

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)

در

برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای

فهرست مطالب

پیشگفتار ————— ۱

فصل اول: کلیات، شاهبختی رستمی ————— ۲

- تعاریفی از GIS ————— ۲
- دیدگاههای راجع به GIS ————— ۱۲
- تاریخچه GIS ————— ۱۵
- منابع اطلاعاتی GIS ————— ۲۱
- راهنمای مطالعه ————— ۳۲
- تمرینات ————— ۳۵
- منابع و مآخذ ————— ۳۶

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

رستمی ————— ۴۰

- نقشه و اطلاعات توصیفی ————— ۴۱
- مقیاس و سیستم تصویر نقشه ————— ۴۳
- سیستم مختصات جغرافیایی ————— ۵۰
- اطلاعات جغرافیایی ————— ۵۶
- راهنمای مطالعه ————— ۵۸
- تمرینات ————— ۶۲
- منابع و مآخذ ————— ۶۲

فصل سوم: کارکردهای سامانه اطلاعات جغرافیایی، یاچک مالچفسکی، ترجمه دکتر اکبر پرهیزکار و عطا

غفاری گیلانده ————— 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 رستمی ————— ۱۸۰

فصل اول: کلیات، شاه‌بختی رستمی

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

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) چیست؟

هر رشته علمی معمولاً با تعاریف مشخص شروع می‌شود، اما در مورد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تعاریف چندان هم واضح نیستند. بنابراین در طول سالیان، تعاریف مختلفی بنا به ضرورت ارائه شده‌اند. البته جای تعجب هم ندارد که GIS بتواند به طرق مختلف تعریف شود. زیرا هر تعریف بستگی به نوع به کارگیری GIS در حوزه‌ای مشخص دارد. ولی به هر حال نکته مشترک در تمام تعاریف این است که نوع داده‌ها (یعنی داده‌های فضایی) داده-هایی منحصر به فرد محسوب می‌شوند و می‌توانند به یک نقشه جغرافیایی وصل (link) گردند (شکل I-1).

| قطعات خودرو | | |
|-------------|-------|---------------|
| شماره قطعه | تعداد | نوع قطعه |
| ۱۶۸۴۳ | ۱۸۸ | رینگ چرخ |
| ۱۷۶۱۵ | ۲۵ | دیسک (۱) صفحه |
| ۲۲۴۷۴ | ۲۷ | لاستیک چرخ |
| ۲۸۴۱۲ | ۲۸ | باطری |

| جرایم سال ۱۳۸۶ | | |
|----------------|------------------------|----------------------|
| تاریخ | محل | نوع جرم |
| ۱۱ شهریور | بلاک ۲۳ خیابان نخل | دزدی |
| ۱۴ شهریور | بلاک ۱۱ خیابان گلها | دزدی |
| ۱۵ شهریور | بلاک ۹ خیابان یارک | آهانت |
| ۴ مهر | بلاک ۱۲ خیابان پنجم | تجاوز به حریم مسکونی |
| ۱۳ مهر | بلاک ۱۷ خیابان دانشگاه | ایجاد آلودگی |

شکل 1-1: دو جدول یا بانک اطلاعاتی. هر جدول شامل تعدادی ستون (برای ویژگی‌ها) و ردیف (برای رکوردها) است. نسبت مربوط به قطعات خودرو حاوی اطلاعات فضایی (spatial) نیست. اما لیست جرائم شامل اطلاعات فضایی است زیرا یکی از ویژگی‌ها، آدرس محلی است که جرم در آنجا واقع شده و می‌تواند بر روی نقشه به تصویر درآید. لیست اخیر می‌تواند 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 (1) بانک اطلاعاتی، (2) اطلاعات فضایی یا نقشه ای، و (3) راههایی برای ارتباط دادن موارد (1) و (2). اجزاء ضروری عبارتند از کامپیوتر، نرم افزارها، و اشخاصی که از سیستم استفاده می کنند. همچنین ما به کار یا مسأله 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 مراکز اطلاع رسانی به شهروندان در نقاط مختلف شهر و یا ایجاد یک مرکز جدید دانشگاهی. پس در اینجا به فهم و تجربه سیستم و مسأله 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 مفاهیم 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 دهند" (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؟ نویسندگان چندی تلاش کرده اند تا GIS را در قالب آنچه که انجام می دهد تعریف کنند تا "تعریفی عملی" از

GIS ارائه داده باشند. بیشتر این نویسندگان بر سر این نکته توافق دارند که عملکردها قابل مقوله بندی هستند و هر مقوله نیز شامل زیر مجموعه ای از وظایفی است که به صورت زنجیره ای شکل می گیرند. این شکل گیری منوط به جابه جایی و حرکت داده ها و اطلاعات از منبع خود به سمت استفاده کنندگان و تصمیم گیران است. تعریفی دیگر هم از GIS می گوید که سیستم های اطلاعات جغرافیایی "سیستم هایی خودکار برای به دست آوردن، ذخیره سازی، بازیابی، تجزیه و تحلیل، و نمایش داده های فضایی هستند" (Clarke, 1995, p.13). این تعریف را "تعریف فرآیندی" می نامند زیرا ما کار را با ابتدایی ترین وظایف مربوط به جمع آوری داده ها شروع کرده و آنرا با کارهای پیچیده تر مربوط به تجزیه و تحلیل و تفسیر اطلاعات به پایان می بریم.

GIS به عنوان یک سیستم اطلاعاتی

جک استس و جفری استار GIS را چنین تعریف می کنند: "GIS یک سیستم اطلاعاتی طراحی شده برای کار با داده هایی است که مرجع آنها موقعیت فضایی خاص یا مختصات جغرافیایی ویژه ای است. به عبارت دیگر، GIS هم سیستم بانک اطلاعاتی با قابلیت های خاص جهت داده های فضا-مرجع است و هم مجموعه ای از توابع کار با داده ها" (Star and Estes, 1990, p.2).

تأکید این تعریف بر خصلت پاسخگویی GIS به سؤالات و پرس و جوهاست که می توان آن را نوعی "تعریف سیستم اطلاعاتی" نامید. این بدان معناست که GIS کار گردآوری، جداسازی، دسته بندی، انتخاب و بازسازی داده ها را برای یافتن اطلاعات درست و دقیق جهت پاسخ گفتن به سؤالات 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 داده ها را با نقشه مرتبط (link) کنیم.

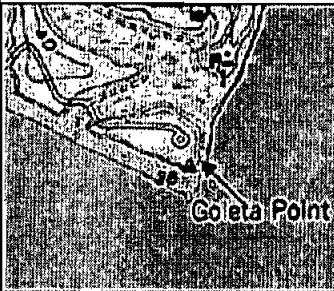
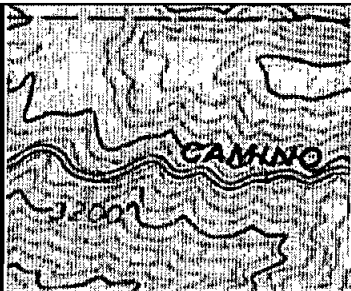
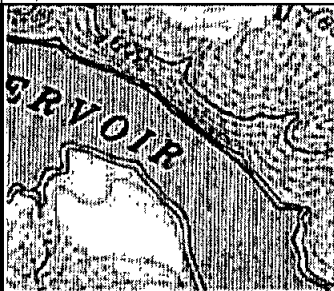
یکی دیگر از تعاریف "سیستم اطلاعاتی" GIS تعریفی است که از پس محک زمان به خوبی برآمده و ارزش آن را دارد که با تفصیل بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. در سال 1979 یعنی وقتی که GIS دوران طفولیت خود را می گذراند شخصی به نام کن دوکر (Ken Dueker) GIS را اینگونه تعریف کرد: "GIS موردی خاص از سیستم های اطلاعاتی است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

عبارت "موردی 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) 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 افتند.

مشاهدات می توانند در سه دسته عوارض، فعالیت ها، و وقایع گروه بندی شوند. عارضه واژه ای است که در کارتوگرافی به کار رفته و به معنای آیتم یا موردی است که بر روی نقشه جای می گیرد. عوارض نقطه ای مثل یک نقطه ارتفاعی (شکل 1-2) تنها دارای یک موقعیت هستند. عوارض خطی دارای چندین موقعیت اند که در طول یک خط یا خطوط کشیده شده اند مانند جاده 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 پراکندگی آنها ناشی از فعالیت های انسانی است که به شکل نقشه های جمعیتی، نقشه های سرشماری، پراکندگی 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، مثلاً نقشه های امروزی ممکن است دریاچه سدی را در یک محل نشان دهند که صد سال پیش اصلاً وجود خارجی نداشته و طبعاً نمی توانسته در نقشه های آن زمان هم ظاهر شود.

| نقطه (ارتفاعی) = Point | خط (منحنی میزان و جاده) = Line | سطح (دریاچه سد) = Area |
|---|---|--|
|  |  |  |

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 وقایع نیز در قالب نقاط، خطوط و سطوح در پهنه 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 کنیم 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 ما داده 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 مسأله است و نه چیزی که تنها برای انجام پروژه یا تکلیفی مقطعی مثلاً مربوط به این هفته یا ترم آینده 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 سؤالی که مطرح است اینکه: آیا GIS هم تنها یک روش علمی دیگر در کنار سایر روش ها ست 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، اپیدمیولوژی، مدیریت خدمات، جنگل داری، زمین شناسی و تجارت باز کرده است. دوم، حاصل این دگرگونی و مرادفات 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. گودچایلند این نگرش جدید را "علوم اطلاعات جغرافیایی" نامیده است (Goodchild, 1992). گودچایلند 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 نشست 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، گودچایلند مسأله 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، ظرافت 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 مغازه 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 "مبنای محکم" 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 ظرافت 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 GIS 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 ویژگی های فوق العاده سودمندی نظیر 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 پدیده ای تعجب آور چه از لحاظ گستره و چه از لحاظ عمق در بازار بوده و این حالت تا سال های سال نیز ادامه خواهد داشت. به طور مشخص، GIS با زندگی روزمره ما چنان ادغام شده و می شود که به زودی تصور یک زندگی بدون GIS برای ما غیر ممکن بوده و باور نخواهیم کرد که قبلاً بدون GIS چگونه کارهای علمی مان را انجام می دادیم.

GIS و رسالت اجتماعی آن

بسیاری از محققین GIS استدلال کرده اند که تعریف دقیق GIS چه به عنوان یک فناوری، چه نرم افزار و چه به عنوان یک رشته علمی باعث نادیده گرفتن نقشی می شود 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 سازمان های انسانی را نیز تحت تأثیر قرار داده است. نیک کریسمن GIS را به عنوان "فعالیتی سازمان یافته تعریف می کند که با آن مردم به سنجش و نمایش پدیده های جغرافیایی و سپس انتقال این تصاویر به اشکال دیگر می پردازند، 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 سازمان ها پرداخته و چگونگی استفاده از GIS در تصمیم گیری ها را مخصوصاً در یک مجموعه عمومی نظیر جوامع شهری یا گروههای اجتماعی مد نظر قرار می دهد.

کمتر کسی در این نکته شک دارد که استفاده هرچه بیشتر سازمان های برنامه ریزی از GIS در کارهایشان باعث تغییرات فراوانی در وظایف کاری، انواع مشاغل، مسئولیت ها و حتی روابط قدرت درون سازمانی آنها شده است. مثلاً وقتی که از GIS برای اولین بار در یک محیط کاری استفاده می شود، وجود یک نفر "قهرمان" 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 کرده اند تا نکات فنی یا کاربرد خود GIS. این حوزه تاکنون برای خود صاحب تاریخچه (Foresman, 1997) و نشست ها و کنفرانس های روزافزون شده است. کتاب های چندی هم در این زمینه نگاشته شده اند از جمله کتاب Ground Truth به وسیله ی (Pickles, 1995)، که تا حدودی ابعاد انسانی تر و اجتماعی تر تحقیقات GIS را نشان داده است.

تعریف نیک کریسمن از GIS تمامی فرآیندهای اجتماعی کاربرد GIS را در بر می گیرد. مثلاً ممکن است GIS برای ذخیره سازی داده های 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 ساختمانی 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 مجموعه ی 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 کننده ی جایگاه و استفاده از GIS هستند.

اهمیت مبنای اندازه گیری عنصر دیگری است که در تعریف کریسمن قابل تشخیص است. به طور محض 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 عملاً بسیاری از داده ها ناقص، کهنه یا ناکارآمدند. چگونگی کنار آمدن با این مسأله برای کاربران GIS در استفاده مؤثر از توانمندی های این فناوری به همان اندازه اهمیت دارد که مجموعه نرم افزار و سخت افزار و فرایندهای مربوطه. می توان گفت که GIS همانند نقشه در بردارنده ی 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 روشی برای 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 مسأله پرداخته و آن را به عنوان ابزار و روشی تحقیقی به کار گیریم. اساساً GIS برای پاسخ به سوالات و تصمیم گیری مورد استفاده قرار می گیرد. برای استفاده مناسب از GIS، دانستن آنچه 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 جائیکه امکان دارند دقیق و تخصصی باشند . این کار به ما کمک می کند که برای چگونگی روش تحلیل تصمیم درست تری بگیریم ، متد مورد استفاده را مشخص کنیم و طریقه ارائه نتایج را تعیین کنیم.

- /انتخاب داده ها: نوع داده ها و عوارضی که با آنها کار می کنیم به ما کمک می کنند تا روش مناسب را برای تجزیه و تحلیل برگزینیم . برای یافتن پاسخ سوالات از طریق روشهایی مخصوص احتمالاً" نیاز به اطلاعاتی اضافی خواهیم داشت. داده های مورد نیاز می توانند از منابع گوناگونی نظیر بانک های اطلاعاتی مربوط به هر سازمان ، تماس با مدیران ، فایل های رقومی ، اینترنت ، بخش خصوصی و سازمانهای دولتی و ... تهیه شوند. نوع داده های انتخاب شده و منبع تهیه آنها به نیاز ما و میزان بودجه ای که داریم بستگی دارد. مهمترین اصل در مورد داده ها 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 می دهیم ، ممکن است تنها به ترسیم توزیع فضایی تک تک جرائم بپردازیم . با اینحال، اگر برای این کار خواهیم از شواهد مطرح شده در دادگاه و سایر مستندات استفاده کنیم، احتمالاً" به سنجش دقیق تر مکان ها و تعداد جرائم اتفاق افتاده در یک دوره زمانی معین نیاز خواهیم داشت و بنابراین ما از یک روش دوره ای (دوره زمان مشخص) برای تجزیه و تحلیل استفاده می کنیم .

- پردازش داده ها: پس از انتخاب متد تجزیه و تحلیل ، نیاز به پردازش داده ها 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 نظیر طول و عرض یا آدرس برای داده ها و تعیین مقادیر برای ویژگیهای مختلف خواهیم داشت (ن ک، فصل دوم). اگر در پی تهیه نقشه کمیت ها هستیم (مانند تعداد انواع گیاهان در یک پارک شهری)، احتمالاً" نیاز به انتخاب طرح طبقه بندی و تصمیم گیری بر سر تعداد طبقاتی که نمایاننده داده های ما هستند خواهیم داشت. و اگر در پی یافتن آن چیزی هستیم که در درون منطقه ای خاص اتفاق می افتد نیاز به بررسی و سنجش آن ناحیه یا ترکیب لایه های 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 می تواند 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 تاکید 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 می کند، امروزه جغرافیا در بسیاری از نقاط جهان به عنوان رشته ای کاربردی که با استفاده از آن میلیاردها دلار سرمایه گذاری برای بخشهای تجاری و دولتی صورت می گیرد، مطرح است. مواردی نظیر انتخاب مکانها، هدف قرار دادن بازارها، برنامه ریزی شبکه های 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) می توان اطلاعات (ویژگی ها) را به مکان داده ها ارتباط داد، مانند ایجاد ارتباط بین مردم و آدرس های آنها، ساختمانها و محله های مختلف، یا خیابانهای یک شبکه ارتباطی. بعداً می توان هر کدام از این اطلاعات را به شکل لایه ای در آورد و آنها را با هم نمایش داد. این کار نشان می دهد که چگونه لایه های مختلف اطلاعاتی می توانند با هم مرتبط و ترکیب شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. پس کاربر GIS می تواند لایه هایی 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 پایه ای است.

یک سیستم اطلاعات جغرافیایی غالباً با تهیه نقشه سروکار دارد. با این حال، نقشه تنها یکی از راههای کار کردن با داده ها در GIS و تنها یکی از محصولات آن است. علاوه بر تهیه نقشه GIS دارای توانایی های خاصی در فرآیند حل مسائل است. بنا براین GIS می تواند 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 می پردازیم.

- 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 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 بر روی زمین نشان می دهد. نقشه ها پنجره 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 پدیده ها، 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 بر روی 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 دهند 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. مثلاً با ثبت وقوع زمین لرزه در پهنه ی جغرافیایی کشور می توان به جمع آوری اطلاعات مربوط به این عارضه دست زد. سپس با استفاده از این اطلاعات و ترسیم نقشه پراکندگی 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 منطق 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 تمرکزهای 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) بسنجیم 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 همجوار 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 آگاه سازی ساکنان مجاور با یک رودخانه در مورد احتمال وقوع سیل و دامنه گسترش آن در میان مناطق مسکونی پرداخت.

نقشه تغییرات: GIS به ترسیم نقشه ی تغییرات اتفاق افتاده در درون یک ناحیه به منظور پیش بینی وضعیت آینده کمک می کند. با این کار می توان تصمیم به عملی کردن برنامه ای گرفت و یا نتایج برنامه و سیاستی را ارزیابی کرد. با تهیه نقشه کجایی و چگونگی تغییر پدیده ها در یک دوره زمانی می توان به نحوه کارکرد و رفتار آنها پی برد و الگو سازی کرد. یعنی با ترسیم نقشه تغییرات می توان به پیش بینی نیاز های آینده پرداخت. مثلاً" اداره پلیس می تواند بررسی کند که چگونه الگو های بزهکاری از یک ماه تا ماه دیگر تغییر می کند و با این بررسی می تواند اقدامات لازم را برای انجام پیشگیری های مربوطه به عمل آورد. همچنین با ترسیم نقشه شرایط قبل و بعد از انجام یک اقدام می توان به میزان تغییر یک واقعه پی برد. مثلاً" یک تحلیل گر خرده فروش می تواند نقشه تغییرات میزان فروش را قبل و بعد از یک آگهی تبلیغاتی منطقه ای بررسی کند تا به میزان اثر آگهی خود پی ببرد.

– دیدگاه مبتنی بر مدل: GIS مجموعه ای از ابزار های انتقال اطلاعات است که داده های جغرافیایی جدید را از مجموعه داده های موجود استخراج می کنند، تجزیه و تحلیل های لازم را بر روی آنها انجام داده و نتایج حاصله را در قالب مجموعه جدیدی از داده ها عرضه می دارد. به عبارت دیگر با ترکیب داده ها و به کارگیری پاره ای تکنیک های تجزیه و تحلیل می توان مدلی ساخت که به پاسخ گویی سوالاتی که مطرح هستند کمک کند. بخش غالب فناوری کامپیوتر به منظور افزایش میزان دسترسی کاربران به داده های مرتبط طراحی شده است. با این حال، GIS فراتر از کند و کاو داده ها رفته و برای ما ابزاری را فراهم می کند تا آن داده ها را تفسیر کرده و روابط، الگوها و گرایش هایی را که امکان دیدن آنها با روش های سنتی وجود ندارد، پیدا کنیم.

علاوه بر این، GIS به استفاده کنندگان خود اجازه می دهد که به مدلسازی سناریو هایی برای آزمودن فرضیات مختلف بپردازند و بر آیند بصری آنها را به منظور یافتن نتایجی که نیازهای شان را برآورده می کند ببینند. مثلاً" یک مدیر خرده فروشی که به دنبال ساختن یک فردشگاه جدید است می تواند با استفاده از GIS به تحلیل ویژگی های جغرافیایی مشتریان و مکان های جدید و سایر رقبای احتمالی در آن مکان ها بپردازد. GIS به این مدیر اجازه می دهد تا مکان ها بالقوه را بر روی نقشه مشخص کرده، زمان دسترسی به آنها را محاسبه کند، نگرانی های

زیست محیطی را مد نظر قرار دهد، و هر گونه عامل و شاخصی را که سنجش آن به وسیله روش های سنتی بسیار پر 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 کاربرد های GIS نا محدود 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 خواهند بود. بنا براین می توان گفت که GIS علمی است درباره مدلسازی و ترسیم نقشه جهان برای اتخاذ تصمیمات بهتر و صحیح تر.

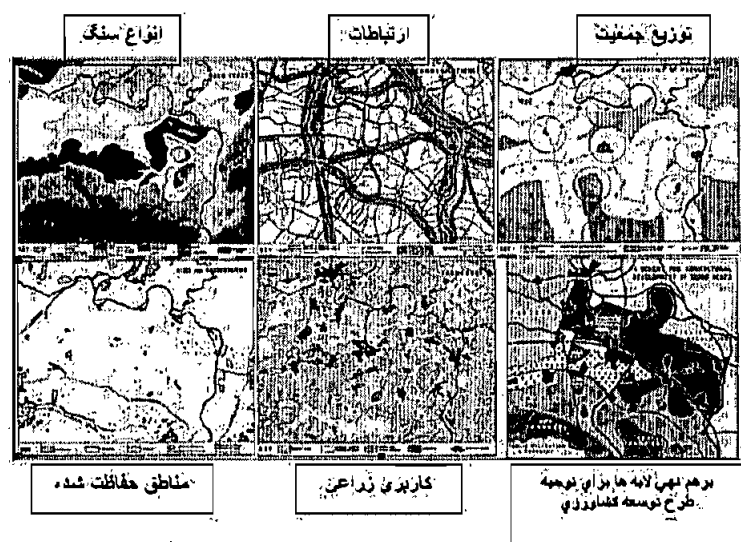
روی هم رفته، این سه دیدگاه قسمت های حیاتی یک GIS هوشمند تلقی شده و دارای استفاده های فراوان در تمام سطوح کاربردی هستند.

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 سر شماری 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 تهیه شده بودند. همچنین در سال 1929 یک سازمان برنامه ریزی در شهر نیویورک به روشنی ارزش تکنیک برهم نهی 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 نقشه ای به نام "ویژگی های زمین" چاپ شده بود که داده های گوناگونی را راجع به ارتفاع، زمین شناسی، ارتباطات، توزیع جمعیت، اراضی زراعی و غیره یکجا با هم ترکیب کرده بود (شکل 1-3). نویسنده توضیح داده بود که برای اینکه بتوان نقشه ها 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 نقشه ای جدا کپی کرده بود.



شکل 1-3: برهم 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 کرد)، امتیاز تکنیک برهم گذاری لایه های 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 برده بوده اند. در سال های 1950 نقشه ها 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 برهم نهی لایه های 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 (Geographical Review) منتشر و مدلی ساده برای کاربرد کامپیوتر در کارتوگرافی ارائه داد (Tobler, 1959). مدل او که به سیستم MIMO یا Map in-Map out 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 نوشتن برنامه های کامپیوتری با استفاده از زبان های برنامه نویسی نظیر FORTRAN پرداختند تا با استفاده از چاپگرها و دستگاههای رسام اولیه به ترسیم نقشه بپردازند. تقاضاهای جدید برای کار با کامپیوتر منجر به ظهور رقومی گرهای اولیه (digitizer) توسط گروه New Haven شد که برای استفاده در سر شماری سال 1960 آمریکا طراحی شده بود. با پدیدار شدن قابلیت های جدید برای نقشه کشی، اولین روش های کاملاً جدید نظیر انیمیشن 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 نوشتن نرم افزارهای ترکیبی آسان تر شد. از بسته های نقشه کشی کامپیوتری اولیه می توان CALFORM, IMGRID, SURFACE II, CAM و 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 DIME و فایل های ایجاد شده توسط این سیستم، که به فایل های پایه جغرافیایی GBF (Geographic Base File) 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 کامپیوتری مربوطه می توانند با همدیگر 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, LUNR) در سال 1967. دو سیستم MLMS و LUNR بر گرفته از سیستم GRID بودند که جانشین SYMAP در دانشگاه هاروارد گردید.

طی اواسط و اواخر دهه ی 1960 گروهی از دانشجویان در دانشگاه هاروارد موفق به پیشرفت هایی تئوریکی در زمینه گرافیک کامپیوتری 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 1975 (Peucker and Chrisman, 1975) عمومیت چشمگیر یافت به ساختار داده ای کمان/گره یا برداری (Vector) معروف شد. روش کامپیوتری که حلقه ها و خطوط رقومی شده را ذخیره کرده و چند ضلعی (پلیگون) ها را از لحاظ توپولوژیکی به همدیگر 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 همدیگر وصل می شدند. خط ها (arcs) می توانستند با هم ترکیب شده و پلیگونی را درست کنند زیرا این نوع ساختار، اطلاعاتی در باره همجواری 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 متناسب 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 غیرگرافیکی 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 همپوشی هایی مهم و سازنده بوده اند.

GIS طی دهه 1980 نیز با غلبه کامپیوترها و برنامه نویسی FORTRAN به پیشرفت خود ادامه داد. در سال 1982، شرکت IBM کامپیوترهای شخصی (Personal Computer, PC) خود را به دنبال ریزکامپیوترهای Apple II که از چند سال پیش عرضه کرده بود وارد بازار نمود. تأثیر همین یک عامل آنقدر زیاد بوده 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 کارایی بالای اولین نسل کامپیوترهای شخصی می دانند. بسته هایی دیگر نیز به سمت ترمینال های کامپیوتری رفتند که ناشی از گسترش ریزپردازنده ها و شبکه (Networking) بودند. بسته هایی نظیر GRASS حاصل این انتقال محسوب می شوند.

در دهه ی 1980 و اوایل 1990 فناوری GIS به دوران بلوغ خود رسید. بسیاری از بسته های قدیمی که قادر به انطباق خود با زبان های برنامه نویسی جدید نبودند از دور خارج گشته و وسیله سیستم های جدیدتری که می توانستند از توانمندیهای تجهیزات بسیار قدرتمند بهره ببرند جایگزین شدند. هزینه های نگهداری به طرز چشمگیری کاهش یافت، قدرت کامپیوتر چند برابر شد، و اولین نسل واسط های گرافیکی (Graphical User Interface, GUI) از جمله X-Windows، مایکروسافت Windows و اپل مکینتاش (Apple Macintosh) نرم افزارهایی ساختند که استفاده از آنها به مراتب آسانتر بود و ویژگی هایی نظیر منوها، راهنماهای آنلاین (online) و سایر کمک های صفحه ای (Onscreen Help) را داشتند. طی دهه 1980، اینترنت از میان مجموعه ای از شبکه های اولیه نظیر Arpanet و NSFNet که سرآغاز مرتبط ساختن دانشمندان با یکدیگر و عنصر مهم و جدیدی از کارهای کامپیوتری بودند، سر برون آورد.

پایه گذاری زیرساخت های GIS یعنی انتشار کتاب ها، نشریات و جورنال ها، کنفرانس ها و سایر منابعی که در زمینه GIS اهمیت فراوان دارند، نیز به دهه 1980 بر میگردد. در دهه 1990 GIS حتی به پیشرفت های قابل ملاحظه تری نایل شد و عوامل جدیدی پدیدار گشتند. ابتدا، GIS بسیار از محدوده های اولیه خود یعنی علوم نقشه کشی فراتر رفت و حوزه های جدیدی از جمله زمین شناسی، باستان شناسی، اپیدمیولوژی و بزهکاری های اجتماعی را در نوردید. همچنین قیمت GIS بعد از عرضه محصولات Desktop GIS فوق العاده کاهش یافت. عرضه هرچه بیشتر کامپیوترهای شخصی و لپ تاپ ها و کمکی های قابل حمل دیجیتالی در بازار باعث ورود GIS به بسیاری از محیط های کاری جدید شد. رویکرد برنامه نویسی شیء گرا (Object-Oriented) باعث پیشرفت های سریع در مهندسی نرم افزار شد امکان قابلیت حمل برنامه ها در میان پلتفرم های متعدد کامپیوتری را فراهم آورد و البته که نرم افزارهای GIS هم از آن بی نصیب نماندند.

به علاوه، سیستم های اطلاعات جغرافیایی کاملاً با سیستم های موقعیت یاب جهانی (GPS) که باعث افزایش توان گردآوری داده ها شده بودند، ادغام گردید. تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک زیاد به پایه و مرجع عمومی داده های 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) می کنند که بر مبنای قابلیت جستجوی شبکه ای است که به صورت جغرافیایی فعال شده و چیزی فراتر از نمایش یک نقشه ساده است.

... و سپس به زمان حال می رسیم. اگرچه تاریخ GIS به نحوی به قدمت عمر کارتوگرافی است و اگرچه بر هم نهی نقشه ها به قرن نوزدهم بر می گردد، اما آنچه امروزه به اسم GIS می شناسیم حاصل مجموعه ای از وقایع مرتبط

با هم و ارتباطات متقابل انسانی در دهه ی 1960 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 حوزه ای است تقریباً قطعه قطعه و بیشتر کتاب ها، نشریات و منابع و داده های اینترنتی آن قدمتی کمتر از چند ده ساله دارند. البته امروزه اوضاع فرق کرده و منابع اطلاعاتی بسیار جالبی در باره GIS وجود دارد. در این کتاب این منابع در قالب مقولاتی نظیر نشریات و مجلات، کتاب ها، انجمن های حرفه ای، اینترنت و شبکه جهانی WWW، کنفرانس های GIS محور و دانشگاهها و سازمان های آموزشی طبقه بندی شده اند. حجم اطلاعات موجود در باره GIS بسیار زیاد است. اولین مکان برای جستجو کتابخانه ها و شاید هم اتصال به اینترنت و استفاده از ابزارهای جستجوگر شبکه جهانی اینترنت است. همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، منابع اطلاعاتی مربوط به GIS می توانند در دو مقوله بزرگ کار "با" GIS و کار "بر روی" GIS تقسیم شود. به افراد مبتدی توصیه می شود که به جای رفتن به سراغ مطالب راجع به جدیدترین مرزهای دانش GIS، ابتدا به سمت مطالب پایه ای و مبانی بروند، بعدها به مراحل بالاتر نیز خواهند رسید. با این همه؛ منابع نوشتاری هنوز هم می توانند 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 در باره GIS و تعداد بیشتری هم در قالب گاهنامه به چاپ مقاله یا موضوعات ویژه مبادرت می ورزند. نشریاتی که منحصراً مقالات مربوط به GIS را منتشر می کنند آنهایی هستند که تحقیقات آکادمیک را در بر می گیرند از جمله نشریه بین المللی سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (International Journal of Geographical Information Systems)، سیستم های جغرافیایی (Geographical Systems)، مباحثات در GIS (Transactions in GIS). علاوه بر تحقیقات آکادمیک پاره ای نشریات دوره ای اقدام به انتشار اخبار و بیان کاربردهای GIS می کنند که از آن جمله اند: *GeoWorld*، *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 منطقه ای هم نظیر GIS Asia/Pacific و GeoEurope چاپ می شوند. قطعاً نشریات غیرانگلیسی فراوانی هم در اقصی نقاط دنیا منتشر می گردند.

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

پاره ای نشریات هم به طور اتفاقی به چاپ مقالات GIS مبادرت می ورزند از جمله: دورنماهای کارتوگرافیک (Cartographic Perspectives)، کارتوگرافیکا (Cartographica)، نشریه کارتوگرافی (Journal of Cartography)، ژئوکارتو اینترنشنال (Geocarto International)، علوم زمین (IEEE)، (The International Journal of Remote Sensing)، نشریه بین المللی سنجش از دور (Remote Sensing Review) و چشم انداز محیط زیست (Landscape Ecology)، نقد سنجش از دور (Remote Sensing Review) و Infoworld همچنین GIS به طور گهگاهی در خبرهای ملی، یا در مقالات روزنامه ها و مجلات هفتگی مطرح مورد اشاره قرار می گیرد.

کتاب ها

طی چند سال گذشته کتاب های فراوانی در زمینه GIS نگاشته شده است. اولین نسل کتاب های 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. کتاب های ماربل و همکارانش (Marble et al., 1984)، ریپل (Rhpple, 1987, 1989) و وورال (Worrall, 1991a) در زمره اولین منابع اطلاعاتی GIS طبقه بندی می شوند.

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 پیتز 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 طاهرکیا 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), (Aronoff, 1989), (Laurini and Thompson, 1992), (Chrisman, 1997), (Huxhold, 1991), (DeMers, 1997). ویرایش دوم کتاب پیتز بارو به کمک مک دونالد (Burrough and McDonnell, 1998) و (Longley et al., 2001), (Lo, 2002) و (Clarke, 2003) هستند.

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 (DeLepper et al., 1995)، تجارت (Grimshaw, 1994)، نقشه برداری (Onsrud and Cook, 1990)، مدیریت (Ball and Babbage, 1989)، دفاع (Aronoff, 1989; Obermeyer and Pinto, 1994)، زمین شناسی (Bonham-Carter, 1994)، تنوری اجتماعی (Pickles, 1995)، باستان شناسی (Allen et al., 1990)، برنامه ریزی شهری (Huxhold, 1991)، بهداشت عمومی (Cromley and McLafferty, 2002)، تاریخ (Knowles, 2002)، مدل سازی محیطی (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)، (Antenucci, 1991)، (Korte, 1994)، و (Montgomery and Schuch, 1993). برخی 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 کتاب ها به بخش مشخصی از جدیدترین تحقیقات GIS است که از جمله آنها می توان به اهمیت دادن به زمان به عنوان داده (Langran, 1992)، تصویرگری سه بعدی (Raper, 1989)، دقت داده ها (Goodchild, 1989)، ساختار داده ها (Samet, 1990) و کار تو گرافی تحلیلی (Clarke, 1995) اشاره کرد. دست آخر اینکه، یکی از منابع تلاش کرده تا مروری جامع بر تمام حوزه GIS شامل نوشته های کاربردی، نظری و جدیدترین تحقیقات مربوط داشته باشد. این کتاب نسبتاً طولانی و گران قیمت مجموعه ای 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 می شود. راهنمای باسler نیز از دیگر کتاب های 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 سایت های 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 مدهد. دو آدرس اینترنتی و (<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 می توان گفت که اگر هدفمان نقد و بررسی "ادبیات" GIS باشد این هدف، هدفی بسیار متحرک است و نشانه گیری آن بس مشکل.

انجمن های حرفه ای

اصلی ترین نشریات GIS به نحوی ارگان انجمن های حرفه ای این فناوری هستند که از میان آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد: کنگره نقشه برداری و نقشه کشی آمریکا (American Congress of Surveying and Mapping)، جامعه فتوگرامتری و سنجش از دور آمریکا (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ASPRS)، انجمن جغرافیدانان آمریکا (Association of American Geographers)، انجمن اطلاعات زمین - فضا و فناوری (Geospatial Information and Technology Association) و انجمن سیستم های اطلاعاتی شهری و منطقه ای (Urban and Regional Information Association).

(Systems Association, URISA). یورپا (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 و غیر قابل تصویری 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 ی نرم افزارها هستند و تا تمام بسته های قابل دانلود GIS که GRASS 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 بایگانی 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 ها 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.gismonitor.com ، www.spatialnews.com ، www.giscave.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 بدیهی است و باید به خاطر داشت که آموزش امری است پایان ناپذیر و یادگیری GIS نیز به بالا رفتن میزان کارایی 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.

Google Earth منبعی ارزشمند برای مطالعات GIS

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

افزار Google Map و Google Earth امکان ایجاد ارتباط متقابل، پیچیده و پویا را با تصاویر ماهواره ای و نقشه های دقیق از کره زمین فراهم آورده اند. 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 ی آنها بدین 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 Windows، Mac O S X و Linux بر روی هر PC جدیدی که دارای کارت ویدیویی سه بعدی است اجرا می شود. استفاده کنندگان از Google-Earth می توانند به راحتی لایه های اطلاعاتی و تصویری مورد نظر خود را درست کرده و با بر 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 اختصاصاً 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 Google Map، Microsoft Virtual Earth یا Google Earth به یافته های جالبی برسند. موضوع مشترک تمام این برنامه ها، مکان و نقشه است و برای استفاده کنندگان خود یعنی آنهایی 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 ی 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 صدها هزار تصویر ماهواره ای و عکس هوایی تشکیل شده است ابتدا به خاطر سرگرمی آنانی که به دنیای مجازی خلبانی علاقمند بودند مشهور شد. کاربران اولیه این بخش از گوگل پی بردند 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 فراگیر شدن این برنامه رایگان و بسیار مفید، جوامع علمی دنیا به این نکته پی برده اند 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

Google-Earth 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 انبوه" سیستم هایی قدیمی تلقی کرد که برای بصری کردن زمین (Geo-visualization) مورد استفاده بوده اند. 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 آنچه 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 های معدنی نشان داده است. در یک فرآیند معروف به "سر بردن 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 انباشته از آلودگی و مواد زائد گردیده، جویبارهای منطقه خشک شده و دود و تیرگی هوای منطقه را پر کرده است. برای مقابله با این مسأله 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 مسأله ضمیمه ی 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 فراگیر کردن اعتراضات مردم نسبت به روند تخریب کوهستان ها ست.

در سپتامبر سال 2005 یک شرکت چوب بری در نواحی کوهستانی سانتاکروز کالیفرنیا برنامه ای برای قطع وسیع درختان کانوچو داشت. گروهی از فعالان محیط زیست و مراجع محلی برای ممانعت از این برنامه با استفاده از Google-Earth تعدادی عکس و انیمیشن 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، اپیدمولوژیست ها و کارشناسان مقابله با حوادث و بلایا از Google-Earth به عنوان ابزاری قدرتمند در کارهایشان بهره می برند. موفقیت 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 اصلاً 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 یخ های ضخیم و نازک، جهت های حرکات آنها و بالاخره اثرات گرم شدن جهانی بر روی مناطق و یخ های قطبی پرداخت و به نتایج جالب توجهی در زمینه ترسیم و پهنه بندی یخ 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 پروژه 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. پروژه "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 کامپیوتری 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... تصویر کامل از... ←

تصویر کامل از کره زمین به دست دهند. به عبارتی آنها نمی توانند کره 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 طریقی 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 برشمرد:

- 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

۱-۵-۷-۳ Google-Earth زنده

برداشت های علمی از Google-Earth باعث ایجاد فکرهای 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 صداها و اصوات حیات وحش با لایه 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 نماهای 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 سیاره ی خود را با جزئیات کاملتر (نظیر آنچه که امروزه از طریق دوربین های کنترل ترافیک در کلان شهرها مشاهده می کنند) ببینند.

