌ای^۸ از جهان واقعی را می‌توان با استفاده از هر دو مدل داده‌های شبکه‌ای و برداری ایجاد کرد (Goodchild, 1995). هر یک از این مدل‌ها، روشی را در ثبت تغییرات یک متغیر در سطح زمین در اختیار می‌گذارند. سامانه‌های GIS شبکه‌ای تنها از شبکه‌هایی از نقاط استقرار یافته با فواصل منظم و آرایه مستطیلی از

-
1. Universal Transverse Mercator (UTM) projection
 2. georeferenced data
 3. geocoding
 4. georeferenced database
 5. automatic georeferencing
 6. arbitrary graphic unit
 7. height-modeling capabilities
 8. layer view

سلولها پشتیبانی می‌کنند. در این راستا هر لایه دارای اندازه، فاصله، و جهت یکسانی است. در GIS برداری واژه لایه در ارتباط با مفهوم مدل مبتنی بر عارضه^۱ مطرح می‌شود. در این سبک، یک یا چند عارضه مرتبط با یک مکان در قالب یک یا چند لایه، مشخص می‌شود. در این روش لایه‌های داده‌ها ممکن است دارای فضای خالی باشند، در حالی که در مدل شبکه‌ای به هر مکان واقع در هر لایه یک ارزش تعلق می‌گیرد.

۱. مر

رویکرد شیء‌گرا^۲

رویکرد GIS شیء‌گرا (عارضه‌گرا)، یک گزینه مطرح در روش‌های مبتنی بر پایگاه داده‌های لایه‌ای^۳ به حساب می‌آید (Egenhofer and Frank, 1987; Maguire et al., 1990; Worboys, 1994; Woodsford, 1995) در سامانه‌های GIS شیء‌گرا، عارضه‌ها به منظور بازنمایی دقیق عناصر جهان واقعی مورد توجه قرار می‌گیرند. عارضه‌ها را نمی‌توان به سادگی ساختارهایی مصنوعی^۴ در شکل لایه و برای توصیف تنوع و تغییرات تلقی کرد، بلکه از آنها باید به عنوان مفاهیم پایه در شناخت و ذهنیت‌سازی از واقعیت یاد کرد. استدلال اصلی به کارگیری رویکرد شیء‌گرا در طراحی پایگاه داده‌های GIS، به این موضوع بر می‌گردد که تعریف و توصیف عارضه‌ها را باید جزئی یکپارچه و جدایی‌ناپذیر از عملیات صورت گرفته بر روی آنها تلقی کرد. در این رویکرد بحث بر سر این است که جداسازی ماهیت تغییرات و تنوع در پدیده‌های جغرافیایی از عملیات (تحلیل، مدل‌سازی) انجام یافته در رابطه با این تغییرات و تنوع، وضعیتی ساختگی را به بار می‌آورد. در رویکرد شیء‌گرا از هر کلیتی که از ترکیبی از عناصر متعامل جداگانه تشکیل شده باشد، مدل‌سازی می‌شود. بر همین اساس سامانه شهری را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از واحدهای

1. object model
2. object-oriented
3. layer database approach
4. artificial constructs

ناحیه‌ای متعامل^۱ مدل‌سازی کرد که در آن هر یک از واحدها از خانوارهای مرتبط با هم تشکیل شده است و این خانوارها نیز به نوبه خود در ترکیبی از افراد مرتبط با هم شکل می‌گیرند.

نظر بر این است که رویکرد شیء‌گرایی متضمن راه حلی در ادغام داده‌های شبکه‌ای و برداری (Herring, 1989; Worboys et al., 1993) و همچنین ادغام GIS و مدل‌سازی فضایی است (Raper and Livingstone, 1996). یک عارضه یا شیء به تنها یک شبکه‌ای است و نه برداری، هر چند ممکن است که دارای هر دو وجه باشد یا نباشد. مزیت دیگر این رویکرد انعطاف‌پذیری و کارایی آن در مدل‌سازی از سامانه‌های جغرافیایی مربوط به جهان واقعی است. رویکرد شیء‌گرا، کاربر GIS (ارتقادهنده سامانه) را قادر می‌سازد سامانه‌های جغرافیایی مربوط به جهان واقعی را تا حد ممکن در ارتباط و شbahت نزدیک به نمای خاصی از جهان واقعی نمایش دهد. فناوری شیء‌گرا ارزش قابل توجهی در ایجاد، استخراج و به روزرسانی داده‌های جغرافیایی دارد. مدل‌های مبتنی بر داده‌های شیء‌گرا امکان تهیه نقشه واقعی و واضح از پدیده‌های فیزیکی پیچیده را برای پایگاه داده‌های GIS فراهم می‌سازند. علاوه بر این، این رویکرد ابزاری در طراحی پایگاه داده‌های بسیار بزرگ و با مقیاس باز و اجرای روش‌های قاعده‌مند فراهم می‌آورد. با وجود این، ممکن است گفته شود که تمامی این مزایا بیش از آنکه به نفع کاربران GIS باشد به سود ارتقادهندگان سامانه است.

اجرای کامل رویکرد فناوری پایگاه داده‌های شیء‌گرا در کاربردهای GIS در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است. البته هنوز ثابت نشده است که آیا این فناوری خواهد توانست انقلابی در کاربردهای مبتنی بر GIS ایجاد کند یا اینکه پیشرفت بر مبنای نسل حاضر از فناوری رابطه‌ای تداوم خواهد یافت. اگرچه به این نکته نیز باید اشاره کرد که نمونه‌هایی از اجرای موفقیت‌آمیز سامانه‌های GIS شیء‌گرا در کاربردهای صورت گرفته از آن در مدیریت تسهیلات

حمل و نقل (Ralston, 1994)، ژئومورفولوژی (Hartnall and MacAllister, 1995) و مدیریت منابع آب (Raper and Livingstone, 1995) (Watkins and McKinney, 1995) گزارش شده است. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی شیء‌گرای متعددی وجود دارند که از آن جمله می‌توان به GIS (Graphic Data System)، Smallworld، MapObjects و MapObjects اشاره کرد. به عنوان مثال در ESRI توسط که عنوان یک سامانه اطلاعات جغرافیایی تولید و عرضه شده است، عارضه‌ها به لحاظ عاملیت عنصری از GIS به حساب آمده و در محیط برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک مایکروسافت^۱ وارد می‌شوند.

۲-۲-۳ پردازش و تحلیل داده‌ها

از مشخصه‌های ویژه سامانه‌های مبتنی بر GIS می‌توان به توانایی آنها در انجام تحلیل جامع و یکپارچه داده‌های فضایی و توصیفی اشاره کرد. داده‌ها برای حصول به اطلاعات مفید در رابطه با یک کاربرد ویژه مورد پردازش و تحلیل قرار می‌گیرند. دامنه فوق العاده گسترده‌ای از عملیات و روش‌های تحلیلی قابل استفاده برای کاربران GIS وجود دارد و طبقه‌بندی‌های چندی از این عملیات ارائه شده است (Goodchild, 1987; Aronoff, 1989; Star and Estes, 1990; Burrough, 1992b). کارکردهای مبتنی بر GIS را می‌توان به دو دسته کلی متمایز از هم شامل کارکردهای پایه (یا مقدماتی) و پیشرفت‌هه تفکیک کرد. تمايز میان این دو دسته از کارکردها بر بنای نسبت فراگیری و عمومیتی است که از آنها در موارد متنوعی از تحلیل فضایی (اعم از تحلیل تصمیم چندمعیاری) استفاده به عمل می‌آید. به آن دسته از کارکردهای GIS که در دامنه گسترده‌ای از موارد کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرند کارکردهای پایه اطلاق می‌شود. این نوع کارکردها از عمومیت بیشتری نسبت به کارکردهای پیشرفت‌هه GIS برخوردارند، زیرا در دامنه گسترده‌ای از سامانه‌های مبتنی بر GIS و در رابطه با ساختار متفاوت داده‌ها،

1. Microsoft Visual Basic programming environment

قابل استفاده و دسترسی‌اند. آنچه در ادامه می‌آید گزینه‌ای از کارکردهای تحلیلی منتخب از GIS است که بر مبنای قابلیت استفاده از آنها در عملیات مبتنی بر GIS (که در تحلیل تصمیم چندمعیاری فضایی به کار گرفته می‌شوند) صورت پذیرفته است. مرور جامع‌تری از عملیات مبتنی بر GIS را می‌توان در منابع ذیل پیدا کرد: Bracken and Webster (1990), Star and Estes (1990), Maguire et al. (1991), Laurini and Thompson (1992), Chrisman (1996), Davis (1996), and DeMers (1997).

کارکردهای پایه

کارکردهای پایه مشتمل بر اندازه‌گیری، طبقه‌بندی یا طبقه‌بندی مجدد، عملیات عددی و مبتنی بر همپوشی^۱ و نیز عملیات مبتنی بر همسایگی و اتصال^۲ می‌شوند. بسیاری از سامانه‌های متعارف اطلاعات جغرافیایی نظیر آرک/اینفو، آرک‌ویو^۳، ادریسی^۴، گراس^۵، ژئومدیا^۶، مپ‌اینفو^۷، اسپنس^۸ و ترانس کد^۹ قابلیت انجام بسیاری از (اگر نگوییم همه آنها را) پردازه‌ها و توابع تحلیلی پایه از GIS را دارند.

اندازه‌گیری. به واسطه کارکردهای مبتنی بر اندازه‌گیری، امکان انجام محاسبات مرتبط با نقاط، خطوط، سطوح و توده‌ها فراهم می‌شود. ساده‌ترین توابع اندازه‌گیری مرتبط با نقاط یا خطوط شامل شمارش تعداد کلی نقاط یا خطوط و تعداد نقاط یا خطوط واقع در یک چندضلعی می‌شود. از این دو عملیات آخر (تعداد نقاط یا خطوط واقع در یک چندضلعی) به ترتیب تحت عنوان عملیات مبتنی بر نقطه در چندضلعی و خط در چندضلعی یاد می‌شود (شکل ۲-۶). در عملیات نقطه در

1. scalar and overlay operations
2. neighborhood and connectivity operations
3. ARCVIEW
4. IDRISI
5. GRASS
6. GeoMedia
7. MapInfo
8. SPANS
9. TransCAD

چندضلعی^۱، نقاط مربوط به یک لایه داده که ادر یک چندضلعی خاص از لایه دیگر قرار دارند تعیین می‌شوند در حالی که در عملیات خط در چندضلعی^۲، خطوطی که در یک چندضلعی خاص وجود دارند، مشخص می‌گردند. عملیات مذکور می‌تواند به عنوان مثال در شناخت حجم ترافیک یا میزان وقوع جرم در یک حوزه مورد نظر یا در تعیین پخشهاست از بزرگراه از یک ناحیه شهری عبور داده می‌شود. مورد استفاده قرار گیرند.

عارضه‌ها	نقطه/گره	خط	چندضلعی
نقطه	نیاورت پایفر	نقطه در خط	نقطه در چندضلعی
خط	مجاورت/کریدور	خط تقاطع	تقاطع
چندضلعی			تقاطع

شکل ۶-۲ گونه‌هایی از عملیات مبتنی بر GIS مشتمل بر دو لایه برداری و رودی اندازه‌گیریهای خطی در ارتباط با عملیات مبتنی بر فاصله^۳، مطرح می‌شوند (DeMers, 1997). این عملیات مشتمل بر اندازه‌گیری فواصل بین نقاط در طول خطوط مستقیم یا انحنایدار می‌شود. به عنوان مثال طول مسیر یک اتوبوس یا یک

1. point-in polygon operation
2. line-in polygon operation
3. distance operations

مسیر اضطراری را می‌توان با استفاده از تابع اندازه‌گیری خطی تعیین کرد. اندازه‌گیری پهنه‌ای (سطحی) شامل دو نوع اصلی می‌شود: مساحت چندضلعی (که در آن گستردگی عارضه اندازه‌گیری می‌شود) و محیط چندضلعی^۱ (که در آن فاصله پیرامونی عارضه محاسبه می‌شود). اندازه‌گیری یک حوزه سیل خیز نمونه‌ای از یک اندازه‌گیری پهنه‌ای یا سطحی به شمار می‌رود، در حالی که عملیات مترتب بر فضای پیرامونی^۲ در اندازه‌گیری طول سامانه‌های سیل‌شکن و خاکریز^۳ که سیل را در خود نگه می‌دارند مفید و سودبخش است. طبقه چهارم از توابع اندازه‌گیری، اندازه‌گیری حجمی^۴ است. این عملیات از اندازه‌گیریهای نقطه‌ای، خطی یا پهنه‌ای که می‌تواند با استفاده از یک فن متقطع بخشی^۵ یا از طریق همپوشی سطوح چندگانه^۶ به انجام برسد پیچیده‌تر است.

بسیاری از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، قابلیت اندازه‌گیری فواصل و پهنه‌های مربوط به جهان واقعی را دارند. این فرایند می‌تواند با استفاده از موشوره در ترسیم خطوط بین دو نقطه یا ترسیم یک چندضلعی در یک شبکه مبتنی بر تقاطع دوسویه^۷ به انجام برسد. در یک سامانه اطلاعات جغرافیایی برداری با رسم یک خط مستقیم بین دو نقطه می‌توان فاصله را به دست آورد. در این فرایند سامانه طول آن خط را به صورت خودکار محاسبه می‌کند. در GIS شبکه‌ای ممکن است به جای فواصل و پهنه‌های مربوط به جهان واقعی تعداد سلولهای جداکننده دو نقطه یا تعداد سلولهای واقع در یک پهنه محاسبه شود. در اندازه‌گیریهای مربوط به جهان واقعی، تعدادی از سلولها باید به فاصله یا مساحت تبدیل شوند و در این راستا دقت چنین اندازه‌گیریهایی به اندازه سلول وابسته است. دقت عملیات اندازه‌گیری صورت گرفته

1. perimeter of a polygon area
2. perimeter operation
3. dike system
4. volumetric measurement
5. cross section technique
6. overlays of multiple surfaces
7. interactive fashion

توسط GIS برداری بیشتر از اندازه گیریهای شبکه‌ای است. در GIS برداری دقت اندازه گیری وابسته به میزان دقیقی است که در ذخیره‌سازی نقاط در پایگاه داده‌ها وجود دارد.

طبقه‌بندی یا طبقه‌بندی مجدد^۱. در عملیات طبقه‌بندی و طبقه‌بندی مجدد، صفات توصیفی ملازم با یک لایه نقشه واحد تغییر شکل داده می‌شود. در طی این فرایندها، عارضه‌ها بر مبنای ارزش‌های جدید تخصیص یافته به آنها در پایگاه داده‌ها که بر اساس ارزش‌های توصیفی مکانی و غیرمکانی خاصی شکل می‌گیرند، در قالب طبقه‌بندی گروه‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی متضمن شناخت الگو و سازماندهی داده‌های مورد نظر در یک تحلیل خاص است. تا اینجا روش کار مترتب بر طبقه‌بندی مجدد را می‌توان در دو دسته خلاصه کرد: طبقه‌بندی مجدد مبتنی بر ارزش‌های توصیفی و موضوعی ملازم با یک لایه داده^۲ و طبقه‌بندی مجدد مبتنی بر خواص توپولوژیک عارضه‌ها در یک لایه داده خاص^۳. در نوع اول از طبقه‌بندی مجدد ارزش‌های مترتب بر لایه خروجی به صورت تابعی از ارزش‌های مترتب بر لایه ورودی عنوان می‌شود. در صورتی که در طبقه‌بندی مجدد مبتنی بر خواص توپولوژیک، ارزش‌های جدید به صورت تابعی از موقعیت، مجاورت، اندازه یا شکل الگوی فضایی نمایش داده شده در لایه ورودی در نظر گرفته می‌شود (برای بحث مفصل‌تر درباره این گونه عملیات مبتنی بر طبقه‌بندی مجدد به 1993 Berry مراجعه شود).

طبقه‌بندی مجدد مبتنی بر صفت شامل عملیات مقایسه^۴ است. این گونه عملیات در هر صورت روابط مطرح در میان ارزش‌های مترتب بر یک عارضه ویژه^۵ و یک ارزش معین یا مشتق^۶ (ارزش آستانه^۷) را تعیین می‌کند. در فهرست زیر،

1. (Re)classification
2. thematic attribute values associated with a data layer
3. reclassification based on topology properties of objects on a particular data layer
4. attribute-based reclassification
5. comparison operations
6. value associated with a particular object
7. specified or derived constant
8. threshold value

عملیات مقایسه پایه دیده می شود:

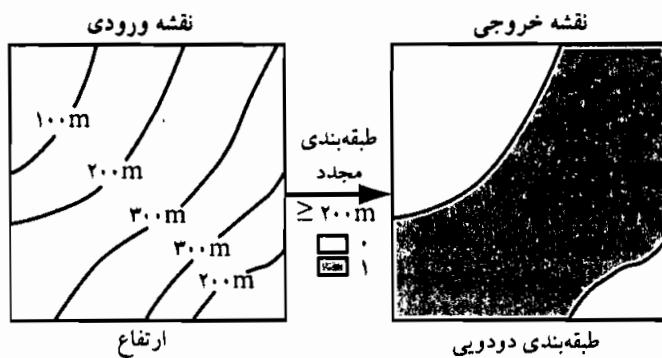
۱. برابر با (=): که در آن به عارضه هایی که متصف به صفتی ویژه اند، ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می گیرد.
۲. بیشتر از (>): که در آن به عارضه هایی که ارزش صفت ملازم با آنها بیشتر از ارزشی ویژه است، ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می گیرد...
۳. کمتر از (<): که در آن به عارضه هایی که ارزش صفت ملازم با آنها کمتر از ارزشی ویژه است، ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می گیرد.
۴. بزرگتر از یا برابر با (\geq): که در آن به عارضه هایی که ارزش صفت ملازم با آنها بیشتر از یا برابر با ارزشی ویژه است، ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می گیرد.
۵. کوچکتر از یا برابر با (\leq): که در آن به عارضه هایی که ارزش صفت ملازم با آنها کوچکتر از و یا برابر با ارزش خاصی است ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می گیرد.

در شکل ۲-۷ عملیات مقایسه ای مطرح در طبقه بندی مجدد که در ارتباط با «بزرگتر از یا برابر با» مطرح است نشان داده شده است. ورودی، مشتمل بر یک لایه داده است که یک سطح ارتفاعی را به نمایش می گذارد. در لایه خروجی، با عملگر مقایسه (طبقه بندی مجدد) $200\text{m} \geq$ به پهنه هایی که در ارتفاع ۲۰۰ متری یا بیشتر از آن از سطح دریا قرار گرفته اند، ارزش ۱ و به پهنه هایی که در ارتفاع پایین تر از ۲۰۰ متر قرار دارند ارزش صفر تعلق می گیرد. البته ذکر این نکته حائز اهمیت است که عملیات مقایسه را می توان در رابطه با هر دو صفت کمی و کیفی به کار برد.

با ترکیب پنج عملیات مقایسه اصلی، می توان طبقه بندی مجدد دامنه ای^۱ را شکل داد. در این روش می توان با تفکیک فاصله ای مساوی^۲ از دامنه مربوط

1. range based reclassification
2. equal-interval division

به داده‌ها یا به واسطه به کارگیری قیود تعریف شده توسط کاربر، طبقه‌بندی مجددی از داده‌های ورودی را به انجام رسانید. با فرض اینکه در لایه مترتب بر داده ورودی، دامنه تغییرات ارزشها بین ۲۰ و ۸۰ قرار دارد، ارزشها را می‌توان در فواصل مساوی به طبقاتی که توسط کاربر تعیین می‌شود، طبقه‌بندی کرد. مثلاً در لایه خروجی، عارضه‌هایی با ارزش پایین‌تر از ۴۰ در طبقه A قرار می‌گیرند. به همین ترتیب عارضه‌هایی که ارزش‌های توصیفی مترتب بر آنها بین ۴۰ تا ۶۰ قرار دارند در طبقه B و در نهایت عارضه‌هایی که ارزش‌های مترتب بر آنها بالاتر از ۶۰ هستند در طبقه C قرار می‌گیرند. همچنین فواصل را می‌توان از یک نمودار ستونی (هیستوگرام) که توزیع ارزشها را بر روی لایه‌های داده واحد نشان می‌دهند استخراج کرد.



شکل ۲-۷ عملیات مقایسه‌ای «بزرگ‌تر از یا برابر با»

شکل دیگر طبقه‌بندی مجدد بر اساس ویژگیهای هندسی و توپولوژیک^۱ عارضه‌های موجود در لایه‌های داده‌ای ورودی صورت می‌پذیرد. در این نوع طبقه‌بندی برخلاف روند مربوط به طبقه‌بندی مبتنی بر صفت^۲، لایه خروجی تابعی از ویژگیهای توپولوژیک لایه ورودی است. تابع می‌تواند مخصوص طبقه‌بندی مجدد مبتنی بر مکان، مجاورت، اندازه، شکل، یا الگوی فضایی طبقات منفرد از عارضه‌ها

1. geometric and topological properties
2. attribute-based classification procedures

باشد. این گونه طبقه‌بندی‌های مجدد را می‌توان در رابطه با نقاط، خطوط، و سطوح انجام داد. به عنوان مثال تمام عارضه‌هایی را که در جنوب رودخانه تایمز قرار گرفته‌اند (مثلاً شهرها و سکونتگاه‌های واقع در ناحیه لندن بزرگ^۱، می‌توان در قالب طبقه S گروه‌بندی کرد. به همین ترتیب شهرهایی که در شمال رودخانه قرار گرفته‌اند در طبقه دیگری جای می‌گیرند که با برچسب N مشخص می‌شود. به روش مشابهی عارضه‌های موجود در لایه نقشه ورودی را می‌توان بر مبنای مجاورت طبقه‌بندی کرد. در این روند به طور ویژه می‌توان عارضه‌هایی را که صفات مشابه دارند و به لحاظ فضایی در مجاورت هم قرار می‌گیرند در چندین رده طبقه‌بندی کرد. بری (۱۹۹۳) مثال‌هایی را از این گونه طبقه‌بندی مطرح کرده است.

عملیات عددی. این نوع عملیات، امکان استفاده از ارزش یکنواخت و واحد یا یک لایه داده عددی را میسر می‌سازد. این عملیات با تخصیص ارزش مناسب به هر مکان واقع در لایه داده شکل می‌گیرد. اولین استفاده عملیات عددی آن است که به واسطه آنها می‌توان سطح تمام عارضه‌های مربوط به یک لایه داده موجود را در راستای تغییر تمام ارزشها بر حسب یک مقدار معین تغییر داد. در این روند، لایه داده خروجی ارزش‌های توصیفی جدیدی را شامل می‌شود که بر مبنای نوع عملیات و یک مقدار ثابت شکل می‌گیرد. عملیات عددی پایه‌ای عبارت‌اند از:

۱. جمع (+): که طی آن ثابت معینی به هر ارزش توصیفی مربوط به لایه ورودی اضافه می‌شود.
۲. تفریق (-): که طی آن ثابت معینی از هر ارزش توصیفی مربوط به لایه ورودی کم می‌شود.
۳. ضرب (x): که طی آن هر ارزش توصیفی مربوط به لایه ورودی در ثابت معینی ضرب می‌شود.
۴. تقسیم (/): که طی آن هر ارزش توصیفی مربوط به لایه ورودی در ثابت معینی تقسیم می‌شود.
۵. توان (^): که طی آن هر ارزش توصیفی مربوط به لایه ورودی در توان

معینی افزایش می‌یابد (با استفاده از عملیات مربوط به توان دار کردن با یک عدد معکوس، توابع ریشه‌ای مختلفی را می‌توان به دست آورد به عنوان مثال در محاسبه ریشه x که با استفاده از $\frac{1}{x}$ و به صورت یک ارزش عددی صورت می‌گیرد می‌توان ریشه مربع، ریشه مکعب و نظایر آن را از ارزش‌های مربوط به داده‌ها به دست آورد).

در شکل ۲-۸، نمونه‌ای از همپوشی جبری^۱، ارائه شده است. در این شکل، عملیات ضرب عددی^۲، نشان داده می‌شود که در آن، هر خانه (سلول) از لایه ورودی در ارزش عددی^۳ ضرب می‌شود. ذکر این نکته حائز اهمیت است که این عملیات را می‌توان با ایجاد یک نقشه پایه (که شامل خانه‌ای با ارزش عددی^۳ است) و سپس ضرب نقشه لایه ورودی در آن لایه به انجام رسانید.

لایه ورودی						لایه خروجی				
۴	۶	۸	۴	۴		۱۲	۱۸	۲۴	۱۲	۱۲
۵	۳	۱۰	۵	۵	(*)3	۱۵	۹	۳۰	۱۵	۱۵
۱	۲	۹	۷	۸		۳	۶	۲۷	۲۱	۲۴
۱	۱	۴	۵	۵		۳	۳	۱۲	۱۵	۱۵
۱	۲	۳	۳	۵		۳	۶	۹	۹	۱۵

شکل ۲-۸ عملیات ضرب عددی

عملیات مبتنی بر همپوشی^۳. در یک روند مبتنی بر همپوشی، لایه جدید (لایه خروجی) به صورت تابعی از دو یا چند لایه ورودی ایجاد می‌شود. به طور ویژه، ارزش توصیفی تخصیص یافته به هر مکان (یا مجموعه‌ای از مکانها) در لایه خروجی تابعی است از ارزش‌های مستقل مترتب بر مکان متاظر با آن در لایه‌های ورودی شبکه‌ای باشد در آن حالت، خروجی به صورت یک لایه داده شبکه‌ای خواهد بود که حاوی یک ارزش در هر سلول است. این ارزشها از طریق اعمال برخی ترکیبیهای

-
1. algebraic overlay
 2. scalar multiplication operation
 3. overlay operations

حسابی و منطقی^۱ در رابطه با ارزش‌های مطرح در مجموعه‌هایی از داده‌های ورودی حاصل شده‌اند. اگر لایه‌های ورودی مشتمل بر داده‌های برداری و دارای ساختار توپولوژیک^۲ باشند، در آن صورت خروجی مشتمل بر مجموعه جدیدی از چند ضلعیها خواهد بود که از تقاطع تمامی مرزهای مطرح در لایه‌های مربوط به داده‌های ورودی شکل گرفته‌اند. عملیات مبتنی بر همپوشی، ممکن است در هر ترکیبی از نقاط، خطوط، سطوح یا پیکسلها به کار گرفته شوند. با وجود این، ثبت همپوشی لایه‌های داده‌ها باید با سیستم مختصات مشترکی صورت گرفته و روندهای مترتب بر همپوشی بر پایه مکان مطلق عارضه شکل پذیرد. اگر لایه‌های متفاوتی از داده‌های ورودی در یک سیستم مرجع مشترک ثبت نشده باشند، در آن صورت به منظور حصول به چهارچوب هندسی همسان برای تمامی لایه‌های ورودی، لازم است که این لایه‌ها را پیش پردازش کرد (Chrisman, 1996).

در داده‌ای شبکه‌ای روند انجام همپوشی، منوط به قرارگیری لایه‌های داده‌ها در یک مرجع شبکه‌ای مشترک است که می‌تواند از طریق تغییر تعداد پیکسلهای داده‌های ورودی حاصل شود (Eastman, 1993). روند مترتب بر تغییر تعداد پیکسلهای مورد استفاده در ساخت تصویر^۳ سبب می‌شود که داده‌های مطرح در سیستم شبکه‌ای مربوط به داده‌های ورودی^۴، به سیستم شبکه‌ای (خروچی) متفاوتی تبدیل شوند که همان ناحیه را پوشش داده و به واسطه فرایندهای کشش (انبساط) یا فشردنگی (انقباض) سلولها در سلولهای مربوط به شبکه خروچی، امکان انطباق آن با سلولهای ورودی فراهم آید. پس سلولهای جدید مشتمل بر ارزش‌های داده‌ای تخصیص یافته‌ای‌اند که به واسطه تغییر پیکسلهای تصویر مربوط به شبکه ورودی، و در صورت نیاز تخمین ارزش جدید، شکل می‌گیرند. ارزش‌های جدید را می‌توان در روندهای مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه یا روش درون‌یابی^۵ محاسبه کرد. با استفاده

-
1. arithmetic or logical combination
 2. topologically structured vector data
 3. resampling procedure
 4. input data grid system
 5. nearest-neighbor or interpolation procedure

از روند مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایگی، هر سلول مربوط به شبکه خروجی^۱ دارای همان ارزشی است که در نزدیک‌ترین سلول در شبکه ورودی قرار دارد. در روند مبتنی بر درون‌یابی، ارزش خروجی برابر با میانگین وزنی فاصله^۲ در چهار واحد از نزدیک‌ترین سلولهای مجاور در شبکه ورودی است. در این راستا رویه‌های متفاوتی از درون‌یابی را می‌توان به کار گرفت (برای توضیحات تفصیلی‌تر درباره روندها و شیوه‌های به کار گرفته شده در فرایند تغییر پیکسل و درون‌یابی به منابع ذیل مراجعه شود: Eastman, 1993 و Chrisman, 1996).

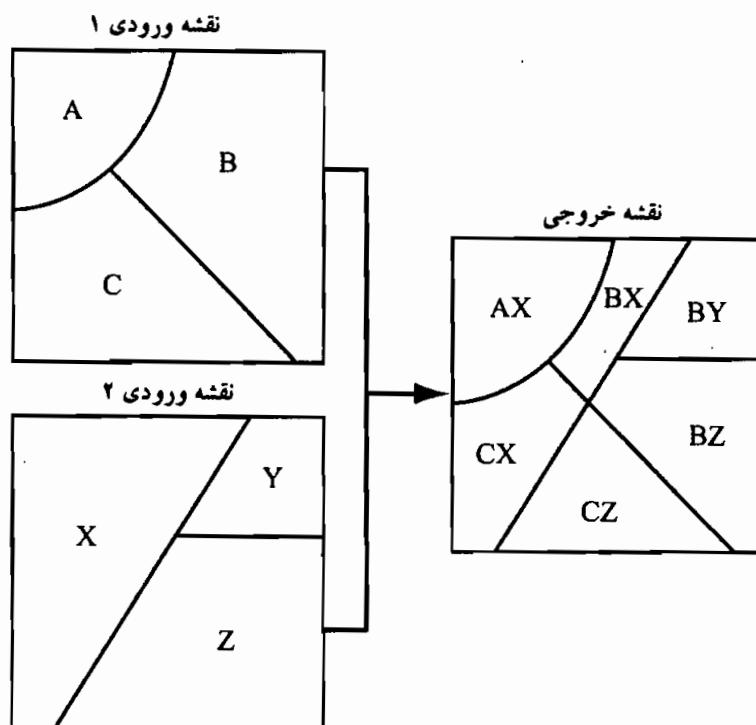
پیش‌پردازش به کار گرفته شده در رابطه با عملیات مبتنی بر همپوشی در محیط داده‌های برداری، نیاز به ساختار توپولوژیک مرکب^۳ دارد (Environmental Systems Research Institute 1995). در شکل ۲-۹ روش به کار گرفته شده در لایه‌های چندضلعی نشان داده شده است. بعد از مشخص شدن تمام تقاطعهای مرتبط با لایه‌های داده‌ای ورودی، چندضلعیهای جدید با شناسه‌های واحدی برحسب زده شده و ارزش‌های جدیدی در انتباق با لایه ورودی مورد نظر، تعیین می‌شود. لایه خروجی ساختار توپولوژیک جدیدی به حساب می‌آید که علاوه بر حفظ تمام عارضه‌ها و مشخصه‌های ورودی^۴ بخش‌هایی از چندضلعیهای را نیز که با لایه‌های ورودی همپوشی دارند دربر می‌گیرد.

از رویه‌های مترتّب بر پیش‌پردازش با عنوان مرحله هندسی فنون همپوشی^۵ نیز یاد می‌شود (Chrisman, 1996). خروجی حاصل از این مرحله، ورودی عملیات مبتنی بر همپوشی به حساب می‌آید. این عملیات را می‌توان در دو دسته طبقه‌بندی کرد. در یک طبقه، عملیات همپوشی مبتنی بر تعیین مکان^۶ قرار می‌گیرند که در آن به هر مکان در لایه خروجی یک ارزش (یک تابع از تناظر نقطه به نقطه با لایه‌های

-
1. output grid cell
 2. distance-weighted average
 3. composite topological structure
 4. input features
 5. geometrical phase of the overlay techniques
 6. location-specific overlay operations

وروودی^۱، تخصیص می‌باید. طبقه دیگر نیز مشتمل بر عملیات مبتنی بر دامنه طبقه‌ای^۲ است که در آن، تخصیص ارزش به مجموعه‌ای از مکانها (منطقه، حوزه) به صورت «تابعی از ارزش‌های مترتب بر مجموعه متناظر از آن مکانها»^۳ در لایه‌های ورودی، شکل می‌گیرد (Berry, 1993). در همپوشی مبتنی بر دامنه طبقه‌ای، به جای ترکیب داده‌ها به صورت نقطه به نقطه، داده‌ها در قالب هماوری فضایی^۴ خلاصه می‌شوند. با توجه به ماهیت داده‌های موجود در لایه‌های نقشه ورودی، عملیات مبتنی بر همپوشی را می‌توان با اعمال روش‌های حسابی، احتمالاتی و فازی بر روی داده‌ها به انجام رسانید.

عملیات اصلی همپوشی حسابی^۵ شامل موارد ذیل می‌شود:



شکل ۲-۹ روند پیش‌پردازش مترتب بر همپوشی در لایه‌های داده‌ای چندضلعی

1. a function of the point-by-point coincidence of the input layers
2. category-wide operations
3. a function of the values that are associated with the corresponding set of locations
4. spatial coincidence
5. arithmetic overlay

۱. جمع. که در آن ارزش مترتب بر هر مکان در لایه ورودی A به ارزش مترتب بر مکان متناظر با آن در لایه ورودی B افزوده می‌شود.
 ۲. تفریق. که در آن ارزش مترتب بر هر مکان در لایه ورودی A از ارزش مترتب بر مکان متناظر با آن در لایه ورودی B کم می‌شود.
 ۳. ضرب. که در آن ارزش مترتب بر هر مکان در لایه ورودی A در ارزش مترتب بر مکان متناظر با آن در لایه ورودی B ضرب می‌شود.
 ۴. تقسیم. که در آن ارزش مترتب بر هر مکان در لایه ورودی A بر ارزش مترتب بر مکان متناظر با آن در لایه ورودی B تقسیم می‌شود.
- با استفاده از شیوه‌های مبتنی بر همپوشی می‌توان در کنار این چهار عملیات جبری پایه، تعداد دیگری از عملیات جبری و آماری را شکل داد. از میان این گونه از عملیات می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:
۱. میانگین. که بر اساس آن، ارزش میانگین در مکانهای متناظر از لایه‌های ورودی A و B محاسبه می‌شود.
 ۲. توان. که بر اساس آن، ارزش هر مکان در لایه ورودی A با توان ارزش متناظر با آن مکان در لایه ورودی B افزایش می‌یابد.
 ۳. رتبه. که بر اساس آن، ارزش مترتب بر مکانهای متناظر در لایه‌های A و B رتبه‌بندی می‌شود.
 ۴. مقدار بیشینه. که بر اساس آن، ارزش بیشینه در مکانهای متناظر از لایه‌های A و B تعیین می‌شود.
 ۵. مقدار کمینه. که بر اساس آن، ارزش کمینه در مکانهای متناظر از لایه‌های A و B تعیین می‌شود.
- در شکل ۲-۱۰ نمونه‌ای از همپوشی جبری نشان داده شده است که مشتمل بر روش‌های همپوشی مبتنی بر تعیین حد مجموع و کمینه^۱ است. هر سلول در لایه

۱. addition and minimum overlay procedures

خروجی از حاصل جمع ارزش‌های قید شده در سلولهای متناظر با آن در دو لایه ورودی تشکیل شده است (شکل ۲-۱۰ الف). در عملیات مبتنی بر تعیین مقدار کمینه، ارزش‌های کمینه در میان واحدهای متناظر از دو نقشه ورودی تعیین شده و به مکان متناظر با آنها در لایه خروجی تخصیص می‌یابد (شکل ۲-۱۰ ب). اجرای عملیات مبتنی بر همپوشی جبری با هر تعداد از لایه‌ها امکان‌پذیر است. با وجود این باید توجه داشت که تسلسلی که در طی آن لایه‌های ورودی در روند مبتنی بر همپوشی وارد می‌شوند، می‌تواند در نتایج به دست آمده تأثیرگذار باشد. این موضوع به نوع عملیات وابسته است؛ به طور کلی نظم لایه‌های ورودی در توابعی که در قالب بازتابی^۱ مطرح‌اند (مانند جمع، ضرب) تأثیر نمی‌گذارد، ولی بر روی تمامی توابع همپوشی دیگر تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال با تقسیم لایه A در لایه B، یک لایه خروجی حاصل می‌شود که با نتیجه حاصل از تقسیم B بر A متفاوت است.

عملیات منطقی^۲ بر پایه جبر بولی^۳ قرار دارند. سه عملگر منطقی اصلی یا عملگر بولی وجود دارد که عبارت‌اند از [برای فهرست کامل عملگرهای منطقی به منبع زیر مراجعه شود [Bracken and Webster, 1990]

۱. ترکیب عطفی (اشتراک)^۴: منطق AND

۲. ترکیب فصلی (اجتماع)^۵: منطق OR

۳. نقیض تام (متتم)^۶: منطق NOT

عملیات منطقی به کار گرفته در رابطه با متغیرها را می‌توان در دو حالت در نظر گرفت که با شماره‌های ۱ و ۰ (وجود یا فقدان) مشخص می‌شوند. در شکل ۲-۱۱، اصول جبر بولی نشان داده می‌شود. حاصل عملیات منطقی «و» بر روی دو

-
1. reflexive
 2. logical operations
 3. Boolean algebra
 4. intersection
 5. union
 6. complement

لایه ورودی A

(الف)	٤	٦	٨	٤	٤
	٥	٣	١٠	٥	٥
	١	٢	٩	٧	٨
	١	١	٤	٥	٥
	١	٢	٣	٣	٥

لایه ورودی B

	١	٢	٦	٥	٦
	٨	٥	٤	٣	٧
	٢	١	٢	٣	٤
	٢	٢	٢	٤	٤
	٦	٥	٥	٣	٤

لایه ورودی A

(ب)	٤	٦	٨	٤	٤
	٥	٣	١٠	٥	٥
	١	٢	٩	٧	٨
	١	١	٤	٥	٥
	١	٢	٣	٣	٥

لایه ورودی B

	١	٢	٦	٥	٦
	٨	٥	٤	٣	٧
	٢	١	٢	٣	٤
	٢	٢	٢	٤	٤
	٦	٥	٥	٣	٤

لایه خروجی

٥	٨	١٤	٩	١٠
١٣	٨	١٤	٨	١٢
٣	٣	١١	١٠	١٢
٣	٣	٦	٩	٩
٧	٧	٨	٦	٩

(+)

لایه خروجی

١	٢	٦	٤	٤
٥	٣	٤	٣	٥
١	١	٢	٣	٤
١	١	٢	٤	٤
١	٢	٣	٣	٤

(min)

شکل ۲-۱۰ عملیات مبتنی بر همپوشانی: (الف) عملیات جمع، (ب) عملیات مبتنی بر تعیین میزان کمینه

مجموعه A و B برابر با حاصل ضرب A در B است. «یا» منطقی می‌تواند با جمع A و B، صورت عملیاتی به خود بگیرد. بنابراین همپوشی استاندارد مبتنی بر عملیات ضرب و جمع A و B به ترتیب می‌توانند در ایجاد «و» و «یا» منطقی مورد استفاده قرار گیرد. عملیات نقض به صورت معکوس^۱ عمل می‌کند به طوری که در آن اگر $A=0$ باشد در آن صورت $B=1$ خواهد بود و بر عکس. این عملیات می‌تواند بر حسب عملیات همپوشی، صورت عملیاتی به خود بگیرد (با ایجاد یک لایه نقشه که مشتمل بر یک‌هاست و سپس با استفاده از عملیات همپوشی تفريق، یعنی کسر لایه A از آن لایه نقشه).