۱-۶ راهنمای مطالعه

۱-۶-۱ خلاصه

فصل اول: GIS چیست؟

شروع (۱-۱)

- GIS بر پایه های دانش جغرافیا، کارتوگرافی، علوم کامپیوتری و ریاضیات استوار گردیده است.
- علوم اطلاعات جغرافیایی يك حوزه بین رشته ای است که نتیجه ی کاربرد و نظریه GIS است.
- حوزه ها و رشته های مختلف تعاریف متفاوتی از GIS ارائه می دهند.
- همه تعاریف ارائه شده از GIS نشان می دهند که داده های فضایی داده هایی منحصر به فرد هستند که به نقشه ها وصل (Link) می شوند.

تعاریف GIS (۲-۱)

- هر سیستم GIS حداقل شامل يك پاتک اطلاعاتی و نقشه ای است که يك رابطه ی مبتنی بر کامپیوتر آنها را به هم مرتبط می سازد.
- يك تعریف، GIS را جعبه ابزاری برای تحلیل داده های فضایی می داند.
- GIS همچنین به عنوان يك سیستم اطلاعاتی برای استفاده از داده های فضایی تعریف شده است.
- تعریف GIS به عنوان يك سیستم اطلاعاتی از دوکر یکی از ماندگارترین تعاریف از سال ۱۹۷۹ تاکنون می باشد.
- تعریف دوکر مبتنی بر مدل عوارض فضایی جغرافیایی است. مدل استاندارد عوارض، عوارض موجود در نقشه ی يك چشم انداز را در قالب نقطه، خط، و سطح نمایش می دهد.
- استفاده از GIS مستلزم ذخیره کردن توزیع فضایی عوارض از طریق اندازه گیری در دنیای واقعی یا بر روی نقشه هاست.
- ویژگی غالب فعالیت های انسانی و پدیده های طبیعی، پراکندگی فضایی آنهاست، پس ورودی هایی مناسب برای GIS هستند.
- در GIS از عوارض نقشه برای مدیریت داده ها استفاده می شود.
- GIS به اندازه کافی قابلیت استفاده در تحلیل ها و تحقیقات خاص را دارد.
- با GIS می توان تحلیل، مدل سازی، و پیش بینی کرد.
- GIS نوعی نگرش علمی است که چندین فناوری را با هم پیوند می دهد.
- علوم اطلاعات جغرافیایی در هر گیرنده ی تحقیقات "پا" GIS و تحقیقات "پرو" GIS است.
- GIS يك حرفه چند میلیارد دلاری است.

- کریسمن GIS را مرتبط با مردم و مؤسسه‌های می‌داند که بر اساس سنجش‌های جغرافیایی و تبادل داده‌ها تصمیم‌گیری می‌کنند.
- GIS خود را با بسیاری از جنبه‌های زندگی مدرن ادغام کرده‌است.
- GIS می‌تواند به عنوان یک متدولوژی در انجام تحقیقات به کار رود و با آن به طرح سؤال، انتخاب داده‌ها، پردازش آنها، تجزیه و تحلیل و بررسی نتایج پرداخت.

جغرافیا و GIS (۳-۱)

- امروزه جغرافیا در بسیاری از نقاط جهان به عنوان رشته‌ای کاربردی که با استفاده از آن میلیارد‌ها دلار سرمایه‌گذاری برای بخشهای تجاری و دولتی صورت می‌گیرد، مطرح است.
- سه طرز تلقی متداول 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)

- منشأ GIS به کارتوگرافی موضوعی برمی‌گردد.
- بسیاری از برنامه‌ریزان با استفاده از تکنیک‌های دستی به برهم نهی نقشه‌ها اقدام کرده‌اند.
- روش دستی برهم‌گذاری نقشه‌ها برای اولین بار به صورت جامع توسط جکولین تیرویت در یک کتاب برنامه‌ریزی در سال ۱۹۵۰ تشریح شد.
- مک‌هاگ در کتاب "طراحی با طبیعت" از روش تاریک کردن ترانسپارنت‌ها در مکانیابی استفاده کرد.
- دهه ۱۹۶۰ شاهد اشکال جدیدی از داده‌های جغرافیایی و نرم‌افزارهای نقشه‌کشی بود.
- اولین مفاهیم پایه‌ای GIS در کارتوگرافی کامپیوتری اواخر دهه ۱۹۵۰ و دهه ۱۹۶۰ شکل گرفت.
- سیستم‌های GIS بیشتر و امدار مدل نرم‌افزارهای مرتبط‌اند تا منفرد.
- مجموعه داده‌های اثرگذار اولیه مربوط به بانک داده‌ی جهانی (سازمان سیا آمریکا) و فایل‌های GBF/DIME بودند.
- سیستم‌های اولیه GIS عبارت بودند از CGIS، MLMIS، GRID و LUNR.
- اثرگذاری سیستم اودیسه دانشگاه هاروارد به سبب ساختار داده‌های آن یعنی ساختار توپولوژیکی/کمان/گره یا برداری (Vector) بود.
- کامپیوترهای شخصی و پایانه‌های کامپیوتری (Workstation) از عوامل مؤثر در دگرگونی GIS بودند.
- طی دهه ۱۹۸۰ نرم‌افزارهای جدید GIS از سخت‌افزارهای پیشرفته‌تری بهره‌بردند.
- پیشرفت‌های حاصله در زمینه‌ی واسط‌های کاربر و کامپیوتر منجر به استفاده وسیع از GIS طی دهه ۱۹۹۰ شد.

منابع اطلاعاتی GIS (۵-۱)

- حجم اطلاعات موجود در باره GIS غیرقابل تصور است.

- منابع اطلاعاتی GIS عبارتند از نشریات و مجلات، کتاب ها، انجمن های تخصصی، شبکه جهانی اینترنت، و کنفرانس ها.
- GIS امروزه دارای سایت های مختلف، کنفرانس ها، سازمان های حرفه ای و گروه کاربران است.
- اکنون بیشتر دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی دارای کلاس های GIS در گروههای آموزشی جغرافیای خود هستند.
- 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.
- طی سالهای اخیر از Google-Earth در مطالعات مختلفی از جمله زمین شناسی، باستان شناسی، جستجوی مکان های مخصوص، روند تخریب محیط زیست و بحران های انسانی استفاده شده است.
- استفاده کنندگان با هر سطحی از دانش و تکنیک GIS می توانند از Google-Earth برای مقاصد پژوهشی و آموزشی خود استفاده کنند.
- استفاده از تصاویر و داده های Google-Earth در نرم افزارهای گوناگون GIS به سهولت امکان پذیر است.
- نسخه های جدید نرم افزار ArcGIS در پی استفاده از Google-Earth برای نمایش تمام کره زمین و لایه های اطلاعاتی مربوطه هستند.

۱-۶-۲ سوالات

تعریف GIS

تعاریف مختلف ارائه شده در این فصل را خلاصه کنید. منابع و مآخذ 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 می تواند انجام دهد تنظیم شده اند؟ شما بر اساس جدیدترین منابع چگونه این تعاریف را گسترش خواهید داد؟

GIS و جغرافیا

دیدگاه های غالب در مورد GIS را بنویسید و فکر کنید که آیا می توان 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 سویی رشته های مختلفی همچون جغرافیا، کارتوگرافی، علوم کامپیوتری، علوم محیطی و برنامه ریزی بر میراث GIS افزوده شده است؟ دو مثال برای نقش GIS در به کارگیری دانش برای حل مسأله در رشته های مذکور پیدا کنید.

منابع اطلاعاتی GIS

لیستی از منابع کلیدی GIS تهیه کرده و سعی کنید آنها را در کتابخانه های مورد دسترس خود بجوید. در صورت دسترسی به اینترنت سعی کنید منابع هرچه بیشتری در باره GIS پیدا کنید. نزدیک ترین کنفرانسی که در زمینه GIS در هرکدام 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؟ در باره ی واحدهای مختلفی که تحت عنوان GIS تدریس می شوند اطلاعات کافی کسب کنید.
يك "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.

۷-۱ تمرینات

۱- با استفاده از اینترنت اطلاعاتی در باره فوائد GIS و نیز نقشه یا داده های رقمی مربوط به شهر یا روستایی که در آن به سر می برید پیدا کنید. آیا هیچ ویژگی های توصیفی همراه نقشه های رقمی 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 مؤسسه های 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 در باره 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 نوشته اند؟ آیا راهنما، مقاله تحقیقی، یا منابع دیگری در باره 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 در باره امکان ارسال يك 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 Linux، یا DOS و یا هر چیز دیگر، چه عملیاتی برای ایجاد و گذاف فایل ها، دایرکتوری ها، کپی و جابه جایی فایل ها، ویرایش محتوای يك فایل ASCII یا American Standard Code for Information Interchange، و استفاده از دستگاههای جانبی نظیر CD-ROM و پلاتر و رقمی گر لازم است؟ سعی کنید با راهنماهای سیستم عامل یا امکانات کمکی آنلاین آشنا شوید.

۷- به سایت اینترنتی <http://www.casa.ucl.ac.uk/gistimeline> وارد شوید و سپس بگوئید از نظر شما شش واقعه مهمتر تاریخ GIS کدام ها بوده اند؟

۸- به سایت www.google.com رفته و برنامه ی رایگان *Google Earth* را بر روی کامپیوتر خود نصب کنید. آنگاه به جستجو و یافتن شهر یا روستای محل زندگی خود بپردازید.

۸-۱ منابع و مآخذ فصل اول

- بارو، پی. ام (۱۳۸۴)؛ سیستم اطلاعات جغرافیایی، ترجمه طاهرکیا، 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*. Rushcutters 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 Shortreid, 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 Loble, 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

۲-۱ نقشه و اطلاعات توصیفی

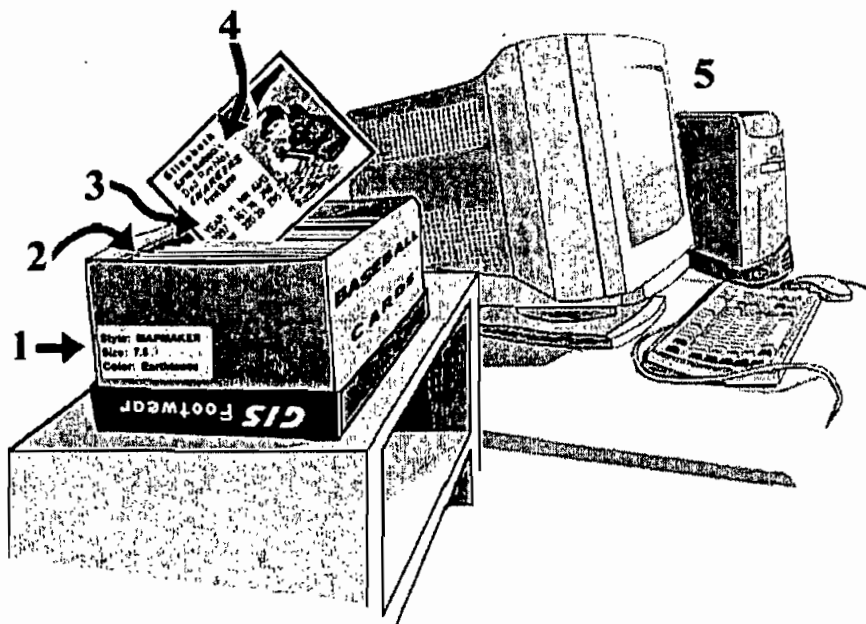
اطلاعات همه جاي دنياي ما را به تسخير خود در آورده است، اما خوشبختانه مي توان آنها را در قالب هايي ملموس گنجانده و دسته بندي كرد. حجم زيادي از اطلاعات چنانچه از قبل مرتب نشوند در زندگي روزمره ي مردم قابل استفاده نخواهند بود. روش هاي عادي سازمان دهی اطلاعات از جمله كتاب هاي اول، راهنماهاي تلفن و كتاب هاي اطلاعات جامع شهرها از جمله ي روش هاي تنظيم اطلاعات را بيشتر در قالب فهرست ها، ارقام، جداول، متن ها، تصاویر، نقشه ها و يا شاخص ها مرتب مي کنند. گروه اطلاعات همسان که هم شامل متن و هم رقم هستند را داده مي نامند. وقتي که داده ها را به کامپيوتر وارد مي کنيم آنها را تحت عنوان فايل نگهداري کرده و مجموعه آنها را بانک اطلاعاتي مي ناميم. به زبان بانک اطلاعاتي، اقلام يا آيتم هايي که اطلاعات در باره آنها گردآوری مي شود را ويژگي (attribute) و هر ردیف داده هاي جداگانه را رکورد (record) مي نامند. مثلاً ممکن است ما جعبه اي داشته باشيم که حاوي کارت هاي است که مشخصات دانشجویان رشته جغرافياي مراکز دانشگاهي پيام نور بر روي آنها درج است. بر روي هر کارت (رکورد) در بانک اطلاعاتي يا Database (که همان جعبه باشد) تصويري از دانشجو و اعداد يا نوشته هايي به عنوان مقدار يا ارزش (value) براي هر ويژگي داريم. ويژگي مي تواند شامل نام دانشجو، گرايش تحصيلي، تعداد ترم هاي گذرانده، سال ورود به دانشگاه و نام مرکز دانشگاهي او باشد (شکل ۲-۱).

يك تفاوت اساسي بين اين نوع اطلاعات و آنهايي که براي سيستم هاي اطلاعات جغرافيايي جمع آوري مي شوند اين است که اطلاعات مناسب GIS به نحوي يك ويژگي پايه اي به نام "جغرافيا" يا "مكاني بر روي زمين" را در بطن خود دارند. اين بدان معناست که تصاویر و نقشه ها هم مي توانند بانک هاي اطلاعاتي تلقی شوند. ارتباط با نقطه اي از زمين بايد به شکلي در بانک اطلاعاتي GIS گنجانده شود که بتوانيم با استفاده از آن مکان به داده هاي مربوطه، و به وسيله ي داده ها نيز به آن نقطه مشخص ارجاع دهيم. اين کار به آن معناست که ما مي توانيم داده ها را هم بر اساس جغرافيا (مکان) و هم ويژگي ها (اطلاعات غير مكاني) و يا هر دو مدیریت کنیم.

اين کار را مي توانيم در مورد جعبه ي حاوي کارت هاي دانشجویان جغرافيا انجام دهيم. بر روي هر کارت نام گروه جغرافيا و شهري که مرکز دانشگاهي محل تحصيل فرد در آن قرار دارد ثبت شده است. حال اگر با استفاده از يك نقشه ي موجود بتوانيم طول و عرض جغرافيايي شهرهاي مورد نظر را هم پيدا کنیم انگار کارت ها را زمين - مرجع يا Geocoding کرده ايم. سپس اگر با مداد طول و عرض ها را بر روي کارت ها بنويسيم نوعي سيستم اطلاعات جغرافيايي درست کرده ايم. حال براي داشتن يك GIS واقعي بايد اين داده ها را وارد کامپيوتر کنیم. با اين کار داده ها بيشتر قابل استفاده مي شوند زيرا اگر بخواهيم با استفاده از سيستم GIS به ترسيم نقشه اي در اين مورد اقدام کنیم، اطلاعات موجود بر روي هر کارت را به راحتی بر روي نقشه نمايش و جا خواهيم داد. در مطالب آتي خواهيم ديد که قابليت هاي زمين - مرجع کردن اطلاعات در GIS نه فقط همين مورد بلکه بسيار بيشتر از اينهاست. اما براي حال تنها اين نکته را به خاطر داشته باشيم که موقعيت (location) يعني همه چيز.

نقطه قوت GIS در آن است که اجازه اتصال (link) ويژگي هاي غير مكاني با اطلاعات جغرافيايي يا نقشه اي را به خوبي فراهم مي آورد. مثلاً ما مي توانيم داده ها را هم بر اساس ويژگي ها (دانشجویاني که سال آخر

دانشگاه را می‌گذرانند) و هم بر اساس نقشه (دانشجویانی که مرکز محل تحصیل آنها در شهرستانی غیر از مرکز استان واقع است) جستجو کنیم. ظاهراً وقتی که دو نوع اطلاعات با هم وصل (link) شوند، می‌توان از هرکدام آنها برای جستجوی دیگری بهره برده و یا اصلاً هر دو را همزمان مورد استفاده قرار داد. به عنوان مثال می‌توانیم از GIS مربوطه بخواهیم تا تمام دانشجویانی که در هیچ واحدی مردود نشده و معدل بالایی 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 می‌توانیم برای جواب سؤالاتمان 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 روشی برای اتصال داده های توصیفی به نقشه است. چون ما برای این کار از کامپیوتر استفاده می کنیم پس قاعدتاً 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 فصول آتی یادآور 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، فعلاً 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 بطلمیوس 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 اجتناب 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 مسطح 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. مثلاً 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 عملی از GIS برای تبدیل سیستمهای تصویر، مختصات و مقیاس نقشه ها لازم است نظری به مبانی نظری و کار توگرافیکی آن بیاندازیم.

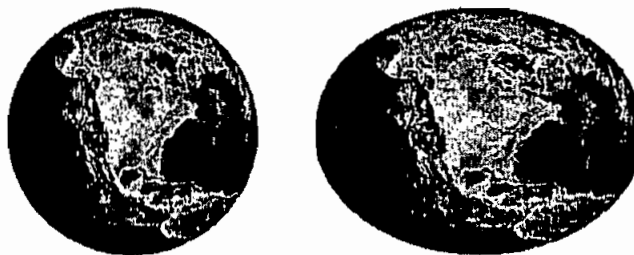
۲-۲-۱ شکل زمین

وقتی که از پنجره ی یک هواپیمای 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 سؤال 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 منها با اهمیت میان فاصله ی قطب تا قطب آن (۳۹،۹۳۹،۵۹۳/۹ متر) در مقابل فاصله دور تا دور آن در منطقه استوا (۴۰،۰۷۵،۴۵۲/۷ متر) وجود دارد. این بدان خاطر است که

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

تلاش 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 پهنه وسیعی از بیضوی با سطح زمین منطبق می شود مورد استفاده قرار می گیرد (عیوضی، ۱۳۷۷). در سال ۱۸۶۶ تهیه نقشه آمریکا بر مبنای بیضوی صورت گرفت که سر الکساندر رز کلارک اندازه گرفته و مسبق 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 مقیاسی که شعاع بلندتر آن با مقداری افزایش، $6,378,244.5$ 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 ArcCatalog نرم افزار ArcGIS برای تعریف سیستم تصویر (Map Projection) نقشه ها به دنبال داده های مناسب می گردند بسیار با واژه NAD27 و نیز علائم اختصاری مشابه برخورد کرده اند.

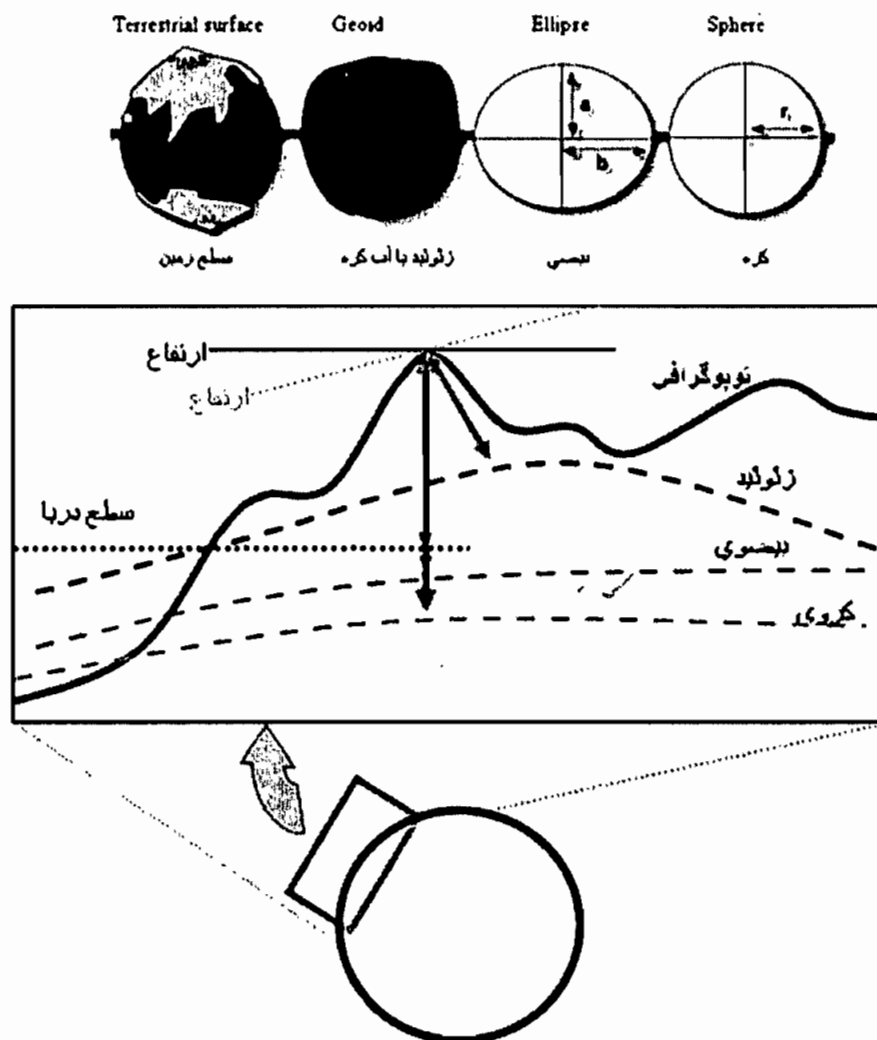


شکل ۲-۲: حالات بیضوی و کروی زمین

عصر ماهره ها به همراه خود وسایل دقیق تری را برای اندازه گیری آورده است، که از آن جمله می توان به سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) اشاره کرد: با تخمین الیپسود می توان GPS را به کمک گرفت و ارتفاع هر نقطه را بر روی زمین محاسبه کرد و این کار (شکل ۲-۳) غالباً Datum یا تعیین سطح مبنا برای سنجش ارتفاع (بعد سوم) نامیده می شود. تعیین این سطح مبنا به الیپسود، مدل زمین، و سطح دریا بستگی دارد. در سالهای اخیر مبنای این محاسبه را مرکز زمین می گیرند که متفاوت از موارد قبلی است که نقطه ای را بر روی سطح زمین مبنا می گرفتند. 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 می باشد.

ارتش آمریکا نیز الیپسود GRS80 را پذیرفته منتها مقادیر آن را به صورت جزئی تغییر داده تا سیستم ژئودتیک جهانی (World Geodetic System (WGS84 را ابداع کند. نکته مهم در اینجا این است که اگر

بخواهیم از نقشه هایی با الیپسویید و سطح مبنای مشخص استفاده کنیم ممکن است به هنگام بزرگ کردن مقیاس تفاوت های عمده ای رخ بنماید، این امر مخصوصاً در مورد ارتفاع بسیار صادق است (شکل ۲-۳). نکته آخر اینکه، علم ژئودزی که کار محاسبه دقیق اندازه، شکل و حوزه های جاذبه زمین را به عهده دارد با کنار گذاشتن تمام تفاوت های محلی الیپسوییدی درست کرده که آن را ژئوئید (geoid) می نامند. یعنی اگر به طور فرضی سطح اقیانوس ها در زیر خشکی ها نیز ادامه یافته و آن را قطع کند شکلی حاصل خواهد شد که ژئوئید نام دارد و سطح مقایسه برای اندازه گیری ارتفاع می باشد (عیوضی، ۱۳۷۷). تنها تحت شرایط بسیار خاص در GIS از ژئوئید استفاده می شود. در واقع مرجع پذیرفته شده همانا شکل کروی زمین است. استفاده از الیپسویید 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 الیپسویید باعث ایجاد تفاوت هایی معنی دار در مقیاس هایی کوچکتر از حدود ۱:۱۰۰,۰۰۰ شود. همچنین هرگاه بخواهیم داده های گردآوری شده میدانی از GPS را با GIS مرتبط کنیم، سطح مبنا (یعنی نوع datum) حتماً باید مشخص شده باشد.



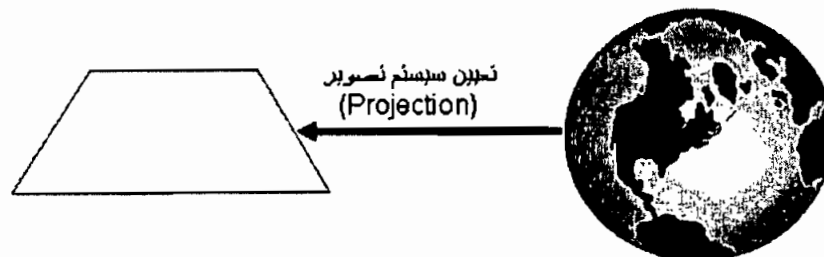
شکل ۲-۳: تعیین ارتفاع بر مبنای حالت های کروی، بیضوی، ژئوئید و یا سطح دریا نتایج متفاوتی خواهد داشت. حتی طول و عرض های جغرافیایی نیز تا حدودی تغییر می کنند.

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 يك به يك عملاً غیر قابل استفاده است و به ندرت و با زحمت بتوان آن را باز کرد. مقیاس کسری است که نسبت فواصل بر روی نقشه را به همان فواصل بر روی زمین نشان می دهد. يك 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 يك چهل اندازه واقعی آن در جهان خارج است. اما زمین به حدی 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 رؤیت خواهد بود. مثلاً يك خط ساحلی ساده با بزرگتر کردن نقشه همچنان به همان حالت خود و حتی شاید غیر دقیق تر ظاهر می شود. از سویی 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 ما نخواهند داد. پس نمایش مناسب اطلاعات در يك مقیاس مشخص یکی از مهمترین اهداف طراحی کارتوگرافیکی 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 مسأله 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 ۲-۴).

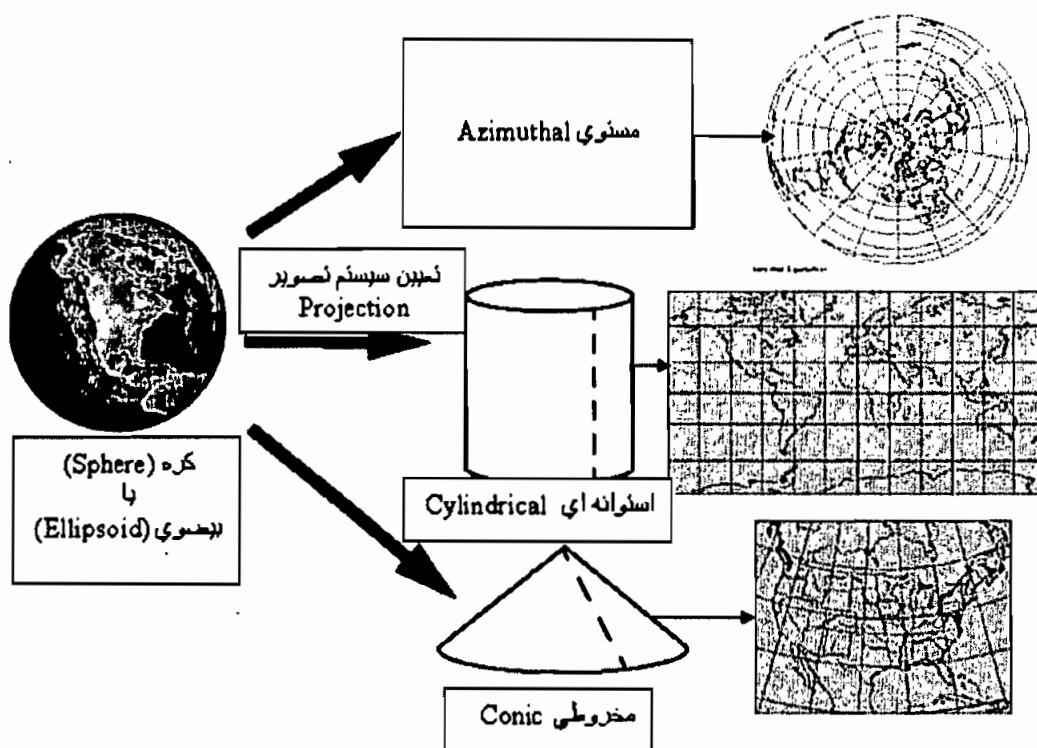


شکل ۲-۴: چگونگی تبدیل يك کره سه بعدی به نقشه دو بعدی را سیستم تصویر یا Projection می نامند.

۲-۲-۳ 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 انتقال داد؟ ساده ترین راه، نادیده انگاشتن این واقعیت 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 ۰ تا ۱۸۰، ۰ تا ۹۰، ۰ تا ۱۸۰ در چهار جهت اصلی است. وقتی این مقادیر بر روی نقشه ای ظاهر شوند آن

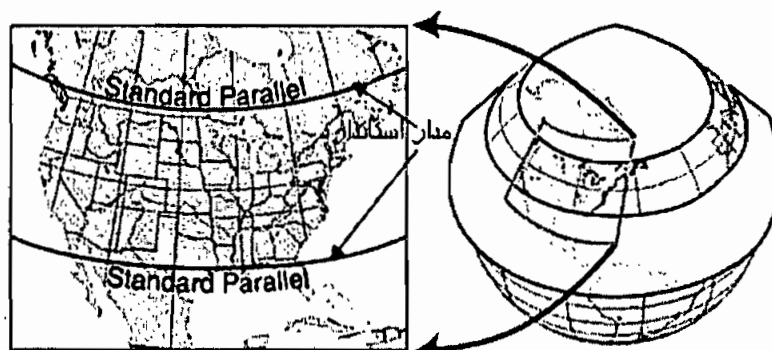
نقشه داراي سيستم تصوير است زيرا مختصات جغرافيايي زمين (طول و عرض ها) به قالب نقشه اي مسطح درآمده اند. اين كار به روش هاي مختلف مي تواند انجام گيرد. ما مي توانيم سيستم تصوير كره (يا بيضي) سه بعدي را به سه شكل مسطح، استوانه اي و يا مخروطي تعريف كرده، سپس آن ها را به صورت نقشه دو بعدي باز كنيم. هر كدام از اين سه سيستم تصوير به ترتيب مستوي (Azimuthal)، استوانه اي (Cylindrical) و مخروطي (Conic) ناميده مي شوند (شكل ۵-۲).



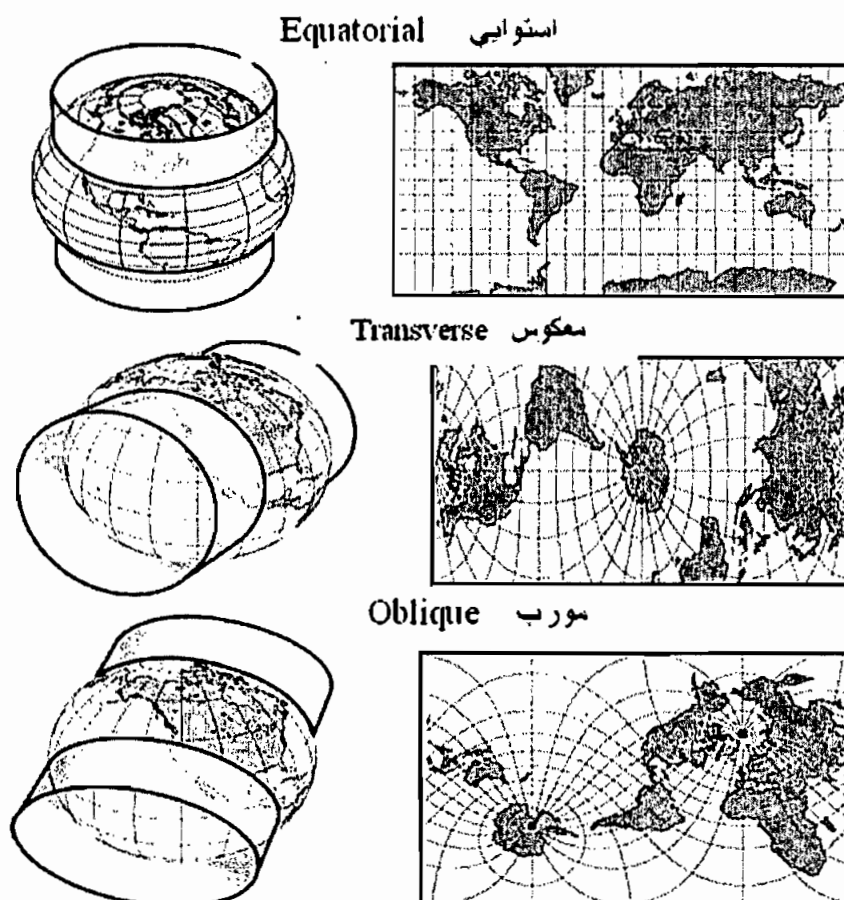
شكل ۵-۲: سيستم هاي تصوير نقشه بسيار زيادند، اما سه روش اساسي كه مي توانند بر روي يك نقشه مسطح باز شوند عبارتند از مسطح، استوانه اي و مخروطي.

همچنين مي توان نقشه را در ارتباط با وضعيت تماس سطح، مخروط يا استوانه فرضي با كره تهيه كرد. يعني مي توان شكلي داشت كه در آن كره به وسيله يكي از اين سه "قطع" شده باشد، كه سيستم تصوير حاصله را سيستم "قاطع" يا Secant گویند. بنا بر اين اگر مثلاً يك مخروط كره را قطع كند ما يك سيستم مخروطي قاطع خواهيم داشت. خط يا خطوطي كه بر اثر سيستم تصوير قاطع با كره مماس مي گردند بسيار مهم است زيرا در طول اين خط(وط) نقشه و كره دقيقاً با هم جفت و جور بوده و تصاویر حاصله از كمترين ميزان تغيير شكل برخوردار خواهند بود. اگر اين خط قطع كننده منطبق با يكي از مدارات گردد آن را مدار استاندارد يا Standard Parallel گویند. شكل ۶-۲ يك سيستم مخروطي قاطع با دو مدار استاندارد را نشان مي دهد. بر روي اين خطوط يا در نزديكي آنها نقشه داراي بيشتريين ميزان دقت و صحت است. سيستم هاي استوانه و مستوي هم مي توانند قاطع باشند. اگر سيستم استوانه را ۹۰ درجه بچرخانيم تصوير حاصله را معكوس

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



شکل ۷-۲: سیستم تصویر مخروطی قاطع با دو مدار استاندارد. سیستم مخروطی کره را قطع کرده و در قسمت های قطع شده نقشه دارای بیشترین میزان دقت و صحت است. اگر کره تنها در طول یک خط قطع شود سیستم دارای تنها یک مدار استاندارد است (مأخذ: 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 ^{راه} برای ارزیابی يك سیستم تصویر آن است که بدانیم به هنگام انتقال از حالت کروی یا بیضوي به يك 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 سوي 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 ها را معادل گویند و تمام قسمتهای مورد نظر زمین با مساحت های دقیق بر روی نقشه ظاهر می شوند. سیستم های تصویری آلبرز (Albers) و سینوسویدال (Sinusoidal) مثالهایی در این زمینه اند.

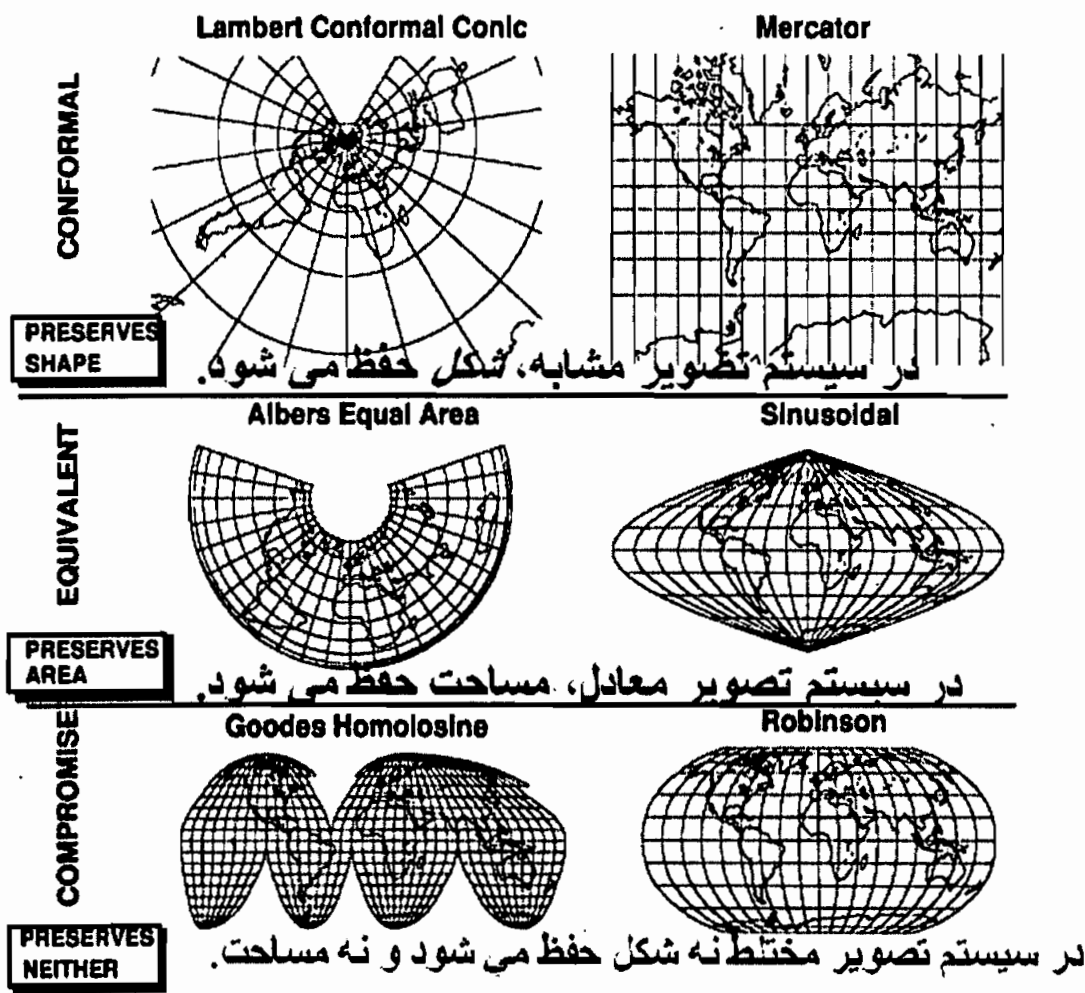
سومین دسته سیستم های تصویر آنهایی هستند که فواصل را در طول يك یا چند خط بر روی نقشه حفظ می کنند. سیستم ساده مخروطی و سیستم هم فاصله آزیموئال دو نمونه از این سیستم ها هستند. دسته آخر هم سیستم های تصویر مختلط نام دارند که در واقع نه معادل اند و نه مشابه. در این دسته، سیستم های تصویر گاه معدلی از دو یا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

مهمترین مفاهیم سیستم های تصویر مورد استفاده در GIS را می توان چنین خلاصه کرد. ابتدا، هرچه منطقه مورد نظر بزرگتر باشد اشتباهات نقشه کشی ناشی از سیستم تصویر فاحش تر خواهند شد. اگرچه در مقیاس ۱:۲۴۰۰۰ هم خطاها می توانند مهم باشند اما در مقیاس های کوچکتر نظیر يك میلیونیم خطاها می توانند نابخشودنی 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 يك 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 يك سیستم معادل ضرورت پیدا خواهد کرد. بالاخره اینکه برای برهم نهی (Overlay) نقشه ها یا به هم چسباندن دو نقشه باید هر دو 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 انواع خاص از سیستم های مختصات کاملاً منطبق با يك سیستم تصویر مشخص با يك الیپسوید خاص یا يك سطح مبنای (Datum) ویژه هستند. مثلاً در ایالات متحده آمریکا در تهیه سری نقشه های ۱:۲۴۰۰۰ توپوگرافی سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) از سیستم تصویر چند مخروطی، الیپسوید ۱۸۶۶ کلارک و سطح مبنای NAD27 استفاده شده است. تغییرات اخیر در زمینه Datum از NAD27 به NAD83 و الیپسوید 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 الیپسویدها و Datum هایی متفاوت دچار اشتباه شود قطعاً منجر به اشتباهات و خطاهای خیلی پیچیده خواهد شد. اهمیت این مورد مخصوصاً زمانی بیشتر می شود که بخواهیم داده های یک نقشه را وارد کامپیوتر کنیم ~~و آن خطای منجر به اشتباهات و خطاهای خیلی پیچیده خواهد شد.~~



شکل ۲-۸: 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).