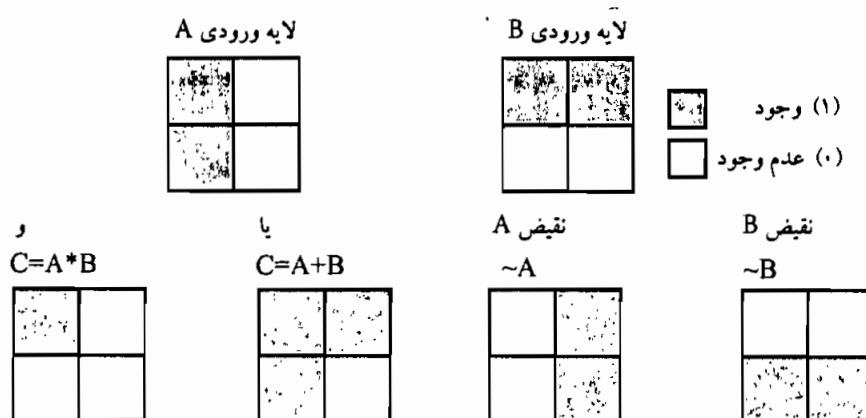
(C=AxB) «و»			(C=A+B) «یا»			«نقض»	
A	B	C	A	B	C	A	B
0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1	0	0

شکل ۲-۱۱ عملیات پایه در جبر بولی

در تئیین روندهای مبتنی بر همپوشی بولی، می‌توان ترکیبی از دو لایه ورودی را در نظر گرفت که نشانگر داده اسمی^۲ هستند (شکل ۲-۱۲). فرض می‌شود که در لایه A، سطوح دارای شب تند با شماره یک و سطوحی که شب تند ندارند، با شماره صفر نشان داده شده‌اند. داده‌های مربوط به پوشش گیاهی در لایه B قرار می‌گیرد که در آن سطوحی که پوشش گیاهی دارند با ارزش یک و سطوحی که پوشش گیاهی ندارند با ارزش صفر مشخص می‌شوند با این دو متغیر بولی نتیجه

1. inversion
2. nominal data

عملیات منطقی «شیب تند» و «پوشش گیاهی»، لایه خروجی C خواهد بود. در لایه خروجی، به سطوحی که هر دو ویژگی شیب تند و پوشش گیاهی را دارند ارزش یک تعلق می‌گیرد. فقدان حداقل یکی از این دو مشخصه در سطوح مورد نظر، با ارزش صفر در لایه خروجی همراه خواهد بود. با استفاده از عملگر منطقی «یا» می‌توانیم سطوحی را که حداقل متصف به یکی از صفت‌های مذکورند، مشخص کنیم. در طی عملیات منطقی نقض به سطوحی در A که فاقد شیب تندند ارزش یک تعلق گرفته و در مقابل به سطوحی که متصف به وجود شیب تند هستند ارزش صفر اختصاص می‌یابد. به کارگیری عملگر نقض بر روی لایه B با یک لایه خروجی همراه است که مشتمل بر ارزش‌های ۰ و ۱ است و به ترتیب به سلول‌هایی که متصف به وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی‌اند، تخصیص می‌یابند.



شکل ۲-۱۲ عملیات مبتنی بر همپوشی بولی در رابطه با دو لایه ورودی A و B

عملیات مبتنی بر همپوشی را همچنین می‌توان بر روی آن دسته از لایه‌های نقشه‌ای که احتمال بروز رویدادها را نشان می‌دهند، اعمال کرد. احتمال^۱ ارزشی عددی است که امکان وقوع یک رویداد در فضای نمونه را در رابطه با تمامی رویدادهای ممکن بیان می‌کند. احتمال وقوع یک رویداد A، از تقسیم تعداد

1. probability

رویدادهای شکل گرفته بر تعداد کل رویدادهای ممکن تعیین می‌شود. با توجه به آنکه به حساب آوردن احتمالات در هنگام مدل‌سازی عدم قطعیت^۱، مفید و سودمند است، باید بتوانیم در انجام روش‌های مربوط به برآورد میزان احتمالات مهارت پیدا کنیم. سه اصلی که امکان ترکیب احتمالات را از رویدادهای مجزا از هم، فراهم می‌کند، در کانون نظریه احتمالات^۲ قرار داشته و عبارت‌اند از:

$$1. \text{ احتمال مبتنی بر ترکیب عطفی: } p_{A \cap B}(x) = p_A(x)p_B(x)$$

$$2. \text{ احتمال مبتنی بر ترکیب فصلی: } p_{A \cup B}(x) = [p_A(x) + p_B(x)] - [p_A(x)p_B(x)]$$

$$3. \text{ احتمال مبتنی بر نقیض تام: } p_{\neg A}(x) = 1 - p_A(x)$$

انجام این عملیات مستلزم آن است که رویدادهای A و B مستقل از هم‌دیگر باشند (این امر بدان معناست که وقوع آنها در ارتباط با هم‌دیگر قرار ندارد). در شکل ۱۳-۲ عملیات مبتنی بر ترکیب عطفی، در رابطه با دو لایه ورودی نشان داده شده است. لایه‌های ورودی مشتمل بر احتمالاتی از رویدادهای مستقل‌اند (مثلاً میزان احتمال (x) p_A در رابطه با سلولی مطرح می‌شود که مشتمل بر شبیب بیشتر از ۱۰٪ است و میزان احتمال (x) p_B نیز در رابطه با سلولی قرار دارد که حاوی طبقه مورد نظر از خاک می‌باشد). در لایه خروجی، دو نقشه احتمال با استفاده از عملیات ترکیب عطفی، با هم ترکیب می‌شوند.

طبقه دیگر عملیات مبتنی بر همپوشی بر مبنای منطق فازی^۳ شکل می‌گیرد. همان‌گونه که در قسمت ۲-۲-۲ دیدیم منطق فازی یکی از کارآترین و بهترین وجوده ارتقا یافته منطق متعارف (بولی) است که در راستای به کار گیری مفهوم حقیقت نسبی^۴ (که در آن ارزش‌های مربوط به حقیقت، بین واقعیت کامل^۵ و کذب کامل^۶ قرار دارند)

-
1. modeling uncertainty
 2. probability theory
 3. intersection operation
 4. independent events
 5. fuzzy logic
 6. partial truth
 7. completely true
 8. completely false

لایه‌های ورودی

p _A (x)				
0/3	0/5	0/2	1	1
0/1	0/1	0/3	0/5	0/7
0/1	0/2	0/4	0/5	0/8
0	0/5	0/2	0/3	0/4
0	0	0	0/1	0/1

p _B (x)				
0/5	0/9	0/5	0/5	0/4
0/2	0/1	0/3	0/5	0/8
0/4	0	0	0/6	1
0/1	0	0/4	0/6	1
0/7	0/4	0/5	0/5	0/9

لایه خروجی				
p _{A,B} (x)				
0/15	0/45	0/1	0/5	0/4
0/02	0/01	0/9	0/25	0/56
0/04	0/02	0	0/3	0/8
0	0	0/8	0/18	0/4
0	0	0	0/05	0/09

شکل ۲-۱۳ عملیات مبتنی بر «و»

طرح شده است. نکته اصلی در سامانه‌های فازی به این موضوع برمی‌گردد که ارزش‌های مربوط به حقیقت (در منطق فازی) یا ارزش‌های عضویت^۱ (در مجموعه‌های فازی)، به واسطه ارزشی در دامنه [۰,۱]^۲ نمایش داده می‌شوند. عملیات منطقی صورت گرفته بر روی مجموعه‌های فازی شامل بسط جبر متعارف بولی^۳ هستند. منطق فازی، همانند منطق بولی، سه عملیات اصلی دارد که عبارت‌اند از:

۱. ترکیب عطفی $\mu_{A \cap B}(x) = \text{MIN}[\mu_A(x), \mu_B(x)]$ که طی آن در عملیات فازی^۴، درجه‌ای که بر اساس آن x به هر دو لایه A و B تعلق داشته و همپایه با درجه کوچک‌تر از درجات منفرد عضویت^۵ است، تعیین می‌شود (برای تعاریف مربوط به علائم به مبحث مربوط به مجموعه‌های فازی و عارضه‌های فازی در قسمت ۲-۲ مراجعه کنید).

-
1. membership values
 2. generalizations of conventional Boolean algebra
 3. fuzzy MIN operation
 4. individual degrees of membership

۲. ترکیب فصلی $\mu_{A \vee B}(x) = \text{MAX}[\mu_A(x), \mu_B(x)]$ که طی آن در عملیات MAX فازی^۱، درجه‌ای که بر اساس آن x به هر دو لایه A و B تعلق داشته و همپایه با درجه بزرگ‌تر از درجات منفرد عضویت است، تعیین می‌شود.

۳. نقیض تمام $\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x)$ در عملیات NOT فازی^۲ درجه‌ای که طی آن x به لایه A تعلق نمی‌گیرد، تعیین می‌شود (یعنی ۱ منهای درجه‌ای که x به A تعلق دارد).

عملیات منطقی فازی را می‌توان با استفاده از روندهای مبتنی بر همپوشی استاندارد انجام داد. میزان MIN ترکیب عطفی^۳ و میزان MAX ترکیب فصلی^۴، در رابطه با دو لایه فازی A و B، به ترتیب با استفاده از عملیات همپوشی مبتنی بر حداقل و حداقل^۵ ایجاد می‌گردد. به همین ترتیب عملیات مبتنی بر نقیض تمام (متهم)^۶ نیز به واسطه عملیات تفریق مبتنی بر همپوشی^۷ یعنی کسر یک لایه فازی از یک لایه نقشه که مشتمل بر یکها (۱s) است (۱-A یا A-۱)، صورت عملیاتی به خود می‌گیرد. در شکل ۲-۱۴، عملیات MIN فازی در رابطه با دو لایه A و B، نشان داده شده است. تمام عملیات اصلی فازی را می‌توان با استفاده از عملیات مبتنی بر عدد استاندارد، عملیات تبدیل، و عملیات مبتنی بر همپوشی (که در بسیاری از سامانه‌های مبتنی بر GIS قابل دسترسی است) اجرا کرد. به عنوان مثال IDRISI قابلیت گسترده‌ای^۸ در انجام عملیات فازی دارد (Eastman, 1993, 1997).

باید توجه داشت که عملیات مبتنی بر ترکیب فصلی و ترکیب عطفی، شفاف‌ترین نقطه عزیمت از نظریه مبتنی بر احتمالات به مجموعه‌های فازی را در

1. fuzzy MAX operation
2. fuzzy NOT operation
3. intersection (MIN)
4. union (MAX)
5. overlay minimum and maximum operations
6. complement operation
7. overlay subtraction operation
8. extensive capability

لایه‌های ورودی

$\mu_A(x)$

۰/۳	۰/۵	۰/۲	۱	۱
۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷
۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۵	۰/۸
۰	۰/۵	۰/۲	۰/۳	۰/۴
۰	۰	۰	۰/۱	۰/۱

$\mu_B(x)$

۰/۵	۰/۹	۰/۵	۰/۵	۰/۴
۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۸
۰/۴	۰	۰	۰/۶	۱
۰/۱	۰	۰/۴	۰/۶	۱
۰/۷	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۹

لایه خروجی

$\mu_{A \cap B}(x)$

۰/۳	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۰/۴
۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷
۰/۴	۰	۰	۰/۵	۰/۸
۰	۰	۰/۶	۰/۳	۰/۴
۰	۰	۰	۰/۱	۰/۱

(MIN)

شکل ۲-۱۴ عملیات MIN فازی

رابطه با مجموعه‌ها به نمایش می‌گذارند. به عنوان مثال، فرض می‌کنیم که x ، معرف سلولی از لایه داده شبکه‌ای؛ A، معرف مجموعه فازی مربوط به شیوه‌ای تند؛ و B، معرف مجموعه فازی مربوط به فرسایش زیاد است. پس، اگر $\mu_A(x) = 0/90$ و $\mu_B(x) = 0/90$ در آن صورت نتیجه مبتنی بر احتمال برابر با $0/81$ باشد، $\mu_{A \cap B}(x) = \text{MIN}[\mu_A(x), \mu_B(x)] = 0/90$ خواهد بود ولی نتیجه فازی در این رابطه برابر با $0/90$ می‌شود. بنابراین نتیجه حاصل از محاسبه مبتنی بر احتمالات پایین‌تر از هر دو ارزش اولیه^۱ است و استدلال می‌شود که عملیات مبتنی بر احتمالات در درک مستقیم متقابل^۲، نتیجه می‌دهد. به نظر می‌رسد که استفاده از عملیات فازی، خروجی منطقی‌تری^۳ به ما می‌دهد. مسئله دیگر زمانی پیش می‌آید که در عملیات همپوشی

- 1. initial values
- 2. counterintuitive
- 3. more reasonable output

نقشه‌ای، لایه بیشتری را بر روی هم قرار دهیم. در این فرایند به این نکته پی‌می‌بریم که حتی در صورتی که تمامی عوامل در حالت اولیه خود دارای ارزش‌های بالایی باشند حد نهایی^۱ مجموعه‌ای از «و»‌های مبتنی بر احتمالات، به صفر میل می‌کند. به عنوان مثال اگر یک سلول در پنج لایه ورودی متفاوت، دارای ارزش ۰/۹ باشد، در آن صورت نتیجه حاصل از عملیات مبتنی بر «و» یعنی $0/9 \times 0/9 \times 0/9 \times 0/9 \times 0/9$ ، برابر با ارزشی معادل با ۰/۵۹ خواهد بود. نظریه پردازان فازی بر این عقیده‌اند که این نتیجه اشتباه است. از سوی دیگر بحث می‌تواند بر سر این باشد که عملیات MIN فازی، نتیجه منطقی تر ۰/۹ را به دست می‌دهد. به طور مشابه، هر گاه لایه‌های بیشتری از داده‌های ورودی مورد نظر باشد، در آن صورت، صورت احتمالی^۲ $A \text{ OR } B(A+B-A \times B)$ به ۱ میل می‌کند. عقیده بر این است که تسلسلی از درجات مربوط به عضویت در سطوح پایین^۳ نباید به درجه عضویت در سطوح بالا منجر شده و به جای آن باید حد درجه عضویت حاصله^۴، دارای قوی‌ترین ارزش عضویت در مجموعه^۵ باشد (مراجعه شود به ۱۹۹۵). (Klir and Yuan, 1995).

عملیات مبتنی بر اتصال یا پیوند^۶، مفهوم اتصال یا پیوند^۷، معنای متفاوتی نسبت به آنچه در مبحث مربوط به ساختارهای داده‌های شبکه‌ای و برداری مد نظر بود دارد (Eastman, 1993; Environmental Systems Research Institute, 1995). در مبحث مربوط به ساختارهای برداری واژه اتصال در تشریح پیوند نقاط یا چند ضلعیها به هم‌دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد و میان روابط توپولوژیک است. در داده‌های شبکه‌ای نیز واژه اتصال میان پیوند میان دو پیکسل است و نشان می‌دهد که آن‌ها پیکسل‌ها به هم متصل شده‌اند یا نه و اگر اتصال برقرار بود، نوع اتصال، مورد توجه

-
1. ultimate result
 2. probabilistic version
 3. a string of low membership grades
 4. limit of the resulting membership grade
 5. strongest membership value in the collection
 6. connectivity operations
 7. connectivity

قرار می‌گیرد. مشخصه متمایز^۱ توابع مبتنی بر اتصال یا پیوند^۲ در این است که آنها، ارزش‌های مترتب بر نواحی واقع در عرض حاصل یا مسیر پیمایش^۳ را در خود جای می‌دهند (Aronoff, 1989). توابع مبتنی بر اتصال، مستعمل بر عملیاتی نظریه عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی^۴، تعیین بافر (حاشیه یا سپر)^۵، انتشار^۶ و تحلیل شبکه‌اند. اندازه‌گیری فاصله به صورت نقطه به نقطه، صورت می‌گیرد (به مبحث اندازه‌گیری در این بخش مراجعه کنید). این نوع از اندازه‌گیری شامل مفهوم مجاورت نیز می‌شود. در عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی، کمربندهایی از فواصل هم مرکز^۷، پیرامون مکان یا مجموعه‌ای از مکانهای معین ایجاد می‌شود (Berry, 1993). در این روش، به جای آنکه فاصله (یا سنجه‌های دیگری از طول) در بین نقاط، اندازه‌گیری شود، به صورت کمربندهای مجاورتی^۸ مورد توجه قرار می‌گیرد. عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی مستلزم وجود چهار پارامتر است که عبارت‌اند از (Aronoff, 1989): مکان قرار‌گیری عارضه‌های هدف^۹ (نقاط، خطوط یا سطوح)، واحد سنجش (متر، کیلومتر، مایل و غیره)، تابعی برای محاسبه مجاورت (که طی آن با توجه به کاربرد خاص مورد نظر، مجاورت را می‌توان بر اساس تعداد پیکسلها، فاصله مستقیم الخط، زمان مسافت، هزینه‌ها، میزان شلوغی و غیره اندازه‌گیری کرد)، و سطوح مورد تحلیل (مثلًاً کل سطح تحت پوشش یک لایه داده، منطقه یا ناحیه). در شکل ۲-۱۵ الف مثالی از عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی آورده شده است. در این شکل، پیوستگی مجاورتی از ۵ نقطه (که مثلًاً معرف سکونتگاهها می‌باشند)، بر

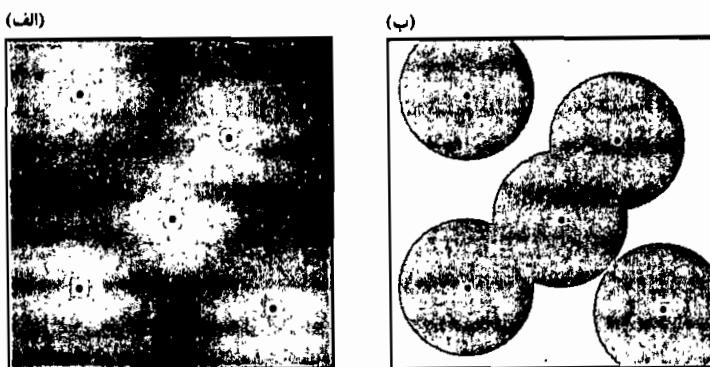
-
1. distinguishing feature
 2. connectivity functions
 3. values over the area being traversed
 4. proximity
 5. buffering
 6. spread
 7. concentric equidistant zones
 8. proximity zones
 9. target objects

حسب خطی با مسیر مستقیم و در قالب واحدهای کیلومتری اندازه‌گیری شده و تحلیل مبتنی بر پیوست مجاورتی در کلیت لایه شکل می‌گیرد. با فرض بر اینکه این لایه، از شبکه‌ای با پیکسلهای 100×100 تشکیل شده است، فاصله بین هر سلول و نزدیک‌ترین عارضه هدف (یکی از پنج نقطه) محاسبه می‌شود. نتیجه حاصل شامل سامانه‌ای از کمرندهای متعددالشكل است که پیرامون هر نقطه شکل می‌گیرد و از آن تحت عنوان سطح مبتنی بر پیوست مجاورتی یاد می‌شود.

سطح پیوست به عنوان پایه‌ای در تعیین کمرندهای بافری (حاشیه‌ای)^۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد. بافر (حاشیه یا سپر) به کمرندهای منطقه‌ای اطلاق می‌شود که با عرض معین در پیرامون یک نقطه، خط یا چندضلعی قرار دارد. عرض بافر می‌تواند توسط کاربر تعیین شده یا بر اساس صفات توصیفی مجموعه‌ای از پدیده‌ها تعریف گردد. لایه خروجی شامل عارضه‌هایی به شکل دایره، کریبدور و چندضلعی است که به ترتیب پیرامون نقاط، خطوط یا چندضلعیها شکل می‌گیرند. به عبارت دیگر در عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی، حریمهای مرتب بر پیرامون عارضه‌ها در قالب پیوست مجاورتی مساوی و در تمامی جهات تعیین می‌شوند. در نتیجه این فرایند، سطوح بافری دودویی^۲ ایجاد می‌گردد که در آن به کمرندهای زیر پوشش بافر ارزش یک و به مابقی بخش‌های خارج از پوشش بافر در ناحیه مورد مطالعه، ارزش صفر تعلق می‌گیرد. بنابراین لایه خروجی می‌تواند در بازیابی، تلخیص و تحلیل دامنه‌های مختلفی از داده‌های واقع در کمرندهای بافردار، مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال با ترکیب لایه‌های بافری با لایه‌های دیگر می‌توان تحلیل نقطه در چندضلعی یا خط در چندضلعی را انجام داد. در شکل ۲-۱۵ ب، سامانه‌ای از سطوح بافردار در پیرامون پنج نقطه‌ای که در شکل ۲-۱۵ الف، سطح مبتنی بر پیوست مجاورتی آنها ایجاد شده بود، نشان داده می‌شود. به روش مشابهی عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی/باfrی رانیز می‌توان در GIS برداری انجام داد (شکل ۲).

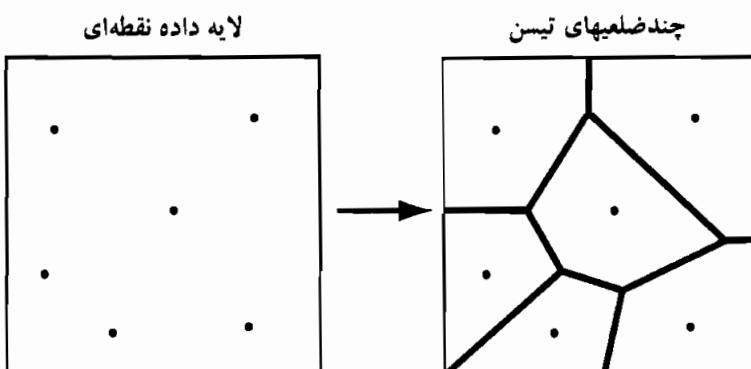
1. buffer zone

2. binary buffered areas



شکل ۲-۱۵ عملیات مبتنی بر پیوند برای عارضه‌های نقطه‌ای: (الف) عملیات مبتنی بر پیوند مجاورتی، (ب) عملیات مبتنی بر تعیین بافر

یکی از کاربردهای ویژه عملیات مبتنی بر پیوند مجاورتی^۱، روش چندضلعی تیسن^۲ است که در آن هر مکان به نزدیک‌ترین نقطه هدف اختصاص داده می‌شود. فاصله بین هر نقطه و نقطه هدف بر حسب فاصله اقلیدسی^۳ سنجیده می‌شود. چندضلعیها به صورت هندسی و با ترسیم خطوط مستقیم بین نقطه هدف و تمام نقاط مجاور آن و نیز با دو نیم کردن این خطوط توسط خطوط جدید عمود بر آنها ایجاد می‌گردد (شکل ۲-۱۶). چندضلعیهای تیسن را می‌توان طبقه‌ای از فنون درون‌یابی در نظر گرفت (به قسمت بعدی مراجعه کنید).



شکل ۲-۱۶ چندضلعیهای تیسن در رابطه با یک لایه داده نقطه‌ای

1. proximity operations
2. Thiessen polygon procedure
3. Euclidean distance

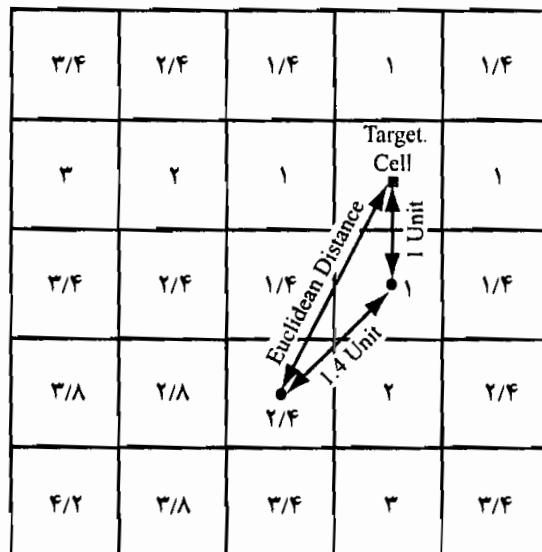
پیوست مجاورتی در دامنه گسترده‌ای از کاربردهای آن، از مفیدترین و سودمندترین توابع اتصالی یا پیوندی به حساب می‌آید. به عنوان مثال در مبحث مربوط به برنامه‌ریزی مراکز مراقبتها بهداشتی^۱، ایجاد یک چندضلعی (یک بافر)، بیانگر یک محدوده ۱۰ کیلومتری از مرکز تسهیلات بهداشتی است که در آن می‌توان پاسخ سریعی برای این سؤال که چند نفر در محدوده شعاع معین از این مرکز تسهیلاتی زندگی می‌کنند، پیدا کرد. همچنین عملیات مبتنی بر تعیین بافر را می‌توان در تحلیل آثار مواد خطرآفرین^۲، در محدوده نواحی خاص (بافرهای جغرافیایی)، مورد استفاده قرار داد. استفاده دیگر آن می‌تواند در تعیین و توصیف جمعیتی که در نزدیکی خطوط انتقال انرژی الکتریکی با ولتاژ قوی زندگی می‌کنند، باشد. با تعیین پهنه بافردار، می‌توان از افرادی که در محدوده پیوست مجاورتی نزدیک به این خطوط انتقال برق، زندگی می‌کنند (واز همین رو در معرض میدانهای مغناطیس آنها قرار دارند)، اطلاع پیدا کرد و داده‌های سرشماری جمعیتی مربوط به آن محدوده^۳ را استخراج نمود. همچنین از کاربردهای چندضلعیهای تیسن می‌توان به تعیین نواحی بازار مربوط به کالاهای موجود در انبارها و نیز تعیین سطوحی که در محدوده اشل حمل کالا به مقصد^۴ قرار می‌گیرند، اشاره کرد.

عملیات مبتنی بر انتشار^۵، مشتمل بر بسط یا تعمیم روند مبتنی بر پیوست مجاورتی است (Aronoff, 1989). در حالی که در عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی برای ایجاد سطوح مترتب بر پیوست مجاورتی، فاصله اقلیدسی بین سلول و نزدیک‌ترین واحد از مجموعه‌ای از نقاط هدف، استفاده می‌شود، در توابع انتشار، محاسبه فاصله بر مبنای سلولهایی انجام می‌پذیرد که در جایه‌جایی و حرکت از یک

-
1. health care planning
 2. hazardous materials
 3. relevant census demographic data
 4. rain gauges
 5. spread operation

سلول به عارضه هدف وارد می‌شوند. تفاوت بین این دو مفهوم از فاصله، در شکل ۲-۱۷ نشان داده شده است. فاصله اقلیدسی، طول یک خط مستقیم است. در عملیات مبتنی بر انتشار، فاصله میان یک سلول معین و عارضه‌های هدف بر اساس کمترین تعداد سلولهایی که در جایه‌جایی از آن سلول به نزدیک‌ترین هدف یا مقصد، باید پیموده شوند، اندازه گیری می‌شود. جایه‌جاییها در هشت جهت از هر سلول صورت می‌گیرد. به تمام سلولهای مجاور و هم‌راستا با هدف، ارزش ۱ تعلق می‌گیرد (یعنی فاصله یک واحدی)، جایه‌جاییهای مورب، ارزش $1/4$ را ایجاد می‌کند و با حرکت مورب و قطری از میان یک سلول و پشت‌سر گذاشتن یک سلول، ارزشی معادل با $2/4$ ، ایجاد می‌شود و به همین ترتیب فاصله‌هایی که بدین روش ایجاد شده‌اند، می‌توانند به عنوان ورودی در عملیات مبتنی بر انتشار، مورد استفاده قرار گیرند. از این لایه ورودی تحت عنوان سطح اصطکاک یا انباشتگی یاد می‌شود. این نوع لایه، همچنین می‌تواند با استفاده از راهکار مبتنی بر تراز سلولی شبکه^۱ (GCE) ایجاد شود. مقدار GCE، هزینه، تلاش و زمان جایه‌جایی از میان یک شبکه سلولی را نشان می‌دهد؛ به عنوان مثال یک GCE با مقدار ۱، هزینه حرکت از میان یک شبکه سلولی را در زمانی نشان می‌دهد که اصطکاک برابر با ۱ است. هزینه‌ای معادل با ۱۰ GCE، در جایه‌جایی از میان ۱۰ سلول با اصطکاک ۱ یا یک سلول با ارزش اصطکاک ۱۰ و نظایر آن ایجاد می‌شود. علاوه بر این، آثار منبعث از محدودیتها^۲ یا موانع مطلق^۳ می‌توانند با سطح اصطکاک ادغام شود. این محدودیتها می‌توانند در جایه‌جایی در یک طرف خاص یا از میان پدیده جغرافیایی معینی، موانعی را ایجاد کنند. به عنوان مثال قابلیت عبور زمینی^۴ را می‌توان به صورت سطح اصطکاکی نشان داد که در آن مقادیر متفاوت GCE، با توجه به عوارض زمینی^۵ تعیین می‌شود.

-
1. grid cell equivalent
 2. limitations
 3. absolute barriers
 4. terrain trafficability
 5. terrain features



شکل ۲-۱۷ عملیات مبتنی بر انتشار: محاسبه فاصله

عملیات مبتنی بر انتشار را می‌توان در تعیین زمان سفر میان دو مکان معین به کار گرفت. به عنوان مثال، این عملیات می‌تواند برای محاسبه حداقل زمان مسافت از یک مکان معین به هر یک از چندین مرکز تسهیلات اورژانسی، مورد استفاده قرار گیرد. شبیه‌سازی مسیر مواد آلاینده در طول یک شبکه رودخانه‌ای، تحلیل پیشرفته‌تری را شامل می‌شود. تخصیص ارزش‌هایی نظیر جهت و سرعت به جریان دیجیتالی و حرکت آلاینده‌ها، از طریق سیستم جریان، امکان‌پذیر است.

تحلیل شبکه^۱، طبقه دیگری از توابع مبتنی بر اتصال است. عملیات مبتنی بر شبکه^۲ در GIS شبکه‌ای در رابطه تنگاتنگی با روندهای مبتنی بر انتشار و پیوست مجاورتی قرار دارند. در واقع تحلیل شبکه در GIS شبکه‌ای با استفاده از لایه‌های خروجی حاصل از تحلیل انتشار و پیوست مجاورتی قابل انجام است. به عنوان مثال برای تعیین کوتاه‌ترین مسیر در میان دو نقطه (سلول) می‌توان سطح مبتنی بر پیوست مجاورتی یا سطح هزینه را با لایه‌ای که متشکل از یک شبکه و یک جفت نقطه

1. network analysis
2. network operations

است، ترکیب کرد. به همین طریق تحلیل مبتنی بر تخصیص^۱، می‌تواند بر پایه ترکیب پیوست مجاورتی یا سطح هزینه با لایه‌ای از شبکه جاده و نقاط هدف انجام پذیرد. در عملیات مبتنی بر تخصیص، با در دست داشتن شناسه‌های واحد در رابطه با هر بخش از جاده، هر سلول به نزدیک‌ترین بخش از جاده ارجاع داده می‌شود (برای مباحث تفصیلی در رابطه با روش‌های مبتنی بر شبکه در سامانه‌های شبکه‌ای به این منابع مراجعه شود: Aronoff, 1989 and Eastman, 1993).

با وجود آنکه شبکه‌ها را می‌توان با استفاده از GIS شبکه‌ای، تحلیل کرد، اما باید گفت که این نوع تحلیل، در حوزه GIS برداری قرار نمودارد. در ساختارهای مبتنی بر داده‌های برداری، شبکه شامل مجموعه به هم پیوسته‌ای از کمانها^۲ (پیوندها) است که مسیرهای ممکن برای جابه‌جایی و گردش منابع، مردم، اطلاعات، خدمات و نظایر آن را از یک مکان (نقطه یا گره) به مکان دیگر نشان می‌دهند. بنابراین یک شبکه می‌تواند در قالب لایه‌ای که شامل مجموعه‌ای از نقاط به هم پیوسته یا مجموعه‌ای از کمانهاست، ذخیره شود. در عملیات مبتنی بر شبکه، با استفاده از ساختار توپولوژیک خطوط^۳، یک مسیر در طول یک شبکه به هم پیوسته، دنبال شده و سپس داده‌های توصیفی مترتب بر بخش‌های تشکیل‌دهنده خطوط، مورد پردازش قرار می‌گیرند. تعدادی از عملیات مبتنی بر شبکه در سامانه‌های GIS برداری نظیر ArcView (Caliper Corporation, 1996) و TransCAD (Environmental Systems Research Institute, 1996) Network Analyst قابل دسترسی‌اند.

^۴عملیات شبکه‌ای اغلب همراه با مدل‌های شبکه‌ای مبتنی بر برنامه‌سازی ریاضی استفاده می‌شوند (به بخش مربوط به کار کردها و توابع پیشرفته GIS مراجعه کنید).

عملیات مبتنی بر شبکه، دامنه گسترده‌ای از کاربردها را شامل می‌شوند. این

-
1. allocation analysis
 2. arcs
 3. topological structure of lines
 4. interconnected network
 5. network models of mathematical programming

عملیات امکان محاسبه سریع‌ترین یا کوتاه‌ترین مسیر در بین دو نقطه واقع در شبکه (مانند محاسبه مسیرهای بهینه برای وسائل نقلیه اورژانسی)، ارزیابی آثار گزینه‌های مطرح در انتخاب مسیر (مانند مسیرهای حمل و نقل مواد خطرآفرین)، و تقسیم استفاده کنندگان بالقوه از تسهیلات و تخصیص آنها در بین واحدهای تسهیلاتی (مانند تخصیص بیماران به واحدهای تسهیلاتی پزشکی و بهداشتی)، را فراهم می‌آورند. به عنوان مثال در یک سیستم GIS، ممکن است در تعیین سریع مسیرهای انتخابی برای وسائل نقلیه اورژانسی جهت روانه ساختن خدمات اورژانسی، از مدل‌های توپولوژیک استفاده شود (Lepofsky et al., 1995). به طور مشابهی برنامه‌ریزان می‌توانند برای حوزه‌بندی مجدد سامانه‌های مراقبت بهداشتی یا آموزشی از الگوریتمهای ویژه‌ای در تعیین روابط منطقی بین گروههای جمعیتی و پنهنهای مربوط به محدوده‌های حوزه‌های بهداشتی یا آموزشگاهی استفاده کنند (Macmillan and Pierce, 1994).

عملیات مبتنی بر همسایگی^۱. در این نوع عملیات، نسبت دادن ارزشها به یک مکان بر بنای ویژگیهای مترب بر سطوح مجاور صورت می‌گیرد. ارزش اختصاص یافته به هر مکان در لایه خروجی تابعی از ارزش‌های مستقل در همسایگی آن مکان، در لایه ورودی است. در عملیات مبتنی بر همسایگی، حداقل سه پارامتر باید مشخص باشد. این پارامترها شامل یک یا چند مکان هدف^۲، عضویت در حوزه همسایگی^۳ (یعنی مجموعه‌ای از مکانها که در فاصله و جهت مشخصی از محدوده پیرامونی مکان هدف واقع شده‌اند) و تابعی که قرار است بر روی مکانهای واقع در عرصه همسایگی اعمال گردد، می‌شود (Aronoff, 1989). از عضویت در عرصه همسایگی با عنوان پنجره^۴، نیز یاد می‌شود. اغلب از یک پنجره ۳×۳ یا ۵×۵ سلوی استفاده می‌شود (Berry, 1993).

-
1. neighborhood operations
 2. target locations
 3. neighborhood membership
 4. window

همسایگی را می‌توان به منزله پنجره‌های متحرکی^۱، تلقی کرد که در سطح نواحی زیر پوشش نقشه جایه‌جا می‌شوند. یک مجموعه از عملیات مبتنی بر همسایگی را می‌توان بر مبنای پارامترهای معین و مشخصی تعریف کرد. آنچه در ادامه می‌آید گزیده‌ای از عملیاتی است که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند. توابع همسایگی، شامل روش‌هایی نظیر عملیات جستجو و عملیات مبتنی بر سطح و نیز عملیات درون‌یابی می‌شوند (Aronoff, 1989).

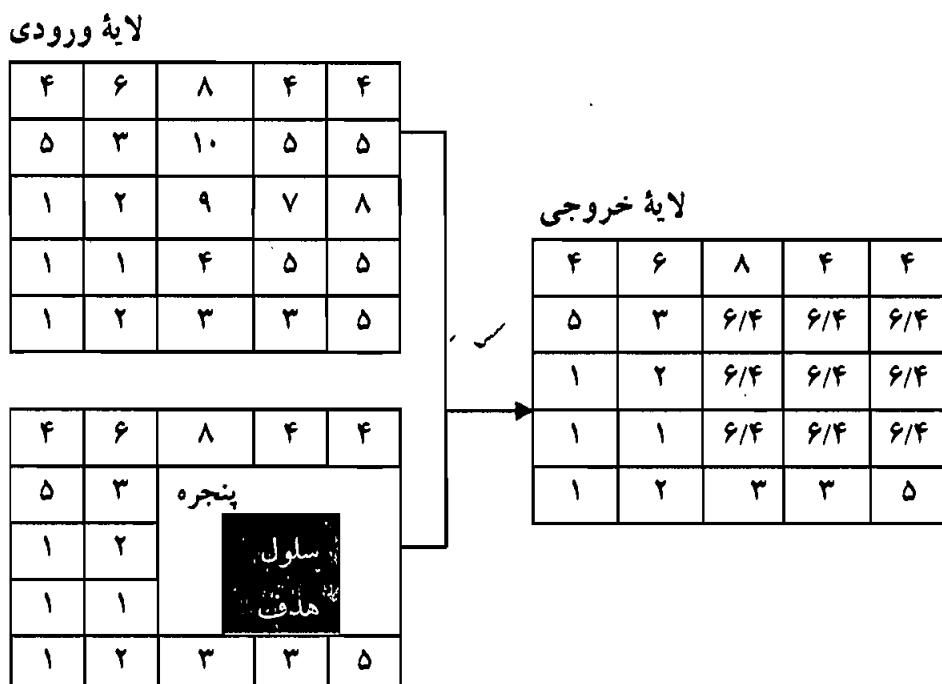
انجام عملیات جستجو، مستلزم تعیین مکانهای هدف و عرصه همسایگی است. با در دست داشتن این دو پارامتر، یک عملیات جبری یا آماری در رابطه با مکانهای واقع در پنجره، به کار گرفته می‌شود. همچنین ارزش حاصله به هر یک از مکانهای واقع در عرصه همسایگی اختصاص می‌یابد. معمول‌ترین عملیات مورد استفاده عبارت‌اند از:

۱. حاصل جمع: مجموع ارزشها در پنجره
۲. میانگین: میانگین ارزشها در پنجره
۳. اکثریت: ارزش‌های دارای بیشترین فراوانی در پنجره
۴. واریانس: متوسط مجذور انحراف از میانگین
۵. انحراف معیار: مجذور واریانس
۶. حداقل: ارزش حداقل در پنجره
۷. حداکثر: ارزش حداکثر در پنجره
۸. شماره طبقه: شماره طبقات مختلف در پنجره
۹. شماره جفت: تعداد جفت‌های مختلف در پنجره
۱۰. سلولهای متفاوت: تعداد سلولهای متفاوت از سلول هدف در پنجره
۱۱. چندپارگی: تعداد طبقات متفاوت موجود تقسیم شده در تعداد سلولها در پنجره

در شکل ۲-۱۸ عملیات جستجوی حد متوسط، نشان داده شده است. در طی این عملیات، ارزش جدیدی به هر مکان در پنجره تعلق می‌یابد. ارزشها به صورت میانگینی از تمامی ارزشها در پنجره متناظر از لایه داده ورودی، محاسبه

۱. roving windows

می‌شوند. به عنوان مثال از این نوع عملیات در تعیین آماری که توصیف کننده یک واحد اداری ویژه است استفاده می‌شود. همچنین نیازی نیست که پنجره به صورت یک شکل منظم (مربع، مستطیل یا دایره) باشد. به عنوان مثال در مبحث تحلیل شبکه، عضویت در عرصه همسایگی می‌تواند بر مبنای زمانی از مسافت تعیین شود که در یک ناحیه با شکل نامنظم^۱ حاصل آمده است. همچنین به این نکته نیز باید توجه داشت که عملیاتی نظیر عملیات مترتب بر شماره طبقه، سلولهای متفاوت و چندبارگی، تنها در رابطه با داده‌های کیفی (مانند رده‌های پوشش زمین^۲) قابل اجرا بودند. این عملیات در رابطه با کاربردهای ویژه‌ای همچون اکولوژی چشم‌انداز، مورد استفاده قرار گیرند (Turner, 1989). عملیات بالا را می‌توان در راستای حصول به توابع همسایگی پیچیده‌تر^۳، با هم ترکیب کرد (Monmonier, 1974; Murphy, 1985; Eastman, 1997).



شکل ۲-۱۸ میانگین عملیات مبتنی بر جستجو

1. irregular region
2. land cover categories
3. more complex neighborhood functions

عملیات مبتنی بر نقطه یا خط در چندضلعی را می‌توان به عنوان طبقه‌ای از توابع همسایگی در GIS برداری به حساب آورد. در طی این عملیات، مشخص می‌شود که آیا نقاط یا خطوط، در داخل محدوده یک چندضلعی قرار می‌گیرند یا در خارج از آن قرار دارند. در این عملیات، صفات مترتب بر نقاط یا خطوط که بیانگر قرارگیری آنها در چندضلعی است مشخص شده و سپس به کمک نمایش بر روی نقشه می‌توانند برای استفاده در تحلیل، مورد پردازش قرار گیرند. عملیات مبتنی بر نقطه یا خط در چندضلعی نوعاً در قالب روندهای مبتنی بر همپوشی توپولوژیک^۱ انجام می‌شوند. در شکل ۶.۲ نمونه‌هایی از این عملیات آورده شده است.