۲-۳ 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 گوئیم پایین تر از چهار راه دوم به سمت راست بپیچید 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 مثلاً 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 مرجع 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 روشی 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 گردند. 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 محورهای x و y در زوایای درست نسبت به هم قرار می گیرند، اما موقعیت های واقع بر سطح زمین به سادگی قابل اقتباس 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 زمین را به هنگام ترسیم یک نقشه صاف از بین ببریم. چگونگی حذف این انحنای 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 مبنا 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 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 يك درجه حدود ۱۱۱/۱۱ كيلومتر (حاصل تقسيم محيط زمین که حدود ۴۰۰۰۰ كيلومتر است ~~بر~~ ۳۶۰ درجه دور دایره) یا هر ۰/۰۰۱ درجه ۱۱۱ متر است.

مزیت استفاده از سیستم مختصات جغرافیایی در GIS آن است که تمام نقشه ها می توانند به يك 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.

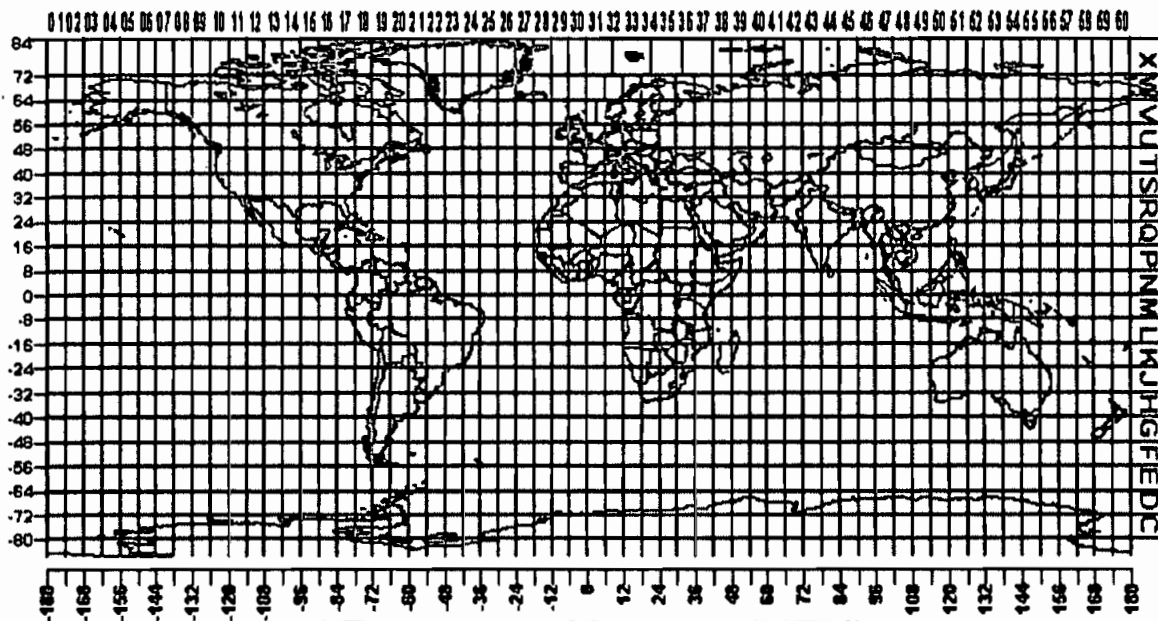
۲-۳-۲ سیستم مختصات UTM (The Universal Transverse Mercator Coordinate System)

از آنجا که از اواخر دهه ۱۹۵۰ سازمان ~~وید~~ ^{زمین} 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 ~~استوا~~ ^{استوا} این ~~انحراف~~ ^{انحراف} در کمترین حد خود بود. پس جان هنریش لمبرت در سال ۱۷۷۲ سیستم مرکاتور را به حالت معکوس به کار گرفت تا به جایی 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 ~~این~~ ^{این} سیستم پرداخت، و لوئیس 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.

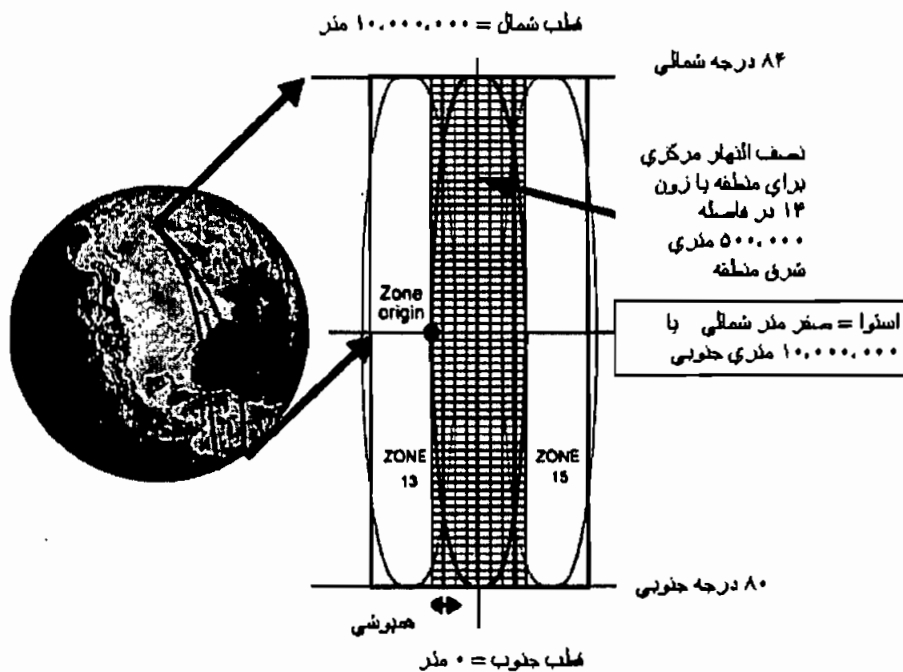
سیستم تصویر مرکاتور معکوس به انحاء مختلف در سیستم های UTM، شبکه نظامی و برخی سیستم های دیگر هم حضور دارد. این سیستم برای تهیه نقشه قسمت اعظم ایالات متحدا آمریکا، بسیاری از کشورهای دیگر جهان و حتی سیاره مریخ مورد استفاده قرار گرفته است. سیستم UTM از همان میزان دقتی بهره می برد که سیستم مرکاتور معکوس. این سیستم زمین را به ۶۰ قاچ یا منطقه (Zone) که هر کدام شامل ۶ درجه طول جغرافیایی و از قطب شمال تا قطب جنوب کشیده شده تقسیم میکند. منطقه اول از طول ۱۸۰ درجه غربی از خط بین المللی زمان شروع و به سمت شرق یعنی از ۱۸۰ تا ۱۷۴ درجه غربی ادامه دارد. آخرین منطقه یعنی منطقه ۶۰ هم از ۱۷۴ درجه شرقی شروع و از آن سوی به خط بین المللی زمان می پیوندد. بنا براین 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 ۱۸۰ تا ۱۷۴ غربی است، نصف النهار مرکزی برای سیستم UTM نصف النهار ۱۷۷ درجه غربی می باشد. از آنجا که نصف النهار مرکزی هر منطقه خط استوا 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 Northing هر منطقه حدود ۱۰ میلیون متر فاصله از نقطه صفر مبدأ را در بر می‌گیرد.



شکل ۲-۹: منطقه بندی جهان بر سیستم UTM



شکل ۲-۱۰: يك منطقه يا 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. بنابراین از UTM در عرض های بالاتر 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).

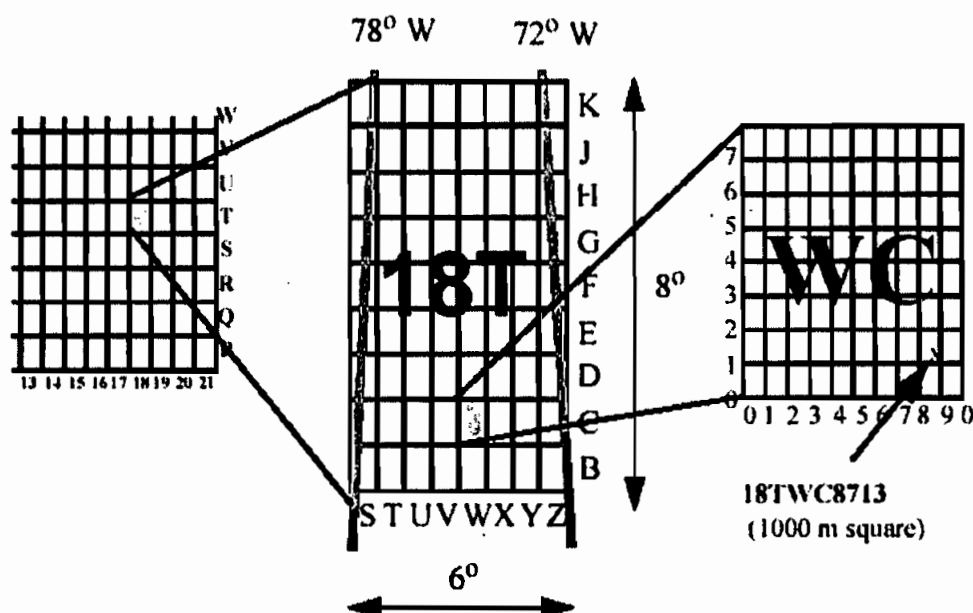
برای محاسبه جهت غربی-شرقی (Easting) یک مبدأ ساختگی در حد غربی هر منطقه (Zone) در نظر گرفته شده است. فاصله واقعی این مبدأ حدود نیم درجه است اما برای سهولت کار از ارقام استفاده می شود یعنی محور قائم اصلی این شبکه در ۵۰۰ کیلومتری غرب نصف النهار مرکزی هر زون است. این کار می تواند دو مزیت داشته باشد؛ هم امکان 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 حقیقی با شمال شبکه نیز در هر نقطه معلوم است. مثلاً کالج هانتز (Hunter College) شهر نیویورک طبق مختصات UTM در ۴،۵۱۳،۴۱۰ متری شمالی و ۵۸۷،۳۱۰ 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 حقیقی ظاهر می شود.

در استوا میزان نوسان از مقیاس حقیقی 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 سیستم شماره گذاری UTM حذف کرده و قدرت تفکیک را به ده متر تقلیل داد. این کار معمولاً در مقیاس های ۱:۲۵۰،۰۰۰ و کوچکتر صورت می گیرد. به همین سان قدرت تفکیک تقسیمات کوچکتر از متر را هم می توان به سادگی و با اضافه کردن ارقام اعشاری بالا برد. اگرچه جز در موارد معدودی نظیر نقشه برداری و ژئودزی کمتر نیاز به دقت های کوچکتر از یک متر هست اما جهت اجتناب از خطای گرد کردن 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 مد نظر قرار گیرند.

۲-۳-۳ 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 نوارهای عرضی ۸ درجه ای تقسیم شده اند که با حروف C (۸۰ تا ۷۲ درجه جنوبی) تا X (۷۲ تا ۸۴ درجه شمالی، استثنائاً این نوار آخری پهن تر از دیگران است). حروف A و B و Y و Z به سیستم جهانی استرنوگرافیک قطبی اختصاص داده شده اند. یک چهار ضلعی ۶ در ۸ درجه ای

عموماً حدود يك هزار كيلومتر مربع برروي زمين را مي پوشاند. اين چهارضلعي ها با رقم و حرف مشخص مي گردند، مثلاً شهر نيويورك در كادر 18T و تهران در كادر 39S قرار مي گيرند (شكل ۲-۹). هر چهار ضلعي سپس به موارد فرعي تر يعني چهارضلعي هاي ۱۰۰,۰۰۰ متر مربعي تقسيم مي شود. پس براي شناسايي هر چهار ضلعي دو حرف ديگر به آن اضافه مي گردد (شكل ۲-۱۱). سيستم حروف براي چهارضلعي هاي ۱۰۰,۰۰۰ متر مربعي در جهت شرقي-غربي (x) بوده و از A شروع و تا Z ادامه مي يابد، سپس اين حالت دوباره تكرر مي شود تا دور زمين كامل گردد. البته در اين سيستم حروف گذاري از دو حرف I و O به خاطر احتمال اشتباه با اعداد يك و صفر استفاده نمي شود. اولين ستون با عرض ۱۰۰,۰۰۰ متر از نقطه ۱۸۰ درجه غربي شروع مي شود. حروف الفبا حدوداً بعد از هر ۱۸ درجه از نو شروع مي شوند و پهناي حدود شش ستون كامل در هر منطقه UTM را در بر مي گيرد. با اينحال، در برخي قسمت ها همپوشاني ستون ها و در مناطق قطبي گسستگی آنها مشهود است.



شكل ۲-۱۱: حروف چهار ضلعي هاي سيستم شبكه نظامي (مأخذ: Clarke, 2003).

براي جهت شمال-جنوب (y) نيز حروف A تا V (مجدداً با حذف I و O) مورد استفاده اند. نقطه شروع در اينجا خط استوا و جهت حركت به سمت شمال مي باشد. هر جا هم لازم شد مجدداً حروف از سر گرفته مي شوند. براي نيمكره جنوبي اما وضعيت متفاوت است. در اينجا زنجيره اي معكوس كه از حرف V شروع و به سمت حرف A عقب مي رود و پس از اتمام، دوباره با V شروع و به سمت A ادامه مي يابد مورد استفاده است. بنابر اين، يك چهار ضلعي ۱۰۰,۰۰۰ متر مربعي مي تواند به صورت 18TWC مشخص گردد. در درون اين محدوده موقعيت هاي دقيق تري را مي توان با استفاده از اضافه كردن ارقام x و y به دست آورد. مثلاً 18TWC81 يك محدوده ۱۰,۰۰۰ متر مربعي، 18TWC8713 يك محدوده ۱,۰۰۰ متر مربعي و 18TWC873134 يك محدوده ۱۰۰ متر مربعي را نشان مي دهد. بنا بر اين در شبكه نظامي UTM مي توان با استفاده از دو حرف و شش رقم هر موقعيت ۱۰۰ متر مربعي را مشخص كرد. بالاخره اينكه در مناطق قطبي

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 جداری 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 هم ردیف و هم شمال 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 اگر نه محال اما بسیار مشکل خواهد بود.

۲-۴ اطلاعات جغرافیایی

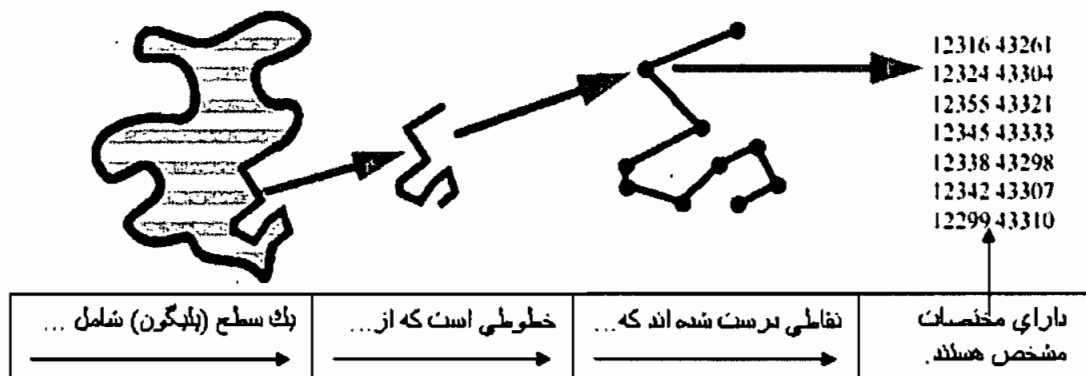
هدف زمین مرجع کردن داده ها، کدگذاری ویژگی های بنیادی اطلاعات جغرافیایی در یک قالب رقومی است تا برای GIS قابل تشخیص باشد. ظاهراً بنیادی ترین ویژگی جغرافیایی همانا "موقعیت" است. در سیستم GIS، موقعیت را به وسیله مختصات و در قالب ارقام و گاه با حروف توصیف می کنند. همانطوری که هر نقشه شامل عوارض فراوانی است، 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 کامپیوترهای کوچک نیز با استفاده از روش های موجود و تنها در کمتر از یک دهه ظرفیت حافظه خود را از کیلوبایت به گیگابایت تغییر داده اند. رشد سریع GIS در ارتباط تنگاتنگ با سیستم های حافظه کامپیوترهایی بوده که روز به روز اضافه شده اند.

از دیگر ویژگی های اساسی داده های جغرافیایی "بعد" آنهاست. به طور سنتی، کارتوگرافی داده ها را 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 ۲-۱۲).

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

می شوند. داده های اسمی آنها می هستند که به سادگی کلاس یا برجستگی را به یک عارضه اختصاص می دهند مانند نام یک روستا یا خیابان. عوارض ترتیبی در قالب نوعی طبقه بندی مرتب می شوند، مثلاً 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 آنها می هستند که بر مبنای یک مقیاس نسبی سنجیده 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) یا نسبت-سطح (Area-Ratio) گروه بندی کنیم.



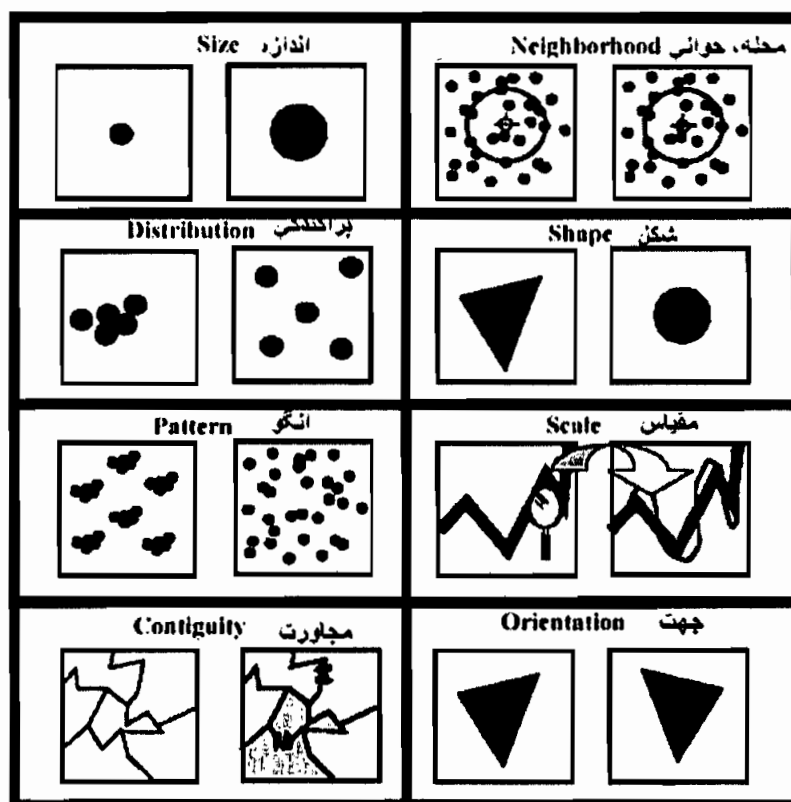
شکل ۲-۱۲: داده های جغرافیایی دارای بعد هستند. محدوده ها یا پلیگون ها سطوح دو بعدی هستند که از خطوط یک بعدی درست شده و خطوط نیز از نقاطی که فاقد بعد بوده و به وسیله سیستم مختصات نشان داده می شوند.

یکی 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 در حالی که برخی دیگر نظیر نقشه های کروپلنت پراکندگی ناپیوسته پدیده ها را به نمایش می گذارند. مثالی ملموس از پیوستگی، ارتفاع سطح است. 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. مثلاً 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 های 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 در آورند آنگاه سنجش اندازه، پراکندگی، الگو، جهت، نزدیکی، محله، شکل و مقیاس آنها می توان صفات جمعیتی شان را استخراج کرد (شکل ۲-۱۳). هر کدام از این موارد نشان دهنده ویژگی خاصی از عوارض جغرافیایی است که معمولاً به وسیله ابزار های 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. مثلاً ما می توانیم 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 همجواری را نگهداری می کند، 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 ۲-۱۳: ویژگی های اساسی عوارض جغرافیایی (مأخذ: Clarke, 2003).

در یک جمع بندی مختصر می توان گفت که با توجه به مطالب مذکور در این فصل تا حدی به اهمیت کارتوگرافی، سیستم های تصویر و مختصات جغرافیایی به عنوان ارکانی اساسی در تجزیه و تحلیل های مبتنی بر GIS پی برده ایم، اکنون آماده می شویم که به مفاهیم تخصصی تر GIS بپردازیم. قدم اول این است که بدانیم چگونه ساختار یک نقشه در قالب مجموعه ای از رتبه ها داخل کامپیوتر شکل می گیرد. قدم بعدی هم بررسی نحوه گرفتن داده ها از نقشه و وارد کردن آن به کامپیوتر است. این مطالب در فصل بعد مورد بررسی قرار می گیرند.

۲-۵ راهنمای مطالعه

۲-۵-۱ 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 داده نامیده می شوند می توانند با همدیگر به صورت يك بانک اطلاعاتی (database) ذخیره گردند.
- بانک اطلاعاتی به صورت فایل در کامپیوتر نگهداری می شود.
- در يك بانک اطلاعاتی ویژگی ها را به عنوان سر تیتز 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 يك مرجع جغرافیایی 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 ژنونی مدلسازی شود.
- محیط کره زمین حدود ۴۰ میلیون متر است.
- در کارتوگرافی الیپسویدهای مختلفی محاسبه شده اند و هر کدام اساس ترسیم نوع خاصی از نقشه ها بوده اند، از جمله WGS83 و GRS80.
- الیپسوید 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 براساس دارای مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰۰۰۰ هستند.
- براساس را می توان سیستم بدون مقیاس دانست زیرا نقشه ها می توانند بزرگ و کوچک شده و به هر مقیاس دلخواهی در آیند.
- برای مقایسه دو نقشه با چسباندن آنها به همدیگر در GIS باید هر دو هم اندازه و هم مقیاس باشند.
- سیستم متریک جهت استفاده در براساس بسیار آسانتر از سایر سیستم هاست.
- به سیستم طول و عرض زمین مختصات جغرافیایی 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 (استوایی)، 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 همدیگر در GIS باید هر دو دارای سیستم تصویر یکسان باشند.

سیستم‌های مختصات (۲-۳)

- سیستم مختصات روشی استاندارد برای اختصاص دادن کدهایی به موقعیت‌هاست، یعنی موقعیت‌ها را تنها با استفاده از کدهایشان می‌توان پیدا کرد.
- سیستم‌های مختصات استاندارد از موقعیت‌های مطلق استفاده می‌کنند.
- در سیستم مختصات x محور غربی-شرقی (Easting) و y 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 بسته GIS باید قابلیت جابجایی در مکان سیستم‌های تصویر نقشه، سیستم‌های مختصات، Datum‌ها و الیپسویدها را داشته باشد.

اطلاعات جغرافیایی (۲-۴)

- حجم، بعد و پیوستگی از ویژگی‌های اطلاعات جغرافیایی هستند.
- عوارض ساده جغرافیایی می‌توانند برای ساختن عوارض پیچیده‌تر مورد استفاده قرار گیرند. محدوده‌ها از خطوط ساخته شده‌اند و خطوط هم حاصل نقاط متصل به هم 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 بررسی‌ای دسته‌ای از ویژگی‌های جغرافیایی و تعیین روابط بین آنهاست.

نقشه و اطلاعات توصیفی

اصطلاحات زیر را تعریف کنید: داده، ویژگی‌های داده‌ها، 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 راهنما جغرافیایی اند؟

مقیاس نقشه و سیستم‌های تصویر

با استفاده از یک اطلس لیستی از سیستم‌های تصویر بکارگرفته شده در نقشه‌ها را تهیه کنید. آیا نقشه‌ای هست که به سیستم تصویر آن اشاره‌ای نشده باشد؟ لیستی از ویژگی‌های هر کدام از سیستم‌ها به علاوه هرگونه اطلاعات دیگر از جمله اینکه آیا سیستم تصویر قاطع است یا معکوس؟ مشابه است یا معادل؟ و غیره تهیه کنید. سپس مشخص کنید چه عوارضی و در چه جهاتی بر روی نقشه دچار تغییر شکل شده‌اند؟

با مراجعه به متون مختلف در باره نقشه‌کشی و نقشه‌خوانی، تلاش کنید تا در مورد الپسویدهای مختلف و اندازه‌های آنها اطلاعات لازم جمع‌آوری کنید. سیستم‌های تصویر بکار رفته در تهیه نقشه‌های ایران را بررسی کرده و توضیح دهید چرا یک سیستم تصویر می‌تواند بهتر از دیگری باشد؟

اندازه‌های قانونی یک زمین فوتبال را پیدا کنید و سپس نقشه‌هایی از آن در مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰، ۱:۲۴۰،۰۰۰، ۱:۱۰۰،۰۰۰ و ۱:۱۰،۰۰۰ ترسیم کنید. با چه مشکلات احتمالی مواجه می‌شوید؟ اثرات ترسیم نقشه پدیده‌هایی نامنظم نظیر یک رودخانه پیچان یا یک قسمت جنگلی در هم در مقیاس‌های مذکور چگونه خواهد بود؟

سیستم‌های مختصات

تحقیق کنید سیستم مختصات نقشه‌های مختلف ایران کدامند؟

مختصات دقیق نقطه محل زندگی خود را پیدا کنید.

اطلاعات جغرافیایی

لیستی از سطوح اندازه‌گیری مورد اشاره در این فصل را تهیه کرده و سپس داده‌های 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 ویژگی‌هایی نظیر اندازه، شکل، جهت و... را توصیف کنید.

۶-۲ تمرینات

۱- با استفاده از کتاب راهنمای همراه بسته نرم افزار GIS خود ببینید نرم افزار شما چه سیستم‌های تصویری را می‌تواند پشتیبانی کند و آیا می‌تواند سیستم‌های تصویر و مختصات جغرافیایی مختلف را به همدیگر تبدیل کند؟ یک نقشه رقمی کوچک مقیاس (مثلاً ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰) را در دو سیستم تصویر مختلف قرار دهید سپس میزان خطا 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 ویژگی‌های یک یا چند رکورد تهیه کنید. کدام ویژگی‌ها عددی اند؟ دامنه مقادیر چند است؟ و آیا نرم افزار به شما اجازه تغییر مقادیر را می‌دهد؟

۷-۲ منابع و مآخذ

- جداری 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 of 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 یک ماحفظی
- ترجمه دکتر اکبر پرهیزکار و عطا عفتاری
- سمت

فصل سوم: کارکردها سامانه اطلاعات جغرافیایی

مقدمه‌ای 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 پردازها 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. پردازها یا کارکردهای پایه‌ای به چهار طبقه تقسیم می‌شوند: عملیات اندازه‌گیری، (باز) طبقه‌بندی، اسکالر و همپوشی، و بالاخره عملیات مبتنی بر همسایگی و پیوند. این پردازها را می‌توان به منزله بلوکهای ساخت یک تحلیل فضایی پیشرفته تلقی کرد. کارکردهای پیشرفته GIS نیز مشتمل بر مدل‌سازی آماری و ریاضی است. درحالی‌که 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

پیشرفته، 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 GIS می‌تواند به لحاظ کارکردی نقشی تعیین‌کننده در فرایند تصمیم‌گیری جامع^۱ بازی کند. فوت و لینچ (۱۹۹۶ 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

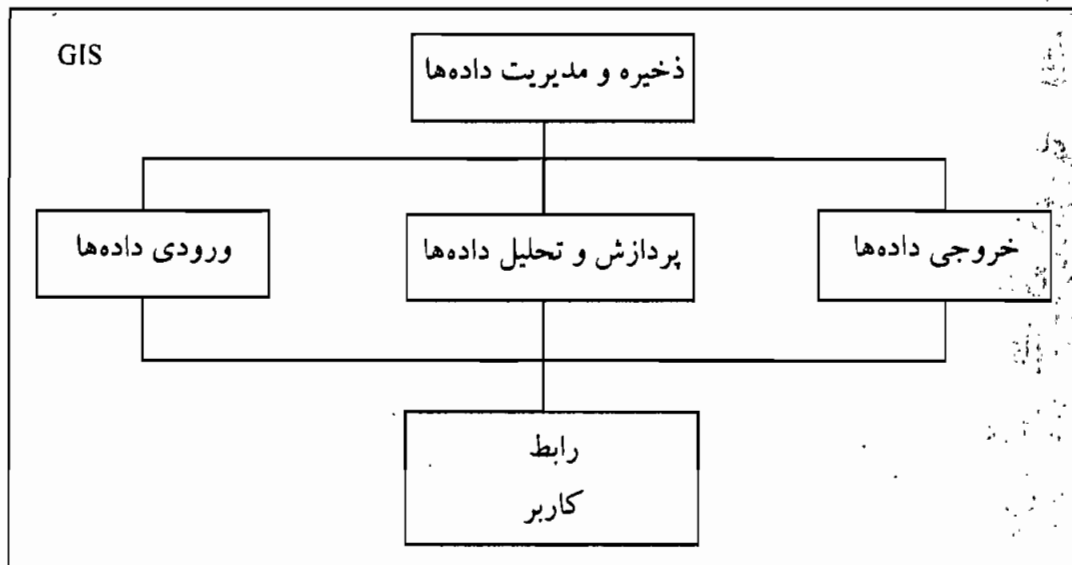
قابلیت‌ها GIS را از دیگر سامانه‌های اطلاعات مدیریتی^۱ متمایز می‌کند. از طرف دیگر، GIS یک فناوری یکپارچه و جامع^۲ است. این ویژگی باعث می‌شود که سامانه‌های GIS، به صورت هماهنگ و توأم با سایر سامانه‌های جغرافیایی نظیر دورسنجی^۳، سامانه تعیین موقعیت جهانی^۴، نقشه‌کشی خودکار و مدیریت تسهیلات^۵ و طراحی‌های رایانه‌ای^۶ به کار گرفته شود. فناوریهای جغرافیایی نیز به نوبه خود می‌توانند در ادغام با فنون تحلیلی و تصمیم‌گیری به کار برده شوند. در وجه سوم نیز بحث بر سر این است که هدف نهایی GIS ایجاد سامانه پشتیبان برای تصمیم‌گیری‌هاست، این سامانه در هنگام حل مسئله، دربرگیرنده مجموعه‌ای یکپارچه و هماهنگ از داده‌هایی است که در ابعاد فضایی مطرح می‌شوند. روشی که در آن داده‌ها در یک محیط 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 دستورهای 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)^۸

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 مروری 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

ورود 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. زیرسامانه 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 مزایای به کارگیری GIS را می‌توان در کارایی آن در یکپارچه‌سازی و گنجانیدن 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 منحصربه‌فردی 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، توپوگرافی، 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 اتفاقی^۱ با صفحه کلید، ابزارهای ثبت مکانی دستی (مانند رقومی‌سازها و موشی رایانه)^۲، 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 چندضلعیهای مورد نیاز در یک مجموعه از داده‌های خاص، از یک صفحه رقومی‌ساز و یک موشی رایانه مجهز به مکان‌نما استفاده می‌شود. در مواقعی 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 به‌کارگیری 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 خطا در این زمینه، می‌توان به خطاهای انسانی اشاره کرد، بدین صورت که تعداد عواملی که در دوره‌های زمانی بلندمدت در ترسیم خطوط بر روی یک پایه واحد و ثابت تأثیر گذارند، 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 چندضلعی 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 نظیر رشته‌ها (فیرها) و دانه‌های ریز عکسها را به دنبال خواهد داشت. در مقابل، توان تفکیک پایین به حذف و عدم ثبت الگوهای جوهری نامهمسان 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 می شود در حالی که در توان تفکیک پایین، فایل در اندازه کوچکی نگه داشته می شود.

دورسنجی. دورسنجی یکی از منابع اصلی داده ها در GIS به حساب می آید. دورسنجی را می توان در قالب فرایند جمع آوری داده های مربوط به سطح زمین و محیط از فاصله دور که معمولاً به وسیله هواپیماها یا سنجنده های فضایی صورت می پذیرد، تعریف کرد (Jensen, 1996). سامانه ماهواره ای لندست و اسپات (ماهواره مشاهده زمین)^۱ عمده ترین منابع تهیه داده های دورسنجی مورد نیاز در امور مربوط به مدیریت زمین، مدیریت و نظارت بر محیط و برنامه ریزی شهری به حساب می آیند. مجموعه ماهواره های لندست در اصل به سازمان ملی فضانوردی ایالات متحده امریکا (ناسا) متعلق است که در حال حاضر توسط «شرکت ماهواره ای رصد زمین»^۲ که یک شرکت خصوصی است اداره می شود. حسگرهای لندست تصاویر را در نوارهای مختلفی از طیف الکترومغناطیس ثبت می کنند. این نوارها در واحدهای میکرومتری از طیف الکترومغناطیس مشخص شده و به هر قسمت مختلف طیف، نامی تعلق می گیرد. 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 می گیرند. مشخصات مربوط به نوارهای حسگرهای لندست های مختلف را می توان به آسانی از کتاب جنسن در رابطه با دورسنجی (Jensen, 1996)، یا از «شرکت ماهواره ای رصد زمین» به دست آورد. در لندست های مختلف از سه حسگر متفاوت استفاده شده است: RBV (دوربین ویدئو باریک باریکه برگشتی)^۳ (در لندست های ۱، ۲ و ۳)، حسگر چند طیفی^۴ (در لندست های ۱ تا ۵) و نقشه برداری موضوعی^۵ (در لندست های ۴ و ۵). لندست های ۴ و ۵ مجهز به ابزار دقیقی اند که

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

تصویری چندطیفی (رنگی) از زمین منعکس می‌کنند که در آن پدیده‌هایی با پهنای تقریبی ۳۰ متر، قابل تفکیک است. «شرکت ماهواره‌ای رصد زمین» داده‌های لندست را به قیمت‌های معینی برای فروش به استفاده‌کنندگان از این داده‌ها در بخشهای حکومتی، آموزشی و صنعتی عرضه می‌کند. مجموعه ماهواره‌های اسپات فرانسه، از دیگر تهیه‌کنندگان عمده تصاویر ماهواره‌ای به حساب می‌آیند. اسپات ۱ کار خود را از سال ۱۹۸۶ شروع کرد. ماهواره اسپات ۳ نیز در سال ۱۹۹۳ به فضا پرتاب شد. اسپات ۳ تصاویر تمام رنگی الکترواپتیکال را با توان تفکیک ۱۰ متر تولید می‌کند. اسپات ایماژ^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 رادیومتریکی و هندسی دارند، باید آنها را برای رفع اختلالات و خطاهای رادیومتریکی پردازش کرد. فنون متنوعی برای تصحیح هندسی و رادیومتریکی داده‌های حاصل از دورسنجی وجود دارد (برای مرور کلی این فنون می‌توان به این منابع مراجعه کرد: Jensen, 1996; Novak, 1992). 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، درحالی که در عملیات واضح سازی محلی، ارزش هر پیکسل با توجه به ارزش درخشندگی محیط پیرامونی آن تغییر می‌یابد (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 نشده^۱ پیکسلها در قالب خوشه‌های طیفی که هویت و مشخصات آنها توسط تحلیل گر تعیین می‌شوند گروه‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی هدایت شده^۲ شامل آموزش رایانه در حوزه‌های تمرینی و کارآموزی از نمونه‌های شناخته شده مربوط به پوشش سطح است که می‌تواند در طبقه‌بندی 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 بیشینه^۳ یکی از رایج ترین 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 کارآمدی 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

نقشه برداری از نقاط کنترل ژئودزی^۱، رقومی سازی در محل^۲ و مکانیابی پدیده ها استفاده کرد. اساس فناوری GPS، ساده است. هر ماهواره جریان ثابتی از اطلاعات زمان بندی شده توسط ساعت های دقیق اتمی را در قالب سیگنال های ذره ای و با دقت بالا منتشر می کند. ماهواره ها علائم رمز داری را مخابره می کنند و این علائم می تواند برای گیرنده هایی که به صورت ویژه به منظور تعیین موقعیتها با دقت های متغیر، طراحی شده اند قابل خواندن و رمز گشایی باشد. دستگاه گیرنده GPS، زمان رسیدن سیگنالها و داده های مربوط به مسافت طی شده توسط سیگنالها را اندازه گرفته و آن را تبدیل به داده های ناوبری و موقعیت می کند. در واقع دستگاه های گیرنده، اطلاعات زمانی مخابره شده توسط ماهواره های مورد استفاده GPS را می خوانند و با مقایسه این علائم توسط ساعت موجود در هر گیرنده، میزان فاصله از هر ماهواره را محاسبه می کنند. دستگاه های گیرنده در محاسبه مکان از مثلث بندی استفاده می کنند و در نتیجه برای تعیین دقیق یک موقعیت مکانی حداقل سه ماهواره به طور هم زمان مورد نیاز است. از ماهواره چهارم نیز برای فراهم کردن امکان تعیین ارتفاع استفاده می شود. با توجه به ثبت هم زمان موقعیت ماهواره های چند گانه، توسط حسگرهای چند گانه می توان گفت که طی محاسبات صورت گرفته، امکان کسب اطلاعات مکانی بسیار دقیق (با دقت یک سانتی متری) برای هر گیرنده، فراهم می شود (Dodson and Haines-Young, 1993). با استقرار یا جابه جایی گیرنده ها در سطح یک محدوده می توان شبکه ای از مختصات جغرافیایی را در پشتیبانی از ژئودزی، نقشه برداری و فتوگرامتری ایجاد کرد.