عملیات مبتنی بر سطح، در محاسبه ویژگیهای توپولوژیک نظیر شب و منظر حاصل از مدل ارتفاعی رقومی^۲ به کار گرفته می‌شوند (DeMers, 1997). شب، معرف میزان تغییر ارتفاع است که معمولاً به صورت درجه یا درصد، اندازه گیری می‌شود. یک منظر شامل جهتی است که رخساره شب توپولوژیک بدان سو قرار گرفته و معمولاً بر حسب زاویه از شمال جغرافیایی تعیین می‌شود. تعیین این دو مشخصه مربوط به یک سطح در یک مکان (سلول) معین می‌تواند در طی برآش ارزش‌های ارتفاع سلولهای واقع در عرصه همسایگی نسبت به یک سطح افق^۳، صورت پذیرد (Aronoff, 1989). مشخصه‌های مذکور (شب و منظر) با استفاده از یک همسایگی 3×3 که سلول مورد نظر مرکز آن است، محاسبه می‌شود. شب مورد نظر نسبت به سطح افق، شامل ارزشی است که به سلول اختصاص داده شده است، در حالی که جهت رخساره سطح، منظر سلول به حساب می‌آید. البته بحث تفصیلی درباره مفاهیم ریاضی محاسبه این دو مشخصه خارج از حوصله کتاب است (برای مباحث

1. topological overlay procedures
2. aspect from a digital elevation model
3. plane

تفصیلی تر به منابع ذیل مراجعه شود: Jensen, 1990 و Petrie and Kennie, 1990. بسیاری از سامانه های مبتنی بر GIS، شامل توابع و پردازه هایی اند که قادرند به صورت خودکار، شب و منظر را از روی مدل ارتفاعی رقومی به دست آورند (به عنوان نمونه می توان به نرم افزار ادريسی اشاره کرد). علاوه بر این، تصاویر برجسته نمای سایه دار^۱ را می توان از روی لایه های مربوط به داده های شب و منظر ایجاد کرد (Eastman, 1997). با توجه به آنکه ویژگی های مترتب بر سطح از بعد فضایی در همبستگی با گونه های خاک و پوشش گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، روان آبها، آبریزها و نظایر آن قرار دارد، بر همین اساس عملیات مبتنی بر سطح^۲، اغلب در مدیریت و برنامه ریزی محیطی مورد استفاده قرار می گیرند (Petrie and Kennie, 1990). در روشهای مبتنی بر درون یابی^۳، ارزش های توصیفی مکانهایی که دارای ارزش های نمونه برداری نشده (ناشناخته) هستند، با استفاده از داده های شناخته شده مکانهای مجاور، برآورده می شوند. ممکن است این داده های شناخته شده مربوط به نقاط، خطوط یا سطوح باشند. روشهای مبتنی بر نقطه، از جمله فنونی است که اغلب بیش از بقیه، مورد استفاده قرار می گیرد. در درون یابی می توان از روی نوکهای اطلاعاتی^۴، مشخصات دو بعدی و سه بعدی سطح زمین، زیر زمین و اتمسفر را به نمایش در آورد.

روشهای چندی در رابطه با درون یابی وجود دارند (Lam, 1983; Burrough, 1986; Langford et al., 1991; Martin, 1991; Burrough and McDonnel, 1998). در این میان وزن دهنی فاصله ای معکوس یکی از معمول ترین و ساده ترین روشهای درون یابی به حساب می آید. در این روش، برآورده ارزش های مربوط به نقاط نمونه برداری نشده^۵، به واسطه ترکیب خطی ارزش های مترتب بر مکانهای

-
1. shaded relief images
 2. surface operation
 3. interpolation procedures
 4. information points
 5. values at unsampled points

نمونه‌برداری شده معلوم^۱ صورت می‌پذیرد. در این روش فرض بر این است که ارزش‌های واقع در فاصله نزدیک‌تر به مکان‌های نمونه‌برداری نشده بیش از نمونه‌های دورتر، معرف ارزش‌هایی‌اند که برآورد آنها مدنظر است. وزن‌ها، به نسبت فاصله خطی نمونه‌ها از نقطه نمونه‌برداری نشده، تغییر می‌کند. در این روند، شماره معینی از نزدیک‌ترین نقاط نمونه‌برداری شده، به طور ویژه‌ای جستجو شده و متوسط وزنی آنها محاسبه می‌گردد. در این روش یک تابع معکوس فاصله ($1/d^m$) از هر نقطه نسبت به مرکز سلول (نقطه) هدف درون‌یابی شده، وجود دارد. در این رابطه استفاده از تابع معکوس مربعی که در آن $m=2$ است، متداول است. با وجود این، انتخاب یک پارامتر می‌تواند به طور قابل توجهی، نتایج درون‌یابی را تحت الشعاع قرار دهد. به موازات بالا رفتن میزان m ، نتیجه حاصله، بیشتر به روش درون‌یابی مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایگی^۲، که در آن ارزش درون‌یابی شده بر پایه ارزش نزدیک‌ترین مکان نمونه به دست می‌آید، نزدیک می‌شود. وزن‌دهی فاصله‌ای معکوس بهینه^۳، به عنوان قالبی از وزن‌دهی فاصله‌ای معکوس به حساب می‌آید که در آن، انتخاب $m=1$ بر مبنای حداقل خطای مطلق میانگین^۴، صورت می‌گیرد. بسیاری از سامانه‌های معمول GIS^۵، مانند گراس و ادریسی، روال معمولی برای درون‌یابی مبتنی بر وزن‌دهی فاصله‌ای معکوس^۶ را دارند.

در تحلیل فضایی، اغلب شاهد بروز مسائل مترتب بر واحدهای ناحیه‌ای ناسازگار هستیم. مرزهای مربوط به واحدهای اداری اغلب در بین دوره‌های سرشماری با تغییر همراه‌اند و درون‌یابی سطحی یا پهن‌های^۷ در راستای استخراج

1. known sampled locations
2. nearest-neighbor interpolation method
3. optimal inverse distance weighting
4. minimum mean absolute error
5. popular GIS systems
6. inverse distance weighting interpolation
7. areal interpolation

مجموعه داده‌های مطرح در یک سطح طولی، ضروری است. به عنوان مثال در تحلیل یکپارچه داده‌های اقتصادی - اجتماعی و محیطی، استخراج آمار جمعیتی عمده‌تاً باید در رابطه با حوزه‌های آبریز^۱ و یا طبقه‌بندیهای مربوط به پوشش زمین صورت پذیرد. بر همین اساس دامنه گستردگی از ابزارهای درون‌یابی سطحی بر مبنای پیش‌فرضهای مختلفی از توزیع فضایی متغیرهای درون‌یابی شده یا در ترکیب با مجموعه‌هایی از داده‌های مبتنی بر GIS کمکی^۲، تولید شده‌اند (مراجعه شود به: Langford et al., 1991; Martin, 1991). به عنوان مثال، روشی که مارتین (1991)، برای درون‌یابی داده‌های مرتب بر ناحیه^۳، مطرح می‌کند به واسطه تعدادی از نقاط مبنای توصیفی- وزن دار^۴ که خلاصه‌ای از توزیع ویژگیهای توصیفی در هر ناحیه است نمایش داده می‌شود. در این مدل شماری از صفات مرتب بر هر نقطه داده^۵ (نظیر جمعیت، درآمد خانوار، بی‌کاری و غیره) وارد شده و در سلولهایی از یک شبکه منظم، باز توزیع می‌شود. یک تابع همسایگی به طور ویژه‌ای، در سنجش فاصله بین یک نقطه داده معین و واحدهای مجاور آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این صورت، در تخصیص وزن به سلولهای شبکه مجاور، تابع تنزل فاصله‌ای^۶، بر حسب اندازه‌ای قرار دارد که این سلولها، حاوی ویژگی توصیفی مرتب بر یک نقطه داده معین‌اند. این روند تا زمانی در رابطه با هر نقطه واقع در مجموعه ورودی - داده، ادامه می‌یابد که تمامی شماره‌ها و امتیازات مربوط به یک صفت در داخل شبکه، باز توزیع شده باشند. در کاربردهای خاصی از علوم محیطی، روشهای درون‌یابی پیچیده‌تری ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به رگرسیون چندجمله‌ای، تحلیل سطح روند و کرایکینگ اشاره کرد. بر خلاف روشهایی که بحث آنها گذشت، در این فنون،

-
1. watershed areas
 2. auxiliary GIS data sets
 3. zone-based data
 4. attribute-weighted reference points
 5. data point
 6. distance-decay function

فرض بر این است که توزیع فضایی رویدادها بر پایه فرایند تصادفی^۱ قرار دارند (برای مباحث تفصیلی تربه منبع ذیل مراجعه شود: Isaaks and Srivastava, 1989). این فنون بخشی از روش‌شناسی زمین آماری^۲ و توابع پیشرفته GIS^۳ به حساب می‌آید.

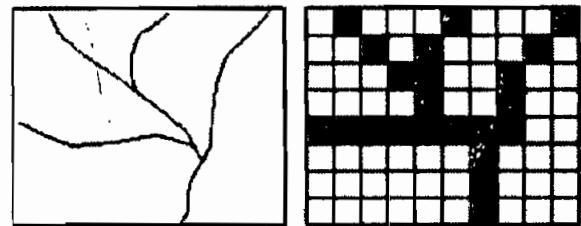
توابع پیشرفته

توابع پایه‌ای مورد بحث در قسمتهای قبلی را می‌توان به عنوان عملیات تحلیلی مقدماتی، اصول اولیه داده‌پردازی فضایی (Berry, 1986) یا ابزار GIS (Dangermond, 1986) در نظر گرفت. اغلب بسته‌های نرم‌افزاری GIS به همه یا بسیاری از این عملیات تحلیل فضایی مجهزند. با وجود این، عملیات مذکور ماهیتاً عملیات هندسی سطح پایینی^۴ به حساب آمده و به سادگی می‌توان آنها را تمهیداتی در نظر گرفت که بیانگر روابط مطرح در داخل یا میان عارضه‌های فضایی‌اند. برای استفاده مفیدتر از GIS در حوزه تصمیم‌گیری فضایی لازم است این سامانه، قابلیت پردازش آماری و ریاضی داده‌ها را بر پایه مدل‌های نظری دارا باشد (Parker, 1988; Densham and Parker, 1989). از این قابلیتها تحت عنوان توابع پیشرفته GIS یاد می‌شود. توابع پیشرفته GIS را می‌توان از منظر تحلیل تصمیم چندمعیاری به دو دسته تقسیم کرد که عبارت‌اند از توابع مبتنی بر مدل‌سازی آماری و توابع مبتنی بر مدل‌سازی ریاضی.

مدل‌سازی آماری در این مبحث بین آمار متعارف و آمار فضایی^۵ تفاوت قائل می‌شود (Griffith and Amrhein, 1991; Arlinghaus, 1996). آمار متعارف بر پایه متغیرهای تصادفی و مستقلی قرار دارد که در آن فرض بر پیوستگی و تسلسل صفر^۶ بوده و بسط ارزش‌های مربوط به هیچ یک از داده‌ها مجاز شمرده نمی‌شود. با توجه به

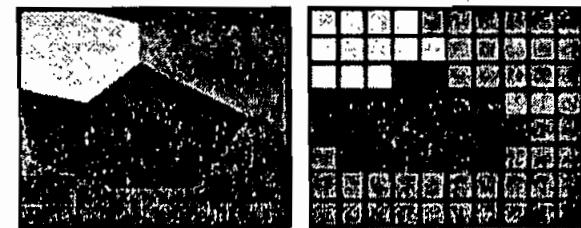
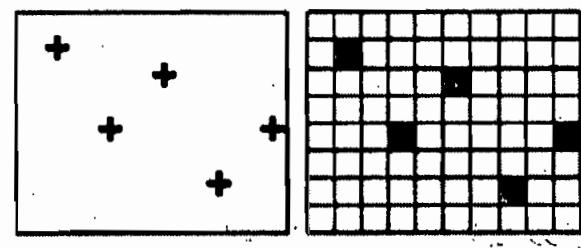
1. stochastic process
2. geostatistical methodology
3. advanced GIS functions
4. low-level geometric operations
5. conventional and spatial statistics
6. zero continuity

- دکتر علی‌اکبر رسولی
- دانشجوی تبریز



فصل چهارم

ساختار مدل‌های مکانی در
محیط GIS



کلیات:

در محیط GIS برای نمایش انواع مدل‌های مکانی نقطه‌ای، خطی و سطحی باید از یکی از ساختارهای برداری، رستری و شبکه مثلث‌های نامنظم^۱ بهره برد تا عوارض مربوط به دنیا واقعی را نمایش داد. هر کدام از این مدل‌ها دارای مزايا و معایبی هستند که در ارتباط با ماهیت عوارض مکانی، هدف نهایی محقق و امکانات نرم افزاری گزینش می‌شوند. در مدل برداری فضای دو بعدی به صورت ناپیوسته تلقی می‌شود؛ از این رو این نوع ساختار به طور ظاهری مشابه با مدل‌های کارتوجرافیکی ستی به نظر می‌رسد. در روش دوم، ماهیت داده‌ها به صورت رستری بوده و دنیا واقعی به صورت پیوسته به نمایش گذاشته می‌شود. اما در مدل نوع سوم می‌توان فضای جغرافیایی را به صورت شبکه‌های نامنظم مثلثی درآورده، از آن برای طراحی و نمایش سطوح مختلف استفاده نمود.

1. TIN به اختصار Triangulated Irregular Network

تحليلی بر فناوری GIS

در این فصل، ضمن بررسی ویژگی‌های هر کدام از این مدل‌ها، قابلیت‌های مربوط به همیگر مورد مقایسه قرار گرفته است. به علاوه، انواع روابط توبولوژیک موجود بین عوارض جغرافیایی تشريح و عوامل مؤثر در نحوه انتخاب یک مدل مناسب نیز ارائه شده است. در هر پروژه GIS، انتخاب یک مدل مناسب به همراه ایجاد روابط توبولوژیک در اجرای عملیات تحلیل‌های مکانی، بسیار حائز اهمیت است.

۱- مقدمه

به طور کلی در محیط GIS، هر متخصصی می‌تواند دنیای واقعی را به سه طریق مدل‌سازی کند. اولین طریق، نمایش داده‌ها، به روش مدل برداری است که شبیه روش کارتوگرافیکی است؛ به طوری که در آن عناصر دنیای واقعی - مکان‌های جغرافیایی، موقعیت پدیده‌ها و مرزها - به وسیله نقاط، خطوط و یا محدوده‌های به هم پیوسته نشان داده می‌شوند (Samet, ۱۹۸۹). روش دوم، متأثر از تکنولوژی کامپیوتری است که در آن، یک مدل شبکه‌ای نمایش دهنده دنیای واقعی در درون GIS بوده، هر شبکه‌ای حاکی از حضور و یا عدم حضور جزئی از یک پدیده بر روی نقشه رقومی می‌باشد. برای نمایش اجزای اطلاعات جغرافیایی خاص، روش سومی به نام روش مثلث‌های نامنظم نیز ابداع گردیده است (Peuquet, ۱۹۸۴). علی‌رغم متفاوت بودن ماهیت مدل‌های مکانی، تشخیص اصولی هر کدام از مدل‌ها اساس پروژه‌های GIS محسوب می‌شود. هر چند، امروزه روش‌های متعدد و متنوعی در جهت اخذ، انتقال و تبدیل داده‌های جغرافیایی عرضه گردیده است، فرایند انتخاب مدل به منظور رسیدن به اهداف مورد نظر حائز اهمیت است.

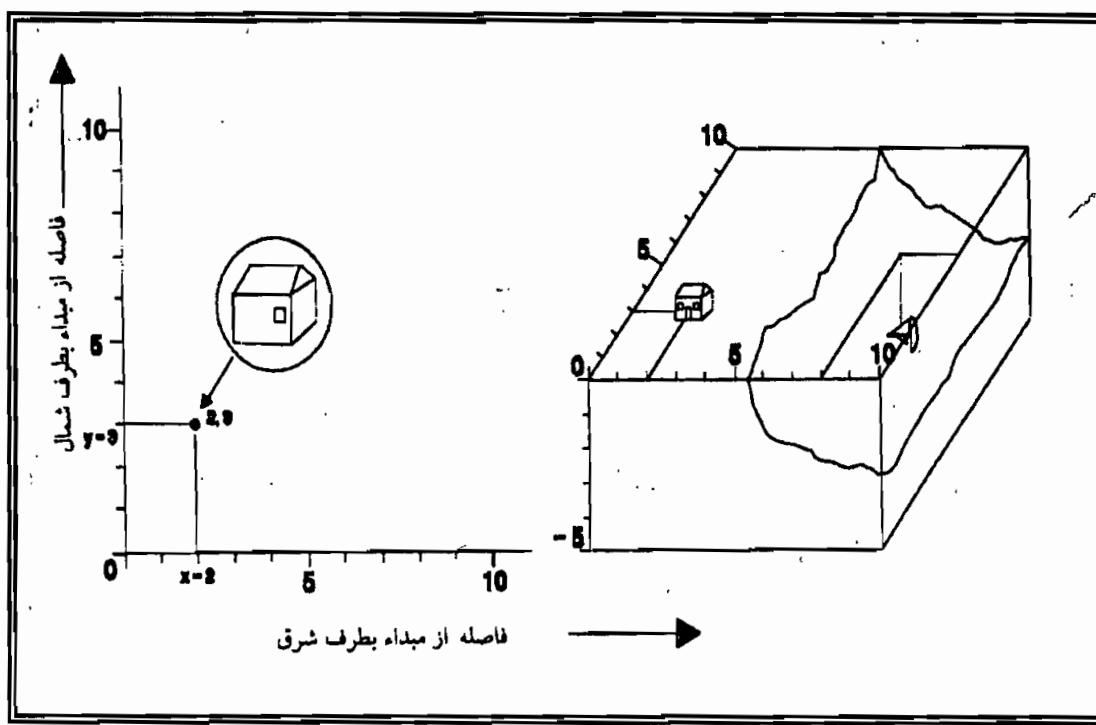
۲- انواع مدل‌های مکانی

۲-۱ مدل برداری

معمول‌ترین روش در نمایش داده‌های مکانی همان مدل برداری است. به طور کلی فن کارتوگرافی با استفاده از انواع مدل‌های برداری، برای نمایش اشیایی نظیر شهرها، جاده‌ها، رودخانه‌ها و یا تعریف لبه‌های (مرزهای) بین پدیده‌های مکانی مثل خشکی‌ها و آب‌ها به کار گرفته می‌شود. اغلب تکنیک‌های نقشه برداری و طراحی نقشه‌ها نیز که بر اصول هندسی و

ساختار مدل‌های مکانی در محیط GIS

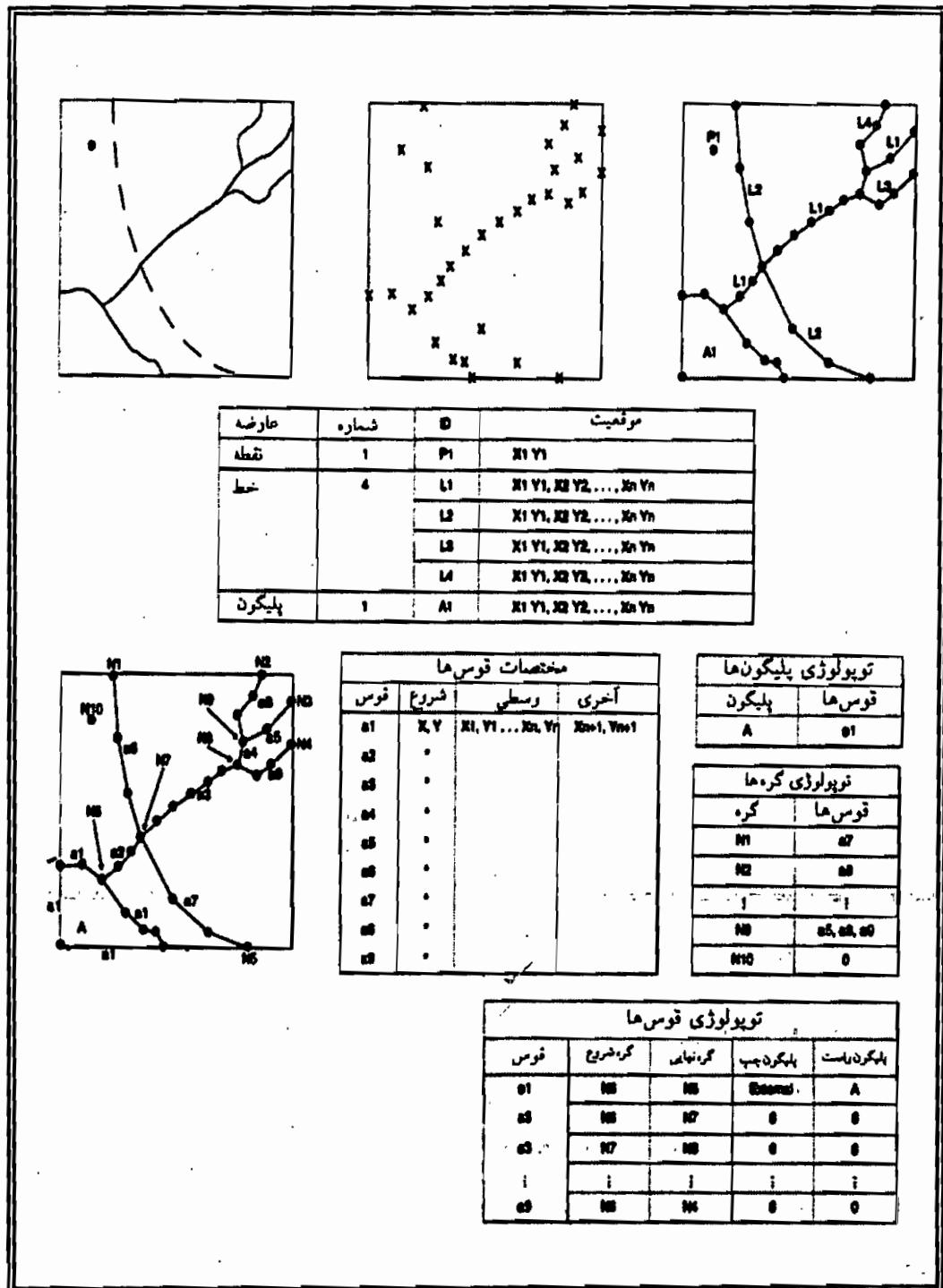
مثلثاتی بنا شده‌اند، با به کارگرفتن ساختار برداری، مدل‌های خود را ایجاد می‌کنند. در سیستم برداری، عرض خطوط در نظر گرفته نمی‌شود و با افزایش محدوده‌ها از طریق محاسبات کامپیوتری آنها بلا تغیر باقی می‌ماند. در این نوع مدل، فضای دو بعدی به صورت پیوسته فرض شده است.



شکل شماره ۱-۴ نمایش یک باب خانه نسبت به مبدأه خاص جغرافیایی

بنابراین، ساختار برداری امکان نمایش دقیق موقعیت‌ها، طول‌ها، فواصل و محدوده‌ها را میسر می‌سازد. موقعیت‌ها با مختصات y, x توصیف می‌شود؛ از این رو می‌توان اشیاء مکانی را به صورت انفرادی و ترکیبی به تصویر کشید. به عنوان مثال، موقعیت یک باب خانه در شکل شماره ۱-۴ نسبت به مبدأه مختصات اصلی نشان داده شده است. موقعیت‌ها را می‌توان در واحد درجه (عرض و طول جغرافیایی) و یا فاصله از مبدأ خاص در واحد متریک نمایش داد.

GIS بر فناوری تحلیلی



شکل شماره ۲-۴ مدل داده های مکانی برداری

همچنان که در شکل شماره ۲-۴ ملاحظه می گردد، در این مدل، نقاط با یک جفت مختصات z و x و عوارض خطی و محدوده ها با زنجیره ای متصل از نقاط ساخته می شوند.

ساختار مدل‌های مکانی در محیط GIS

همبستگی‌های مکانی نیز به منظور تحلیل‌های فضایی نظری شبکه‌های خطی، ایجاد ارتباطات و عملیات همسایگی^۱ از طریق به کارگیری روابط توپولوژیک (قوس-گره) با شناخت ساختار مدل‌ها ممکن می‌گردد. صفات مربوط به اشیاء (نقاط، خطوط و چند ضلعی‌ها) به صورت مستقل از اطلاعات مکانی در جداول خصیصه ای نگهداری می‌شوند. از طریق ساختار برداری، اشیاء با موقعیت‌های موجود در جهان واقعی در فضای نقشه که آن نیز با یک سیستم مرجع مختصات سازمان یافته است، تعریف می‌گردد (خواجه، ۱۳۷۶). به عنوان مثال، در مدل برداری یک خط می‌تواند نمایش دهنده یک جاده و یا رودخانه باشد. پلیگون‌ها معرف نواحی‌ای هستند که توسط حلقه‌های بسته (متشکل از خطوط) احاطه شده‌اند. با استفاده از پلیگون می‌توان منطقه معینی مثل جنگل و یا محدوده شهری را نمایش داد.

در مدل برداری، تشابه نزدیکی بین عناصر فضایی روی نقشه و عناصر متناظر از دنیای واقعی وجود دارد، بنابراین، در این مدل:

- عوارض جغرافیایی شبیه پدیده‌های روی نقشه‌های کاغذی است؛
- نقاط، نمایش دهنده عوارض بدون سطح و خیلی کوچکی هستند که امتدادی ندارند؛
- خطوط نیز نمایش دهنده عوارض طویل اما بدون عرض می‌باشند؛
- چند ضلعی‌ها نیز نمایش دهنده عوارضی است که مساحت معینی را بر روی زمین اشغال نموده‌اند.

در یک مدل داده ای برداری، به سادگی می‌توان هر موقعیت خاص را به صورت یک جفت مختصات $Y_i X_i$ منحصر به فرد به ثبت رساند. در این صورت، عوارض نقطه‌ای فقط با یک جفت مختصات به ثبت می‌رسند، در حالی که خطوط با یک رشته از مختصات ثبت خواهند شد. محدوده‌ها نیز به صورت یک رشته از تکه خط‌هایی که یک سطح را احاطه نموده‌اند، با پلیگون‌ها به ثبت نمی‌رسند. اصطلاح پلیگون به مفهوم "یک شکل چند ضلعی" تعبیر می‌گردد. در شکل شماره ۲-۴، به عنوان مثال، جفت مختصات $Y_1 X_1$ (با کد P1) می‌تواند نمایش دهنده یک عارضه نقطه‌ای (ساختمان) باشد. جفت مختصات $X_1 Y_1, X_2 Y_2$ (با کد XnYn..) نیز نمایش دهنده یک عارضه خطی (جاده) است. و جفت مختصات:

تحلیلی بر فناوری GIS

(با کد A1) نمایش دهنده یک عارضه سطحی (مثلًا دریاچه) می‌باشد. برای ذخیره سازی عوارض متعدد، برای هر کدام از آنها، یک برچسب یا شماره شناسایی منحصر به فردی^۱ تعیین و سپس فهرستی از مختصات مربوط به هر عارضه، به برچسب عارضه مرتبط می‌شود.

در مدل برداری، ساختار داده‌های قوس - گره، روش کارآمدی برای ذخیره‌سازی داده‌های مکانی محاسب می‌گردد؛ چرا که در این نوع مدل‌ها، داده‌ها به گونه‌ای ذخیره‌سازی می‌شوند که گره‌ها باعث ارتباط خطوط شده، خطوط نیز چند ضلعی‌ها را تشکیل می‌دهند. گره‌ها تعیین کننده نقاط انتهایی یک قوس بوده، ممکن است دو یا چندین قوس را به هم‌بگر مرتبط سازند. بنابراین، یک قوس تک خط مابین دو گره محاسب می‌گردد که با یک رشته از نقاط واسط، شکل می‌گیرد. این نقاط "ورتکس"^۲ خوانده می‌شوند. گره‌ها و ورتکس‌ها با مختصات مربوطه نمایش داده می‌شوند. برای درک مطلب به جزئیات ارائه شده در شکل شماره ۴-۲ توجه کنید.

۲-۲ مدل داده‌های شبکه‌ای

۲-۲-۱ مدل رستری

مدل رستری در فرم ساده آن شامل یک شبکه منظم از سلول‌های مربعی یا مستطیلی شکل می‌باشد. موقعیت هر پیکسل^۳، به کمک شماره سطر و ستون آن، در چارچوب قالب لایه در درون GIS تعریف می‌شود. مقدار تخصیص داده شده به هر سلول نمایانگر نوع و چگونگی اطلاعات توضیفی است که آن سلول نشان می‌دهد. بنابراین، در مدل رستری فضا به طور منظم به سلول‌های مساوی (به صورت موزاییک) تقسیم می‌گردد؛ به طوری که موقعیت اشیاء یا عوارض جغرافیایی از طریق سطر و ستون سلول‌ها قابل تعیین می‌باشد. مساحتی که هر سلول اشغال می‌کند، معین بوده، با توجه به ضریب تفکیک^۴ فضایی خود مشخص می‌شود.

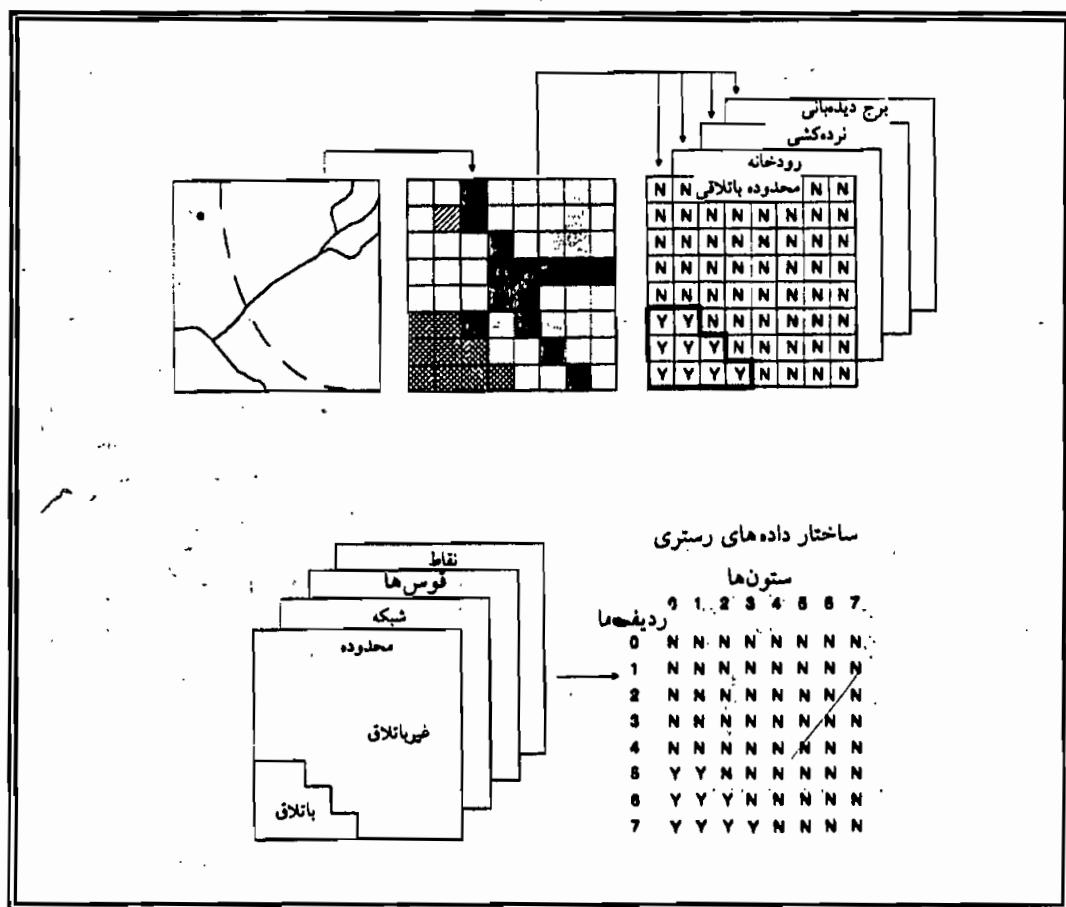
1. Location Identifiers

2. Vertex

3. Pixel

4. Resolution

ساختار مدل‌های مکانی در محیط GIS



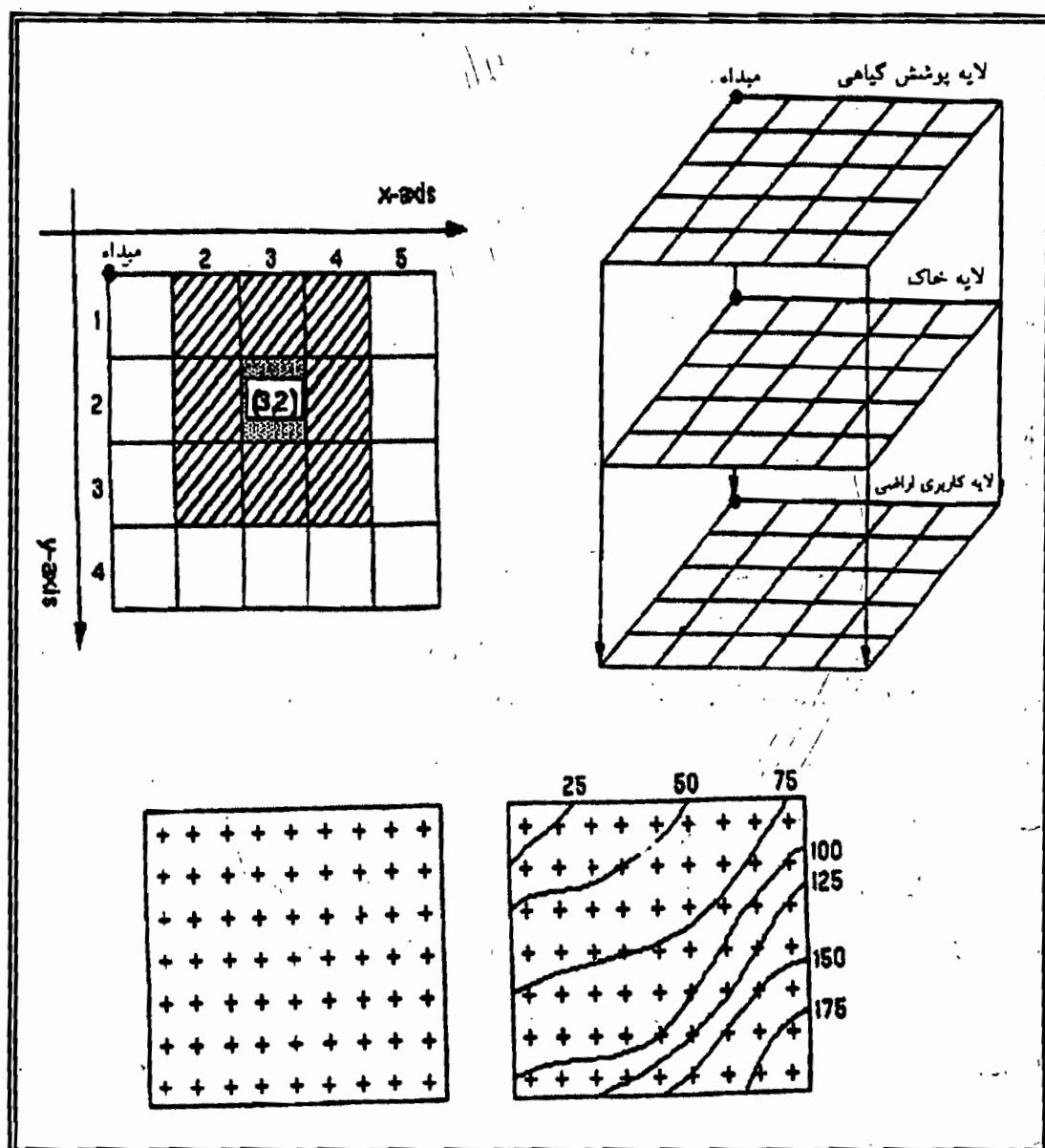
شکل شماره ۳-۴ ساختار مدل رستری

در شکل شماره ۳-۴، یک نقطه (به عنوان نماینده یک ایستگاه دیده بانی) با یک سلول، یک خط (نمایشگر یک رودخانه و یا مسیر نزد کشی) با چند سلول مشابه و در نهایت یک محدوده (معرف محدوده باتلاقی) با دسته‌ای از سلول‌ها معرفی شده‌اند. این ساختار متناسب با عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در فرمت رقومی است و دارای مزایایی از قبیل: سادگی، سهولت نمایش و قابلیت پردازش و مناسب برای تحلیل‌های فضایی چند بعدی است. از این رو، تصویری که در کامپیوتر در فرمت رستری ذخیره سازی می‌گردد، متشکل از شبکه منظمی از نقاط (به نام سلول یا پیکسل) خواهد بود که دارای ارزش‌های عددی می‌باشد. با استفاده از این مدل، زمین به صورت یک سطح پیوسته نمایش داده می‌شود. بنابراین برای توصیف هر نقطه بر روی مدل رستری می‌توان به سه روش زیر استناد نمود:

- اندازه‌گیری شدت بازتابش یک پدیده زمینی، مثل آب و گیاه بر روی تصاویر ماهواره‌ای؛

تحلیلی بر فناوری GIS

- تعیین کلاس پیکسل و یا گروهی از پیکسل‌ها در یک طبقه مشابه که یک عارضه را نمایش می‌دهند؟
- تعیین ارزش پیکسل نسبت به نقطه مرجع شناخته شده مثلاً نسبت به ارتفاع متوسط سطح دریا.



شکل شماره ۴-۴ موقعیت سلول‌ها در ساختار رستری

SAXTAR MDEL-HAY MKANI DR MHJET GIS

در محیط GIS با توجه به ساختار مدل داده های رستری می توان روابط مکانی را نمایش داد و ارزش های سطوح را مشخص نمود. از آنجایی که مدل رستری، دارای یک شبکه منظم می باشد، در این مدل، به ذخیره سازی روابط مکانی بسیار پیچیده ای مانند مدل داده ای برداری نیاز نیست؛ چرا که در یک گرید، هر سلولی می تواند دارای ۸ همسایه باشد. ۴ تا از این سلول ها در گوشه های سلول مورد نظر قرار می گیرند و ۴ سلول دیگر در طرفین و بالا دست و پایین دست مستقر می شوند. از این رو، هر سلولی با توجه به موقعیتی که در گرید دارد، شناخته می شود. در شکل شماره ۴-۴ چنین روابطی نشان داده شده است. با تخصیص یک سیستم مختصات معین به یک گرید، داده های رستری نیز "زمین-مرجع" می شوند. با این فرایند، موقعیت جغرافیایی هر سلول در مجموعه ای از داده های رستری تعیین می گردد. با استفاده از سیستم مختصات، مجموعه داده های رستری از نظر منطقی به صورت موضوعاتی در تجزیه و تحلیل های جغرافیایی قابل سازماندهی می باشند.

در جهت نمایش سطوح، ارزش عددی هر سطحی (به عنوان مثال، میزان ارتفاع یک نقطه) برای هر سلول معینی ثبت می شود. این ارزش عددی در مدل رستری، ارزش کل سلول را نمایش می دهد که در حالت کلی معرف نقطه مرکزی هر سلول خواهد بود. این نقاط مرکزی مربوط به هر سلول در ساختار شبکه ای بنام "لاتیس"^۱ معروف هستند. با استفاده از مقادیر لاتیس ها می توان محاسبات دقیق مربوط به ارزش های سطحی را انجام داد. به عنوان مثال، به منظور تحلیل هایی از قبیل محاسبه مقادیر شبیب، تعیین جهت شبیب و واسطه یابی خطوط منحنی میزان می توان از ارزش های لحاظ شده در لاتیس ها بهره برد.

۲-۲ ساختار درختی چهار گانه

این ساختار نوعی مدل شبکه ای شاخه درختی است که به منظور افزایش ظرفیت ذخیره ای در مدل رستری ایجاد می گردد. در واقع در این مدل با تقسیمات مکرر و منظم فضا به واحد های کوچک تر، عوارض جغرافیایی با تفکیک بالاتری نمایش داده می شوند. تعداد دفعات تقسیم، بستگی به میزان پیچیدگی پدیده تحت مطالعه دارد. (Ibbs and Stevens, ۱۹۸۹) با استفاده از تقسیم شبکه سلولی به اندازه هایی با ابعاد مساوی، مدل درخت چهار گانه ای

1. Latis

تحلیلی بر فناوری GIS

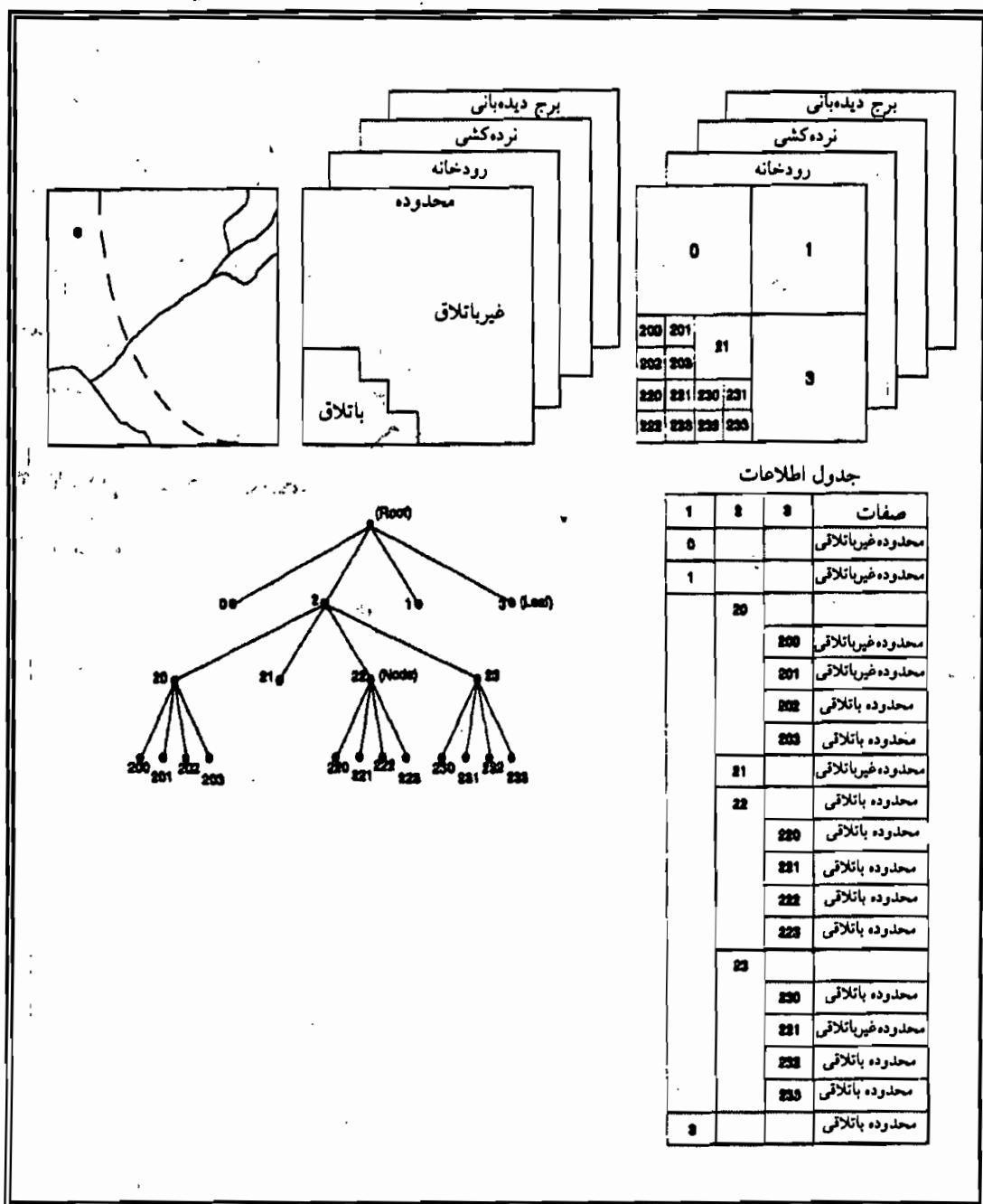
حاصل می آید که باعث ایجاد فشردگی در فایل رستری می گردد. در این مدل، فضای موجود را می توان به شبکه های منظم و کوچک تر، به صورت شاخه درختی تقسیم نمود. پروسه تقسیمات جزء ادامه می یابد، تا هر واحد جزء توسط یک محتوای مکانی با یک صفت مشابهی تعریف شود.

تعداد تقسیمات جزء بستگی به نوع و پیچیدگی لایه و یا نقشه ای دارد که مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است؛ برای مثال، یک نقشه با دارا بودن پوشش زمین یکسان، مثلاً محدوده یک گیاه بخصوص، منجر به ایجاد ساختار شاخه درختی یکسانی خواهد شد. در این حالت تقسیمات جزئی بعدی هم نتیجه همانندی داشته، نمایشگر یک رشته از داده های مشابه مکانی خواهد بود. زمانی که ساختار نقشه مورد نظر پیچیده تر گردد - مثلاً در موقعیت مرز دو نوع پوشش زمین مختلف - تقسیمات جزئی کوچک تر بعدی ادامه خواهد داشت، تا با توجه به ضریب تفکیک مورد نیاز، دو و یا چندین نوع پوشش متفاوت از هم دیگر قابل تشخیص شوند. در این شرایط تعداد تقسیمات جزء، خیلی بیشتر خواهد بود؛ چرا که به تفکیک اطلاعات ریزتر و نمایش خصوصیات مکانی جامع تری نیاز می باشد.

شکل شماره ۴-۵ نمایشگر چگونگی ساختار شاخه درختی داده ها می باشد. در این مثال، محدوده های داخل نقشه ها به صورت منظم به چارک های بعدی تقسیم می شوند تا هر چارک فقط نمایشگر یک تیپ خاص باشد؛ این نوع ساختار داده ها، توسط اغلب دانشمندان مورد توجه خاص قرار گرفته است. (Peucker and Chrisman, ۱۹۷۵) به علاوه، محققان دیگری نظیر "Samet" در تنوع بخشیدن به ساختارهای شاخه درختی تلاش بسیاری مبذول داشته اند. (Samet, ۱۹۸۸ and ۱۹۸۴) بهترین نمونه کاربردی مدل شاخه درختی را می توان در طراح معماری نرم افزار SPANS ملاحظه کرد. با بهره گیری از این ساختار، ضمن تحلیل دقیق داده ها با تفکیک مورد نیاز، می توان نقشه های پایه^۱ متعددی را ایجاد و انواع طرح های طبقه بندی^۲ را تولید نمود.

1. Basemaps
2. Classification Scheme

ساختار مدل‌های مکانی در محیط GIS



شکل شماره ۴-۵ مدل ساختار شاخه درختی از داده های رستری

۳-۲-۳ ساختار مدل مکعبی^۱

ساختار مکعبی در واقع مدل گسترش یافته ساختار شاخه درختی است که در جهت پوشش دادن به فضای سه بعدی ایجاد می شود. این مدل به غیر از ابعاد x و y بعد z را نیز

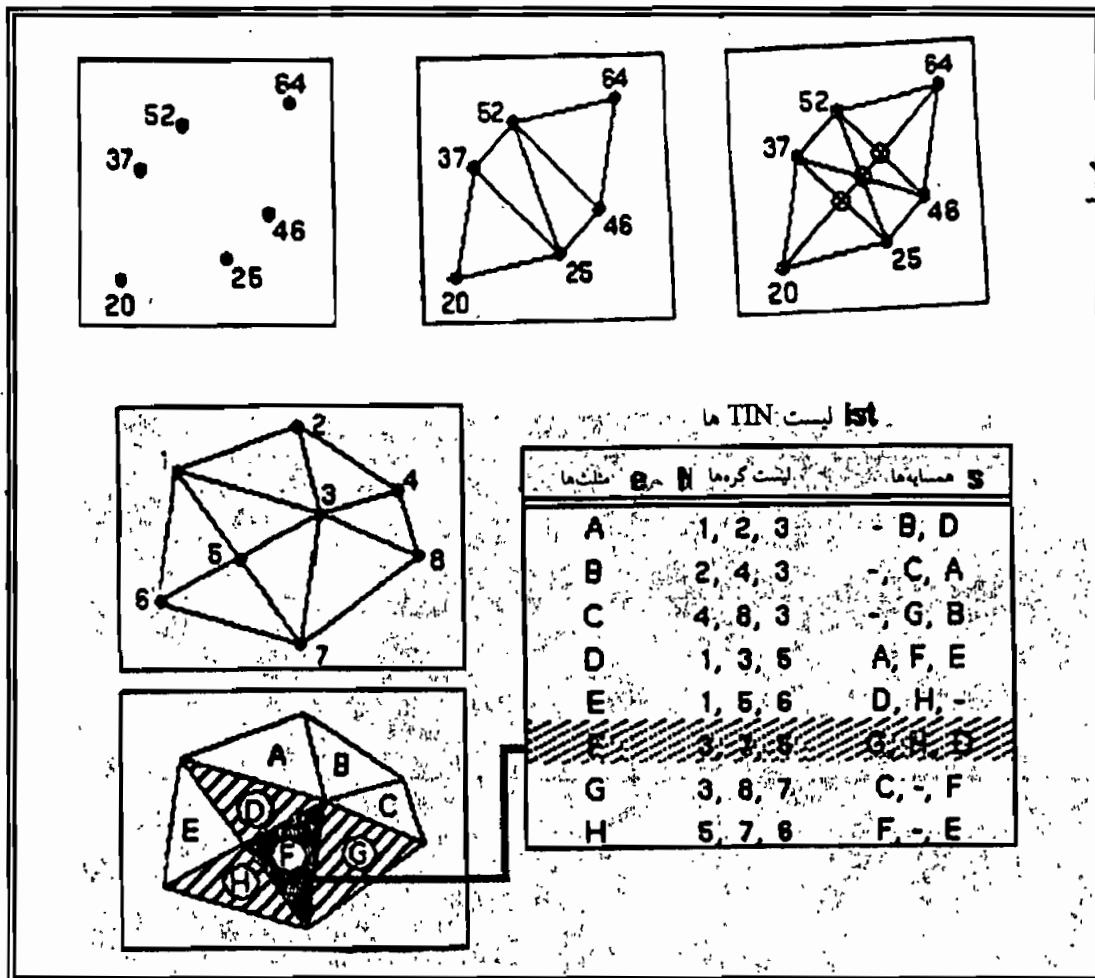
1. Octree

تحلیلی بر فناوری GIS

مورد توجه قرار داده، بدین ترتیب فضای سه بعدی در ابعاد هشت گانه به نمایش گذاشته می‌شود. این مدل به منظور پاسخگویی به نیازهای روزافزون در طراحی بعد سوم فضاست. در حال حاضر، تلاش‌هایی در جریان است، تا محیط‌های اتمسفر و اعماق زمین، همراه با پدیده‌های موجود در آنها، از طریق مدل‌های سه بعدی نمایش داده شوند. در محیط نرم‌افزارهای SPANS و ArcView با استفاده از توابع تحلیل‌گر سه بعدی^۱ می‌توان فضاهای جغرافیایی را به بهترین وجه ممکن طراحی و به طرق مختلف و به صورت متحرک نمایش داد و محاسباتی هندسی را نیز اعمال نمود.

۲-۳ مدل مثلث‌های نامنظم

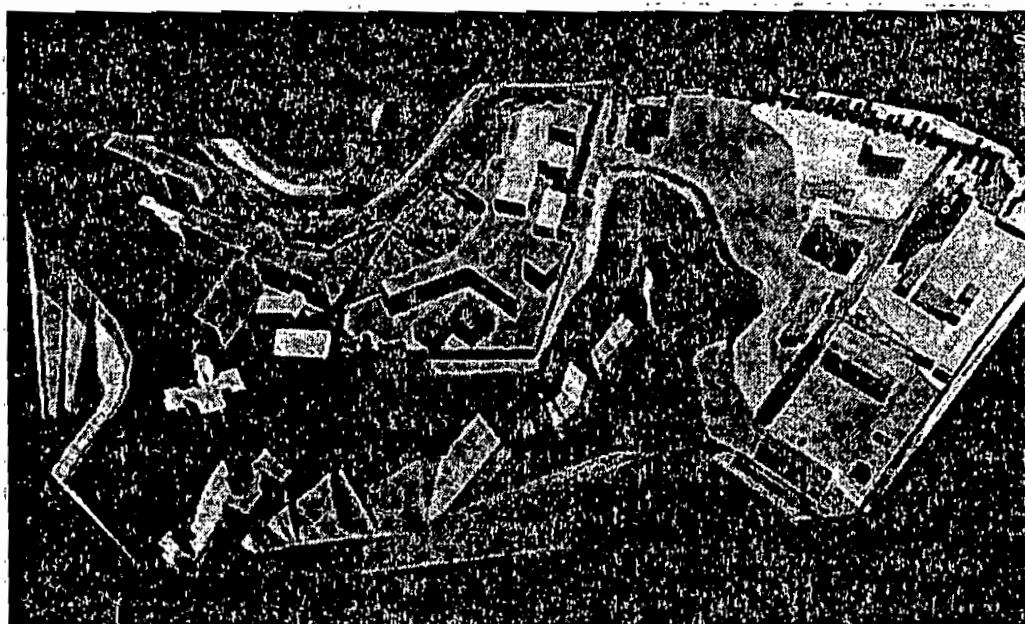
مدل مثلث‌های نامنظم، راه حلی مناسب برای نمایش سطوح پیوسته است. با این مدل می‌توان طراحی و نمایش سطوح مختلف را انجام داد. در واقع، مدل TIN یک سطح مشخصی را به صورت مثلث‌های متصل به هم نمایش می‌دهد. مثلث‌ها با استفاده از سه نقطه با روئوس متصل به هم ساخته می‌شوند و این نقاط می‌توانند به صورت نامنظم در هر موقعیتی قرار گیرند (شکل شماره ۶-۴).



شکل شماره ۷-۴. مدل TIN و نمایش روابط توپولوژیک مربوط به آن

بر اساس مجموعه‌ای از قوانین داخلی، گره‌ها به نزدیک ترین همسایه‌ها در لبه‌ها متصل می‌شوند. برای شناسایی مثلث‌های همسایه، توپولوژی چپ-راست به لبه‌ها تعریف می‌گردد. مثلث‌ها بر اساس توده نقاط و خطوط شکستگی ایجاد می‌گردند. این نقاط و خطوط، اطلاعات مربوط به سطح را فراهم می‌سازند. مدل TIN، مثلث‌ها را بر اساس مجموعه‌ای از نقاط به نام توده نقاط ایجاد می‌کند. این نقاط همیشه ثابت‌اند و کاربر نمی‌تواند در انتخاب گره‌های مورد استفاده در ایجاد مثلث‌ها دخالتی داشته باشد. در مدل TIN، هر مثلث دارای شناسته منحصر به فرد و دارای سه گره مخصوص به خود است و حداقل با دو و حداکثر با سه مثلث می‌تواند همسایه باشد. در این نوع مدل، لبه‌ها از طریق اتصال گره‌ها تعیین می‌شوند، به طوری که اولین لبه، از گره ۱ تا ۲، دومین لبه از گره ۲ تا ۳ و سومین لبه از گره ۱ تا ۳

تعریف می‌گردد. ترتیب مثلث‌های مجاور، مطابق با ترتیب لبه‌ها می‌باشد. مثلث همسایه ۱ دارای لبه شماره ۱ می‌باشد و تا آخر، در تمامی مثلث‌ها این ساختار ادامه می‌یابد. در این مدل برخلاف مدل رستری (و لاتیس‌های مربوط) فواصل بین نقاط به طور منظم توزیع نشده‌اند. در مدل TIN روابط توپولوژیکی ذخیره سازی شده توسط گره‌ها، بلوک‌های اصلی مدل را ایجاد می‌کنند. با استفاده از ساختار این مدل می‌توان فضای را به صورت سه بعدی نمایش داد (شکل شماره ۷-۴).



شکل شماره ۷-۴ ایجاد فضای سه بعدی با استفاده از مدل TIN

۳- مقایسه مدل‌ها

در طراحی پروژه‌های GIS کاربران می‌توانند یک و یا چند مورد از مدل‌ها را با توجه به اهداف مورد نظر خود انتخاب نمایند. توجه دقیق به ویژگی‌های هر سه مدل می‌بین این واقعیت است که هر کدام از آنها در شرایط خاصی می‌تواند سازگاری مناسب تری با عوارض واقعی زمین داشته باشند. از طرفی نوع و ماهیت داده‌ها و هدف نهایی محقق از مهم‌ترین دلایل انتخاب یک مدل و ترجیح یکی بر دیگری است. در روند تحقیقات همواره نمی‌توان تنها بر یک مدل استناد کرد؛ چرا که گاهی در جهت حصول نتیجه مطلوب باید چندین مدل را به طور همزمان تجربه نمود.

۱-۳ مقایسه مدل‌های برداری و رستری

تصمیم‌گیری درباره نحوه به کارگیری مدل‌های برداری و رستری مستلزم آگاهی از امتیازها و محدودیت‌های هر دو ساختار است؛ چرا که هر کدام از مدل‌ها با توجه به اطلاعات مکانی مناسب خود باید به کار گرفته شوند. برای مثال، تصاویر ماهواره‌ای - برگرفته از طریق فناوری سنجش از دور - با مدل ساختار شبکه‌ای مطابقت بهتری دارند. اما زمانی که هدف نمایش پذینده‌های خطی است، مدل برداری شرایط مکانی را به طور واقعی‌تری به تصویر می‌کشد. در هر دو مدل، اطلاعات فضایی با واحدهای همگون نمایش داده می‌شوند، اما مقایسه آنها نشان دهنده این واقعیت است که هر کدام از مدل‌ها دارای معایب و مزایای منحصر به خود می‌باشند (جدول شماره ۱-۴) :

جدول شماره ۱-۴ مقایسه بین مدل‌های رستری و برداری

مدل رستری	مدل برداری
مزایا	
ساختار داده‌ها ساده‌تر است	قابل داده‌ها منسجم‌تر است
عملیات انطباق آسان‌تر صورت می‌گیرد	مناسب برای تحلیل‌های توبولوژیک و هندسی است
تغییرپذیری فضایی مؤثرتری را عرضه می‌دارد	برای عملیات گرافیکی مناسب‌تر است
مدل رستری اطلاعات پیوسته‌ای از سطح زمین را ارائه می‌دهد	ذخیره اطلاعات به صورت برداری به فضای کمتری نیاز دارد
تصاویر رستری طبیعی و قابل درک می‌باشند	در مدل برداری تشخیص عوارض نقشه ساده‌تر صورت می‌گیرد
معایب	
ساختار داده‌ها فشرده‌گی کمتری دارد	پیچیدگی ساختار داده‌ها زیاد می‌باشد
نمایش ارتباطات توبولوژیک مشکل است	اجرای عملیات انطباق مشکل می‌باشد
گرافیک‌های خروجی از لحاظ شکل ظاهری زیبایی مدل برداری را ندارند	تغییرپذیری فضایی کم می‌باشد
ذخیره اطلاعات به صورت رستری به فضای زیادتری نیاز دارد	مدل برداری اطلاعات ناپیوسته‌ای از سطح زمین را ارائه می‌دهد
ترکیب سخت افزاری نیرومندی را لازم دارد.	کارایی خوبی با تصاویر رقومی را نشان نمی‌دهد
به کارگیری روش‌های درونیابی با توجه به تفکیک سلول‌ها باید با اختیاط صورت گیرد.	داده‌های برداری کلیه اطلاعات ثبت شده سطح زمین را همراه ندارد

علی‌رغم محدودیت‌های مندرج در جدول فوق، امروزه با پیشرفت‌های صنعت کامپیوتر و اعمال روش‌های جدید کارت‌وگرافیکی و ریاضی، بسیاری از مشکلات به سرعت در حال رفع

تحليلی بر فناوری GIS

۲۰

شدن است. به علاوه با توجه به ظهور نرم افزارهای جدید با قابلیت‌های زیاد، داده‌های رستری و برداری و مثلى به همديگر قابل تبدیل بوده و می‌توان آنها را به صورت ترکيبي در محیط GIS به کار گرفت (دادرست، ۱۳۷۹). اما با توجه به خصوصيات هر کدام از مدل‌ها و توانايي آنها در نمايش پديده هاي دنياي واقعي، يك محقق باید قدرت كافى در تشخيص و استفاده از انواع مدل‌ها را داشته باشد. به طور كلى، هيج قاعدة كلى در نحوه به کارگيري انواع مدل‌ها وجود ندارد. اما توجه به مواردي نظير: حجم داده‌ها، روابط توبولوژيك، پرسش‌های مکانی، كلى نگري، ظرفيت تحليلي، ميزان دقت و صحت اطلاعات حاصله، محققان را در جهت ترجيح يكى از ساختارها بر ديجري كمك مى کند. اگرچه، تعين قوانين دقيق مربوط به هر مدل مشكل است، با اين حال مشخصات كلى مدل‌ها به صورت خلاصه قابل ارائه است:

- تمرکز اصلی مدل داده‌اي برداری به نمايش عوارض جغرافيابي می باشد؛ در حالی که تمرکز اصلی مدل داده‌اي رستری، بيان موقعیت عوارض می باشد.
- مدل داده‌اي برداری برای پاسخگویی به اين سؤال مناسب می باشد که "من در رابطه با اين عارضه جغرافيابي چه می‌دانم؟" در حالی که مدل داده‌اي رستری برای پاسخگویی به سؤال "در اين موقعیت چه پديده جغرافيابي رخ می‌دهد؟" مناسب می باشد.
- مدل داده‌اي برداری از مختصات x و y برای نمایش عوارض جغرافيابي استفاده می‌کند؛ در صورتی که مدل داده‌اي رستری، از طریق سطر و ستون ارزش‌های عددی در سلول‌ها را ذخیره‌سازی می‌نماید.
- مدل داده‌اي برداری محدوده‌ها را به طور دقیق تعریف می‌کند، در حالی که در مدل رستری محدوده‌ها به طور کامل تعریف نمی‌شوند.
- مدل برداری، موقعیت‌ها را به صورت مقادیر x و y در يك سیستم مختصات "دکارتی"^۱ قابل نمايش می‌سازد؛ در حالی که مدل داده‌اي رستری، موقعیت سلول‌ها را نسبت به يك مبدأ خاص نمايش می‌دهد.
- مدل برداری شکل دقیق عارضه را نمايش می‌دهد، حال آنکه مدل رستری مناطق مربعی شکل را نمايش و بنابراین شکل تقریبی عارضه را ارائه می‌دهد.

- مدل داده‌ای رستری تغییر تدریجی بین عوارض و سطوح را نمایش می‌دهد؛ در حالی که مدل برداری تغییرات ناگهانی را به نمایش می‌گذارد.
- مدل برداری برای تولید نقشه‌هایی با کیفیت خیلی بالا و با دقت مکانی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد (برای تولید نقشه‌های کاداستر)؛ اما مدل داده‌ای رستری برای ذخیره‌سازی تصاویر و یا عکس‌های هوایی در فرمت رقومی مناسب‌تر است و این مدل برای کاربردهایی از قبیل تعیین مسیر بهینه، مدل‌سازی بارش و رواناب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- همپوشانی لایه‌ها در مدل داده‌ای برداری بسیار پیچیده است؛ در حالی که همپوشانی لایه‌ها در مدل داده‌ای رستری بسیار ساده‌تر و منطقی‌تر بوده و به سرعت محاسبات مورد نیاز انجام می‌گیرد.

با استفاده از محیط نرم افزارها می‌توان داده‌ها را از یک مدل به مدل دیگری تبدیل کرد. این کار باعث می‌شود که بتوان از نقاط قوت هر دو مدل برداری و رستری استفاده نمود. ایجاد یک مدل شبکه‌ای با استفاده از پلیگون‌ها، از نظر مفهومی شامل همپوشانی کردن سلول‌های مربوط با داده‌های برداری و تعیین ارزش عددی هر پیکسل مبتنی بر واقع شدن پلیگون‌ها در آن پیکسل می‌باشد. ایجاد پلیگون‌ها با استفاده از شبکه رستری در محیط نرم افزار SPANS نیز، امکان‌پذیر است. این کار به نام تبدیل داده‌های رستری به مدل برداری¹ معروف است. برداری نمودن عوارض خطی با استفاده از مدل شبکه‌ای، تا حدودی پیچیده‌تر است و به تابع پیچیده‌تری نیاز دارد. تابع Arc Scan در نرم افزار ARC/INFO دارای توابع مورد نیاز جهت برداری نمودن عوارض خطی است.

- دکتر سید رضا حسینزاده

مکندس علم رضا بهادری

جهاز دامنه هم مسکن

فصل سیم:

کارتوگرافی و نمایش داده های جغرافیایی

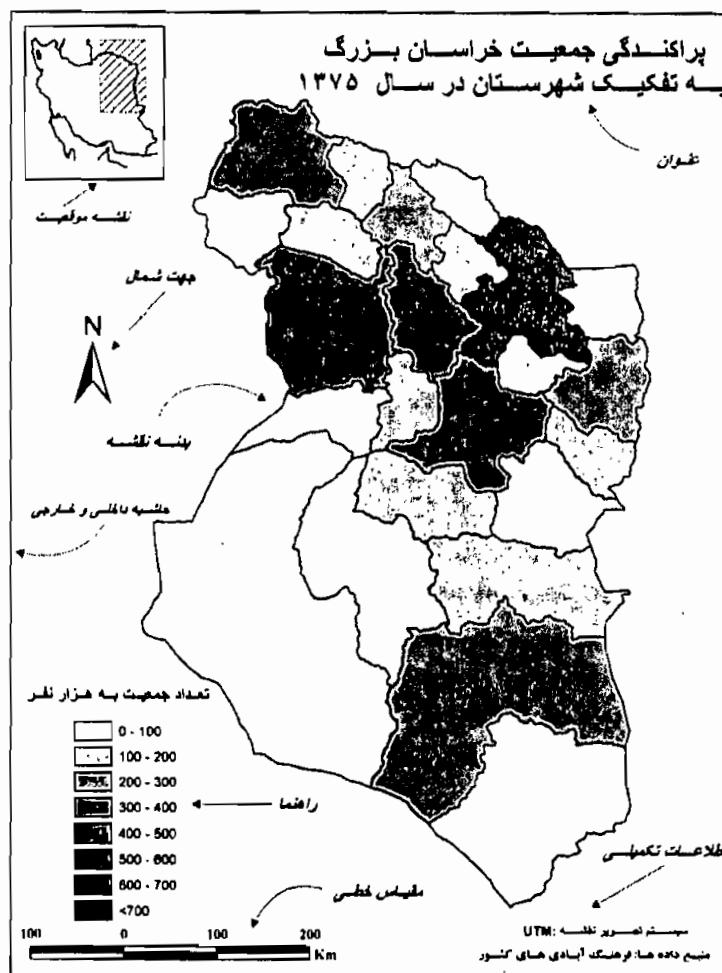
۱۱-۱ مقدمه

نقشه، مهم ترین وسیله نمایش و تحلیل اطلاعات جغرافیایی و رابط مهمی در GIS به شمار می رود. مادر GIS نقشه ها را برای مشاهده، پرسش، ثبت و تحلیل اطلاعات مورد استفاده قرار داده و آنها را برای ارائه و درج در گزارش های تحقیقاتی، پایان نامه ها، مقالات و کتاب ها تهیه می نماییم. علاوه بر کاربردهای یاد شده، نقشه ها مؤثر ترین ابزار بیان کننده ارتباط فضایی داده های زمین مکانی و الگوی توزیع آنها در موقعیت خودشان به حساب می آیند.

هر نقشه از چند جزء اصلی یعنی عنوان، بدنه، راهنمایی، مقیاس، جهت شمال، منبع تهیه نقشه، مختصات جغرافیایی، کادر داخلی و کادر خارجی تشکیل می شود (شکل ۱۱-۱). علاوه بر اجزای اصلی نقشه، اطلاعاتی از قبیل نام سیستم تصویری، کیفیت اطلاعات و توضیحات اضافی نیز با نقشه همراه می شوند تا امکان استفاده بهتر برای خوانندگان نقشه را فراهم آورند. چون بدنه یا متن نقشه حاوی اطلاعات جغرافیایی است، مهم ترین جزء آن بوده و سایر اجزا برای برقراری ارتباط بهترین نقشه و نقشه خوان در آن گنجانده می شود. به عنوان مثال، عنوان نقشه موضوع آن و راهنمای نقشه نمادهای مورد استفاده در نمایش داده ها را نشان می دهد.

نمایش داده های جغرافیایی یکی از مباحث مهمی است که طی سال های اخیر در نرم افزارهای GIS وسیعاً مورد توجه قرار گرفته و همه در تلاشند تا بهترین امکانات گرافیکی را برای این امر به کار ببرند. نرم افزارهای GIS تحت ویندوز به دو دلیل برای نمایش داده ها بسیار عالی هستند اول اینکه تهیه کننده نقشه به آسانی می تواند آیکون های گرافیکی را برای ساخت نقشه انتخاب و کلیک نماید. دوم اینکه نرم افزارهای تحت ویندوز دارای گزینه های طراحی ضمیمه شده ای نظیر نمادهای انتخابی و الگوهای رنگی در قالب منوهای مختلف می باشد.

در محیط های غیر ویندوز، تهیه کننده نقشه برای ترسیم آن باستنی دستورات متعددی را از قبل حفظ باشد تا بتواند با تایپ آنها یک نقشه را تهیه کند. برای تهیه کننده گان مبتدی نقشه یا کلاس های آموزشی، راحت ترین روش تهیه نقشه، استفاده از نرم افزارهای GIS و گرینه های پیش فرض آنهاست. تهیه کننده گان حرفه ای نقشه، نه تنها به پیش فرض نرم افزارها اعتماد نکرده بلکه در مواردی از کارهای دستی نیز کمک می گیرند. به هر حال، چه نقشه با



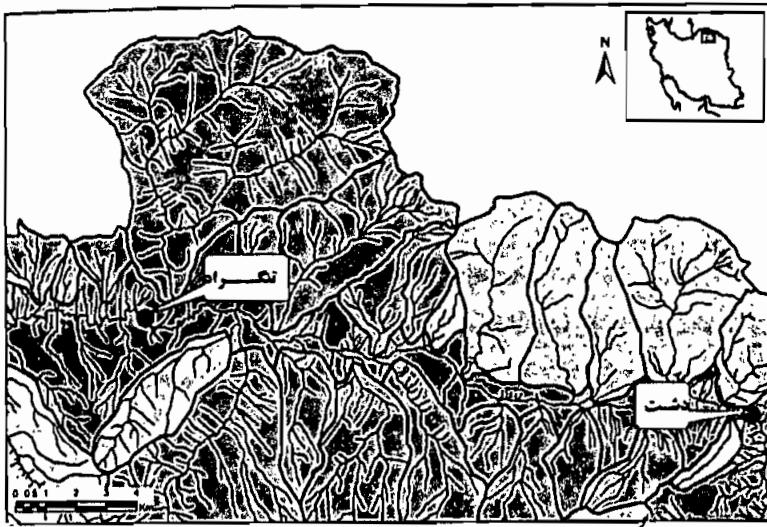
شکل ۱۱-۱ اجزای عمومی یک نقشه.

نرم افزار تهیه شود و یا تلفیقی از کارهای کامپیوتري و دستی باشد، باید قادر به برقراری ارتباط مطلوب با خواننده نقشه بوده و اطلاعات جغرافیایی را به خوبی به نمایش بگذارد. نقشه‌ای که از طراحی و کارتوگرافی ضعیف برخوردار باشد، نه تنها عامل انتقال اطلاعات نیست بلکه می‌تواند منجر به گمراهی و سردرگمی نقشه‌خوان نیز بشود. در این فصل، روش‌های صحیح طراحی انواع نقشه مورد بررسی و تمرین قرار می‌گیرد.

۱-۱-۱ نمادسازی کارتوگرافیکی^۱ عوارض جغرافیایی

کارتوگرافی را علم تهیه و مطالعه نقشه‌ها در تمام موضوعات جغرافیایی تعریف کرده‌اند. برخی نیز آنرا علم و هنر تهیه نقشه نامیده‌اند (رابینسون، ۱۹۶۳؛ رابینسون و همکاران، ۱۹۹۵). اساسی‌ترین عنصر در کارتوگرافی سمبولیزاسیون^۲ یا نمادسازی است که به معنای استفاده از علائم مختلف در نقشه برای نمایش عوارض جغرافیایی است. عوارض جغرافیایی همراه خصوصیات توصیفی و مکانی‌شان بر روی نقشه ترسیم می‌شوند.

1. Cartography
2. Symbolization

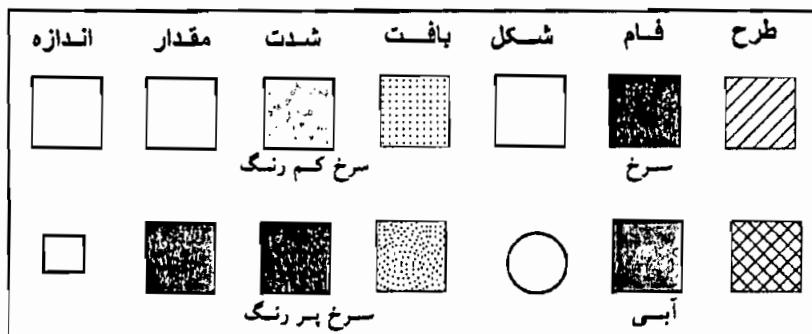


شکل ۱۱-۲ استفاده از نمادهای سطحی برای حوضه‌های آبریز، خطی برای رودخانه‌ها و نقطه‌ای برای ایستگاه‌های هیدرومتری در یک نقشه.

بنابراین، در نمایش یک عارضه جغرافیایی بروی نقشه ما از یک نماد برای موقعیت آن و یک یا چند متغیر بصری برای نمایش داده‌های توصیفی عارضه استفاده می‌نماییم. به عنوان مثال، برای نشان دادن دو نوع جاده آسفالت و خاکی در یک نقشه به ترتیب می‌توان از یک خط ضخیم سرخ رنگ و یک خط نازک سیاه رنگ استفاده کرد. نماد خطی موقعیت هر دو جاده و عرض و رنگ خط به عنوان دو متغیر بصری همراه خط، جاده‌های فوق را از یکدیگر متمایز می‌سازد. انتخاب علایم و متغیرهای بصری مناسب موضوع مهمی در نمایش داده‌های جغرافیایی و تولید نقشه‌هاست. انتخاب نمادهای نقشه برای داده‌های رستری ساده است زیرا سلول‌ها به عنوان نماد نقشه‌ها، انواع عوارض جغرافیایی اعم از نقطه‌ای، خطی یا سطحی را نشان می‌دهند. انتخاب نمادهای نقشه برای داده‌های وکتوری بستگی به نوع عارضه موردنمایش دارد (شکل ۱۱-۲).

قاعده کلی این است که نماد نقطه برای عوارض نقطه‌ای، خط برای عوارض خطی و سطح برای عوارض سطحی به کار رود ولی این قاعده برای داده‌های حجمی و تجمعی کاربردی ندارد. نمادهای حجمی مشخصی برای نمایش داده‌هایی نظیر ارتفاع، درجه حرارت و بارندگی وجود ندارد ولی در مقابل سطوح سه‌بعدی و خطوط هم ارزش برای نقشه‌هایی از این قبیل به کار می‌روند. داده‌های عددی نظیر جمعیت استان‌ها جزو داده‌هایی هستند که در قالب حاصل جمع و به صورت یک عدد برای هر استان ارائه می‌شوند. یک روش معمولی برای نمایش جمعیت هر استان این است که مرکز هر استان را گرفته و با استفاده از نمادهای نقطه‌ای آن را نشان دهیم. متغیرهای بصری برای نمایش داده‌های جغرافیایی عبارت اند از: اندازه^۱، مقدار رنگ^۲، رنگ تدریجی^۳، بافت^۴، شکل^۵، رنگ (فام)^۶ و طرح^۷ (شکل ۱۱-۳). انتخاب هر یک از این متغیرها به نوع داده‌های موردنمایش بستگی دارد.

1. Size
2. Texture
3. Hue



شکل ۱۱-۳ انواع متغیرهای بصری مورد استفاده در نمادسازی کارت‌وگرافیکی.

مقیاس اندازه‌گیری که در فصل ۹ به آن اشاره کردیم برای طبقه‌بندی داده‌های توصیفی به کار می‌رود و اندازه و بافت بیشتر برای نمایش داده‌های نسبی، فاصله‌ای و نسبتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، در یک نقشه می‌توان اندازه شهرها را با دوایر مختلف‌الاندازه‌ای نشان داد. شکل و طرح بیشتر به نمایش داده‌های موضوعی یا اسمی اختصاص دارد. مثلاً برای نمایش انواع کاربری اراضی می‌توان از طرح‌های مختلف سطحی استفاده کرد. رنگ‌ها و رنگ‌های تدریجی متغیرهای بصری رنگی هستند که به دلیل اهمیت آنها در تهیه نقشه‌های رنگی در بخش بعدی توجه ویژه‌ای به آنها خواهیم داشت. اغلب نرم‌افزارهای GIS متغیرهای بصری را در قالب پنجره‌هایی سازمان داده‌اند که کاربر می‌تواند به آسانی آنها را انتخاب و در تزیین نقشه مورد استفاده قرار دهد. برخی از نرم‌افزارها نیز این امکان را فراهم می‌آورند تا کاربر بتواند شخصاً انواع رنگ‌ها و طرح‌ها را بسازد. متغیرهای بصری برای داده‌های رستری عمدتاً محدود به رنگ‌های است زیرا متغیرهایی نظیر شکل و اندازه در مورد آنها کاربردی نداشته و استفاده از طرح و بافت نیز به دلیل کوچکی سلول‌ها مشکل می‌باشد.

۱۱-۲ استفاده از رنگ

معمولآً رنگ‌ها جذابیت خاصی را به نقشه‌ها می‌دهند. بهمین علت، تهیه کنندگان نقشه در صورت امکان تهیه نقشه‌های رنگی را بر نقشه‌های سیاه و سفید ترجیح می‌دهند. البته رنگ اگر به درستی انتخاب نشود می‌تواند منجر به برداشت‌های نادرستی از عوارض جغرافیایی موجود در نقشه گردد. بهمین علت، استفاده از رنگ برای ساخت نقشه باید با فهم ابعاد بصری از رنگ، مقدار رنگ و غلظت آن آغاز گردد.

فام یا رنگ^۱ کیفیتی است که یک رنگ را از رنگ دیگر متمایز می‌سازد مانند تفاوت سرخ از آبی؛ رنگ را همچنین می‌توان طول موج غالب نور سازنده یک رنگ تعریف نمود. ما سعی می‌کنیم رنگ‌های مختلف در یک نقشه را با انواع مختلف داده‌ها مرتبط سازیم. مقدار رنگ^۲ عبارت است از روشنی یا تیرگی یک رنگ که در حداقل روشنایی از سیاه شروع شده و به حداقل آن در سفید پایان می‌یابد. ما عموماً پذیرفته‌ایم که

1. Pattern
2. Shape
3. Value

نمادهای تیره‌تر در نقشه‌ها عوارض مهم‌تر را نشان می‌دهند. کرومایا رنگ تدریجی^۱ که با عنوانین شدت یا اشباع نیز بیان می‌گردد عبارت است از کم‌رنگی یا پررنگی یک رنگ. یک رنگ با اشباع کامل رنگی خالص است در حالی که رنگ با درجه اشباع کم رویکردی خاکستری رنگ دارد. ما معمولاً نمادهای باشدت بیشتر را با اهمیت بصری بزرگتر می‌شناسیم.

بیان این امر که ما چرا از رنگ استفاده می‌کنیم بسیار ساده است. رنگ متغیر بصری مناسبی برای داده‌های کیفی است و مقدار رنگ (روشنی یا تیرگی) و کرومایعنی کم‌رنگی و پررنگی برای داده‌های کمی (شیبی، فاصله‌ای و نسبتی) مناسب است. تهیه نقشه‌های کیفی با استفاده از رنگ‌ها کار سختی نیست زیرا ما به آسانی می‌توانیم ۱۵ تا ۱۵ رنگ مشخص را برای یک نقشه انتخاب کنیم. حتی اگر نقشه ما به نمادهای بیشتری احتیاج داشته باشد می‌توانیم رنگ‌ها را با انواع طرح‌ها و نوشته ترکیب نماییم تا نمادهای بیشتری را بسازیم. تهیه نقشه‌های کمی مستلزم توجه بیشتری است لذا کارتوگراف‌ها پیشنهاد می‌نمایند که با ترکیب مقدار رنگ و کرومای (رنگ‌های تدریجی) داده‌های کمی را نمایش دهیم (راینسون، ۱۹۹۵).