انتظار می رود که داده های حاصل از GPS به همراه پایگاه داده های موجود به طور فزاینده ای در به روز رسانی اطلاعات و طیف گسترده ای از تجهیزات در تصمیم گیری فضایی استفاده شود. داتسون و هاینس - یونگ در تهیه نقشه های بریتانیا، روشی را که امکان یکپارچه سازی داده های موقعیتی حاصل از GPS را در چهارچوب اصول حاکم بر نقشه برداری و برداشتهای میدانی فراهم می کرد، 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 علائم 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 پیدا کردن 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 حداکثر 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، آفت کش 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 پروژه‌های مبتنی بر GIS تبدیل می‌شود. افراد، دانشگاهها و سازمانهایی نظیر سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا^۲، اداره سرشماری ایالات متحده آمریکا^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 آغازۀ 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 تنگنای دسترسی به داده‌های ورودی مورد نیاز، استفاده از داده‌هایی است که قبلاً آنها را اشخاص دیگری نظیر عاملان و نمایندگان فدرال و ایالتی تهیه کرده‌اند. اشتراک داده‌ها در حال تبدیل شدن به روندی مرسوم در دنیای GIS است. همچنین 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 حکومتهای محلی و شهرداریها، در میان نمایندگان و عاملان فدرال، و در میان یک نمایندگان 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 پرونده‌های 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 نمایندگان گه‌های حکومتی به عنوان مجراهایی برای ارائه داده‌های جغرافیایی رقومی به بخش عمومی، دیگر عاملهای فدرال و استفاده‌کنندگان تجاری طراحی و معرفی شده است. از قالبهای انتقال ملی می‌توان به گراف خطی رقومی^۶، سامانه یکپارچه رمزگذاری و ارجاع‌دهی 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 توپولوژی 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 مترتب بر عناصر هندسی، توصیفی و توپولوژیک 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 مبین 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، خطاها 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 و 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 نسبت انطباق ارزشهای توصیفی اختصاص یافته به یک عارضه در محیط GIS را با 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 ویرایش) و کنترل میدان (فیلد چک) و اندازه‌گیری 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 قرارگیری پدیده‌ها به کاربرد. در کیفیت‌سنجی خودکار داده‌ها به دنبال ناهماهنگی‌های منطقی یا ارزشهای عجیب و غریب یا از بین رفته می‌گردیم. به عنوان مثال این ارزشها باید مقادیر قابل قبول یا پیش فرض داشته باشند. درستی عملکرد GIS تا اندازه زیادی به مقیاس و توان تفکیک نقشه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و سایر منابع داده‌ها و فوننی 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 ۱:۱۰۰۰۰۰ باشد، در آن صورت می‌توان گفت که فاصله یک سانتی متری بر روی نقشه برابر با صد هزار سانتی متر یا یک کیلومتر بر روی سطح زمین است. استفاده از عبارات بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس تا حدی گمراه کننده است و لذا بهتر است کمی در این باره توضیح دهیم. نقشه‌های بزرگ مقیاس جزئیات زیادی را نشان می‌دهند و پدیده‌های کوچک را دربر می‌گیرند. مقیاس متعارف در نقشه‌های بزرگ مقیاس نیز بزرگ است (مانند ۱:۱۰۰۰). در یک نقشه کوچک مقیاس 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 می‌کند. به عنوان مثال در نقشه‌ای با مقیاس ۱:۲۵۰۰، می‌توان خانه‌های

منفرد، تیرهای چراغ و ایستگاههای اتوبوس و نظایر آن را نشان داد. درحالی که در یک نقشه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ انجام این کار امکان‌پذیر نیست. به طور کلی میزان دقت هر GIS با توجه به خواسته‌هایی تعیین می‌شود که در یک کاربرد خاص مورد نظر است. به عنوان مثال دقت مکانی مورد نیاز در کاربردهای مهندسی نظیر طراحی جاده بیشتر از دقتی 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 داده‌هاست. توان تفکیک همچنین به کوچک‌ترین واحد تهیه نقشه یا اندازه پیکسل نیز اطلاق می‌شود. توان تفکیک در واقع تعیین‌کننده 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. درحالی 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).

خروجی 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 برای خروجی گرفتن از داده‌ها استفاده می‌شود که شامل انواع نمایشگر، رسانه‌های قلمی، رسانه‌های الکترواستاتیک، چاپگرهای لیزری، چاپگرهای خطی، چاپگرهای سوزنی و پلاترها می‌شوند. در جریان عملیات ترکیب و ساخت کارتوگرافیکی

نقشه، نتایج (به خصوص نتایجی که در قالب نقشه باشند) تعدیل یا تکمیل شده و عناصری نظیر راهنما و اختصارات، عناوین، جهت نما (پیکان شمال نما)، مقیاس خطی، تغییر و تعدیل رنگها و تنظیم نمادها و علائم به نقشه اضافه می گردند. عملکردهای مبتنی بر خروجی گرفتن از داده ها بر اساس نیازهای کاربر تعیین می شود و بنابراین توجه به خواسته های کاربر در تعیین وجوه مورد نیاز در خروجی گرفتن از داده ها جایگاه با اهمیتی دارد. اغلب سامانه های اطلاعات جغرافیایی از ابزار مختلفی نظیر رسام، چاپگر، ابزارهای نمایش سه بعدی، و همچنین ابزار خروجی چندرسانه ای پشتیبانی می کنند (Cassettari, 1993). به عنوان مثال IDRISI تحت ویندوز 2.0 v یک ناظر رسانه ای دارد که امکان نمایش متحرک تصاویر مربوط به سریهای زمانی و پخش فایل های صوتی را بر روی نوارهای ویدئویی و سامانه های نرم افزاری ارتقایافته صوتی فراهم می آورد (Eastman, 1997).

به طور کلی خروجیها را می توان در چهار طبقه جای داد:

۱. خروجیهای متنی: شامل جدولها، فهرستها، ارقام یا متن ارائه شده در پاسخ به پرس وجو 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 پرس وجوها ممکن است به صورت عددی باشد (مانند مجموع کل، فاصله ها، مساحتها و شمارش تعداد).
۲. خروجیهای گرافیکی: شامل نقشه ها، نمایش بر روی صفحه نمایشگر، نمودارها، گرافها، نقشه های سه بعدی و نظایر آن. ابزارهای گرافیکی تعاملی به کاربران امکان می دهد که به عارضه ها اشاره کنند و آنها را در زمینه فضایی درست خود تشخیص دهند.
۳. داده های رقمی: که در قالب دیسک یا نوارهایی ذخیره شده یا از طریق شبکه انتقال می یابند.
۴. روشهای دیگر: که هنوز استفاده از آنها معمول نیست (مانند صدا یا تصویرهای رایانه ساز).

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; Antenucci 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

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 همین رو 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.

مدیریت داده‌های فضایی

داده فضایی که به صورت فیزیکی نمایش داده شده‌اند، در دو قالب شبکه‌ای^۳ و برداری^۴ سازماندهی و آرایش می‌یابند. داده‌های شبکه‌ای در یک ماتریس دوبعدی 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 پهنای 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 چندضلعی‌های بسته یا سطوح را تشکیل دهند. یک چندضلعی با مجموعه‌ای از

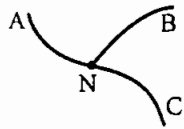
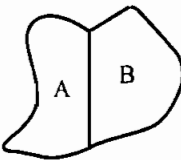
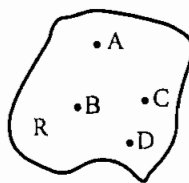
مختصات واقع در گوشه‌های آن نشان داده می‌شود (شکل ۲-۲). به عنوان مثال، نقطه‌ای که معرف یک روستا یا شهر است، ممکن است یک ورودی پایگاه داده‌ها، بر اساس نام، اندازه، خدمات و نظایر آن داشته باشد و خطی که بیانگر یک جاده است می‌تواند یک ورودی پایگاه داده‌ها در رابطه با شماره‌های مسیر، حجم ترافیک، مسیرهای اضطراری 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 باشند. 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. عمده‌ترین وجوه روابط فضایی عبارت‌اند از رابطه پیوند^۱

| | ساختار داده‌های فضایی | |
|---------|-----------------------|--------|
| | شبکه‌ای | برداری |
| نقطه | | |
| خط | | |
| چندضلعی | | |

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

(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 و C را به هم متصل می‌کند</p> |
| مجاورتی |  <p>چندضلعی A در مجاورت چندضلعی B قرار دارد</p> |
| شمولی |  <p>چندضلعی R نقاط A، B، C و 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 مگوئایر (۱۹۹۴)، مدل داده‌های شبکه‌ای در کاربردهای محیطی مناسب‌ترند 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 محدوده بنیاد 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 شبیه‌سازی 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 برداری اند و بالعکس. برخی از سامانه‌ها امکان همپوشی 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. (Eastman, 1997) IDRISI و (U.S Army Corps of Engineers, 1993) GRASS نمونه‌های معروفی از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی شبکه‌ای به حساب می‌آیند (Environmental Systems Research Institute, 1995) ARC/INFO، (MapInfo Corporation, 1995) و (Caliper Corporation, 1996) TransCAD.

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 تبدیلی 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 قرارگیریشان متصف می‌گردند و داده‌های توصیفی که معرف دیگر ویژگی‌های غیرمکانی پدیده‌ها هستند. در GIS نوعاً رویکردهای مبتنی بر سامانه مدیریت پایگاه داده‌ها (سمپاد) در جابه‌جایی و کار بر روی این دو گونه از داده‌ها به کار گرفته می‌شود. بسیاری از پایگاه‌های استاندارد داده‌ها بر اساس مدلی از نحوه نگارش 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 داده‌هاست که در سازماندهی داده‌ها در محیط GIS، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل داده‌های تخت، روش مناسب و راحتی در ذخیره‌سازی و پردازش داده‌ها در تصمیم‌گیری 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 (۱۹۹۵) 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 پرونده‌های تخت که روش ساده‌ای برای ذخیره داده‌هاست ذخیره می‌شوند. از آنجا که در نرم‌افزارهای صفحه‌گسترده^۱ این نوع از پرونده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند از آنها تحت عنوان یک پایگاه داده‌های صفحه‌گسترده 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 پرونده‌های تخت است (شکل ۱-۱). این شیوه در برخی از سامانه‌های GIS شبکه‌ای نظیر IDRISI، IMAGE و ERDAS به کار گرفته می‌شود. مزیت این گونه از پرونده‌های 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. همان گونه که در ادامه خواهیم دید ماتریس تصمیم‌گیری (فایل تخت) به عنوان روش اولیه سازماندهی داده‌ها در MCDM به حساب می‌آید (← فصل چهارم). با وجود این، سطح پایین انعطاف‌پذیری و حساسیت در محیط GIS از مشخصه‌های چنین روشی 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

چند گانه مطرح اند بر این قرار است که سازوکارهای ذخیره داده ها در رابطه با داده های فضایی از قابلیت و کارایی برخوردارند، در حالی که در رابطه با داده های توصیفی نا کارآمدند و بالعکس (Maguire, 1995). در نتیجه به منظور تسریع در وارد کردن و خروجی گرفتن از داده ها، داده های فضایی در مجموعه ای از فایل های سامانه عملگر با دسترسی مستقیم^۱ ذخیره می شوند در حالی که داده های توصیفی معمول در سامانه های استاندارد سمپاد تجاری ذخیره می گردند. نرم افزار GIS در طول عملیات متفاوت پردازش نقشه، پیوند بین فایل های مبتنی بر داده های فضایی و سمپاد را مدیریت می کند. اگرچه در ذخیره داده های فضایی از شیوه های متفاوت استفاده می شود، اما در اصل مکانیسم پیوند و ترکیب آنها با پایگاه داده ها به صورت یکسان عمل می کند. این روند مشتمل بر شناسه های واحدی است که در جدول پایگاه داده های مربوط به ویژگی های توصیفی ذخیره شده و امکان پیوند آنها را به عناصر تشکیل دهنده یک نقشه واحد فراهم می آورد. سامانه مدیریت پایگاه داده های رابطه ای^۲ (سمپاد رابطه ای)، معمول ترین سامانه مدیریت پایگاه داده مورد استفاده در GIS به حساب می آید. در یک مدل رابطه ای، پایگاه داده ها بیانگر مجموعه ای از روابط است و جدولها با استناد به این روابط شکل می گیرند. در ذخیره سازی داده ها از یک ماتریس جدولی استفاده می شود. هر جدول شامل یک فقره از داده ها (یا ستونی از داده ها) است که در حداقل حالت خود سطوح مشابه و همسان با جدول دیگری که دارای داده های اضافی است، دارد. به عبارت دیگر هر جدول شامل داده هایی است که در رابطه با یک عارضه یا شیء خاص مطرح اند و به واسطه ارزش مشترک، در پیوند با جدولهای دیگر قرار می گیرد. به عنوان مثال می توان دو جدول داده های توصیفی را از طریق کدپستی در پیوند با یک جدول مربوط به داده های 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. پرس‌وجوها 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 ملاحظه‌ای اند و دسترسی تسلسلی به کندی صورت می‌پذیرد. علاوه بر این، در مواقعی 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 اسمال‌ورلد^۵ نمونه‌هایی از مدل داده‌های ترکیبی را به نمایش می‌گذارند که سمپاد رابطه‌ای را به کار می‌گیرند.

از شیوه مبتنی بر مدل داده‌های گسترش یافته^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

همان گونه 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 دربارهٔ وجوه 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 عارضهٔ مجزا^۵ و مفهوم فیلد یا حوزه پیوسته^۶. هر عارضه یا شیء دارای محدودهٔ 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 عارضه‌هاست. 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 نظیر 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 کارگیری این گونه اسلوبها و وجوه 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 نظیر 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 مرتب 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 غیر صریح‌اند. این عدم وضوح یا عدم صراحت 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

مجموعه 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 وجوه ابهام آمیز و غیر شفاف 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

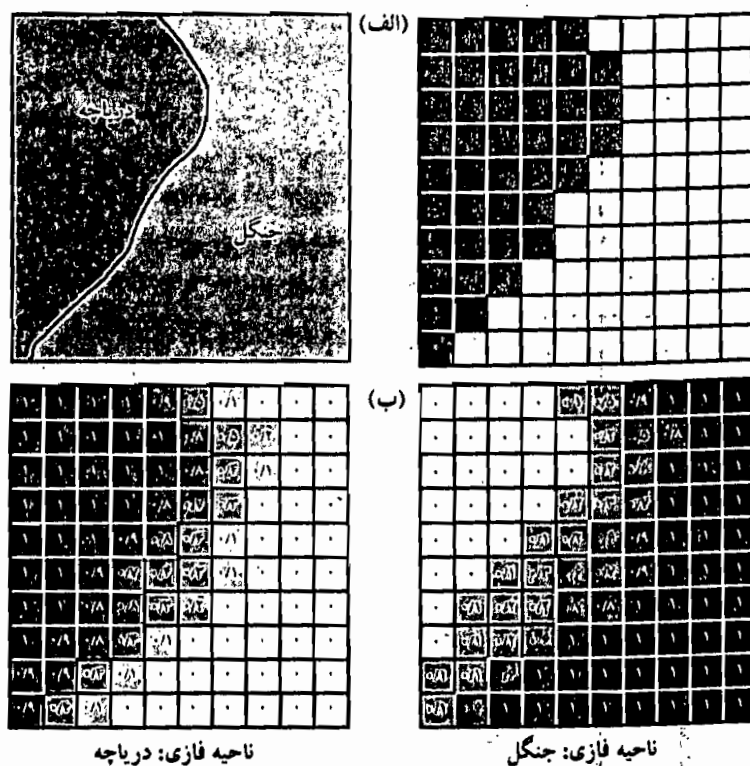
فازی)^۱ تعریف می‌شود که از آن با عنوان عالم مقال^۲ یاد می‌شود (Zadeh, 1965; Klir and Yuan, 1995). در مجموعه‌های فازی به طور ویژه به یک زیرمجموعه A از موضوع بحث X پرداخته می‌شود که در آن درجه عضویت به واسطه تابع عضویت $\mu_A(x)$ بیان می‌گردد. یک مجموعه فازی با یک تابع عضویت مشخص می‌شود؛ در این تابع درجه 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 ۰/۴، ۰/۱ و ۰/۶ 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 ۴-۲، 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 صراحت 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 غیر صریح، 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 غیر صریح 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).



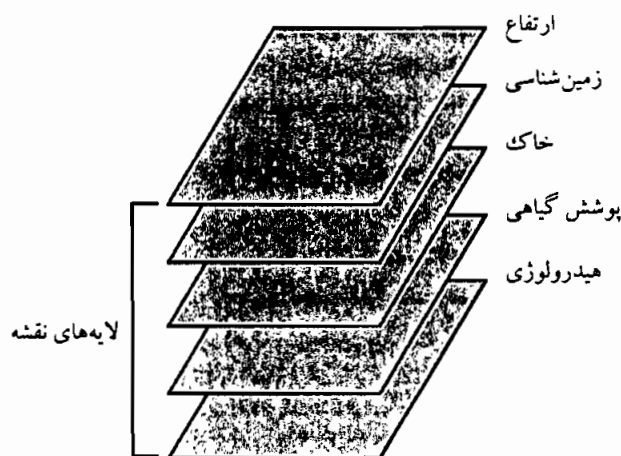
شکل ۲-۴ ناحیه‌های فازی و قطعی یا غیر فازی: (الف) بازنماییهای قطعی، (ب) بازنماییهای فازی

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 داده‌هاست 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 مواقع به آن سطح ژئودزی مورد استفاده در

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

نرم‌افزار 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^۱ 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 متضمن 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 ارتباطند. 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 به‌درستی 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 نرم‌افزاری 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 خود کار^۵ در رابطه با پایگاه داده‌های اولیه حاصل می‌شود. در بسیاری از موارد به کارگیری 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.

رویکرد شیء گرا^۲

رویکرد GIS شیء گرا (عارضه گرا)، 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 شیء گرا، 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 شیء گرا 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 شیء گرا 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 راه‌حلی 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 تنهایی نه شبکه‌ای است و نه برداری، هرچند 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 شباهت نزدیک به نمای خاصی از جهان واقعی نمایش دهد. فناوری شیء‌گرا ارزش قابل توجهی در ایجاد، استخراج و به‌روزرسانی 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

(Hartnall and MacAllister, 1995)، حمل و نقل (Ralston, 1994)، ژئومورفولوژی (Watkins and McKinney, 1995) و مدیریت منابع آب (Raper and Livingstone, 1995) گزارش شده است. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی شیء‌گرای متعددی وجود دارند که از آن جمله می‌توان به Smallworld GIS، (Graphic Data System) GDS، و MapObjects اشاره کرد. به عنوان مثال در MapObjects که توسط ESRI به 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 فوق‌العاده 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 پیشرفته تفکیک کرد. تمایز میان این دو دسته از کارکردها بر مبنای 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 پیشرفته GIS برخوردارند، زیرا در دامنه گسترده‌ای از سامانه‌های مبتنی بر GIS و در رابطه با ساختار متفاوت داده‌ها،

قابل استفاده و دسترسی اند. آنچه در ادامه می آید گزیده‌ای 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 ترانس‌کد^۹ قابلیت انجام بسیاری از (اگر نگوییم همه آنها را) پردازها 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 ۶-۲). 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 در 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 می‌توانند به عنوان مثال در شناخت حجم ترافیک یا میزان وقوع جرم در یک حوزه مورد نظر یا در تعیین بخشهایی از بزرگراه که از یک ناحیه شهری عبور داده می‌شود مورد استفاده قرار گیرند.

| چندضلعی | خط | نقطه/گره | عارضه‌ها |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------|
| نقطه در چندضلعی | نقطه در خط مجاورت/گریز دور | مجاورت/بافر نقطه/گره | نقطه در چندضلعی |
| تقاطع | تقاطع پیوند | خط | خط |
| تقاطع | | چندضلعی | چندضلعی |

شکل ۲-۶ گونه‌هایی از عملیات مبتنی بر GIS مشتمل بر دو لایه برداری ورودی

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 انحنا دار 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 می توان با استفاده از تابع اندازه گیری خطی تعیین کرد. اندازه گیری پهنه ای (سطحی) شامل دو نوع اصلی می شود: مساحت چندضلعی (که در آن گستردگی عارضه اندازه گیری می شود) و محیط چندضلعی^۱ (که در آن فاصله پیرامونی عارضه محاسبه می شود). اندازه گیری یک حوزه سیل خیز نمونه ای از یک اندازه گیری پهنه ای یا سطحی به شمار می رود، در حالی که عملیات مترتب بر فضای پیرامونی^۲ در اندازه گیری طول سامانه های سیل شکن و خاکریز^۳ که سیل را در خود نگه می دارند مفید و سودبخش است. طبقه چهارم از توابع اندازه گیری، اندازه گیری حجمی^۴ است. این عملیات از اندازه گیریهای نقطه ای، خطی یا پهنه ای که می تواند با استفاده از یک فن متقاطع بخشی^۵ یا از طریق همپوشی سطوح چندگانه^۶ به انجام برسد پیچیده تر است.

بسیاری از سامانه های اطلاعات جغرافیایی، قابلیت اندازه گیری فواصل و پهنه های مربوط به جهان واقعی را دارند. این فرایند می تواند با استفاده از موشواره در ترسیم خطوط بین دو نقطه یا ترسیم یک چندضلعی در یک سبک مبتنی بر تقاطع دوسویه^۷ به انجام برسد. در یک سامانه اطلاعات جغرافیایی برداری با رسم یک خط مستقیم بین دو نقطه می توان فاصله را به دست آورد. در این فرایند سامانه طول آن خط را به صورت خودکار محاسبه می کند. در GIS شبکه ای ممکن است به جای فواصل و پهنه های مربوط به جهان واقعی تعداد سلولهای جداکننده دو نقطه یا تعداد سلولهای واقع در یک پهنه محاسبه شود. در اندازه گیریهای مربوط به جهان واقعی، تعدادی از سلولها باید به فاصله یا مساحت تبدیل شوند و در این راستا دقت چنین اندازه گیریهایی به اندازه سلول وابسته است. دقت عملیات اندازه گیری 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 اندازه‌گیریهای شبکه‌ای است. در GIS برداری دقت اندازه‌گیری وابسته به میزان دقتی 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 Berry, 1993 مراجعه شود).

طبقه‌بندی مجدد مبتنی بر صفت^۴ شامل عملیات مقایسه^۵ است. این گونه عملیات در هر صورت روابط مطرح در میان ارزشهای مترتب بر یک عارضه ویژه^۶ و یک ارزش معین یا مشتق^۷ (ارزش آستانه^۸) را تعیین می‌کنند. 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 عارضه‌هایی که متصف به صفتی ویژه‌اند، ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می‌گیرد.
۲. بیشتر از ($>$): که در آن به عارضه‌هایی که ارزش صفت ملازم با آنها بیشتر از ارزشی ویژه است، ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می‌گیرد.
۳. کمتر از ($<$): که در آن به عارضه‌هایی که ارزش صفت ملازم با آنها کمتر از ارزشی ویژه است، ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می‌گیرد.
۴. بزرگ‌تر از یا برابر با (\geq): که در آن به عارضه‌هایی که ارزش صفت ملازم با آنها بیشتر از یا برابر با ارزشی ویژه است، ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می‌گیرد.

۵. کوچک‌تر از یا برابر با (\leq): که در آن به عارضه‌هایی که ارزش صفت ملازم با آنها کوچک‌تر از یا برابر با ارزش خاصی است ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر تعلق می‌گیرد.

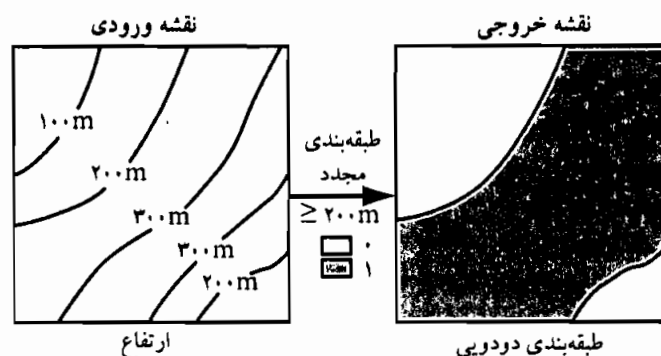
در شکل ۷-۲ عملیات مقایسه‌ای مطرح در طبقه‌بندی مجدد که در ارتباط با «بزرگ‌تر از یا برابر با» مطرح است نشان داده شده است. ورودی، مشتمل بر یک لایه داده است که یک سطح ارتفاعی را به نمایش می‌گذارد. در لایه خروجی، با عملگر مقایسه (طبقه‌بندی مجدد) « $\geq 200m$ » به پهنه‌هایی که در ارتفاع ۲۰۰ متری یا بیشتر از آن از سطح دریا قرار گرفته‌اند، ارزش ۱ و به پهنه‌هایی که در ارتفاع پایین‌تر از ۲۰۰ متر قرار دارند ارزش صفر تعلق می‌گیرد. البته ذکر این نکته حائز اهمیت است که عملیات مقایسه را می‌توان در رابطه با هر دو صفت کمی و کیفی به کار برد.

با ترکیب پنج عملیات مقایسه اصلی، می‌توان طبقه‌بندی مجدد دامنه‌ای^۱ را شکل داد. در این روش می‌توان با تفکیک فاصله‌ای 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 بر خلاف روند مربوط به طبقه‌بندی مبتنی بر صفت^۲، لایه خروجی تابعی از ویژگیهای توپولوژیک لایه ورودی است. تابع می‌تواند متضمن 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 توان‌دار 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 ۸-۲، 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 | 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 ۸-۲ 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 مرتب بر مکان متناظر با آن در لایه‌های ورودی (Hopkins, 1977; Tomlin, 1990; Berry, 1993). اگر داده ورودی در قالب 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 ترکیبهای

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 مجموعه‌ی جدیدی از چندضلعیها 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 پایه‌ی 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 داده‌های 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 (خروجی) متفاوتی تبدیل شوند که همان ناحیه را پوشش داده و به واسطه‌ی فرایندهای کشش (انبساط) یا فشردگی (انقباض) سلولها در سلولهای مربوط به شبکه‌ی خروجی، امکان انطباق آن با سلولهای ورودی فراهم آید. پس سلولهای جدید مشتمل بر ارزشهای داده‌ای تخصیص یافته‌ای اند که به واسطه‌ی 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: Chrisman, 1996 و Eastman, 1993).

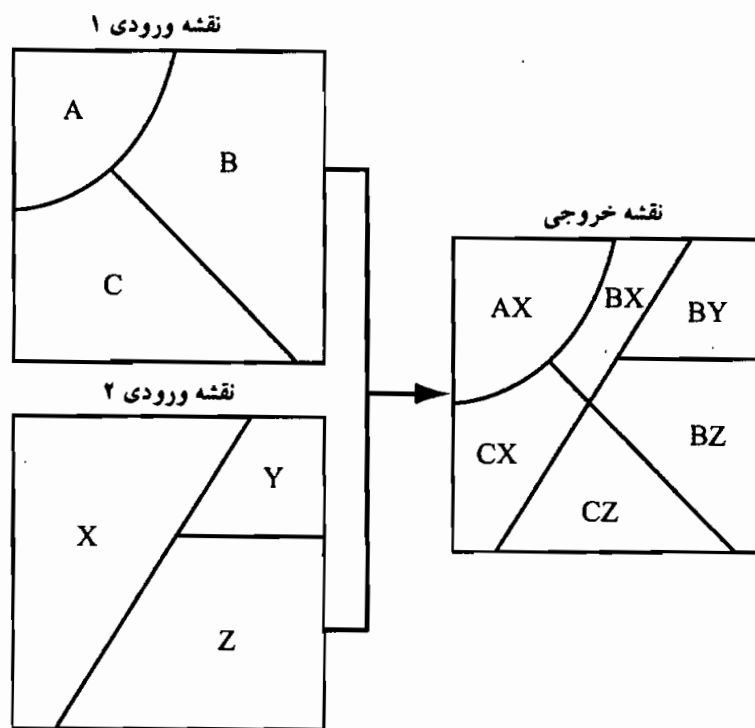
پیش‌پردازش به کار گرفته شده در رابطه با عملیات مبتنی بر همپوشی در محیط داده‌های برداری، نیاز به ساختار توپولوژیک مرکب^۳ دارد (Environmental Systems Research Institute 1995). در شکل ۹-۲ روش به کار گرفته شده در لایه‌های چندضلعی نشان داده شده است. بعد از مشخص شدن تمام تقاطعهای مرتبط با لایه‌های داده‌ای ورودی، چندضلعیهای جدید با شناسه‌های واحدی برچسب زده شده و ارزشهای جدیدی در انطباق 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 مترتب 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

ورودی^۱، تخصیص می‌یابد. 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 همپوشی 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 ۹-۲ روند پیش‌پردازش مترتب بر همپوشی در لایه‌های 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 ۱۰-۲ 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

خروجی از حاصل جمع ارزشهای قید شده در سلولهای متناظر با آن در دو لایه ورودی تشکیل شده است (شکل ۱۰-۲ 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 ۱۰-۲ 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 (متمم)^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 ۱۱-۲، 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)

| | | | | |
|---|---|----|---|---|
| ۴ | ۶ | ۸ | ۴ | ۴ |
| ۵ | ۳ | ۱۰ | ۵ | ۵ |
| ۱ | ۲ | ۹ | ۷ | ۸ |
| ۱ | ۱ | ۴ | ۵ | ۵ |
| ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۵ |

لایه ورودی B

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲ | ۶ | ۵ | ۶ |
| ۸ | ۵ | ۴ | ۳ | ۷ |
| ۲ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ |
| ۲ | ۲ | ۲ | ۴ | ۴ |
| ۶ | ۵ | ۵ | ۳ | ۴ |

(+)

لایه خروجی

| | | | | |
|----|---|----|----|----|
| ۵ | ۸ | ۱۴ | ۹ | ۱۰ |
| ۱۳ | ۸ | ۱۴ | ۸ | ۱۲ |
| ۳ | ۳ | ۱۱ | ۱۰ | ۱۲ |
| ۳ | ۳ | ۶ | ۹ | ۹ |
| ۷ | ۷ | ۸ | ۶ | ۹ |

لایه ورودی A

(ب)

| | | | | |
|---|---|----|---|---|
| ۴ | ۶ | ۸ | ۴ | ۴ |
| ۵ | ۳ | ۱۰ | ۵ | ۵ |
| ۱ | ۲ | ۹ | ۷ | ۸ |
| ۱ | ۱ | ۴ | ۵ | ۵ |
| ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۵ |

لایه ورودی B

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲ | ۶ | ۵ | ۶ |
| ۸ | ۵ | ۴ | ۳ | ۷ |
| ۲ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ |
| ۲ | ۲ | ۲ | ۴ | ۴ |
| ۶ | ۵ | ۵ | ۳ | ۴ |

(min)

لایه خروجی

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲ | ۶ | ۴ | ۴ |
| ۵ | ۳ | ۴ | ۳ | ۵ |
| ۱ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ |
| ۱ | ۱ | ۲ | ۴ | ۴ |
| ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۴ |

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

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

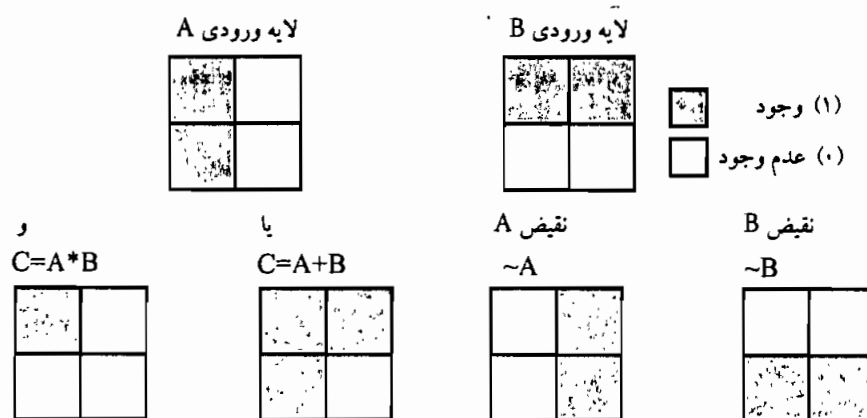
| «و» ($C=A \times B$) | | | «یا» ($C=A+B$) | | | «نقض» | |
|------------------------|---|---|------------------|---|---|-------|---|
| A | B | C | A | B | C | A | B |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ |
| ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ |
| ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | | |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | | |

شکل ۱۱-۲ عملیات پایه در جبر بولی

در تبیین روندهای مبتنی بر همپوشی بولی، می توان ترکیبی از دو لایه ورودی را در نظر گرفت که نشانگر داده اسمی^۲ هستند (شکل ۱۲-۲). فرض می شود که در لایه A، سطوح دارای شیب تند با شماره یک و سطوحی که شیب تند ندارند، با شماره صفر نشان داده شده اند. داده های مربوط به پوشش گیاهی در لایه B قرار می گیرد که در آن سطوحی که پوشش گیاهی دارند با ارزش یک و سطوحی که پوشش گیاهی ندارند با ارزش صفر مشخص می شوند 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 ۱۲-۲ 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، 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

رویدادهای شکل گرفته بر تعداد کل رویدادهای ممکن تعیین می شود. با توجه به آنکه به حساب آوردن احتمالات در هنگام مدل سازی 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 می کند، در کانون نظریه احتمالات^۲ قرار داشته و عبارت اند از:

۱. احتمال مبتنی بر ترکیب عطفی^۳: $p_{A \cap B}(x) = p_A(x)p_B(x)$

۲. احتمال مبتنی بر ترکیب فصلی^۴: $p_{A \cup B}(x) = [p_A(x) + p_B(x)] - [p_A(x)p_B(x)]$

۳. احتمال مبتنی بر نقیض تام: $p_{-A}(x) = 1 - p_A(x)$

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. لایه های ورودی مشتمل بر احتمالاتی از رویدادهای مستقل^۵ اند (مثلاً میزان احتمال $p_A(x)$ در رابطه با سلولی مطرح می شود که مشتمل بر شیب بیشتر از ۱۰٪ است و میزان احتمال $p_B(x)$ نیز در رابطه با سلولی قرار دارد که حاوی طبقه مورد نظر از خاک می باشد). در لایه خروجی، دو نقشه احتمال با استفاده از عملیات ترکیب عطفی، با هم ترکیب می شوند.