۱۱-۳ طبقه‌بندی داده‌ها

طبقه‌بندی داده‌ها عبارت است از انتخاب یک روش طبقه‌بندی برای گروه‌بندی مناسب داده‌ها و عوارض جغرافیایی. یک نرم‌افزار GIS معمولاً روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی داده‌ها را در اختیار قرار می‌دهد که در زیر به پنج روش مرسوم به‌طور خلاصه اشاره می‌نماییم:

۱. روش هم‌فاصله^۲: این روش طبقه‌بندی مقادیر داده‌ها را با فواصل مساوی مرتب می‌کند.
۲. روش هم‌فراوانی^۳: این روش را که کوانتل^۴ نیز می‌نامند، کل تعداد مقادیر داده‌ای را به طبقاتی تقسیم می‌کند که هر طبقه دارای فراوانی مساوی باشد. این روش، روش نسبتاً ساده‌ای است، اما ممکن است موجب استنباط غلط کاربر شود.
۳. روش میانگین و انحراف معیار^۵: در این روش برای تعیین فاصله طبقات باید به‌اندازه یک انحراف معیار از میانگین به سمت بالا یا پایین برویم.
۴. روش شکست طبیعی^۶: این روش که روش بهینه‌سازی جنکز^۷ نیز نام دارد، یک الگوریتم محاسباتی را برای به حداقل رساندن اختلافات بین داده‌ها در یک طبقه مشخص و به حداقل رساندن اختلافات بین طبقات را به کار می‌برد. بنابراین، در این روش ممکن است فواصل نسبتاً زیادی بین داده‌های مرتب شده به وجود آید که فواصل شکست خوانده می‌شوند و اساس تعیین فواصل براساس شکست طبیعی قرار می‌گیرد.

1. Chroma
2. Equal interval
3. Equal frequency
4. Quantile
5. Mean and Standard deviation
6. Natural breaks
7. Jenks optimization method

۵. روش تعریف شده به وسیله کاربر^۱: این روش به کاربر اجازه می‌دهد فاصله مناسب طبقات را انتخاب کند. به عنوان مثال، در تهیه نقشه تغییرات جمعیتی استان‌های کشور، کاربر ممکن است صفر یا متوسط جمعیت را به عنوان شکست طبقاتی انتخاب کند. با تغییر در روش طبقه‌بندی و تعداد طبقات و یا هر دو می‌توان داده‌های مشابه را با طرح‌های فضایی و نقشه‌های متفاوت تهیه کرد. این امر باعث می‌شود تا تهیه کنندگان نقشه برای رسیدن به یک نقشه نهایی مناسب الگوهای مختلفی را مورد آزمایش قرار دهند.

۱۱-۲ انواع نقشه

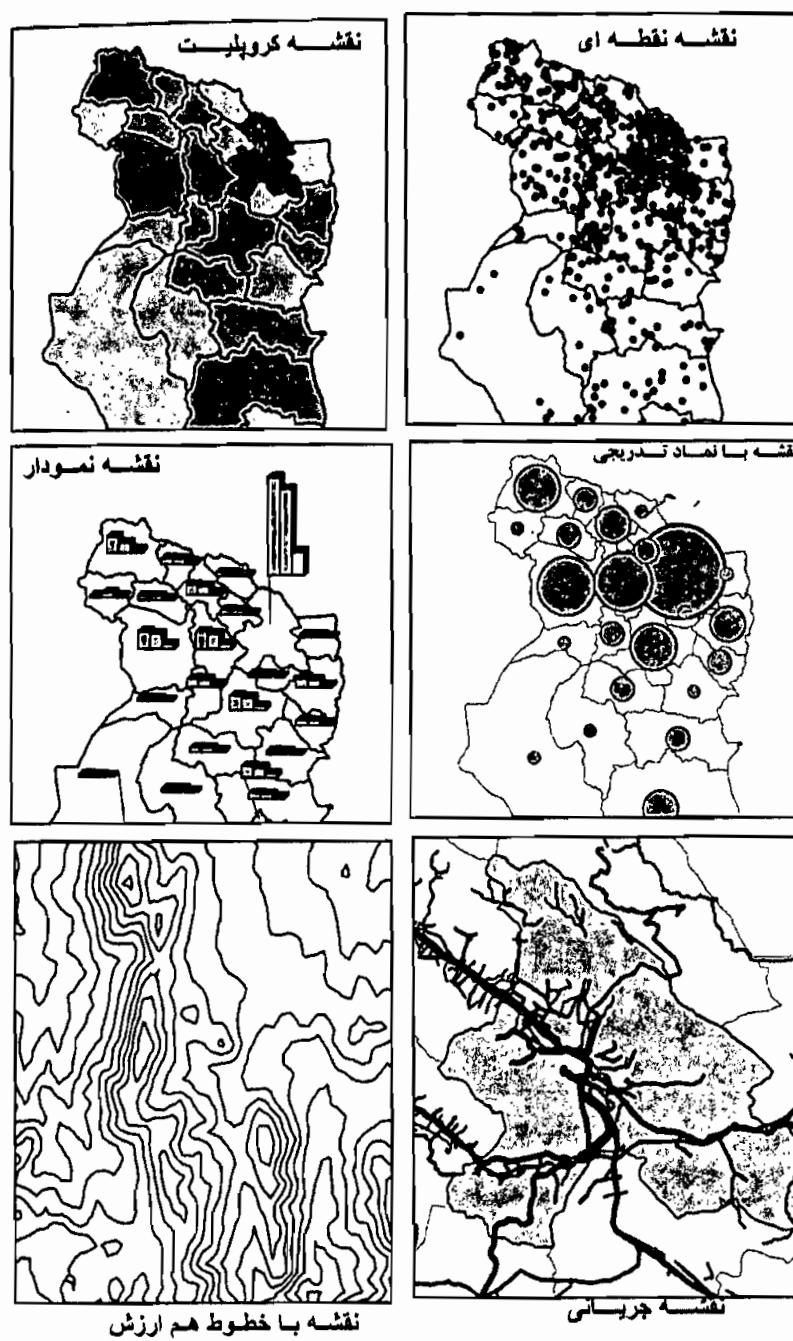
کارتوگراف‌ها نقشه‌ها را براساس نوع کارکرد و نوع نمادگزاری تقسیم‌بندی می‌نمایند. براساس کارکرد می‌توان نقشه‌ها را به دو دسته نقشه‌های عمومی و موضوعی تقسیم کرد. نقشه‌های عمومی برای استفاده‌های عمومی تهیه می‌شوند؛ مثلاً سازمان جغرافیایی کشور نقشه‌های توپوگرافی سراسری ۱:۵۰،۰۰۰ را منتشر نموده که حاوی پدیده‌های مختلف جغرافیایی از جمله خطوط تراز، سکونتگاه‌ها، جاده‌ها، رودخانه‌ها، منابع آب زیرزمینی و پوشش سطحی است. نقشه‌های موضوعی که نقشه‌های ویژه نیز نام دارند، الگوهای فضایی پدیده‌های جغرافیایی و روابط بین آنها را نمایش می‌دهند.

نقشه‌ها را از نظر نوع نمادها می‌توان به دو دسته کمی و کیفی تقسیم کرد. نقشه‌های کمی متغیرهای بصری مناسب را برای نمایش داده‌های کمی به کار می‌برند. در زیر به شرح چندین نوع مرسوم از نقشه‌های کمی می‌پردازیم (شکل ۱۱-۴).

- نقشه‌های نقطه^۲: نقشه‌های نقطه، نمادهای هم اندازه‌ای را برای نمایش پدیده‌های جغرافیایی به کار می‌برند. در این نقشه‌ها هر نقطه معادل یک یا چند مقدار از یک عنصر است که در موقعیت طبیعی خود در روی نقشه قرار گرفته است. بدین ترتیب، در جایی که مقدار داده‌های موردنمایش بیشتر باشد، تعداد نقطه‌ها زیادتر بوده و تراکم بیشتری خواهد داشت. بر عکس در نواحی که مقدار یا کارمزش داده‌های مکانی کمتر باشد، تعداد نقطه‌ها نیز کمتر و فاصله بیشتری خواهد داشت. فرض کنید یک استان جمعیتی معادل ۵۰۰،۰۰۰ نفردارد و قرار است جمعیت آن را با نماد نقطه‌ای نمایش دهیم، اگر هر نقطه روی نقشه معادل ۵۰۰۰ نفر باشد، قاعده تا ۱۰ نقطه را در سطح استان ترسیم می‌نماییم. در ترسیم نقاط بهتر است که نقاط در محل سکونتگاه‌ها جایگزین شوند. بیشتر نرم‌افزارهای GIS از جمله ArcGIS جایگزینی نقاط را بروی نقشه با یک روش تصادفی انجام می‌دهند. گرچه نقشه‌های نقطه با روش توزیع تصادفی برای مقایسه تراکمی نسبی نقاط در بخش‌های مختلف نقشه مفیداند ولی برای داده‌هایی که باید در موقعیت دقیق خودشان باشند، چندان مناسب به نظر نمی‌رسند. راههایی برای بهبود بخشیدن به دقت نقشه‌های نقطه وجود دارد، از جمله قراردادن نقاط بر روی کوچکترین واحدهای سیاسی-اداری، استفاده از توپوگرافی و ارتفاع نقاط و همچنین کنارگذاشتن مناطقی نظیر کویرها،

1. User defined
2-Dot maps

کارتوگرافی و نمایش داده‌های جغرافیایی

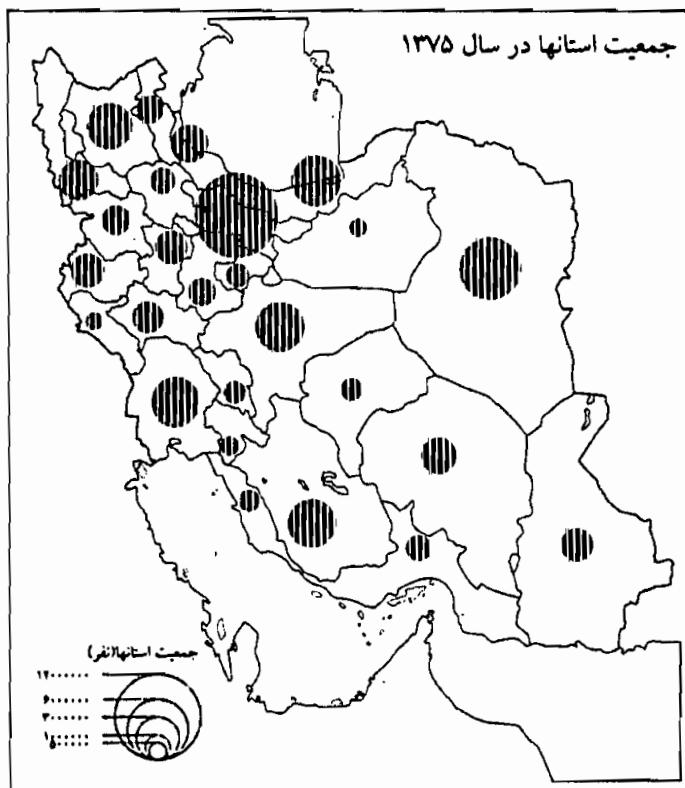


شکل ۱۱-۴ انواع عمومی نقشه‌های کمی.

تپه‌های ماسه‌ای، دریاچه‌ها و توده‌های آبی که فاقد جمعیت بوده و بنابراین قادر نقاط خواهند بود. نرم افزار ArcMap امکانات لازم برای استفاده از روش‌های فوق به خصوص روش آخر را دارد.

- **نقشه‌های کروپلیت**: نقشه‌های کروپلیت برای نمایش توزیع پذیردهای کمی نسبی (نه مطلق) در سطح یک محدوده سیاسی یا اداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. کلاً تهیه نقشه‌های کروپلیت با استفاده از گام‌های رنگی

1. Choropleth maps



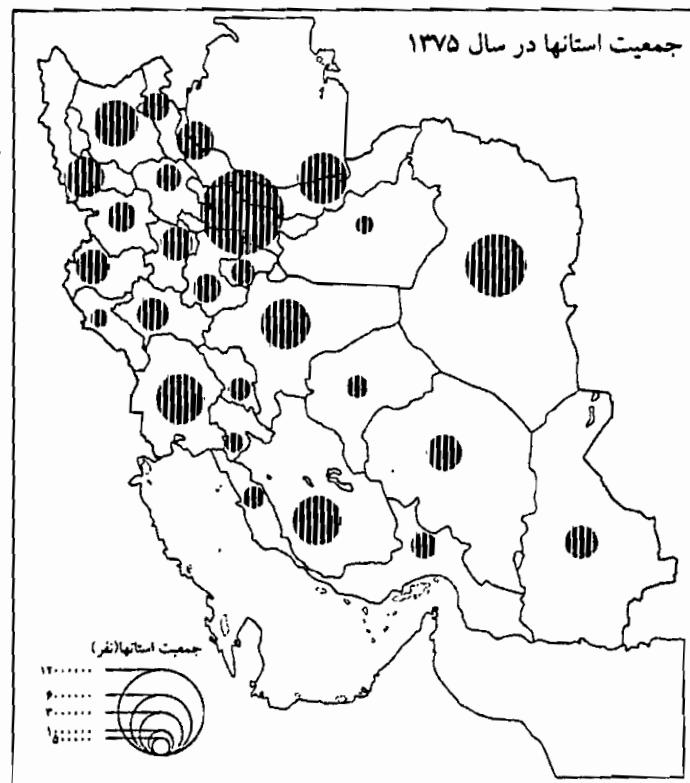
شکل ۱۱- یک نمونه نقشه با نماد نسبی دایره (مقصودی و یمانی، ۱۳۸۵، ص ۸۹).

یا تیرگی و روشنی انجام می‌گیرد. رنگ‌های روشن‌تر برای مقادیر کمتر و رنگ‌های تیره‌تر برای مقادیر بیشتر به کار می‌رود. نقشه‌های مبنا برای تهیه نقشه‌های کروپلت معمولاً نقشه محدوده‌های سیاسی و اداری از جمله تقسیمات استانی، شهرستانی، بخش و حتی دهستان است. نقشه‌هایی مانند میانگین درآمد خانوارها و ضرب بأسوادی در استان‌ها نمونه‌هایی از نقشه‌های کروپلت است. نقشه‌های کروپلت تا حد زیادی از نحوه طبقه‌بندی داده‌ها متأثر می‌باشند، لذا کارت‌گراف‌ها اغلب نسخه‌های متعددی از نقشه‌های کروپلت را ازداده‌های مشابه تهیه نموده و یکی از بهترین آنها را برای تولید نهایی انتخاب می‌کنند.

- نقشه‌های دسی‌متريک^۱: نقشه‌های دسی‌متريک نوع ساده‌ای از نقشه‌های کروپلت است که نواحی دارای کمیت‌های یکسان را نمایش می‌دهد. در این نوع نقشه‌ها به مرز واحدهای سیاسی-اداری توجهی نمی‌شود. نقشه شیب یک نمونه مشخص از نقشه‌های دسی‌متريک می‌باشد که نواحی دارای شیب یکسان در آنها جدا شده و سپس به طرز مناسبی نمایش داده می‌شود. نرم افزارهای GIS از جمله ArcGIS اصطلاح نقشه‌های با رنگ‌های تدریجی^۲ را به جای نقشه‌های کروپلت و دسی‌متريک به کار می‌برند، زیرا هر دو نوع آنها یک گام رنگی تدریجی را برای نمایش توزیع داده‌های جغرافیایی استفاده می‌نمایند.

1. Dasymetric maps
2. Graduated color maps

کارتوگرافی و نمایش داده‌های جغرافیایی



شکل ۱۱-۶ نمایش میزان سوخت فسیلی در کشور با استفاده از نمودار دایره‌ای.

- نقشه‌های با نمادهای تدریجی^۱: نقشه‌های با نمادهای تدریجی، نمادهای مختلف اندازه‌ای مانند دایره، مربع‌ها یا مثلث‌ها را برای نمایش تغییرات مختلف کمیت‌ها به کار می‌برند. به عنوان مثال، ما می‌توانیم از نمادهای تدریجی برای نمایش استان‌ها یا شهرها با دامنه‌های جمعیتی متفاوت استفاده کنیم. در رابطه با این نوع نقشه دو موضوع، یکی دامنه مقادیر و دیگری اختلاف قابل درک بین مقادیر اهمیت دارد که هر دو مشخصاً به تعداد نمادهای تدریجی روی نقشه بستگی دارد.

- نقشه‌های با نمادهای نسبی^۲: نقشه‌های با نمادهای نسبی نقشه‌هایی هستند که در آنها به جای دامنه مقادیر برای هر مقدار عددی یک نماد با اندازه خاص در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، یک دایره با اندازه مشخص جمعیتی معادل ۱۰,۰۰۰ نفر و دیگری ۱۵۰۰۰ نفر و نظایر آن را نمایش می‌دهند.

- نمودار نقشه یا نقشه‌های چارت^۳: این نوع نقشه‌ها نمودارهای دایره‌ای یا ستونی را برای نمایش چند پدیده جغرافیایی مورداستفاده قرار می‌دهند. به عنوان مثال، یک نمودار نقشه دایره‌ای دو نوع داده‌های کمیتی را نشان می‌دهد. اندازه دایره می‌تواند مقدار کلی یک پدیده و تقسیمات داخلی آن زیربخش‌های هر یک را به تصویر بکشد. شکل ۱۱-۶ مقدار سوخت و انواع آن را برای استانهای مختلف کشور ارائه می‌نماید. نمودار

1. Graduated symbol maps
2. Proportional symbol maps
3. Charts

نقشه‌های ستونی از نمودارهای ستونی استفاده نموده که ارتفاع آنها برای نمایش کمی داده‌ها و تنوع داده‌ها با تکرار ستون‌ها به نمایش گذاشته می‌شود.

- نقشه‌های جریانی^۱ : نقشه‌های جریانی یا دینامیک کمیت‌های مختلف از داده‌های جریانی نظیر حجم ترافیک و جریان رودخانه‌ها را به وسیله تغییرات در عرض نمادهای خطی نشان می‌دهند.

- نقشه‌های ایزاريتمیک^۲ : در این نوع نقشه‌ها برای نمایش سطحی یک پدیده جغرافیایی از خطوط همارزش استفاده می‌شود. هر خط همارزش نقاط با مقدار یکسان را بهم متصل می‌کند. کاربران GIS اغلب از نقشه‌های ایزاريتمیک برای نمایش ناهمواری، خطوط همبازان، خطوط هم‌دما و... استفاده می‌کنند. این خطوط از طریق واسطه یابی مکانی بین مقادیر اندازه‌گیری شده استخراج می‌شوند.

همان‌طور که می‌دانیم، در GIS نقشه‌ها به دو فرمت وکتوری و رستری تقسیم‌بندی می‌شوند و نقشه‌های حاصل از داده‌های وکتوری مشابه همان نقشه‌های ستی است که در آنها نمادهای نقطه، خط و سطح استفاده می‌شود. همان‌گونه که تاکنون مطالعه کرداید این بخش از کتاب عمدتاً بر داده‌های وکتوری برای نمایش پدیده‌های مختلف تکیه دارد. نقشه‌های رستری گرچه مشابه نقشه‌های ستی به نظر می‌رسند لیکن مبتنی بر سلول‌ها بوده و قادر به نمایش داده‌های کمی و کیفی نیز می‌باشند. در این زمینه گام‌های رنگی مورداستفاده در نقشه‌های وکتوری مورداستفاده نقشه‌های رستری هم قرار می‌گیرد.

۱۱-۳ تایپ روی نقشه‌ها

همه ما می‌دانیم که نقشه بدون نوشته قابل فهم نبوده و وجود آن برای هر یک از عناصر نقشه ضروری است. تهیه کنندگان نقشه به همان اندازه که نمادهای آنرا مhem می‌دانند، نوشته‌ها را نیز موردنوجه قرار می‌دهند، زیرا نوشته‌ها نیز همانند نمادهای نقطه، خط و سطح از انواع مختلفی برخوردارند. استفاده از تایپ‌های مختلف برای ایجاد یک نقشه زیبا و راضی کننده بخشی از فرایند تهیه نقشه است.

۱۱-۳-۱ انواع تایپ

تایپ‌ها از نظر منظر و شکل انواع مختلفی دارند. منظور از منظر تایپ طرح حروف است که برای زبان انگلیسی به دو نوع خطدار^۳ و بدون خط^۴ در فارسی به دو نوع ساده و طرح‌دار تقسیم می‌شود. تایپ‌های انگلیسی نوع اول ساده و ریز بوده و برای منابع نوشتاری مانند کتاب‌ها، مقالات و روزنامه‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. تایپ‌های نوع دوم انگلیسی که برای درشت‌نویسی مناسب‌ترند، گرچه در کتاب‌ها به کار نمی‌رود ولی برای نقشه‌ها در ترکیب با نمادهای دیگر منظر خوبی به وجود می‌آورند. در زبان فارسی تایپ‌های ساده که مناسب کتاب‌ها و مقالات است منظری وزین‌تر نسبت به تایپ‌های طرح‌دار دارد. برخلاف تایپ‌های

1. Flow maps
2. Isarithmic maps
3. Serif
4. Sans serif

کاربری آموزشی	Arial Rounded MT bold
کاربری آموزشی	Bodoni MT Blak
کاربری آموزشی	Albert Extra Bold
گاربری آموزشی	Times New Roman
کاربری آموزشی	Calibri
کاربری آموزشی	Arial
کاربری آموزشی	Arial Backslanted

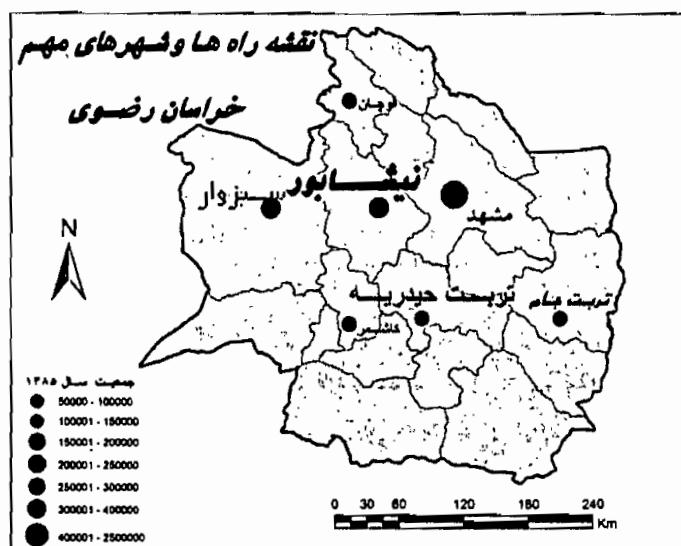
شکل ۱۱-۷ انواع مختلف تایپ‌های انگلیسی و فارسی.

انگلیسی، نوشته‌های فارسی نقشه‌ها بهتر است با تایپ‌های ساده درشت صورت گیرد. خط زیبای نستعلیق (از نوع درشت آن) که خوشنویسان فارسی آن را رواج می‌دهند در ترکیب با نمادهای نقشه منظر بسیار زیبایی را ایجاد می‌کند. خوشبختانه نرم‌افزارهای تایپ کامپیوتری مانند Word امکانات لازم برای چنین تایپ‌هایی را دارند و لذا می‌توان نقشه‌های زیبایی را با این نوشته‌ها تهیه کرد (شکل ۱۱-۷).

در نقشه‌های فارسی فقط اعداد مربوط به مختصات جغرافیایی و مقیاس‌های خطی به زبان انگلیسی تایپ می‌گردد که در این مورد استفاده از تایپ‌های ساده بدون خط مناسب‌تر است. تغییرات شکل تایپ شامل ضخامت حروف (ضخیم یا اصطلاحاً Bold، متوسط یا نازک) طول حروف (متراکم یا کشیده)، عمودی و یا مایل‌بودن (Italic) آن می‌شود. در حقیقت وقتی از فونت^۱ تایپ صحبت می‌کنیم منظور مجموعه کاملی از تمام گزینه‌های منظر تایپ‌های موجود است. فونت‌های کامپیوتری را می‌توان از سازندگان چاپگرها و یا نرم‌افزارهای موجود دریافت و بر روی حافظه کامپیوتر نصب نمود. این گونه تایپ‌ها معمولاً برای امور تهیه نقشه کافی به نظر می‌رسند و در صورت نیاز به فونت‌های بیشتر می‌توان آنها را به نرم‌افزار GIS اضافه کرد. تایپ‌ها از نظر اندازه و رنگ نیز دارای تنوع کافی هستند. معمولاً حروف چاپی نسبت به اندازه‌هایی که بر روی صفحه کامپیوتر انتخاب می‌شوند، کوچک‌تر به نظر می‌رسند. منظور از رنگ تایپ، رنگ حروف است که برای تهیه نقشه‌های رنگی کمک قابل توجهی می‌نماید. در محیط کامپیوتری علاوه بر تغییر رنگ حروف می‌توان آنها را به صورت سایه‌دار، توخالی و یا توپُر با حاشیه‌ای متفاوت تایپ کرد.

۱۱-۳-۲ انتخاب انواع تایپ

انتخاب انواع تایپ‌ها برای نوشته‌های نقشه مشابه انتخاب متغیرهای بصری برای نمادهای نقشه است. در انتخاب نوشته‌ها می‌توان ابتدا آنها را به دو طبقه کمی و کیفی تقسیم کرد و این دسته‌بندی انتخاب انواع تایپ را ساده‌تر می‌کند. به عنوان مثال، نوشته‌هایی که نشان‌دهنده گروه عوارض کیفی مانند نام روستاهان، کوه‌ها، پارک‌ها و غیره است می‌تواند از نظر رنگ، شکل و ایتالیک یا معمولی بودن حروف تغییر نماید. در حالی که



شکل ۱۱-۸ نقشه شلوغ و نازیبا به دلیل استفاده از تایپ‌های مختلف.

نوشته‌های کمی مانند نام شهرهای مختلف، می‌تواند براساس کوچکی و بزرگی شان از اندازه تایپ یعنی ضخامت آن تعیت کند.

در کنار دسته‌بندی به طبقات کیفی و کمی، کارتوگراف‌ها با مسائل دیگری از جمله زیبایی، همخوانی حروف و عوارض، خوانایی و مکان‌گزینی حروف نیز مواجهند. تنظیم خوانایی نوشته‌های روی نقشه کار چندان ساده‌ای نیست، زیرا خوانایی نه تنها از انواع تایپ متأثر است بلکه با مکان‌گزینی و تفاوت نوشته و متن نقشه نیز رابطه دارد. درمورد نقشه‌های کامپیوتری مشکل دیگری نیز وجود دارد و آن تفاوت موجود بین نوشته‌های روی صفحه‌نمایش و چاپ آن روی کاغذ است. بهمین علت، شاید تجربه برای تهیه نقشه‌های مناسب مهمترین عامل باشد. تایپ نقشه همچنین باید با شکل کلی نقشه همخوانی داشته باشد. بدین معنا که در رابطه با محتویات نقشه بوده، خوانا باشد و در عین حال خیلی جلب توجه نکند تا جا ب نشان می‌دهد که عموماً شکل کلی و توازن نقشه را می‌توان با فقط دو یا سه نوع تایپ حفظ کرد؛ مثلاً از تایپ فارسی ساده (در حالت بولد) برای عنوان، از فارسی ساده در حالت معمولی (غیر بولد) برای نوشته‌های لژاند و حروف ایتالیک انگلیسی بدون خط برای اعداد طول و عرض جغرافیایی و مقیاس استفاده کرد.

همچنین در نوشنامه‌ای مکان‌ها و واحدهای سیاسی-اداری می‌توان به ترتیب از حروف فشرده برای نقاط و حروف کشیده برای واحدهای سیاسی اداری در ابعاد مناسب استفاده کرد.

۱۱-۳-۳ جانمایی نوشته‌ها در متن نقشه

عناصر نوشتاری در متن نقشه‌ها را اصطلاحاً بروجسب^۱ می‌گویند که مستقیماً با عوارض جغرافیایی در رابطه هستند. گرچه عموماً این برچسب‌ها نام عوارض را شامل می‌شوند، لیکن در برخی موارد مقدادر

1. Label

توصیفی نظری ارتفاع خطوط تراز و یا مقدار بارش را نیز دربرمی‌گیرند. سایر نوشه‌ها مانند عنوان و لزاند ربطی به موقعیت عوارض نداشت، لذا جایگزینی آنها بستگی به layout نقشه دارد که بعداً به آنها اشاره خواهد شد.

براساس یک قاعده کلی، بهتر است برچسب هر عارضه در موقعیت و یا محدوده گسترش همان عارضه نوشته شود. کارت‌وگراف‌ها پیشنهاد می‌نمایند نام عوارض نقطه‌ای در بالا و سمت راست آنها، نام عوارض خطی در یک چهارگوش و به موازات مسیر عارضه و نام مناظر سطحی در داخل آنها نوشته شود.

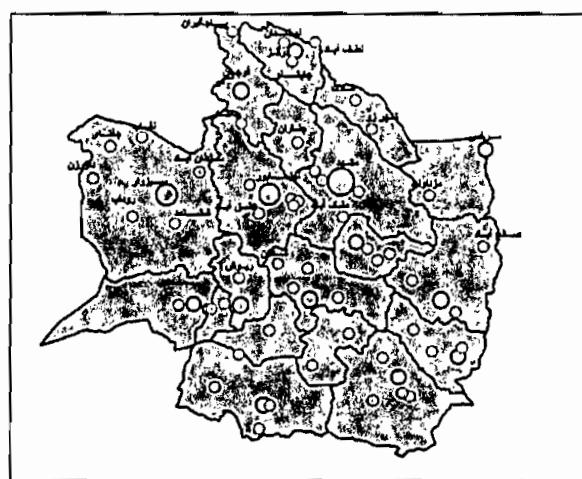
اجرای الگوریتم‌های برچسب‌گذاری در نرم‌افزارهای GIS کار چندان ساده‌ای نبوده و جانمایی خود کار نام‌ها با مسائل مختلفی به شرح زیر برای برنامه‌نویسان کامپیوتر مواجه است: نام‌ها باید خوانا باشند، روی یکدیگر قرار نگیرند، واضح بوده و با نمادهای مربوط به عوارض مخلوط نشوند و مکان آنها از اصول علم کارت‌وگرافی تبعیت نماید. این مسائل در نقشه‌های کوچک مقیاس باشد بیشتری همراه است زیرا رقابت بر سر فضای موردنیاز اسامی به وجود می‌آید.

از آنجایی که تاکنون هیچ الگوریتم بدون نقصی ارائه نگردیده لذا برچسب‌گذاری بهینه از یک طرف نیاز به ویرایش دستی داشته و از طرف دیگر نرم‌افزارهای GIS بیش از از یک روش برچسب‌گذاری در خود دارند. به عنوان مثال، نرم‌افزار ArcGIS دو روش برچسب‌گذاری یکی برچسب‌گذاری دینامیک و دیگری برچسب‌گذاری دوسویه را ارائه می‌نماید. برچسب‌گذاری نوع دوم با هریار اجرا فقط یک برچسب را مکان‌نمایی می‌کند و اگر مکان‌نمایی آن مناسب نبود می‌توان برچسب را فوراً جایه‌جا کرد. در صورتی که تعداد برچسب‌ها کم باشد و یا نیاز به موقعیت دقیق جایگزینی باشد، روش دوسویه روش مناسبی است. با این وجود چنین به نظر می‌رسد روش برچسب‌گذاری دینامیک بیشتر مورد انتخاب کاربران است، زیرا به طور خودکار تمام عوارض و یا عوارض انتخاب شده را برچسب‌گذاری می‌کند. در استفاده از برچسب‌گذاری دینامیک ما می‌توانیم گزینه‌ها را اولویت‌بندی نموده و برای جانمایی نوشته و حل تضادهای احتمالی این اولویت‌بندی را رعایت نماییم. به عنوان مثال، می‌توانیم مکان برچسب عوارض خطی را موازی با مسیر عارضه و بهرنگ سیاه انتخاب نماییم. ما همچنین می‌توانیم قواعدی را تنظیم کنیم تا برچسب‌ها ترجیحاً در فضای خالی نقشه رقابت کنند. در ArcGIS پیش‌فرض‌های برچسب‌گذاری به گونه‌ای است که اجازه روی هم قرار گیری برچسب‌ها را نمی‌دهد. این اجبار و لزوم که معقول نیز هست می‌تواند بر جانمایی برچسب‌ها فشار وارد کرده و ممکن است نیازمند تعديل برخی برچسب‌ها باشد (شکل ۱۱-۹).

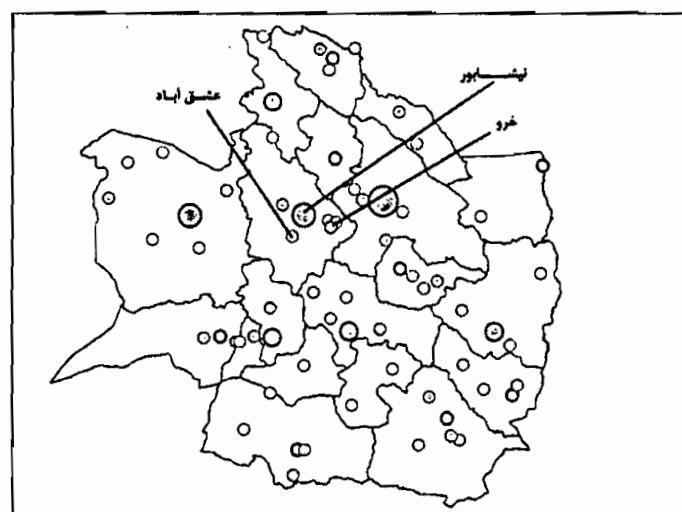
در برچسب‌گذاری دینامیک نمی‌توان یک برچسب را به تهایی انتخاب یا جایه‌جا کرد ولی امکان تبدیل هر یک به عناصر نوشتاری و سپس جایه‌جا کردن و یا تغییردادن آنها به همان روش دوسویه وجود دارد (شکل ۱۱-۱۰). یکی از راههای برچسب‌گذاری در مناطق شلوغ، استفاده از یک خط اتصال‌دهنده برچسب‌ها به عوارض خودشان است (شکل ۱۱-۱۱).



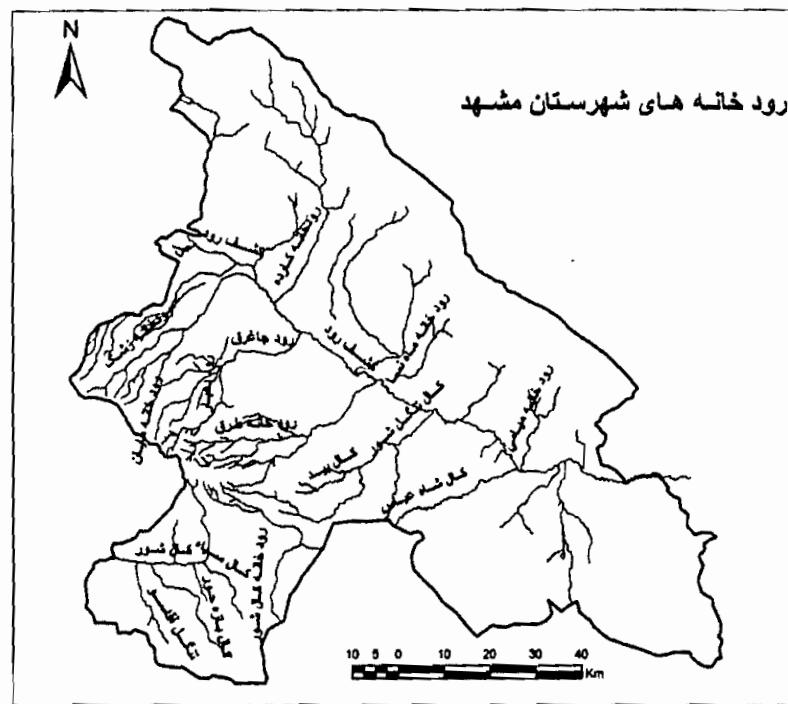
شکل ۱۱-۹ برچسب‌گذاری دینامیک و همپوشانی اسامی در مناطق شلوغ.



شکل ۱۱-۱۰ تغییر برچسب‌ها با تفکیک آنها در مناطق شلوغ.



شکل ۱۱-۱۱ خط اتصال دهنده برچسب‌ها به عوارض نقطه‌ای.



شکل ۱۱-۱۲ قرارنگرفتن تمام نام‌ها در امتداد رودخانه‌های یک منطقه در حالت برچسب‌گذاری کلی و در حالت پیش‌فرض.

شاید بیشتر مشکلات برچسب‌گذاری در مورد نام رودخانه‌ها رخ دهد. قاعده کلی در این‌باره قراردادن نام هر رودخانه در مسیر آن و از بالارود بهست پایین‌رود است. هر دو روش برچسب‌گذاری قادرند نام رودخانه‌ها را در بخش‌های قوس‌دار رودها انحنا دهند. البته انحنای نام‌ها بهمیزان تنیدی یا همواری قوس‌ها، طول قوس‌ها و طول نام‌ها بستگی دارد. جانمایی هر نام در موقعیت صحیح خود برای بار اول تقریباً غیرممکن است (شکل ۱۱-۱۲)، ولی با برچسب‌گذاری مجدد و استفاده از ابزار تقطیع نوشته‌ها (Spline text) می‌توان آنها را در امتداد انحنای خطوط رقومی‌شده قرار داد (شکل ۱۱-۱۳).

۱۱-۴ طراحی نقشه

طراحی نقشه همانند نقاشی یک تابلو عبارت از ارائه یک طرح بصری برای دست‌یافتن به هدفی خاص است. بنابراین، کاملاً واضح است که نمی‌توان با یک‌بار طراحی یک نقشه آنرا به حد قابل قبول رساند و لذا طراحی نقشه ممکن است حتی بارها تکرار شود. هدف اصلی طراحی نقشه انتلاعی ارتباط نقشه با مخاطب بوده که مشخص‌آور مورد نقشه‌های موضوعی اهمیت بالایی دارد. نقشه‌ای که خوب طراحی شود دارای توازن، انسجام، وضوح و نظم و ترتیب بوده که برای تماشاکردن و خواندن جالب است. از این نظر می‌توان نقشه زیبا را به یک تابلو نقاشی زیبا تشبیه کرد. نقشه با طراحی ضعیف مانند یک تابلو نقاشی ضعیف، دافعه داشته، و گمراه‌کننده است. شاید به همین دلیل است که طراحی نقشه را هم علم و هم هنر می‌پنداشند و کارتوگراف‌ها معمولاً فرایند طراحی نقشه را به‌طور تلفیقی از پرسپکتیو، layout و مراتب بصری کسب می‌نمایند.



شکل ۱۱-۱۲ رفع مشکلات برچسب‌گذاری شکل ۱۱-۱۲ با استفاده از ابزار تقطیع نوشته‌ها.

۱۱-۴-۱ تنظیم و ترکیب عناصر نقشه (layout)

تنظیم و ترکیب عناصر مختلف نقشه را ببروی یک صفحه اصطلاحاً layout می‌گویند. موضوعات مهم مرتبط با عبارت‌اند از کانون توجه نقشه، نظم و توازن. یک نقشه موضوعی باید کانون توجه روشنی داشته باشد که

معمولًاً بدنی یا بخشی از بدن نقشه را شامل می‌شود. برای جلب توجه خوانندگان نقشه به‌سمت عنصر کانونی، باید آن را نزدیک به مرکز اپتیکی و درست بالای مرکز هندسی چارچوب نقشه قرار داد. عنصر کانونی نقشه باید

به‌واسطه اختلاف در ضخامت خطوط، بافت، مقدار، جزئیات و رنگ از دیگر عناصر آن تفکیک گردد.

خوانندگان نقشه معمولاً پس از مرور عنصر اصلی آن، بخش‌های مهم‌تر دیگری مانند لزاند و عنوان را مورد توجه قرار می‌دهند. تهیه کنندگان نقشه باید مکان مناسبی را برای لزاند و عنوان در نظر گرفته و با استفاده از

یک کادر در اطراف لزاند و تایپ درشت‌تر برای عنوان توجه افراد را به این عناصر معطوف دارند (شکل ۱۱-۱۴).

نقشه تهیه شده باید متوازن باشد. اگر نقشه در بخشی از آن مثلاً بالا، پایین و یا یکی از پهلوها سنگین‌تر

به‌نظر برسد، دید و احساس خوبی برای خواننده نقشه ایجاد نمی‌نماید (شکل ۱۱-۱۵).

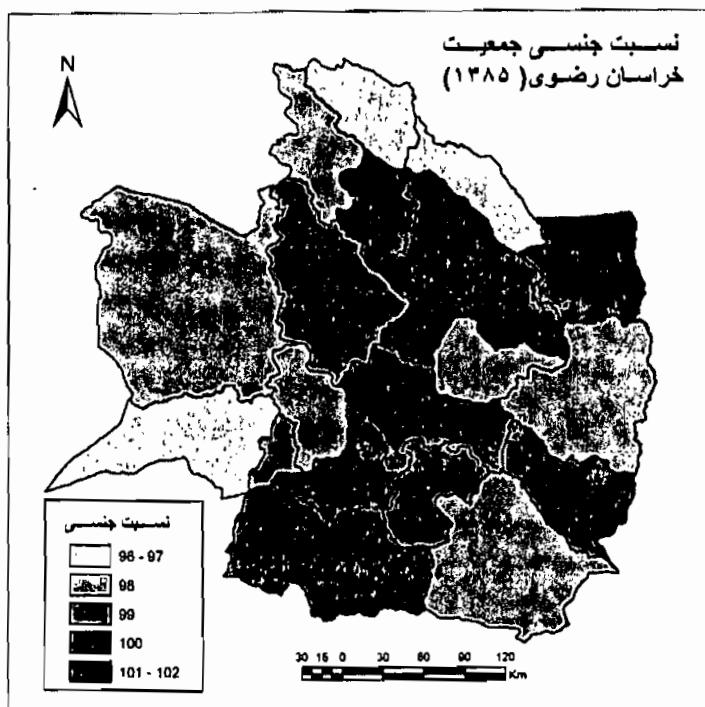
کارت‌توگراف‌ها قبلًا با استفاده از قلم‌های درشت توازن روی نقشه را برقرار می‌ساختند و در حال حاضر آنها کامپیوترها را برای تنظیم عناصر نقشه روی صفحه layout مورداً استفاده قرار می‌دهند. به عنوان

مثال، ArcGIS دو روش اساسی را برای تنظیم layout ارائه می‌نماید. روش اول استفاده از یک قالب آماده

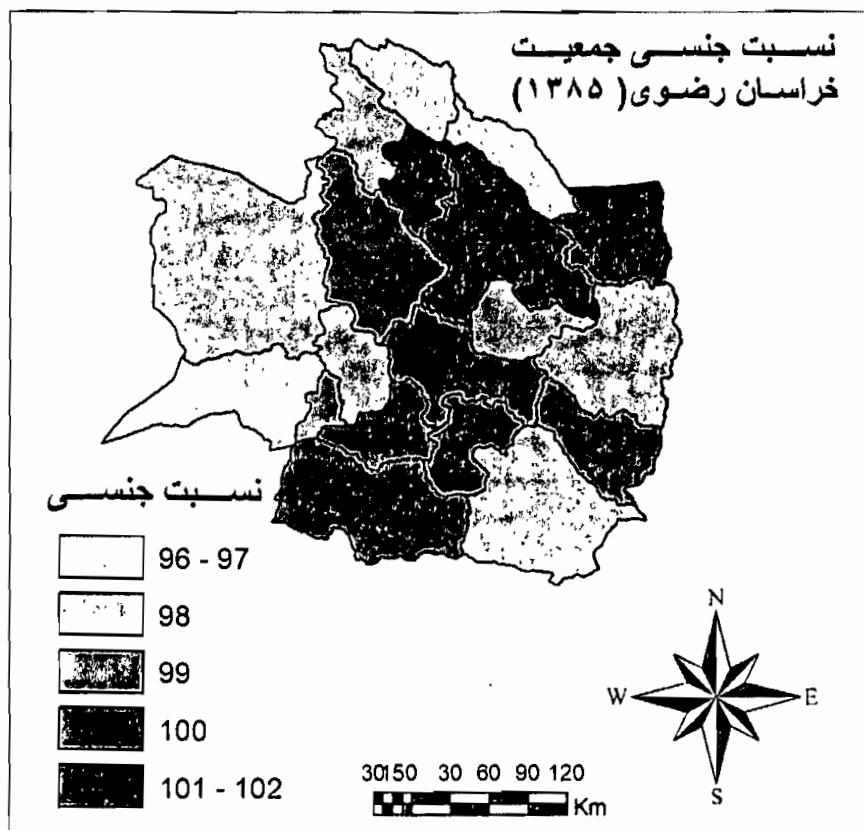
layout است. این قالب‌ها به چند گروه عمومی، صنعتی، آمریکایی و جهانی تقسیم شده‌اند. هر گروه دارای

فهرستی انتخابی است، مثلاً شکل ۱۱-۱۶ نمونه‌ای از layout‌های آماده آمریکایی را نمایش می‌دهد.

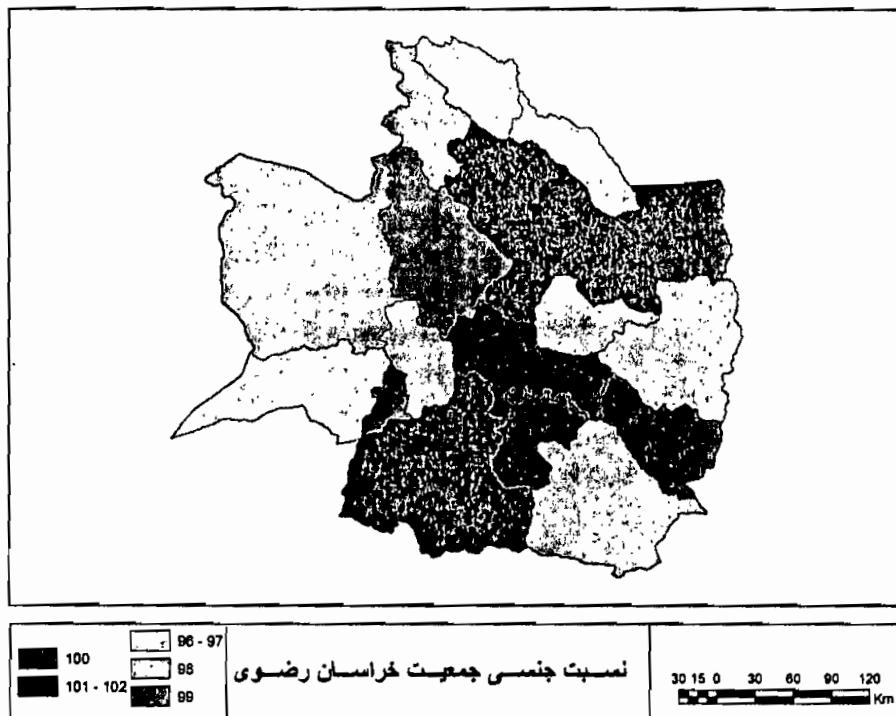
کارتوگرافی و نمایش داده‌های جغرافیایی



شکل ۱۱-۱۴ استفاده از یک چهارگوش در اطراف لزاند برای جلب توجه افراد به لزاند.



شکل ۱۱-۱۵ یک نقشه با توازن ضعیف.



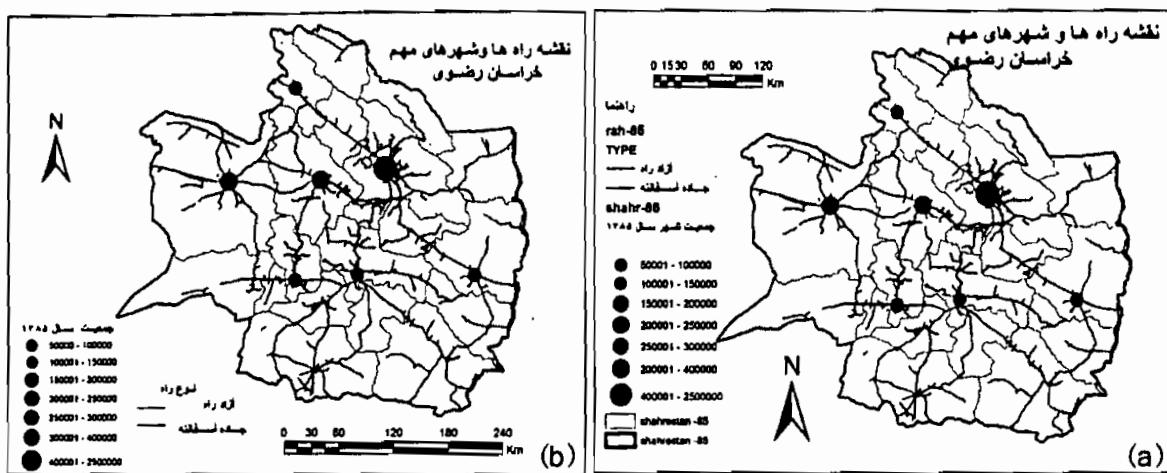
شکل ۱۱-۱۶ ساختار Layout‌های آماده امریکایی در ArcMap.

دومین روش باز کردن صفحه layout و اضافه کردن تک تک عناصر نقشه به آن است. ArcGIS این عناصر را به تفکیک عنوان، نوشته، چارچوب نازک داخلی، لزاند، جهت شمال، مقیاس خطی و کسری، چارچوب بیرونی و مختصات جغرافیایی فراهم می‌آورد. کاربر قادر است هر بار یکی از عناصر نقشه را انتخاب و آنرا در صفحه layout جانمایی کرده و آنرا از نظر گرافیکی دستکاری نماید. به عنوان مثال، کاربر می‌تواند طرح تایپ عنوان را تغییر داده، آنرا بزرگ یا کوچک کرده و در سطح layout حرکت دهد. طراحی layout با روش دوم می‌تواند در پایان به عنوان یک قالب آماده ذخیره گردد تا بعداً مورد استفاده قرار گیرد.

صرف نظر از روش به کار گرفته شده در طراحی layout، راهنمای نقشه شایسته توجه ویژه‌ای است. راهنمای نقشه شامل نوشته‌های تمام لایه‌هایی است که برای ساخت نقشه به کار می‌روند. به عنوان مثال، یک نقشه طبقه‌بندی شهرها و جاده‌ها در یک شهرستان یا استان حداقل مستلزم سه لایه است، لایه اول شهرها، لایه دوم جاده‌ها و لایه سوم مرزهای شهرستان یا استان. به طور پیش‌فرض تمام این لایه‌ها با یکدیگر در یک عنصر گرافیکی واحد جانمایی می‌شوند که لزاند آن می‌تواند ترکیبی از هر سه لایه باشد. در این صورت، لزاند مشکل توازن طراحی layout را به وجود می‌آورد (شکل ۱۱-۱۷a).

برای حل این مشکل باید لزاند به دو ستون و یا بیشتر تفکیک گردیده و نوشته‌های غیرقابل استفاده آن مانند خط مرزی استان یا شهرستان پاک شود (شکل ۱۱-۱۷b).

۱۱-۲ کارتوگرافی و نمایش داده‌های جغرافیایی



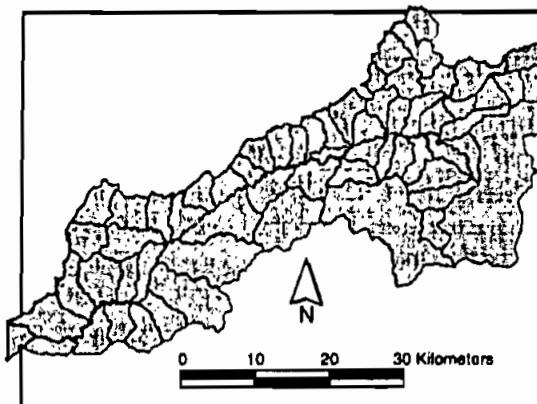
شکل ۱۱-۲ (a) لزاند طولانی در یک امتداد موجب وجود آمدن مشکلاتی در طراحی layout می‌شود؛ (b) حذف مواد غیرضروری لزاند و شکستن آن به دو ستون برای بهتر شدن layout .

۱۱-۴-۲ دید سلسله‌مراتبی یا شبه‌سه‌بعدی

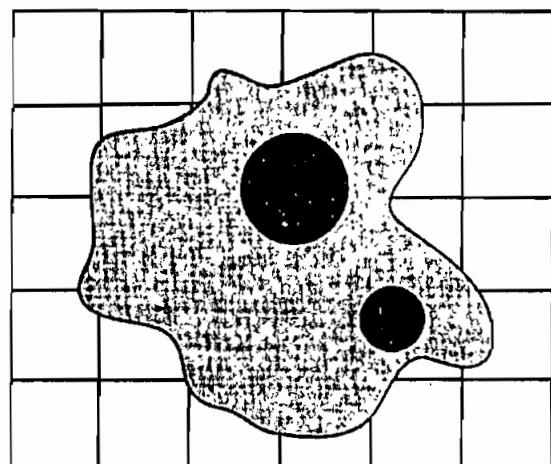
فرایند ارتقای یک دید مسطح به دید با تأثیر سه‌بعدی یا دارای عمق در نقشه را سلسله‌مراتب بصری^۱ گویند (شکل ۱۱-۱۸). تهیه کنندگان نقشه از طریق جانمایی عناصر نقشه براساس درجه اهمیت‌شان در سطوح مختلف بصری، سلسله‌مراتب دیداری را ایجاد می‌نمایند. در این زمینه معمولاً مهمترین عنصر در قسمت بالایی این سلسله و نزدیک به نقشه‌خوان قرار می‌گیرد، درحالی که عنصریا کمترین اهمیت در انتهای این سلسله و دورتر از نقشه‌خوان جای می‌گیرد. یک نقشه موضوعی ممکن است شامل سه یا چندین سطح از سلسله‌مراتب بصری باشد. در کارتوگرافی می‌توان پایین‌ترین سطح را به عنوان پس‌زمینه درنظر گرفت و عوامل بصری مهمتر را با شکل‌ها و نگاه‌های مؤثرتری برجسته‌تر نمود. به نظر می‌رسد هنوز هم مؤثرترین و ساده‌ترین قواعد در ایجاد یک دید سلسله‌مراتبی درون‌چینی یا روچینی باشد (دنت، ۱۹۹۹). درون‌چینی^۲ از یک خط بیرونی کامل‌نشده برای ایجاد پس‌زمینه سایر عوارض نقشه استفاده می‌کند.

مثال‌هایی از این روش در نقشه‌ها و به خصوص روزنامه‌ها و مجلات به فراوانی دیده می‌شود. در مورد نقشه‌ها به عنوان مثال اگر خطوط افقی و عمودی شبکه جغرافیایی در سواحل خاتمه یابند، خشکی‌ها مهمتر به نظر آمده و سطح بالاتری از دید سلسله‌مراتبی را اشغال می‌کنند. همچنین اگر عنوان نقشه، لزاند و یا مطالب خاص گوشه نقشه‌ها در داخل یک کادر قرارداده شوند، پرنگک‌تر و مهم‌تر به نظر می‌آیند و وقتی بدنه یا متن اصلی نقشه عمداً برروی کادر حاشیه آن قرار داده می‌شود، بدنه نقشه بسیار برجسته‌تر دیده می‌شود (شکل ۱۱-۱۹). البته نباید فراموش کرد که اگر چندین عنصر نقشه را برای جلب توجه نقشه‌خوانان برجسته‌تر نشان دهیم، آن نقشه می‌تواند گیج‌کننده و دافع افراد باشد (شکل ۱۱-۲۰).

1. Visual hierarchy
2. Interposition



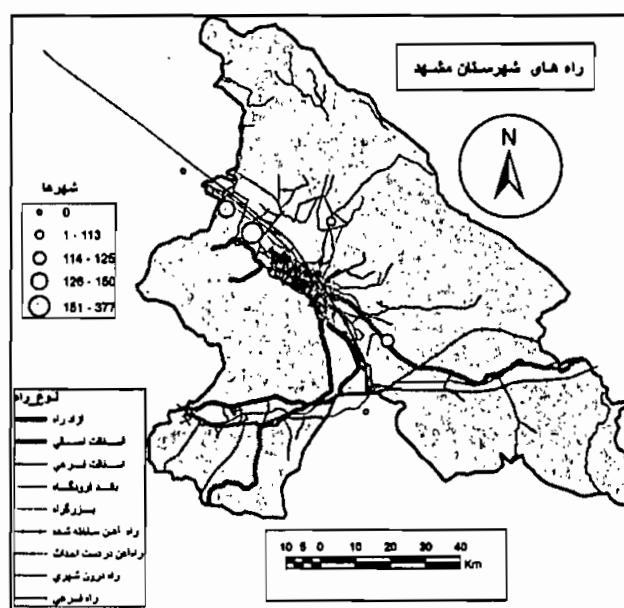
شکل ۱۱-۱۹ درون‌چینی در طراحی نقشه.



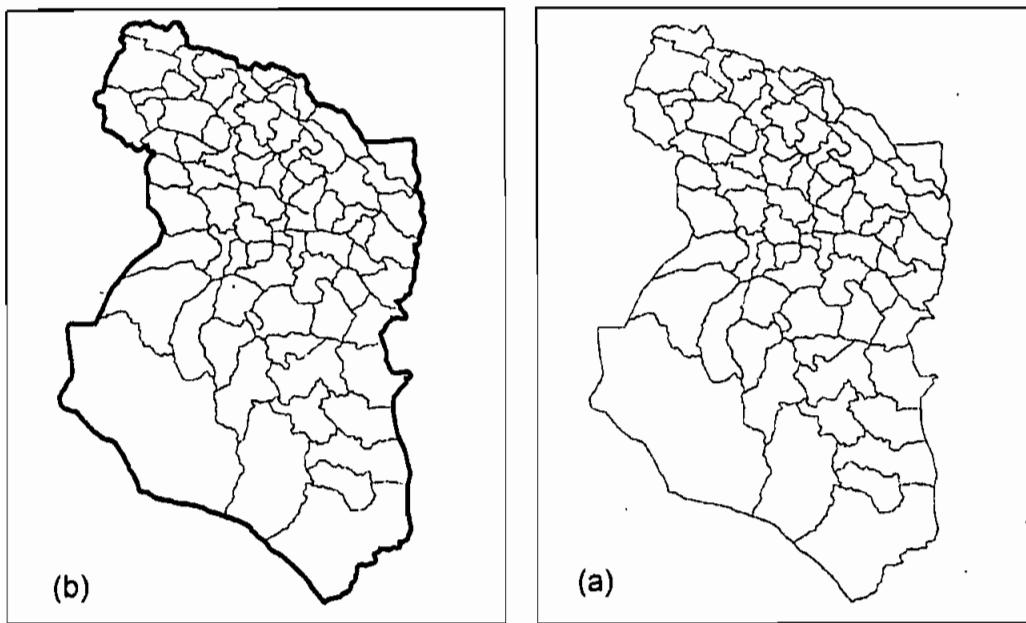
شکل ۱۱-۱۸ نمونه‌ای از سلسه‌مراتب بصری.

درجه وضوح یا کنترast به عنوان یک عنصر کلیدی در طراحی نقشه، به طراحی layout و ایجاد دید سلسه‌مراتبی کمک شایان توجهی می‌نماید. کنترast در اندازه یا ضخامت می‌تواند حالتی را به وجود آورد که در آن مرز بیرونی منطقه مهمتر از مرزهای داخلی به نظر برسند (شکل ۱۱-۲۱).

کنترast در رنگ می‌تواند عوارض جغرافیایی داخل نقشه را از پس زمینه آن تفکیک نماید. کارتوگراف‌ها اغلب یک رنگ گرم، مانند نارنجی تا سرخ را برای شکل و یک رنگ سرد، مانند آبی را برای زمینه به کار می‌برند. کنترast در بافت نیز می‌تواند بین عوارض و پس زمینه اختلاف به وجود آورد، لذا اگر منطقه با جزئیات بیشتر را با بافت متراکم‌تر نشان دهیم، برجسته‌تر به نظر می‌آید. مشابه روش درون‌چینی،



شکل ۱۱-۲۰ یک نقشه شلوغ و گیج‌کننده به دلیل استفاده از کادرهای داخلی مختلف.



شکل ۱۱-۲۱ عدم کنترast در خط بیرونی (a) و کنترast ایجاد شده برای نمایش بهتر (b).

کنتراست‌های تکراری و زیادی تواند یک نقشه گیج‌کننده را به وجود آورد. به عنوان مثال، استفاده از رنگ‌های قرمز روشن و سبز در کنار یکدیگر به عنوان نمادهای ناحیه‌ای، نقشه را تکان‌دهنده خواهد کرد. در بیشتر نرم‌افزارهای GIS ابزاری به نام ترانسپارانسی^۱ تعییه شده که امکان نمایش داده‌ها در درجات مختلفی از شفافیت را فراهم می‌کند. این ابزار از طریق پایین‌آوردن تن رنگ در نمادهای لایه پس‌زمینه به ایجاد دید سلسله‌مراتبی کمک می‌نماید. فرض کنید می‌خواهیم لایه شهرهای بزرگ را روی لایه تغییر جمعیت شهرستان در یک استان نشان دهیم. در این حالت، می‌توانیم با استفاده از ابزار ترانسپارانسی برای لایه شهرستان‌ها، لایه شهرها را برجسته‌تر نماییم.

۱۱-۵ تولید نقشه

کاربران GIS نقشه‌ها را روی صفحه‌نمایش کامپیوتر طراحی و تهیه نموده و لذا این نقشه‌ها نسخه‌های نرم‌افزاری غیر ملموسی^۲ هستند که می‌توان آنها را بdroosh‌های مختلف مورد استفاده قرار داد. نقشه‌های کامپیوتری را می‌توان پرینت گرفت، برای استفاده در اینترنت خروجی گرفت، با ویدئو پرژکتور نمایش داد، به سایر نرم‌افزارها فرستاد و یا آنها را چاپ و منتشر کرد.

نمایش داده‌ها بر روی صفحه‌نمایش کامپیوتر با استفاده از CRT^۳ و یا LCD^۴ انجام می‌گیرد. در کامپیوترهای شخصی بیشتر از CRT و در کامپیوترهای همراه بیشتر از LCD استفاده می‌کنند. نمایشگرهای

1. Transparency
2. Soft-copy
3. Cathode-ray tube
4. Liquid crystal display

CRT دارای یک ساختار داخلی مشکل از پیکسل‌های شترنجی ریز است که هر پیکسل دارای نقاط رنگی به نام فوتون است. وقتی الکترون‌ها از یک پرتاب‌کننده الکترون رها شده و به نقاط برخورد می‌کنند، یکی از نقطه‌ها روشن می‌شود. در نمایشگرهای LCD که نمایشگرهای صفحه تخت نیز نامیده می‌شوند، از دو صفحه باردار شده و یک محلول مایع کربستالی در بین این دو استفاده می‌گردد. در LCD‌ها هر پیکسل به‌تهاایی می‌تواند روشن و یا خاموش شود. LCD‌ها نازک‌تر و سبک‌تر از CRT‌ها بوده و انرژی کمتری را هدر می‌دهند. از آنجایی که LCD‌ها (مانند VGA‌ها)¹ از سیگنال‌های دیجیتال به‌جای آنالوگ استفاده می‌کنند، بدون درخشش یا سوسوزدن بوده و قادر به تولید تصاویر واضح‌تر و تمیز‌تری هستند.

نمادهای رنگی که ما برروی نمایشگرهای LCD یا CRT می‌بینیم از پیکسل‌های ساخته شده که در آن رنگ هر پیکسل مخلوطی از رنگ‌های سرخ، سبز و آبی (RGB)² است. در یک ترکیب رنگ، شدت رنگ اولیه آن تعیین‌کننده رنگ نهایی خواهد بود. تعداد سطوح شدت هر رنگ اولیه به تعداد بیت صفحات (bit-planes) مشخص شده (یا روشن شده) در پرتاب الکترونی CRT‌ها و یا تغییرات ولتاژ به کاررفته در LCD‌ها بستگی دارد. معمولاً شدت هر رنگ اولیه می‌تواند در محدوده ۲۵۶ گام رنگی تغییر نماید. ترکیب سه رنگ اولیه تعداد ۱۶,۶ میلیون رنگ را به وجود می‌آورد ($256 \times 256 \times 256$).

بسیاری از نرم‌افزارهای GIS، مدل رنگی RGB را برای رنگ‌آمیزی مورداستفاده قرار می‌دهند. ترکیب رنگ‌های RGB در کامپیوتر قابل مشاهده نبوده و لذا مشکل است که مثلاً فرایند ترکیب کامل رنگ‌های سرخ و سبز برای تولید رنگ زرد را ملاحظه کرد. به همین علت، مدل‌های ترکیب رنگ ویژه‌ای ساخته شده‌اند که مبتنی بر کنترل دیداری فام، مقدار و تن هاست. به عنوان مثال، ArcGIS علاوه بر مدل رنگی RGB، دارای مدل رنگی HSV³ نیز می‌باشد که امکان ساخت و ترکیب رنگ به وسیله کاربر را فراهم می‌آورد.

معمولًا وقتی نقشه‌های رنگی را پرینت می‌گیریم با آنچه که در روی صفحه‌نمایش می‌بینیم تفاوت دارند و گاهی اوقات این تفاوت‌ها به حدی زیاد است که مایه تعجب ما می‌شود. تفاوت‌ها در درجه اول به خاطر عدم تطابق نمادهای رنگی چاپگرها با نمایشگرهای کاربرد مدل‌ها و نرم‌افزارهای مختلف است. در درجه دوم بخشنی از تفاوت‌ها به این دلیل است که نقشه‌های رنگی، نور پخش شده را بیشتر منعکس نموده و ایجاد رنگ‌ها در آنها یک فرایند کاهشی است تا افزایشی. رنگ‌های کاهشی اولیه عبارت‌اند از آبی (فیروزه‌ای)، زرشکی و زرد که در چاپ به همراه رنگ سیاه فرایند رنگ‌های چهارگانه یعنی CMYK⁴ را به وجود می‌آورند.

نمادهای رنگی برروی نقشه‌های چاپی به همان روشی که برروی صفحه‌نمایش کامپیوتر ظاهر می‌شوند، تولید می‌گردند. برروی نقشه‌ها نقطه‌های رنگی به‌جای پیکسل‌ها و درصد محدوده پوششی کاغذ به‌جای تغییر شدت‌های نور یا ولتاژ ایفای نقش می‌نمایند. یک رنگ نارنجی غلیظ در نقشه‌های چاپی حاصل ترکیب

-
1. Video graphics array
 2. Red, Green, Blue
 3. Hue / Saturation / Value
 4. Cyan, Magenta, Yellow, Black

٪۸۰ زرشکی و ٪۲۰ زرد است در حالی که نور نارنجی از ترکیب ٪۳۰ زرشکی و ٪۶۰ یکسان‌سازی نمادهای رنگی روی نمایشگر کامپیوتر با نمادهای رنگی روی نقشه چاپی، مستلزم انجام یک تبدیل از مدل رنگی RGB به مدل رنگی CMYK می‌باشد. البته افرادی هنوز معتقدند که نمی‌توان تبدیل دقیقی انجام داد، لذا نقشه‌های چاپی متفاوت از آن چیزی است که ما برروی صفحه نمایش مشاهده می‌نماییم (سلوکوم و همکاران، ۲۰۰۴).

کسرسیوم بین‌المللی رنگ با حدود ۷۰ شرکت و سازمان جهان‌گستر از سال ۱۹۹۳ برروی ایجاد یک سیستم مدیریت رنگ برای استفاده در نرم‌افزارها و انتقال‌دهنده‌های مختلف کار می‌کند.^۱ تا زمانی که چنین سیستمی به طور کامل ایجاد نشده ما باید استفاده از رنگ‌ها را در نرم‌افزارها و انتقال‌دهنده‌های مختلف تجربه کنیم. به عنوان کلام آخر باید گفت تولید نقشه خصوصاً نقشه‌های رنگی فرایندی پیچیده بوده و یک هدف چالش برانگیز برای کاربران GIS به حساب می‌آید. به همین علت، یک سری امکانات اینترنتی ایجاد گردیده تا به آنان کمک نماید نمادهای رنگی مناسب برای یک الگوی مشخص از تولید نقشه را انتخاب کنند.^۲ به عنوان مثال می‌توان به ابزار رایگان تولید نقشه‌های رنگی در سایت زیر دست یافت:

<http://www.personal.psu.edu/faculty/c/a/cab38/colorBrewerBeta.html>

۶-۱۱ کارهای عملی فصل ۱۱: تنظیم Layout و تهیه نقشه‌های مختلف برای ارائه و چاپ

کارهای عملی این فصل شامل سه تمرین است. در تمرین ۱ شما نحوه تهیه نقشه کروپلیت و مراحل تنظیم آن را به طور کامل خواهید آموخت. در تمرین ۲ نحوه طراحی، استفاده از نمادهای رنگی تدریجی، رنگ و نمادهای مختلف خطی را می‌آموزید و نتیجه آن را در قالب یک layout ارائه می‌نمایید. تمرین ۳، به جانمایی نوشته‌ها در نقشه اختصاص دارد. همان‌طور که گفته شد، هر یک از تمرین‌های بالا را در پایان به عنوان یک layout به خارج از ArcMap خواهید برد و آنها را برای نمایش یا چاپ آماده می‌کنید. تنظیم layout به طور کلی شامل چند مرحله است. این مراحل عبارت‌انداز افزودن یک یا چند نقشه به layout، تعیین ابعاد نقشه، افزودن مقیاس خطی، جهت شمال و مختصات جغرافیایی، راهنمایی، عنوان، حاشیه داخلی، کادر خارجی، نوشته‌های نقشه و تکرار آن برای تهیه مناسب‌ترین نقشه.

تمرین ۱: تهیه نقشه کروپلیت و تنظیم layout آن

در این تمرین شما به یک نقشه تراکم جمعیت با فرمت shp نیاز دارید که با عنوان Density.shp و برای استان خراسان بزرگ در سال ۱۳۷۵ در اختیار شماست. در این تمرین همچنین از یک نقشه ایران برای نمایش موقعیت استان خراسان استفاده می‌کنید که آن هم با عنوان location.shp در پوشه فصل ۱۰ موجود است.

1. <http://www.color.org>

2. <http://www.personal.psu.edu/Faculty/c/a/cab3p/colorBrewerBeta.htm/>.

فصل سُسُم :

تمرینات عملی درس GIS در برنامه ریزی شهری و منطقه ای

تهیه و تنظیم :

شاه بختی رستمی

PhD در GIS استرالیا UNSW

استادیار دانشگاه پیام نور - مرکز اسلام آباد غرب

E-mail Address:

shahrostami2001@yahoo.com

با استفاده از منابع و اطلاعات فراهم آمده از:

1. Environmental Systems Research Institute (ESRI)
2. School of Geography UNSW Australia
3. Faculty of the Built Environment UNSW Australia

تمرین ۱ : معرفی برنامه های کاربردی ArcInfo Desktop

در این تمرین سه برنامه کاربردی ArcMapTM ، ArcCatalogTM و ArcInfoTM Desktop را مرور خواهید کرد : شما با نحوه یافتن نقشه ها و داده ها در ArcCatalogTM ، نمایش نقشه ها در ArcMapTM ، و تحلیل فضایی داده ها با ArcToolBox آشنا خواهید شد. همچنین داده های این دوره آموزشی را بررسی می کنید. این تمرین مرور کلی است بر نحوه کارکرد ArcCatalogTM و ArcMapTM و تمرینات بعدی شامل جزئیات دقیق‌تر خواهد بود.

قدم اول : شروع پر نامه ArcCatalog و پررسی داده ها و نقشه های این دوره آموزشی

پوشه ای را به نام **GIS_Workshop** برای ذخیره کردن اطلاعات و تمرینات این کارگاه درست کنید.

ابتدا برنامه **ArcCatalog** را به طریق زیر شروع کنید:

Start Programs.... ArcGIS... ArcCatalog

تمام داده های مورد استفاده در این دوره در پوشه ای به نام **GIS_Rostami** قرار دارد. برای یافتن آن از راهنمای خود بپرسید. در ArcCatalog با استفاده از **Tree View** نقشه **GIS_Rostami** را پیدا کنید. بر صورتی که قادر به دیدن این پوشه نیستید از علامت فلاش زرد بالای فهرست چهت اتصال به محل پوشه **GIS_Rostami** استفاده کنید.

در قسمت **Tree View** (کادر سمت چپ **ArcCatalog**)، بر روی **National.mbd** دوبار کلیک کنید (Double-Click) تا باز شود. Geodatabase **National.mbd** یک Geodatabase شخصی است. درباره Geodatabase "بیشتر بحث خواهیم کرد. فعلاً" خصوصیات جغرافیایی تغیره شده در این Geodatabase را مرور کرده و نمایش خواهید داد.

در قسمت **Tree View** بر روی **WorldContainer** دوبار کلیک کنید.

در قسمت **Tree View** بر روی **Countries94** کلیک کنید تا فعال شود.

برای مروری بر کشورهای دنیا بر روی دکمه **Preview** کلیک کنید.

اکنون برای مروری بر شهرهای دنیا بر روی **WorldCities** کلیک کنید.

دقایقی هم به بررسی سایر داده های داخل پوشه **GIS_Rostami** با استفاده از دکمه های **Preview** یا **Contents** بپردازید.

قدم دوم - وارد کردن داده ها از ArcCatalog به ArcMap

برنامه ای کاربردی است که برای ترسیم نقشه مورد استفاده است. دو برنامه کاربردی ArcMap و ArcCatalog در ارتباط با هم کار می کنند.

بر روی دکمه **Launch ArcMap** کلیک کنید:

اندازه پنجره های ArcCatalog و ArcMap را به طریق زیر تنظیم کنید تا دکتر شاه بختی رستمی همزمان بتوانید هردو پنجره و محتویات آنها را بر روی صفحه کامپیوتر ببینید.

بر روی نوار **Toolbars** در قسمت پایین صفحه مانیتور کلیک را سرت کرده و سپس گزینه **Tile** **Windows Vertically** را انتخاب کنید.

در پنجره **ArcCatalog** بر روی دکمه **Contents** کلیک کنید.

بر روی **World Container** کلیک کنید.

بر روی **ArcCatalog countries94** کلیک کرده آنرا نگه داشته و به قسمت نمایش **ArcMap** (در سمت راست) بکشید.

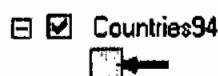
اکنون کشورهای دنیا در ArcMap دیده می شوند.

حال **Worldcities** را به شیوه بالا از **ArcCatalog** به **ArcMap** منتقل کنید.
پنجره **ArcCatalog** را کوچک کنید (Minimize).

قدم سوم : تغییر دادن نمادشناسی (Symbol)

در این مرحله شمارنگ چندضلعی های کشورها را (Polygons) را تغییر می دهد.

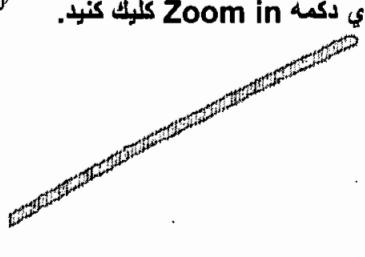
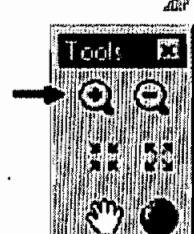
بر روی علامت چندضلعی **Countries94** کلیک راست کنید:



رنگهای مختلف را برای **Polygon** های کشورها آزمایش کنید.

بعد منطقه خاورمیانه را به عنوان ناحیه مورد نظر بزرگ کنید.

بر روی دکمه **Zoom in** کلیک کنید.



با استفاده از اشاره گر (Pointer) مربعی در اطراف خاورمیانه ترسیم کنید، تا این منطقه به اندازه کافی بزرگنمایی شود.

سپس شما **Symbology** لایه شهرها را تغییر خواهید داد.

بر روی لایه **Worldcities** کلیک راست کرده و **Properties** را انتخاب کنید.



بر روی دکمه **Symbology** کلیک کنید.

در کادر سمت چپ یعنی کادر **Show Quantities** بر روی **Quantities** کلیک کنید.

بر روی **Graduated Symbols** کلیک کنید.

برای **Value** بر روی **Population** کلیک کنید.

بر روی **Template** کلیک واز کادر **Symbol Selector** سمبلی را به دلخواه خود انتخاب کنید.

برای **Color** بر روی رنگ آبی کلیک کنید.

برای هر دو کادر بر روی **Ok** کلیک کنید.

شهرها به صورت عالم بزرگ و کوچک و بر مبنای نسبت جمعیت‌شان دیده می شوند.

شهرهای با جمعیت بیشتر با عالم بزرگتر نشان داده شده اند.

قدم چهارم : پرچسب زدن یک لایه (Labeling)

در این مرحله با برچسب زدن ویزگیها بر روی یک نقشه و کار با راهنمای سرخ (Serious) این نقشه آشنا خواهد شد.

راهنما (Serious) اطلاعاتی اضافی را در مورد یک ویزگی به دست می دهد.

بر روی **Label Features** راست کلیک کرده و **WorldCities** را انتخاب کنید.

بر روی **WorldCities** راست کلیک کرده و **Properties** را انتخاب کنید.

بر روی دکمه **Display** کلیک کنید.

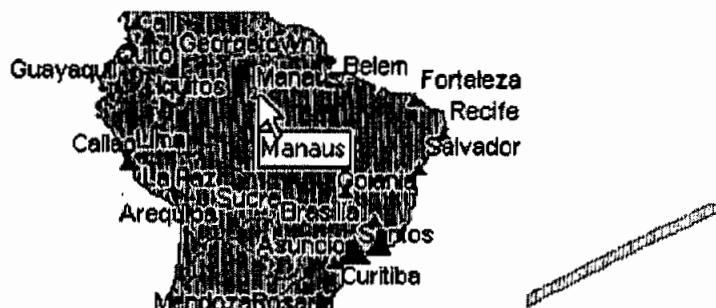
کادر **Show Map Tips** را تیک بزنید.

کلیک **OK**.

اکنون اشاره گر (Pointer) را بر روی یک شهر روی نقشه نگه دارید.

راهنما (Serious) نقشه در یک کادر ظاهر می شود و باید با برچسب شهر منطبق باشد. بعداً با چگونگی تغییر دادن اطلاعات راهنمای

(Serious) نقشه آشنا خواهد شد تا بتوان چیزی غیر از برچسب (Label) را نمایش دهد.



پنجره ArcMap را کوچک کنید.

قدم پنجم : کار با برنامه کاربردی ArcToolbox و ابزار حایل سازی (Buffer)

در این مرحله شما با داده هایی مربوط به یک جزیره از ایالت Rhode Island آمریکا کار خواهید کرد.

در اینجا شما بخشی از تحلیل مکان یابی یک رستوران را انجام می دهید.

به عنوان بخشی از این پروژه شما نیاز به یافتن جاده های شلوغ در چندین نقطه مهم در میان نواحی Zip Codes دارید.

ابتدا شما منطقه هدف در Zip Codes هارا به شاعع 1.5 کیلومتر حایل سازی خواهید کرد. (Buffering).

سپس شما چندضلعی حایل سازی شده (Buffer Polygons) را با شبکه خیابانهای جزیره بر روی هم قرار خواهید داد. (Overlay) تنها خیابانهایی که در داخل منطقه حایل باقی می مانند را جدا سازید.

بر روی دکمه **Arctoolbox** کلیک کنید.



پنجره های ArcToolbox و ArcCatalog را طوری تنظیم کنید که هر دو قابل مشاهده باشند.

در پنجره ArcToolbox بر روی **Proximity Tools** و سپس **Analysis Tools** کلیک کنید.

بر روی ابزار Buffer دوبار کلیک کنید.

در ArcCatalog پوشه Rhode_Island را پیدا کنید.

در **ArcCatalog** بر روی **Zip** دو بار کلیک کرده، سپس بر روی **Point** کلیک و ضمن نگهداشتن ماوس آنرا به سمت قسمت **Input Feature** در ابزار **Buffer** بکشید.

برای قسمت **Distance**، رقم 1500 را تایپ کنید.

برای قسمت **Output Feature** بر روی دکمه **Brows** (علامت کوچک پوشیده مانند) کلیک کنید.
پوشیده **Rhode_Island** را پیدا کرده و کلمه **Zipbuff** را به عنوان یک مورد جدید تایپ کنید.
بر روی **Save** کلیک کنید.

بر روی **Ok** کلیک کنید.

در **ArcMap** بر روی **File** و سپس **New** و **ok** کلیک کنید.

برای ذخیره نقطه این قسمت، بر روی **No** کلیک کنید.

با استفاده از فرمان پرداشتن و گذاشتن (**Drag and Drop**) داده های زیر را از **ArcCatalog** به **ArcMap** منتقل دهید:

(برای مشاهده **Island** از **Arcts** بر روی **Arcts** دو بار کلیک کنید)،
(برای مشاهده **Points** از **Arcts** Zip از **Arcts** Streets از **Arcts** Zipbuff جدیدی که خود درست کردید.

اگر لازم است با کلیک کردن پوزیوی لایه ها در جدول فهرست آنها را جلو باشند.