طبقه دیگر عملیات مبتنی بر همپوشی بر مبنای منطق فازی^۶ شکل می گیرد. همان گونه که در قسمت ۲-۲-۲ دیدیم منطق فازی یکی از کاراترین و بهترین وجوه ارتقایافته منطق متعارف (بولی) است که در راستای به کارگیری مفهوم حقیقت نسبی^۷ (که در آن ارزشهای مربوط به حقیقت، بین واقعیت کامل^۸ و کذب کامل^۹ 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

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|--------------|------|-----|------|------|
| $p_A(x)$ | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | |
| $p_B(x)$ | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | |
| | | | | | $p_{A,B}(x)$ | | | | |
| | | | | | ۰/۱۵ | ۰/۴۵ | ۰/۱ | ۰/۵ | ۰/۴ |
| | | | | | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۹ | ۰/۲۵ | ۰/۵۶ |
| | | | | | ۰/۰۴ | ۰/۰۲ | ۰ | ۰/۳ | ۰/۸ |
| | | | | | ۰ | ۰ | ۰/۸ | ۰/۱۸ | ۰/۴ |
| | | | | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۹ |

شکل ۱۳-۲ عملیات مبتنی بر «و»

مطرح 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 $[0, 1]$ نمایش داده می‌شوند. عملیات منطقی صورت گرفته بر روی مجموعه‌های فازی شامل بسط جبر متعارف بولی^۲ هستند. منطق فازی، همانند منطق بولی، سه عملیات اصلی دارد که عبارت‌اند از:

۱. ترکیب عطفی $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$ که طی آن در عملیات MIN فازی^۳، درجه‌ای که بر اساس آن x به هر دو لایه A و B تعلق داشته و همپایه با درجه کوچک‌تر از درجات منفرد عضویت^۴ است، تعیین می‌شود (برای تعاریف مربوط به علائم به مبحث مربوط به مجموعه‌های فازی و عارضه‌های فازی در قسمت ۲-۲-۲ 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 تام $\mu_{-A}(x) = 1 - \mu_A(x)$ 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 نقشه فازی A و B، به ترتیب با استفاده از عملیات همپوشی مبتنی بر حداقل و حداکثر^۵ ایجاد می‌گردد. به همین ترتیب عملیات مبتنی بر نقیض تام (متمم)^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 ۱-B)، صورت عملیاتی به خود می‌گیرد. در شکل ۱۴-۲، 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 دسترس‌اند) 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 شیبه‌های 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 $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \mu_B(x) = 0/81$ خواهد بود ولی نتیجه فازی در این رابطه برابر با $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] = 0/90$ 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 پی می‌بریم 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 منطقی‌تر ۰/۹ را به دست می‌دهد. به طور مشابه، هرگاه 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 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 چندضلعیها به همدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد و مبین روابط توپولوژیک است. در داده‌های شبکه‌ای نیز واژه اتصال مبین پیوند میان دو پیکسل است و نشان می‌دهد که آیا 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 حایل یا مسیر پیمایش^۳ را در خود جای می‌دهند (Aronoff, 1989). توابع مبتنی بر اتصال، مشتمل بر عملیاتی نظیر 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 هم‌مرکز^۷، پیرامون مکان یا مجموعه‌ای از مکانهای معین ایجاد می‌شود (Berry, 1993). در این روش، به جای آنکه فاصله (یا سنج‌های 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 مستقیم‌الخط، زمان مسافت، هزینه‌ها، میزان شلوغی و غیره اندازه‌گیری کرد)، و سطوح مورد تحلیل (مثلاً کل سطح تحت پوشش یک لایه داده، منطقه یا ناحیه). در شکل ۱۵-۲ الف مثالی از عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی آورده شده است. در این شکل، پیوستگی مجاورتی از ۵ نقطه (که مثلاً معرف سکونتگاهها می‌باشند)، بر

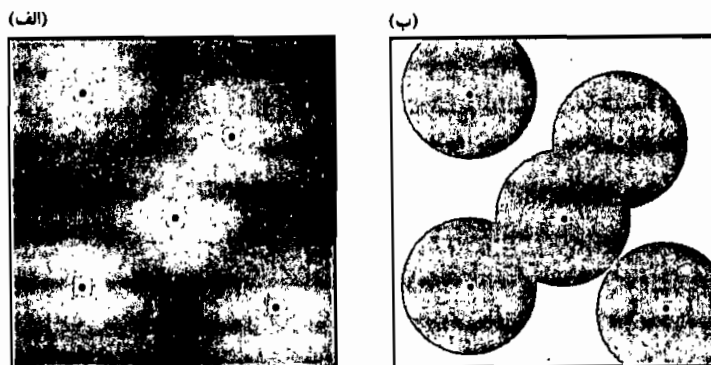
1. distinguishing feature
2. connectivity functions
3. values over the area being traversed
4. proximity
5. buffering
6. spread
7. concentric equidistant zones
8. proximity zones
9. target objects

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

سطح پیوست به عنوان پایه‌ای در تعیین کمرند بافری (حاشیه‌ای)^۱ مورد استفاده قرار می گیرد. بافر (حاشیه یا سپر) به کمرند یا منطقه‌ای اطلاق می شود که با عرض معین در پیرامون یک نقطه، خط یا چندضلعی قرار دارد. عرض بافر می تواند توسط کاربر تعیین شده یا بر اساس صفات توصیفی مجموعه‌ای از پدیده‌ها تعریف گردد. لایه خروجی شامل عارضه‌هایی به شکل دایره، کریدور و چندضلعی است که به ترتیب پیرامون نقاط، خطوط یا چندضلعیها شکل می گیرند. به عبارت دیگر در عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی، حریمهای مترتب بر پیرامون عارضه‌ها در قالب پیوست مجاورتی مساوی و در تمامی جهات تعیین می شوند. در نتیجه این فرایند، سطوح بافری دودویی^۲ ایجاد می گردد که در آن به کمرند زیر پوشش بافر ارزش یک و به مابقی بخشهای خارج از پوشش بافر در ناحیه مورد مطالعه، ارزش صفر تعلق می گیرد. بنابراین لایه خروجی می تواند در بازیابی، تلخیص و تحلیل دامنه‌های مختلفی از داده‌های واقع در کمرند بافردار، مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال با ترکیب لایه‌های بافری با لایه‌های دیگر می توان تحلیل نقطه در چندضلعی یا خط در چندضلعی را انجام داد. در شکل ۱۵-۲ ب، سامانه‌ای از سطوح بافردار در پیرامون پنج نقطه‌ای که در شکل ۱۵-۲ الف، سطح مبتنی بر پیوست مجاورتی آنها ایجاد شده بود، نشان داده می شود. به روش مشابهی عملیات مبتنی بر پیوست مجاورتی/بافری را نیز می توان در GIS برداری انجام داد (شکل ۱۶-۲).

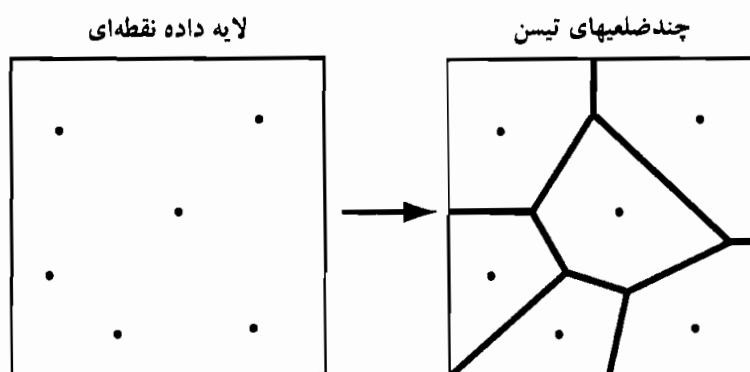
1. buffer zone

2. binary buffered areas



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

یکی از کاربردهای ویژه عملیات مبتنی بر پیوست 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 اتصال یا پیوندی به حساب می‌آید. به عنوان مثال در مبحث مربوط به برنامه‌ریزی مراکز مراقبت‌های 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 (و از 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 جابه‌جایی 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 ۱۷-۲ 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 جابه‌جایی از آن سلول به نزدیک‌ترین هدف یا مقصد، باید پیموده شوند، اندازه‌گیری می‌شود. جابه‌جاییها در هشت جهت از هر سلول صورت می‌گیرد. به تمام سلولهای مجاور و هم‌راستا با هدف، ارزش ۱ تعلق می‌گیرد (یعنی فاصله یک واحدی)، جابه‌جاییهای مورب، ارزش ۱/۴۱ را ایجاد می‌کند و با حرکت مورب و قطری از میان یک سلول و پشت سر گذاشتن یک سلول، ارزشی معادل با ۲/۴، 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 جابه‌جایی 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 جابه‌جایی 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 می‌تواند با سطح اصطکاک ادغام شود. این محدودیتها می‌توانند در جابه‌جایی 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 اصطکاک نشان داد که در آن مقادیر متفاوت GCE، با توجه به عوارض زمینی^۵، تعیین می‌شود.

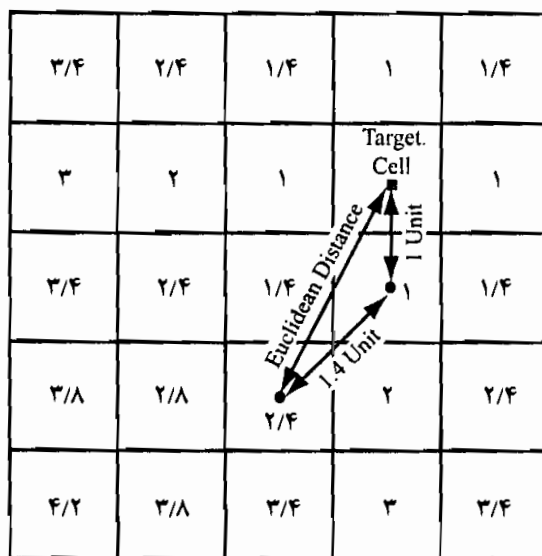
1. grid cell equivalent

2. limitations

3. absolute barriers

4. terrain trafficability

5. terrain features



شکل ۱۷-۲ 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 مسافرت 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 دارد. 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^۴، دنبال شده و سپس داده‌های توصیفی مرتب بر بخشهای تشکیل دهنده خطوط، مورد پردازش قرار می‌گیرند. تعدادی از عملیات مبتنی بر شبکه در سامانه‌های مبتنی بر GIS برداری نظیر TransCAD (Caliper Corporation, 1996) و ArcView/Network Analyst (Environmental Systems Research Institute, 1996) قابل دسترسی‌اند. عملیات شبکه‌ای اغلب همراه با مدل‌های شبکه‌ای مبتنی بر برنامه‌سازی ریاضی^۵ استفاده می‌شوند (به بخش مربوط به کارکردها 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 سریع ترین یا کوتاه ترین مسیر در بین دو نقطه واقع در شبکه (مانند محاسبه مسیرهای بهینه برای وسایل نقلیه اورژانسی)، ارزیابی آثار گزینه های 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 می آورند. به عنوان مثال در یک سیستم GIS، ممکن است در تعیین سریع مسیرهای انتخابی برای وسایل نقلیه اورژانسی جهت روانه ساختن خدمات اورژانسی، از مدل های توپولوژیک استفاده شود (Lepofsky et al., 1995). به طور مشابهی برنامه ریزان می توانند برای حوزه بندی مجدد سامانه های مراقبت بهداشتی یا آموزشی از الگوریتم های ویژه ای در تعیین روابط منطقی بین گروه های جمعیتی و پهنه های مربوط به محدوده های حوزه های 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 مبنای ویژگی های مترتب بر سطوح مجاور صورت می گیرد. 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 مجموعه ای از مکانها که در فاصله و جهت مشخصی از محدوده پیرامونی مکان هدف واقع شده اند) و تابعی که قرار است بر روی مکانهای واقع در عرصه همسایگی اعمال گردد، می شود (Aronoff, 1989). از عضویت در عرصه همسایگی با عنوان پنجره^۴، نیز یاد می شود. اغلب از یک پنجره ۳×۳ یا ۵×۵ سلولی استفاده می شود (Berry, 1993). در این راستا عملیات مبتنی بر

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 جابه‌جا 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 ۱۸-۲ 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

می‌شوند. به عنوان مثال از این نوع عملیات در تعیین آماری که توصیف‌کننده 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 مرتب بر شماره طبقه، سلولهای متفاوت و چندپارگی، تنها در رابطه با داده‌های کیفی (مانند رده‌های پوشش زمین^۲) قابل‌اجرايند. 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).

لایه ورودی

| | | | | |
|---|---|----|---|---|
| ۴ | ۶ | ۸ | ۴ | ۴ |
| ۵ | ۳ | ۱۰ | ۵ | ۵ |
| ۱ | ۲ | ۹ | ۷ | ۸ |
| ۱ | ۱ | ۴ | ۵ | ۵ |
| ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۵ |

| | | | | |
|---|---|----------|---|---|
| ۴ | ۶ | ۸ | ۴ | ۴ |
| ۵ | ۳ | پنجره | | |
| ۱ | ۲ | | | |
| ۱ | ۱ | سلول هدف | | |
| ۱ | ۲ | | | |
| ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۵ |

لایه خروجی

| | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|
| ۴ | ۶ | ۸ | ۴ | ۴ |
| ۵ | ۳ | ۶/۴ | ۶/۴ | ۶/۴ |
| ۱ | ۲ | ۶/۴ | ۶/۴ | ۶/۴ |
| ۱ | ۱ | ۶/۴ | ۶/۴ | ۶/۴ |
| ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۵ |

شکل ۱۸-۲ 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 ۲ نمونه‌هایی از این عملیات آورده شده است.

عملیات مبتنی بر سطح، در محاسبه ویژگیهای توپولوژیک نظیر شیب و منظر حاصل از مدل ارتفاعی رقومی^۲ به کار گرفته می‌شوند (DeMers, 1997). شیب، معرف میزان تغییر ارتفاع است که معمولاً به صورت درجه یا درصد، اندازه‌گیری می‌شود. یک منظر شامل جهتی است که رخساره شیب 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 برآزش ارزشهای ارتفاع سلولهای واقع در عرصه همسایگی نسبت به یک سطح افق^۳، صورت پذیرد (Aronoff, 1989). مشخصه‌های مذکور (شیب و منظر) با استفاده از یک همسایگی 3×3 که سلول مورد نظر مرکز آن است، محاسبه می‌شود. شیب مورد نظر نسبت به سطح افق، شامل ارزشی است که به سلول اختصاص داده شده است، درحالی 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, 1996 و Petrie and Kennie, 1990). بسیاری از سامانه های مبتنی بر GIS، شامل توابع و پردازش هایی اند که قادرند به صورت خودکار، شیب و منظر را از روی مدل ارتفاعی رقومی به دست آورند (به عنوان نمونه می توان به نرم افزار ادریسی اشاره کرد). علاوه بر این، تصاویر برجسته نمای سایه دار^۱ را می توان از روی لایه های مربوط به داده های شیب 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 روش های مبتنی بر درون یابی^۳، ارزش های توصیفی مکان هایی که دارای ارزش های نمونه برداری نشده (ناشناخته) هستند، با استفاده از داده های شناخته شده مکان های مجاور، برآورد می شوند. ممکن است این داده های شناخته شده مربوط به نقاط، خطوط یا سطوح باشند. روش های مبتنی بر نقطه، از جمله فنونی است که اغلب بیش از بقیه، مورد استفاده قرار می گیرد. در درون یابی می توان از روی نوک های اطلاعاتی^۴، مشخصات دوبعدی و سه بعدی سطح زمین، زیر زمین و اتمسفر را به نمایش درآورد.

روش های 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 دهی فاصله ای معکوس یکی از معمول ترین و ساده ترین روش های درون یابی به حساب می آید. در این روش، برآورد ارزش های مربوط به نقاط نمونه برداری نشده^۵، به واسطه ترکیب خطی ارزش های مترتب بر مکان های

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 ارزشهایی اند 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 ($1/d^n$) از هر نقطه نسبت به مرکز سلول (نقطه) هدف درونیابی شده، وجود دارد. در این رابطه استفاده از تابع معکوس مربعی که در آن n برابر با ۲ 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 n ، 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 n 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 همراه اند 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 عمدتاً باید در رابطه با حوزه‌های آبریز^۱ و یا طبقه‌بندیهای مربوط به پوشش زمین صورت پذیرد. بر همین اساس دامنه گسترده‌ای 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 (۱۹۹۱)، برای درون‌یابی داده‌های مترتب 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 مترتب بر هر نقطه داده^۵ (نظیر جمعیت، درآمد خانوار، بی‌کاری و غیره) وارد شده و در سلولهایی از یک شبکه منظم، بازتوزیع 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 مترتب 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، بازتوزیع 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 تر به 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

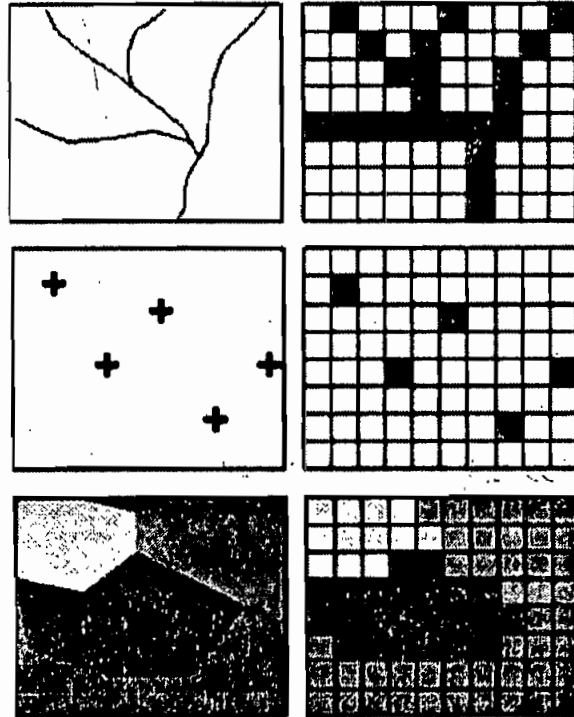
توابع پایه‌ای مورد بحث در قسمتهای قبلی را می‌توان به عنوان عملیات تحلیلی مقدماتی، اصول اولیه داده‌پردازی فضایی (Berry, 1986) یا ابزار GIS (Dangermond, 1986) در نظر گرفت. اغلب بسته‌های نرم‌افزاری GIS به همه یا بسیاری از این عملیات تحلیل فضایی مجهزند. با وجود این، عملیات مذکور ماهیتاً عملیات هندسی سطح پایینی^۴ به حساب آمده و به سادگی می‌توان آنها را تمهیداتی در نظر گرفت که بیانگر روابط مطرح در داخل یا میان عارضه‌های فضایی اند. 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 Goodchild, 1989). از این قابلیت‌ها تحت عنوان توابع پیشرفته GIS یاد می‌شود. توابع پیشرفته GIS را می‌توان از منظر تحلیل تصمیم‌چندمعیاری 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 می‌شویم (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 علی اکبر رسولی
- دانشجو تبریز

فصل چهارم

ساختار مدل‌های مکانی در محیط GIS



کلیات:

در محیط GIS برای نمایش انواع مدل‌های مکانی نقطه ای، خطی و سطحی باید از یکی از ساختارهای برداری، رستری و شبکه مثلث‌های نامنظم^۱ بهره برد تا عوارض مربوط به دنیای واقعی را نمایش داد. هر کدام از این مدل‌ها دارای مزایا و معایبی هستند که در ارتباط با ماهیت عوارض مکانی، هدف نهایی محقق و امکانات نرم افزاری گزینش می‌شوند. در مدل برداری فضای دو بُعدی به صورت ناپیوسته تلقی می‌شود؛ از این رو این نوع ساختار به طور ظاهری مشابه با مدل‌های کارتوگرافیکی سنتی به نظر می‌رسد. در روش دوم، ماهیت داده‌ها به صورت رستری بوده و دنیای 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.

۱. TIN Triangulated Irregular Network به اختصار

در این فصل، ضمن بررسی ویژگی‌های هر کدام از این مدل‌ها، قابلیت‌های مربوط با همدیگر مورد مقایسه قرار گرفته است. به علاوه، انواع روابط توپولوژیک موجود بین عوارض جغرافیایی تشریح 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 توپولوژیک 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 سنتی 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 سوم به نام روش مثلث‌های نامنظم نیز ابداع گردیده است (Pauquet) 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.

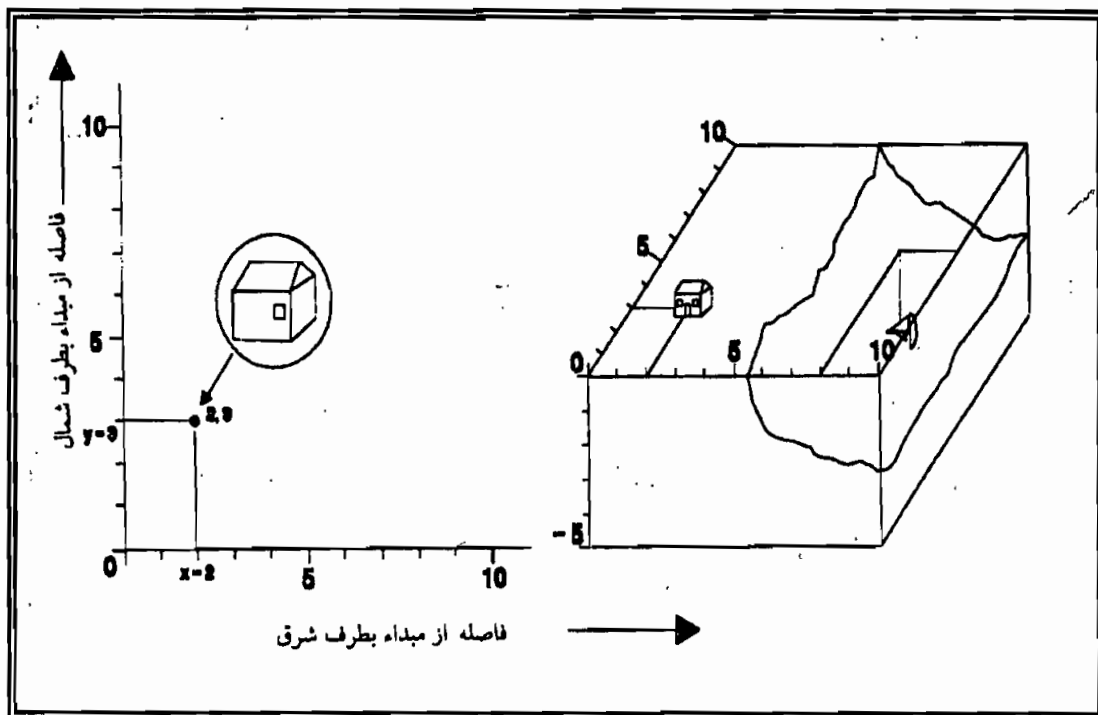
۲- انواع مدل‌های مکانی

۱-۲ 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

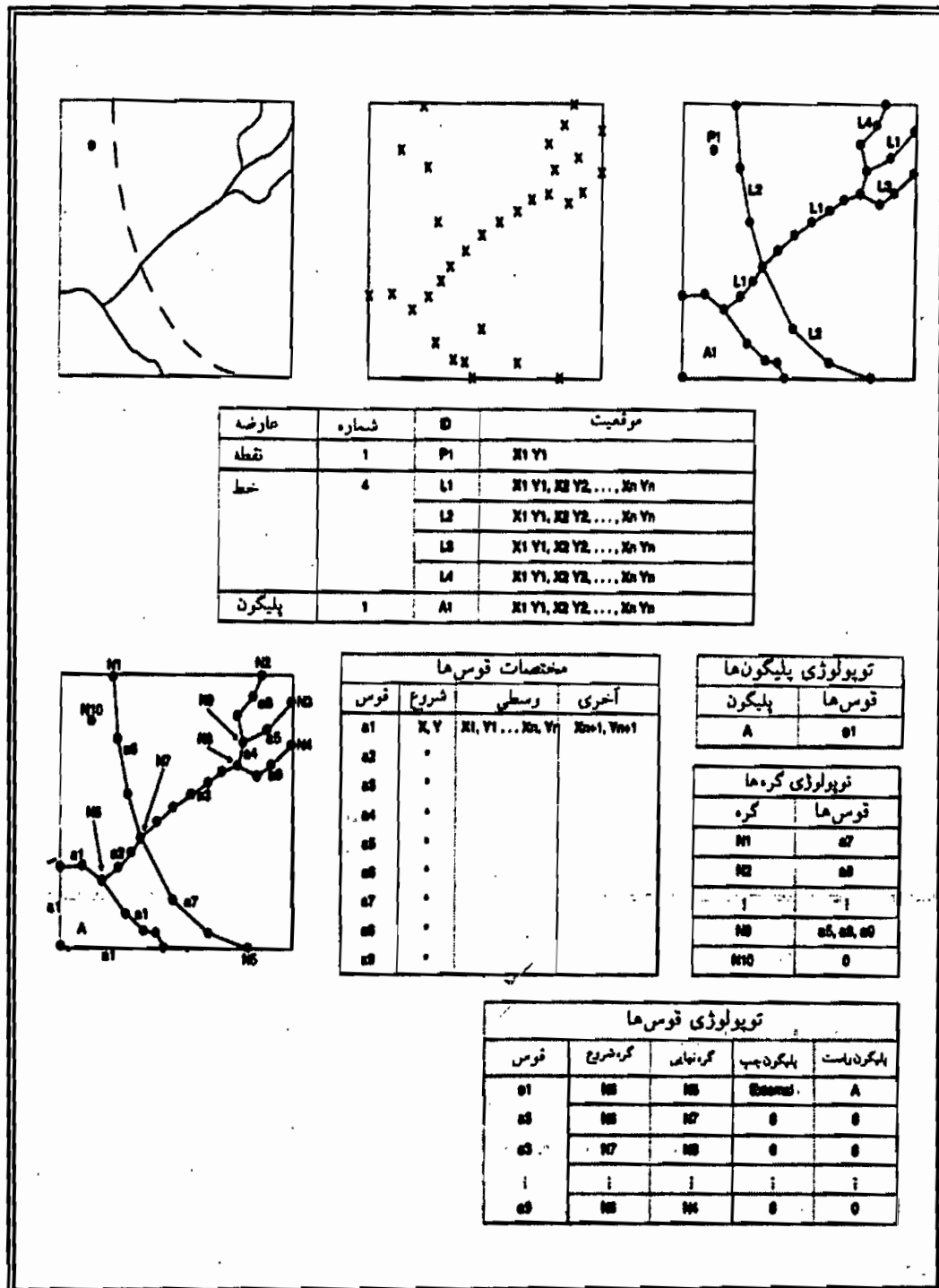
ساختار مدل‌های مکانی در محیط GIS

مثلاثی بنا شده‌اند، با به کارگرفتن ساختار برداری، مدل‌های خود را ایجاد می‌کنند. در سیستم‌برداری، عرض خطوط در نظر گرفته نمی‌شود و با افزایش محدوده‌ها از طریق محاسبات کامپیوتری آنها بلا تغییر 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 مبدا خاص جغرافیایی

بنابراین، ساختار برداری امکان نمایش دقیق موقعیت‌ها، طول‌ها، فواصل و محدوده‌ها را میسر می‌سازد. موقعیت‌ها با مختصات x و y 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 مبدا مختصات اصلی نشان داده شده است. موقعیت‌ها را می‌توان در واحد درجه (عرض و طول جغرافیایی) و یا فاصله از مبدا خاص در واحد متریک نمایش داد.



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 X و Y 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 نظیر 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 داده‌ای برداری، به سادگی می‌توان هر موقعیت خاص را به صورت یک جفت مختصات $X_i Y_i$ 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 می‌رسند. اصطلاح پلیگون به مفهوم "یک شکل چند ضلعی" تعبیر می‌گردد. در شکل شماره ۲-۴، به عنوان مثال، جفت مختصات $X_1 Y_1$ (با کد P۱) می‌تواند نمایش دهنده یک عارضه نقطه‌ای (ساختمان) باشد. جفت مختصات: $X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_n Y_n$ (با کد L۱) نیز نمایش دهنده یک عارضه خطی (جاده) است. و جفت مختصات:

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.

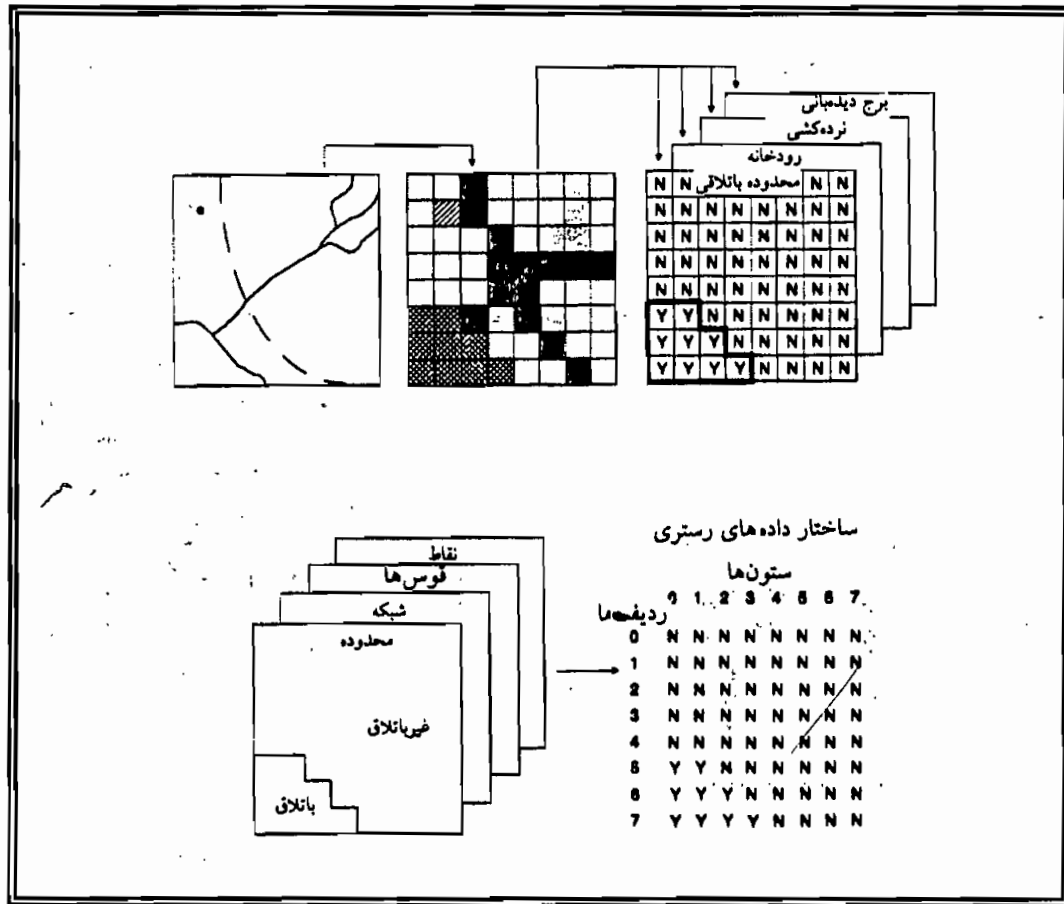
در مدل برداری، ساختار داده های قوس - گره، روش کارآمدی برای ذخیره سازی داده های مکانی محسوب می‌گردد؛ چرا که در این نوع مدل‌ها، داده ها به گونه ای ذخیره سازی می‌شوند که گره‌ها باعث ارتباط خطوط شده، خطوط نیز چند ضلعی ها را تشکیل می‌دهند. گره‌ها تعیین کننده نقاط انتهایی یک قوس بوده، ممکن است دو یا چندین قوس را به همدیگر مرتبط سازند. بنابراین، یک قوس تک خط مابین دو گره محسوب می‌گردد که با یک رشته از نقاط واسطه، شکل می‌گیرد. این نقاط "ورتنکس"^۲ خوانده می‌شوند. گره‌ها و ورتنکس‌ها با مختصات مربوطه نمایش داده می‌شوند. برای درک مطلب به جزئیات ارائه شده در شکل شماره ۲-۴ توجه کنید.

۲-۲ مدل داده های شبکه ای

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 توصیفی 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



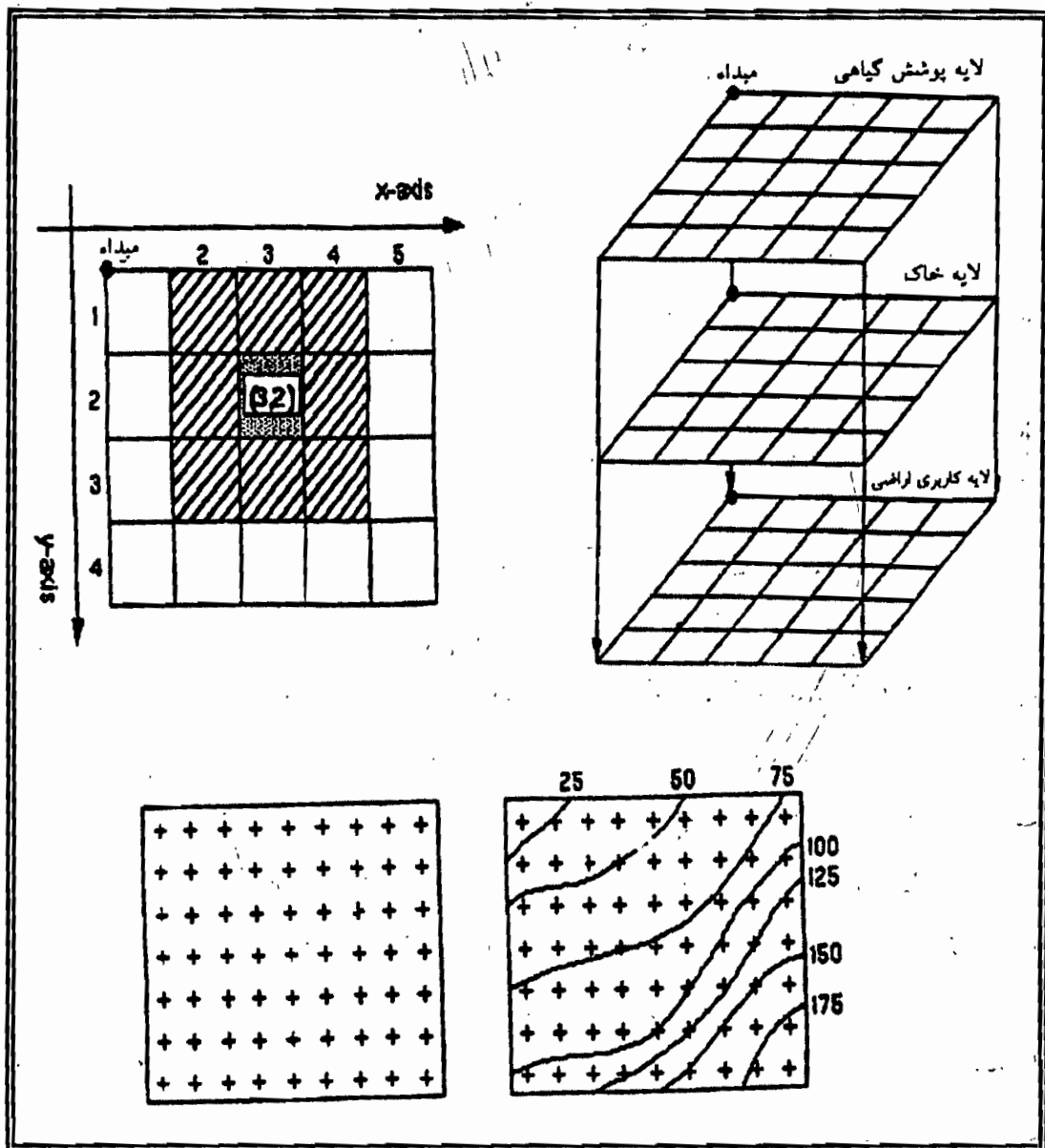
شکل شماره ۳-۴ ساختار مدل رستری

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 نرده کشی) با چند سلول مشابه و در نهایت یک محدوده (معرف محدوده باتلاقی) با دسته ای از سلول‌ها معرفی شده اند. این ساختار متناسب با عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره ای در فرمت رقومی است و دارای مزایایی از قبیل: سادگی، سهولت نمایش و قابلیت پردازش و مناسب برای تحلیل‌های فضایی چند بُعدی است. از این رو، تصویری که در کامپیوتر در فرمت رستری ذخیره سازی می گردد، متشکل از شبکه منظمی از نقاط (به نام سلول یا پیکسل) خواهد بود که دارای ارزش‌های عددی می باشد. با استفاده از این مدل، زمین به صورت یک سطح پیوسته نمایش داده می شود. بنابراین برای توصیف هر نقطه بر روی مدل رستری می توان به سه روش زیر استناد نمود:

● اندازه‌گیری شدت بازتابش یک پدیده زمینی، مثلاً 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

ساختار مدل‌های مکانی در محیط GIS

در محیط GIS با توجه به ساختار مدل داده‌های رستری می‌توان روابط مکانی را نمایش داد و ارزش‌های سطوح را مشخص نمود. از آنجایی که مدل رستری، دارای یک شبکه منظم می‌باشد، در این مدل، به ذخیره سازی روابط مکانی بسیار پیچیده‌ای مانند مدل داده‌ای برداری نیاز نیست؛ چرا که در یک گرید، هر سلولی می‌تواند دارای ۸ همسایه باشد. ۴ تا از این سلول‌ها در گوشه‌های سلول مورد نظر قرار می‌گیرند و ۴ سلول دیگر در طرفین و بالادست و پایین دست مستقر می‌شوند. از این رو، هر سلولی با توجه به موقعیتی که در گرید دارد، شناخته می‌شود. در شکل شماره ۴-۴ چنین روابطی نشان داده شده است. با تخصیص یک سیستم مختصات معین به یک گرید، داده‌های رستری نیز "زمین-مرجع" می‌شوند. با این فرایند، موقعیت جغرافیایی هر سلول در مجموعه‌ای از داده‌های رستری تعیین می‌گردد. با استفاده از سیستم مختصات، مجموعه داده‌های رستری از نظر منطقی به صورت موضوعاتی در تجزیه و تحلیل‌های جغرافیایی قابل سازماندهی می‌باشند.

در جهت نمایش سطوح، ارزش عددی هر سطحی (به عنوان مثال، میزان ارتفاع یک نقطه) برای هر سلول معینی ثبت می‌شود. این ارزش عددی در مدل رستری، ارزش کل سلول را نمایش می‌دهد که در حالت کلی معرف نقطه مرکزی هر سلول خواهد بود. این نقاط مرکزی مربوط به هر سلول در ساختار شبکه‌ای بنام "لاتیس"^۱ معروف هستند. با استفاده از مقادیر لاتیس‌ها می‌توان محاسبات دقیق مربوط به ارزش‌های سطحی را انجام داد. به عنوان مثال، به منظور تحلیل‌هایی از قبیل محاسبه مقادیر شیب، تعیین جهت شیب و واسطه‌یابی خطوط منحنی میزان می‌توان از ارزش‌های لحاظ شده در لاتیس‌ها بهره برد.