قدم ششم : کاربرد ArcToolbox برای برش (Clip) خیابانها منطبق با منطقه حاصل

اکنون شما از **ArcToolbox** برای برش خیابانهای جزیره براساس جندیمی های حاصل شده Zip Codes استفاده خواهید کرد.

در **ArcToolbox** بر روی **Extract Tools** و سپس **Analysis Tools** کلیک کرده و سپس بر روی ابزار **Clip** کلیک کنید.

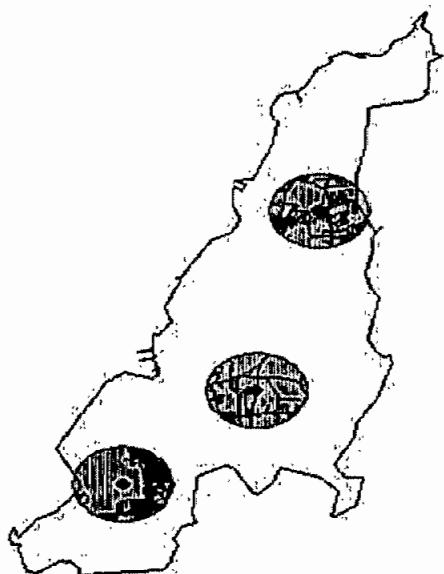
بر روی **ArcCatalog** کلیک کرده و آن را در قسمت **Input** ابزار **Clip** قرار دهید.

بر روی **ArcCatalog** کلیک کرده و آن را در قسمت **Clip** ابزار **Clip** قرار دهید.
برای **Output**، پوشیده ای که برای نگهداری و ذخیره اطلاعات این کارگاه درست کرده اید را انتخاب کرده و **Busy_Roads** را تایپ کرده و دکمه **Enter** را فشار دهید.
روی دکمه **Ok** کلیک کنید.

اکنون شما تمام جاده های شلوغ در جزیره را در **ArcMap** نمایش خواهید داد.

در **ArcCatalog** بر روی **Busy_Roads** کلیک کرده و آن را به **ArcMap** منتقل کنید. (اگر قادر به دیدن **Busy_Roads** نیستید در قسمت منو بر روی **View** و سپس بر روی **Refresh** کلیک کنید).

در جدول فهرست **ArcMap** با کلیک بر روی کادر کوچک کنار لایه **Streets** آنرا از حالت خارج کنید.



اکنون می توانید کارهای انجام شده را در پوشۀ آنود نخیره کرده و سپس هر سه برنامه کاربردی ArcToolbox و ArcMap و ArcCatalog را بینندید.
در این تمرین از هر سه برنامه کاربردی ArcInfo Desktop برای موارد مختلف استفاده کردید. در تمرینات بعدی با جزئیات بیشتری از هر کدام آنها آشنا خواهید شد.

پایان تمرین اول

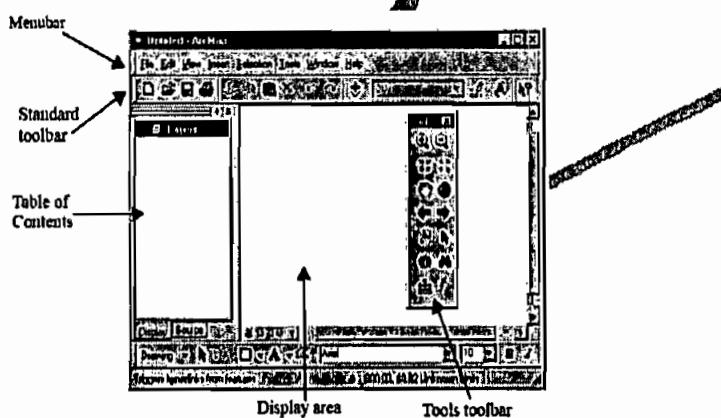
تمرین دوم : کار با نقشه ها و لایه ها

در این تمرین شما با بررسی، اضافه کردن و تغییر دادن ویژگی های لایه ها در ArcMap بیشتر آشنا خواهید شد. همچنین با پنجره های بزرگنمایی (Magnify) و مورکل (Overview)، پیدا کردن و شناسایی ویژگی های جغرافیایی بر روی یک نقشه، اضافه کردن و ایجاد Hyperlink یک عکس هوایی، و نمایش نقشه بصورت Layout کار خواهد کرد.

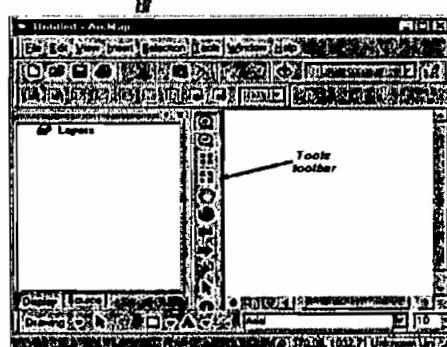
قدم اول: برنامه کاربردی ArcMap را شروع و نقشه ای را باز کنید.

در این مرحله با استفاده از ArcMap نقشه ای که شامل لایه های مختلفی از ایران است را بازمی کنید.
ArcMap را شروع کنید.

اگر با پنجره پیام خوشامد روبرو شدید بر روی Start Using ArcMap کلیک کنید.
پنجره ArcMap شبیه بسیاری از پنجره های استاندارد دیگری است که قبلاً دیده و با آنها کار کرده اید. نوار فهرستی (Menubar) در قسمت بالای پنجره قرار دارد و یک نوار ابزار استاندارد (Standard Toolbar) در زیر نوار فهرست. همچنین جدول فهرست (Table Of Contents) (در سمت چپ، محدوده نمایش (Display Area) در سمت راست، و یک نوار ابزار Tools بصورت شناور قابل مشاهده اند. شما می توانید با کلیک کردن و کشیدن این نوار Tools و قرار دادن آن در کنار جدول فهرست اندازه آنها را تنظیم کنید (شکل های زیر):



بر روی نوار ابزار Tools کلیک کرده و آن را به سمت جدول فهرست کشیده و مطابق شکل زیر در سمت راست آن قرار دهید.



بر روی دکمه Open کلیک کرده و نقشه GIS_intro.mxd را از پوشه GIS_pnu.mxd باز کنید.

وقتی که نقشه را باز می کنید، سه لایه در جدول فهرست ظاهر می شوند:
لایه های West Iran و RiverTP هر کدام با یک علامت تیک در کادر کوچک کنار آنها (به نشانه قابل رویت بودنشان)، و لایه بدون علامت تیک (به نشانه قابل رویت نبودن این لایه).

قدم دوم: کار با جدول فهرست

در این مرحله شما با جدول فهرست کار می کنید.

اپندا لایه RiverTP را نمایش می دهد : کادر کوچک کنار لایه RiverTP را تیک بزنید.

لایه RiverTP به قسمت نمایش اضافه شده اما در زیر لایه West قرار دارد.

برای تغییر ترتیب نمایش می توانید جای لایه Railroads را تغییر دهید : بر روی لایه Railroads کلیک کرده و

ضمن نگه داشتن موس آن را به طرف بالای جدول فهرست و بالاتراز لایه West کشیده و رها کنید.

لایه ها در جدول فهرست به ترتیب از پایین به بالا به نمایش در می آیند. لخته لایه های قسمت پایین جدول فهرست ظاهر من شوند و سین سایر لایه ها به ترتیب به سمت بالا اضافه می شوند.

اکنون اسم لایه RiverTP را به صورت زیر تغییر می دهید:

بر روی لایه RiverTP کلیک و آن را انتخاب کنید.

دوباره کلیک کنید تا آماده ویرایش شود.

واژه Major Rivers of west را تایپ کنید.

شما می توانید سایر نوشته های جدول فهرست را به روش مشابه تغییر دهید.

قدم سوم: تغییر دادن مقیاس یک نقشه

هر لایه دارای مجموعه ای از ویژگیها (Properties) است.

بر روی لایه West راست کلیک کرده و سپس Properties را انتخاب کنید.

ویژگیها (Properties) به جند گروه تقسیم شده اند که در کمک شایانگر بیش از آنها است.

بر روی دکمه General کلیک کنید.

به نام لایه و قابل رویت بودن آن توجه کنید: ممکن است با استفاده از دکمه General این برای لایه مورد نظر مقیاس تعیین کرد دامنه مقیاس نشان دهنده مقیاسهای مختلفی است که یک لایه می تواند با آنها آشنا نشود.

بر روی دکمه Don't Show Layer When Zoomed کلیک کنید.

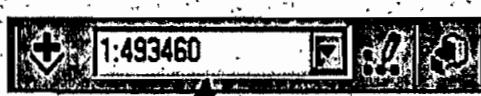
برای حداقل مقیاس (Minimum Scale) رقم 12,000,000 را تایپ کنید.

بر روی دکمه Ok کلیک کنید.

اکنون با استفاده از ابزار Zoom Out مطمئن شوید که لایه West قابل رویت نیست.

و لفظ که Zoom Out شما فراتر از 1:12,000,000 است.

مقیاس کنونی بر روی نوار ابزار استاندارد قابل مشاهده است.



مقیاس حاضر را 13,000,000 تغییر داده و دکمه Enter را فشار دهید.

لایه West بده نمی شود. اکنون مقیاس را طوری تغییر دهید که این لایه بده شود.

مقیاس کنونی را 11,000,000 تغییر دهید و دکمه Enter را فشار دهید.

قدم چهارم : تغییر دادن نماد شناسی (Symbology) یک لایه

راههای مختلفی برای تغییر نماد شناسی Symbology یک لایه وجود دارد. اگر صرفاً به دنبال تغییر رنگ لایه باشیم بروی علامت رنگ [کادر رنگی کوچک در زیر نام لایه] راست کلیک می کنیم.
برروی علامت رنگی لایه West کلیک راست کنید و رنگ دیگری انتخاب نمایند.
اگر بخواهیم ویژگی های دیگر را نیز تغییر دهیم بروی علامت رنگی لایه کلیک می کنیم.
برروی علامت رنگی West کلیک چپ کنید.

کادر Symbol Selector ظاهر می شود. شما می توانید یک علامت از پیش طراحی شده را از صفحه نمایش سمت چپ انتخاب کنید و یا می توانید ویژگی های جداگانه را با استفاده از گزینه های سمت راست بر گزینید. در حال حاضر نواحی West طرح بندی نشده اند. اکنون شما به طرح بندی آنها می پردازید.

در قسمت Options برای Outline Width برروی فلاش رو به سمت بالا کلیک کرده و ضخامت 1 را انتخاب کنید.

برای Outline Color یک رنگ متوسط خاکستری انتخاب کنید.

سپس برروی دکمه Ok کلیک کنید.

برروی لایه West راست کلیک کرده و Properties را انتخاب کنید.

برروی دکمه Symbology کلیک کنید.

برای قسمت Show (در سمت چپ) بر روی Categories کلیک کنید.

در قسمت ProvinceName کلیک کنید.

برروی دکمه Add All Values کلیک کنید.

کادر (Uncheck) Check را از حالت خارج کنید و All Other Values کلیک کنید.

Ok

اکنون لایه West بر اساس ارزشها منحصر به فرد برای هر کدام از استان ها نمایانده شده است توجه داشته باشید که عالم راهنمای جدول فهرست تا حدودی گنج است. اکنون شما تنها کد ProvinceName را می بینید. شما می توانید تبیین نوشته های کنار عالم را در کادر Properties و یا در جدول فهرست تغییر دهید. در اینجا شما این کار را در جدول فهرست انجام می دهید.

برروی ProvinceName در جدول فهرست کلیک کنید.

دوباره برروی ProvinceName کلیک کنید تا اصلاح متن را شروع کنید.

حال واژه Province Name را تایپ کنید.

برروی هر کدام از کد ها کلیک کرده و آنها را طبق جدول زیر تغییر دهید:

Ham= Hamadan

KUR= Kurdistan , Ker= Kermanshah

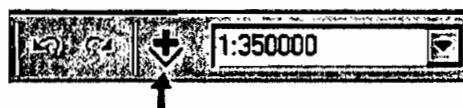
علام قرار دادی موجود ممکن است به اندازه کافی گریا باشند یا نباشند. در صورت لزوم شما می توانید این عالم را به یکی از دو روش مذکور در بالا تغییر دهید: راست کلیک برای تغییر رنگ و چپ کلیک برای تغییر سایر ویژگی ها. این روشها را برای ایجاد عالم مناسب تجربه کلید.

خودآزمایی : اصلاح نماد شناسی (symbology)

نماد شناسی لایه Iran را طوری تغییر دهید که مرز همه استان ها نمایانده شوند و سیس بگوشتید تا هر استان را با رنگی متفاوت نشان دهید.

قدم پنجم : اضافه کردن لایه ای جدید به ArcMap

راهای زیادی برای اضافه کردن داده ها به یک نقشه وجود دارد. یکی از آنها روش برداشتن و گذاشتن Drag And Drop است که در تصریف اول با آن آشنا شدیم. همچنین از دکمه Add Data نیز برای اضافه کردن داده ها به ArcMap استفاده می شود. بر روی دکمه Add Data کلیک کنید.



از پوشه GIS_Intro بروی فایل Railroads کلیک کنید. بر روی دکمه Add کلیک کنید.

قدم ششم : گشتن و گذاری در اطراف یک نقشه

ابزارهای متعددی برای کمک به غور و تفحص در یک نقشه وجود دارند. شما می توانید از ابزار Tools که در ابتدای این تصریف ملاحظه کرده و در کنار جدول نهایت قیمتی دادید برای بررسی یک نقشه استفاده کنید. بر روی دکمه Zoom In کلیک کنید.



با استفاده از ماوس مربعی در اطراف سه استان رسم کنید.
شما برآختی می توانید به محدوده قبلی نیز برگردید.

بر روی دکمه Go Back To Previous Extent کلیک کنید.



همچنین برآختی می توانید به حالت Zoom In برگردید.

بر روی دکمه Go To Next Extent کلیک کنید.

بنجره های "مرورکلی" و "بزرگنمایی" (Overview And Magnify) به شما این اجازه را میدهد که همزمان در گسترده را ببینید.

بر روی دکمه Windows کلیک کرده و Overview را انتخاب کنید.

بنجره ای شامل تمامی محدوده نمایش و کادری که نشانده شده منطقه ای است که شما اکنون بر روی آن Zoom کرده اید ظاهر می شوند. شما می توانید محل کادر را در پنجه Overview به منظور دیدن یک محل دیگر در منطقه نمایش تغییر دهید. بر روی کادر

کلیک کرده و آن را به محل دیگر بکشید. محل جدید در صفحه نمایش داده شده و شما همچنین می‌توانید منکل و اندازه کادر را تغییر دهید.

با استفاده از ماوس اشاره گر را بر روی یکی از گوشه‌های کادر نگه دارید (تا به شکل فلش دو طرفه در آید) آنگاه اندازه کادر را به دلخواه تغییر دهید.

پنجره Overview را بینید.

دکمه تمام نما Full Extent ببروی نوار ابزار Tools یکی از آن ابزارهایی است که زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. به کمک این ابزار تصویر کامل (تمام نمای) کلیه لایه‌ها در صفحه نمایش ببست می‌آید.
برروی دکمه Full Extent کلیک کنید.



پنجره بزرگنمایی (Magnify) امکان ریز شدن در یک منطقه خاص را به صورت پنجره‌ای جداگانه فراهم می‌کند.

برروی دکمه Window و سپس Magnify کلیک کنید.

برروی پنجره Magnify کلیک کنید و آن را به بخش دیگری از صفحه نمایش بکشید.

وقتی که شما امکانی را رها می‌کنید حالتی بزرگنمایی شده (Zoom In) از آن منطقه مشاهده می‌کنید.

پنجره Magnify را ببینید.

قدم هفتم : بروی جدول ویرگیهای یک لایه

مشخصات (داده‌ها) به منزله قلب اطلاعات در GIS ثقیل می‌گردند. شما می‌توانید مشخصات یک لایه را با باز کردن جدول داده‌های آن لایه بینید. نگاهی به مشخصات لایه West بیاندازید.

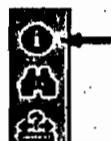
برروی لایه West راست کلیک کرده و Open Attribute Table را انتخاب کنید. ویرگی‌های توصیفی سه استان را در اون جدول مشاهده کنید.

قدم هشتم : یافتن و شناسایی ویرگیهای جغرافیایی در یک نقشه

دکمه Identify این اجزه را به شما می‌دهد که برروی یک ویرگی در نقشه کلیک کرده و مشخصات آن را ببینید.

با استفاده از ابزار Zoom In نقشه را تا جایی بزرگ کنید که یک یا دو شهر را ببینید.

برروی دکمه Identify کلیک کنید.



برروی یکی از استان‌ها کلیک کنید.

نتایج حاصل از این کلیک در یک پنجره جدید ظاهر می‌شوند. شما نتایج را برای استانی که روی آن کلیک کردید و نیز برای سایر لایه‌ها می‌بینید. دکمه Identify برای تمام لایه‌ها در محلی که کلیک کرده اید کار می‌کند. شما بر احتیت می‌توانید تمام مشخصات پدیده‌ای که روی آن کلیک کرده اید را شناسایی کنید. نام استانی که شناسایی کرده اید چیست؟

اگر می خواهید سایر ویژگی هارا هم ببینید تنها کافی است بر روی علامت (+) کنار لایه و سپس برروی پدیده کلیک کنید.
موردنی را که شما کلیک کرده اید بر روی صفحه نمایش چشمک خواهد زد.

پنجره نتایج Identify را ببندید.

دکمه Find به شما کمک می کند تا محل یک پدیده (ویژگی) را بر اساس یک مقدار پیدا کنید. این ابزار یک و یا بیشتر از یک لایه را مورد جستجو قرار داده و مقادیر یار دیف هایی را به صورت متن Text برای جستجو می پذیرد.
بر روی دکمه Full Extent کلیک کنید.
بر روی دکمه Find کلیک کنید.



برای کلمه Find را تایپ کنید.

برای In Layers بر روی Visible Layers کلیک کنید.

کادر مربوط به "Find features that are similar to or contain the search String" را تیک بزنید.
بر روی Find کلیک کنید.

تهی یک مقدار که شامل Rock است پیدا می شود. ممکن است برای دیدن کل مقدار نیاز به عرضی تر کردن قسمت Value داشته باشید.

بر روی Kur راست کلیک و بر روی Flash Feature کلیک کنید (برای دیدن احتمالاً "Flash Feature" داشته باشد).

بر روی Kur راست کلیک کرده و Create Bookmark را انتخاب کنید.
پنجره Find را ببندید.

ابزار Bookmark کمک می کند تا سوابق زوم بر روی گسترده های انتخاب کلیم.

بر روی (View) → Bookmark → Kur کلیک کنید.
اکنون شما به محدوده استان کردستان زوم کرده اید. حالا به گسترده فعلی برگردید.

بر روی دکمه Go Back To Previous Extent کلیک کنید.

قسم نهم : ایجاد یک Hyperlink

Hyperlink ها به شما اجازه می دهند تا استند (نظیر عکس یا متن) و یا صفحات Web را که بر روی اینترنت قابل دسترسند نمایش دهید. در اینجا به ایجاد Hyperlink می پردازیم.
بر روی دکمه Identity کلیک کنید.

بر روی استان کرمانشاه در صفحه نمایش کلیک کنید.

بر روی کرمانشاه (در زیرلابه West) کلیک کنید.

بر روی کرمانشاه راست کلیک کرده و Add Hyperlink را انتخاب کنید.

برای Link To A Document بر روی علامت پوشش ریز کلیک کنید.

به پوشش GIS_Intro بروید و بر روی Airport_Kermanshah.jpg کلیک کنید.

بر روی دکمه Open کلیک کنید.

بر روی دکمه Ok کلیک کنید.

اکنون شما از ابزار **Hyperlink** استفاده می کنید تا ارتباط با سایر فایلها را نمایش دهید.

بر روی دکمه **Hyperlink** کلیک کنید.



برای دیدن **Hyperlink** گرماشاه بر روی آن استان کلیک کنید.
در پایان پنجره های عکس را بیندید.

قدم دهم : نمایش نقشه به صورت طرح بندی (Layout)

اجزاء می دهد که شما نقشه تان را در یک صفحه بینید و برای استفاده بیشتر، عناصر دیگری را به آن بیافزایید.

این عناصر عبارتند از عناوین، مقیاس، جهت نمای شمال، متن، نقشه های راهنمایی و الحاقی.

بر روی دکمه **Layout View** در پالین صفحه نمایش کلیک کنید.



این نقشه در حالت حاضر دارای عناصر خاصی است. دانلود های چهارگانه یک نقشه در داخل چارچوب داده ها (Data Frame) سازماندهی می شوند. نقشه حاضر نمایانگر یک چارچوب برای داده هاست. اگر می خواهید یک نقشه راهنمایی (Index Map) اضافه کنید می توانید یک Data Frame دیگر اضافه کنید.

بر روی **Insert → Data Frame** کلیک کنید.

یک چارچوب داده ها (Index Map) بر روی صفحه نمایش و در جدول فهرست ظاهر می شود. بر روی **New Data Frame** در جدول فهرست کلیک کنید. در پایان کلیک کنید تا متن آمده اصلاح شود. برای متن کلمه **Index** را تایپ کنید.

اکنون لایه ای را به چارچوب داده جدید اضافه کنید. شما یک نقشه راهنمایی (Index Map) درست خواهید کرد که نشان دهنده مرزهای سیاسی ایران است.

بر روی **Index** در جدول فهرست راست کلیک کرده و **Add Data** را انتخاب کنید.

به پوشش **GIS_Intro>>Iran_Borders** بروید و بر روی **Iran_Borders** کلیک کنید.

بر روی دکمه **Add** کلیک کنید.

مرزهای محدوده ایران به چارچوب داده **Index** اضافه می شوند.

چارچوب را در یک نقطه مناسب بر روی نقشه جابجا کرده و اندازه آن را تنظیم کنید.

در حال حاضر چهار چوب داده (Data Frame) دارای یک خط قرمز است.

می توانید خط مرز را خاموش کنید.

بر روی **Index** راست کلیک کرده و **Properties** را انتخاب کنید.

بر روی دکمه **Frame** کلیک کنید.

برای **Border** بر روی **None** کلیک کنید.

کلیک **Ok**.

ترجمه داشته باشید که داده به صورت خودکار به چهار چوب داده لعل (Active Frame) اضافه می شود.

قلم رازدهم : ذخیره کردن نقشه

از آنجا که هر لایه، منبع اطلاعاتی خاص خود را دارد لازم است از وضعیت منبع اطلاعاتی نقشه هنگام ذخیره کردن آگاه شوید. شما می توانید منبع اطلاعات را به دو صورت Full Path یا Relative Path ذخیره کنید. اگر شما محل نقشه را تنظیر نماید و منبع اطلاعات به صورت Full Path ذخیره شده باشد ممکن است مسیرها (Paths) از اعتبار بیافتد و ارتباطی بین نقشه و منبع اطلاعات باقی نماند.

بر روی File → Document Properties کلیک کنید.

بر روی Data Source Options کلیک کنید.

بر روی Store Relative Path Names کلیک کنید.

کلیک Ok و Ok

اکنون شما می توانید نقشه و داده هایتان را جایجا کنید مدامی که Relative Path Names به همین سان باقی بمانند، داده ها به هنگام باز کردن نقشه قابل مسترسی و مشاهده اند.

بر روی File → Save کلیک کنید.

قلم رازدهم : چاپ کردن نقشه

نقشه ها می توانند در صفحه نمایش ظاهر شوند، چنان شوند، به جای دیگر فرستاده شوند و یا به یک متن با مسد دیگر اضافه شوند. اگر رايانه شما به یک دستگاه چاپگر وصل است می توانید نقشه تان را چاپ کنید.

بر روی Print کلیک کنید.

چاپگرتان را انتخاب و تنظیمات آن را مشخص کنید و سپس بر روی OK کلیک کنید. در صورتی که رايانه شما به چاپگر وصل نیست می توانید نقشه تان را به یک سند (Document) در Microsoft Word اضافه کنید. نقشه خود را در قالب یک فایل خروجی BMP انقلاب دهید.

در ArcMap بر روی Export کلیک کنید.

برای Type بر روی BMP کلیک کنید.

برای Output Name اسم IRAN.bmp را تایپ و محل ذخیره آنرا پوشه شخصی خود قرار دهید.

بر روی Export کلیک کنید.

اکنون شما می توانید فایل Microsoft Word را در یک سند BMP وارد کنید. برنامه Word را از طریق منوی Start آغاز کنید.

در Word بر روی Insert → From File کلیک کنید.

به پوشه شخصی خود رفته و بر روی Iran.bmp کلیک و آن را Insert کنید.

اگر نقشه شما بفت و چور نیست می توانید با تغییر اندازه آن، آن را به درستی جایابی کنید.

در پایان اگر خواستید نقشه خود را ذخیره و از ArcMap خارج شوید.

در این تمرین مطالبی را درباره مبانی ArcMap از طریق کارکردن با جدول نظره است، کار کردن با لایه ها و خصوصیات آنها، وضع کردن مقیاس، بررسی نقشه، پیدا کردن و شناسایی ویژگی های نقشه، برقراری Hyperlink و کار با Layout View فراگرفتم. در تمرینات بعدی مطالب بیشتری در مورد ArcMap خواهد آمد.

پایان تمرین دو

تمرین سوم: کار کردن با لایه ها و طرح بندی لایه ها (Layouts)

در این تمرین با موارد پیشتری از ویژگی های طرح بندی لایه ها (Vector Layouts) آشنا می شوید. شما با داده های برداری (Vector) و سلول تصویری (Raster) کار خواهید کرد و شیوه بکار گیری نماد ها را برای یک لایه Standard Symbolizations فرا خواهید گرفت. همچنین عناصر مختلف مانند مقیاس، جهت نما، متن و غیره را به نقشه اضافه کرده و صرفه جویی در وقت از طریق استفاده از قالب (Template) را در خواهید یافت.

قدم اول: برنامه ArcMap را شروع و لایه ها را به آن اضافه کنید

برنامه ArcMap را آغاز کنید.

از پوشش Tillamookwshd لایه های 3-Citylim ، 2-blockgr و 1-geoplaces را اضافه و اسمی آن ها را به شکل زیر اصلاح کنید :

1-Geographic Places و 2-Census Block Groups و 3-City Boundaries

لایه ها را به ترتیب زیر از بالا به پانین مرتب کنید :

1- Geographic Places 2 -City Boundaries 3- Census Block Groups

نماد شناسی (Symbol) لایه City Boundaries را با تغییر رنگ و ضخامت خط مرزها عوض کنید. نماد شناسی (Symbol) لایه Geographic Places را نیز به منظور قابل رویت تر بودن این لایه تغییر دهید.

قدم دوم : علامت Selection را تغییر دهید

هر لایه دارای ویژگی هایی در قسمت Properties است و می توان از طریق کلیک روی آنست برروی نام لایه و یا با دوبار کلیک کردن روی نام لایه و انتخاب Properties آنها را مشاهده کرد.

برای مشاهده Properties لایه Census Block Groups روی آن دوبار کلیک کنید، برروی دکمه Selection کلیک کنید.

دکمه Selection علامت مورد استفاده برای ویژگی های جغرافیایی انتخاب شده را کنترل می کند. در حال حاضر ویژگی های جغرافیایی انتخاب شده به یک رنگ قرار دادی (سبز روشن) نمایش داده می شوند. با انتخاب چند ویژگی متوجه رنگ قرار دادی می شوید. برای بستن پنجره Properties بر روی دکمه Cancel کلیک کنید.

بر روی دکمه Select Features کلیک کنید.



بر روی یکی از مجموعه بلوک های سرشماری (Census Block Groups) کلیک کنید.

مجموعه انتخاب شده اکنون با رنگ قرار دادی دیده می شود.

بر روی یکی از شهرها کلیک کنید.

مرز شهر و سایر ویژگی هایی که مورد کلیک قرار گرفته اند با استفاده از علامت قرار دادی برجسته می شوند. اکنون شما به تغییر علامت Selection برای لایه Census Block Groups می پردازند.

بر روی لایه **Census Block Groups** دو بار کلیک کنید.

بر روی دکمه **Selection** کلیک کنید.

بر روی " **With This Symbol** " کلیک کنید.

بر روی علامت کلیک کرده و رنگ را به زرد تغییر دهید.

برای هر دو کادر **Ok** را کلیک کنید.

اکنون می بینید که بلوک های سرشماری انتخاب شده به رنگ زرد، ولی مرز شهرها هنوز با رنگ قراردادی مشخص شده اند.

بر روی دکمه **Selection → Clear Selected Features** کلیک بزنید.

قدم سوم : الحاق کردن یک جدول مرتبط با لایه

فایل **blockgr.dat** را در **ArcCatalog** بررسی کنید.

جدول ویژگی ها (**Census Block Groups** لایه **Attribute Table**) را در **ArcMap** بررسی و آن را با جدول قبلی مقایسه کنید..... کدام ستون در دو جدول فوق مشترک است؟

بر روی لایه **Join And Related** → **Census Block Groups** راست کلیک کرده و **Join** را انتخاب کنید.

کادر های مربوطه را با اطلاعات زیر پر کنید.

1 - UNIQBG

2 - بر روی دکمه **Brows** کلیک کرده و از پوشش **Tillamookwshd** فایل **blockgr.dat** را انتخاب کنید.

3 - UNIQBG

. **Ok** کلیک

اکنون یک بار دیگر جدول ویژگی های لایه **Census Block Groups** را بررسی کنید چه تفاوتی می بینید؟

(Census Block Groups)

داده ها می توانند به روش های مختلفی از جمله دستی (Manual)، فواصل مساوی (Equal Interval)، فواصل تعريف شده (defined intervals) چارک (Quantile)، انقطاعات طبیعی (Natural breaks) و انحراف معیار (Standard deviation) طبقه بندی شوند. در اینجا شما به طبقه بندی بلوک های سرشماری با استفاده از روش چارک (Quantile) بر مبنای بخشی از جدول داده های جمعیتی می پردازید.

بر روی لایه **Census Block Groups** دو بار کلیک کنید.

بر روی دکمه **Symbology** کلیک کنید.

برای **Show Quantities** کلیک کنید.

برای **Value** بروی **blockgr.dat:AGE5** کلیک کنید.

اکنون شما بلوک های سرشماری را بر مبنای جمعیت 5 ساله آنها طبقه بندی می کنید. توزیع جمعیت 5 ساله می تواند برای برنامه ریزی امور مربوط به واجدین شرایط مهد کودک یا پیش بیستانی مانند در نظر گرفتن تعداد کلاسها، معلمین، سرویس های ایاب و ذهاب و غیره دارای اهمیت باشد.

روش قراردادی **Classification** برای این طبقه بندی انقطاعات طبیعی (Natural breaks) است.

برای Color Ramp طبقی از رنگ های سبز تیره را انتخاب کنید.

برروی دکمه Classify کلیک کنید.

کادر Classification نشان دهنده یک نمای تصویری از مقادیر داده ها و فواصل طبقات هیستوگرام است. دو محور x و y به ترتیب نمایانگر مقادیر و تعداد ویژگی ها می باشند. نقطه انقطاع هر طبقه به صورت خطی آبی رنگ در هیستوگرام و یک شماره (19، 15، 10، 6، 3) به چشم می آید. شما می توانید با استفاده از کلیک برروی هر کدام از خطوط آبی آنها را برای تغییر هر طبقه جابجا کنید. جابجا کردن خطوط آبی را تجربه کنید.

اکنون مجموعه بلوک های سرشماری را بر اساس چارک (Quantile) به قرار زیر طبقه بندی کنید.

برای Quantile Method برروی Quantile کلیک کنید.

روش Quantile طبقات را با تعدادی مساوی از هر ویژگی گروه بندی می کند.

کلیک Ok.

بر چسب ها (Labels) ای هر طبقه دارای چند رقم اعشاری است که ممکن است خیلی لازم نباشد و یا در راهنمای نقشه جای زیادی را اشغال نکند. پس اکنون به تغییر آنها می پردازیم.

برروی کادر کنار «Show class breaks using feature values» کلیک کنید.

دو راه دیگر نیز برای اصلاح بر چسب های هر طبقه وجود دارند. هم می توانید بر روی آنها کلیک کرده و به صورت دستی آنها را تغییر دهید و هم می توانید بر روی آنها راست کلیک کرده و Format Labels را انتخاب کنید که با این کار کادر Number Format ظاهر می شود. کادر Number Format در بین دارنده مقولات مختلفی نظیر: واحد پول، عدد، درصد و غیره برای اصلاح بر چسب های عددی است.

برروی بر چسب ها راست کلیک کرده و Format Labels را انتخاب و تغییرات دلخواه را اعمال کنید.

کلیک Ok.

اکنون مجموعه بلوک های سرشماری به شیوه quantile و بر اساس تعداد افراد پنج ساله در هر بلوک طبقه بندی شده اند. بلوک هایی که دارای جمعیت پنج ساله بیشتری اند به راحتی قابل تشخیص اند. با اینحال بر چسب بالای مقولات جمعیتی به اندازه کافی گویا نیست، پس لازم است آن را تغییر دهید.

بر چسب مقوله جمعیتی را از Five-Year-Old Population به blockgr.dat:AGE5 تغییر دهید.

قدم پنجم : طرح سوال از پایگاه داده ها (Definition query)

با استفاده از Definition query، می توانیم زیر مجموعه ای از ویژگی های یک لایه را به نمایش بگذاریم. این کار تاثیری بر منبع داده ها نخواهد گذاشت. شما می توانید با استفاده از Definition query تنها به نمایش مدارس (از لایه Geographic Places) بپردازید. در اینصورت منبع داده ها هنوز در بر دارنده تمام نقاط جغرافیایی است، منتها تنها مدارس برروی نقشه ظاهر خواهند شد.

برروی لایه Geographic Places دوبار کلیک کنید.

برروی دکمه Definition query کلیک کنید.

برروی دکمه Query Builder کلیک کنید.

با استفاده از Query Builder می توان عبارتی را برای شناسایی ویژگی های خاص در لایه ای که می خواهید نمایش دهید نوشت. بعداً در این باره بیشتر کار خواهیم کرد.

برای Field برروی DESIG «» کلیک کنید.

بر روی **Get Unique Values** کلیک کنید.

فهرستی از مقادیر نمونه هر ویژگی در کادر سمت راست ظاهر می شود.

برای اضافه کردن **DESIG** به کادر عبارت نویسی، بروی آنها دوبار کلیک کنید.

برروی عبارت مساوی (=) کلیک کنید.

برای قسمت **Get Unique Values** در سمت راست، «**School**» را پیدا کرده و بروی آن

دوبار کلیک کنید تا به قسمت عبارت نویسی اضافه شود.

عبارة شما باید به صورت زیر باشد :

"**DESIG**" = '**School**'

برای هردو کادر روی **Ok** کلیک کنید.

اکنون نقشه شما اصلاح شده تنها چهار مدرسه را نمایش دهد.

اسم لایه **Geographic Places** را به **Schools** تغییر دهید.

برروی علامت مدرسه کلیک کنید تا کادر **Symbol Selector** ظاهر شود.

برروی علامت **School2** کلیک کنید (در قسمت های میانی نیست).

رنگ سمبول را به فرمز تغییر دهید.

اندازه آن را به **25 pt.** تغییر و برروی **OK** کلیک کنید.

به کارگیری **Definition Query** مجموعی باعث تغییر جدول ویژگی های لایه خواهد شد.

برروی لایه **Schools** راست کلیک کرده و **Open Attribute Table** را انتخاب کنید.

مالحظه می کنید که تنها ویژگی های چهار مدرسه مورد نظر در جدول وجود دارد.

جدول **Attribute Table** را بیندید.

(Raster) نمایش داده های رستر

برخی از داده های رستری تنها دارای یک باند داده می باشند، در حالی که برخی دیگر دارای چندین باند داده ها هستند. وقتی که شما لایه ای را از داده های رستری درست می کنید می توانید انتخاب کنید که تنها یک باند از داده های نمایش داده شود یا هر رنگی مرکب از هر سه باند.

در این مرحله شما ترکیبی از رنگها را از یک عکس **Thematic Mapper** از منطقه **Tillamook Bay** نمایش خواهید داد.

ابتدا لایه **City Boundaries** را خاموش کنید زیرا نیازی به نمایش آن در نقشه نهایی نیست. از

پوشه **Tillamook Wshd** فایل **tm_image.bil** را به **ArcMap** اضافه کنید.

پس از اضافه شدن عکس به نقشه، باند های چندگانه به صورت ترکیبی از رنگها ظاهر می شوند. در جدول فهرست شما می توانید مشاهده کنید که باند چهار به رنگ قرمز، باند سه به رنگ سیز و باند دو به رنگ آبی ظاهر شده اند. عکس های ماهواره ای معمولاً به این شکل نمایانده می شوند.

نام لایه را به **Thematic Mapper Image** تغییر دهید.

برای دیدن **Properties** این لایه دوبار بروی آن کلیک کنید.

دکمه های مختلف را بیازمانید.

ترجمه داشته باشید که ویژگی های یک لایه راست متفاوت از سایر لایه های برداری (**Vector** لایه هایی که ناکنون با آنها کار می کردید) است.

اکنون نماد شناسی (Symbology) را به منظور نشان دادن لایه راستر با نماد شناسی کشیده (Stretched Symbology) تغییر دهید:

بر روی دکمه **Symbology** کلیک کنید.

برای **Show** بر روی **Stretched** کلیک کنید.

وقتی که شما از متد نمایشی Stretched استفاده می کنید تنها یک باند از رنگها می تواند به نمایش در آید. باند یک باند قراردادی (default) برای نمایش کشیده (Stretched) است. حالا شما باند چهار را به نمایش بگذارید.

باند را به باند چهار (**Band Four**) تغییر دهید.

لایه راستر مقادیر باند کشیده چهار را در طول یک طیف رنگی نمایش خواهد داد. طیف رنگ قرار دادی از سفید به سیاه است (نمایش سیاه و سفید لایه).

Ok.

حال باند چهار عکس Thematic Mapper با یک طیف رنگ سیاه و سفید ظاهر شده است. شما از نوار ابزار Effects برای نمایش عکس استفاده خواهید کرد بلکه تا حدودی شفاف (Transparent) باشد. نوار ابزار Effects می تواند به راحتی برای تغییر نمایش لایه های راستری مورد استفاده قرار گیرد.

بر روی لایه Schools کلیک کرده و آن را به بالای جدول فهرست منتقل کنید.

حال نوار ابزار Effects را نشان خواهید داد :

بر روی دکمه های View → Toolbars → Effects کلیک کنید.

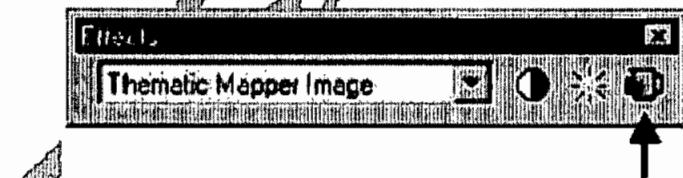
در نوار ابزار Effects بر روی Mapper Image به عنوان لایه کلیک کنید.

دکمه های نوار ابزار فعل هستند. سه دکمه اصلی عبارتند از :

Adjust Contrast , Adjust Brightness , Adjust Transparency

بر روی دکمه **Adjust Transparency** کلیک کنید.

شفافیت را تقریباً تا 60 درصد تعیین کنید.



اکنون عکس شفاف شده و از طریق آن لایه مجموعه بلوكهای سر شماری نیز دیده می شوند.

نوار ابزار Effects را بیندید.

بر روی لایه Thematic Mapper Image راست کلیک کرده و Zoom To Layer را انتخاب کنید.

توجه : لطفاً این نقشه را در پوشش شخصیتات ذخیره کنید، این نقشه در تمرین بعدی نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

نقشه خود را به اسم Layers And Layouts ذخیره کنید.

قدم هفتم : تنظیم صفحه برای یک نقشه (Page Set Up)

در نقشه در نوار View → Layout View بر روی **Layers And Layouts** کلیک کنید.

آشنایی و کار با نرم افزار ArcGIS

Layout View به همراه نوار ابزار Layout ظاهر می شود. Layout View به منزله یک قطعه کاغذ مجازی است که شما می توانید عناصر نقشه (راهنمای، جهت نما، عنوان، متن، مقیاس،...) را به آن بیافزایید. نوار ابزار Layout شامل ابزاری برای گشت و گذار و بررسی در اطراف این قطعه کاغذ مجازی است. به یاد داشته باشید که نوار ابزار Tools در بردارنده ابزاری برای بررسی نقشه شما و نوار ابزار Layout شامل ابزاری برای بررسی کل قطعه کاغذ مجازی است. شما همچنین می توانید اندازه صفحه، جهت و حوائی قطعه کاغذ مجازیتان را کنترل و سازماندهی کنید.