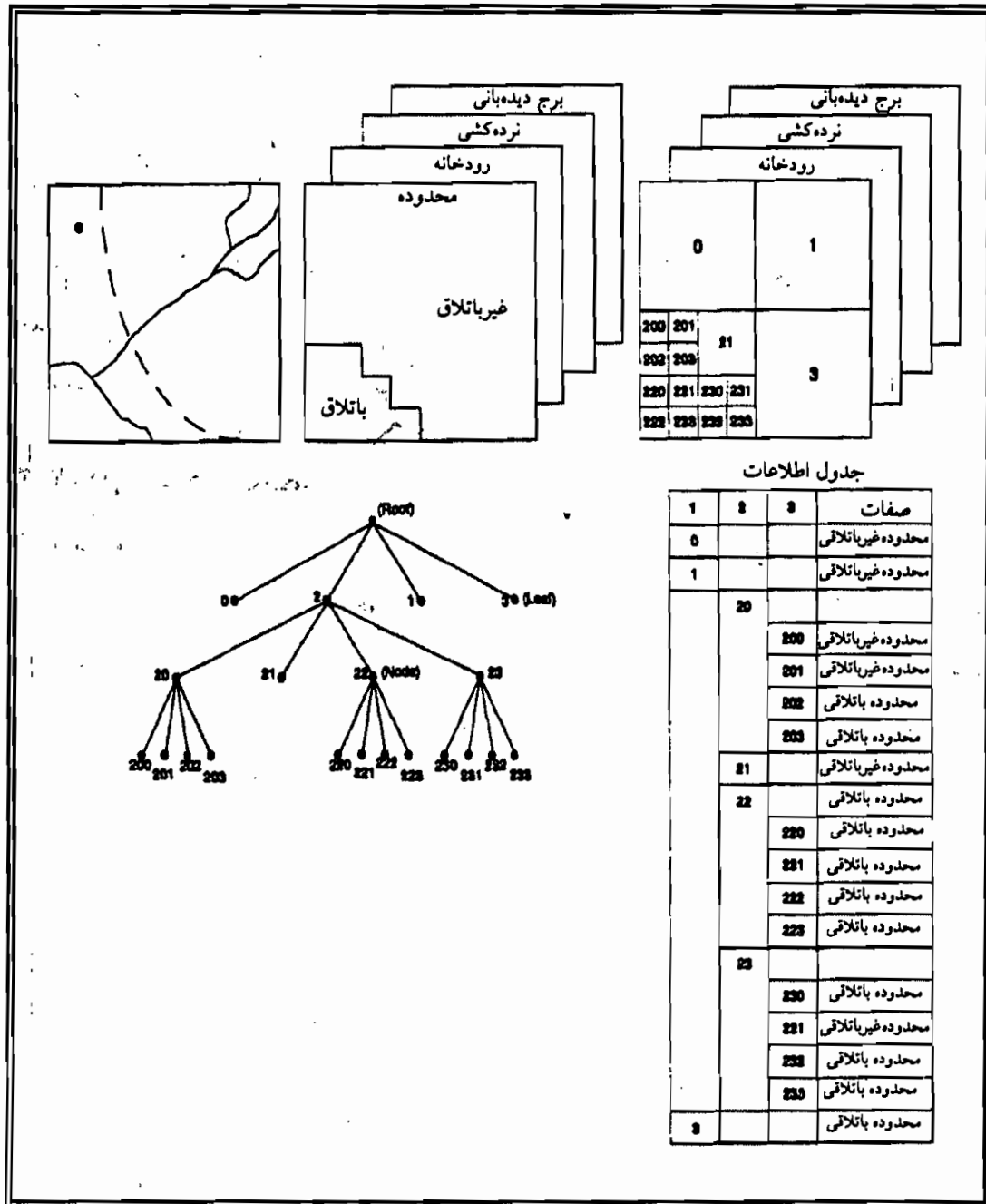
۲-۲-۲ ساختار درختی چهارگانه

این ساختار نوعی مدل شبکه‌ای شاخه درختی است که به منظور افزایش ظرفیت ذخیره‌ای در مدل رستری ایجاد می‌گردد. در واقع در این مدل با تقسیمات مکرر و منظم فضا به واحدهای کوچک‌تر، عوارض جغرافیایی با تفکیک بالاتری نمایش داده می‌شوند. تعداد دفعات تقسیم، بستگی به میزان پیچیدگی پدیده تحت مطالعه دارد. (Ibbs and Stevens, ۱۹۸۹) با استفاده از تقسیم شبکه سلولی به اندازه‌هایی با ابعاد مساوی، مدل درخت چهارگانه‌ای

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 همدیگر 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 "سامت" در تنوع بخشیدن به ساختارهای شاخه درختی تلاش بسیاری مبذول داشته اند. (Samet, ۱۹۸۴ and ۱۹۸۸) 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 متعددی را ایجاد و انواع طرح های طبقه بندی^۱ را تولید نمود.



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

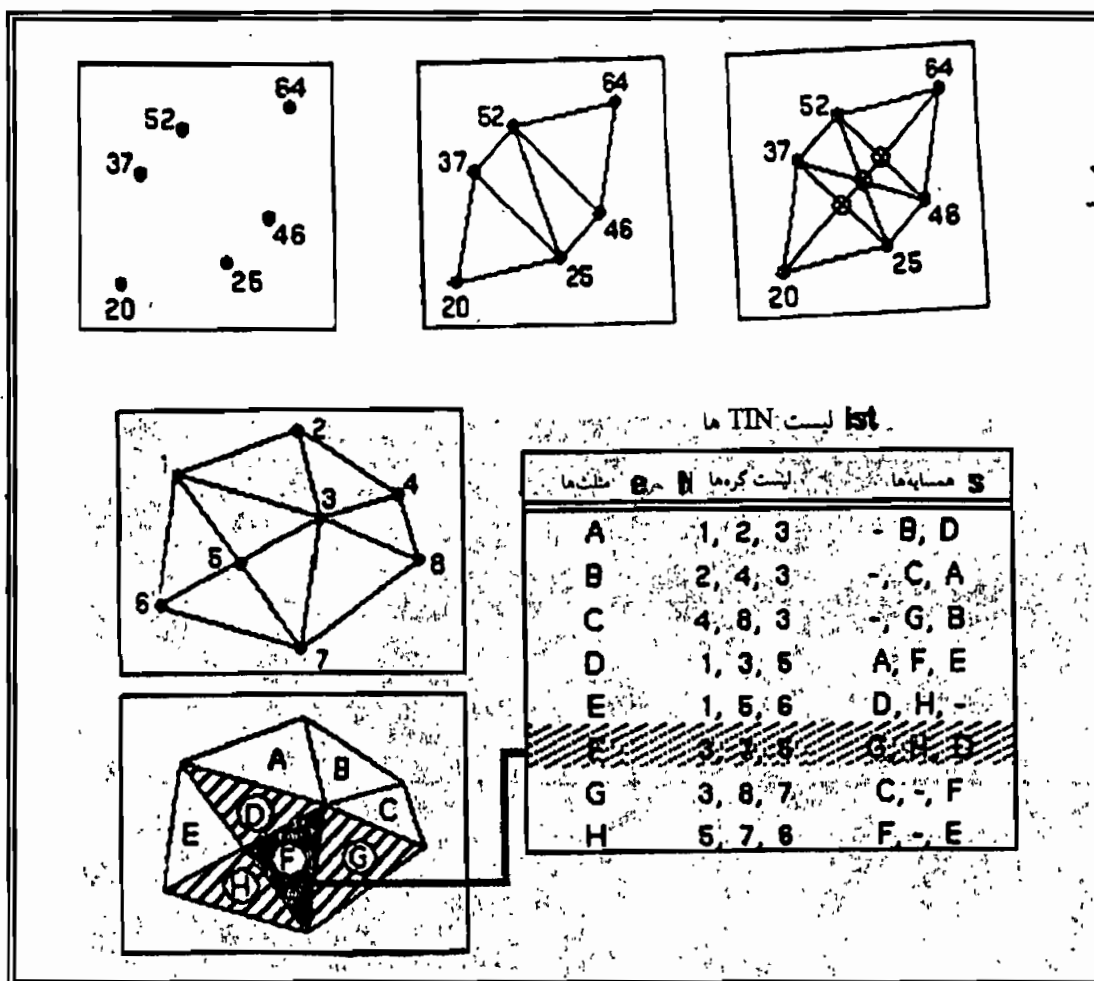
۳-۲-۲ ساختار مدل مکعبی^۱

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

مورد توجه قرار داده، بدین ترتیب فضای سه بعدی در ابعاد هشت گانه به نمایش گذاشته می شود. این مدل به منظور پاسخگویی به نیازهای روزافزون در طراحی بعد سوم فضا است. در حال حاضر، تلاش هایی در جریان است، تا محیط های اتمسفر و اعماق زمین، همراه با پدیده های موجود در آنها، از طریق مدل های سه بعدی نمایش داده شوند. در محیط نرم افزارهای SPANS و ArcView با استفاده از توابع تحلیل گر سه بعدی^۱ می توان 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.

۳-۲ مدل مثلث های نامنظم

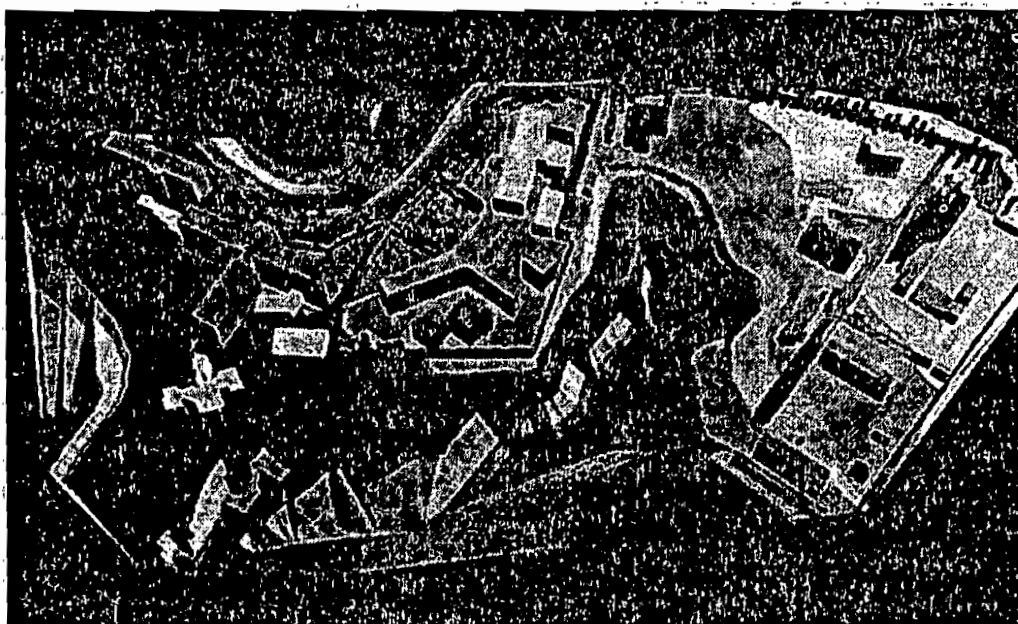
مدل مثلث های نامنظم، راه حلی مناسب برای نمایش سطوح پیوسته است. با این مدل می توان طراحی و نمایش سطوح مختلف را انجام داد. در واقع، مدل TIN یک سطح مشخصی را به صورت مثلث های متصل به هم نمایش می دهد. مثلث ها با استفاده از سه نقطه یا رئوس متصل به هم ساخته می شوند و این نقاط می توانند به صورت نامنظم در هر موقعیتی قرار گیرند (شکل شماره ۶-۴).



شکل شماره ۶-۴ مدل TIN و نمایش روابط توپولوژیک مربوط به آن

بر اساس مجموعه ای از قوانین داخلی، گره‌ها به نزدیک ترین همسایه ها در لبه ها متصل می‌شوند. برای شناسایی مثلث‌های همسایه، توپولوژی چپ - راست به لبه ها 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 مجموعه ای 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 شناسه 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، لبه ها 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 بر خلاف مدل رستری (و لاتیس‌های مربوط) فواصل بین نقاط به طور منظم توزیع نشده‌اند. در مدل TIN روابط توپولوژیکی ذخیره‌سازی شده توسط گره‌ها، بلوک‌های اصلی مدل را ایجاد می‌کنند. با استفاده از ساختار این مدل می‌توان فضا 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 مبین این واقعیت است که هر کدام از آنها در شرایط خاصی می‌تواند سازگاری مناسب‌تری 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.

۳-۱ 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 ماهواره ای - برگرفته از طریق فناوری سنجش از دور - با مدل ساختار شبکه ای مطابقت بهتری دارند. اما زمانی که هدف نمایش پدیده های 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 برداری | مدل رستری |
|--|---|
| مزایا | |
| قالب داده ها منسجم تر است | ساختار داده ها ساده تر است |
| مناسب برای تحلیل‌های توپولوژیک و هندسی است | عملیات انطباق آسان تر صورت می‌گیرد |
| برای عملیات گرافیکی مناسب تر است | تغییرپذیری فضایی مؤثرتری را عرضه می‌دارد |
| ذخیره اطلاعات به صورت برداری به فضای کمتری نیاز دارد | مدل رستری اطلاعات پیوسته ای از سطح زمین را ارائه می‌دهد |
| در مدل برداری تشخیص عوارض نقشه ساده تر صورت می‌گیرد | تصاویر رستری طبیعی و قابل درک می‌باشند |
| معایب | |
| پیچیدگی ساختار داده ها زیاد می‌باشد | ساختار داده ها فشردگی کمتری دارد |
| اجرای عملیات انطباق مشکل می‌باشد | نمایش ارتباطات توپولوژیک مشکل است |
| تغییرپذیری فضایی کم می‌باشد | گرافیک های خروجی از لحاظ شکل ظاهری زیبایی مدل برداری را ندارند |
| مدل برداری اطلاعات ناپیوسته ای از سطح زمین را ارائه می‌دهد | ذخیره اطلاعات به صورت رستری به فضای زیادتری نیاز دارد |
| کارایی خوبی با تصاویر رقومی را نشان نمی‌دهد | ترکیب سخت افزاری نیرومندی را لازم دارد. |
| داده های برداری کلیه اطلاعات ثبت شده سطح زمین را همراه ندارد | به کارگیری روش‌های درون‌یابی با توجه به تفکیک سلول‌ها باید با احتیاط صورت گیرد. |

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

شدن است. به علاوه با توجه به ظهور نرم افزارهای جدید با قابلیت‌های زیاد، داده‌های رستری و برداری و مثلی به همدیگر قابل تبدیل بوده و می توان آنها را به صورت ترکیبی در محیط GIS به کار گرفت (دادرست، ۱۳۷۹). اما با توجه به خصوصیات هر کدام از مدل‌ها و توانایی آنها در نمایش پدیده های دنیای واقعی، یک محقق باید قدرت کافی در تشخیص و استفاده از انواع مدل‌ها را داشته باشد. به طور کلی، هیچ قاعده کلی در نحوه به کارگیری انواع مدل‌ها وجود ندارد. اما توجه به مواردی نظیر: حجم داده ها، روابط توپولوژیک، پرسش‌های مکانی، کلی‌نگری، ظرفیت تحلیلی، میزان دقت و صحت اطلاعات حاصله، محققان را در جهت ترجیح یکی از ساختارها بر دیگری کمک می کند. اگرچه، تعیین قوانین دقیق مربوط به هر مدل مشکل است، با این حال مشخصات کلی مدل‌ها به صورت خلاصه قابل ارائه است:

- تمرکز اصلی مدل داده ای برداری به نمایش عوارض جغرافیایی می باشد؛ در حالی که تمرکز اصلی مدل داده ای رستری، بیان موقعیت عوارض می باشد.
- مدل داده ای برداری برای پاسخگویی به این سؤال مناسب می باشد که "من در رابطه با این عارضه جغرافیایی چه می دانم؟" در حالی که مدل داده ای رستری برای پاسخگویی به سؤال "در این موقعیت چه پدیده جغرافیایی رخ می دهد؟" مناسب می باشد.
- مدل داده ای برداری از مختصات x و y برای نمایش عوارض جغرافیایی استفاده می کند؛ در صورتی که مدل داده ای رستری، از طریق سطر و ستون ارزش‌های عددی در سلول‌ها را ذخیره سازی می نماید.
- مدل داده ای برداری محدوده‌ها را به طور دقیق تعریف می کند، در حالی که در مدل رستری محدوده ها به طور کامل تعریف نمی شوند.
- مدل برداری، موقعیت‌ها را به صورت مقادیر x و y در یک سیستم مختصات "دکارتی" قابل نمایش می سازد؛ در حالی که مدل داده ای رستری، موقعیت سلول‌ها را نسبت به یک مبدا خاص نمایش می دهد.
- مدل برداری شکل دقیق عارضه را نمایش می دهد، حال آنکه مدل رستری مناطق مربعی شکل را نمایش و بنابراین شکل تقریبی عارضه را ارائه می دهد.

- 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.
- هم‌پوشی لایه‌ها در مدل داده‌ای برداری بسیار پیچیده است؛ در حالی که هم‌پوشی 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 هم‌پوشی 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 برداری 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 سیدرضا حسین زاده

مهندس علی رضا سید حوری

جهاد دانشگاهی مشهد

فصل پنجم:

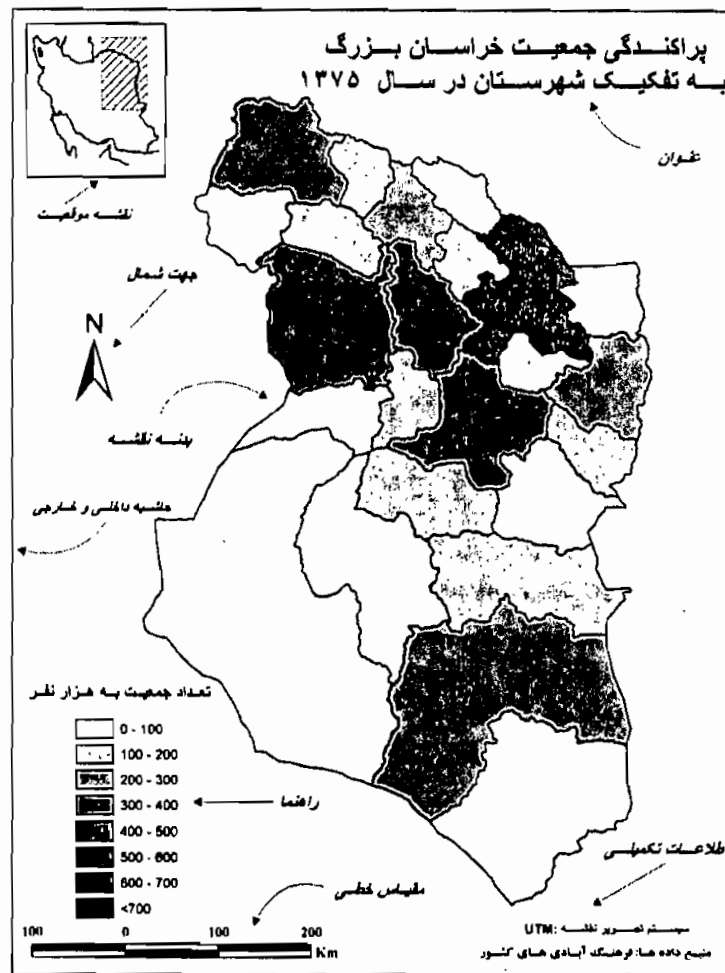
کارتوگرافی و نمایش داده‌های جغرافیایی

۱-۱ مقدمه

نقشه، مهم‌ترین وسیله نمایش و تحلیل اطلاعات جغرافیایی و رابط مهمی در GIS به شمار می‌رود. مادر GIS نقشه‌ها را برای مشاهده، پرسش، ثبت و تحلیل اطلاعات مورد استفاده قرار داده و آنها را برای ارائه و درج در گزارش‌های تحقیقاتی، پایان‌نامه‌ها، مقالات و کتاب‌ها تهیه می‌نمایم. علاوه بر کاربردهای یادشده، نقشه‌ها مؤثرترین ابزار بیان‌کننده ارتباط فضایی داده‌های زمین مکانی و الگوی توزیع آنها در موقعیت خودشان به حساب می‌آیند.

هر نقشه از چند جزء اصلی یعنی عنوان، بدنه، راهنما، مقیاس، جهت شمال، منبع تهیه نقشه، مختصات جغرافیایی، کادر داخلی و کادر خارجی تشکیل می‌شود (شکل ۱-۱۱). علاوه بر اجزای اصلی نقشه، اطلاعاتی از قبیل نام سیستم تصویر، کیفیت اطلاعات و توضیحات اضافی نیز با نقشه همراه می‌شوند تا امکان استفاده بهتر برای خوانندگان نقشه را فراهم آورند. چون بدنه یا متن نقشه حاوی اطلاعات جغرافیایی است، مهمترین جزء آن بوده و سایر اجزا برای برقراری ارتباط بهتر بین نقشه و نقشه‌خوان در آن گنجانده می‌شود. به عنوان مثال، عنوان نقشه موضوع آن و راهنمای نقشه نمادهای مورد استفاده در نمایش داده‌ها را نشان می‌دهند.

نمایش داده‌های جغرافیایی یکی از مباحث مهمی است که طی سال‌های اخیر در نرم‌افزارهای GIS وسیعاً مورد توجه قرار گرفته و همه در تلاشند تا بهترین امکانات گرافیکی را برای این امر به کار ببرند. نرم‌افزارهای GIS تحت ویندوز به دو دلیل برای نمایش داده‌ها بسیار عالی هستند اول اینکه تهیه‌کننده نقشه به آسانی می‌تواند آیکون‌های گرافیکی را برای ساخت نقشه انتخاب و کلیک نماید. دوم اینکه نرم‌افزارهای تحت ویندوز دارای گزینه‌های طراحی ضمیمه‌شده‌ای نظیر نمادهای انتخابی و الگوهای رنگی در قالب منوهای مختلف می‌باشند. در محیط‌های غیر ویندوز، تهیه‌کننده نقشه برای ترسیم آن بایستی دستورات متعددی را از قبل حفظ باشد تا بتواند با تایپ آنها یک نقشه را تهیه کند. برای تهیه‌کنندگان مبتدی نقشه یا کلاس‌های آموزشی، راحت‌ترین روش تهیه نقشه، استفاده از نرم‌افزارهای GIS و گزینه‌های پیش‌فرض آنهاست. تهیه‌کنندگان حرفه‌ای نقشه، نه تنها به پیش‌فرض نرم‌افزارها اعتماد نکرده بلکه در مواردی از کارهای دستی نیز کمک می‌گیرند. به هر حال، چه نقشه با



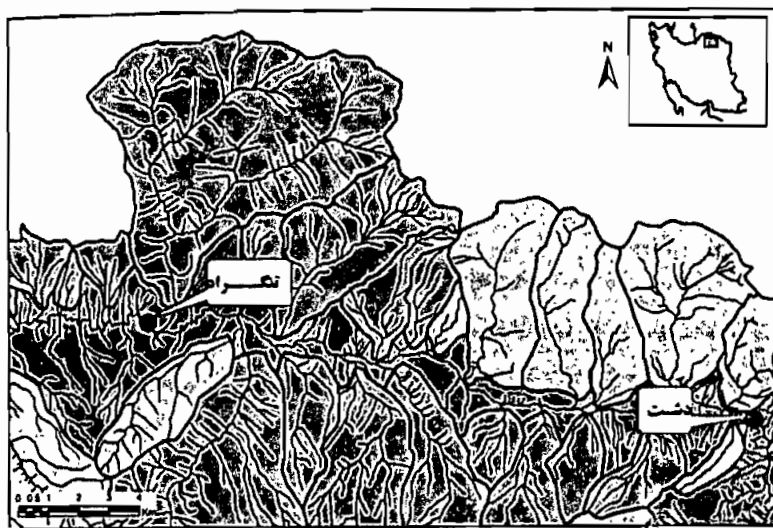
شکل ۱-۱۱ اجزای عمومی یک نقشه.

نرم افزار تهیه شود و یا تلفیقی از کارهای کامپیوتری 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.

۱-۱-۱۱ نمادسازی کارتوگرافیکی^۱ عوارض جغرافیایی

کارتوگرافی را علم تهیه و مطالعه نقشه‌ها در تمام موضوعات جغرافیایی تعریف کرده‌اند. برخی نیز آن را علم و هنر تهیه نقشه نامیده‌اند (راینسون، ۱۹۶۳؛ راینسون و همکاران، ۱۹۹۵). اساسی‌ترین عنصر در کارتوگرافی سمبلیزاسیون^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



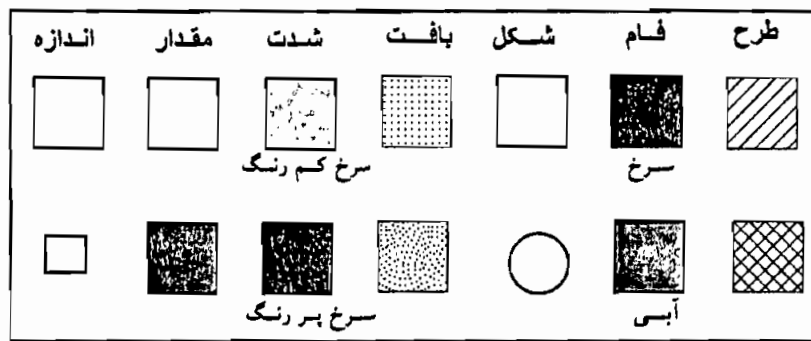
شکل ۲-۱۱ استفاده از نمادهای سطحی برای حوضه‌های آبریز، خطی برای رودخانه‌ها و نقطه‌ای برای ایستگاه‌های هیدرومتری در یک نقشه.

بنابراین، در نمایش یک عارضه جغرافیایی بر روی 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 آسفalte و خاکی در یک نقشه به ترتیب می‌توان از یک خط ضخیم سرخ‌رنگ و یک خط نازک سیاه‌رنگ 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 علائم 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 ۲-۱۱).

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 هم‌ارزش 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 آن‌را نشان دهیم.

متغیرهای بصری برای نمایش داده‌های جغرافیایی عبارت‌اند از: اندازه^۱، مقدار رنگ، رنگ تدریجی، بافت^۲، شکل^۳، رنگ (فام) و طرح^۴ (شکل ۳-۱۱). انتخاب هر یک از این متغیرها به نوع داده‌های موردنمایش بستگی دارد.

1. Size
2. Texture
3. Hue



شکل ۳-۱۱ 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 دوائر 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 رنگ‌هاست زیرا متغیرهایی نظیر شکل و اندازه در مورد آنها کاربردی نداشته و استفاده از طرح و بافت نیز به دلیل کوچکی سلول‌ها مشکل می‌باشد.

۲-۱-۱۱ استفاده از رنگ

معمولاً رنگ‌ها جذابیت خاصی را به نقشه‌ها می‌دهند. به همین علت، تهیه‌کنندگان 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. به همین 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 متفاوت 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 حداکثر آن در سفید پایان می‌یابد. ما عموماً پذیرفته‌ایم که

1. Pattern
2. Shape
3. Value

نمادهای تیره‌تر در نقشه‌ها عوارض مهم‌تر را نشان می‌دهند. کروما یا رنگ تدریجی^۱ که با عناوین شدت یا اشباع نیز بیان می‌گردد عبارت است از کم‌رنگی یا پررنگی یک رنگ. یک رنگ با اشباع کامل رنگی خالص است درحالی که رنگ با درجه اشباع کم رویکردی خاکستری رنگ دارد. ما معمولاً نمادهای با شدت 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 کروما یعنی 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 ۱۲ 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 کروما (رنگ‌های تدریجی) داده‌های کمی را نمایش دهیم (رابینسون، ۱۹۹۵).

۳-۱-۱۱ 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 کوئنتال^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 به‌حداقل رساندن اختلافات بین داده‌ها در یک طبقه مشخص و به‌حداکثر رساندن اختلافات بین طبقات را به کار می‌برد. بنابراین، در این روش ممکن است فواصل نسبتاً زیادی بین داده‌های مرتب‌شده به‌وجود 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.

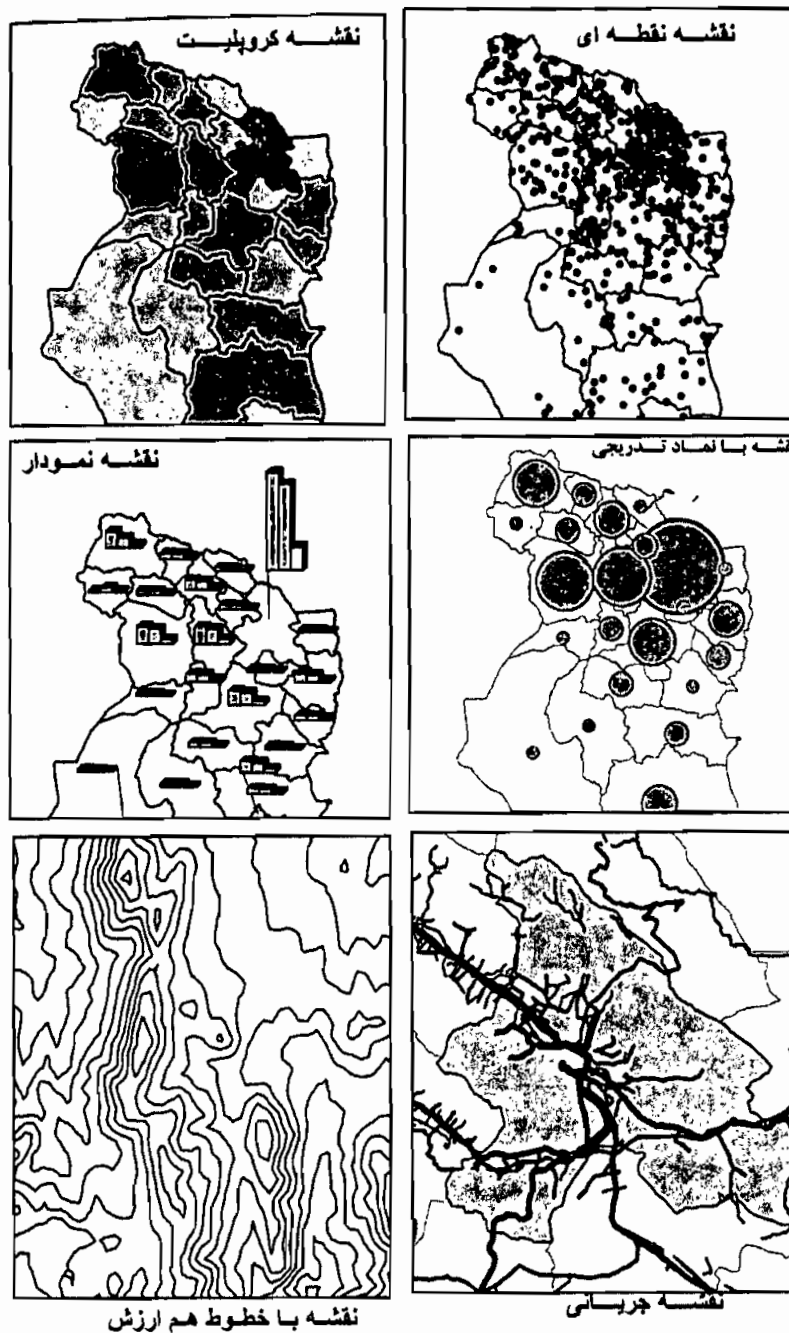
۱۱-۲ انواع نقشه

کارتوگراف‌ها نقشه‌ها را براساس نوع کارکرد و نوع نمادگذاری 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 ۴-۱۱).

- **نقشه‌های نقطه^۲**: نقشه‌های نقطه، نمادهای هم‌اندازه‌ای 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 خواهند داشت. برعکس در نواحی که مقدار یا کاروش داده‌های مکانی کمتر باشد، تعداد نقطه‌ها نیز کمتر و فاصله بیشتری خواهند داشت. فرض کنید یک استان جمعیتی معادل ۵۰۰,۰۰۰ نفر دارد و قرار است جمعیت آن را با نماد نقطه‌ای نمایش دهیم، اگر هر نقطه روی نقشه معادل ۵۰۰۰ نفر باشد، قاعدتاً 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 بر روی نقشه با یک روش تصادفی انجام می‌دهند. گرچه نقشه‌های نقطه با روش توزیع تصادفی برای مقایسه تراکم 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 کنار گذاشتن مناطقی نظیر کویرها،

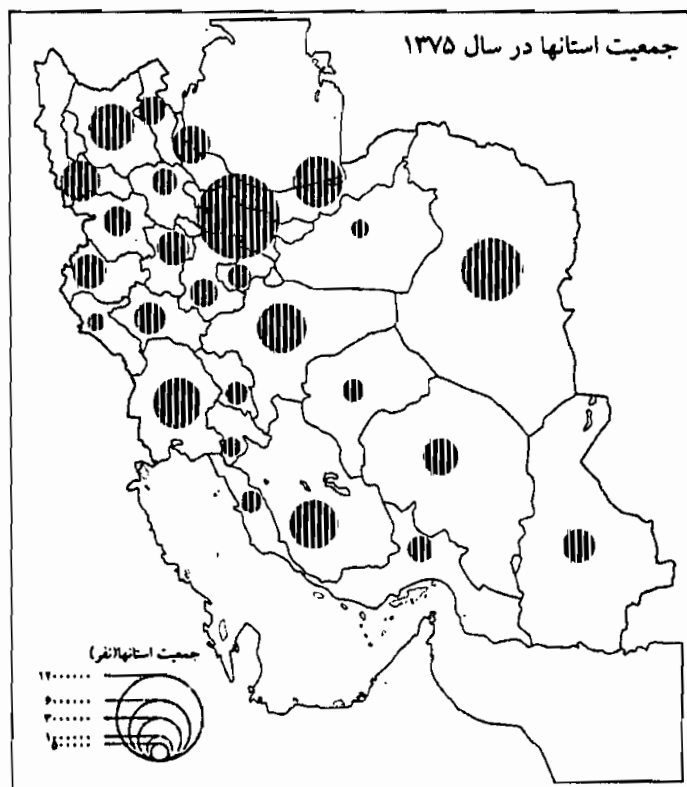
1- User defined
2-Dot maps



شکل ۴-۱۱ انواع عمومی نقشه‌های کمی.

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

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

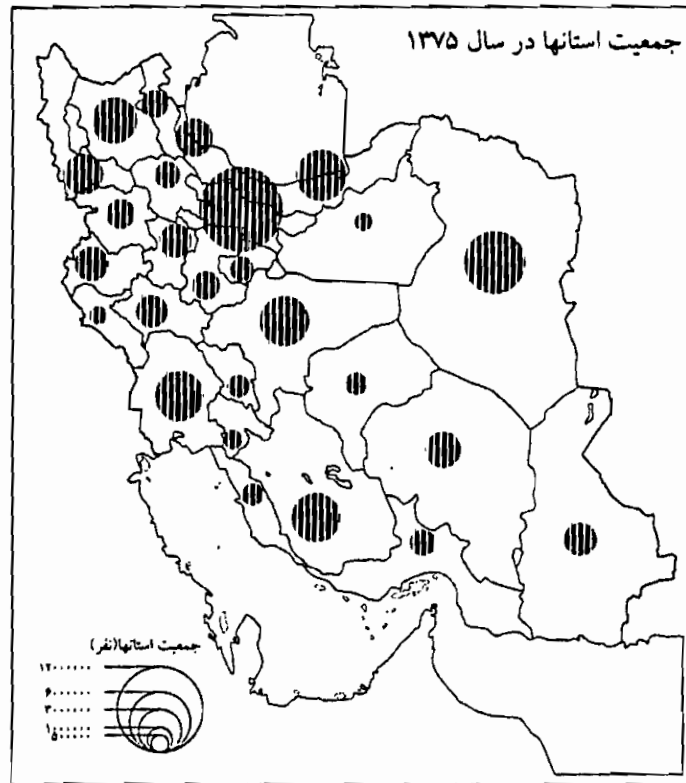


شکل ۵-۱۱ یک نمونه نقشه با نماد نسبی دایره (مقصودی و یمانی، ۱۳۸۵، ص ۸۹).

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 ضریب باسوادی در استان‌ها نمونه‌هایی از نقشه‌های کروپلت است. نقشه‌های کروپلت تا حد زیادی از نحوه طبقه‌بندی داده‌ها متأثر می‌باشند، لذا کارتوگراف‌ها اغلب نسخه‌های متعددی از نقشه‌های کروپلت را از داده‌های مشابه تهیه نموده و یکی از بهترین آنها را برای تولید نهایی انتخاب می‌کنند.

- نقشه‌های دسی‌متریک^۱: نقشه‌های دسی‌متریک 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 دسی‌متریک می‌باشد که نواحی دارای شیب یکسان در آنها جدا شده و سپس به طرز مناسبی نمایش داده می‌شود. نرم‌افزارهای GIS از جمله ArcGIS اصطلاح نقشه‌های با رنگ‌های تدریجی^۲ را به جای نقشه‌های کروپلت و دسی‌متریک 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



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

- نقشه‌های با نمادهای تدریجی^۱: نقشه‌های با نمادهای تدریجی، نمادهای مختلف‌الاندازه‌ای مانند دایره، مربع 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 ۱۵,۰۰۰ نفر و نظایر آن‌را نمایش می‌دهند.

- نمودار نقشه یا نقشه‌های چارت^۳: این نوع نقشه‌ها نمودارهای دایره‌ای یا ستونی را برای نمایش چند پدیده جغرافیایی مورد استفاده 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 ۶-۱۱ مقدار سوخت و انواع آن‌را 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 جریان^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 ایزاریتیمیک^۲: در این نوع نقشه‌ها برای نمایش سطحی یک پدیده جغرافیایی از خطوط هم‌ارزش استفاده می‌شود. هر خط هم‌ارزش نقاط با مقدار یکسان را به هم متصل می‌کند. کاربران GIS اغلب از نقشه‌های ایزاریتیمیک برای نمایش ناهمواری، خطوط هم‌باران، خطوط هم‌دما و... استفاده می‌کنند. این خطوط از طریق واسطه‌یابی 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 سنتی است که در آنها نمادهای نقطه، خط و سطح استفاده می‌شود. همان‌گونه که تاکنون مطالعه کرده‌اید این بخش از کتاب عمدتاً بر داده‌های وکتوری برای نمایش پدیده‌های مختلف تکیه دارد. نقشه‌های رستری گرچه مشابه نقشه‌های سنتی به نظر می‌رسند لیکن مبتنی بر سلول‌ها بوده و قادر به نمایش داده‌های کمی و کیفی نیز می‌باشند. در این زمینه گام‌های رنگی مورد استفاده در نقشه‌های وکتوری مورد استفاده 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 آن را مهم می‌دانند، نوشته‌ها را نیز مورد توجه 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 راضی‌کننده 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 و 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 مورد استفاده 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 منطقی و زین‌تر 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 |
| کاربری آموزشی | Times New Roman |
| کاربری آموزشی | Calibri |
| کاربری آموزشی | Arial |
| کاربری آموزشی | Arial Backslanted |

شکل ۷-۱۱ انواع مختلف تایپ‌های انگلیسی و فارسی.

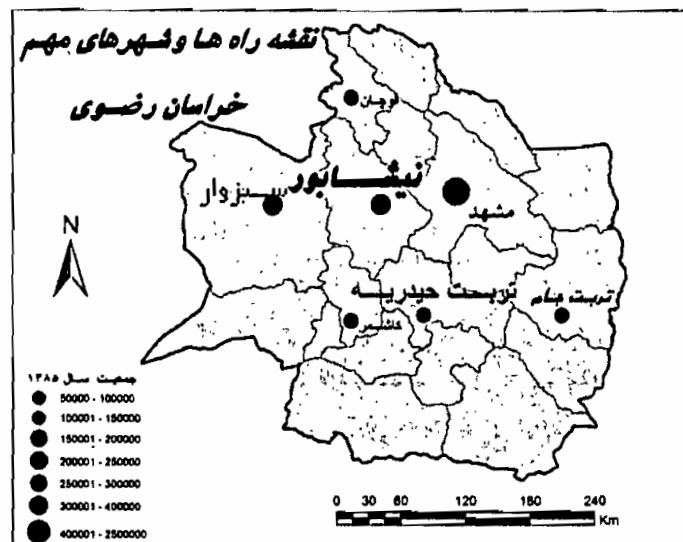
انگلیسی، نوشته‌های فارسی نقشه‌ها بهتر است با تایپ‌های ساده درشت صورت گیرد. خط زیبای نستعلیق (از نوع درشت آن) که خوشنویسان فارسی آن را رواج می‌دهند در ترکیب با نمادهای نقشه منظر بسیار زیبایی را ایجاد می‌کند. خوشبختانه نرم‌افزارهای تایپ کامپیوتری مانند Word امکانات لازم برای چنین تایپ‌هایی را دارند و لذا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

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 مایل بودن (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.

۲-۳-۱۱ 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 رودخانه‌ها، کوه‌ها، پارک‌ها و غیره است می‌تواند از نظر رنگ، شکل و ایتالیک یا معمولی بودن حروف تغییر نماید. درحالی که



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

نوشته‌های کمی مانند نام شهرهای مختلف، می‌تواند براساس کوچکی و بزرگی‌شان از اندازه تایپ یعنی ضخامت آن تبعیت 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. به‌همین 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. تجارب 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 نوشتن اسامی مکان‌ها و واحدهای سیاسی-اداری می‌توان به‌ترتیب از حروف فشرده برای نقاط و حروف کشیده برای واحدهای سیاسی اداری در ابعاد مناسب استفاده کرد.

۳-۱۱-۳ جانمایی نوشته‌ها در متن نقشه

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

1. Label

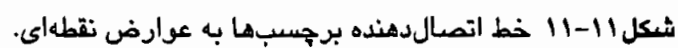
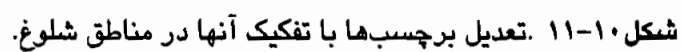
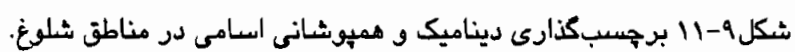
توصیفی نظیر ارتفاع خطوط تراز و یا مقدار بارش را نیز دربرمی‌گیرند. سایر نوشته‌ها مانند عنوان و لژاند ربطی به موقعیت عوارض نداشته، لذا جایگزینی آنها بستگی به layout نقشه دارد که بعداً به آنها اشاره خواهد شد.

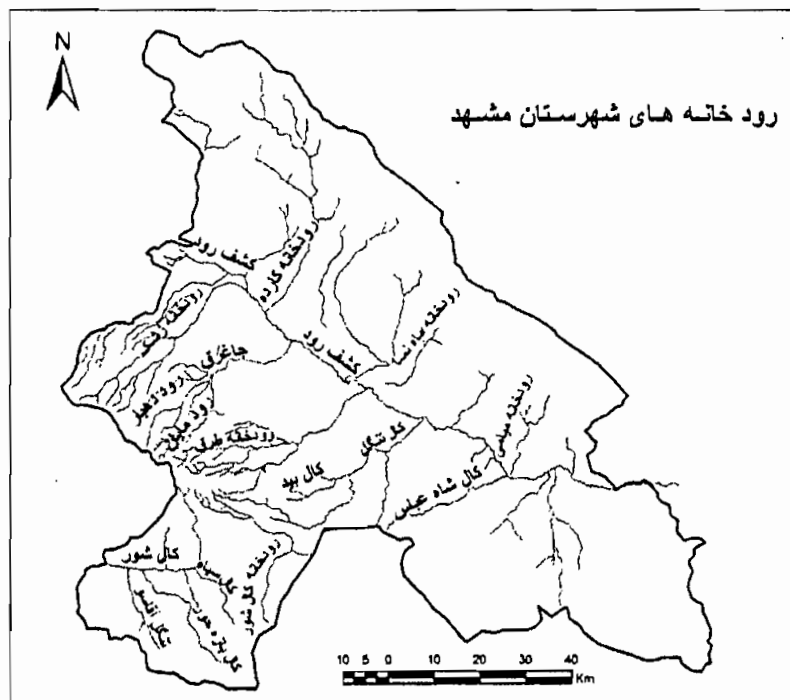
براساس یک قاعده کلی، بهتراست برچسب هر عارضه در موقعیت و یا محدوده گسترش همان عارضه نوشته شود. کارتوگراف‌ها پیشنهاد می‌نمایند نام عوارض نقطه‌ای در بالا و سمت راست آنها، نام عوارض خطی در یک چهارگوش و به موازات مسیر عارضه و نام مناظر سطحی در داخل آنها نوشته شود.

اجرای الگوریتم‌های برچسب‌گذاری در نرم‌افزارهای GIS کار چندان ساده‌ای نبوده و جانمایی خودکار 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 با شدت 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 هربار اجرا فقط یک برچسب را مکان‌نمایی می‌کند و اگر مکان‌نمایی آن مناسب نبود می‌توان برچسب را فوراً جابه‌جا 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 به رنگ 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 قرارگیری برچسب‌ها را نمی‌دهد. این اجبار و لزوم که معقول نیز هست می‌تواند بر جانمایی برچسب‌ها فشار وارد کرده و ممکن است نیازمند تعدیل برخی برچسب‌ها باشد (شکل ۹-۱۱).

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





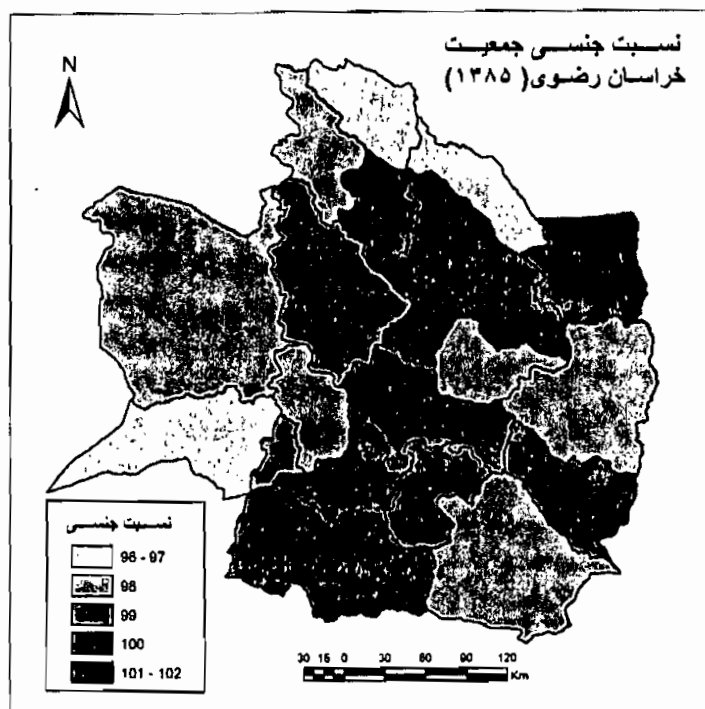
شکل ۱۱-۱۳ رفع مشکلات برچسب‌گذاری شکل ۱۲-۱۱ با استفاده از ابزار تقطیع نوشته‌ها.

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

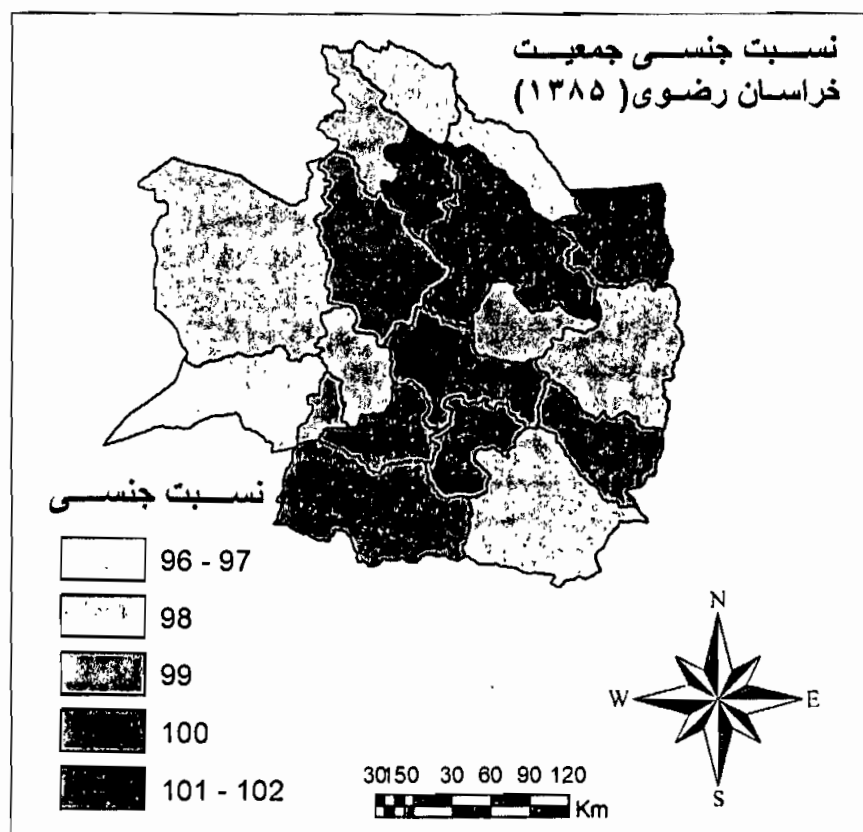
تظیم و ترکیب عناصر مختلف نقشه را بر روی یک صفحه اصطلاحاً layout می‌گویند. موضوعات مهم مرتبط با layout عبارت‌اند از کانون توجه نقشه، نظم و توازن. یک نقشه موضوعی باید کانون توجه روشنی داشته باشد که معمولاً بدنه یا بخشی از بدنه نقشه را شامل می‌شود. برای جلب توجه خوانندگان نقشه به سمت عنصر کانونی، باید آن را نزدیک به مرکز اپتیک و درست بالای مرکز هندسی چارچوب نقشه قرار داد. عنصر کانونی نقشه باید به واسطه 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 لژاند و عنوان را مورد توجه قرار می‌دهند. تهیه‌کنندگان نقشه باید مکان مناسبی را برای لژاند و عنوان در نظر گرفته و با استفاده از یک کادر در اطراف لژاند و تایپ درشت‌تر برای عنوان توجه افراد را به این عناصر معطوف دارند (شکل ۱۴-۱۱).

نقشه تهیه‌شده باید متوازن باشد. اگر نقشه در بخشی از آن مثلاً بالا، پایین و یا یکی از پهلوها سنگین‌تر به نظر برسد، دید و احساس خوبی برای خواننده نقشه ایجاد نمی‌نماید (شکل ۱۵-۱۱).

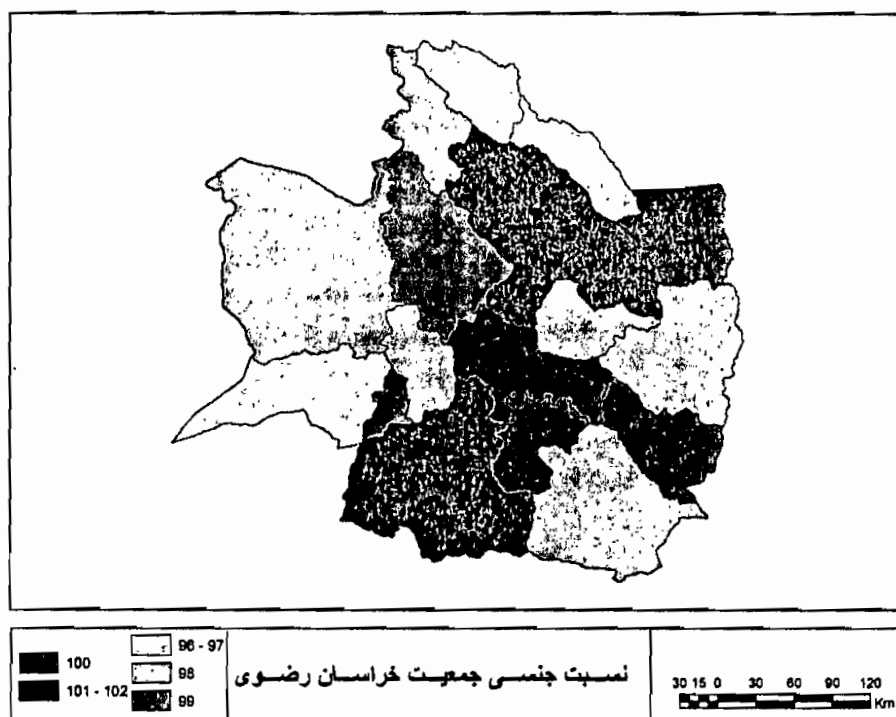
کارتوگراف‌ها قبلاً با استفاده از قلم‌های درشت توازن روی نقشه را برقرار می‌ساختند و درحال حاضر آنها کامپیوترها را برای تنظیم عناصر نقشه روی صفحه layout مورد استفاده قرار می‌دهند. به‌عنوان مثال، ArcGIS دو روش اساسی را برای تنظیم layout ارائه می‌نماید. روش اول استفاده از یک قالب آماده layout است. این قالب‌ها به چند گروه عمومی، صنعتی، آمریکایی و جهانی تقسیم شده‌اند. هر گروه دارای فهرستی انتخابی است، مثلاً شکل ۱۶-۱۱ نمونه‌ای از layoutهای آماده آمریکایی را نمایش می‌دهد.



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



شکل ۱۱-۱۵ یک نقشه با توازن ضعیف.

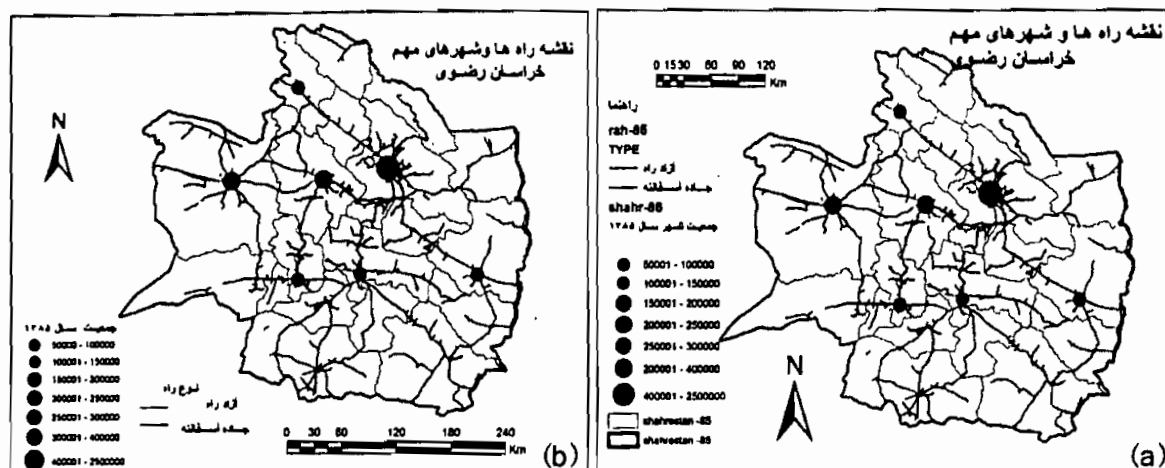


شکل ۱۶-۱۱ ساختار Layout های آماده امریکایی در ArcMap.

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، لژاند، 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 آن را در صفحه layout جانمایی کرده و آن را از نظر گرافیکی دستکاری نماید. به عنوان مثال، کاربر می‌تواند طرح تایپ عنوان را تغییر داده، آن را 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 پیش فرض تمام این لایه‌ها با یکدیگر در یک عنصر گرافیکی واحد جانمایی می‌شوند که لژاند آن می‌تواند ترکیبی از هر سه لایه باشد. در این صورت، لژاند مشکل توازن طراحی layout را به وجود می‌آورد (شکل ۱۷a-۱۱).

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



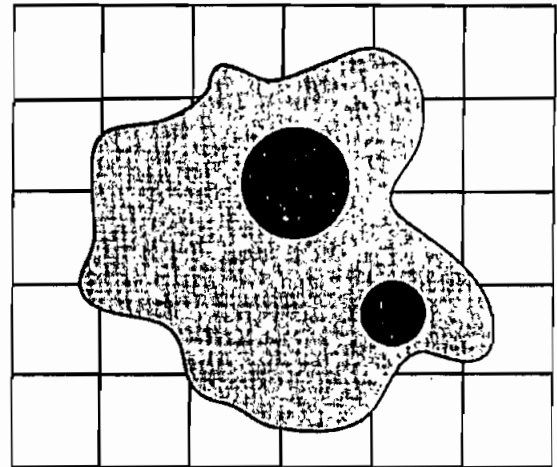
شکل ۱۱-۳۷ (a) لژاند طولانی در یک امتداد موجب به وجود آمدن مشکلاتی در طراحی layout می‌شود؛ (b) حذف موارد غیر ضروری لژاند و شکستن آن به دو ستون برای بهتر شدن layout.

۱۱-۴-۲ دید سلسله مراتبی یا شبه سه بعدی

فرایند ارتقای یک دید مسطح به دید با تأثیر سه بعدی یا دارای عمق در نقشه را سلسله مراتب بصری^۱ گویند (شکل ۱۱-۱۸). تهیه کنندگان نقشه از طریق جانمایی عناصر نقشه بر اساس درجه اهمیت‌شان در سطوح مختلف بصری، سلسله مراتب دیداری را ایجاد می‌نمایند. در این زمینه معمولاً مهمترین عنصر در قسمت بالایی این سلسله و نزدیک به نقشه خوان قرار می‌گیرد، در حالی که عنصر با کمترین اهمیت در انتهای این سلسله و دورتر از نقشه خوان جای می‌گیرد. یک نقشه موضوعی ممکن است شامل سه یا چندین سطح از سلسله مراتب بصری باشد. در کارتوگرافی می‌توان پایین‌ترین سطح را به عنوان پس زمینه در نظر گرفت و عوامل بصری مهمتر را با شکل‌ها و رنگ‌های مؤثرتری برجسته تر نمود. به نظر می‌رسد هنوز هم مؤثرترین و ساده‌ترین قواعد در ایجاد یک دید سلسله مراتبی درون چینی یا روچینی باشد (دنت، ۱۹۹۹). درون چینی^۲ از یک خط بیرونی کامل نشده برای ایجاد پس زمینه 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 سلسله مراتبی را اشغال می‌کنند. همچنین اگر عنوان نقشه، لژاند و یا مطالب خاص گوشه نقشه‌ها در داخل یک کادر قرار داده شوند، پررنگ‌تر و مهم‌تر به نظر می‌آیند و وقتی بدنه یا متن اصلی نقشه عمداً بر روی کادر حاشیه آن قرار داده می‌شود، بدنه نقشه بسیار برجسته تر دیده می‌شود (شکل ۱۱-۱۹). البته نباید فراموش کرد که اگر چندین عنصر نقشه را برای جلب توجه نقشه خوانان برجسته تر نشان دهیم، آن نقشه می‌تواند گیج کننده و دافع افراد باشد (شکل ۱۱-۲۰).

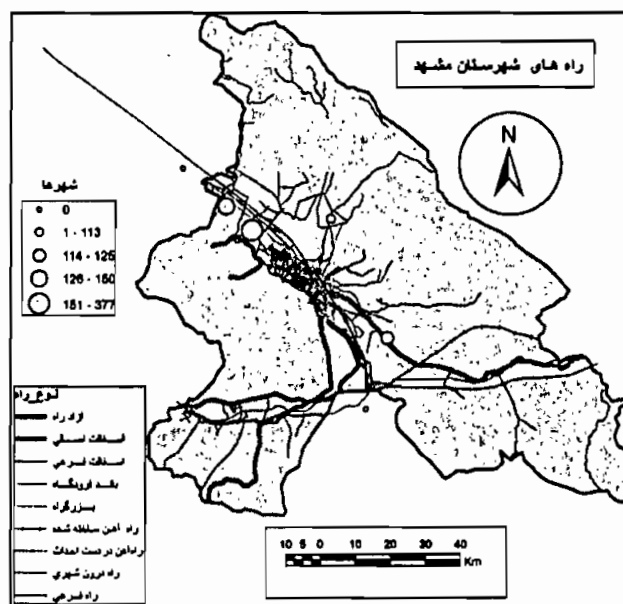
1. Visual hierarchy
2. Interposition



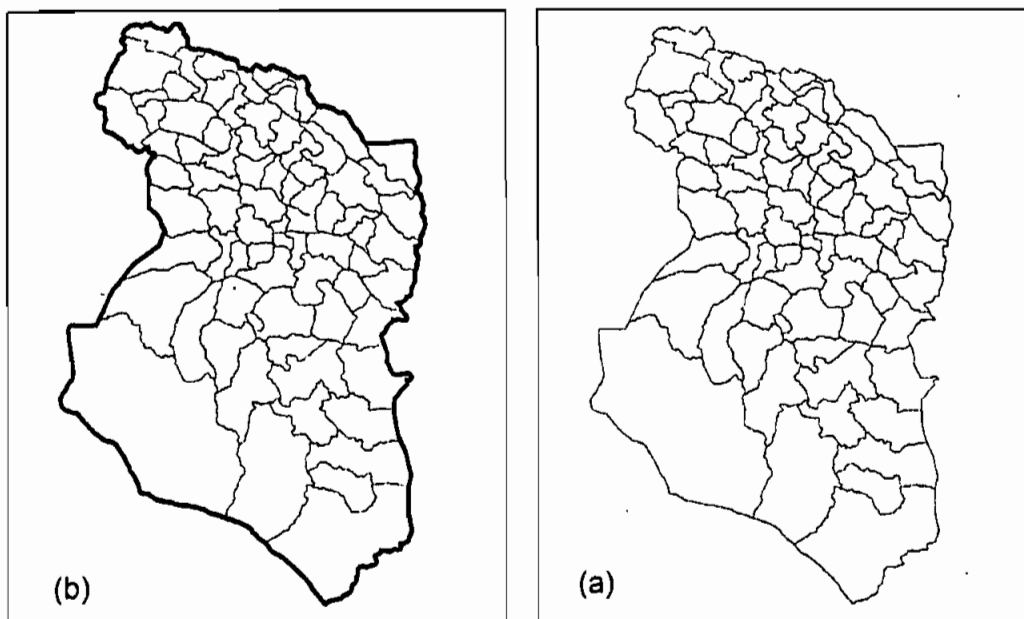
شکل ۱۸-۱۱ نمونه‌ای از سلسله‌مراتب بصری.

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

کنتراست در رنگ می تواند عوارض جغرافیایی داخل نقشه را از پس زمینه آن تفکیک نماید. کارتوگراف ها اغلب یک رنگ گرم، مانند نارنجی تا سرخ را برای شکل و یک رنگ سرد، مانند آبی را برای زمینه به کار می برند. کنتراست در بافت نیز می تواند بین عوارض و پس زمینه اختلاف به وجود آورد، لذا اگر منطقه با جزئیات بیشتر را با بافت متراکم تر نشان دهیم، برجسته تر به نظر می آید. مشابه روش درون چینی،



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



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

کنتراست‌های تکراری و زیادی می‌تواند 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 ترانسپارنسی^۱ تعبیه شده که امکان نمایش داده‌ها در درجات مختلفی از شفافیت را فراهم می‌کند. این ابزار از طریق پایین آوردن 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 ترانسپارنسی 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 غیرملموسی^۲ هستند که می‌توان آنها را به روش‌های 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 متشکل از پیکسل‌های شطرنجی 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 کریستالی در بین این دو استفاده می‌گردد. در LCDها هر پیکسل به تنهایی 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)^۱ از سیگنال‌های دیجیتال به جای آنالوگ استفاده می‌کنند، بدون درخشش یا سوسوزدن بوده و قادر به تولید تصاویر واضح‌تر و تمیزتری هستند.

نمادهای رنگی که ما بر روی نمایشگرهای LCD یا CRT می‌بینیم از پیکسل‌هایی ساخته شده که در آن رنگ هر پیکسل مخلوطی از رنگ‌های سرخ، سبز و آبی (RGB)^۲ 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 (۲۵۶×۲۵۶×۲۵۶).

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 تن‌هاست. به عنوان مثال، ArcGIS علاوه بر مدل رنگی RGB، دارای مدل رنگی HSV^۳ نیز می‌باشد که امکان ساخت و ترکیب رنگ به وسیله کاربر را فراهم می‌آورد.

معمولاً وقتی نقشه‌های رنگی را پرینت می‌گیریم با آنچه که در روی صفحه نمایش 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 نمایشگرها و همچنین کاربرد مدل‌ها و نرم‌افزارهای مختلف است. در درجه دوم بخشی 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 CMYK^۴ را به وجود می‌آورند.

نمادهای رنگی بر روی نقشه‌های چاپی به همان روشی که بر روی صفحه نمایش کامپیوتر ظاهر می‌شوند، تولید می‌گردند. بر روی نقشه‌ها نقطه‌های رنگی به جای پیکسل‌ها و درصد محدوده پوششی کاغذ به جای 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

۶۰٪ زرشکی و ۸۰٪ زرد است درحالی‌که نور نارنجی از ترکیب ۳۰٪ زرشکی و ۹۰٪ زرد به‌وجود می‌آید. 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 بر روی صفحه‌نمایش مشاهده می‌نماییم (سلوکوم و همکاران، ۲۰۰۴).

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

[http://www.personal.psu.edu/faculty/c/a/cab38/color Brewer Beta.html](http://www.personal.psu.edu/faculty/c/a/cab38/color%20Brewer%20Beta.html)

۱۱-۶ 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 layout آن را به‌طور 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، به‌جانبی نوشته‌ها در نقشه اختصاص دارد. همان‌طور که گفته شد، هر یک از تمرین‌های بالا را در پایان به‌عنوان یک layout به‌خارج از ArcMap خواهید برد و آنها را برای نمایش یا چاپ آماده می‌کنید. تنظیم layout به‌طور کلی شامل چند مرحله است. این مراحل عبارت‌اند از افزودن یک یا چند نقشه به layout، تعیین ابعاد نقشه، افزودن مقیاس خطی، جهت شمال، مختصات جغرافیایی، راهنما، 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 سُم :

تمرینات عملی درس GIS در برنامه ریزی شهری و منطقه ای

تهیه و تنظیم :

شاه بختی رستمی

PhD در GIS از UNSW استرالیا

استادیار دانشگاه پیام نور – مرکز اسلام آباد غرب

E-mail Address:

shahroostami2001@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 1 : معرفی برنامه های کاربردی ArcInfo Desktop

در این تمرین سه برنامه کاربردی ArcInfo™ Desktop را مرور خواهید کرد: ArcCatalog™، ArcMap™ و ArcToolbox™. شما با نحوه یافتن نقشه ها و داده ها در ArcCatalog، نمایش نقشه ها در ArcMap، 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 ArcToolbox و ArcMap و ArcCatalog و تمرینات بعدی شامل جزئیات دقیقتر خواهند بود.

قدم اول : شروع برنامه ArcCatalog و بررسی 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 پوشه GIS_Rostami را پیدا کنید. در صورتی که قادر به دیدن این پوشه نیستید از علامت فلش زرد بالای فهرست جهت 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. National.mbd یک Geodatabase شخصی است. درباره Geodatabase بعداً بیشتر بحث خواهیم کرد. فعلاً "خصوصیات جغرافیایی ذخیره شده در یک 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.

دقیقی 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

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 ArcMap و ArcCatalog را به طریق زیر تنظیم کنید تا دکتور شاه بختری رستمی همزمان بتواند هر دو پنجره و محتویات آنها را بر روی صفحه کامپیوتر ببیند.

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

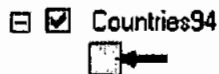
در پنجره ArcCatalog بر روی دکمه Contents کلیک کنید.

بر روی World Container کلیک کنید.

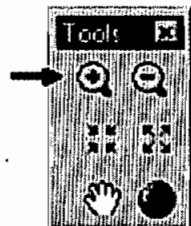
بر روی **countries94** در **ArcCatalog** کلیک کرده آنرا نگه داشته و به قسمت نمایش **ArcMap** (در سمت راست) بکشید.
اکنون کشورهای دنیا در **ArcMap** دیده می شوند.
حال **Worldcities** را به شیوه بالا از **ArcCatalog** به **ArcMap** منتقل کنید .
پنجره **ArcCatalog** را کوچک کنید (**Minimize**).

قدم سوم : تغییر دادن نمادشناسی (Symbology) لایه ها

در این مرحله شما رنگ چندضلعی های کشورها را (**Polygons**) را تغییر می دهید.
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** بر روی **Quantities** کلیک کنید.

بر روی **Graduated Symbols** کلیک کنید.

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

بر روی **Template** کلیک و از 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 علائم بزرگ و کوچک و بر مبنای نسبت جمعیتشان دیده می شوند.

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

قدم چهارم : برجسب زدن یک لایه (Labeling)

آشنایی و کار با نرم افزار ArcGIS

در این مرحله با برجسب زدن ویژگیها بر روی یک نقشه و کار با راهنما (سرنخها) ی نقشه آشنا خواهید شد.
راهنما (سرنخ) نقشه، اطلاعاتی اضافی را در مورد یک ویژگی به دست می دهد.

بر روی **WorldCities** راست کلیک کرده و **Label Features** 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 (سرنخ) نقشه در یک کادر ظاهر می شود و باید با برجسب شهر منطبق باشد. بعداً با چگونگی تغییر دادن اطلاعات راهنما

(سرنخ) نقشه آشنا خواهید شد تا بتوان چیزی غیر از برجسب (**Label**) را نمایش دهد.



پنجره **ArcMap** را کوچک کنید **Minimize**.

قدم پنجم : کار با برنامه کاربردی ArcTool box 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 بانی 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 ها را به شعاع 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**) تا تنها خیابانهایی که در داخل منطقه حایل باقی می مانند را جدا سازید.

بر روی دکمه **Arctoolbox** کلیک کنید.



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

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

بر روی ابزار **Buffer** دو بار 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 پوشه مانند) کلیک کنید.
پوشه 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 نقشه این قسمت، بر روی No کلیک کنید.
با استفاده از فرمان برداشتن و گذاشتن (Drag and Drop) داده های زیر را از ArcCatalog به ArcMap انتقال دهید:

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

اگر لازم است با کلیک کردن بر روی لایه ها در جدول فهرست آنها را جابجا کنید.

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

اکنون شما از ArcToolbox برای برش خیابانهای جزیره بر اساس چندمنطقه های حایل شده Zip Codes استفاده خواهید کرد.
در ArcToolbox بر روی Analysis Tools و سپس Extract و سپس بر روی ابزار Clip کلیک کنید.
بر روی Streets در ArcCatalog کلیک کرده و آن را در قسمت Input ابزار Clip قرار دهید.

بر روی Zipbuff در ArcCatalog کلیک کرده و آن را در قسمت Clip ابزار Clip قرار دهید.
برای Output، پوشه 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 Check خارج کنید.



اکنون می توانید کارهای انجام شده را در پوشه خود ذخیره کرده و سپس هر سه برنامه کاربردی ArcToolbox و ArcMap و ArcCatalog را ببینید.
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 ویژگیهای لایه ها در ArcMap بیشتر آشنا خواهید شد. همچنین با پنجره های بزرگنمایی (Magnify) و مرور کلی (Overview)، پیداکردن و شناسایی ویژگیهای جغرافیایی بر روی یک نقشه، اضافه کردن و ایجاد Hyperlink یک عکس هوایی، و نمایش نقشه بصورت Layout کار خواهید کرد.

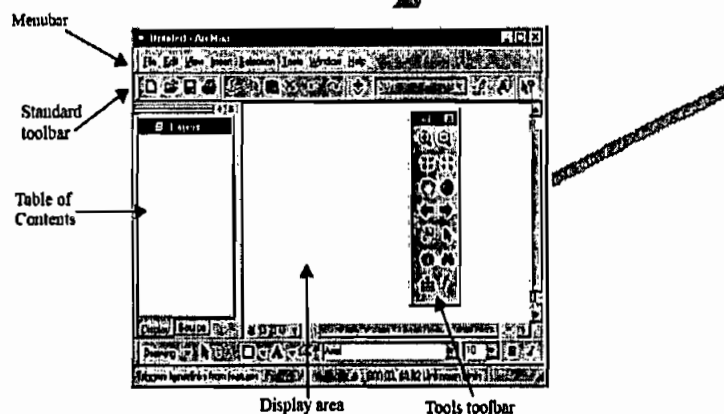
قدم اول: برنامه کاربردی ArcMap را شروع و نقشه ای را باز کنید.

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

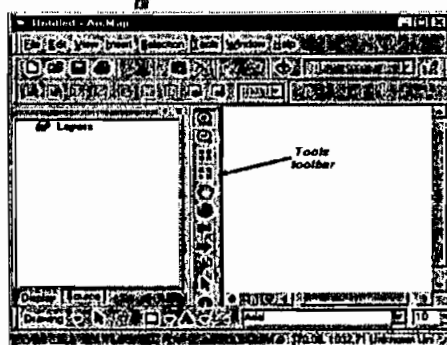
ArcMap را شروع کنید.

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_pnu.mxd را از پوشه GIS_Intro باز کنید.

وقتی که نقشه را باز می کنید، سه لایه در جدول فهرست ظاهر می شوند:

لایه های West Iran هر کدام با یک علامت تیک در کنار کوچک کنار آنها (به نشانه قابل رویت بودنشان)، و لایه RiverTP 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.

ابتدا لایه RiverTP را نمایش می دهید : 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 ماوس آن را به طرف بالای جدول فهرست و بالاتر از لایه West کشیده و رها کنید.

لایه ها در جدول فهرست به ترتیب از پایین به بالا به نمایش در می آیند. نخست لایه های قسمت پایین جدول فهرست ظاهر می شوند و سپس 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 چند گروه تقسیم شده اند که هر دکمه نمایانگر یکی از آنها است.

بر روی دکمه General کلیک کنید.

به نام لایه و قابل رویت بودن آن توجه کنید. همچنین با استفاده از دکمه General می توان برای لایه مورد نظر مقیاس تعیین کرد. دامنه مقیاس نشان دهنده مقیاسهای مختلفی است که یک لایه می تواند با آن نمایش داده شود.

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

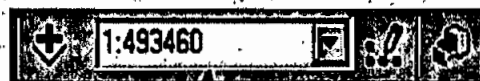
برای حداقل مقیاس (Minimum Scale) رقم 12,000,000 را تایپ کنید.

بر روی دکمه Ok کلیک کنید.

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

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

مقیاس کنونی بر روی نوار ابزار استاندارد قابل مشاهده است.



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

لایه west دیده می شود. اکنون مقیاس را طوری تغییر دهید که این لایه دیده شود.

مقیاس کنونی را به 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 بر روی علامت رنگ [کادر رنگی کوچک در زیر نام لایه] راست کلیک می کنیم.

بر روی علامت رنگی لایه West کلیک راست کنید و رنگ دیگری انتخاب نمایید.

اگر بخواهیم ویژگی های دیگر را نیز تغییر دهیم بر روی علامت رنگی لایه کلیک می کنیم.

بر روی 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 بر روی فلش رو به سمت بالا کلیک کرده و ضخامت 1 را انتخاب کنید.

برای Outline Color یک رنگ متوسط خاکستری انتخاب کنید.

سپس بر روی دکمه Ok کلیک کنید.

اکنون برای تغییر نماد شناسی لایه West در پنجره Symbology کلیک کنید. در این پنجره می توانید نماد شناسی لایه را تغییر دهید. در اینجا نماد شناسی لایه West را به یک نماد نقطه ای تغییر داده ایم. همچنین می توانید نماد شناسی لایه را به یک نماد خطی تغییر دهید.

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

بر روی دکمه Symbology کلیک کنید.

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

در قسمت Value بر روی ProvinceNa کلیک کنید.

بر روی دکمه Add All Values کلیک کنید.

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

کلیک Ok.

اکنون لایه West بر اساس ارزشهای منحصر به فرد برای هر کدام از استان ها نمایش داده شده است. توجه داشته باشید که علائم راهنما در جدول فهرست تا حدودی گنگ هستند. اکنون شما تنها کد ProvinceNa را می بینید. شما می توانید بیشتر نوشته های کنار علائم را در کادر Properties و یا در جدول فهرست تغییر دهید. در اینجا شما این کار را در جدول فهرست انجام می دهید.

بر روی ProvinceNa در جدول فهرست کلیک کنید.

دوباره بر روی ProvinceNa کلیک کنید تا اصلاح متن را شروع کنید.

حال واژه Province Name را تایپ کنید.

بر روی هر کدام از کدها کلیک کرده و آنها را طبق جدول زیر تغییر دهید:

Ham= Hamadan

KUr= Kurdistan , Ker= Kermanshah

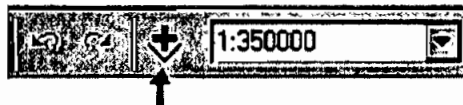
علائم قرار دادی موجود ممکن است به اندازه کافی گویا باشند یا نباشند. در صورت لزوم شما می توانید این علائم را به یکی از دو روش مذکور در بالا تغییر دهید: راست کلیک برای تغییر رنگ و چپ کلیک برای تغییر سایر ویژگی ها. این روشها را برای ایجاد علائم مناسب تجربه کنید.