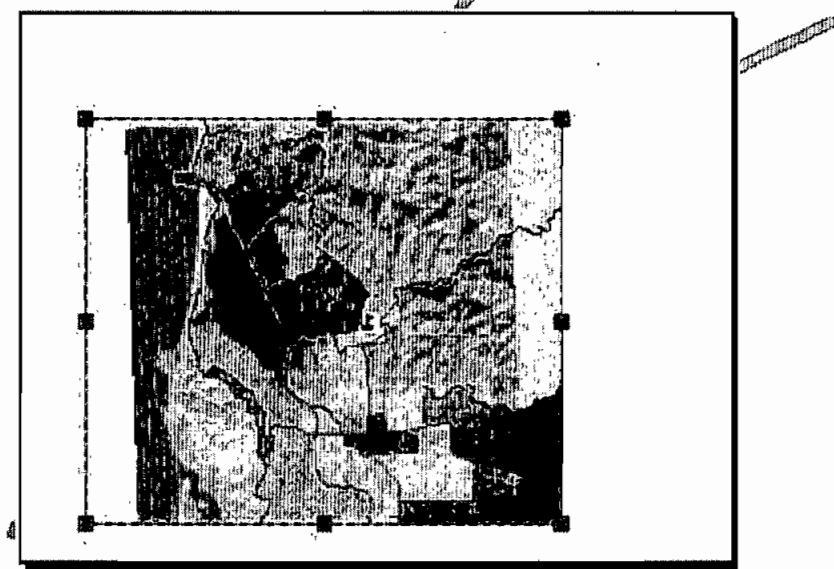
برروی **File → Page Set Up** کلیک کنید.

در صورت لزوم قادر **Same As Printer** را از حالت **Check** خارج کنید.

اگر در نظر دارید که نقشه تان را به افرادی دیگر بدهید، تیک نزدیک **Same As Printer** خیلی مهم است. زیرا اگر کامپیوتر های آن افراد به دستگاه چاپگر شما وصل نباشد آنگاه آنها پیام اشتباہ چاپگر دریافت می کنند. همچنین اگر نقشه شما بزرگتر از اندازه صفحه چاپگر آنها باشد کل صفحه نایابید می شود. حال جهت و وضعیت صفحه را تغییر خواهید داد.

در محدوده **Map Size** برای **Landscape** برروی **Page Orientation** کلیک کرده و سپس کلیک **Ok**.

اکنون شنا باید فضای کافی برای سایر عناصر نقشه برروی صفحه فراهم آورید. اندازه چهار چوب داده (Data Frame) و موقعیت آن را طوری تنظیم کنید که جا برای عنوان صفحه در بالای نقشه و سایر عناصر در سمت راست نقشه به اندازه کافی وجود داشته باشد.



حال مقیاس را طبق دستور زیر 1:100000 تعیین کنید.

برای **Scale** (برروی نوار ابزار استاندارد) رقم **100000** را تایپ کنید و سپس دکمه **Enter** را فشار دهید.

قدم هشتم : وارد کردن عناصر نقشه

عناصر نقشه عبارتند از علامت جهت نما، لرستان، نوار، مقیاس، نقشه عمومی (Overview Map)، نقشه های گنجانده شده در کنار نقشه اصلی (Inset Maps) عکس ها، نمودار ها و گزارش ها. برای تهیه یک نقشه نهایی شما نیاز به اضافه کردن برخی از این عناصر خواهید داشت. ابتدا عنوانی برای نقشه اضافه کنید.

برروی **Insert → Title** کلیک کنید.

عبارت **Tillamook Bay Area School Planning Project** را تایپ کنید.

اگر مرتکب اشتباهی شده اید با دوبار کلیک برروی عنوان (Title) دوباره به متن دست خواهید یافت و می توانید آن را اصلاح کنید. می توانید از این کادر Properties برای موارد مختلف استفاده کنید. اندازه متن عنوان را تغییر دهید.

(در صورت لزوم) کادر **Properties** را بیندید.

برروی نوار ابزار ترسیم (Drawing) برای **Size** رقم 34 را تایپ و دکمه **Enter** را فشار دهد. سعی کنید لبه چپ عنوان با خط راهنمای قبلاً اضافه کرده اید منطبق باشد. اکنون به اضافه کردن راهنمای (Legend) مسی پردازیم.

برروی **Insert → Legend** کلیک کنید.

لزاند را به سمت راست نقشه ببرید.

لزاند علامت مربوطه به تمام لایه های قابل رویت در نقشه از جمله عکس را نشان می دهد. چون چندان نیازی به نمایش علامت عکس در لزاند نیست، می توانید آن را حذف کنید.

برروی لزاند دوباره کلیک کنید تا کادر **Properties** ظاهر شود.

برروی دکمه **Items** کلیک کنید.

برای **Thematic Mapper Image** برروی **Legend Items** کلیک کنید.

برروی نشان روبه سمت چپ برای حذف عکس از قسمت **Legend Items** کلیک کنید. کلیک **Ok**.

اگر لازم است لزاند را جایجا کنید تا در موقعیت مطلوب قرار گیرد.

حال نوار مقیاس را به نقشه اضافه می کنید.

برروی **Insert → Scale Bar** کلیک کنید.

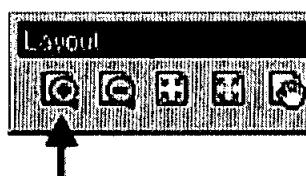
قبل از اضافه شدن نوار مقیاس به نقشه، لازم است پاره ای از ویزگی های تعريف شوند.

برروی **Scale Line1** برای مشخص شدن نوع نوار، مقیاس کلیک کنید. کلیک **Ok**.

برنامه ArcMap به طور خودکار Properties را برای نوار مقیاس انتخاب می کند اما شما می توانید آن را به منظور ایجاد بهترین مقیاس تغییر دهید.

نوار مقیاس را به زیر لزاند (راهنمای) منتقل دهید.

برروی نوار ابزار **Layout** (نه نوار ابزار Tools) برروی دکمه **Zoom In** کلیک کنید.



با استفاده از اشاره گر ماوس کادری در اطراف نوار مقیاس رسم کنید.

برروی دکمه **Select Graphics** (در نوار ابزار Tools) کلیک کنید.



بر روی نوار مقیاس دوبار کلیک کنید تا **Properties** ظاهر شود.

به منظور تعیین **Properties** جدید برای نوار مقیاس لازم است قسمت های مختلف نوار مقیاس فهمیده شوند. بیاگرام زیر قسمت های اصلی نوار مقیاس را نشان می دهد.



حال شما نوار مقیاس را طوری اصلاح خواهید کرد که منطبق با نوار مقیاس مندرج در تصویر بالا باشد.

بر روی دکمه **Number And Marks** کلیک کنید.

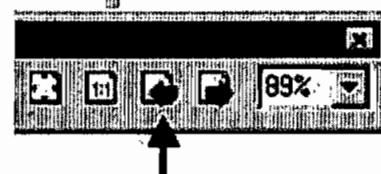
ملاحظه می کنید که در قسمت **Numbers** برای **Frequency** عبارت "Divisions And First Mid Point" انتخاب شده است. شماره ها (Numbers) بر روی هر قسمت و بروی نقطه میان اولین قسمت ظاهر می شوند (همانند نوار مقیاس تصویر بالا) در قسمت **Marks** برای **Frequency** عبارت **Division And All Subdivisions** انتخاب شده است. نشانه ها (Marks) در هر قسمت اصلی (Division) و قسمت زیرش (Subdivisions) قرار می گیرند. اکنون شما به تغییر تعداد واحد های میان هر قسمت می پردازید. نوار مقیاس حاضر نشان دهنده 3000 واحد میان هر قسمت (Division) است. شما این رقم را به 2000 تغییر خواهید داد.

بر روی دکمه **Scale And Units** کلیک کنید.

برای مقدار **Division** رقم موجود را با **2000** جایگزین کنید.
کلیک **Ok**.

حال به تصویر کامل صفحه برگردید و نوار مقیاس را در جای مناسب قرار دهید.

بر روی دکمه **Layout** در نوار ابزار **Go Back To Previous Extent** کلیک کنید.



حال مقیاس متنی را هم اضافه کنید.

بر روی **Insert → Scale Text** کلیک کنید.

بر روی **Absolute Scale** و سپس **OK** کلیک کنید.

متن ظاهر شده را جابجا کرده و در زیر نوار مقیاس قرار دهید.

حال علامت جهت نما (شمال نما) را اضافه کنید.

بر روی **Insert → North Arrow** کلیک کنید.

یکی از علامت معرف جهت شمال را به دلخواه خود انتخاب کنید.

بر روی دکمه **Properties** کلیک کنید.

برای **Size** رقم **75** را انتخاب کرده و کلیک **Ok**.

علامت شمال نما را جابجا کرده و در زیر مقیاس منتهی قرار دهد.
سرانجام، به اضافه کردن متن (Text) به نقشه تان پیردازید.

بردوی **Insert → Text** کلیک کنید.

پاره ای اطلاعات پایه همچون نام خود، تاریخ و غیره را تایپ کنید (اگر می خواهید بیشتر از یک سطر تایپ کنید بر روی متن دوبار کلیک کنید تا Properties ظاهر شود. سپس براس اضافه کردن هر سطر دکمه Enter را فشار دهید).

متن را جابجا کنید و آن را در زیر علامت شمال نما قرار دهد.
اندازه حروف متن (Text Size) را به **14Pt** تغییر دهید.

عناصر نقشه می توانند با هم جمع گردند و در قسمت جلو یا عقب نقشه قرار گیرند. آنها همچنین می توانند در کنار هم و یا پراکنده باشند.

بر روی منوی **Drawing** که روی نوار ابزار **Drawing** قرار دارد کلیک کرده و مقداری با مرتب کردن عناصر نقشه تان کلنجر بروید.

قدم نهم : ذخیره کردن نقشه به دو صورت سند (Document) و قالب (Template)

شما می توانید نقشه های ایه دو صورت سند و قالب ذخیره کنید. قالب هایی توانند باعث صرفه جویی در وقت شوند مخصوصاً هنگامی که شما می خواهید نقشه هایی مشابه را در یک طرح مشخص ترسیم کنید. پس بهتر آن است که یک نقشه مبنای همراه با عناصری که برگزیده اید بصورت یک قالب (Template) ذخیره کنید.

نقشه خود را ذخیره **Save** کنید.

این نقشه اکنون نقشه نهایی پروره طراحی مدارس است و می تواند به عنوان محصول نهایی کارتان چاپ شود. حال با ایجاد تغییراتی نقشه تان را به قالب (Template) تبدیل می کنید. ابتدا داده های (Data) را لیست زیر حذف کنید، زیرا سایر نقشه های بعدی داده های خاص خود را خواهند داشت.

برروی بالاترین لایه در جدول فهرست کلیک کنید.

دکمه **Shift** را گرفته و برروی آخرین لایه در جدول فهرست کلیک کنید.

برروی لایه های انتخاب شده راست کلیک کرده و **Remove** را انتخاب کنید.

نوشته های متن و عنوان را نیز حذف کنید، زیرا نقشه های بعدی عنوانی متن مخصوص به خود را خواهند داشت.

برروی عنوان نقشه راست کلیک و **Properties** را انتخاب کنید.

برای **Text** نوشته حاضر را با **Insert Title Here** عوض کنید.
کلیک **Ok**.

برروی متن (Text) دوبار کلیک کنید و متن را به **Insert Name And Data Here** تغییر دهید و
برروی **Ok** کلیک کنید.

برروی **File→ Save As** کلیک کنید.

برای **Save As Type** (در انتهای) برروی **ArcMap Templates (*.mxt)** کلیک کنید.

برای **File Name** حرف «S» را تایپ کنید و کلیک **Save**.

حال این قالب (Template) می تواند برای ترسیم نقشه های دیگر مورد استفاده قرار گیرد.

تمرین چهارم : کار با ابزار های ایجاد عارضه

(Using Feature Creation Tools)

در این تمرین با ابزار ویرایشی Union ، Merge و Intersect کار خواهد کرد. دو ابزار اول به ما اجازه می دهند تا عوارض را در هم ادغام کنیم و آخری به ما کمک می کند تا نواحی همپوش میان عوارض را پیدا کنیم.

قدم اول : ترکیب عوارض با استفاده از ابزار Merge

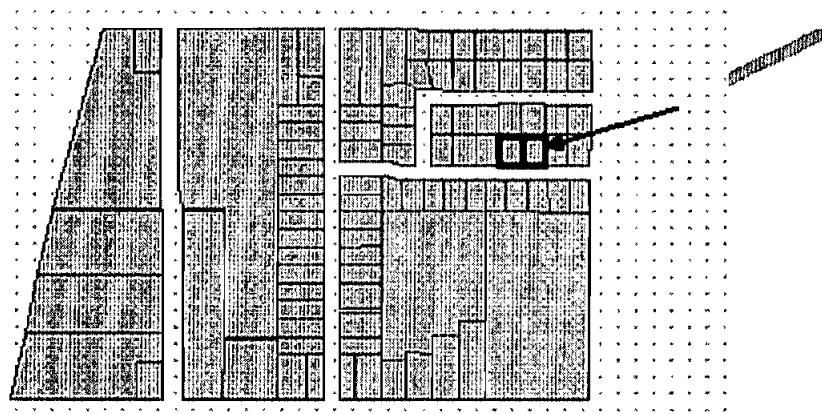
در این مرحله به ترکیب دو قطعه و به هنگام کردن مقادیر مشخصات آنها خواهد برداخت. برای این کار ابتدا برنامه ArcMap را شروع کنید.

لایه Lots را از GDB شخصی Maplewood به نقشه اضافه کنید.
حال کار ویرایش لایه Lots را شروع کنید.

(در صورت لزوم) نوار ابزار Tools را از طریق کلیک راست بر روی Tools اضافه کنید.
برروی Editor → Start Editing کلیک کنید.

حال دو قطعه را برای ادغام انتخاب می کنید و جدول ویژگی های آنها را بررسی خواهد کرد.
برروی دکمه Edit در نوار ابزار Editor کلیک کنید.

با استفاده از Shift – Click دو قطعه انتخان داده شده در شکل زیر را انتخاب کنید.



برروی دکمه Attributes کلیک کنید.

ممکن است برای دیدن ممکنه ویژگی های نیاز به بزرگتر کردن پنجره مربوطه داشته باشد. به ویژگی های مربوط به ستونهای Owner و Value توجه کنید. از آنجا که این دو قطعه با هم ادغام می شوند، شما ممکن است ویژگی های آنها را (بعد از ادغام) به هنگام کنید. در این تمرین شما قسمتهای Owner و Value را به هنگام خواهد کرد. یعنی از قطعات دارای مقدار 159234 \$ و بیگری 128300 \$ است. وقتی که شما این دو قطعه را باهم ادغام می کنید مقدار بدست آمده باید معادل حاصل جمع این دو مقدار باشد. وقتی که دو قطعه را انتخاب کرید می توانید آنها را Merge (ادغام) کنید.

برروی Editor → Merge کلیک کنید.

پنجره Attributes بطور خودکار و با به هنگام کردن ویژگی های تنها یک قطعه و آن هم با یک مجموعه از ویژگی ها نشان می دهد. حال شما ویژگی های Owner و Value را به هنگام کنید.

برای Value رقم 287534 را تایپ کنید.

برای Owner اسم خودتان را تایپ کنید.

حال شما صاحب اختاری یکی از املاک Maplewood هستید، سپس به ذخیره کردن تغییرات بپردازید.

پنجره Attributes را بینید.

برروی Editor → save edits کلیک کنید.

قدم دوم : ترکیب عوارض با استفاده از ابزار Union برای حفظ عوارض اصلی

در این مرحله شما به ترکیب قطعات و تشکیل عوارض فرعی خواهید پرداخت. ابزار Union به شما اجازه می دهد تا با حفظ عوارض اصلی یک عارضه جدید نیز ایجاد کنید.

لایه Subdivisions را از Maplewood GDB به نقشه اضافه کنید.

این لایه یک کلاس عارضه (Feature class) خالی است. لایه Lots در بردارنده یک ویژگی بنام Subnumber است که شماره های فرعی قطعات را در خود دارد.

برروی لایه Lots راست کلیک کنید.

برروی Open Attribute Table کلیک کنید.

مرورگر را به طرف سمت راست کادر حرکت داده و به ویژگی های Subnumber و Subname توجه کنید.

پنجره Attributes را ببندید.

ویژگی Subnumber دارای چهار مقدار 10 و 11 و 12 و 13 است. هر کدام از این مقادیر مربوط به یک Subdivision است. شما به انتخاب قطعات در هر Subdivision خواهید پرداخت و آنها را بصورت یک عارضه فرعی Union خواهید کرد و این عارضه جدید را به لایه Subdivisions اضافه خواهید کرد.

برروی Selection → Select by Attributes کلیک کنید.

توجه داشته باشید که عارضه را که انتخاب می کنید حفظ از لایه Lots باشد.

برای Fields SUBNUMBER کلیک کنید.

برروی SUBNUMBER دوبار کلیک کنید تا به قسمت کادر عبارت اضافه شود.

برروی دکمه (=) کلیک کنید.

برروی رقم 10 در لیست Unique values دوبار کلیک کنید.

عبارت شما باید به صورت SUBNUMBER = 10 باشد.

کلیک Ok.

حال به اضافه کردن عارضه حاصل از فرایند Union به لایه Subdivisions بپردازید.

برای Target بروی Subdivisions کلیک کنید.

برروی Editor → union کلیک کنید.

اکنون می بایستی این عارض با هم ترکیب شده و به شکل یک عارضه جدید به لایه Subdivisions اضافه شده باشند. جدول ویژگی های آنها را بررسی کنید.

برروی دکمه Attributes کلیک کنید.

متوجه هستید که هیچکدام از ویژگی های اصلی حفظ نشدهند. حال به اضافه کردن یک مقدار دیگر برای Subnumber بپردازید.

برای Subnumber رقم 10 را تایپ کنید.

حال به Union قطعات در سایر Subdivision بپردازید.

پنجره Attributes را ببندید.

برروی Selection → Clear Selected Features کلیک کنید.

برروی Selection → Select By Attributes کلیک کنید.

توجه داشته باشید که عارض را از لایه Lots انتخاب کنید.

برروی دکمه Clear کلیک کنید.

برای بروی Fields SUBNUMBER کلیک کنید.

برای اضافه کردن SUBNUMBER به کادر عبارت نویسی دوبار بروی آن کلیک کنید.
برروی دکمه (=) دوبار کلیک کنید.

در لیست Unique values بروی رقم 11 دوبار کلیک کنید.
. Ok

حال به Union عوارض و اضافه کردن آن به لایه Subdivision پردازید.

برای Target Subdivisions بروی Editor → Union کلیک کنید.

حال این عوارض باستی با هم ترکیب شده و به عنوان یک عارضه جدید به لایه Subdivisions اضافه شده باشد. حال به بررسی ویژگی ها پردازید و مقداری را به Subnumber در لایه Subdivisions اختصاص دهد.

برروی دکمه Attributes کلیک کنید.

برای Subnumber رقم 11 را تایپ کنید.

هنوز دو Subnvision دیگر باقی مانده اند که لازمت است به لایه Subnvisions اضافه شوند. با استفاده از فرایند طی شده در بالا قطعات موجود در Subnvisions های 12 و 13 را نیز Union کنید.

در آخر بروی Editor → stop Editing کلیک کنید و برای ذخیره کردن ویرایشهای انجام شده دکمه Yes را بزنید.

قدم سوم : قطع کردن عوارض (Intersect) برای یافتن نواحی همپوشانی

در این مرحله به یافتن ناحیه همپوشانی در میان عوارض خواهد پرداخت. به ارض که شما صاحب یک مغازه قهوه فروشی در شهر Tillamook هستید. چند مغازه قهوه دیگر نیز در این شهر وجود دارند. عموماً اکثریت مشتریان در حد فاصل یک مایلی مغازه هستند. شما برای مغازه خود با استفاده از ابزار Buffer در طول شایر مغازه های مشابه شهر یک منطقه حاصل نیم مایلی (800 متری) به منظور تعیین حوزه نفوذ اطراف مغازه (یعنی منطقه ای که بیشترین مشتریان شما را در خود دارد) درست خواهید کرد. پس از تعیین حوزه نفوذ هر مغازه با استفاده از ابزار Intersect به یافتن نواحی همپوشانی خواهد پرداخت. شما باید مناطق همپوشانی را هدف تبلیغات خود دهید تا مشتریان به جای رفتن به سایر مغازه هایی قهوه خانه شما را باز باشند.

نقشه Intersect.mxd را از پوشه WhatsNew باز کنید.

این نقشه دارای پنج لایه است : Zones of overlap ، CityBoundary ، Zones Of Influence (که یک لایه خالی است) (یک لایه خالی) ، Roads ، Coffee shops.

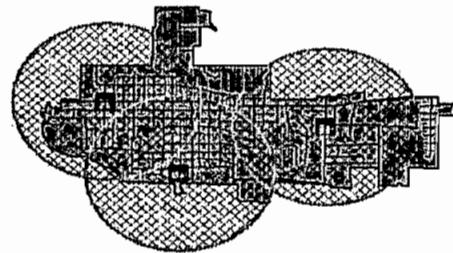
قدم بعدی ایجاد حاصل 800 متری برای قهوه فروشی ها با استفاده از Buffer است.
برروی Editor → Start Editing کلیک کنید.

برروی Selection کلیک و همه لایه ها را بجز لایه Coffee Selection → Set Selectable Layers کلیک کنید.
از حالت Check Shops از حالت خارج کنید.

همه کافی شاپها را انتخاب کنید.

طمثمن شوید که Zones Of Influence Target است.

برروی Editor → Buffer کلیک کنید.
رقم 800 (متر) را تایپ و دکمه Enter را فشار دهید.



حال شما باید سه Polygon در لایه Zones Of Influence داشته باشید. احتمالاً برای دیدن همه آنها نیاز به کوچک کردن (Zoom Out) نقشه دارید. حال شما سه حوزه را انتخاب کرده و مناطق همپوش آنها را مشخص می کنید.

Zones Of Influence Selection → set selectable Layer برروی **Selection** کلیک کرده و لایه **set selectable Layer** را چک کنید.

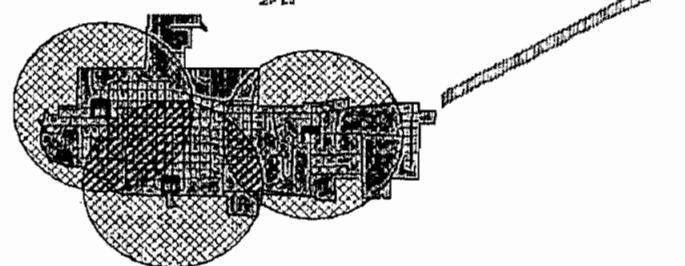
دو ناحیه همپوش را انتخاب کنید.

حال **Zones Of Overlap Target** را به **Target** تغییر دهید.

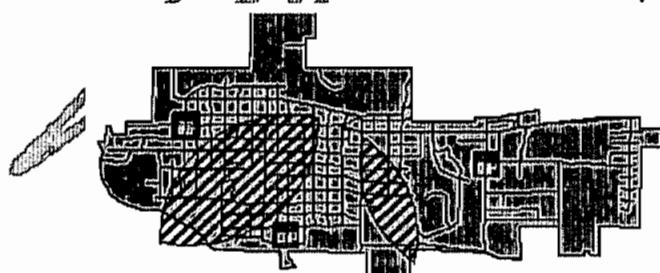
برروی **Editor → Intersect** کلیک کنید.

برروی **Editor → Stop Editing** کلیک کنید.

برای **Save** کارتان برروی **Yes** کلیک کنید.



برای بهتر دیدن مناطق همپوش، لایه Zones Of Influence را خالیوش کنید.



پس شما باید این مناطق را برای تبلیغات خود هدف قرار دهید.

پایان تمرین 4

تمرین پنجم

رقومی کردن نقشه در کامپیوتر (داده های برداری Vector)

مناطق جغرافیایی: "منطقه" یکی از واحدهای اصلی برای تحلیل های فضائی (مکانی) در GIS است. مناطق را می توان به صورت چند ضلعی های برداری (Vector Polygons) یا مجموعه های سلول تصویری (Raster Clusters) نشان داد. "منطقه بندی" جغرافیائی از آن روی حائز اهمیت است که عموماً بر سر تعیین حدود، مرزها و مکان واقعی مناطق توافقی همگانی وجود ندارد. این امر منجر به مطالعات و اظهارنظرهای فراوان هم بر روی ماهیت و هم تکنیک های تعیین مناطق شده است. شما در این تمرین به کار "منطقه بندی" استان کرمانشاه بر اساس استباط شخصی خود از تقسیمات این استان می پردازید.

ایجاد داده های فضائی جدید با استفاده از رقومی سازی: فرآیند تصویربرداری (کپی کردن) از یک نقشه موجود برای تهیه یک نسخه الکترونیکی از آن نقشه را رقومی سازی (Digitizing) گویند. در این فرآیند، تمام یاقینتهایی از نقشه ها به صورت انتخابی رقومی شده و می تواند به عنوان نسخه ای ساده شده از روی نسخه اصلی قابل استفاده و تعمیم باشد. برای رقومی سازی هم می توان از دستگاه و میز رقومی گر استفاده کرد و هم از روش رقومی سازی بر روی صفحه کامپیوتر کامپیوتر. در حالت اول از یک نقشه کاغذی موجود و در حالت دوم از تصویر الکترونیکی (قبل از رقومی شده) ذخیره شده در کامپیوتر استفاده می شود. ما در این تمرین از روش دوم که روش "heads up" (تمامیده می شود استفاده می کنیم. یادمان باشد که رقومی کردن عملی است که نیازمند تمرکز، خوبیه و زمان زیاد می باشد.

آماده سازی نقشه مبنای

برنامه ArcMap را شروع و لایه Ostan.shp را از پوشش Digitizing به ان اضافه کنید. از این لایه به عنوان الگو برای کار رقومی سازی استفاده می کنید. اکنون شما نقشه استان کرمانشاه را در حالت Data View می بینید که شهرستان کامیاران از استان کردستان را نیز شامل است. برای دیدن اسمی شهرستانها بر روی لایه Ostan کلیک راست کرده و Label Features را انتخاب کنید. اکنون بخش اصلی استان کرمانشاه (شامل 14 شهرستان) را به صورت لایه ای جدید جدا کنید. برای این کار، با استفاده از ابزار انتخاب عوارض Select Features و دکمه Shift بر روی تمام شهرستانها به استثنای کامیاران کلیک کنید تا در حالت انتخاب قرار گیرند.

اکنون بر روی نام لایه در جدول فهرست کلیک راست کنید و سپس Export Data... را انتخاب کنید. با این کار شما عوارض انتخاب شده را به صورت یک shapefile جدید در می آورید. لایه جدید را به اسم Ostan_Kermanshah نامگذاری کرده و آن را در پوشش داده های خود ذخیره کنید. حال لایه Ostan را با کلیک راست بر روی نام لایه در جدول فهرست انتخاب و حذف (Remove) کنید. از ابزار Zoom to Full Extent برای قرار دادن نقشه در مرکز نما استفاده کنید.

آشنایی و کار با نرم افزار ArcGIS

اکنون آمده رقومی سازی هستیم. در این مرحله به رقومی سازی یک shapefile جدید خواهیم پرداخت. این کار را باید در ArcCatalog انجام داد.

برنامه ArcCatalog را شروع کنید. در ArcCatalog به سمت پوشه Digitizing پیش بروید (در صورت عدم مشاهده این پوشه از علامت فلاش زرد رنگ Connect to Folder استفاده کنید).

بر روی نام پوشه Digitizing کلیک راست کرده و سپس New... Shapefile را انتخاب کنید:

در پنجره Create New Shapefile برای نام myregions را، و برای Feature Type گزینه Polygon را انتخاب کنید. توجه داشته باشید که سیستم مختصات Coordinate System فعلی ناشناخته (Unknown) است. اکنون برای تعریف یک سیستم مختصات بر روی دکمه Edit کلیک کنید. در پنجره Spatial Projected Coordinate Systems کلیک کرده سپس Select Reference Properties بر روی و سپس OK را انتخاب کنید و سپس به ترتیب:

WGS1984 UTM Zone 38N.prj و utm و wgs84 را انتخاب کنید و سپس برای همه پنجره ها OK بزنید.

ما اکنون shapefile جدیدی ساخته ایم که تصریف رقومی سازی منطقه بندی استان کرمانشاه را در آن انجام می دهیم. اما قبل از شروع نیاز به ایجاد ستون جدیدی در جدول ویژگی های این shapefile داریم تا داده های مربوط به مناطق را در آن وارد کنیم. برای این کار در ArcCatalog بر روی myregions کلیک راست کرده و از طریق پنجره Fields و زبانه Properties ستون جدیدی را با عنوان Name که دارای ویژگی باشد را به جدول اضافه کنید. سپس از اضافه کردن ستون جدید به جدول، برنامه ArcCatalog را ببندید.

رقومی سازی در ArcMap

به ArcMap برگردید و shapefile جدید myregions را به آن اضافه کنید (در صورت لزوم رنگ آن را تغییر دهید تا با لایه Ostan_Kermanshah متفاوت باشد).

نوار ابزار Editor Toolbar را از طریق Tools... Editor Toolbar روشن کنید و قبیل که این ابزار ظاهر شد بر روی Editor... Start Editing کلیک کنید. برای قسمت Target باید shapefile جدید یا همان myregions و برای قسمت Task گزینه Create New Feature را انتخاب کنید.



اکنون ابزار Create New Feature را بردارید و با استفاده از کلیک چپ یک چند ضلعی (polygon) بزرگ را بر روی صفحه نمایش رسم کنید. برای اتمام و بستن چند ضلعی دوبار کلیک چپ کنید. در صورت خطای می توانید اشاره گر را بر روی نقطه مورد نظر قرار داده و با کلیک راست گزینه های مختلف از جمله Delete Sketch و Delete Vertex را بیاورید. اکنون چند نمونه از آنها را بیازمایید. اگر بر روی نقطه ای غیر از نقطه رقومی شده راست کلیک کنید گزینه های دیگری ظاهر خواهند شد.

به هنگام رقومی سازی غالباً نیاز به تغییر مقیاس نقشه یا به عبارت دیگر استفاده از دکمه های Zoom in, Zoom out, Pan و غیره دارد. در این صورت حتی اگر در وسط کار رقومی سازی باشید می توانید از دکمه های مربوطه استفاده کنید تا راحت ترین و مناسب ترین حالت را برای رقومی سازی پیدا کنید.

اکنون چند ضلعی (polygon) دیگری را به اولی ضمیمه می کنیم. برای این کار ابتدا Task را از Create New Feature به Auto Complete Polygon تغییر دهید. سپس در داخل چند ضلعی اول کلیک چپ کرده و چند ضلعی دیگری در جوار آن رسم کنید. کار ترسیم چند ضلعی دوم را با دوبار کلیک کردن در داخل محدوده ی چند ضلعی اول خاتمه دهید. به عبارتی نقطه شروع و پایان باید هر دو در داخل چند ضلعی اول باشد، در غیر این صورت چند ضلعی رسم شده شما ناپدید خواهد شد.

به هنگام رقومی سازی می توان برای ترسیم راحت تر و دقیق تر از امکانات "Snapping" استفاده کرد. پنجره Snapping را می توانید با کلیک بر روی دکمه Editor و انتخاب Snapping باز کنید. در این پنجره شما می توانید لایه ی مورد نظر برای Snapping را انتخاب و اینکه Snapping شامل نقاط، لبه ها یا قسمتهای انتهائی گردد را برگزینید. پس امکانات Snapping را برای edge, vertex و end لایه ی Ostan_Kermanshah تیک بزنید:

اکنون بر روی یک قسمت از لایه Ostan_Kermanshah رزم کنید. چند ضلعی جدیدی را ترسیم کرده و به اثرات اشاره گر رقومی ساز به هنگام تنبیک شدن شده نقطه، لبه یا انتهای یک خط در لایه Ostan_Kermanshah توجه کنید.

سؤال: چه کاری را انجام می دهد؟ به نظر شما این استفاده از این مفید است یا نه؟ چرا؟

ترسیم نقشه

اکنون که تا حدودی کار با ابزارهای رقومی سازی را تمرین کرده اید به انجام تمرین "منطقه بندی" استان کرمانشاه پردازید. کار شما در این تمرین، منطقه بندی استان کرمانشاه به صورت 5 منطقه ی جدایانه است. این مناطق می توانند بر اساس هرگونه تصور ذهنی شما از این استان باشد و مرزهای مناطق لزوماً نباید از مرزهای شهرستان ها پیروی کنند.

کارهای تمرینی رقومی سازی را که تاکنون انجام داده اید را با استفاده از ابزار Edit Tool حذف کنید.

اکنون به کار رقومی سازی یا تقسیم استان کرمانشاه به 5 منطقه فرضی پردازید. توصیه می شود که پس از انجام هر مرحله از کار آن را نخیره کنید: برای این کار می توانید از Editor... Save edits استفاده کنید. اگر کار را در یک جلسه تمام نکردید می توانید ضمن نخیره کردن کارتان از گزینه Editor... Stop editing استفاده کنید. پس از اتمام کار رنگ لایه جدید را به "No Color" تغییر داده و خطوط Outline را به حدی تیره کنید تا از پلی گون های قرار گرفته در زیر متمایز شوند.

درست کردن یک جدول و وارد کردن داده ها

اگنون به ایجاد یک جدول برای لایه جدید myregions و ساختن یک بانک اطلاعاتی ساده (a simple database) می پردازیم. در جدول فهرست بر روی نام لایه myregions کلیک راست کرده و Attribute Table را انتخاب کنید.

سؤال: این جدول چه تفاوت (هایی) با سایر جداولی که تاکنون بیده اید دارد؟

حال در ستون ID بر روی هر ردیف کلیک کرده و برای هر کدام شماره ای اختصاص دهد. بر روی اولین رکورد کلیک کنید و بینید کدام منطقه بر روی نقشه انتخاب (highlight) می شود: سپس به ترتیب برای هر کدام در ستون Name نامی مناسب وارد کنید. پس از اتمام کار این مرحله، با استفاده از دستور زیر کار خود را ذخیره کنید:

Editor... Stop editing... Editor... Save edits

اگنون با باز کردن پنجره Properties بر روی دکمه Symbology کلیک کرده و به ترتیب گزینه های Value Field و سپس برای Categories... Unique Values دکمه Add all values کلیک کنید و سپس دکمه Apply را بزنید.

حال در وضعیتی که همه پلی گون هنار از حالت انتخاب خارج کرده اید، بر روی نام لایه myregions کلیک راست کرده و Label Features را انتخاب کنید. چنانچه از شیوه ظاهر شدن برچسب ها (labels) خوشتان نباید می توانید با استفاده از دکمه Labels در پنجره Properties آنها را به دلخواه تغییر دهید.

در قسمت پایانی، برای لایه منطقه بندی شده سیستم تصویر (Projection) تعریف کنید. سپس با استفاده از گزینه View view... Layout به ترکیب نهائی نقشه و افزودن عناصر آن یعنی ۱- راهنمای نقشه (Title)، ۲- عنوان (North Arrow)، ۳- جهت نمای شمال (Legend)، ۴- مقیاس خارجی (Scale) و ۵- نام و نام خانوادگی خود بپردازید.

نتیجه گیری:

در این تمرین شما نقشه ای را رقومی کرده، جدولی را درست نموده، به ویرایش برچسب گذاری پرداخته و نقشه ای نهائی را ترسیم کردید. علاوه بر اینها به منطقه بندی استان کرمانشاه بر اساس فرضیات یا معلومات خود پرداختید.

تمرین ششم

رقومی کردن نقشه در کامپیووتر (داده های راستری Raster Data)

در این تمرین کار رقومی سازی را بر مبنای یک عکس یا نقشه اسکن شده انجام می دهیم. هرگاه با استفاده از دستگاه اسکنر، نقشه ای را اسکن کنیم، حاصل کار به صورت یک تصویر یا Image ذخیره می شود. برای استخراج داده ها از روی آن ابتدا نیاز به تعریف "زمین مرجع" یا Georeference تصویر ذخیره شده داریم. پس برای این کار ابتدا:

۱- تصویر Airport_Kermanshah.jpg را که از طریق GoogleEarth گرفته شده از پوشه Digitizing در ArcMap باز کنید.

۲- برای واحدهای نقشه یعنی Map & Display از طریق View... Data Frame Properties را انتخاب کنید.

۳- بر روی دکمه Tools کلیک راست کرده و ابزار Georeferencing را انتخاب کنید.

۴- توجه داشته باشید که گوشه سمت چپ بالا تصویر باید ۰.۰ واحد Unknown را نشان دهد (این کار را با نگه داشتن اشاره گر ماوس بر روی نقطه مورد نظر و مشاهده ارقامی که در حاشیه زیرین نقشه ظاهر می شوند بیازمایید).

۵- بر روی نوار ابزار Georeferencing علامت تصویری Add Control Points کلیک کرده و سپس کلیک Add Control Points را انتخاب کنید. بر روی یک نقطه مشخص در گوشه بالای سمت چپ تصویر کلیک چپ کرده و سپس کلیک راست کرده و در صورتی که دیفایل بر روی نقطه مورد نظر کلیک کرده باشید آنرا پذیرفته و در غیر این صورت آن را حذف و مجدداً بر روی نقطه مطلوب کلیک کنید. در صورت پذیرش نقاط X و Y بر روی دکمه OK کلیک کنید. این ترازنی را به ترتیب برای چهار نقطه در چهار گوش تصویر تکرار کنید. ترتیب رقومی سازی نقاط کنترل را به خاطر بسیارید.

۶- با استفاده از علامت تصویری View Link Table در نوار ابزار Georeferencing جدول مربوطه را باز کرده و چهار ردیف داده هایی را که برای Y & X وارد کرده اید بررسی نمایید.

۷- با استفاده از Google Earth یا نقشه توپوگرافی، طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر (بر این تمرین فرودگاه کرمانشاه) را برای ۴ نقطه انتهایی چهار گوش تصویر پیدا و به ترتیب یادداشت کنید. این ارقام عبارتند از:

الف) نقطه چپ بالا با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۳۴ ثانیه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۸ دقیقه و ۳۷ ثانیه

ب) نقطه راست بالا با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۳۴ ثانیه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه و ۷ ثانیه

پ) چپ پایین با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۱۴ ثانیه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۸ دقیقه و ۳۷ ثانیه

ت) راست پایین با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۱۴ ثانیه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه و ۷ ثانیه

- 8- ارقام مربوط به طول ها و عرض های جغرافیایی را با استفاده از سایت اینترنتی: <http://www.dmap.co.uk/l12tm.htm> و بر اساس منطقه wgs84 طبق بند 9 به سیستم متریک UTM تبدیل کنید.
- 9- اکنون لازم است مختصات متریک UTM منطقه مورد نظر را به جای اعداد وارد شده در قسمتهای X map & Y map وارد جدول Link Table کنید. برای این کار جدول مربوطرا باز کرده و بر روی کادر اعداد Xmap و Ymap کلیک کنید تا آماده ویرایش شوند سپس اعداد زیر را وارد کنید:
الف) نقطه چپ بالا: طول يا Xmap=697109 و عرض يا Ymap=3804185
ب) چپ پایین: X=698314 و Y=3803384
پ) راست بالا: X=697126 و Y=3804057
ت) راست پایین: X=698204 و Y=3803222
- 10- جنابه اعداد مذکور را به درستی وارد کرده باشد میزان Residuals باید معادل ۱ یا کمتر باشد.
- 11- اکنون بر روی Georeferencing کلیک کرده و Rectify را انتخاب کنید.
- 12- حال با استفاده از View... Data Frame Properties... General... Map & Display واحدهای نقشه و نمایش را به Meters تغییر دهید.
- 13- اکنون شما نقشه را ثبت (register) کرده اید و می توانید با استفاده از ArcCatalog برای آن سیستم تصویر (Projection) تعریف کنید. برای این کار در ArcCatalog بر روی فایل مورد نظر کلیک راست کرده و با انتخاب Properties... Spatial Reference به انتخاب سیستم تصویر مناسب (WGS1984 UTM Zone 38N) بروزداید.
- 14- اکنون اگر قصد رقومی سازی بر اساس تصویر ثبت شده بی بالا را دارید تمام مراحلی که برای ایجاد یک Shapefile در ArcCatalog برای داده های برداری Vector (تمرین ۵) توضیح داده شده را دنبال کنید. لازم به ذکر است که تصویر اسکن شده و ثبت شده دارای نقشی همچون لایه های Ostan_Kermanshah در بخش رقومی سازی داده های Vector است.

موفق و سر بلند باشد
شامختی رستمی