خودآزمایی: اصلاح نماد شناسی (symbology)

نماد شناسی لایه Iran را طوری تغییر دهید که مرز همه استان ها نمایانده شوند و سپس بکشید 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 لایه ها از ArcCatalog است که در تمرین اول با آن آشنا شدید. 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 بر روی فایل **Railroads** کلیک کنید. بر روی دکمه **Add** کلیک کنید.

قدم ششم: گشتاب و گذاری در اطراف یک نقشه

ابزارهای متعددی برای کمک به غور و تفحص در یک نقشه وجود دارند. شما می توانید از ابزار قابل دسترس در نوار ابزار Tools که در ابتدای این تمرین ملاحظه کرده و در کنار جدول فهرست قرار 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 راحتی می توانید به محدوده قبلی نیز برگردید.

بر روی دکمه **Go Back To Previous Extent** کلیک کنید:



همچنین راحتی می توانید به حالت **Zoom In** برگردید.

بر روی دکمه **Go To Next Extent** کلیک کنید.

پنجره های "مرور کلی" و "بزرگنمایی" (Overview And Magnify) به شما این اجازه را میدهند که همزمان دو گستره را ببینید.

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

پنجره ای شامل تمامی محدوده نمایش و کلاری که نشاندهنده منطقه ای است که شما اکنون بر روی آن Zoom کرده اید ظاهر می شوند. شما می توانید محل کلار را در پنجره Overview به منظور دیدن یک محل دیگر در منطقه نمایش تغییر دهید. بر روی کلار

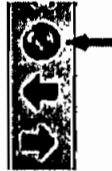
کلیک کرده و آن را به محل دیگر بکشید. محل جدید در صفحه نمایش داده شده و شما همچنین می توانید مشکل و اندازه کادر را تغییر دهید.

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

پنجره **Overview** را ببندید.

دکمه تمام نما Full Extent بر روی نوار ابزار Tools یکی از آن ابزارهایی است که زیاد مورد استفاده قرار می گیرد. به کمک این ابزار تصویر کامل (تمام نمای) کلیه لایه ها در صفحه نمایش به دست می آید.

بر روی دکمه **Full Extent** کلیک کنید.



پنجره بزرگنمایی (Magnify) امکان ریز شدن در یک منطقه خاص را به صورت پنجره های جداگانه فراهم می کند.

بر روی دکمه **Window** و سپس **Magnify** کلیک کنید.

بر روی پنجره **Magnify** کلیک کنید و آن را به بخش دیگری از صفحه نمایش بکشید.

وقتی که شما ماوس را رها می کنید حالتی بزرگنمایی شده (Zoom In) از آن منطقه مشاهده می کنید.

پنجره **Magnify** را ببندید.

قدم هفتم : بررسی جدول ویژگی های یک لایه

مشخصات (داده ها) به منزله قلب اطلاعات در GIS تلقی می گردد. شما می توانید مشخصات یک لایه را با باز کردن جدول داده های آن لایه ببینید. نگاهی به مشخصات لایه West بیاندازید.

بر روی لایه **West** راست کلیک کرده و **Open Attribute Table** را انتخاب کنید. ویژگی های

توصیفی سه استان را در این جدول مشاهده کنید.

قدم هشتم : یافتن و شناسایی ویژگی های جغرافیایی در یک نقشه

دکمه **Identify** این اجازه را به شما می دهد که بر روی یک ویژگی 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.

بر روی دکمه **Identify** کلیک کنید.



بر روی یکی از استان ها کلیک کنید.

نتایج حاصل از این کلیک در یک پنجره جدید ظاهر می شوند. شما نتایج را برای استانی که روی آن کلیک کردید و نیز برای سایر

لایه ها می بینید. دکمه **Identify** برای تمام لایه ها در محلی که کلیک کرده اید کار می کند. شما راحتی می توانید تمام مشخصات

پدیده ای که روی آن کلیک کرده اید را شناسایی کنید. نام استانی که شناسایی کرده اید چیست ؟ _____

اگر می خواهید سایر ویژگی ها را هم ببینید تنها کافی است بر روی علامت (+) کنار لایه و سپس بر روی پدیده کلیک کنید. موردی 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 یا ردیف هایی را به صورت متن **Text** برای جستجو می پذیرد.

بر روی دکمه **Full Extent** کلیک کنید.

بر روی دکمه **Find** کلیک کنید.



برای **Find** کلمه **Kur** 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.

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

بر روی **Kur** راست کلیک و بر روی **Flash Feature** کلیک کنید (برای دیدن **Flash** احتمالا" نیاز به جابجا کردن پنجره **Find** داشته باشید).

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 گستره ها را انتخاب کنیم.

بر روی **Kur** → **Bookmark** → **(View)** کلیک کنید.

اکنون شما به محدوده استان کردستان زوم کرده اید. حالا به گستره قبلی برگردید.

بر روی دکمه **Go Back To Previous Extent** کلیک کنید.

قدم نهم : ایجاد یک Hyperlink

Hyperlink ها به شما اجازه می دهند تا اسناد (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 زیرلایه **West**) کلیک کنید.

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

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

به پوشه **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.

برروی دکمه Hyperlink کلیک کنید.



برای دیدن Hyperlink کرمانشاه برروی آن استان کلیک کنید.

در پایان پنجره های عکس را ببندید.

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

Layout View اجازه می دهد که شما نقشه تان را در یک صفحه ببندید و برای استفاده بیشتر، عناصر دیگری را به آن بیافزایید.

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

برروی دکمه Layout View در پانین صفحه نمایش کلیک کنید.



این نقشه در حال حاضر دارای عناصر خاصی است. داده های جغرافیایی 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 راهنما (Index Map) اضافه کنید می توانید یک Data Frame دیگر اضافه کنید.

برروی **Insert → Data Frame** کلیک کنید.

یک چارچوب داده ها (Index Map) برروی صفحه نمایش و در جدول فهرست ظاهر می شود. برروی

New Data Frame در جدول فهرست کلیک کنید دوباره کلیک کنید تا متن آماده اصلاح شود. برای متن کلمه **Index** را تایپ کنید.

اکنون لایه ای را به چارچوب داده جدید اضافه کنید. شما یک نقشه راهنما (Index Map) درست خواهید کرد که نشان دهنده مرزهای سیاسی ایو آن است.

برروی **Index** در جدول فهرست راست کلیک کرده و **Add Data** را انتخاب کنید.

به پوشه **Iran>>GIS_Intro** بروید و برروی **Iran_Borders** کلیک کنید.

برروی دکمه **Add** کلیک کنید.

مرز های محدوده ایران به چارچوب داده **Index** اضافه می شوند.

چارچوب را در یک نقطه مناسب برروی 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.

برروی **Index** راست کلیک کرده و **Properties** را انتخاب کنید.

برروی دکمه **Frame** کلیک کنید.

برای **Border** برروی **None** کلیک کنید.

کلیک **Ok**.

توجه داشته باشید که داده به صورت خودکار به چهار چوب داده فعال (Active Frame) اضافه می شود.

قدم یازدهم : 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 تغییر دهید و منبع اطلاعات به صورت Full Path ذخیره شده باشد ممکن است مسیر ها (Paths) از اعتبار بیافتند 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 جابجا کنید مادامی که Relative Path Names به همین سان باقی بمانند، داده ها به هنگام باز کردن نقشه قابل دسترسی و مشاهده اند.

بر روی **File → Save** کلیک کنید.

قدم دوازدهم : چاپ کردن نقشه

نقشه ها می توانند در صفحه نمایش ظاهر شوند، چاپ شوند، به جای دیگر فرستاده شوند و یا به یک متن یا سند دیگر اضافه شوند. اگر رایانه شما به یک دستگاه چاپگر وصل است می توانید نقشه تان را چاپ کنید.

بر روی **File → Print** کلیک کنید.

چاپگر تان را انتخاب و تنظیمات آن را مشخص کنید و سپس روی **Ok** کلیک کنید. در صورتی که رایانه 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 انتقال دهید.

در **ArcMap** بر روی **File → Export Map** کلیک کنید.

برای **Type** بر روی **BMP** کلیک کنید.

برای **Output Name** اسم **IRAN.bmp** را تایید و محل ذخیره آنرا پوشه شخصی خود قرار دهید.

بر روی **Export** کلیک کنید.

اکنون شما می توانید فایل **BMP** را در یک سند **Microsoft Word** وارد کنید.

برنامه **Word** را از طریق منوی **Start** آغاز کنید.

در **Word** بر روی **Insert → Picture → From File** کلیک کنید.

به پوشه شخصی خود رفته و بر روی **Iran.bmp** کلیک و آن را **Insert** کنید.

اگر نقشه شما بزرگ است و جور 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 کار کردن با جدول دلهرست، 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** فرا گرفتیم. 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 بیشتری از ویژگی های طرح بندی لایه ها (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 پوشه Tillamookwsd لایه های 1-geoplaces ، 2-blockgr و 3-Citylim را اضافه و اسامی 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 پائین مرتب کنید :

1- Geographic Places 2-City Boundaries 3- Census Block Groups

نماد شناسی (Symbolology) لایه City Boundaries را با تغییر رنگ و ضخامت خط مرزها عوض کنید. نماد شناسی (Symbolology) لایه Geographic Places را نیز به منظور قابل رویت تر بودن این لایه تغییر دهید.

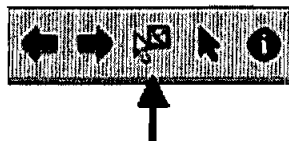
قدم دوم: علامت Selection را تغییر دهید

هر لایه دارای ویژگی هایی در قسمت Properties است و می توان از طریق کلیک راست بر روی 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، بر روی دکمه Selection کلیک کنید.

دکمه Selection علائم مورد استفاده برای ویژگیهای 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 ویژگیهایی که مورد کلیک قرار گرفته اند با استفاده از علامت قرار دادی برجسته میشوند. 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 **Clear Selected Features** → **Selection** کلیک بزنید.

قدم سوم : الحاق کردن یک جدول مرتبط با لایه

فایل **blockgr.dat** را در **ArcCatalog** بررسی کنید.

جدول ویژگی ها (**Attribute Table**) لایه **Census Block Groups** را در **ArcMap** بررسی و

آن را با جدول قبلی مقایسه کنید..... کدام ستون در دو جدول فوق مشترک است؟

بر روی لایه **Census Block Groups** راست کلیک کرده و **Join And Related** → **Join**

را انتخاب کنید.

کادر های مربوطه را با اطلاعات زیر پر کنید.

1 - **UNIQBG**

2 - بر روی دکمه **Brows** کلیک کرده و از پوشه **Tillamookwsd** فایل **blockgr.dat**

را انتخاب کنید.

3 - **UNIQBG**

کلیک **Ok**.

اکنون یک بار دیگر جدول ویژگی های لایه **Census Block Groups** را بررسی کنید چه تفاوتی می بینید؟

قدم چهارم : طبقه بندی مناطق سر شماری (Census Block Groups)

داده ها می توانند به روشهای مختلفی از جمله دستی (**Manual**)، فواصل مساوی (**Equal Interval**)، فواصل تعریف 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** بر روی **Quantities** کلیک کنید.

برای **Value** بر روی **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 دبستانی مانند در نظر گرفتن تعداد کلاسها، معلمان، سرویسهای ایاب و

ذهاب و غیره دارای اهمیت باشد.

روش قراردادی **Classification** برای این طبقه بندی انقطاعات طبیعی (**Natural breaks**) است.

برای **Color Ramp** طیفی 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 (3، 6، 10، 15، 19) به چشم می آید. شما می توانید با استفاده از کلیک برروی هر کدام از خطوط آبی آنها را برای تعیین هر طبقه جابجا کنید. جابجایی خطوط آبی را تجربه کنید.

اکنون مجموعه بلوک های سرشماری را بر اساس چارک (**Quantile**) به قرار زیر طبقه بندی کنید.

برای **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**) ی هر طبقه دارای چند رقم اعشاری است که ممکن است خیلی لازم نباشند و یا در راهنمای نقشه جای زیادی را اشغال نکنند. 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 این دارنده مقولات مختلفی نظیر: واحد پول، عدد، درصد و غیره برای اصلاح برچسب 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 انتقال بر چسب بالای مقولات جمعیتی به اندازه کافی گویا نیست، پس لازم است آن را تغییر دهید.

بر چسب مقوله جمعیتی را از **blockgr.dat:AGE5** به **Five-Year-Old Population** 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 ویژگیهای 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، بر روی آنها دوبار کلیک کنید.

بر روی عبارت مساوی (=) کلیک کنید.

برای قسمت **Get Unique Values** در سمت راست، « **School** » را پیدا کرده و بر روی آن

دوبار کلیک کنید تا به قسمت عبارت نویسی اضافه شود.

عبارت شما باید به صورت زیر باشد :

" DESIG" = 'School'

برای هردو کادر روی **Ok** کلیک کنید.

اکنون نقشه شما اصلاح شده تا تنها چهار مدرسه را نمایش دهد.

اسم لایه **Geographic Places** را به **Schools** تغییر دهید.

بر روی علامت مدرسه کلیک کنید تا کادر **Symbol Selector** ظاهر شود.

بر روی علامت **School2** کلیک کنید (در قسمت های میانی لیست).

رنگ سمبل را به قرمز تغییر دهید.

اندازه آن را به **25 pt.** تغییر و بر روی **OK** کلیک کنید.

به کارگیری **Definition Query** همچنین باعث تغییر جدول ویژگی های لایه خواهد شد.

بر روی لایه **Schools** راست کلیک کرده و **Open Attribute Table** را انتخاب کنید.

ملاحظه می کنید که تنها ویژگی های چهار مدرسه مورد نظر در جدول وجود دارند.

جدول **Attribute Table** را ببندید.

قدم ششم : نمایش داده های رستر (Raster)

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 ها 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 سبز و باند دو به رنگ آبی ظاهر شده اند. عکسهای ماهواره ای معمولاً به این شکل نمایانده می شوند.

نام لایه را به **Thematic Mapper Image** تغییر دهید.

برای دیدن **Properties** این لایه دوبار بر روی آن کلیک کنید.

دکمه های مختلف را ببازمانید.

توجه داشته باشید که ویژگی های یک لایه رستر متفاوت از سایر لایه های برداری (Vector) لایه هایی که تاکنون 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 اسبت (نمایش سیاه و سفید لایه).

کلیک **Ok**.

حال باند چهار عکس Thematic Mapper با یک طیف رنگ سیاه و سفید ظاهر شده اند. 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 خواهیم داد :

بر روی دکمه های **Effects → Toolbars → View** کلیک کنید.

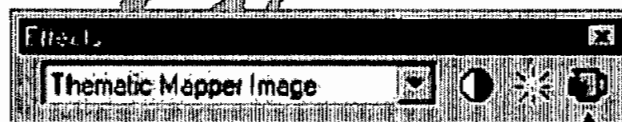
در نوار ابزار **Effects** بر روی **Mapper Image** به عنوان لایه کلیک کنید.

دکمه های نوار ابزار فعال 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 بلوکهای سر شماری نیز دیده می شوند.

نوار ابزار **Effects** را ببندید.

بر روی لایه **Thematic Mapper Image** راست کلیک کرده و **Zoom To Layer** را انتخاب کنید.

توجه : لطفاً این نقشه را در پوشه شخصیتان 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 **Layers And Layouts** بر روی **Layout View → View** کلیک کنید.

Layout View به همراه نوار ابزار Layout ظاهر می شود. به منزله یک قطعه کاغذ مجازی است که شما می توانید عناصر نقشه (راهنما، 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 حواشی قطعه کاغذ مجازیتان را کنترل و سازماندهی کنید.

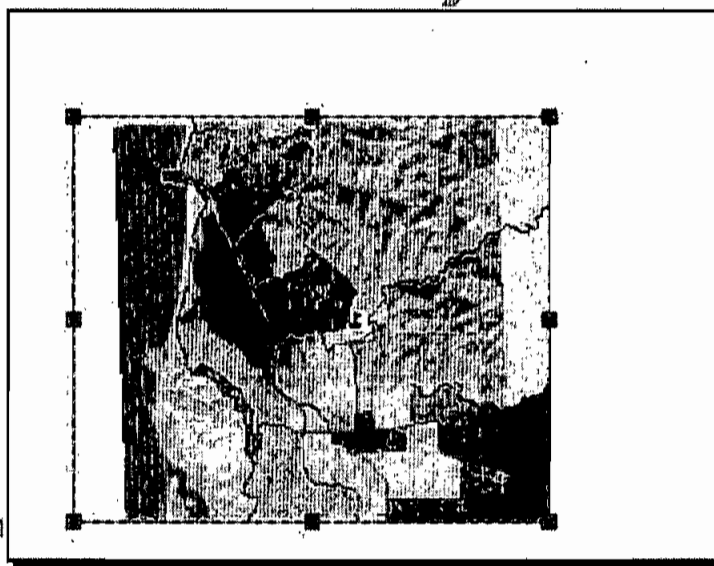
برروی **File → Page Set Up** کلیک کنید.

در صورت لزوم کادر **Same As Printer** را از حالت **Check** خارج کنید.

اگر در نظر دارید که نقشه تان را به افرادی دیگر بدهید، تیک نزدن کادر **Same As Printer** خیلی مهم است. زیرا اگر کامپیوتر های آن افراد به دستگاه چاپگر شما وصل نباشند آنگاه آنها پیام اشتباه چاپگر دریافت می کنند. همچنین اگر نقشه شما بزرگتر از اندازه صفحه چاپگر آنها باشد کل صفحه ناپدید می شود. حال جهت و وضعیت صفحه را تغییر خواهید داد.

در محدوده **Map Size** برای **Page Orientation** برروی **Landscape** کلیک کرده و سپس کلیک **Ok**.

اکنون شما 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، لژیاند، 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 بر روی عنوان (Title) دوباره به متن دست خواهید یافت و می توانید آن را اصلاح کنید. می توانید از این کادر Properties برای موارد مختلفی استفاده کنید. اندازه متن عنوان را تغییر دهید.

(در صورت لزوم) کادر Properties را ببندید.

بر روی نوار ابزار ترسیم (Drawing) برای **Size** رقم 34 را تایپ و دکمه **Enter** را فشار دهید. سعی کنید لبه چپ عنوان با خط راهنما که قبلاً اضافه کرده اید منطبق باشد. اکنون به اضافه کردن راهنما (لژاند Legend) می پردازیم.

بر روی **Legend → Insert** کلیک کنید.

لژاند را به سمت راست نقشه ببرید.

لژاند علائم مربوطه به تمام لایه های قابل رویت در نقشه از جمله عکس را نشان می دهد. چون چندان نیازی به نمایش علائم عکس در لژاند نیست، می توانید آن را حذف کنید.

بر روی لژاند دوباره کلیک کنید تا کادر Properties ظاهر شود.

بر روی دکمه **Items** کلیک کنید.

برای **Legend Items** بر روی **Thematic Mapper Image** کلیک کنید.

بر روی فلش رویه سمت چپ  برای حذف عکس از قسمت **Legend Items** کلیک کنید. **Ok**

اگر لازم است لژاند را جابجا کنید تا در موقعیتی مناسب قرار گیرد.

حال نوار مقیاس را به نقشه اضافه می کنید.

بر روی **Scale Bar → Insert** کلیک کنید.

قبل از اضافه شدن نوار مقیاس به نقشه، لازم است پاره ای از ویژگی ها تعریف شوند.

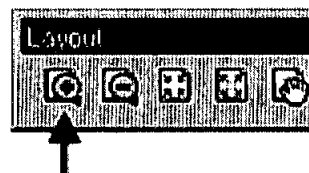
بر روی **Scale Line1** برای مشخص شدن نوع نوار، مقیاس کلیک کنید.

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 لژاند (راهنما) انتقال دهید.

بر روی نوار ابزار Layout (نه نوار ابزار Tools) بر روی دکمه **Zoom In** کلیک کنید.



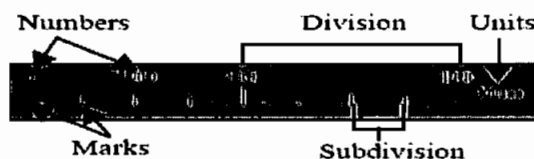
با استفاده از اشاره گر ماوس کادری در اطراف نوار مقیاس رسم کنید.

بر روی دکمه **Select Graphics** (در نوار ابزار Tools) کلیک کنید.



برروی 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. دیاگرام 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.

برروی 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**) برروی هر قسمت و برروی نقطه میانی 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 فرعی (**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.

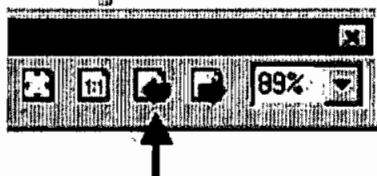
برروی دکمه **Scale And Units** کلیک کنید.

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.

برروی دکمه **Go Back To Previous Extent** در نوار ابزار **Layout** کلیک کنید.



حال مقیاس متنی را هم اضافه کنید.

برروی **Scale Text** → **Insert** کلیک کنید.

برروی **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.

برروی **North Arrow** → **Insert** کلیک کنید.

یکی از علائم معرف جهت شمال را به دلخواه خود انتخاب کنید.

برروی دکمه **Properties** کلیک کنید.

برای **Size** رقم **75 Pt** را انتخاب کرده و کلیک **Ok**.
کلیک **Ok**.

علامت شمال نما را جابجا کرده و در زیر مقیاس متنی قرار دهید.
سرانجام، به اضافه کردن متن (Text) به نقشه تان بپردازید.

بر روی **Text → Insert** 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 دهید.

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 کلنجاار بروید.

قدم نهم: ذخیره کردن نقشه به دو صورت سند (Document) و قالب (Template)

شما می توانید نقشه ها را به دو صورت سند و قالب ذخیره کنید. قالب ها می 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 مبنا را همراه با عناصری که برگزیده اید بصورت یک قالب (Template) ذخیره کنید.

نقشه خود را ذخیره **Save** کنید.

این نقشه اکنون نقشه نهایی پروژه 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 ها (Data) را از نقشه حذف کنید، زیرا سایر نقشه های بعدی داده های خاص خود را خواهند داشت.

بر روی بالاترین لایه در جدول فهرست کلیک کنید.

دکمه **Shift** را گرفته و بر روی آخرین لایه در جدول فهرست کلیک کنید.

بر روی 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 عناوین متون مخصوص به خود را خواهند داشت.

بر روی عنوان نقشه راست کلیک و **Properties** را انتخاب کنید.

برای **Text** نوشته حاضر را با **Insert Title Here** عوض کنید.

کلیک **Ok**.

بر روی متن (Text) دوبار کلیک کنید و متن را به **Insert Name And Data Here** تغییر دهید و
بر روی **Ok** کلیک کنید.

بر روی **Save As → File** کلیک کنید.

برای **Save As Type** (در انتها) بر روی **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 خواهید 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 خواهید پرداخت. 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.

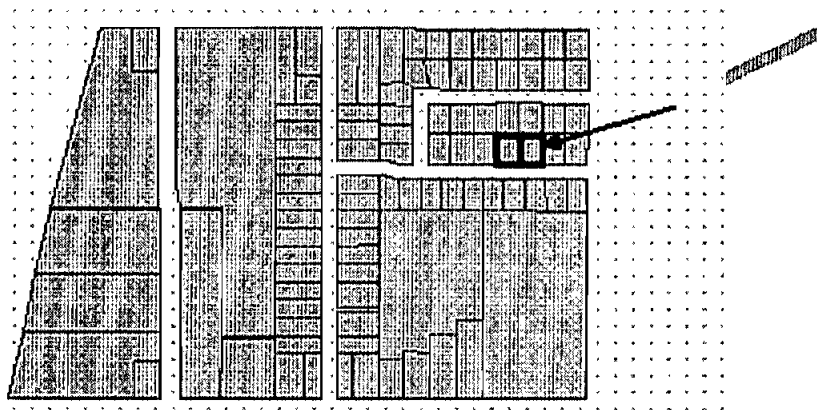
(در صورت لزوم) نوار ابزار Editor را از طریق کلیک راست بر روی Tools اضافه کنید.

برروی Start Editing → Editor کلیک کنید.

حال دو قطعه را برای ادغام انتخاب می کنید و جدول ویژگی های آنها را بررسی خواهید کرد.

برروی دکمه Edit در نوار ابزار Editor کلیک کنید.

با استفاده از Shift – Click دو قطعه نشان داده شده در شکل زیر را انتخاب کنید.



برروی دکمه Attributes کلیک کنید.

ممکن است برای دیدن همه ویژگی ها نیاز به بزرگتر کردن پنجره مربوطه داشته باشید. به ویژگی های مربوط به ستونهای Owner و Value توجه کنید. از آنجا که این دو قطعه با هم ادغام می شوند، شما میبایست ویژگی های آنها را (بعد از ادغام) به هنگام کنید. در این تمرین شما قسمتهای Owner و Value را به هنگام خواهید کرد. یکی از قطعات دارای مقدار 159234 \$ و دیگری 128300 \$ است. وقتی که شما این دو قطعه را با هم ادغام می کنید مقدار بدست آمده باید معادل حاصل جمع این دو مقدار باشد. وقتی که دو قطعه را انتخاب کردید می توانید آنها را Merge (ادغام) کنید.

برروی Merge → Editor کلیک کنید.

پنجره Attributes بطور خودکار و با به هنگام کردن ویژگی ها 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 افتخاری یکی از املاک Maplewood هستید، سپس به ذخیره کردن تغییرات بپردازید.

پنجره Attributes را ببندید.

برروی save edits → Editor 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 دربردارنده 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 حرکت داده و به ویژگی های Subname و Subnumber 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 عوارضی را که انتخاب می کنید حتماً از لایه Lots باشد.

برای Fields برروی 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 برروی Subdivisions کلیک کنید.

برروی union → Editor کلیک کنید.

اکنون می بایستی این عوارض 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 نشدند. 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 عوارض را از لایه Lots انتخاب کنید.

برروی دکمه Clear کلیک کنید.

برای **Fields** برروی **SUBNUMBER** کلیک کنید.

برای اضافه کردن **SUBNUMBER** به کادر عبارت نویسی دوبار برروی آن کلیک کنید.

برروی دکمه **(=)** دوبار کلیک کنید.

در لیست **Unique values** برروی رقم **11** دوبار کلیک کنید.
کلیک **Ok**.

حال به **Union** عوارض و اضافه کردن آن به لایه **Subdivision** پردازید.

برای **Target** برروی **Subdivisions** کلیک کنید.

برروی **Union → Editor** کلیک کنید.

حال این عوارض بایستی با هم ترکیب شده و به عنوان یک عارضه جدید به لایه **Subdivisions** اضافه شده باشند. حال به بررسی ویژگی ها پردازید و مقداری را به **Subnumber** در لایه **Subdivisions** اختصاص دهید.

برروی دکمه **Attributes** کلیک کنید.

برای **Subnumber** رقم **11** را تایپ کنید.

هنوز دو **Subdivision** دیگر باقی مانده اند که لازمست به لایه **Subdivisions** اضافه شوند. با استفاده از فرایند طی شده در بالا قطععات موجود در **Subdivisions** های **12** و **13** را نیز **Union** کنید.

در آخر برروی **stop Editing → Editor** کلیک کنید و برای ذخیره کردن ویرایشهای انجام شده دکمه **Yes** را بزنید.

قدم سوم : قطع کردن عوارض (Intersect) برای یافتن نواحی همپوش

در این مرحله به یافتن ناحیه همپوش در میان عوارض خواهید پرداخت. به فرض 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 شهر مغازه های مشابه شهر یک منطقه حایل 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 همپوش خواهید پرداخت. شما باید مناطق همپوش را هدف تبلیغات خود قرار دهید تا مشتریان به جای رفتن به سایر مغازه ها به قهوه خانه شما بیایند.

نقشه **Intersect.mxd** را از پوشه **WhatsNew** باز کنید.

این نقشه دارای پنج لایه است : **CityBoundary** ، **Zones Of Influence** (که یک لایه خالی است) ، **Zones of overlap** (یک لایه خالی) ، **Roads** ، **Coffee shops**.

قدم بعدی ایجاد حایل **800** متری برای قهوه فروشی ها با استفاده از **Buffer** است.

برروی **Start Editing → Editor** کلیک کنید.

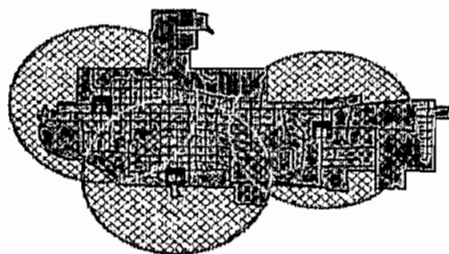
برروی **Selection → Set Selectable Layers** کلیک و همه لایه ها را بجز لایه **Coffee Shops** از حالت **Check** خارج کنید.

همه کافی شاپها را انتخاب کنید.

مطمئن شوید که **Target** ، **Zones Of Influence** است.

برروی **Buffer → Editor** 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.

بر روی **Selection → set selectable Layer** کلیک کرده و لایه **Zones Of Influence** را چک کنید.

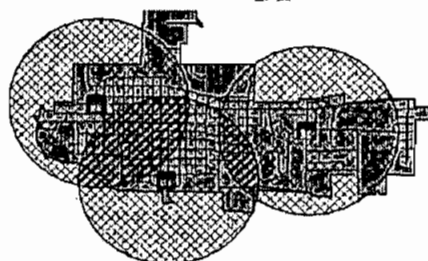
دو ناحیه همپوش را انتخاب کنید.

حال **Target** را به **Zones Of Overlap** تغییر دهید.

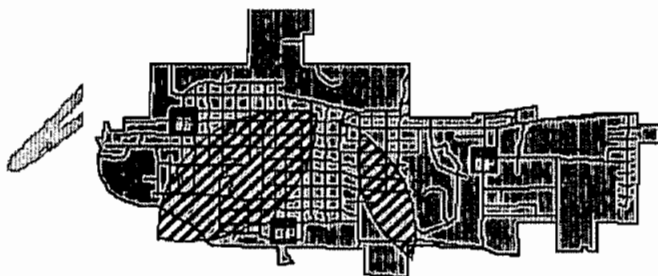
بر روی **Editor → Intersect** کلیک کنید.

بر روی **Editor → Stop Editing** کلیک کنید.

برای **Save** کارتان بر روی **Yes** کلیک کنید.



برای بهتر دیدن مناطق همپوش، لایه **Zones Of Influence** را خاموش 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 فضایی (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 استنباط شخصی خود از تقسیمات این استان می پردازید.

ایجاد داده های فضائی جدید با استفاده از رقوم سازی: فرآیند تصویربرداری (کپی کردن) از یک نقشه موجود برای تهیه یک نسخه الکترونیکی آن نقشه را رقوم سازی (Digitizing) گویند. در این فرآیند، تمام یا قسمتهایی از نقشه ها به صورت انتخابی رقوم شده و می تواند به عنوان نسخه ای ساده شده از روی نسخه اصلی قابل استفاده و تعمیم باشد. برای رقوم سازی هم می توان از دستگاه و میز رقوم گر استفاده کرد و هم از روش رقوم سازی بر روی صفحه مانیتور کامپیوتر. در حالت اول از یک نقشه کاغذی موجود و در حالت دوم از تصویر الکترونیکی (قبلاً "رقومی شده ی") ذخیره شده در کامپیوتر استفاده می شود. ما در این تمرین از روش دوم که روش "heads up" نامیده می شود استفاده می کنیم. یادمان باشد که رقوم کردن عملی است که نیازمند تمرکز، حوصله و زمان زیاد می باشد.

آماده سازی نقشه مبنا

برنامه ArcMap را شروع و لایه Ostan.shp را از پوشه Digitizing به آن اضافه کنید. از این لایه به عنوان الگو برای کار رقوم 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 اسامی 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: Data... 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 پوشه 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.

اکنون آماده 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 فلش 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 Reference Properties بر روی Select و سپس Projected Coordinate Systems کلیک کرده سپس به ترتیب:

utm و wgs84 و WGS1984 UTM Zone 38N.prj را انتخاب کنید و سپس برای همه پنجره ها OK بزنید.


ما اکنون shapefile جدیدی ساخته ایم که تمرین 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 Properties و زبانه Fields ستون جدیدی را با عنوان Name که دارای ویژگی Text باشد را به جدول اضافه کنید. پس 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 Editor Toolbar... Tools... روشن کنید. وقتی 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 خطا می توانید اشاره گر را بر روی نقطه مورد نظر قرار داده و با کلیک راست گزینه های مختلف از جمله Delete Vertex و Delete Sketch را بیاورید. اکنون چند نمونه از آنها را بیازمائید. 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 دارید. 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 موردنظر برای Snapping را انتخاب و اینکه Snapping شامل نقاط، لبه ها یا قسمتهای انتهائی گردد را برگزینید. پس امکانات Snapping را برای vertex، edge و end لایه ی Ostan_Kermanshah تیک بزنید:

اکنون بر روی یک قسمت از لایه Ostan_Kermanshah زوم کنید. چند ضلعی جدیدی را ترسیم کرده و به اثرات اشاره گر رقومی ساز به هنگام نزدیک شدن به نقطه، لبه یا انتهای یک خط در لایه Ostan_Kermanshah توجه کنید.

سؤال: Snapping چه کاری را انجام می دهد؟ به نظر شما آیا استفاده از آن 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 بپردازید. کار شما در این تمرین، منطقه بندی استان کرمانشاه به صورت 5 منطقه ی جداگانه 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 بپردازید. توصیه می شود که پس از انجام هر مرحله از کار آن را ذخیره کنید: برای این کار می توانید از Editor... Save edits استفاده کنید. اگر کار را در یک جلسه تمام نکردید می توانید ضمن ذخیره 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

اکنون 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 Open Attribute Table را انتخاب کنید.

سوال: این جدول چه تفاوت (هائی) با سایر جداولی که تاکنون دیده اید دارد؟

حال در ستون ID بر روی هر ردیف کلیک کرده و برای هر کدام شماره ای اختصاص دهید. بر روی اولین رکورد کلیک کنید و ببینید 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

اکنون با باز کردن پنجره Properties بر روی دکمه Symbology کلیک کرده و به ترتیب گزینه های Categories... Unique Values و سپس برای Value Field گزینه Name را انتخاب کنید. بر روی دکمه Add all values کلیک کنید و سپس دکمه Apply را بزنید.

حال در وضعیتی که همه پلی گون ها را 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 برجسب ها (labels) خوششان نیاید 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 ی View... Layout view به ترکیب نهائی نقشه و افزودن عناصر آن یعنی 1- راهنمای نقشه (Legend)، 2- عنوان (Title)، 3- جهت نمای شمال (North Arrow)، 4- مقیاس خطی (Scale) و 5- نام و نام خانوادگی خود پردازید.

نتیجه گیری:

در این تمرین شما نقشه ای را رقومی کرده، جدولی را درست نموده، به ویرایش برجسب گذاری پرداخته و نقشه ی 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 کامپیوتر (داده های رستری 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:

1- تصویر Airport_Kermanshah.jpg را که از طریق GoogleEarth گرفته شده از پوشه Digitizing در ArcMap باز کنید.

2- برای واحدهای نقشه یعنی Map & Display از طریق View... Data Frame Properties حالت Unknown را انتخاب کنید.

3- بر روی دکمه Tools کلیک راست کرده و ابزار Georeferencing را انتخاب کنید.

4- توجه داشته باشید که گوشه سمت چپ بالا تصویر باید 0.0 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).

5- بر روی نوار ابزار Georeferencing علامت تصویری Add Control Points را انتخاب کنید. بر روی یک نقطه مشخص در گوشه بالای سمت چپ تصویر کلیک چپ کرده و سپس کلیک راست کنید و در صورتی که دقیقاً بر روی نقطه مورد نظر کلیک کرده باشید آنرا پذیرفته و در غیر این صورت آن را حذف و مجدداً بر روی نقطه ی مطلوب کلیک کنید. در صورت پذیرش نقاط X و Y بر روی دکمه OK کلیک کنید. این تمرین را به ترتیب برای چهار نقطه در چهار گوشه تصویر تکرار کنید. ترتیب رقومی سازی نقاط کنترل را به خاطر بسپارید.

6- 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 X & Y وارد کرده اید بررسی نمایید.

7- با استفاده از Google Earth یا نقشه توپوگرافی، طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر (در این تمرین فرودگاه کرمانشاه) را برای 4 نقطه انتهایی چهار گوشه تصویر پیدا و به ترتیب یادداشت کنید. این ارقام عبارتند از:

الف) نقطه چپ بالا با عرض جغرافیایی 34 درجه و 21 دقیقه و 34 ثانیه و طول جغرافیایی 47 درجه و 8 دقیقه و 37 ثانیه

ب) نقطه راست بالا با عرض جغرافیایی 34 درجه و 21 دقیقه و 34 ثانیه و طول جغرافیایی 47 درجه و 9 دقیقه و 7 ثانیه

پ) چپ پایین با عرض جغرافیایی 34 درجه و 21 دقیقه و 14 ثانیه و طول جغرافیایی 47 درجه و 8 دقیقه و 37 ثانیه

ت) راست پایین با عرض جغرافیایی 34 درجه و 21 دقیقه و 14 ثانیه و طول جغرافیایی 47 درجه و 9 دقیقه و 7 ثانیه

8- ارقام مربوط به طول ها و عرض های جغرافیایی را با استفاده از سایت اینترنتی: <http://www.dmap.co.uk/112tm.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 مربوط را 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 یا Xmap=697109 و عرض یا Ymap=3804185 ب) چپ پایین: X=697126 و Y=3803384 پ) راست بالا: X=698314 و Y=3804057 و ت) راست پایین: X=698204 و Y=3803222

10- چنانچه اعداد مذکور را به درستی وارد کرده باشید میزان Residuals باید معادل 1 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) بپردازید.

14- اکنون اگر قصد رقومی سازی بر اساس تصویر ثبت شده ای بالا را دارید تمام مراحل که برای ایجاد یک Shapefile در ArcCatalog برای داده های برداری Vector (تمرین 5) توضیح داده شده را دنبال کنید. لازم به ذکر است که تصویر اسکن شده و ثبت شده دارای نقشی همچون لایه ی Ostan_Kermanshah در بخش رقومی سازی داده های Vector است.

موفق و سربلند باشید
شاهبختی رستمی